



สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์
เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ
319 อาคารจัตุรัสจามจุรี ชั้น 14
ถนนพญาไท แขวงปทุมวัน
เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
โทรศัพท์ 0 2160 5432
โทรสาร 0 2160 5438

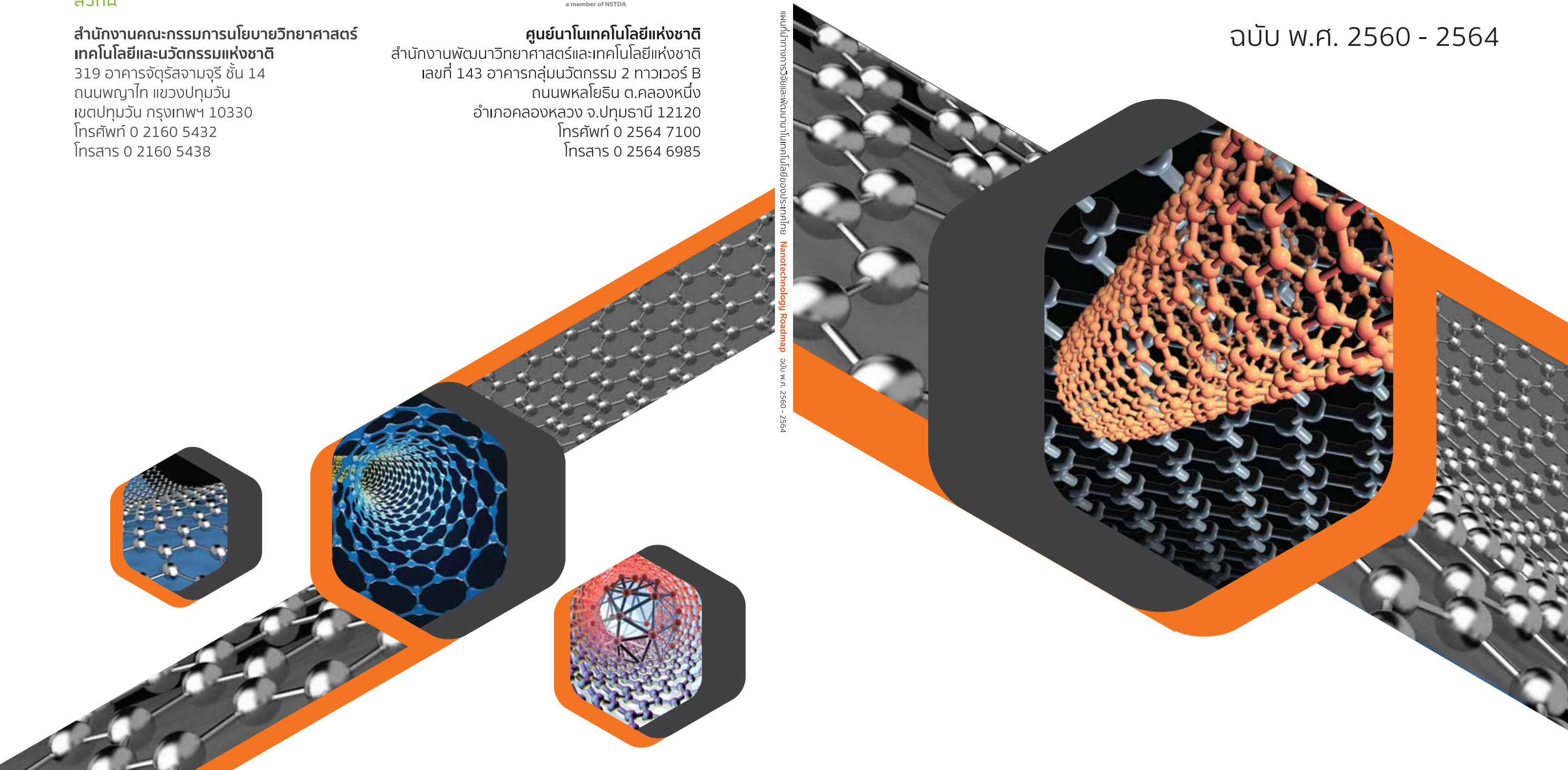


ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
เลขที่ 143 อาคารกลุ่มนวัตกรรม 2 ทาวเวอร์ B
ถนนพหลโยธิน ต.คลองหนึ่ง
อำเภอคลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120
โทรศัพท์ 0 2564 7100
โทรสาร 0 2564 6985

แผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนา นาโนเทคโนโลยีของประเทศไทย Nanotechnology Roadmap

ฉบับ พ.ศ. 2560 - 2564

แผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศไทย Nanotechnology Roadmap ฉบับ พ.ศ. 2560 - 2564



แผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศไทย พ.ศ. 2560-2564

ISBN 978-616-12-0491-4

พิมพ์ครั้งที่ 1 มีนาคม 2560

จำนวน 1,000 เล่ม

สงวนลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2560 ตาม พ.ร.บ. ลิขสิทธิ์ (ฉบับเพิ่มเติม) พ.ศ. 2558

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ และ สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ
กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ไม่อนุญาตให้คัดลอก ทำซ้ำ และดัดแปลง ส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือฉบับนี้
นอกจากจะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากเจ้าของลิขสิทธิ์เท่านั้น

Copyright©2017 by:

National Science and Technology Development Agency and National Science Technology and Innovation Policy Office
Ministry of Science and Technology

แผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศไทย พ.ศ. 2560-2564/สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ และ สำนักงาน
คณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ. พิมพ์ครั้งที่ 1. -- ปทุมธานี : สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ,
2560.

118 หน้า : ภาพประกอบ

ISBN : 978-616-12-0491-4

1. นาโนเทคโนโลยี -- นโยบายของรัฐ -- ไทย 2. นาโนเทคโนโลยี -- ไทย

I. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ II. สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ

III. ชื่อเรื่อง

T174.7

620.5

จัดทำโดย

NANOTECTH
a member of NSTDA

ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

เลขที่ 143 อาคารกลุ่มนวัตกรรม 2 ทาวเวอร์ B

ถนนพหลโยธิน ต.คลองหนึ่ง

อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

โทรศัพท์ 0 2564 7100

โทรสาร 0 2564 6985

www.nanotec.or.th

ผลิตและออกแบบโดย

งานออกแบบ ฝ่ายสื่อวิทยาศาสตร์

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ



สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์

เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ

319 อาคารจัตุรัสจามจุรี ชั้น 14

ถนนพญาไท แขวงปทุมวัน เขตปทุมวัน

กรุงเทพมหานคร 10330

โทรศัพท์ 0 2160 5432-39

โทรสาร 0 2160 5438

www.sti.or.th

แผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนา
นาโนเทคโนโลยีของประเทศไทย

Nanotechnology Roadmap

ฉบับ พ.ศ. 2560 - 2564

สารเลขาธิการ

สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ



ดร.กิติพงษ์ พร้อมมงคล

ปัจจุบัน ประเทศชั้นนำต่างๆ มุ่งที่จะพัฒนาความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อยกระดับขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ โดยหน่วยงานทั้งภาครัฐและภาคอุตสาหกรรมได้เพิ่มงบการลงทุนด้านการวิจัยและพัฒนาเพื่อให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ทันสมัยเกิดผลกระทบทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศสำหรับประเทศไทยได้เกิดจุดเปลี่ยนคือเริ่มมีนโยบายและการสนับสนุนของภาครัฐที่ให้เอกชนเพิ่มการลงทุนด้านการวิจัยและพัฒนาอย่างเข้มข้นและมีนัยสำคัญ รวมถึงมีการปรับปรุงแนวทางการดำเนินงานในลักษณะการทำงานร่วมระหว่างภาครัฐ ภาคการศึกษา และภาคเอกชน และมีการสนับสนุนการลงทุนวิจัยในโครงการขนาดใหญ่มากขึ้น ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบที่ช่วยให้ประเทศไทยมีขีดความสามารถในการแข่งขันสูงขึ้นและประชาชนมีรายได้สูงขึ้น ซึ่งการเพิ่มการลงทุนวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่องจะทำให้ประเทศไทยสามารถหลุดออกจากกับดักของประเทศที่มีรายได้ปานกลางในระยะเวลาที่ไม่ยาวนานเกินไป

สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ มีบทบาทหน้าที่ในการจัดทำแผนและนโยบายด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมของประเทศ ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการจัดทำแผนด้านการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเฉพาะด้านที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศ โดย นานาเทคโนโลยีถือว่าเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่มีส่วนสำคัญ (Enabling Technology) สำหรับการพัฒนาเทคโนโลยีอื่นๆ และพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่างๆ ให้มีคุณสมบัติที่ดีขึ้นกว่าเดิม ซึ่งมีแนวโน้มว่าภาคอุตสาหกรรมจะมีความต้องการเทคโนโลยีเหล่านี้มากขึ้นอีกหลายเท่าตัวในอนาคต

ผมมีความยินดีที่แผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศไทย พ.ศ. 2560-2564 ฉบับนี้ ได้จัดทำขึ้นและจะได้รับการเผยแพร่ในวงกว้างแก่ผู้ที่เกี่ยวข้องและผู้ที่สนใจ เพื่อให้ทราบทิศทางในการพัฒนาและนำนาโนเทคโนโลยีไปประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ เช่น ด้านสุขภาพและการแพทย์ ด้านเกษตรและอุตสาหกรรมการผลิต ด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม เป็นต้น ทั้งนี้ผมหวังเป็นอย่างยิ่งว่าแผนที่นำทางฉบับนี้ จะสามารถใช้เป็นแนวทางและเป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับการต่อยอดการพัฒนาเทคโนโลยีในด้านต่างๆ ให้ประสบความสำเร็จ และสามารถตอบสนองตรงต่อความต้องการของผู้ที่จะนำไปใช้ต่อไป

สารจากผู้อำนวยการ ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ



ดร. วรรณิ อินศิริกุล

ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ ภายใต้สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ มีพันธกิจในการดำเนินงานวิจัย พัฒนา ออกแบบและวิศวกรรม และประยุกต์นาโนเทคโนโลยี เพื่อให้เกิดความเป็นเลิศ และสามารถถ่ายทอดสู่การใช้ประโยชน์ในภาคการผลิต อันนำไปสู่การยกระดับผลิตภัณฑ์ที่เป็นฐานสำคัญของประเทศไทย ส่งผลต่อการเพิ่มศักยภาพด้านการแข่งขันของประเทศ และยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชน ภายใต้ความตระหนักในการรักษาและดูแลใส่ใจต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศที่จะขับเคลื่อนประเทศด้วยฐานความรู้ และการสร้างสรรค์ นวัตกรรม วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และการวิจัยและพัฒนา

ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ ที่ได้รับมอบหมายให้ขับเคลื่อนกรอบนโยบายนาโนเทคโนโลยีของประเทศไทยร่วมกับสำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.) เพื่อสร้างความก้าวหน้าทางเศรษฐกิจและสังคมด้วยนาโนเทคโนโลยี จึงร่วมกับ สวทน. จัดทำแผนที่นำทางการวิจัยนาโนเทคโนโลยีของประเทศไทย โดยเล็งเห็นถึงประโยชน์ที่ได้รับการจากการมีแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนา นาโนเทคโนโลยีของประเทศไทย ที่ใช้ในการกำหนดกรอบและทิศทางวิจัยและพัฒนาทางด้านนาโนเทคโนโลยีตามช่วงเวลาที่กำหนด ซึ่งแผนที่นำทางฉบับแรกได้จัดทำขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 จนถึงฉบับปัจจุบันคือฉบับที่ 3 พ.ศ. 2560-2564 โดยมีกระบวนการจัดทำที่ได้รับความร่วมมือจากภาคส่วนต่างๆ อันได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านนาโนเทคโนโลยีของประเทศทั้งในส่วนนักวิชาการและนักวิจัย ภาคอุตสาหกรรมที่ใช้ประโยชน์จาก นวัตกรรม วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และการวิจัยและพัฒนาที่เกิดขึ้น รวมถึงหน่วยงานให้ทุนทางด้านการศึกษาและพัฒนาของประเทศ โดยคำนึงถึงบริบทความก้าวหน้าและแนวโน้มทางด้านนาโนเทคโนโลยีของโลก โอกาส ศักยภาพและขีดความสามารถทางด้านนาโนเทคโนโลยีของประเทศ รวมถึงความต้องการนวัตกรรมเพื่อเพิ่มคุณค่าให้กับสินค้าและบริการ และการสร้างฐานความเข้มแข็งของงานวิจัยพื้นฐานของประเทศ ดังนั้นแผนที่นำทางที่จัดทำขึ้นนี้จึงครอบคลุมบริบทที่สำคัญด้านนาโนเทคโนโลยีในสภาวะปัจจุบัน และสามารถปรับให้เหมาะสมกับบริบทต่างๆ ที่อาจเปลี่ยนแปลงไปได้ในอนาคต ด้วยกระบวนการติดตามและทบทวนผลการดำเนินการเป็นประจำทุกปี เพื่อให้แผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนาของประเทศไทยฉบับนี้ ก่อเกิดประโยชน์ต่อการวิจัย พัฒนา และนวัตกรรมของประเทศ อันนำไปสู่การสร้าง ความ มั่นคง มั่งคั่งและยั่งยืนให้กับประเทศไทย

บทสรุปผู้บริหาร	6
บทที่ 1 บทนำ	7
1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของการจัดทำแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี	7
1.2 นโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมของประเทศไทย	7
บทที่ 2 กระบวนการจัดทำแผนที่นำทาง	11
2.1 กระบวนการจัดทำแผนที่นำทาง	11
2.2 แผนที่นำทางเทคโนโลยี (Technology roadmap)	12
2.3 โครงสร้างต้นแบบ (Template)	13
บทที่ 3 แผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี (พ.ศ. 2560-2564 : ฉบับที่ 3)	15
3.1 ภาพรวมของแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี (พ.ศ. 2560-2564)	15
3.2 รายละเอียด วาระการวิจัยและพัฒนา ขอบเขตการวิจัยและพัฒนา ซึ่งระบุองค์ประกอบสำคัญ และผลิตภัณฑ์เป้าหมาย	18
R&D Agenda 1 - Prevention, Diagnosis and Treatment of Important Diseases	26
R&D Area 1.1 - Nanosensors for Diagnosis and Screening	26
R&D Area 1.2 - Nanomedicine and Medical Materials	30
R&D Agenda 2 - Utilization of Natural Products and Biodiversity	33
R&D Area 2.1 - Nanocosmeceuticals and Encapsulated Thai Herbal and Natural products	33
R&D Area 2.2 - Nanotechnology for Animal Health and Feeds	36
R&D Agenda 3 - Improvement of Agricultural Process and Control of Insects and Pests	38
R&D Area 3.1 - Nanotechnology for Pre-harvesting	38
R&D Agenda 4 - Postharvest Technology and Food Packaging	42
R&D Area 4.1 - Nanomaterials for Food Packaging and Preservation (Smart Packaging)	42
R&D Area 4.2 - Nanosensors for Agricultural Products	44
R&D Agenda 5 - Nanotechnology for Future Energy	48
R&D Area 5.1 - Nanomaterials for Energy Production and Utilization	48
R&D Area 5.2 - Nanotechnology for Energy Storage and Saving	51

R&D Agenda 6 - Nanotechnology for Clean Environment	59
R&D Area 6.1 - Nanotechnology for Air Monitoring and Treatment	59
R&D Area 6.2 - Nanotechnology for Clean Water	61
R&D Agenda 7 - Physical and regulatory infrastructure	64
R&D Area 7.1 - Nanosafety and risk assessment	64
R&D Area 7.2 - Nanoscale Characterization, Precision Analysis and Standards	67
R&D Agenda 8 - Exploring Cross-platform and Key Emerging Technologies	70
R&D Area 8.1 - Nanoelectronics	70
R&D Area 8.2 - Nano Functional Textiles & Fibers for Advanced Applications	74
R&D Area 8.3 - Nanotechnology for National Security	76
R&D Area 8.4 - Nano Materials and Methodology for Future Applications	78
บทที่ 4 เป้าหมายความสำเร็จของแผนที่น่าทางๆ ที่มีต่อประเทศ	81
บทที่ 5 ขับเคลื่อนไปสู่การปฏิบัติ	83
5.1 หน่วยงานหลักและเครือข่ายการดำเนินงาน	83
5.1.1 กลยุทธ์การวิจัยและพัฒนาของสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ และห้องปฏิบัติการวิจัยของศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ	83
5.1.2 เครือข่ายศูนย์ความเป็นเลิศ	88
5.2 การใช้แผนที่น่าทางและการทบทวน	89
ภาคผนวก	91
ภาคผนวก (ก) บทวิเคราะห์แนวโน้มนาโนเทคโนโลยีของโลก	91
ภาคผนวก (ข) คำสั่งสำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ ที่ 45 / 2558 เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการกำกับวิชาการโครงการจัดทำแผนที่น่าทาง การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศไทย พ.ศ. 2560 - 2564	97
ภาคผนวก (ค) คำสั่งสำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ ที่ 58 / 2558 เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการกำกับวิชาการโครงการจัดทำแผนที่น่าทาง การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศไทย พ.ศ. 2560 - 2564 (ฉบับที่ 2)	99
ภาคผนวก (ง) คำสั่งสำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ ที่ 38 / 2558 เรื่อง แต่งตั้งคณะทำงานต้นเทคนิคโครงการจัดทำแผนที่น่าทางการวิจัย และพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศไทย พ.ศ. 2560 - 2564	100
ภาคผนวก (จ) รายชื่อผู้เข้าร่วมประชาพิจารณ์ (ร่าง)แผนที่น่าทางการวิจัย	102
อภิธานศัพท์ (Glossary)	107

บทสรุปผู้บริหาร

แผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศไทย (Nanotechnology Roadmap) ฉบับ พ.ศ. 2560 - 2564 เป็นฉบับที่ 3 ต่อเนื่องจากฉบับ 2 พ.ศ. 2555 - 2559 โดยสำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทช.) ร่วมกับศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ (ศน.) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ร่วมกันจัดทำขึ้นเพื่อช่วยกำหนดหัวข้อและเป้าหมายการวิจัยทางด้านนาโนเทคโนโลยีของประเทศไทย ให้สอดคล้องกับแผนทางด้านนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมของประเทศ โดยมีเป้าหมายหลักรวม 3 ด้านคือ (1) ยกระดับคุณภาพชีวิต สุขภาพ การแพทย์ และสาธารณสุข โดยการพัฒนายา วัสดุ ผลิตภัณฑ์ และอุปกรณ์ด้วยนาโนเทคโนโลยี (2) เพิ่มขีดความสามารถของภาคการเกษตร และอุตสาหกรรมการผลิตให้ตอบสนองตรงความต้องการของสังคมและตลาดมากขึ้นด้วยนาโนเทคโนโลยี และ (3) ประเทศไทยเป็นผู้นำด้านการศึกษา และการวิจัยด้านนาโนเทคโนโลยีของภูมิภาคอาเซียน

การจัดทำแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศไทยฉบับนี้อาศัยคณะกรรมการ 2 ชุดคือ คณะกรรมการกำกับวิชาการและคณะทำงานด้านเทคนิค โดยมีภาระกิจและจัดทำรายละเอียด มีกระบวนการสร้างการมีส่วนร่วมและการสร้างความเป็นเจ้าของ องค์ประกอบวาระการวิจัยและพัฒนา (R&D Agenda) รวม 8 เรื่อง ประกอบด้วย (1) การป้องกัน การตรวจวินิจฉัย และการรักษาโรคที่มีความสำคัญ (2) การใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ และความหลากหลายทางชีวภาพ (3) การพัฒนากระบวนการทางเกษตร ควบคุมแมลงและศัตรูพืช (4) เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวและบรรจุภัณฑ์อาหาร (5) นาโนเทคโนโลยีเพื่อพลังงานอนาคต (6) นาโนเทคโนโลยีเพื่อสิ่งแวดล้อมที่สะอาด (7) โครงสร้างพื้นฐานทางกายภาพและกฎระเบียบ และ (8) เทคโนโลยีฐานและเทคโนโลยีอุบัติใหม่ ทั้งหมดข้างต้นอาศัยเทคโนโลยีฐาน (Platform Technology) รวม 3 กลุ่มได้แก่ (1) เทคโนโลยีการออกแบบและสังเคราะห์วัสดุนาโน (2) เทคโนโลยีระบบวิศวกรรมนาโนและการผลิตขั้นสูง และ (3) เทคโนโลยีการตรวจวิเคราะห์ มาตรฐาน มาตรฐานและความปลอดภัยด้านนาโนเทคโนโลยี

ทั้งนี้ในการกำหนดรายละเอียดของเนื้อหาที่วางไว้จะครอบคลุมทั้ง (1) การวิเคราะห์ความต้องการของตลาด (2) ผลสัมฤทธิ์สำคัญที่ต้องการได้ (3) รายละเอียดของเทคโนโลยีหลักที่จำเป็นต้องใช้ โดยมุ่งเน้นเทคโนโลยีฐานที่ต้องพัฒนาขึ้นใหม่หรือต่อยอดจากของเดิม และ (4) ทรัพยากรที่จำเป็นในการดำเนินการ ซึ่งครอบคลุมทั้งงบการดำเนินงาน รวม 7,240 ล้านบาท งบการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานรวม 3,630 ล้านบาท งบการพัฒนาและจัดหาเครื่องมือและอุปกรณ์ รวม 7,480 ล้านบาท และงบการพัฒนากำลังคนด้านการวิจัยและพัฒนา รวม 4,940 ล้านบาท (เพื่อให้ได้กำลังคน 1,235 FTE) ทั้งนี้ควรนำแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศไทยฉบับนี้มาใช้เป็นกรอบแนวทางการดำเนินงานด้านการวิจัยและพัฒนาของหน่วยงาน หรือองค์กรด้านการพัฒนาเทคโนโลยีที่สำคัญของประเทศ เพื่อให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยี ไปในทิศทางเดียวกันอย่างต่อเนื่อง และตอบสนองความต้องการของทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องได้ โดยควรมีการติดตามประเมินผลและปรับปรุงปีละ 1 ครั้ง เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการจัดทำฉบับต่อไป

1.1 ความสำคัญและความเป็นมา

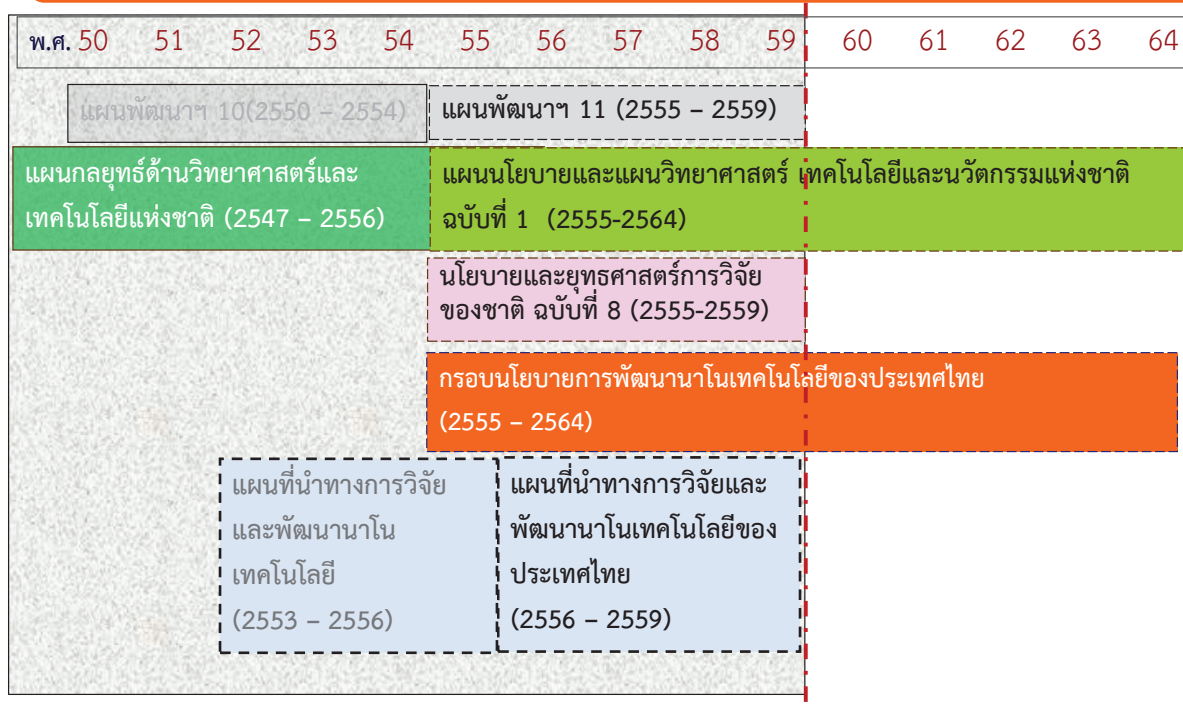
“นาโนเทคโนโลยี” คือเทคโนโลยีประยุกต์ซึ่งนำองค์ความรู้ของสหวิทยาการมาสร้าง ควบคุม หรือสังเคราะห์ อนุภาคที่มีขนาดเล็กในช่วง 1 - 100 นาโนเมตรได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ซึ่งจะส่งผลให้โครงสร้างของวัตถุหรือสสารต่างๆ มีคุณสมบัติที่พิเศษขึ้นทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ นาโนเทคโนโลยีจึงถูกมองว่าเป็นเทคโนโลยีแห่งการผลิตในอนาคต สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับทุกอุตสาหกรรม ช่วยให้ค้นพบวัสดุใหม่ที่มีคุณสมบัติพิเศษซึ่งเป็นรากฐานของอุตสาหกรรม การผลิตต่างๆ ที่ไม่เคยมีมาก่อน หรือช่วยยกระดับหรือเพิ่มมูลค่าอุตสาหกรรมที่มีอยู่เดิมและริเริ่มอุตสาหกรรมใหม่

แผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนานาโนเทคโนโลยีของประเทศไทย พ.ศ. 2560 - 2564 ได้จัดทำขึ้นเพื่อทดแทน แผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนานาโนเทคโนโลยีของประเทศไทย พ.ศ. 2555- 2559 ที่จะสิ้นสุดลง โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อให้งานวิจัยทางด้านนาโนเทคโนโลยีมีทิศทางที่ชัดเจน มีการกำหนดหัวข้อและเป้าหมายการวิจัยทางด้านนาโนเทคโนโลยี ของประเทศไทย ภายใต้ความสอดคล้องกับแผนทางด้านนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมของประเทศไทย โดยใช้กระบวนการระดมสมองจากทุกภาคส่วนทั้งผู้ทรงคุณวุฒิแต่ละสาขา ภาคเอกชน รวมถึงผู้จัดทำแผนงานระดับชาติ และแหล่งทุนที่ให้การสนับสนุนการวิจัย

1.2 นโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมของประเทศไทย

สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.) ร่วมกับศูนย์นาโน เทคโนโลยีแห่งชาติ (ศน.) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้จัดทำกรอบนโยบายการพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศไทย (พ.ศ. 2555 - 2564) เพื่อให้เป็นแนวทางให้กับ หน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ในการดำเนินงานไปในทิศทางเดียวกัน และสอดคล้องกับแผนการดำเนินงานต่างๆ ได้แก่ แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2555 - 2559) นโยบายและแผนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและ นวัตกรรมแห่งชาติ ฉบับที่ 1 (พ.ศ. 2555 - 2564) และนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยแห่งชาติฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2555 - 2559)

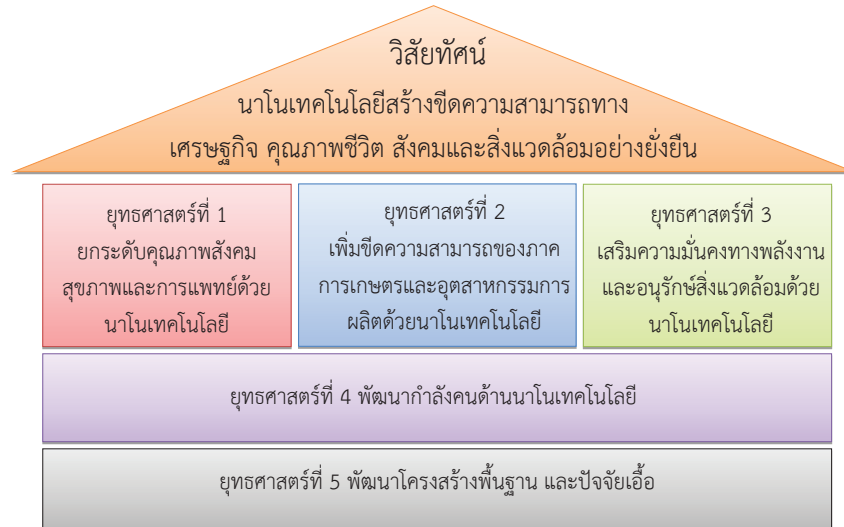
ความสัมพันธ์ของนโยบายด้านนาโนเทคโนโลยี และแผนการพัฒนาประเทศ



กรอบการพัฒนานาโนเทคโนโลยีของประเทศไทย ได้กำหนดยุทธศาสตร์เพื่อดำเนินการไว้ 5 ยุทธศาสตร์

- ยุทธศาสตร์ที่ 1:** ยกระดับคุณภาพชีวิต สุขภาพ การแพทย์และสาธารณสุขด้วยนาโนเทคโนโลยี
- ยุทธศาสตร์ที่ 2:** เพิ่มขีดความสามารถของภาคการเกษตร และอุตสาหกรรมการผลิตด้วยนาโนเทคโนโลยี
- ยุทธศาสตร์ที่ 3:** เสริมความมั่นคงทางพลังงาน และอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมด้วยนาโนเทคโนโลยี
- ยุทธศาสตร์ที่ 4:** พัฒนากำลังคนด้านนาโนเทคโนโลยี
- ยุทธศาสตร์ที่ 5:** พัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน และปัจจัยเอื้อ

ยุทธศาสตร์ภายใต้กรอบนโยบายการพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศไทย
(พ.ศ. 2555-2564)



โดยกำหนดวิสัยทัศน์และกำหนดเป้าหมายดังนี้

วิสัยทัศน์ (Vision): นาโนเทคโนโลยีสร้างขีดความสามารถทางเศรษฐกิจ คุณภาพชีวิต สังคมและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

เป้าหมาย (Objectives): เป้าหมายสูงสุดคือ เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน ยกระดับคุณภาพชีวิตและการพัฒนาอย่างยั่งยืน

เป้าหมายหลักที่ต้องการบรรลุผลภายในปี 2564 คือ

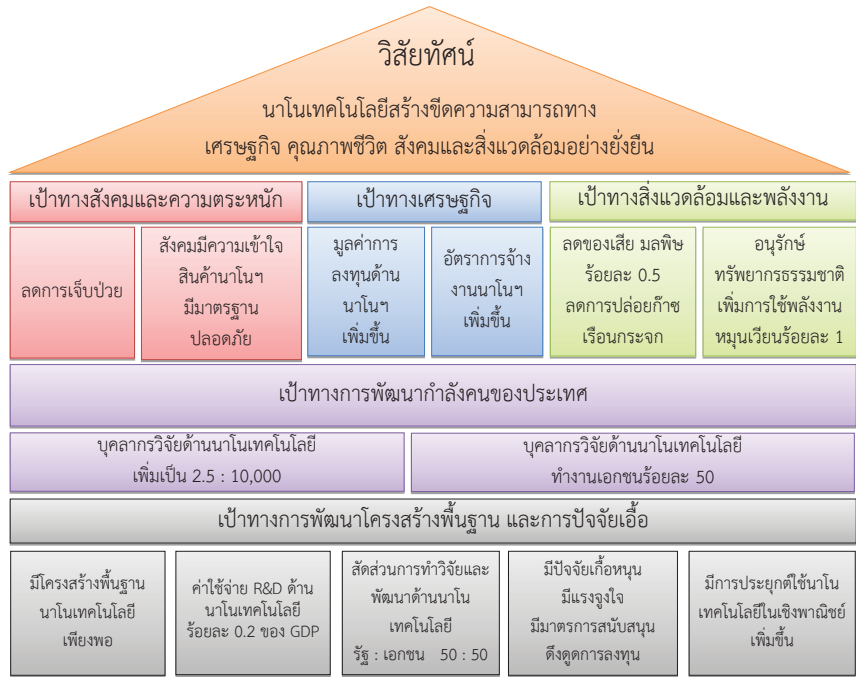
1. ยกระดับคุณภาพชีวิต สุขภาพ การแพทย์และสาธารณสุข โดยการพัฒนาวัสดุ ผลิตภัณฑ์ และอุปกรณ์ด้วยนาโนเทคโนโลยี
2. เพิ่มขีดความสามารถของภาคการเกษตร และอุตสาหกรรมการผลิตที่ตอบสนองตรงความต้องการของสังคมและตลาดมากขึ้นด้วยนาโนเทคโนโลยี
3. ประเทศไทยเป็นผู้นำด้านการศึกษา และการวิจัยด้านนาโนเทคโนโลยีของภูมิภาคอาเซียน

เป้าหมายในการพัฒนาประเทศใน 5 ด้าน ได้แก่

- เป้าทางสังคมและความตระหนัก
- เป้าทางเศรษฐกิจ
- เป้าทางสิ่งแวดล้อมและพลังงาน
- เป้าทางการพัฒนากำลังคนของประเทศ
- เป้าทางการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน และปัจจัยเอื้อ

รายละเอียดของเป้าหมาย ณ ปี พ.ศ. 2564 ในการพัฒนานาโนเทคโนโลยีของประเทศไทย 5 ด้าน

ตัวชี้วัดการพัฒนานาโนเทคโนโลยีของประเทศไทย ณ ปี พ.ศ. 2564



บทที่ 2 กระบวนการจัดทำแผนที่นำทาง

2.1 กระบวนการจัดทำแผนที่นำทาง

การจัดทำแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี ดำเนินการด้วยคณะกรรมการสองชุดคือ คณะกรรมการกำกับวิชาการโครงการจัดทำแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศไทย พ.ศ. 2560 - 2564 ตามคำสั่งที่ 45/2558 เพื่อทำหน้าที่กำกับดูแลและติดตามการดำเนินการจัดทำ รวมถึงพิจารณาเห็นชอบรายละเอียดของแผนที่นำทางฯ ที่จัดทำ และคณะกรรมการอีกหนึ่งชุดคือคณะทำงานด้านเทคนิคโครงการจัดทำแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศไทย พ.ศ. 2560 - 2564 ตามคำสั่งที่ 38/2558 เพื่อทำหน้าที่กำหนดแนวทางการดำเนินงานรวบรวมเนื้อหาและประเด็นวิชาการ รวมถึงการวิเคราะห์และจัดทำรายละเอียดของแผนที่นำทางฯ และยังมีกระบวนการส่งเสริมการมีส่วนร่วม (Participation) และการสร้างความเป็นเจ้าของ (Ownership) ด้วยการระดมความคิดเห็นจากผู้ทรงคุณวุฒิในภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ภาครัฐ ภาคการศึกษา และภาคอุตสาหกรรม เพื่อให้ข้อคิดเห็นกำหนดหัวข้องานวิจัยและพัฒนา (R&D Agenda) เทคโนโลยีฐาน (Platform technology) ตลอดจนทรัพยากรที่จำเป็นในการดำเนินงาน และเสนอแนะแนวทางการดำเนินการอย่างเป็นทางการเป็นรูปธรรม

กระบวนการจัดทำแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศไทย (พ.ศ. ๒๕๖๐ - ๒๕๖๔) ดำเนินการร่วม ระหว่าง ศน. และ สวทช.



หารือแนวทางการจัดทำแผนที่นำทางฯ ต่อบอร์ด ศน.	ประชุมคณะทำงานร่วม ทั้ง 2 คณะ ครั้งที่ 1 - 5 & นำเสนอความก้าวหน้าการจัดทำต่อบอร์ด ศน.	ประชาพิจารณ์	นำเสนอแผนที่นำทางฯ ต่อบอร์ด ศน.	นำเสนอแผนที่นำทางฯ ต่อบอร์ด สวทช.	ประชุมคณะทำงานด้านเทคนิคครั้งที่ 1-4	ประชุมคณะทำงานร่วม ทั้ง 2 คณะ ครั้งที่ 6	จัดทำรายละเอียดหนังสือและจัดพิมพ์หนังสือ
ก.พ. 58	ก.ค. - ธ.ค. 58	ก.พ. 59	พ.ค. 59	พ.ค. 59	ม.ค. - มี.ย. 59	ก.ค 59	ส.ค. - ม.ค. 60

ขั้นตอนการจัดทำแผนที่นำทาง แผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีที่ดี ควรมีเนื้อหาครอบคลุม และสามารถดำเนินการให้บรรลุเป้าหมายได้จริง เพื่อตอบสนองความต้องการดังกล่าว การจัดทำแผนที่นำทางฯ ได้พิจารณา ส่วนประกอบต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ประชุมร่วมของคณะกรรมการกำกับวิชาการโครงการจัดทำแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศไทย พ.ศ. 2560 - 2564 (ภาคผนวก ข) และคณะทำงานด้านเทคนิคโครงการจัดทำแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศไทย พ.ศ. 2560 - 2564 (ภาคผนวก ง) เพื่อกำหนดหัวข้อวาระการวิจัย ผลสัมฤทธิ์สำคัญ เทคโนโลยีหลัก เทคโนโลยีฐาน และทรัพยากร จำนวน 6 ครั้ง
2. ประชาพิจารณ์ระดมความคิดเห็นต่อ (ร่าง) แผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศไทย พ.ศ. 2560 - 2564 จากทุกภาคส่วน อันประกอบด้วยภาคอุตสาหกรรม หน่วยงานกำกับนโยบาย หน่วยงานภาครัฐ นักวิจัยและนักวิชาการจากมหาวิทยาลัยต่างๆ (ภาคผนวก จ)
3. ประชุมคณะทำงานด้านเทคนิคโครงการจัดทำแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศไทย พ.ศ. 2560 - 2564 เพื่อจัดทำรายละเอียดเนื้อหาของแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศไทย จัดทำเป็นหนังสือ จำนวน 4 ครั้ง
4. นำเสนอข้อมูลแผนที่นำทางต่อที่ประชุมคณะกรรมการบริหารของศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติจำนวน 2 ครั้ง

แผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศไทย เป็นแผนที่จัดทำขึ้น โดยศึกษาสภาพแวดล้อมของโลกและบริบทของประเทศ ดังนั้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม แผนที่ดังกล่าวก็สามารถพัฒนาและปรับตัวได้อย่างต่อเนื่อง ยืดหยุ่น คล่องตัว เหมาะสมภายใต้ข้อจำกัด ตามความต้องการทางเศรษฐกิจและสังคมที่เร่งด่วน และผันแปรตามระยะเวลา ซึ่งส่งผลกระทบต่อความสามารถของการวิจัยพัฒนาเทคโนโลยี และส่งผลกระทบต่อระดับมหภาค เพื่อการตอบสนองดังกล่าว จึงจำเป็นต้องมีกระบวนการติดตามประเมินผลในภาพรวม ที่มีความรวดเร็วเพียงพอในการประเมินความเหมาะสมด้านการปรับปรุงแผนที่นำทางและแนวทางการดำเนินงานเป็นช่วงๆ ไป ในการจัดทำแผนที่นำทางฉบับนี้ ได้มีการวิเคราะห์ผลลัพธ์ ความสำเร็จ อุปสรรคและข้อจำกัด ที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงานตามแนวทางที่ระบุไว้ในแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี พ.ศ. 2556 - 2559 มาพิจารณาด้วย

2.2 แผนที่นำทางเทคโนโลยี (Technology roadmap)

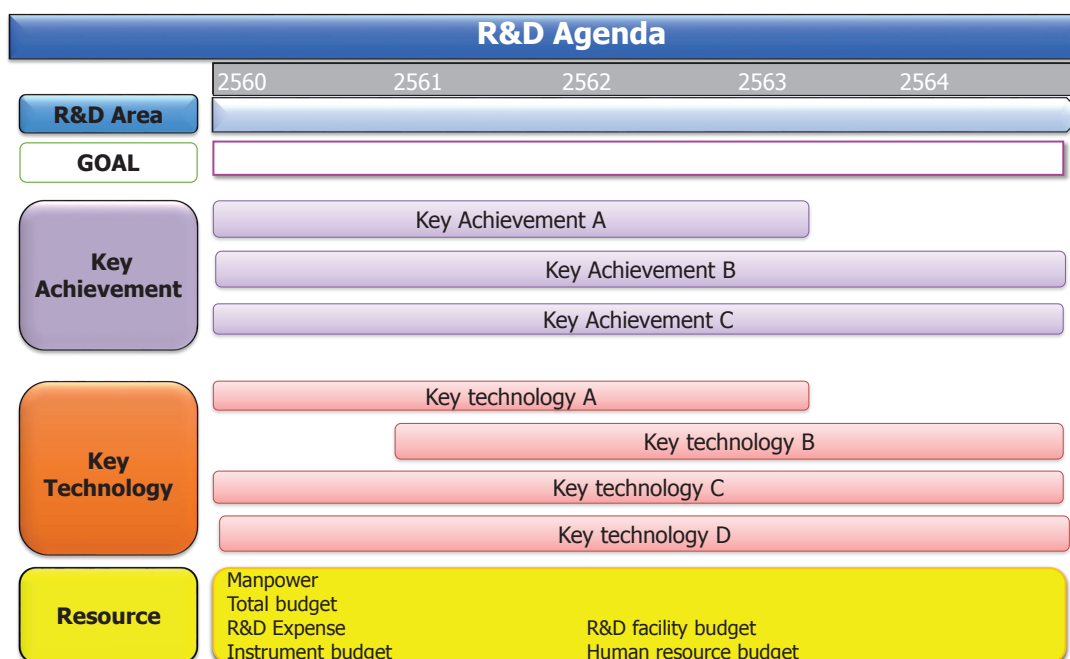
แผนที่นำทางเทคโนโลยี คือ เครื่องมือในการอธิบายกระบวนการพัฒนาเทคโนโลยีและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี เพื่อนำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์ตามความต้องการของตลาด โดยเป็นการผนวกความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เข้ากับการวางแผนและพัฒนาผลิตภัณฑ์ รวมทั้งเสนอแนวทางในการระบุการประเมิน และการเลือกทางเลือกต่างๆ ที่เป็นไปได้ เพื่อมุ่งสู่เป้าหมายตามที่ได้กำหนดไว้

แผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี ได้ให้ความสำคัญต่อความสอดคล้องกับแผนต่างๆ ตามที่ได้ระบุไว้ในบทที่ 1 โดยผ่านกระบวนการหารือกับผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญในสาขาที่เกี่ยวข้องทั้งในหน่วยงานภาครัฐ สถาบันการศึกษา ภาคอุตสาหกรรม รวมถึงคณะกรรมการและคณะทำงานที่จัดตั้งขึ้นทั้ง 2 ชุด โดยเน้นการวิเคราะห์เพื่อให้เกิดความเชื่อมโยงระหว่าง ความต้องการของภาคอุตสาหกรรม แนวโน้มและความสามารถทางเทคโนโลยี องค์ความรู้ในการวิจัยและพัฒนา โครงสร้างพื้นฐานและทรัพยากรที่จำเป็น เข้าด้วยกันในช่วงลำดับเวลาต่างๆ และสรุปผลในรูปของแผนภูมิโครงสร้าง เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ และสะดวกต่อการสื่อสารต่อผู้เกี่ยวข้องทั้งผู้ดำเนินการวิจัย ผู้ให้ทุนเพื่อดำเนินการวิจัย และผู้กำกับนโยบายของประเทศ

2.3 โครงสร้างต้นแบบ (Template)

โครงสร้างต้นแบบของแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี มีองค์ประกอบเป็นลำดับชั้นที่สำคัญจำนวน 6 ชั้น ซึ่งมีการอบระยะเวลาแสดงจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของแต่ละองค์ประกอบ

1. วาระการวิจัยและพัฒนา (R&D Agenda) แสดงหัวข้อการวิจัยและพัฒนา ซึ่งมีทั้งหมด 8 เรื่อง
2. ขอบเขตการวิจัยและพัฒนา (R&D Area) แสดงประเด็นด้านการวิจัยและพัฒนาที่มุ่งเน้น เกิดขึ้นจากการพิจารณาความต้องการ และศักยภาพในการพัฒนาของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องของประเทศ
3. เป้าหมายความสำเร็จของขอบเขตการวิจัยและพัฒนา (Goal) แสดงตัวชี้วัดความสำเร็จของการวิจัยและพัฒนาในขอบเขตการวิจัยนั้น
4. ผลสัมฤทธิ์ที่สำคัญ (Key achievement) แสดงผลิตภัณฑ์อันเกิดจากการวิจัยและพัฒนา
5. เทคโนโลยีหลัก (Key technology) แสดงเทคโนโลยีที่จำเป็นเพื่อให้การดำเนินงานบรรลุผลและตอบสนองต่อกลุ่มผลิตภัณฑ์เป้าหมาย ภายใต้วาระการวิจัยและพัฒนาที่มุ่งเน้น เช่น เทคโนโลยีฐาน (Platform technology) หรือเทคโนโลยีหลัก (Core technology) ที่มีความสำคัญที่ต้องได้รับการพัฒนาขึ้นใหม่ หรือได้รับการต่อยอดจากของเดิม
6. ทรัพยากรที่จำเป็นในการดำเนินการ (Resource) รวมถึงอุปกรณ์ เครื่องมือ โครงสร้างพื้นฐาน งบประมาณ และกำลังคน (นักวิจัยและผู้ช่วยวิจัย) ที่ต้องการในการสนับสนุนการวิจัย



Plans are nothing;
planning is
everything.

Dwight D. Eisenhower
The thirty-fourth President
of the USA.



บทที่ 3 แผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี (พ.ศ. 2560 - 2564 : ฉบับที่ 3)

3.1 ภาพรวมของแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี (พ.ศ. 2560 - 2564)

หนังสือแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศไทย พ.ศ. 2560 - 2564 ฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการกำหนดทิศทางการวิจัยด้านนาโนเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทยในอีก 5 ปีข้างหน้า ในภาพรวมของเนื้อหาได้มีการกำหนดวาระการวิจัยและพัฒนา (R&D Agenda) เทคโนโลยีฐาน (Platform technology) และทรัพยากรที่จำเป็น (Resource) เพื่อตอบสนองความต้องการของตลาด (Market/ Business) ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการให้ข้อมูลแก่ผู้ที่เกี่ยวข้องหลัก (Key stakeholders) โดยตรง (กลุ่มของผู้กำหนดนโยบายและผู้ให้การสนับสนุนด้านการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี กลุ่มของผู้พัฒนาเทคโนโลยี และกลุ่มของผู้ที่ต้องการนำเทคโนโลยีไปใช้) และกลุ่มของผู้ที่สนใจทิศทางการพัฒนาเทคโนโลยี

1. วาระการวิจัยและพัฒนา (R&D Agenda) ประกอบด้วย 8 วาระ ได้แก่

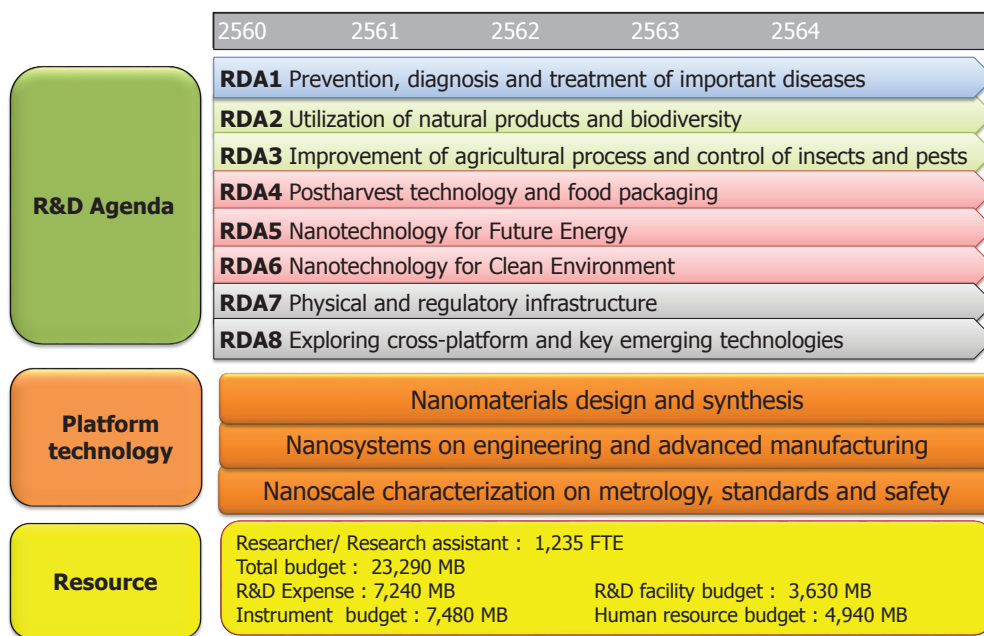
1. การป้องกัน การตรวจวินิจฉัย และการรักษาโรคที่มีความสำคัญ (Prevention, diagnosis and treatment of important diseases)
2. การใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ และความหลากหลายทางชีวภาพ (Utilization of natural products and biodiversity)
3. การพัฒนากระบวนการทางการเกษตร ควบคุมแมลงและศัตรูพืช (Improvement of agricultural process and control of insects and pests)
4. เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวและบรรจุภัณฑ์อาหาร (Postharvest technology and food packaging)
5. นาโนเทคโนโลยีเพื่อพลังงานอนาคต (Nanotechnology for future energy)
6. นาโนเทคโนโลยีเพื่อสิ่งแวดล้อมที่สะอาด (Nanotechnology for clean environment)
7. โครงสร้างพื้นฐานทางกายภาพและกฎระเบียบ (Physical and regulatory infrastructure)
8. เทคโนโลยีฐานและเทคโนโลยีอุบัติใหม่ (Exploring cross-platform and key emerging technologies)

2. เทคโนโลยีฐาน (Platform Technology) ประกอบด้วย 3 กลุ่มเทคโนโลยี ได้แก่

1. เทคโนโลยีการออกแบบและสังเคราะห์วัสดุนาโน (Nanomaterials design and synthesis)
2. เทคโนโลยีระบบวิศวกรรมนาโน และการผลิตขั้นสูง (Nanosystems on engineering and advanced manufacturing)
3. เทคโนโลยีการตรวจวิเคราะห์ มาตรฐาน ความปลอดภัยด้านนาโนเทคโนโลยี (Nanoscale characterization on metrology, standards and safety)

3. ทรัพยากรที่จำเป็น (Resource) ประกอบด้วยงบประมาณที่จำเป็นสำหรับการพัฒนากำลังคนด้านการวิจัยและพัฒนา
งบบุคลากรดำเนินงาน งบการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน รวมไปถึงการพัฒนาและจัดหาเครื่องมือและอุปกรณ์

1. กำลังคนด้านการวิจัยและพัฒนา (Researcher/ Research assistant) รวม 1,235 FTE (Full-time equivalent) ประกอบด้วยนักวิจัยภายในศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ ศูนย์ร่วมวิจัยเครือข่ายพันธมิตรความเป็นเลิศด้านนาโนเทคโนโลยี (CoE) มหาวิทยาลัย และหน่วยงานวิจัยที่มีศักยภาพ
2. งบการดำเนินงาน (R&D Expense) รวม 7,240 ล้านบาท
3. การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน (R&D facility budget) รวม 3,630 ล้านบาท
4. การพัฒนาและจัดหาเครื่องมือและอุปกรณ์ (Instrument budget) รวม 7,480 ล้านบาท
5. การพัฒนากำลังคนด้านการวิจัยและพัฒนา (Human Resource budget) รวม 4,940 ล้านบาท



เทคโนโลยีฐาน (Platform Technology) มีส่วนสำคัญสำหรับการทำวิจัยและพัฒนาเพื่อสร้างองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมใหม่ๆ ในด้านการแพทย์ การเกษตรและอุตสาหกรรม รวมไปถึงการพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับพลังงานและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย ซึ่งประกอบไปด้วย 3 ด้านคือ

1. การออกแบบและสังเคราะห์วัสดุนาโน (Nanomaterials design and synthesis)

การออกแบบวัสดุนาโน การสังเคราะห์สารใหม่และโมเลกุล เป็นเทคโนโลยีสำคัญ ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้ได้กับเทคโนโลยีในหลายด้าน นาโนเทคโนโลยีทางการแพทย์ (Nanomedicine) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการพัฒนาเทคโนโลยีการป้องกันโรค การตรวจวินิจฉัย การรักษา และการฟื้นฟู ไปจนถึงการสังเคราะห์วัสดุนาโน เพื่อเพิ่มความแข็งแรง หรือเป็นวัสดุฉลาดที่สามารถตอบสนองต่อสิ่งเร้า หรือมีสมบัติทางกายภาพตามที่ต้องการได้เช่น การสะท้อนน้ำ ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ และสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ได้อย่างมาก

เทคโนโลยีการสังเคราะห์และออกแบบวัสดุนาโน ยังครอบคลุมถึงการใช้คอมพิวเตอร์ออกแบบโครงสร้างโมเลกุล (in silico) เพื่อลดระยะเวลาในการทดลองเชิงปฏิบัติการ ไปจนถึงการสังเคราะห์โครงสร้างนาโน จากการขึ้นรูป หรือจัดเรียงอะตอม (หรือโมเลกุล) ให้มีสมบัติตามที่ต้องการ ซึ่งอาจเป็นวัสดุนาโนประเภท 0 มิติ เช่น ควอนตัมดอท อนุภาคนาโน และผลึกนาโน วัสดุนาโน 1 มิติ เช่น แท่งนาโน (nanorod) ท่อนาโนคาร์บอน (carbon nanotube) และเส้นใยนาโน (nanofiber) วัสดุนาโน 2 มิติ เช่น กราฟีน หรือฟิล์มบางนาโน และวัสดุนาโน 3 มิติ เช่น วัสดุนาโนคอมพอลิต หรือ วัสดุนาโนนาโน

2. ระบบวิศวกรรมนาโน และการผลิตขั้นสูง (Nanosystems on engineering and advanced manufacturing)

ระบบวิศวกรรมนาโนและการผลิตขั้นสูง เป็นเทคโนโลยีฐานที่ใช้ในการผลิต การประกอบ และการสร้างผลิตภัณฑ์นาโนให้เป็นรูปธรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย เทคโนโลยีฐานดังกล่าวครอบคลุมถึง เทคโนโลยีการพิมพ์ 3 มิติ (3D Printing) เทคโนโลยีการพิมพ์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Printed electronics) เทคโนโลยีลิโทกราฟี (Lithography) เทคโนโลยีการผลิตนาโนแบบครบวงจร (Integrated nano manufacturing) เทคโนโลยีจักรกลไฟฟ้าขนาดจิ๋ว (Micro electromechanical systems, MEMS) การผลิต Lab-on-a-chip ด้วยระบบ Microfluidic การผลิตนาโนเซนเซอร์ (Nanosensor) ซึ่งสามารถตรวจวัดอนุภาคนาโนที่เป็นไอระเหย หรือตรวจวัดแรงสั่นสะเทือนในระดับนาโน หรือตรวจสัญญาณภาพ สี แสง ตามที่กำหนดไว้ ซึ่งระบบวิศวกรรมนาโนนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมได้อย่างหลากหลาย เช่น อุตสาหกรรมเทคโนโลยีทางการแพทย์ อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเกษตร รวมทั้งเทคโนโลยีเพื่อความปลอดภัย และเฝ้าระวังสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

3. การตรวจวิเคราะห์ มาตรฐาน ความปลอดภัยด้านนาโนเทคโนโลยี (Nanoscale characterization on metrology, standards and safety)

การวัดวิเคราะห์และมาตรฐานนาโน เป็นเทคโนโลยีฐานสำคัญที่ใช้ในการสร้างมาตรฐานของการวิจัยและพัฒนา นาโนเทคโนโลยีในทุกแขนง เนื่องจากการตรวจวัดวิเคราะห์ในระดับนาโน ต้องอาศัยเครื่องมือที่มีความแม่นยำสูงที่สามารถวัดมิติของวัตถุหรืออนุภาคที่มีความเล็กในระดับนาโน คือ มีขนาดหนึ่งในพันล้านส่วนของเมตรได้ วิธีการทดสอบมาตรฐาน (Standard protocol) เพื่อให้ผลทดสอบที่สม่ำเสมอก็เป็นปัจจัยสำคัญเช่นกัน การวัดวิเคราะห์ในระดับนาโน ครอบคลุมถึงการวัดทางกายภาพ เช่น ขนาดอนุภาค ความยาว ความหนา ความแข็ง มุมสัมผัส เป็นต้น การวัดเชิงเคมี เช่น วิเคราะห์ความเข้มข้นของสาร วิเคราะห์ธาตุ การศึกษาโครงสร้างโมเลกุล และการนำไฟฟ้า และการวัดทางชีวภาพ เช่น การตรวจวัดระดับความเป็นพิษของอนุภาคนาโน และการยับยั้งเชื้อ ฯลฯ

เครื่องมือสำคัญที่ใช้ในการวัดทางกายภาพ เช่น กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดต่างๆ กล้องจุลทรรศน์แสงอะตอม (Scanning electron microscope), Atomic force microscope, Field emission scanning electron microscope, Transmission electron microscope, เครื่องวัดการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ (X-Ray Diffractometer) และเครื่องวัดขนาดอนุภาคนาโน (Nanosizer) เป็นต้น

ทั้งนี้การวัดวิเคราะห์ในระดับนาโน มีความแตกต่างจากการวัดในระดับทั่วไป เนื่องจากปรากฏการณ์ของอนุภาคในระดับนาโนได้รับอิทธิพลจากปรากฏการณ์ควอนตัม ปรากฏการณ์แรงตึงผิว และปรากฏการณ์พลังงานผิวสัมผัส ที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม และเพิ่มขึ้นอย่างทวีคูณ ทำให้จำเป็นต้องพัฒนาการตรวจวัดแบบใหม่ที่มีความแม่นยำสูง และได้มาตรฐาน หรือที่เรียกว่า “มาตรฐานนาโน” ซึ่งจะขึ้นพื้นฐานสำคัญในการพัฒนางานวิจัยด้านนาโนเทคโนโลยีต่อไป

