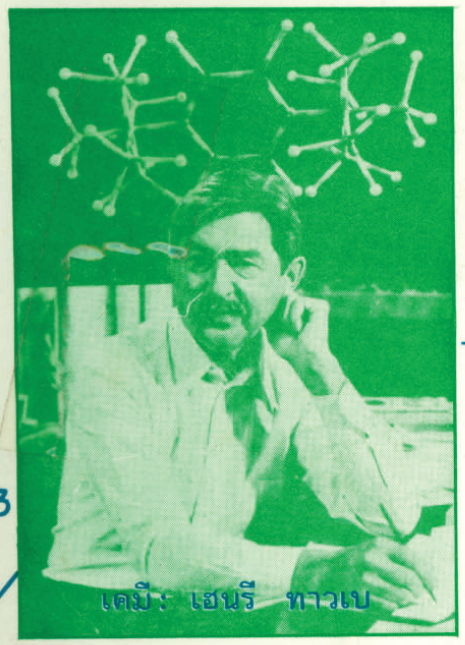
ISSN 0125-2364

วารสารวิทยาศาสตร์ มข.

THE JOURNAL OF SCIENCE KHON KAEN UNIVERSITY

ปีที่ 12 ฉบับที่ 1 มกราคม - มีนาคม 2527

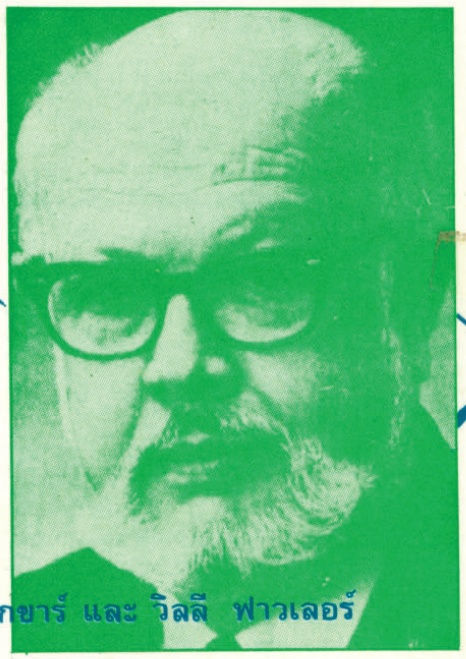
รางวัลโนเบล 1983

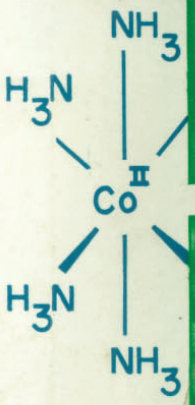


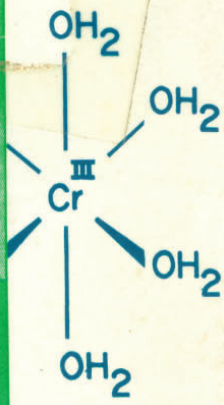
เคมี: เฮนรี ทาวเบ

สรีรวิทยาและการแพทย์:
บาร์บารา แม็คคลินท็อค

ฟิสิกส์: สุบราแมนยาน จันทรเสกขาร์ และ วิลลี ฟาวเลอร์







ISSN 0125-2364

วารสาร วิทยาศาสตร์ มข.

THE JOURNAL OF SCIENCE KHON KAEN UNIVERSITY

เจ้าของ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สำนักงาน ตึก 3 ห้องสมุดคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อส่งเสริมและเผยแพร่วิทยาการในสาขาวิชาต่าง ๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์
2. เพื่อเผยแพร่ผลงานด้านการวิจัย และการศึกษาค้นคว้าของอาจารย์และนักศึกษา
3. เพื่อเป็นสื่อกลางการแลกเปลี่ยนความรู้ และแนวความคิดทางวิชาการระหว่างอาจารย์ นักศึกษาและผู้สนใจ ทั้งภายในและภายนอกสถาบัน

กำหนดออก ปีละ 4 ฉบับ

ฉบับที่ 1 มกราคม - มีนาคม
ฉบับที่ 2 เมษายน - มิถุนายน
ฉบับที่ 3 กรกฎาคม - กันยายน
ฉบับที่ 4 ตุลาคม - ธันวาคม

ค่าบำรุง ปีละ 30 บาท

การบอกรับเป็นสมาชิก

แจ้งความจำนงเป็นจดหมาย หรือกรอกใบสมัครเป็นสมาชิก พร้อมส่งค่าบำรุงเป็นธนาณัติหรือเช็คไปรษณีย์ในนามของนางบุญคุ้ม เหลือล้น ฝ่ายจัดการ สั่งจ่าย ป.ท.มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

ปีที่ 12 ฉบับที่ 1 มกราคม - มีนาคม 2527

บรรณาธิการแถลง

วารสารวิทยาศาสตร์ มข. ฉบับสามเดือนแรกของปี พ.ศ.2527 ก้าวออกมาค่อนข้างเชื่องช้า แต่สาระที่ผู้อ่านจะได้รับนั้นคณะผู้จัดทำก็พยายามที่จะสนองความอยากรู้ของท่านให้มากที่สุด เท่า ที่เ วลาและความสามารถของเราจะเอื้ออำนวย เพื่อเป็นของกำนัลแก่ท่านสำหรับการเริ่มช่วงแรกของศกราชใหม่

ในข่าววิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ท่านจะได้พบกับรายงานที่น่าสนใจ หลายอย่าง อาทิเช่น การวิจัยเพื่อเลียนแบบเอนไซม์ ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีการนำพลังงานจากแสงอาทิตย์ หรือจากสารหลอม-เหลวแมกมามาใช้ให้เป็นประโยชน์เป็นต้น ส่วนในเกร็ดความรู้เราได้เสริมสาระเช่นเกี่ยวกับประวัติโดยย่อของผู้เริ่มให้รางวัลโนเบลกับความเป็นมาของวัตถุระเบิด ซึ่งเป็นสิ่งที่มีทั้งคุณและโทษมหันต์เป็นต้น จากนั้นในเนื้อ-เรื่องท่านจะได้พบกับผลงานของนักวิทยาศาสตร์ที่ได้รับรางวัลโนเบลประจำปี ค.ศ.1983(พ.ศ.2526) สำหรับสาขาเคมี(เฮนรี ทาวเบ) สาขาสรีรวิทยาและการแพทย์ (บาร์บารา แม็คคลินท็อค) และสาขาฟิสิกส์ (สุบรา-แมนยาน จันทรเสกขาร์ กับ วิลลี ฟาวเลอร์) ดังได้กล่าวให้ทราบไว้ในฉบับที่แล้ว นอกจากนั้น ก็ยังมีบทความพิเศษ 5 ตอน เรื่อง การสร้างกล้องดาราทัศน์ด้วยตัวเอง (ฉบับนี้เสนอตอนที่ 4) ของ ดร.พ.ท. สามารถ อังศุสิงห์ ซึ่งเป็นการสนับสนุนการประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์ในประเทศ ไม่เพียงแต่เรื่องต่าง ๆ ที่กล่าวมา เรายังมีงานเชิงประดิษฐกรรมทางวิทยาศาสตร์อีกดังเช่น การออกแบบตัวรวบรวมแสงอาทิตย์ อันเป็นแนวทางในการพัฒนาการใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ให้เป็นประโยชน์ และเป็นไปได้ในเชิง-เศรษฐกิจให้มากที่สุด

สิ่งที่ปฏิรูปขึ้นมาบ้างก็คือในคอลัมน์ประจำ "ลองภูมิ" เราได้ตั้งคำถามที่สอดคล้องกับเรื่องในบทความที่มีอยู่ในวารสาร พร้อมกับบอกคำตอบให้ และเพิ่มคอลัมน์ประจำอันใหม่ คือ "บรรณพินิจ" เพื่อเป็นการสนับสนุนการเขียนตำราทางวิทยาศาสตร์ทุกสาขา

หวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านคงจะติดตามผลงานต่าง ๆ ของวารสารวิทยาศาสตร์ มข. นี้ต่อไปอีก

ไฉนพร ค่านวิรุทัย

ข่าววิทยาศาสตร์ และ เทคโนโลยี

คณะวิทยาศาสตร์ มข. จัดอบรมการศึกษานอกระบบ

ถ้าเปรียบเทียบปีที่แล้ว (2526) กับปีนี้จะเห็นว่าจำนวนโครงการที่จัดขึ้นโดยภาควิชาต่าง ๆ มีเพิ่มมากขึ้น ดังเปรียบเทียบได้ดังนี้ คือ

ปี 2526 (1)	ปี 2527 (2)
1. การเตรียมตัวอย่างทางธรณีวิทยา	1. เคมีกับชีวิตและสิ่งแวดล้อม
2. เสริมเนื้อหาเคมี	2. ปฏิบัติการเคมีสำหรับผู้สอน
3. ธรณีวิทยากายภาพ ธรณีวิทยาทั่วไป	3. การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ
4. ธรณีวิทยาสัญจร	4. การเตรียมตัวอย่างทางชีววิทยา
5. การสร้างอุปกรณ์	5. ธรณีวิทยาสัญฐานภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
	6. ธรณีวิทยาสัญจร
	7. อีเลคโทรนิคส์สำหรับการสอนมัธยมปลาย
	8. การใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก

ช่วงที่ได้ทำการอบรมดังกล่าว(บางครั้งเรียกว่าอบรมภาคฤดูร้อน) คือ 2-8 เมษายน 2527 ยกเว้นโครงการที่ 6 อยู่ระหว่าง 17-30 เมษายน 2527 ปรากฏว่าจำนวนผู้เข้าอบรมทุกโครงการ ถึงจำนวนสูงสุดที่รับได้ และบางโครงการจำเป็นต้องรับเกินจำนวนด้วย

กิจกรรมเช่นนี้ถือได้ว่าเป็นการบริการวิชาการแก่สังคม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภูมิภาคภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในความรู้สึกของบรรณาธิการ (ซึ่งก็เป็นหัวหน้าโครงการที่ 2) เห็นว่าบรรยากาศทางวิชาการวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีดูดีขึ้นเรื่อย ๆ การเผยแพร่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีผ่านทางวารสารวิทยาศาสตร์ มข.ก็เป็นกิจกรรมเราสามารถทำได้ ความเคลื่อนไหวทางวิชาการ ก็ขอใช้คอลัมน์นี้เป็นสื่อกลาง

การอบรมอีกโครงการหนึ่ง น่าสนใจมากคือ "ค่ายเยาวชนวิทยาศาสตร์" ซึ่งจัดขึ้นเป็นประจำทุกปีนับตั้งแต่ปี 2525 เป็นต้นมา ผู้ที่สนใจรายละเอียดสามารถติดต่อได้โดยตรงกับ ประธานคณะกรรมการโครงการการศึกษานอกระบบ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

---

(1) "ข่าววิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี" วารสารวิทยาศาสตร์มข. ปีที่ 11 ฉบับที่ 1 (2526)

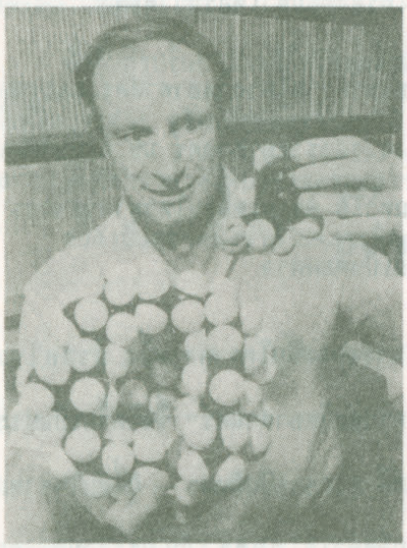
(2) เอกสารประกอบการอบรมโครงการการศึกษานอกระบบ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประจำปีการศึกษา 2527

การวิจัยเพื่อเลียนแบบเอ็มไซม์

ดร.ดามอน ริดเลย์:

นักเคมี(อินทรียเคมี)ชาวออสเตรเลีย ได้ค้นพบก้าวสำคัญที่จะนำไปสู่การ สร้าง เลียนแบบเอ็มไซม์ขึ้น อันเป็นสิ่งซึ่งอาจนำไปใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรม และการแพทย์ในปลายศตวรรษนี้ ดร.ดามอน ริดเลย์ (ในภาพ) อาจารย์ผู้บรรยายระดับอาวุโสในวิชาเคมี แห่งมหาวิทยาลัยซิดนีย์ ระบุถึงกลุ่มโมเลกุลที่มีชื่อว่า ซัลฟ์อกไซด์ โพเด้นส์ ว่ามีแนวโน้มสำคัญที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ คล้ายกับเอ็มไซม์ ดร.ริดเลย์และคณะ ได้ระบุถึงปัญหาเบื้องต้นที่จำเป็นจะต้องแก้ไขในการสร้างเลียนแบบเอ็มไซม์ และได้ประสบความสำเร็จในการออกแบบและสร้างโมเลกุลเทียมขึ้นอันหนึ่ง ซึ่งมีลักษณะการเลียนแบบเอ็มไซม์ที่ใกล้ชิดของจริงมาก

(ภาพจาก เอ.ไอ.เอส.)



ซีดนีย์ - นักเคมี ด้านอินทรีย์ชาวออสเตรเลียได้ดำเนินการที่สำคัญในการ สร้าง หลัก การ เพื่อเลียนแบบเอ็มไซม์ ที่อาจนำไปใช้ได้อย่างกว้างขวางในทางอุตสาหกรรมและการแพทย์ในปลายศตวรรษนี้

ดร.ดามอน ริดเลย์ อาจารย์บรรยายระดับอาวุโส ในวิชาเคมีแห่งมหาวิทยาลัยซิดนีย์ ได้ระบุกลุ่มโมเลกุลที่มีชื่อเรียกว่า <u>ซัลฟ์อกไซด์ โพเด้นส์</u> ว่ามีแนวโน้มในการก่อปฏิกิริยาที่เหมือน กับ เอ็มไซม์ จากการบุกเบิกงานนี้มาเป็นเวลา 8 ปี เป็นผลทำให้ ดร.ริดเลย์ และคณะ ระบุถึงปัญหาเบื้องต้นต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องเอาชนะก่อนที่ จะ บรรลุถึงการ เลียนแบบเอ็มไซม์ ปัจจุบัน ดร.ริดเลย์ และคณะได้ประสบความสำเร็จในการออกแบบ และสร้างโมเลกุลเทียมขึ้น ทั้งนี้นับเป็นการเลียนแบบเอ็มไซม์ที่ใกล้ของจริงมาก เมื่อนำไปทดสอบด้วยเครื่องสเปคโตรมีเตอร์ ปรากฏว่า มีปฏิกิริยากับอิออนและโลหะลิเธียมในแบบเดียวกับปฏิกิริยาของเอ็มไซม์

ดร.ริดเลย์กล่าวว่าผลที่ออกมา เป็นเรื่องน่ายินดีและบ่งบอกถึงทิศทางที่ถูกต้องแม้จะยังไม่สามารถหาทางออกได้ แต่ก็ได้แสดงว่า มีทางที่จะแก้ไขปัญหาเบื้องต้น แต่ในขั้นตอนนี้อาจเดาได้เพียงว่า จะเป็นทางเปิดไปสู่การนำไปใช้ในทาง อุตสาหกรรมและเภสัชกรรม เช่นการผลิตสี และการเคลือบโลหะเป็นต้น นอกจากนั้นยังอาจนำไปใช้ในด้านการผลิตพลังงานในอนาคต เช่นในการเตรียมเอธานอล หรือพลังงานเหลวที่อาจนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง

ดร.ริดเลย์ กล่าวว่าในด้านของเภสัชกรรม การเลียนแบบเอ็มไซม์ จะช่วยในการปรับปรุงยาให้ดีขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่นำไปใช้กับระบบประสาท เมื่อนำไปใช้ในวงการอุตสาหกรรม จะช่วยประหยัดไฟฟ้าและเกิดปัญหาภาวะมลพิษน้อยกว่าแบบเก่า ข้อดีของเอ็มไซม์ ก็คือไปก่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีได้รวดเร็วในสภาวะที่มีการใช้พลังงานน้อยที่สุด และลดการผลิตที่สูญเสียให้เหลือน้อยที่สุด

เป็นที่ทราบกันมาช้านานแล้วว่า ลักษณะสำคัญของเอ็มไซม์ ก็คือเป็นโมเลกุลที่เต็มไปด้วยรูและรู-

เหล่านั้นก็มีลักษณะรูปร่างที่เหมือนกัน และทำปฏิกิริยากับสารชนิดเดียวกัน นอกจากนั้น รูดังกล่าวยังรวมกลุ่มทำหน้าที่ชนิดเดียวกัน เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีตามที่ต้องการ แต่กระนั้นก็ตาม เอ็มไซม์ก็ยังมีขอบเขตที่จำกัด

เมื่อหลายล้านปีที่แล้วมา เอ็มไซม์มักเกี่ยวข้องกับงานทางเคมี เช่นทำให้เศษขยะภายในบ้านสลายตัว แต่ปัจจุบันกลับมามีความเหมาะสมในทางอุตสาหกรรมหลายประการ หากสามารถออกแบบและผลิตโมเลกุลขนาดใหญ่ซึ่งทำหน้าที่ในหลักการเช่นเดียวกันกับเอ็มไซม์แล้ว วงการอุตสาหกรรมก็จะสามารถทำให้ขั้นตอนทางเคมีต่าง ๆ ง่ายยิ่งขึ้น

ดร.ริดเล่ย์ กล่าวว่า งานเลียนแบบเอ็มไซม์มิใช่ของง่าย เพราะเอ็มไซม์ที่ธรรมดาที่สุดนั้นประกอบด้วยอะตอมหลายพันตัว และมันก็ขยันที่จะดัดแปลงหรือปะติดปะต่อทางเคมี ดังนั้นจึงมีเรื่องปวดสมองนับแต่เริ่มแรก สิ่งที่เราพยายามที่จะทำนั้นก็คือการสร้างโมเลกุลที่มีรูปร่างและการทำหน้าที่ในแบบเดียวกันขึ้น และการที่จะบรรลุถึงความสำเร็จนั้นจำเป็นจะต้องเข้าใจลักษณะทางอีเล็คโทรนิคของโมเลกุลรวมทั้งขนาดที่แน่นอน ตลอดจนการจัดตัวเองในช่องว่าง ดังนั้นปัญหาการเลียนแบบเอ็มไซม์จึง เป็นเรื่องที่ซับซ้อนและยังไม่มีผู้ใดสามารถแก้ปัญหานี้ได้เลย

(เอไอเอส.)

