แผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนานาโนเทคโนโลยี

NANOTEC
a member of NSTDA

ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
111 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย
ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง
จังหวัดปทุมธานี 12120
โทรศัพท์ 02 564 7100
โทรสาร 02 564 6985-6
http://www.nanotec.or.th/

ISBN 978-616-12-0095-4

สวทน
WWW.STI.OR.TH

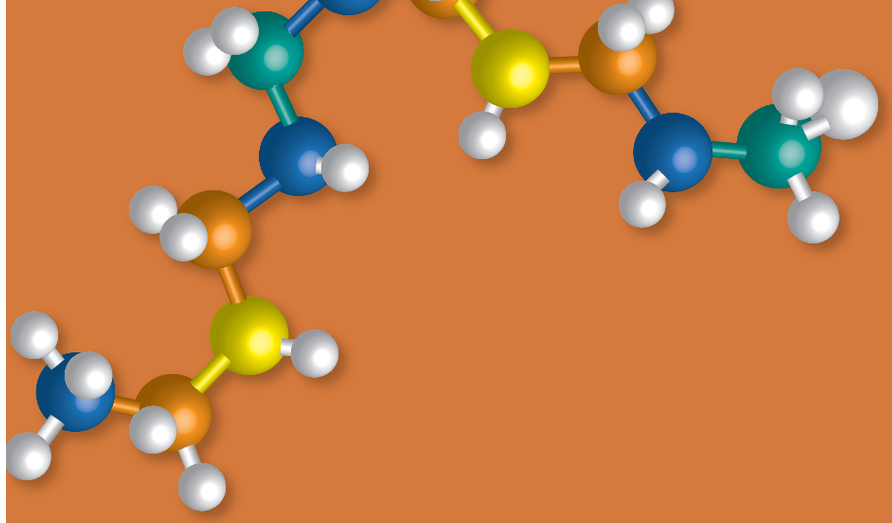
สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์
เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ
319 อาคารจัตุรัสจามจุรี ชั้น 14 ถนนพญาไท
แขวงปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330
โทรศัพท์ 02 160 5432-39
โทรสาร 02 160 5438
http://www.sti.or.th/

แผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนานาโนเทคโนโลยี

NANOTEC
a member of NSTDA

สวทน
WWW.STI.OR.TH

ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ



แผนที่นำทาง

การวิจัยและพัฒนานาโนเทคโนโลยี

แผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนานาโนเทคโนโลยี

โดย ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

ISBN 978-616-12-0095-4

เอกสารเผยแพร่

พิมพ์ครั้งที่ 1 สิงหาคม 2553

จำนวนพิมพ์ 500 เล่ม

สงวนลิขสิทธิ์ พ.ศ. ๒๕๕๓ ตาม พ.ร.บ. ลิขสิทธิ์ พ.ศ. ๒๕๓๗

โดย ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ไม่อนุญาตให้คัดลอก ทำซ้ำ และดัดแปลง ส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้

นอกจากได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากเจ้าของลิขสิทธิ์เท่านั้น

Copyright © 2009 by:

National Nanotechnology Center

National Science and Technology Development Agency

Ministry of Science and Technology

130 Thailand Science Park, Phahon Yothin Road, Klong 1, Klong Luang, Pathumthani 12120

Tel. 66 2564 7100 Fax. 66 2564 6985

แผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนานาโนเทคโนโลยี. / ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ. ปทุมธานี : ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2553.

หน้า : ภาพประกอบ

ISBN: 978-616-12-0095-4

1. นาโนเทคโนโลยี 2. ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ I. ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ

620.5 T174.7

จัดทำโดย

ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
130 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ถนนพหลโยธิน
ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหนึ่ง จังหวัดปทุมธานี 12120
โทรศัพท์ 0 2564 7100 โทรสาร 0 2564 6985
http://www.nanotec.or.th

สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ
319 อาคารจัตุรัสจามจุรี ชั้น 14 ถนนพญาไท
แขวงปทุมวัน เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330
โทรศัพท์ 02 160 5432-39 โทรสาร 02 160 5438
http://www.sti.or.th

ออกแบบและสร้างสรรค์โดย
งานสื่อสิ่งพิมพ์ ฝ่ายสื่อสิ่งพิมพ์และมัลติมีเดีย
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

บทสรุปผู้บริหาร

ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ (ศน.) เป็นหน่วยงานภายใต้สังกัดสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) จัดตั้งขึ้นตามมติคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 13 สิงหาคม 2546 เพื่อให้เป็นศูนย์วิจัยและพัฒนานาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ และเพื่อให้การดำเนินงานวิจัยและพัฒนาของ ศน. สอดคล้องกับแผนกลยุทธ์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ พ.ศ. 2550-2556 ผู้อำนวยการ ศน. จึงได้แต่งตั้งคณะทำงานจัดทำแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนานาโนเทคโนโลยี (NANOTEC TRM) ขึ้น เมื่อวันที่ 29 มกราคม 2551 โดยมีภารกิจในการดำเนินการจัดทำ NANOTEC TRM ซึ่งใช้เวลาทั้งสิ้น 9 เดือน เพื่อเป็นกรอบ แนวทาง การวิจัยและพัฒนานาโนเทคโนโลยี และเพื่อเป็นแนวทางในการจัดสรรทรัพยากรให้เหมาะสมกับการดำเนินงานของหน่วยปฏิบัติการกลางนาโนเทค (NANOTEC Central Laboratory) ศูนย์เครือข่ายความเป็นเลิศด้านนาโนเทคโนโลยี (Network of Centers of Excellence) และการจัดสรรทุนวิจัยแก่หน่วยงานภายนอก (R&D Funding) ในช่วง 4 ปี คือ พ.ศ. 2553-2556

ในการจัดทำ NANOTEC TRM คณะทำงานได้พิจารณาและทบทวนนโยบายด้านวิจัยและพัฒนานาโนเทคโนโลยี อันประกอบด้วย แผนกลยุทธ์ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (พ.ศ. 2547-2556) แผนกลยุทธ์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ (พ.ศ. 2550-2556) แผนแม่บทศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ (พ.ศ. 2550-2554) รวมถึงกรอบนโยบายของ สวทช. และในส่วนเป้าหมายที่สำคัญยิ่งยวด (Wildly Important Goals, WIGs) ของ สวทช. ที่ดำเนินการเพื่อตอบสนองต่อคลัสเตอร์การวิจัยและพัฒนาทั้ง 9 กลุ่มของ สวทช. นอกจากนี้ คณะทำงานยังได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลเพื่อศึกษาวิเคราะห์แนวโน้มนาโนเทคโนโลยีของโลกจากฐานข้อมูลการวิจัยและรายงานต่างๆ รวมถึงความต้องการด้านนาโนเทคโนโลยีของประเทศไทย ส่วนการศึกษาและวิเคราะห์ขีดความสามารถของ ศน. นั้น ประกอบด้วยการวิเคราะห์กำลังคน (Manpower Analysis) การวิเคราะห์ความพร้อมของเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ (Equipment Analysis) รวมถึงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์กับเทคนิคที่เหมาะสม (Attribute Analysis)

NANOTEC TRM จะมีองค์ประกอบเป็นลำดับชั้น โดยองค์ประกอบชั้นบนสุดเป็นการกำหนดวาระการวิจัยและพัฒนา (R&D Agenda) ที่ต้องได้รับการขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยีหลัก (Core Technology) ของ ศน. ซึ่งจะใช้ในการพิจารณาร่วมกับปัจจัยในชั้นต่อมาคือองค์ความรู้หลัก (Core Knowledge Tools) และชั้นล่างสุดคือทรัพยากรที่จำเป็นในการดำเนินการวิจัย (Resources) ซึ่งประกอบด้วยงบประมาณ[1] อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และกำลังคนของ ศน.

[1] งบประมาณที่จัดสรรตาม Logic Model

องค์ประกอบแรกของ NANOTEC TRM คือ วาระการวิจัยและพัฒนา ประกอบด้วย 8 วาระ ได้แก่

1. ระบบการนำส่งยา (Drug Delivery System) : วาระการวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาเทคโนโลยีที่ใช้ในการควบคุมและ/หรือกำหนดเป้าหมายในการปลดปล่อยยาหรือวัคซีนสำหรับโรคที่สำคัญๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับโรคติดเชื้ออุบัติใหม่ โรคติดเชื้ออุบัติซ้ำ และมะเร็ง โดยผ่านการออกแบบและสร้างนาโนแคปซูล ไลโปโซม เดนดริเมอร์ (Dendrimers) และแม่เหล็กนาโนชีวภาพ (Nano-Bio Magnets) เพื่อให้สามารถควบคุมการปลดปล่อยสารออกฤทธิ์ได้ตามเงื่อนไขที่ต้องการ เช่น ยาและสมุนไพร เป็นต้น และรวมถึงระบบปลดปล่อยยาและวัคซีนที่มุ่งเป้าหมาย (Targeted Release of Drugs and Vaccines) โดยกลุ่มวิจัยที่มีบทบาทหลักสำหรับวาระการวิจัยนี้คือกลุ่มวิจัยการเคลือบระดับนาโน และกลุ่มวิจัยการห่อหุ้มระดับนาโน

2. กระบวนการผลิตและเก็บรักษาอาหาร (Food Processing & Storage) : วาระการวิจัยนี้มุ่งเน้น 2 ส่วนหลัก ได้แก่ การสร้างบรรจุภัณฑ์สำหรับอาหารที่มีวัสดุซึ่งพัฒนาจากนาโนเทคโนโลยี เช่น พลาสติกห่อหุ้มบรรจุภัณฑ์อาหารทำจากวัสดุนาโนคอมโพสิท (Nanocomposites) และการสร้างเซ็นเซอร์สำหรับตรวจจับเชื้อก่อโรคที่ปนเปื้อนในวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์อาหาร โดยกลุ่มวิจัยที่มีบทบาทหลักสำหรับวาระการวิจัยนี้คือกลุ่มวิจัยการเคลือบระดับนาโนและกลุ่มวิจัยการสังเคราะห์นาโนเชิงฟังก์ชั่น

3. การบำบัดน้ำ (Water Treatment & Remediation) : เป็นการพัฒนาเทคโนโลยีเยื่อบาง (Membrane) และการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง (Photocatalysis) สำหรับการทำน้ำให้บริสุทธิ์และการบำบัดน้ำเสียด้วยการประยุกต์ใช้นาโนเมมเบรน (Nanomembrane) ส่วนเทคโนโลยีนาโนเซ็นเซอร์จะมีบทบาทในการตรวจจับสารปนเปื้อนและเชื้อก่อโรค และอนุภาคแม่เหล็กนาโนจะถูกนำไปใช้สำหรับการบำบัดน้ำและสำหรับเร่งปฏิกิริยาการแปลงสภาพสารพิษในน้ำ (Catalytic Conversion of Water Pollutant) ทั้งนี้กลุ่มวิจัยการเคลือบระดับนาโน และกลุ่มวิจัยการสังเคราะห์นาโนเชิงฟังก์ชั่น จะมีบทบาทหลักในวาระการวิจัยนี้

4. การติดตามและตรวจวินิจฉัยโรค (Disease Screening, Diagnosis & Health Monitoring) : วาระการวิจัยนี้ครอบคลุมถึงการพัฒนานาโนเทคโนโลยีสำหรับการตรวจวินิจฉัยมะเร็งทั่วไป เชื้อก่อโรคอุบัติใหม่ ยาปราบศัตรูพืช และโลหะหนัก ตัวอย่างการวิจัย ได้แก่ การพัฒนาโมเลกุลนาโนที่มีแอนติบอดีเป็นส่วนประกอบเพื่อการวินิจฉัยโรคมะเร็งและโรคติดเชื้อ การพัฒนานาโนเซ็นเซอร์สำหรับตรวจจับเชื้อก่อโรค และตรวจจับโลหะหนักและยาปราบศัตรูพืช ซึ่งกลุ่มวิจัยการสังเคราะห์นาโนเชิงฟังก์ชั่นจะมีบทบาทเป็นอย่างมากในการพัฒนาเทคโนโลยี ส่วนการสร้างอนุภาคนาโนสำหรับการตรวจจับสาร ณ แหล่งกำเนิด (*In Situ* Monitoring) เช่น น้ำตาลกลูโคส โคเลสเตอรอล เป็นต้น ต้องอาศัยเทคโนโลยีการปลดปล่อยสารไปยังเป้าหมาย ซึ่งกลุ่มวิจัยหลักสำหรับวาระการวิจัยนี้คือกลุ่มวิจัยการห่อหุ้มระดับนาโนในการพัฒนาเทคโนโลยี

5. การสร้าง การแปรรูปและการเก็บสะสมพลังงาน (Energy Production, Conversion & Storage) : วาระการวิจัยนี้เน้นการพัฒนาพลังงานทดแทนด้วยนาโนเทคโนโลยี ตัวอย่างการวิจัยในวาระการวิจัยนี้ ได้แก่ การพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีสารอินทรีย์หรือพอลิเมอร์เป็นส่วนประกอบ ซึ่งเป็นการวิจัยหลักของกลุ่มวิจัยการเคลือบระดับนาโน ส่วนกลุ่มวิจัยการสังเคราะห์นาโนเชิงฟังก์ชั่นจะมีบทบาทในการพัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยาใหม่สำหรับไบโอดีเซลและไฮโดรเจน รวมทั้งมีบทบาทในการพัฒนาเทคโนโลยีการเก็บกักไฮโดรเจนในสารประกอบโลหะไฮไดรด์ (Metal Hydride) และในวัสดุที่เจือด้วยโลหะ (Metal-Doped Porous Materials) เป็นต้น

6. การเพิ่มผลผลิตการเกษตรและทรัพยากรธรรมชาติ (Agricultural, Natural Resources Productivity Enhancement) : กลุ่มวิจัยการห่อหุ้มระดับนาโนมีบทบาทหลักในวาระการวิจัยนี้ โดยมีเป้าหมายในการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรด้วยการพัฒนาระบบควบคุมการปลดปล่อยสารเคมีอย่างช้าๆ และมีประสิทธิภาพ เช่น ปุ๋ย ยากำจัดวัชพืชและยาปราบศัตรูพืช โภชนเภสัช (Nutraceuticals) ยา และวัคซีน เป็นต้น โดยผ่านการพัฒนานาโนแคปซูลสำหรับการปลดปล่อยปุ๋ย นาโนแคปซูลสำหรับการปลดปล่อยยากำจัดวัชพืชและยาปราบศัตรูพืช และนาโนแคปซูลสำหรับการปลดปล่อยสารอาหาร ยา และวัคซีนปศุสัตว์

7. การตรวจจับและควบคุมแมลงและพาหะของโรค (Vector & Pest Detection / Control) : วาระการวิจัยนี้ครอบคลุมถึงการตรวจจับ ควบคุมพาหะของโรค และไล่แมลง ทั้งนี้กลุ่มวิจัยทั้ง 3 กลุ่มมีบทบาทแตกต่างกัน กล่าวคือการพัฒนาอนุภาคนาโนที่มีฤทธิ์ในการไล่แมลง และปราบแมลงศัตรูพืช เป็นบทบาทหลักของกลุ่มวิจัยทั้ง 3 กลุ่ม ส่วนการพัฒนาสิ่งทอที่สามารถป้องกันแมลงพาหะของโรคเป็นบทบาทหลักของกลุ่มวิจัยการเคลือบระดับนาโน สำหรับกลุ่มวิจัยการสังเคราะห์นาโนเชิงฟังก์ชั่นจะมีบทบาทหลักในการพัฒนานาโนเซ็นเซอร์สำหรับตรวจจับแมลงและพาหะของโรค

8. สิ่งทอ (Textile) : เป็นวาระการวิจัยเพื่อพัฒนานาโนเทคโนโลยีที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มแก่สิ่งทอให้มีสมบัติพิเศษเฉพาะ (Functional Textile) และมีสมบัติเฉพาะทาง (Technical Textile) เช่น สิ่งทออัจฉริยะ (Smart Textile) ผ้าหน่วงไฟ (Fire Retardant Fabrics) เป็นต้น ซึ่งกลุ่มวิจัยทั้ง 3 กลุ่มจะมีบทบาทในการพัฒนาเทคโนโลยี

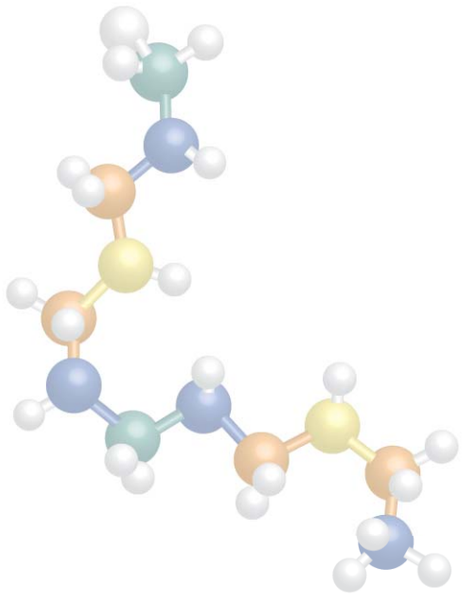
องค์ประกอบที่สองของ NANOTEC TRM คือเทคโนโลยีหลักที่สร้างขึ้นจากกลุ่มวิจัย 3 กลุ่ม ซึ่งล้วนมีบทบาทในทุกๆ วาระวิจัยที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ได้แก่ กลุ่มวิจัยการเคลือบระดับนาโน (Nano-Coating Platform) กลุ่มวิจัยการห่อหุ้มระดับนาโน (Nano-Encapsulation Platform) และกลุ่มวิจัยการสังเคราะห์โครงสร้างนาโนเชิงฟังก์ชัน (Functional Nanostructure Platform) มีรายละเอียดดังนี้

- **กลุ่มวิจัยการเคลือบระดับนาโน** ดำเนินการวิจัยโดยอาศัยเทคโนโลยีการเคลือบเพื่อสร้างสมบัติเฉพาะ (Functional Coating Technology) และเทคโนโลยีการเคลือบโดยอาศัยแสง (Photocatalysis Coating Technology)
- **กลุ่มวิจัยการห่อหุ้มระดับนาโน** ดำเนินการวิจัยโดยอาศัยเทคโนโลยีหลัก 3 ชนิดคือ เทคโนโลยีการห่อหุ้มและปลดปล่อยสาร (Encapsulation/Incorporation & Release Technology) เทคโนโลยีควบคุมการปลดปล่อยสาร (Control & Release Technology) และเทคโนโลยีการปลดปล่อยสารไปยังเป้าหมาย (Target & Release Technology)
- **กลุ่มวิจัยการสังเคราะห์โครงสร้างนาโนเชิงฟังก์ชัน** มุ่งเน้นการวิจัยบนพื้นฐานการออกแบบโมเลกุลและโครงสร้างระดับนาโนที่มีสมบัติเฉพาะ (Design of Functional Molecules & Nanostructures) การสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาระดับนาโนหรือโครงสร้างระดับนาโน (Synthesis of Nano Catalysts or Functional Nanostructures) และการสร้างกระบวนการในการผลิตโครงสร้างระดับนาโน (Fabrication Process for Nanostructures)

องค์ประกอบที่สามของ NANOTEC TRM คือองค์ความรู้หลัก (Core Knowledge Tools) ประกอบด้วย 4 เรื่องคือ 1) การบริหารจัดการความปลอดภัยและความเสี่ยง (Safety & Risk Management) 2) การแสดงคุณลักษณะและการทดสอบ (Characterization /Testing) 3) การสร้างแบบจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Modeling/Simulation) 4) หน่วยข้อมูลข่าวกรอง (Intelligence Information Unit) ทั้งนี้องค์ความรู้หลักเป็นสิ่งที่ ศน. จำเป็นต้องดำเนินการอย่างต่อเนื่องเพื่อเป็นเครื่องมือในการสร้างเทคโนโลยีหลักทั้ง 3 กลุ่มให้ได้ตามเป้าหมายที่ต้องการโดยมีกลไกในการสร้างความรู้เหล่านี้ เช่น การสร้างความร่วมมือกับหน่วยงานภายนอก การจัดตั้งหน่วยงานขึ้นใหม่เพื่อดำเนินการ เป็นต้น

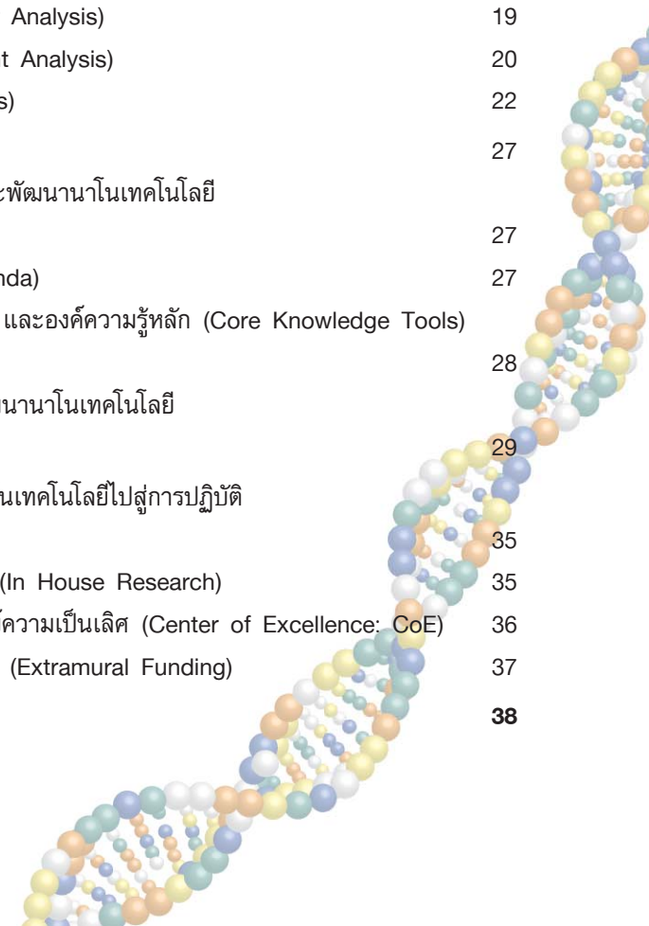
องค์ประกอบสุดท้ายของ NANOTEC TRM คือ ทรัพยากรที่ใช้ในการดำเนินการเพื่อให้บรรลุเป้าหมาย (Resources) ประกอบด้วยงบประมาณ อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และกำลังคนอันประกอบด้วยนักวิจัยและผู้ช่วยนักวิจัย ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นข้อมูลใน ปี พ.ศ. 2552

NANOTEC TRM ที่จัดทำขึ้น สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือสำคัญในการกำหนดกรอบและทิศทางการวิจัย การประสานงานระหว่างกลไกการจัดการ และการจัดสรรทรัพยากร ใน 3 ส่วนหลักๆ คือ การวิจัยโดยนักวิจัย ศน. การวิจัยที่ดำเนินการโดยศูนย์เครือข่ายความเป็นเลิศ ที่ตั้งอยู่ในมหาวิทยาลัยต่างๆ และการให้ทุนวิจัยแก่นักวิจัยทั่วประเทศ โดยพิจารณาจากข้อเสนอโครงการที่ยื่นขอรับทุน และการดำเนินการที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2553



สารบัญ

		หน้า
บทสรุปผู้บริหาร		**I**
บทที่ 1	ที่มาของโครงการจัดทำแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนานาโนเทคโนโลยี (NANOTEC TRM)	13
	1.1 วัตถุประสงค์	13
	1.2 เป้าหมาย	13
	13. ขั้นตอนการดำเนินงาน	13
	1.4 ข้อพิจารณาในการใช้ NANOTEC TRM	14
บทที่ 2	นโยบายวิจัยและพัฒนาด้านนาโนเทคโนโลยี	15
บทที่ 3	การวิเคราะห์แนวโน้มนาโนเทคโนโลยีของโลกและขีดความสามารถของศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ (ศน.)	17
	3.1 สรุปภาพรวมรายงานการศึกษาแนวโน้มนาโนเทคโนโลยีของโลก (Global Nanotechnology Trend Analysis and Nanotechnology Roadmap Study)	17
	3.2 การศึกษาความต้องการใช้นาโนเทคโนโลยีในบริบทของประเทศไทย	18
	3.3 การดำเนินงานของ ศน.	18
	3.4 วิเคราะห์สถานภาพขีดความสามารถของ ศน.	19
	3.4.1 วิเคราะห์กำลังคน (Manpower Analysis)	19
	3.4.2 วิเคราะห์เครื่องมือ (Equipment Analysis)	20
	3.4.3 วิเคราะห์ (Attributes Analysis)	22
บทที่ 4	NANOTEC TRM 2010-2013	27
	4.1 การออกแบบแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนานาโนเทคโนโลยี (Designing NANOTEC TRM)	27
	4.2 วาระการวิจัยและพัฒนา (R&D Agenda)	27
	4.3 เทคโนโลยีหลัก (Core Technology) และองค์ความรู้หลัก (Core Knowledge Tools) ของ ศน.	28
	4.4 ภาพรวมแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนานาโนเทคโนโลยี (Integrated NANOTEC TRM)	29
บทที่ 5	การนำแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนานาโนเทคโนโลยีไปสู่การปฏิบัติ (NANOTEC TRM Deployment)	35
	5.1 งานวิจัยที่ดำเนินการโดยนักวิจัย ศน. (In House Research)	35
	5.2 งานวิจัยที่ดำเนินการโดยเครือข่ายศูนย์ความเป็นเลิศ (Center of Excellence: CoE)	36
	5.3 การให้ทุนวิจัยแก่นักวิจัยภายนอก ศน. (Extramural Funding)	37
บรรณานุกรม		**38**



ภาคผนวก **39**

ภาคผนวก (ก) บทวิเคราะห์นโยบายของงานวิจัยและพัฒนาด้านนาโนเทคโนโลยี 40

(1) แผนกลยุทธ์ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ พ.ศ. 2547-2556 40

(2) แผนกลยุทธ์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ พ.ศ. 2550-2556 40

(3) แผนแม่บทศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ พ.ศ. 2550-2554 44

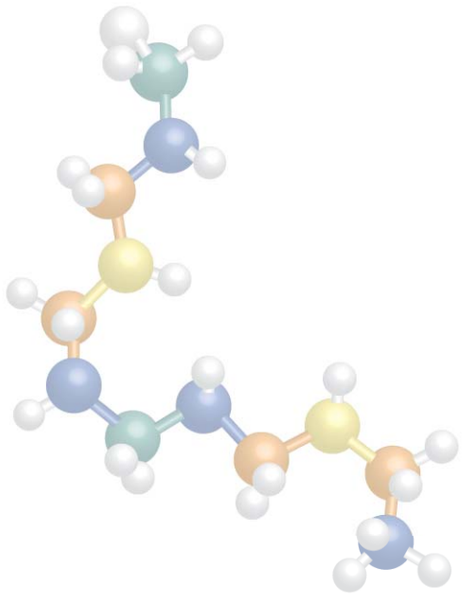
(4) กรอบนโยบายของ สวทช. ซึ่งประกอบด้วย เป้าหมายที่สำคัญยิ่งยวดของ สวทช. (NSTDA CPMO Wildly Important Goals: WIGs) และ NSTDA Platform Technology and Cluster 45

ภาคผนวก (ข) บทวิเคราะห์แนวโน้มนาโนเทคโนโลยีของโลก 51

(1) รายงานการศึกษาแนวโน้มนาโนเทคโนโลยีของโลก (Global Nanotechnology Trend Analysis and Nanotechnology Roadmap Study) 51

ภาคผนวก (ค) รายชื่อคณะทำงานจัดทำแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนานาโนเทคโนโลยี 68

ภาคผนวก (ง) รายชื่อคณะทำงานจัดทำหนังสือ NANOTEC TRM 70



สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างเทคโนโลยีหลักกับวาระการวิจัยและพัฒนา 30

ตาราง (ก).1 กลยุทธ์ที่ 1 การผลักดันนาโนเทคโนโลยีเข้าหนุนการพัฒนาคลัสเตอร์เป้าหมาย 42

ตาราง (ก).2 กลยุทธ์ที่ 2 พัฒนากำลังคนด้านนาโนเทคโนโลยี 42

ตาราง (ก).3 กลยุทธ์ที่ 3 ลงทุนวิจัยและพัฒนาด้านนาโนเทคโนโลยี 43

ตาราง (ก).4 กลยุทธ์ที่ 4 พัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านนาโนเทคโนโลยี 43

ตาราง (ก).5 กลยุทธ์ที่ 5 สร้างความตระหนักในความสำคัญของนาโนเทคโนโลยีอย่างกว้างขวาง 44

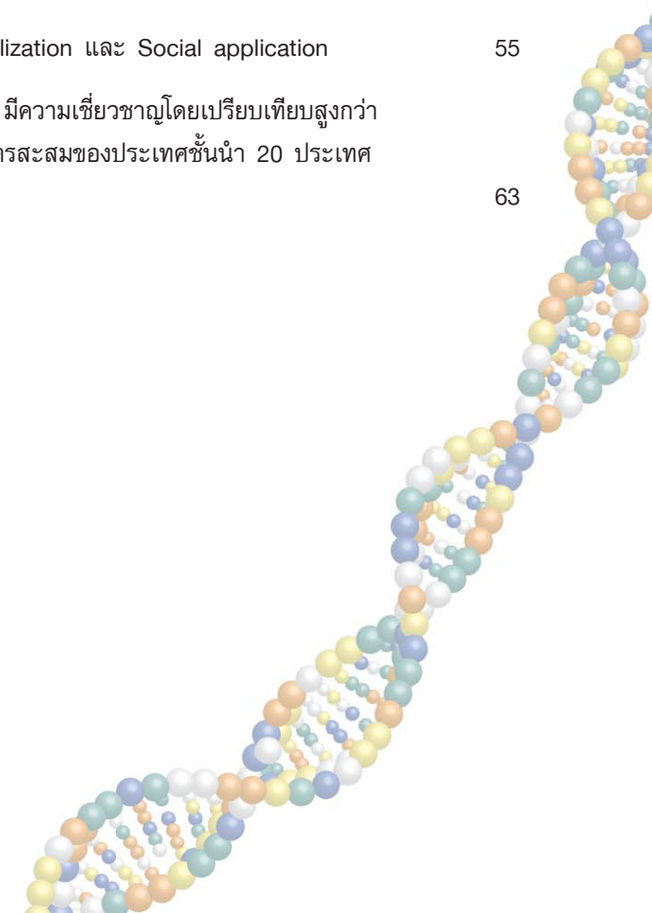
ตาราง (ก).6 รายละเอียดการดำเนินงานวิจัยของ WIGs ในแต่ละโปรแกรม 48

ตาราง (ข).1 Matrix แสดงข้อมูลด้าน Technical Feasibility และ Implementation Feasibility ของแต่ละเทคนิค ในปี 2020 โดยข้อมูลที่เป็นแถบสีแสดงข้อมูลที่เหมาะสมและน่าสนใจต่อการทำ NANOTEC TRM 52