ในภาพรวม แผนที่นำทางฉบับนี้จะให้ทิศทางในการพัฒนานาโนเทคโนโลยี เพื่อที่จะตอบสนองต่อความต้องการในประเด็นที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศในด้านสุขภาพและการแพทย์ (Health and medicine) เกษตรและอุตสาหกรรม (Agriculture and industry) พลังงานและสิ่งแวดล้อม (Energy and environment) โครงสร้างพื้นฐานทางกายภาพ (Physical infrastructure) ภายใต้วาระการวิจัยและพัฒนา (R&D Agenda) จำนวน 8 วาระ ซึ่งประกอบด้วยขอบเขตการวิจัยและพัฒนา (Component area) จำนวน 17 กลุ่ม

3.2 รายละเอียด วาระการวิจัยและพัฒนา ขอบเขตการวิจัยและพัฒนาซึ่งระบุองค์ประกอบสำคัญ และผลิตภัณฑ์เป้าหมาย

วาระการวิจัยและพัฒนา R&D Agenda	หัวข้อ Component Area	เป้าหมายหัวข้อวิจัย KPI	ผลสัมฤทธิ์สำคัญ Key Achievement
1. การป้องกันการตรวจวินิจฉัยและการรักษาโรคที่มีความสำคัญ Prevention, diagnosis and treatment of important diseases	1.1 นาโนเซนเซอร์เพื่อการวิเคราะห์และตรวจคัดกรอง Nanosensors for diagnosis and screening	ชุดตรวจโรคสำคัญของประเทศ และมีสภาพพร้อมสำหรับการนำไปใช้ที่มีมาตรฐาน สามารถผลิตได้ Important diagnostic kits that are ready for production and meet the standards.	ชุดนาโนเซนเซอร์ตรวจโรคติดเชื้อชนิดอุบัติใหม่และโรคอุบัติซ้ำ เช่น MERS ไข้หวัดใหญ่ วัณโรค และโรคติดเชื้อทางเดินปัสสาวะ Early diagnosis nanosensors for emerging and re-emerging infectious diseases e.g. MERS, flu, tuberculosis
			ชุดนาโนเซนเซอร์ตรวจโรคมะเร็ง Diagnostic Nanosensors for cancer
			ชุดตรวจโรคสำหรับผู้สูงอายุ เช่น โรคเบาหวาน โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคความเสื่อมของระบบประสาท และโรคอัลไซเมอร์ Diagnostic nanosensors, especially for elderly population e.g. diabetes, cardiovascular, neurodegenerative disease, Alzheimer's disease
			ระบบการถ่ายภาพเพื่อตรวจวิเคราะห์เนื้อเยื่อที่มีประสิทธิภาพสูง High precision nano imaging systems

วาระการวิจัย และพัฒนา R&D Agenda	หัวข้อ Component Area	เป้าหมายหัวข้อวิจัย KPI	ผลสัมฤทธิ์สำคัญ Key Achievement
	1.2 วัสดุทางด้าน การแพทย์ Nanomedicine and medical materials	มีผลิตภัณฑ์และยาที่ใช้ นาโนเทคโนโลยีเพื่อเพิ่ม ประสิทธิผล และมี ความปลอดภัย The application of nanotechnology on pharmaceutical to improve products' efficacy and safety.	การนำส่งยามะเร็งสู่อวัยวะเป้าหมาย เพื่อการรักษาและวินิจฉัย Targeted cancer theranostics (parenteral)
			การนำส่งยาด้วยระบบนาโนทางปาก New nanotechnology-based oral dosage forms
			การพัฒนาสารตัวพานาโนเพื่อให้ยึดเกาะ เยื่อในโพรงจมูกและปอด Mucoadhesive nanocarriers (nasal/ pulmonary)
			การพัฒนาผลิตภัณฑ์ส่งสารออกฤทธิ์ที่ผิวหนังและ หรือนำส่งสารออกฤทธิ์ผ่านผิวหนัง Advanced topical/ transdermal products
			การพัฒนาวิศวกรรมชีวการแพทย์สำหรับ การฝังในเนื้อเยื่อและการปลูกถ่ายเนื้อเยื่อ Biomedical engineering for tissue implants
2. การใช้ประโยชน์ จากผลิตภัณฑ์ ธรรมชาติ และ ความหลากหลาย ทางชีวภาพ Utilization of natural products and biodiversity	2.1 นาโนเวชสำอางและ การห่อหุ้ม สารสำคัญที่มาจาก สมุนไพรไทยและ สารจากธรรมชาติ Nanocosmeceuticals and encapsulated Thai herbal and natural products	เครื่องสำอางและ เวชสำอางจากสมุนไพร และสารจากธรรมชาติ เพื่อเสริมสร้าง คุณภาพชีวิต Cosmetic and Nano cosmeceutical products from herbal and natural ingredients	ผลิตภัณฑ์ทางเวชสำอางที่ส่งผลหลายประการ Multifunction cosmeceutical products eg. skin care, facial, body, hair products
			ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่มีการออกฤทธิ์ยาวนาน Long lasting properties products eg. microbial control, fragrance, deodorizer
			แผ่นแปะและอุปกรณ์ขั้นสูงสำหรับผิวหนัง Advanced transdermal patches and devices
			ผลิตภัณฑ์ฟื้นฟูผิวหนังเพื่อการชะลอวัยให้อ่อนเยาว์ Rejuvenation products
			การทดสอบประสิทธิภาพและความปลอดภัย โดยใช้รูปแบบผิวหนังสามมิติ 3D Skin model for cosmetic testing
			เพิ่มคุณสมบัติทางกายภาพ ประสิทธิภาพ และมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ Increased physical properties, efficacy, standardization of products

วาระการวิจัย และพัฒนา R&D Agenda	หัวข้อ Component Area	เป้าหมายหัวข้อวิจัย KPI	ผลสัมฤทธิ์สำคัญ Key Achievement
	2.2 นาโนเทคโนโลยี เพื่อสุขภาพและ อาหารสัตว์ Nanotechnology for animal health and feeds	อาหารสัตว์ที่มีมูลค่าสูง ที่เพิ่มประสิทธิภาพ ด้วยนาโนเทคโนโลยี และระบบตรวจวัดโรค ในสัตว์ High value-added and efficient animal feeds by using nanotechnology and animal disease mornitoring system	<p>การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์โดยมี การนำเอานาโนเทคโนโลยีมาช่วยปรับรูปแบบ ผลิตภัณฑ์ให้ทันสมัย ปรับกระบวนการผลิต เพิ่มประสิทธิภาพการออกฤทธิ์ในเชิงการรักษา และเพิ่มคุณค่าสารอาหารที่จำเป็นต่อสัตว์ Increased physical properties, nutrient absorption efficiency, standardization of animal feeds products</p> <p>การพัฒนาชุดระบบตรวจวัดโรคในสัตว์ที่มี ความแม่นยำ มีความจำเพาะเจาะจงและ มีประสิทธิภาพสูง Diagnostics Nanosensors for animal health and diseases</p>
3. การพัฒนา กระบวนการทาง การเกษตร ควบคุม แมลงและศัตรูพืช Improvement of agricultural process and control of insects and pests	3.1 นาโนเทคโนโลยี เพื่อการเพาะปลูกพืช Nanotechnology for pre-harvesting	ผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้ นาโนเทคโนโลยี เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ/ ลดการใช้สารเคมี สำหรับการเพาะปลูกพืช Products that using nanotechnology for enhancing efficiency/ reducing chemicals for pre-harvesting	<p>ชุดตรวจวัด ระบบตรวจวัด และเซนเซอร์สำหรับ ธาตุอาหารพืช และปัจจัยที่มีผลต่อการเพาะปลูก พืช รวมทั้งระบบการประมวลข้อมูล Nutrient and plant production factor indicator, sensor and data evaluation system</p> <p>สารคีเลตสำหรับตรึงธาตุอาหารพืช Micronutrient chelators</p> <p>สารเคลือบสำหรับเคลือบเมล็ดปุ๋ยให้มีประสิทธิภาพ ในการควบคุมการปลดปล่อยที่เป็นมิตรต่อ สิ่งแวดล้อม Environmental friendly coating for controlled release fertilizer (CRF)</p> <p>วัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยอินทรีย์ที่มีธาตุอาหารสูง Multi-nutrient soil conditioning/ organic fertilizer</p> <p>ฮอร์โมนพืชและสารขับไล่แมลงชนิดที่สามารถ ควบคุมการปลดปล่อย Controlled release plant hormones/ pesticides using bio-compatible nano-carrier</p>

วาระการวิจัย และพัฒนา R&D Agenda	หัวข้อ Component Area	เป้าหมายหัวข้อวิจัย KPI	ผลสัมฤทธิ์สำคัญ Key Achievement
4. เทคโนโลยีหลัง การเก็บเกี่ยวและ บรรจุภัณฑ์อาหาร Post-harvesting technology and food packaging	4.1 วัสดุนาโนเพื่อ บรรจุภัณฑ์อาหาร และการเก็บกักรักษา Nanomaterials for food packaging and preservation (Smart packaging)	บรรจุภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติ พิเศษที่มีประโยชน์ ต่อภาคอุตสาหกรรม อาหารและการเกษตร Functional packaging for food and agricultural industry	บรรจุภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติจำเพาะ สำหรับควบคุม คุณภาพของอาหารและผลิตผลทางการเกษตร Functional packaging for food and agricultural products
			บรรจุภัณฑ์แบบแอคทีฟสำหรับการยืดอายุอาหาร และผลิตผลทางการเกษตร Active packaging for extended product shelf life
			บรรจุภัณฑ์แบบฉลาดสำหรับ ติดตาม ตรวจสอบ หรือบ่งชี้คุณภาพของอาหารและผลิตผลทาง การเกษตร Intelligent packaging for indicating food quality
	4.2 นาโนเซนเซอร์ เพื่อภาคการเกษตร Nanosensors for agricultural products	อุปกรณ์ตรวจวัด การปนเปื้อนสารตกค้าง และคุณภาพอาหาร และผลิตภัณฑ์ การเกษตร Sensing device for detection of chemical residue, food quality and agricultural product	การตรวจสอบเชื้อจุลินทรีย์ Microbial detection
			เซนเซอร์และระบบการตรวจสอบสารเคมีตกค้าง Chemical toxic residue sensor and system
			เซนเซอร์และระบบการตรวจสอบโลหะหนัก Heavy metal ion sensor and system
			ชุดเซนเซอร์สำหรับการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ Sensor array for product quality control
5. นาโนเทคโนโลยี เพื่อพลังงานอนาคต Nanotechnology for future energy	5.1 ตัวเร่งปฏิกิริยา และวัสดุนาโน เพื่อการผลิตพลังงาน และการใช้ประโยชน์ Nanomaterials for energy production and utilization	วัสดุนาโนและตัวเร่ง ปฏิกิริยา ที่มี ประสิทธิภาพ สำหรับ การผลิตพลังงานและ สารเคมีชีวภาพ ในเชิงพาณิชย์ Nanomaterials and nanocatalysts for commercial renewable energy and biorefineries	ตัวเร่งปฏิกิริยานาโนและเมมเบรน เพื่อการผลิตสารเคมีชีวภาพ และเชื้อเพลิงชีวภาพ Nanocatalysts and membrane for biorefineries and biofuels
			ตัวเร่งปฏิกิริยาระดับนาโนเพื่อผลิตดีเซลคุณภาพ สูงและผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม Nanocatalysts for high performance diesel and petrochemical
			ตัวเร่งปฏิกิริยานาโนที่ใช้แปรคาร์บอนไดออกไซด์ และชีวมวล ในกระบวนการทางเคมีความร้อน และเคมีเชิงแสง Nanocatalysts for CO ₂ conversion and artificial photosynthesis

วาระการวิจัย และพัฒนา R&D Agenda	หัวข้อ Component Area	เป้าหมายหัวข้อวิจัย KPI	ผลสัมฤทธิ์สำคัญ Key Achievement
	5.2 เทคโนโลยีนาโน เพื่อการกักเก็บและประหยัดพลังงาน Nanotechnology for energy storage and saving	วัสดุนาโนและเทคโนโลยีนาโน ที่มีประสิทธิภาพ สำหรับการเก็บเกี่ยว กักเก็บและประหยัดพลังงาน Nanomaterials and nanotechnology for efficient energy harvesting, energy storage and energy saving	วัสดุโฟโตโวลตาอิกและเซลล์ยุคที่ 4 Fourth generation cells and photovoltaic materials
			ระบบและอุปกรณ์ในการเก็บเกี่ยวพลังงาน Energy harvesting devices and systems
			ตัวเก็บประจุยิ่งยวดและแบตเตอรี่ความจุสูง High-capacity battery and super capacitor
			แหล่งกำเนิดแสงที่มีประสิทธิภาพ Energy efficiency light source
6. นาโนเทคโนโลยี เพื่อสิ่งแวดล้อมที่สะอาด Nanotechnology for clean environment	6.1 นาโนเทคโนโลยี เพื่อตรวจวัดและบำบัดอากาศ Nanotechnology for air monitoring and treatment	การพัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัด/การดูดซับ และการกรองก๊าซ, สารระเหย, จุลชีพในอากาศ ที่มีประสิทธิภาพสูง Development of the efficient air monitoring devices/ sorbents and filters for hazardous gas, volatile organic compounds, and air borne	เซนเซอร์ที่มีความเฉพาะเจาะจงและความไวสูง สามารถตรวจวัดความเข้มข้นต่ำในระดับ ppb Highly selective and sensitive gas sensors (ppb)
			วัสดุดูดซับ เมมเบรน และตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีประสิทธิภาพสูง Super sorbents, membrane and catalysts
			แผ่นกรองสำหรับกำจัดเชื้อแบคทีเรีย ไวรัส และจุลินทรีย์ในอากาศ Anti-viral and anti-bacterial air filters
	6.2 นาโนเทคโนโลยี เพื่อน้ำสะอาด Nanotechnology for clean water	การพัฒนากระบวนการบำบัดน้ำ ให้บริสุทธิ์ และอุปกรณ์ตรวจคุณภาพน้ำ Development of water purification systems and monitoring devices	นาโนเทคโนโลยีและนาโนเมมเบรน สำหรับแยกเกลือออกจากน้ำเค็ม Nanotechnology and nanomembrane for desalination
			ระบบการบำบัดน้ำดื่มแบบพกพา Portable drinking-water kits
			ระบบตรวจวัดโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำที่สามารถตรวจวัดในระดับ ppb Heavy metal sensors

วาระการวิจัย และพัฒนา R&D Agenda	หัวข้อ Component Area	เป้าหมายหัวข้อวิจัย KPI	ผลสัมฤทธิ์สำคัญ Key Achievement
7. โครงสร้างพื้นฐาน ทางกายภาพและ กฎระเบียบ Physical and regulatory infrastructure	7.1 ความปลอดภัย ด้านนาโนเทคโนโลยี และการประเมิน ความเสี่ยง Nanosafety and risk assessment	มีระบบคัดกรอง การปนเปื้อนของวัสดุ นาโนและมีการประเมิน ความเสี่ยงของวัสดุ นาโนต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม ตามแนวทางมาตรฐาน สากล Systems for nanomaterial contamination screening and risk assessment of nanomaterials in the environment according to standard procedures	ความสามารถในการประเมินความเสี่ยง ทางด้านนาโนเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพ ตามแนวทางมาตรฐานระดับสากล Complete platform on risk assessment
			การประเมินการได้รับสัมผัสของคนและ สิ่งแวดล้อม Exposure assessment, both human workplace and the environment
	7.2 เครือข่ายหัวข้อวิจัย สำหรับคุณสมบัติระดับ นาโนและการวิเคราะห์ Nanoscale characterization, precision analysis and standards	มีการพัฒนากระบวนการ/ เครื่องมือและมาตรฐาน สำหรับการตรวจ วิเคราะห์ในระดับนาโน Method development and equipment installation for Nanocharacterization	การพัฒนาการระเบียบวิธีการวัดวิเคราะห์ ให้มีความแม่นยำในระดับสูงเพื่อใช้ตรวจสอบ วัสดุนาโน Development to Improve high resolution analysis method for Manufactured nanomaterials
			การสร้างระเบียบวิธีการวิเคราะห์ทดสอบ มาตรฐานเพื่อตรวจสอบคุณภาพและประสิทธิภาพ ของผลิตภัณฑ์นาโน Standard protocols for novel properties and functions of nano-enabled products (ISO/ IEC 17025)
		วิธีทางมาตรวิทยาสำหรับสอบกลับการตรวจวัด ขนาดของวัสดุนาโน Traceable metrological methods for nanoscale materials	

วาระการวิจัย และพัฒนา R&D Agenda	หัวข้อ Component Area	เป้าหมายหัวข้อวิจัย KPI	ผลสัมฤทธิ์สำคัญ Key Achievement
8. เทคโนโลยีฐาน และเทคโนโลยี อนาคตใหม่ Exploring cross-platform and key emerging technologies	8.1 นาโนอิเล็กทรอนิกส์ Nanoelectronics	อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ อนาคตที่ใช้นาโน เทคโนโลยีที่มีคุณสมบัติ พิเศษ/ มี ประสิทธิภาพสูง และ ประหยัดพลังงาน Nanoelectronics devices based on nanotechnologies with special properties, high efficiency and energy efficient.	จออิเล็กทรอนิกส์จากนาโนเทคโนโลยี Nanotechnology enable electronic display
			วงจรรีอิเล็กทรอนิกส์ที่โค้งงอได้ Flexible electronics circuits
			ทรานซิสเตอร์นาโน Nano transistors
			อุปกรณ์เก็บพลังงาน Energy saving devices
			ชุดอิเล็กทรอนิกส์ตรวจวัด Electronic sensor kit
	8.2 สิ่งทอนาโน คุณสมบัติพิเศษ Nano functional textiles & fibers for advanced applications	สิ่งทอคุณสมบัติพิเศษ ที่ใช้นาโนเทคโนโลยี ที่สร้างมูลค่าเพิ่ม เพื่อการประยุกต์ใช้ ในอุตสาหกรรม Specialty textiles with value-added nanofunctions for industrial applications.	เส้นใยที่มีความสามารถในการตอบสนอง ต่อสิ่งเร้า เช่น ความร้อน แสง หรือไฟฟ้า Thermally, optically, electrically active fibers
			เส้นใยที่มีความแข็งแรงสูง Multifunctional high strength fibers
			เส้นใยเพื่อสิ่งแวดล้อม Degradable & eco-friendly fibers

วาระการวิจัย และพัฒนา R&D Agenda	หัวข้อ Component Area	เป้าหมายหัวข้อวิจัย KPI	ผลสัมฤทธิ์สำคัญ Key Achievement
	8.3 นาโนเทคโนโลยี สำหรับความมั่นคง ทางทหาร Nanotechnology for national security	ผลิตภัณฑ์นาโน เทคโนโลยีที่พร้อมใช้ ทางการทหาร เพื่อความมั่นคงและ การป้องกันประเทศ Nanotechnology products in the military applying for national defense and security	พัฒนาเซนเซอร์ที่ตรงความต้องการและ สามารถผลิตใช้ได้เองในประเทศ Various sensor development i.e. motion sensor detection, heart beat sensor, body heat sensor เทคโนโลยีการเก็บประจุพลังงาน เพื่อเพิ่ม ประสิทธิภาพการใช้งานของแบตเตอรี่ Long lasting battery/ solar cell ชุดตรวจคัดกรองและหาเชื้อโรคที่เป็นอุปสรรค ในการปฏิบัติทางทหาร Rapid diagnostic test kits for military เทคโนโลยีสิ่งทอนาโน Multifunctional nanotextiles เทคโนโลยีการเตรียมและยืดอายุอาหาร สำหรับการออกภาคสนาม Ready-to-eat and long-term storage of special survival foods
	8.4 นาโนเทคโนโลยี สำหรับการประยุกต์ ใช้งานสำหรับอนาคต Nanomaterials and methodology for future applications	วัสดุนาโน เทคโนโลยี การผลิต และเทคนิค วิเคราะห์ใหม่ ที่ได้รับ ความสนใจในระดับสากล เนื่องจากมีศักยภาพ ในการนำไปใช้ประโยชน์ ได้อย่างกว้างขวางใน อนาคต Discovery of new nanomaterials, production technology and analytical techniques being internationally interesting due to their potential broad applications in the future (The discovery should be publishable in scientific journals ranked in top 5% in a broad field related to nanomaterials)	วัสดุนาโนชนิดใหม่ที่แสดงสมบัติที่น่าสนใจ หรือสมบัติเดิมแต่ต้องมีบางอย่างโดดเด่น กว่าวัสดุที่มีรายงานไว้ก่อนหน้านี้ Novel nanomaterials with novel or superior properties of interests แนวทางหรือกระบวนการผลิตวัสดุนาโนที่มี ประสิทธิภาพ Better methodology for preparation of nanomaterials of interests เทคนิควิธีการหรือเครื่องมือใหม่ New characterization techniques of instruments for nanomaterials

R&D Agenda 1 - Prevention, Diagnosis and Treatment of Important Diseases

R&D Area 1.1 - Nanosensors for Diagnosis and Screening

RDA1 Prevention, diagnosis and treatment of important diseases					
	2560	2561	2562	2563	2564
R&D Area	RDA 1.1 Nanosensors for diagnosis and screening				
GOAL	Important diagnostic kits that are ready for production and meet the standards.				
Key Achievement	KA 1.1.1 Early diagnosis Nanosensors for emerging and re-emerging infectious diseases e.g. MERS, Flu, tuberculosis				
	KA 1.1.2 Diagnostics Nanosensors for cancer				
	KA 1.1.3 Diagnostics Nanosensors especially for elderly population e.g. diabetes, Cardiovascular, Neurodegenerative disease, Alzheimer's disease				
	KA 1.1.4 High precision Nano imaging systems				
Key Technology	Optical, Electrical, Electrochemical, Magnetic and piezoelectric detections and integrated systems				
	High-throughput screening & Microfluidic and Multiplexing analysis technology				
	Nanomaterial-based signal enhancement/target enrichment process				
	Hierarchical Nanomaterial synthesis, assembly, and surface functionalization				
	Biomarker/ targeting ligands screening e.g. antibody, aptamer, peptides				
Resource	Researcher/ Research assistant : 80 FTE Total budget : 1,170 MB R&D Expense : 400 MB R&D facility budget : 200 MB Instrument budget : 250 MB Human resource budget : 320 MB				

ความต้องการของตลาด (Market/ Business)

การตรวจวิเคราะห์และคัดกรองโรค โดยการใช้นาโนเซนเซอร์สำหรับตรวจสอบโมเลกุลเป้าหมายทั้งที่เป็นสารเคมีและสารชีวโมเลกุล ไม่ว่าจะเป็นโปรตีนหรือกรดนิวคลีอิก ที่อยู่ในร่างกายหรือที่เป็นสารคัดหลั่งของคน มีความสำคัญทางการแพทย์และสาธารณสุขเป็นอย่างมาก เนื่องจากสามารถใช้หาความผิดปกติของร่างกายและติดตามอาการของโรคได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการตรวจวินิจฉัยโรคในระยะเริ่มต้น ซึ่งจะส่งผลให้สามารถเพิ่มโอกาสของผู้ป่วยในการรักษา ปัจจุบันตลาดทั้งภายในและต่างประเทศให้ความสนใจในการผลิตและจำหน่ายนาโนเซนเซอร์เป็นอย่างมาก เนื่องจากมีงานวิจัยและพัฒนาทางด้านนาโนเทคโนโลยีสำหรับการตรวจวิเคราะห์เป็นจำนวนมาก ที่แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของเทคโนโลยีดังกล่าวในอนาคต ดังนั้นการพัฒนานาโนเซนเซอร์ที่มีประสิทธิภาพ มีความแม่นยำและความไวในการตรวจวัดสูง มีกระบวนการทดสอบและราคาที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งานในทางการแพทย์ในบริบทต่างๆ จึงมีโอกาสูงที่จะสามารถพัฒนาต่อไปในเชิงพาณิชย์ อีกทั้งยังเป็นการลดการนำเข้า และมีมูลค่าทางการตลาดอยู่ในระดับที่สูงมาก

ผลสัมฤทธิ์ที่สำคัญ (Key Achievement)

การพัฒนาชุดตรวจและคัดกรองโรคแบบนาโนเซนเซอร์ ในช่วงปี พ.ศ. 2560 - 2564 มุ่งเน้นการพัฒนากลุ่มผลิตภัณฑ์ ตัวอย่างดังต่อไปนี้

- KA 1.1.1 ชุดนาโนเซนเซอร์ตรวจโรคติดเชื้อชนิดอุบัติใหม่และโรคอุบัติซ้ำ เช่น MERS ไข้หวัดใหญ่ วัณโรค และโรคติดเชื้อทางเดินปัสสาวะ (Early diagnosis nanosensors for emerging and re-emerging infectious diseases e.g. MERS, flu, tuberculosis) ตัวอย่างเช่น

- การพัฒนาชุดตรวจใช้หัววัดใหญ่ แบบรวดเร็วและหลายสายพันธุ์ในเวลาเดียวกัน โดยการตรวจโปรตีนแอนติเจน ด้วยเทคนิคของ Lateral flow ร่วมกับ Fluorescence และหลักการตรวจวัดทางแสงด้วยเทคนิคการกระเจิงแสงแบบรามาน (Surface enhanced Raman scattering, SERS)
- การพัฒนาชุดตรวจวินิจฉัย ด้วยหลักการของ Microneedle หรือด้วยการตรวจวิเคราะห์ ดีเอ็นเอของเชื้อไวรัสโรคด้วยการใช้เทคนิค PCR (Polymerase chain reaction) ในการเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอและตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทางเคมีไฟฟ้า เพื่อเพิ่มความเร็วในการวิเคราะห์ผลและเพิ่มความเฉพาะเจาะจงมากขึ้น
- การพัฒนานาโนเซนเซอร์สำหรับตรวจวัดและจำแนกเชื้อแบคทีเรียของผู้ป่วยทางเดินปัสสาวะอักเสบ โดยอาศัยหลักการตรวจวัดทางแสงด้วยเทคนิค SERS เน้นการพัฒนาวัสดุนาโนที่มีสมบัติพิเศษในการขยายสัญญาณรามาน โดยการออกแบบกระบวนการสังเคราะห์โครงสร้าง และการดัดแปรพื้นผิวให้มีสมบัติเฉพาะ ร่วมกับการใช้เทคนิคการคำนวณทางคณิตศาสตร์ในการประมวลผล

• **KA 1.1.2 ชุดนาโนเซนเซอร์ตรวจโรคมะเร็ง (Diagnostics nanosensors for cancer) เช่น**

- การตรวจคัดกรองโดยใช้ microRNA (miRNA)/ lncRNA เพื่อคัดกรองโรคมะเร็งปากมดลูก โดยเริ่มต้นจากการค้นหาตัวบ่งชี้ชนิด miRNA และ lncRNA และศึกษาถึงกลไกการทำงานของตัวบ่งชี้ดังกล่าว หลังจากนั้นนำมาพัฒนาต่อร่วมกับเทคนิค Isothermal amplification หรือ PCR หรือแม้กระทั่งเทคนิคการวิเคราะห์โมเลกุลเดี่ยว เช่น นาโนพอร์ เพื่อพัฒนาเป็นนาโนเซนเซอร์สำหรับตรวจวิเคราะห์มะเร็งปากมดลูก นอกจากนี้ ยังมีการพัฒนาวิธีการเตรียมตัวอย่าง miRNA/ lncRNA ที่มีประสิทธิภาพด้วย รวมไปถึงการประยุกต์ใช้นาโนภาคนาโนที่มีคุณสมบัติเฉพาะร่วมกับเทคนิค PCR ในการพัฒนาชุดตรวจวินิจฉัยโรคมะเร็งที่มีความผิดปกติในระดับยีน เช่น โรคมะเร็งเม็ดเลือดขาว เพื่อให้การตรวจวินิจฉัยโรคดังกล่าวสามารถทำได้ง่าย รวดเร็วยิ่งขึ้น และมีความแม่นยำสูง
- การพัฒนานาโนเซนเซอร์สำหรับตรวจวินิจฉัยโรคมะเร็งปากมดลูกด้วยเทคนิคไฟฟ้าเคมี โดยอาศัยการตรวจวัดโปรตีนเป้าหมาย และดีเอ็นเอสำคัญซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ของโรค เน้นการพัฒนาและออกแบบนาโนเซนเซอร์ โดยการใช้วัสดุนาโนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ การทดสอบด้วยระบบ Multiplexing Analysis เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการตรวจวินิจฉัย รวมไปถึงการพัฒนากระบวนการทำงานของเครื่องมือแบบอัตโนมัติ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการตรวจวัด รวมถึงความสะดวกของผู้ใช้งาน
- การพัฒนานาโนเซนเซอร์สำหรับการตรวจวินิจฉัยโรคมะเร็งชนิดอื่นๆ โดยอาศัยหลักการตรวจวัด Biomarker แบบหลายชนิดพร้อมกัน ด้วยเทคนิคไฟฟ้าเคมี เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการวินิจฉัยโรค
- การพัฒนาน้ำยาตรวจวิเคราะห์มะเร็ง เช่น มะเร็งปากมดลูก และมะเร็งลำไส้ใหญ่ ด้วยวัสดุนาโนซึ่งมีความปลอดภัยต่อเซลล์สิ่งมีชีวิต ที่มีคุณสมบัติแม่เหล็กซูเปอร์พารา และสามารถเพิ่มความแตกต่างของภาพ (Contrast) ที่ได้จากเทคนิคการสร้างภาพเรโซแนนซ์แม่เหล็ก (Magnetic resonance imaging, MRI) หรือการใช้วัสดุนาโนที่มีคุณสมบัติการให้สัญญาณรามาน หรือสัญญาณฟลูออเรสเซนส์ เพื่อตรวจวัดด้วยการสร้างภาพหรือการตรวจวัดสัญญาณด้วยเทคนิค SERS หรือสัญญาณฟลูออเรสเซนส์ เป็นต้น

• **KA 1.1.3 ชุดตรวจโรคสำหรับผู้สูงอายุ (Diagnostics Nanosensors especially for elderly population**

e.g. diabetes, cardiovascular, neurodegenerative disease, Alzheimer's disease) ซึ่งจะเป็นกลุ่มประชากรที่เพิ่มจำนวนสูงขึ้นในอนาคต ดังนั้น การรองรับโรคของประชากรในกลุ่มนี้มีความจำเป็นอย่างมาก เช่น โรคเบาหวาน โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคความเสื่อมของระบบประสาท โรคอัลไซเมอร์ ตัวอย่างของการพัฒนานาโนเซนเซอร์เพื่อ

การตรวจวัดภาวะเบาหวานที่ใช้ได้กับทั้งคนปกติ และกลุ่มคนที่มีความผิดปกติของเฮโมโกลบิน คือการตรวจวิเคราะห์หาไกลโคเตตเดออัลบูมิน โดยการพัฒนาน้ำยาตรวจวัดที่อาศัยแอปทาเมอร์ที่จำเพาะต่อโปรตีนเป้าหมาย ร่วมกับเทคนิคการยับยั้งการปล่อยสัญญาณฟลูออเรสเซนซ์ของวัสดุนาโน เช่น กราฟีนออกไซด์ และยังมีการใช้เทคนิคทางเคมีไฟฟ้า อีกทั้งเทคนิค SPR และเทคนิคนาโนพอร์อีกด้วย

- **KA 1.1.4 ระบบการถ่ายภาพเพื่อตรวจวิเคราะห์เนื้อเยื่อที่มีประสิทธิภาพสูง (High precision nano imaging systems)** โดยการพัฒนาอนุภาคนาโนที่มีความปลอดภัยต่อเซลล์สิ่งมีชีวิต เช่น อนุภาคแม่เหล็ก อนุภาคจากซิลิกา (silica nanoparticle) ที่มีสมบัติแม่เหล็กซูเปอร์พารา และสามารถเพิ่มความแตกต่างของภาพได้ (Contrast) ที่ได้จากเทคนิค MRI การใช้วัสดุนาโนที่มีสมบัติการให้สัญญาณรามาน หรือสัญญาณฟลูออเรสเซนส์ เพื่อตรวจวัดด้วยการสร้างภาพ หรือการตรวจวัดสัญญาณด้วยเทคนิค SERS หรือสัญญาณฟลูออเรสเซนซ์ เป็นต้น

เทคโนโลยีหลัก (Key Technology)

- **เทคนิคในการออกแบบ ค้นหา ผลิต และปรับปรุง แอปทาเมอร์/ แอนติบอดี/ เพปไทด์ เพื่อเป็นตัวจับกับโมเลกุลเป้าหมาย** การค้นหาและศึกษาสมบัติ รวมทั้งกลไกการทำงานของ miRNA/ lncRNA เพื่อเป็นตัวบ่งชี้โรคมะเร็งปากมดลูก และอื่นๆ

- **เทคนิคการออกแบบและสังเคราะห์วัสดุนาโนชนิดพิเศษ** ซึ่งมีสมบัติหลากหลาย รวมถึงการจัดเรียงโครงสร้างและการตัดแปรพื้นผิวของโครงสร้าง ให้มีความจำเพาะต่อการตรวจวัด จากนั้นอาศัยสมบัติเฉพาะเหล่านั้น ไปพัฒนาเป็นเซนเซอร์ในการตรวจหาโมเลกุลต่างๆ ได้แก่ วัสดุนาโนผสมระหว่างแม่เหล็กและซิลิกา วัสดุที่ตอบสนองต่อแรงเชิงกลและค่า pH เพื่อใช้วัดสัญญาณภาพ MRI, วัสดุนาโนของโลหะทอง เงิน และโลหะผสม ทั้งในลักษณะของโครงสร้างเดี่ยวและโครงสร้างกลุ่ม เช่น Patterned surface, Assembled nanoparticles/ nanowires เพื่อใช้ในเทคนิค SERS หรือการเพิ่มประสิทธิภาพของขั้วไฟฟ้า วัสดุนาโนผสมระหว่างทอง แม่เหล็ก และซิลิกา วัสดุผสมระหว่างกราฟีนหรือท่อนาโนคาร์บอนกับอนุภาคโลหะ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจวัดทางไฟฟ้าเคมี เป็นต้น

- **เทคนิค Lateral flow และการจับกันของแอนติบอดีกับแอนติเจน** เป็นเทคนิคที่ใช้ในการตรวจหาโมเลกุลเป้าหมายแบบรวดเร็ว ซึ่งใช้หลักการของการจับกันด้วยความจำเพาะระหว่างโมเลกุลเป้าหมาย และโมเลกุลที่มีความจำเพาะกับพวกมัน แล้วแยกโมเลกุลเป้าหมายที่ถูกจับได้จากสารอื่นๆ ในตัวอย่างนั้น ด้วยวิธีโครมาโตกราฟี เทคนิคดังกล่าวนี้ยังรวมไปถึงการพัฒนาต่อยอดโดยการนำอนุภาคนาโนที่มีสมบัติต่างๆ มาใช้เป็นตัวให้สัญญาณในการแปลผลร่วมกับการเพิ่มสัญญาณของวัสดุนาโนที่มีสมบัติพิเศษ

- **เทคนิคทางเคมีไฟฟ้า และการเพิ่มประสิทธิภาพโดยการใช้วัสดุนาโน** เป็นการนำหลักการทางเคมีไฟฟ้ามาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ ทั้งทางด้านคุณภาพวิเคราะห์ และปริมาณวิเคราะห์ โดยอาศัยการตรวจวัดสัญญาณทางเคมีไฟฟ้า ที่ส่งผลจากการเปลี่ยนแปลงซึ่งเกิดขึ้นบนขั้วไฟฟ้า เช่น การจับกันของแอนติเจนและแอนติบอดี และ DNA hybridization ฯลฯ เทคนิคนี้มีข้อดีคือ มีความไวและความจำเพาะสูง เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์มีราคาถูก และสามารถพกพาได้ง่าย ทำให้เหมาะที่จะนำไปพัฒนาเป็น point-of-care diagnostic device

- **เทคนิคการตรวจวัดแบบ Bio-field effect transistor (Bio-FET)** ซึ่งเป็นการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสัญญาณไฟฟ้าบนพื้นผิวของทรานซิสเตอร์ เมื่อมีการเกาะของโมเลกุลเป้าหมายที่ส่งผลต่อการนำไฟฟ้าใน FET channel

- **เทคนิคการเพิ่มปริมาณกรดนิวคลีอิกทั้งชนิด DNA และ RNA ด้วยวิธี PCR และ Isothermal amplification**

- **เทคนิคนาโนพอร์** ซึ่งเป็นการวิเคราะห์การบดบังของกระแสไอออนผ่านช่องขนาดนาโนเมตร เมื่อมีโมเลกุลเป้าหมายไหลผ่าน
- **เทคนิคการเรโซแนนซ์ของผิวพลาสมอน (Surface Plasmon Resonance, SPR)** เป็นเทคนิคเชิงแสงที่มีความไวสูงและจำเพาะต่อการเปลี่ยนแปลงที่ผิวของเซนเซอร์ สามารถใช้ศึกษาการเข้าคู่กันของโมเลกุลของสารชีวภาพได้โดยไม่ต้องใช้โมเลกุลฉลาก ซึ่งเหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้งานด้านการตรวจหาสารเคมี หรือสารชีวโมเลกุล เป็นต้น
- **การพัฒนาอนุภาคนาโนติดฉลากด้วยลิแกนด์** เช่น แอนติบอดี หรือ แอปทาเมอร์ เพื่อใช้จับจำเพาะกับโมเลกุลเป้าหมาย เช่น โปรตีน เซลล์ หรือชีวโมเลกุลอื่นๆ แล้ววัดสัญญาณด้วยการอ่านสเปกโทรสโกปี และ SERS
- **เทคนิค Microneedle** เป็นเทคนิคการใช้เข็มเล็กๆ ขนาดไมครอน ที่ถูกเคลือบด้วยโปรตีนแอนติเจน เช่น สารทูเบอร์คูลิน หรือพีพีดี สำหรับการทดสอบปฏิกิริยาทางผิวหนัง เพื่อวินิจฉัยบ่งชี้การติดเชื้อไวรัสของผู้ป่วย
- **การผลิต Nanoball** เป็นเทคนิคเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรมจำนวนมาก โดยใช้เทคนิค Isothermal amplification ที่สามารถทำได้โดยง่ายในห้องปฏิบัติการ นำไปสู่การลดค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อและการสังเคราะห์สารพันธุกรรมจำนวนมากนี้ จะนำไปประยุกต์ใช้ในการวินิจฉัยและบำบัดโรค

ทรัพยากรที่ใช้ในการทำวิจัย (Resource)

ความต้องการบุคลากรในภาพรวมได้แก่ บุคลากรวิจัยในสาขาต่างๆ เช่น ชีวเคมี (Biochemistry) ชีวฟิสิกส์ (Biophysics) วิทยาภูมิคุ้มกัน (Immunology) เภสัชศาสตร์ (Pharmaceutical science) ชีววิทยามะเร็ง (Cancer biology) เทคโนโลยีชีวภาพ (Biotechnology) เคมี (Chemistry) เคมีวัสดุศาสตร์ (Material chemistry) วิศวกรรมนาโน (Nanoengineering) วิศวกรรมชีวการแพทย์ (Biomedical engineering) และไมโครฟลูอิดิกส์ (microfluidics) จำนวน 80 คน งบดำเนินการวิจัยและพัฒนา (R&D Expense) 400 ล้านบาท งบลงทุนทางด้านสาธารณูปโภค (Facility budget) 200 ล้านบาท งบเครื่องมือ (Instrument budget) 250 ล้านบาท ค่าใช้จ่ายบุคลากร (Human resource budget) 320 ล้านบาท และมืงงบประมาณรวมทั้งสิ้น 1,170 ล้านบาท

R&D Area 1.2 - Nanomedicine and Medical Materials

RDA1 Prevention, diagnosis and treatment of important diseases		2560	2561	2562	2563	2564
R&D Area	RDA 1.2 Nanomedicine and medical materials					
GOAL	The application of nanotechnology on pharmaceutical to improve product's efficacy and safety.					
Key Achievement	KA 1.2.1 Targeted Cancer theranostics (parenteral)					
	KA 1.2.2 New nanotechnology based oral dosage forms					
	KA 1.2.3 Mucoadhesive nanocarriers (nasal/ pulmonary)					
	KA 1.2.4 Advanced topical/transdermal products					
	KA 1.2.5 Biomedical engineering for tissue implants					
Key Technology	New nanobiomaterials development eg. Biopolymer, Tissue engineering					
	Encapsulation and controlled release technology					
	Cell/receptor targeting technology					
Resource	Researcher/ Research assistant : 120 FTE Total budget : 1,680 MB R&D Expense : 600 MB R&D facility budget : 300 MB Instrument budget : 300 MB Human resource budget : 480 MB					

ความต้องการของตลาด (Market/ Business)

มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ยาและวัสดุทางการแพทย์ด้วยเทคโนโลยีนาโนจำนวนมากในช่วง 15 ปีที่ผ่านมา นับตั้งแต่ประเทศสหรัฐอเมริกาประกาศให้ประเทศมุ่งเน้นพัฒนาเทคโนโลยีนาโนทุกด้าน เพื่อพัฒนาประเทศ รวมถึงด้านการแพทย์และสาธารณสุข ประกอบกับความก้าวหน้าใหม่ในการทำแผนที่จีโนมของมนุษย์ที่สมบูรณ์ ทำให้การพัฒนาผลิตภัณฑ์ยาที่มีความจำเพาะเจาะจงในการรักษา ทำได้ตรงเป้าหมายมากขึ้น เช่น ยากลุ่มที่ใช้รักษาโรคมะเร็งในรูปแบบ Monoclonal antibody เช่น Rituximab™ การพัฒนายาต้านมะเร็งที่จับกับตัวรับ (Receptor) โดยตรง เช่น Epidermal growth factor receptor, Vascular endothelial growth factor receptor, Fibroblast growth factor receptor หรือ จับกับเอนไซม์ที่สำคัญ เช่น Protein kinase C หรือ Cyclin-dependent kinases ทำให้สามารถลดอาการข้างเคียง และอาการไม่พึงประสงค์จากการรักษาที่ใช้ยาเคมีบำบัดที่มีอยู่เดิม การพัฒนาให้ยามีความสามารถในการนำส่งสู่อวัยวะเป้าหมาย การนำส่งสู่เซลล์โดยตรง ตลอดไปถึงการนำส่งสู่ตัวรับที่เฉพาะเจาะจงได้ด้วย

นอกจากนี้ นาโนเทคโนโลยียังสามารถใช้ในการควบคุมการปลดปล่อยยาที่ตำแหน่งเป้าหมาย ด้วยอัตราการปลดปล่อยที่กำหนดอย่างถูกต้องเหมาะสม และมีปริมาณเพียงพอต่อการรักษา โดยสามารถลดอาการไม่พึงประสงค์ และลดระยะเวลาในการรักษาได้ ในปัจจุบันประเทศไทยจำเป็นต้องพัฒนานาโนเทคโนโลยี เพื่อพัฒนาความสามารถในการวิจัย และพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้านการแพทย์ให้มีประสิทธิภาพ เฉพาะเจาะจง ควบคู่ไปกับการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน และปัจจัยเอื้อที่เหมาะสม จนสามารถนำไปสู่การพัฒนาในเชิงพาณิชย์ได้ต่อไป

ผลสัมฤทธิ์ที่สำคัญ (Key Achievement)

การดำเนินงานด้านผลิตภัณฑ์ยานาโนและวัสดุทางการแพทย์ ในช่วงปี พ.ศ. 2560 -2564 มุ่งเน้นกลุ่มผลิตภัณฑ์ตัวอย่างดังต่อไปนี้

- **KA 1.2.1 การนำส่งยามะเร็งสู่เป้าหมายเพื่อการรักษาและวินิจฉัย (Targeted cancer theranostics)** ปัจจุบันการรักษามะเร็งเริ่มมีการเปลี่ยนจากการรักษาด้วยเคมีบำบัด (Chemotherapy) เป็นการรักษาด้วยชีวบำบัด (Biotherapy) ความรู้เรื่องชีวเคมีมีความสำคัญมากขึ้น การใช้ Monoclonal antibody เป็นยา การใช้ Receptor ที่ผิวเซลล์มะเร็งเป็นตำแหน่งเป้าหมาย เพื่อให้เซลล์มะเร็งหยุดเจริญ จนกระทั่งเซลล์ตาย และการวินิจฉัยที่สามารถตรวจสอบ Biomarker ในระดับพีโคกรัม จะช่วยให้ตรวจพบเซลล์มะเร็งได้ในระยะเริ่มต้น มีโอกาสสร้างความสำเร็จในการรักษามะเร็งมากขึ้น

- **KA 1.2.2 การนำส่งยาด้วยระบบนาโนทางปาก (New nanotechnology-based oral dosage forms)** เนื่องจากระบบนำส่งยาทางปากเป็นรูปแบบที่ใช้มากที่สุด และผู้ป่วยมีความคุ้นเคยมากที่สุด โดยมุ่งเน้นให้มีการเตรียมผลิตภัณฑ์ยา และวัสดุทางการแพทย์ ที่มีคุณภาพเทียบเท่ายาต้นแบบที่มีอยู่แล้วในปัจจุบัน และประเทศไทยจำเป็นต้องพัฒนาเทคโนโลยีนาโนมารองรับการผลิต นอกจากนี้ ประเทศไทยยังมีผลิตภัณฑ์ที่เป็นสารจากธรรมชาติจากพืชที่มีอยู่มากมาย และมีความหลากหลายทางชีวภาพที่มีศักยภาพนำมาใช้ในการรักษา ดังนั้น จึงต้องพัฒนาทั้งยาและผลิตภัณฑ์ธรรมชาติด้วยนาโนเทคโนโลยี ในการนำส่งยามาใช้ประโยชน์ เช่น ในรูปแบบของยาน้ำแขวนตะกอนนาโน (Nanosuspension) หรือผลึกนาโน (Nanocrystal)

- **KA 1.2.3 การพัฒนาสารตัวพานาโนเพื่อให้ยึดเกาะเยื่อในโพรงจมูกและปอด (Mucoadhesive nanocarrier for nasal and pulmonary delivery)** การนำส่งยาในระบบทางเดินหายใจผ่านทางช่องจมูก และปอดเป็นระบบที่น่าสนใจ และมียาใหม่จำนวนมากที่ให้กับผู้ป่วยด้วยช่องทางนี้ โดยเฉพาะยาที่ไม่สามารถให้โดยการรับประทานหรือฉีด ระบบนำส่งยาสู่ทางเดินหายใจจะสามารถนำส่งยาสู่กระแสเลือดได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากมีเลือดมาหล่อเลี้ยงในปริมาณมากในบริเวณดังกล่าว และใช้ทดแทนยาที่ให้โดยการฉีดในบางกรณี แต่ก็มีข้อจำกัดเรื่องการถูกกำจัดโดย Mucociliary clearance และ Cilia นอกจากนี้ ยังรวมถึงการพัฒนากระบวนการนำส่งแบบเฉพาะบริเวณที่มีเยื่อเมือก เช่น ช่องปาก (Buccal delivery) ดังนั้น การพัฒนาพอลิเมอร์ระดับนาโนที่สามารถยึดเกาะกับเยื่อเมือก ทำให้ยาสามารถออกฤทธิ์ได้นานขึ้น และถูกกำจัดด้วยระบบเมือกและขนกวัดในร่างกายได้ลดลง

- **KA 1.2.4 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ส่งสารออกฤทธิ์ที่ผิวหนังและหรือส่งสารออกฤทธิ์ผ่านผิวหนัง (Advanced topical/ transdermal products)** ประกอบด้วยผลิตภัณฑ์ 2 แบบ คือ แบบที่ออกฤทธิ์ที่ผิวหนังโดยไม่ต้องผ่านชั้นหนังแท้และหนังกำพร้า และชนิดที่ออกฤทธิ์ในชั้นที่ลึกลงไปหรือออกฤทธิ์ได้ทั่วร่างกาย รูปแบบการนำส่งยาดังกล่าวนับเป็นที่ยอมรับมากขึ้นในปัจจุบัน โดยเฉพาะเพื่อการรักษาแผลทั้งที่ติดเชื้อและไม่ติดเชื้อ มีทั้งที่เป็นฟิล์มบางนาโนที่สามารถเพิ่มการสมานแผล และทำให้การรักษาแผลคืนสู่สภาพเดิมได้เร็วขึ้น การใช้ระบบ Microneedle เป็นอีกรูปแบบหนึ่งของการนำส่งยาผ่านทางผิวหนัง ที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการนำส่งยาผ่านผิวหนังชั้นของ Stratum corneum ได้โดยตรง ทำให้ยาสามารถซึมผ่าน และเข้าสู่ผิวหนังได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้วัสดุที่ใช้ในการขึ้นรูป Microneedle เป็นกลุ่มของพอลิเมอร์ที่ย่อยสลายได้ (Biodegradable) และเข้ากับกลไกของร่างกายได้ (Biocompatible) ยาจะถูกกักเก็บอยู่ในส่วนของวัสดุขึ้นรูป Microneedle หรืออยู่ในอนุภาคนาโน เพื่อเป็นการกักเก็บและความคุมการปลดปล่อยของยาได้อย่างเหมาะสม ทั้งนี้ Microneedle ถือว่าเป็นวัสดุทางการแพทย์ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ทั้งด้านการบำบัดรักษา และการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน

- **KA 1.2.5 การพัฒนาวิศวกรรมชีวการแพทย์สำหรับการฝังในเนื้อเยื่อและการปลูกถ่ายเนื้อเยื่อ (Biomedical engineering for tissue implants)** ได้แก่ การฝังยาหรือวัสดุทางการแพทย์เข้าสู่ร่างกายหรือเข้าไปในเนื้อเยื่อ เช่น การพัฒนาวัสดุทางชีวภาพ (Biomaterials) ชนิดฝัง ที่กักเก็บยาหรือสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เพื่อควบคุมการปลดปล่อยอย่าง

ต่อเนื่อง (Sustainable controlled release) รวมทั้งการพัฒนาวัสดุทางชีวภาพในการกักเก็บเซลล์ชนิดต่างๆ (Nanomaterials for cell encapsulation) เช่น Fibroblast หรือ Osteoblast เพื่อนำส่งเซลล์หรือปลูกถ่ายเนื้อเยื่อเหล่านี้ไปยังอวัยวะที่ถูกทำลายและซ่อมแซมส่วนที่ถูกทำลายนั้น

เทคโนโลยีหลัก (Key technology)

การศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์ระหว่างปี พ.ศ. 2560-2564 จะมีการใช้นาโนเทคโนโลยีหลักในการวิจัย 3 เทคโนโลยี คือ

- **เทคโนโลยีการพัฒนาวัดุนาโนทางชีวภาพและเทคโนโลยีเพื่อวิศวกรรมเนื้อเยื่อ (Nanobiomaterials and tissue engineering technology)** เป็นการใช้นาโนเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาวัดุนาโนชีวภาพชนิดใหม่ ที่มีความเข้ากันได้กับร่างกาย เช่น พอลิเมอร์ และการพัฒนาวัดุนาโนชีวภาพให้เป็นโครงสร้างที่เหมาะสมในการรองรับเซลล์กระดูกและเนื้อเยื่อ ทำให้เกิดการเจริญและพัฒนาเป็นเนื้อเยื่อหรืออวัยวะได้ สามารถทดแทนอวัยวะที่เสื่อมหรือได้รับความเสียหาย

- **เทคโนโลยีการห่อหุ้มระดับนาโนและการควบคุมการปลดปล่อย (Nanoencapsulation and controlled release technology)** เทคโนโลยีในการห่อหุ้มสารมีมานานแล้วในระดับอนุภาคไมโครเมตร แต่การห่อหุ้มระดับนาโนเมตรเริ่มมีมากขึ้นในปัจจุบัน การใช้นาโนเทคโนโลยีดังกล่าวต้องมีการพัฒนาควบคู่ไปกับการขยายกำลังการผลิตเพื่อไปสู่อุตสาหกรรม นอกจากนี้ การควบคุมการปลดปล่อยของสารในปัจจุบัน สามารถทำได้หลากหลายทั้งสภาวะแวดล้อม ปัจจัยทางชีวภาพ เช่น ความเป็นกรดต่าง ระดับสารทางชีวภาพในร่างกาย อุณหภูมิ หรือแม้แต่การควบคุมการปลดปล่อยด้วยปัจจัยทางกายภาพภายนอก เช่น แสง

- **เทคโนโลยีการนำส่งยาสู่เซลล์และตัวรับ (Cell and receptor targeting technology)** ซึ่งเทคโนโลยีอาศัยการติดโมเลกุลที่จำเพาะเจาะจงต่อเซลล์ เช่น Monoclonal antibody, Molecular tag, Receptor targeting และ Peptide ligands โดยเฉพาะ Epidermal growth factor receptor และ Vascular endothelial growth factor receptor นอกจากนี้ การติดตามด้วย Contrasting agent ได้แก่ Quantum dot หรือ Superparamagnetic nanoparticles (SPIONs) ที่สามารถทำให้เห็นภาพทดแทน Fluorescence labelling ที่มีอยู่เดิม หรือการปรับปรุงให้การแสดงออกในรูปแบบ Bioimaging

ทรัพยากรที่ใช้ในการทำวิจัย (Resource)

ความต้องการทรัพยากรในภาพรวม ได้แก่ บุคลากรวิจัยในสาขาต่างๆ เช่น การแพทย์ เภสัชศาสตร์ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ชีวเคมี วัสดุศาสตร์ และเคมี รวมทั้งสิ้น 120 คน (ประกอบด้วยนักวิจัย และผู้ช่วยวิจัย) งบประมาณวิจัยตลอดโครงการจำนวน 1,680 ล้านบาท และงบประมาณสำหรับจัดหาอุปกรณ์ครุภัณฑ์ จำนวน 300 ล้านบาท เช่น เครื่องมือในการผลิตวัสดุนาโน ทั้งในระดับห้องปฏิบัติการ และการขยายขนาดในระดับอุตสาหกรรม งบสำหรับจัดหาโครงสร้างพื้นฐาน (R&D facility budget) 300 ล้านบาท และงบบุคลากรวิจัย 480 ล้านบาท

R&D Agenda 2 - Utilization of Natural Products and Biodiversity

R&D Area 2.1- Nanocosmeceuticals and Encapsulated Thai Herbal and Natural products

RDA2 Utilization of natural products and biodiversity					
R&D Area	2560	2561	2562	2563	2564
GOAL	RDA 2.1 Nanocosmeceuticals and encapsulated Thai herbal and natural products				
Key Achievement	Cosmetic and Nano cosmeceutical products from herbal and natural ingredients				
Key Achievement	KA 2.1.1 Multifunction cosmeceutical products : skin care, facial, body, hair				
	KA 2.1.2 Long lasting properties products				
	KA 2.1.3 Advanced transdermal patches and devices				
	KA 2.1.4 Rejuvenation products				
	KA 2.1.5 3D skin model for cosmetic testing				
	KA 2.1.6 Increased physical properties, efficacy, standardization of products				
Key Technology	Microneedle technology				
	Electrospinning				
	New biomaterial synthesis, biocompatible and biodegradable surfactant				
	Scalable – formulation/pilot production technology				
	Encapsulation and controlled release technology				
Resource	Extraction and purification technology				
	Researcher/ Research assistant : 100 FTE				
	Total budget : 1,060 MB				
	R&D Expense : 210 MB		R&D facility budget : 100 MB		
	Instrument budget : 350 MB		Human resource budget : 400 MB		

ความต้องการของตลาด (Market/ Business)

กระแสความนิยมในการใช้ผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติมีการเติบโตอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง เพราะปัจจุบันสามารถเข้าถึงข้อมูลข่าวสารได้มากขึ้นและอย่างรวดเร็ว จึงเกิดการแข่งขันที่สูงขึ้นกว่าในอดีต ทำให้เกิดสภาวะความเครียดที่ต้องเผชิญกับแรงกดดัน รวมทั้งการที่ต้องอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่เป็นมลพิษมากขึ้น จากการศึกษาทั่วโลกเข้าสู่ยุคการผลิตเชิงอุตสาหกรรม จึงทำให้มีการใส่ใจในเรื่องสุขภาพและความงามมากขึ้น และกลับมาสนใจกับธรรมชาติ หรือใช้ผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ ดังนั้น ความต้องการของตลาดเวชสำอางจากสมุนไพรจึงได้รับความสนใจจากทั่วโลก และมีการวิจัยและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ตลอดเวลา โดยเฉพาะการนำนาโนเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์สำหรับผิวหนัง (Skin care) ที่มีส่วนผสมจากสารสกัดธรรมชาติเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งกำลังได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน

การห่อหุ้มระดับนาโน (Nanoencapsulation) เป็นระบบที่สามารถกักเก็บสารสกัดธรรมชาติในอนุภาคขนาดเล็กระดับนาโนเมตร เพื่อเพิ่มความสามารถในการซึมเข้าสู่ผิวหนัง และทำให้สามารถออกฤทธิ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากสามารถนำส่งสารสำคัญเข้าสู่เป้าหมาย และปลดปล่อยสารสำคัญในรูปแบบที่ต้องการ อีกทั้งเทคนิคการห่อหุ้มระดับนาโนนี้ ยังช่วยเพิ่มความคงตัวของสารสกัดสมุนไพร หรือสารออกฤทธิ์ที่สำคัญ ไม่ให้ถูกทำลายก่อนการออกฤทธิ์ด้วย

ผลสัมฤทธิ์ที่สำคัญ (Key Achievement)

สภาพการผลิตและส่งออกเครื่องสำอางไทยยังคงเติบโตอย่างต่อเนื่อง และเมื่อติดตามดูสถานการณ์การเคลื่อนไหวของอุตสาหกรรมเครื่องสำอางทั่วโลก จะเห็นว่ามูลค่าตลาดผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางมีอัตราการเติบโตของยอดขายสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในปี พ.ศ. 2557 มีมูลค่าสูงถึง 16.1 ล้านล้านบาท (ณ อัตราแลกเปลี่ยน 35 บาทต่อ 1 ดอลลาร์สหรัฐ)

