

นาโนเทคโนโลยี

อัจฉราวรรณ เนื่องนิษฐ์* และวรินทร์ บุญชัย**

*โปรแกรมวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา 1061 ถนนอิสรภาพ แขวงหิรัญรูจี เขตธนบุรี กรุงเทพฯ 10600

**โปรแกรมวิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา 1061 ถนนอิสรภาพ แขวงหิรัญรูจี เขตธนบุรี กรุงเทพฯ 10600

ในปัจจุบันกระแสความสนใจในเรื่องนาโนศาสตร์ (nanoscience) และนาโนเทคโนโลยี (nano-technology) ได้แพร่หลายมากขึ้นทั่วโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสหรัฐอเมริกาและญี่ปุ่น ได้มีการทุ่มเงินงบประมาณอย่างสูงเพื่อการวิจัยด้านนี้ สำหรับประเทศไทยก็เช่นกัน รัฐบาลเริ่มให้การสนับสนุนในเรื่องนี้เป็นอย่างมาก คำว่านาโน (nano) ในภาษากรีกแปลว่าคนแคระ แต่โดยมากจะเป็นคำที่เรียกกันติดปากและย่อมาจากคำว่า นาโนเมตร (nanometre) ซึ่งหมายถึงสิบกำลังลบเก้าเมตร หรือ 1 ส่วนพันล้านของ 1 เมตร คำนิยามของนาโนศาสตร์ (nanoscience) ก็คือการศึกษาปรากฏการณ์ทางธรรมชาติของวัตถุที่มีขนาดในช่วงนาโนเมตร (ประมาณ 1-100 นาโนเมตร) ส่วนนาโนเทคโนโลยี

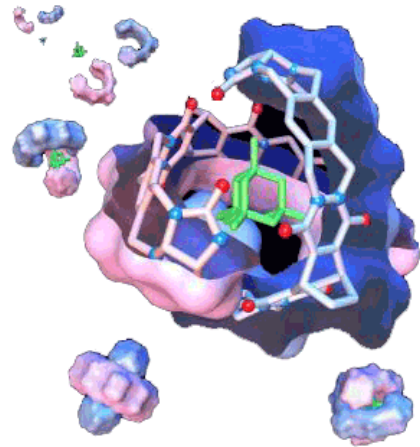
หมายถึงการสร้างและประยุกต์วัตถุนาโนนี้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ แต่ถึงกระนั้นก็ยังมีการเข้าใจไปต่าง ๆ กันว่านาโนเทคโนโลยีคืออะไร เช่น การย่อของให้มีขนาดเล็กลง หรือหุ่นขนาดจิ๋วที่จะไปทำงานในระดับอะตอม ซึ่งไม่ใช่ความหมายที่แท้จริงของนาโนเทคโนโลยี เป็นเพียงแค่การมองในมุมด้านตัวผลิตภัณฑ์หรือวัตถุที่คนส่วนใหญ่จะนึกภาพออกได้มากกว่า นอกจากนี้การใช้นาโนเทคโนโลยีในปัจจุบันก็เป็นเพียงแค่จุดเริ่มต้นเท่านั้น โดยเริ่มมีผลิตภัณฑ์ทางนาโนเทคโนโลยีออกมา ซึ่งส่วนใหญ่ก็จะเป็นพวกฟิล์มชนิดบาง (ที่มีความหนาในระดับนาโนเมตร) เช่น OLED (Organic Light Emitting Device) ซึ่งเป็นจอแสดงผลที่ทำมาจากสารอินทรีย์ และพวกสารเคลือบผิวต่างๆ ตัวอย่างเช่นในผ้าที่เปื้อน