ตาราง (ข).2 Involvement of Technology Areas สำหรับ 16 Technology Applications 54

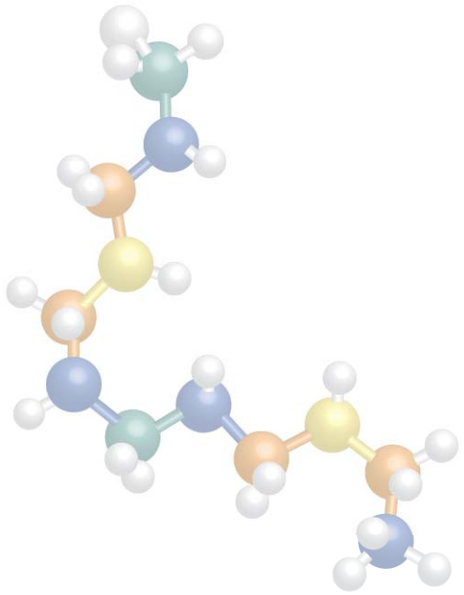
ตาราง (ข).3 คาดการณ์ปีที่จะเกิด Technology realization และ Social application 55

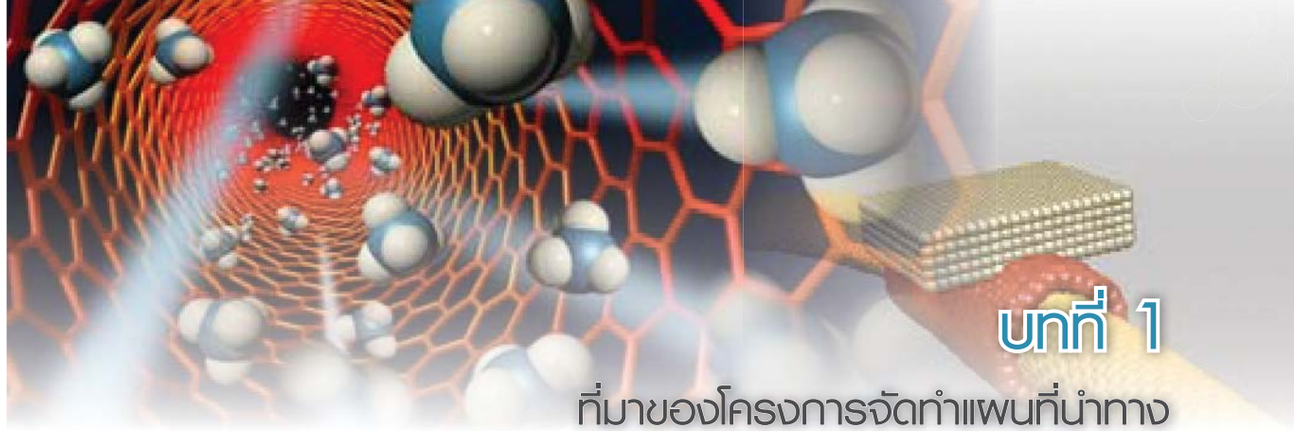
ตาราง (ข).4 RTA index ค่าที่มากกว่า 1 หมายถึง มีความเชี่ยวชาญโดยเปรียบเทียบสูงกว่า (ซึ่งเป็นการวิเคราะห์จากจำนวนสิทธิบัตรสะสมของประเทศชั้นนำ 20 ประเทศ ในปี ค.ศ. 2005) 63



สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 2.1	นโยบายของงานวิจัยพัฒนาด้านนาโนเทคโนโลยี	15
รูปที่ 3.1	จำนวนนักวิจัยแยกตามแต่ละ Platform Technology	20
รูปที่ 3.2	จำนวนนักวิจัยใน ศน. ทั้ง 28 คน ที่สามารถใช้เทคนิควิจัยต่างๆ ในแต่ละ Platform Technology	20
รูปที่ 3.3 (a-c)	จำนวนเครื่องมือ/อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำวิจัยแต่ละเทคนิค กราฟแท่งสีฟ้า/น้ำเงิน แสดงเครื่องมือที่ ศน. มีอยู่ ส่วนกราฟแท่งสีแดงแสดงเครื่องมือที่ต้องการ	21-22
รูปที่ 3.4 (a-b)	ประเมินค่า impact/value ของแต่ละ Attribute ในแต่ละเทคนิควิธีของกลุ่ม Nano-Coating	23
รูปที่ 3.5 (a-c)	ประเมินค่า impact/value ของแต่ละ Attribute ในแต่ละเทคนิควิธีของกลุ่ม Nano-Encapsulation	23
รูปที่ 3.6	ประเมินค่า impact/value ของแต่ละ Attribute ในแต่ละเทคนิควิธีของกลุ่ม Functional Nanostructure	23
รูปที่ 3.7 (a-c)	ระยะเวลาที่ใช้พัฒนาเทคนิคต่างๆ จนสามารถนำไปใช้เพื่อพัฒนากระบวนการผลิต หรือสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีคุณลักษณะตามที่ต้องการ	24-25
รูปที่ 3.8 (a-c)	ความสัมพันธ์ระหว่าง Core Technology กับระยะเวลาที่ใช้ในการพัฒนาของแต่ละ Platform Technology	26
รูปที่ 4.1	โครงสร้างต้นแบบแผนที่นำทาง	27
รูปที่ 4.2	Core Technology และ Core Knowledge Tools	28
รูปที่ 4.3	Integrated NANOTEC TRM	29
รูปที่ 4.4	วาระการวิจัยและพัฒนาระบบนำส่งยา	31
รูปที่ 4.5	วาระการวิจัยและพัฒนากระบวนการผลิตและเก็บรักษาอาหาร	32
รูปที่ 4.6	วาระการวิจัยและพัฒนาการบำบัดน้ำ	32
รูปที่ 4.7	วาระการวิจัยและพัฒนาการติดตามตรวจวินิจฉัยโรค	32
รูปที่ 4.8	วาระการวิจัยและพัฒนา การผลิต แปรรูปและการเก็บสะสมพลังงาน	33
รูปที่ 4.9	วาระการวิจัยและพัฒนาการเพิ่มผลผลิตการเกษตรและทรัพยากรธรรมชาติ	33
รูปที่ 4.10	วาระการวิจัยและพัฒนาการตรวจจับและควบคุมแมลงและพาหะของโรค	33
รูปที่ 4.11	วาระการวิจัยและพัฒนาสิ่งทอ	34
รูปที่ 5.1	การดำเนินงานวิจัยของห้องปฏิบัติการของ ศน.	35
รูปที่ 5.2	การดำเนินงานวิจัยของศูนย์เครือข่ายฯ ทั้ง 8 แห่ง ที่สอดคล้องกับแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนานาโนเทคโนโลยี	36-37
รูปที่ 5.3	การให้ทุนวิจัยแก่นักวิจัยภายนอก ศน. ปี 2553	37
รูปที่ (ก).1	แผนกลยุทธ์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ พ.ศ. 2550-2556	41
รูปที่ (ก).2	NANOTEC Strategic areas: 2007-2011	44
รูปที่ (ก).3	NSTDA Strategic Clusters ทั้ง 9 กลุ่ม	45
รูปที่ (ก).4	แผนการดำเนินงานวิจัยของ สวทช. ตาม Platform Technology และ Custer	46
รูปที่ (ก).5	Platform Technology ของศูนย์แห่งชาติทั้งสี่ศูนย์	47
รูปที่ (ข).1	แนวโน้มการพัฒนาเทคโนโลยีในปี ค.ศ. 2020	54
รูปที่ (ข).2	ระยะเวลาที่ต่างกันของการเกิด Technology realization และ Social application	55
รูปที่ (ข).3	Time to Market ของ mainstream application สำหรับ Drug Delivery System	56
รูปที่ (ข).4	Time to Market จาก Basic Research ถึง Mainstream Application ปี ค.ศ. 2015	56
รูปที่ (ข).5	Nanotech S Curve แสดง Nanotechnology Global Trends	57
รูปที่ (ข).6	Practicable Nanotechnology Research Initiatives and Outcomes	58
รูปที่ (ข).7	Practicable Nanotechnology Research Initiatives and Outcomes ในส่วน Applications ซึ่งแบ่งเป็น Early และ Advanced	58
รูปที่ (ข).8	สัดส่วนจำนวนรายงานการวิจัยแยกตาม Material Science และ Physics	59
รูปที่ (ข).9	ผล Delphi survey ซึ่งแสดงจุดอ่อนและจุดแข็งของประเทศญี่ปุ่นเมื่อเทียบกับ US และ EU	59
รูปที่ (ข).10	ผลการศึกษาแสดงรายชื่อประเทศที่เป็นผู้นำด้าน Matter and materials origination, synthesis, and process technology ตามหัวข้อการศึกษา	60
รูปที่ (ข).11	ข้อมูลการศึกษา Nanotechnology ในปี ค.ศ. 2005 ของกลุ่มประเทศกำลังพัฒนา แบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ Medical sciences และ Physical sciences	61
รูปที่ (ข).12	สัดส่วนจำนวนสิทธิบัตรของแต่ละ sub-areas	61
รูปที่ (ข).13	สัดส่วนจำนวนสิทธิบัตรของแต่ละ sub-areas	62
รูปที่ (ข).14	ลำดับประเทศที่มีการลงทุนวิจัยทางด้านนาโนเทคโนโลยีในปี ค.ศ. 2004	62
รูปที่ (ข).15	ความสามารถในสาขาต่างทางนาโนเทคโนโลยีของ USA, EU, BRIC countries และญี่ปุ่น	63
รูปที่ (ข).16	จำนวนบทความทางวิชาการโดยค้นหาจาก key word "nano* and coat*" สำหรับประเทศไทยมีทั้งหมด 85 บทความ	64
รูปที่ (ข).17	จำนวนบทความทางวิชาการโดยค้นหาจาก key word "nano* and encap*" สำหรับประเทศไทยมีทั้งหมด 23 บทความ	65
รูปที่ (ข).18	จำนวนบทความทางวิชาการโดยค้นหาจาก key word "nano* and function* and structure" สำหรับประเทศไทยมีทั้งหมด 30 บทความ	65
รูปที่ (ข).19	จำนวนบทความทางวิชาการและ Citation ของประเทศไทย ในช่วงปี ค.ศ. 2000-2009	66
รูปที่ (ข).20	จำนวนบทความทางวิชาการของประเทศไทยจำแนกตามสาขา	67
รูปที่ (ข).21	จำนวนบทความทางวิชาการของประเทศไทยจำแนกตามมหาวิทยาลัย	67





บทที่ 1

ที่มาของโครงการจัดทำแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนานาโนเทคโนโลยี (NANOTEC TRM)

ศน. เป็นหน่วยงานภายใต้สังกัด สวทช. จัดตั้งขึ้นตามมติคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 13 สิงหาคม 2546 เพื่อให้เป็นศูนย์วิจัยและพัฒนานาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ จัดสรรทุนอุดหนุนการวิจัย และทำงานร่วมกับศูนย์แห่งชาติอื่นของ สวทช. เพื่อสนับสนุนและสร้างขีดความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศ นอกจากนี้ยังมีหน้าที่ประสานความร่วมมือกับเครือข่ายหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยผลักดันให้มีการศึกษาเชิงนโยบาย เพื่อนำเสนอ นโยบาย มาตรการ ตลอดจนข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนานาโนเทคโนโลยีของประเทศ

หนึ่งในภารกิจหลักที่สำคัญในการดำเนินงานของ ศน. คือการวิจัยและพัฒนาเพื่อสร้างองค์ความรู้และพัฒนาเทคโนโลยีฐาน (Platform Technology) ซึ่งประกอบด้วย 3 กลุ่มวิจัยคือ กลุ่มวิจัยการเคลือบระดับนาโน (Nano-Coating Platform) กลุ่มวิจัยการห่อหุ้มระดับนาโน (Nano-Encapsulation Platform) และกลุ่มวิจัยการสังเคราะห์โครงสร้างนาโนเชิงฟังก์ชัน (Functional Nanostructure Platform)

เพื่อให้การดำเนินงานวิจัยและพัฒนานาโนเทคโนโลยีมีความสอดคล้องกับแผนกลยุทธ์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ (พ.ศ. 2550-2556) แผนแม่บทศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ (พ.ศ. 2550-2554) และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของโลกในอนาคต ผู้อำนวยการ ศน. จึงได้แต่งตั้งคณะทำงานจัดทำแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนานาโนเทคโนโลยี (NANOTEC TRM) ขึ้น เพื่อเป็นกรอบ แนวทาง การวิจัยและพัฒนานาโนเทคโนโลยีเมื่อวันที่ 29 มกราคม 2551

1.1 วัตถุประสงค์ในการจัดทำ NANOTEC TRM

เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการกำหนดแนวทางการดำเนินงานของ ศน. โดยเฉพาะในการกำหนดกรอบและทิศทางการวิจัย การประสานงานระหว่างกลไกการจัดการ และการจัดสรรทรัพยากรของหน่วยปฏิบัติการกลางนาโนเทค (NANOTEC Central Laboratory) ศูนย์เครือข่ายความเป็นเลิศด้านนาโนเทคโนโลยี (Network of Centers of Excellence) และการจัดสรรทุนวิจัยการหน่วยงานภายนอก (R&D Funding) ตามภารกิจหลักของ ศน. ใน 4 ปีข้างหน้า (พ.ศ. 2553-2556)

1.2 เป้าหมายของ NANOTEC TRM

ต้องการให้การดำเนินงานของ ศน. มีคุณภาพ เกิดประสิทธิภาพ และมีประสิทธิผลที่สุด ตามแผนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับ ศน.

1.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน แบ่งเป็น 3 ระยะ

ระยะที่ 1 : การเตรียมการ (เดือนที่ 1-3)

1. ทบทวนที่มาและความสำคัญของการจัดทำ NANOTEC TRM

2. ทบทวนแผนกลุทธ์ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ พ.ศ. 2547-2556[2] แผนกลยุทธ์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ (พ.ศ. 2550-2556)[3] และแผนแม่บทศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ (พ.ศ.2550-2554)[4] กรอบนโยบายของ สวทช.[5]
3. ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยและพัฒนานาโนเทคโนโลยีของ ศน.
4. ศึกษาสถานภาพการพัฒนานาโนเทคโนโลยีของประเทศ และภาพรวมความก้าวหน้าของนาโนเทคโนโลยีโลก

ระยะที่ 2 : การทบทวนและวิเคราะห์ข้อมูล (เดือนที่ 4 -7)

1. ทบทวนนิยามของกลุ่มวิจัยในโปรแกรมเทคโนโลยีฐาน
2. ระบุเป้าหมายเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง ช่องว่างการวิจัยและพัฒนาที่จำเป็น
3. ระบุความสามารถที่ต้องการ รวมถึงระยะ เวลาของการเคลื่อนที่ของเทคโนโลยี
4. วิเคราะห์ขีดความสามารถของ ศน. ได้แก่ ทรัพยากร (งบประมาณ กำลังคน เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ) และโครงสร้างพื้นฐานที่จำเป็น

ระยะที่ 3 : การจัดทำ NANOTEC TRM (เดือนที่ 8-9)

1. จัดทำ(ร่าง) NANOTEC TRM
2. ประชุมระดมความคิดเห็นจากผู้เกี่ยวข้อง ผู้มีส่วนได้เสีย ได้แก่ ผู้ทรงคุณวุฒิ นักวิจัย ผู้แทนศูนย์เครือข่ายวิจัยนาโนเทคโนโลยีภาคเอกชน และหน่วยงานอื่นๆ
3. นำเสนอต่อคณะกรรมการบริหารศูนย์ของ ศน. เพื่อให้ข้อเสนอแนะและอนุมัติ NANOTEC TRM[6]

1.4 ข้อพิจารณาในการใช้ NANOTEC TRM

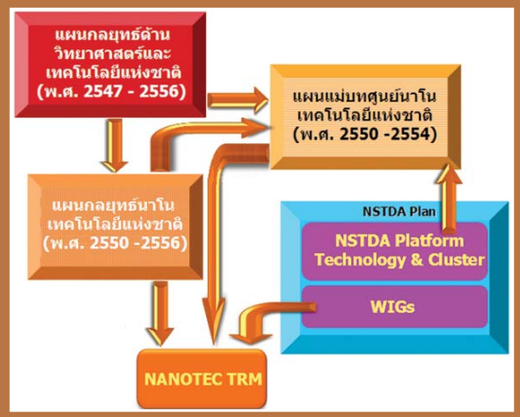
NANOTEC TRM ที่จัดทำขึ้นสามารถปรับปรุงและพัฒนาให้ดีขึ้นได้อย่างต่อเนื่อง เมื่อได้รับข้อมูลเพิ่มขึ้นจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง

[2] รายละเอียดศึกษาได้จากภาคผนวก (ก.1)
[3] รายละเอียดศึกษาได้จากภาคผนวก (ก.2)
[4] รายละเอียดศึกษาได้จากภาคผนวก (ก.3)
[5] รายละเอียดศึกษาได้จากภาคผนวก (ก.4)

[6] การประชุมคณะกรรมการบริหารของ ศน. วันที่ 20 สิงหาคม 2552 ได้อนุมัติ NANATEC TRM และให้นำไปปฏิบัติให้สอดคล้องกับกิจกรรมต่างๆ ของ ศน. ต่อไป

บทที่ 2
นโยบายของงานวิจัยพัฒนาด้านนาโนเทคโนโลยี

ในการจัดทำ NANOTEC TRM ได้พิจารณาและทบทวนนโยบายวิจัยและพัฒนานาโนเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับ ศน. ได้แก่ แผนกลยุทธ์ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (พ.ศ. 2547-2556) แผนกลยุทธ์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ (พ.ศ. 2550-2556) แผนแม่บทศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ (พ.ศ. 2550-2554) รวมถึงกรอบนโยบายของ สวทช. ซึ่งได้พิจารณาในส่วนเป้าหมายที่สำคัญยิ่งยวด (Wildly Important Goals, WIGs) ของ สวทช. ที่ดำเนินการเพื่อตอบสนองต่อคลัสเตอร์การวิจัยและพัฒนาทั้ง 9 กลุ่มของ สวทช. (ตามรูปที่ 2.1)



รูปที่ 2.1 : นโยบายของงานวิจัยพัฒนาด้านนาโนเทคโนโลยี

แผนกลยุทธ์ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (พ.ศ. 2547-2556) จัดทำขึ้นโดย คณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (กวทน.) ซึ่งประกอบด้วย สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ โดยได้รับความเห็นชอบจากคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2547 จัดทำขึ้นเพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งในภาครัฐและเอกชนได้ทราบนโยบายและทิศทางการพัฒนาประเทศด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาระสำคัญของแผนเป็นการเชื่อมโยงการพัฒนาประเทศในสาขาต่างๆ ให้มีความเจริญและมีความสามารถในการแข่งขันภายใต้รากฐานทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เข้มแข็งและมั่นคง โดยเฉพาะอย่างยิ่งใน 4 สาขาเทคโนโลยีหลัก ได้แก่ เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เทคโนโลยีชีวภาพ เทคโนโลยีวัสดุ และนาโนเทคโนโลยี

แผนกลยุทธ์ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (พ.ศ. 2547-2556) ที่ได้นำแนวคิดการพัฒนาในรูปแบบเครือข่ายวิสาหกิจหรือคลัสเตอร์ (Cluster) มาเป็นเครื่องมือในการเพิ่มความสามารถของภาคเศรษฐกิจ และสามารถตอบโจทย์ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของคลัสเตอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สวทช. จึงได้จัดทำแผนกลยุทธ์ สวทช. (พ.ศ. 2552-2554) ซึ่งได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (กวทช.) เมื่อวันที่ 15 พฤษภาคม 2551 โดยปรับทิศทางการวิจัยและพัฒนา จากที่ยึดเทคโนโลยี 4 สาขาหลักของศูนย์แห่งชาติทั้งสี่ เป็นการมุ่งสู่กลุ่มวิสาหกิจเป้าหมายทั้ง 9 กลุ่ม

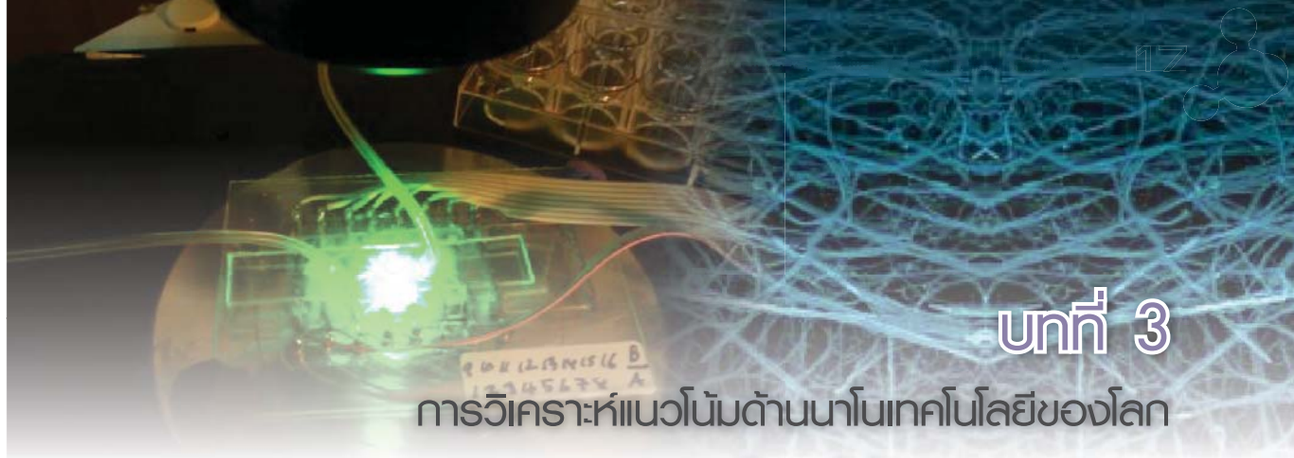
คือ 1) การแพทย์และสาธารณสุข 2) อาหารและการเกษตร 3) ยานยนต์และการขนส่ง 4) พลังงานทดแทน 5) สิ่งแวดล้อม 6) ซอฟท์แวร์ ไมโครชิป และอิเล็คทรอนิคส์ 7) สิ่งทอ 8) ชนบทและผู้ด้อยโอกาส 9) การพัฒนาเทคโนโลยีฐาน โดยมอบหมายให้สำนักบริหารจัดการคลัสเตอร์และโปรแกรมวิจัยเป็นผู้บริหารจัดการ และมีศูนย์แห่งชาติทั้ง 4 แห่งดำเนินโครงการวิจัยภายใต้โปรแกรมและคลัสเตอร์ รวมทั้งรับผิดชอบพัฒนาเทคโนโลยีฐาน (Platform Technology) เพื่อเป็นฐานในการประยุกต์ผลงานวิจัยสู่คลัสเตอร์ทั้ง 8 คลัสเตอร์ คณะทำงานจึงได้พิจารณารายละเอียดเป้าหมายที่สำคัญอย่างยิ่งยวด (Wildly Important Goals, WIGs) ซึ่งเป็น 1 ใน 4 ของหลักการนำนโยบายไปสู่ปฏิบัติ ที่เรียกว่า 4 Disciplines of Execution ที่พัฒนาขึ้นโดย Steven Covey[7] อันเป็นการพยายามระบุเป้าหมายที่สำคัญอย่างยิ่งยวด ที่จำเป็นจะต้องดำเนินการให้เสร็จสิ้นภายในระยะเวลาที่กำหนด (ภายใน 1-2 ปีข้างหน้า) โดยจัดลำดับความสำคัญของผลงานที่จะส่งมอบและบรรลุผลสำเร็จ จัดได้ว่าเป็นกลยุทธ์ที่ใช้ในการบริหารจัดการคลัสเตอร์และโปรแกรมวิจัย และเพื่อให้สามารถบริหารจัดการงบประมาณที่มีอยู่อย่างจำกัดได้อย่างเหมาะสม หรือมีประสิทธิภาพมากที่สุด สามารถสร้างผลกระทบในเชิงเศรษฐกิจสังคมได้อย่างเป็นรูปธรรม ซึ่งคณะทำงานได้พิจารณารายละเอียดการดำเนินงานวิจัยของ WIGs ในแต่ละโปรแกรม และได้ระบุการดำเนินการวิจัยของ ศน. เพื่อให้สอดคล้องกับการดำเนินงานวิจัยของ WIGs

ศน. ได้ดำเนินการจัดทำแผนกลยุทธ์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ (พ.ศ. 2550-2556) ในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2546 ถึง กุมภาพันธ์ 2547 โดยคณะกรรมการจัดทำแผนกลยุทธ์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติและคณะทำงาน 4 สาขา ได้แก่ สาขานาโนวัสดุ สาขาเทคโนโลยีชีวภาพนาโน สาขานาโนอิเล็กทรอนิกส์ และสาขาการศึกษาและพัฒนาบุคลากรของ ศน. โดยใช้กระบวนการการมีส่วนร่วมในรูปแบบการประชุมเชิงปฏิบัติการ และระดมความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญและผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ผ่านการกลั่นกรองจากคณะกรรมการนโยบายนาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ[8] และคณะอนุกรรมการภายใต้คณะกรรมการดังกล่าว และแผนกลยุทธ์นาโนฯ นี้ ได้รับความเห็นชอบจากคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 12 มิถุนายน 2550 โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนาขีดความสามารถพื้นฐานและศักยภาพของประเทศไทยทางด้านนาโนเทคโนโลยีของประเทศไทยให้พร้อมรับกระแสการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีใหม่ และสอดคล้องกับแผนการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ พร้อมทั้งแนวทางการดำเนินงานที่สอดคล้องกับแผนกลยุทธ์ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (พ.ศ. 2547-2556) รวมทั้งเชื่อมโยงกับกรอบนโยบายการพัฒนาเทคโนโลยีรายสาขาของประเทศ

แผนแม่บทศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ (พ.ศ. 2550-2554) ที่จัดทำขึ้น ได้รับอนุมัติจากคณะกรรมการบริหาร ศน. เมื่อวันที่ 9 พฤษภาคม 2550 และใช้เป็นกรอบแนวทางในการดำเนินงานของ ศน. ในช่วง 5 ปี โดยมีเป้าหมายที่สำคัญเพื่อสนับสนุนให้หน่วยงานต่างๆ ของ ศน. มีความเข้าใจและสามารถปฏิบัติงานสอดคล้องกับกรอบแผนกลยุทธ์การพัฒนาด้านนาโนเทคโนโลยีของประเทศ และแผนดำเนินภารกิจหลักที่ ศน. ได้รับมอบหมายจากรัฐบาล และ สวทช.

[7] ผู้เขียนหนังสือ 7 Habits of Highly Effective Prople

[8] แต่งตั้งเมื่อวันที่ 9 มิถุนายน 2548



บทที่ 3

การวิเคราะห์แนวโน้มด้านนาโนเทคโนโลยีของโลก และขีดความสามารถของศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ (ศน.)

3.1 สรุปภาพรวมรายงานการศึกษาแนวโน้มนาโนเทคโนโลยีของโลก (Global Nanotechnology Trend Analysis and Nanotechnology Roadmap Study)[9]

การจัดทำ NANOTEC TRM ได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลเพื่อศึกษาแนวโน้มนาโนเทคโนโลยีของโลกจากรายงานการศึกษาต่างๆ ได้แก่ The Global Technology Revolution 2020 (RAND Corporation), The 8th Science and Technology Foresight Survey (NISTEP Japan), Analysis of Japan's Nanotechnology Competitiveness (D. Kanama & A. Kondo), Current Situation and Industrialization of Taiwan Nanotechnology (Hsin-Ning Su, Pei-Chun Lee, Min-Hua Tsai, Kuo-Ming Chien), The Nanoroadmap Project (Elvio Mantovani & Andrea Porcari), Nanotechnology and Developing World (Fabio Salamanca-Buentello), Strategy for Nanotechnology-related Environment, Health and Safety Research (National Nanotechnology Initiative), Nanotechnology: An Overview Based on Indicators and Statistic (Christopher Palmberg, Hélène Dernis and Claire Miguet) รวมทั้งการวิเคราะห์ข้อมูลผลงานวิจัยตีพิมพ์ย้อนหลังประมาณ 10 ปี ในฐานข้อมูล Science Citation Index Expanded ของ ISI Web of Knowledge

ผลการวิเคราะห์ชี้ให้เห็นว่า การวิจัยและพัฒนาด้านนาโนเทคโนโลยีของโลกในช่วง 10 ปีที่ผ่านมาส่วนใหญ่เป็นการวิจัยเกี่ยวกับวัสดุศาสตร์ (Materials Science) ฟิสิกส์ประยุกต์ (Applied Physics) และเคมีกายภาพ (Physical Chemistry) โดยประเทศที่เป็นผู้นำได้แก่ สหรัฐอเมริกา สาธารณรัฐประชาชนจีน ญี่ปุ่น และเยอรมนี เมื่อพิจารณาการวิจัยด้านนาโนเทคโนโลยีของประเทศไทยในช่วงเวลาเดียวกัน พบว่าเป็นการวิจัยด้านวัสดุศาสตร์ เคมีกายภาพ และฟิสิกส์ประยุกต์ และมีส่วนหนึ่งที่ครอบคลุมถึงพอลิเมอร์

รายงานการศึกษาเรื่อง Nanotechnology: An Overview based on Indicators and Statistic ซึ่งจัดทำโดย Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) มีข้อมูลจากคณะกรรมาธิการยุโรป (European Commission: EC) ปี ค.ศ. 2004 ที่ชี้ให้เห็นว่าประเทศที่ทุ่มงบประมาณในการวิจัยและพัฒนาด้านนาโนเทคโนโลยีมากที่สุดในโลก 5 อันดับแรกคือ สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น สาธารณรัฐประชาชนจีน เยอรมนี และเกาหลีใต้ ตามลำดับ นอกจากนี้ รายงานดังกล่าว ยังแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากฐานข้อมูลสิทธิบัตร ที่บ่งชี้ว่าแต่ละประเทศมุ่งเน้นการประยุกต์ใช้นาโนเทคโนโลยีในแต่ละด้านแตกต่างกันไป กล่าวคือสหรัฐอเมริกาและเยอรมนีมุ่งเน้นด้านอุปกรณ์ เวชภัณฑ์และเทคโนโลยีชีวภาพ ส่วนญี่ปุ่นมุ่งเน้นด้านอิเล็กทรอนิกส์ ในขณะที่เกาหลีใต้มุ่งเน้นด้านอิเล็กทรอนิกส์และสารเคมี

[9] รายละเอียดศึกษาได้จากภาคผนวก (ข)

รายงานการศึกษาเรื่อง The Nanoroadmap Project โดย Elvio Mantovani และ Andrea Porcari ของบริษัท AIRI (Nanotec IT-Rome)[10] ปี ค.ศ. 2005 ได้ศึกษาคาดการณ์การประยุกต์ใช้นาโนเทคโนโลยีในปี ค.ศ. 2015 และจัดทำแผนที่นำทาง (Roadmap) ใน 3 สาขา คือ Materials, Health and Medical Systems และ Energy ได้ผลสรุปเป็นรูป The Nanotech "S" Curve แสดงทิศทางการวิจัยในช่วงปี ค.ศ. 2000 ถึง 2020 โดยในช่วงที่ 2 (ปี ค.ศ. 2005-2010/2015) จะมุ่งเน้นงานวิจัยในเรื่อง Active Nanostructure เช่น Drug Delivery

3.2 การศึกษาความต้องการใช้นาโนเทคโนโลยีในบริบทของประเทศไทย

จากรายงานการศึกษาเรื่อง Nanotechnology and Developing World โดย Fabio Salamanca-Buentello, Deepa L. Persad, Erin B. Court, Douglas K. Martin, Abdallah S. Daar, Peter A. Singer ของบริษัท PLoS Medicine ในปี ค.ศ. 2005 ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาทางด้านนาโนเทคโนโลยีของประเทศกำลังพัฒนา พบว่าประเทศกำลังพัฒนาจะมีการพัฒนาทางด้านนาโนเทคโนโลยีที่แตกต่างจากประเทศที่พัฒนาแล้ว โดยจะพัฒนานาโนเทคโนโลยีเพื่อใช้แก้ปัญหาของประเทศ รายงานการศึกษาดังกล่าวได้รวบรวมเกณฑ์ในการกำหนดวาระวิจัยของประเทศกำลังพัฒนา ซึ่งจะพิจารณาใน 6 ประเด็นคือ ผลกระทบ (impact) ภาระ (burden) ความเหมาะสม (appropriateness) ความเป็นไปได้ (feasibility) ช่องว่างทางความรู้ (knowledge gap) และผลประโยชน์ทางอ้อม (indirect benefits)

สำหรับประเทศไทย การพัฒนานาโนเทคโนโลยีเป็นการพิจารณาการเลือกลงทุนในการวิจัยและพัฒนาเฉพาะทางที่เหมาะสมกับการสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันของประเทศ เพื่อผลักดันให้มีการผลิตผลิตภัณฑ์นาโนเทคโนโลยีออกมาจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ได้ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์เหล่านั้นสามารถพัฒนาและใช้ทรัพยากรในประเทศเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ รวมถึงผลิตภัณฑ์พื้นบ้าน (OTOP) และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันให้กับผู้ผลิต และความได้เปรียบในการแข่งขันของประเทศ และยังช่วยให้ผู้บริโภคสามารถเลือกซื้อสินค้าได้อย่างฉลาดและสามารถใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์ได้อย่างเต็มที่ อีกทั้งยังช่วยให้เกิดการจ้างงานและการลงทุนจากธุรกิจใหม่ๆ ทางด้านบริการ เช่น การตรวจหาเชื้อปนเปื้อนเพื่อการส่งออกสินค้าเกษตรและอาหาร หรือการร่วมทุนทางธุรกิจเพื่อให้เกิดการขยายตัวของการลงทุนในเทคโนโลยีอุปกรณ์วินิจฉัยและตรวจวัด เป็นต้น

เมื่อพิจารณาคลัสเตอร์ ทั้ง 8 ของ WIGs พบว่ามี 4 คลัสเตอร์ที่มีการใช้นาโนเทคโนโลยีในการดำเนินการวิจัยเพื่อตอบสนองความสำเร็จของ WIGs ได้แก่ การแพทย์และสาธารณสุข อาหารและการเกษตร พลังงานทดแทน และสิ่งทอ

3.3 การดำเนินงานของ ศน.