(จาก "สยามรัฐ" ประจำวันที่ 26 มีนาคม 2527)

ความก้าวหน้าของพลังงานแสงอาทิตย์

การประชุมซึ่งจัด โดยกลุ่มประชาคมยุโรปในกรุงเอเธนเมื่อปลายเดือนตุลาคมที่แล้ว ได้ยอมรับว่าพลังงานแสงอาทิตย์กำลังจะกลายเป็น แหล่งพลัง งานเชิงเศรษฐกิจ เครื่องผลิตพลังงานแสงอาทิตย์แบบโฟโตโวลทาอิค (photovoltaic)ที่ใหญ่ที่สุดในโลกอยู่ที่เมือง Hesperiaทางตอนใต้ของรัฐแคลิฟอร์เนีย ซึ่งมีกำลังผลิตสูงสุดถึงหนึ่งเมกาวัตต์ (Mw) Acro solar ได้เริ่มงานใหม่ในเดือนพฤศจิกายน ค.ศ. 1983 (พ.ศ.2526) ในการจัดแถวใหม่ของแผงรับแสงอาทิตย์ในรัฐแคลิฟอร์เนีย ซึ่งจะสิ้นสุดใน ค.ศ. 1984 โดยมีความจุ 16 เมกาวัตต์ ในยุโรปเครื่องพลังงานแสงอาทิตย์มีขนาดเล็กกว่า โดยอยู่ในช่วง 30 กิโลวัตต์ (kw) ที่เมือง Marchwood ในสหราชอาณาจักรถึง 300 kw ที่เกาะ pelworth ในประเทศเยอรมัน

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงพลังงานของกรีกนาย Evangellos Kouloumbis กล่าวว่าพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นความหวังอันสำคัญยิ่งสำหรับการแก้ปัญหาพลังงานของมนุษยชาติ Wolfganz Palz ซึ่งมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับพลังงานแสงอาทิตย์ของประชาคมเศรษฐกิจยุโรป ได้ประกาศว่ามีโครงการวิจัย 4 ปี ที่มีมูลค่า 23 ล้านปอนด์ แต่ปัญหาที่ถกเถียงกันอยู่คือเรื่องราคา ในปัจจุบันเครื่องผลิตพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดใหญ่เสียค่าใช้จ่ายประมาณ 10 ดอลลาร์ต่อวัตต์ในช่วงเวลาที่ใช้กันมากที่สุด แต่ Bill Yerkesผู้ซึ่งก่อตั้ง Acro Solar เชื่อว่าในปี ค.ศ.1990 ราคาจำต่ำลงเหลือเพียง 2 ดอลลาร์ต่อวัตต์

(New Scientist, 10 November 1983,P.404)

การศึกษาแหล่งพลังงานจากสารหลอมเหลวแมกมา

เมื่อไม่นานมานี้ นักวิจัยของบริษัทแซนเดีย (Sandia Nation Laboratories) จากเมือง Albuquerque รัฐนิวเมกซิโกได้แสดงให้เห็นว่าเรา

มีทางที่จะสามารถนำเอาพลังงานความร้อนใต้พิภพจากสารหลอมเหลวแมกมาที่อยู่ใต้ผิวโลก มาใช้โดยการเจาะหลุมลงสู่ตัวแมกมา และเปิดหลุมเจาะไว้เพื่อสกัดเอาพลังงานนั้นขึ้นมาใช้ แต่วิธีการที่จะเอาพลังงานความร้อนนี้มาใช้นั้น ยังไม่เหมาะกับหลักเศรษฐกิจ เนื่องจากมีต้นทุนการผลิตสูง ปัจจุบันกรมพลังงานแห่งอเมริกา (U.S. Department of Energy) ได้ให้ทุนอุดหนุนแก่บริษัทแซนเดีย เพื่อศึกษาการนำเอาพลังงานนี้มาใช้ นายเจมส์ เคลซี หัวหน้ากองเทคโนโลยีพลังงานใต้พิภพ กล่าวว่า เขาและผู้ร่วมงานจะพิสูจน์ให้ได้ว่าความรู้ ความสามารถ ทางวิศวกรรมนำมาประยุกต์ใช้ในการนำเอาพลังงานจากแมกมาขึ้นมาใช้ในเชิงพานิชย์ได้ ในโครงการนี้จะศึกษาถึงตำแหน่งและการเลือกแมกมาที่จะเจาะเอาพลังงานมาใช้ ทดสอบถึงวัสดุและระบบของเครื่องเจาะที่เหมาะสม ซึ่งเครื่องเจาะนี้จะต้องทนความร้อนได้มากกว่า 2,000° ฟ นอกจากนี้แล้ว ยังต้องศึกษาถึงวิธีสกัดเอาพลังงานความร้อนมาในรูปของไอหรือแกสเพื่อใช้ได้กับโรงจักรไฟฟ้า

การสกัดเอาพลังงานจากแมกมานี้เป็นเรื่องซับซ้อน และต้นทุนการผลิตสูง แต่ก็เป็นทางเลือกหนึ่งที่จะเป็นแหล่งพลังงานแทน พลังงานที่ได้จากซากบรรพชีวิน เช่น ถ่านหิน กรมทรัพยากรธรณีแห่งสหรัฐอเมริกา (USGS) ประมาณเอาไว้ว่าแมกมาที่อยู่ในระยะหกไมล์จากผิวโลกสามารถให้พลังงาน 800-8,000 เท่าของพลังงานที่ทั่วประเทศใช้อยู่ทุกปี โครงการของบริษัทแซนเดีย จะเน้นการสำรวจหาแมกมาในระยะเพียงสามไมล์ ซึ่งจะมีแหล่งสำรวจและทดลองในเมืองโซคอร์โร (Socorro) รัฐนิวเมกซิโก ที่ทะเลซอลตัน (Salton) และทะเลสาบแมมมอธ (Mammoth) รัฐแคลิฟอร์เนีย

(จาก Science News, February 25, 1984, p.125)

ความก้าวหน้าของการเก็บรักษาความร้อนในเมืองแสงอาทิตย์ของเนเธอร์แลนด์*

ในประเทศที่อยู่ทางเหนือของยุโรป นั้นการใช้ดินเปียกในการเก็บรักษาความร้อนเป็นระยะเวลานานหรือเป็นฤดูกาลเป็นสิ่งที่เป็นไปได้ ตัวอย่างเช่น พวกวิศวกรที่อยู่ในประเทศเนเธอร์แลนด์ กำลังได้รับประสบการณ์เป็นอย่างมากจากโครงการการ เก็บรักษาปริมาณความร้อนจากแสงอาทิตย์ (solar heat-storage) ที่เมืองโกรนนิงเงิน (Groningen) รายละเอียดของการวิจัยได้มีการพูดถึงในการประชุมนานาชาติของสมาคมพลังงาน แสงอาทิตย์ เมื่อวันที่ 1 มีนาคม ค.ศ.1984 หลังจากเสร็จสมบูรณ์แล้ว โครงการโกรนนิงเงนจะประกอบด้วยบ้านจำนวน 96 หลัง ซึ่งติดตั้งตัวรวบรวมแสงอาทิตย์ไว้บนหลังคาที่หันไปทางทิศใต้ และจะเป็นโรงงานศูนย์กลางที่เก็บความร้อนจากดวงอาทิตย์ เป็น แห่งแรกที่มีการเก็บรักษาตามฤดูกาล

ได้มีการเริ่มต้นโครงการนี้ในปี ค.ศ. 1975 โดย Delft soil Mechanic Laboratory และสถาบันฟิสิกส์ประยุกต์ของเนเธอร์แลนด์ (Dutch Institute of Applied Physics) ในตอนต้นปีที่แล้วได้เริ่มการทดลองเกี่ยวกับการ เก็บ รักษาปริมาณความร้อนโดยใช้ดิน ซึ่งจะเสร็จสมบูรณ์ภายในปีนี้ ในระหว่างนั้นมีการสร้างบ้านแสงอาทิตย์ จำนวน 96 หลัง ปริมาณความร้อนตามโครงการที่ต้องใช้ในการให้ความร้อนแก่บ้านเหล่านี้มีค่า 1,160 เมกาวัตต์-ชม.ต่อปี บ้านเหล่านี้สร้างไว้รายรอบแหล่งเก็บ

*Heat storage advances in Dutch solar town, New Scientist 23 February 1984, p. 26

รักษาปริมาณความร้อนในดินตามฤดูกาล และมีการเชื่อมติดต่อเป็นตาข่ายที่กระจายออกไป ซึ่งเรียกว่าของไหลที่เป็น "ตัวถ่ายเท"("transfer" fluid) ของไหลนี้จะทำให้อุ่นขึ้นโดยอาศัยตัวรวบรวมแสงอาทิตย์ แล้วถ่ายเทพลังงานให้แก่ดิน

ตามความคิดนี้ บ้านแต่ละหลังควรจะได้รับความร้อนจากตัวรวบรวมแสงอาทิตย์ ถ้ามีปริมาณความร้อนมากเกินความต้องการในอันที่จะรักษาอุณหภูมิห้องให้คงที่ 20 ° ซ แล้ว ปริมาณความร้อนนั้นจะถูกถ่ายเทให้แก่ระบบเก็บรักษา

ในฤดูหนาวบ้านเหล่านี้ได้รับความร้อนจากตัวรวบรวมแสงอาทิตย์และระบบเก็บรักษาส่วนกลาง ถ้าปริมาณความร้อนที่ได้รับยังไม่เพียงพอระบบ ทำความร้อนสำรอง (หม้อต้ม 2 ชุด ที่ใช้ก๊าซเป็นเชื้อเพลิง) จะช่วยในการเพิ่มอุณหภูมิของห้องส่วนที่เหลือ

ระบบตามฤดูกาลนี้มีถังน้ำส่วนกลาง 1 ใบ ซึ่งใช้ในการเก็บระยะสั้น ๆ (ทุกวัน) ถ้าถังบรรจุน้ำมีอุณหภูมิสูงกว่าดินที่อยู่รอบ ๆ เครื่องปั๊มน้ำในระบบเก็บรักษาตามฤดูกาลจะทำงาน และตัวแลกเปลี่ยนความร้อนก็จะถ่ายเทความร้อนให้แก่ดิน

คลังเก็บความร้อนใช้เวลาในการสร้าง 6เดือน และมีการทดสอบครั้งแรกในเดือน กุมภาพันธ์ปี 1983 ปริมาณความร้อนที่ได้มีค่า 475 กิโลวัตต์ ซึ่งคงที่เป็นเวลา 10 สัปดาห์ และจะคงที่อยู่ต่อไปได้อีก 2 สัปดาห์ถ้าไม่มีแหล่งให้ความร้อน และผลที่สุดความร้อนจำนวนนี้ก็จะถูกนำไปใช้ได้เป็นเวลา 4 สัปดาห์

ถึงแม้ว่า การทดสอบทั้งหมดยังไม่สมบูรณ์แบบก็ตาม ผลที่ได้ในครั้งแรกแสดงว่าความจุของตัวแลกเปลี่ยนความร้อนมีค่าอยู่ภายใน 5 เปอร์เซ็นต์ของค่าที่ออกแบบไว้ และโพรไฟล์ (profile) ของอุณหภูมิในดิน หลังจากทำการทดสอบครั้งแรกก็สอดคล้องกับการทำนายทางทฤษฎี

ในปลายเดือนกุมภาพันธ์ปีนี้ ก็มีการประชุมวิชาการเกี่ยวกับการศึกษาเพิ่มเติมในการเก็บรักษาพลังงานและเทคโนโลยีใหม่ๆ เกี่ยวกับสระน้ำแสงอาทิตย์ (solar pond)

เกร็ดความรู้

ศัพท์บัญญัติในเครือของคำว่า Pollution

เนื่องด้วยในปัจจุบัน พบว่ายังมีหน่วยราชการ รัฐวิสาหกิจ และสถาบันการศึกษาต่าง ๆ ใช้คำว่า มลพิษ ซึ่งแปลจากศัพท์ภาษาอังกฤษว่า Pollution เป็นคำว่า มลภาวะนั้นยังไม่ถูกต้องตามที่ราชบัณฑิตยสถานได้บัญญัติขึ้น

สำนักงานคณะกรรมการแวดล้อมแห่งชาติ ได้มีหนังสือ (1) ชี้แจงว่า ทางสำนักงานฯ ได้มีหนังสือไปยังราชบัณฑิตยสถานขอให้พิจารณาบัญญัติศัพท์ภาษาไทยของคำว่า Pollution และต่อมาราชบัณฑิตยสถานได้แจ้งว่า ที่ประชุมคณะกรรมการบัญญัติศัพท์ฯ ได้พิจารณาแล้ว มีมติดังนี้.-

1. Pullution มลพิษ
2. Water Pollution มลพิษทางน้ำ
3. Pollute (verb) ก่อให้เกิดมลพิษ
4. Pollutant(noun) สารมลพิษ

นอกจากนั้นก่อนหน้านี้ ราชบัณฑิตยสถานได้เรียนชี้แจง (2) แล้วว่าทั้ง "มลภาวะ" (อ่านว่า มน-ละ-ภา-วะ) และ "มลพิษ" (อ่านว่า มน-ละ-พิด) เป็นศัพท์บัญญัติจากภาษาอังกฤษว่า POLLUTION แต่คำที่เป็นศัพท์บัญญัติของราชบัณฑิตยสถานคือ"มลพิษ" ในกรณีเมื่อต้องการให้หมายถึง ภาวะ ก็ใช้ว่า "ภาวะมลพิษ"

สำหรับนักวิทยาศาสตร์รุ่นเยาว์

คณิตศาสตร์ (Mathematics)แคลคูลัส(Calculus) และเรขาคณิตวิเคราะห์ (Analytical Geometry) ต่างกันอย่างไร

คณิตศาสตร์

คือการศึกษาเกี่ยวกับจำนวน รูปร่าง และสัญลักษณ์ เริ่มต้นมาจากการนับซึ่งในสมัยเริ่มแรกมนุษย์ใช้ก้อนหินเล็ก ๆทำสัญลักษณ์ลงบนพื้นดินเพื่อช่วยในการจดจำ ต่อมาได้มีการพัฒนาวิธีเขียนสัญลักษณ์ขึ้นแทนจำนวนเกิดเป็นตัวเลขง่าย ๆ และด้วยความช่างสังเกตของมนุษย์ได้ก่อให้เกิดคณิตศาสตร์สาขาต่าง ๆ จำนวนมาก

แคลคูลัส

Wilhelm Leibniz (ค.ศ. 1646-1716) นักคณิตศาสตร์ชาวเยอรมัน และ Sir Isaac Newton (ค.ศ.1642-1727) นักคณิตศาสตร์ชาวอังกฤษ ได้ทำให้แคลคูลัสแยกตัวออกมาจาก คณิตศาสตร์ สาขาอื่น ๆแคลคูลัสมีประโยชน์มากต่อวิทยาศาสตร์สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหายาก ๆ ได้มากมาย เช่น เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ อัตราการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ เช่นความเร็ว การเจริญเติบโต เป็นต้น แคลคูลัสจึงมีความจำเป็นสำหรับวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ และ เป็น

---

(1) หนังสือที่ วพ.0502/144 ลงวันที่ 9 มกราคม 2527 จากสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่อง ขอชี้แจ้งเกี่ยวกับคำมลพิษ