จุดมุ่งหมายสูงสุดของนาโนเทคโนโลยีก็คือความสามารถที่จะสร้างและจัดเรียงอนุภาคต่างๆ ได้ตามความต้องการ เพื่อสร้างสสารหรือโครงสร้างของสารในแบบใหม่ๆ ที่ให้คุณสมบัติพิเศษซึ่งอาจจะไม่เคยมีมาก่อน ตามคำกล่าวของศาสตราจารย์ริชาร์ด ฟายน์แมน (Richard Feynman ได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ ใน ค.ศ. 1965) ที่ว่า "สักวันหนึ่ง เราจะสามารถประกอบสิ่งต่างๆ ผิดสิ่งต่างๆ ขึ้นมาจากการจัดเรียงอะตอมด้วยความแม่นยำ และเท่าที่ข้าพเจ้ารู้ ไม่มีกฎทางฟิสิกส์ใดๆ แม้แต่หลักแห่งความไม่แน่นอน (uncertainty principle) ที่จะมาขัดขวางความเป็นไปได้" เป็นที่น่าดีใจที่ประเทศพัฒนาแล้วส่วนใหญ่ รวมทั้งประเทศอุตสาหกรรมใหม่

อย่างไต้หวัน และเกาหลีใต้ได้ให้ความสำคัญต่อเทคโนโลยีนี้มาก จึงทำให้สาขานี้ได้รับการพัฒนาอย่างรวดเร็ว ความก้าวหน้าของนาโนเทคโนโลยีในปัจจุบันพอจะสรุปเป็นสาขาย่อยได้ดังนี้

1. เคมีโมเลกุลขนาดใหญ่ และการประกอบตัวเอง (supramolecular chemistry and self assembly)

ซึ่งเป็นศาสตร์แห่งการแสวงหาความเข้าใจในปรากฏการณ์ที่โมเลกุลต่างๆ มายึดเกาะกันแล้วเกิดเป็นซูพราโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ รวมทั้งการคิดค้นและพัฒนากระบวนการในการสังเคราะห์ซูพราโมเลกุลอย่างมีประสิทธิภาพ การเกาะกลุ่มกันของโมเลกุลจนเกิดเป็นซูพราโมเลกุลนี้มิได้ใช้พันธะโควาเลนต์ที่แข็งแรง แต่เป็นแรงระหว่างโมเลกุล (intermolecular interactions) ที่มีความแข็งแรงน้อยกว่า ผลของการมายึดเกาะกันด้วยทิศทางและระยะทางที่แน่นอน ทำให้ซูพราโมเลกุลที่ได้มีความเฉพาะตัวและทำหน้าที่ได้อย่างเฉพาะเจาะจง ซึ่งจะนำมาสู่ความเข้าใจของกระบวนการประกอบตัวเอง (self assembly) (ภาพที่ 1) ความรู้เกี่ยวกับแรงระหว่างโมเลกุลที่เฉพาะเจาะจงยังช่วยทำให้เข้าใจถึงความเกี่ยวข้องระหว่างโครงสร้างของซูพราโมเลกุลกับหน้าที่การทำงานของมัน (structure-function relationship) อันจะนำไปสู่การออกแบบจักรกลนาโนที่ทำหน้าที่ได้



ภาพที่ 1. โมเลกุลที่สามารถมาประกอบกันเองด้วยแรงกระทำระหว่างโมเลกุลที่เหมาะสม

2. เครื่องมือจัดการกับอะตอม

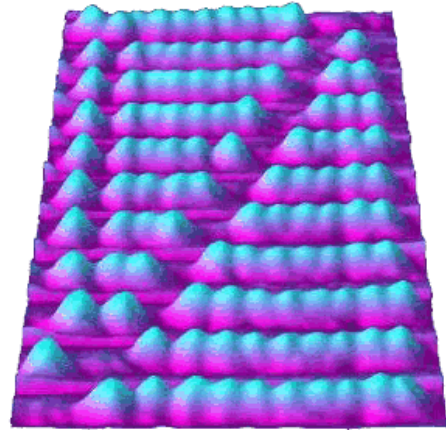
เครื่องมือจัดการกับอะตอมเช่น เครื่อง STM (Scanning Tunneling Microscope) AFM (Atomic Force Microscope) และ SPM (Scanning Probe Microscope) นับตั้งแต่มีการสร้าง STM เป็นครั้งแรกเมื่อ ค.ศ. 1981 ก็ได้มีการผลิตเครื่องมือที่ใช้เทคนิคคล้ายๆ กันออกขายทั่วโลก ทำให้การพัฒนาเครื่องมือชนิดนี้เป็นไปอย่างรวดเร็ว เครื่องมือจัดการกับอะตอมในปัจจุบันสามารถควบคุมการใช้งานง่ายและทำงานได้เร็วขึ้น นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาให้สามารถจัดการกับพื้นผิวที่มีความซับซ้อนมากขึ้น (เช่น ชีวโมเลกุล) จากเดิมที่มีความสามารถเพียงจัดการกับผิวของโลหะ หรือพวกสารอนินทรีย์เท่านั้น ต่อมาได้มีความพยายามที่จะพัฒนาหัวจับ (tip)