และคาดการณ์ว่าในอีก 6 ปีข้างหน้าจะมีมูลค่าตลาดสูงถึง 23.6 ล้านล้านบาท (Business Wire, A Berkshire Hathaway Company, 25 ก.ค. 2558) โดยเฉพาะเครื่องสำอางกลุ่มบำรุงผิว (Skin care products) ด้านชะลอวัยและลดริ้วรอย นอกจากนี้แล้ว การวิจัยและพัฒนาที่ยั่งยืนนวัตกรรมหรือผลิตภัณฑ์ที่ใช้เทคโนโลยีในการเพิ่มประสิทธิภาพการนำส่งสารสำคัญผ่านผิวหนังไปยังจุดเป้าหมายได้อย่างรวดเร็ว พร้อมกับการพิสูจน์ประสิทธิภาพ และความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้น ซึ่งปัจจุบันได้มีกฎระเบียบห้ามใช้สัตว์ทดลองในการพิสูจน์ฤทธิ์ดังกล่าว จึงต้องมีการพัฒนาวิธีการทดสอบด้าน in vitro ที่อาศัยการทดลองในหลอดทดลองเป็นหลัก ขึ้นมาทดแทนให้มีประสิทธิภาพ และมีความน่าเชื่อถือได้

แผนที่นำทางปี พ.ศ. 2560 - 2564 จึงมุ่งเน้นกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่สำคัญ เช่น

- **KA 2.1.1 ผลิตภัณฑ์ทางเวชสำอางที่ส่งผลหลายประการ (Multifunction cosmeceutical products eg. skin care, facial, body, hair products)** เช่น ผลิตภัณฑ์ที่ทำให้ผิวหนังมีความชุ่มชื้น ลดริ้วรอย ผิวขาวกระจ่างใส ส่วนผลิตภัณฑ์สำหรับเส้นผมจะมีความนุ่มลื่น เส้นผมแข็งแรงในผลิตภัณฑ์เดียวกัน

- **KA 2.1.2 ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่มีการออกฤทธิ์ยาวนาน (Long lasting properties products)** เช่น ผลิตภัณฑ์ที่ออกฤทธิ์ช้าๆ และเนิ่นนานสำหรับผลิตภัณฑ์ควบคุมเชื้อก่อโรค ผลิตภัณฑ์ที่แก้กลิ่นหอม และผลิตภัณฑ์ที่ระงับกลิ่นกาย (microbial control, fragrance, deodorizer products)

- **KA 2.1.3. แผ่นแปะและอุปกรณ์ขั้นสูงสำหรับผิวหนัง (Advanced transdermal patches and devices)** ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ที่นำส่งยาทางผิวหนังเพื่อให้ผลต่อร่างกายทั้งระบบและที่ออกฤทธิ์เฉพาะที่ เช่น แผ่นแปะฮอร์โมนทดแทน เป็นต้น

- **KA 2.1.4 ผลิตภัณฑ์ฟื้นฟูผิวหนัง เพื่อการชะลอวัยให้อ่อนเยาว์ (Rejuvenation products)** ได้แก่ ผลิตภัณฑ์เพิ่มความกระจ่างของผิว ผลิตภัณฑ์ลบและต้านการเกิดริ้วรอย เป็นต้น

- **KA 2.1.5 การทดสอบประสิทธิภาพและความปลอดภัย โดยใช้รูปแบบผิวหนังสามมิติ (3D Skin model for cosmetic testing)** เป็นการพัฒนาระบบทดสอบโดยไม่ต้องใช้สัตว์ทดลอง ซึ่งเป็นข้อกำหนดการทดสอบที่แนะนำให้ใช้กับผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องสำอาง และเพื่อทดแทนการใช้ผลิตภัณฑ์จากต่างประเทศ

- **KA 2.1.6 การเพิ่มคุณสมบัติทางกายภาพ ประสิทธิภาพ และมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ (Increased physical properties, efficacy, standardization of products)** ตัวอย่างเช่น การเพิ่มการละลาย การดูดซึม และควบคุมการปลดปล่อย ด้วยสำคัญ และการกำหนดมาตรฐานเพื่อควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์

นอกจากนี้ การใช้นาโนเทคโนโลยีเพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์เวชสำอางสมุนไพรไทยมีประสิทธิภาพ และมีคุณสมบัติตามความต้องการของตลาด จำเป็นต้องมีการพิสูจน์ว่าออกฤทธิ์จริงตามที่กล่าวอ้างในผลิตภัณฑ์ เพื่อใช้ในการขึ้นทะเบียนผลิตภัณฑ์ ซึ่งยังเป็นปัญหาของผู้ประกอบการไทยในการผลิต และจำหน่ายผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง ทำให้สูญเสียโอกาสการส่งออกผลิตภัณฑ์ไปต่างประเทศ การแก้ไขปัญหาในส่วนนี้จึงต้องอาศัยความร่วมมือจากหน่วยงานภาครัฐต่างๆ เช่น สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) ฯลฯ

เทคโนโลยีหลัก (Key Technology)

ความนิยมของผู้บริโภคต่อการใช้ผลิตภัณฑ์เวชสำอางมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว วัฏจักรของผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ เปลี่ยนแปลงไว และอายุของผลิตภัณฑ์ในตลาดสั้น เนื่องจากเน้นด้านการตลาด การโฆษณามากกว่าเน้นคุณสมบัติเด่น

ของผลิตภัณฑ์ ดังนั้น การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ในปี พ.ศ. 2560 - 2564 โดยอาศัยเทคโนโลยีใหม่ๆ เช่น เทคโนโลยีการห่อหุ้มระดับนาโน (Nanoencapsulation) จึงเป็นแนวทางที่ผู้คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่แท้จริง และสามารถช่วยเพิ่มมูลค่าให้ผลิตภัณฑ์สามารถแข่งขันในตลาดโลกได้ด้วย

- **เทคโนโลยีของระบบนำส่งยาผ่านผิวหนังชนิดแทงเข็มขนาดย่อย (Microneedle drug delivery system)** ที่มีประสิทธิภาพ เพื่อช่วยลดการระคายเคืองของกระเพาะจากการรับประทาน และช่วยควบคุมการปลดปล่อยของตัวยาได้ตามต้องการ ซึ่งปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีนี้มาประยุกต์ใช้ เพื่อนำส่งสารสำคัญในผลิตภัณฑ์เวชสำอาง โดยควบคุมขนาดของเข็มและปริมาณของสารที่บรรจุ แต่ต้องระวังปัญหาที่อาจเกิดภาวะ Hypersensitivity และการติดเชื้อ หากเตรียมไม่ดีพอ

- **เทคโนโลยีกระบวนการทางอิเล็กทรอนิกส์ (Electrospinning for cosmeceutical application)** เน้นกระบวนการที่อาศัยพลังงานทางไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดศักย์ไฟฟ้ากำลังสูง ทำให้สารละลายพอลิเมอร์เปลี่ยนเป็นนาโนไฟเบอร์ เริ่มจากนำสารสกัดสมุนไพรที่มีสารออกฤทธิ์สำคัญ ไปปั่นพร้อมกับนาโนไฟเบอร์ จนขึ้นรูปได้เป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบแผ่นแปะ ที่สามารถควบคุมการออกฤทธิ์ให้เหมาะสมกับประสิทธิภาพของสมุนไพรนั้นๆ อาทิ แผ่นแปะแก้สิว หรือแผ่นแปะลดริ้วรอย

- **เทคโนโลยีการสังเคราะห์วัสดุชีวภาพ (New biomaterial synthesis)** และสารลดแรงตึงผิว หรือสารประกอบอินทรีย์ซึ่งประกอบด้วย ส่วนหัวที่มีคุณสมบัติชอบน้ำ (Hydrophilic head) และส่วนหางที่ไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic tail) ซึ่งสามารถเข้ากับระบบทางชีวภาพ และสามารถย่อยสลายตามกระบวนการตามธรรมชาติได้ (Biocompatible and biodegradable surfactant) โดยอาจได้จากผลิตผลทางการเกษตรที่มีอยู่มากในประเทศ วัสดุชีวภาพและสารลดแรงตึงผิวช่วยทำให้สารสำคัญมีประสิทธิภาพ และความคงตัวมากขึ้น สามารถช่วยทำให้สารประกอบที่เป็นเฟสน้ำและน้ำมันเข้ากันได้ดี ซึ่งมีความสำคัญในการประยุกต์ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง และเวชสำอางจากสมุนไพรและสารจากธรรมชาติ

- **เทคโนโลยีการขยายระดับการผลิต (Scalable formulation/pilot production technology)** เป็นการต่อยอดงานวิจัยเพื่อเตรียมพัฒนากระบวนการผลิตเข้าสู่ระดับการผลิตภาคอุตสาหกรรม โดยมีการเตรียมกระบวนการอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักรที่จำเป็น โดยมุ่งเน้นกระบวนการผลิตที่สามารถขยายปริมาณการผลิตในระดับอุตสาหกรรมได้ง่าย

- **เทคโนโลยีการห่อหุ้มระดับนาโนและการควบคุมการปลดปล่อย (Nanoencapsulation and controlled release technology)** เป็นเทคโนโลยีที่กักเก็บสารสำคัญหรือสารที่มีฤทธิ์จากพืชสมุนไพร เพื่อให้มีความคงตัวไม่ถูกทำลายง่าย เพิ่มประสิทธิภาพการนำส่งและควบคุมการปลดปล่อยสารดังกล่าวสู่ผิวหนังในรูปแบบต่างๆ เช่น โลโซโซม นาโนอิมัลชัน อนุภาคนาโนในรูปแบบของของแข็งและกึ่งของแข็ง

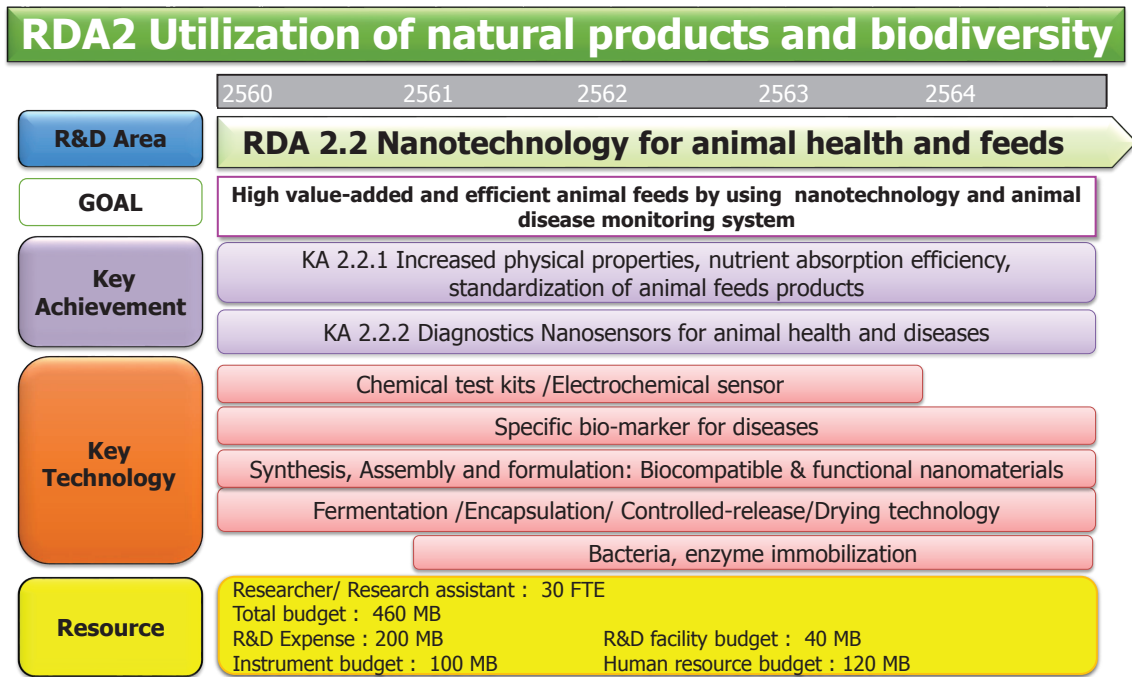
- **เทคโนโลยีการสกัดและแยกสารสำคัญและทำให้บริสุทธิ์ (Extraction and purification)** โดยแยกจากสมุนไพรเพื่อให้ได้สารที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา (Medicinal compound) โดยเลือกตัวทำละลายและวิธีการสกัดที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ปริมาณสารสำคัญมากที่สุด

ทรัพยากรที่ใช้ในการทำวิจัย (Resources)

ความต้องการทรัพยากรในภาพรวม ได้แก่ บุคลากรวิจัยรวม 100 คน (ประกอบด้วยนักวิจัย และผู้ช่วยวิจัย) งบประมาณวิจัยรวมทั้งสิ้น 1,060 ล้านบาท ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายดำเนินการ (R&D Expense) 210 ล้านบาท งบประมาณ

สำหรับจัดหาสารอุปโภค 100 ล้านบาท งบประมาณสำหรับจัดหาอุปกรณ์ครุภัณฑ์ จำนวน 350 ล้านบาท และงบประมาณสำหรับบุคลากรวิจัย 400 ล้านบาท

R&D Area 2.2 - Nanotechnology for Animal Health and Feeds



ความต้องการของตลาด (Market/ Business)

มีความต้องการนำนาโนเทคโนโลยีมาสนับสนุนกิจกรรมส่วนนี้เป็นอย่างมาก เพื่อผลักดันการส่งออกผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์และอาหารสัตว์ไปยังต่างประเทศ และยกระดับคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรรูปและอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ ให้มีมาตรฐานสากลเป็นที่ยอมรับ ปลอดภัยสำหรับการบริโภคภายในประเทศ และส่งออกต่างประเทศ ลดความเสียหายจากปัญหาการกีดกันทางการค้าการส่งออกเนื้อสัตว์ โดยการท่ววิจัยและพัฒนาจะมุ่งเน้นที่การพัฒนาวัคซีนโรคสัตว์ และวัคซีนแปรรูปประสิทธิภาพสูง ลดการใช้ยาปฏิชีวนะ และสารเคมีที่เติมลงในอาหารสัตว์ เพื่อลดการดื้อยาในสัตว์ ด้วยเทคโนโลยีการกักเก็บสาร หรือควบคุมการปลดปล่อยสารสำหรับอาหารเสริมในสัตว์ สอดคล้องรับกับมาตรฐานความปลอดภัยในการใช้งานของผลิตภัณฑ์ (GRAS) เป็นต้น

นาโนเทคโนโลยีที่สามารถสนับสนุนแปรรูปและอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ที่สำคัญ ได้แก่ ระบบนำส่งในหลากหลายรูปแบบ เช่น นาโนอิมัลชัน การสร้างไมเซลล์ หรือไลโปโซม เทคโนโลยีที่กล่าวมานี้เป็นเทคโนโลยีที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซึมในระบบทางเดินอาหาร เพิ่มความคงตัว และความเข้ากันได้กับสูตรตำรับอาหาร และกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมที่มีอยู่แล้ว ทำให้สามารถพัฒนาต่อเนื่อง กลายเป็นต้นแบบระดับอุตสาหกรรม หรือต้นแบบเชิงพาณิชย์ได้อย่างรวดเร็ว ช่วยเพิ่มมูลค่าของวัตถุดิบการเกษตรและผลิตภัณฑ์การเกษตร

นอกจากนี้ การพัฒนาระบบตรวจวัด (Sensor) ประสิทธิภาพสูงแบบจำเพาะเจาะจง มีความจำเป็นอย่างมากทั้งในปัจจุบันและในอนาคต สำหรับตรวจวัดควบคุมคุณภาพในระบบเลี้ยงสัตว์ในฟาร์ม และตรวจจับสารเคมีปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์

ผลสัมฤทธิ์ที่สำคัญ (Key Achievement)

การดำเนินงานทางด้านนาโนเพื่อสุขภาพและอาหารสัตว์ ในช่วงปี พ.ศ. 2560 - 2564 มุ่งเน้นหลัก คือ

- **KA 2.2.1 การเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์** โดยมีการนำเอานาโนเทคโนโลยีมาช่วยปรับรูปแบบผลิตภัณฑ์ให้ทันสมัย ปรับกระบวนการผลิต เพิ่มประสิทธิภาพการออกฤทธิ์ในเชิงการรักษา และเพิ่มคุณค่าสารอาหารที่จำเป็นต่อสัตว์ (**Increased physical properties, nutrient absorption efficiency, standardization of animal feeds products**) ด้วยการเพิ่มคุณสมบัติพิเศษทางด้านกายภาพ ประสิทธิภาพการดูดซึม และสร้างมาตรฐานอาหารสัตว์ให้เป็นที่ยอมรับ ปราศจากสิ่งแปลกปลอม และยาปฏิชีวนะ สร้างทางเลือกการนำเอาสารธรรมชาติมาขึ้นรูปเพื่อใช้ทดแทนยาปฏิชีวนะ ใช้ทำวิตามิน โพรไบโอติก วัคซีน และคีเลเตอร์ ในรูปแบบที่ดูดซึมได้ง่าย สังเคราะห์ตัวนำส่งสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพระดับนาโน พัฒนาวัสดูแลสำหรับใช้ในการผลิตวัตถุดิบเสริมอาหารสัตว์ (Feed additive) เพื่อใช้เติมในอาหารสัตว์ โดยมีจุดประสงค์เพื่อเพิ่มความคงตัวของวัตถุดิบเสริมอาหารที่สลายตัวง่าย เช่น วิตามิน หรือเอนไซม์

- **KA 2.2.2 การพัฒนาชุดตรวจวัดโรคในสัตว์ที่มีความแม่นยำ มีความจำเพาะเจาะจง และมีประสิทธิภาพสูง (Diagnostics nanosensors for animal health and diseases)** ได้แก่ การเพิ่มความไวในการตรวจวัด (Sensitivity) เพิ่มความจำเพาะ (Specificity) หรือการพัฒนาวิธีการตรวจให้สะดวก รวดเร็วขึ้น ครอบคลุมหลายโรค หรือหลายสาเหตุในครั้งเดียว (Multiplex detection) โดยมีการพัฒนาชุดตรวจความไวสูง สำหรับตรวจหาโรคที่เป็นสาเหตุสำคัญของ การเสียชีวิตและมีผลกระทบต่อเศรษฐกิจ ทั้งกลุ่มของสัตว์เลี้ยง เช่น สัตว์ตระกูลสุนัขและแมว และกลุ่มของสัตว์เศรษฐกิจ เช่น โค กระบือ สุกร แพะ สัตว์ปีก และสัตว์น้ำ

ตัวอย่างชุดตรวจที่จะวิจัยและพัฒนาได้แก่

- การพัฒนาชุดตรวจเชื้อแบคทีเรีย เช่น *Pseudomonas* sp. โดยการตรวจด้วยเทคนิค Lateral flow
- การพัฒนาชุดตรวจวัดแบบรวดเร็ว ในการตรวจหาเชื้อดิสเทมเพอร์ไวรัส สำหรับวินิจฉัยโรคไข้หัดสุนัข ด้วยเทคนิค Lateral flow
- การพัฒนาชุดตรวจวัดแบบรวดเร็วในการตรวจหาเชื้อพาร์โวไวรัสและเชื้อโคโรนาไวรัส ในชุดตรวจเดียวกัน สำหรับวินิจฉัยโรคลำไส้อักเสบในสุนัข ด้วยเทคนิค Lateral flow
- การพัฒนาชุดตรวจวัดแบบรวดเร็ว การพัฒนาที่เพิ่มความไวในการตรวจวัด เช่น ลด Limit of detection เพิ่มความเฉพาะเจาะจง และสามารถตรวจวัดได้หลายสายพันธุ์ในเวลาเดียวกัน เช่น ด้วยระบบ Multiplexing Analysis

เทคโนโลยีหลัก (Key Technology)

การศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์ระหว่างปี พ.ศ. 2560-2564 จะมีการใช้นาโนเทคโนโลยีหลักในการวิจัย 5 เทคโนโลยี คือ

- Chemical test kits and electrochemical sensors เป็นการทำระบบชุดตรวจวัดที่อาศัยการตอบสนองต่อปฏิกิริยาทางเคมีหรือเคมีไฟฟ้า เพื่อให้สามารถแสดงผลออกมาในรูปแบบของตัวเลขข้อมูล หรือออกมาในรูปแบบของกราฟ ที่มีความจำเพาะเจาะจง มีประสิทธิภาพดี และมีความไวต่อการตรวจวัดสูงด้วยนาโนเทคโนโลยี

- Specific bio-marker for diseases เป็นการวิจัยค้นหาและตรวจวัดสารเคมี สารเปปไทด์หรือโปรตีน ที่ชี้ถึงภาวะของโรคที่จะสนใจศึกษา นำไปสู่การวิเคราะห์ทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ ใช้สำหรับการวินิจฉัยโรคในสัตว์อย่างถูกต้องและแม่นยำสูง

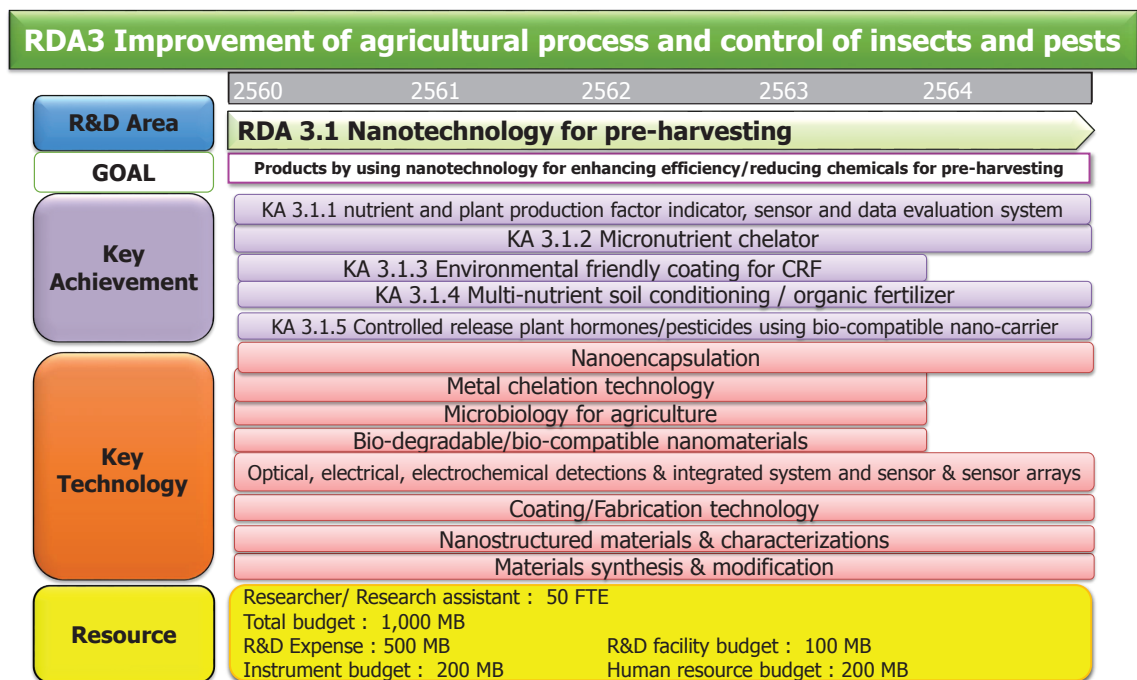
- Synthesis, assembly and formulation of biocompatible and functional nanomaterials เป็นการพัฒนากระบวนการสังเคราะห์ ขึ้นรูป และการคิดตำรับสูตรของสารสำคัญขนาดอนุภาคระดับนาโน เพื่อใช้เก็บกักสารสำคัญหรืออาหารเสริมที่ไม่คงตัว ให้มีความความคงตัวมากยิ่งขึ้น เช่น การเตรียมสารอาหารในรูปไลโปโซมหรืออิมัลชัน การพัฒนาวัสดุควบคุมการปลดปล่อยสำหรับอาหารสัตว์เป็นการพัฒนาวัสดุที่สลายตัวช้า เช่น พิล์มแบ่งหรือโคโทซาน และการพัฒนากระบวนการขึ้นรูปเพื่อให้นำส่งวัสดุเสริมอาหารสัตว์ ที่ต้องการให้มีการดูดซึมช้า เช่น วัคซีน หรือฮอร์โมน
- Fermentation/ encapsulation/ control-released and drying technology เป็นการผลิตและการขึ้นรูปอนุภาคระดับนาโนเมตร ในขนาดสเกลกึ่งอุตสาหกรรม โดยอาศัยหลักการขึ้นรูปอนุภาคเชิงกายภาพ
- Bacteria and enzyme immobilization เป็นเทคโนโลยีที่จะมาช่วยเสริมความคงตัวของแบคทีเรีย และเอนไซม์ที่มีประสิทธิภาพสูง แต่ไม่ค่อยจะคงตัว ให้มีความคงตัวมากขึ้น ให้มีประสิทธิภาพในการใช้งาน และสามารถนำแบคทีเรีย และเอนไซม์นั้นๆ มาใช้ซ้ำได้หลายครั้ง

ทรัพยากรที่ใช้ในการทำวิจัย (Resource)

ความต้องการทรัพยากร ได้แก่ บุคลากรวิจัยรวมทั้งสิ้น 30 คน (ประกอบด้วยนักวิจัย และผู้ช่วยวิจัย) งบประมาณทำการวิจัยตลอดโครงการรวม 5 ปี 460 ล้านบาท ประกอบด้วย งบดำเนินการวิจัย (R&D Expense) 200 ล้านบาท งบประมาณสนับสนุนด้านสาธารณูปโภค 40 ล้านบาท และงบเครื่องมือที่จำเป็นเฉพาะทางระดับกึ่งอุตสาหกรรมถึงระดับอุตสาหกรรม เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ต้นแบบ/จริง 100 ล้านบาท รวมทั้งต้องการพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ต้นแบบในระดับกึ่งอุตสาหกรรมที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน GMP (GMP Certified) และงบด้านบุคลากรวิจัย 120 ล้านบาท

R&D Agenda 3 - Improvement of Agricultural Process and Control of Insects and Pests

R&D Area 3.1 - Nanotechnology for Pre-harvesting



ความต้องการของตลาด (Market/ Business)

เนื่องด้วยประเทศไทยเป็นประเทศที่มีเศรษฐกิจอยู่บนพื้นฐานของเกษตรกรรม แต่ในปัจจุบันพบว่ายังประสบปัญหาหลายด้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปัญหาของคุณภาพทรัพยากรในพื้นที่การเกษตร ซึ่งรวมถึง สภาพดิน ความอุดมสมบูรณ์ และธาตุอาหารในดิน เป็นต้น จึงส่งผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศด้านการเกษตรที่ต่ำลง การฟื้นฟูสภาพดิน และการแก้ไขการใช้ปุ๋ยที่ผิดวิธี (มากเกินไป) หรือความต้องการของพืช จึงเป็นความจำเป็นเร่งด่วนที่ต้องทำควบคู่กันไป แต่การปรับปรุงสภาพดินให้เหมาะสมกับการเพาะปลูกนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับคุณภาพของดินในพื้นที่ที่ต้องการใช้ รวมถึงปริมาณธาตุอาหารที่ถูกต้องและเหมาะสมของปุ๋ยที่ใช้ปรับปรุงดิน ซึ่งทั้งสองอย่างนี้ สามารถนำเอาเทคโนโลยีมาประยุกต์ โดยเฉพาะในการตรวจวัดชนิด และปริมาณธาตุอาหารหลักต่างๆ ที่พบในดินและปุ๋ย และใช้ปุ๋ยควบคุมการปลดปล่อยฮอร์โมน และยาปราบศัตรูพืชอย่างปลอดภัย การนำส่งสารกำจัดศัตรูพืชแบบมุ่งเป้าทำให้สามารถกำจัดวัชพืช โดยใช้ปริมาณสารเคมีลดลงมาก และสามารถบริหารจัดการความเสี่ยง และผลกระทบที่เกิดจากการประยุกต์ใช้นาโนเทคโนโลยี รวมถึงธาตุอาหารเสริม และการใช้ปุ๋ยอินทรีย์หรือวัสดุปรับปรุงดินที่มีประสิทธิภาพสูง เพื่อฟื้นฟูดินที่เสื่อม เพื่อให้การปรับปรุงสภาพดินมีความถูกต้อง และลดการใช้ปุ๋ยที่มากเกินไปเกินความต้องการ ซึ่งจะนำไปสู่การลดต้นทุน และมลภาวะที่เกิดจากการใช้ปุ๋ย อีกทั้งเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร

ผลสัมฤทธิ์ที่สำคัญ (Key Achievement)

การดำเนินงานวิจัยและพัฒนาการประยุกต์นาโนเทคโนโลยีเพื่อการเกษตรและการเพาะปลูก (Nanotechnology for Pre-harvesting) ในช่วงปี พ.ศ. 2560 - 2564 มุ่งเน้นผลิตภัณฑ์ 5 กลุ่ม ประกอบด้วย

- **KA 3.1.1 ชุดตรวจวัด ระบบตรวจวัด และเซนเซอร์สำหรับธาตุอาหารพืช และปัจจัยที่มีผลต่อการเพาะปลูกพืช รวมทั้งระบบการประมวลผลข้อมูล (Nutrient and plant production factor indicator, sensor and data evaluation system)** เนื่องจากต้องใช้อุปกรณ์เครื่องมือในระดับห้องปฏิบัติการมาตรวจสอบธาตุอาหารพืช รวมถึงการติดตามและตรวจสอบปัจจัยอื่นๆ ที่มีความสำคัญในการเพาะปลูกส่วนใหญ่ ซึ่งต้องใช้เวลานานและเสียค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้น การพัฒนาชุดตรวจวัดและระบบตรวจวัดนี้ทำให้ใช้งานง่ายและพกพาไปวัดในพื้นที่เพาะปลูกได้ หรือสามารถติดตั้งในพื้นที่เพาะปลูกได้ เพื่อให้สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงแบบตามเวลาจริง (real time) ในการควบคุมการเพาะปลูกพืชได้

- **KA 3.1.2 สารคีเลตสำหรับตรึงธาตุอาหารพืช (Micronutrient chelator)** เนื่องจากการใช้ธาตุอาหารพืชโดยทั่วไป มักมีปัญหาเรื่องการละลาย ดังนั้นการพัฒนาสารคีเลตโดยเน้นสารชนิดที่มีความเข้ากันได้ทางชีวภาพ หรือไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อตรึงธาตุอาหารพืช และนำส่งธาตุอาหารที่มีประโยชน์ต่อพืชจึงมีความสำคัญ เพราะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ธาตุอาหารพืช เพื่อให้พืชใช้ประโยชน์จากธาตุอาหารที่ได้รับได้เต็มที่

- **KA 3.1.3 สารเคลือบ สำหรับเคลือบเม็ดปุ๋ยให้มีประสิทธิภาพในการควบคุมการปลดปล่อยที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental friendly coating for controlled release fertilizer, CRF)** เน้นการวิจัยและพัฒนาสารเคลือบ หรือสูตรสารเคลือบชนิดที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เช่น พอลิเมอร์เชิงเตียว พอลิเมอร์ฐานธรรมชาติ ร่วมกับวัสดุนาโนเพื่อผลิตปุ๋ยควบคุมการปลดปล่อย เนื่องจากการใช้ปุ๋ยทั่วไป ซึ่งเป็นปุ๋ยละลายเร็ว มีการสูญเสียมากกับสิ่งแวดล้อม เช่น ตกค้างในดินในรูปที่พืชไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ สะสมตามแหล่งน้ำ และระเหยไปในอากาศ ทำให้พืชได้รับประโยชน์ไม่เต็มประสิทธิภาพ และก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม

- **KA 3.1.4 วัสดุปรับปรุงดินและปุ๋ยอินทรีย์ที่มีธาตุอาหารสูง (Multi-nutrient soil conditioning/ organic fertilizer)** เน้นการวิจัยและพัฒนา การหา/เตรียมวัสดุ เพื่อนำมาเป็นองค์ประกอบหลักในการผลิตวัสดุปลูก วัสดุปรับปรุงดิน และปุ๋ยอินทรีย์ รวมถึงการเตรียมสูตรผสม เพื่อให้ได้วัสดุปลูก วัสดุปรับปรุงดิน และปุ๋ยอินทรีย์ที่มีธาตุอาหารที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากในวัสดุปลูก วัสดุปรับปรุงดิน และปุ๋ยอินทรีย์มีสมบัติที่ดีหลายประการ เช่น ช่วยให้นิเวศดินร่วนซุย อากาศและความชื้นถ่ายเทได้ดี ซึ่งส่งเสริมการเพาะปลูกพืชได้ดี แต่ข้อเสียคือ ธาตุอาหารน้อย จึงควรพัฒนาเสริมหรือเพิ่มเติมธาตุอาหารและฮอร์โมนร่วม เพื่อให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช

- **KA 3.1.5 ฮอร์โมนพืชและสารขับไล่แมลงชนิดที่สามารถควบคุมการปลดปล่อย (Controlled release plant hormones/ pesticides using bio-compatible nano-carrier)** เน้นการวิจัยและพัฒนาวัสดุที่ใช้ในการกักเก็บสารสำคัญที่มีฤทธิ์ในการขับไล่แมลง รวมถึงฮอร์โมนพืชที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยเน้นสารชนิดที่มีความเข้ากันได้ทางชีวภาพ หรือไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม และมีสมบัติในการควบคุมการปลดปล่อยสารเคมี เพื่อลดการใช้สารเคมีที่เกินความจำเป็น

เทคโนโลยีหลัก (Key Technology)

- **Nanoencapsulation** การนำนาโนเทคโนโลยีมาใช้เพื่อกักเก็บ และควบคุมการปลดปล่อยธาตุอาหารพืช ฮอร์โมน สารสำคัญต่างๆ ที่มีประโยชน์ต่อพืช และสารกำจัดศัตรูพืช ในรูปของ Nanocapsule, Nanoemulsion หรืออื่นๆ ตามความต้องการของพืช หรือตามสภาพเงื่อนไขที่ทำการเพาะปลูกพืชแต่ละชนิดและพื้นที่ โดยเน้นสารห่อหุ้มชนิดพอลิเมอร์ที่มีความเข้ากันได้ทางชีวภาพ

- **Metal chelation technology** การนำนาโนเทคโนโลยีในระดับโมเลกุล ทั้งชนิดสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ และชนิดไฮบริดระหว่างสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ มาใช้เป็นสารคีเลต เพื่อตรึงธาตุอาหารพืชและนำส่งธาตุอาหารที่มีประโยชน์ต่อพืช โดยเพิ่มประสิทธิภาพด้านเสถียรภาพ การละลาย ไม่ทำให้เกิดการเสียสภาพ ตกตะกอน แล้วทำให้พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ตามสภาพเงื่อนไขที่ทำการเพาะปลูกพืช โดยเน้นสารคีเลตชนิดที่มีความเข้ากันได้ทางชีวภาพ หรือไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม

- **Microbiotechnology for agriculture** เป็นเทคโนโลยีการใช้จุลชีพ ได้แก่ แบคทีเรีย และเอนไซม์ เป็นต้น มาช่วยเสริมประสิทธิภาพการเพาะปลูก โดยเน้นที่การเลือกใช้จุลชีพที่เหมาะสมต่อสภาพการใช้งาน รวมถึงการเพิ่มความคงตัวของจุลชีพที่มีประสิทธิภาพสูง แต่ไม่คอยจะคงตัว ให้มีความคงตัวมากขึ้น

- **Bio-degradable/ bio-compatible nanomaterials** เป็นเทคโนโลยีที่เกี่ยวกับวัสดุนาโนที่สามารถแตกสลายได้ หรือมีความเข้ากันได้ทางชีวภาพ ซึ่งสามารถพัฒนาเป็นสารเคลือบ สารห่อหุ้มสำหรับกักเก็บสารสำคัญต่างๆ เช่น ธาตุอาหารพืช ฮอร์โมน สารปราบศัตรูพืช รวมถึงสารอื่นๆ ที่ช่วยในการนำส่ง และยึดติดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเพาะปลูกพืช และไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม

- **Optical, electrical, electrochemical detection & integrated system and sensor & sensor arrays** เป็นการพัฒนาชุดตรวจวัดหรือระบบชุดตรวจวัด เซนเซอร์ที่อาศัยการตอบสนองต่อปฏิกิริยาทางเคมี เคมีไฟฟ้า แสง หรือไฟฟ้า จากนั้นแปลงสัญญาณที่ตรวจวัดได้ ให้สามารถแสดงผลออกมาในรูปของตัวเลขข้อมูล หรือในรูปเส้นกราฟที่มีความจำเพาะเจาะจง มีประสิทธิภาพดี และมีความไวต่อการตรวจวัดสูงด้วยนาโนเทคโนโลยี เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการติดตาม ตรวจสอบ หรือป้องกันปัจจัยที่มีผลต่อการเพาะปลูกพืช เช่น ปริมาณธาตุอาหารพืช ความชื้น แสง อุณหภูมิ ฯลฯ รวมถึงสารอื่นๆ ที่ใช้ในการเพาะปลูกพืช

- **Coating & fabrication technology** เป็นกระบวนการเคลือบสารบนเม็ดปุ๋ย และขึ้นรูปเม็ดปุ๋ย โดยศึกษาวัสดุสารเคลือบประเภทพอลิเมอร์ฐานธรรมชาติ และพอลิเมอร์สังเคราะห์ สำหรับเคลือบหรือขึ้นรูปเม็ดปุ๋ย เพื่อให้มีสมบัติควบคุมการปลดปล่อยธาตุอาหารต่างๆ ได้ตามที่พืชต้องการ โดยเน้นที่กระบวนการผลิตที่เป็นมิตร และมีความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม

- **Nanostructured materials & characterization** เป็นการประยุกต์ใช้วัสดุที่มีโครงสร้างระดับนาโน รวมถึงเทคนิคในการวิเคราะห์ทดสอบขั้นสูง เพื่อให้ทราบสมบัติและเอกลักษณ์ของสาร กลไกออกฤทธิ์ของสารต่างๆ ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ด้านการเพาะปลูกพืช

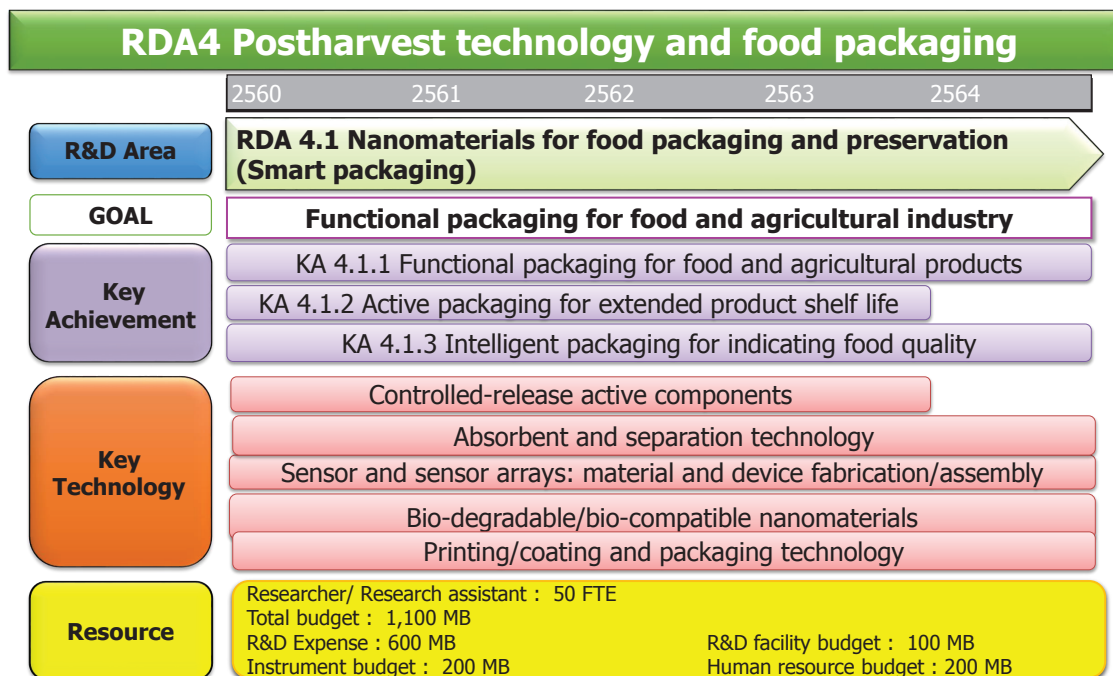
- **Material synthesis and modification** เป็นการเตรียมสาร หรือดัดแปรโครงสร้างของสาร เพื่อให้เหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ และต่อยอดทางด้านการเกษตร เช่น การสังเคราะห์หรือการดัดแปรโครงสร้างสารออกฤทธิ์ สารคีเลต เพื่อตรึงธาตุอาหารพืช สารสำคัญต่างๆ รวมถึงสารปราบหรือยั้งศัตรูพืช การเปลี่ยนวัสดุเหลือทิ้งการเกษตรมาเป็นวัสดุที่มีสมบัติเฉพาะที่ดีขึ้น โดยกระบวนการต่างๆ เช่น ไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอนไนเซชัน และการใช้วัสดุนาโนในรูปแบบต่างๆ เพื่อให้การเพาะปลูกมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น รวมถึงปัจจัยที่มีความสำคัญในกระบวนการเตรียม

ทรัพยากรที่ใช้ในการทำวิจัย (Resource)

ความต้องการทรัพยากรในภาพรวม ได้แก่ บุคลากรวิจัย 50 คน (ประกอบด้วยนักวิจัย ผู้ช่วยวิจัย และวิศวกรในสาขาที่เกี่ยวข้อง) งบประมาณวิจัยตลอดโครงการรวม 5 ปี 1,000 ล้านบาท งบประมาณสำหรับดำเนินการวิจัย (R&D Expense) 500 ล้านบาท ทั้งนี้ในการดำเนินงานวิจัยยังต้องการเครื่องมือที่จำเป็นเฉพาะทางระดับขยายส่วน เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ต้นแบบ/จริง 200 ล้านบาท รวมทั้งต้องการพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ต้นแบบในระดับขยายส่วน 100 ล้านบาท และงบประมาณสำหรับบุคลากรวิจัยรวม 200 ล้านบาท

R&D Agenda 4 - Postharvest Technology and Food Packaging

R&D Area 4.1 - Nanomaterials for Food Packaging and Preservation (Smart Packaging)



ความต้องการของตลาด (Market/ Business)

ในอนาคต อุตสาหกรรมอาหารและการเกษตรมีความต้องการบรรจุภัณฑ์ที่ไม่เพียงแต่ใช้บรรจุ หรือปกป้องผลิตภัณฑ์ที่อยู่ภายในเท่านั้น แต่บรรจุภัณฑ์ดังกล่าวควรมีฟังก์ชัน และ/หรือ ประสิทธิภาพเพิ่มเติมมากขึ้น เช่น สามารถช่วยในการยืดอายุของอาหาร หรือผลิตผลทางการเกษตรเพิ่มมากขึ้น หรือสามารถบ่งชี้คุณภาพผลิตภัณฑ์ที่อยู่ภายในบรรจุภัณฑ์ เนื่องจากอาหารและผลิตผลทางการเกษตรมีช่วงอายุผลิตภัณฑ์สั้น มีการเสื่อมเสียตามธรรมชาติของอาหารและผลิตผลทางการเกษตรสูง อันเนื่องมาจากกระบวนการผลิตและการจำหน่ายไม่ทันของผู้ผลิตและผู้จำหน่าย และการบริโภคไม่ทันของผู้บริโภค ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ส่งผลให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจ และอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค ด้วยความก้าวหน้าของเทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์ รวมถึงเทคโนโลยีสะอาด จะเข้ามามีบทบาทโดยตรงในอุตสาหกรรมอาหารและการเกษตร เพื่อตอบสนองวิถีชีวิตในปัจจุบันและอนาคต ที่เน้นการทำงานนอกบ้าน ดำเนินชีวิตอย่างเร่งรีบ มีเวลาน้อย และต้องการความสะดวกสบาย ดังนั้น บรรจุภัณฑ์ที่มีเทคโนโลยีในการยืดอายุ เทคโนโลยีการควบคุม และการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ภายในบรรจุภัณฑ์ รวมถึงเทคโนโลยีสะอาดที่เกี่ยวข้องกับอาหารพร้อมรับประทาน จะมีประโยชน์ต่อทั้งผู้ผลิต ผู้บริโภค และมีความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก

ผลสัมฤทธิ์ที่สำคัญ (Key Achievement)

การดำเนินงานวิจัยเรื่องบรรจุภัณฑ์ที่มีสมบัติพิเศษ ที่มีประโยชน์ต่อภาคอุตสาหกรรมอาหารและการเกษตร ในช่วงปี พ.ศ. 2560 - 2564 มุ่งเน้นผลิตภัณฑ์ 3 กลุ่ม คือ

- **KA 4.1.1 บรรจุภัณฑ์ที่มีสมบัติจำเพาะ สำหรับควบคุมคุณภาพของอาหารและผลิตผลทางการเกษตร (Functional packaging for food and agricultural products)** เน้นการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ ของบรรจุหรือหีบห่อ ที่มีสมบัติในการควบคุมคุณภาพของอาหาร และผลิตผลทางการเกษตรทั้งทางตรงหรือทางอ้อม เพื่อความสด ความปลอดภัย หรือการพร้อมบริโภค รวมทั้งเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร

- **KA 4.1.2 บรรจุภัณฑ์แบบแอคทีฟสำหรับการยืดอายุอาหาร และผลิตผลทางการเกษตร (Active packaging for extended product shelf life)** เนื่องจากผลิตภัณฑ์ต่างชนิดเกิดการเน่าเสียจากสาเหตุต่างกัน ดังนั้นบรรจุภัณฑ์แบบแอคทีฟสำหรับการยืดอายุ จึงเน้นการพัฒนาฟิล์มให้มีสมบัติทางเคมีหรือกายภาพ ที่ตรงกับสาเหตุหลักในการเน่าเสียของอาหารและผลิตผลทางการเกษตร

- **KA 4.1.3 บรรจุภัณฑ์แบบฉลาดสำหรับ ติดตาม ตรวจสอบ หรือบ่งชี้คุณภาพของอาหารและผลิตผลทางการเกษตร (Intelligent packaging for indicating food quality)** เน้นการพัฒนาเซนเซอร์ที่มีสมบัติในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ทางตรงหรือทางอ้อม ซึ่งอาจเป็นทางเคมี ชีวภาพ หรือกายภาพ เพื่อแสดงความสด ความปลอดภัย หรือความพร้อมสำหรับการบริโภค

เทคโนโลยีหลัก (Key Technology)

การศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์ระหว่างปี พ.ศ. 2560 - 2564 จะมีการใช้นาโนเทคโนโลยีหลักในการวิจัย 5 เทคโนโลยี คือ

- **Controlled-release active components** ใช้เทคโนโลยีการควบคุมการปลดปล่อยสารสำคัญ เพื่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราและแบคทีเรีย ซึ่งเป็นสาเหตุในการเสื่อมเสียของอาหารพร้อมรับประทาน โดยสารสำคัญอาจนำมาขึ้นรูปในรูปฟิล์ม แผ่นดูดซับ ของบรรจุ หรือเคลือบโดยตรงที่อาหารและผลิตผลทางการเกษตร

- **Absorbent and separation technology** ใช้เทคโนโลยีการแยกหรือการดูดซับก๊าซหรือสารพิษ เพื่อชะลอการหายใจ การเสื่อมสภาพ และลดปริมาณสารพิษ ซึ่งเป็นสาเหตุในการเสื่อมเสียของผลิตผลสด รวมถึงสุขภาพเมื่อมีการนำไปบริโภค เทคโนโลยีการแยกหรือการดูดซับดังกล่าว มีคุณสมบัติความเป็นรูพรุนของวัสดุ ซึ่งนำไปสู่การแยกโดยใช้ลักษณะทางกายภาพและทางเคมี วัสดุรูพรุนดังกล่าวอาจอยู่ในรูปฟิล์ม แผ่นดูดซับ ของบรรจุ หรือเคลือบโดยตรงที่อาหารและผลิตผลทางการเกษตร

- **Sensor and sensor arrays for material and device fabrication/ assembly** ใช้เทคโนโลยีเซนเซอร์หรือชุดของเซนเซอร์จากการพัฒนาโครงสร้างของวัสดุในระดับโมเลกุล ร่วมกับการขึ้นรูปให้อยู่ในรูปทรง หรือขึ้นรูปเป็นอุปกรณ์ที่สามารถใช้งานบนบรรจุภัณฑ์ได้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการติดตาม ตรวจสอบ หรือบ่งชี้คุณภาพอาหารโดยตรงจากปริมาณก๊าซ เชื้อก่อโรคและไม่ก่อโรค รวมถึงสารพิษอื่น หรือการตรวจสอบคุณภาพอาหารโดยอ้อม จากสภาวะแวดล้อมด้านอุณหภูมิ แสง หรือความชื้น ตามระยะเวลา

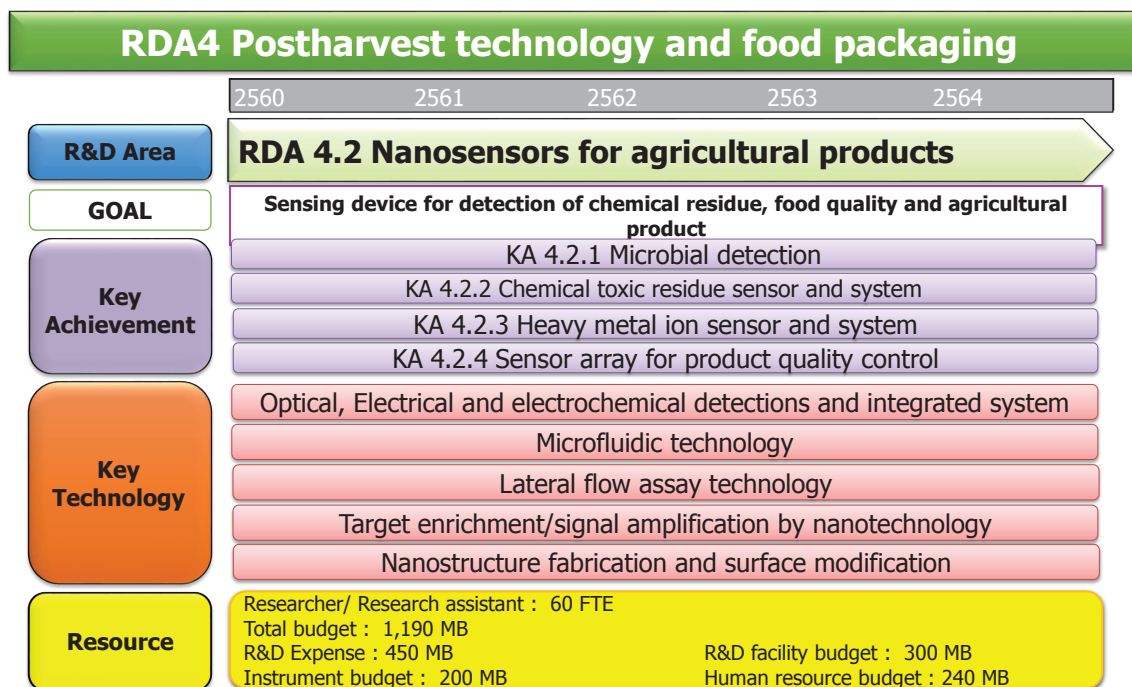
- **Bio-degradable/ bio-compatible nanomaterials** เทคโนโลยีวัสดุนาโนที่มีสมบัติย่อยสลายหรือเข้ากันได้ทางชีวภาพ สามารถพัฒนาเป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีสมบัติย่อยสลายได้ นอกจากนี้ ยังสามารถเป็นวัสดุเพื่อการพัฒนาต่อเป็นบรรจุภัณฑ์แบบแอคทีฟ หรือบรรจุภัณฑ์แบบฉลาดที่มีความปลอดภัย และไม่สร้างของเสียให้กับสิ่งแวดล้อม

• **Printing/ coating and packaging technology** เทคโนโลยีการพิมพ์ การเคลือบ รวมถึงการบรรจุ เป็นเทคโนโลยีพื้นฐานที่สำคัญ นำมาใช้ในการแยก การดูดซับ และนำเซนเซอร์มาประยุกต์ใช้งานกับเทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์ สำหรับผลิตภัณฑ์อาหารและผลิตผลทางการเกษตรได้อย่างเหมาะสม เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการใช้งาน

ทรัพยากรที่ใช้ในการทำวิจัย (Resource)

ความต้องการทรัพยากรในภาพรวมได้แก่ บุคลากรวิจัยรวม 50 คน งบประมาณวิจัยตลอดโครงการ 5 ปี รวม 1,100 ล้านบาท ประกอบด้วยงบดำเนินงาน (R&D Expense) 600 ล้านบาท งบประมาณสำหรับจัดหาโครงสร้างพื้นฐานที่จำเป็น 100 ล้านบาท เช่น ห้องสะอาดสำหรับปฏิบัติการด้านอาหาร และห้องปฏิบัติการด้านเชื้อรา งบประมาณสำหรับจัดหาอุปกรณ์ครุภัณฑ์ 200 ล้านบาท และงบบุคลากรวิจัย 200 ล้านบาท

R&D Area 4.2 - Nanosensors for Agricultural Products



ความต้องการของตลาด (Market/ Business)

ในปัจจุบันการควบคุมและตรวจสอบผลิตผลการเกษตร ใช้วิธีการตรวจวัดด้วยวิธีการและเครื่องมือมาตรฐานในห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรอง ควบคู่กับการควบคุมคุณภาพในการขนส่งและจัดเก็บ การตรวจสอบด้วยวิธีการและเครื่องมือมาตรฐานในปัจจุบัน มีวิธีการที่ซับซ้อน ต้องการผู้ชำนาญเฉพาะด้าน และต้องตรวจสอบในห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรอง ประกอบกับตัวอย่างผลิตผลการเกษตรที่ต้องทำการตรวจสอบ มีหลากหลายชนิด มีปริมาณมาก และใช้ระยะเวลาตรวจสอบนาน ส่งผลให้เพิ่มภาระการจัดเก็บเพื่อให้ผลิตผลการเกษตรคงสภาพดีเหมาะแก่การจัดจำหน่ายสู่ผู้บริโภค นอกจากนี้ ยังมีผลทำให้ผลิตผลการเกษตรบางชนิดที่มีการปนเปื้อนสารตกค้าง เข้าสู่กระบวนการขนส่งและจำหน่ายทั้งในและต่างประเทศ ในส่วนของการจำหน่ายในประเทศจะส่งผลต่อสุขภาพและความปลอดภัยของผู้บริโภค สำหรับต่างประเทศ ซึ่งมีกระบวนการตรวจสอบที่เข้มงวดมาก จะส่งผลต่อภาพลักษณ์ของประเทศ โดยอาจถึงขั้นห้ามนำเข้าผลิตผลการเกษตรชนิดนั้นๆ

การตรวจสอบการปนเปื้อนสารตกค้าง คุณภาพอาหาร และผลิตภัณฑ์การเกษตร ที่มีสารปนเปื้อนในปริมาณน้อย และมีตัวอย่างที่ต้องตรวจสอบจำนวนมาก ต้องการทั้งวิธีการและเครื่องมือมาตรฐานในห้องปฏิบัติการ ภาคการเกษตรจึงมีความต้องการวิธีการ และอุปกรณ์ตรวจสอบที่ใช้ตรวจสอบสารปนเปื้อนปริมาณน้อยได้อย่างรวดเร็ว ตรวจได้หลายตัวอย่างในเวลาเดียวกัน ใช้งานสะดวก โดยอาจสังเกตผลได้ด้วยสายตา หรือใช้เครื่องมือแบบเคลื่อนย้ายได้ขนาดเล็ก ซึ่งจะทำให้สามารถนำไปใช้ในการตรวจสอบคุณภาพ และการวิเคราะห์ผลทั้งในห้องปฏิบัติการและสถานที่จริง

การนำนาโนเทคโนโลยีมาพัฒนาชุดตรวจ เช่น การนำนาโนเซนเซอร์มาใช้ในการวิเคราะห์โมเลกุลของสารเคมี และการตรวจสอบเชื้อจุลินทรีย์ สามารถแบ่งออกเป็นเซนเซอร์เคมี และเซนเซอร์ชีวภาพ โดยมุ่งเป้าเพื่อการตรวจวัดวิเคราะห์สิ่งเจือปนทางชีวภาพ และสารพิษตกค้างทางเคมีในอุตสาหกรรมอาหารและผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ และรวดเร็ว

ผลสัมฤทธิ์ที่สำคัญ (Key Achievement)

การดำเนินงานทางด้านนาโนเซนเซอร์ในภาคการเกษตร ในช่วงปี พ.ศ. 2560 - 2564 มุ่งเน้นผลิตภัณฑ์ 4 กลุ่ม ประกอบด้วย

- **KA 4.2.1 การตรวจสอบเชื้อจุลินทรีย์ (Microbial detection)** แนวทางการวิจัยจะเน้นการพัฒนาด้วยเทคนิคใหม่ทางแสง ซึ่งจะได้วิธีการที่สามารถตรวจสอบเชื้อจุลินทรีย์ปริมาณน้อย สามารถจำแนกชนิดของเชื้อ มีความแม่นยำสูง ในระยะเวลารวดเร็ว ใช้งานได้สะดวก และสามารถสังเกตผลได้ด้วยสายตา หรือการใช้โปรแกรมในการประมวลผลการตรวจสอบเชื้อจุลินทรีย์ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนคือ (1) การสังเคราะห์อนุภาคนาโนหรือไมโคร เช่น อนุภาคที่ตอบสนองสิ่งเร้า ตัวอย่างเช่น แรงแม่เหล็ก แรงเชิงกล อุณหภูมิ หรือ pH ของตัวกลาง หรืออนุภาคโลหะ และดัดแปรผิวของอนุภาคด้วย Probe ที่เป็นสารอินทรีย์หรือสารชีวโมเลกุล ที่สามารถจับกับโมเลกุลหรือเซลล์เป้าหมายได้อย่างจำเพาะ (2) การออกแบบ คัดเลือก หรือสังเคราะห์โมเลกุลของ Probe ที่มีความจำเพาะต่อโมเลกุลหรือเซลล์เป้าหมาย (3) การยึดติดโมเลกุลของ Probe บนพื้นผิวของอนุภาค โดยขั้นตอนและสารเคมีที่ใช้ ต้องไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานของโมเลกุล Probe