(2) หนังสือที่ รบ.0003/ว4809 ลงวันที่ 12 พฤศจิกายน 2523 จากราชบัณฑิตยสถาน เรื่อง ขอชี้แจงเกี่ยวกับคำมลภาวะ

ประโยชน์กับการศึกษาทุกรูปแบบที่มีคณิตศาสตร์เข้าไปเกี่ยวข้อง

เรขาคณิตวิเคราะห์

นักคณิตศาสตร์ชาวฝรั่งเศสRene'Descartes (ค.ศ.1596-1650) เป็นผู้รวบรวมวิชาเรขาคณิตเข้ากับพีชคณิต เกิดเป็นคณิตศาสตร์อีกสาขาหนึ่งที่เรียกว่า เรขาคณิตวิเคราะห์ ซึ่งเป็นวิชาที่ต้องอาศัยตรรกวิทยาอย่างมาก รวมทั้งต้องใช้โอเปอเรชันต่าง ๆ และสัญลักษณ์ทางพีชคณิตอีกด้วย

(หนังสือ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปี 2524 หน้า 25)

แผ่นดินไหวขนาดเล็ก (Microquakes) :ผลกระทบจากการนำพลังงานความร้อนใต้พิภพมาใช้

ทุกครั้งที่มีการเจาะบ่อน้ำพุร้อนในเขตทางเหนือของเมืองซานฟรานซิสโก จะเกิดปรากฏการแผ่นดินไหวขนาดเล็ก ๆ มากมาย แม้ว่าในบริเวณที่ไม่เคยมีแผ่นดินไหวมาก่อน แหล่งพลังงานน้ำพุร้อนนั้นสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 1,300 เมกาวัตต์ ในบริเวณที่มีการใช้พลังงานจากน้ำพุร้อนนี้ มี คลื่นแผ่นดินไหวมาก เกิดแผ่นดินไหวขนาดเล็กประมาณ 10 ครั้งต่อวัน โดยมีระดับการสั่นสะเทือนประมาณ 0.5 (การสั่นสะเทือนนี้วัดได้จากเครื่องวัด ความ สั่นสะเทือน แต่ประชาชนยังไม่รู้สึกตัว เพราะเป็นคลื่นแผ่นดินไหวขนาดเล็ก) นายดอนนา อีเบอร์ฮาร์ท ฟิลลิปส์(Donna Eberhart Phillips) และนายเดวิด เอช ออพเพนไฮเมอร์ (David H. Oppenheimer) จากหน่วยสำรวจทางธรณีวิทยาของสหรัฐ ได้รายงานในวารสาร การวิจัยทางธรณีฟิสิกส์ (Geophysical Research) ฉบับวันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2527 แผ่นดินไหวขนาดเล็กนี้มีความสัมพันธ์กับ การนำเอาพลังงานความร้อนใต้พิภพมาใช้ แต่ยังสรุปไม่ได้ว่ามีผลมาจากอะไร เช่น เป็นผลมาจากการดึงเอาไอน้ำพุร้อนขึ้นมาหรือเกิดจากการปะทุขึ้นมาของน้ำพุร้อน นายออพเพนไฮเมอร์ เชื่อว่าแผ่นดินไหวขนาดเล็กนี้เป็นส่วนหนึ่งในการเข้าสู่สภาวะคงที่ของระบบ และการเกิดคลื่นแผ่นดินไหวก็เนื่องมาจากการนำเอาพลังงานนี้ขึ้นมาใช้ แล้วเปลี่ยนแปลงสภาวะความดันหรือความเค้นที่มีอยู่เดิม และเขาเชื่อว่าเมื่อเลิกนำเอาพลังงานใต้พิภพนี้มาใช้ คลื่นแผ่นดินไหวก็จะหยุดไปด้วย เนื่องจากจะมีการจัดระบบให้เข้าสู่สภาวะคงที่

(จากScience News,February 25,1984 p.125)

ครบรอบ 150 ปี ของผู้เริ่มให้รางวัลโนเบล

ผู้เริ่มให้รางวัลโนเบล (Nobel Prize) คือ อัลเฟรด โนเบล (Alfred Nobel) ซึ่งเป็นผู้ประดิษฐ์ดินระเบิดเจลาติน (gelatinous dynamite) เกิดเมื่อวันที่ 21 ตุลาคม ค.ศ.1833 ที่เมืองสตอคโฮล์ม และเสียชีวิตเมื่อวันที่ 10 ธันวาคม ค.ศ.1896 เมื่ออายุได้ 63 ปี ที่เมืองซานเรโม (San Remo) ถ้านับจากเขาเกิดก็หมายความว่าได้ครบรอบ 150 ปี เมื่อวันที่ 21 ตุลาคม 1983 (พ.ศ.2526) ที่ผ่านมานี้เอง

ถ้าสรุปเป็นปฏิทินประวัติศาสตร์โดยย่อเกี่ยวกับรางวัลโนเบลและวัตถุระเบิดโดยลำดับตามปีคริสต์ศักราช เป็นดังนี้คือ

ประมาณคริสต์ศตวรรษที่ 11 : จีนใช้วัตถุระเบิดซึ่งเป็นผงสีดำที่ทำจากดินประสิว(โปแตส-

เซียมไนเตรต KNO_3) กำมะถันและถ่าน

ประมาณคริสต์ศตวรรษที่ 13 : ผงสีดำดังกล่าว แพร่ไปถึงทางตะวันตก

1242 : โรเจอร์ เบคอน (Roger Bacon) ให้คำอธิบายเกี่ยวกับ "ปืน" และผงสีดำ

ประมาณ 1300 : อาหรับประดิษฐ์ปืน โดยใช้กระบอกไม้ไผ่ที่มีโครงเหล็กเสริม และมีผงสีดำเป็นดินปืนสำหรับขับดันกระสุน

1346 : สงครามระหว่างอังกฤษกับฝรั่งเศส ซึ่งอาจจะเป็นสงครามในยุโรปครั้งแรกที่ใช้ดินปืน

1376 : ชาวเวนิส (Venetians)ใช้ลูกปืนใหญ่ทำจากวัตถุระเบิด

1618-1648 : ปืนเล็ก และปืนใหญ่ มีใช้กันในช่วงเวลา 30 ปีนี้ ในการทำสงครามเช่นสงครามกลางเมืองของอังกฤษ

1800 : เฮนรี ชราพเนล (Henry Shrapnel) ประดิษฐ์กระสุนปืนใหญ่ให้กองทัพอังกฤษ

1831 : วิลเลียม บิคฟอร์ด (William Bickford) ประดิษฐ์ฟิวส์นิรภัยและสายชนวนสำหรับวัตถุระเบิด

1833 : อัลเฟรด โนเบล เกิดเมื่อวันที่ 21 ตุลาคม

1845 : คริสเตียน เชินไบน์ (Christian Schoenbein)นักเคมีชาวเยอรมันสวิส ได้ค้นพบ Guncotton ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าดินปืน สองถึงสี่เท่าเมื่อนำไปใช้เป็นตัวขับดันกระสุน

1846 : แอสคาริโอ โซเบรโร (Ascario Sobrero) นักเคมีชาวอิตาลี ได้ค้นพบไนโตรเจนกลีเซอรีน (Nitrogen glycerine) ซึ่งพิสูจน์แล้วว่าเป็นของเหลวที่ เป็นน้ำมันที่ระเบิดได้อย่างแรง

1854-56 : เหมืองแร่อิมมานูเอล โนเบล(Immanuel Nobel) ซึ่งเป็นพ่อของอัลเฟรด โนเบล ถูกชาวรัสเซียใช้ในสงครามของผู้กระทำผิด อาช ญาฐานอุกฉกรรจ์

1855-66 : ได้นำไนโตรเจนกลีเซอรีน มาใช้ในการเจาะอุโมงทางรถไฟ Hoosac ในมลรัฐ Mossa chusetts ซึ่งยาว 6 กิโลเมตร นอกจากนั้นก็ใช้กันอย่างกว้างขวาง ในวิศวกรรมก่อสร้างทั้งในยุโรปและสหรัฐอเมริกา

1863 : นักเคมีชาวเยอรมันชื่อ วิลบรันด์ (J.Wilbrand) ได้ค้นพบวัตถุระเบิดทีเอ็นที (TNT ย่อจาก 2,4,6-trinitrotoluene)สารทีเอ็นทีนี้เป็นตัวหนึ่งที่เป็นวัตถุระเบิดที่สำคัญที่ใช้ในการทำสงคราม อัลเฟรดและอิมมานูเอล โนเบล (เขากับพ่อ) ได้ตั้งโรงงานผลิตไนโตรเจนกลีเซอรีน ขึ้นในสวีเดน อันเป็นโรงงานแห่งแรกของโลก ซึ่งผลิตวัตถุระเบิดที่รุนแรงมาก

1864 : เอมิล โนเบล (Emil Nobel)

น้องชายของเขาตายพร้อมกับคนงานอีก 3 คน จากการระเบิดของไนโตรเจนกลีเซอรีน

1865 : ตั้งโรงงานผลิตวัตถุระเบิดของโนเบลขึ้นนอกประเทศสวีเดนเป็นแห่งแรก คือที่ใกล้เมืองฮัมบวร์ก(Hamburg) ของเยอรมัน อัลเฟรด โนเบล ประดิษฐ์จุกกันการพุ่งของแกสออกมาจากการระเบิด โรงงานผลิตไนโตรเจนกลีเซอรีนของโนเบลได้ขยายกิจการไปทั่วยุโรปและอเมริกา

1866 : โรงงานในเยอรมันระเบิด ทั่วโลกตระหนกเกี่ยวกับความไม่เสถียรของไนโตรเจนกลีเซอรีน รัฐบาลบางประเทศห้ามผลิตสาร ดังกล่าวออกขาย อัลเฟรด โนเบลพยายามทำงานอย่างหนักเพื่อทำให้วัตถุระเบิดมีความเสถียร และพบว่าสามารถทำได้โดยการทำให้มันระเหยได้น้อยลงอย่างมากโดยผสมกับดินเหนียวให้เหลว ๆ คล้ายยาสีฟัน (paste)

1867 : จดลิขสิทธิ์ ของการค้นพบ "ดินระเบิด"(dynamite)และมีการใช้กันอย่างกว้างขวางในงานก่อสร้าง

1871 : นักเคมีชาวเยอรมันชื่อ เฮอร์มันน์ ฉเปรงเงล์* (Hermann Sprengel) แสดงให้เห็นว่า กรดพิคริค (pricric acid) ก็สามารถระเบิดดังสนั่นได้

1872 : อิมมานูเอล โนเบล (พ่อของอัลเฟรด โนเบล) ถึงแก่กรรม

1872 : อัลเฟรด โนเบลประดิษฐ์ดินระเบิดแบบวุ้น(gelatinous dynamite) ซึ่งมีพลังการระเบิดสูง และทนต่อน้ำ

1884 : นักเคมีชาวฝรั่งเศส ชื่อ Paul Vieille ประดิษฐ์ผงไร้ควัน

1885 : ออยเกน เทอร์พิน(Eugene Terpin) ชาวฝรั่งเศส แสดงให้เห็นว่ากรดพิคริคสามารถใช้แทนกระสุนปืนใหญ่ที่ระเบิดได้

1887 : โนเบล ได้ประดิษฐ์ ballistite ซึ่งเป็นตัวขับดันลูกปืนที่ดียิ่ง

1892 : อัลเฟรด โนเบล เข้าร่วมการประชุมสันติภาพที่กรุงเบอร์น (Berne) สวิทเซอร์แลนด์

1893 : เขาตัดสินจะเป็นผู้ให้รางวัลสันติภาพ

1895 : คาร์ล ฟอน ลินเด (Carl von Linde) ประดิษฐ์ระเบิดออกซิเจนเหลว (Liquid oxggen explosive, LOX) ซึ่งใช้กันอย่างกว้างขวาง โดยชาวเยอรมันในสงครามโลก ครั้งที่ 1

1896 : อัลเฟรด ถึงแก่กรรมเมื่อวันที่ 10 ธันวาคม ที่บ้านของเขาในเมืองซาน เรโม สุขภาพของเขามักไม่ค่อยแข็งแรงอยู่เสมอ แต่พลังของ

*อ่านแบบเยอรมัน

เขานั้นเป็นที่น่าพิศวง หลังจากจัดแบ่งพินัยกรรมสำหรับครอบครัวแล้ว ก็ยังมีเงินเหลือประมาณ 2 ล้านปอนด์สเตอร์ลิงสำหรับใช้เป็นรางวัลประจำปี สาขาสันติภาพ วิทยาศาสตร์ และวรรณกรรม บรรดาญาติของเขาไม่เห็นด้วย กับพินัยกรรม

1897 : ศาลสวีเดน ตัดสินให้เป็นพินัยกรรมที่ใช้ได้

1900 : มีคณะกรรมการมูลนิธิโนเบล (Nobel Foundation) เพื่อดำเนินการเรื่องให้รางวัล

1901 : ให้รางวัลโนเบลเป็นครั้งแรก

1968 : เริ่มให้รางวัลโนเบลสาขาเศรษฐศาสตร์

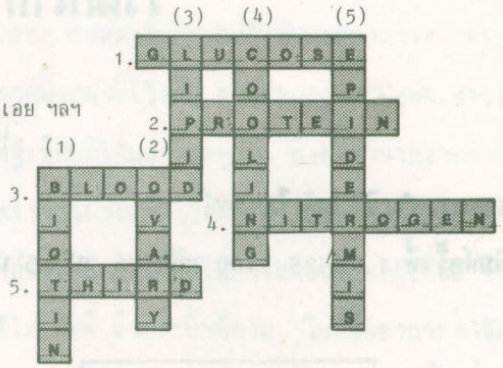
ลองภูมิ

คอลัมน์นี้จะมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะการลองภูมิไปจากเดิม ตรงที่ว่าเราจะเปิดให้กว้างขึ้นเพื่อผสมผสานกันตามโอกาสที่เหมาะสม ระหว่างการตั้งคำถามแบบเดิมคือการหาคำที่สอดคล้องกับประโยคปริศนาที่ตั้งขึ้น และการตั้งคำถามที่สัมพันธ์กับเรื่องในวารสาร พร้อมกับการบอกคำตอบให้ในฉบับเดียวกันแต่คนละแห่ง การลองภูมิเช่นนี้เปิดโอกาสให้ผู้อ่านได้ทดลองความเข้าใจด้วยตนเองเกี่ยวกับสาระที่มีอยู่ในวารสารฉบับที่ท่านกำลังอ่านอยู่

ปัญหาประจำฉบับ : โดย คาวัลย์ บุญยะรัศมี

แถวนอน
1. ใครก็รู้ว่า การทำงานของสมองต้องอาศัยพลังงานจากฉัน
2. ถ้ากินเนื้อสัตว์ ก็ไม่ขาดสิ่งนี้แน่
3. บทบาทฉันในร่างกายมีสารพัด ขนส่งออกซิเจนเอย ขนส่งอาหารเอย ฯลฯ แต่พอหลุดออกมานอกร่างกายให้เห็นกลับทำเป็นขยะแขยง
4. อากาศ(บรรยากาศ) มีสารชนิดนี้เป็นองค์ประกอบที่มีมากที่สุด
5. ธาตุลิเธียม(lithium) อยู่ในลำดับนี้เอง

แถวตั้ง
1. ฉันเป็นวิตามินตัวหนึ่ง ถ้ารับประทานไข่ขาวดิบมากไป จะทำให้ขาดฉัน
2. รังไข่ไงล่ะ
3. การเต้นของหัวใจต้องใช้พลังงานจากฉัน เมื่อใดที่สมองขาดพลังงานจากเบอร์ 1 แถวนอน ก็ต้องวิ่งมาพึ่งพลังงานทดแทนจากฉันเท่านั้น
4. ทำอย่างไรจะได้ดื่มน้ำเย็นเจี๊ยบจับใจ
5. ฉันเป็นส่วนนอกสุดของผิวหนัง



ผู้ตอบปัญหาถูกคือ

1. อาจารย์ วิวัฒน์ หาญจนวงศ์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
2. อาจารย์ ดร.ตริตาภรณ์ ชูศรี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ถามกันเล่น

1. คุณทราบไหมว่ารางวัลโนเบลเริ่มให้เมื่อปี ค.ศ. อะไร ?
2. อ่านไปอ่านมาพบวลีว่า...วัตถุระเบิดทีเอ็นที (TNT)..อยากทราบเหมือนกันนะว่า ย่อมาจากอะไร ?
3. เมื่อไรคุณจะเลิกใช้คำว่า "มลภาวะ" เสียที รู้ไหมว่าศัพท์บัญญัติของราชบัณฑิตยสถาน เขาให้ไว้อย่างไร ?
4. เราอยู่ในยุคการพัฒนาการใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ ท่านทราบไหมว่าเครื่องผลิตพลังงานที่อาศัยแสงอาทิตย์ที่ใหญ่ที่สุดในโลกนั้น อยู่ที่ไหนและกำลังผลิตสูงสุดเป็นเท่าใด ?
5. ประเทศเนธอร์แลนด์อยู่ติดทะเลทางตอนเหนือของยุโรป เขามีวิธีใช้แสงอาทิตย์ให้เป็นประโยชน์เพื่อเก็บพลังงานไว้ใช้ทำความร้อนให้บ้านถึง 96 หลัง เขาใช้อะไรนะเป็นตัวเก็บรักษาความร้อน ?
6. ในเร็วนี้นักชีววิทยาเขามีการค้นพบสัตว์ในไฟลัมใหม่นะ คุณทราบไหมไฟลัมใหม่นั้นมีชื่อว่าอย่างไร?