ให้มีความสามารถหลากหลายมากขึ้น โดยเมื่อไม่นานมานี้ห้องปฏิบัติการของ IBM ได้สาธิตการสร้างลูกคิดที่มีขนาดเล็กที่สุดในโลก (ภาพที่ 2) โดยใช้โมเลกุลของคาร์บอน-60 เป็นตัวลูกคิด และใช้ STM ในการขยับตำแหน่งของตัวลูกคิด งานประยุกต์ของเครื่องมือจัดการกับอะตอมยังมีอีกมากเช่น เครื่องมือวัดคุณสมบัติระดับจุลภาคของโมเลกุล (เช่น การนำไฟฟ้าของโมเลกุล) เครื่องมือในการส่งผ่านแรงเข้าไปในโมเลกุล เพื่อทำให้โมเลกุลมีรูปร่างที่เปลี่ยนไปเป็น ซึ่งมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติการนำไฟฟ้าของโมเลกุล สิ่งที่น่าสนใจในอนาคตก็คือการสังเคราะห์โมเลกุลด้วยวิธีการกล (mechanosynthesis) โดยการนำเอาอะตอมมา

จัดเรียงกันให้เกิดเป็นโมเลกุลโดยไม่ต้องใช้วิธีทางเคมี

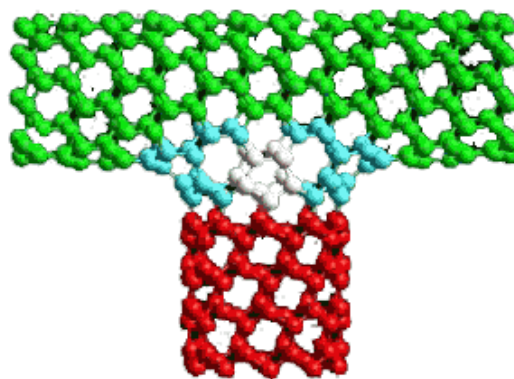
3. นาโนเทคโนโลยีของคาร์บอน-60 (fullerene nanotechnology)

นับตั้งแต่มีการค้นพบ Fullerene หรือ คาร์บอน-60 ใน ค.ศ. 1985 นักวิทยาศาสตร์ก็สามารถสังเคราะห์โมเลกุลที่มีลักษณะทรงกลมที่มีจำนวนของคาร์บอนต่างๆ กันออกมามากมาย จนกระทั่ง ค.ศ. 1991 ก็ สามารถสังเคราะห์สิ่งที่เรียกว่า ท่อนาโน (nanotube) คือ โมเลกุลที่ประกอบด้วยคาร์บอน ก่อรูปกันขึ้นเป็นโครงสร้างที่มีลักษณะคล้ายท่อ (ภาพที่ 3) ซึ่งก่อให้เกิดงานประยุกต์มากมายเช่น สามารถนำมาทำเป็นสายนำไฟฟ้า หรือสวิตช์ในอุปกรณ์นาโนอิเล็กทรอนิกส์ หรือนำมาทำเป็นหัวจับของเครื่อง STM งานประยุกต์ในอนาคตของท่อนาโนนั้นอาจนำมาทำเป็น ส่วนที่ใช้ยึดโครงสร้างระดับนาโนเข้า