ศน. เป็นหน่วยงานภายใต้สังกัด สวทช. ที่ดำเนินงานร่วมกับศูนย์แห่งชาติอื่น เพื่อสนับสนุนและเสริมสร้างขีดความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศ ซึ่งการดำเนินงานจะสอดคล้องตามแผนกลยุทธ์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ และอยู่ภายใต้แผนกลยุทธ์ของ สวทช. (Strategic Planning Alliance: SPA) โดยได้รับหน้าที่ให้เป็นเจ้าภาพดูแลโปรแกรมเทคโนโลยีฐาน และดำเนินงานวิจัยสำหรับโปรแกรมในคลัสเตอร์ รวมทั้งโครงการวิจัยที่ได้รับการสนับสนุนจากแหล่งทุนภายนอก นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ประสานความร่วมมือกับหน่วยงานเครือข่ายต่างๆ รวมทั้งช่วยสนับสนุนการเพิ่มขีดความสามารถด้านนาโนเทคโนโลยีของประเทศในการสร้างความเข้มแข็งของภาคอุตสาหกรรมที่มีอยู่เดิม และสร้างภาคอุตสาหกรรมใหม่ เพื่อพัฒนาเศรษฐกิจและคุณภาพชีวิตที่ดีของประชาชน

[10] รายละเอียดศึกษาได้จากภาคผนวก ข (1.3)

ในส่วนโปรแกรมเทคโนโลยีฐาน (Platform Technology Program) ของ ศน. นั้นประกอบด้วยเทคโนโลยีฐานการเคลือบระดับนาโน (Nano-Coating Platform) เทคโนโลยีฐานการห่อหุ้มระดับนาโน (Nano-Encapsulation Platform) เทคโนโลยีฐานการสังเคราะห์โครงสร้างนาโนเชิงฟังก์ชัน (Functional Nano-structure Platform) และโปรแกรมเทคโนโลยีอื่นๆ ที่เป็นโครงการริเริ่มโดยผู้อำนวยการศูนย์ของ ศน. (Director Initiatives) ซึ่งในการจัดทำ NANOTEC TRM ครั้งนี้จะพิจารณาเฉพาะในส่วนของโปรแกรมเทคโนโลยีฐาน (Platform Technology) เท่านั้น

สวทช. ได้ให้คำจำกัดความโปรแกรมเทคโนโลยีฐาน (Platform Technology) คือเทคโนโลยีที่เป็นฐานเพื่อการสร้างผลงานในรูปผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการที่สามารถตอบสนองความต้องการอุตสาหกรรมได้ในหลายคลัสเตอร์แห่งชาติ เพื่อสร้างศักยภาพ และแสดงขีดความสามารถของศูนย์แห่งชาติอย่างยั่งยืน[11]

ศน. ได้กำหนดนิยามเทคโนโลยีฐานของ ศน.[12] ทั้ง 3 กลุ่ม ดังนี้

1. กลุ่มโปรแกรมวิจัยการเคลือบระดับนาโน (Nano-Coating) คือการนำสมบัติพิเศษที่เกิดขึ้นจากการใช้อนุภาคเล็กขนาดนาโนเมตร และ/หรือการใช้เทคนิคการเคลือบมาพัฒนาให้พื้นผิวของผลิตภัณฑ์ที่ถูกเคลือบมีสมบัติดียิ่งขึ้นและมีสมบัติเฉพาะทางที่หลากหลาย (Multifunctional) เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์

2. กลุ่มโปรแกรมวิจัยการห่อหุ้มระดับนาโน (Nano-Encapsulation) คือการวิจัยและพัฒนาสารห่อหุ้มและระบบกักเก็บสารที่สำคัญเพื่อวัตถุประสงค์ในการเพิ่มความคงตัวของสารที่ถูกกักเก็บและสามารถควบคุมการปลดปล่อยตามเวลาหรือตำแหน่งเป้าหมายที่ต้องการได้

3. กลุ่มโปรแกรมวิจัยการสังเคราะห์ (Functional Nanostructure) คือ เทคโนโลยีในการออกแบบสังเคราะห์ ดัดแปลง หรือประดิษฐ์โครงสร้างในระดับนาโนเมตร เพื่อทำให้วัสดุมีสมบัติพิเศษทางกายภาพหรือเคมีตามฟังก์ชันการใช้งาน

ภายใต้แต่ละ Platform Technology มีกระบวนการ/เทคนิคจำนวนมาก และมีความจำเป็นต้องใช้บุคลากรที่เชี่ยวชาญพิเศษในเทคนิคเหล่านั้นเพื่อสร้างคุณลักษณะ (Attribute) ที่พึงประสงค์ตามแต่ละ Platform Technology ดังนั้นการจัดทำ NANOTEC TRM จึงจำเป็นต้องวิเคราะห์เรื่องเทคนิค กำลังคน และเครื่องมือในแต่ละ Platform Technology

3.4 วิเคราะห์สถานภาพขีดความสามารถของ ศน.

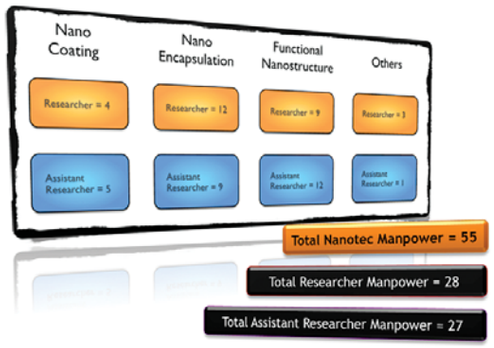
3.4.1 วิเคราะห์กำลังคน (Manpower Analysis)

ในปี ค.ศ. 2009 ศน. มีนักวิจัย 28 คนและผู้ช่วยนักวิจัย 27 คน (ตามรูปที่ 3.1) จากนักวิจัยทางด้านนาโนเทคโนโลยีของประเทศไทยประมาณ 350 คน และ ศน. วางแผนจะเพิ่มบุคลากรวิจัยในปี ค.ศ. 2012 ให้มีจำนวนรวม 130 คน (เป็น PhD Researchers 60 คน) และในปี ค.ศ. 2014 จะเพิ่มให้มีบุคลากรวิจัยรวม 200 คน (เป็น PhD Researchers 90 คน)

จากการที่มีนักวิจัยจำนวนน้อยและส่วนใหญ่เป็นนักวิจัยรุ่นใหม่ ซึ่งมีความเชี่ยวชาญเฉพาะสาขาเพื่อให้เกิดความเชื่อมโยงองค์ความรู้ ศน. จึงต้องสร้างเครือข่ายวิจัยกับหน่วยงานภายนอกเพิ่มขึ้น

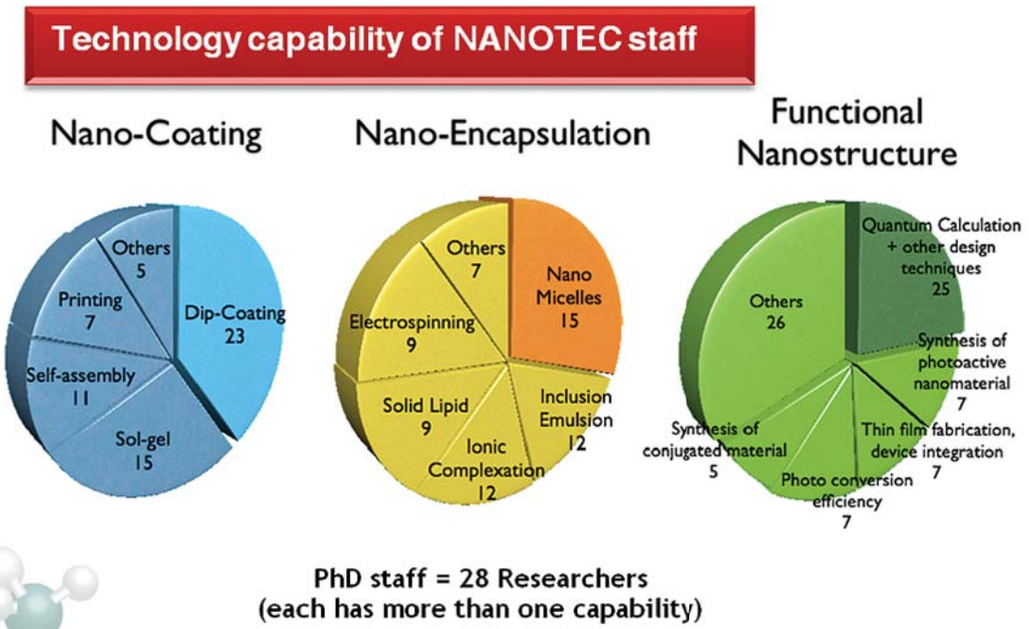
[11] Panel review ream

[12] นิยามที่คณะทำงานได้กำหนดจากการประชุม คณะทำงานจัดทำ NANOTEC TRM ช่วงมกราคม 2551 ถึงสิงหาคม 2552



รูปที่ 3.1 : จำนวนนักวิจัยแยกตามแต่ละ Platform Technology

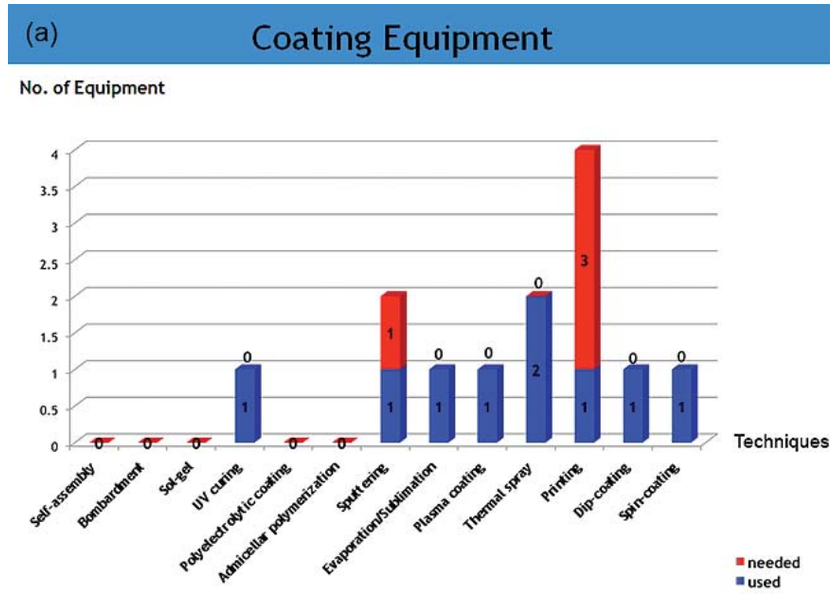
นักวิจัยของ ศน. ทั้ง 28 คนนั้น แต่ละคนจะมีความสามารถในการทำวิจัยด้วยเทคนิควิธีที่หลากหลายและมีความเชี่ยวชาญแตกต่างกัน ซึ่งนักวิจัยแต่ละคนจะมีความเชี่ยวชาญในการใช้เทคนิควิธีมากกว่า 1 เทคนิค และในแต่ละเทคนิคก็มีนักวิจัยที่เชี่ยวชาญมากกว่า 1 คน เช่น มีนักวิจัย 23 คน ที่สามารถทำวิจัยด้วยวิธี Dip-Coating และมีนักวิจัย 5 คน ที่สามารถทำเทคนิควิจัยวิธี Synthesis of conjugated material ความสามารถของนักวิจัยของ ศน. ที่มีอยู่นี้เหมาะที่จะใช้ในการพัฒนาขีดความสามารถของเทคโนโลยีหลักที่ต้องอาศัยความรู้และความเชี่ยวชาญในหลายสาขาวิชา (ตามรูปที่ 3.2)

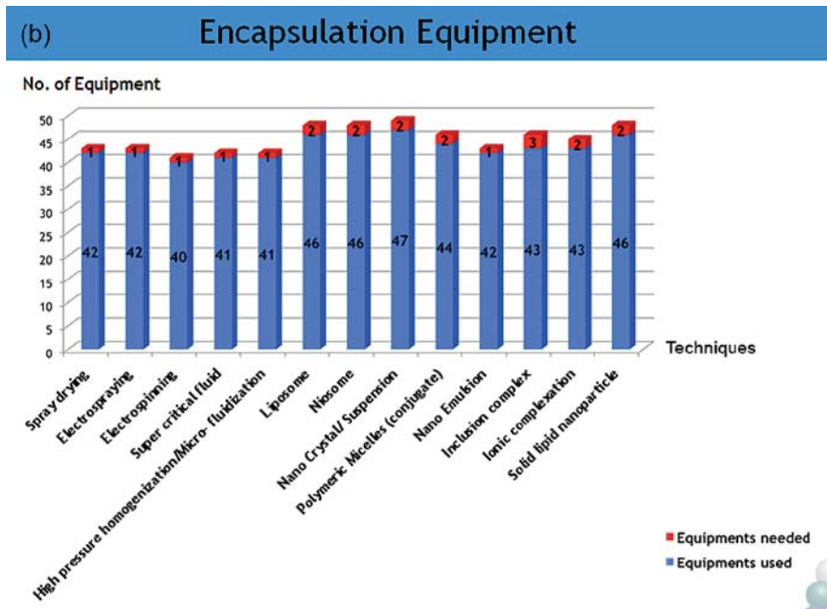


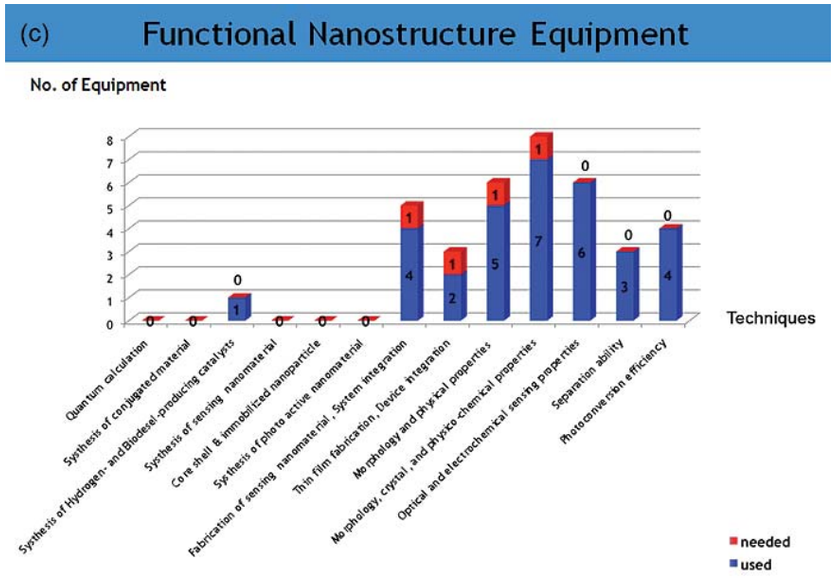
รูปที่ 3.2 : จำนวนนักวิจัยใน ศน. ทั้ง 28 คน ที่สามารถใช้เทคนิควิจัยต่างๆ ในแต่ละ Platform Technology

3.4.2 วิเคราะห์เครื่องมือ (Equipment Analysis)

คณะทำงานได้มีการวิเคราะห์ความพร้อมทางด้านเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับงานวิจัยทั้ง 3 Platform Technology พบว่าอุปกรณ์และเครื่องมือที่สนับสนุนการวิจัยและพัฒนาของ ศน. ค่อนข้างพร้อมสำหรับการดำเนินการตามเทคนิคของแต่ละ Platform Technology มีเพียงเทคนิควิธี Printing ที่ใช้ในกลุ่มวิจัย Nano-Coating Platform เท่านั้นที่ยังขาดอุปกรณ์และเครื่องมือบางชิ้นดังรายละเอียดตามรูปที่ 3.3 (a-c)







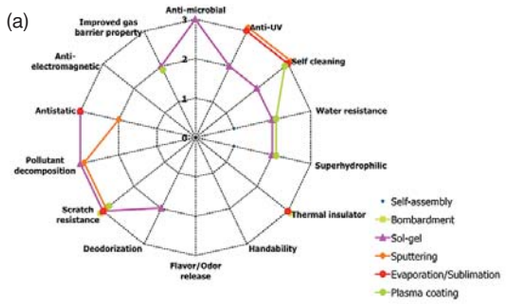
รูปที่ 3.3 (a-c) : จำนวนเครื่องมือ/อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำวิจัยแต่ละ Core Technology

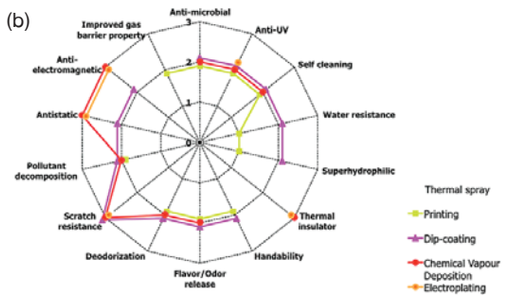
3.4.3 วิเคราะห์ Attributes Analysis

การพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างเทคนิคที่เหมาะสม ที่จะทำให้เกิดคุณลักษณะ (Attribute) แต่ละอย่าง โดยคณะทำงานเป็นผู้รวบรวมข้อมูลจากนักวิจัยของ ศน. ในการประเมินระดับความสัมพันธ์ ซึ่งพิจารณาว่าแต่ละเทคนิคเหมาะสมในการทำให้เกิด Attribute ต่างๆ ได้เพียงใด โดยแบ่งเป็น 3 ระดับ ระดับที่ 3 แสดงว่า เทคนิคนั้นๆ เหมาะสมในการทำให้เกิดAttribute มากที่สุด ส่วนระดับที่ 2 และ 1 มีความเหมาะสมน้อยลงตามลำดับ เช่น นักวิจัยกลุ่มโปรแกรมวิจัย Nano-Coating ให้ความเห็นว่าเทคนิควิธี Sol-gel เหมาะสมที่จะทำให้เกิดสมบัติ Anti-microbial มากที่สุด (ตามรูปที่ 3.4 a)

กลุ่มโปรแกรมวิจัย Nano-Encapsulation ให้ความเห็นว่า เทคนิควิธี liposome เหมาะสมที่สุดกับทั้ง 3 กระบวนการ (ตามรูปที่ 3.5 b) และกลุ่มโปรแกรมวิจัย Functional Nanostructure ให้ความเห็นว่าเทคนิค Nanostructure characterization and performance test และ Synthesis of Nano Catalysis or functional molecules เหมาะสมที่สุดกับงานด้านพลังงาน (ตามรูปที่ 3.6)

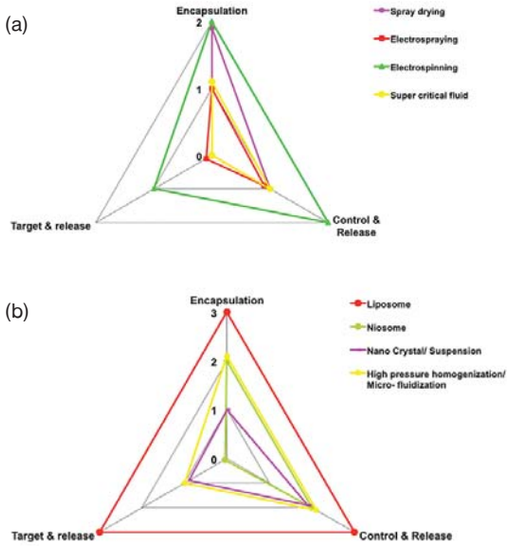
กลุ่มโปรแกรมวิจัย Nano-Coating

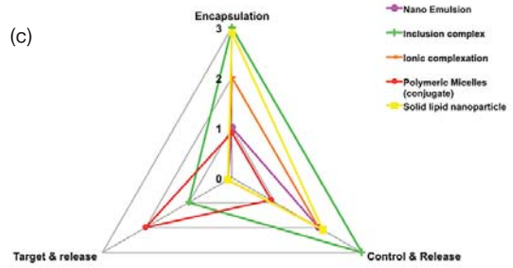




รูปที่ 3.4 (a-b) : ประเมินค่า impact/value ของแต่ละ Attribute ในแต่ละเทคนิควิธีของกลุ่ม Nano-Coating

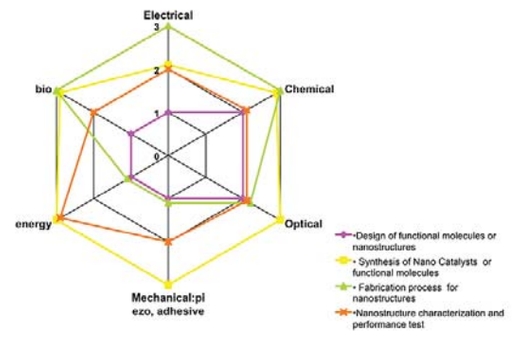
กลุ่มโปรแกรมวิจัย Nano-Encapsulation





รูปที่ 3.5 (a-c) : ประเมินค่า impact/value ของแต่ละ Attribute ในแต่ละเทคนิควิธีของกลุ่มNano-Encapsulation

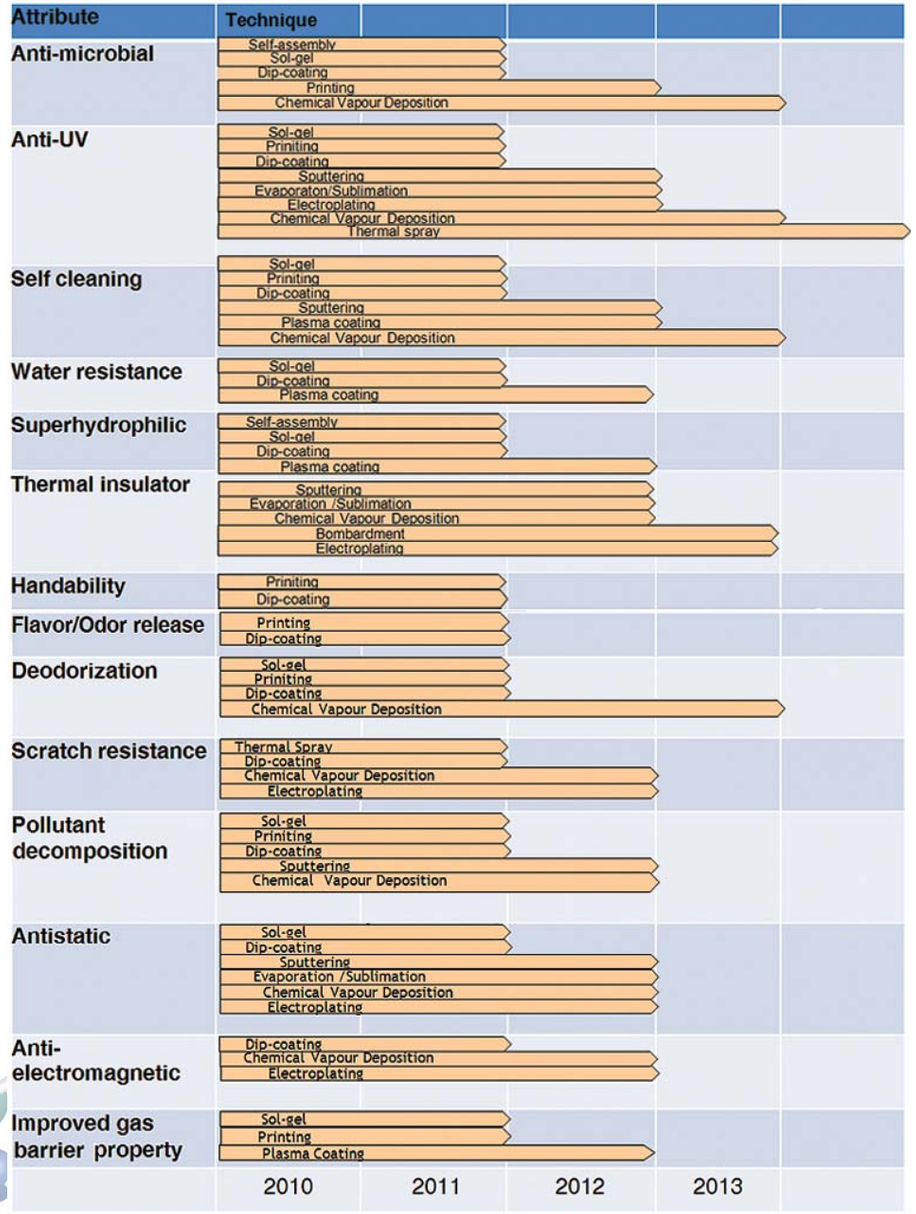
กลุ่มโปรแกรมวิจัย Functional Nanostructure



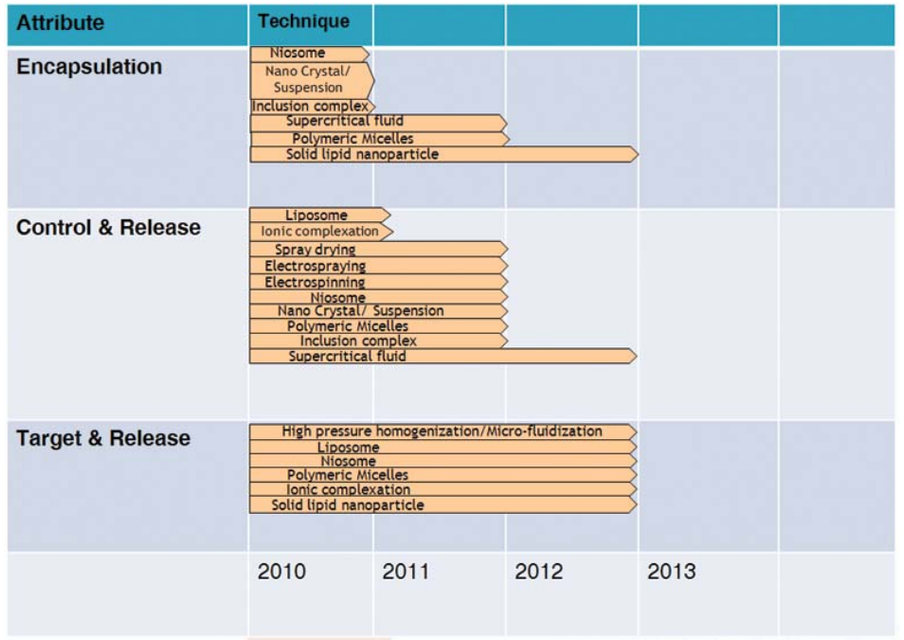
รูปที่ 3.6 : ประเมินค่า impact/value ของแต่ละ Attribute ในแต่ละเทคนิควิธีของกลุ่ม Functional Nanostructure

นอกจากนี้คณะทำงานยังได้ศึกษาระยะเวลาที่นักวิจัยคาดว่าจะสามารถพัฒนาเทคนิคต่างๆ ได้สำเร็จจนสามารถนำไปพัฒนากระบวนการผลิตหรือสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีคุณลักษณะต่างๆ ตามที่ต้องการ ตามรูปที่ 3.7 (a-c) เช่น หากต้องการให้มีสมบัติ Anti-microbial โดยใช้เทคนิควิธี Chemical Vapour Depositon คาดว่าต้องใช้เวลาถึง 4 ปี แต่หากใช้เทคนิควิธีของ Self-assemble คาดว่าจะใช้เวลาเพียง 2 ปี