(โปรดพลิกดูคำตอบในหน้า 46)

บรรณพินิจ

วิวัฒนาการของตารางธาตุ

สุวิน บุศราคำ*

รศ.ดร.สำเริง บุญเรืองรัตน์ สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์
พิมพ์ครั้งที่ 1 2525 100 หน้า 76 รูป 15 บาท ISBN 974 275 731 3

หนังสือวิวัฒนาการของตารางธาตุ เป็นหนังสือเล่มเล็ก ๆ ที่ผู้เขียนแถลงไว้ในบทนำว่าต้องการบรรยายให้เห็นว่า ธาตุต่าง ๆ ที่มีปรากฏอยู่ในจักรวาลนั้น มนุษย์สามารถนำมารวมสร้างตารางธาตุได้อย่างไร และตารางธาตุมีวิวัฒนาการ มาอย่างไร เพียงแค่นี้ก็ชักจูงใจให้ผู้อ่านที่ต้องการแสวงหาความรู้นอกเหนือไปจากที่มีปรากฏอยู่ในตำราเรียน น่าจะให้ความสนใจกันให้มาก

การนำเสนอวิวัฒนาการของตารางธาตุ ผู้เขียนได้แบ่งออกเป็น 4 บทด้วยกัน ในบทแรกนั้น ได้ให้คำนิยามเกี่ยวกับคำว่า สสาร และอะตอม โดยย้อนไปในแนวประวัติศาสตร์ โดยยกเอาทฤษฎีอะตอมของจอห์น ดาลตัน ที่เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายมาวางเทียบเคียงให้ดูด้วย จากนั้นจึงเล่าเป็นประวัติศาสตร์ว่า ตารางธาตุยุกก่อนเมนเดลีฟ นับจากสมัยอะรีสโตเติลเรื่อยไป ในบทนี้ผู้อ่านจะพบว่าผู้เขียนมีแนวคิดที่แยบคาย โดยจัดว่าธาตุ 4 คือ ดิน น้ำ ลม ไฟ นั้นอยู่ในฐานะที่เป็นตารางธาตุได้อย่างไรใช่แต่เท่านั้น ในบทนี้ยังได้แจกแจง บรรดาธาตุของนักเล่นแร่แปรธาตุให้ดูอีกด้วย คุณค่าของบทนี้ ที่ผู้เขียนได้แจกแจงได้อย่างมีประโยชน์ต่อผู้เรียนวิชาเคมีมากอยู่ที่ กฎไตรแอด ซึ่งนำเสนอโดยโดเบอร์เรนเนอร์

*อาจารย์สุวิน บุศราคำ ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

นักเคมีผู้ยิ่งใหญ่ชาวเยอรมัน ผู้เป็น มิตร ของ จินตกวี-เกอเธ่ นอกจากนี้แล้ว ใครที่สนใจว่าสมการเชิงเส้นมีบทบาทอย่างไรในการเรียงลำดับของ ธาตุ อย่างมีระบบระเบียบก็จะศึกษาได้จากบทนี้

ในบทที่สอง เกี่ยวกับวิวัฒนาการของตารางธาตุสมัยเมนเดลีฟเอง แม้ว่าผู้เขียนจะกล่าวถึงประวัติของเมนเดลีฟน้อยเกินไป แต่ก็ยกเอางานของนักเคมีเอกชาวรัสเซีย ผู้นี้ มา เสนอไว้ อย่างน่าสนใจมากทีเดียว ผู้อ่านจะได้รับความรู้ด้านการดำเนินงานทางวิทยาศาสตร์ ในส่วนที่เกี่ยวกับการทำนายสิ่งที่ต้องการการค้นคว้าในอนาคตได้อย่าง น่าอัศจรรย์ สาระที่ผู้เขียนบรรยาย รวมทั้งตัวอย่างที่ยกมาแสดงให้ดูประกอบนั้น น่าติดตามเป็นอย่างยิ่ง

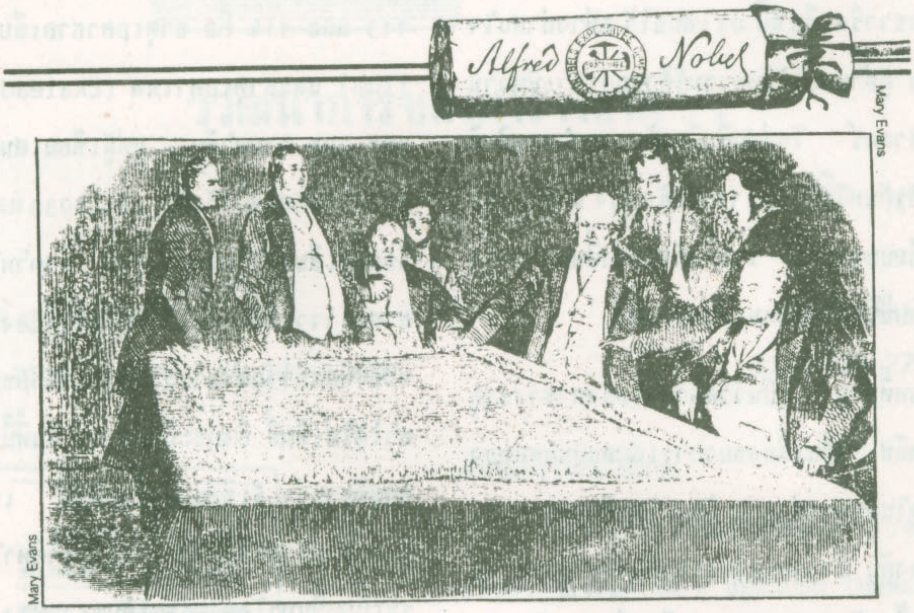
ในบทที่สาม เป็นวิวัฒนาการของตารางธาตุหลังเมนเดลีฟ เป็นเรื่องของการเสนอแบบแผนของตารางธาตุในลักษณะต่าง ๆ กัน โดยมีเหตุผลประกอบแตกต่างกัน ซึ่งงานของบรรดานักวิทยาศาสตร์ทั้งหลายในยุคนี้อาศัยงานของเมนเดลีฟเป็นฐาน ในการบรรจุธาตุต่าง ๆ ที่ได้รับการค้นพบขึ้นมาใหม่มากมายในยุคนั้น จนในที่สุดตารางธาตุเป็นอย่างที่เรารู้จักกันในทุกวันนี้อย่างครบถ้วน ในบทนี้แม้ผู้เขียนจะไม่ได้แจกแจงถึงความจำเป็นที่นักวิทยาศาสตร์แต่ละท่าน ที่จะต้องสร้างรูปแบบตารางธาตุขึ้นมาใหม่แต่ละแบบ ๆ แต่ผู้อ่านจะสรุปได้เองว่า เรื่องของการจัดระเบียบให้กับตารางธาตุนั้น เป็นงานเชิงศิลปของการพรรณนาให้เห็นความสัมพันธ์ของธาตุต่าง ๆ นั่นเอง

ในบทที่สี่ อันเป็นบทสุดท้าย ผู้เขียนหาใช่แต่ยกเอางานของซีเบริกมาเป็นหลัก ในการ ทำนายที่จะพบขึ้นมาใหม่ จากธาตุที่ 104 จนถึงธาตุที่ 168 เท่านั้นไม่ ผู้เขียนยังได้เสนอแนะสมการเส้นตรงทำนายน้ำหนักอะตอมของธาตุที่ซีเบริกเสนอไว้อีก โดยที่ได้เสนอในรูปแบบสมการเชิงเส้นง่าย ๆเข้าไว้ให้ดูด้วย

การที่ผู้เขียนได้พยากรณ์น้ำหนักอะตอมของธาตุต่าง ๆ เข้าไว้นั้น น่าจะถือว่าเป็นความกล้าหาญทางวิชาการของผู้เขียนเอง ที่แสดงความคิดเห็นท้าทายการค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์ในอนาคต ซึ่งเรื่องนี้เอง ศาสตราจารย์ซีเบริก ก็ได้ทำไว้ก่อนแล้วบางส่วน เช่น ท่านเสนอว่า น้ำหนักอะตอม ของ ธาตุที่ 113 และ 114 คือ ธาตุเอคาธาลเลียม(Ekathallium) และธาตุเอคาเลด (Ekalead) เป็น 297 และ 298 ตามลำดับ แต่ผู้เขียนเสนอการพยากรณ์ของธาตุทั้งสองนี้ไว้เป็น 286.2033 และ 286.8179 โดยที่ผู้เขียนมิได้แสดงเหตุผล ติงคำทำนายงานของศาสตราจารย์ซีเบริกไว้เลย ตรงนี้เอง ทำให้การที่จะยกย่องความสามารถในการทำนายของผู้เขียน จึงทำได้ไม่เต็มที่ ถึงกระนั้นก็ตาม ในที่นี้อยากจะตั้งข้อสมมุติฐานว่า ผู้เขียนหนังสือเล่มนี้ เจตนาที่จะยั่วยุนักคิดทั้งหลายให้คิดว่า ธรรมชาติหาใช่พึงใจสร้างระเบียบขึ้นมาโดยสมการเส้นตรงอย่างง่าย ๆ ดังที่ผู้เขียนเสนอไว้แน่นอนละหรือ

โดยสรุปแล้ว หนังสือเล่มนี้ นับว่ามีคุณค่าแก่นักเรียนระดับมัธยมปลาย จนถึงนักศึกษาที่ต้องเรียนเคมีในระดับปริญญาตรีโดยทั่วไป คำนิยมที่จะให้แก่หนังสือเล่มนี้ เห็นจะต้องยกความเป็นเอกให้แก่การนำภาพตารางธาตุต่าง ๆ มาเสนอไว้อย่างครบถ้วนกับทั้งภาษาที่ผู้เขียนใช้ เป็นภาษาที่ชวนให้ติดตามอย่างไม่น่าเบื่อหน่าย การที่หนังสือเล่มเล็ก ๆ นี้ จะมีข้อที่น่าติงบ้าง เช่นการเขียนว่า "ไม้เป็นสสารนั้นประกอบด้วยโลก(ขี้เถ้า).." (หน้า 7 บรรทัด 11) เห็นจะมีอะไรคลาดเคลื่อนเป็นแน่ เพราะคำว่า Earth นั้นแปลได้ว่า "ดิน" ต่างหาก ส่วนที่จะต้องติงอีกอย่างหนึ่งคือการปล่อยภาพหลายภาพ มีคำบรร-

ยายที่เป็นภาษาเยอรมันเข้าไว้ เช่นหน้า 38 ถึง 40 นั้น ออกจะขาดความประณีต ซึ่งถ้าจะมีคำบรรยายช่วยให้เข้าใจเป็นภาษาไทยได้ ก็จะทำให้หนังสือเล่มนี้เต็มเปี่ยมด้วยคุณภาพเป็นอย่างมาก แต่ก็นั่นแหละ หนังสือเล่มนี้ มีคุณค่าแม้ผู้เขียนจะแถลงว่าจัดทำขึ้นเพื่อการฉลอง 200 ปีแห่งกรุงรัตนโกสินทร์ ก็จะไม่ทำให้หนังสือเล่มนี้ พ้นเสียจากความเรียกร้องต้องการของผู้อ่านไปได้ จึงน่าจะต้องตีพิมพ์ใหม่อีกหลายครั้ง ซึ่งควรจะหมายความว่า การตีพิมพ์ครั้งใหม่นั้น คงจะทำให้หนังสือเล่มนี้บรรลุความสมบูรณ์เป็นแน่



การค้นพบ guncotton ของเชินไบน์
กำลังทดสอบ

อัลเฟรด โนเบล ตอนอายุ 30 ปี

รางวัลโนเบลสาขาเคมี ประจำปี คศ.1983 (พศ.2526): ความเข้าใจเกี่ยวกับอิเล็กตรอน*

อุษา สงศิริ**
ไฉนพร ด่านวิรุทัย***

ผลงานวิจัยของ เฮนรี ทาวเบ (Henry Taube) ที่ใช้เวลาถึง 30 ปี ในการศึกษาการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในคิออนของโลหะไม่เพียงแต่จะเป็นพื้นฐานสำหรับเคมีอนินทรีย์สมัยใหม่เท่านั้น แต่ยังนำไปสู่ความเข้าใจอย่างมากยิ่งขึ้นเกี่ยวกับปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่ทำให้คงสภาพการมีชีวิตอยู่ได้ รางวัลสำหรับผลงานของเขาก็คือ รางวัลโนเบลสาขาเคมี (Nobel prize for chemistry)

จนกระทั่งเมื่อไม่นานมานี้ วิชาเคมีอนินทรีย์เคยซบเซามากในวงการศึกษา ถ้าเทียบกับเคมีอินทรีย์ เพราะว่าสารประกอบของคาร์บอนจำนวนมากมายที่ทำให้เกิดเคมีอินทรีย์ขึ้นนั้น มีบทบาทสำคัญมากในทางชีวเคมีและในทางอุตสาหกรรม

ในขณะที่ก่อนหน้านี้วิชาเคมีอนินทรีย์ถูกทอดทิ้งไม่มีใครสอนมากนัก แต่ในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา ทฤษฎีทางเคมีอนินทรีย์ได้รับการค้นคว้าเพิ่มมากขึ้น โดยผู้ที่ได้รับรางวัลโนเบลสาขาเคมีในปีนี้ (1983) คือ ศาสตราจารย์ เฮนรี ทาวเบ(Henry Taube) แห่งมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด(Stanford) ในมลรัฐแคลิฟอร์เนีย งานของเขาก็คือ การศึกษาปฏิกิริยาการถ่ายเทอิเล็กตรอนในสารประกอบเชิงซ้อนของโลหะ ผลงานของทาวเบเกี่ยวกับกลไกของปฏิกิริยา ซึ่งสารประกอบเชิงซ้อนของโลหะทรานสิชันถ่ายเทอิเล็กตรอน ไม่เพียงแต่เป็นพื้นฐานของวิชาเคมีอนินทรีย์สมัยใหม่เท่านั้น แต่ยังนำไปสู่ความเข้าใจอันลึกซึ้งยิ่งขึ้นในกระบวนการทางเคมี ที่ทำให้คงสภาพการมีชีวิตอยู่ได้

ทาวเบ ได้เริ่มงานของเขาที่ทำให้ได้รับรางวัลนี้ เมื่อต้นปี 1950 ในสมัยที่เขาดำรงตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์อยู่ที่มหาวิทยาลัยชิคาโก(Chicago)

เขาเป็นคนแรกที่ยอมรับว่า ผลงานของเขายากแก่การเข้าใจอย่างซาบซึ้งเมื่อมองในปราดแรก มีนักข่าวโทรทัศน์คนหนึ่งได้ถามทาวเบ ในขณะมีประชุมที่มหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ดเมื่อกลางเดือนตุลาคม 1983 ว่า เขาสามารถที่จะอธิบายเกี่ยวกับผลงานที่ได้รับรางวัลนี้ได้หรือไม่ ซึ่งทาวเบก็บอกว่าไม่ได้ เขาพูดต่อไปว่า เมื่อราวต้นปีตอนที่เขาได้รับรางวัลอันหนึ่ง และเขาได้รับการขอร้องให้เขียนผลงานของเขาออกมา เป็นถ้อยคำที่ทำให้คนธรรมดา

---

* ถอดความจาก L.Milgrom and I.Anderson, New Scientist, 27 October 1983,p.253

** นักศึกษาเคมีปีที่ 2 มหาวิทยาลัยขอนแก่น ถอดความเสนอเป็นส่วนหนึ่งของวิชาเคมีฟิสิกัลชั้นสูง 2 ตอนโฟโตเคมี สอนโดย อาจารย์ประวิทย์ สุดแก้ว

***อาจารย์ ดร.ไฉนพร ด่านวิรุทัย ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สามารถเข้าใจได้ เมื่อเขียนไปแล้ว ทาวเบ พบว่าเขากำลังเขียนบรรยายวิชาเคมีสำหรับนักศึกษาปีที่ 1 นั่นเอง ซึ่งแสดงว่างานของ ทาวเบ เป็นงานวิทยาศาสตร์พื้นฐานจริง ๆ