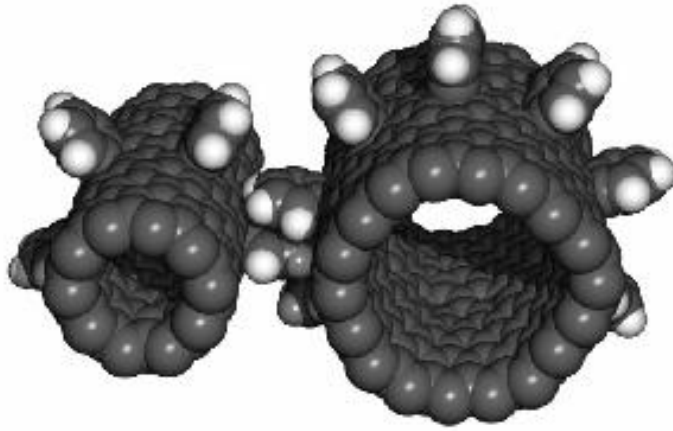


ภาพที่ 2. ลูกคิดนาโน (nanoabacus)

ด้วยกัน (คล้ายกับเสาและคานสำหรับตึก) เกียร์ และมอเตอร์สำหรับเครื่องยนต์ระดับนาโน (ภาพที่ 4) ความก้าวหน้าของศาสตร์สาขานี้จึง นับว่ามีความสำคัญต่อนาโนเทคโนโลยีเป็นอย่างมาก



ภาพที่ 3. ท่อนาโนที่โมเลกุลของคาร์บอน-60 มาต่อกันเป็นรูปตัว T ใช้ทำเป็นอุปกรณ์สำหรับ วงจรนาโนอิเล็กทรอนิกส์



ภาพที่ 4. ท่อนาโนซึ่งอาจดัดแปลงนำมาใช้เป็นเกียร์และแบริ่งสำหรับส่งกำลังในทางวิศวกรรมเครื่องกลระดับโมเลกุล

4. วิศวกรรมโปรตีน ดีเอ็นเอและการศึกษาจักรกลเชิงโมเลกุลที่มีในธรรมชาติ

จักรกลนาโนที่มีอยู่แล้วในธรรมชาติ เช่น โปรตีนและดีเอ็นเอ (DNA ซึ่งเป็นสารพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต) เป็นตัวอย่างที่ดีที่จะทำให้ให้นักวิทยาศาสตร์และวิศวกรนาโนออกแบบจักรกลนาโนฝีมือมนุษย์ต่อไป ดังนั้นหน้าที่ของศาสตร์สาขานี้คือ ต้องแสวงหาความเข้าใจในการทำงานของจักรกลนาโนที่มีในธรรมชาติให้ได้ จากนั้นนำความรู้ที่ได้ไปออกแบบจักรกลนาโนฝีมือมนุษย์ต่อไป หรือ

อาจทำการดัดแปลงโปรตีนหรือดีเอ็นเอที่มีอยู่ในธรรมชาติ ให้สามารถทำงานในสิ่งที่มนุษย์ต้องการได้ ได้มีผู้ศึกษาที่จะนำเอาดีเอ็นเอซึ่งในธรรมชาติจะอยู่เป็นสายคู่วนรอบกันคล้ายบันไดเวียนมาต่อกันเป็นโครงสร้างที่ซับซ้อนขึ้นเช่น เป็นโครงสร้างแบบกึ่งก้าน โครงสร้างรูปลูกบาศก์ (ภาพที่ 5) และโครงสร้างรูปแปดหน้า ซึ่งโครงสร้างเหล่านี้สามารถนำไปประยุกต์เพื่อทำเป็นเครื่องจักรนาโน หรือใช้เป็นโครงสร้างพื้นฐานในการทำสิ่งก่อสร้างระดับนาโนได้