- **KA 4.2.2 เซนเซอร์และระบบการตรวจสอบสารเคมีตกค้าง (Chemical toxic residue sensor and system)** แนวทางการวิจัยจะเน้นการพัฒนาด้วยเทคนิคทางแสง ซึ่งจะได้อุปกรณ์และวิธีการที่สามารถตรวจสอบสารเคมีตกค้างปริมาณน้อย ในระยะเวลารวดเร็ว สามารถทำได้หลายตัวอย่างในเวลาเดียวกัน ใช้งานได้สะดวก สามารถใช้ร่วมกับอุปกรณ์แบบเคลื่อนย้ายได้ขนาดเล็ก โดยเน้นการพัฒนาด้วยเทคนิคทางแสง เพื่อการตรวจยืนยันผล โดยอาศัยลักษณะเฉพาะตัวของโครงสร้างในระดับโมเลกุล ขั้นตอนในการทำวิจัยประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ (1) ออกแบบและสังเคราะห์โครงสร้างทางนาโนที่แสดงผลด้วยค่าทางแสงที่ชัดเจน แม้ทำการตรวจสอบสารเคมีตกค้างที่มีปริมาณน้อย (2) พัฒนาพื้นผิวสัมผัสให้มีความสามารถในการจำแนกสารเคมีตกค้างแต่ละชนิด (3) ออกแบบและพัฒนาวิธีการและอุปกรณ์ เพื่อการใช้งานอย่างเป็นระบบ ซึ่งจะทำให้ได้อุปกรณ์ วิธีการ และระบบที่สามารถตรวจสอบสารเคมีตกค้างปริมาณน้อย ในระยะเวลารวดเร็ว สามารถทำได้หลายตัวอย่างในเวลาเดียวกัน มีความง่ายในการใช้งาน สะดวกในการวิเคราะห์ผล โดยใช้ร่วมกับอุปกรณ์แบบเคลื่อนย้ายได้ขนาดเล็ก จึงสามารถใช้ได้ทั้งในห้องปฏิบัติการและสถานที่จริง

- **KA 4.2.3 เซนเซอร์และระบบการตรวจสอบโลหะหนัก (Heavy metal ion sensor and system)** แนวทางการวิจัยจะเน้นการพัฒนาด้วยเทคนิคทางไฟฟ้าเคมี เพื่อการตรวจยืนยันผล โดยอาศัยลักษณะเฉพาะตัวของไอออนของโลหะหนัก ซึ่งจะได้อุปกรณ์และวิธีการที่สามารถตรวจสอบโลหะหนักที่มีปริมาณน้อย ในระยะเวลารวดเร็ว สามารถทำได้

หลายตัวอย่างในเวลาเดียวกัน ใช้งานได้สะดวก สามารถใช้ร่วมกับอุปกรณ์แบบเคลื่อนย้ายได้ขนาดเล็ก ขั้นตอนในการทำวิจัยประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ (1) ออกแบบและพัฒนาโครงสร้างทางนาโนที่แสดงผลด้วยค่าทางไฟฟ้าเคมีที่ชัดเจน แม้ทำการตรวจสอบไอออนของโลหะหนักที่มีปริมาณน้อย (2) พัฒนาพื้นผิวสัมผัสให้มีความสามารถในการจำแนกไอออนของโลหะหนักแต่ละชนิด (3) ออกแบบและพัฒนาวิธีการและอุปกรณ์ เพื่อการใช้งานอย่างเป็นระบบ ซึ่งจะทำให้ได้อุปกรณ์วิธีการและระบบที่สามารถตรวจสอบไอออนของโลหะหนักปริมาณน้อย ในระยะเวลารวดเร็ว สามารถทำได้หลายตัวอย่างในเวลาเดียวกัน มีความง่ายในการใช้งาน สะดวกในการวิเคราะห์ผล โดยใช้ร่วมกับอุปกรณ์แบบเคลื่อนย้ายได้ขนาดเล็ก จึงสามารถใช้ได้ทั้งในห้องปฏิบัติการและสถานที่จริง

- **KA 4.2.4 เซนเซอร์อะเรย์สำหรับการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ (Sensor array for product quality control)** แนวทางการวิจัยจะเน้นการพัฒนาด้วยเทคนิคทางแสงและเทคนิคทางไฟฟ้า เพื่อการตรวจแบบยืนยันผล โดยอาศัยลักษณะเฉพาะตัวขององค์ประกอบในผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะได้วิธีการที่สามารถตรวจสอบและควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลาย และมีความผันแปรง่าย ในระยะเวลารวดเร็ว ใช้งานได้สะดวก สามารถใช้ร่วมกับอุปกรณ์แบบเคลื่อนย้ายได้ขนาดเล็ก โดยเน้นการพัฒนาด้านเทคนิคทางแสง และเทคนิคทางไฟฟ้า ขั้นตอนในการทำวิจัยประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ (1) ออกแบบและพัฒนาโครงสร้างทางนาโนที่แสดงผลด้วยค่าทางไฟฟ้าที่ชัดเจน แม้องค์ประกอบในผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้อย (2) พัฒนาพื้นผิวสัมผัสให้มีความสามารถในการจำแนกองค์ประกอบแต่ละชนิดในผลิตภัณฑ์ (3) ออกแบบและพัฒนาวิธีการ และอุปกรณ์ เพื่อการใช้งานอย่างเป็นระบบ ซึ่งจะทำให้ได้อุปกรณ์ วิธีการ และระบบที่สามารถตรวจสอบและควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ ที่มีความหลากหลาย และมีความผันแปรง่าย ในระยะเวลารวดเร็ว ใช้งานได้สะดวก โดยใช้ร่วมกับอุปกรณ์แบบเคลื่อนย้ายได้ขนาดเล็ก จึงสามารถใช้ได้ทั้งในห้องปฏิบัติการและสถานที่จริง

เทคโนโลยีหลัก (Key Technology)

การศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์ระหว่างปี พ.ศ. 2560 - 2564 จะมีการใช้นาโนเทคโนโลยีหลักในการวิจัย 5 เทคโนโลยี คือ

- **การตรวจวัดด้วยแสง ไฟฟ้า ไฟฟ้าเคมี และระบบแบบบูรณาการ (Optical, electrical and electrochemical detections and integrated system)** โดยอาศัยสมบัติพิเศษต่างๆ ทั้งสมบัติพิเศษเชิงแสง ไฟฟ้า และไฟฟ้าเคมี รวมทั้งระบบบูรณาการของสมบัติพิเศษของวัสดุนาโนชนิดต่างๆ เพื่อพัฒนาวิธีการและเครื่องมือในการตรวจวัด และวิเคราะห์สารได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ โดยพัฒนาเป็นเซนเซอร์สำหรับตรวจสอบ และวิเคราะห์โมเลกุลทั้งสารเคมีและสารชีวภาพ เช่น เซนเซอร์แสง เซนเซอร์ไฟฟ้าเคมี หรือเซนเซอร์ที่รวมทั้งสองสมบัติในการตรวจวัด

- **เทคโนโลยีไมโครฟลูอิดิก (Microfluidic technology)** เป็นเทคโนโลยีสำคัญสำหรับสร้าง Lab-on-a-chip สามารถทำการวิเคราะห์หรือสังเคราะห์สารได้รวดเร็ว ทั้งแบบปฏิกิริยาเดี่ยวและแบบขนาน (Array) โดยจัดทำเป็นอุปกรณ์ต้นแบบสำหรับวัดปริมาณสารตกค้าง หรือโมเลกุลเป้าหมายในตัวอย่างของเหลว ด้วยเทคนิคเคมีไฟฟ้าร่วมกับเทคนิคประมวลผลเซนเซอร์อาร์เรย์ เพื่อใช้เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดการปนเปื้อนสารตกค้าง รวมไปถึงคุณภาพอาหารและผลิตภัณฑ์การเกษตร โดยอุปกรณ์ต้นแบบจะประกอบด้วยเทคโนโลยีของไหลจุลภาค ส่วนควบคุมการไหล ส่วนปรับสภาพตัวอย่าง ส่วนเพิ่มความเข้มข้น ส่วนตรวจวัดและประมวลผล พร้อมด้วยส่วนสมองกลอัตโนมัติ เพื่อให้ได้อุปกรณ์ที่ใช้งานได้ง่าย ประหยัดค่าใช้จ่าย มีประสิทธิภาพสูง และเคลื่อนย้ายสะดวก เทคโนโลยีหลักที่ใช้ในการสร้างอุปกรณ์ต้นแบบ ได้แก่ Microfluid flow design, Micro/nano fabrication และ Optical/ electrical/ electrochemical processing and analysis

- **เทคโนโลยีการไหลตามแนวราบ (Lateral flow assay technology)** เป็นเทคโนโลยีที่เกิดจากการผสมผสานระหว่างปฏิกิริยาการจับกันระหว่างโมเลกุลตรวจจับและโมเลกุลเป้าหมาย ทั้งทางเคมีและชีวภาพ ร่วมกับเทคโนโลยีการแยกสาร โดยอาศัยหลักการละลายและการดูดซับที่ต่างกันของสารบนวัสดุชนิดต่างๆ เช่น membrane เป็นต้น โดยอาศัยเทคโนโลยีดังกล่าว จะสามารถพัฒนาชุดตรวจวัดต้นแบบชนิดต่างๆ ขึ้นได้ ซึ่งประกอบด้วยการออกแบบรูปแบบของชุดตรวจวัด การวิเคราะห์หาวัสดุยึดเกาะที่เหมาะสม การเลือกโมเลกุลเป้าหมาย การเลือกอนุภาคหรือวัสดุนาโนที่จะใช้เป็นตัวตรวจวัด ซึ่งจะต้องพิจารณาถึงสมบัติเฉพาะตัวของวัสดุนาโนชนิดนั้นๆ เพื่อป้องกันวิธีการตรวจวัด และการหาสภาวะที่เหมาะสมในการตรวจหาของชุดตรวจวัด

- **นาโนเทคโนโลยีในการระบุเป้าหมาย (Target enrichment by nanotechnology)** เป็นเทคโนโลยีที่อาศัยสมบัติแม่เหล็กของอนุภาคนาโน และนำมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มความสามารถในการตรวจวัดของชุดตรวจ หรือเซนเซอร์ประเภทต่างๆ ให้มีความไวและความแม่นยำสูงขึ้น โดยการตรึงโมเลกุลที่มีความจำเพาะกับโมเลกุลเป้าหมายที่สนใจเข้ากับอนุภาคแม่เหล็ก และใช้แรงแม่เหล็กในการแยกเฉพาะส่วนโมเลกุลเป้าหมายที่สนใจ ที่อยู่ในตัวอย่างจริง เพื่อนำไปตรวจวิเคราะห์ต่อไป เป็นการทำให้ตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์มีความบริสุทธิ์มากขึ้น ทั้งนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับตัวอย่างทางคลินิก เพื่อคัดเลือกลักษณะตัวอย่างเซลล์ที่สนใจ

- **การผลิตโครงสร้างนาโนและการปรับแต่งสภาพพื้นผิว (Nanostructure fabrication and surface modification)** เป็นการพัฒนาวีธีการในการสังเคราะห์อนุภาค หรือโครงสร้างนาโนชนิดต่างๆ ให้มีสมบัติเฉพาะ เช่น สมบัติเชิงแสง หรือเชิงไฟฟ้า หรือวิธีการพัฒนาวัสดุนาโนให้มีสมบัติเฉพาะดีขึ้น หรือมีสมบัติเฉพาะที่หลากหลายขึ้น รวมทั้งการปรับแต่งสภาพพื้นผิวของวัสดุนาโนที่สังเคราะห์ขึ้น ให้มีความหลากหลาย ทั้งความหลากหลายเชิงเคมี และสมบัติทางกายภาพ รวมทั้งให้มีความคงตัว เพื่อสามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับเทคโนโลยีด้านอื่นๆ ต่อไป

ทรัพยากรที่ใช้ในการทำวิจัย (Resource)

ความต้องการทรัพยากรในภาพรวมได้แก่ บุคลากรวิจัยในสาขาต่างๆ เช่น จุลชีววิทยา วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ชีวเคมี เคมี วัสดุศาสตร์ ฟิสิกส์ และวิศวกรรม ร่วมกับการเกษตร อุตสาหกรรมอาหาร และเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว รวมทั้งสิ้น 60 คน (ประกอบด้วยนักวิจัย และผู้ช่วยวิจัย) งบประมาณวิจัยรวม 1,190 ล้านบาท ประกอบด้วยงบดำเนินการ (R&D Expense) 450 ล้านบาท งบประมาณสำหรับจัดหาโครงสร้างพื้นฐาน เช่น โรงงานสำหรับต้นแบบภาคสนาม 300 ล้านบาท และงบประมาณสำหรับจัดหาอุปกรณ์ครุภัณฑ์ เช่น Atomic Layer Deposition (ALD), Potentiostat, Sputtering system และระบบอื่น ๆ จำนวน 200 ล้านบาท งบประมาณด้านบุคลากรวิจัย 240 ล้านบาท

R&D Agenda 5 - Nanotechnology for Future Energy

R&D Area 5.1 - Nanomaterials for Energy Production and Utilization

RDA5 Nanotechnology for Future Energy					
	2560	2561	2562	2563	2564
R&D Area	RDA 5.1 Nanomaterials for Energy Production and Utilization				
GOAL	Nanomaterials and Nanocatalysts for Commercial Renewable Energy and Biorefineries				
Key Achievement	KA 5.1.1 Nanocatalysts and membrane for Biorefineries and Biofuels				
	KA 5.1.2 Nanocatalysts for high performance diesel and petrochemicals				
	KA 5.1.3 Nanocatalysts for CO ₂ conversion and artificial photosynthesis				
Key Technology	Catalyst design, synthesis and fabrication				
	Integrated engineering system of nanocatalysts and nanomaterials				
	Molecular simulation / Process simulation				
	Catalyst performance evaluation/ Pre-Pilot prototyping and manufacturing				
Resource	Researcher/ Research assistant : 150 FTE Total budget : 2,100 MB R&D Expense : 700 MB Instrument budget : 400 MB R&D facility budget : 400 MB Human resource budget : 600 MB				

ความต้องการของตลาด (Market/ Business)

การใช้วัสดุที่มีโครงสร้างขนาดนาโน เพื่อสร้างอุปกรณ์ที่สามารถผลิตพลังงานจากสารตั้งต้นกลุ่มที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ ตลอดจนตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีความสามารถในการเพิ่มผลผลิต เพิ่มคุณภาพ และลดต้นทุน โดยจะผลิตตัวเร่งปฏิกิริยาที่สามารถผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ (Biofuel) ได้แก่ ไบโอดีเซล ดีเซลชนิดใหม่ เชื้อเพลิงอากาศยาน การเพิ่มคุณภาพก๊าซชีวภาพด้วยเมมเบรน การกักเก็บและแปรรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไปเป็นพลังงาน นอกจากนี้ ยังรวมถึงการผลิตตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับแปรรูปชีวมวลไปเป็นสารเคมีชีวภาพที่มีมูลค่าสูง (Biochemicals/ Biorefinery Chemicals) เพื่อเพิ่มห่วงโซ่คุณค่า และสนับสนุนการสร้างเศรษฐกิจฐานชีวภาพ เทคโนโลยีใหม่จะเป็นประโยชน์ต่อชุมชนและภาคอุตสาหกรรมเพื่อลดของเสียให้เป็นศูนย์ (Zero waste emission) สามารถลดต้นทุนการผลิตพลังงาน และยังคงสอดคล้องกับทิศทางนโยบายการใช้พลังงานทดแทนในประเทศ

ปัจจุบันการวิจัยพัฒนาด้านพลังงานหันมาให้ความสนใจกับพลังงานสะอาด หรือการใช้เทคโนโลยีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การนำตัวเร่งฯ ชนิดกรดกลุ่มซีโอไลต์และอะลูมิเนียมซิลิเกต ที่มีผลึกและโครงสร้างขนาดนาโนเมตร เมโซพอร์ซิติกา เมทัลฟอสเฟต รวมไปถึง Metal Organic Framework (MOF) มาใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในปฏิกิริยาที่ใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เพื่อทดแทนการใช้สารละลายกรดทั่วไปที่มีฤทธิ์กัดกร่อน และสร้างของเสียที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมจำนวนมาก ดังนั้น การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยานาโนจะทำให้กระบวนการผลิตเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และความสามารถในการเลือกเกิดปฏิกิริยาเฉพาะตามขนาดของโมเลกุล ยังช่วยให้กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพมากขึ้น สามารถลดการเกิดปฏิกิริยาที่ไม่ต้องการ และลดการเกิดของเสียที่ไม่ต้องการ หรือการใช้อนุภาคโลหะทดแทนโลหะมีตระกูล (Non-precious metal nanocatalysts) โดยการเพิ่มการกระจายตัวและลดขนาด รวมไปถึงการพัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยาผสม Hybrid/ composite nanocatalysts จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของตัวเร่งปฏิกิริยาได้มาก รวมถึงเป็นการลดต้นทุนการผลิตอีก

ด้วย และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทางพลังงานให้มีความยั่งยืน การใช้เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยานาโน โดยใช้แสงเป็นพลังงาน กระตุ้นในการแปรรูป CO₂ รวมไปถึงชีวมวลต่าง ๆ จึงเป็นเทคโนโลยีที่มีความเป็นไปได้สูงในอนาคต ทั้งนี้การเพิ่มความบริสุทธิ์ของผลิตภัณฑ์ ยังเป็นประเด็นสำคัญที่จะสามารถขับเคลื่อนให้เทคโนโลยีมีความคุ้มค่ามากขึ้น เช่น การพัฒนาเมมเบรนในการเพิ่มคุณภาพไบโอแก๊ส และสารเคมีเพิ่มมูลค่าที่ผลิตจากชีวมวล เป็นต้น

ผลสัมฤทธิ์ที่สำคัญ (Key Achievement)

การดำเนินงานทางด้านวัสดุนาโนสำหรับพลังงานและสิ่งแวดล้อม ตามแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีฉบับนี้ มุ่งเน้นผลิตภัณฑ์ 3 กลุ่ม คือ

● ตัวเร่งปฏิกิริยานาโนและเมมเบรนเพื่อการผลิตสารเคมีชีวภาพและเชื้อเพลิงชีวภาพ (Nanocatalysts and membrane for Biorefineries and Biofuels) โดยจะดำเนินการต่อเนื่องในปี พ.ศ. 2560 - 2564

- ตัวเร่งปฏิกิริยานาโน (Nanocatalyst) เน้นการศึกษา วิจัยและพัฒนา การออกแบบและสังเคราะห์ การควบคุมขนาด รูปร่าง หรือโครงสร้าง และองค์ประกอบทางเคมีของอนุภาคโลหะ บนตัวรองรับที่มีขนาดอยู่ในระดับนาโนเมตร ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่สามารถรองรับสารตั้งต้นที่เป็นวัตถุดิบในประเทศที่หลากหลาย สามารถเลือกกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงระบบถังปฏิกรณ์และระบบการคัดแยกผลิตภัณฑ์ด้วย เพื่อรองรับการทำงานของตัวเร่งปฏิกิริยานาโน และได้ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ เช่น น้ำตาล กรดอินทรีย์ พิวแรน แอลกอฮอล์ ไฮโดรเจน ไบโอแก๊ส และไบโอโพลีเมอร์ ฯลฯ
- เมมเบรน (Membrane) เน้นการศึกษารูปแบบและสังเคราะห์เมมเบรนที่มีโครงสร้างระดับนาโน ที่มีสมบัติการเลือกผ่านที่เหมาะสม สำหรับการเพิ่มคุณภาพสารเคมีชีวภาพ เช่น น้ำตาลกรดออร์แกนิก พิวแรน สารออร์แกนิกชนิดต่างๆ รวมไปถึง ไบโอแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจน ได้แก่ การทำให้บริสุทธิ์ของสารเคมีชีวภาพที่สังเคราะห์จากชีวมวล และการทำให้ไบโอแก๊สมีความบริสุทธิ์และค่าพลังงานสูง สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในภาคขนส่ง ทดแทนก๊าซธรรมชาติ (Compressed biogas, CBG) และการผลิตไฟฟ้า

● ตัวเร่งปฏิกิริยาระดับนาโนเพื่อผลิตดีเซลคุณภาพสูงและผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Nanocatalysts for high performance diesel and petrochemical) เป็นการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแปรรูปสารตั้งต้นจากวัตถุดิบในประเทศ ที่เป็นน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ ที่มีค่ากรดไขมันอิสระสูงไปเป็นน้ำมันดีเซล ไบโอดีเซลคุณภาพสูง และดีเซลสังเคราะห์ ที่มีสมบัติทางเชื้อเพลิงสูง ด้วยต้นทุนของตัวเร่งปฏิกิริยาและเทคโนโลยีที่ต่ำกว่าการนำเข้าจากต่างประเทศ โดยจะทำความคู่กับการพัฒนาโรงงานต้นแบบ ที่พร้อมถ่ายทอดสู่ภาคเอกชน ด้วยคุณภาพสูงที่น้ำมันไบโอดีเซลต่างๆ สามารถใช้งานในเครื่องยนต์ได้ใกล้เคียงกับน้ำมันจากฟอสซิล ทั้งนี้รวมถึงการพัฒนากระบวนการผลิตไฮโดรเจน ซึ่งเป็นสารตั้งต้นสำคัญในการผลิตนี้ด้วย นอกจากนี้ยังเน้นการประยุกต์ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่พัฒนาขึ้นกับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีที่เกี่ยวข้องเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการ เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น และเพิ่มทางเลือกใหม่ๆ ของผลิตภัณฑ์

● ตัวเร่งปฏิกิริยานาโนที่ใช้แปรรูปคาร์บอนไดออกไซด์และชีวมวล ในกระบวนการทางเคมีความร้อนและเคมีเชิงแสง (Nanocatalysts for CO₂ conversion and artificial photosynthesis) โดยจะดำเนินการต่อเนื่องในปี พ.ศ. 2560 - 2564 เน้นการศึกษา วิจัยและพัฒนา การสังเคราะห์ เพื่อให้ได้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีขนาดระดับนาโนเมตรที่มีสมบัติที่ดีในการเร่งปฏิกิริยาการดูดซับและการดูดกลืนแสง ทั้งนี้รวมถึงตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงหรือเคมีไฟฟ้า ที่สามารถทำงานเลียนแบบการสังเคราะห์แสงในธรรมชาติได้ (Artificial photosynthesis) เพื่อผลิตสารเคมีเพิ่มมูลค่าและเชื้อเพลิงสะอาด

เทคโนโลยีหลัก (Key Technology)

ใช้นาโนเทคโนโลยีหลักในการวิจัย 4 เทคโนโลยี โดยจะดำเนินการในปี พ.ศ. 2560 - 2564

- **เทคโนโลยีตัวเร่งปฏิกิริยา ตัวดูดซับ และวัสดุรูพรุน** โดยจะเน้นการสังเคราะห์ที่สามารถขยายขนาดได้ง่าย สามารถควบคุมสมบัติของวัสดุที่สังเคราะห์ขึ้นได้ดี โดยชนิดของวัสดุ ได้แก่ Metal catalysts, Metal sulphides/ Phosphides, Metal oxides, Nano carbons, Nanoporous silica, Nano zeolite, SAPO series, Metal organic frameworks และคอมพอลิเมอร์ของสารเหล่านี้ โดยตัวเร่งปฏิกิริยาเหล่านี้ จะมีความจำเพาะเจาะจงต่อการเกิดปฏิกิริยาแบบต่างๆ ตามการประยุกต์ใช้งาน

- **เทคโนโลยีเมมเบรนในอุตสาหกรรมพลังงานและเคมีชีวภาพ** ในการสังเคราะห์เมมเบรนที่สามารถเพิ่มความบริสุทธิ์ให้กับผลิตภัณฑ์ได้ เนื่องจากโดยทั่วไปการแปรรูปสารตั้งต้นที่มีจากธรรมชาติ จะเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ผสมที่มีความบริสุทธิ์ต่ำ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องใช้เมมเบรนระดับนาโน ที่สามารถคัดเลือกสารที่ต้องการได้อย่างเฉพาะเจาะจง เช่น การประยุกต์ใช้งานในอุตสาหกรรมเคมีชีวภาพ

- **งานวิเคราะห์และทดสอบขั้นสูง**

- การทดสอบความสามารถในการเร่งปฏิกิริยา ในระบบที่ได้มาตรฐาน สามารถนำข้อมูลมาประเมินทางวิศวกรรม และการออกแบบพร้อมขยายขนาดได้
- การทดสอบสมบัติตัวเร่งปฏิกิริยานาโน โดยการใช้เทคโนโลยี X-ray analysis ขั้นสูง ได้แก่ X-ray absorption fine structure X-ray diffraction และ X-ray photoelectron spectroscopy ในการศึกษาโครงสร้างนาโนของตัวเร่งปฏิกิริยา การใช้เทคนิค Chemisorption/ Physisorption และ Infrared เพื่อศึกษาปริมาณและคุณภาพของ Active site เช่น ขนาด ความเป็นกรด-เบส และความเป็นโลหะ เป็นต้น รวมไปถึงเทคนิคด้าน Electron microscopy

- **การจำลองแบบโมเลกุล (Molecular simulation) และการจำลองกระบวนการ (Process simulation)**

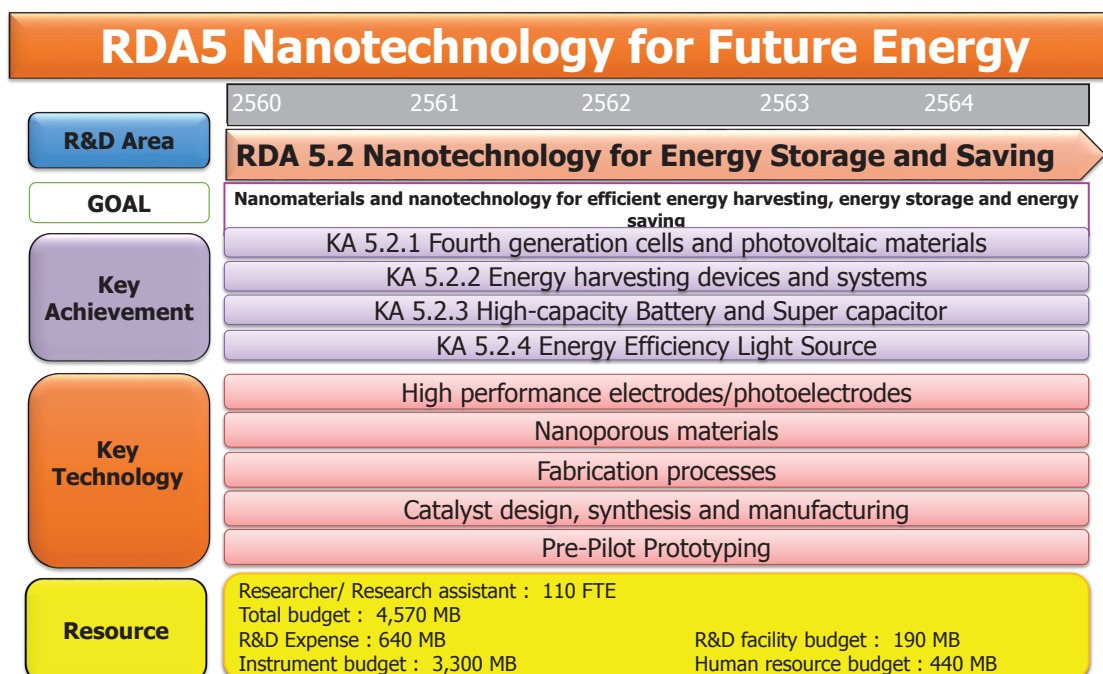
- การใช้เทคนิคการคำนวณ Molecular simulation ซึ่งเป็นการสร้างแบบจำลองโครงสร้างวัสดุนาโนสามมิติ และการคำนวณด้วยเทคนิคทางเคมีคอมพิวเตอร์ขั้นสูง เพื่อการออกแบบและพัฒนาวัสดุนาโนสำหรับการใช้งานเฉพาะด้าน โดยเทคนิคการคำนวณที่ใช้ ได้แก่ Density Functional Theory (DFT), Molecular Dynamic Simulations (MD), Time-dependent DFT และ ab initio ที่สามารถใช้อธิบาย ออกแบบ และทำนายสมบัติทางโครงสร้าง สมบัติเชิงแสง สมบัติทางอุณหพลศาสตร์ พลังงานจลน์ พลังงานความร้อน ความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาเคมีของวัสดุที่สนใจ เป็นต้น ข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญในการเข้าใจเชิงลึกเกี่ยวกับพฤติกรรมและกลไกการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่เป็นผลมาจากแรงอันตรกิริยาที่เป็นแรงดูด/แรงผลักระหว่างอะตอมและโมเลกุล โดยเฉพาะเมื่อวัสดุมีขนาดเล็กในระดับนาโนเมตร ซึ่งข้อมูลเหล่านี้วัดได้ยาก หรือบางกรณีไม่สามารถวัดได้ โดยเครื่องมือในห้องปฏิบัติการทดลอง ดังนั้นเทคนิคนี้จึงถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการออกแบบ และทำนายสมบัติของวัสดุนาโนขั้นสูง ก่อนการพัฒนาจากต้นแบบระดับห้องปฏิบัติการไปสู่ต้นแบบเชิงพาณิชย์ เพื่อทำให้กระบวนการวิจัยมีทิศทาง มีความก้าวหน้าได้อย่างถูกต้องและรวดเร็วมากขึ้น
- การใช้เทคนิค Process simulation ในการออกแบบกระบวนการ ถึงปฏิกรณ์ และหน่วยปฏิบัติการที่เกี่ยวข้อง รวมไปถึงการออกแบบโรงงาน

● **Pre-pilot prototyping** เป็นงานขยายขนาดจากงานวิจัยระดับห้องปฏิบัติการ ไปเป็นขนาดที่ใหญ่ขึ้นในลักษณะโรงงานต้นแบบ ที่จะสามารถให้ข้อมูลการดำเนินงานจริงในสภาวะใกล้เคียงโรงงานผลิต สามารถได้ข้อมูลเชิงวิศวกรรมที่ครบถ้วน พร้อมถ่ายทอด

ทรัพยากรที่ใช้ในการทำวิจัย (Resource)

ความต้องการบุคลากรในภาพรวมได้แก่ บุคลากรวิจัยประมาณ 150 คน งบประมาณวิจัย 2,100 ล้านบาท ประกอบด้วย งบดำเนินการวิจัยและพัฒนา (R&D Expense) 700 ล้านบาท งบประมาณสำหรับจัดหาโครงสร้างพื้นฐานประมาณ 400 ล้านบาท ซึ่งรวมทั้งห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ทดสอบตัวเร่งปฏิกิริยา งบประมาณสำหรับจัดหาเครื่องมือประมาณ 400 ล้านบาท ตัวอย่างเครื่องมือ อาทิ Standard catalytic evaluation units (Gas phase unit, Liquid phase unit, Multiphase unit), Mass production unit of catalyst, Materials Extruder, Materials Grinders, Automation system, Gas Chromatography - Mass Spectrometry - Time of Flight (GC-MS-TOF), Liquid Chromatography - Mass Spectrometry - Time of Flight (LC-MS-TOF), Atomic absorption (AAS), High Resolution-Transmission Electron Microscopy (HR-TEM), Field Emission Scanning Electron Microscope (FESEM), X-ray absorption fine structure (XAFS), X-ray photoelectron spectroscopy (XPS), Chemisorption Physisorption, Raman spectroscopy, Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR), Inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS), High Performance Computing (HPC) Systems และพื้นที่การทำงานประมาณ 400 ตารางเมตร และงบประมาณด้านบุคลากรวิจัย 600 ล้านบาท

R&D Area 5.2 - Nanotechnology for Energy Storage and Saving



ความต้องการของตลาด (Market/ Business)

เซลล์แสงอาทิตย์สามารถแบ่งตามวิวัฒนาการด้านวัสดุและเทคโนโลยีได้เป็นยุคต่างๆ โดยที่เซลล์แสงอาทิตย์ยุคใหม่ ประกอบด้วยเซลล์ประเภทสีย้อมไวแสง เซลล์แสงอาทิตย์แบบควอนตัมดอท เซลล์แสงอาทิตย์อินทรีย์ และเซลล์แสงอาทิตย์แบบวัสดุไฮบริด หรือที่รู้จักกันในชื่อ เซลล์แสงอาทิตย์แบบเพอรอฟสไกต์ (perovskite solar cell) โดยเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง เป็นการนำวัสดุนาโน ดังเช่น โทเทเนียมออกไซด์ มาใช้เป็นวัสดุพื้นฐาน เพื่อให้สารย้อมสามารถจับติดและผลิตกระแสไฟฟ้า ภายใต้การกระตุ้นของแสงอาทิตย์และแสงอื่นๆ สามารถนำไปใช้ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่หลากหลาย ในขณะที่เซลล์แสงอาทิตย์แบบเพอรอฟสไกต์ ถือเป็น 1 ใน 10 ของเทคโนโลยีที่เป็น Breakthrough ในปี 2556 โดยมีพัฒนาการด้านค่าประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นไฟฟ้า (PCE) อย่างรวดเร็ว ภายในระยะเวลา 4 ปี (ปัจจุบันสูงถึง 21%) ด้วยข้อดีของการใช้สารเคมีราคาถูก ความทนทานของวัสดุเก็บเกี่ยวแสง และกระบวนการผลิตขึ้นรูปที่ง่าย รวมทั้งความเป็นไปได้ในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เซลล์แสงอาทิตย์แบบโค้งงอได้ (Flexible perovskite solar cell) จากการคาดการณ์ของสถาบันวิจัยการตลาด Lux Research พบว่าเซลล์แสงอาทิตย์แบบเพอรอฟสไกต์ จะสามารถออกสู่ตลาดได้ภายใน 3 - 5 ปี (ภายในปี พ.ศ. 2562 - 2564) ในขณะที่บริษัท First Solar ทำนายไว้ว่า น่าจะใช้เวลาอย่างน้อย 10 ปี จึงจะเห็นผลิตภัณฑ์เซลล์แสงอาทิตย์แบบเพอรอฟสไกต์วางจำหน่ายในเชิงพาณิชย์

ในส่วนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริก (Thermoelectric generator, TEG) ในปี 2557 มีรายงานการประเมินมูลค่าทางการตลาดของเครื่อง TEG ว่ามีมูลค่าสูงถึง 8,585.5 ล้านบาท และมีอัตราการเติบโตทางการตลาดเพิ่มขึ้นถึงปีละ 13.8% CAGR (Compound Annual Growth Rate) ซึ่งคาดการณ์ว่าในปี 2563 ตลาดของ TEG อาจมีมูลค่าสูงถึง 19,169.5 ล้านบาท ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากข้อดีของ TEG หลายประการ อาทิ อายุการใช้งานที่ยาวนานกับการบำรุงรักษาที่น้อยมาก ความง่ายในการใช้งาน และการผลิตไฟฟ้าโดยปราศจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก อย่างไรก็ตาม TEG ก็ยังมีข้อจำกัดเรื่องราคาที่สูงและประสิทธิภาพที่ยังค่อนข้างต่ำ หากแบ่งตลาดตามโซนพื้นที่ คือโซนอเมริกาเหนือ โซนเอเชียแปซิฟิก โซนยุโรป และส่วนที่เหลือของโลก โซนอเมริกาเหนือมีส่วนแบ่งของตลาดมากที่สุด เนื่องจากมีการใช้งานอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกในรถยนต์ในปริมาณที่มาก ซึ่งจะเป็นส่วนผลักดันตลาดในจุดนี้ในช่วงปี 2558 - 2563 โซนเอเชียแปซิฟิกมีส่วนแบ่งการตลาด TEG เป็นอันดับสอง แต่มีอัตราการเติบโตสูงที่สุดถึง 18.3% CAGR เนื่องจากมีการเติบโตของอุตสาหกรรมในภาพรวมของโซนนี้เป็นอย่างมาก แต่แบ่งตามการใช้งานได้เป็น 5 ส่วนคือ รถยนต์ อวกาศ การป้องกันประเทศ อุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ และด้านอื่นๆ โดยอัตราการเติบโตด้านอวกาศและการป้องกันประเทศเพิ่มสูงมากที่สุด แต่การใช้ในส่วนประกอบของรถยนต์มีสูงที่สุด จากแรงผลักดันทางกฎหมายและการเมือง เพื่อจะลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากรถยนต์ แหล่งพลังงานหลักที่ใช้สำหรับ TEG มาจากความร้อนเหลือทิ้ง (Waste heat) ซึ่งเป็นจุดเด่นของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก ซึ่งสามารถผันกลับพลังงานความร้อนที่เหลือทิ้งกลับมาเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ ในปี 2558 อุปกรณ์ TEG ทั่วโลกใช้ความร้อนเหลือทิ้งเป็นแหล่งพลังงานหลักสูงถึง 81.75% ซึ่งคิดเป็นมูลค่าการตลาดถึง 8,183 ล้านบาท และยังมีแนวโน้มการเติบโตที่สูงถึง 13.3% CAGR จากปี 2558 ถึง 2563 ซึ่งจะส่งผลให้มูลค่าเพิ่มสูงขึ้นไปอีกเป็นกว่า 15,050 ล้านบาท บริษัทผู้ผลิต TEG ในตลาดปัจจุบันได้แก่ Gentherm Inc. (สหรัฐฯ) ซึ่งมีส่วนแบ่งทางการตลาดถึง 33.5% ในตลาดโลก รองลงมาได้แก่ II-VI Incorporated (สหรัฐฯ) และ Ferrotec Corporation (ญี่ปุ่น) ซึ่งมีส่วนแบ่งในตลาดโลก 19.7% และ 16.1% ตามลำดับ นอกจากนี้ ยังมีบริษัท Laird Plc. (สหราชอาณาจักร) ซึ่งมีส่วนแบ่งในตลาดลดหลั่นลงมา หากบริษัทผู้ผลิตเหล่านี้ต้องการคงอยู่ในตลาดอุตสาหกรรมเทอร์โมอิเล็กทริก จำเป็นต้องพัฒนานวัตกรรมและผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ซึ่งมีประสิทธิภาพสูง และต้องลงทุนในเทคโนโลยีใหม่เพื่อวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีด้านนี้อย่างต่อเนื่อง

การพัฒนาแหล่งกักเก็บพลังงานไฟฟ้าคุณภาพสูง อาทิ แบตเตอรี่ และตัวเก็บประจุความจุสูง มีความสำคัญอย่างยิ่งยวดต่ออุตสาหกรรมการผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบพกพา และการพัฒนาอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้า นอกจากนี้ยังมีการนำแบตเตอรี่ความจุสูงไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่น เช่น ด้านการแพทย์ อวกาศ การทหาร การไฟฟ้า สาธารณูปโภค และใช้เก็บพลังงานจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน เพื่อให้สามารถใช้ได้ตลอดเวลา ตลอดทั้งปีและไม่มีวันหมด ด้วยเหตุนี้ แบตเตอรี่และตัวเก็บประจุความจุสูงจึงเป็นที่ต้องการของหลายหน่วยงานทั่วโลก และมีมูลค่ามหาศาล โดยมีการรายงาน (รายงานของ Frost & Sullivan (2555) ซึ่งเป็นองค์กรให้คำปรึกษาและวิจัยระดับโลก) ความต้องการของตลาดในการใช้อุปกรณ์กักเก็บพลังงานประสิทธิภาพสูงมีอัตราเพิ่มขึ้น 7.7% ต่อปี และขนาดของตลาดในปี 2562 จะอยู่ที่ราว 4.2 ล้านล้านบาท โดยที่ 80% จะเป็นตลาดของแบตเตอรี่ชนิดประจุไฟใหม่ได้ทุกชนิด โดยเฉพาะแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออน

สำหรับวิวัฒนาการของหลอดไฟฟ้ามามีมาตั้งแต่หลอดไส้ทั้งสแตน หลอดฟลูออเรสเซนต์ หลอดตะเกียบ มีประสิทธิภาพของกำลังแสงสว่างต่อกำลังไฟฟ้าประมาณ 8, 50 และ 60 ลูเมนต่อวัตต์ ตามลำดับ และกำลังถูกแทนที่ด้วยหลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่ออกแบบให้มีกำลังแสงสว่างต่อกำลังไฟฟ้ามากขึ้น โดยอาศัยสารเรืองแสงเพื่อให้แสงเหมือนแสงขาวในธรรมชาติมากที่สุด ด้วยการผสมสีและควบคุมกำลังไฟฟ้า จึงเกิดเป็นวิวัฒนาการหลอด COB-LED (Chip on board-light emitting diode) ที่มีประสิทธิภาพสูงระดับ 100 ลูเมนต่อวัตต์ มีมูลค่าตลาด 8.99 แสนล้านบาท ในปี 2558 ด้วยราคาที่ถูกกว่าหลอดไฟฟ้าทั่วไปคือ ประมาณ 45% โดยภายในปี 2563 จะคิดเป็นมูลค่า 78 % ของหลอดไฟฟ้าทุกชนิด โดยสามารถปล่อยกระแสอิเล็กทรอนิกส์จากการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าที่เหนือกว่าหลอด LED ถึง 100 เท่า จะทำให้หลอด LED ถูกแย่งตลาดในอนาคตได้

ผลสัมฤทธิ์ที่สำคัญ (Key Achievement)

• KA 5.2.1 วัสดุโฟโตโวลตาอิกและเซลล์ยุคที่ 4 (Fourth generation cells and photovoltaic materials)

ประกอบด้วย

- เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูง และสามารถใช้งานได้ภายใต้สภาวะแวดล้อมหลากหลาย เช่น พื้นที่ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำหรือสูง
- วัสดุนาโนของไทเทเนียมไดออกไซด์ เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพการดูดซับสสารย้อมสีของวัสดุนาโน ซึ่งจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการดูดแสงของโฟโตอิเล็กโทรดของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง
- สารย้อมสีประสิทธิภาพสูง และสามารถเลือกใช้ได้อย่างเหมาะสม เพื่อผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม เช่น การใช้ภายใต้แสงอาทิตย์ การใช้ภายใต้แสงฟลูออเรสเซนต์

เป็นการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงประสิทธิภาพสูง และมีความทนทานต่อการใช้งานภายใต้สภาวะแวดล้อมที่หลากหลาย ผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมที่มีอายุการใช้งานมากกว่าห้าปี ซึ่งสามารถใช้งานได้ภายใต้สภาวะที่มีความเข้มแสงต่ำ แหล่งกำเนิดแสงหลากหลาย เป็นการทดแทนการใช้แบตเตอรี่ซึ่งมีอายุการใช้งานสั้น ลดการซ่อมบำรุง และขยะที่ไม่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ระบบเครือข่ายเซนเซอร์แบบไร้สาย ระบบรักษาความปลอดภัย การตรวจนับประชากรด้วยเซนเซอร์ ส่วนผลิตภัณฑ์ประเภทเซลล์แสงอาทิตย์แบบเพอร์อฟสไกต์ ที่คาดว่าจะได้รับการพัฒนาขึ้นมาใช้งาน ได้แก่ แผงเซลล์ฯ แบบโค้งงอได้ สำหรับต่อพ่วงกับโทรศัพท์มือถือ หรือติดตั้งบนกระเบื้องหลังคาบ้าน หรือกระจกอาคาร ฯลฯ

• KA 5.2.2 ระบบและอุปกรณ์ในการเก็บเกี่ยวพลังงาน (Energy harvesting devices and systems)

พัฒนาสิ่งประดิษฐ์สำหรับเก็บเกี่ยวพลังงานพร้อมระบบ มุ่งเน้นผลิตภัณฑ์ 2 กลุ่ม ได้แก่ อุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า และอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้า

- อุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า เซลล์แสงอาทิตย์ที่จะประดิษฐ์ขึ้นในอนาคตจะต้องอาศัยวัสดุนาโน เช่น TiO_2 , CdS , ZnS , CdSe , NiS_2 ฯลฯ และสารกึ่งตัวนำพอลิเมอร์หลายชนิด เป็นวัสดุตั้งต้นในการผลิต (ทั้งนี้เนื่องจากวัสดุนาโนมีขนาดเล็ก จึงมีพื้นที่ผิวมาก จึงคาดได้ว่าน่าจะให้กระแสไฟฟ้าได้มาก ส่วนวัสดุพอลิเมอร์แบบสารกึ่งตัวนำมีความสามารถดูดกลืนแสงได้ดี น้ำหนักเบา โค้งงอได้ไม่แตกหัก ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้สามารถใช้ในที่ร่มหรือกลางแจ้ง หรือเป็นแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้า สำหรับอุปกรณ์ในสถานีตรวจวัดที่อยู่ห่างไกล
- อุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้า เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเทอร์โมอิเล็กทริกสามารถประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายประเภท แต่ที่มีการใช้มากที่สุดในปัจจุบันคือ การนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่ โดยความร้อนเหลือทิ้งที่นำมาใช้สำหรับ TEG ได้แก่ ความร้อนจากเครื่องยนต์ของรถยนต์ โรงงานผลิตซีเมนต์ หรือโรงงานเหล็กกล้า ที่มีความความร้อนเหลือทิ้งจำนวนมาก TEG จึงสามารถนำไปใช้งานเพื่อดึงความร้อนที่เหลือทิ้งเหล่านี้ กลับมาใช้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้อีกครั้ง อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกยังสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบพกพา หรือนำไปเป็นเซนเซอร์ตรวจวัดที่ไม่ต้องมีแบตเตอรี่เพื่อเลี้ยงวงจร ใช้เปลี่ยนพลังงานความร้อนเหลือทิ้งเป็นไฟฟ้า ซึ่งแบ่งย่อยได้เป็น 2 ประเภท คือ อุปกรณ์ Thermoelectric และ Pyroelectric
 - Thermoelectric generator (TEG) เป็นอุปกรณ์ที่มีรอยต่อของวัสดุสองชนิดที่แตกต่างกัน (ข้างหนึ่งเป็นชนิดพี ส่วนอีกข้างหนึ่งเป็นชนิดเอ็น) ซึ่งรอยต่อนี้เมื่ออยู่ในบริเวณที่มีความต่างของอุณหภูมิ จะทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้าได้ โดยปกติแล้วที่รอยต่อหนึ่งรอยต่อ จะทำให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าอยู่ในระดับ 100 - 500 $\mu\text{V}/\text{K}$ (และสามารถเพิ่มให้สูงขึ้นได้ โดยการนำมาต่อกันหลายๆ ชิ้น) สามารถเก็บเกี่ยวพลังงานความร้อนจากแหล่งต่างๆ อย่างหลากหลาย เช่น พลังงานความร้อนที่ได้มาจากเตาเผาขยะ จากแสงอาทิตย์ ความร้อนเหลือทิ้งจากแหล่งอื่นๆ จากเครื่องจักร และโครงสร้างอาคาร หรือแม้แต่ความร้อนจากร่างกายมนุษย์ นอกจากนั้น โมดูล TEG นี้ยังต้องมีความเสถียรต่ออุณหภูมิและความเค้น มีอายุการใช้งานยาวนาน และไม่เปื้อนพิษต่อสิ่งแวดล้อม
 - Pyroelectric generator เป็นอุปกรณ์ที่สามารถเปลี่ยนการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเป็นกระแสไฟฟ้า หรือความต่างศักย์ไฟฟ้าได้ ทำงานคล้ายกับหลักการของ Piezoelectric แต่มีหน้าที่คล้ายกับวัสดุ Thermoelectric และมีข้อได้เปรียบคือวัสดุ Pyroelectric มีความเสถียรที่อุณหภูมิสูงมากกว่า 1200°C ทำให้สามารถนำไปใช้ในที่มีอุณหภูมิสูง ปัจจุบันมีการค้นพบว่าวัสดุจำพวกพอลิเมอร์ชนิด Polyvinylidene fluoride trifluoroethylene หรือ P(VDF-TrFE) และวัสดุเซรามิกชนิด Lead lanthanum zirconate titanate (PLZT) สามารถเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นไฟฟ้าได้มากที่สุดที่ระดับอุณหภูมิต่ำ

• **KA 5.2.3 ตัวเก็บประจุยิ่งยวดและแบตเตอรี่ความจุสูง (High-capacity Battery & super-capacitor)**

แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

- ทำซ้ำไฟฟ้า ส่วนประกอบของแบตเตอรี่ และตัวเก็บประจุความจุสูง วัสดุที่ใช้ทำซ้ำไฟฟ้าเป็นหัวใจสำคัญของแบตเตอรี่ โดยสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ วัสดุสำหรับทำซ้ำแคโทด (ซ้ำบวก) เช่น LiMO_2 , LiMn_2O_4 , LiMPO_4 (โดยที่ $M = \text{Fe}, \text{Ni}, \text{Co}, \text{Mn}, \text{Cr}, \text{Al}$ เป็นต้น) และวัสดุสำหรับทำซ้ำแอโนด เช่น แกรไฟต์ ซิลิคอน เป็นต้น ส่วนตัวเก็บประจุความจุสูงจะประดิษฐ์จากวัสดุที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสมาก เช่น วัสดุคาร์บอนพรุน วัสดุโลหะออกไซด์ และวัสดุพอลิเมอร์นำไฟฟ้า เป็นต้น โดยซ้ำไฟฟ้าที่ติดจะต้องประดิษฐ์จากวัสดุที่มีความจุทางทฤษฎีสูง (ทำให้ใช้วัสดุปริมาณน้อย แบตเตอรี่มีขนาดเล็ก และน้ำหนักเบา) มี

ความเสถียรทางเคมีและความร้อนสูง (ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างขณะใช้งานน้อย ผลิตง่าย และใช้งานได้ยาวนาน) มีความเป็นพิษต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อมต่ำ มีความปลอดภัยสูง และมีราคาไม่สูงจนเกินไป โดยในช่วง 10 ปี ที่ผ่านมาได้มีการวิจัยและพัฒนาด้านวัสดุอย่างเข้มข้นทั้งในบริษัทรถยนต์ขนาดใหญ่ สถาบันวิจัย และมหาวิทยาลัยทั่วโลก และประสบความสำเร็จในการสังเคราะห์วัสดุใหม่ๆ ที่มีสมบัติทางเคมีไฟฟ้าที่ดี รวมถึงสามารถผลิตวัสดุเหล่านั้นจากสารตั้งต้นที่มีราคาถูก เช่น การสกัดนาโนซิลิคอนจากแกลบข้าว

- พัฒนาการบรรณาการประดิษฐ์เซลล์เคมีไฟฟ้า ให้มีความหนาแน่นกำลังและพลังงานที่สูง เนื่องจากในแบตเตอรี่แต่ละเซลล์ มีส่วนประกอบของขั้วไฟฟ้าที่เป็นส่วนที่ใช้กักเก็บพลังงานไฟฟ้าคิดเป็น 30 - 40 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตรและโดยน้ำหนักของแบตเตอรี่ตามลำดับเท่านั้น โดยส่วนที่เหลือจะเป็นส่วนประกอบที่ไม่เกี่ยวข้องกับการกักเก็บพลังงาน ดังนั้น ในปัจจุบันได้มีบริษัทบางแห่งที่เสนอผลการวิจัยว่า สามารถเพิ่มสัดส่วนปริมาณของขั้วไฟฟ้าในเซลล์ และลดระยะเวลาในการประดิษฐ์ ทำให้สามารถผลิตเซลล์แบตเตอรี่ได้รวดเร็วขึ้นประมาณ 3 เท่า และเพิ่มความหนาแน่นของกำลังและพลังงานได้ดีกว่าแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนแบบเดิม
- การนำไปประยุกต์ใช้ในงานที่ต้องการใช้ไฟฟ้าปริมาณมาก แบตเตอรี่ในปัจจุบันมีประสิทธิภาพสูงมาก จากเดิมที่สามารถใช้ร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก ที่ต้องการพลังงานเพียง 1 Ah ได้ถูกพัฒนาให้สามารถใช้ในรถยนต์ไฟฟ้าที่มีความสามารถในการกักเก็บพลังงานในระดับ kWh โดยล่าสุด ได้มีการนำแบตเตอรี่ชนิดใหม่ไปประยุกต์ใช้ในงานที่ต้องการใช้ไฟฟ้าปริมาณมาก เช่น การติดตั้งแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนที่มีความสามารถในการกักเก็บพลังงานขนาด 40 MWh ของ Tohoku Electric Power Company ในประเทศญี่ปุ่น

สำหรับการสร้างเป็นผลิตภัณฑ์นั้นทำได้หลายแบบ อาทิ

- เซลล์แบตเตอรี่ (Battery cell)
- ตัวเก็บประจุความจุสูง (Supercapacitors)
- แบตเตอรี่แพ็ค (Battery pack) ซึ่งประกอบจากเซลล์แบตเตอรี่หลายเซลล์และระบบการจัดการแบตเตอรี่ (Battery management system)
- ระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้าแบบไฮบริด

โดยอาจประยุกต์ใช้ได้หลายรูปแบบ ดังนี้

- ใช้กักเก็บพลังงานไฟฟ้าในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบพกพาและใช้ในยานยนต์ไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นแหล่งพลังงานหลักในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ทำให้สามารถใช้งานอุปกรณ์เหล่านั้นได้โดยไม่ต้องเสียบปลั๊ก เช่น โทรศัพท์เคลื่อนที่ กล้องถ่ายรูป อุปกรณ์การแพทย์ขนาดเล็ก รวมถึงสามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานหลักในการขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า โดยไม่ต้องใช้น้ำมันและก๊าซธรรมชาติ เช่น รถยนต์ไฟฟ้า และรถบัลไฟฟ้า
- กักเก็บพลังงานไฟฟ้าสำรองแบบพกพา (Power bank) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นแหล่งสำรองไฟฟ้าขนาดเล็ก โดยส่วนมากใช้สำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้า และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก มีความจุไฟฟ้าประมาณ 5 - 50 Ah ขึ้นกับขนาดและจำนวนของเซลล์แบตเตอรี่ภายใน
- แหล่งกักเก็บพลังงานไฟฟ้าสำรองสำหรับการไฟฟ้าและสาธารณูปโภค จุดมุ่งหมายของการใช้แหล่งกักเก็บพลังงานประสิทธิภาพสูง คือการลดการสร้างโรงไฟฟ้าใหม่เพื่อตอบสนองกับความต้องการในการใช้ไฟฟ้าที่สูงกว่าปกติ ในบางช่วงฤดูกาลของปี เช่น ในช่วงฤดูหนาวของประเทศที่มีหิมะ และในฤดูร้อนของประเทศในเขตร้อน การใช้พลังงาน

ไฟฟ้าที่กักเก็บไว้ในแบตเตอรี่ และตัวเก็บประจุความจุสูง เมื่อเกิด Peak demand จะสามารถตอบสนองต่อความต้องการได้ทันที ไม่ส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม ไม่ปล่อยก๊าซเรือนกระจก และไม่ต้องทำลายป่าไม้ ทำให้ผู้ประกอบการลดภาระค่าไฟฟ้าในช่วงการใช้สูงสุด ทำให้ผู้ผลิตไฟฟ้าสามารถลดต้นทุนในการสร้างโรงไฟฟ้าและผลิตไฟฟ้าบางช่วงเวลาได้ สามารถเก็บพลังงานได้ตั้งแต่ระดับ 0.5 - 100 MWh ขึ้นกับขนาดและจำนวนของแบตเตอรี่ (Battery pack) ที่ติดตั้ง

- แหล่งกักเก็บพลังงานไฟฟ้าสำหรับแหล่งพลังงานทดแทน เช่น ลม และแสงอาทิตย์ ความต้องการพลังงานของโลก และความต้องการในการใช้พลังงาน จากแหล่งที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ทั่วโลกตระหนักถึงความจำเป็นที่จะใช้พลังงานจากแหล่งที่มีประสิทธิภาพและสะอาด โดยเฉพาะพลังงานไฟฟ้าที่มาจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน (Renewable energy) เช่น จากแสงอาทิตย์ หรือลม ซึ่งมีให้ใช้อย่างเหลือเฟือและมีทั่วโลก อย่างไรก็ตาม การใช้พลังงานไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานแสงอาทิตย์ หรือแหล่งพลังงานหมุนเวียนอื่นๆ อย่างมีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องอาศัยแหล่งกักเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ดี เช่น แบตเตอรี่ความจุสูง และตัวเก็บประจุความจุสูง

- **KA 5.2.4 แหล่งกำเนิดแสงที่มีประสิทธิภาพ (Energy efficiency light source)** การพัฒนาหลอดไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงในอนาคต 10 - 15 ปี จะประกอบด้วยเทคโนโลยีหลอดไฟฟ้า 3 แบบ

- พัฒนาการออกแบบ COB-LED เพื่อให้แสงสว่างที่มีความเข้มและพลังงานใกล้เคียงกับธรรมชาติของการมองเห็นของมนุษย์ และเพิ่มกำลังแสงสว่างที่ความยาวคลื่น 683 นาโนเมตรที่มีประสิทธิภาพ 130 - 150 ลูเมน/วัตต์ โดยสามารถจัดการให้แสงที่ออกจากหลอด LED มีการหักเหย้อนกลับน้อยลง
- เพิ่มประสิทธิภาพของหลอด LED ด้วยการระบายความร้อนออกจากวัสดุฐานรองซิลิคอน เพื่อป้องกันการปล่อยแสงที่ความเข้มลดลง เนื่องจาก GaN และ InGaN มีอุณหภูมิสูง วัสดุที่นำความร้อนได้เร็วและดี เช่น คาร์บอนคลายเพอร์แบบฟิล์มบาง
- พัฒนาหลอดที่ใช้วัสดุเส้นใยนาโนคาร์บอนที่ปล่อยกระแสไอเล็กตรอนด้วยแรงดันไฟฟ้าที่ต่ำมากที่เรียกว่า Field emission lamp ตัวอย่างวัสดุเส้นใยคาร์บอนที่ขีดเป็นแบบ nanocoil ปัจจุบันสามารถให้ประสิทธิภาพความสว่าง 75 ลูเมนต่อวัตต์ ที่แรงดันไฟฟ้า 8 กิโลวัตต์

เนื่องจากหลอด LED ประหยัดค่าไฟฟ้าได้ 15 - 75 % ขึ้นอยู่กับชนิดหลอดเดิมที่ใช้ จึงมีการนำไปประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายมาก เช่น ภายในบ้านและที่ทำงาน ภายนอกบ้านหรือนอกอาคาร ร้านค้าและห้างสรรพสินค้า โกดังสินค้า โรงแรม ร้านอาหาร โรงงานอุตสาหกรรม สนามกีฬา หรือป้ายโฆษณา

เทคโนโลยีหลัก (Key Technology)

การศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์ระหว่างปี พ.ศ. 2560 - 2564 จะมีการใช้นาโนเทคโนโลยีหลักในการวิจัย 5 เทคโนโลยีคือ High performance electrode/photoelectrode, Nanoporous material, Fabrication process, Catalyst design, synthesis and manufacturing และ Pre-Pilot Prototyping ซึ่งในแต่ละผลสัมฤทธิ์จะใช้เทคโนโลยีการผลิตที่แตกต่างกันคือ