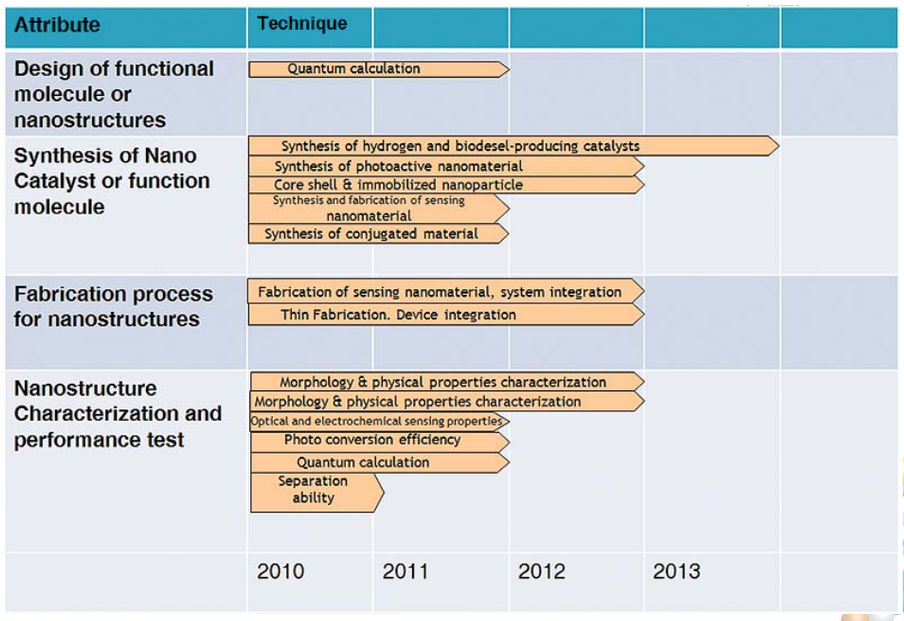
(a) Coating



(b) Encapsulation

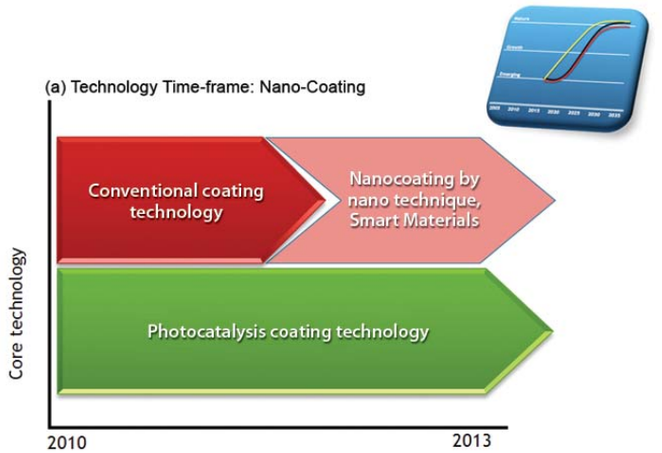


(c) Functional Nano-structure

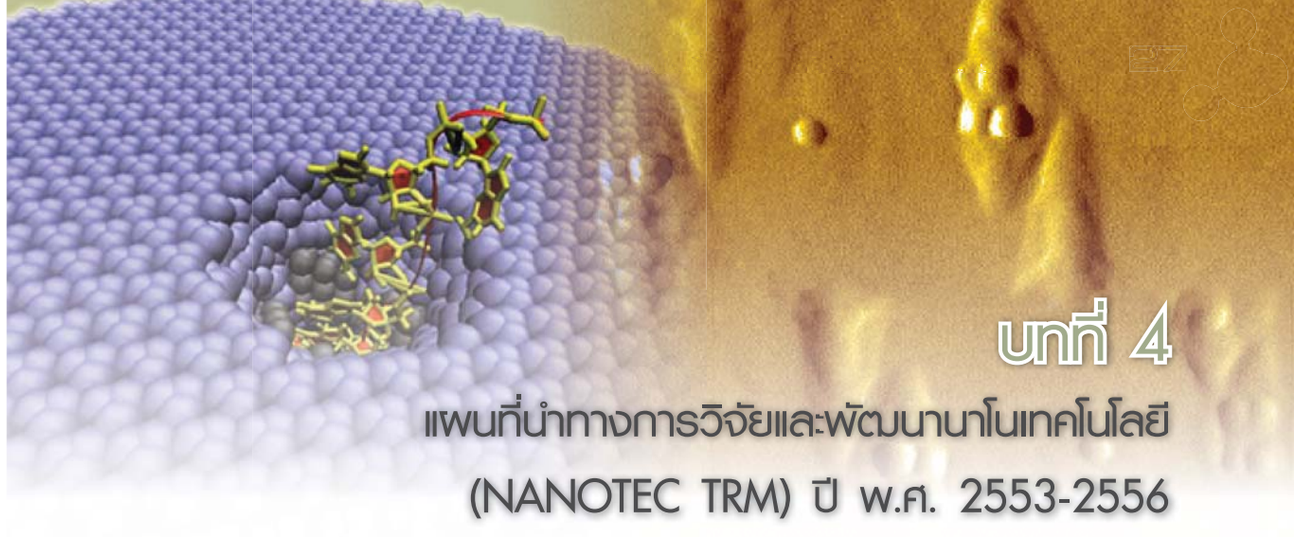


รูปที่ 3.7 (a-c) : ระยะเวลาที่ใช้พัฒนาเทคนิคต่างๆ จนสามารถนำไปใช้เพื่อพัฒนากระบวนการผลิต หรือสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีคุณลักษณะตามที่ต้องการ

เมื่อจัดหมวดหมู่เทคนิควิธีแล้วจะได้ภาพสรุประยะเวลาที่ใช้ในการพัฒนาทำกระบวนการ/เทคนิคของ Core Technology ในแต่ละ Platform Technology ตามรูปที่ 3.8 (a-c)



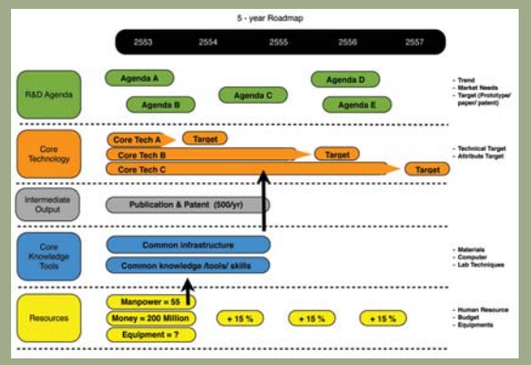
รูปที่ 3.8 (a-c) : ความสัมพันธ์ระหว่าง Core Technology กับระยะเวลาที่ใช้ในการพัฒนาของแต่ละ Platform Technology



บทที่ 4
แผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนานาโนเทคโนโลยี (NANOTEC TRM) ปี พ.ศ. 2553-2556

4.1 การออกแบบแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนานาโนเทคโนโลยี (Designing NANOTEC TRM)

แนวคิดในการจัดทำแผนที่นำทาง เริ่มจากการสร้างโครงสร้างต้นแบบ (Template) เช่นเดียวกับร่างรูปก่อนที่จะวาดรายละเอียดและระบายสี กล่าวคือ เริ่มต้นจากการกำหนดโครงร่างต้นแบบดังแสดงตามรูปที่ 4.1 ซึ่งโครงร่างต้นแบบนี้จะถูกพัฒนาต่อไปจนเป็นแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนานาโนเทคโนโลยี



รูปที่ 4.1 : โครงสร้างต้นแบบแผนที่นำทาง

โครงสร้างต้นแบบของแผนที่นำทางเทคโนโลยี (TRM Template) มีองค์ประกอบเป็นลำดับชั้น โดยชั้นบนสุดเป็นการกำหนดวาระการวิจัยและพัฒนา (R&D Agenda) ซึ่งจะพิจารณาแบบบูรณาการในรูปของการสนับสนุนโดยใช้เทคโนโลยีหลัก (core technology) ของ ศน. ซึ่งเทคโนโลยีหลักเหล่านั้นจะถูกนำมาใช้ในการพิจารณาร่วมกับปัจจัยอื่นๆ นั่นคือองค์ความรู้หลักที่ต้องสร้างให้เกิดขึ้น (Core Knowledge Tools) อันจะเป็นพื้นฐานในการสร้างเทคโนโลยีฐาน (Platform Technology) และชั้นล่างสุดคือทรัพยากรที่จำเป็นในการดำเนินการวิจัย (Resources) ประกอบด้วยอุปกรณ์และเครื่องมือที่สนับสนุนการวิจัย งบประมาณ และกำลังคน ซึ่งได้แก่ นักวิจัยและผู้ช่วยนักวิจัย

4.2 วาระการวิจัยและพัฒนา (R&D Agenda)

จากข้อมูลการวิเคราะห์แนวโน้มการวิจัยและพัฒนาด้านนาโนเทคโนโลยีของโลก สถานภาพของ ศน. และรายงานข้อเสนอแนะแนวทางการวิจัยด้านนาโนเทคโนโลยี เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของประเทศกำลังพัฒนา[13] รวมทั้ง การพิจารณาเป้าหมายที่สำคัญยิ่งยวด (WIGs) ของ สวทช.[14] ที่ตอบสนองต่อคลัสเตอร์การวิจัยและพัฒนาทั้ง 9 กลุ่มได้แก่ 1) การแพทย์และสาธารณสุข 2) อาหารและการเกษตร 3) ยานยนต์และการขนส่ง 4) พลังงานทดแทน 5) สิ่งแวดล้อม 6) ซอฟท์แวร์, ไมโครชิป และอิเล็คทรอนิคส์ 7) สิ่งทอ 8) ชนบทและผู้ด้อยโอกาส 9) การพัฒนาเทคโนโลยีฐาน

หนึ่งในองค์ประกอบที่คณะทำงานได้พิจารณาเพื่อกำหนดวาระการวิจัยและพัฒนาของ NANOTEC TRM นี้ คือข้อมูลจากรายงานการสำรวจความต้องการผลงาน

[13] F Salamanca-Buentello (2005) Nanotechnology and the developing world. PLoS Medicine. 2(4):0300-3030.

[14] รายละเอียด WIGs อยู่ในภาคผนวก (ก.4)

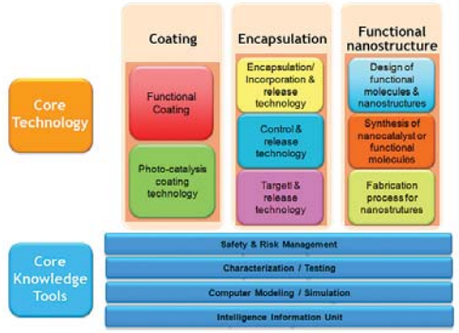
วิจัยด้านนาโนเทคโนโลยีสำหรับกลุ่มประเทศกำลังพัฒนา ซึ่งแสดงเกณฑ์ในการกำหนดวาระวิจัยดังต่อไปนี้

1. ผลกระทบ (Impact) หมายถึง การประยุกต์ใช้ผลผลิต (Output) จากงานวิจัยที่มีส่วนช่วยในการปรับปรุง เช่น น้ำ การเกษตร สุขภาพ พลังงาน และสิ่งแวดล้อมในประเทศกำลังพัฒนามากน้อยเพียงใด
2. ภาระ (Burden) หมายถึง ปัญหาเร่งด่วน ซึ่งต้องการเทคโนโลยีช่วยในการแก้ไข
3. ความเหมาะสม (Appropriateness) หมายถึง ความสามารถในการจัดหาเทคโนโลยีนั้นๆ ความยั่งยืนของเทคโนโลยี ความสามารถในการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีให้เหมาะกับประเทศกำลังพัฒนา และเหมาะสมกับสภาพสังคม เศรษฐกิจ วัฒนธรรมและสิ่งแวดล้อม
4. ความเป็นไปได้ (Feasibility) หมายถึง เทคโนโลยีนั้นๆ จะได้รับการพัฒนาและเผยแพร่ภายในกรอบเวลาที่กำหนดหรือไม่
5. ช่องว่างทางความรู้ (Knowledge Gap) หมายถึง เทคโนโลยีนั้นๆ จะช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิต ด้วยการสร้างองค์ความรู้ใหม่หรือไม่ อย่างไร
6. ประโยชน์ที่จะได้รับทางอ้อม (Indirect Benefits) หมายถึง เทคโนโลยีนั้นๆ จะส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาขีดความสามารถและก่อให้เกิดรายได้ที่เป็นผลเชิงบวกทางอ้อมในการพัฒนาประเทศอย่างไร

จากการพิจาณาข้อมูลดังกล่าวทั้งหมดข้างต้น คณะทำงานมีข้อสรุปว่าวาระการวิจัยและพัฒนาซึ่งต้องพึ่งพาความแข็งแกร่งในเทคโนโลยีฐานของ ศน. ควรประกอบด้วย 8 วาระ ได้แก่

1. ระบบการนำส่งยา (Drug Delivery System)
2. กระบวนการผลิตและเก็บรักษาอาหาร (Food Processing & Storage)
3. การบำบัดน้ำ (Water Treatment & Remediation)
4. การติดตามและตรวจวินิจฉัยโรค (Disease Screening, Diagnosis & Health Monitoring)
5. การผลิต แปรรูป และการเก็บสะสมพลังงาน (Energy Production, Conversion & Storage)
6. การเพิ่มผลผลิตการเกษตรและทรัพยากรธรรมชาติ (Agricultural, Natural Resources Productivity Enhancement)
7. การตรวจจับและควบคุมแมลงและพาหะของโรค (Vector & Pest Detection/Control)
8. สิ่งทอ (Textile)

4.3 เทคโนโลยีหลัก (Core Technology) และองค์ความรู้หลัก (Core Knowledge Tools) ของ ศน.



รูปที่ 4.2 : Core Technology และ Core Knowledge Tools

เทคโนโลยีหลัก (Core Technology) ของ ศน. สร้างขึ้นจากเทคโนโลยีฐาน (Platform Technology) ของ ศน. ที่มีอยู่เดิม และเชื่อมโยงเข้ากับวาระการวิจัยและพัฒนาให้ชัดเจนมากขึ้น

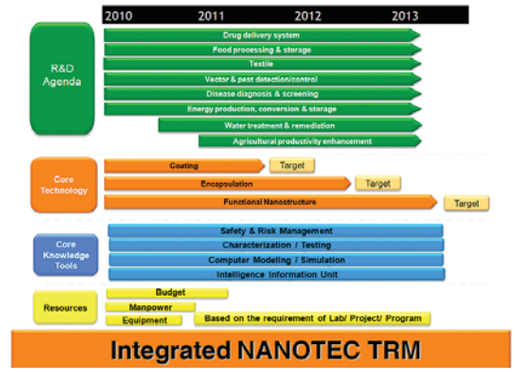
ในการจัดทำ NANOTEC TRM นี้มีแนวคิดการสร้างขีดความสามารถของเทคโนโลยีหลัก โดยอาศัยกลุ่มวิจัยที่มีอยู่เดิม 3 กลุ่มคือ กลุ่มวิจัยการเคลือบระดับนาโน (Nano-Coating Platform) กลุ่มวิจัยการห่อหุ้มระดับนาโน (Nano-Encapsulation Platform) และกลุ่มวิจัยการสังเคราะห์โครงสร้างนาโนเชิงฟังก์ชัน (Functional Nanostructure Platform) ทั้งนี้นักวิจัยในเทคโนโลยีหลักแต่ละกลุ่มจะดำเนินการวิจัยได้ ต้องอาศัยเทคโนโลยีหลักที่แตกต่างกันสำหรับแต่ละกลุ่ม (ตามรูปที่ 4.2) ดังนี้

- กลุ่มวิจัยการเคลือบระดับนาโน ดำเนินการวิจัยโดยใช้เทคโนโลยีการเคลือบเพื่อสร้างสมบัติเฉพาะ (Functional Coating Technology) และเทคโนโลยีการเคลือบโดยใช้แสง (Photocatalysis Coating Technology)
- กลุ่มวิจัยการห่อหุ้มระดับนาโน ดำเนินการวิจัยโดยสร้างขีดความสามารถทางด้านเทคโนโลยีใน 3 ด้าน ได้แก่ การห่อหุ้มและปลดปล่อยสาร (Encapsulation/Incorporation & Release Technology) การควบคุมการปลดปล่อยสาร (Control & Release Technology) และการปลดปล่อยสารไปยังเป้าหมาย (Target & Release Technology)
- กลุ่มวิจัยการสังเคราะห์โครงสร้างนาโนเชิงฟังก์ชัน มุ่งเน้นการวิจัยบนพื้นฐานการออกแบบโมเลกุลและโครงสร้างระดับนาโนที่มีสมบัติเฉพาะ (Design of Functional Molecules & Nanostructures) การสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาระดับนาโนหรือโครงสร้างระดับนาโน (Synthesis of Nano Catalysts or Functional Nanostructures) และกระบวนการสร้างโครงสร้างระดับนาโน (Fabrication Process for Nanostructures)

องค์ความรู้หลัก (Core Knowledge Tools) ประกอบด้วย 4 เรื่องได้แก่ 1)การบริหารจัดการความปลอดภัยและความเสี่ยง (Safety & Risk Management) 2) การแสดงคุณลักษณะและการทดสอบ (Characterization/Testing) 3) การสร้างแบบจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Modeling/Simulation) 4) หน่วยข้อมูลข่าวกรอง (Intelligence Information Unit) ทั้งนี้องค์ความรู้หลักเป็นสิ่งที่ ศน. จำเป็นต้องดำเนินการอย่างต่อเนื่องเพื่อเป็นเครื่องมือในการสร้างเทคโนโลยีหลักทั้ง 3 กลุ่มให้ตรงตามเป้าหมายที่ต้องการ โดยมีกลไกในการสร้างความรู้เหล่านี้ เช่น การสร้างความร่วมมือกับหน่วยงานภายนอก การจัดตั้งหน่วยงานขึ้นใหม่เพื่อดำเนินการ เป็นต้น

4.4 ภาพรวมแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนานาโนเทคโนโลยี (Integrated NANOTEC TRM)

Integrated NANOTEC TRM ตามรูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างทรัพยากรที่จำเป็นในการดำเนินการวิจัย (Resource) องค์ความรู้หลัก (Core Knowledge Tools) เทคโนโลยีหลัก (Core Technology) และวาระการวิจัยและพัฒนา (R&D Agenda)



รูปที่ 4.3 : Integrated NANOTEC TRM

ในส่วนนี้จะเป็นการพิจารณาวาระการวิจัยและพัฒนาแต่ละเรื่อง โดยพิจารณาว่าเทคโนโลยีหลักใดบ้างจะสามารถตอบสนองต่อวาระการวิจัยและพัฒนาเรื่องใด เพื่อให้บรรลุถึงการนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง

ตารางที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างเทคโนโลยีหลักกับวาระการวิจัยและพัฒนา

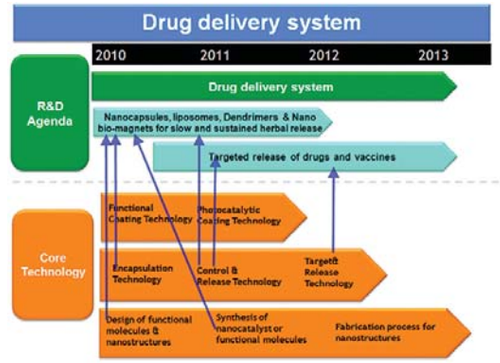
	Core technology	Coating technology		Encapsulation technology			Functional nanostructures		
R&D agenda	**Technology**	**Functional coating technology**	**Photocatalytic coating technology**	**Encapsulation technology**	**Control & release technology**	**Target & release technology**	**Design of functional molecules & nanostructures**	**Synthesis of nanocatalyst or functional molecules**	**Fabrication process for nanostructures**
Drug delivery	Nanocapsules, liposomes, Dendrimers & Nano bio-magnets for slow and sustained herbal release			■	■		■	■	
	Targeted release of drugs and vaccines				■	■			
Food process & storage	Nanocomposites for plastic film coatings in food packaging	■	■				■		
	Nanosensor for detection of pathogen contamination							■	■
Textile	Textile with value-added properties	■	■	■					
	Smart textile			■			■	■	
	Functional textile						■	■	■
Vector & pest detection/ control	Nanoparticles for pesticides, insecticides and insect repellents	■			■			■	
	Nanosensor for vector and pest detection							■	■
	Textile for vector control	■							
Disease screening, diagnosis & health monitoring	Heavy metal nanosensor							■	■
	Antibody-based nanomolecules for therapeutic of Cancer and infectious diseases					■		■	
	Pathogen nanosensor							■	■
	Nanoparticle for in situ monitoring						■	■	■
Energy production, conversion & storage	Polymer-based flexible solar cells	■						■	■
	Bio-diesel nanocatalyst						■	■	■
	Nanocatalyst for hydrogen generation						■	■	■
	Nanocatalyst for fuel cell						■	■	■
	Hydrogen storage in metal hydride & on metal-doped porous materials						■	■	■

	Core technology	Coating technology		Encapsulation technology			Functional nanostructures		
Water treatment and remediation	Nanomembrane for water purification & detoxification	■							
	Nanosensor for detection of contaminants and pathogens							■	■
	Magnetic nanoparticles for water treatment and remediation							■	■
	Nanoparticles for catalytic conversion of water pollutants						■	■	■
Agricultural productivity enhancement	Nanocapsules for slow release & efficient dosage of herbicide/ pesticide delivery			■	■				
	Nanocapsules for slow release of fertilizer			■	■				
	Nanocapsules for slow release & efficient dosage of nutrients, drugs & vaccine for livestock				■	■			

ความเชื่อมโยงของวาระการวิจัยและพัฒนาทั้ง 8 กับเทคโนโลยีหลักแยกตามวาระการวิจัย ได้ดังนี้

วาระการวิจัยและพัฒนาที่ 1 : ระบบนำส่งยา (Drug Delivery System)

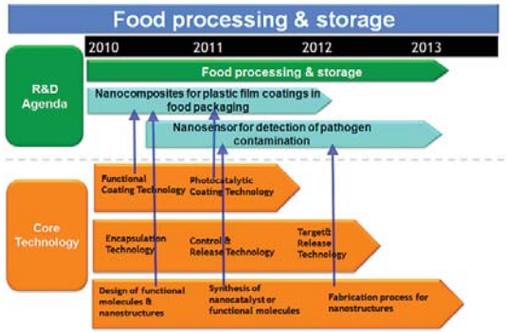
วาระการวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาเทคโนโลยีที่ใช้ในการควบคุมและ/หรือกำหนดเป้าหมายในการปลดปล่อยยาและสมุนไพรหรือวัคซีนสำหรับโรคที่สำคัญๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับโรคติดเชื้ออุบัติใหม่ โรคติดเชื้ออุบัติซ้ำ และมะเร็ง โดยผ่านการออกแบบและสร้างนาโนแคปซูล ไลโปโซม เดนดริเมอร์ (Dendrimers) และแม่เหล็กนาโนชีวภาพ (Nano-Bio Magnets) เพื่อให้สามารถควบคุมการปลดปล่อยสารออกฤทธิ์ได้ตามเงื่อนไขที่ต้องการ และรวมถึงระบบปลดปล่อยยาและวัคซีนที่มุ่งเป้าหมาย (Targeted Release of Drugs and Vaccines) โดยกลุ่มวิจัยที่มีบทบาทหลักสำหรับวาระการวิจัยนี้คือกลุ่มวิจัยการเคลือบระดับนาโน และกลุ่มวิจัยการห่อหุ้มระดับนาโน (ตามรูปที่ 4.4)



รูปที่ 4.4 : วาระการวิจัยและพัฒนาเรื่องระบบนำส่งยา

วาระการวิจัยและพัฒนาที่ 2 : กระบวนการผลิตและเก็บรักษาอาหาร (Food Processing & Storage)

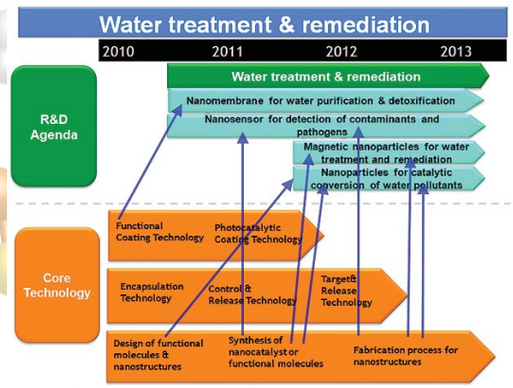
วาระการวิจัยนี้มุ่งเน้น 2 ส่วนหลัก ได้แก่ การสร้างบรรจุภัณฑ์สำหรับอาหารที่มีวัสดุซึ่งพัฒนาจากนาโนเทคโนโลยี เช่น พลาสติกห่อหุ้มบรรจุภัณฑ์อาหารทำจากวัสดุนาโนคอมโพสิท (Nanocomposites) และการสร้างเซ็นเซอร์สำหรับตรวจจับเชื้อก่อโรคที่ปนเปื้อนในวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์อาหาร โดยกลุ่มวิจัยที่มีบทบาทหลักสำหรับวาระการวิจัยนี้คือกลุ่มวิจัยการเคลือบระดับนาโนและกลุ่มวิจัยการสังเคราะห์นาโนเชิงฟังก์ชั่น (ตามรูปที่ 4.5)



รูปที่ 4.5 : วาระการวิจัยและพัฒนาเรื่องกระบวนการผลิตและเก็บรักษาอาหาร

วาระการวิจัยและพัฒนาที่ 3 : การบำบัดน้ำ (Water Treatment & Remediation)

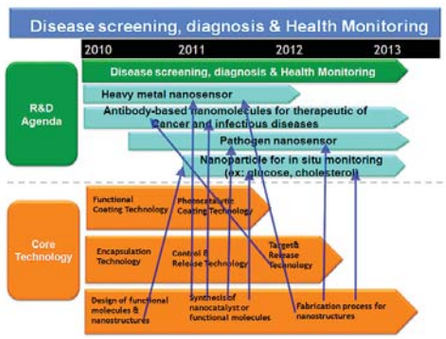
เป็นการพัฒนาเทคโนโลยีเยื่อบาง (Membrane) และการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง (Photocatalysis) สำหรับการทำน้ำให้บริสุทธิ์และการบำบัดน้ำเสีย โดยการประยุกต์ให้นาโนเมมเบรน (Nanomembrane) ในกระบวนการทำน้ำให้บริสุทธิ์และการกำจัดสารพิษน้ำ ส่วนเทคโนโลยีนาโนเซ็นเซอร์จะมีบทบาทในการตรวจจับสารปนเปื้อนและเชื้อก่อโรค และอนุภาคแม่เหล็กนาโนจะถูกนำไปใช้สำหรับการบำบัดน้ำและเร่งปฏิกิริยาการแปลงสภาพสารพิษในน้ำ (Catalytic Conversion of Water Pollutant) ทั้งนี้กลุ่มวิจัยการเคลือบระดับนาโน และกลุ่มวิจัยการสังเคราะห์นาโนเชิงฟังก์ชั่น จะมีบทบาทหลักในวาระการวิจัยนี้ (ตามรูปที่ 4.6)



รูปที่ 4.6 : วาระการวิจัยและพัฒนาการบำบัดน้ำ

วาระการวิจัยและพัฒนาที่ 4 : การติดตามและตรวจวินิจฉัยโรค (Disease Screening, Diagnosis & Health Monitoring)

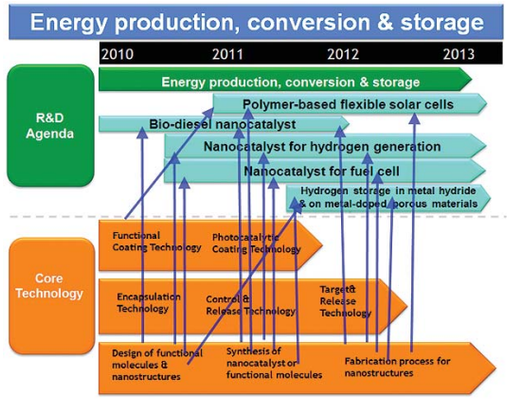
วาระการวิจัยนี้ครอบคลุมถึงการพัฒนานาโนเทคโนโลยีสำหรับการตรวจวินิจฉัยมะเร็งทั่วไป เชื้อก่อโรคอุบัติใหม่ ยาปราบศัตรูพืช และโลหะหนัก ตัวอย่างการวิจัย ได้แก่ การพัฒนาโมเลกุลนาโนที่มีแอนติบอดีเป็นส่วนประกอบเพื่อการวินิจฉัยโรคมะเร็งและโรคติดเชื้อ การพัฒนานาโนเซ็นเซอร์สำหรับตรวจจับเชื้อก่อโรคและตรวจจับโลหะหนักและยาปราบศัตรูพืช ซึ่งกลุ่มวิจัยการสังเคราะห์นาโนเชิงฟังก์ชั่นจะมีบทบาทเป็นอย่างมากในการพัฒนาเทคโนโลยี ส่วนการสร้างอนุภาคนาโนสำหรับการตรวจจับสาร ณ แหล่งกำเนิด (*In Situ* Monitoring) เช่น น้ำตาลกลูโคส โคเลสเตอรอล เป็นต้น ต้องอาศัยเทคโนโลยีการปลดปล่อยสารไปยังเป้าหมาย ซึ่งกลุ่มวิจัยหลักสำหรับวาระการวิจัยนี้คือกลุ่มวิจัยการห่อหุ้มระดับนาโนในการพัฒนาเทคโนโลยี (ตามรูปที่ 4.7)



รูปที่ 4.7 : วาระการวิจัยและพัฒนาการติดตามตรวจวินิจฉัยโรค

วาระการวิจัยและพัฒนาที่ 5 : การสร้าง การแปรรูปและการเก็บสะสมพลังงาน (Energy Production, Conversion & Storage)

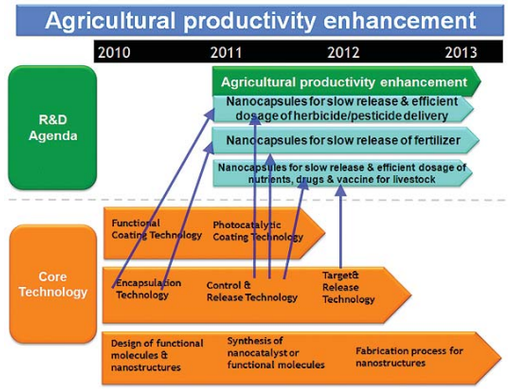
วาระการวิจัยนี้เน้นการพัฒนาพลังงานทดแทนด้วยนาโนเทคโนโลยี ตัวอย่างการวิจัยในวาระการวิจัยนี้ ได้แก่ การพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีสารอินทรีย์หรือพอลิเมอร์เป็นส่วนประกอบ ซึ่งเป็นการวิจัยหลักของกลุ่มวิจัยการเคลือบระดับนาโน ส่วนกลุ่มวิจัยการสังเคราะห์นาโนเชิงฟังก์ชั่นจะมีบทบาทในการพัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยาใหม่สำหรับไบโอดีเซลและไฮโดรเจน รวมทั้งมีบทบาทในการพัฒนาเทคโนโลยีการเก็บกักไฮโดรเจนในสารประกอบโลหะไฮไดรด์ (Metal Hydride) และในวัสดุที่เจือด้วยโลหะ (Metal-Doped Porous Materials) (ตามรูปที่ 4.8)



รูปที่ 4.8 : วาระการวิจัยและพัฒนา การผลิต แปรรูป และการเก็บสะสมพลังงาน

วาระการวิจัยและพัฒนาที่ 6 : การเพิ่มผลผลิตการเกษตรและทรัพยากรธรรมชาติ (Agricultural, Natural Resources Productivity Enhancement)

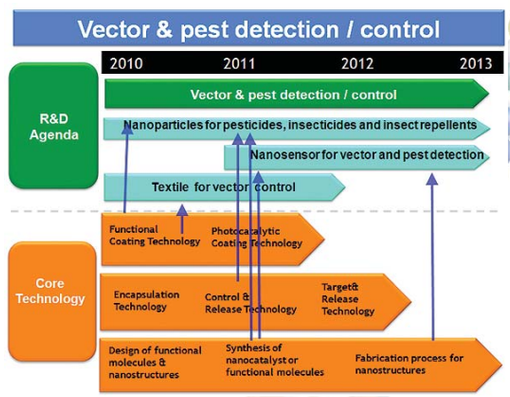
กลุ่มวิจัยการห่อหุ้มระดับนาโนมีบทบาทหลักในวาระการวิจัยนี้ โดยมีเป้าหมายในการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรด้วยการพัฒนาระบบควบคุมการปลดปล่อยสารเคมีอย่างช้าๆ และมีประสิทธิภาพ เช่น ปุ๋ย ยากำจัดวัชพืชและยาปราบศัตรูพืช โภชนเภสัช (Nutraceuticals) ยา และวัคซีน เป็นต้น โดยผ่านการพัฒนานาโนแคปซูลสำหรับการปลดปล่อยปุ๋ย นาโนแคปซูลสำหรับการปลดปล่อยยากำจัดวัชพืชและยาปราบศัตรูพืช และนาโนแคปซูลสำหรับการปลดปล่อยสารอาหาร ยา และวัคซีนปศุสัตว์ (ตามรูปที่ 4.9)