ถ้าจะทำความเข้าใจให้ง่ายเข้าสำหรับการเริ่มต้นนั้น อิเล็กตรอนในทางเคมีที่ถูกส่งผ่านไปมาระหว่างอะตอมและโมเลกุล ค่อนข้างจะคล้ายกับเงินที่เราใช้ คือผ่านจากคนหนึ่งไปสู่อีกคนหนึ่ง แต่ละอะตอมมีอิเล็กตรอนเป็นจำนวนมาก เมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมี อะตอมพยายามที่จะรับหรือให้อิเล็กตรอน เพื่อให้ตัวมันมีโครงสร้างของอิเล็กตรอนในสภาพที่เสถียรที่สุด อิเล็กตรอนที่รับมาหรือให้ไปนี้จะเป็นตัวกำหนดชนิดของพันธะที่เกิดขึ้นระหว่างอะตอม การยึดเหนี่ยวกันของอิเล็กตรอนระหว่างอะตอมเพื่อให้ได้โครงสร้างที่มีความเสถียรทำให้เกิดลักษณะผลึกที่มีรูปแบบง่าย ๆ ไปจนถึงชีวโมเลกุลที่ซับซ้อน และในที่สุดกลายเป็นสิ่งมีชีวิต

สิ่งมีชีวิตต่างจากผลึก คือ สิ่งมีชีวิตมีการเกิดปฏิกิริยาเคมีอย่างต่อเนื่องไปเรื่อย ๆ ซึ่งมีปฏิกิริยาเคมีจำนวนมากเกี่ยวข้องกับกลไกการเคลื่อนย้ายของอิเล็กตรอน อันเป็นกระบวนการสำคัญที่เกี่ยวข้องกับพลังงานของสิ่งมีชีวิต

มีเอ็นไซม์อยู่พวกหนึ่งที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาประเภทนี้ เอ็นไซม์เหล่านี้จะประกอบด้วยโลหะทรานสิชันเช่น เหล็ก ทองแดง โคบอลต์ โมลิบเดนัม ซึ่งโลหะทรานสิชัน มีความสามารถในการเปลี่ยนแปลงจำนวนของอิเล็กตรอน เพื่อให้ตัวมันเองเสถียร อีกนัยหนึ่งคือ อะตอมโลหะมีเลขออกซิเดชันที่เปลี่ยนแปลงได้ โดยเหตุนี้ทำให้โลหะประเภทนี้ถ่ายเทอิเล็กตรอนได้ และก็เป็นเหตุผลว่าทำไมโลหะเหล่านี้จึงเป็นตัวนำไฟฟ้าได้ดีมาก

เป็นที่ทราบกันดีว่าโลหะทรานสิชันสามารถเกิดเป็นสารเชิงซ้อนโคออร์ดิเนชัน (coordination complex) ซึ่งเป็นสารประกอบเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างอิออนของโลหะกับอโลหะ หรืออิออนโลหะกับโมเลกุลที่เรียกว่า ลิแกนด์ (ligand) โดย ลิแกนด์จะใช้อิเล็กตรอนอย่างน้อย 1 คู่ ในการสร้างพันธะ ตัวอย่างของลิแกนด์ เช่น Cl^{-1}, น้ำ และแอมโมเนีย (NH_3)

อัลเฟรด แวร์เนอร์(Alfred Werner) ได้พัฒนาและวางรากฐานของทฤษฎีที่เกี่ยวกับสารเชิงซ้อนโคออร์ดิเนชัน ทำให้เราเข้าใจโครงสร้างของสารประกอบเคมีอนินทรีย์มากขึ้น ซึ่งอัลเฟรด แวร์เนอร์ ก็ได้รับรางวัลโนเบลสาขาเคมีแล้วในปี 1913

ตัวอย่างสารประกอบเชิงซ้อนของ แวร์เนอร์ ได้แก่ hexaaquo iron(II), $Fe(H_2O)_6^{2+}$ ซึ่งมีสีเขียวอ่อน และ tetra-ammine copper(II), $Cu(NH_3)_4^{2+}$ ซึ่งมีสีน้ำเงินเข้ม ในสารประกอบเชิงซ้อนของเหล็ก อิออนของเหล็กจะอยู่ตรงกลางของรูปออคตาฮีดรอน (octahedron) และล้อมรอบด้วยลิแกนด์ที่เป็นโมเลกุลของน้ำ 6 ตัว สารประกอบเชิงซ้อนของทองแดงมี Cu^{2+} อยู่ตรงกลางของรูปเตตราฮีดรอน (tetrahedron) และล้อมรอบด้วยลิแกนด์แอมโมเนีย 4 ตัว

ต่อมาการศึกษาทางด้านทฤษฎี เป็นไปในทางที่พยายามแบ่งประเภทว่า อิออนของสารประกอบเชิงซ้อนเหล่านี้ ทำปฏิกิริยาต่อกันและกันอย่างไรบ้างในสารละลาย ซึ่ง เฮนรี ทาวเบ มีส่วนร่วมที่สำคัญมากในด้านนี้ โดยได้ทำการทดลองอย่างรอบคอบ และผลงานของเขาก็สนับสนุนทฤษฎี

ทาวเบ เป็นคนแรกที่ชี้ให้เห็นถึง ความคล้ายคลึงกันระหว่างกลไกการแทนที่ในปฏิกิริยาเคมีของ

สารประกอบอินทรีย์กับปฏิกิริยาของสารประกอบอนินทรีย์ และเขายังแสดงให้เห็นว่า ความเร็วที่ลิแกนด์จะแทนที่เข้าไปในอิออนโลหะจะมีความสัมพันธ์(correlate) กันกับการจัดตัวของอิเล็กตรอนของอิออนโลหะนั้น งานชิ้นนี้ ทาวเบ ได้ศึกษามาตั้งแต่ปี 1950 และเดี๋ยวนี้พบได้ในตำราการศึกษาทางด้านพลังงานในระดับปริญญาตรี ความจริงมีอยู่ว่า เพราะความรู้ทางด้านนี้มีน้อยมากนั่นเอง จึงกระตุ้นให้ทาวเบเลือกที่จะศึกษาวิจัยทางด้านเคมีอนินทรีย์เป็นอันดับแรก

ทาวเบ เล่าถึงความหลังว่า เขาเคยรู้สึกเบื่อกับการเตรียมสอนวิชาระดับปริญญาตรีเกี่ยวกับเคมีโคออร์ดิเนชัน แต่เขาก็ตระหนักดีว่า ความแตกต่างของอัตราการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีนั้นเป็นที่รู้จักกันน้อยมาก นั่นก็แสดงให้เห็นว่า ความสัมพันธ์ระหว่างการสอน และการค้นคว้าวิจัยนั้น สำคัญมากเพียงไหน เพราะเขาได้รับการกระตุ้นจากปัญหาที่พบในการสอนและนำไปสู่การวิจัยจนได้รับรางวัลโนเบล

ชื่อของ ทาวเบ จะต้องถูกจารึกไว้ในทางเคมีถึงแม้ว่าเขาจะไม่ได้รับรางวัลโนเบล เพราะมีสารประกอบตัวหนึ่ง ซึ่งใช้ชื่อของเขาขนานนาม คือ "Creutz-Taube complex" ซึ่งค้นพบในปี 1972 ประกอบด้วย pentammine ruthenium complexes 2 ตัว ตัวแรกมีเลขออกซิเดชัน = 2 และอีกตัวมีเลขออกซิเดชัน = 3 ทั้งสองเชื่อมต่อกันโดยลิแกนด์เชื่อม (bridging ligand) ซึ่งควรจะยอมให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านไปมาระหว่างโลหะใจกลางตัวหนึ่งไปยังอีกตัวหนึ่งได้ หรืออีกนัยหนึ่งคือ อิเล็กตรอนเกิดการเคลื่อนที่ (delocalised) ไปมาระหว่างโลหะใจกลางทั้งสองตัว ทำให้โมเลกุลมีลักษณะสมมาตร (symmetrical) ถ้าที่กล่าวมานี้เกิดขึ้นจริงก็หมายความว่า โลหะใจกลางจะมีสัดส่วนของภาวะออกซิเดชันเป็น 2.5 แต่ถ้าเป็นอย่างในกรณีแรก วาเลนซีของ ruthenium ถูกกักไว้บนปลายแต่ละข้าง (ruthenium ตัวหนึ่งมีวาเลนซี 2 ในขณะที่อีกตัวมีวาเลนซี 3) จะทำให้ส่วนปลายของโมเลกุลไม่เท่ากันอย่างสมบูรณ์ นี่เป็นข้อสังเกตที่ควรจะได้ แต่คำตอบที่ได้รับกลับกลายเป็นว่า มันขึ้นอยู่กับเทคนิคทางสเปคโตรสโคปีที่ใช้ ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าแต่ละเทคนิคมีขอบเขตในการใช้ในแง่ของ "เวลา" ต่างกัน เทคนิคแบบช้า (slow technique) คือการใช้ x-ray crystallography พบว่าสารประกอบเชิงซ้อนนี้ดูเหมือนว่า วาเลนซีจะไม่ถูกกัก แต่จะเคลื่อนที่ (delocalized) อยู่เหนือโมเลกุล ถ้าใช้เทคนิคเร็ว (fast techniques) เช่น Mössbauer spectroscopy ปรากฏว่า สภาวะวาเลนซีถูกกัก

สารประกอบเชิงซ้อน Creutz-Taube มีความสำคัญ เพราะว่าสารประกอบประเภทนี้เป็นแบบจำลองของเหตุการณ์การถ่ายเทอิเล็กตรอนไปมาระหว่างอิออนโลหะศูนย์กลางของโมเลกุล แต่การที่สารเชิงซ้อนดังกล่าวมีวาเลนซ์ผสม จึงเป็นแบบจำลองสำหรับบทบาทแบบรีดอกซ์ของโลหะในเอนไซม์บางอย่างอันเป็นตัวรับผิดชอบกระบวนการถ่ายเทพลังงานของเซลล์

งานตีพิมพ์ของ ทาวเบ ที่มีคุณค่ามีมากกว่า 200 ชิ้น และหนังสือมี 1 เล่ม งานเหล่านี้ไม่ง่ายจนเกินไปนักที่จะอ่าน และงานภาคการทดลองของเขานั้นหนักแน่น ให้ผลตรงกันดี และเป็นงานอิสระ

ไม่แปลกเลยที่ ทาวเบ ได้รับรางวัลอันมีเกียรตินี้ เมื่อเดือนสิงหาคมที่ผ่านมาเขาได้รับรางวัลเป็นเงิน $150,000 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของรางวัล Robert A. Welch ในสาขาเคมีที่ตั้งเป็นกองทุนขึ้นใน

ปี 1972 ซึ่งเป็นทรัพย์สินของมหาเศรษฐี Houston เงินจำนวนนี้รวมกับรางวัลโนเบลอีก $ 190,000 ทำให้เขามีเงินส่วนที่ไม่ต้องเสียภาษีถึง $ 340,000 เมื่อมีคนถามว่า เขาจะทำอย่างไรกับเงินจำนวนนี้ เขาก็ตอบอย่างมีความรู้สึกว่า เขาได้ประตูแห่งการค้นพบรางวัล Welch เขาจึงจะซื้อกรอบไม้และจารึกข้อความว่า"Robert A.Welch Memorial Door"

ความฉลาดและความเป็นคนมีอารมณ์ขันของเขา เป็นที่ชื่นชมของผู้ร่วมงานมาก เช่น ในการประชุมนักข่าวเมื่อกลางเดือนตุลาคม 1983 (2526) ที่ผ่านมา นักข่าวโทรทัศน์ถามเกี่ยวกับกิริยาอาการของภรรยาของเขา เมื่อทราบว่า เขาได้รับรางวัลโนเบล เขาตอบว่า ภรรยาเขาคงจะพูดว่า "จริง ๆ หรือคะ"

ทาวเบ เป็นคนที่ 10 ของผู้ที่ได้รับรางวัลโนเบลที่ยังมีชีวิตอยู่ ของมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด(แต่อาจจะเป็นคนแรกที่มีการสะสมเทปบันทึกถึง 8,000 ม้วน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นโอเปร่าของเยอรมัน) ที่น่าสังเกตก็คือ เขาเป็นคนที่ 4 ที่ได้รับรางวัลโนเบลในภาควิชาเดียวกัน สามคนแรกได้แก่

1. Linus Pauling ปี 1954
2. Paul Flory ปี 1974
3. Paul Ber ปี 1980

(4. Henry Taube ปี 1983)

สรุป

เรื่องที่ทำให้ทาวเบ ได้รับรางวัลคือ "การศึกษาปฏิกิริยาการถ่ายเทอิเล็กตรอน (electron transfer) ระหว่างอิออนโลหะทรานสิชัน ที่อยู่ใจกลางโมเลกุลสารเชิงซ้อน และกลไกการเกิด"

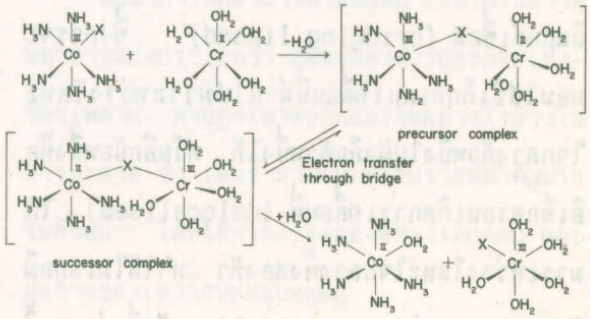
การศึกษาค้นคว้าของ ทาวเบ มีประโยชน์คือ ช่วยทำให้เกิดความเข้าใจทางด้านเคมีอนินทรีย์มากยิ่งขึ้น ซึ่งแต่เดิมไม่ค่อยได้รับความสนใจ ทฤษฎีอื่น ๆ ก็ได้รับการสนับสนุนจาก ทาวเบ

นอกจากนี้การศึกษาของ ทาวเบ มีประโยชน์ในด้านวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ซึ่งช่วยให้เข้าใจลึกซึ้งขึ้นถึงการเกิดพันธะระหว่างอะตอมการเกิดแรงยึดเหนี่ยวกัน ทำให้เกิดเป็นผลึกและกลายเป็นสิ่งมีชีวิต และทำให้ทราบถึงการทำปฏิกิริยาระหว่างสารเชิงซ้อนของอิออนโลหะทรานสิชันในสารละลาย และการเคลื่อนที่ตลอดเวลา(delocalized)ของอิเล็กตรอน

นอกจากนี้สารประกอบที่ได้รับการตั้งชื่อขึ้นเพื่อเป็นเกียรติแก่ ทาวเบ คือ สารเชิงซ้อน ทาวเบ ยังช่วยอธิบายถึงการถ่ายเทอิเล็กตรอนระหว่างอิออนโลหะใจกลางโมเลกุลของสารเชิงซ้อนโคออร์ดิเนชันได้ดียิ่งขึ้น

จากผลงานการศึกษาอันเป็นประโยชน์แก่สาขาเคมีโดยเฉพาะเคมีอนินทรีย์นี้ สมควรที่ ทาวเบ จะได้รับรางวัลโนเบลอันเป็นเกียรติสูงสุดที่เขาควรจะได้รับ

ทาวเบและลูกศิษย์ของเขาได้ตระหนักว่าการเกิดลิแกนด์เชื่อมระหว่าง สารประกอบ เชิงซ้อนที่มีแรงกระทำต่อกัน เป็นกลไกขั้นพื้นฐานของการถ่ายเทอิเล็กตรอนในตัวอย่างของสารประกอบ เชิง ซ้อน ได้แก่



รางวัลโนเบลสาขาสรีรวิทยาและการแพทย์

ประจำปี คศ. 1983 (พศ. 2526) : ยีนกระโดดของแม็คคลินท็อค

นุ่มนวล อุดมพงษานนท์*

คำนำ

ปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันแล้วว่า ยีนมีหลายชนิด เช่น ยีนสำหรับสังเคราะห์โปรตีน ยีนควบคุมการสังเคราะห์โปรตีน แต่ในปี พ.ศ.2483 เมื่อ บาร์บารา แม็คคลินท็อค (Barbara McClintock) ได้เสนอหลักฐานแนะว่า นอกจากยีนโครงสร้างแล้วยังมีสารควบคุม (controlling element) ซึ่งเป็นส่วนของ ดี.เอ็น.เอ (DNA) ที่เคลื่อนที่และแทรกตัวไปยังส่วนต่าง ๆ ของโครโมโซมและควบคุมการทำงานของยีนอื่น ข้อเสนอของเธอไม่เพียงแต่ไม่เป็นที่ยอมรับแล้วยังถูกเยาะเย้ย และจากการที่เธอพบว่า ยีนควบคุมนี้เปลี่ยนตำแหน่งได้บนโครโมโซม จึงเรียกว่า ยีนกระโดด (jumping gene) ซึ่งทำให้แม็คคลินท็อคได้รับรางวัลโนเบลสาขาสรีรวิทยาและทางการแพทย์ เมื่อต้นเดือนตุลาคม 2527 นี้ ซึ่งทฤษฎีเกี่ยวกับการควบคุมการทำงานของยีน (gene regulation) พึ่งเป็นที่ยอมรับกันใน 10 ปีมานี้เอง หลังจากที่ศาสตราจารย์ เจมส์ ชาปิโร (James Shapiro) สามารถแสดงให้เห็น ยีนกระโดดในแบคทีเรีย