- **วัสดุโฟโตโวลตาอิกและเซลล์ยุคที่ 4**
 - เทคโนโลยีปรับผิวหน้าวัสดุนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ ซึ่งจะพัฒนาสภาพผิวให้เหมาะสมแก่การดูดซับย้อมแต่ละชนิด และสามารถคงประสิทธิภาพ ภายใต้สิ่งแวดล้อมที่หลากหลาย
 - เทคโนโลยีการผลิตสีย้อม ซึ่งมีการผลิตสารย้อมสีที่หลากหลาย และดูดกลืนแสงในหลายช่วงแสง สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างหลากหลาย นอกจากนี้ ยังพัฒนาเทคนิคการสังเคราะห์สารที่เพิ่มประสิทธิภาพให้

เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง และพัฒนาทักษะทางด้านวิเคราะห์ให้แก่นักวิจัย

- เทคโนโลยีการผลิตอิเล็กทรอนิกส์โทรโลด ซึ่งเป็นการพัฒนาอัตราการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนที่เหมาะสม เพื่อให้เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง มีประสิทธิภาพสูงสุด
- เทคโนโลยีการปิดผนึก ซึ่งเป็นเทคโนโลยีสำคัญในการทำให้เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงมีอายุการใช้งานได้นาน ภายใต้สภาพแวดล้อมที่หลากหลาย
- เทคโนโลยีการห่อหุ้มเซลล์ ในส่วนของเซลล์แสงอาทิตย์แบบเพอรอฟสไกต์ มีความจำเป็นต้องห่อหุ้มเซลล์ฯ เพื่อป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำหรือความชื้น เนื่องจากเพอรอฟสไกต์เป็นสารที่ไวต่อความชื้น และเกิดการเสื่อมสภาพได้ ส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพและอายุการใช้งานของเซลล์ฯ ลดต่ำลง สำหรับเทคโนโลยีในปัจจุบัน ใช้วัสดุประเภทแก้วในการห่อหุ้ม อย่างไรก็ตาม ในอนาคตจำเป็นต้องพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตวัสดุห่อหุ้มฯ ที่สามารถตัดโค้งงอได้ และมีสมบัติป้องกันการซึมผ่านของความชื้นและอากาศ
- เทคโนโลยีการพัฒนาโครงสร้างสารและเทคนิคการขึ้นรูปเพอรอฟสไกต์แบบใหม่ๆ เนื่องจาก เพอรอฟสไกต์สังเคราะห์จากสารตั้งต้นที่มีโลหะหนัก เช่น ตะกั่ว ทำให้มีความจำเป็นในการพัฒนาสูตรของสารเพอรอฟสไกต์ใหม่ๆ ที่ปราศจากความเป็นพิษ นอกจากนี้ ยังมีความน่าสนใจในการพัฒนาสูตรโครงสร้างของเพอรอฟสไกต์ ให้มีความทนทานต่อความชื้น เพื่อความสะดวกในการผลิตขึ้นรูปฟิล์มในสภาวะสิ่งแวดล้อมปกติ (Ambient) รวมไปถึงการพัฒนาเทคนิคขั้นตอนกระบวนการผลิตขึ้นรูป ที่ให้โครงสร้างของชั้นต่างๆ ในเซลล์ที่ดี ช่วยในการส่งผ่านประจุ
- เทคโนโลยีการพรีนตวัสดุนาโนบนวัสดุนำไฟฟ้า ซึ่งจะสามารถขยายพื้นที่การพรีนตวัสดุนาโนโทเทเนียมไดออกไซด์ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น โดยสามารถคงประสิทธิภาพไว้ได้

• **ระบบและอุปกรณ์ในการเก็บเกี่ยวพลังงาน** เทคโนโลยีสำคัญในการผลิต TEG ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นกับเทคโนโลยีการออกแบบโมดูลเทอร์โมอิเล็กทริกที่สามารถรับและระบายความร้อนได้ดี รวมถึงออกแบบอุปกรณ์ตัวระบายความร้อน (Heat sink) และวงจรเชื่อมต่อ เพื่อให้สามารถเปลี่ยนความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยีหลักที่สำคัญที่สุดในการพัฒนา TEG ได้แก่ การพัฒนาวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกให้มีค่า Figure-of-merit (ZT) ที่สูง เพราะเป็นที่ทราบกันดีว่า ประสิทธิภาพการผันความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้า (η) ของวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกขึ้นกับค่า ZT ในปัจจุบันวิธีการเพิ่มค่า ZT มีหลากหลายแนวทาง แต่นักวิจัยส่วนใหญ่ที่อยู่ในวงการเทอร์โมอิเล็กทริกเห็นตรงกันว่า แนวทางในการเพิ่มค่า ZT ของวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกคือ

- การเปลี่ยนจากไมโครเป็นนาโน วัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกที่ดีคือ วัสดุที่นอกจากจะต้องมีค่าสัมประสิทธิ์ซีเบค (Seebeck coefficient) ที่สูงแล้ว จะต้องนำไฟฟ้าได้ดี แต่ไม่นำความร้อน ซึ่งเรียกว่ามีสมบัติ Phonon-glass electron-crystal หมายถึง การนำความร้อนโดยโฟนอนประพฤติตัวเหมือนอยู่ในแก้ว แต่การนำไฟฟ้าโดยอิเล็กตรอนประพฤติตัวเหมือนอยู่ในผลึก ในทางปฏิบัติสามารถทำได้โดยผลิตวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกที่มีขนาดของเกรนในระดับนาโน เกรนซึ่งจะส่งผลต่อการกระเจิงของโฟนอนได้ดี แต่ส่งผลน้อยมากต่อการส่งผ่านอิเล็กตรอน เทคโนโลยีหลัก เพื่อให้ได้วัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกดังที่กล่าวมาคือ การผลิตวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกผงในระดับนาโนที่มีความบริสุทธิ์สูง มีขนาดและการกระจายตัวที่สม่ำเสมอ รวมถึงเทคโนโลยีการขึ้นรูป ที่ไม่ทำให้ความเป็นนาโนสูญเสียไปด้วย
- วัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกที่มีซิลิคอนเป็นองค์ประกอบหลัก (Si-based thermoelectric materials) ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า ข้อจำกัดของ TEG คือ ราคาที่แพง ทั้งนี้ส่วนหนึ่งก็เพราะว่า วัตถุดิบหลักที่นำมาทำเป็นวัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกนั้น มีราคาแพงหรือเป็นวัสดุหายาก ดังนั้น จึงมีแนวทางวิจัยที่คิดจะใช้ซิลิคอนเป็น

องค์ประกอบหลักของ TEG เพราะซิลิคอนมีราคาถูกและหาได้ง่าย อย่างไรก็ตาม วัสดุเทอร์โมอิเล็กทริกจากซิลิคอนยังมีประสิทธิภาพที่ไม่สูงมากนัก เทคโนโลยีหลักในส่วนนี้ก็คือการผลิตซิลิคอนผงให้ได้ราคาถูก มีความบริสุทธิ์ อีกทั้งมีความสม่ำเสมอของขนาด และการกระจายตัวของอนุภาค

- **แหล่งกำเนิดแสงที่มีประสิทธิภาพ** พัฒนาการเตรียมวัสดุเส้นใยนาโนคาร์บอนที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการวิจัยหลัก ให้มีประสิทธิภาพในการเตรียมที่มีความสม่ำเสมอ ทั้งทั้งแผ่นรองรับขนาดมาตรฐานของซิลิคอนที่ใช้ทำหลอด LED เช่น CVD (Chemical Vapor Deposition), MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition) พัฒนาการเตรียมวัสดุแบบฟิล์มบางที่นำความร้อนได้เร็ว และมีความสม่ำเสมอทั่วทั้งแผ่น รองรับขนาดมาตรฐานของซิลิคอนที่ใช้ทำหลอด LED เช่น เทคนิค RFCVD (Radio Frequency Chemical Vapor Deposition) และ MWCVD (Micro-Wave Chemical Vapor Deposition)

ทรัพยากรที่ใช้ในการทำวิจัย (Resource)

ความต้องการบุคลากรในภาพรวมได้แก่ บุคลากรวิจัยรวมทั้งสิ้น 110 คน (FTE) (นักวิจัยและผู้ช่วยวิจัย) งบประมาณวิจัยรวม 4,570 ล้านบาท งบดำเนินการ (R&D Expense) 640 ล้านบาท งบประมาณสำหรับจัดหาโครงสร้างพื้นฐาน 190 ล้านบาท งบประมาณสำหรับจัดหาเครื่องมือและอุปกรณ์ 3,300 ล้านบาท งบจ้างบุคลากรวิจัย 440 ล้านบาท

สำหรับวัสดุโพลีโวลตาอิกและเซลล์สุริยะ 4 ต้องการบุคลากรวิจัยจำนวน 35 คน งบประมาณวิจัยรวม 1,530 ล้านบาท งบดำเนินการ (R&D Expense) 285 ล้านบาท ค่าปรับปรุงสถานที่ 55 ล้านบาท (ปรับปรุงสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการทำงาน) และค่าเครื่องมือ 1,050 ล้านบาท (เครื่องมือที่ใช้ในการผลิต วิเคราะห์ และทดสอบ) งบจ้างบุคลากรวิจัย 140 ล้านบาท

สำหรับระบบและอุปกรณ์ในการเก็บเกี่ยวพลังงาน ต้องการบุคลากรวิจัยจำนวน 25 คน งบประมาณวิจัยรวม 1,050 ล้านบาท งบดำเนินการ (R&D Expense) 155 ล้านบาท ค่าปรับปรุงสถานที่ 45 ล้านบาท (ปรับปรุงสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการทำงาน) ค่าเครื่องมือ 750 ล้านบาท (เครื่องมือที่ใช้ผลิต วิเคราะห์ และทดสอบ) งบจ้างบุคลากรวิจัย 100 ล้านบาท

สำหรับตัวเก็บประจุยิ่งยวดและแบตเตอรี่ความจุสูง ต้องการบุคลากรวิจัยจำนวน 25 คน งบประมาณวิจัยรวม 1,050 ล้านบาท งบดำเนินการ (R&D Expense) 155 ล้านบาท ค่าปรับปรุงสถานที่ 45 ล้านบาท (ปรับปรุงสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการทำงาน) ค่าเครื่องมือ 750 ล้านบาท (เครื่องมือที่ใช้ผลิต วิเคราะห์ และทดสอบ) งบจ้างบุคลากรวิจัย 100 ล้านบาท

สำหรับแหล่งกำเนิดแสงที่มีประสิทธิภาพ ต้องการบุคลากรวิจัยจำนวน 25 คน ค่าวัสดุ งบประมาณวิจัยรวม 940 ล้านบาท งบดำเนินการ (R&D Expense) 45 ล้านบาท ค่าปรับปรุงสถานที่ 45 ล้านบาท (ปรับปรุงสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการทำงาน) ค่าเครื่องมือ 750 ล้านบาท (เครื่องมือที่ใช้ผลิต วิเคราะห์ และทดสอบ) งบจ้างบุคลากรวิจัย 100 ล้านบาท

R&D Agenda 6 - Nanotechnology for Clean Environment

R&D Area 6.1 - Nanotechnology for Air Monitoring and Treatment

RDA6 Nanotechnology for Clean Environment	
	2560 2561 2562 2563 2564
R&D Area	RDA 6.1 Nanotechnology for air monitoring and treatment
GOAL	Development of the efficient air monitoring devices/ sorbents and filters for hazardous gas, volatile organic compounds, and air borne
Key Achievement	KA 6.1.1 Highly selective and sensitive gas sensors (ppb)
	KA 6.1.2 Super sorbents, membrane and catalysts
	KA 6.1.3 Anti-virus and anti-bacterial air filters
Key Technology	Organic-Inorganic composite / Bio-mimetic nanomaterials
	Nanofiltration / Phyto-remediation / Advance oxidation
	Nanomaterial and Process design for lower energy consumption and improved separation efficiency
	Optical, chemical, electrochemical detections
Resource	Researcher/ Research assistant : 50 FTE Total budget : 600 MB R&D Expense : 100 MB R&D facility budget : 100 MB Instrument budget : 200 MB Human resource budget : 200 MB

ความต้องการของตลาด (Market/ Business)

จากสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงทางสิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน ซึ่งมีแนวโน้มของปัญหาที่ซับซ้อนและรุนแรงขึ้น จนส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม รวมถึงระบบนิเวศของประเทศ ภูมิภาค และโลก ทำให้ประเทศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และเอเชียตะวันออก ได้จัดทำความตกลงที่จะดำเนินงานด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม โดยอาศัยกรอบความร่วมมือภายใต้ “กฎบัตรความร่วมมือด้านอนามัยและสิ่งแวดล้อมของประเทศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และเอเชียตะวันออก” ที่รับรองโดยรัฐมนตรีด้านสิ่งแวดล้อมและด้านสาธารณสุขของ 14 ประเทศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และเอเชียตะวันออก เมื่อวันที่ 9 สิงหาคม 2550 ณ กรุงเทพมหานคร

ในปัจจุบันการประยุกต์ใช้นาโนเทคโนโลยีเพื่อการจัดการมลพิษทางอากาศ กำลังได้รับความสนใจจากหลายประเทศในโลก มีการพัฒนานาโนเทคโนโลยีเพื่อคอยตรวจวัดและแก้ไขปัญหาคุณภาพอากาศ เช่น ปรับปรุงการควบคุมการปล่อยอากาศพิษจากแหล่งต่างๆ และพัฒนาเทคโนโลยีสะอาดขั้นใหม่ ซึ่งมีส่วนสำคัญในการลดการปลดปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อม รวมทั้งลดปริมาณของเสีย โดยการนำนาโนเทคโนโลยีมาแปรรูปของเสียเพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ ทั้งนี้เพราะอนุภาคในระดับนาโนปริมาณ 1 กรัม จะมีพื้นที่ผิวเพิ่มมากกว่าอนุภาคระดับไมโครปริมาณ 1 กรัมประมาณ 100 เท่า ซึ่งการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ผิวนี้จะส่งผลให้มีอัตราการเกิดปฏิกิริยาบนพื้นผิวของอนุภาคในระดับนาโนเมตรสูง

สำหรับการประยุกต์ใช้นาโนเทคโนโลยีในการจัดการมลพิษทางอากาศ กล่าวโดยสรุปสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

- 1) ด้านการตรวจวัดและวิเคราะห์มลพิษทางอากาศ (Sensing and detection) 2) ด้านการนำนาโนเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในการพัฒนาเซนเซอร์ตรวจวัดก๊าซหรือสารระเหย (Gas sensor) และ 3) ด้านการกำจัดมลพิษทางอากาศ (Treatment and remediation) โดยสามารถประยุกต์ใช้นาโนเทคโนโลยีเพื่อเสริม หรือเพิ่มประสิทธิภาพให้กับเทคโนโลยีควบคุมมลพิษทางอากาศที่ใช้งานในปัจจุบัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมคุณภาพอากาศ

ผลสัมฤทธิ์ที่สำคัญ (Key Achievement)

การพัฒนานาโนเทคโนโลยีสำหรับตรวจวัดและบำบัดมลพิษในอากาศ ในช่วงปี 2560 - 2564 มุ่งเน้นผลิตภัณฑ์ ดังนี้

- **KA 6.1.1 เซนเซอร์ที่มีความเฉพาะเจาะจงและความไวสูงสามารถตรวจวัดความเข้มข้นต่ำในระดับ ppb (Highly selective and sensitive, ppb level, gas sensors)** ซึ่งจะเป็นการประยุกต์ใช้นาโนเทคโนโลยี เพื่อพัฒนาเซนเซอร์สำหรับตรวจวัดก๊าซหรือสารระเหย มีความไวสูงสามารถตรวจวัดสารปนเปื้อนในอากาศปริมาณเพียงเล็กน้อย (High sensitivity) ในระดับ ppb ได้ และมีความจำเพาะต่อก๊าซหรือไอระเหย (Selective) นอกจากนี้ มีการนำเซนเซอร์ที่พัฒนาขึ้นมาประกอบเป็นเครื่องมือ หรือระบบตรวจวัด สำหรับใช้ติดตามคุณภาพของสิ่งแวดล้อม และทำให้สามารถแก้ไขปัญหาการรั่วไหล หรือการปนเปื้อนของสารพิษในสิ่งแวดล้อมได้อย่างทันท่วงที โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สารมลพิษทางอากาศที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ เช่น สารอินทรีย์ระเหยง่าย ก๊าซที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ หรือฝุ่นละอองในอากาศ

- **KA 6.1.2 วัสดุดูดซับ เมมเบรน และตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีประสิทธิภาพสูง (Super sorbent, membrane and catalyst)** ซึ่งนาโนเทคโนโลยีถือเป็นเทคโนโลยีที่มีศักยภาพ ในการจัดการคุณภาพอากาศในระยะยาว (Long-term) ทั้งนี้เพราะวัสดุนาโนสามารถเร่งการย่อยสลายสารปนเปื้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อกำจัดสารปนเปื้อนก่อนที่จะถูกปลดปล่อย โดยสามารถพัฒนาวัสดุดูดซับ เมมเบรน และตัวเร่งปฏิกิริยา สำหรับจัดการก๊าซหรือสารระเหยที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารที่มีความเป็นพิษสูง ตกค้างยาวนานในสิ่งแวดล้อม และสามารถปนเปื้อนในห่วงโซ่อาหารได้ เช่น โอปรอท ดังนั้น จึงสามารถประยุกต์ใช้นาโนเทคโนโลยีเพื่อเสริม หรือเพิ่มประสิทธิภาพให้กับเทคโนโลยีควบคุมมลพิษทางอากาศที่ใช้งานในปัจจุบัน

- **KA 6.1.3 แผ่นกรองสำหรับกำจัดเชื้อแบคทีเรีย ไวรัส และจุลินทรีย์ในอากาศ (Anti-virus and anti-bacterial air filter)** นาโนเทคโนโลยีสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อจัดการเชื้อแบคทีเรีย รา และไวรัส ที่ปนเปื้อนในอากาศได้ดี เช่น อนุภาคเงินขนาดนาโนเมตร จึงสามารถนำไปพัฒนาแผ่นกรองสำหรับกำจัดเชื้อแบคทีเรีย ไวรัส และจุลินทรีย์ในอากาศ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากนั้นจึงนำวัสดุดังกล่าวมาพัฒนาเป็นระบบดูดซับ หรือกรองเชื้อแบคทีเรีย ไวรัส หรือจุลินทรีย์ ในอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง

เทคโนโลยีหลัก (Key Technology)

เทคโนโลยีหลักที่ใช้ประกอบด้วย

- **การเตรียมคอมพอสิตของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์** รวมทั้งการพัฒนานาโนโดยเลียนแบบธรรมชาติ (Bio-mimetic nanomaterials)

- **กระบวนการนาโนฟิลเทรชัน (Nanofiltration) แอควานซ์ออกซิเดชัน (Advance oxidation)** รวมทั้งการบำบัดและฟื้นฟูสิ่งแวดล้อมด้วยพืช (Phyto-remediation)

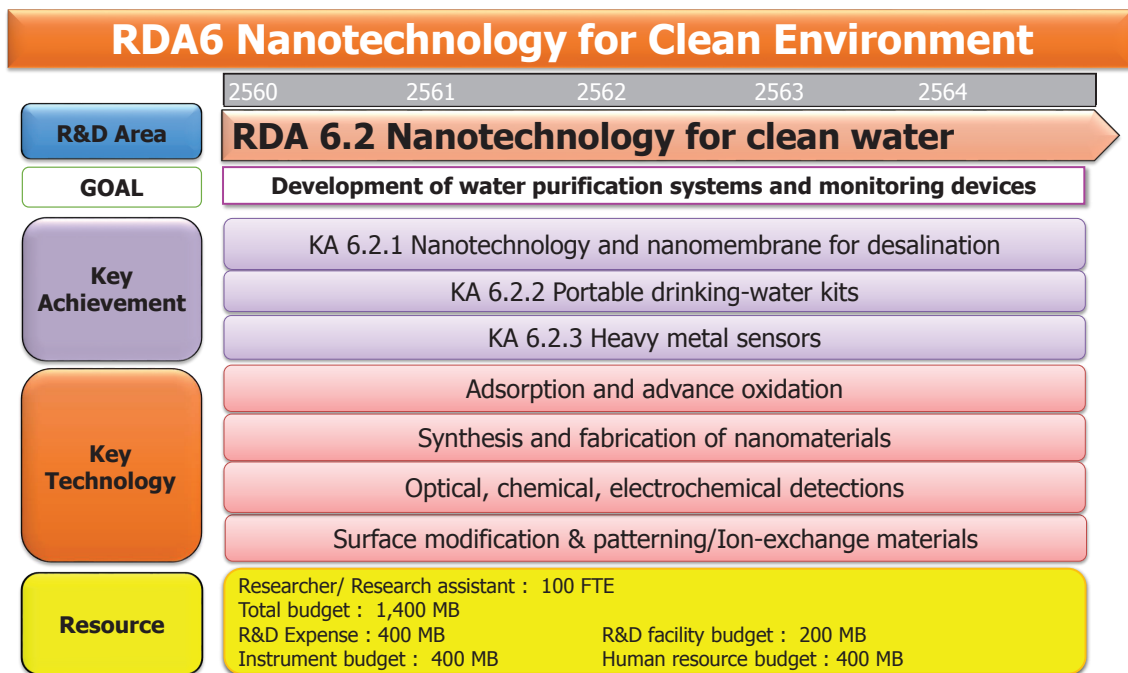
- **การนำวัสดุนาโนมาพัฒนาเครื่องมือหรือระบบ** จะมีการออกแบบโดยคำนึงถึงเรื่องการใช้พลังงานต่ำ และการนำไปใช้ร่วมหรือเสริมกับเทคโนโลยีควบคุมมลพิษทางอากาศที่มีอยู่ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ

- **การออกแบบและพัฒนาเซนเซอร์ตรวจวัดก๊าซหรือสารระเหย** โดยใช้หลักการเชิงแสง (Optics) การเกิดอันตรกิริยาเคมีของสาร (Chemical interaction) และอันตรกิริยาไฟฟ้าเคมี (Electrochemical interaction)

ทรัพยากรที่ใช้ในการทำวิจัย (Resource)

ในการพัฒนางานวิจัยให้บรรลุตามเป้าหมาย 5 ปีที่วางไว้ คาดว่าจะต้องใช้งบประมาณในการทำงานวิจัยรวม 600 ล้านบาท ประกอบด้วยงบดำเนินการวิจัย (R&D Expense) 100 ล้านบาท งบประมาณสำหรับจัดหาอุปกรณ์เครื่องมือ 200 ล้านบาท และงบประมาณสำหรับจัดหาโครงสร้างพื้นฐาน 100 ล้านบาท และบุคลากรเทียบเท่ากับนักวิจัยเต็มเวลาจำนวนเฉลี่ย 50 คน โดยใช้งบประมาณด้านบุคลากรวิจัย 200 ล้านบาท

R&D Area 6.2 - Nanotechnology for Clean Water



ความต้องการของตลาด (Market/ Business)

ในปัจจุบันแนวโน้มการขาดแคลนน้ำจืดสำหรับใช้ในกิจกรรมต่างๆ ของประชากรมีให้เห็นเพิ่มมากขึ้น ไม่ว่าจะเกิดจากความต้องการใช้น้ำที่เพิ่มมากขึ้น หรือเกิดจากปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก ภาวะโลกร้อน การละลายของภูเขาน้ำแข็ง ซึ่งทำให้ระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้เกิดปัญหาการรุกคืบของน้ำทะเล ทำให้เกิดผลกระทบอย่างรุนแรงต่อคุณภาพของแหล่งน้ำจืดทั้งบนผิวดินและใต้ดิน ดังนั้น การจัดการน้ำสะอาดเพื่อให้เพียงพอสำหรับกิจกรรมต่างๆ เช่น อุปโภค บริโภค และการเกษตรจึงถือเป็นเรื่องที่สำคัญ เนื่องจากปริมาณน้ำทะเลบนโลกมีมากถึง 97% ในขณะที่น้ำจืดมีเพียง 3% และมีน้ำจืดผิวดินเพียง 0.3% ดังนั้น ปัจจุบันจึงมีการพัฒนาเทคโนโลยีการแยกเกลือออกจากน้ำทะเล ซึ่งเทคโนโลยีที่มีการนำไปใช้หลักคือ เทคโนโลยีการกลั่น และเทคโนโลยีรีเวิร์สออสโมซิส (อาร์โอ) แต่ทั้งสองเทคโนโลยีต้องการพลังงานที่สูงมากในกระบวนการแยกเกลือออกจากน้ำ เช่น เทคโนโลยีการผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเลโดยใช้แผ่นกรองเมมเบรนชนิดรีเวิร์สออสโมซิส ในการกรองเกลือ แร่ธาตุ หรือสารแขวนลอยต่างๆ ออกจากน้ำทะเล ซึ่งรูพรุนของแผ่นกรองจะมีขนาดเล็ก และแผ่นกรองมีความหนา จึงทำให้ระบบนี้ต้องใช้พลังงานและแรงดันสูงมาก และเมื่อคิดรวมพลังงานที่ใช้อยู่ทั่วโลกในการผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเล (ประมาณ 3.5 กิโลวัตต์ - ชั่วโมง ในการผลิตน้ำจืด 1 ลูกบาศก์เมตร) เห็นได้ว่าในแต่ละวันโลกต้องใช้พลังงานที่สูงมากในการกรองน้ำทะเล ดังนั้น ในอนาคตของการผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเล จะมีการเน้นไปที่

เทคโนโลยีที่ช่วยในการประหยัดพลังงาน ดังนั้น การนำนาโนเทคโนโลยีมาช่วยในการแยกเกลือออกจากน้ำ เพื่อให้ใช้พลังงานน้อยลง หรือเพิ่มประสิทธิภาพการแยกเกลือ จึงเป็นความท้าทายที่สำคัญของประเทศไทยในอนาคตอันใกล้

นอกจากนี้ประเทศไทยยังประสบปัญหาภัยพิบัติทุกปี และทวีความรุนแรงสูงขึ้น เช่น อุทกภัย ภัยแล้ง และปัญหาน้ำเค็มรุกล้ำบริเวณปากแม่น้ำ จึงจำเป็นต้องอย่างยิ่งที่จะต้องมีการเตรียมการวางแผนการจัดการน้ำสะอาดให้เพียงพอต่อกิจกรรมต่างๆ ดังนั้น การนำนาโนเทคโนโลยีไปประยุกต์ใช้ร่วมกับเทคโนโลยีเดิมที่มีอยู่ เช่น เซนเซอร์และระบบตรวจวัดเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น มีการเชื่อมโยงข้อมูล ก็จะทำให้ได้ฐานข้อมูลสำหรับเตรียมวางแผนรับมือ และหาแนวทางรวมทั้งเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อแก้ปัญหาได้ทันพ่วงที่

ผลสัมฤทธิ์ที่สำคัญ (Key Achievement)

การพัฒนานาโนเทคโนโลยีสำหรับน้ำสะอาด ในช่วงปี 2560 - 2564 มุ่งเน้นผลิตภัณฑ์ ดังนี้

- **KA 6.2.1 นาโนเทคโนโลยีและนาโนเมมเบรนสำหรับแยกเกลือออกจากน้ำเค็ม (Nanotechnology and nanomembrane for desalination)** เป็นการพัฒนานาโนเทคโนโลยีสำหรับแยกเกลือออกจากน้ำเค็ม เช่น น้ำทะเลหรือน้ำกร่อย เพื่อให้ได้น้ำสะอาดสำหรับอุปโภคหรือบริโภค นาโนเทคโนโลยีสามารถนำมาใช้พัฒนานาโนเมมเบรน ซึ่งมีความละเอียดในการกรองสูงในระดับนาโน สามารถนำนาโนเทคโนโลยีมาใช้ร่วมกับเทคโนโลยีรีเวิร์สออสโมซิส รวมทั้งนำนาโนเทคโนโลยีมาใช้ร่วมกับหลักการทางไฟฟ้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ เช่น การดัดแปลงเมมเบรนสำหรับกระบวนการอิเล็กโทรไดโอะไลซิส นอกจากนี้ นาโนเทคโนโลยียังสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในขั้นตอน Pre-treatment เพื่อบำบัดน้ำก่อนเข้าสู่ระบบกรองต่างๆ ซึ่งจะเป็นการยืดอายุการใช้งานและเพิ่มประสิทธิภาพของวัสดุกรองให้สูงขึ้น ในการพัฒนาระบบกรองต้องมีการออกแบบระบบให้สามารถนำวัสดุนาโนไปใช้ร่วม/ เสริมกับเทคโนโลยีเดิม เพื่อให้ประสิทธิภาพด้านคุณภาพน้ำสูง การใช้พลังงานต่ำลง และต้นทุนการผลิตน้ำลดลง

- **KA 6.2.2 ระบบการบำบัดน้ำดื่มแบบพกพา (Portable drinking-water kit)** เป็นการนำนาโนเทคโนโลยีไปประยุกต์ใช้พัฒนาวัสดุกรองรวมทั้งระบบบำบัดน้ำดื่มแบบพกพา กะทัดรัดและสามารถเคลื่อนที่ได้ สำหรับนำไปใช้ในพื้นที่เกิดภัยพิบัติ หรือสามารถนำไปใช้ในพื้นที่ที่มีปัญหาการปนเปื้อนของน้ำได้

- **KA 6.2.3 ระบบตรวจวัดโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำที่สามารถตรวจวัดในระดับ ppb (Heavy metal sensor)** เป็นการประยุกต์ใช้นาโนเทคโนโลยี สำหรับพัฒนาเซนเซอร์เพื่อตรวจวัดสารปนเปื้อนต่างๆ ในน้ำ เช่น โลหะหนัก สารอินทรีย์ รวมทั้งสารชีวโมเลกุล ที่ความเข้มข้นต่ำในระดับ ppb รวมทั้งนำเซนเซอร์ที่พัฒนาขึ้น ไปใช้พัฒนาระบบการตรวจวัดที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าเทคโนโลยีเดิม

เทคโนโลยีหลัก (Key Technology)

นาโนเทคโนโลยีหลักที่ใช้ประกอบด้วย

- **การดูดซับ (Adsorption) และกระบวนการออกซิเดชันขั้นสูง (Advanced oxidation)** การดูดซับ (Adsorption) เป็นการพัฒนานาโนเทคโนโลยีที่สามารถดูดซับสารมลพิษโดยกลไกการดูดซับทางกายภาพหรือการดูดซับทางเคมี และกระบวนการออกซิเดชันขั้นสูง (Advance oxidation) เป็นการพัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง เช่น โททาเนียมไดออกไซด์ ซิงค์ออกไซด์ หรือโลหะออกไซด์ชนิดอื่นๆ เมื่อตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงถูกกระตุ้นด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ต (แสงยูวี) จากดวงอาทิตย์หรือจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ จะทำให้เกิดอนุมูลไฮดรอกซิลและโมเลกุลของออกซิเจน ซึ่งสามารถทำลายโครงสร้างสารประกอบอินทรีย์และยับยั้งชีวเคมีของแบคทีเรียและเซลล์ที่ติดเชื้อไวรัส

- การสังเคราะห์และการขึ้นรูปวัสดุนาโนให้มีพื้นที่ผิวสูง เช่น วัสดุนาโนที่มีรูพรุน เพื่อเพิ่มพื้นที่ในการดูดซับหรือทำปฏิกิริยากับสารมลพิษ รวมทั้งการพัฒนากระบวนการที่มีการนำวัสดุนาโนไปใช้งานร่วมกับเทคโนโลยีการบำบัดน้ำ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเทคโนโลยีเดิม โดยคำนึงถึงการประหยัดพลังงาน การนำกลับมาใช้ซ้ำ และไม่ก่อให้เกิดสารมลพิษทุติยภูมิ

- การออกแบบและพัฒนาเซนเซอร์ตรวจวัด จะเกี่ยวข้องกับความรู้เชิงแสง (Optics) ความรู้ด้านการเกิดอันตรกิริยาเคมีของสาร (Chemical interaction) และความรู้ด้านอันตรกิริยาไฟฟ้าเคมี (Electrochemical interaction) สามารถตรวจวัดที่ความเข้มข้นต่ำในระดับ ppb

- การตัดแปรพื้นผิวของวัสดุและจัดเรียงพื้นผิวของวัสดุให้มีความจำเพาะต่อสารมลพิษสูง สามารถเกิดปฏิกิริยาหรือเกิดการแลกเปลี่ยนประจุกับสารมลพิษได้

ทรัพยากรที่ใช้ในการทำวิจัย (Resource)

ในการพัฒนางานวิจัยให้บรรลุตามเป้าหมาย 5 ปีที่วางไว้ คาดว่าจะต้องใช้งบประมาณในการทำงานวิจัยรวม 1,400 ล้านบาท ประกอบด้วยงบดำเนินการวิจัย (R&D Expense) 400 ล้านบาท งบประมาณสำหรับอุปกรณ์และเครื่องมือ 400 ล้านบาท งบประมาณสำหรับโครงสร้างพื้นฐาน 200 ล้านบาท และ งบประมาณสำหรับบุคลากรวิจัย (บุคลากรเทียบเท่า นักวิจัยเต็มเวลาจำนวนเฉลี่ย 100 คน) 400 ล้านบาท

R&D Agenda 7 - Physical and regulatory infrastructure

R&D Area 7.1 - Nanosafety and risk assessment

RDA7 Physical and regulatory infrastructure					
R&D Area	2560	2561	2562	2563	2564
GOAL	RDA 7.1 Nanosafety and risk assessment				
Key Achievement	Systems for nanomaterial contamination screening and risk assessment of nanomaterials in the environment according to standard procedures KA 7.1.1 Complete platform on risk assessment <ul style="list-style-type: none"> Nanomaterials-biological system interactions / toxicological testing (OECD GLP) Nanomaterials release-fate-transport-exposure (environmental simulation, microorganisms and Zebrafish models etc.) KA 7.1.2 Exposure assessment (Human resource, workplace and the environment) <ul style="list-style-type: none"> Monitoring methods for nanomaterials (solid dust/ liquid aerosol) in the workplace/ instrumentation design and prototyping Modeling of exposure routes (dermal/ lung/ oral) 				
Key Technology	Toxicological testing and modeling of exposure routes Super-resolution molecular imaging Nanoparticle monitoring and characterization Cell and tissue engineering				
Resource	Researcher/ Research assistant : 45 FTE Total budget : 980 MB R&D Expense : 200 MB R&D facility budget : 400 MB Instrument budget : 200 MB Human resource budget : 180 MB				

ความต้องการของตลาด (Market/ Business)

นาโนเทคโนโลยี ถือเป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในการสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ๆ เพื่อส่งเสริมด้านเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ ขณะเดียวกันความปลอดภัยทางนาโนเทคโนโลยีเป็นสิ่งที่ต้องศึกษา และสื่อสารให้เกิดความเข้าใจ เพื่อการพัฒนาประเทศที่ยั่งยืน และสอดคล้องกับกรอบนโยบายการพัฒนานาโนเทคโนโลยีของประเทศไทย (พ.ศ. 2555 - 2564) ซึ่งมีกลยุทธ์ที่วางเป้าหมายด้านระบบการจัดการข้อมูลความปลอดภัยด้านการพัฒนา และการประยุกต์ใช้นาโนเทคโนโลยี นอกจากนี้ ประเทศไทยยังมีแผนยุทธศาสตร์ด้านความปลอดภัยและจริยธรรมนาโนเทคโนโลยี (พ.ศ. 2555 - 2559) และกำลังอยู่ระหว่างการจัดทำร่างฉบับใหม่ (พ.ศ. 2560 - 2564) เพื่อให้รู้เท่าทันสถานการณ์ปัจจุบัน จึงอาจกล่าวได้ว่าความปลอดภัยทางนาโนเทคโนโลยีเป็นประเด็นระดับชาติ อีกทั้งในอนาคตยังต้องติดตามระเบียบหรือข้อกำหนดต่างๆ ในระดับนานาชาติที่กำหนดขึ้น ดังนั้น ประเทศไทยควรมีบทบาทที่ชัดเจนไม่ว่าจะทางด้านการวิจัยและพัฒนา การกำหนดกฎเกณฑ์ หรือนำมาตรฐานระดับสากลมาปรับใช้ รวมถึงการกำกับดูแลด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้การผลิตสินค้านาโนได้มาตรฐาน คุณภาพและความปลอดภัยต่อผู้บริโภค รวมถึงผู้ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิต และสิ่งแวดล้อม

ผลสัมฤทธิ์ที่สำคัญ (Key Achievement)

การวิจัยและพัฒนาเป็นหนึ่งในการกิจกรรมหลักที่จะจัดการองค์ความรู้ด้านนาโนเทคโนโลยี แผนที่น่าทางฉบับนี้กำหนดให้มีการดำเนินงานวิจัย เพื่อให้ได้ข้อมูลด้านความปลอดภัยที่จำเป็นในระยะเวลา 5 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2560 - 2564 โดยมุ่งเน้นการยกระดับคุณภาพมาตรฐานงานวิจัย ที่เกี่ยวข้องครอบคลุมด้านความปลอดภัย และการประเมินความเสี่ยงของการได้รับสัมผัสวัสดุนาโน ตามแนวทางมาตรฐานสากล ประกอบด้วยงานวิจัยหลัก 2 ขอบข่ายดังต่อไปนี้

• **KA 7.1.1 ความสามารถในการประเมินความเสี่ยงทางด้านนาโนเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพตามแนวทางมาตรฐานระดับสากล (Complete platform on risk assessment)** ประกอบด้วยงานวิจัยและพัฒนา 2 กลุ่ม ได้แก่

- **การศึกษาผลของวัสดุนาโนต่อระบบชีววิทยาและการทดสอบทางพิษวิทยา(Nanomaterials-biological system interactions and toxicological testing)** ขอบเขตงานวิจัยนี้ครอบคลุมการศึกษากลไกของวัสดุนาโนที่ส่งผลต่อระบบทางชีววิทยา และการทดสอบความเป็นพิษ โดยใช้แบบจำลองของเซลล์เพาะเลี้ยงหรือในสัตว์ทดลองที่เหมาะสม ตามแนวทางมาตรฐานสากล โดยที่ประเทศไทยต้องยกระดับห้องปฏิบัติการให้ได้มาตรฐานแนวทางที่ดีของห้องปฏิบัติการ (Good laboratory practice, GLP) ด้านการทดสอบด้านพิษวิทยา โดยใช้หลักเกณฑ์ของ OECD-GLP เพื่อให้ผลการทดสอบมีความเชื่อถือได้ สามารถใช้ประกอบข้อมูลการขึ้นทะเบียนผลิตภัณฑ์ หรือเพื่อการนำเข้าและส่งออกได้
- **การศึกษาการปลดปล่อยวัสดุนาโน การเสื่อมสลาย การส่งผ่าน และการได้รับสัมผัสในสิ่งแวดล้อม (Nanomaterials release-fate-transport-exposure)** ขอบเขตงานวิจัยนี้ครอบคลุมการศึกษาโดยอาศัยแบบจำลอง เพื่อทดสอบความปลอดภัยทางด้านสิ่งแวดล้อม และการได้รับสัมผัส ซึ่งสามารถทำได้โดยอาศัยแบบจำลองดังนี้ แบบจำลองสภาวะสิ่งแวดล้อมที่เสมือนจริง (Environmental simulation) แบบจำลองทางจุลินทรีย์ (Microorganisms) เช่น แบคทีเรีย และเชื้อรา และแบบจำลองของสิ่งมีชีวิตในน้ำ เช่น ปลาม้าลาย (Zebrafish)

• **KA 7.1.2 การประเมินการได้รับสัมผัสของคนและสิ่งแวดล้อม (Exposure assessment on human workplace and the environment)** ประกอบด้วยงานวิจัยและพัฒนา 2 กลุ่ม ได้แก่

- **การพัฒนาวิธีตรวจติดตามวัสดุนาโนในสถานประกอบการ และการสร้างเครื่องมือในการตรวจวัด (Monitoring methods for nanomaterials in the workplace and instrumental design and prototyping)** ขอบเขตของงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการได้รับสัมผัสของมนุษย์ ในสถานประกอบการที่ผลิตหรือนำวัสดุนาโนมาใช้ในกระบวนการ โดยตรวจวัดการปลดปล่อยวัสดุนาโนจากกระบวนการผลิต ที่อาจจะส่งผลให้เกิดผลกระทบต่อทางด้านสุขภาพ และสิ่งแวดล้อมในระยะยาว ดังจะเห็นได้จากปัจจุบันว่าองค์กรอย่าง The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ออกข้อกำหนดค่ามาตรฐานการได้รับสัมผัสระหว่างปฏิบัติงานของคนงานสำหรับวัสดุนาโนบางประเภท ได้แก่ วัสดุนาโนของไททาเนียม วัสดุนาโนของท่อคาร์บอน และคาร์บอนที่เป็นเส้นใย ทั้งนี้การตรวจวัดต้องอาศัยเครื่องมือและอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพ ดังนั้น ขอบเขตงานวิจัยนี้ยังรวมถึงการพัฒนาวิธีการ และการสร้างเครื่องมือในการตรวจวัดความเข้มข้นของวัสดุนาโน เพื่อตรวจติดตามวัสดุนาโนในสถานประกอบการที่ฟุ้งกระจายในอากาศ ในสภาพที่เป็นฝุ่นผง (dust) หรือในลักษณะละอองลอย (aerosol) หรือในตัวกลางอื่น เช่น ดิน (soil) น้ำหรือของเหลว (liquid) เป็นต้น เครื่องมือที่ได้จากการพัฒนาดังกล่าว จะต้องผ่านการตรวจสอบด้านประสิทธิภาพการใช้งาน และได้รับการรับรองจากองค์กรภาครัฐที่เกี่ยวข้อง และมีเป้าหมายที่นำไปสู่การถ่ายทอดสู่ภาคการผลิตเพื่อการใช้งานจริง
- **การประเมินการได้รับสัมผัสวัสดุนาโนในมนุษย์ผ่านระบบต่าง ๆ ของร่างกายจำเป็นต้องใช้แบบจำลองที่เหมาะสมกับการได้รับสัมผัส (Modeling of exposure routes (dermal/lung/oral) as validated in vitro models for toxicological testing for replacement of animal studies)** ได้แก่ ทางผิวหนัง ทางการหายใจสูดปอด หรือทางการรับประทาน โดยที่การทดลองโดยทั่วไปอาจจำเป็นต้องศึกษาในสัตว์ทดลอง อย่างไรก็ตาม การใช้สัตว์ทดลองมีข้อจำกัดทางพันธุกรรมที่ไม่เหมือนกับของมนุษย์ อีกทั้งยัง

มีข้อจำกัดในการใช้สัตว์ทดลอง อันเนื่องด้วยเหตุผลทางด้านจริยธรรม ดังจะเห็นได้จากการห้ามใช้สัตว์ทดลองเพื่อทดสอบเครื่องสำอางในสหภาพยุโรปตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556 โดยสหภาพยุโรปได้มีการจัดตั้งองค์กรกลาง The European Centre for the Validation of Alternative Methods (ECVAM) ทำหน้าที่ประเมินและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีการเลือกที่ทดแทนการใช้สัตว์ทดลอง ปัจจุบันได้มีวิธีการเลือกที่ได้รับการบรรจุอยู่ใน Test guideline (TG) ของ The Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) สำหรับการทดสอบความปลอดภัยด้านต่างๆ ได้แก่ การใช้แบบจำลองผิวหนังชั้นนอกในการทดสอบฤทธิ์กัดกร่อนผิวหนัง (OECD TG 431) และการระคายเคืองผิวหนัง (OECD TG 439) และการใช้แบบจำลองเยื่อบุกระจุกตาในการทดสอบฤทธิ์ระคายเคืองต่อดวงตา (OECD TG 492) เป็นต้น ดังนั้น ขอบเขตงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการสร้างแบบจำลองเนื้อเยื่อเป้าหมายของมนุษย์ ที่มีโอกาสได้รับสัมผัสกับวัสดุนาโนในระหว่างกระบวนการผลิตหรือการใช้ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ผิวหนัง ปอด และทางเดินอาหาร ฯลฯ โดยมีลักษณะเป็นโครงสร้างแบบสามมิติที่มีความคล้ายคลึงกับเนื้อเยื่อจริง ทั้งทางด้านกายภาพและการตอบสนองทางชีวภาพ

เทคโนโลยีหลัก (Key Technology)

การที่จะบรรลุผลและตอบสนองต่อเป้าหมายการพัฒนาของการศึกษาด้านความปลอดภัยและการประเมินความเสี่ยงนั้น จำเป็นต้องอาศัยองค์ความรู้ที่หลากหลายและครอบคลุมถึงเทคโนโลยี ดังต่อไปนี้

- **Toxicological testing and modeling of exposure route** เป็นองค์ความรู้ด้านการทดสอบทางพิษวิทยา และการสร้างแบบจำลองในสภาวะการได้รับสัมผัสกับวัสดุนาโน เพื่อให้ทราบถึงกลไกการเกิดความเป็นพิษ และอันตรกิริยาของวัสดุนาโนที่อาจเกิดขึ้นเมื่อเข้าสู่ร่างกาย

- **Super-resolution molecular imaging** เป็นเทคโนโลยีที่ต้องอาศัยเครื่องมือวิเคราะห์ขั้นสูงที่ใช้ในการตรวจวัดวัสดุที่มีขนาดเล็กในระดับนาโนเมตรได้ เพื่อศึกษาการสะสมของวัสดุนาโนในเซลล์หรือเนื้อเยื่อเป้าหมาย ซึ่งจำเป็นในการศึกษาด้านความปลอดภัย และการประเมินความเสี่ยงจากการได้รับสัมผัส

- **Nanoparticle monitoring and characterization** เป็นเทคโนโลยีการตรวจวัดวัสดุนาโนและวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและทางกายภาพได้ ซึ่งจำเป็นต้องมีบุคลากรที่มีองค์ความรู้ด้านวิศวกรรมของเครื่องมือตรวจวัด ในการสร้างเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพและใช้งานได้จริง

- **Cell and tissue engineering** เป็นองค์ความรู้และเทคโนโลยีทางด้านวิศวกรรมของเซลล์และเนื้อเยื่อ เพื่อพัฒนาให้ได้เป็นเนื้อเยื่อแบบสามมิติ ที่คล้ายคลึงกับเนื้อเยื่อเป้าหมายของจริง ทั้งทางด้านกายภาพและการตอบสนองทางชีวภาพ ซึ่งจำเป็นสำหรับการศึกษาด้านความปลอดภัยของการได้รับสัมผัสวัสดุนาโนผ่านทางระบบต่างๆ ของร่างกาย

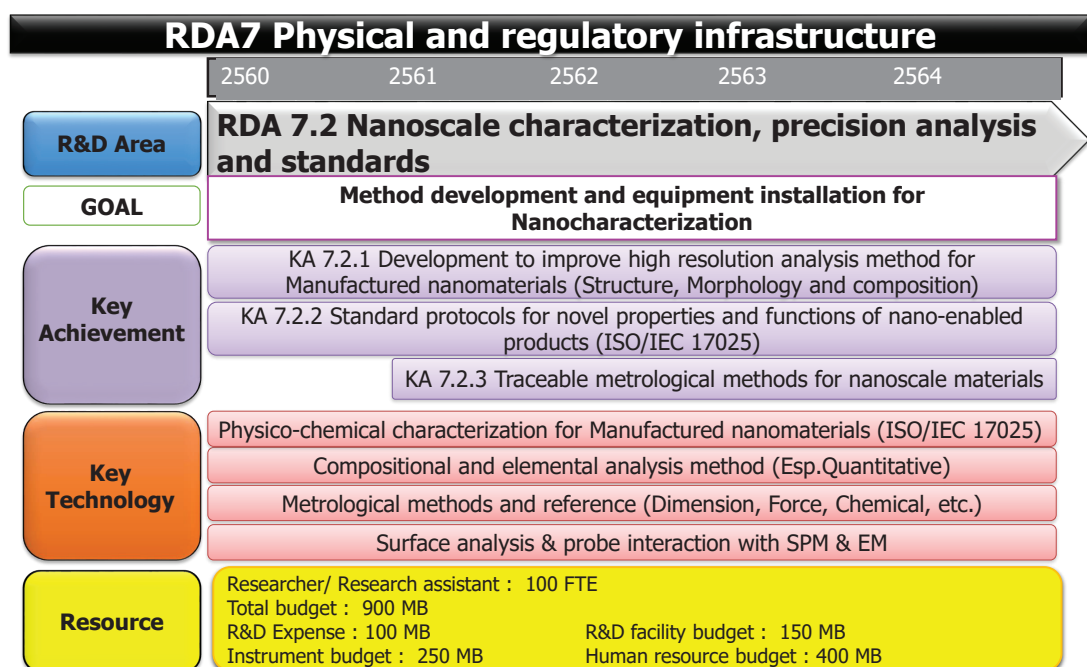
ทรัพยากรที่ใช้ในการทำวิจัย (Resource)

ทรัพยากรเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญให้การดำเนินงานวิจัยบรรลุเป้าหมาย ที่สำคัญที่สุดคือ ต้องมีความพร้อมด้านบุคลากรวิจัยที่เชี่ยวชาญด้านต่างๆ อย่างเพียงพอ ได้แก่ เกษษวิทยา พิษวิทยา ชีวเคมี วิศวกรรมของเซลล์และเนื้อเยื่อ วิศวกรรมสร้างเครื่องมือ และนักวิเคราะห์ข้อมูลทางชีวสถิติ เป็นต้น อีกทั้งจำเป็นต้องมีความพร้อมด้านอุปกรณ์เครื่องมือวิเคราะห์ขั้นสูงที่สำคัญ ได้แก่ กล้องจุลทรรศน์แบบคอนโฟคอลชนิดที่ใช้เลเซอร์ในการสแกน (Confocal Laser Scanning

Microscope, CLSM) เพื่อสนับสนุนการดำเนินงานด้านวิศวกรรมของเซลล์และเนื้อเยื่อ และเครื่องมือขั้นสูงอื่นๆ สำหรับวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพของวัสดุนาโน เป็นต้น นอกจากนี้ ยังต้องมีความพร้อมด้านสถานที่ในการดำเนินงานวิจัยเพื่อให้ผ่านการรับรองมาตรฐานของห้องปฏิบัติการตาม OECD-GLP

โดยสรุปแล้ว จำแนกทรัพยากรที่จำเป็นสำหรับการดำเนินงานวิจัยด้านความปลอดภัยและการประเมินความเสี่ยง ได้ดังนี้ นักวิจัยและผู้ช่วยวิจัยที่มีความเชี่ยวชาญ 45 FTE (ซึ่งปัจจุบันยังขาดแคลนอยู่อีกมาก) งบประมาณรวม 980 ล้านบาท ประกอบด้วยงบประมาณในการดำเนินงานวิจัยและพัฒนา (R&D Expense) 200 ล้านบาท งบประมาณด้านสถานที่และสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ 400 ล้านบาท งบประมาณด้านเครื่องมือ 200 ล้านบาท งบประมาณด้านบุคลากรวิจัย 180 ล้านบาท

R&D Area 7.2 - Nanoscale Characterization, Precision Analysis and Standards



ความต้องการของตลาด (Market/ Business)

ปัจจุบันนาโนเทคโนโลยีได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้เป็นส่วนสำคัญของผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิต โดยมีมูลค่าทั่วโลกประมาณ 9.1 ล้านล้านบาท สำหรับประเทศไทยได้มีการนำนาโนเทคโนโลยีมาใช้ เพื่อการพัฒนาคุณภาพ และเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์หลากหลายประเภท โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรม ที่มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของไทย อันได้แก่ สิ่งทอ เครื่องสำอาง อาหาร สี เคมีภัณฑ์ ปิโตรเคมี และผลิตผลทางการเกษตร ซึ่งประเทศไทยมีผลิตภัณฑ์นาโนเทคโนโลยีที่จำหน่ายในประเทศและส่งออก ประมาณปีละ 50,000 ล้านบาท และมีมูลค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ด้วยเหตุนี้ บริษัทผู้ผลิต/ผู้แทนจำหน่ายผลิตภัณฑ์ หรือส่งออกผลิตภัณฑ์นาโนเทคโนโลยีไปจำหน่ายในต่างประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสหภาพยุโรปและสหรัฐอเมริกา จำเป็นต้องมีการระบุข้อมูลสำคัญและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ของผลิตภัณฑ์ให้ประเทศคู่ค้าทราบว่า มีวัสดุนาโนในผลิตภัณฑ์หรือใช้กระบวนการทางนาโนเทคโนโลยีในการผลิต โดยบริษัทต้องแสดงหลักฐานผลการตรวจสอบ และข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ของผลิตภัณฑ์ เช่น ขนาด ชนิด ส่วนประกอบของวัสดุนาโนที่ใช้ในการผลิต ฯลฯ ทั้งนี้ประเทศต่างๆ ทั่วโลกได้เริ่มมีการกำหนดมาตรฐานสินค้า โดยมุ่งเน้นด้านนาโนเทคโนโลยี ซึ่งจะส่งผลต่อการส่งออกของประเทศไทย และเป็นปัจจัยสำคัญในการกีดกันทางการค้า

หน่วยงานภาครัฐของประเทศไทยในปัจจุบันที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์นาโนเทคโนโลยี ได้เริ่มดำเนินการผลักดันการกำหนดมาตรฐานอุตสาหกรรม และแนวทางในการควบคุมผลิตภัณฑ์นาโนเทคโนโลยีในประเทศไทย เช่น สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ (มว.) และสำนักงานคณะกรรมการคุ้มครองผู้บริโภค (สคบ.) อย่างไรก็ตาม ยังไม่สามารถดำเนินการควบคุมผลิตภัณฑ์นาโนเทคโนโลยีในประเทศไทยได้ เพราะยังมีความต้องการปัจจัยพื้นฐานเต็มรูปแบบ ได้แก่ ห้องปฏิบัติการหรือศูนย์ทดสอบทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถวิเคราะห์ ความเป็นนาโนเทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ วิธีมาตรฐานที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ทดสอบผลิตภัณฑ์นาโนได้อย่างเฉพาะเจาะจง วิธีทดสอบความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์นาโนเทคโนโลยี และวัสดุนาโนที่มีประสิทธิภาพ ประกอบกับในขณะนี้ผู้บริโภคมีความตื่นตัวด้านมาตรฐาน และความปลอดภัยของสินค้านาโน ดังนั้น จึงควรมีการเตรียมตัวโดยการจัดตั้งเครือข่ายห้องปฏิบัติการ หรือศูนย์วิเคราะห์ทดสอบที่มีความสามารถในการตรวจวิเคราะห์ทดสอบด้านนาโนเทคโนโลยี ให้กับหน่วยงานภาครัฐและภาคอุตสาหกรรม เพื่อส่งเสริมการพัฒนาขีดความสามารถด้านนาโนเทคโนโลยีของประเทศ และลดการส่งชิ้นงานไปทดสอบต่างประเทศ เป็นการยกระดับความเชื่อมั่นในผลิตภัณฑ์นาโนเทคโนโลยีให้กับผู้บริโภค ซึ่งจะเป็นการสร้างความเข้มแข็งให้ผู้ผลิต ผู้ค้า และผู้ให้บริการ

ผลสัมฤทธิ์ที่สำคัญ (Key Achievement)

การดำเนินงานวิจัยด้าน National laboratory network for nanoscale characterization, precision analysis and standards เป็นการพัฒนาระบบการ/ เครื่องมือ และมาตรฐาน สำหรับการตรวจวิเคราะห์ในระดับนาโน ซึ่งงานวิจัยในขอบเขตนี้จะดำเนินการในปี พ.ศ. 2560 - 2564 โดยผลลัพธ์เน้นไปที่การพัฒนาระบบการเตรียมตัวอย่าง และเทคนิคการตรวจวัดตัวอย่างในระดับนาโน ทั้งนี้จะครอบคลุมไปถึงการสร้างมาตรฐานในการวิเคราะห์ทดสอบในแต่ละชนิดให้ตรงตามมาตรฐานสากล ที่ได้รับการยอมรับ เช่น ISO/IEC17025 เป็นต้น ประกอบด้วยขอบเขตงานวิจัย 3 กลุ่มคือ

- **KA 7.2.1 การพัฒนาระเบียบวิธีการวิเคราะห์ให้มีความแม่นยำในระดับสูง เพื่อใช้ตรวจสอบวัสดุนาโน (Development to improve high resolution analysis method for manufactured nanomaterials)** ซึ่งงานวิจัยในขอบเขตนี้จะมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาระเบียบวิธีการตรวจวิเคราะห์วัสดุนาโนที่มีความแม่นยำสูง ทั้งทางด้านโครงสร้าง รูปร่างสัณฐาน และองค์ประกอบของวัสดุนาโนดังกล่าว ทั้งนี้จำเป็นที่จะต้องบ่งชี้ข้อมูลเชิงคุณภาพและปริมาณได้อย่างถูกต้องและแม่นยำอีกด้วย

- **KA 7.2.2 การสร้างระเบียบวิธีการวิเคราะห์ทดสอบมาตรฐาน เพื่อตรวจสอบคุณภาพและประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์นาโน (Standard protocols for novel properties and functions of nano-enabled products (ISO/IEC 17025))** ซึ่งงานวิจัยในขอบเขตนี้จะมุ่งเน้นไปที่การนำวิธีทดสอบในแต่ละวิธีที่ได้รับการรองรับมาตรฐานในระดับสากล (ISO/IEC 17025) มาร้อยเรียงและออกแบบการทดสอบ เพื่อให้เหมาะกับผลิตภัณฑ์นาโนที่ต้องการตรวจสอบคุณภาพ และประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์นาโนต่าง ๆ ที่มีการเพิ่มมูลค่าด้วยนาโนเทคโนโลยี ที่มีความถูกต้องแม่นยำ และสามารถนำไปสู่การกำหนดเป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หรือมีผลบังคับใช้ทางกฎหมายได้

- **KA 7.2.3 วิธีทางมาตรวิทยาสำหรับสอบกลับการตรวจวัดขนาดของวัสดุนาโน (Traceable metrological methods for nanoscale materials)** ซึ่งงานวิจัยในขอบเขตนี้จะมุ่งเน้นผลสัมฤทธิ์เป็นการสร้างระบบมาตรวิทยาการวัดในระดับนาโนเมตรของประเทศไทยขึ้นมาอย่างเป็นรูปธรรม เช่น โครงสร้างพื้นฐานที่ใช้สำหรับสอบเทียบการวัดขนาดระดับนาโนในระดับชาติ ที่สามารถทำหน้าที่ในการสอบเทียบเครื่องมือ (Calibration) และอุปกรณ์การวัดขนาด เช่น Transmission Electron Microscope (TEM), Atomic Force Microscope (AFM), Scanning Electron Microscope