รูปที่ 4.9 : วาระการวิจัยและพัฒนาการเพิ่มผลผลิตการเกษตรและทรัพยากรธรรมชาติ

วาระการวิจัยและพัฒนาที่ 7 : การตรวจจับและควบคุมแมลงและพาหะของโรค (Vector & Pest Detection/Control)

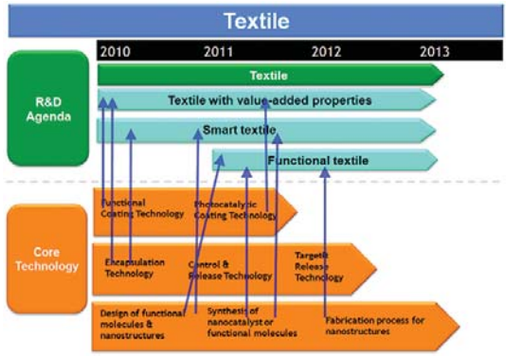
วาระการวิจัยนี้ครอบคลุมถึงการตรวจจับ ควบคุม ไล่แมลงและพาหะของโรค ทั้งนี้กลุ่มวิจัยทั้ง 3 กลุ่มมีบทบาทแตกต่างกัน กล่าวคือการพัฒนาอนุภาคนาโนที่มีฤทธิ์ในการไล่แมลง และปราบแมลงศัตรูพืช เป็นบทบาทหลักของกลุ่มวิจัยทั้ง 3 กลุ่ม ส่วนการพัฒนาสิ่งทอที่สามารถป้องกันแมลงพาหะของโรคเป็นบทบาทหลักของกลุ่มวิจัยการเคลือบระดับนาโน สำหรับกลุ่มวิจัยการสังเคราะห์นาโนเชิงฟังก์ชั่นจะมีบทบาทหลักในการพัฒนานาโนเซ็นเซอร์สำหรับตรวจจับแมลงและพาหะของโรค (ตามรูปที่ 4.10)



รูปที่ 4.10 : วาระการวิจัยและพัฒนาการตรวจจับและควบคุมแมลงและพาหะของโรค

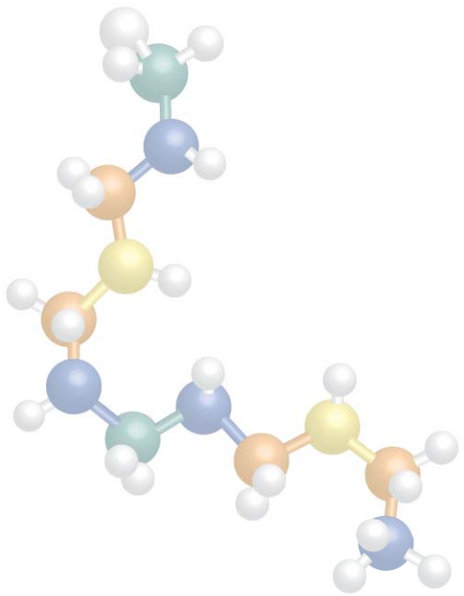
วาระการวิจัยและพัฒนาที่ 8 : สิ่งทอ (Textile)

เป็นวาระการวิจัยเพื่อให้พัฒนานาโนเทคโนโลยีที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มแก่สิ่งทอให้มีสมบัติพิเศษเฉพาะ (Functional Textile) และมีสมบัติเฉพาะทาง (Technical Textile) เช่น สิ่งทออัจฉริยะ (Smart Textile) ผ้าหน่วงไฟ (Fire Retardant Fabrics) เป็นต้น ซึ่งกลุ่มวิจัยทั้ง 3 กลุ่มจะมีบทบาทในการพัฒนาเทคโนโลยี (ตามรูปที่ 4.11)



รูปที่ 4.11 : วาระการวิจัยและพัฒนาสิ่งทอ

สำหรับองค์ความรู้หลักทั้ง 4 เรื่อง จะเข้าไปมีส่วนร่วมในการสนับสนุนทุกๆ เทคโนโลยีหลัก และทุกๆ วาระการวิจัยและพัฒนา โดยในส่วนของการบริหารจัดการความปลอดภัยและความเสี่ยง (Safety & Risk Management) จะดำเนินการผ่านห้องปฏิบัติการของ ศน. ร่วมกับหน่วยงานภายนอก ส่วนการแสดงคุณลักษณะและการทดสอบ (Characterization/Testing)t รวมถึงการสร้างแบบจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Modeling/Simulation) ดำเนินการโดยห้องปฏิบัติการของ ศน. และให้บริการแก่นักวิจัยทุกกลุ่ม และสำหรับหน่วยข้อมูลข่าวกรอง (Intelligence Information Unit) จะเป็นหน่วยงาน ศน. ที่จะต้องดำเนินการเพื่อรองรับการทำงานต่อไป



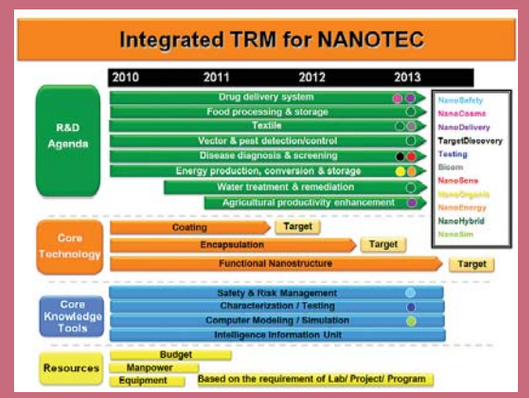
บทที่ 5

การนำแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนานาโนเทคโนโลยีไปสู่การปฏิบัติ (NANOTEC TRM Deployment)

NANOTEC TRM จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นเครื่องมือสำคัญในการกำหนดกรอบและทิศทางการวิจัย การประสานงานระหว่างกลไกการจัดการ และการจัดสรรทรัพยากร ของ ศน. ภายในระยะเวลา 4 ปี (พ.ศ. 2553-2556) ใน 3 หน่วยงานหลัก คือ การวิจัยโดยนักวิจัย ศน. การวิจัยที่ดำเนินการโดยเครือข่ายศูนย์ความเป็นเลิศที่ตั้งอยู่ในมหาวิทยาลัยต่างๆ และการให้ทุนวิจัยแก่นักวิจัยทั่วประเทศ โดยพิจารณาจากข้อเสนอโครงการที่ยื่นขอรับทุน ซึ่งการดำเนินงานของ 3 หน่วยงานมีดังนี้

5.1 งานวิจัยที่ดำเนินการโดยนักวิจัย ศน. (In-House Research)

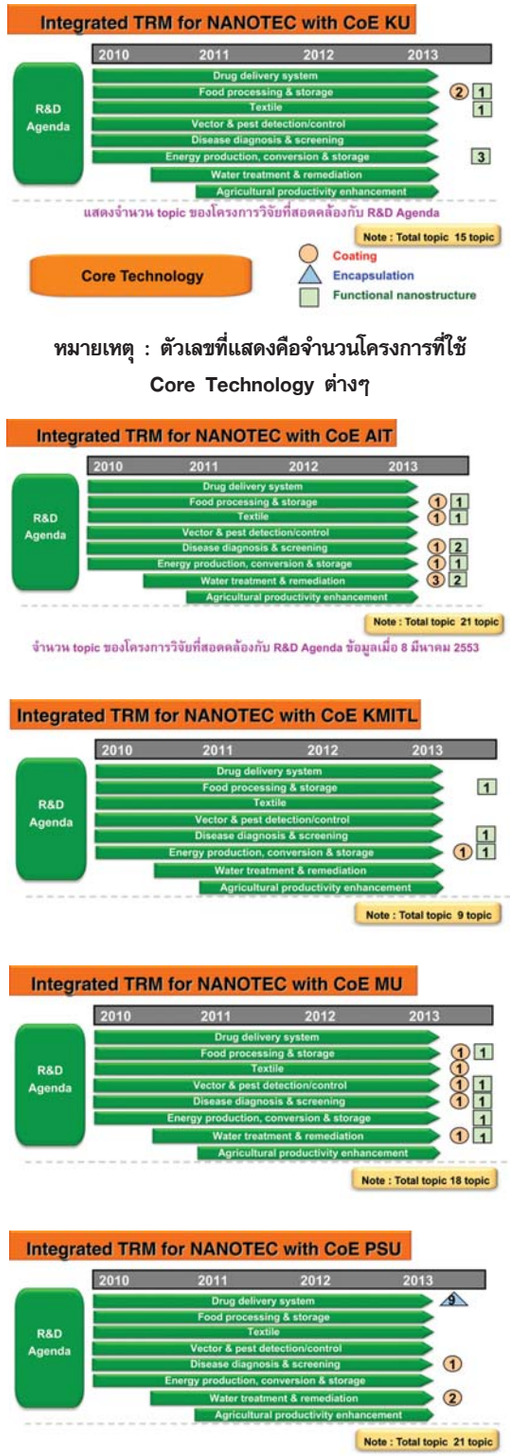
ศน. ได้มีการปรับปรุงผังโครงสร้างองค์กรและประกาศใช้เมื่อวันที่ 4 สิงหาคม 2552 โดยหน่วยปฏิบัติการกลางนาโนเทค ประกอบด้วยห้องปฏิบัติการ 11 ห้องปฏิบัติการ คือ ห้องปฏิบัติการระบบนำส่ง (Nano Delivery System Laboratory) ห้องปฏิบัติการโครงสร้างนาโนไฮบริดและนาโนคอมพอสิท (Hybrid Nanostructure and Nanocomposite Laboratory) ห้องปฏิบัติการนาโนโมเลกุลเป้าหมาย (Nanomolecular Target Discovery Laboratory) ห้องปฏิบัติการนาโนพลังงานและการเร่งปฏิกิริยา (Nano-Energy and Catalysis Laboratory) ห้องปฏิบัติการนาโนเวชสำอาง (Nano-cosmeceuticals Laboratory) ห้องปฏิบัติการคำนวณระดับนาโน (Nanoscale Simulation Laboratory) ห้องปฏิบัติการความปลอดภัยทางนาโนเทคโนโลยี (Nano Safety and Risk Assessment Laboratory) ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ทดสอบ (Testing and Service Laboratory) ห้องปฏิบัติการเซนเซอร์นาโนโมเลกุล (Nanomolecular Sensor Laboratory) ห้องปฏิบัติการอุปกรณ์นาโนอินทรีย์ (Organic Nanodevice Laboratory) โรงงานต้นแบบเส้นใยประดิษฐ์ผสม (Bi-component Spinning Fiber Pilot Plant) ซึ่งทั้ง 11 ห้องปฏิบัติการได้ดำเนินงานวิจัยให้สอดคล้องกับ NANOTEC TRM พบว่าการดำเนินงานในปี 2553 ของทั้ง 11 ห้องปฏิบัติการมีความเกี่ยวข้องตาม R&D Agenda และ Core Knowledge Tools (ตามรูปที่ 5.1)



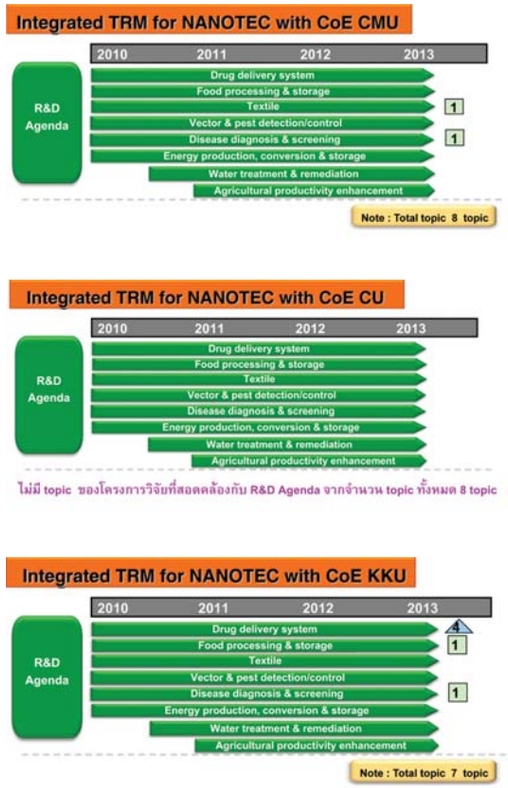
รูปที่ 5.1 : การดำเนินงานวิจัยของห้องปฏิบัติการของ ศน.

5.2 งานวิจัยที่ดำเนินการโดยเครือข่ายศูนย์ความเป็นเลิศ (Center of Excellence)

ศน. ได้ร่วมมือด้านการวิจัยกับมหาวิทยาลัยต่างๆ โดยจัดตั้งเป็นศูนย์เครือข่ายความเป็นเลิศ ประกอบด้วยมหาวิทยาลัย 8 แห่งคือ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์[15] สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย[16] สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง[17] มหาวิทยาลัยมหิดล[18] มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์[19] มหาวิทยาลัยเชียงใหม่[20] จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย[21] และมหาวิทยาลัยขอนแก่น[22] ซึ่งมีแผนการวิจัยที่สอดคล้องกับ R&D Agenda ใน 3 Platform Technology คือ กลุ่มวิจัยการเคลือบระดับนาโน (Nano-Coating) กลุ่มวิจัยการห่อหุ้มระดับนาโน (Nano-Encapsulation) และกลุ่มวิจัยการสังเคราะห์โครงสร้างนาโนเชิงฟังก์ชัน (Functional Nanostructure) (ตามรูปที่ 5.2)



หมายเหตุ : ตัวเลขที่แสดงคือจำนวนโครงการที่ใช้ Core Technology ต่างๆ

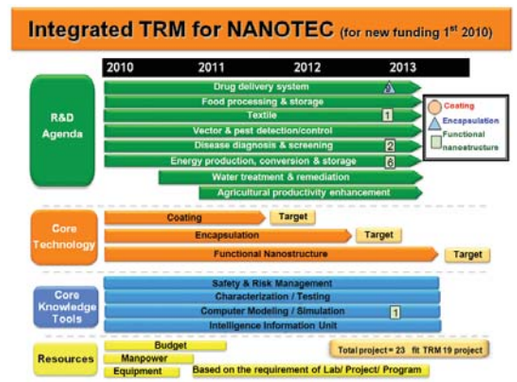


รูปที่ 5.2 : การดำเนินงานวิจัยของศูนย์เครือข่ายฯ ทั้ง 8 แห่ง ที่สอดคล้องกับแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนานาโนเทคโนโลยี (ข้อมูลเมื่อ 8 มี.ค. 53)

5.3 การให้ทุนวิจัยแก่นักวิจัยภายนอก ศน. (Extramural Funding)

การให้ทุนวิจัยภายนอก ศน. จะประกาศรับผู้สมัครขอรับทุนวิจัยตามคุณสมบัติที่ต้องการซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการดำเนินงานตาม NANOTEC TRM โดยมีคณะอนุกรรมการทางเทคนิคเป็นผู้พิจารณาคัดเลือกตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

สำหรับการดำเนินงานในปี 2553 การสนับสนุนทุนวิจัยภายนอกครั้งที่ 1 มีโครงการที่พิจารณาและสอดคล้องกับ NANOTEC TRM จำนวน 19 โครงการ (ตามรูปที่ 5.3)



รูปที่ 5.3 : การให้ทุนวิจัยแก่นักวิจัยภายนอก ศน. ปี 2553

อนึ่งหนังสือ NANOTEC TRM เล่มนี้จัดทำขึ้นเป็นฉบับแรก โดยเรียบเรื่องเนื้อหาจากข้อมูลที่นำเสนอต่อคณะกรรมการบริหารของ ศน. และได้รับอนุมัติในการประชุมเมื่อวันที่ 20 สิงหาคม 2552 ซึ่งคณะทำงานคาดหวังว่า NANOTEC TRM จะได้รับการปรับปรุงและพัฒนาให้เป็นปัจจุบันและดีขึ้นได้อย่างต่อเนื่อง จากการได้รับข้อมูลจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องเพิ่มขึ้น เช่น นักวิจัยภายใน ศน. ที่ได้รับข้อมูลใหม่ๆ ทั้งจากการสัมมนา หรือข่าวสารแวดวงวิชาการจากนักวิจัยภายนอก ศน. หรือข้อมูลในส่วนของความก้าวหน้าและแนวโน้มด้านนาโนเทคโนโลยีของโลกและของประเทศไทย สิ่งที่คณะทำงานคาดหวังคือ ต้องการให้นักวิจัย ศน. และผู้ที่เกี่ยวข้องแจ้งข้อมูลล่าสุดเพื่อใช้ในการพัฒนาและปรับปรุงเนื้อหาในหนังสือให้ทันสมัยในเล่มต่อไป โดยท่านที่ต้องการให้ข้อมูลดังกล่าวสามารถติดต่อได้ที่ฝ่ายแผนกลยุทธ์และประเมินองค์กร หมายเลขติดต่อ 0-2564-7100 ต่อ 6627 ซึ่งพนักงานของ ศน. สามารถดูข้อมูลที่ได้รับการปรับปรุงแล้วได้ที่ www.nanotec.or.th/intra

---

[15] Center of Nano technology, Nanoscale Meterials Design and Simulation: KU

[16] Center of Excellence in Nano technology, Application of Nanoparticles: AIT

[17] Prachomklao Ladkrabang Nanotechnology Research Institute, Organic Nanoelectronic Devices: KMITL

[18] Center of Nanoscience and Nanotechnology, Nanodevice Engineering: MU

[19] (Center of Excellence in Nanotechnology under the Southern Thailand Science Park, Nano-Biomaterials and Synthesis, Nano-Meterial Engineering, Sensors: PSU)

[20] Center of Nanoscience and Nanotechnology, Network for the Excellence in Functional

[21] Semiconductor Device Research Laboratory, Nanoelectronics and Nanophotonics: CU

[22] Integrated Nanotechnology Research Center, Nanoparticles and Nanofibers for Medical Applications: KKU

บรรณานุกรม

คณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2547). **แผนกลยุทธ์ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (พ.ศ. 2547-2556).** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2550). **แผนกลยุทธ์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ (พ.ศ. 2550-2556).** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2550). **แผนแม่บทนาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ (พ.ศ. 2550-2554).** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

AIRI/Nanotec IT-Rome. (2006). **The Nanoroadmap Project**.

Battelle Memorial Institute and Foresight Nanotech Institute. (2007). **Productive nanosystem, a technology roadmap.**

D. Kanama & A. Kondo (2007). **Analysis of Japan's Nanotechnology Competitiveness-Concern for Declining Competitiveness and Challenges for Nano-systematization.** Science & Technology Trends, Quarterly Review, No. 25, 36-49.

Fabio Salamanca-Buentello, et al. (2005). **Nanotechnology and the Developing World.** PLoS Medicine, 2/4, 0300-0303.

H-N. Su. (2007). **Current situation and industrialization of Taiwan nanotechnology.** J Nanopart Res, 9, 965-975.

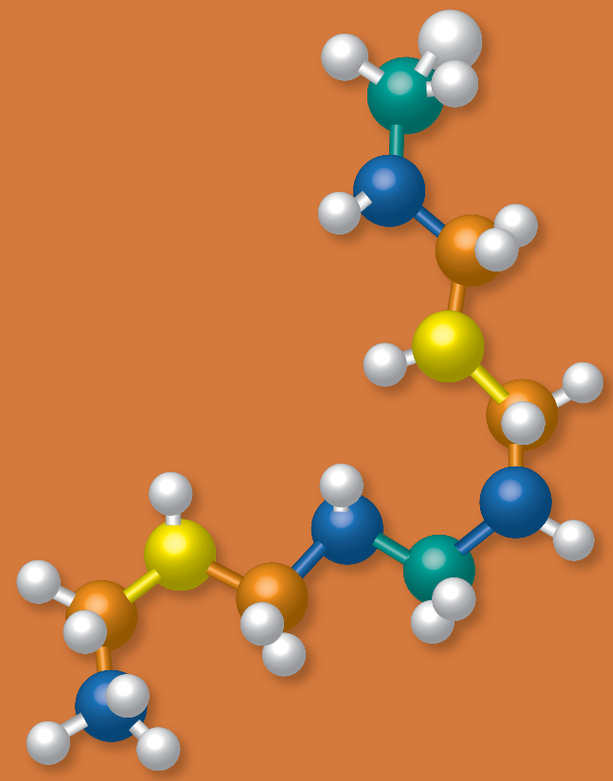
ISI Web of Knowledge (http://www.isiknowledge.com/) ค้นคว้าข้อมูลเมื่อเดือนกุมภาพันธ์ 2552

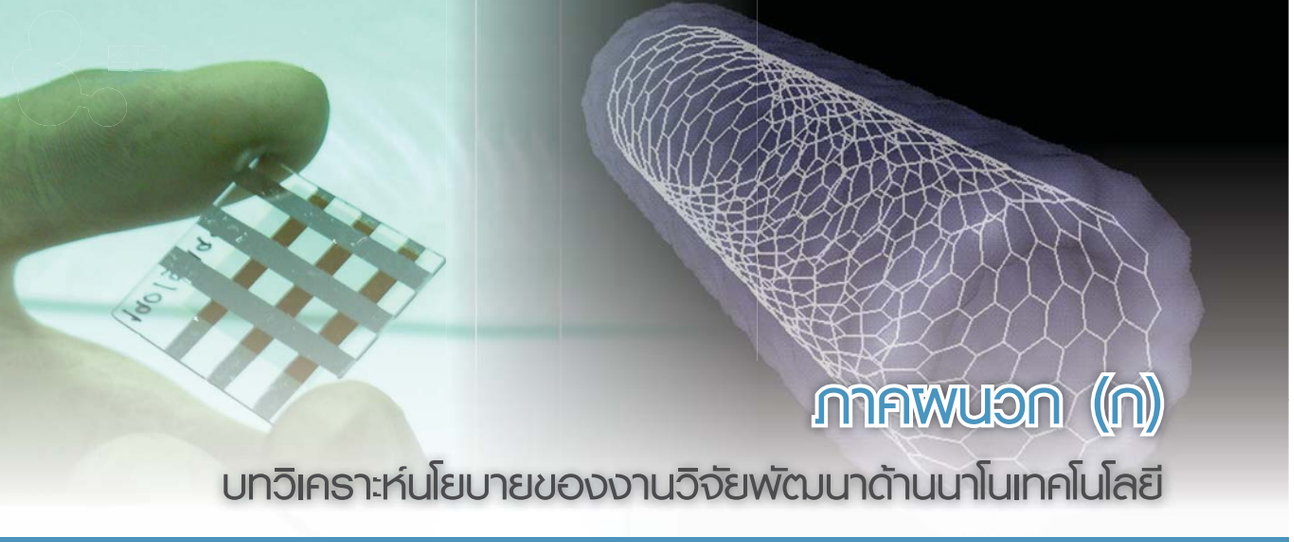
National Nanotechnology Initiative. (2008). **Strategy for nanotechnology-related environmental, health, and safety research.**

NISTEP. (2006). **The 8th science and technology foresight survey-Delphi analysis**. Japan

Richard Silberglitt, Philip S. Antฅn, David R. Howell,Anny Wong, Natalie Gassman, Brian A. Jackson, Eric Landree, Shari Lawrence Pfleeger, Elaine M. Newton, and Felicia Wu. (2006). **The global technology revolution 2020.** RAND Corporation. (www.rand.org)

ภาคผนวก





ภาคผนวก (ก)

บทวิเคราะห์นโยบายของงานวิจัยพัฒนาด้านนาโนเทคโนโลยี

ในการจัดทำ NANOTEC TRM ได้มีการทบทวนข้อมูลทางด้านนโยบายของงานวิจัยและพัฒนาด้านนาโนเทคโนโลยี ที่ ศน. ได้ยึดถือเป็นแนวทางสำคัญในการดำเนินงาน ได้แก่ แผนกลยุทธ์ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (พ.ศ. 2547-2556) แผนกลยุทธ์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ (พ.ศ. 2550-2556) แผนแม่บทศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ (พ.ศ. 2550-2554) และนโยบายจาก สวทช. ที่ได้พิจารณาผ่าน WIGs รวมถึงการจัดสรรเงินงบประมาณการดำเนินการวิจัยผ่าน Cluster และ Platform

ก.1 แผนกลยุทธ์ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ พ.ศ. 2547-2556

มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนาขีดความสามารถของประเทศไทยให้พร้อมรับกระแสการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในโลกยุคโลกาภิวัฒน์ และสามารถแข่งขันได้ในระยะยาว โดยให้ความสนใจเป็นพิเศษกับปัจจัยที่เป็นเงื่อนไขพื้นฐานของการพัฒนา 4 ประการคือ

1. ความเข้มแข็งของ**ระบบนวัตกรรมแห่งชาติ**
2. ความเข้มแข็งทางด้าน**ทรัพยากรมนุษย์**
3. **บรรยากาศการพัฒนา**ที่เอื้ออำนวย
4. ความสามารถใน **4 สาขาเทคโนโลยีเพื่ออนาคต**คือ เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เทคโนโลยีชีวภาพ เทคโนโลยีวัสดุ และนาโนเทคโนโลยี

กลยุทธ์หลักของการพัฒนา ได้กำหนดไว้ 5 กลยุทธ์ ได้แก่

กลยุทธ์ที่ 1 : การพัฒนาเครือข่ายวิสาหกิจเศรษฐกิจชุมชน และคุณภาพชีวิต
กลยุทธ์ที่ 2 : การพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
กลยุทธ์ที่ 3 : การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและสถาบัน
กลยุทธ์ที่ 4 : การสร้างความตระหนักด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
กลยุทธ์ที่ 5 : การปรับระบบการบริหารจัดการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้มีเอกภาพและประสิทธิภาพสูง

ก.2 แผนกลยุทธ์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ พ.ศ. 2550-2556

กรอบแผนกลยุทธ์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ

1. การกำหนดสาขาเศรษฐกิจและสังคมของการพัฒนาในรูป**คลัสเตอร์เป้าหมาย** ใน 7 อุตสาหกรรมหลักคือ อาหารและเกษตร ยานยนต์ อิเล็กทรอนิกส์ สิ่งทอและเคมี/ปิโตรเคมี สินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ พลังงานและสิ่งแวดล้อม และสุขภาพและการแพทย์
2. การกำหนด**กลุ่มผลิตภัณฑ์เป้าหมาย**ที่ประเทศไทยมีศักยภาพในการแข่งขัน ซึ่งมี 6 กลุ่มผลิตภัณฑ์คือ กลุ่มผลิตภัณฑ์ทางด้านเซนเซอร์ กลุ่มอุปกรณ์นาโนอิเล็กทรอนิกส์ กลุ่มผลิตภัณฑ์ในระบบนำส่งยาและสารสกัดสมุนไพร กลุ่มวัสดุเคลือบนาโน กลุ่มวัดสดูดซับ กรอง และตัวเร่งปฏิกิริยา และกลุ่มวัสดุสารประกอบแต่ง
3. การกำหนดสาขาหลักของ**พื้นฐานทางวิชาการ**ทางนาโนเทคโนโลยีและสาขาวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 หมวดสาขาวิชาคือ วัสดุนาโน นาโนอิเล็กทรอนิกส์ และเทคโนโลยีชีวภาพนาโน
4. การกำหนดกลยุทธ์สำคัญในการพัฒนา**ปัจจัยเกื้อหนุน** 4 ประการคือ **กำลังคน การวิจัย พัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน และความตระหนักตื่นตัวในนาโนเทคโนโลยี**

กลยุทธ์หลักในการดำเนินการแผนกลยุทธ์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ (พ.ศ. 2550-2556) ประกอบด้วย

กลยุทธ์ที่ 1 : การผลักดันนาโนเทคโนโลยีเข้าหนุนการพัฒนาคลัสเตอร์เป้าหมาย
กลยุทธ์ที่ 2 : การพัฒนากำลังคนด้านนาโนเทคโนโลยี
กลยุทธ์ที่ 3 : การลงทุนวิจัยและพัฒนาด้านนาโนเทคโนโลยี
กลยุทธ์ที่ 4 : การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านนาโนเทคโนโลยี
กลยุทธ์ที่ 5 : การสร้างความตระหนักในความสำคัญของนาโนเทคโนโลยีอย่างกว้างขวาง

รูปที่ (ก).1 แผนกลยุทธ์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ พ.ศ. 2550-2556

กลยุทธ์ที่ 1 : การผลักดันนาโนเทคโนโลยีเข้าหนุนการพัฒนาคลัสเตอร์เป้าหมาย ภายใต้แนวคิด "นาโนเทคโนโลยีสามารถเข้ามามีบทบาทเพิ่มมูลค่าสินค้าและบริการที่มีอยู่เดิมและการพัฒนาสินค้าใหม่เพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันได้"

ตาราง (ก).1 กลยุทธ์ที่ 1 การผลักดันนาโนเทคโนโลยีเข้าหนุนการพัฒนาคลัสเตอร์เป้าหมาย

เป้าหมาย	*มาตรการ*	*แนวทางปฏิบัติ*
1. ผลิตวัสดุนาโนขั้นปฐมภูมิเป็นวัตถุดิบไม่ต่ำกว่า 50 ผลิตภัณฑ์ 2. นำนาโนเทคโนโลยีไปใช้ผลิตสินค้าไม่ต่ำกว่า 250 ผลิตภัณฑ์ 3. ผลักดันให้นาโนเทคโนโลยีมีบทบาทที่ชัดเจนในการเพิ่มมูลค่าในคลัสเตอร์ เป้าหมาย (ระดับปลายน้ำ) ใน 7 อุตสาหกรรมหลัก	1. สร้างกลไกเชื่อมโยงอุตสาหกรรมต้นน้ำ กลางน้ำและปลายน้ำ	1.1 พัฒนาอุทยานนาโนเทคโนโลยี 1.2 จัดตั้งคณะอนุกรรมการพัฒนาคลัสเตอร์เป้าหมายและคณะทำงานร่วมทางด้านนาโนเทคโนโลยีในคลัสเตอร์เป้าหมาย
	2. ส่งเสริมอุตสาหกรรมนาโนเทคโนโลยีแบบก้าวกระโดด	2.1 ชักนำการลงทุนจากต่างประเทศ 2.2 ร่วมลงทุนกับบริษัทด้านนาโนเทคโนโลยี ในต่างประเทศ
	3. สร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้ออำนวยต่อการสร้างธุรกิจใหม่	**3.1 ปรับปรุงมาตรการด้านการเงิน การคลัง กฎระเบียบ และบริการสาธารณูปโภค** **3.2 สร้างความตระหนักในการลงทุนด้านนาโนเทคโนโลยีในภาคอุตสาหกรรม**

กลยุทธ์ที่ 2 : พัฒนากำลังคนด้านนาโนเทคโนโลยี ภายใต้แนวคิด "เร่งพัฒนากำลังคนให้ได้ถึงระดับที่เป็นมวลวิกฤต (critical mass) กล่าวคือมากพอที่จะสามารถทำวิจัยและพัฒนาไปสู่การสร้างนวัตกรรมอย่างต่อเนื่องจนสามารถแข่งขันได้ในระดับภูมิภาคอาเซียน"