ภาพที่ 5. แบบจำลองของโมเลกุลของดีเอ็นเอรูปลูกบาศก์

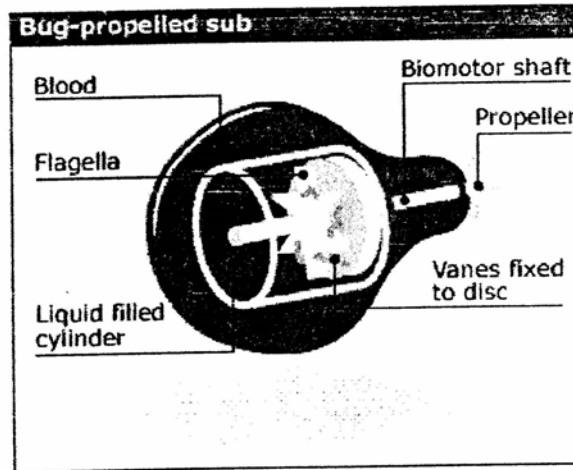
5. นาโนเทคโนโลยีเชิงคำนวณเพื่อ การออกแบบจักรกลนาโน

นาโนเทคโนโลยีเชิงคำนวณมีความสำคัญต่อการพัฒนานาโนเทคโนโลยี ทั้งนี้เพราะจักรกลนาโนที่มนุษย์สร้างขึ้นต้องสามารถควบคุมได้ การออกแบบจึงต้องทำด้วยความพิถีพิถัน นาโนเทคโนโลยีเชิงคำนวณจะเป็นเครื่องมือในการทำความเข้าใจธรรมชาติระดับอะตอม เพื่อที่มนุษย์จะสามารถจะถ่ายทอดความต้องการของมนุษย์ไปยังจักรกลนาโนได้ ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์และวิศวกรนาโนจึงถือว่า นาโนเทคโนโลยีเชิงคำนวณเป็นเทคโนโลยีที่จำเป็นต่อการก่อกำเนิด (enabling technology) ของนาโนเทคโนโลยี ถ้าไม่มีนาโนเทคโนโลยีเชิงคำนวณ ก็ไม่สามารถจะพัฒนานาโนเทคโนโลยีแบบเต็มรูปขึ้นมาได้

นาโนเทคโนโลยีเชิงคำนวณจึงเป็นศาสตร์ที่ได้รับความสนใจอย่างมากในขณะนี้

6. นาโนไบโอเทคโนโลยี (nanobiotechnology)

นาโนไบโอเทคโนโลยีเป็นการนำความรู้ทางด้านชีววิทยาระดับโมเลกุลมาใช้ร่วมกับความรู้ทางด้านวิศวกรรม เพื่อประดิษฐ์เครื่องมือที่มีขนาดเล็กหรือระดับนาโน (ยอดหทัย เทพชรานนท์ และประมวล ตั้งบริบูรณ์รัตน์, 2545) เช่นการประดิษฐ์แขนกลระดับนาโนจากดีเอ็นเอสังเคราะห์ เพื่อนำไปใช้ตรวจสอบเซลล์ที่มีความผิดปกติแล้วทำการแก้ไขซ่อมแซมให้เซลล์กลับมาเป็นปกติ และการสร้างเรือดำน้ำระดับนาโนซึ่งขับเคลื่อนด้วยหางของแบคทีเรีย (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 6. เรือดำน้ำระดับนาโนซึ่งขับเคลื่อนด้วยหางแบคทีเรีย
ที่มา : (ยอดหทัย เทพธรานนท์ และประมวล ตั้งบริบูรณ์รัตน์, 2545)

เอกสารอ้างอิง

พุทธิพงษ์ จิตรปฎิมา. (2545). วิทยาการเปลี่ยน
ชีวิต: ชุดเปิดโลกอนาคตด้วย
เทคโนโลยี. กรุงเทพฯ: นามมีบุ๊คส์.
ยอดหทัย เทพธรานนท์ และประมวล
ตั้งบริบูรณ์รัตน์. (2545). นาโน
เทคโนโลยีเทคโนโลยีซูเปอร์จิ๋ว.
กรุงเทพฯ: สำนักงานวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยีแห่งชาติ.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่ง
ประเทศไทย. (2546). ประวัติ
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทย (พิมพ์
ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ศรีเมืองการพิมพ์.
สิริพัฒน์ ประโทนเทพ. (2548). [http://
www.vcharkarn.com/](http://www.vcharkarn.com/)
<http://www.cartage.org.lb/.../imageJA2.JPG>
<http://www.doae.go.th>
<http://www.eppo.go.th>
<http://www.ptt.co.th>