(SEM), Dynamic Light Scattering (DLS) กับมาตรฐานอ้างอิง และสามารถสอบเทียบย้อนกลับ (Traceability) ไปยังมาตรฐานระดับประเทศ และต่อเนื่องไปยังมาตรฐานระดับสากลได้ รวมทั้งการกำหนดค่าขนาดของวัสดุอ้างอิงมาตรฐาน (Standard reference material) เช่น Particle size standard หรือ Nano-scale pitch standard ที่ผลิตขึ้นในประเทศไทยที่มีความถูกต้องในระดับ 1 นาโนเมตรได้ อีกทั้งยังมุ่งเน้นไปสู่เป้าหมายการเป็นหน่วยงานที่สามารถรองรับมาตรฐานในการตรวจวัดวัสดุนาโนภายในประเทศ (Second designated reference)

เทคโนโลยีหลัก (Key Technology)

การศึกษาและพัฒนาขอบเขตงานวิจัยระหว่างปี พ.ศ. 2560-2564 จะมีการใช้นาโนเทคโนโลยีหลัก ในการวิจัย 4 เทคโนโลยี คือ

- **Physical-chemical characterization for manufactured nanomaterials** เป็นเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ทดสอบสมบัติทางกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุนาโน รวมทั้งโครงสร้างในระดับนาโนเมตรที่ถูกผลิตขึ้น โดยการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ทดสอบหลายประเภท เช่น การวิเคราะห์ขนาดอนุภาค และการกระจายตัวของขนาดอนุภาคด้วยเทคนิค DLS การวิเคราะห์รูปร่างทางกายภาพของวัสดุนาโน และการวิเคราะห์โครงสร้างภายในของวัสดุนาโน โดยการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM) และกล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม (AFM) รวมถึงการวิเคราะห์พื้นที่ผิว และปริมาตรรูพรุนของวัสดุนาโน การวิเคราะห์ค่าศักย์ซีตาของพื้นผิวอนุภาคนาโน โดยมุ่งเน้นให้การตรวจวิเคราะห์ดังกล่าวเป็นที่ยอมรับและได้รับการรับรองมาตรฐาน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ISO/IEC 17025

- **Compositional and elemental analysis method** เป็นเทคโนโลยีที่เน้นการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของพื้นผิววัสดุนาโน และการวิเคราะห์โครงสร้างผลึกของวัสดุนาโนด้วยเครื่องมือที่ใช้รังสีเอกซ์ (EDS, WDS, XRD, SAXS, XAS, XPS) การวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชัน และโครงสร้างเชิงเคมีของสารตัวอย่างด้วยเทคนิคทางแสง เช่น Raman spectroscopy และ FT-IR spectroscopy รวมถึงการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารสำคัญด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟี โดยจะเน้นไปที่การตรวจสอบทางด้านคุณภาพ และปริมาณที่แม่นยำ และได้มาตรฐาน

- **Metrological methods and reference (Dimension, force, chemical, etc.)** เป็นเทคโนโลยีและวิธีการวัดค่าต่างๆ ที่ทำให้ผลการวัดสามารถสอบกลับได้ทางมาตรวิทยา ไปยังระบบหน่วยการวัดอ้างอิงสูงสุดคือ หน่วยวัดระหว่างประเทศ เอสไอ (SI unit) และจะต้องให้มีค่าความไม่แน่นอนของผลการวัด (Measurement uncertainty) น้อย โดยอ้างอิงหลักการด้านคุณภาพการวัด อันได้แก่ ความถูกต้อง (Accuracy) ความแม่นยำ (Precision) ความไว (Sensitivity) และพิสัย (Range) โดยมุ่งเน้นการวัดเชิงมาตรวิทยาสำหรับเครื่องมือ และเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ขนาด รูปร่าง โครงสร้างผลึก พื้นที่ผิว องค์ประกอบเคมี และสมบัติพิเศษของวัสดุนาโน และผลิตภัณฑ์นาโน ที่ครบถ้วนตามความต้องการของภาครัฐและเอกชน สามารถสร้างวิธีมาตรฐาน และเทคนิคการวิเคราะห์ระดับประเทศ และเปิดให้บริการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเทคนิคมาตรฐานต่างๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการนำเข้าส่งออก และการขึ้นทะเบียนผลิตภัณฑ์นาโนที่สำคัญของประเทศไทย

- **Surface analysis & probe interaction with SPM & EM** เป็นเทคโนโลยีที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์สมบัติทางสัณฐานวิทยา องค์ประกอบเชิงเคมี และสมบัติเชิงกลของพื้นผิวตัวอย่าง โดยการใช้เครื่องมือประเภทกล้องจุลทรรศน์แบบหัวสแกน (Scanning Probe Microscope, SPM) และการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน เทคโนโลยีนี้สามารถพัฒนาและประยุกต์ใช้สำหรับการวิเคราะห์ความเรียบและความขรุขระในระดับนาโนเมตร ของพื้นผิวของวัสดุประเภทเหล็ก

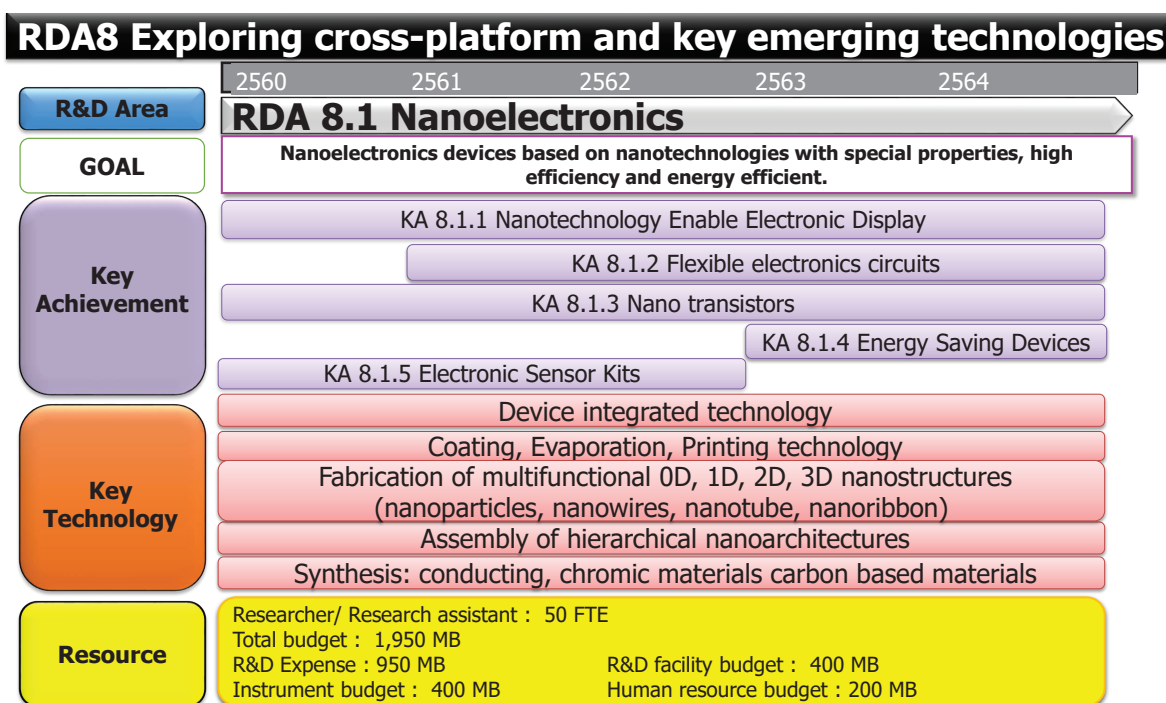
อะลูมิเนียม การวิเคราะห์การกระจายตัวของสารเคลือบบนผิวฟิล์มบาง การวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวของตัวอย่างด้านชีวภาพ เช่น ลักษณะเซลล์แบคทีเรีย การวิเคราะห์ความลึกของรอยตำหนิที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์และแผ่นฮาร์ดดิสก์ การวิเคราะห์ลักษณะการกระจายตัวของสารหลายชนิดที่รวมตัว หรือกระจายตัวบนพื้นผิวของตัวอย่าง เช่น ฟิล์มพอลิเมอร์ที่ประกอบไปด้วยสารพอลิเมอร์ต่างชนิดกัน

ทรัพยากรที่ใช้ในการทำวิจัย (Resource)

ความต้องการทรัพยากรในภาพรวม ได้แก่ บุคลากรวิจัย 100 คน งบประมาณวิจัยตลอดโครงการรวม 900 ล้านบาท ประกอบด้วยงบดำเนินงาน (R&D Expense) 100 ล้านบาท งบประมาณสำหรับจัดหาเครื่องมือ เช่น Raman spectroscopy, FE-SEM, AFM, SIMS, HR-TEM, FFF, SP-ICP-MS, LC-MS/MS รวม 250 ล้านบาท งบประมาณสำหรับโครงสร้างพื้นฐาน 150 ล้านบาท และงบประมาณด้านบุคลากรวิจัย 400 ล้านบาท

R&D Agenda 8 - Exploring Cross-platform and Key Emerging Technologies

R&D Area 8.1 - Nanoelectronics



ความต้องการของตลาด (Market/ Business)

การที่วัสดุนาโนหลายชนิดมีสมบัติทางไฟฟ้าในลักษณะสารกึ่งตัวนำ และไฟฟ้า-แสง-แม่เหล็กคู่ควบเฉพาะแบบเป็นการเปิดโอกาสให้พัฒนาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รูปแบบใหม่ๆ ได้หลากหลาย มากกว่าการพัฒนาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และอิเล็กทรอนิกส์เชิงแสง จากวัสดุที่เป็นผลึก เช่น Si, Ge, GaAs และ III-N เพราะวัสดุที่มีโครงสร้างระดับนาโนเหล่านี้หลายชนิดทนทานต่อสารเจือและสิ่งแปลกปลอม โดยมีผลกระทบต่อสมบัติทางไฟฟ้าน้อยกว่าสารกึ่งตัวนำแบบผลึก ทำให้กระบวนการผลิตง่ายต้นทุนถูก สารหลายชนิดมีความยืดหยุ่นสูง หรือเป็นสารอินทรีย์ (Organic) ทำให้สามารถผลิต

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่โค้งงอได้ และมีมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมต่ำ หรือมีกระบวนการขั้นตอนการผลิตที่เรียบง่ายกว่า สมบัติเหล่านี้ตอบโจทย์ความต้องการของตลาดหลายด้าน เช่น สามารถทำจอภาพที่โค้งงอได้ ผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ที่ม้วนได้ ผลิตแผงโซลาร์เซลล์ที่โค้งงอได้ หรือผลิตตัวนำโปร่งใสที่งอได้ เป็นต้น การที่วัสดุนาโนมีพื้นที่ผิวมากเปิดโอกาสในการพัฒนาวัสดุเก็บกักพลังงานที่มีประสิทธิภาพสูง และมีขนาดเล็กได้

นอกจากนั้น นาโนเทคโนโลยียังสามารถช่วยพัฒนาความสามารถด้านต่างๆ ของวงจรรีเลย์อิเล็กทรอนิกส์โดยลดน้ำหนัก ขนาด และประหยัดไฟฟ้ามากขึ้น สำหรับการลดขนาดและการประหยัดพลังงานนั้น นักวิจัยด้านนาโนอิเล็กทรอนิกส์ คาดการณ์จากการลดขนาดทรานซิสเตอร์ด้วยนาโนอิเล็กทรอนิกส์ได้อย่างมาก เมื่อเทียบกับทรานซิสเตอร์ปกติ ทำให้เชื่อว่าจะสามารถลดขนาดเครื่องคอมพิวเตอร์ปัจจุบันให้มีขนาดเท่าฝ่ามือได้ โดยมีประสิทธิภาพเท่าเดิม

ในส่วนของใช้นาโนเทคโนโลยีในกระบวนการพัฒนาวัสดุนั้น การทำ Nano Patterning บนผิว Si ในชั้นของเลเซอร์ จะสามารถช่วยสร้างเลเซอร์ที่ให้แสงในย่านที่แคบมาก เพื่อใช้ในการสื่อสารผ่านเส้นใยนำแสงที่มีประสิทธิภาพสูง มีการเสนอแนวคิดด้วยว่าอาจจะสามารถผลิตวัสดุคู่ควบทางไฟฟ้าและความร้อน (Thermoelectric materials) ที่ดีมากได้ โดยอาศัยการสังเคราะห์วัสดุที่มีเกรนขนาดนาโนที่เป็นสารผสม ซึ่งสามารถนำไฟฟ้าได้ดี แต่นำความร้อนได้ไม่ดี โดยมีแบบจำลองสนับสนุนแล้ว จะเห็นว่านาโนเทคโนโลยีจะเปิดมิติใหม่ในการพัฒนาวัสดุ ที่มีสมบัติพิเศษเฉพาะทางได้หลากหลาย

ผลสัมฤทธิ์ที่สำคัญ (Key Achievement)

คาดว่าจะได้ผลิตภัณฑ์หรือการประยุกต์ใช้ดังนี้

- **KA 8.1.1 จออิเล็กทรอนิกส์จากนาโนเทคโนโลยี (Nanotechnology enable electronic display)** ปัจจุบันทั่วโลกได้มีการนำนาโนเทคโนโลยีมาพัฒนาจออิเล็กทรอนิกส์ในหลากหลายด้าน เช่น พัฒนาไดโอดสารอินทรีย์เปล่งแสง (Organic Light Emitting Diode, OLED) ด้วยนาโนเทคโนโลยีเพื่อนำสู่การสร้างจอภาพคุณภาพสูงใช้พลังงานน้อย ในส่วนของขั้วโปร่งแสง (Transparent electrode) ก็มีการศึกษาฟิล์มจากท่อนาโนคาร์บอน ในส่วนของชั้นการเปล่งแสงก็มีการใช้เทคนิคการปลูกชั้นฟิล์มบางจากอนุภาคนาโน (Nanoparticle-based deposition) หรือในส่วนของกระดาษอิเล็กทรอนิกส์ (Electronics paper) ก็อาจนับเป็นจออีกชนิดหนึ่ง ที่แตกต่างจากจอทั่วไปตรงที่ไม่ต้องมีไฟฟ้าเลี้ยงตลอดเวลา แต่ภาพยังคงอยู่ และสามารถจ่ายไฟเพื่อเปลี่ยนภาพได้ โดยปัจจุบันนี้กระดาษอิเล็กทรอนิกส์ยังเป็นเพียงภาพขาวดำในระดับสากล ได้มีการสาธิตแล้วว่า หมึกอินทรีย์อนุภาคนาโน (Organic ink nanoparticle) จะช่วยให้สามารถสร้างกระดาษอิเล็กทรอนิกส์ที่สว่าง มีคอนทราสต์ (Contrast) ที่ดีและราคาผลิตต่ำได้ คาดหมายว่าประเทศไทยจะมีเทคโนโลยีเหล่านี้บางส่วน และสามารถพัฒนาจออิเล็กทรอนิกส์ที่มีประสิทธิภาพดีขึ้นกว่าจออิเล็กทรอนิกส์ปัจจุบัน โดยอาศัยเทคนิคนาโน

- **KA 8.1.2 วงจรรีเลย์อิเล็กทรอนิกส์ที่โค้งงอได้ (Flexible electronics circuit)** นอกจากวงจรรีเลย์อิเล็กทรอนิกส์ตามความเข้าใจทั่วไปแล้ว หัวข้อนี้ยังครอบคลุมเซนเซอร์ วงจรระบุตัวตนความถี่วิทยุ (RFID Tag) ไปจนถึงจอภาพที่โค้งงอได้ การทำห้องประกอบต่างๆ ของวงจรรีเลย์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น ทรานซิสเตอร์ ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ แบตเตอรี่รีและวัสดุเชื่อมสายวงจร ฯลฯ ให้ยึดหยุ่น ล้วนเป็นเรื่องที่ยากและท้าทายซึ่งเทคโนโลยีนาโนจะมีบทบาทในส่วนนี้หลากหลายด้าน ทั้งในส่วนของพัฒนาวัสดุนาโน ตั้งแต่ท่อนาโนคาร์บอน เส้นใยนาโน ฟิล์มขนาดความบางระดับนาโน และโมเลกุลอินทรีย์ (Organic molecule) ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างสารกึ่งตัวนำ สารไดอิเล็กทริก และตัวนำทั้งที่ทึบแสงและโปร่งใสสำหรับการพัฒนาวงจรรีเลย์อิเล็กทรอนิกส์ที่โค้งงอได้ คาดหมายว่าประเทศไทยจะมีเทคโนโลยีเหล่านี้บางส่วน และสามารถสาธิตวงจรรีเลย์อิเล็กทรอนิกส์ หรือบางส่วนของวงจรรีเลย์อิเล็กทรอนิกส์ที่โค้งงอได้ ที่ผลิตได้เอง

- **KA 8.1.3 ทรานซิสเตอร์นาโน (Nano transistor)** ในระดับห้องทดลองในสหรัฐอเมริกาได้มีการสาธิตการสร้างทรานซิสเตอร์ขนาดนาโน ที่สามารถทำงานได้มานานกว่าทศวรรษแล้ว แต่การนำมาใช้จริงยังติดปัญหาที่การต่อขั้วและควบคุมการผลิต อย่างไรก็ตาม ได้มีการศึกษาวิจัยพบข้อดีและข้อได้เปรียบของการย่อทรานซิสเตอร์ให้มีขนาดนาโนเมตรในหลากหลายด้าน ที่เด่นชัดได้แก่ การลดขนาดอุปกรณ์โดยรวมลง ลดปริมาณวัสดุและขั้นตอนในการผลิต และการประหยัดพลังงาน ที่ส่วนใหญ่สูญเสียไปในรูปความร้อน นอกจากนี้ทรานซิสเตอร์นาโนยังมีศักยภาพที่จะตอบสนองต่อการใช้งานความถี่สูง ได้มากกว่าทรานซิสเตอร์ปกติอีกด้วย โดยเป้าหมายหลักของการศึกษาวิจัยด้านนี้ เน้นที่การนำวัสดุนาโน เช่น คาร์บอนนาโนทิวป์ มาสร้างเป็นทรานซิสเตอร์ เพื่อเป็นองค์ประกอบของวงจรรีเลย์ทรอนิกส์อื่นๆ ต่อไป คาดหมายว่าประเทศไทยจะมีเทคโนโลยีเหล่านี้บางส่วน และสามารถสาธิตในระดับห้องปฏิบัติการ การสร้างไดโอดนาโนและ/หรือทรานซิสเตอร์นาโนที่ผลิตได้เอง

- **KA 8.1.4 อุปกรณ์เก็บพลังงาน (Energy saving device)** นาโนเทคโนโลยีกำลังถูกนำมาใช้ในการพัฒนาอุปกรณ์เก็บพลังงานชนิดต่างๆ เช่น เซลล์เชื้อเพลิง (Fuel cell) ตัวเก็บประจุ และแบตเตอรี่ ให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นในหลากหลายด้าน ในส่วนของเซลล์เชื้อเพลิงนั้น มีการวิจัยที่จะใช้แกรฟีนหรือธาตุเบาอื่นขนาดนาโน เช่น แอมโมเนียโบรไรด์หรือโซเดียมโบโรไฮไดรด์ เป็นต้น เพื่อเก็บกักไฮโดรเจนเพื่อให้เซลล์เชื้อเพลิงมีน้ำหนักเบา ไปจนถึงการใช้งานนาโนเทคโนโลยีในการพัฒนาเมมเบรน และคะตะลิสต์ในเซลล์เชื้อเพลิง ให้มีประสิทธิภาพดีและทนทานมากขึ้น ในส่วนของตัวเก็บประจุนั้น ได้มีการนำแกรฟีนมาพัฒนาตัวเก็บประจุที่มีความหนาแน่นพลังงานสูงมาก ในระดับที่สามารถใช้ทดแทนแบตเตอรี่ได้ เรียกว่า ตัวเก็บประจูงยวด (Supercapacitors or ultracapacitors) ซึ่งหากทำได้สำเร็จจะทดแทนแบตเตอรี่ได้เป็นอย่างดี เพราะการเก็บกักพลังงานไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ ไม่ได้อาศัยปฏิกิริยาเคมี ทำให้จำนวนรอบการใช้งานสูงกว่ามาก และสามารถประจุ (Charge) และคายพลังงาน (Discharge) ได้อย่างรวดเร็ว โดยทฤษฎีแล้วแกรฟีนมีค่าความจุไฟฟ้าสูงมาก แต่ที่ยังไม่สามารถพัฒนาตัวเก็บประจูงยวดออกสู่ท้องตลาดปัจจุบัน เป็นเพราะข้อจำกัดในการผลิตแผ่นแกรฟีนขนาดใหญ่ที่มีความบริสุทธิ์สูง ซึ่งต้องดำเนินการวิจัยต่อไป ในส่วนของแบตเตอรี่นั้น นักวิจัยในบริษัทต่างๆ ได้พยายามพัฒนาแบตเตอรี่โดยใช้วัสดุนาโน ซึ่งสามารถเก็บไว้ก่อนจำหน่ายได้นาน โดยไม่เสื่อมหรือเสียพลังงาน และสำหรับชนิดที่ประจุใหม่ได้ (Rechargeable) การใช้วัสดุนาโนจะช่วยให้สามารถประจุได้เร็วกว่าชนิดปกติมาก คาดหมายว่าประเทศไทยจะมีเทคโนโลยีเหล่านี้บางส่วน และสามารถสาธิตในระดับห้องปฏิบัติการในการพัฒนาอุปกรณ์เหล่านี้ได้เอง

- **KA 8.1.5 ชุดอิเล็กทรอนิกส์ตรวจวัด (Electronic sensor kits)** เนื่องจากนาโนเทคโนโลยีช่วยให้สามารถสร้างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดเล็กลงได้มาก จากเดิมที่อยู่ในยุคไมโครอิเล็กทรอนิกส์นั้น อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้มีขนาดเล็กลงมาก ทำให้ชุดเครื่องมือตรวจวัดต่างๆ เล็กลงจนพกพาได้ เมื่อเข้าสู่ยุคนาโนอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งนาโนมีขนาดเล็กกว่าไมโครถึงหนึ่งพันเท่า จะทำให้สามารถพัฒนาชุดตรวจวัดที่มีขนาดจิ๋วและสะดวกต่อการใช้งาน นอกจากนี้ วัสดุนาโนเองก็ยังมีสัดส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูงมาก ทำให้เพิ่มความไวหากใช้เป็นส่วนของสารตรวจวัด ดังนั้น งานวิจัยในด้านการนำนาโนเทคโนโลยีมาใช้ในชุดอิเล็กทรอนิกส์ตรวจวัดจึงมีทั้งสองด้าน และมีประโยชน์ต่อหลากหลายวงการ เช่น การเกษตร การขนส่ง การสื่อสาร การก่อสร้างอาคาร การแพทย์ ความปลอดภัย และการทหาร ฯลฯ การวิจัยชุดอิเล็กทรอนิกส์ตรวจวัด เป็นการผสมผสาน ทั้งในศาสตร์ด้านฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และวิศวกรรมศาสตร์ ดังนั้น จึงนับเป็นเวทีให้นักวิจัยด้านนาโนเทคโนโลยีศาสตร์ต่างๆ ทำงานร่วมกันอย่างแท้จริง คาดหมายว่าประเทศไทยจะมีเทคโนโลยีเหล่านี้บางส่วน และสามารถรวมกลุ่มกันพัฒนา และสาธิตการใช้นาโนเทคโนโลยีในการสร้างชุดอิเล็กทรอนิกส์ตรวจวัดในระดับห้องปฏิบัติการได้

เทคโนโลยีหลัก (Key Technology)

เทคโนโลยีหลักที่จำเป็นได้แก่

- **เทคโนโลยีการสร้างและประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดนาโนเมตร (Device integrated technology)** ประกอบด้วยสองส่วนคือ

- **เทคโนโลยีการสร้างอุปกรณ์** ในการพัฒนางจรอิเล็กทรอนิกส์นั้น ต้องสามารถสร้างอุปกรณ์ย่อยต่างๆ เช่น ไดโอด และทรานซิสเตอร์ เป็นต้น ซึ่งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เหล่านี้ ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำ ชั้นพีและชั้นเอ็นต่อกัน (p-n Junction) ส่วนที่ยากในการสร้างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ นอกเหนือไปจากการพัฒนาสารกึ่งตัวนำให้สมบัติตามที่ต้องการคือ รอยต่อชั้นสารกึ่งตัวนำนี้เอง ดังนั้น เทคโนโลยีพื้นฐานที่จำเป็นต่อการพัฒนางจรอิเล็กทรอนิกส์นาโน คือความสามารถในการสร้างรอยต่อเหล่านี้ เมื่อสามารถผลิตวัสดุนาโน เช่น Carbon nanotube, Graphene หรือ Semiconductors nanowire ฯลฯ ที่มีสมบัติทางไฟฟ้า ทางแสง และทางแม่เหล็ก ตามที่ต้องการได้แล้ว
- **เทคโนโลยีการประกอบอุปกรณ์** ในการเชื่อมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดนาโนเป็นวงจรรนาโนอิเล็กทรอนิกส์ จะต้องสามารถพัฒนาสายวงจรในระดับนาโนเมตรด้วย ดังนั้นเทคโนโลยีด้านขั้วอุปกรณ์ และเส้นใยนำไฟฟ้านาโน จึงเป็นเทคโนโลยีที่จำเป็นหนึ่งต่อการพัฒนางจรนาโนอิเล็กทรอนิกส์ นอกจากนั้น ในการประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์นาโนเข้าด้วยกัน วัสดุนาโนหลายชนิดไม่เสถียรในอากาศ จึงต้องมีการพัฒนาเทคโนโลยีการบรรจุ (Packaging technology) ที่เหมาะสมด้วย

- **เทคโนโลยีการเคลือบ การระเหย และพิมพ์ (Coating, evaporation, printing technologies)** ในการพัฒนางจรนาโนอิเล็กทรอนิกส์ จะต้องมีเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องในระดับนาโนหลายด้านเพื่อให้สามารถควบคุม และสร้างโครงสร้างระดับนาโน ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ได้ตามต้องการ ดังนั้น การเคลือบในระดับนาโน และการควบคุมการระเหยในสเกลนาโน จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง นอกจากนั้น เทคโนโลยีการพิมพ์ในระดับนาโนเมตรก็สามารถมีส่วนร่วมตั้งแต่การพิมพ์ลายวงจร ไปจนถึงการพิมพ์วัสดุที่เป็นชั้นไฟฟ้าของอุปกรณ์อีกด้วย

- **เทคโนโลยีการสร้างโครงสร้างนาโนพหุฟังก์ชันมิติต่างๆ (Fabrication of multifunctional 0D, 1D, 2D, 3D nanostructures)** เนื่องจากวัสดุนาโนมีสมบัติพิเศษแตกต่างจากวัสดุเดียวกันที่มีขนาดใหญ่ และเมื่อควบคุมให้มีโครงสร้างเฉพาะแบบ เช่น อนุภาคนาโน (0D) เส้นใยหรือท่อนาโน (1D) เป็นต้น ก็จะมีสมบัติทางไฟฟ้า แสง และอื่นๆ ที่สามารถนำไปใช้งานฟังก์ชันต่างๆ ทางวิศวกรรมได้หลากหลาย โดยเฉพาะการนำมาใช้ในวงจรรนาโนอิเล็กทรอนิกส์ ดังนั้น เทคโนโลยีการสร้างโครงสร้างเหล่านี้ จึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อพัฒนาวัสดุมาใช้งานในวงจรรนาโนอิเล็กทรอนิกส์ต่อไป

- **เทคโนโลยีการประกอบโครงสร้างนาโนแบบลำดับชั้น (Assembly of hierarchical nanoarchitectures)** เมื่อมีการออกแบบวงจรรนาโนอิเล็กทรอนิกส์แล้ว กระบวนการแยกขั้นตอนและสร้างอุปกรณ์ พร้อมประกอบเป็นลำดับชั้นต่างๆ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ท้ายสุดตามที่ต้องการ เป็นเทคโนโลยีที่สำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อกระบวนการแต่ละชั้นต้องควบคุมลงไปถึงระดับนาโนเมตร ยิ่งต้องการเทคโนโลยีระดับสูง ที่เหมาะสมต่อการดำเนินการวัสดุแต่ละชนิด

- **เทคโนโลยีการสังเคราะห์ (Synthesis)** เทคโนโลยีการสังเคราะห์วัสดุนาโนที่มีโครงสร้างและสมบัติตามที่ต้องการ ทั้งทางไฟฟ้า แสง สี แม่เหล็ก ไปจนถึงสมบัติทางกายภาพ ให้มีความเที่ยงตรงเชิงคุณสมบัติ เพื่อนำไปประกอบเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ถือเป็นเรื่องท้าทายที่ไม่ได้

ทรัพยากรที่ใช้ในการทำวิจัย (Resource)

งบประมาณรวมตลอดระยะเวลา 5 ปี คือ 1,950 ล้านบาท ประกอบด้วยงบดำเนินการ (R&D Expense) 950 ล้านบาท จากการสร้างห้องปฏิบัติการที่ครอบคลุมเทคโนโลยีหลัก แยกเป็น 4 ห้องปฏิบัติการ งบเครื่องมือและการปรับปรุงห้องปฏิบัติการ ห้องละ 200 ล้านบาท รวมเป็นเงิน 800 ล้านบาท สำหรับเครื่องมือเพื่อการสังเคราะห์ วิเคราะห์ วัสดุ นาโน บางชนิดจะต้องมีมากกว่า 1 เครื่อง เพื่อกระจายตามห้องปฏิบัติการต่างๆ อาทิ Field Emission SEM, SEM (Scanning electron Microscope)/ FIB (Focus Ion Beam), Metal Sputtering Systems, Plasma Deposition Systems (PECVD)/ Atomic Layer Deposition, Lithography Lab/ X-ray Lithography (for high resolution), AFM/ STM และใช้บุคลากรวิจัยเทียบเท่าเต็มเวลาจำนวน 50 คน ด้วยงบประมาณด้านบุคลากรจำนวน 200 ล้านบาท

R&D Area 8.2 - Nano Functional Textiles & Fibers for Advanced Applications

RDA8 Exploring cross-platform and key emerging technologies

R&D Area	2560	2561	2562	2563	2564
GOAL	RDA 8.2 Nano functional textiles & Fibers for advanced applications				
Key Achievement	Specialty textiles with value-added nanofunctions for industrial applications.				
Key Technology	KA 8.2.1 Thermally or optically or electrically active fibers KA 8.2.2 Multifunctional high strength fibers KA 8.2.3 Degradable & ecofriendly fibers				
Resource	Chemical modifications, New material discoveries, synthesis, nanodispersion, blends&composites, nanoµ encapsulations Advanced functional printing, Coating, or spinning Hierarchical (Multi-length scale/Multicomponent) fiber technology Carbon Nanomaterials for reinforcement technology				
Resource	Researcher/ Research assistant : 50 FTE Total budget : 1,030 MB R&D Expense : 250 MB R&D facility budget : 250 MB Instrument budget : 330 MB Human resource budget : 200 MB				

ความต้องการของตลาด (Market/ Business)

ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจผลิตภัณฑ์สิ่งทอที่มีคุณสมบัติพิเศษต่างๆ ฉะนั้น การพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณสมบัติพิเศษหลากหลาย จึงมีการนำนาโนเทคโนโลยีเข้ามาพัฒนาคุณสมบัติพิเศษให้กับผลิตภัณฑ์ ซึ่งรวมถึงสิ่งทอทางเทคนิค เช่น การเคลือบเส้นใยหรือสิ่งทอด้วยวัสดุนาโน การเพิ่มวัสดุนาโนในเม็ดพลาสติก เพื่อขึ้นรูปเป็นเส้นใยให้มีสมบัติสะท้อนน้ำ กันยูวี ฆ่าเชื้อโรค ฆ่าเชื้อรา แบคทีเรีย กำจัดก๊าซพิษในอากาศ (VOC) ดูดความร้อน คายความร้อน วัสดุที่ถูกขึ้นรูปเป็นสิ่งทอเทคนิคนั้น นอกจากจะให้คุณสมบัติหลักแล้ว ยังเสริมประสิทธิภาพด้านความยืดหยุ่น และความแข็งแรงอีกด้วย

ในด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ขั้นสูง มีการเพิ่มสมบัติพิเศษให้กับสิ่งทอในรูปแบบที่หลากหลายมากขึ้น เช่น ความสามารถในการตอบสนองต่อสิ่งเร้า (Active fiber) ความสามารถในการจดจำโครงสร้างลักษณะดั้งเดิม (Shape memory fiber) ความแข็งแรง (High strength) หรือเส้นใยที่มาจากวัสดุที่แข็งแรงและสามารถย่อยสลายได้ สำหรับการแพทย์ ยังรวมทั้งสมบัติพิเศษของสิ่งทอฉลาด (Wearable Functions and Smart Fabrics) ที่สวมใส่ได้ เช่น ตัวรับรู้ทางด้านสุขภาพ และความปลอดภัย เพื่อเด็ก ผู้สูงอายุ ผู้ป่วยหรือผู้พิการ

อนึ่ง การพัฒนากระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมสิ่งทอที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อการพัฒนาแบบยั่งยืน โดยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วยความรู้และเทคโนโลยี ก็เป็นเรื่องที่ผู้บริโภคให้ความสนใจ ซึ่งมีแนวโน้มความต้องการเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ โดยตลาดยีนดีที่จะยอมรับซื้อสินค้าเหล่านี้ ถึงแม้ว่าราคาจะสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสินค้าทั่วไป

ผลสัมฤทธิ์ที่สำคัญ (Key Achievement)

การดำเนินงานทางด้านสิ่งทอนาโนคุณสมบัติพิเศษ (Nano functional textiles for advanced applications) ในช่วงปี พ.ศ. 2560 - 2564 มุ่งเน้นผลิตภัณฑ์ 3 กลุ่ม คือ

- **KA 8.2.1 เส้นใยที่มีความสามารถในการตอบสนองต่อสิ่งเร้า เช่น ความร้อน แสง หรือไฟฟ้า (Thermally, or optically or electrically, active fibers)** เป็นเส้นใยที่มีความสามารถในการตอบสนองต่อสิ่งเร้า ทำให้การใช้งานของสิ่งทอมีความหลากหลายมากขึ้น ในที่นี้อาจหมายถึง สิ่งทอที่สามารถเปลี่ยนแปลงสิ่งเร้า ให้เป็นตัวแปรแบบอื่นที่มีประโยชน์ เช่น การเปลี่ยนแสงแดดให้เป็นพลังงานไฟฟ้า การเปลี่ยนแปลงไฟฟ้าให้เป็นพลังงานความร้อน เส้นใยที่มีความสามารถจดจำโครงสร้างลักษณะเดิม หลังจากที่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง (Shape-memory fiber) เป็นต้น

- **KA 8.2.2 เส้นใยที่มีความแข็งแรงสูง (Multifunctional high strength fibers)** เป็นเส้นใยที่มีความแข็งแรงเป็นพิเศษ และมีสมบัติเสริมต่างๆ ที่เอื้อต่อการใช้สอย และอายุการใช้งานที่ยาวนาน มีประโยชน์สำหรับงานที่ต้องการความแข็งแรงสูง และยังต้องการความยืดหยุ่น ซึ่งเส้นใยดังกล่าวอาจมีขนาดทั้งในระดับไมครอนและนาโนเมตร หรืออยู่ในรูปของแผ่นเมมเบรน

- **KA 8.2.3 เส้นใยเพื่อสิ่งแวดล้อม (Degradable & eco-friendly fibers)** เป็นเส้นใยที่ได้จากวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม สามารถย่อยสลายได้เองในธรรมชาติ เส้นใยจากเศษวัสดุที่เหลือจากผลผลิตทางการประมงและการเกษตร ได้แก่ กระจดงปู ชานอ้อย ฟางข้าว หรือกระดาษรีไซเคิล ที่ผ่านกระบวนการต่างๆ เพื่อนำกลับมาเป็นเยื่อกระดาษอีกครั้ง รวมถึงเส้นใยที่ได้จากการย้อม หรือผสมด้วยสีจากธรรมชาติ เช่น ฮ่อม ครั่ง ขมิ้น ผาง เป็นต้น นอกจากนี้ ยังรวมถึงเส้นใยหรือสิ่งทอที่ผสมหรือเคลือบสาร เพื่อให้มีคุณสมบัติพิเศษ

เทคโนโลยีหลัก (Key Technology)

ใช้นาโนเทคโนโลยีหลักในการวิจัย 4 เทคโนโลยีคือ

- **Chemical modification, new material discoveries and synthesis** เป็นการค้นหาและสังเคราะห์สารหรือวัสดุนาโนชนิดใหม่ หรือการปรับปรุงวัสดุให้เหมาะกับการใช้งาน เช่น การบด การกระจายตัว และการเคลือบในระดับไมโครและนาโน

- **Advanced functional printing/ coating technology** เป็นเทคโนโลยีการพิมพ์หรือการเคลือบชั้นสูง เช่น Ink jet printing หรือ High vacuum coating เพื่อการเคลือบสารลงบนผิวของสิ่งทอ สารดังกล่าวอาจประกอบด้วยสารจำพวกโลหะ สารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์

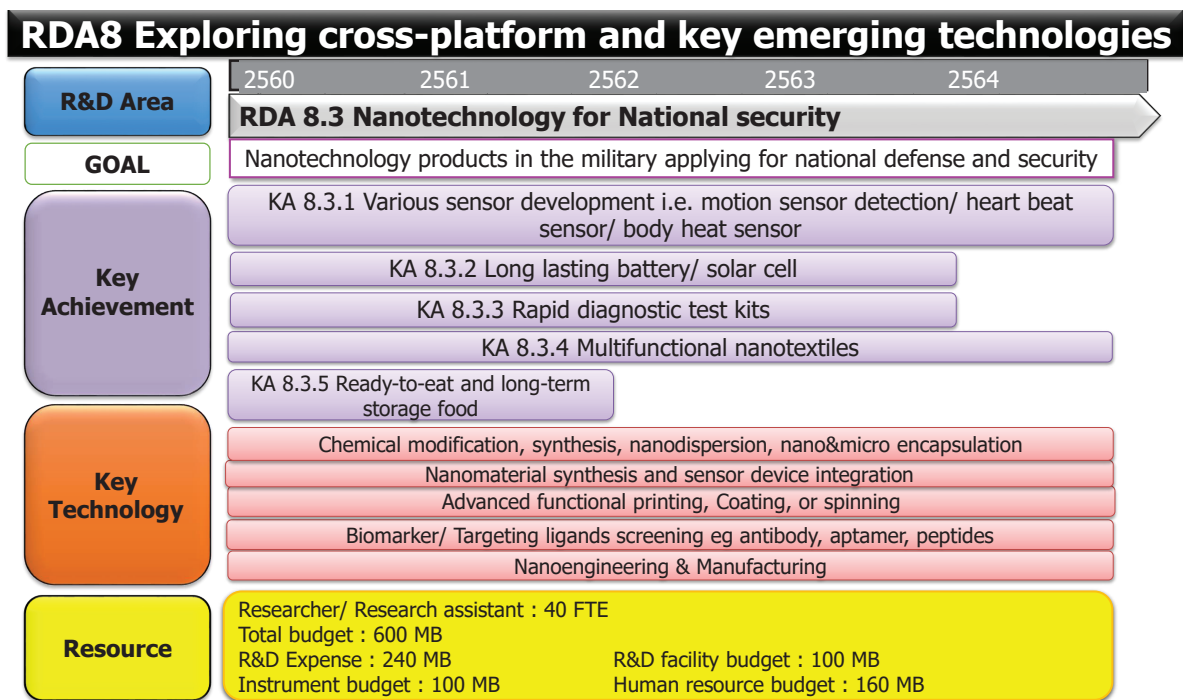
- **Hierarchical (Multi-length scale/ multicomponent) fiber technology** เป็นเทคโนโลยีการขึ้นรูปเส้นใย โดยมีองค์ประกอบทางกายภาพที่หลากหลายและซับซ้อน เช่น Nanofibers, Monocomponent microfibers, Bicomponent fibers (ซึ่งมีสององค์ประกอบบนหน้าตัด โครงสร้างที่ประกอบมาจากเส้นใยหลายระดับ ทำให้เส้นใยมีคุณสมบัติที่ซับซ้อนมากขึ้น)

- **Carbon nanomaterials for reinforcement technology** เป็นเทคโนโลยีการพัฒนาวัสดุนาโนฐานคาร์บอนที่มีความเบา ความแข็งแรง และพื้นที่ผิวสูง เพื่อนำมาใช้ในการเติมแต่งเพิ่มความสามารถเชิงกล และสมบัติพิเศษต่างๆ ให้กับเส้นใยและสิ่งทอ จากความหลากหลายทางโครงสร้าง และองค์ประกอบทางเคมี

ทรัพยากรที่ใช้ในการทำวิจัย (Resource)

ความต้องการทรัพยากรในภาพรวม ได้แก่ บุคลากรวิจัย 50 คน งบประมาณงานวิจัยตลอดโครงการ 5 ปี รวมทั้งสิ้น 1,030 ล้านบาท ประกอบด้วยงบประมาณงานวิจัย (R&D Expense) 250 ล้านบาท งบประมาณสำหรับจัดหาโครงสร้างพื้นฐาน เช่น โรงงานสำหรับต้นแบบภาคสนาม 250 ล้านบาท งบประมาณสำหรับอุปกรณ์ และเครื่องมือต่างๆ สำหรับการสังเคราะห์สารใหม่ เครื่องเคลือบแบบต่างๆ เครื่องพิมพ์ เครื่องถัก ทอ ปัก แบบที่สามารถเพิ่มฟังก์ชันให้กับผ้าได้ เครื่องมือขึ้นรูปเส้นใย ทั้งระดับห้องปฏิบัติการและระดับภาคสนาม รวมถึงเครื่องมือวิเคราะห์ทดสอบเส้นใยที่เกี่ยวข้อง 330 ล้านบาท และงบประมาณด้านบุคลากรวิจัย 200 ล้านบาท

R&D Area 8.3 - Nanotechnology for National Security



ความต้องการของตลาด (Market/ Business)

การประยุกต์ใช้นาโนเทคโนโลยีกับการรักษาความมั่นคงของประเทศ มีความสำคัญอย่างยิ่ง ไม่แพ้การสร้างขีดความสามารถการแข่งขันของประเทศทางเศรษฐกิจและสังคม อีกทั้งสามารถประยุกต์ใช้นาโนเทคโนโลยีกับการทหาร เพื่อป้องกันประเทศ หรือเพื่อสร้างความเข้มแข็งให้กับกองทัพในหลายรูปแบบ เช่น การพัฒนาเซนเซอร์ เพื่อตรวจจับความเคลื่อนไหว การเตือนหัวใจ หรือวัตถุอันตราย เป็นต้น หรือสามารถนำไปใช้กับชุดตรวจวินิจฉัยโรค เพื่อการปฏิบัติงานในพื้นที่ หรือการดำรงชีวิตในป่า การพัฒนาเครื่องแบบทหารกันไฟ ไล่ยุง ระบายความร้อนได้ดี ตลอดจนจนสามารถพรางตัวจากกล้องอินฟราเรดได้ รวมทั้งการพัฒนาอาหารที่เหมาะสมกับการออกพื้นที่ และการถนอมอาหาร ฯลฯ

ผลสัมฤทธิ์ที่สำคัญ (Key Achievement)

การดำเนินงานด้านนาโนเทคโนโลยีทางการแพทย์ ในช่วงปี พ.ศ. 2560 - 2564 มุ่งเน้นผลิตภัณฑ์ 5 กลุ่ม ประกอบด้วย

- **KA 8.3.1 เทคโนโลยีเซนเซอร์ที่ตรงกับความต้องการ และสามารถผลิตใช้ได้เองในประเทศ (Various sensor development eg. motion, heart beat and body heat sensor)** โดยมุ่งเน้นการพัฒนาเซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวประสิทธิภาพสูง โดยใช้หลักการ Piezoelectric การตรวจวัดการเต้นของชีพจรที่เชื่อมต่อกับชุดทหาร และเซนเซอร์ที่สามารถตรวจจับอุณหภูมิร่างกายด้วยประสิทธิภาพสูง

- **KA 8.3.2 เทคโนโลยีการเก็บประจุพลังงาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานของแบตเตอรี่ (Long lasting battery or solar cell)** เช่น Battery material หรือ solar cell ที่อาศัยการพัฒนาวิธีการแปรรูปชีวมวล เพื่อเป็น Supercapacitor

- **KA 8.3.3 ชุดตรวจคัดกรองและหาเชื้อโรคที่เป็นอุปสรรคในการปฏิบัติทางทหาร (Rapid diagnostic test kits for military)** เป็นการนำเอาเทคโนโลยีอิมมูโนโครมาโตกราฟี (Immunochromatography technology) ที่เกิดจากการผสมผสานระหว่างปฏิกิริยาการจับกันระหว่างแอนติบอดีและแอนติเจน กับเทคโนโลยีการแยกสาร โดยอาศัยหลักการละลายและการดูดซับที่ต่างกันของสาร บนวัสดุชนิดต่างๆ เพื่อพัฒนาชุดตรวจคัดกรองเชื้อโรค ที่เป็นอุปสรรคต่อการปฏิบัติงานทางทหาร เทคนิคดังกล่าวนี้ยังรวมไปถึงการพัฒนาต่อยอด โดยการนำอนุภาคนาโนที่มีคุณสมบัติต่างๆ มาใช้เป็นตัวให้สัญญาณในการแปลผล ร่วมกับการเพิ่มสัญญาณของวัสดุนาโนที่มีคุณสมบัติพิเศษ

- **KA 8.3.4 เทคโนโลยีสิ่งทอนาโน (Multifunctional nanotextiles)** มุ่งพัฒนาเครื่องแบบทหาร ให้มีประสิทธิภาพในการสะท้อนน้ำ สะท้อนอินฟราเรด กันไฟ กันยุง ยับยั้งเชื้อโรค การพรางตัว ระบายความร้อนได้ดี หรือมีความสามารถรับรู้สัญญาณอันตราย เช่น สารเคมี และสารชีวภาพ และป้องกันแก้ไขปัญหาเบื้องต้น ตลอดจนการพัฒนา รองเท้าทหารที่ทนต่อแรงดิงสูง ป้องกันเชื้อรา ทั้งนี้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการปฏิบัติงานในพื้นที่ให้สูงสุด

- **KA 8.3.5 เทคโนโลยีการเตรียมและยืดอายุอาหารสำหรับการออกภาคสนาม (Ready-to-eat and long-term storage of special survival foods)** เพื่อให้สามารถมีอาหารพร้อมรับประทาน ที่เก็บรักษาได้ในอุณหภูมิปกติ นานนับปี โดยให้สามารถเก็บได้นาน 36 เดือนที่อุณหภูมิห้อง

เทคโนโลยีหลัก (Key Technology)

การประยุกต์ใช้นาโนเทคโนโลยีทางการแพทย์ จำเป็นต้องอาศัยเทคโนโลยี 5 แขนงหลัก ได้แก่

- **เทคโนโลยีด้านการสังเคราะห์ ดัดแปลง โครงสร้างโมเลกุลในระดับนาโน** ตลอดจนการห่อหุ้มสารสำคัญ (Encapsulation) เพื่อการเคลือบบนพื้นผิวในวัสดุต่าง ๆ

- **เทคนิคการออกแบบและสังเคราะห์วัสดุนาโนชนิดพิเศษ** ซึ่งมีคุณสมบัติหลากหลาย และ**เทคโนโลยีเซนเซอร์ อุปกรณ์นาโนแบบพกพา และการประกอบโครงสร้างในระดับนาโน (Nanofabrication)** อาศัยคุณสมบัติเหล่านั้นไปพัฒนาเป็นเซนเซอร์ ในการตรวจหาโมเลกุลต่างๆ ได้แก่ วัสดุนาโนผสมระหว่างแม่เหล็กและซิลิกา เพื่อใช้วัดสัญญาณภาพเรโซแนนซ์แม่เหล็ก (Magnetic Resonance Imaging, MRI) วัสดุนาโนทองสมบัติพิเศษ เพื่อใช้วัดการขยายสัญญาณการกระเจิงแสงของรามาน (Surface Enhanced Raman Scattering, SERS) วัสดุนาโนผสมระหว่างทอง แม่เหล็ก และซิลิกา เป็นต้น

- **เทคโนโลยีสิ่งทอ** เช่น การพัฒนาเส้นใยและแผ่นเส้นใยนาโน เส้นใยหลายองค์ประกอบและหลายหน้าตัด การเคลือบและการพิมพ์สำหรับสมบัติพิเศษ
- **เทคโนโลยีนาโนชีวภาพ** เพื่อการสังเคราะห์และตรวจหาเครื่องหมายโมเลกุลชีวภาพ (Bio marker) การสร้างพันธะยึดเกาะโมเลกุลเป้าหมาย (Targeting ligand screening) เพื่อใช้ในการออกแบบ ค้นหา ผลิต และปรับปรุง แอปทาเมอร์/ แอนติบอดี/ เพปไทด์ เพื่อเป็นตัวจับกับโมเลกุลเป้าหมาย
- **เทคโนโลยีการผลิตเชิงวิศวกรรมเพื่อการขยายผล (Nanoengineering & manufacturing)**

ทรัพยากรที่ใช้ในการทำวิจัย (Resource)

ความต้องการทรัพยากรในภาพรวม ได้แก่ บุคลากรวิจัยในสาขาต่างๆ เช่น วิทยาศาสตร์ชีวภาพสาขาต่างๆ ชีวเคมี เคมี วัสดุศาสตร์ ฟิสิกส์ สิ่งทอ วิศวกรรม และแพทยศาสตร์ รวมทั้งสิ้น 40 คน (ประกอบด้วยนักวิจัย และผู้ช่วยวิจัย) งบประมาณรวมทั้งสิ้น 600 ล้านบาท ประกอบด้วยงบวิจัยตลอดโครงการ (R&D Expense) 240 ล้านบาท งบประมาณเพื่อสร้างโครงสร้างพื้นฐาน 100 ล้านบาท และงบประมาณสำหรับจัดหาอุปกรณ์ครุภัณฑ์ จำนวน 100 ล้านบาท เช่น Screen printing machine, Source measurement unit for I-V characterization, DC Pulse generator for sputtering system, Nanofiber and nanofibrous membrane fabrication and manufacturing และงบบุคลากรจำนวน 160 ล้านบาท

R&D Area 8.4 - Nano Materials and Methodology for Future Applications

RDA8 Exploring cross-platform and key emerging technologies

	2560	2561	2562	2563	2564
R&D Area	RDA 8.4 Nano materials and methodology for future applications				
GOAL	Discovery of new nanomaterials, production technology and analytical techniques being internationally interesting due to their potential broad applications in the future				
Key Achievement	KA 8.4.1 Novel nanomaterials with novel or superior properties of interests				
	KA 8.4.2 Better methodology for preparation of nanomaterials of interests				
	KA 8.4.3 New characterization techniques or instruments for nanomaterials				
Key Technology	Chemical synthesis, Material physics, Chemical engineering , Material chemistry, Nanoengineering				
	Spectroscopy, Electro chemistry, Electrical engineering				
	Computer modeling, Theoretical physics, Physical chemistry				
Resource	Researchers/ Research assistant : 50 FTE Total Budget: 1,500 MB R&D Expense : 700 MB Instrument budget: 300 MB R&D Facility budget : 300 MB Human resource budget : 200 MB				

ความต้องการของตลาด (Market/ Business)

วงการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในปัจจุบันมีความเห็นพ้องกันว่า นาโนเทคโนโลยีกำลังมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมอย่างก้าวกระโดด โดยมีการประเมินกันว่านาโนเทคโนโลยีมีส่วนช่วยเพิ่มมูลค่าของสินค้าและบริการ

ในปี 2558 มากกว่า 3.6 แสนล้านบาท และก้าวเข้าสู่ภาวะการเติบโตของมูลค่าอย่างรวดเร็วที่อัตรา 30 - 60% ต่อปี ในช่วงห้าปีข้างหน้าจนถึงปี 2563 หลังจากนั้นจะเติบโตในอัตราราคีที่ 5 - 25% ต่อปีอีกอย่างน้อยห้าปี จึงคาดว่าในปี 2568 นาโนเทคโนโลยีจะมีมูลค่าตลาดสูงกว่า 3.2 ล้านล้านบาท ทั้งนี้มูลค่าตลาดของวัสดุนาโน (Nanomaterials) ในปี 2558 คิดเป็นประมาณ 30 - 40% ของมูลค่านาโนเทคโนโลยีทั้งหมด หรือประมาณ 1.4 แสนล้านบาท และคาดว่ามูลค่าของวัสดุนาโนน่าจะเติบโตในอัตราที่ต่ำกว่ามูลค่าของเทคโนโลยีเล็กน้อยในช่วงห้าปีข้างหน้าทีปีละ 20 - 25% เนื่องจากการลดลงของต้นทุนการผลิตของวัสดุนาโน อันเป็นผลมาจากการเพิ่มประสิทธิภาพและขนาดการผลิต

วัสดุนาโนที่มีมูลค่าตลาดสูงสุดในปี 2558 คือ ท่อคาร์บอนนาโน (Carbon nanotube) ซึ่งมีมูลค่าตลาดอยู่ที่ 7 หมื่นล้านบาท หรือประมาณครึ่งหนึ่งของมูลค่ารวมวัสดุนาโน ในขณะที่การใช้แกรฟีน (Graphene) ในอุตสาหกรรมยังอยู่ในช่วงเริ่มต้น และมีมูลค่าตลาดในระดับพันล้านบาท มูลค่าตลาดอีกครั้งหนึ่งเป็นของวัสดุนาโนชนิดอื่นๆ ที่มีการใช้งานในเชิงพาณิชย์แล้ว เช่น อนุภาคนาโนของโลหะออกไซด์ อนุภาคนาโนของโลหะเงินและทอง ควอนตัมดอต (Quantum dot) และอนุภาคนาโนของพอลิเมอร์อินทรีย์ชนิดต่างๆ

วัสดุนาโนที่กล่าวมาข้างต้น มีการนำไปใช้เป็นส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์ในหลากหลายอุตสาหกรรม ตั้งแต่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ อุปกรณ์ผลิตและเก็บพลังงาน อุปกรณ์รถยนต์ วัสดุก่อสร้าง เครื่องสำอาง สินค้าอุปโภคทั่วไป จนกระทั่งถึงการตรวจวินิจฉัย และการรักษาทางการแพทย์ ซึ่งการใช้วัสดุนาโนสามารถสร้างหรือเพิ่มคุณสมบัติที่โดดเด่นกว่าผลิตภัณฑ์เดิม

ผลสัมฤทธิ์ที่สำคัญ (Key Achievement)

นอกจากมูลค่าทางเศรษฐกิจที่มาจากตัววัสดุนาโนเองแล้ว การค้นพบและความก้าวหน้าในด้านวัสดุนาโน มักนำไปสู่การพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ที่ทำให้ประสิทธิภาพของสินค้าและบริการสูงขึ้น และในบางกรณีสามารถทำให้เกิดสินค้าใหม่ ที่มีลักษณะการใช้งานที่ต่างจากเดิมอย่างสิ้นเชิง เช่น การค้นพบท่อคาร์บอนนาโน และแกรฟีน สามารถนำไปสู่การประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม ตั้งแต่การผลิตลิเทียมแบตเตอรี่ที่มีความจุไฟฟ้าสูง และประจุไฟได้รวดเร็ว จนถึงการตรวจวินิจฉัยทางการแพทย์ที่รวดเร็วและแม่นยำ และการพัฒนาวัสดุนาโนใหม่ๆ ไปสู่การใช้งานจริงในอุตสาหกรรม ยังขึ้นอยู่กับการพัฒนากระบวนการผลิต ให้ได้คุณลักษณะของวัสดุตามความต้องการอย่างสม่ำเสมอ ด้วยต้นทุนที่เหมาะสม ทั้งนี้กระบวนการค้นพบและพัฒนาวัสดุนาโน จำเป็นต้องอาศัยทั้งนักวิจัยที่มีความรู้ความสามารถ ตลอดจนเครื่องมือและวิธีการตรวจวิเคราะห์ พิสูจน์ทราบเอกลักษณ์ของวัสดุที่มีความละเอียด ถูกต้อง และแม่นยำสูง ดังนั้น เป้าหมายหลักในการพัฒนางานวิจัยทางด้านวัสดุนาโนจึงมีดังต่อไปนี้

- **KA 8.4.1 วัสดุนาโนชนิดใหม่ที่แสดงสมบัติใหม่ที่น่าสนใจ หรือสมบัติเดิมแต่ต้องมีบางอย่างโดดเด่น กว่าวัสดุที่มีรายงานไว้ก่อนหน้านี้ (Novel nanomaterials with novel or superior properties of interests)** ตัวอย่างสมบัติของวัสดุนาโนที่มีการค้นพบแล้ว และอยู่ในความสนใจ เช่น Superparamagnetism, Superdiamagnetism, Super conductivity, Photonic/ Dichroic properties, Surface plasmon resonance, Quantum confined fluorescence, Electroluminescence, Dual- and Multi-responsive materials

- **KA 8.4.2 แนวทางหรือกระบวนการผลิตวัสดุนาโนที่มีประสิทธิภาพ (Better methodology for preparation of nanomaterials of interests)** สามารถควบคุมขนาดใน 1-, 2- หรือ 3-มิติ สามารถขยายขนาดการผลิตได้ง่าย ด้วยต้นทุนที่ต่ำกว่ากระบวนการที่มีอยู่ โดยให้ความสำคัญกับวัสดุนาโนที่มีมูลค่าหรือศักยภาพสูงในอุตสาหกรรม เช่น ท่อคาร์บอนนาโน แกรฟีน อนุภาคโลหะออกไซด์ อนุภาคโลหะ ควอนตัมดอต และพอลิเมอร์

- **KA 8.4.3 เทคนิควิธีการหรือเครื่องมือใหม่ (New characterization techniques or instruments for nanomaterials)** ที่มีความละเอียด แม่นยำ หรือใช้งานได้สะดวกรวดเร็ว สำหรับการวิเคราะห์พิกเจอร์นาโนเอกซเรย์ เช่น ขนาด รูปร่าง และการกระจายตัวของขนาด หรือศึกษาสมบัติของวัสดุนาโน สมบัติเชิงแสง ไฟฟ้า แม่เหล็ก การประกอบตัวเอง และแรงกระทำระหว่างวัสดุในระดับนาโน