ผลงานที่ได้รับรางวัลโนเบล

ในปี พ.ศ.2483 เมื่อแม็คคลินท็อคทำงานที่ห้องปฏิบัติการ โคลสปริง ฮาร์เบอร์(Cold Spring Harbor) ในนิวยอร์ค เธอได้ค้นพบยีนผ่าเหล่า (mutant gene) ทั้งหมดของข้าวโพด ซึ่งสีของมันกลับไปเหมือนสีของยีนปกติ (wild - type) คือ เมล็ดของข้าวโพดบางเมล็ดจะมีสีแดงเป็นจุด ๆ ซึ่งผลการค้นพบนี้ใกล้เคียงมากกับรายงานของ มาร์คัส โรดีส (Marcus Rhoades) ผู้ค้นพบว่าข้าวโพดพันธุ์เมล็ดสีดำที่มียีนคู่ชนิดเดียวกัน(homologous black corn) ควรจะให้ข้าวโพดพันธุ์ลูกสีดำหมด เพราะยีนที่ทำให้เกิดสี มีลักษณะเหมือนโครโมโซมของพันธุ์พ่อ—— พันธุ์แม่ แต่จากการทดลองจริง ๆ ได้ข้าวโพดพันธุ์ลูกที่มีเมล็ดสีดำ มีเมล็ดไม่มีสีและมีสีดำเป็นหย่อม ๆ และเมล็ดที่ไม่มีสีเลยเป็นอัตราส่วน 12 : 3 : 1 ผลการทดลองนี้ทำให้โรดีส์สรุปว่ามียีนที่มีผลต่อการเกิดสีอยู่สองยีน ยีนหนึ่งควบคุมลักษณะสี อีกยีนหนึ่งควบคุมการเกิดหย่อมสี ถ้ามียีนควบคุมการเกิดหย่อมสีในเมล็ดข้าวโพดที่เป็นยีนผ่าเหล่าที่ไม่มีสี จะทำให้เมล็ดข้าวโพดไม่มีสีนี้เกิดหย่อมสีดำขึ้น แต่ทฤษฎีของโรดีส์นี้จะต้องมีการผันกลับของยีนผ่าเหล่าที่เป็นสีในอัตราเร็วที่สูงมาก และการผันกลับนี้จะเกิดก็ต่อเมื่อมียีนที่ควบคุมการเกิดหย่อมสีเท่านั้น

แม็คคลินท็อคได้อธิบายผลการทดลองของเธอโดยสมมุติว่า นอกจากยีนที่ทำให้เกิดสีแล้วยังมียีนอีกสองยีน ยีนหนึ่งอยู่ใกล้มากกับยีนที่ทำให้เกิดสี และจะ

*ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุ่มนวล อุดมพงษานนท์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

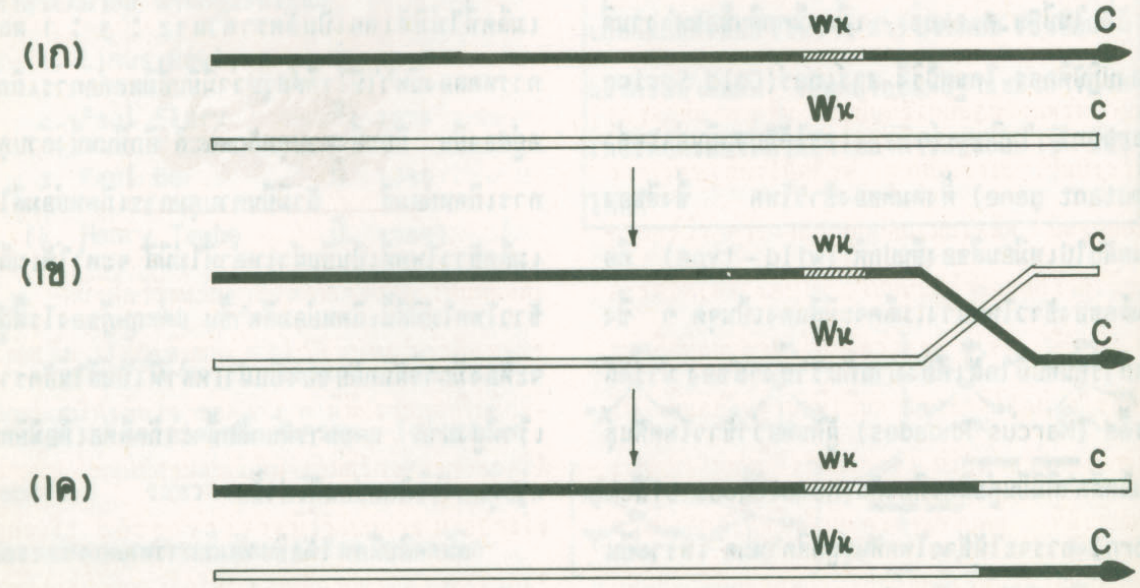
เป็นตัวกำหนดโดยตรงว่าจะให้ยีนสีแสดงออกหรือไม่ ส่วนยีนที่สองจะอยู่ห่างจากยีนสีและทำหน้าที่ควบคุมอัตราเร็วของการทำงานของยีนแรก แม็คคลินท็อคเรียกยีนทั้งสองนี้ว่า สารควบคุม (controlling elements) เพื่อให้ต่างจากยีนโครงสร้าง(structural gene) ซึ่งเป็นยีนที่รู้จักกันดีว่ามีหน้าที่สร้างเอ็นไซม์ และโปรตีน

แม็คคลินท็อคยังพบว่าสารควบคุมนี้ย้ายตำแหน่งได้ ในการถ่ายทอดสารพันธุกรรมไปยังลูก-หลานรุ่นต่อ ๆ ไป และเมื่อสารนี้เคลื่อนที่ไปทำให้เกิดยีนโครงสร้างที่ต่างออกไป ซึ่งเป็นผลงานที่ทำให้เธอได้รับรางวัลโนเบล เธอเสนอแนะว่าการจัดเรียงตัวของ ดีเอ็นเอ ทางกายภาพ อาจเป็นสาเหตุขั้นพื้นฐานในการควบคุมการแสดงออกของยีน

ความคิดเกี่ยวกับการควบคุมการทำงานของยีนของแม็คคลินท็อคยังใหม่ต่อนักพันธุศาสตร์ และค้านต่อคำสอนเดิมซึ่งเป็นที่ยอมรับกันว่า โครโมโซมไม่มีการเคลื่อนที่ และเธอเสนอหลักฐานที่สลับซับซ้อนในเวลาที่เร็วเกินกว่าที่นักวิทยาศาสตร์คนอื่นจะรับได้ จึงทำให้ข้อเสนอแนะของเธอไม่ได้รับความสนใจ

ในปลายปี พ.ศ. 2463 เมื่อแม็คคลินท็อคเริ่มทำงานที่มหาวิทยาลัยคอร์เนล(Cornell) มีหลักฐานเพียงเล็กน้อยที่พิสูจน์โดยตรงว่า โครโมโซมมียีนที่แลกเปลี่ยนข้อความพันธุกรรมได้ ที เอช มอร์แกน (T.H. Morgan) ได้ศึกษาว่าเป็นการบ่อยขนาดไหนที่โครโมโซม 2 ลักษณะในแมลงหวี่ชนิดหนึ่งจะแยกออกจากกันในตัวอ่อน ถ้ายีนของทั้งสองลักษณะใกล้กันมากเท่าไร โอกาสที่มันจะแยกออกจากกันในระยะการแบ่งเซลล์แบบไมโอติค (meiotic cell division) ให้เซลล์สืบพันธุ์ก็น้อยลงเท่านั้น มอร์แกนสามารถหาความสัมพันธ์ของตำแหน่งของยีนในโคโมโซม

แม็คคลินท็อคสามารถใช้ข้อมูลของมอร์แกนมาเชื่อมโยงกับสมบัติทางกายภาพของโครโมโซมโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ เธอแสดงว่าเมื่อโครโมโซมมีการไขว้ตัดต่อ (cross over, ดูรูป 1) ในระยะแรก



รูปที่ 1. การไขว้ตัดต่อของโครโมโซมในระยะแรกของไมโตซิส และมีการแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนของ ดี เอ็น เอ (1 ก) โครโมโซมก่อนมีการไขว้ตัดต่อ (1 ข) โครโมโซมในลักษณะการไขว้ตัดต่อ (1 ค) โครโมโซม หลังจากไขว้ตัดต่อแล้ว มีการแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนของดี เอ็น เอ

ของไมโตซิส (mitosis) มันจะมีการแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนของ ดีเอ็นเอ แม็คคลินท็อคศึกษาการเปลี่ยน-แปลงลักษณะของต้นข้าวโพด คือ ศึกษาลักษณะสี และความเป็นแป้ง (starchy) ของเมล็ดข้าวโพด ลักษณะเด่นของยีนสีของข้าวโพดใช้ C และลักษณะด้อยของยีนสีใช้ c ลักษณะเด่นของยีนแป้งใช้ Wx และลักษณะด้อยของยีนแป้งใช้ wx ถ้ายีนต้นข้าวโพดมีลักษณะเด่นเป็น Wx ก็จะมีแป้ง แต่ถ้าโครโมโซมที่มียีนคู่ชนิดเดียวกันมีลักษณะด้อยเป็น wx จะเป็นข้าวโพดเทียนหรือข้าวโพดข้าวเหนียว (waxy คือมี dextrin แทนแป้ง) ทั้งยีนสีและยีนแป้งนี้อยู่บนโคร-โมโซมที่ 9 แม็คคลินท็อคใช้ข้าวโพดพันธุ์หนึ่งที่โคร-โมโซมที่ 9 มีลักษณะผิดปกติ คือ ที่ปลายข้างหนึ่งของโครโมโซมมีปุ่มเล็ก ๆ (รูป 1) และมีความยาวมากกว่าปกติ เป็นข้าวโพดพันธุ์ทาง คือ มียีนสี (C) และยีนข้าวโพดเทียน (wx) (รูป 1 ก. บน) อยู่ทางโครโมโซมที่มีปลายยาวออก ยีนสี C (●) จะอยู่ที่ปุ่มและยีนลักษณะเทียน wx จะอยู่ทางปลายที่ยาวออก (▭) (Neuffer, 1968) โครโมโซมอีกเส้นหนึ่งจะมียีนที่ไม่มีสี (c) และมีลักษณะแป้ง (Wx) (รูป 1 ก. ล่าง) แม็คคลินท็อคได้ผสมข้าวโพดพันธุ์นี้ ($\frac{wx}{Wx}$ ═══ $\frac{C}{c}$) กับอีกพันธุ์หนึ่งที่ไม่มีสี แต่มีโคร-โมโซมที่มียีนคู่ต่างชนิดกัน (พันธุ์ทาง , heteroxy-gous) คือมีลักษณะเป็นข้าวโพดเทียนปนข้าวโพดแป้ง ($\frac{wx}{Wx}$ ═══ $\frac{C}{c}$) แล้วทำการตรวจสอบลักษณะยีนของพันธุ์ลูก

ถ้าพันธุ์ลูกเกิดสี สังเกตได้ง่าย และจะมียีน C/c ข้าวโพดพันธุ์แป้ง สังเกตยากขึ้น ทั้งนี้เพราะพันธุ์แท้ (homozygous) มียีน Wx/Wx และพันธุ์ทาง (heterozygous) มียีน Wx/wx จะให้ข้าวโพดที่มีลักษณะแป้งเหมือนกัน เพื่อตรวจสอบลักษณะยีนของข้าวโพดแป้งทั้งสองพันธุ์นี้ เธอปลูกเมล็ดข้าวโพดเหล่านี้ และตรวจสอบลักษณะละอองเกสรของต้น เนื่องจากละอองเกสรเหล่านี้เป็นเซลล์สืบพันธุ์ เป็นเฮปพลอยด์ (heploid) มีโครโมโซมครึ่งหนึ่ง โครโมโซมที่มียีนเป็น Wx จะเป็นแป้งและให้สีน้ำเงินกับน้ำยาไอโอดีน ถ้าโครโมโซมเป็น wx จะเป็นข้าวโพดเทียนจะไม่ให้สีน้ำเงินกับน้ำยาไอโอดีนดังนั้นเมล็ดข้าวโพดพันธุ์แท้ ซึ่งมียีน Wx/Wx จะให้ละอองเกสรเป็นแป้งเท่านั้นและให้สีน้ำเงินกับน้ำยาไอโอดีนหมด ในขณะที่พันธุ์ทางจะให้ละอองเกสรที่เป็นแป้งปนกับลักษณะเทียน จึงให้สีน้ำเงินกับน้ำยาไอโอดีนเพียงครึ่งหนึ่ง

เนื่องจากแม็คคลินท็อครู้ว่าปลายโครโมโซมที่เป็นปุ่มมียีน C และส่วนที่ยาวมียีน wx และอีกเส้นหนึ่งมียีน c และ Wx เธอสามารถบอกความสัมพันธ์ระ-หว่างชนิดของยีนกับลักษณะของโครโมโซม คือ เมล็ดที่ไม่มีสีและเป็นลักษณะเทียน (c/wx) จะเกิดก็ต่อเมื่อโครโมโซมทั้งสองเส้นของพันธุ์พ่อ-พันธุ์แม่ มีการไขว้ตัดต่อและแลกเปลี่ยนสารพันธุกรรมกันและโครโมโซมของเมล็ดนี้จะมีปลายยาว แต่ไม่มีปุ่ม (รูป 1 ค.บน) ในทำนองเดียวกันเมล็ดที่มีสีและเป็นแป้งจะมียีนC/Wx โครโมโซมของเมล็ดนี้จะมีปุ่ม แต่มีความยาวปกติ สรุปคือ เมื่อ c เปลี่ยนเป็น C โครโมโซมจะมีปุ่ม และเมื่อ Wx เปลี่ยนเป็น wx โครโมโซมจะมีลักษณะยาว ดังนั้น แม็คคลินท็อคและผู้ร่วมงานชื่อ แฮร์เรียต ไครฟ์ตัน (Harriet Creiphton) ได้สรุปว่า ระ-หว่างที่มีการไขว้ตัดต่อโครโมโซมจะมีการแลกเปลี่ยนโครโมโซมและแลกเปลี่ยนข้อความพันธุกรรม(gene-tic information) ซึ่งศาสตราจารย์ เจมส์ ชาปิโร (James Shapiro)แห่งมหาวิทยาลัยชิคาโก กล่าวกับวารสาร New Scientistว่า งานนี้ควรได้

รับรางวัลโนเบล แต่คณะกรรมการโนเบล (Nobel committee) พิจารณาว่าการค้นพบการเคลื่อนที่ของสารพันธุกรรมของแม็คคลินท็อคสืบเนื่องมาจากการสังเกตของเธอเกี่ยวกับโครโมโซมวงแหวน (ring chromosome) ซึ่งเป็นยีนผ่าเหล่าของโครโมโซมที่เป็นเส้นวงกลม (circular chromosome) โครโมโซมเหล่านี้ไม่อยู่ตัวอย่างยิ่ง ดังนั้นพืชที่มีโครโมโซมวงแหวนจึงมักมีการเปลี่ยนแปลง เช่น การเกิดหย่อมสีดำของเมล็ดข้าวโพดที่ไม่มีสีเกิดจากเซลล์ที่ต้องการแก้ไขส่วนผิดพลาด

โครโมโซมวงแหวนในคัพภะ (embryo) ของเมล็ดข้าวโพด จะหักออกเป็นโครโมโซมเส้นยาว (○→～～～) แล้วจะมีการเชื่อมปลายใหม่เข้าหากัน การศึกษาขบวนการหักออกและต่อใหม่ (repair) นี้ แม็คคลินท็อคพบว่า ยีนผ่าเหล่ามีการเปลี่ยนแปลงเฉพาะแบบของมัน แต่แตกต่างกันไปในแต่ละชนิด การค้นพบนี้ เป็นการแสดงว่ามีสารควบคุมที่เคลื่อนที่ได้ ซึ่งความคิดเห็นของแม็คคลินท็อคเป็นที่ยอมรับของนักวิทยาศาสตร์คนอื่นก็ต่อเมื่อ ศาสตราจารย์ชาปิโร ได้แสดงให้เห็นยีนกระโดดในแบคทีเรีย

กิติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณอาจารย์ ดร.บรรยง ทุมแสน และอาจารย์ประสิทธิ์ ใจศีล เป็นอย่างยิ่งในการที่ช่วยอธิบายความหมายของคำและข้อความหลายตอนในวารสารนี้ และผศ.ดร.สิรานุช ลามสีจันทร์ ที่ช่วยค้นหารูปโครโมโซม

เอกสารอ้างอิง

Cherfas, J. and Connor, S.,(1983), "How restless DNA was tamed.," New Scientist, 78-79.

Neuffer, M.G.; Jones, L., & Zuber, M.S. (1968) "The Mutants of Maize" The Crop Science Society of America, 77.