ตาราง (ก).2 กลยุทธ์ที่ 2 พัฒนากำลังคนด้านนาโนเทคโนโลยี

เป้าหมาย	*มาตรการ*	*แนวทางปฏิบัติ*
1. พัฒนาทรัพยากรบุคคลให้เพียงพอสำหรับการพัฒนานาโนเทคโนโลยีของประเทศไทยทั้งในระดับวิจัยและพัฒนา และการผลิตในอุตสาหกรรม โดยมีบุคลากรวิจัยไม่ต่ำกว่า 2,000 คน และบุคลากรสนับสนุนไม่ต่ำกว่า 500 คนใน 8 ปี 2. ประเทศไทยเป็นแกนนำทางด้านการศึกษาด้านนาโนเทคโนโลยีของอาเซียน	1. เร่งสร้างบุคลากร "ตัวคูณ"	1.1 ให้ทุนศึกษาต่อเพื่อกลับมาเป็นอาจารย์ 1.2 ส่งเสริมและสนับสนุนให้มีบุคลากรความรู้จากต่างประเทศมาเป็นอาจารย์มหาวิทยาลัยในประเทศไทย
	2. ส่งเสริมการเรียนการสอนด้านนาโนเทคโนโลยี	2.1 จัดให้มีหลักสูตรนาโนเทคโนโลยีระดับอุดมศึกษา 2.2 บูรณาการความรู้ด้านนาโนเทคโนโลยีลงในหลักสูตรการศึกษาระดับอนุบาล ประถม และมัธยมศึกษา 2.3 ให้สถาบันวิจัยทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสามารถให้ปริญญาระดับปริญญาโท-เอกร่วมกับสถาบันการศึกษาในเครือข่ายได้
	3. ส่งเสริมความร่วมมือกับต่างประเทศในการพัฒนาบุคลากร	3.1 สนับสนุนนักวิจัยไทยไปทำวิจัยในต่างประเทศ 3.2 ส่งเสริมองค์กรวิจัยในประเทศไทยรับนักวิจัยต่างประเทศมาทำวิจัยหลังปริญญาเอกทางด้านนาโนเทคโนโลยี
	4. ยกระดับความรู้บุคลากรเชิงปฏิบัติทั้งในภาครัฐและอุตสาหกรรม	4.1 จัดให้มีหลักสูตรฝึกอบรมด้านนาโนเทคโนโลยีและการบำรุงรักษาอุปกรณ์และเครื่องมือแก่บุคลากรทุกระดับ

กลยุทธ์ที่ 3 : ลงทุนวิจัยและพัฒนาด้านนาโนเทคโนโลยี ภายใต้แนวคิด "ลงทุนด้านการวิจัยและพัฒนาเพื่อสร้างนวัตกรรมและการสะสมองค์ความรู้ของประเทศ"

ตาราง (ก).3 กลยุทธ์ที่ 3 ลงทุนวิจัยและพัฒนาด้านนาโนเทคโนโลยี

เป้าหมาย	*มาตรการ*	*แนวทางปฏิบัติ*
1. ให้มีการลงทุนในการวิจัยและพัฒนาเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งมีการลงทุนอย่างน้อย 10,000 ล้านบาทในปี พ.ศ. 2556 โดยมีสัดส่วนในการลงทุนจากภาคเอกชนไม่น้อยกว่าร้อยละ 30 2. จำนวนสิทธิบัตรรวมไม่น้อยกว่า 300 สิทธิบัตรในปี พ.ศ. 2556 และมีจำนวนผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการตีพิมพ์ ไม่น้อยกว่า 1,000 ฉบับในปี พ.ศ. 2556	1. ประกาศความตั้งใจ นโยบายและวงเงินลงทุนวิจัยและพัฒนาด้านนาโนเทคโนโลยี	1.1 กำหนดสัดส่วนการลงทุนทางด้านวิจัยและพัฒนาที่สอดคล้องกับความต้องการของอุตสาหกรรมเป้าหมาย 1.2 ส่งเสริมการตีพิมพ์วารสารวิชาการทั้งในและต่างประเทศ รวมทั้งให้ทุนสนับสนุนการเสนองานที่ได้รับการตีพิมพ์ในต่างประเทศและค่าจดรักษาสภาพสิทธิบัตร
	2. ใช้ตลาดภาครัฐผลักดันให้เกิดการวิจัยและพัฒนา	2.1 พัฒนาโครงการวิจัยขนาดใหญ่โดยใช้โครงการที่เป็นวาระแห่งชาติเป็นฐาน

กลยุทธ์ที่ 4 : พัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านนาโนเทคโนโลยี ภายใต้แนวคิด "พัฒนาโครงสร้างพื้นฐานครอบคลุมทางกายภาพ เช่น ศูนย์เครื่องมือ ห้องปฏิบัติการ ระบบฐานข้อมูล และองค์กรหรือสถาบันต่างๆ"

ตาราง (ก).4 กลยุทธ์ที่ 4 พัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านนาโนเทคโนโลยี

เป้าหมาย	*มาตรการ*	*แนวทางปฏิบัติ*
1. มีโครงสร้างพื้นฐานทางกายภาพที่จำเป็นอย่างเพียงพอและมีระบบการบริหารจัดการการให้บริการและการบำรุงรักษาที่มีประสิทธิภาพและมาตรฐาน	1. พัฒนาขีดความสามารถการบริการห้องปฏิบัติการและเครื่องมือวัดวิเคราะห์	1.1 จัดตั้งเครือข่ายห้องปฏิบัติการและเครื่องมือวัดวิเคราะห์กลางด้านนาโนเทคโนโลยี 1.2 จัดให้มีการอบรมเกี่ยวกับการบำรุงรักษาห้องปฏิบัติการ เครื่องมือ และอุปกรณ์อย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง 1.3 จัดให้มีฐานข้อมูลด้านนาโนเทคโนโลยีของประเทศ 1.4 สร้างมาตรฐานในการวัดวิเคราะห์ด้านนาโนเทคโนโลยีให้เป็นสากล
	2. พัฒนาศูนย์แห่งความเป็นเลิศทางนาโนเทคโนโลยีในสาขาเฉพาะ	2.1 จัดให้มีมาตรฐานการคัดเลือกสนับสนุนทุน และประเมินผลศูนย์แห่งความเป็นเลิศ
	3. สร้างกลไกขยายผลการวิจัยและพัฒนาด้านนาโนเทคโนโลยีไปสู่การใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์	3.1 จัดตั้งหน่วยบ่มเพาะนวัตกรรมนาโนเทคโนโลยี

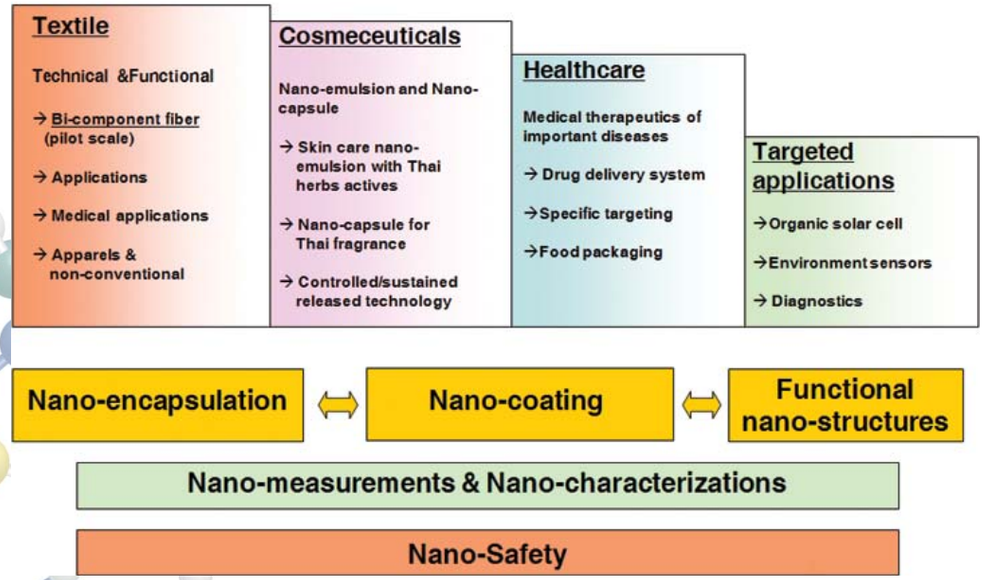
กลยุทธ์ที่ 5 : สร้างความตระหนักในความสำคัญของนาโนเทคโนโลยีอย่างกว้างขวาง ภายใต้แนวคิด "จัดกลไกการสื่อสารกับสาธารณะที่มีประสิทธิภาพ เพื่อให้เกิดแรงสนับสนุนจากสาธารณชนในการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่"

ตาราง (ก).5 กลยุทธ์ที่ 5 สร้างความตระหนักในความสำคัญของนาโนเทคโนโลยีอย่างกว้างขวาง

เป้าหมาย	*มาตรการ*	*แนวทางปฏิบัติ*
1. สาธารณชนมีความเข้าใจและตระหนักถึงความสำคัญของนาโนเทคโนโลยีอย่างกว้างขวาง 2. สาธารณชนมีความเชื่อมั่นในความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์อุปกรณ์ด้านนาโนเทคโนโลยีตลอดจนกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์นาโนเทคโนโลยี	1. ส่งเสริมการสื่อสารและให้การศึกษาแก่สังคมหลายทางหลายระดับ	1.1 จัดให้มีการสื่อสารและให้การศึกษาเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่อง 1.2 จัดให้มีการประกวดสิ่งประดิษฐ์ทางด้านนาโนเทคโนโลยีในกลุ่มเยาวชน
	2. ให้ความรู้และสร้างกลไกดูแลความปลอดภัยและจริยธรรมของนาโนเทคโนโลยี	2.1 จัดตั้งคณะกรรมการระดับชาติเพื่อกำกับดูแลด้านความปลอดภัยและจริยธรรมของการผลิต ผลิตภัณฑ์อุปกรณ์ การค้นคว้า วิจัย และพัฒนาด้านนาโนเทคโนโลยี 2.2 ติดตาม รวบรวมและพัฒนาองค์ความรู้และระบบความปลอดภัยด้านนาโนเทคโนโลยี โดยศึกษาจากทั้งในและต่างประเทศ 2.3 พัฒนาศักยภาพและความเชื่อมโยงระหว่างองค์กรที่กำกับดูแลคุณภาพและองค์กรที่กำกับดูแลความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์นาโนเทคโนโลยี

ก.3 แผนแม่บทศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ พ.ศ. 2550-2554 มีเป้าหมายดังนี้

1. เพื่อให้การดำเนินงานสอดคล้องและบรรลุเป้าหมายตามแผนกลยุทธ์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ (พ.ศ. 2550-2556)
2. เพื่อเตรียมพร้อมต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านเศรษฐกิจ และสังคมได้อย่างรวดเร็ว ทันเหตุการณ์
3. เพื่อใช้เป็นแผนการดำเนินงานต่างๆ รวมถึงตัวชี้วัดรวม งบประมาณรวม บุคลากรและพื้นที่



รูปที่ (ก).2 NANOTEC Strategic areas: 2007-2011

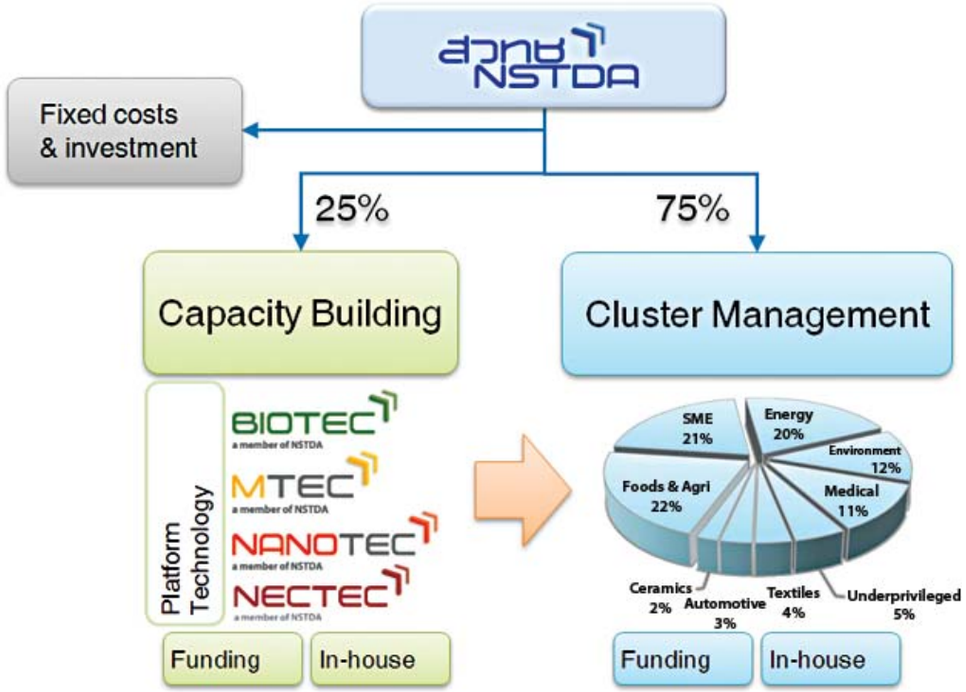
ก.4 NSTDA Plan

จากแผนกลยุทธ์ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (พ.ศ. 2547-2556) ที่ได้นำแนวคิดการพัฒนาในรูปเครือข่ายวิสาหกิจหรือคลัสเตอร์ (Cluster) มาเป็นเครื่องมือในการเพิ่มความสามารถและสร้างความเข้มแข็งทางเศรษฐกิจและสังคมให้มากที่สุด และสามารถตอบสนองความต้องการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของคลัสเตอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สวทช. มีทิศทางการวิจัยและพัฒนาเพื่อตอบสนองเทคโนโลยี 4 สาขาหลักของศูนย์แห่งชาติทั้งสี่ให้มากยิ่งขึ้นโดยการระบุกลุ่มวิสาหกิจเป้าหมายให้ชัดเจนและครอบคลุมประเด็นที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศดังรูป (ก).3 เพื่อให้บรรลุเป้าหมายข้างต้น สวทช. จึงได้มอบหมายให้ฝ่ายบริหารจัดการคลัสเตอร์และโปรแกรมวิจัย (Cluster and Program Management Office: CPMO) เป็นผู้บริหารจัดการกลุ่มวิสาหกิจเป้าหมายได้แก่ คลัสเตอร์อาหารและการเกษตร คลัสเตอร์การแพทย์และสาธารณสุข คลัสเตอร์ซอฟต์แวร์ ไมโครชิปและอิเล็กทรอนิกส์ คลัสเตอร์ยานยนต์และการขนส่ง คลัสเตอร์พลังงาน คลัสเตอร์สิ่งทอ คลัสเตอร์ชุมชนชนบทและผู้ด้อยโอกาส และคลัสเตอร์สิ่งแวดล้อม ซึ่งแต่ละคลัสเตอร์ประกอบด้วยหลายโปรแกรมวิจัย (research program) และแต่ละโปรแกรมวิจัยประกอบด้วยหลายโครงการวิจัย (research project) อีกทีหนึ่ง โดยมีศูนย์แห่งชาติทั้ง 4 ศูนย์ ดำเนินโครงการวิจัยภายใต้โปรแกรมและคลัสเตอร์ รวมทั้งรับผิดชอบในการพัฒนาเทคโนโลยีฐาน (Platform Technology) เพื่อเป็นฐานในการประยุกต์ผลงานวิจัยสู่คลัสเตอร์ทั้ง 8

รูปที่ (ก).3 NSTDA Strategic Clusters ทั้ง 9

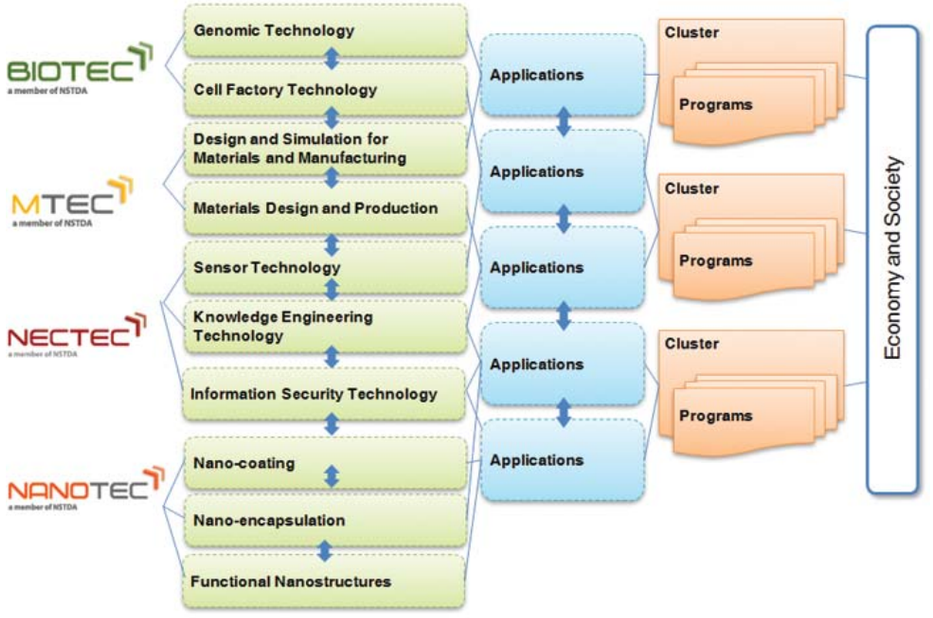
NSTDA Platform Technology and Cluster

สวทช. มีการจัดสรรทรัพยากรออกเป็นสองส่วนหลักๆ คือ 1 ใน 4 ของทรัพยากรทั้งหมดถูกนำไปใช้ในการสร้างความสามารถ (Capacity Building) ของศูนย์แห่งชาติทั้ง 4 โดยมีการสร้างเทคโนโลยีฐาน (Platform Technology) ควบคู่ไปด้วยกันและ 3 ใน 4 ถูกนำไปใช้ในการสนับสนุนเพื่อการพัฒนาและบริหารจัดการคลัสเตอร์ (Cluster Management) ดังรูป (ก).4



รูปที่ (ก).4 แผนการดำเนินงานวิจัยของ สวทช. ตามเทคโนโลยีฐาน (Platform Technology) เพื่อการบริหารจัดการคลัสเตอร์ (Custer Management)

ภายใต้เทคโนโลยีฐาน (Platform Technology) ของศูนย์แห่งชาติทั้ง 4 ศูนย์ สวทช. ได้มีการดำเนินงานทั้งหมด 10 กลุ่มการวิจัย ประกอบไปด้วย (1) เทคโนโลยีจีโนมิกส์ (Genomic Technology) (2) เทคโนโลยีการใช้เซลล์เป็นแหล่งผลิต (Cell Factory Technology) (3) เทคโนโลยีพื้นฐานการจำลองแบบและการออกแบบสำหรับวัสดุและการผลิต (Design and Simulation for Materials and Manufacturing) (4) เทคโนโลยีพื้นฐานของวัสดุที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การใช้งาน (Materials Design and Production) (5) เทคโนโลยีเซนเซอร์ (Sensor Technology) (6) เทคโนโลยีวิศวกรรมความรู้ (Knowledge Engineering Technology) (7) เทคโนโลยีความปลอดภัยด้านสารสนเทศ (Information Security Technology) (8) เทคโนโลยีการเคลือบระดับนาโน (Nanocoating) (9) เทคโนโลยีการห่อหุ้มระดับนาโน (Nanoencapsulation) และ (10) การสังเคราะห์โครงสร้างนาโนเชิงฟังก์ชัน (Functional Nanostructure) และมีการนำไปประยุกต์ใช้ให้ตรงตามความต้องการ (Applications) ของคลัสเตอร์/โปรแกรม (Cluster/ Programs) เพื่อตอบสนองความต้องการของทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคม ดังรูปที่ (ก).5



รูป (ก).5 Platform Technology ของศูนย์แห่งชาติทั้ง 4 ศูนย์

เป้าหมายที่สำคัญยิ่งยวด (NSTDA CPMO Wildly Important Goals ,WIGs)

สวทช. มีนโยบายในการกำหนดเป้าหมายที่สำคัญ (WIGs) ซึ่งสามารถจัดกลุ่มออกได้เป็นกลุ่มคลัสเตอร์ (Cluster) และโครงการ (Program) ดังแสดงในตาราง (ก).6

ตาราง (ก).6 รายละเอียดการดำเนินงานวิจัยของ WIGs ในแต่ละโปรแกรม

Cluster	Program	WIGs
การแพทย์และสาธารณสุข	A2 โปรแกรมโรคติดเชื้ออุบัติใหม่ - อุบัติซ้ำ	วัคซีนไข้เลือดออกตัวเลือกที่ผ่านหนูเข้าสู่ลิงภายในปี 2552
	B2-1 โปรแกรมการวิจัยและพัฒนาการตรวจวินิจฉัย	1. ถ่ายทอดเทคโนโลยีชุดตรวจ/วิธีการตรวจให้ผู้ผลิตจำนวน 3 รายการในปี 2552 2. ได้ต้นแบบชุดตรวจ/วิธีตรวจ โรคติดเชื้อ 3 โรคในปี 52 3. ได้ต้นแบบ Biosensor ที่มีการประยุกต์ใช้ได้จริงอย่างน้อย 2 ต้นแบบในปี 2554
	B2-2 โปรแกรมการวิจัยและพัฒนาระบบการแพทย์อัจฉริยะ	สร้างมาตรฐานข้อมูลสุขภาพของประเทศไทยจากหลายมาตรฐานให้เป็นมาตรฐานเดียวภายในกันยายน 2552 (National Health Information System)
	B2-3 โปรแกรมวิศวกรรมชีวการแพทย์เพื่อการซ่อมแซมแก้ไขและฟื้นฟูสภาพร่างกาย	1. ขยายการใช้งานของเทคโนโลยีการขึ้นรูปต้นแบบรวดเร็วทางการแพทย์ (medical RP) ให้กว้างขวางขึ้น 2. ผลิตวัสดุครอบฟันเทียมเซอร์โคเนีย (Zr) เพื่อการส่งออกจาก 0 ชิ้น/ปี เป็น 16,000 ชิ้น/ปี ภายในปี 2553
	B2-4 โปรแกรมการวิจัยและพัฒนาด้านการแพทย์ระดับจีโนม	1. มี Biomarker สำหรับการตรวจโรคที่มีปัจจัยทางพันธุกรรมเกี่ยวข้องที่เหมาะสมกับคนไทย 2. มีการใช้ยาแบบรายบุคคลในประเทศไทยจาก 2 โรค (HIV, Azathioprine) เป็น 3-4 โรค ในปี 2553 3. มีการใช้ iPS cell ในการรักษาโรคในปี 2559
อาหารและการเกษตร	A1 โปรแกรมกุ้ง	1. 5% ของผลผลิตกุ้งกุลาดำ (250 ตัน) ของประเทศมาจากพ่อแม่พันธ์จากการเลี้ยง ภายในปี 52 2. พัฒนาเทคโนโลยีการเลี้ยงกุ้งไซส์ใหญ่ (30 ตัว/กก.ลงมา)
	A7 โปรแกรมยาง	พัฒนาเทคโนโลยีใหม่ในการผลิตยางธรรมชาติทั้งยางแห้งและน้ำยางข้น โดยใช้เทคโนโลยี “สะอาด” ที่ไม่ก่อให้เกิดมลพิษ และให้ยางธรรมชาติที่มีคุณภาพสูงขึ้นตรงตามความต้องการของผู้ใช้ภายในปี 2553 ซึ่งจะนำไปสู่การปฏิรูปเทคโนโลยีการผลิตยางธรรมชาติในประเทศไทย
	A8 โปรแกรมเมล็ดพันธุ์	1. หน่วยบริหารจัดการเชื้อพันธุกรรมที่มีมาตรฐาน (รวบรวม ขยาย ประเมิน) และพร้อมให้บริการได้อย่างสมบูรณ์ ทั้ง 4 พืช ภายในปี 2553 และสามารถถ่ายทอดสายพันธุ์ใหม่อย่างน้อย 10 พันธุ์ให้ภาคเอกชนนำไปต่อยอดเป็นพันธุ์การค้าได้ภายในปี 2553 2. เทคโนโลยีโรงเรือนที่เหมาะสมกับประเทศเขตร้อน โดยพัฒนาพลาสติกสีคลุมโรงเรือนที่เหมาะกับการผลิตเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศผ่านการทดสอบภาคสนามแล้ว และมีความร่วมมือกับภาคเอกชนในการพัฒนาเทคโนโลยี (สูตร master batch) ในระดับโรงงานต้นแบบ ภายในปี 2552
	B1-1 การวิจัยและพัฒนาพืชและสัตว์เศรษฐกิจ	การปรับปรุงประสิทธิภาพผลผลิตพืชอาหารและพลังงานโดยการบริหารจัดการเทคโนโลยี
อาหารและการเกษตร	B1-2 เทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์เพื่ออาหารและการเกษตร	เทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา ลดมูลค่าการสูญเสียของผลิตผลสดหรืออาหาร และลดการใช้สารเคมีหรือความสูญเสียจากแมลงระหว่างการปลูก
	B1-3 การวิจัยพัฒนาและนวัตกรรมเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร	เพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมอาหาร 1. พัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่อย่างน้อย 2 ผลิตภัณฑ์ 2. ข้อมูลการประเมินความเสี่ยงอย่างน้อย 2 ผลิตภัณฑ์
	เครื่องจักรกล (แยกจาก B1-2)	เพิ่มศักยภาพและความสามารถในการสร้างรายได้ของเกษตรกรผู้ปลูกข้าว 10% จากปี 2552
พลังงานทดแทน	A5 โปรแกรมวิจัยเซลล์แสงอาทิตย์	สร้างรายได้จากเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ต่อภาครัฐและภาคเอกชนอย่างน้อย 30 ล้านบาท ในปี 2552 และสร้างผลกระทบตั้งแต่ปี 2552
	B5-1 โปรแกรมวิจัยพลังงานทางเลือก	พัฒนาไบโอดีเซลไทยให้มีคุณภาพตามมาตรฐานของกรมธุรกิจพลังงาน และลดค่าใช้จ่ายการผลิตลงร้อยละ 30-40 (7 บาท/ลิตร เป็น 5 บาท/ลิตร สำหรับไบโอดีเซลชุมชน, 5 บาท/ลิตร เป็น 3 บาท/ลิตร สำหรับไบโอดีเซล อุตสาหกรรมขนาดเล็ก)
	B5-4 โปรแกรมการวิจัยและพัฒนาด้านประสิทธิภาพพลังงาน	เทคโนโลยีลดการใช้พลังงานในที่พักอาศัย 10% ภายในปี 2552
ยานยนต์และการขนส่ง	B4-1 เทคโนโลยียานยนต์เพื่อการแข่งขันที่ยั่งยืน	1. ส่งมอบต้นแบบรถไฟฟ้าโดยสารสมรรถนะสูงในไตรมาส 3 ปีงบประมาณ 2552 2. ส่งมอบต้นแบบองค์ความรู้ และเทคโนโลยีในการออกแบบและผลิตเครื่องยนต์และชิ้นส่วนรถบรรทุกเอนกประสงค์ จำนวน 5 ชิ้นส่วน ได้แก่ แชสซี เฟืองท้าย และระบบส่งกำลัง ระบบบังคับเลี้ยว ระบบเบรค และดุมล้อ และระบบรองรับการสั่นสะเทือน ในไตรมาส 2 ปีงบประมาณ 2553
	B4-2 ระบบขนส่งและจราจรอัจฉริยะ	1. ศูนย์ข้อมูลจราจรกรุงเทพฯ TIC เริ่ม operate ภายใน ก.ค. 2552 2. Road Safety Box ต้นแบบของประเทศ ใช้งานได้จริงในปี 2552
สิ่งแวดล้อม	B8-1 เทคโนโลยีรักษ์สิ่งแวดล้อม	1. พัฒนาเทคโนโลยีเพื่อลดต้นทุนการผลิตถุงพลาสติกชีวภาพได้ภายในปี 2552 2. สร้างกลไกการพัฒนาสิ่งแวดล้อมและอุตสาหกรรมด้วย LCA ให้เกิดขึ้นในประเทศไทย ภายในปี 2552
	B8-2 การจัดการและใช้ประโยชน์จากทรัพยากรชีวภาพ	การดำเนินงานด้านการประยุกต์ใช้จุลินทรีย์และผลิตภัณฑ์จากจุลินทรีย์ในอุตสาหกรรมชีวภาพจำนวน 7 โครงการ โดยมีการส่งมอบสู่ลูกค้าในการทำวิจัยต่อยอด หรือเพื่อการใช้ประโยชน์จริงทั้งในเชิงพาณิชย์/สาธารณประโยชน์ ภายในปี 2552 อย่างน้อย 2 ผลิตภัณฑ์/บริษัท
	B8-3 เทคโนโลยีการบำบัดและฟื้นฟูสภาพแวดล้อม	ผลักดันให้เกิดการถ่ายทอดเทคโนโลยีการฟื้นฟูพื้นที่ดินเค็มเพื่อแก้ปัญหาในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในปี 2552

Cluster	Program	WIGs
Software Microchip Electronics	A3 ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ	1. ผู้ประกอบการไทยเพิ่มยอดขายให้แก่อุตสาหกรรม HDD จำนวน 1% ของ Turn over ทั้งหมดภายในปี 2554 2. เพิ่มและขยายการลงทุนด้าน R&D ในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟขึ้นเป็น 1,000 ล้านบาท ภายในปี 2554 3. ร่วมกับภาคอุตสาหกรรมจัดตั้งศูนย์วิศวกรรมการออกแบบกระบวนการผลิตที่มุ่งสู่การพัฒนาศักยภาพอุตสาหกรรมต้นน้ำของอุตสาหกรรม
	A4 อาร์เอฟไอดี	เกิดการนำเทคโนโลยี RFID ไปใช้งานจริงใน ด้านปศุสัตว์ - ขนส่ง อย่างน้อย 5 ราย ในปี 2552 โดยมี Impact 20% ของมูลค่าการตลาด RFID ในประเทศไทย (1,800 ล้านบาท)
	B3-1 ระบบสมองกลฝังตัว	สร้างความสามารถการแข่งขันโดย ทำให้เกิดตลาดใหม่ในอุตสาหกรรม Argitronics 1,000 MB และ มูลค่าเพิ่ม 250 MB ในอุตสาหกรรม RHVAC ของประเทศใน 2 ปี (2552-53)
	B3-2 ซอฟต์แวร์ประยุกต์เพื่อสารสนเทศและอุปกรณ์เคลื่อนที่	สร้างผลผลิตซอฟต์แวร์และบริการที่เกิดจากการต่อยอดงานวิจัยคิดเป็นมูลค่า 400 ล้านบาทในปี 2552
	B3-3 เทคโนโลยีเพื่อความมั่นคง	เกิดผลกระทบมูลค่าไม่น้อยกว่า 3,697 ล้านบาท ภายในปี 2553
สิ่งทอ	B6-1 สิ่งทอเทคนิคและสิ่งทอคุณสมบัติพิเศษเฉพาะทาง	ผลักดันให้เกิดงานวิจัยพัฒนาด้าน Technical & Functional Textiles และเกิดผลงานตีพิมพ์วิชาการอย่างน้อย 10 ฉบับ และผลิตภัณฑ์ต้นแบบ 4 รายการภายในปี 2553
	B6-2 โรงงานต้นแบบเส้นใยประดิษฐ์	ผลักดันให้โรงงานต้นแบบ Bi-component คลัสเตอร์สิ่งทอสามารถดำเนินการได้ 100% และเกิดงานวิจัยด้าน Technical Textiles เพิ่มขึ้น
ชนบท	B7-1 การวิจัยพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาชุมชนและชนบทในถิ่นธุรกันดาร	1. ใช้เทคโนโลยีต่อยอดภูมิปัญญาท้องถิ่นให้เกิดกลุ่มวิสาหกิจชุมชนอย่างน้อย 10 กลุ่มและกลุ่มมีรายได้เพิ่มขึ้นจากเดิมอย่างน้อย 5% 2. ยกระดับผลิตภัณฑ์กลุ่มชุมชนได้มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน
	B7-2 เทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับผู้ด้อยโอกาส	1. มีข้อเข่าเทียมแบบปรับอัตราการหน่วงแบบอัตโนมัติออกสู่ระบบบริการ ภายในปี 2554 2. มีเครื่องช่วยฟังสำหรับกลุ่มชนบทที่มีความพร้อมสู่ระบบบริการสำหรับคนพิการ ภายในปี 2554 3. ซอฟต์แวร์ที่ช่วยสนับสนุนการเรียนการสอนสำหรับผู้ที่มีปัญหาทางด้านการเรียนรู้ออกสู่ตลาดได้ภายในปี 2554