เทคโนโลยีหลัก (Key Technology)

- **การวิเคราะห์พิกเจอร์นาโนเอกซเรย์ และศึกษาสมบัติของวัสดุนาโน** มักใช้เครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับแสงและไฟฟ้า ซึ่งอาศัยความรู้และความก้าวหน้าในเทคโนโลยีทางด้านสเปกโทรสโกปี (Spectroscopy) การถ่ายภาพนาโน (Nanoimaging) เคมีไฟฟ้า (Electrochemistry) และวิศวกรรมไฟฟ้า (Electrical engineering) ซึ่งการวิจัยและพัฒนาวัสดุนาโนที่เกิดจากการผสมผสานความรู้ความเข้าใจในศาสตร์และเทคโนโลยีเหล่านี้ จะสามารถนำไปสู่การค้นพบวัสดุใหม่ๆ ที่น่าสนใจ สร้างบุคลากรที่มีความสามารถ และก่อให้เกิดองค์ความรู้เพิ่มขึ้นในศาสตร์และเทคโนโลยีที่กล่าวมาข้างต้น ที่นับเป็นปัจจัยสำคัญของการพัฒนาสังคมฐานความรู้

- **การออกแบบวัสดุนาโนให้มีลักษณะและสมบัติตามต้องการ** มักอาศัยความรู้ทางฟิสิกส์ทฤษฎี (Theoretical physics) เคมีฟิสิกส์ (Physical chemistry) และการสร้างแบบจำลองโดยคอมพิวเตอร์ (Computer modeling) ในขณะที่การสังเคราะห์วัสดุนาโนจะอาศัยการสังเคราะห์ทางเคมี (Chemical synthesis) หรือเทคโนโลยีทางฟิสิกส์วัสดุ (Material physics) ส่วนการพัฒนาปรับปรุงกระบวนการผลิตให้ได้วัสดุที่มีขนาดและรูปร่างสม่ำเสมอ โดยมีขนาดและต้นทุนการผลิตที่เป็นไปได้ในเชิงพาณิชย์ อาจต้องใช้ความรู้ทางด้านวิศวกรรมเคมี (Chemical engineering) เข้ามาประกอบ

ทรัพยากรที่ใช้ในการทำวิจัย (Resource)

ในช่วง 5 ปีข้างหน้า ประเทศไทยควรจัดสรรงบประมาณวิจัยรวม 1,500 ล้านบาท สนับสนุนบุคลากรเทียบเท่านักวิจัยเต็มเวลาจำนวนเฉลี่ย 50 คน ให้สามารถทำงานวิจัยและพัฒนาทางด้านวัสดุนาโนที่มีเป้าหมายตามข้อ 2 โดย 60% ของงบประมาณเป็นค่าจ้างและวัสดุที่ใช้ในการวิจัย ส่วนอีก 40% สำหรับค่าอุปกรณ์ เครื่องมือ สถานที่ และสาธารณูปโภค เพื่อให้การวิจัยและพัฒนาทางด้านวัสดุนาโนของประเทศ มีโอกาสนำไปสู่การค้นพบวัสดุใหม่ที่สำคัญ มีประโยชน์กับอุตสาหกรรม และทำให้ได้บุคลากรที่มีความรู้ความสามารถ เพียงพอที่จะรองรับเทคโนโลยีการผลิตและการใช้งานวัสดุนาโน ประกอบด้วยงบดำเนินการวิจัย (R&D Expense) 700 ล้านบาท งบประมาณจัดหาโครงสร้างพื้นฐาน 300 ล้านบาท งบประมาณจัดหาเครื่องมือ อุปกรณ์ 300 ล้านบาท และงบประมาณด้านบุคลากรวิจัย 200 ล้านบาท

บทที่ 4 เป้าหมายความสำเร็จของแผนที่น่าทางๆ ที่มีต่อประเทศ

การดำเนินการตามแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนานาโนเทคโนโลยีของประเทศไทย พ.ศ. 2560 - 2564 ได้ตรงตามแผนที่กำหนดไว้แล้วนั้น จะนำไปสู่การบรรลุเป้าหมายยุทธศาสตร์ของกรอบนโยบายการพัฒนานาโนเทคโนโลยีของประเทศไทย พ.ศ. 2555 - 2564

ผลสำเร็จที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนานาโนเทคโนโลยีของประเทศไทย พ.ศ. 2560 - 2564 จำแนกตามกลุ่มยุทธศาสตร์กรอบนโยบายการพัฒนานาโนเทคโนโลยีของประเทศไทย พ.ศ. 2555 - 2564

ยุทธศาสตร์ภายใต้กรอบนโยบายการพัฒนานาโนเทคโนโลยีของประเทศไทย พ.ศ. 2555 - 2564	ผลสำเร็จที่คาดว่าจะเกิดขึ้น
ยุทธศาสตร์ที่ 1 ยกระดับคุณภาพชีวิต สุขภาพ การแพทย์และสาธารณสุขด้วยนาโนเทคโนโลยี	<ol style="list-style-type: none"> มีชุดตรวจโรคสำคัญของประเทศ และมีสภาพพร้อมสำหรับการนำไปใช้ที่มีมาตรฐาน สามารถผลิตได้ มีผลิตภัณฑ์และยาที่ใช้นาโนเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิผล และมีความปลอดภัย
ยุทธศาสตร์ที่ 2 เพิ่มขีดความสามารถของภาคการเกษตร และอุตสาหกรรมการผลิตด้วยนาโนเทคโนโลยี	<ol style="list-style-type: none"> มีเครื่องสำอางและเวชสำอางจากสมุนไพรและสารจากธรรมชาติ เพื่อเสริมสร้างคุณภาพชีวิต มีอาหารสัตว์ที่มีมูลค่าสูงที่เพิ่มประสิทธิภาพด้วยนาโนเทคโนโลยี และระบบตรวจวัดโรคในสัตว์ มีผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้นาโนเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ/ลดการใช้สารเคมีสำหรับการเพาะปลูกพืช มีบรรจุภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติพิเศษที่มีประโยชน์ต่อภาคอุตสาหกรรมอาหารและการเกษตร มีอุปกรณ์ตรวจวัดการปนเปื้อนสารตกค้าง และคุณภาพอาหารและผลิตภัณฑ์การเกษตร พัฒนาสิ่งทอคุณสมบัติพิเศษที่ใช้นาโนเทคโนโลยีที่สร้างมูลค่าเพิ่มเพื่อการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม มีวัสดุนาโน เทคโนโลยีการผลิต และเทคนิควิเคราะห์ใหม่ ที่ได้รับความสนใจในระดับสากล เนื่องจากมีศักยภาพในการนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวางในอนาคต มีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดจิ๋วที่ใช้นาโนเทคโนโลยีที่มีคุณสมบัติพิเศษ มีประสิทธิภาพสูง และประหยัดพลังงาน

ยุทธศาสตร์ภายใต้กรอบนโยบายการพัฒนานาโนเทคโนโลยีของประเทศไทย พ.ศ. 2555 - 2564	ผลสำเร็จที่คาดว่าจะเกิดขึ้น
ยุทธศาสตร์ที่ 3 เสริมความมั่นคงทางพลังงานและอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมด้วยนาโนเทคโนโลยี	1. มีวัสดุนาโนและตัวเร่งปฏิกิริยา ที่มีประสิทธิภาพ สำหรับการผลิตพลังงานและสารเคมีชีวภาพในเชิงพาณิชย์
	2. มีวัสดุนาโนและเทคโนโลยีนาโน ที่มีประสิทธิภาพสำหรับการเก็บเกี่ยว กักเก็บ และประหยัดพลังงาน
	3. พัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัด การดูดซับ และการกรองก๊าซ, สารระเหย, จุลชีพในอากาศ ที่มีประสิทธิภาพสูง
	4. พัฒนาระบบทำน้ำให้บริสุทธิ์ และอุปกรณ์ตรวจคุณภาพน้ำ
ยุทธศาสตร์ที่ 5 พัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและปัจจัยเอื้อ	1. มีระบบคัดกรองการปนเปื้อนของวัสดุนาโนและมีการประเมินความเสี่ยงของวัสดุนาโนต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมตามแนวทางมาตรฐานสากล
	2. มีการพัฒนากระบวนการ เครื่องมือ และมาตรฐานสำหรับการตรวจวิเคราะห์ในระดับนาโน

บทที่ 5 การขับเคลื่อนไปสู่การปฏิบัติ

แผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี พ.ศ. 2560 - 2564 ที่จัดทำขึ้น เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการกำหนดกรอบ ทิศทางการวิจัยและพัฒนาด้านนาโนเทคโนโลยีในช่วงระยะเวลา 5 ปี ภายใต้วาระการวิจัยและพัฒนา 8 หัวข้อครอบคลุมขอบเขตการวิจัย 17 หัวข้อ โดยแต่ละหัวข้อนั้นได้กำหนดเป้าหมายความสำเร็จ และผลสัมฤทธิ์ที่สำคัญของแต่ละขอบเขตการวิจัย การวิจัยและพัฒนาจะดำเนินการผ่านหน่วยงานหลักและเครือข่าย

5.1 หน่วยงานหลักและเครือข่ายการดำเนินงาน

ตามที่คณะรัฐมนตรีได้มีมติให้จัดตั้งศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ ในสังกัดสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ เมื่อ 13 สิงหาคม 2546 ภายใต้วิสัยทัศน์ในการเป็นองค์กรวิจัยและพัฒนาด้านนาโนเทคโนโลยีชั้นนำที่สร้างคุณประโยชน์ให้กับประเทศและมนุษยชาติ และมีพันธกิจที่จะดำเนินงานวิจัย พัฒนา ออกแบบและวิศวกรรม และประยุกต์นาโนเทคโนโลยี เพื่อให้เกิดความเป็นเลิศ และสามารถถ่ายทอดสู่การใช้ประโยชน์ให้กับภาคการผลิตอันจะนำไปสู่การยกระดับผลิตภัณฑ์ที่เป็นฐานสำคัญของประเทศไทย ส่งผลต่อการเพิ่มศักยภาพการแข่งขันของประเทศและยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชน ภายใต้ความตระหนักในการรักษา และดูแลใส่ใจต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม

ในฐานะผู้ดำเนินการหลักด้านการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศ จึงกำหนดให้ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติเป็นหน่วยงานหลัก และร่วมมือกับพันธมิตรเครือข่ายภาคมหาวิทยาลัย ในการผลักดัน แผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศไทย พ.ศ. 2560 - 2564 ฉบับนี้ด้วย

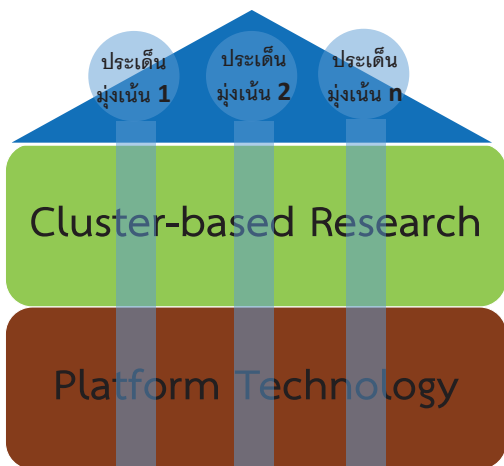
5.1.1 กลยุทธ์การวิจัยและพัฒนาของสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ และห้องปฏิบัติการวิจัยของศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ

5.1.1.1 กลยุทธ์การวิจัยและพัฒนาของสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติดำเนินการภายใต้การกำกับดูแลของสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ซึ่งดำเนินงานวิจัยและพัฒนาครอบคลุม 4 สาขาเทคโนโลยีหลัก ได้แก่ สาขาพันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพ สาขาเทคโนโลยีโลหะและวัสดุ สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ สาขานาโนเทคโนโลยี

กลยุทธ์การดำเนินงานวิจัยและพัฒนาของ สวทช. ในช่วงปี พ.ศ. 2560 - 2564 (แผนกลยุทธ์ฉบับที่ 6) จะมุ่งเน้นการสร้างผลกระทบทางเศรษฐกิจและสังคมให้กับประเทศ โดยการสร้างสรรค์ผลงานวิจัย พัฒนา ออกแบบ วิศวกรรม และนวัตกรรมที่นำไปใช้ประโยชน์ได้จริง ทั้งในเชิงพาณิชย์และสาธารณประโยชน์ ที่เป็นการบูรณาการกิจกรรมต่างๆ ไปด้วยกัน อาทิ การวิจัยและพัฒนา การตลาด การพัฒนาชุมชน การวิเคราะห์ทดสอบ นโยบายกฎระเบียบและมาตรฐาน เป็นต้น รวมถึงการทำงานประสานกันอย่างเป็นเครือข่ายทั้งภายในและภายนอก สวทช. โดยมุ่งเน้นการทำงานประสานกับพันธมิตรเพื่อพัฒนาและผลักดันงานวิจัยฯ ไปสู่การใช้ประโยชน์ ภายใต้กรอบการดำเนินการจาก 3 กลไกหลักคือ 1) การดำเนินงานวิจัยและพัฒนาภายใต้ประเด็นมุ่งเน้น 2) กลุ่มโปรแกรมวิจัยภายใต้คลัสเตอร์วิจัยมุ่งเป้า สวทช. 3) กลุ่มเทคโนโลยีฐาน (Platform technology)

กรอบการดำเนินงานด้าน RDDE ในแผนกลยุทธ์ฉบับที่ 6



ความเชี่ยวชาญของ สวทช. และ
เครือข่ายสามารถผลักดันผลงานสู่
การสร้างผลกระทบสูงภายในปี 64

เลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมที่สุด
ในการตอบโจทย์ของประเทศ

สร้างองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่
จำเป็นสำหรับประเทศไทยใน
อนาคต

ประเด็นวิจัยมุ่งเน้น

ประเด็นวิจัยมุ่งเน้นใหญ่มีจำนวน 5 เรื่อง และประเด็นมุ่งเน้นย่อยจำนวน 3 เรื่อง โดยมีรายละเอียด

กลุ่มโปรแกรมวิจัยภายใต้คลัสเตอร์วิจัยมุ่งเป้า สวทช.

ประกอบด้วย 5 คลัสเตอร์ ดังนี้

1. คลัสเตอร์เกษตรและอาหาร มีเป้าหมายในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อสร้างขีดความสามารถในการผลิต โดยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต (Productivity) การผลิตสินค้าที่มีคุณภาพ (Quality) ลดความสูญเสียในขั้นตอนการผลิต (Reduce loss) และมีการผลิตอย่างยั่งยืน (Sustainability) ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ประกอบด้วย 5 โปรแกรมวิจัย

- **มันสำปะหลัง** มีเป้าหมายเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมมันสำปะหลังตลอดห่วงโซ่การผลิต ควบคู่กับการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
- **เมล็ดพันธุ์** มีเป้าหมายเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการส่งออก และเพิ่มมูลค่าในอุตสาหกรรมเมล็ดพันธุ์อย่างต่อเนื่อง
- **การปรับตัวภาคการเกษตรเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ** มีเป้าหมายในการสร้างขีดความสามารถทางเทคโนโลยีเพื่อใช้ปรับปรุงพันธุ์พืชให้ปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การเกษตรแม่นยำ เพื่อใช้ทรัพยากรการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ และเทคโนโลยีการพยากรณ์และระบบเตือนภัย เพื่อการผลิตผลผลิตการเกษตร รวมทั้งการพัฒนากำลังคนและโครงสร้างพื้นฐาน เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

- การผลิตสัตว์และสุขภาพสัตว์ มีเป้าหมายเพื่อสร้างความเข้มแข็งให้กับการผลิตสัตว์เศรษฐกิจของประเทศ โดยเน้นพึ่งพาทรัพยากรและวัตถุดิบภายในประเทศ และเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตสัตว์ของประเทศ
- นวัตกรรมอาหาร มีเป้าหมายในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ มีความปลอดภัย และสร้างมูลค่าเพิ่มในผลิตภัณฑ์

2. คลัสเตอร์พลังงานและสิ่งแวดล้อม มีเป้าหมายเพื่อเสริมสร้างความมั่นคงด้านพลังงาน ลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพิ่มความสามารถการแข่งขันของภาคการผลิตและภาคบริการของประเทศ (ในประเด็นความยั่งยืน และการค้ากับสิ่งแวดล้อม) ประกอบด้วย 4 โปรแกรมวิจัย

- สิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน มีเป้าหมายในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพิ่มขีดความสามารถการแข่งขันของภาคการผลิต/บริการ (ในประเด็นความยั่งยืน และการค้ากับสิ่งแวดล้อม)
- ประสิทธิภาพทรัพยากรและพลังงาน มีเป้าหมายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในภาคครัวเรือน ภาคอุตสาหกรรม และภาคการผลิตพลังงาน มีงานวิจัยที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง และนวัตกรรมที่เกิดขึ้นจะช่วยบรรลุเป้าหมายการใช้พลังงานลดลง และนำไปสู่การเป็นสังคมคาร์บอนต่ำ
- เทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียนและเทคโนโลยีพลังงานใหม่ มีเป้าหมายเพื่อสร้างความมั่นคงด้านพลังงาน ลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิล และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
- ร่วมสนับสนุนทุนวิจัย กฟผ. - สวทช. มีเป้าหมายในการสร้างความมั่นคงด้านพลังงาน ลดการนำเข้าจากต่างประเทศ และพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

3. คลัสเตอร์สุขภาพและการแพทย์ มีเป้าหมายในการสร้างเทคโนโลยีหรือผลิตภัณฑ์การแพทย์เพื่อดูแลสุขภาพประชาชน การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งบประมาณด้านสุขภาพของภาครัฐ และเตรียมความพร้อมของประเทศในการรับมือโรคอุบัติใหม่/อุบัติซ้ำ ประกอบด้วย 3 โปรแกรมวิจัย

- เทคโนโลยีเพื่อเตรียมพร้อมป้องกันโรคอุบัติใหม่ อุตสาหกรรม มีเป้าหมายเพื่อพัฒนาองค์ความรู้และผลิตภัณฑ์ที่แก้ปัญหาและตอบสนองต่อการรับมือกับโรคอุบัติใหม่และอุบัติซ้ำได้อย่างทันทั่วทั้ง
- เทคโนโลยีชีวภาพทางการแพทย์เพื่อการดูแลสุขภาพประชาชน มีเป้าหมายในการใช้ความรู้ใหม่และข้อมูลระดับพันธุกรรมร่วมกับข้อมูลทางคลินิก ในการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการทำนายและวินิจฉัย ป้องกัน และรักษาโรคที่เป็นปัญหาสำคัญทางสาธารณสุข
- เทคโนโลยีดิจิทัลและอุปกรณ์ทางการแพทย์ มีเป้าหมายในการพัฒนาเทคโนโลยีดิจิทัลและอุปกรณ์ทางการแพทย์ การจัดการและวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่เพื่อกำหนดนโยบาย งบประมาณ บริการสุขภาพ และการดูแลสุขภาพของประชาชน

4. คลัสเตอร์อุตสาหกรรมการผลิต มีเป้าหมายในการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพตลอดกระบวนการผลิต เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมหลักของประเทศ ประกอบด้วย 4 โปรแกรมวิจัย

- อุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์สมัยใหม่ มีเป้าหมายเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการออกแบบและผลิตชิ้นส่วนยานยนต์สมัยใหม่ เพื่อสนับสนุนการเป็นฐานการผลิตยานยนต์สมัยใหม่ในอาเซียน

- การคมนาคมขนส่งระบบราง มีเป้าหมายเพื่อผลิตผลงานวิจัยที่ใช้เป็นแนวทางในการกำหนดและตัดสินใจเชิงนโยบายการพัฒนากระบวนกรที่มีประสิทธิภาพ พัฒนาเทคโนโลยีการผลิตชิ้นส่วนอุปกรณ์ระบบราง การพัฒนามาตรฐานและการทดสอบ และการยกระดับคุณภาพการให้บริการการเดินรถ
- มอเตอร์และระบบควบคุม มีเป้าหมายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพมอเตอร์และระบบควบคุมในอุปกรณ์กลุ่มอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ เครื่องปรับอากาศและเครื่องทำความเย็น และอุตสาหกรรมการผลิตอื่นๆ
- ระบบอัตโนมัติและหุ่นยนต์ มีเป้าหมายเพื่อยกระดับเทคโนโลยีการผลิตในอุตสาหกรรมเป้าหมาย (เกษตรและอาหาร ไฟฟ้า/อิเล็กทรอนิกส์ และชิ้นส่วนยานยนต์) รูปแบบ Smart factory automation

5. คลัสเตอร์ทรัพยากรชีวภาพ มีเป้าหมายในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการบริหารจัดการความหลากหลายทางชีวภาพ เพื่อการอนุรักษ์ ใช้ประโยชน์ และการพัฒนาอุตสาหกรรมชีวภาพใหม่อย่างยั่งยืนประกอบด้วย 2 โปรแกรมวิจัย

- การอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพและการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน (Biodiversity conservation and sustainable use) มีเป้าหมายเพื่อการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อการอนุรักษ์และจัดการทรัพยากรชีวภาพ รวมถึงการฟื้นฟูสภาวะแวดล้อม เพื่อการให้บริการจัดการพื้นที่ทั้งในและนอกพื้นที่อนุรักษ์ การให้บริการทางระบบนิเวศ และการจัดการการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน
- การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรชีวภาพเพื่ออุตสาหกรรมใหม่ (Bioresources utilization for new industry) มีเป้าหมายเพื่อการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตและสารชีวภาพใหม่จากฐานทรัพยากรชีวภาพ เพื่อการเพิ่มมูลค่าให้วัตถุดิบทางการเกษตร และการใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมพลังงาน เกษตรและอาหาร และอุตสาหกรรมชีวภาพอย่างยั่งยืน

นอกจากนี้ สวทช. ยังมีการบริหารจัดการโปรแกรมวิจัยที่เป็นการพัฒนาเทคโนโลยีที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์และขยายผลได้ในหลายคลัสเตอร์ (cross-cutting) อีก 2 โปรแกรม ได้แก่

1. โปรแกรมเซ็นเซอร์และระบบอัจฉริยะ มุ่งพัฒนาเทคโนโลยีเซ็นเซอร์และระบบอัตโนมัติ เพื่อการตรวจวัดติดตาม และทำนายผล หรือการควบคุมแบบอัตโนมัติ ในกลุ่มเกษตรและอาหาร สิ่งแวดล้อม และสุขภาพ และการแพทย์
2. โปรแกรมนวัตกรรมบริการ เน้นการพัฒนานวัตกรรมข้อมูลเพื่อการบริการ ช่วยเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันของภาคอุตสาหกรรม ใช้ประโยชน์ทางการแพทย์และสาธารณสุข และการจัดการเมือง (การเดินทางและความปลอดภัย)

โปรแกรมเทคโนโลยีฐานภายใต้ศูนย์แห่งชาติทั้ง 4 ศูนย์

โปรแกรมเทคโนโลยีฐาน (Platform technology) เป็นการพัฒนาเพื่อส่งเสริมขีดความสามารถด้านเทคโนโลยีบุคลากร และโครงสร้างพื้นฐาน ในกรอบการดำเนินงานเทคโนโลยี 4 สาขาหลักภายใต้ศูนย์แห่งชาติและเครือข่าย ดังนี้

- เทคโนโลยีฐานด้านพันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพ ประกอบด้วย 2 เทคโนโลยีฐาน คือ
 - โปรแกรมเทคโนโลยีชีววิทยาสังเคราะห์ (Synthetic biology technology)
 - โปรแกรมเทคโนโลยีชีวภาพเพื่ออุตสาหกรรมเกษตรสมัยใหม่ (Biotechnology for advanced agroindustry)

- เทคโนโลยีฐานด้านเทคโนโลยีโลหะและวัสดุ ประกอบด้วย 2 เทคโนโลยีฐาน คือ
 - โปรแกรมพัฒนาเทคโนโลยีฐานการวิจัยและพัฒนาวัสดุ
 - โปรแกรมพัฒนาเทคโนโลยีฐานด้านวิศวกรรมและวิเคราะห์ทดสอบของวัสดุและผลิตภัณฑ์
- เทคโนโลยีฐานด้านเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วย 2 เทคโนโลยีฐานคือ
 - โปรแกรมอุปกรณ์และระบบอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic devices & systems, EDS)
 - โปรแกรมวิทยาการสารสนเทศอัจฉริยะ (Smart informatics, SI)
- เทคโนโลยีฐานด้านนาโนเทคโนโลยี ประกอบด้วย 3 เทคโนโลยีฐานคือ
 - โปรแกรมเทคโนโลยีการออกแบบและสังเคราะห์วัสดุนาโน (Nanomaterials design and synthesis)
 - โปรแกรมเทคโนโลยีระบบวิศวกรรมนาโนและการผลิตขั้นสูง (Nanosystems, engineering and advanced manufacturing)
 - โปรแกรมเทคโนโลยีการตรวจวิเคราะห์มาตรวิทยา มาตรฐาน และความปลอดภัยด้านนาโนเทคโนโลยี (Nanoscale characterization on metrology, standard and safety)

5.1.1.2 ห้องปฏิบัติการวิจัยของศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ

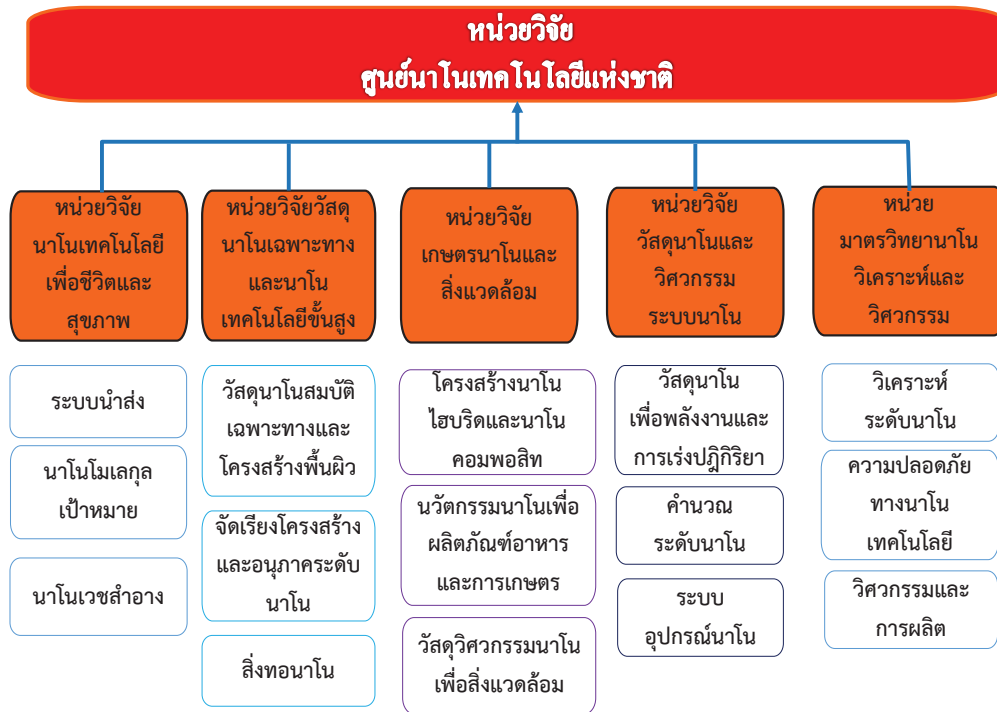
การบริหารงานวิจัยของศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ อยู่ภายใต้การกำกับดูแลของหน่วยวิจัย ซึ่งประกอบด้วย 5 หน่วยวิจัยย่อย อันประกอบด้วย

1. หน่วยวิจัยนาโนเทคโนโลยีเพื่อชีวิตและสุขภาพ
2. หน่วยวิจัยวัสดุนาโนเฉพาะทางและนาโนเทคโนโลยีขั้นสูง
3. หน่วยวิจัยเกษตรนาโนและสิ่งแวดล้อม
4. หน่วยวิจัยวัสดุนาโนและวิศวกรรมระบบนาโน
5. หน่วยมาตรวิทยานาโนวิเคราะห์และวิศวกรรม

และประกอบด้วยห้องปฏิบัติการรวมทั้งสิ้น 15 ห้องปฏิบัติการ ดังนี้

1. ห้องปฏิบัติการระบบนำส่ง
2. ห้องปฏิบัติการนาโนโมเลกุลเป้าหมาย
3. ห้องปฏิบัติการนาโนเวชสำอาง
4. ห้องปฏิบัติการวัสดุนาโนสมบัติเฉพาะทางและโครงสร้างพื้นผิว
5. ห้องปฏิบัติการจัดเรียงโครงสร้างและอนุภาคระดับนาโน
6. ห้องปฏิบัติการสิ่งทอนาโน
7. ห้องปฏิบัติการโครงสร้างนาโนไฮบริดและนาโนคอมพอสิต
8. ห้องปฏิบัติการนวัตกรรมนาโนเพื่อผลิตภัณฑ์อาหารและการเกษตร
9. ห้องปฏิบัติการวัสดุวิศวกรรมนาโนเพื่อสิ่งแวดล้อม
10. ห้องปฏิบัติการวัสดุนาโนเพื่อพลังงานและการเร่งปฏิกิริยา
11. ห้องปฏิบัติการคำนวณระดับนาโน
12. ห้องปฏิบัติการระบบอุปกรณ์นาโน

13. ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ระดับนาโน
14. ห้องปฏิบัติการความปลอดภัยทางนาโนเทคโนโลยี
15. ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมและการผลิต



5.1.2 เครือข่ายศูนย์ความเป็นเลิศ

ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติได้มีการทำความร่วมมือกับมหาวิทยาลัย โดยจัดตั้งศูนย์ความเป็นเลิศ (Center of excellence) 9 แห่ง เพื่อดำเนินงานการวิจัยและพัฒนาช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2555 - 2560 ซึ่งประกอบด้วย

1. ศูนย์ความเป็นเลิศนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ด้านวัสดุนาโนไฮบริดสำหรับพลังงานทางเลือก
2. ศูนย์ความเป็นเลิศนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีด้าน Nanoscale materials design for green
3. ศูนย์ความเป็นเลิศนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง ด้านอุปกรณ์นาโนอิเล็กทรอนิกส์
4. ศูนย์ความเป็นเลิศนาโนเทคโนโลยีสุรนารี ด้านวัสดุนาโนเพื่อสมบัติเฉพาะทางขั้นสูง
5. ศูนย์ความเป็นเลิศนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีด้านวัสดุและระบบอัจฉริยะ
6. ศูนย์ความเป็นเลิศนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีด้านระบบนำส่งยา
7. ศูนย์ความเป็นเลิศนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีด้านนาโนเทคโนโลยีสำหรับอาหารและการเกษตร
8. ศูนย์ความเป็นเลิศนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีด้านเทคโนโลยีนาโนในการวินิจฉัยและรักษามะเร็ง
9. ศูนย์ความเป็นเลิศนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีด้านวัสดุนาโนขั้นสูงสำหรับการผลิตและกักเก็บพลังงาน

5.2 การใช้แผนที่นำทางและการทบทวน

แนวโน้มการพัฒนานานาเทคโนโลยีของโลก มีการแข่งขัน การประดิษฐ์ คิดค้นสิ่งใหม่ๆ อยู่ตลอดเวลา ทำให้เกิดเทคโนโลยีใหม่ที่ดีกว่าและทำให้เทคโนโลยีเก่าล้าสมัยลงอย่างรวดเร็ว ภาคการวิจัย ภาคการศึกษา ภาคอุตสาหกรรม และประชาชน จึงต้องมีการปรับตัวและพัฒนาตัวเองขึ้น เพื่อให้ก้าวทันต่อองค์ความรู้ที่ยกระดับการพัฒนาในด้านต่างๆ ความต้องการเหล่านี้เป็นองค์ประกอบสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อข้อกำหนดยุทธศาสตร์ในการพัฒนาประเทศ ด้วยเหตุนี้แผนที่นำทางฉบับนี้จึงควรได้รับการทบทวนเพื่อปรับปรุงให้มีความสอดคล้องและมีความเหมาะสม กับสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างต่อเนื่อง

คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า แผนที่นำทางฉบับนี้จะถูกนำไปใช้เป็นกรอบแนวทางการดำเนินงานด้านการวิจัยและพัฒนาของหน่วยงานหรือองค์กรด้านการพัฒนานาเทคโนโลยีที่สำคัญของประเทศ ซึ่งจะทำให้เกิดการพัฒนานาเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่อง และสอดคล้องกับทิศทางที่กำหนด รวมถึงตอบสนองความต้องการของทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง

การติดตามประเมินผลและการปรับปรุงแผนที่นำทางฉบับนี้ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่การดำเนินงานด้านการวิจัยและพัฒนาทางด้านนาเทคโนโลยี อันจะส่งผลกระทบต่อความก้าวหน้าของประเทศทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม จึงควรมีการติดตามประเมินผลการดำเนินงานตามแผนที่นำทางอย่างจริงจังและต่อเนื่อง โดยวัดผลการประเมินจากการดำเนินโครงการวิจัยและพัฒนา และผลสัมฤทธิ์ที่สำคัญ (Key achievement) และความสำเร็จในการบรรลุเป้าหมายของขอบเขตการวิจัยตามที่กำหนดไว้ รวมถึงผลลัพธ์จากงานวิจัยที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงานภายใต้โครงการวิจัยที่สอดคล้องกับเป้าหมายและตรงตามเวลาที่ได้กำหนดไว้ในแผนที่นำทางฉบับนี้ รวมถึงงบประมาณที่ใช้ และจำนวนบุคลากร

ข้อมูลที่ได้จากการติดตามประเมินผลจะถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นร่วมกับการศึกษาแนวโน้มสถานการณ์ด้านนาเทคโนโลยีและข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อปรับปรุงแผนที่นำทางฉบับนี้ให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลง อันจะทำให้การดำเนินงาน มีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุดต่อประเทศ โดยกำหนดให้มีการติดตามประเมินผลและปรับปรุง แผนที่นำทางฉบับนี้ปีละ 1 ครั้ง เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการจัดทำแผนที่นำทางฉบับต่อไป



There are no
such things as
applied sciences,
only applications
of science.

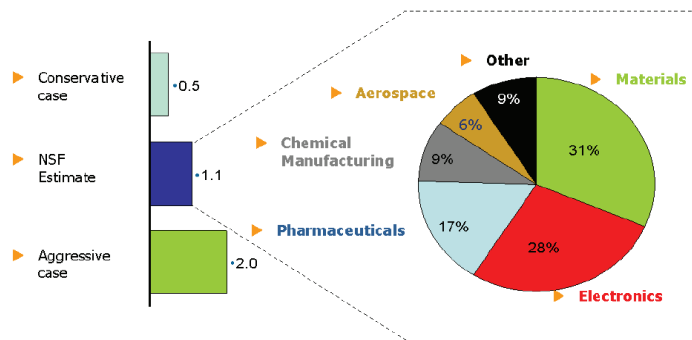
Louis Pasteur

ภาคผนวก (ก) บทวิเคราะห์แนวโน้มนาโนเทคโนโลยีของโลก

คุณเมธา จารัตนากร Managing Director บริษัท IP Commerce Co. Ltd. ได้นำเสนอข้อมูลการศึกษา Global Trend ซึ่งอ้างอิงข้อมูลของ Nanotechnology 2010: A sustainable basis for competitiveness and growth in Europe ที่กล่าวถึงมูลค่าตลาดสินค้านาโนเทคโนโลยีในปี พ.ศ. 2558 มีมูลค่าสูงถึง 35 ล้านบาท แบ่งตามกลุ่มสินค้าประเภทต่างๆ ดังภาพ

สถานะนาโนเทคโนโลยีระดับสากล

Nanotechnology Potential World Market Size by 2015 in USD trillion (NSF)



ที่มา :Report Nanotechnology 2010: a sustainable basis for competitiveness and growth in Europe

นอกจากนี้ยังนำเสนอข้อมูลผลการศึกษา Global Trend ของสำนักวิจัยต่างๆ ดังนี้

1. การคาดการณ์ 10 อันดับแนวโน้มด้านนาโนเทคโนโลยีในศตวรรษที่ 21 ของ Institute for GLOBAL FUTURES

1



The Top Ten Nanotech Trends for the 21st Century

6. Nano-enhanced humans will have physical, intellectual, and sensing powers superior to other humans.
7. Nanotech will provide a cheap and available source of energy.
8. Nano-factories will build on-demand products in an inexpensive, flexible, and rapid process.
9. Nanotech will revolutionize the global economy, providing Power Tools that will produce high-tech products with low-cost and low-tech resources.
10. Nanotech will create new choices that will alter human evolution, raise dramatic ethical issues, and challenge social norms.

Source : www.globalfuturist.com

2. ข้อมูลการศึกษาของ The American Society of Mechanical Engineers ที่ระบุ 5 สิ่งสำคัญของการพัฒนา นาโนเทคโนโลยี

2

The American Society Of Mechanical Engineers

1. Stronger Materials/Higher Strength Composites

2. Scalability of Production

3. More Commercialization

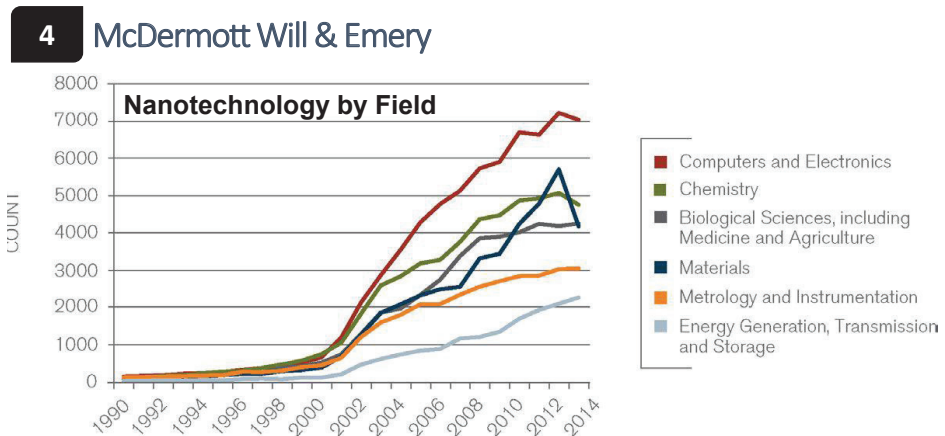
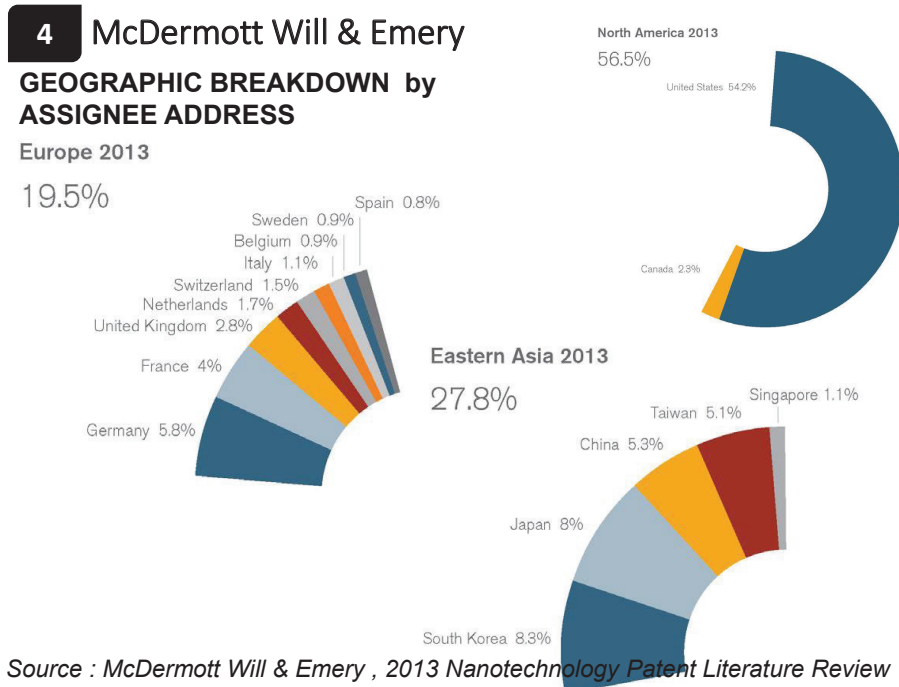
4. Sustainability

5. Nanomedicine

Source : www.asme.org, The American Society Of Mechanical Engineers

3. ข้อมูลการศึกษาของ Thomson Reuters ที่แสดงจำนวนบทความและสิทธิบัตรแยกตามหัวข้องานวิจัย ซึ่งแสดงทั้งจำนวน และอัตราการเติบโต และมีการสรุปเปรียบเทียบข้อมูลของ 10 ประเทศ ซึ่งมีแนวโน้มหัวข้องานวิจัยที่แตกต่างกันของฐานข้อมูลที่เป็นบทความเชิงวิชาการกับฐานข้อมูลสิทธิบัตร โดยสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากรายงานของ Thomson Reuters เรื่อง Strategic Review of the Nanotechnology Landscape 2013

4. ข้อมูลการศึกษาของ McDermott Will & Emery ซึ่งเป็นการแจกแจงการจดสิทธิบัตรแยกตามภูมิภาคในปี พ.ศ. 2556 การจัดลำดับการผลิตสิทธิบัตรแยกตามกลุ่มในปี พ.ศ. 2555 และ 2556 เจาะลึกเฉพาะ Carbon base และ กระจายตาม Application



Sector in 2012

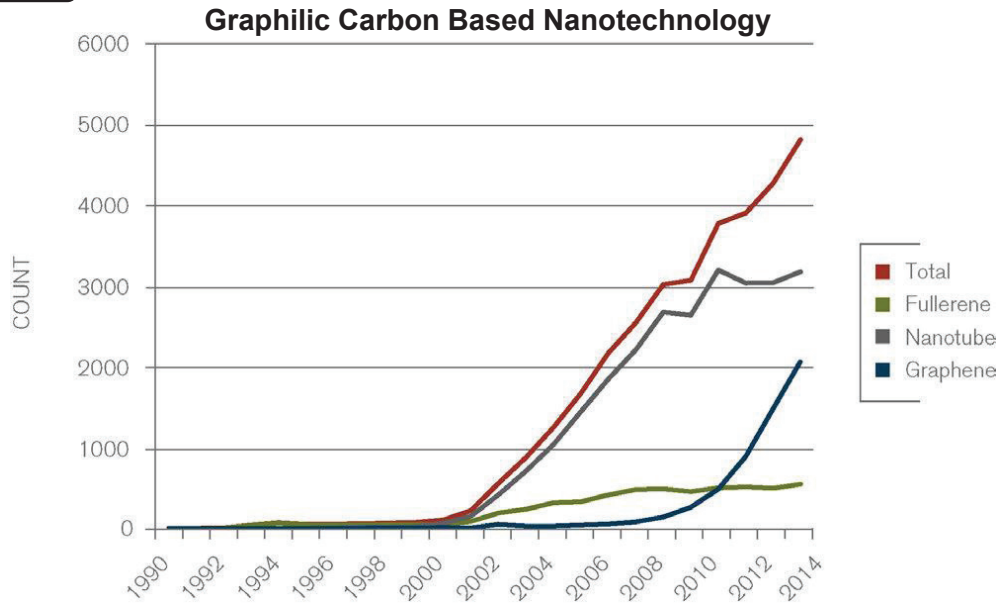
1. Computers and Electronics
2. Materials
3. Chemistry
4. Biotech

Sector in 2013

1. Computers and Electronics
2. Chemistry
3. Biotech
4. Materials (Decreasing Trend)

Source : McDermott Will & Emery , 2013 Nanotechnology Patent Literature Review

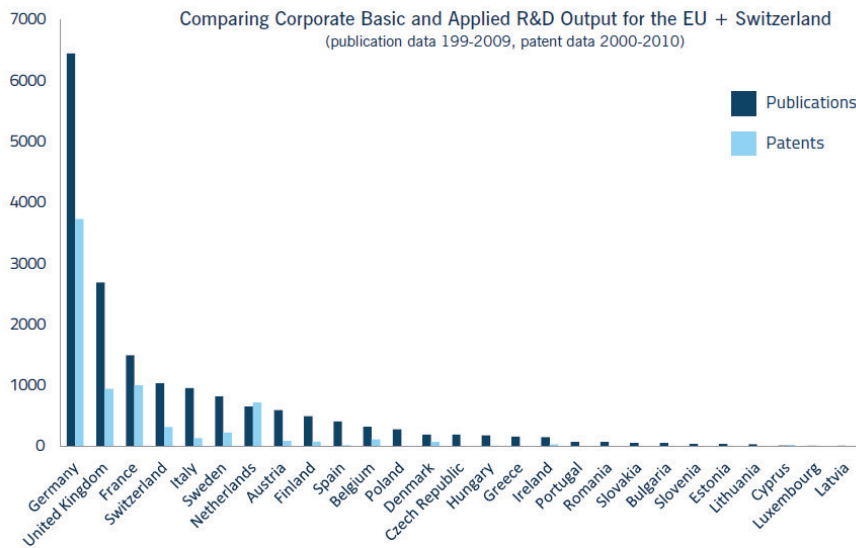
4 McDermott Will & Emery



Source : McDermott Will & Emery , 2013 Nanotechnology Patent Literature Review

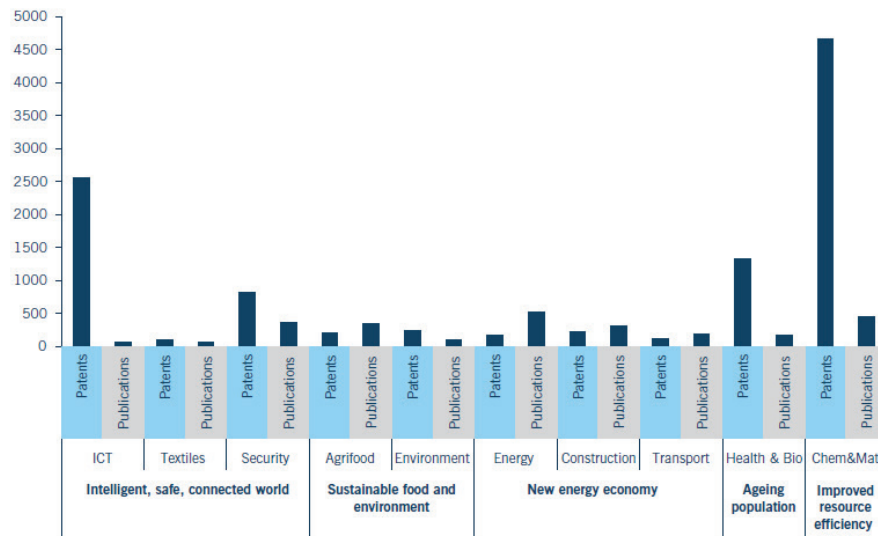
5. ข้อมูลการศึกษา The European Nanotechnology Landscape Report ที่รายงานจำนวนบทความและสิทธิบัตรแยกตามประเทศ และกลุ่มผลิตภัณฑ์

EU Nanotechnology landscape



Source : The European Nanotechnology Landscape Report

EU Nanotechnology landscape



Source : *The European Nanotechnology Landscape Report*

6. ข้อมูลการศึกษา Global Nanotechnology Trends at Nano Tech 2013 จาก www.nanowerk.com ซึ่งได้สรุปหัวข้อการวิจัยที่มุ่งเน้นแยกตามประเทศ

Nanotechnology Trends by Country

1. Italy, 55% public research institutions : 45% private companies.

- Structural/functional materials
- Nano-medicine/-biotechnology
- Nano-electronics and nano-optics

2. The Czech Republic

- Nano-fiber market : Elmarco has built a prototype nanofiber equipment for manufacturing non-woven fabric, based on its unique Nano-spider technology developed through industry-academia partnership

Source : [Global nanotechnology trends at nano tech 2013](http://www.nanowerk.com) , www.nanowerk.com

Nanotechnology Trends by Country

3. **German** : Impressive lineup of German nanotechnology companies and research institutions The Federal German Government announced the “Action Plan Nanotechnology 2015” in 2010. important contributions to the 5 priority areas of the High Tech Strategy for Germany
 - Climate/Energy
 - Health/Food
 - Mobility and security

4. **Japans** most international technology exhibition, Japan offers innovative nanotech solutions. They will exhibit various technologies and products at the core of nanotechnology,
 - Nanomaterials
 - Nano-assessment
 - Nano-measurement technologies/equipment
 - Nano-processing technologies/equipment.

Source : [Global nanotechnology trends at nano tech 2013](#) , www.nanowerk.com

ซึ่งอาจกล่าวโดยสรุปแนวโน้มได้ดังนี้

Nanotechnology Strategic trends

➤ Enabling Public-Private Partnership & Commercialization

➤ Global Trend :

=> Energy(Growth) , Electronic(Volume) , Chemistry , Material , Biotech

=> Industrial selective behaviour :

- 1) High value added products & industries
- 2) High investment power
- 3) Cross Technology & Industry

➤ Country Strategy :

=> Customization depend on economy, infrastructure, resource, existing technology.

=> Focus strategic technology, create technology road map, and cluster development.

Analyser : Metha Jaratanakorn

คำสั่งสำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ

ที่ 45 / 2558

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการกำกับวิชาการโครงการจัดทำแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนา

นาโนเทคโนโลยีของประเทศไทย พ.ศ. 2560 - 2564

โดยที่เป็นการสมควรปรับปรุงองค์ประกอบของคณะกรรมการกำกับวิชาการโครงการจัดทำแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศไทย พ.ศ. 2560-2564 ให้เป็นไปอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 27 แห่งพระราชบัญญัติว่าด้วยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ พ.ศ. 2551 สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ จึงมีคำสั่ง ดังนี้

1. ให้ยกเลิกคำสั่งสำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติที่ 39/2558 เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการกำกับวิชาการโครงการจัดทำแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศไทย พ.ศ. 2560 - 2564 ลงวันที่ 4 มิถุนายน 2558

2. แต่งตั้งคณะกรรมการกำกับวิชาการโครงการจัดทำแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศไทย พ.ศ. 2560 - 2564 โดยมีองค์ประกอบ ดังต่อไปนี้

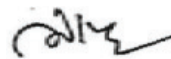
- | | |
|-------------------------------|---------------------|
| 1. นายชาติ ศรีไพพรรณ | ที่ปรึกษา |
| 2. นายนเรศ ดำรงชัย | ที่ปรึกษา |
| 3. นายสิริฤกษ์ ทรงศิวิไล | ประธานกรรมการ |
| 4. นายพิเชษฐ ลิ่มสุวรรณ | กรรมการ |
| 5. นางบังอร ศรีพานิชกุลชัย | กรรมการ |
| 6. นางสุภา หารหนองบัว | กรรมการ |
| 7. นางสาวเพริศพิชญ์ คณาธารณา | กรรมการ |
| 8. นายเชษฐพร เต็งอำนวย | กรรมการ |
| 9. นางสาวอุไร เชื้อเย็น | กรรมการ |
| 10. นายรุ่ง คิวรัตน์ | กรรมการ |
| 11. นายธนาพันธ์ อรรถเดชดำรง | กรรมการ |
| 12. นายธีระชัย พรลินศิริรักษ์ | กรรมการ |
| 13. นางสาวสุพินยา อุปลกะลิน | กรรมการ |
| 14. นายสุรชัย สถิตคุณารัตน์ | กรรมการและเลขานุการ |

3. ให้คณะกรรมการตามข้อ 2 มีอำนาจหน้าที่ ดังนี้

- (1) พิจารณาให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ต่อโครงการจัดทำแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนา นาโนเทคโนโลยีของประเทศไทย พ.ศ. 2560 - 2564
- (2) กำกับดูแลและติดตามการดำเนินงานของคณะทำงานโครงการจัดทำแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนา นาโนเทคโนโลยีของประเทศไทย พ.ศ. 2560 - 2564
- (3) พิจารณาเห็นชอบแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนา นาโนเทคโนโลยีของประเทศไทย พ.ศ. 2560 - 2564 เพื่อนำเสนอต่อสำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ
- (4) ปฏิบัติงานอื่นตามที่เลขาธิการสำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติมอบหมาย

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป และให้มีวาระการดำรงตำแหน่ง 2 ปี

สั่ง ณ วันที่ 16 กรกฎาคม พ.ศ. 2558



(นายพิเชฐ ดุรงคเวโรจน์)

เลขาธิการสำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์
เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ

คำสั่งสำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ
ที่ 58 / 2558

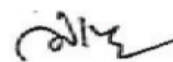
เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการกำกับวิชาการโครงการจัดทำแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนา
นาโนเทคโนโลยีของประเทศไทย พ.ศ. 2560 - 2564 (ฉบับที่ 2)

ตามที่สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติได้มีคำสั่งที่ 45/2558 ลงวันที่ 16 กรกฎาคม พ.ศ. 2558 แต่งตั้งคณะกรรมการกำกับวิชาการโครงการจัดทำแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนานาโนเทคโนโลยีของประเทศไทย พ.ศ. 2560 - 2564 นั้น ปรากฏว่าค่านำหน้าชื่อของคณะกรรมการบางรายมีความคลาดเคลื่อน จึงสมควรดำเนินการแก้ไขให้ถูกต้อง

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 27 แห่งพระราชบัญญัติว่าด้วยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ พ.ศ. 2551 สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ จึงให้แก้ไขค่านำหน้าชื่อของนายธนนันท์ อรรถเดชดำรง เป็น นางสาวธนนันท์ อรรถเดชดำรง กรรมการในคณะกรรมการกำกับวิชาการโครงการจัดทำแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนานาโนเทคโนโลยีของประเทศไทย พ.ศ. 2560 - 2564

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ 9 กันยายน พ.ศ. 2558



(นายพิเชฐ ดุรงคเวโรจน์)

เลขาธิการสำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์
เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ

ภาคผนวก (ง)

คำสั่งสำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ

ที่ 38 / 2558

เรื่อง แต่งตั้งคณะทำงานด้านเทคนิคโครงการจัดทำแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนา

นาโนเทคโนโลยีของประเทศไทย พ.ศ. 2560 - 2564

โดยที่เป็นการสมควรให้มีคณะทำงานด้านเทคนิคโครงการจัดทำแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนานาโนเทคโนโลยีของประเทศไทย พ.ศ. 2560 - 2564 เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 27 แห่งพระราชบัญญัติว่าด้วยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ พ.ศ. 2551 สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ จึงแต่งตั้งคณะทำงานด้านเทคนิคโครงการจัดทำแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนานาโนเทคโนโลยีของประเทศไทย พ.ศ. 2560 - 2564 โดยมีองค์ประกอบ ดังต่อไปนี้

- | | |
|------------------------------|--------------------------|
| 1. นางฉลอง เลาจรีกุล | ที่ปรึกษา |
| 2. นายศิรศักดิ์ เทพาคำ | ประธานกรรมการ |
| 3. นางพัชรี กุลปวีณ | รองประธานกรรมการ |
| 4. นายธีระพล ศรีชนะ | คณะทำงาน |
| 5. นายมงคล สุขวัฒนาสินิทธิ | คณะทำงาน |
| 6. นายสิทธิ์ สาธรสุมณี | คณะทำงาน |
| 7. นายจำรัส ลิ้มตระกูล | คณะทำงาน |
| 8. นายจิติ หนูแก้ว | คณะทำงาน |
| 9. นายธนากร ไอสถจันทร์ | คณะทำงาน |
| 10. นายชูกิจ ลิ้มปิจำนงค์ | คณะทำงาน |
| 11. นายวิทยา อมรกิจบำรุง | คณะทำงาน |
| 12. นายจตุพร วุฒิภินกกาญจน์ | คณะทำงาน |
| 13. นางอุรษา รักษ์ตานนท์ชัย | คณะทำงาน |
| 14. นายชจรศักดิ์ เฟื่องนวกิจ | คณะทำงาน |
| 15. นายวิงค์ กังวานศุภมงคล | คณะทำงาน |
| 16. นายเมธา จารัตนากร | คณะทำงาน |
| 17. นายอุดม อัคราภิรมย์ | คณะทำงาน |
| 18. นางกัญญา สิทธิสงวน | คณะทำงานและเลขานุการร่วม |
| 19. นายอังคาร วงษ์ดีไทย | คณะทำงานและเลขานุการร่วม |

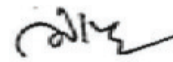
20. นายพงศ์สิทธิ์ รัตนกรวิทย์ คณะทำงานและผู้ช่วยเลขานุการร่วม
21. นายอภิชาติ อภัยวงศ์ คณะทำงานและผู้ช่วยเลขานุการร่วม

ให้คณะทำงานดังกล่าวมีอำนาจหน้าที่ดังต่อไปนี้

- (1) กำหนดแนวทางการดำเนินงานโครงการจัดทำแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศไทย พ.ศ. 2560 - 2564
- (2) รวบรวมเนื้อหาและประเด็นวิชาการ วิเคราะห์และจัดทำแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศไทย พ.ศ. 2560 - 2564
- (3) รายงานผลการดำเนินงานภายใต้โครงการจัดทำแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศไทย พ.ศ. 2560 - 2564 ต่อสำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ
- (4) ปฏิบัติงานอื่นตามที่เลขาธิการสำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติมอบหมาย

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป และให้มีระยะเวลาการปฏิบัติงาน 2 ปี

สั่ง ณ วันที่ 3 มิถุนายน พ.ศ. 2558



(นายพิเชฐ ดุรงคเวโรจน์)

เลขาธิการสำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์
เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ

ภาคผนวก (จ)

รายชื่อผู้เข้าร่วมประชุมพิจารณา

(ร่าง) แผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีประเทศไทย พ.ศ. 2560 - 2564