Stent, G.S.(1963) "Molecular Biology of Bacterial Viruses", W.H.Freeman and Company, pp.205-206, U.S.A.

รางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ ประจำปี คศ.1983

(พศ.2526) : ทฤษฎีของวิวัฒนาการแห่งดวงดาว*

ขาว เหมือนวงศ์**

ในปี ค.ศ.1926 A.S. Eddington นักดาราศาสตร์ฟิสิกส์แห่งมหาวิทยาลัยเคมบริดจ์ ประเทศอังกฤษ ได้พิมพ์หนังสือขึ้นเล่มหนึ่งว่าด้วยโครงสร้างภายในของดาวฤกษ์ ชื่อ The Internal Constitution of the Stars เพื่ออธิบายกระบวนการทางฟิสิกส์ที่ดวงดาวสามารถสร้างพลังงานจำนวนมากมายมหาศาลออกมาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสรุปได้ว่าดวงดาวนั้นได้พลังงานนี้มาจากปฏิกิริยาทางนิวเคลียร์ฟิสิกส์ในลักษณะเดียวกันกับที่เรารู้จักกันในสมัยนี้ว่า ระเบิดไฮโดรเจน แต่ในสมัยนั้นมนุษย์ยังไม่รู้แม้แต่ว่าระเบิดปรมาณูคืออะไร ถึงกระนั้นก็ดี แม้ในปัจจุบันนี้เราก็ยังอดที่จะถามกันไม่ได้ว่า ในเมื่อดวงดาวมีลักษณะเหมือนระเบิดไฮโดรเจนขนาดมหึมาเช่นนั้น ทำไมดาวจึงไม่ระเบิดออกมา คำตอบก็คือดวงดาวสามารถจัดระบบโครงสร้างภายในตามกระบวนการทางฟิสิกส์ที่เรียกว่า Thermo - Hydro Equilibrium จึงทำให้สามารถทรงตัวเป็นดวงดาวอยู่ได้และหลักการเหล่านี้ได้ถูกรจนาออกมาในลักษณะกึ่งทฤษฎีกึ่งพรรณาเปรียบเทียบในหนังสือเล่มนี้ ที่นักศึกษาวิชาดาราศาสตร์ต้องถือเป็นคัมภีร์แม่บทก่อนที่จะนำตัวเองเข้าสู่การศึกษาวิจัยทางดาราศาสตร์ขั้นสูงต่อไป ผู้เขียนจำได้ว่า เมื่อได้หยิบหนังสือเล่มนี้มาอ่านเป็นครั้งแรกเมื่อประมาณสิบกว่าปีก่อนนั้น มีความรู้สึกเหมือนถูกสะกดให้ตรึงอยู่กับที่ และมีความชื่นชมในจินตนาการทางวิทยาศาสตร์อันสูงส่งของท่าน Sir Arthur Eddington ยิ่งนัก

ความยิ่งใหญ่ของหนังสือเล่มนี้มีอยู่เป็นอย่างสูงเทียมเท่ากับ "The Principia" ของSir Isaac Newton ในยุคเริ่มแรกของวิชาฟิสิกส์ นับตั้งแต่ปี ค.ศ.1926 เป็นต้นมา หนังสือเล่มนี้ได้ชักนำให้การศึกษาวิจัยทางดาราศาสตร์ไปสู่ในทิศทางที่จะหาคำตอบว่าดาวมาจากไหน และในที่สุดก็นำไปสู่บทสรุปว่ามนุษย์มาจากดาวนั่นเอง

และในปี ค.ศ.1983 ซึ่งนับเป็นเวลาได้ 57 ปี ตั้งแต่ที่หนังสือ The Internal Constitution of the Stars ได้พิมพ์ออกมา โลกก็ได้รู้จักกับบุคคลสองท่านในฐานะนักฟิสิกส์ผู้ได้รับรางวัลโนเบลประจำปีในผลงานอันดีเด่นที่เริ่มต้นมาจากหนังสือเล่มเดียวกันนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งท่านหนึ่งมีความผูกพันธ์กับหนังสือดังกล่าวเป็นพิเศษ เพราะเคยได้รับเป็นรางวัลจากการเขียนเรียงความประกวดในสมัยที่ท่านยังเป็นเด็กหนุ่มชาวอินเดีย คือ Subrahmanyan Chandrasekhar ซึ่งได้รับรางวัลโนเบลร่วมกับนักดาราศาสตร์ฟิสิกส์ชาวอเมริกันWilliam Fowler ในผลงานที่ได้ทำประสานต่อเนื่องกันมาเป็นเวลานาน โดยที่บุคคลทั้งสองมิได้ร่วมทำงานด้วยกัน แม้ว่าจะอย่

---

* New Scientist, 27 October 1983, p.254

**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขาว เหมือนวงศ์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ในประเทศสหรัฐอเมริกาด้วยกันก็ตาม

งานที่บุคคลทั้งสองได้ทำมานั้นอาจจะเรียกรวมกันได้ว่า "การศึกษาทฤษฎีของวิวัฒนาการแห่งดวงดาว" โดย จันทรเสกขาร์สนใจทางด้านโครงสร้างและการเปลี่ยนแปลงภายในของดวงดาว นับตั้งแต่ดาวเริ่มอุบัติขึ้นมาจากกลุ่มหมอกเพลิง แล้วเจริญวัยขึ้นมาเป็นดาวฤกษ์เต็มตัวจนถึงที่สุดสิ้นสภาพดาวฤกษ์กลายมาเป็นดาวแคระขาว(White Dwarf)ภายหลังการระเบิดครั้งใหญ่ที่เรียกว่า Super Nova ส่วนฟาวเลอร์สนใจการที่ดวงดาวสร้างพลังงานและทำการสังเคราะห์ธาตุหนักต่าง ๆ โดยเริ่มต้นจากไฮโดรเจนและฮีเลียมให้กลายเป็นธาตุอื่น ๆ ที่เรารู้จักโดยกระบวนการทางนิวเคลียร์ฟิสิกส์ ซึ่งจะอธิบายได้ว่าธาตุต่าง ๆ ที่มีอยู่ทั่วไป นับตั้งแต่ภายในตัวเราจนถึงนอกระบบกาแลกซี่ของเราเกิดขึ้นได้อย่างไร ตามกระบวนการของวิวัฒนาการแห่งดวงดาว คือ รวมตัวขึ้นมาจากธาตุเบาแล้วสร้างธาตุหนักแล้วจึงระเบิดตัวเองปล่อยให้ธาตุหนักที่เกิดขึ้นไปผสมกับกลุ่มแกซไฮโดรเจนและฮีเลียมเพื่อสร้างตัวเป็นดาวรุ่นใหม่ เช่นนี้เรื่อย ๆ ไป

วิทยาสาร มข. ฉบับพฤษภาคม - สิงหาคม พ.ศ. 2516 ได้นำเอากระบวนการนี้มาลงพิมพ์ภายใต้ชื่อเรื่องว่า "ชีวิตและดวงดาว"* ซึ่งท่านผู้อ่านจะสามารถทำความเข้าใจกับเนื้อหาสาระของผลงานที่ท่านทั้งสองและนักดาราศาสตร์ฟิสิกส์ทั่วโลกได้ร่วมกันทำมา ประเทศที่มีความเจริญก้าวหน้าทางวิชาการแล้ว เห็นความจำเป็นที่จะต้องสนับสนุนให้นักวิทยาศาสตร์ของตนได้มีส่วนเปิดเผยความลี้ลับในเอกภพนี้ การที่ท่านทั้งสองได้รับรางวัลโนเบลร่วมกันนี้ ผู้เขียนขออนุญาตออกความเห็น ณ ที่นี้ว่าถือเป็นการให้เกียรติยกย่องนักดาราศาสตร์ฟิสิกส์ทั่วโลกที่ได้มีส่วนร่วมในการศึกษาวิจัยทางด้านนี้ ดังนั้นในบทความ "ชีวิต และดวงดาว" ผู้เขียนจึงไม่ระบุชื่อบุคคลทั้งสองท่านนี้หรือท่านผู้หนึ่งผู้ใด เพราะงานชิ้นนี้เป็นงานสำคัญและยิ่งใหญ่ของมนุษยชาติลำพังเพียงบุคคลสองสามคนคงไม่อาจทำให้บรรลุผลสำเร็จอย่างงดงามถึงเพียงนี้ได้ การให้รางวัลโนเบลครั้งนี้จึงมีลักษณาการเป็นการยอมรับทฤษฎีวิวัฒนาการของดวงดาวนั่นเอง โดยถือบุคคลทั้งสองที่ได้รับรางวัลนั้นเป็นผู้ที่ได้อุทิศตัวเองเพื่องานนี้มาเป็นเวลานานอย่างต่อเนื่อง นับตั้งแต่แรกเริ่มบุกเบิกงานในด้านนี้ เป็นต้นมา จนบัดนี้ทั้งสองท่านได้ครบเกษียณอายุมานานแล้วและอยู่ในฐานะปูชณียบุคคลทางวิชาการสาขาดาราศาสตร์ฟิสิกส์ โดยที่เวลาได้ล่วงเลยมา 9 ปี นับตั้งแต่ที่วิทยาสาร มข. ได้ลงพิมพ์บทความเรื่องนี้ ดังนั้นจึงเห็นเป็นการสมควรที่จะได้นำมาพิมพ์ในฉบับนี้อีกครั้งหนึ่ง เพื่อที่จะให้ท่านผู้อ่านได้เข้าใจถึงความสำคัญในวิชาการสาขานี้ ซึ่งบุคคลทั้งสองท่านได้มีส่วนร่วมในการศึกษาค้นคว้ามา

จันทรเสกขาร์เกิดที่เมืองลาฮอร์ ประเทศอินเดีย ในปี ค.ศ. 1910 ซึ่งปัจจุบันเมืองนี้เป็นส่วนหนึ่งของประเทศปากีสถาน ได้เข้าศึกษาวิชาดาราศาสตร์ฟิสิกส์กับ Eddington ในปี ค.ศ. 1930 และต่อมาในปี ค.ศ. 1937 ได้ไปทำงานอยู่ที่มหาวิทยาลัยชิคาโก ประเทศสหรัฐอเมริกา ณ ที่นี้ ท่านได้นำเอาผลงานที่ได้ทำในประเทศอังกฤษพิมพ์เป็นตำราว่าด้วยโครงสร้างของดาวฤกษ์ ซึ่งถือเป็นคัมภีร์ฉบับที่สองของวิชาดาราศาสตร์ คือ "An Introduction to the Study of Stellar Structure" ในปี ค.ศ. 1938 ซึ่งขณะนั้นท่านเป็นเพียง

*ได้นำมาตีพิมพ์ซ้ำในตอนท้ายบทความนี้

this is the minimum mass predicted on the basis of (87) (If we assume for μ_e the more probable value of 1.5, then (87) leads to $M = 1180\odot$) Since the mass predicted on the model $P \propto \rho^{5/3}$ comes out unusually high, it seems likely that Kuiper's white dwarf does, in fact, provide a confirmation of the theory. In any case, it is clear that if spectral lines could be detected and identified in this star and the red shift measured, we might have a most valuable astronomical confirmation of the physical theory of degeneracy.[3]

However, since the theory is such a straightforward consequence of the quantum mechanics and, further, uses Dirac's theory of the electron only in that phase of its application which has been confirmed by laboratory experiments (Klein-Nishina formula, production of cosmic ray showers, etc.), there can be little doubt that it is essentially correct.

We have seen that the theory provides a unique mass-radius relation if the radius is measured in units of l_1 (Eq. [82]) and the mass in units of M_3. But these units involve the "molecular weight," μ_e, so that we can apply the theory to determine μ_e for white dwarfs for which both M and R are known, or to determine M for a white dwarf for which only the radius is known (assuming, however, a value for μ_e) It should be noticed that μ_e is not the same as the mean molecular weight μ used in the theory of gaseous stars. For, as the definition of μ_e we have used

$$\rho = n\mu_e H\,, \tag{88}$$

where n is the number of electrons per unit volume. For a mixture of elements which are all completely ionized we can write, in the notation of § 3 of chapter vii,

$$n = \frac{\rho}{H}\sum \frac{x_Z Z}{A_Z}\,, \tag{89}$$

where the element of atomic number Z and atomic weight A_Z is assumed to occur with an abundance x_Z by weight. The summation in (89) is extended over the elements present. Comparing (88) and (89), we derive

$$\mu_e = \frac{1}{\sum\left(x_Z \dfrac{Z}{A_Z}\right)}\,. \tag{90}$$

If X_0 is the abundance of hydrogen, we can re-write (90) as

$$\frac{1}{\mu_e} = X_0 + \sum_{Z\neq 1} \frac{x_Z Z}{A_Z}\,. \tag{91}$$

As a first approximation we can write $Z/A_Z = 1/2$ for all the metals and obtain

$$\mu_e = \frac{2}{1 + X_0}\,. \tag{92}$$

For the Russell mixture considered in chapter vii we find that

$$\mu_e = \frac{1}{0.492 + 0.508X_0}\,. \tag{93}$$

We shall now consider briefly the other white dwarfs for which we have data.

a) *Sirius B.*—We have already considered this star in § 1. Using the data given there and using the theoretical mass radius relation, it is found that $\mu_e = 1.32$, $X_0 = 0.52$.

b) *o₂ Eridani B.*—According to Kuiper,

$$\text{Log } L = -2.26\,, \qquad \text{Log } M = -0.35\,, \qquad \text{Log } R = -1.74\,. \tag{94}$$

The mean density is 91,000 gm cm^{-3}. The theoretical mass-radius relation leads to $X_0 = 0.15$.

c) *Van Maanen No. 2.*—From the reliably known parallax and spectral type, Kuiper derives for this star

$$\text{Log } L = -3.85\,, \qquad \text{Log } R = -2.05\,. \tag{95}$$

The radial velocity of this star has been determined and found to be +238 km/sec. According to Oort, most of this must be due to the Einstein gravitational red shift. Assuming that the full amount

[3] There is a possibility that Wolf 219, another white dwarf discovered by Kuiper, for which Humason found recently a continuous spectrum, may be comparable to AC 70°8247. If confirmed, this star would be even more extraordinary than AC 70°8247, since it is of lower luminosity.

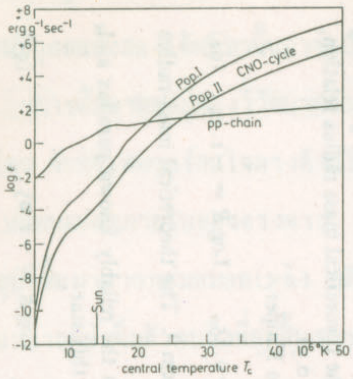


Fig. 25.1. Rate of energy generation ε in stars of various central temperatures T_c, for a central density $\varrho_c = 100$ g cm^{-3}. The pp-chain dominates in cooler stars such as the Sun, and the CNO-cycle dominates in the hotter stars. (After W. A. Fowler, 1959)

รูปที่ 2

ชายหนุ่มอายุ 28 ปีเท่านั้น เพื่อที่จะแสดงให้เห็นความเป็นอัจฉริยะของท่านผู้นี้ ผู้เขียนได้ถ่ายรูปส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้มาลงในรูปที่ 1* ซึ่งแสดงถึงการนำเอาทฤษฎีของดาวแคระขาวที่ชายหนุ่มผู้นี้ค้นพบมาศึกษาเปรียบเทียบกับดาวแคระขาวที่มีจริงบนท้องฟ้า คือ ดาว Sirius B, ดาว o_2 *Eridani* B และดาว Van Maanen No.2 ความสามารถอีกอย่างหนึ่งที่ท่านผู้นี้มีคือ การใช้ภาษาอังกฤษอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งท่านผู้อ่านจะเห็นได้จากรูปที่ถ่ายมานั้น ท่านผู้นี้ดำรงตำแหน่งเป็นบรรณาธิการวารสาร Astrophysical Journal (Ap.J.) อันยิ่งใหญ่ของสหรัฐอเมริกา สิ่งหนึ่งที่นักดาราศาสตร์ชาวผิวขาวเจ้าของภาษาอังกฤษปวดหัวในการที่จะได้เรื่องของตนลงพิมพ์ใน Ap. J. ก็คือ จะถูกบรรณาธิการชาวอินเดียสั่งมาว่าขอให้ไปแก้ไขภาษาอังกฤษมาใหม่ ขอให้เขียนให้ชัดเจนและตรงเป้า ผลงานทางวิชาการของท่านผู้นี้มีอยู่มากมาย แต่ที่นับว่าเด่นมาก และได้ฝากนามให้โลกระบือ คือ การค้นพบ Chandrasekhar Limit ซึ่งลงพิมพ์เผยแพร่เป็นครั้งแรกในปี 1942 ระบุว่า

1. ดาวที่มีมวลสารตั้งแต่ 1.5 เท่าของดวงอาทิตย์ขึ้นไปจะมีวิถีการเจริญเติบโตคนละอย่างกับดาวที่มีมวลสารต่ำกว่านี้