หมายเหตุ : ตัวหนังสือสีแดงแสดงการดำเนินงานวิจัยของศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ ที่สอดคล้องกับ WIGs

ภาคผนวก (ข)

บทวิเคราะห์แนวโน้มของโลก

การวิเคราะห์แนวโน้มของโลกได้มีการพิจารณาครอบคลุมไปถึงรายงานการศึกษาที่มีความน่าเชื่อถือของโลก โดยข้อมูลดังกล่าวได้มีการนำมาวิเคราะห์แนวโน้มด้านการพัฒนานาโนเทคโนโลยีภายนอกที่มีความสอดคล้องกับทิศทางการพัฒนาเทคโนโลยีของศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวถูกชี้ให้เห็นโดยการใช้แถบสี (highlights) เน้นลงบนข้อความที่เกี่ยวข้องกับ Nanotechnology TRM ดังแสดงต่อไปนี้

1. รายงานการศึกษาทางด้านนาโนเทคโนโลยีของโลก (Global Nanotechnology Trend Analysis and Nanotechnology Roadmap Study)

(1.1) รายงานการศึกษาของ RAND Corporation เรื่อง The Global Technology Revolution 2020 มีหัวข้อการศึกษาที่น่าสนใจหลายหัวข้อได้แก่

แอพพลิเคชั่นของการบูรณาการของเทคโนโลยี (Integrated Technology Applications) ที่มีความเป็นไปได้ในปี ค.ศ. 2020

- Personalized medicine and therapies
- Genetic modification of insects to control pests and disease vectors
- Computational (or “in-silico”) drug discovery and testing
- Targeted drug delivery through molecular recognition
- Biomimetic and function-restroing implants
- Rapid bioassays using bionanotechnologies
- Embedded sensors and computational devices in commercial goods
- Nanostructured materials with enhanced properties
- Small and efficient portable power systems
- Mass-producible organic electronics, including solar cells
- Smart fabrics and textiles
- Pervasive undetectable cameras and sophisticated sensor networks
- Large, searchable databases containing detailed personal and medical data
- Radio frequency identification (RFID) tracking of commercial products and individuals
- Widespread bundled information and communications technologies, including wireless Internet connectivity
- Quantum-based cryptographic systems for secure information transfer

Technology Applications (2020) that are Relevant to Significant Societal Problem/issue

- Cheap solar energy
- Rural wireless communications
- Communication devices for ubiquitous information access anywhere, anytime
- Genetically modified (GM) crops
- Rapid bioassays
- Filters and catalysts for water purification and decontamination
- Targeted drug delivery
- Cheap autonomous housing
- Green manufacturing
- Ubiquitous RFID tagging of commercial products and individuals
- Hybrid vehicles
- Pervasive sensors
- Tissue engineering
- Improved diagnostic and surgical methods
- Wearable computers
- Quantum cryptography

จากการคาดการณ์แนวโน้มของเทคโนโลยีที่จะมีการนำไปใช้ในปี ค.ศ. 2020 โดยการศึกษาของความเป็นไปได้ทางเทคนิค (Technical Feasibility) และความเป็นไปได้ในการนำไปใช้จริง (Implementation Feasibility) ทำให้สามารถวิเคราะห์และกำหนดกลุ่มของเทคโนโลยีแอพพลิเคชั่น (Technology Application) เพื่อตอบสนองความต้องการของตลาดขนาดกลางและตลาดขนาดใหญ่ ดูตาราง (ข).1 [ข้อมูลภายใต้แถบสีเป็นหัวข้อที่ได้รับการระบุว่ามีความเป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้นสูง] ส่วนแนวโน้มในการพัฒนาเทคโนโลยีในปี ค.ศ. 2020 นั้นมีทิศทางที่จะพัฒนาไปทางการนำเทคโนโลยีระดับนาโนมาใช้ประโยชน์ในลักษณะ ดังรูปที่ (ข).1 ซึ่งข้อมูลต่างๆ เหล่านี้ถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการจัดทำ NANOTEC TRM

ตาราง (ข).1 Matrix แสดงข้อมูลด้าน Technical Feasibility และ Implementation Feasibility ของแต่ละเทคนิคในปี 2020

Technical and Implementation Feasibility of Illustrative 2020 Technology Applications

	Implementation Feasibility			
Technical Feasibility	*Niche market only* (– –)	*May satisfy a need for a medium or large market, but raises significant public policy issues* (–)	*Satisfies a strong need for a medium market and raises no significant public policy issues* (+)	*Satisfies a strong need for a large market and raises no significant public policy issues* (+ +)
Highly Feasible (+ +)	• CBRN Sensors on ERT (2,G)	• Genetic Screening (2,G) • GM Crops (8,M) • Pervasive Sensors (4,G)	• Targeted Drug Delivery (5,M) • Ubiquitous Information Access (6,M) • Ubiquitous RFID Tagging (4,G)	• Hybrid Vehicles (2,G) • Internet [for purposes of comparison] (7,G) • Rapid Bioassays (4,G) • Rural Wireless Comms (7,G)
Feasible (+)	• GM Animals for R&D (2,M) • Unconventional Transport (5,M)	• Implants for Tracking and ID (3,M) • Xenotransplantation (1,M)	• Cheap Solar Energy (10,M) • Drug Development from Screening (2,M) • Filters and Catalysts (7,M) • Green Manufacturing (6,M) • Monitoring and Control for Disease Management (2,M) • Smart Systems (1,M) • Tissue Engineering (4,M)	• Improved Diagnostic and Surgical Methods (2,G) • Quantum Cryptography (2,G)
Uncertain (U)	• Commercial UAVs (6,M) • High-Tech Terrorism (3,M) • Military Nanotechnologies (2,G) • Military Robotics (2,G)	• Biometrics as sole ID (3,M) • CBRN Sensor Network in Cities (4,M) • Gene Therapy (2,G) • GM Insects (5,M) • Hospital Robotics (2,M) • Secure Video Monitoring (3,M) • Therapies based on Stem Cell R&D (5,M)	• Enhanced Medical Recovery (3,M) • Immunotherapy (2,M) • Improved Treatments from Data Analysis (2,M) • Smart Textiles (4,M) • Wearable Computers (5,M)	• Electronic Transactions (2,G) • Hands-free Computer Interface (2,G) • *In-silico* drug R&D (2,G) • Resistant Textiles (2,G) • Secure Data Transfer (2,M)
Unlikely (–)	• Memory-Enhancing Drugs (3,M) • Robotic Scientist (1,M) • Super Soldiers (2,M)	• Chip Implants for Brain (4,M)	• Drugs Tailored to Genetics (2,M)	• Cheap Autonomous Housing (6,G) • Print-to-Order-Books (2,G)
Highly Unlikely (– –)	• Proxy-bot (3,M) • Quantum Computers (3,M)	• Genetic Selection of Offspring (2,M)	• Artificial Muscles and Tissue (2,M)	• Hydrogen Vehicles (2,G)

NOTE: For each technology, the parenthetical information indicates the number out of 12 societal sectors (water, food, land, population, governance, social structure, energy, health, economic development, education, defense and conflict, and environment and pollution) that can be impacted by the technology, and if the diffusion will be *global* (G) or *moderated* (M). For example, Hybrid vehicles affect two sectors and will have global diffusion.

Technically feasible Technologies that are likely to be Implemented Widely

- Cheap solar energy (10 sectors)
- The Internet (for purposes of comparison) (7 sectors)
- Filters and catalysts for water purification (7 sectors)
- Rural wireless communication (7 sectors)
- Ubiquitous information access (6 sectors)
- Green manufacturing (6 sectors)
- Targeted drug delivery (5 sectors)
- Rapid bioassays (4 sectors)
- Tissue engineering (4 sectors)
- Ubiquitous RFID tagging (4 sectors)
- Hybrid vehicles (2 sectors)
- Improved diagnostic and surgical methods (2 sectors)
- Quantum cryptography (2 sectors)
- Drug development from screening (2 sectors)
- Body monitoring and control for disease management (2 sectors)
- Smart systems (1 sector)

Feasible Applications of NANOTECHNOLOGY in 2020

- New families of miniaturized, highly sensitive and selective chemical and biological sensors
- Improvements in battery power management and capacity
- Individually worn sensors, especially for military and emergency personnel
- Computational devices embedded in commercial goods (already being lone today and likely to become more widespread)
- Wearable personal medical monitoring devices with data recording and communications capability
- Functional nanostructures for controlled drug delivery and for improved performance of implants and prosthetic devices
- Capability for widespread human and environmental surveillance and monitoring

Integrated Trends of Technology Development (2020)

Area	Single Disciplines	Multiple Disciplines: Partially Integrated	Multiple Disciplines: Fully Integrated	User Group/Application
	Traditional →	*Transitional* →	*Evolved*	
Materials	Solid state physics or chemistry	Solid state physics or chemistry of complex materials	Physics, chemistry, engineering of complex materials	Engineers/ design of biomaterials, catalysts, structural materials
Solar collectors	Semiconductors	Organic semiconductors	Chromophores, dendrimers, nanostructured organic semiconductors	Consumers/ mass-producible and affordable solar energy
Pharmaceuticals	Designer drugs	Time-release designer drugs	Encapsulated, targeted, self-regulated drug delivery	Patients/ less invasive treatment with less side effects
Water purification	Filters and catalysts	Catalytic membranes	Functionalized, controlled pore size, selective catalytic filters and membranes	General populace/ cleaner water, safer from disease
Genetic modification in agriculture	GM crops	Climate-tailored GM crops	Adaptive GM crops (e.g., controlled germination, self-regulated nutrient uptake)	Farmers and general populace/ higher yield, greater availability of food, nutrition

รูปที่ (ข).1 แนวโน้มการพัฒนาเทคโนโลยีในปี ค.ศ. 2020

ตาราง (ข).2 Involvement of Technology Areas สำหรับ 16 Technology Applications

Involvement of Technology Areas in Top 16 Technology Applications

Technology Applications	Bio	Nano	Materials	Information
Cheap solar energy	x	x	x	
Rural wireless communications		x	x	x
Ubiquitous information access		x	x	x
GM crops	x	x		
Rapid bioassays	x	x	x	x
Filters and catalysts	x	x	x	
Targeted drug delivery	x	x	x	x
Cheap autonomous housing	x	x	x	x
Green manufacturing	x	x	x	x
Ubiquitous RFID tagging			x	x
Hybrid vehicles		x	x	x
Pervasive sensors	x	x	x	x
Tissue engineering	x	x	x	
Improved diagnostic and surgical methods	x	x	x	x
Wearable computers		x	x	x
Quantum cryptography		x	x	x

(1.2) รายงานการศึกษา Delphi Analysis (NISTEP) ของประเทศญี่ปุ่น เรื่อง The 8th Science and Technology Foresight Survey มีหัวข้อการศึกษาที่น่าสนใจได้แก่

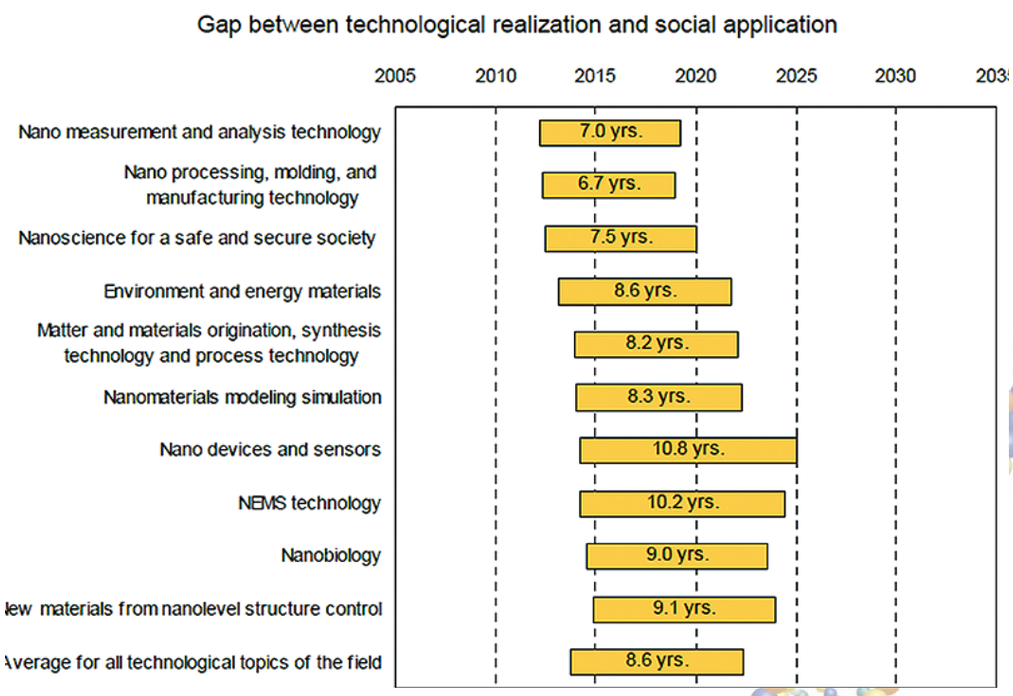
Japan Social and Technogy Foresight on Nanotechnology

ตาราง (ข).3 คาดการณ์ปีที่จะเกิด Technology realization และ Social application

The most important 10 topics

	Topic	Index	Year T*	Year S*
1	14: Production processing technology capable of controlling dimensions and shapes with single nanometer precision.	90	2013	2019
2	38: Large-area amorphous silicon solar cells with a conversion efficiency above 20 percent.	88	2012	2020
3	55: Hydrogen production processes through photocatalytic decomposition of water with sunlight	88	2013	2022
4	65: Biochip diagnostic systems that can accurately diagnose onset risk for cancer and other serious diseases and supply information for setting treatment within a very short time.	87	2012	2020
5	13: Three-dimensional packing technology at the nanometer scale.	84	2013	2020
6	62: Nanocarrier systems that deliver drugs and genes to target cells in the body and are directed by outside signals.	83	2013	2022
7	35: Superconductors with transfer points at room temperature and above.	83	2022	2033
8	16: Manufacture of materials with specified nanoscale structure and characteristics through self-organization.	82	2013	2021
9	08: Scanning probe analysis methods that enable fixed composition analysis and quantitative property measurement at the nanometer scale.	82	2012	2019
10	20: Macromolecule synthesis processes that use renewable resources in place of conventional petrochemical processing.	82	2013	2020

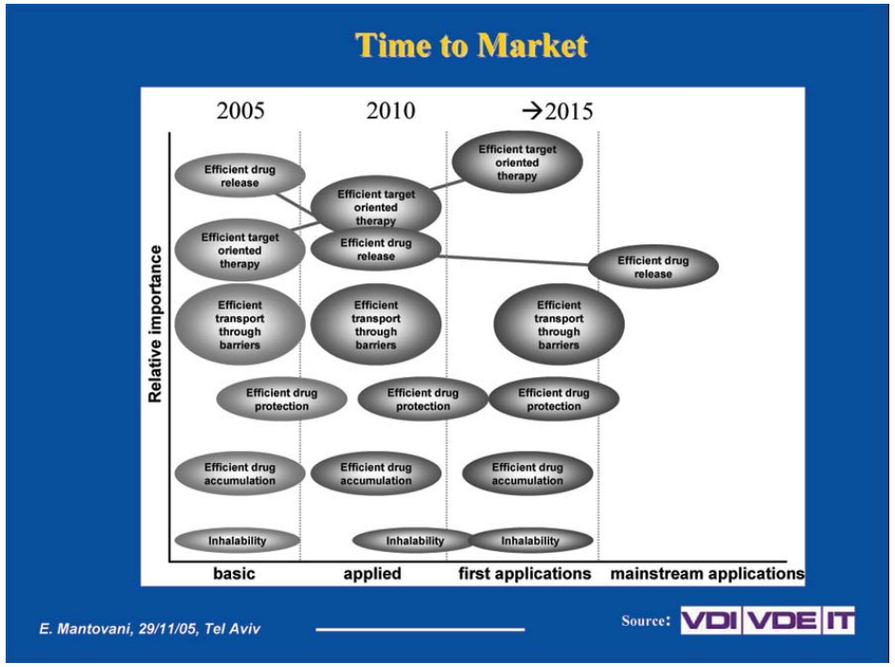
Year T: Time of technological realization Year S: Time of social application



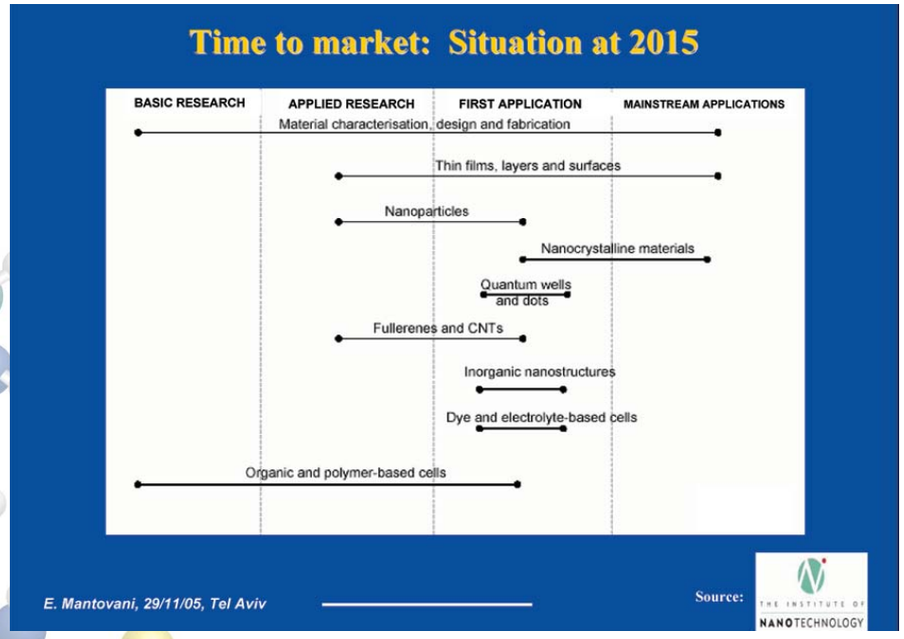
รูปที่ (ข).2 แสดงระยะเวลาที่ต่างกันของการเกิด Technology realization และ Social application

(1.3) รายงานการศึกษาของ AIRI/Nanotec IT-Rome (Italy) หัวข้อ The Nanoroadmap Project มีหัวข้อการศึกษาที่น่าสนใจได้แก่

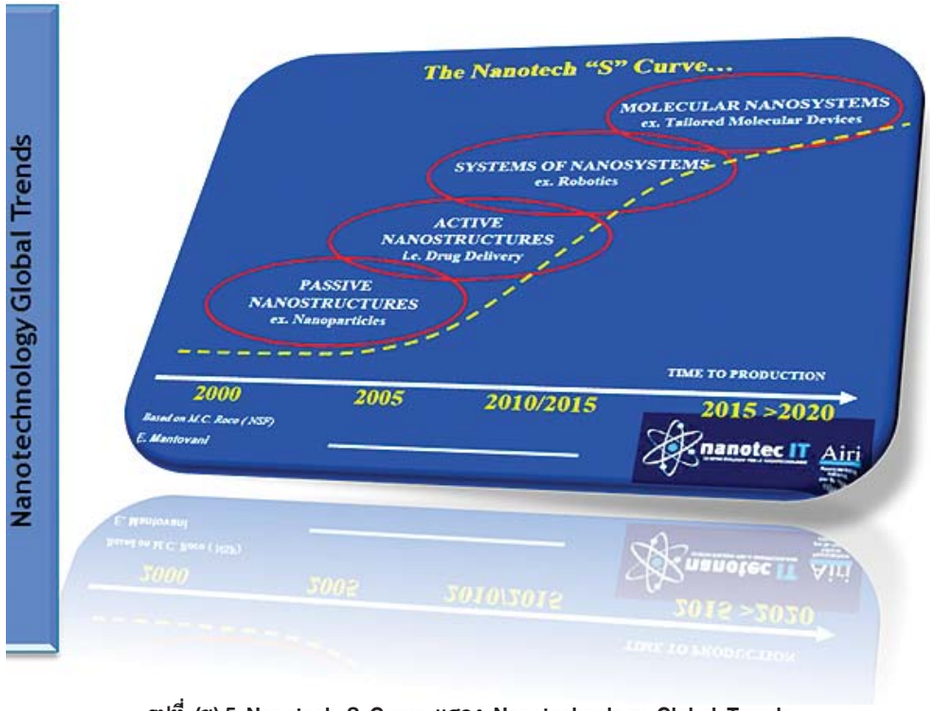
Drug Delivery System based on Nanotechnology



รูปที่ (ข).3 Time to Market ของ mainstream application สำหรับ Drug Delivery System



รูปที่ (ข).4 Time to Market จาก Basic Research ถึง Mainstream Application ปี ค.ศ. 2015

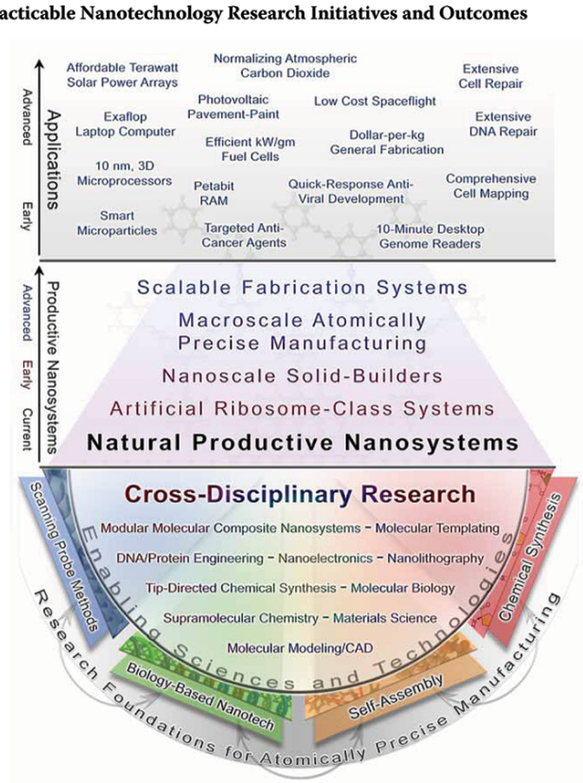


รูปที่ (ข).5 Nanotech S Curve แสดง Nanotechnology Global Trends

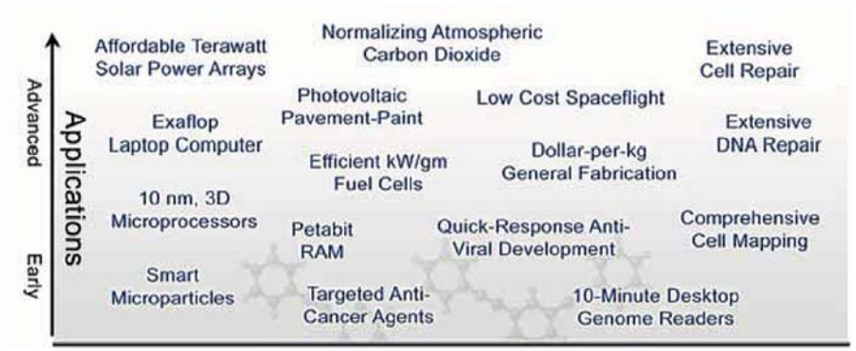
(1.4) รายงานการศึกษาของ Battelle Memorial Institute and Foresight Nanotech Institute เรื่อง Productive Nanosystem ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับ Technology Roadmap มีหัวข้อการศึกษาที่น่าสนใจหลายหัวข้อได้แก่

Atomically Precise Manufacturing Technologies (Nanotechnology) that will have Broad and Growing Applications

- Precisely targeted agents for cancer therapy
- Efficient solar photovoltaic cells
- Efficient, high-power-density fuel cells
- Single molecule and single electron sensors
- Biomedical sensors (in vitro and in vivo)
- High-density computer memory
- Molecular-scale computer circuits
- Selectively permeable membranes
- Highly selective catalysts
- Display and lighting systems
- Responsive ("smart") materials
- Ultra-high-performance materials
- Nanosystems for APM.



รูปที่ (ข).6 Practicable Nanotechnology Research Initiatives and Outcomes



รูปที่ (ข).7 Practicable Nanotechnology Research Initiatives and Outcomes ในส่วน Applications ซึ่งแบ่งเป็น Early และ Advanced

(1.5) รายงานการศึกษาของ Kanama และ Kondo เรื่อง Analysis of Japan's Nanotechnology Competitiveness มีหัวข้อการศึกษาที่น่าสนใจหลายหัวข้อได้แก่

Nanotech Competitiveness by country

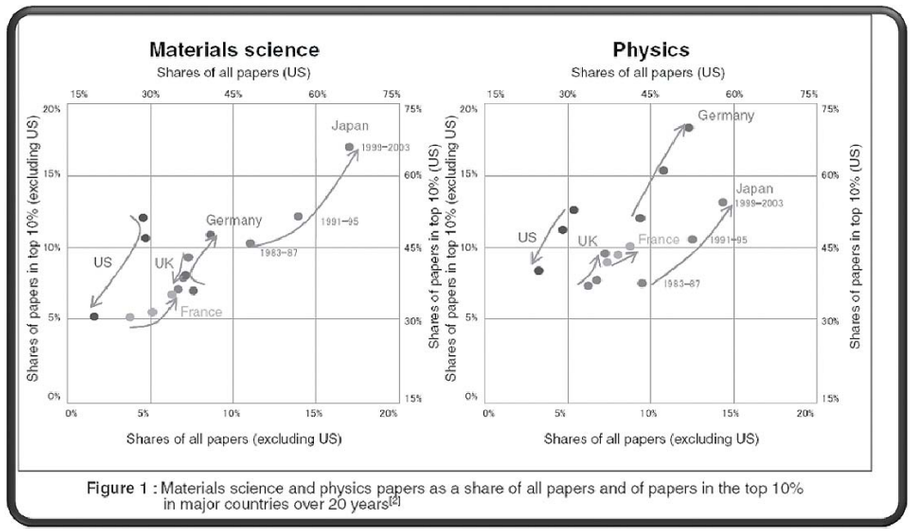


Figure 1 : Materials science and physics papers as a share of all papers and of papers in the top 10% in major countries over 20 years[4]

รูปที่ (ข).8 สัดส่วนจำนวนรายงานการวิจัยแยกตาม Material Science และ Physics

Japan Competitiveness compare with US and EU

ญี่ปุ่นเป็นผู้นำทางด้าน top-down technology แต่ตามหลัง US และ EU ทางด้าน bottom-up technology

Japan's strength and weakness as seen in Delphi survey

Table 1 : Delphi survey results on nanotech/materials R&D levels

	Areas included in the nanotech and materials field*1	vs. US*2	vs. EU*2
Bottom-up	Nanomaterials modeling simulation	4.06	5.07
	Nanobiology	3.53	4.82
	Nano devices and sensors	4.81	5.72
	NEMS technology	4.85	5.90
	Matter and materials origination, synthesis technology, and process technology	5.58	6.31
	New materials from nanolevel structure control	5.47	6.28
	Nano measurement and analysis technology	5.15	5.94
	Environmental and energy technology	5.80	6.27
Top-down	Nano process, molding, and manufacturing technology	5.82	6.56

*1: "Nanoscience for a safe and secure society" (vs. US: 3.98) is excluded because of the difficulty of technological evaluation
*2: Indexed with equality at 5.0
Prepared by the STFC based on Reference[6]

รูปที่ (ข).9 แสดงผล Delphi survey ซึ่งแสดงจุดอ่อนและจุดแข็งของประเทศญี่ปุ่นเมื่อเทียบกับ US และ EU

Focus on Matter and materials origination, synthesis technology, and process technology

ศึกษาเฉพาะเรื่อง Matter and materials origination, synthesis technology และ process technology โดยมี 8 เรื่องที่แสดงผลการเปรียบเทียบค่อนข้างชัดเจน พบว่าญี่ปุ่นเป็นผู้นำด้าน Top-down technologies ส่วนทางด้าน Bottom-up technologies จะตามหลัง US ยกเว้นเรื่อง nanotube manufacturing technology

Table 2 : Delphi survey results on the R&D levels of Delphi topics included in the area, "Matter and materials origination, synthesis technology, and process technology"

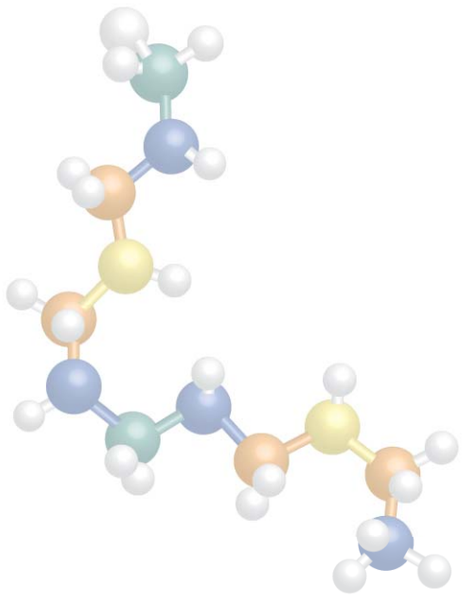
	Technology topics included in the area "Matter and materials origination, synthesis technology, and process technology"*1	Leading country*2
Bottom-up	Technology to freely apply organic, inorganic, and metal materials at the nano level	US
	Methods for protein synthesis with optional structures through in-vitro sequence control that does not use mRNA or tRNA	US
	Manufacturing technology for nanotubes structured according to design	Japan
	Technology to freely control the structure and characteristics of surfaces and interfaces at the atomic level	US
	Technology to directly synthesize plastic from carbon dioxide gas and water, using light as an energy source	US
	Organic macromolecules with luminous surfaces for lighting	Japan
	Manufacturing technology using nano structure control for ultra-plastic ceramics	Japan
Top-down	Technology that uses gas phase coating to manufacture to manufacture tools harder than diamond	Japan