เมื่อ 15 กุมภาพันธ์ 2559 ณ ห้องบัวหลวง อาคารจัตุรัสจามจุรี ชั้น 14

1. คุณธารททิพย์ พิสุทธิสุวรรณ	IP Commercial Co.,LTD.
2. คุณเมธา จารัตนากร	IP Commercial Co.,LTD.
3. คุณลภัสสรดา พุ่ยรอด	IP Commercial Co.,LTD.
4. คุณสรณ ภัทรพิพัฒน์โกค	IP Commercial Co.,LTD.
5. คุณสุรพันธ์ เหลืองวุฒิมังษ์	บริษัท STB
6. คุณจินนรงค์ อัครเรืองชัย	Thai Kansai Paint Co.Ltd.
7. คุณกานต์ เกียรติเฟื่องฟู	บริษัท Tipco Food
8. คุณสมรัตน์ บวชเหตุ	กรมประชาสัมพันธ์
9. คุณชาญยุทธ ทรงอินตา	กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)
10. ดร.จริยาวดี ศิริจันทร์	กรมวิทยาศาสตร์บริการ โครงการฟิลิกส์และวิศวกรรม
11. คุณจุฬารณย์ พกสกุล	กรมส่งเสริมการเกษตร
12. คุณเชาวพรรณ อัครวิสิทธิ์กุล	กรมส่งเสริมการเกษตร
13. คุณโอฬาร พิทักษ์	กรมส่งเสริมการเกษตร
14. คุณประภา ยอดแก้ว	กรมส่งเสริมสหกรณ์
15. คุณโอภาส กลั่นบุศย์	กรมส่งเสริมสหกรณ์
16. คุณทวีศักดิ์ วิวัฒน์วิทยาวงศ์	กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม
17. ดร.วรวิทย์ จิรัจิติเจริญ	กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม
18. คุณพิมพ์นารา จิธานิศนันท	กลุ่มการค้าและบรรจุกภัณฑ์
19. คุณธีระพล ตีรวคิน	กลุ่มอุตสาหกรรมเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อม สภาอุตสาหกรรมฯ
20. คุณสุกฤตย์ สุรบถโสภณ	กลุ่มอุตสาหกรรมโรงกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม สภาอุตสาหกรรมฯ
21. คุณนาถประภา ยอดแก้ว	กองพัฒนาสหกรณ์การเกษตรและกลุ่มเกษตรกร
22. คุณจามร อยู่เย็น	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
23. คุณธวัชชัย ชรินพานิชกุล	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
24. ศ.ดร.มงคล สุขวัฒนาลินธิ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
25. ดร.วุฒิชัย พาราสุข	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
26. ดร.ศุภิชัย ตั้งใจตรง	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
27. ผศ.ดร.นพ.อมรพันธุ์ เสรีมาศพันธุ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย คณะแพทยศาสตร์

- | | |
|------------------------------------|---|
| 28. รศ.ภก.ดร.นิจศิริ เรืองรังษี | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย คณะเภสัชศาสตร์ |
| 29. รศ.ภญ.ดร.วรางคณา วารีน้อยเจริญ | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย คณะเภสัชศาสตร์ |
| 30. คุณพอพันธ์ พันธุ์เกตุมงคล | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ |
| 31. ศ.ดร.ราม ปิยะเกตุ | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ |
| 32. ดร.รัฐพล รังกุพันธุ์ | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ |
| 33. คุณเชิญพร เต็งอำนวยการ | บริษัท เกร็ดเดอร์ ฟาร์ม่า จำกัด |
| 34. ภญ.สุวัฒนา จารุมลีนท | บริษัท เกร็ดเดอร์ ฟาร์ม่า จำกัด |
| 35. น.สพ.กิตติ ทรัพย์ชุกุล | บริษัท คลีน กรีนเทค จำกัด |
| 36. คุณสมภาพร ขำเจริญ | บริษัท ทีโอเอ เพ้นท์ (ประเทศไทย) จำกัด |
| 37. คุณยงยุทธ นอละออ | บริษัท ไทยเอบีเอส จำกัด |
| 38. คุณศุภสิทธิ์ ธีระนันท์ | บริษัท ไทยเอบีเอส จำกัด |
| 39. คุณเอกวัฒน์ แซ่สูงุทธา | บริษัท ไทยเอบีเอส จำกัด |
| 40. คุณพิชัย นวภัทรพงศ์ | บริษัท นาโนเมททีเรียลส์ เทคโนโลยี จำกัด |
| 41. คุณประวิทย์ ประกฤตศรี | บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด |
| 42. ดร.กันต์ กังวานสายชล | บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) สถาบันวิจัยและเทคโนโลยี |
| 43. คุณศักดิ์สิทธิ์ แปลงเงิน | บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน) |
| 44. ผศ.ดร.อรธิตา แซ่ไคว | บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน) |
| 45. คุณวิศิษฐ์ สุเมธเสนีย์ | บริษัท พัฒนาผ้าไทย จำกัด |
| 46. คุณชาญณรงค์ เตชะอังกูร | บริษัท มิลลิเมด จำกัด |
| 47. คุณพิชัย อุตมาภินันท์ | บริษัท ยูโนเด็ต เท็กซ์ไทล์มิลล์ จำกัด |
| 48. คุณศักดิ์ศรี อาภาศิริผล | บริษัท โยโกฮามาโตรี แมนูแฟคเจอร์ริง (ประเทศไทย) จำกัด |
| 49. คุณศุภรติษฐ์ หริตวร | บริษัท ล็อกเล่ย์ จำกัด (มหาชน) |
| 50. คุณกรรช วงศ์วรรณ | บริษัท ลานนาเกษตรอุตสาหกรรม จำกัด |
| 51. คุณกิตติพงษ์ บุญทะจิตต์ | บริษัท ลิตเติลเรย์ จำกัด |
| 52. คุณณัฐชานันท์ พิทักษ์ชัยชาญ | บริษัท วิจัยและพัฒนาพอลิเมอร์ จำกัด |
| 53. คุณบำรุง เจษฎาพงศ์ไพบูลย์ | บริษัท วิจัยและพัฒนาพอลิเมอร์ จำกัด |
| 54. คุณปฐมพงศ์ พันธุ์กมล | บริษัท วิจัยและพัฒนาพอลิเมอร์ จำกัด |
| 55. คุณวินัย โชติเหียรชัย | บริษัท เวท ซุปพีเรีย คอนซัลแตนท์ จำกัด |
| 56. คุณชาตรี วัจนละญาณ | บริษัท สยามมอเตอร์ เฟลม จำกัด |
| 57. คุณนรินทร์ เชี่ยวชาญณรงค์ | บริษัท สยามมอเตอร์ เฟลม จำกัด |
| 58. ดร.เปรมวิทย์ จรีเวฬุโรจน์ | บริษัท สุพรีมโปรดักส์ จำกัด |
| 59. คุณวารารณ กิตติพันธ์วรกุล | บริษัท สุพรีมโปรดักส์ จำกัด |
| 60. นพ.สิทธิชัย พุทธิประเสริฐ | บริษัท สุพรีมโปรดักส์ จำกัด |
| 61. คุณศุภกิตต์ จตุรนต์รศมี | บริษัท อินเตอร์เนชั่นแนล แลบบอราทอรีส์ จำกัด |
| 62. คุณชวลิต สกุลดำรงพานิชย์ | บริษัท แอ็ดวานเอเซีย จำกัด |
| 63. คุณกษนิภา มณีวรร | บริษัท ไออาร์พีซี จำกัด (มหาชน) (IRPC) |
| 64. คุณกรรช ปรางทอง | บริษัท ไออาร์พีซี จำกัด (มหาชน) (IRPC) |

- | | |
|-----------------------------------|--|
| 65. คุณชัชวรินทร์ ช่างทอง | บริษัท โออาร์พีซี จำกัด (มหาชน) (IRPC) |
| 66. คุณศิริินภา สันติภาณุโสภณ | บริษัท โออาร์พีซี จำกัด (มหาชน) (IRPC) |
| 67. คุณพงษ์สิทธิ์ ธีระนันท์ | บริษัท โออาร์พีซี จำกัด (มหาชน) (IRPC) |
| 68. รศ.ดร.กิตติชัย ไตรรัตนศิริชัย | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 69. ศ.ดร.ศุภชัย ปทุมนากุล | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 70. ศ.ดร.บังอร ศรีพานิชกุลชัย | มหาวิทยาลัยขอนแก่น คณะเภสัชศาสตร์ |
| 71. รศ.ดร.จตุพร วุฒิกนกกาญจน์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจธ.) |
| 72. ศ.ดร.นวดล เหล่าศิริพันธ์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจธ.) |
| 73. ศ.ดร.พิเชษฐ ลิ้มสุวรรณ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจธ.) |
| 74. รศ.ดร.วีระศักดิ์ สุระเรืองชัย | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจธ.) |
| 75. ดร.สุกัญญา แซ่เอี้ยว | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจธ.) |
| 76. ศ.ดร.ชูกิจ ลิมปิจำนงค์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี |
| 77. รศ.ดร.ประยูร ส่งลิริฤทธิกุล | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี |
| 78. รศ.ดร.เนติ วระนุช | มหาวิทยาลัยนเรศวร |
| 79. ผศ.ดร.เอกรัฐ ศรีสุข | มหาวิทยาลัยบูรพา |
| 80. ผศ.ดร.ดาครอง พิศสุวรรณ | มหาวิทยาลัยมหิดล |
| 81. ศ.ดร.สุทัศน์ ฟูเจริญ | มหาวิทยาลัยมหิดล |
| 82. ศ.ดร.อภิชาติ สุขสำราญ | มหาวิทยาลัยรามคำแหง |
| 83. รศ.ดร.เพริศพิชญ์ คณาธารณา | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ |
| 84. คุณสุดาวัลย์ ตั้งอิทธิศักดิ์ | วิจัยและพัฒนา |
| 85. คุณเสวี ธรรมเสริมสุข | วิจัยและพัฒนา |
| 86. ดร.อารี ธนบุญสมบัติ | ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ |
| 87. รศ.ดร.ศรัณย์ ลัมฤทธิ์เดชขจร | ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ |
| 88. คุณกัญญา สิทธิสงวน | ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ |
| 89. ดร.ขจรศักดิ์ เพ็ญนวกิจ | ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ |
| 90. ภาณุ.ดร.ฉลอง เลาจรกิจกุล | ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ |
| 91. คุณจิตติมา จันทนโสตร์ | ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ |
| 92. คุณณัฐพร พิมพะ | ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ |
| 93. คุณทิพย์ฉัตร ทิพย์บำรุง บัวสม | ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ |
| 94. คุณธนากร เจริญรัตน์ | ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ |
| 95. คุณปวีณา รัตนมาศ | ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ |
| 96. คุณพงศ์สิทธิ์ รัตนกรวิทย์ | ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ |
| 97. คุณวรัญญา เดชบุญยง | ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ |
| 98. คุณวียงค์ กังวานศุภมงคล | ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ |
| 99. ดร.สัณชัย บุบูรณ์ | ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ |
| 100. ศ.นพ.สิริฤกษ์ ทรงศิริไฉ | ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ |
| 101. คุณสุกัญญา หงษา | ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ |

102. คุณสุพินยา อุปลกะลิน	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
103. คุณสุรัตน์ จันทร์ักษ์	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
104. ดร.อรรณพ คล้าชื่น	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
105. ดร.นตพร จันทร์วราสุทธิ	ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ (ไบโอเทค)
106. คุณนवलพรรณ ชำนิ	ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ (ไบโอเทค)
107. คุณลักษมี ศุกระกาญจนะ	ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ (ไบโอเทค)
108. ดร.มงคล เวสารัชเวศย์	ศูนย์วิทยาศาสตร์เบทาโกร
109. ดร.รุ่งเรือง สายพวรรณ	สถาบันพลังงานเพื่ออุตสาหกรรม
110. คุณจารุวุฒิ วราภรณ์	สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
111. คุณสมบูรณ์ หอดระกูล	สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
112. ดร.จริยา บัวเจริญ	สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
113. คุณเนตติกานต์ แก้วขอมดี	สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
114. คุณรัชนิดา นิติพัฒน์ภิรักษ์	สถาบันยานยนต์
115. คุณวิชัย จิราธิยุต	สถาบันยานยนต์
116. คุณผกาภาค เลียงธนะถุภษ	สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย (TDRI)
117. คุณมนภัทร จงดีไพศาล	สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย (TDRI)
118. นพ.พีรพล สุทธิวิเศษศักดิ์	สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข (สวรส.)
119. คุณสุธีรา อาจเจริญ	สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข (สวรส.)
120. ดร.ภญ.ชัชฎา โพธิ์ทุกณะ	สถาบันวิจัยและพัฒนา องค์การเภสัชกรรม
121. คุณคณิงนุช แก้วทรัพย์ศักดิ์	สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)
122. ดร.ลักษณา กรีธาเวทย์	สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)
123. คุณศิริพันธ์ ทับทิมเทศ	สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)
124. คุณศิริพร ลากเกียรติถาวร	สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)
125. ดร.พินิจ กิจขุนทด	สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (สช.)
126. ดร.สมชาย ต้นชราภรณ์	สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (สช.)
127. คุณธนัฐ เกศรินทร์	สถาบันอาหาร
128. คุณจินดา เอี่ยมพงษ์	สภาหอการค้าแห่งประเทศไทย
129. คุณชัชชนันท์ ถนอมวรสิน	สภาหอการค้าแห่งประเทศไทย
130. คุณเบญจวรรณ บุตรน้ำเพชร	สภาหอการค้าแห่งประเทศไทย
131. ดร.วิรินยาอร เหลืองบริบูรณ์	สภาหอการค้าแห่งประเทศไทย
132. ดร.เสกสรรค์ พรหมนิช	สภาหอการค้าแห่งประเทศไทย
133. คุณปกรณ์ วิสวานุศิษย์	สภาอุตสาหกรรมฯ
134. คุณวิสูตร ประสิทธิ์ศิริวงศ์	สำนักงาน ก.พ.
135. คุณธนวรรณ ศรีทอง	สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
136. ศ.ดร.ประมวล ตั้งบริบูรณ์รัตน์	สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
137. ดร.ณัฐพันธุ์ ศุภกา	สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ
138. คุณศิริศักดิ์ ศิริสวัสดิ์	สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.)

139. คุณอาภรณ์ แก่นวงศ์	สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.)
140. ดร.สุรชัย สถิตคุณารัตน์	สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ
141. ดร.อังคาร วงษ์ดีไทย	สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ
142. รศ.ดร.อดิศักดิ์ เพชรจรุส	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)
143. นพ.บุญชัย สมบูรณ์สุข	สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา
144. คุณวินิต อัครกิจวีรี	สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา
145. คุณศุภสิพร ศรีพัฒนะพิพัฒน์	สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.)
146. รศ.ดร.วิทยา วิภาวิวัฒน์	สำนักงานวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
147. คุณณัฐวารีย์ น้อยบุญญา	สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม
148. คุณธนวัฒน์ ไทยแก้ว	สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม
149. คุณอรวรรณ วัฒนยมนาพร	สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม
150. รศ.ดร.จรัญ บุญกาญจน์	สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และทรัพยากร
151. ภาณุ.นันทกาญจน์ สุวรรณปฏิภนกุล	องค์การเภสัชกรรม
152. ดร.ภญ.สุจิตรา คชเสนี	องค์การเภสัชกรรม

อภิธานศัพท์ (Glossary)

Ab initio calculation	การคำนวณ (สมบัติของวัสดุ) จากรากฐาน	คำว่า <i>Ab initio</i> หรือ First principles calculations คือ การคำนวณสมบัติของวัสดุจากรากฐาน ความรู้เพียงว่าแต่ละอะตอมของธาตุมีอิเล็กตรอน (และโปรตรอน) กี่ตัว โดยไม่ใช้ความรู้จากการทดลองมาใช้ในการประมาณสมบัติ ซึ่งการคำนวณแบบนี้จะตรงข้ามกับการคำนวณแบบ Empirical ซึ่งใช้ข้อมูลจากการวัดมาสร้างสมการ โดยการปรับสมมติฐานให้เข้ากันได้กับข้อมูล
Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)	สเปกโทรสโกปีแบบการดูดกลืนระดับอะตอม	เทคนิคการวิเคราะห์ธาตุแบบหนึ่งซึ่งสามารถทำได้ทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณวิเคราะห์ โดยสามารถวิเคราะห์หาปริมาณธาตุโลหะหนักที่มีจำนวนน้อยๆ เป็นกระบวนการที่อะตอมอิสระ (Free atom) ของธาตุดูดกลืน (Absorb) แสงที่มีความยาวคลื่นระดับหนึ่งโดยจำเพาะ ขึ้นอยู่กับระดับพลังงานจำเพาะของธาตุนั้นๆ พลังงานที่มีระดับพอดีกับธาตุนั้นจะทำให้อิเล็กตรอนเปลี่ยนสถานะจากสถานะพื้น (Ground state) ไปเป็นสถานะกระตุ้น (Excited state)
Atomic Force Microscopy (AFM)	จุลทรรศน์ศาสตร์แรงอะตอม	กระบวนการสร้างภาพด้วยกล้องที่ใช้แสงเลเซอร์ผ่านไปที่ส่วนปลายแหลม เมื่อปลายแหลมลากผ่านโครงสร้างระดับนาโนจะเกิดแรงเชิงสัมพันธ์ ซึ่งจะถูกนำมาแปรสัญญาณและนำมาสร้างเป็นภาพพื้นผิวที่มีลักษณะโครงสร้างระดับอะตอมซึ่งสามารถแสดงผลได้บนจอภาพ
Atomic Layer Deposition (ALD)	การเคลือบฟิล์มบางระดับชั้นอะตอม	กระบวนการเคลือบฟิล์มบางจากสารอนินทรีย์ที่สามารถควบคุมความหนาอย่างแม่นยำในระดับอะตอม โดยมีความสม่ำเสมอทั้งบนผิวเรียบและพื้นผิวรูปร่างซับซ้อน โดยทั่วไปการเคลือบผิวชนิดนี้ทำในเครื่องปฏิกรณ์ (Reactor) แบบปิด โดยให้พื้นผิวที่ต้องการเคลือบสัมผัสกับอากาศซึ่งมีก๊าซที่เป็นตัวตั้งต้นของสารเคลือบอยู่ สารเคลือบจะเกิดขึ้นและเคลือบลงบนพื้นผิวโดยปฏิกิริยาเคมีในสภาวะดังกล่าว
Bioimaging	การถ่ายภาพเชิงชีววิทยา	เทคนิคในการถ่ายภาพ 2 หรือ 3 มิติ เพื่อใช้ศึกษาชีวโมเลกุล หรือกระบวนการทางชีวภาพต่างๆ ด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่ใช้แสงธรรมดา หรือใช้กล้องจุลทรรศน์ร่วมกับเทคนิคอื่นๆ เช่น ฟลูออเรสเซนส์ รังสีเอกซ์ เรโซแนนซ์แม่เหล็ก หรือใช้ร่วมกับกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

Bio-mimetic nanomaterial	วัสดุนาโนชนิดเลียนแบบชีวภาพ	การพัฒนาวัสดุนาโนที่ลอกเลียนแบบปรากฏการณ์ตามธรรมชาติ
Carbon nanotube	ท่อนาโนคาร์บอน	วัสดุนาโนที่ประกอบด้วยธาตุคาร์บอนล้วน มีสมบัติเชิงกลและสมบัติอื่นอีกหลายประการที่เหนือกว่าหรือไม่พบในวัสดุทั่วไป เนื่องจากมีโครงสร้างระดับโมเลกุลที่อะตอมคาร์บอนยึดติดกันด้วยพันธะเคมีที่แข็งแรง เป็นรูปผืนตาข่ายและม้วนเป็นท่อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.4 - 4.0 นาโนเมตร
Chemisorption	การดูดซับทางเคมี	เทคนิคการดูดซับด้วยแรงกระทำที่แข็งแรง อันเนื่องจากการเกิดพันธะเคมีระหว่างอะตอมผิวหน้าของตัวดูดซับ (adsorbent) กับตัวถูกดูดซับ (adsorbate) มีค่าความร้อนของการดูดซับสูง การดูดซับชนิดนี้ค่อนข้างจำเพาะเจาะจง โดยขึ้นกับสมบัติระหว่างผิวหน้าของตัวดูดซับและโมเลกุลของตัวถูกดูดซับ นิยมใช้ศึกษาสมบัติการดูดซับของวัสดุ เช่น สมบัติของตัวเร่งปฏิกิริยา
Density Functional Theory (DFT)	ทฤษฎีฟังก์ชันเชิงความหนาแน่น	ทฤษฎีการคำนวณในระดับควอนตัมที่ใช้ทั้งฟิสิกส์ เคมี และวัสดุศาสตร์ร่วมกัน เพื่อให้สามารถคำนวณสถานะอิเล็กทรอนิกส์ของระบบโมเลกุลและสารที่มีหลายอิเล็กตรอนได้
Dynamic light scattering (DLS)	การกระเจิงแสงแบบพลวัต	เทคนิควัดการกระเจิงของความเข้มแสง หรือเรียกว่า photo correlation spectroscopy (PCS) ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้วัดขนาดของสารตัวอย่างในระดับนาโนเมตรได้ตั้งแต่ 0.005 - 5 ไมโครเมตร สำหรับอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 5 ไมโครเมตร จะเกิดการแพร่กระจายอย่างสุ่ม (randomly diffuse) ไปทั่วตัวกลาง
Field Emission Scanning Electron Microscopy (FESEM)	กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดชนิดปล่อยสนาม	กระบวนการสร้างภาพด้วยกล้องที่มีกำลังขยายระดับ 1,000,000 เท่า เพื่อศึกษาโครงสร้างระดับจุลภาค ใช้แพร่หลายทั้งในการวิจัยและการผลิตภาคอุตสาหกรรม FESEM ทำให้ศึกษาโครงสร้างระดับไมโครหรือนาโนได้ และหากเชื่อมต่อกับอุปกรณ์วิเคราะห์ธาตุเชิงพลังงาน (Energy Dispersive X-Ray Spectrometer, EDS) จะช่วยในการศึกษาชนิด ปริมาณ และการกระจายขององค์ประกอบธาตุของวัสดุที่ศึกษาได้ อีกทั้ง FESEM ยังเชื่อมต่อกับอุปกรณ์หรือหัววัดอื่นๆ ได้อีกหลายแบบ เช่น ใช้วิเคราะห์การเรียงตัวของผลึกได้ โดยใช้สัญญาณจากการเลี้ยวเบนของอิเล็กตรอนกระเจิงกลับ (Electron Backscatter Diffraction, EBSD) และเชื่อมต่อกับชุดอุปกรณ์ควบคุมลำอิเล็กตรอน เพื่อใช้เขียนลวดลายขนาดเล็กลงบนชิ้นงาน (Electron beam lithography) ได้อีกด้วย

Field Effect Transistor (FET)	ทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้า	อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ควบคุมปริมาณและทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า โดยอาศัยสนามไฟฟ้าปรับเปลี่ยนการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าบวกหรือลบอย่างใดอย่างหนึ่งผ่านสารกึ่งตัวนำ
Field Flow Fractionation (FFF)	การแยกแบบไหลภายใต้สนาม	เทคนิคที่ใช้แยกโมเลกุล โดยอาศัยโครมาโตกราฟีอิเล็กโตรฟอเรซิสคือ ทำให้สารที่เป็นองค์ประกอบในตัวอย่างแยกออกจากกันภายในเฟสอยู่กับที่กับเฟสเคลื่อนที่ การแยกจะเกิดขึ้นเมื่อมีการผ่านตัวทำละลาย และมีแรงกระทำจากภายนอกในทิศทางที่ตั้งฉากกับองค์ประกอบที่ต้องการแยกนั้น
Fluorescence labelling	การติดฉลากฟลูออเรสเซนซ์	กระบวนการตรวจวัดชีวโมเลกุลเป้าหมาย โดยการใช้สารเรืองแสงจำพวกฟลูออโรฟอร์ติดฉลากบนลิแกนด์จำพวกโปรตีน แอนติบอดี เพปไทด์ หรือโอลิโกนิวคลีโอไทด์ เพื่อให้เกิดการจับอย่างจำเพาะกับเป้าหมาย ประยุกต์ใช้ในด้านอิมมูโนพยาธิวิทยา การตรวจเนื้อเยื่อ การย้อมเซลล์ รวมถึงการศึกษาโครงสร้าง หน้าที่ และอันตรกิริยาของชีวโมเลกุล
Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR)	สเปกโตรสโกปีแบบอินฟราเรดโดยอาศัยฟูเรียร์ทรานฟอร์ม	เทคนิคการกระตุ้นสารด้วยพลังงานแสงช่วงแสงอินฟราเรด (Infrared light) ที่ความยาวคลื่นต่างๆ ทำให้จำแนกหมู่ฟังก์ชันในสารได้ นิยมใช้หาโครงสร้างของสารอินทรีย์ เช่น วิเคราะห์สารที่อาจจะมี หมู่ Hydroxyl (-OH), Methyl (-CH ₃) หรือ Carbonyl (-CO)
Gas Chromatography - Mass Spectrometer (LC-MS)	เครื่องก๊าซโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรมิเตอร์	เครื่องมือวิเคราะห์องค์ประกอบในของผสม โดยใช้หลักการแยกสารด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟี โดยใช้ของเหลวเป็นตัวพา สารตัวอย่างเข้าสู่คอลัมน์ จากนั้นสารที่ออกจากคอลัมน์จะเข้าสู่ตัวตรวจวัด คือ แมสสเปกโตรมิเตอร์ ที่ทำให้สารแตกตัวเป็นไอออนในสถานะที่เป็นสุญญากาศ แล้ววัดค่ามวลต่อประจุ (m/z) ก่อนเปรียบเทียบผลที่ได้กับข้อมูลของสารมาตรฐาน
Gas Chromatography - Mass Spectrometry - Time of Flight (GC-MS-TOF)	ก๊าซโครมาโตกราฟีร่วมกับสเปกโตรสโคปีแยกมวลและไทม์ออฟไฟลท์	เทคนิคการแยกและวิเคราะห์สารด้วยความเร็วสูงที่ใช้กับตัวอย่างในสถานะก๊าซ หรือตัวอย่างที่ถูกทำให้เป็นก๊าซได้โดยใช้ความร้อน มีความรวดเร็วในการวิเคราะห์สูงกว่า GC-MS ทั่วไป ไอออนทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากแหล่งผลิตไอออนจะถูกผลักให้เข้าสู่ Flight tube ด้วยความถี่สูง ทำให้แยกมวลได้ระหว่างที่ไอออนเคลื่อนที่ โดยปราศจากสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า ให้ข้อมูลการวิเคราะห์ที่ทั้งเชิงคุณภาพและปริมาณที่ถูกต้องและแม่นยำสูง

Graphene	แกรฟีน หรือกราฟีน	วัสดุนาโนที่ประกอบด้วยธาตุคาร์บอนล้วน มีสมบัติทางไฟฟ้าและสมบัติอื่นหลายประการที่เหนือกว่าหรือไม่พบในวัสดุทั่วไป มีโครงสร้างโมเลกุลเหมือนชั้นแกรไฟต์ชั้นเดียว ซึ่งอะตอมคาร์บอนยึดติดกันเป็นแผ่นด้วยพันธะเคมีที่ยอมให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระทั่วทั้งแผ่น
Hierarchical (multi-length scale, multicomponent) fiber technology	เทคโนโลยี การขึ้นรูปเส้นใย ที่มีโครงสร้าง หลายระดับ (หลายความยาว หรือหลาย องค์ประกอบ)	เทคนิคการขึ้นรูปจากสารละลายหรือพอลิเมอร์คอมพอสิต หลอมเหลวหลายองค์ประกอบ เพื่อเป็นเส้นใยระดับนาโนหรือไมโคร ในรูปแบบหน้าตัดเดี่ยวหรือหลายหน้าตัด ในลักษณะที่นำมาซึ่งโครงสร้างในระดับสามมิติที่มีระดับชั้น มีความซับซ้อนทางกายภาพ มีการจัดวางองค์ประกอบ เพื่อให้เกิดสมบัติพิเศษต่างๆ อย่างเหมาะสม
High Resolution- Transmission Electron Microscopy (HR-TEM)	จุลทรรศน์ศาสตร์ อิเล็กตรอน แบบส่องผ่าน ความละเอียดสูง	กระบวนการศึกษาตัวอย่างที่มีขนาดเล็กในระดับนาโนเมตรด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน โดยตัวอย่างที่เตรียมด้วยวิธีพิเศษ เพื่อให้ลำอนุภาคอิเล็กตรอนผ่านทะลุได้ ภาพจากกล้องประเภทนี้ สร้างขึ้นจากการตรวจวัดอิเล็กตรอนที่ทะลุผ่านตัวอย่างนั้น จึงเหมาะสำหรับศึกษารายละเอียดขององค์ประกอบภายในของตัวอย่าง มีกำลังขยายและประสิทธิภาพในการแจกแจงรายละเอียดสูงมาก (ความละเอียดสูงสุดประมาณ 0.1 นาโนเมตร) เช่นเดียวกับ SEM นอกจากนี้ ยังเชื่อมต่อกับอุปกรณ์วิเคราะห์ธาตุเชิงพลังงาน เช่น EDS (Energy Dispersive X-Ray Spectrometer) เพื่อใช้ศึกษา ชนิด ปริมาณ และการกระจายขององค์ประกอบธาตุของวัสดุ ที่ศึกษาได้อีกด้วย
Hydrothermal carbonization	ไฮโดรเทอร์มอล คาร์บอนเซชัน	กระบวนการเปลี่ยนชีวมวลให้เป็นวัสดุคาร์บอน โดยใช้น้ำภายใต้ความดันและอุณหภูมิต่ำกว่าจุดวิกฤต ซึ่งมีประโยชน์ในการเพิ่มรูพรุนและพื้นที่ผิวให้กับวัสดุคาร์บอนที่ต้องการ ส่งผลให้มีความเหมาะสมในการใช้เป็นวัสดุเพาะหรือวัสดุดูดซับ และประโยชน์ด้านอื่นๆ
Isothermal amplification	การเพิ่มจำนวน ที่อุณหภูมิเดียว	กระบวนการเพิ่มปริมาณกรดนิวคลีอิก (DNA หรือ RNA) ที่อุณหภูมิเดียว เพื่อให้ได้ปริมาณ DNA หรือ RNA ที่มากพอ สำหรับนำไปตรวจวิเคราะห์หรือทำการทดลองในขั้นถัดไป

Lateral flow	การไหลแบบ แนวราบ หรือ การไหลแบบราบ	ลักษณะการไหลของของเหลวผ่านเมมเบรนในแนวราบ ซึ่งประยุกต์ใช้ในการพัฒนาเซนเซอร์เพื่อตรวจหาโมเลกุลเป้าหมายได้ โดยอาศัยปฏิกิริยาการจับกันอย่างจำเพาะ เช่น ปฏิกิริยาระหว่างแอนติบอดีและแอนติเจนที่เกิดขึ้นบนเมมเบรนระหว่างที่ของเหลวเคลื่อนไป โดยใช้อนุภาคนาโนเป็นตัวพาให้โมเลกุลดังกล่าวเคลื่อนไปบนเมมเบรน เมื่อผ่านบริเวณทดสอบจะถูกดักจับด้วยโมเลกุลจำเพาะ และแสดงผลเป็นบวกหรือลบบนเมมเบรน การวิเคราะห์ผลอาจทำได้โดยดูจากสีที่ปรากฏของอนุภาคนาโนด้วยตาเปล่า หรือใช้เครื่องมืออ่านค่าสัญญาณ
Liquid Chromatography - Mass Spectrometry - Time of Flight (LC-MS-TOF)	โครมาโตกราฟี ของเหลวร่วมกับ การแยกมวลและ ไทม์ออฟไฟลท์	เทคนิคที่ใช้ในการแยกและวิเคราะห์สารด้วยความเร็วสูง ที่อาศัยเฟสเคลื่อนที่เป็นของเหลว โดยใช้หลักการแบบควอดรูโพล-ไทม์ออฟไฟลท์ ที่มีความสามารถในการแยกมวลได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ (resolution) สูง จึงส่งผลให้ข้อมูลที่ได้อาจจากการวิเคราะห์ทั้งเชิงคุณภาพและปริมาณมีความถูกต้องและแม่นยำ
lncRNA	แอลเอ็นซี อาร์เอ็นเอ	อาร์เอ็นเอที่ไม่แปลรหัสเป็นโปรตีน มีความยาวเกิน 200 นิวคลีโอไทด์ มีหน้าที่ควบคุมกระบวนการที่สำคัญต่างๆ ในเซลล์ เช่น พันธุศาสตร์ด้านกระบวนการเหนือพันธุกรรม (epigenetics) กระบวนการถอดรหัสและหลังการถอดรหัส (transcription and post-transcription) และปริมาณ micro RNA
Magnetic Resonance Imaging (MRI)	การสร้างภาพ ด้วยเรโซแนนซ์ แม่เหล็ก	เทคนิคการสร้างภาพทางการแพทย์เพื่อใช้ในรังสีวิทยา ใช้ตรวจกายวิภาคและสรีรวิทยาของร่างกาย เพื่อวินิจฉัยโรคและตรวจสอบสุขภาพ โดยเครื่องตรวจอาศัยสนามแม่เหล็กและคลื่นวิทยุ ความเข้มสูงในการสร้างภาพเหมือนจริงของอวัยวะภายในต่างๆ ของร่างกายชนิดที่ให้รายละเอียดและความคมชัดสูง
Mass Spectrometry (MS)	แมส สเปกโตรเมทรี	กระบวนการวิเคราะห์สาร โดยเปลี่ยนโมเลกุลของสารให้เป็นประจุ (ไอออน) และวัดอัตราส่วนมวลต่อประจุ (mass/charge; m/z) ใช้เพื่อระบุมวลของอนุภาค ส่วนประกอบของธาตุในสารประกอบตัวอย่างหรือในโมเลกุล รวมถึงยังบอกโครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลได้อย่างคร่าวๆ ในเคมีอินทรีย์และเคมีวิเคราะห์ใช้เทคนิคนี้หามวลโมเลกุลของสารกันอย่างแพร่หลาย

microRNA (miRNA)	ไมโครอาร์เอ็นเอ (เอ็มไออาร์เอ็นเอ)	อาร์เอ็นเอที่ไม่แปลรหัสเป็นโปรตีน มีขนาดเล็กกว่า 20 - 22 นิวคลีโอไทด์ มีหน้าที่ในการควบคุมการแสดงออกของยีน โดยจับกับ mRNA ในตำแหน่งที่เป็นคู่สมกัน ซึ่งทำให้ยับยั้งการแปลรหัสของ mRNA หรือทำให้เกิดการทำลาย mRNA นั้นได้
Molecular dynamic simulation	การจำลองพลวัตระดับโมเลกุล	การจำลองการเคลื่อนที่ของอะตอมในระบบวัสดุหลายอะตอม โดยอะตอมสามารถมีอันตรกิริยาต่อกัน
Molecular tag	ตัวติดตามระดับโมเลกุล	ตัวติดตามระดับโมเลกุลที่ตรวจสอบหรือตรวจจับด้วยเครื่องมือได้ บางครั้งสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่น โมเลกุลของแอนติบอดีที่ติดด้วยสารฟลูออเรสเซนต์
Monoclonal antibody	โมโนโคลนัลแอนติบอดี	สารภูมิคุ้มกันที่มนุษย์สร้างขึ้นจากการฉีดแอนติเจนเข้าไปในหนู ร่วมกับการใช้เทคนิคการสร้างเซลล์ผสม และการคัดเลือกเซลล์เดี่ยว เพื่อผลิตให้ได้เป็นแอนติบอดีจำเพาะที่มีลักษณะจำเพาะเหมือนกันหมด จึงมีประสิทธิภาพการใช้งานสูง นอกจากนี้ยังสามารถผลิตขึ้นใหม่เพื่อใช้งานได้เรื่อยๆ
Multiplexing analysis	การตรวจวิเคราะห์หลายเป้าหมาย	การตรวจวิเคราะห์โมเลกุลเป้าหมายมากกว่าหนึ่งเป้าหมายในเวลาเดียวกัน
Nanocosmeceuticals	นาโนเวชสำอาง	การประยุกต์ใช้นาโนเทคโนโลยี เพื่อเสริมสมบัติเวชสำอางด้านต่างๆ ทั้งด้านกายภาพและชีวภาพของผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้น เช่น เพื่อให้ออกฤทธิ์ดีขึ้น คงตัวมากขึ้น ผิวสัมผัสดีขึ้น มีอายุการใช้งานที่ยาวนานมากขึ้น มีการละลายที่ดีขึ้น และใช้ได้ในรูปแบบต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นครีม เจล โลชั่น หรือเซรัม เป็นต้น
Nanofabrication	การผลิตหรือการประดิษฐ์ระดับนาโน	เทคโนโลยีกระบวนการจัดการ การผลิต และการประดิษฐ์วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องจักรหรือผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเล็กมากๆ ในระดับนาโนเมตร ซึ่งรวมถึงการออกแบบหรือการประดิษฐ์เครื่องมือ เพื่อใช้สร้างสิ่งที่เล็กมากๆ เช่น การจัดอะตอมและโมเลกุลในตำแหน่งที่ต้องการ การเคลือบฟิล์มบาง การสร้างอุปกรณ์ระดับนาโนเมตรที่มีคุณสมบัติพิเศษขึ้น มีศักยภาพมากขึ้น โดยแบ่งเป็น 2 แนวทางคือ การผลิตจากใหญ่ไปเล็ก และการผลิตจากเล็กไปใหญ่
Nanofiltration	นาโนฟิลเทรชัน	การกรองด้วยเยื่อกรองที่มีความละเอียดระดับ 0.001 ไมครอน โดยการเพิ่มแรงดันให้น้ำให้น้ำไหลผ่านเยื่อกรองที่มีความละเอียดสูงจนได้เป็นน้ำบริสุทธิ์ สามารถกรองสารพวกอนินทรีย์ที่ทำให้น้ำกระด้างได้
Nanoparticle ink	หมึกอนุภาคนาโน	น้ำหมึกที่มีอนุภาคนาโนเป็นส่วนประกอบสำคัญ

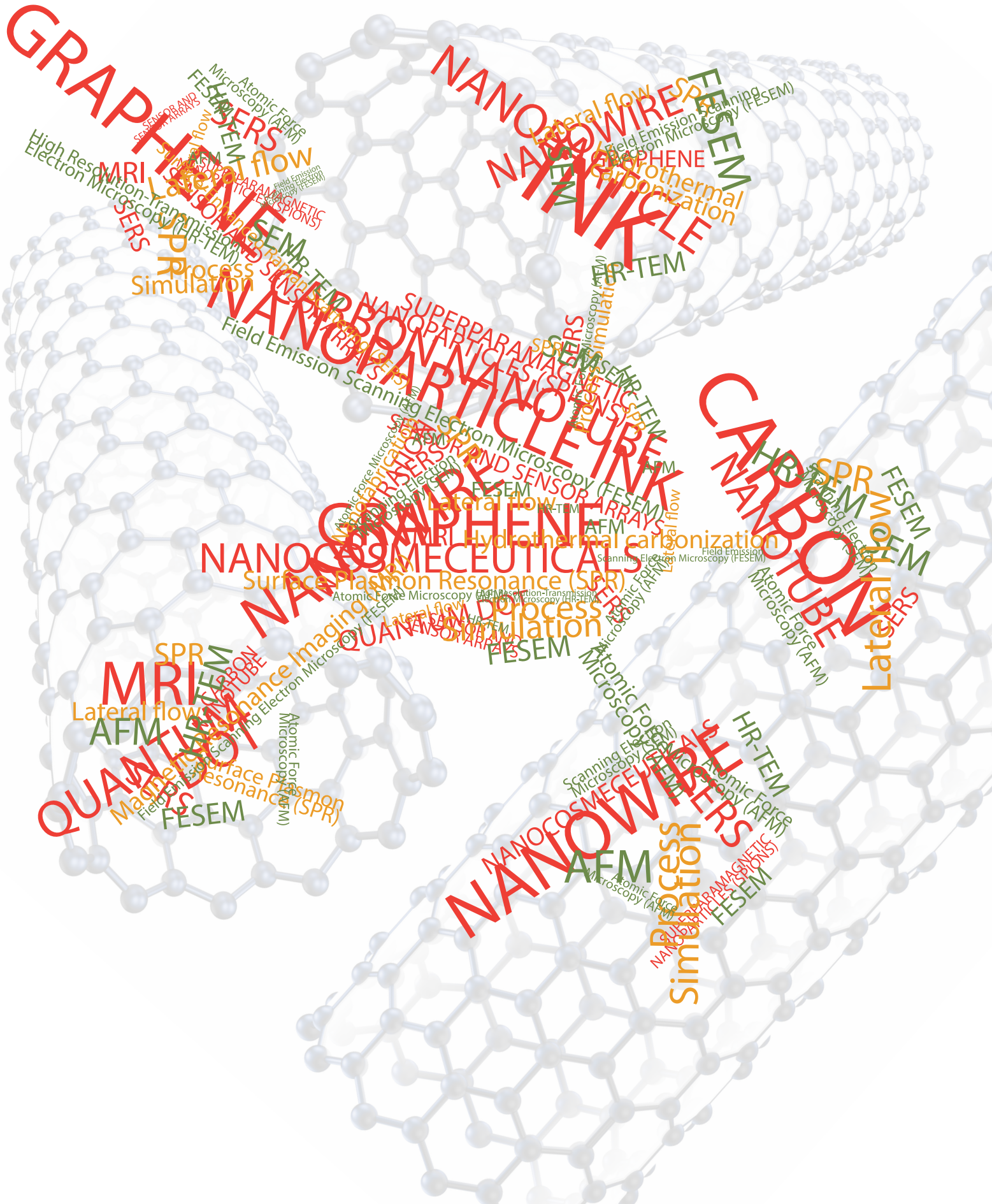
Nanowire	ลวดนาโน	ลวดของสารกึ่งตัวนำไฟฟ้าที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดในระดับนาโนเมตร โดยทั่วไปมีความยาวมากกว่าขนาดหน้าตัดเกินกว่าพันเท่า มีสมบัติบางประการที่แตกต่างจากสารกึ่งตัวนำไฟฟ้าที่มีขนาดปกติ เช่น สมบัติทางไฟฟ้าและเชิงแสง
Peptide ligand	เพปไทด์ลิแกนด์	โมเลกุลที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนต่อกันเป็นโปรตีนสายสั้นๆ ที่มีสมบัติจับได้จำเพาะกับโมเลกุลเป้าหมาย
Physisorption	การดูดซับทางกายภาพ	เทคนิคการดูดซับระหว่างอะตอมผิวหน้าของตัวดูดซับกับตัวถูกดูดซับด้วยแรงอย่างอ่อน เช่น แรงแวนเดอร์วาลส์ โดยมีความร้อนของการดูดซับต่ำและไม่มีพันธะเคมีเกิดขึ้น ดังนั้นจึงสามารถเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วในทันทีที่โมเลกุลสารเดินทางมาถึงผิวหน้าของตัวดูดซับ นิยมใช้ศึกษาสมบัติการดูดซับของวัสดุ เช่น ตัวเร่งปฏิกิริยา หรือวัสดุดูดซับ
Phyto-remediation	การฟื้นฟูสภาพสิ่งแวดล้อมด้วยพืช	การนำพืชมาใช้ในการบรรเทาการฟื้นฟูสภาพสิ่งแวดล้อม เช่น ใช้ในการดูดซับของเสีย สารพิษ หรือโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำ
Process Simulation	การจำลองกระบวนการ	การจำลองกระบวนการที่ใช้ในการออกแบบ พัฒนา วิเคราะห์ และเพิ่มประสิทธิภาพของเทคนิคต่างๆ เช่น กระบวนการในโรงงานเคมี กระบวนการทางเคมีระบบสิ่งแวดล้อม กระบวนการผลิตที่ซับซ้อน กระบวนการทางชีวภาพ และกระบวนการอื่นๆ ในลักษณะคล้ายกัน
Quantum dot	ควอนตัมดอต	อนุภาคขนาดเล็กของสารกึ่งตัวนำไฟฟ้า ส่วนใหญ่มีขนาดอยู่ในช่วง 2 - 50 นาโนเมตร ซึ่งสามารถแสดงสมบัติทางแสงและไฟฟ้าที่ขึ้นกับขนาดของอนุภาค เช่น สีของการเปล่งแสง หรือการนำไฟฟ้า
Quantum confined fluorescence	การเปล่งแสงภายใต้ข้อจำกัดทางควอนตัม	การเปล่งแสงของวัสดุที่มีขนาดระดับนาโนเมตรอย่างน้อยในหนึ่งมิติ ซึ่งการเปล่งแสงนี้มีลักษณะบางประการ เช่น สีหรือความเข้มของแสงที่เปล่งออกมา ซึ่งแตกต่างจากวัสดุของสารชนิดเดียวกันเมื่อเป็นก้อนวัตถุในขนาดปกติที่ตามองเห็น
Raman spectroscopy	สเปกโทรสโกปีแบบรามาน	เทคนิคที่ใช้ศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างแสงกับสสาร โดยใช้หลักการกระเจิงแสงของโมเลกุลของสสาร มาอธิบายส่วนประกอบเชิงเคมีและโครงสร้างโมเลกุล
Reverse osmosis	รีเวิร์สออสโมซิส	การกรองด้วยเยื่อกรองที่ละเอียดระดับ 0.0001 ไมครอน โดยการเพิ่มแรงดันให้น้ำ เพื่อให้ น้ำที่มีสารปนเปื้อน หรือมีความเข้มข้นเข้มข้นของเกลือสูง ไหลผ่านเยื่อกรองที่มีความละเอียดสูงจนได้เป็นน้ำบริสุทธิ์ กระบวนการแบบนี้สามารถกรองน้ำทะเลให้เป็นน้ำจืดได้

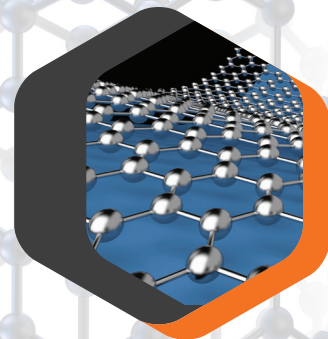
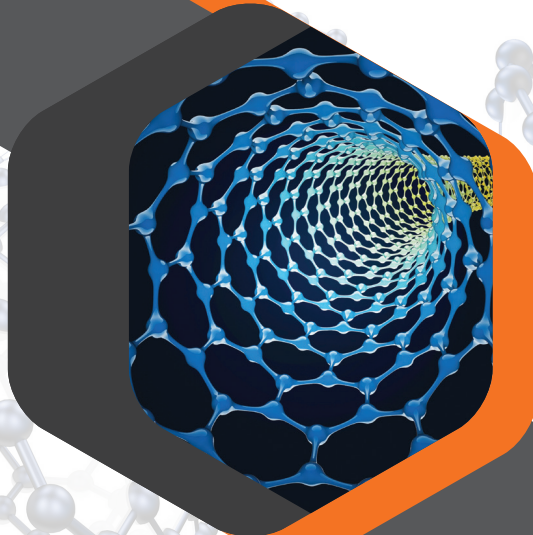
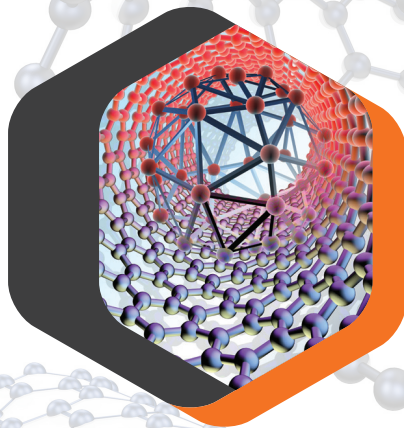
Scanning Electron Microscopy (SEM)	กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	กระบวนการสร้างภาพด้วยกล้องที่ใช้ลำแสงอิเล็กตรอนส่องกราดไปบนผิวของวัตถุหรือตัวอย่าง เพื่อนำมาใช้สร้างภาพ 3 มิติ เหมาะสำหรับการศึกษาคโครงสร้างและองค์ประกอบพื้นผิวของเซลล์เนื้อเยื่อ และวัตถุ
Scanning Probe Microscopy (SPM)	จุลทรรศน์แบบหัวสแกน	กระบวนการสร้างภาพด้วยกล้องที่มีส่วนปลายแหลมเล็กระดับอะตอม ซึ่งใช้วัดแรงระหว่างอะตอมหรือโมเลกุล หรือวัดเกี่ยวกับการลอดผ่านได้แบบควอนตัมของอิเล็กตรอนได้ โดยปลายแหลมจะทำหน้าที่ลากสัมผัสผ่านพื้นผิวและทำหน้าที่ตรวจวัดคุณลักษณะพื้นผิวที่สัมผัส ทำให้สามารถมองเห็นหรือใช้ศึกษาตัวอย่างที่มีขนาดเล็กในระดับนาโนเมตรได้
Secondary Ion Mass Spectrometry (SIMS)	สเปกโตรเมทรีแบบมวลไอออนทุติยภูมิ	กระบวนการวิเคราะห์องค์ประกอบของพื้นผิวที่เป็นของแข็งและฟิล์มบาง โดยการสเปกโตรพื้นผิวของชิ้นงานด้วยลำไอออนปฐมภูมิที่โฟกัสไว้ การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ค่าสัดส่วนมวล/ประจุของไอออนทุติยภูมิที่ปล่อยออกมาด้วยแมสสเปกโตรมิเตอร์ทำให้จำแนกธาตุ ไอโซโทป หรือองค์ประกอบเชิงโมเลกุลของพื้นผิวที่ระดับความลึก 1 - 2 นาโนเมตรได้
Sensor and sensor arrays	เซนเซอร์และชุดเซนเซอร์	อุปกรณ์และเทคโนโลยีในการผลิตชุดเครื่องมือตรวจวัด โดยอาจใช้หัววัด (probe) 1 ชนิดหรือมากกว่านั้นในการประมวลผล โดยเซนเซอร์แต่ละตัวจะใช้หัววัดที่จำเพาะต่อสิ่งที่สนใจ 1 ชนิด สำหรับชุดของเซนเซอร์นั้นจะใช้หัววัดที่ตอบสนองต่อสิ่งเร้าหลายแบบ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านความจำเพาะให้กว้างขวางมากขึ้น
Single Particle Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (SP-ICP-MS)	พลาสมาแมสสเปกโตรเมทรีชนิดเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าแบบอนุภาคเดี่ยว	กระบวนการวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุในระดับความเข้มข้นต่ำระดับ ppt โดยอาศัยหลักการวัดขนาดและปริมาณของมวลธาตุ หลังจากถูกทำให้เป็นอะตอมอิสระ โดยความร้อนจาก Plasma Torch ทั้งหมดนี้ควบคุมการทำงานด้วยระบบคอมพิวเตอร์อัตโนมัติ
Superdiamagnetism	ซูเปอร์ไดอะแมกเนติก	สมบัติของวัสดุที่ไม่ยอมให้สนามแม่เหล็กผ่านขึ้นวัสดุโดยสิ้นเชิง ซึ่งสามารถแสดงการผลักหรือลอยตัวอยู่เหนือแม่เหล็ก สมบัตินี้มักพบร่วมกับสมบัติการเป็นตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวด
Superparamagnetic nanoparticles (SPIONs)	อนุภาคนาโนซูเปอร์พาราแมกเนติก	วัสดุที่ประกอบด้วยอนุภาคขนาด 3 - 50 นาโนเมตร ที่สามารถแสดงสมบัติดูดติดแม่เหล็กที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิค่าหนึ่ง และสามารถแสดงสมบัติเป็นแม่เหล็กได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิค่าหนึ่ง

Superparamagnetism	สมบัติซูเปอร์พาราแมกเนติก	สมบัติของวัสดุที่สามารถดูดติดแม่เหล็กที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิค่าหนึ่งๆ และสามารถทำให้เป็นแม่เหล็กได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมินั้น ซึ่งคล้ายกับสมบัติพาราแมกเนติกที่สามารถดูดติดแม่เหล็กได้ แต่ตรงกันข้ามคือสามารถทำให้เป็นแม่เหล็กได้ที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิหนึ่งๆ ส่วนใหญ่สมบัติซูเปอร์พาราแมกเนติก มักพบในวัสดุแม่เหล็กที่มีขนาดอนุภาคในระดับนาโนเมตร (3 - 50 นาโนเมตร)
Surface-Enhanced Raman Scattering (SERS)	การกระเจิงแสงรามาน บนพื้นผิวเพิ่มสมรรถนะ	การวิเคราะห์เพื่อศึกษาเชิงโมเลกุลและหมู่ฟังก์ชัน ด้วยปรากฏการณ์การกระเจิงแสงของปรากฏการณ์รามานของสารตัวอย่าง ทำให้ทราบองค์ประกอบโครงสร้างของวัตถุนั้นๆ ว่าประกอบด้วยสารใดและมีโครงสร้างเป็นอย่างไร มีจุดเด่นคือเครื่องมือนี้จะถูกปรับปรุงพื้นผิวให้สัญญาณของรามานเพิ่มมากขึ้น โดยใช้โมเลกุลพิเศษยึดติดบนวัสดุขนาดนาโนที่มีแพ็คเกจรีในการขยายสัญญาณ เป็นเทคนิคที่มีความไวสูงและเป็นการวิเคราะห์ที่ไม่ทำลายตัวอย่าง หรือทำให้ตัวอย่างเสียหายหรือเปลี่ยนแปลงคุณภาพ
Surface Plasmon Resonance (SPR)	พลาสมอนเรโซแนนซ์แบบพื้นผิว	การวิเคราะห์แบบใช้หัววัดเชิงแสงแบบ Surface Plasmon Resonance หัววัดเชิงแสงแบบนี้มีความไวสูงต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนีหักเหของของเหลวที่ต้องการวัด จึงเหมาะสำหรับใช้ตรวจสอบหรือควบคุมคุณภาพของของเหลว เช่น คุณภาพของน้ำดื่ม น้ำประปา หรือเครื่องดื่มต่างๆ และการตรวจการวัดความหวานหรือความเค็ม เป็นต้น หัววัดแบบนี้ยังประยุกต์ใช้เป็นเซนเซอร์ชีวภาพได้อีกด้วย
Super-resolution molecular imaging	การสร้างภาพระดับโมเลกุลความละเอียดสูง	วิธีการสร้างภาพโครงสร้างแบบสามมิติ โดยใช้ภาพจากระนาบโฟกัสต่างๆ มาประกอบกัน มีแหล่งกำเนิดเป็นแสงฟลูออเรสเซนซ์แบบจุด และใช้เลนส์โฟกัสแสงไปบนชิ้นเนื้อตัวอย่าง และรับแสงสะท้อนจากชิ้นเนื้อตัวอย่างมาผ่านรูขนาดเล็ก เพื่อกำจัดแสงที่ไม่ได้อยู่บริเวณจุดโฟกัสออกก่อนที่แสงจะไปสู่ตัวรับแสง ดังนั้นจะมีแสงที่จุดโฟกัสเท่านั้นที่นำมาสร้างเป็นสัญญาณภาพ ภาพที่ได้จึงมีความละเอียดสูงขึ้น โดยเฉพาะความลึก จึงสามารถใช้หาชั้นของพื้นผิวที่ถูกเขียนทับภายใต้ภาพเขียน และใช้ถ่ายภาพเซลล์สิ่งมีชีวิต สารกึ่งตัวนำ และวัสดุศาสตร์ ได้
Targeting ligand screening	การคัดกรองด้วยลิแกนด์จำเพาะเป้าหมาย	กระบวนการคัดกรองหาสารชีวโมเลกุลที่สามารถจับแบบจำเพาะกับโมเลกุลเป้าหมายได้ โดยลิแกนด์จำเพาะเป้าหมาย (Targeting ligand) ที่เป็นได้ทั้งแอนติบอดี แอนติบอดี หรือเพปไทด์

Transmission Electron Microscopy (TEM)	จุลทรรศน์ศาสตร์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน	กระบวนการสร้างภาพด้วยกล้องที่ใช้ลำแสงอิเล็กตรอนส่องผ่านเซลล์หรือตัวอย่าง ซึ่งต้องมีการเตรียมตัวอย่างให้บางเป็นพิเศษ ใช้ในการศึกษาโครงสร้างและองค์ประกอบของเซลล์และเนื้อเยื่อในระดับโมเลกุล
X-ray Absorption Fine Structure (XAFS)	โครงสร้างอะตอมแบบละเอียดจากการดูดกลืนรังสีเอกซ์	โครงสร้างโดยละเอียดระดับอะตอมของธาตุหรือสารประกอบ ทั้งที่อยู่ในสถานะของแข็ง ของเหลว และก๊าซ ที่ได้จากการดูดกลืนรังสีเอกซ์ โดยข้อมูลที่ได้มีทั้งโครงสร้างเชิงเรขาคณิตของธาตุ ระยะห่างระหว่างอะตอมของแต่ละพันธะ รวมถึงลักษณะพันธะเคมี สมมาตร โคออดิเนชัน และโครงสร้างอะตอมเฉพาะบริเวณอย่างละเอียด วิธีการนี้ยังใช้ระบุสถานะออกซิเดชันของธาตุในสารประกอบ จำแนกชนิดสารที่มีองค์ประกอบธาตุชนิดเดียวกัน และใช้หาความบกพร่องของโครงสร้าง (defect) ได้อีกด้วย
X-ray Photoelectron Spectroscopy (XPS)	สเปกโตรสโกปีของโฟโตอิเล็กตรอนจากรังสีเอกซ์	วิธีการวิเคราะห์ทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับสมบัติทางเคมีที่ระดับผิวของวัสดุในหลายแง่มุมได้ เช่น ชนิดและจำนวนธาตุองค์ประกอบ โครงสร้างทางเคมี ชนิดพันธะทางเคมี และสถานะออกซิเดชันของอะตอม นอกจากนี้ ยังรวมถึงความสม่ำเสมอของธาตุองค์ประกอบ สภาพทางเคมีของผิวที่เปลี่ยนไป หลังถูกกระทบด้วยความร้อน สารเคมี ลำโอดอน พลาสมา หรือรังสี UV เป็นต้น

Nanotechnology Roadmap





Prevention, diagnosis and treatment of important diseases

Nanosensors for diagnosis and screening
Nanomedicine and medical materials



Utilization of natural products and biodiversity

Nanocosmeceuticals and encapsulated Thai herbal and natural products
Nanotechnology for animal health and feeds



Improvement of agricultural process and control of insects and pests

Nanotechnology for pre-harvesting



Postharvest technology and food packaging

Nanomaterials for food packaging and preservation (Smart packaging)
Nanosensors for agricultural products



Nanotechnology for Future Energy

Nanomaterials for Energy Production and Utilization
Nanotechnology for Energy Storage and Saving



Nanotechnology for Clean Environment

Nanotechnology for air monitoring and treatment
Nanotechnology for clean water



Physical and regulatory infrastructure

Nanosafety and risk assessment
Nanoscale characterization, precision analysis and standards



Exploring cross-platform and key emerging technologies

Nanoelectronics
Nano functional textiles & Fibers for advanced applications
Nanotechnology for National security
Nanomaterials and methodology for future applications