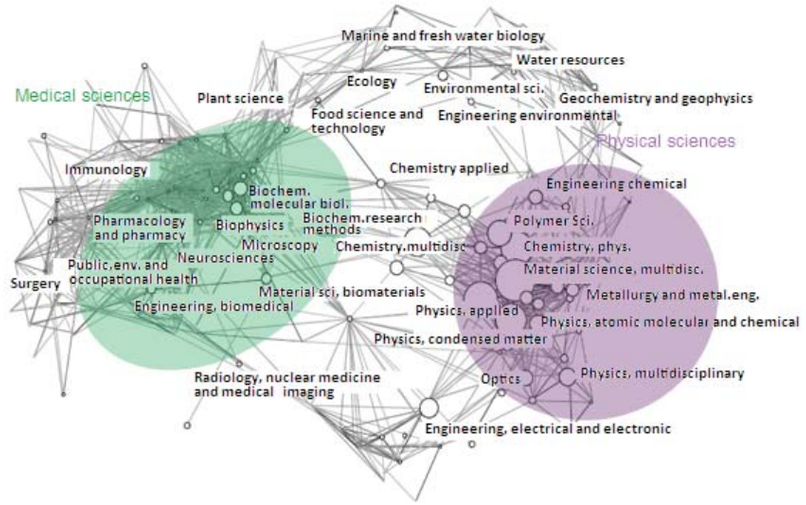
*1: Of the 11 topics in this area, the 8 showing clearly significant differences (R1 of at least 10%) in the response results are listed.
*2: Leading country is selected from Japan, US, EU, Asia (excluding Japan), and Other.
Prepared by the STFC based on Reference[6]

รูปที่ (ข).10 ผลการศึกษาแสดงรายชื่อประเทศที่เป็นผู้นำด้าน Matter and materials origination, synthesis and process technology ตามหัวข้อการศึกษา

(1.6) รายงานการศึกษาของ Organisation for Economic Co-operation and Development เรื่อง NANOTECHNOLOGY: AN OVERVIEW BASED ON INDICATORS AND STATISTICS โดย Christopher Palmberg, Helene Dernis and Claire Miguet ปี ค.ศ. 2009 มีหัวข้อการศึกษาที่น่าสนใจหลายหัวข้อได้แก่

Structure of nanotechnology-related sciences by publications across disciplines, 2005



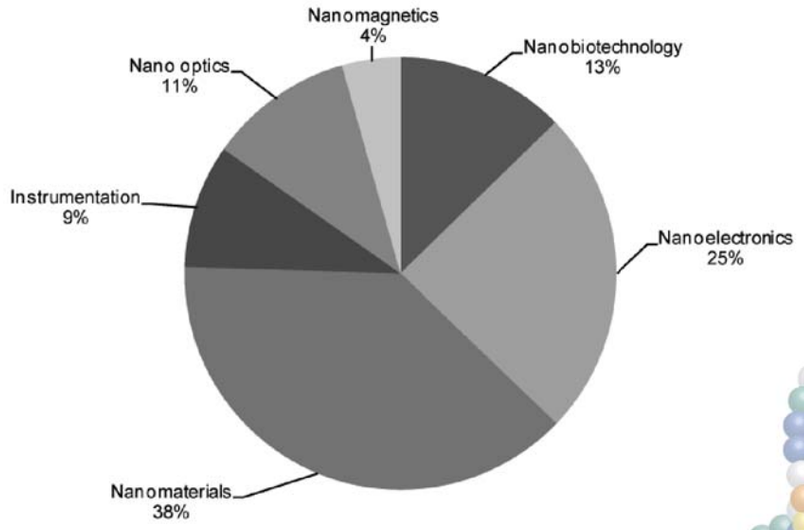


Source : **Rafols and Porter (2008)**

รูปที่ (ข).11 แสดงข้อมูลการศึกษา Nanotechnology ในปี ค.ศ. 2005 ของกลุ่มประเทศกำลังพัฒนา แบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ Medical sciences และ Physical sciences

Share of patents by nanotechnology sub-areas ช่วงปี ค.ศ. 1995-2005

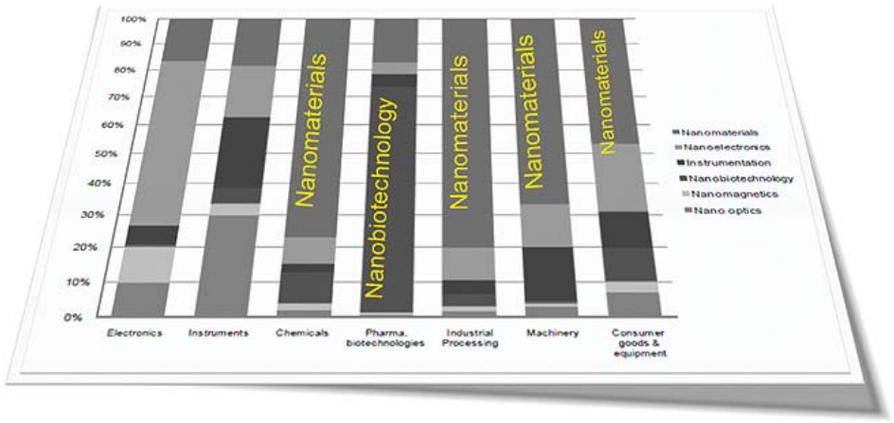
เปรียบเทียบจำนวนสิทธิบัตรในสาขาต่างๆ พบว่า Nanomaterials มีจำนวนสิทธิบัตรสูงสุด รองลงมาคือ Nnoelectronics, Nanobiotechnology, Nano optics, Instrumentation และ Nanomagnetics ตามลำดับ



Source: OECD Patent database, January 2008.

รูปที่ (ข).12 แสดงสัดส่วนจำนวนสิทธิบัตรของแต่ละ sub-areas

Share of patents in nanotechnology sub-areas by main application field, until 2005

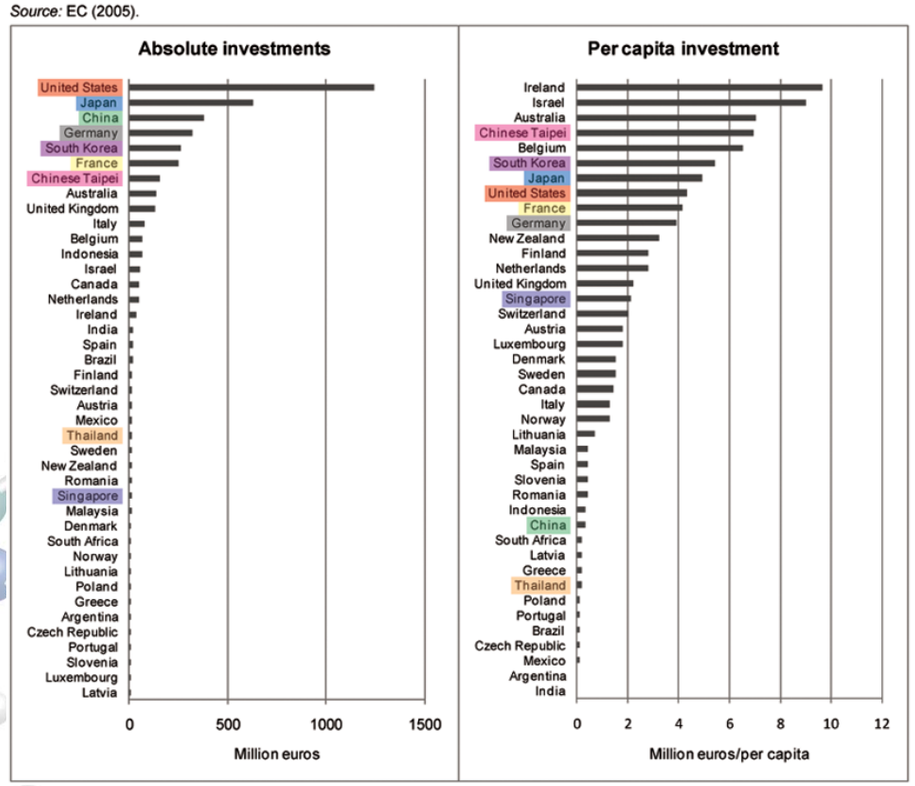


Source: OECD Patent database, January 2008

รูปที่ (ข).13 แสดงสัดส่วนจำนวนสิทธิบัตรของแต่ละ sub-areas

Public R&D investments in nanotechnology, 2004

Source: EC (2005).



รูปที่ (ข).14 แสดงลำดับประเทศที่มีการลงทุนวิจัยทางด้านนาโนเทคโนโลยีในปี ค.ศ. 2004 ในด้านการลงทุนรวม และสัดส่วนการลงทุนด้าน R&D รายหัว

Specialization across nanotechnology application fields by country, until 2005

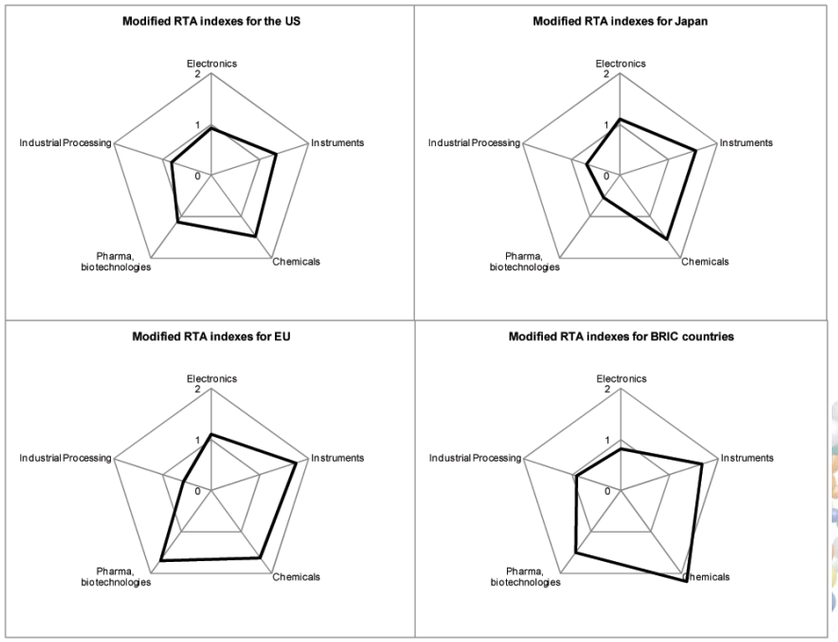
ตาราง (ข).4 แสดง RTA index ค่าที่มากกว่า 1 หมายถึง มีความเชี่ยวชาญโดยเปรียบเทียบสูงกว่า (ซึ่งเป็นการวิเคราะห์จากจำนวนสิทธิบัตรสะสมของประเทศชั้นนำ 20 ประเทศในปี ค.ศ. 2005)

	Electronics	Instruments	Chemicals	Pharmaceuticals, biotech	Industrial Processing
USA	1.01	1.11	0.83	1.15	0.88
Japan	1.32	0.99	1.09	0.43	0.82
Germany	0.88	1.15	0.95	1.15	0.82
UK	1.01	1.22	0.69	0.94	0.73
France	0.94	0.93	0.94	1.32	1.06
Netherlands	1.84	1.36	0.29	0.44	0.71
Korea	1.18	0.79	1.32	0.66	0.74
Canada	1.22	1.11	0.89	1.03	0.30
Switzerland	0.96	1.58	0.78	0.70	0.78
Sweden	0.98	1.28	0.77	0.92	1.01
Israel	0.86	1.32	0.65	1.59	0.84
Australia	0.86	0.93	1.29	1.34	0.31
Italy	0.45	0.88	1.16	2.20	0.45
China	0.74	0.41	1.38	1.79	0.93
Russian Federation	0.87	1.59	1.03	0.34	0.80
Denmark	0.57	1.50	0.40	2.20	0.96
Belgium	0.67	0.39	1.26	2.10	1.11
Spain	0.36	1.34	0.76	1.13	2.29
Finland	0.43	0.60	1.54	1.47	1.42
Austria	1.69	0.53	1.03	0.79	0.55

Note: RTA indexes over 1 indicate a higher relative specialisation. The Figure includes the top 20 countries by the number of nanotechnology patents accumulated by 2005.

Source: OECD Patent database, January 2008

Compatibility of nanotechnology application fields: USA, Japan, EU and BRIC countries, until 2005



Source: OECD Patent database, January 2008.

รูปที่ (ข).15 แสดงความสามารถในสาขาต่างทางนาโนเทคโนโลยีของ USA,EU ,BRIC countries และญี่ปุ่น

(1.7) ISI Web of Knowledge คณะทำงานได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลฐานข้อมูล ISI Web of Knowledge เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ 2552 โดยใช้ key word ของ Platform Technology ทั้ง 3 Platforms โดยมีผลการศึกษาที่น่าสนใจหลายหัวข้อ

จำนวนบทความทางวิชาการ แบ่งตามสาขา (Subject Area) ของประเทศไทย รวมถึงข้อมูลของต่างประเทศ

Nanotechnology & coating

TS=(nano* AND coat*)

Field: Subject Area	Record Count	% of 25210	Bar Chart
MATERIALS SCIENCE, MULTIDISCIPLINARY	8269	32.8005 %	
PHYSICS, APPLIED	6730	26.6958 %	
CHEMISTRY, PHYSICAL	4707	18.6712 %	
PHYSICS, CONDENSED MATTER	3302	13.0980 %	
NANOSCIENCE & NANOTECHNOLOGY	3247	12.8798 %	
MATERIALS SCIENCE, COATINGS & FILMS	3144	12.4712 %	
CHEMISTRY, MULTIDISCIPLINARY	2644	10.4879 %	
POLYMER SCIENCE	1399	5.5494 %	
ELECTROCHEMISTRY	1261	5.0020 %	
CHEMISTRY, ANALYTICAL	1126	4.4665 %	
Field: Subject Area	Record Count	% of 25210	Bar Chart

Thailand = 85 (0.3372%)

Field: Publication Year	Record Count	% of 25210	Bar Chart
1999	5	0.0198 %	
2000	119	0.4720 %	
2001	952	3.7763 %	
2002	1224	4.8552 %	
2003	1729	6.8584 %	
2004	2362	9.3693 %	
2005	2945	11.6819 %	
2006	3638	14.4308 %	
2007	4195	16.6402 %	
2008	5015	19.8929 %	
Field: Publication Year	Record Count	% of 25210	Bar Chart

Field: Country/Territory	Record Count	% of 25210	Bar Chart
USA	5875	23.3042 %	
PEOPLES R CHINA	5313	21.0750 %	
JAPAN	2154	8.5442 %	
GERMANY	2028	8.0444 %	
SOUTH KOREA	1831	7.2630 %	
FRANCE	1356	5.3788 %	
ENGLAND	1118	4.4347 %	
TAIWAN	995	3.9468 %	
INDIA	946	3.7525 %	
ITALY	733	2.9076 %	
Field: Country/Territory	Record Count	% of 25210	Bar Chart

รูปที่ (ข).16 แสดงจำนวนบทความทางวิชาการโดยค้นหาจาก key word “nano* and coat*”
สำหรับประเทศไทยมีทั้งหมด 85 บทความ (ข้อมูล ณ เดือนกุมภาพันธ์ 2552)

Nanotechnology & encapsulation

TS=(nano* AND encap*)

Field: Subject Area	Record Count	% of 6912	Bar Chart
MATERIALS SCIENCE, MULTIDISCIPLINARY	1656	23.9583 %	
CHEMISTRY, PHYSICAL	1611	23.3073 %	
CHEMISTRY, MULTIDISCIPLINARY	1505	21.7737 %	
NANOSCIENCE & NANOTECHNOLOGY	939	13.5851 %	
PHARMACOLOGY & PHARMACY	861	12.4566 %	
PHYSICS, APPLIED	841	12.1672 %	
PHYSICS, CONDENSED MATTER	725	10.4890 %	
POLYMER SCIENCE	673	9.7367 %	
MATERIALS SCIENCE, BIOMATERIALS	271	3.9207 %	
BIOCHEMISTRY & MOLECULAR BIOLOGY	266	3.8484 %	
Field: Subject Area	Record Count	% of 6912	Bar Chart

Thailand = 23 (0.3328%)

รูปที่ (ข).17 แสดงจำนวนบทความทางวิชาการโดยค้นหาจาก key word "nano* and encap*"
สำหรับประเทศไทยมีทั้งหมด 23 บทความ

Nanotechnology & functional structure

TS=(nano* AND function* AND structure)

Field: Subject Area	Record Count	% of 11400	Bar Chart
MATERIALS SCIENCE, MULTIDISCIPLINARY	2827	24.7982 %	
CHEMISTRY, PHYSICAL	2701	23.6930 %	
PHYSICS, CONDENSED MATTER	2212	19.4035 %	
PHYSICS, APPLIED	1799	15.7807 %	
NANOSCIENCE & NANOTECHNOLOGY	1406	12.3333 %	
CHEMISTRY, MULTIDISCIPLINARY	1284	11.2632 %	
POLYMER SCIENCE	870	7.6316 %	
PHYSICS, ATOMIC, MOLECULAR & CHEMICAL	703	6.1667 %	
BIOCHEMISTRY & MOLECULAR BIOLOGY	532	4.6667 %	
PHYSICS, MULTIDISCIPLINARY	443	3.8860 %	
Field: Subject Area	Record Count	% of 11400	Bar Chart

Thailand = 30 (0.2632%)

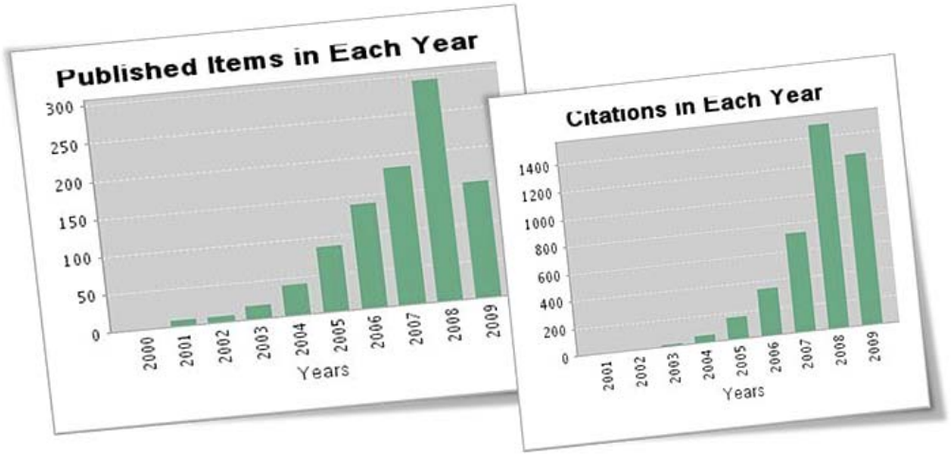
รูปที่ (ข).18 แสดงจำนวนบทความทางวิชาการโดยค้นหาจาก key word "nano* and function* and structure"
สำหรับประเทศไทยมีทั้งหมด 30 บทความ

ภาพรวมบทความทางวิชาการของประเทศไทย

Thailand's publications on nanotechnology

From 2001-2008, Thailand published 945 articles, in ISI web of knowledge;

almost 300 articles in 2008.
Average citations = 4.36
(Search terms: TS=(nano*) and CU=(Thailand)



On the 3 platforms

Total number:
coat* > function* structure > encap*

Contribution in global publications = 0.32%
Coat* 0.34%
Encap* 0.33%
Function* structure 0.26%

รูปที่ (ข).19 แสดงจำนวนบทความทางวิชาการและ Citation ของประเทศไทย ในช่วงปี ค.ศ. 2000-20009

Thailand's publications on nanotechnology by subject fields

Field: Subject Area	Record Count	% of 945	Bar Chart
MATERIALS SCIENCE, MULTIDISCIPLINARY	277	29.3122 %	
PHYSICS, APPLIED	150	15.8730 %	
POLYMER SCIENCE	140	14.8148 %	
CHEMISTRY, PHYSICAL	135	14.2857 %	
CHEMISTRY, MULTIDISCIPLINARY	85	8.9947 %	
NANOSCIENCE & NANOTECHNOLOGY	80	8.4656 %	
PHYSICS, CONDENSED MATTER	73	7.7249 %	
ENGINEERING, CHEMICAL	59	6.2434 %	
PHARMACOLOGY & PHARMACY	57	6.0317 %	
MATERIALS SCIENCE, CERAMICS	49	5.1852 %	
Field: Subject Area	Record Count	% of 945	Bar Chart

(83 Subject Area value(s) outside display options.)

รูปที่ (ข).20 แสดงจำนวนบทความทางวิชาการของประเทศไทยจำแนกตามสาขา

Thailand's publications on nanotechnology by Institutions

Field: Institution Name	Record Count	% of 945	Bar Chart
CHULALONGKORN UNIV	356	37.6720 %	
CHIANG MAI UNIV	139	14.7090 %	
MAHIDOL UNIV	113	11.9577 %	
KHON KAEN UNIV	62	6.5608 %	
KASETSART UNIV	61	6.4550 %	
SILPAKORN UNIV	42	4.4444 %	
NATL MET & MAT TECHNOL CTR	37	3.9153 %	
PRINCE SONGKLA UNIV	31	3.2804 %	
KYOTO UNIV	28	2.9630 %	
KING MONGKUTS UNIV TECHNOL THONBURI	25	2.6455 %	
NATL SCI & TECHNOL DEV AGCY	25	2.6455 %	
NARESUAN UNIV	22	2.3280 %	
ASIAN INST TECHNOL	20	2.1164 %	
KING MONGKUTS INST TECHNOL LADKRABANG	19	2.0106 %	
SURANAREE UNIV TECHNOL	18	1.9048 %	
KING MONGKUTS UNIV TECHNOL	16	1.6931 %	
NATL NANOTECHNOL CTR	15	1.5873 %	
CASE WESTERN RESERVE UNIV	14	1.4815 %	
UBON RATCHATHANI UNIV	14	1.4815 %	
SRINAKHARINWIROT UNIV	12	1.2698 %	
RAMKHAMHANG UNIV	11	1.1640 %	
UNIV ARIZONA	11	1.1640 %	
INNSBRUCK UNIV	10	1.0582 %	
MAHASARAKHAM UNIV	9	0.9524 %	
NATL ELECT & COMP TECHNOL CTR	8	0.8466 %	
Field: Institution Name	Record Count	% of 945	Bar Chart

(401 Institution Name value(s) outside display options.)

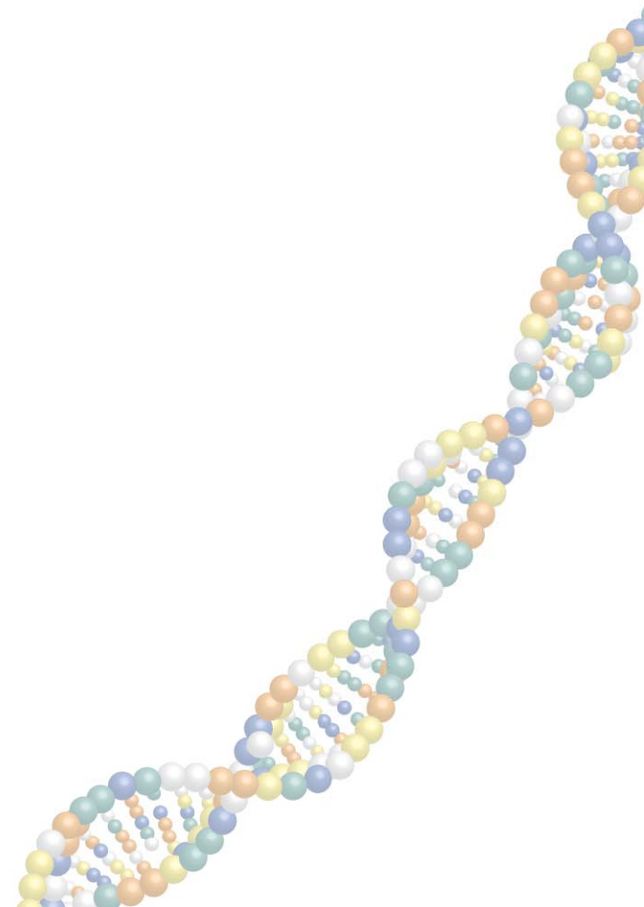
รูปที่ (ข).21 แสดงจำนวนบทความทางวิชาการของประเทศไทยจำแนกตามมหาวิทยาลัย

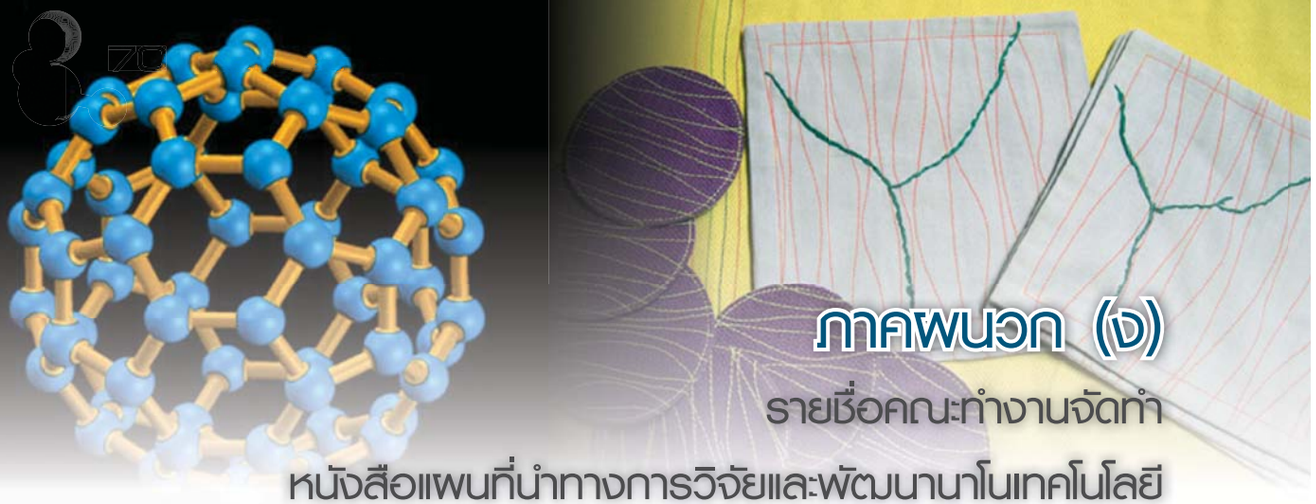
ภาคผนวก (ค)

รายชื่อคณะทำงานจัดทำ แผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนานาโนเทคโนโลยี[19]

1.	นายพิเชฐ ดุรงคเวโรจน์	เลขาธิการ สวทน.
2.	นายชาตรี ศรีไพพรรณ	ที่ปรึกษาอาวุโส สวทช.
3.	นายสิริฤกษ์ ทรวศิวิไล	ผู้อำนวยการ ศน.
4.	นางญาดา มุกดาพิทักษ์	ผช. ผพว.
5.	นายนเรศ ดำรงชัย	ผู้อำนวยการเทคโนโลยีเอเปค สวทน.
6.	นายศิรศักดิ์ เทพาคำ	ผู้อำนวยการฝ่ายถ่ายทอดเทคโนโลยี ศน.
7.	นายพิชญ์ ศุภผล	วิทยาลัยปิโตรเลียมและปิโตรเคมี จุฬาลงกรณ์
8.	นายจิติ หนูแก้ว	คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีฯ ลาดกระบัง
9.	นายทวี ตันฆศิริ	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
10.	นายธนากร โอสถจันทร์	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
11.	นางเมตตา เจริญรัตน์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
12.	นายธีรเกียรติ์ เกิดเจริญ	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
13.	นางสาวปราณีต โอปณะโสภิต	คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
14.	นายสาธิต พุทธิพิพัฒน์ขจร	หน่วยปฏิบัติการกลางนาโนเทค ศน.
15.	นายสุรินทร์ เหล่าสุขสถิตย์	ที่ปรึกษาหน่วยปฏิบัติการเครือข่าย ศน.
16.	นายประเสริฐ ภวสันต์	ที่ปรึกษาหน่วยปฏิบัติการกลางนาโนเทค ศน.
17.	นายสุชาต อุดมโสภกิจ	สวทน.
18.	นายอังคาร วงษ์ดีไทย	สวทน.
19.	นายพลพิบูล สตางค์พุฒิ	ศูนย์คาดการณ์เทคโนโลยีเอเปค
20.	นายชัยณรงค์ วงศ์ธีรทรัพย์	ผู้อำนวยการฝ่ายสนับสนุนการวิจัยและพัฒนา ศน.
21.	นายพงศ์สิทธิ์ รัตนกรวิทย์	ฝ่ายสนับสนุนการวิจัยและพัฒนา ศน.
22.	นางสาวณัฏฐิพร วณิชธนานนท์	ฝ่ายสนับสนุนการวิจัยและพัฒนา ศน.
23.	นายอุดม อัศวาภิรมย์	หน่วยปฏิบัติการกลางนาโนเทค ศน.
24.	นายขจรศักดิ์ เฟื่องนวกิจ	หน่วยปฏิบัติการกลางนาโนเทค ศน.
25.	นางจามร เชวงกิจวณิช	หน่วยปฏิบัติการกลางนาโนเทค ศน.
26.	นายสิรพัฒน์ ประโทนเทพ	หน่วยปฏิบัติการกลางนาโนเทค ศน.
27.	นายวิยงค์ กังวานศุภมงคล	หน่วยปฏิบัติการกลางนาโนเทค ศน.
28.	นางสาวกมลวรรณ ธรรมเจริญ	หน่วยปฏิบัติการกลางนาโนเทค ศน.
29.	นางอุรชา รักษ์ตานนท์ชัย	หน่วยปฏิบัติการกลางนาโนเทค ศน.
30.	นางสาวพรเพ็ญ โอภาสกิจไพศาล	ฝ่ายแผน กลยุทธ์ และประเมินองค์กร ศน.
31.	นางกัณญา สิทธิ์สงวน	งานแผนและงบประมาณ ศน.

[19] ตามคำสั่งแต่งตั้งที่ 006/2552 ลงวันที่ 9 มิถุนายน 2552 ซึ่งแก้ไขจากคำสั่งแต่ง 001/2552 ลงวันที่ 27 มกราคม 2552 โดยเพิ่มคณะทำงานจาก 25 ท่าน เป็น 31 ท่าน





ภาคผนวก (ง)

รายชื่อคณะทำงานจัดทำ
หนังสือแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนานาโนเทคโนโลยี

1.	นายนเรศ ดำรงชัย	ผู้อำนวยการเทคโนโลยีเอเปค สวทน.
2.	นายสุชาต อุดมโสภกิจ	สวทน.
3.	นายอังคาร วงษ์ดีไทย	สวทน.
4.	นางสาววัสสลิสา ไตรสัจจ์	สวทน.
5.	นายเปรมวิทย์ จรีเวฬุโรจน์	ผู้อำนวยการฝ่ายแผน กลยุทธ์ และประเมินองค์กร ศน.
6.	นายพงศ์สิทธิ์ รัตนกรวิทย์	ฝ่ายสนับสนุนการวิจัยและพัฒนา ศน.
7.	นางสาวภัทราพร เทวอักษร	ฝ่ายแผน กลยุทธ์ และประเมินองค์กร ศน.
8.	นางกัณญา สิทธิ์สงวน	งานแผนและงบประมาณ ศน.