2. ดาวแคระขาวจะมีมวลมากกว่า 1.5 เท่าของดวงอาทิตย์มิได้

3. หลุมดำจะต้องเกิดมาจากดาวที่มีมวลสารมากกว่า 1.5 เท่าของดวงอาทิตย์ขึ้นไป

สำหรับข้อ 3 นั้น นักดาราศาสตร์ฟิสิกส์ท่านอื่น ๆ ได้ช่วยเพิ่มเติมให้ในภายหลัง เมื่อได้ค้นพบว่า Pulsar นั้น คือสิ่งที่จะกลายไปเป็นหลุมดำในเวลาต่อไป

ฟาวเลอร์เกิดในปี ค.ศ.1911 ในเมืองพิทสเบอร์ก ประเทศสหรัฐอเมริกา สำเร็จการศึกษาวิชาฟิสิกส์จาก Ohio State University แล้วเข้าทำงานใน Caltech โดยพุ่งความสนใจไปที่ปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิสิกส์ ซึ่งทำให้เกิดการสังเคราะห์ธาตุต่าง ๆ ซึ่งพบจากการทดลองในห้องปฏิบัติการที่ท่านผู้นี้ทำงานอยู่แล้ว จึงพุ่งความสนใจไปยังดวงดาวว่าดาวดาวนั้นก็คือห้องปฏิบัติการนิวเคลียร์ฟิสิกส์ขนาดมหึมา ซึ่งกำลังสังเคราะห์ธาตุต่าง ๆ อยู่บนท้องฟ้านั่นเอง โดยดวงดาวเหล่านั้นหลอมธาตุเบาให้รวมตัวกันเป็นธาตุหนักแล้วปล่อยพลังงานออกมาจากมวลส่วนเกินตามสมการความสัมพันธ์ระหว่างมวลสารกับพลังงานของไอน์สไตน์ การสังเคราะห์ธาตุหนักในดวงดาวนั้นจะสิ้นสุดลงที่ธาตุเหล็ก จากนั้นดาวจะระเบิดตัวเอง ซึ่ง ณ โอกาสนั้นจะทำให้เกิดการสังเคราะห์ธาตุอื่น ๆ ที่หนักกว่านี้ขึ้นไป ผลงานทางวิชาการของท่านผู้นี้มีทั้งที่ทำร่วมกับผู้อื่น และที่ลงพิมพ์เดี่ยว ๆ ผู้เขียนได้ถ่ายภาพผลงานของท่านชิ้นหนึ่งมาลงในที่นี้ในรูปที่ 2 ซึ่งเป็นเส้นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการผลิตพลังงานของดวงดาวกับ

อุณหภูมิที่จุดศูนย์กลางของดาวที่ความหนาแน่นที่จุดศูนย์กลางมีค่าเป็น 100 เท่าของน้ำ สำหรับดาวรุ่นแรก คือ Population II ซึ่งสร้างตัวเองมาจากกลุ่มหมอกเพลิงไฮโดรเจนและฮีเลียม กับดาวรุ่นหลัง คือ Population I ซึ่งสร้างตัวเองมาโดยได้รับมรดกธาตุหนักชนิดต่าง ๆ ที่ดาวรุ่นแรกระเบิดตัวทิ้งปะปนเข้ามาในกลุ่มกาซไฮโดรเจน และฮีเลียมที่ก่อกำเนิดดาว งานชิ้นนี้ท่านได้ทำภายหลังจากเสร็จสิ้นสงครามโลกครั้งที่ 2 แล้วใหม่ ๆ ซึ่งเป็นยุคสมัยที่โลกกำลังตื่นตระหนกกับระเบิดปรมาณูที่ทิ้งในเมืองฮิโรชิมา และนางาซากิของญี่ปุ่น

สุดท้ายนี้ เราวารสารวิทยาศาสตร์ มข. ขอแสดงความยินดีกับท่านทั้งสองที่ได้รับเกียรติอันสูงสุดทางวิทยาศาสตร์ของโลกในครั้งนี้

และเราขอวิงวอนว่า โลกมนุษย์จะไม่นำความรู้อันสูงส่งที่ได้รับจากดวงดาวมาใช้ในทางที่ผิด ซึ่งจะฝากรอยแผลจารึกลงไปในประวัติแห่งมนุษยชาตินานแสนนานก่อนที่ดวงอาทิตย์ของเราจะระเบิดตัวเผาผลาญสรรพสิ่งในระบบสุริยะเพื่อลบล้างรอยแผลนั้น แล้วจึงไปสร้างภพใหม่ในดาวดวงใหม่ต่อไป ไม่ว่ากรณีใด เราคงจะได้พบกันอีกในภพหน้า ณ ที่แห่งหนึ่งในจักรวาลทางช้างเผือกของเรา

ชีวิตและดวงดาว*

ขาว เหมือนวงศ์

เป็นที่เชื่อแน่ว่าสิ่งมีชีวิตทั้งหลายในปัจจุบันนี้เป็นผลลัพธ์จากการวิวัฒนาการผ่านยุคสมัยต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตในอดีตกาล มนุษย์เป็นผลลัพธ์สุดท้ายที่ได้เจริญแยกสายออกมาจากสัตว์มีกระดูกสันหลังยุคแรกซึ่งปรากฏมีขึ้นเมื่อประมาณหกร้อยล้านปีมานี้ หลักฐานทางธรณีวิทยาระบุว่ามนุษย์ต้องใช้เวลาประมาณหนึ่งล้านปีในการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาจากสภาพของมนุษย์ดึกดำบรรพ์มาจนกระทั่งมีสภาพในปัจจุบันนี้ ปัญหาจึงมีว่าทำไมสิ่งมีชีวิตในอดีตจึงต้องมีวิวัฒนาการ

โลกและดวงอาทิตย์มีกำเนิดร่วมกันมาจากก๊าซกลุ่มหนึ่ง ซึ่งอยู่ในระนาบของจักรวาลเมื่อประมาณห้าพันล้านปีมาแล้ว ระนาบของจักรวาลนี้สามารถจะมองเห็นได้ในเวลากลางคืน เป็นทางขาวพาดตัวในแนวเหนือใต้ของท้องฟ้าซึ่งเรียกกันว่า ทางช้างเผือก จากสภาพเริ่มต้นของกลุ่มก๊าซที่รวมตัวกันโลกจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพเป็นโลกในปัจจุบัน นั่นหมายความว่า ในช่วงเวลาที่ผ่านมาสภาวะแวดล้อมในโลกจะต้องผันแปรตามความเปลี่ยนแปลงนั้นด้วย และโดยเหตุนี้สิ่งมีชีวิตในยุคแรกของโลกจึงต้องได้รับผลกระทบกระเทือนในการดำรงชีพภายใต้สภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงตามกาลเวลา เนื่องจากสิ่งมีชีวิตมีคุณสมบัติพิเศษอย่างหนึ่ง คือ ความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ และในการนี้ การเปลี่ยนแปลงมีลักษณะค่อยเป็นค่อยไป ดังนั้นสิ่งมีชีวิตนอกเหนือจากการปรับตัวเองแล้ว เมื่อเวลาผ่านไปยังมีการเปลี่ยนสภาพทางสรีรวิทยาด้วย และนั่นก็คือการวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตในอดีตซึ่งทำให้สัตว์ชั้นต่ำค่อย ๆ เจริญขึ้นเป็นสัตว์ชั้นสูงตามลำดับชั้นจนเป็น

ดร.ขาว เหมือนวงศ์ วท.บ.เกียรตินิยม (ฟิสิกส์ จุฬา), M.Sc. (Astronomy) Univ. of Ontario (CANADA). D. Phil (Astronomy) Univ. of Sussex England, F.R.A.S.,
*พิมพ์ซ้ำจาก ขาว เหมือนวงศ์, วิทยาสาร มข. 3(2) 19-24(2518)

มนุษย์ ควบคู่กับการเปลี่ยนแปลงของโลก ปัญหาที่น่าคิดติดตามมาก็คือ ในเมื่อมนุษย์เป็นผลแห่งกระบวนการวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตเช่นนี้ มนุษย์จะยังมีวิวัฒนาการต่อไปเป็นมนุษย์ที่ผิดแปลกไปจากสภาพในปัจจุบันนี้หรือไม่

สิ่งมีชีวิตและโลกมิใช่แต่เพียงสองสิ่งที่มีการเปลี่ยนแปลง สรรพสิ่งในจักรวาลของเราก็ล้วนแล้วแต่มีวิวัฒนาการตามกระบวนการแห่งกฎเกณฑ์ทางวิชากายภาพด้วยกันทั้งสิ้น จักรวาลของเราเป็นจักรวาลหนึ่งในจำนวนนับไม่ถ้วนที่รวมกันเป็นเอกภพ เมื่อเอกภพเกิดขึ้นมาโดยการระเบิดตัวเองของมวลสารจำนวนมหาศาล เมื่อประมาณหนึ่งหมื่นสองพันล้านปีมานั้น ทำให้เกิดก๊าซไฮโดรเจนจำนวนร้อยละเจ็ดสิบโดยน้ำหนัก ส่วนที่เหลือมีฮีเลียมเป็นส่วนใหญ่และมีธาตุเบา ๆ อื่น ๆ อีกเพียงเล็กน้อย เอกภพมิได้สร้างสารหรือแร่ธาตุเตรียมไว้ เพื่อที่จะใช้ในการสังเคราะห์สารอินทรีย์เคมีและแร่ธาตุต่าง ๆ ซึ่งเป็นส่วนประกอบของสิ่งมีชีวิต จักรวาลของเราซึ่งเกิดจากการรวมตัวของกลุ่มก๊าซส่วนหนึ่งในเอกพภนั้น จึงไม่อยู่ในฐานะจะก่อให้เกิดมีชีวิตขึ้นได้ แต่ทว่าเมื่อเกิดการระเบิดครั้งใหญ่ขึ้นนั้น จักรวาลของเรามิได้รับมาแต่เฉพาะมวลสารเท่านั้น หากจักรวาลยังได้รับเอากระแสอลวนอันเป็นผลจากการระเบิดนั้นมาด้วยในลักษณะที่ทำให้จักรวาลต้องมีอาการหมุนรอบตัวเอง และนี่คือหนทางที่จะทำให้เกิดมีสารและแร่ธาตุต่าง ๆ อันเป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิตต่อไปได้ กล่าวคือ เมื่อก๊าซจำนวนมากมารวมตัวกันเพราะถูกแรงโน้มถ่วงของกันและกันดึงดูดเข้าหาศูนย์กลาง และขณะเดียวกันก็ต้องหมุนรอบแกนกลางด้วยนั้นก็จะทำให้เกิดกระแสอลวนขนาดย่อมเป็นกลุ่ม ๆ อยู่ทั่วไปภายในจักรวาลกลุ่มแห่งกระแสอลวนนี้จึงเป็นแหล่งที่จะจับเอาก๊าซภายในอาณาบริเวณนั้น ๆ เข้าไว้แล้วอัดตัวเองด้วยแรงดึงดูดภายในกลุ่ม จนกระทั่งก๊าซเหล่านั้นมีความหนาแน่นสูงขึ้น มีอุณหภูมิสูงขึ้นและหมุนรอบตัวเองเร็วขึ้น จนกระทั่งแยกกันออกเป็นดวงดาวจำนวนมาก ประมาณว่า ในแต่ละกลุ่มจะมีดาวที่เกิดขึ้นตั้งแต่สองร้อยดวงจนถึงหนึ่งแสนดวง ดาวดวงหนึ่ง ๆ มีมวลสารมากน้อยแตกต่างกันไปนับตั้งแต่สิบห้าเท่าลงมาจนถึงครึ่งหนึ่งของดวงอาทิตย์ในปัจจุบัน ดาวเหล่านี้จะทำหน้าที่สร้างแร่ธาตุต่าง ๆ ให้แก่จักรวาลเพื่อใช้สังเคราะห์สิ่งมีชีวิตต่อไปโดยกระบวนการที่เรียกว่าวิวัฒนาการแห่งดวงดาว นั่นก็คือ ก่อนจะมีวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตได้นั้นจะต้องมีวิวัฒนาการของดาวรุ่นแรก ๆ เกิดขึ้นก่อน การเปลี่ยนแปลงของดวงดาวนั้นสามารถจะแบ่งออกได้เป็นยุคต่าง ๆ ตามลำดับขั้นของการสังเคราะห์ธาตุ โดยปฏิกิริยานิวเคลียร์ดังนี้คือ ยุคที่หนึ่ง ดาวจะหลอมไฮโดรเจน -1 ให้เป็นฮีเลียม -4 ซึ่งจะได้พลังงานความร้อนออกมาจำนวนมากโดยใช้ไฮโดรเจน -1 จำนวนสี่อนุภาคเพื่อการสังเคราะห์ฮีเลียม -4 จำนวนหนึ่งอนุภาคต่อหนึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ยุคที่สอง สร้างคาร์บอน -12 โดยการหลอมสามอนุภาคของฮีเลียม -4 เข้าด้วยกันซึ่งก็จะให้พลังงานความร้อนออกมามากเช่นกัน ยุคที่สาม ดาวจะหลอมฮีเลียม -4 เข้ากับคาร์บอน -12 ให้เป็นอ็อกซิเจน -16 จากอ็อกซิเจน -16 ให้เป็นนีออน -20 จากนีออน -20 ให้เป็นแมกนีเซียม -24 เช่นนี้เรื่อย ๆ ไปโดยให้ธาตุใหม่ที่เกิดขึ้นมีจำนวนอนุภาคเพิ่มขึ้นจากอนุภาคหลักเดิมจำนวนสี่อนุภาค จนกระทั่งถึงเหล็ก -56 ปฏิกิริยาบวกสี่เช่นนี้ก็จะหยุดเพราะธาตุใด ๆ ตั้งแต่เหล็กขึ้นไปเมื่อถูกหลอมให้เกิดธาตุใหม่ที่หนักขึ้นจะดูดกลืนพลังงานเข้าไว้แทนที่จะคายออกมาให้เหมือนธาตุอื่นที่เบากว่าเหล็ก อนึ่ง

ในช่วงเวลาจากยุคที่หนึ่งจนถึงยุคที่สามนี้ก็จะมีปฏิกิริยาข้างเคียงเกิดขึ้นด้วยโดยธาตุหลักใด ๆ รวมตัวเข้ากับธาตุไฮโดรเจนเพื่อให้เกิดธาตุใหม่ที่สูงขึ้นหนึ่งอันดับ หรือไม่ก็อาจจะทำให้เกิดไอโซโทปของธาตุต่างๆ ได้เช่น การเกิดไนโตรเจน -14 หรือคาร์บอน -13 เป็นต้นปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดไอโซโทปของธาตุนี้นับว่ามีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าปฏิกิริยาสร้างธาตุใหม่ เพราะไอโซโทปเหล่านี้ส่วนใหญ่เมื่อร่วมกับฮีเลียมแล้วจะให้อนุภาคนิวตรอนออกมาเป็นอิสระ และในยุคที่สามนี้ได้มีนิวตรอนเกิดขึ้นเป็นจำนวนมากซึ่งสามารถจะเข้าร่วมกับธาตุหนัก ๆ นับตั้งแต่เหล็ก -56 ขึ้นไปเพื่อเกิดธาตุใหม่ที่สูงขึ้นหนึ่งอันดับโดยการคายอิเล็กตรอนออกมาเป็นปฏิกิริยาต่อเนื่องกันเป็นอนุกรมจนสามารถสร้างได้ถึงบิสมัธ -209 การที่ดาวจำเป็นต้องสร้างธาตุหนักโดยการจับนิวตรอนเช่นนี้เพราะพลังงานที่จะเสียไปในการเกิดปฏิกิริยานี้น้อยกว่าปฏิกิริยาอื่น เพราะนิวตรอนเป็นอนุภาคไม่มีประจุไฟฟ้าสามารถจะวิ่งเข้าชนนิวเคลียสของธาตุหนัก ๆ ได้ง่ายขึ้นอย่างไรก็ดี จำนวนนิวตรอนที่ดาวผลิตได้โดยวิธีดังกล่าวนี้มีจำนวนจำกัด ไม่เป็นการเพียงพอแก่การที่จะสร้างธาตุอื่นใดที่หนักกว่าบิสมัธ -209 ได้ ยุคที่สี่อันเป็นยุคอวสานต์ของดวงดาว ดาวอยู่ในสภาพซึ่งไม่สามารถจะผลิตพลังงานนิวเคลียร์ออกมาได้จึงหดตัวลงเพราะแรงดึงดูดที่ส่งออกมากระทำต่อมวลสารภายนอกมีค่าสูงกว่าความดันภายในอันเนื่องมาจากการต้องสูญเสียพลังงานไปในการสร้างธาตุหนักด้วยจึงปรากฏว่าดาวจะบีบตัวเองจนถึงจุดหนึ่งมวลสารส่วนในไม่สามารถจะรับน้ำหนัก ของมวลสารส่วนนอกได้จึงเกิดการระเบิดขึ้นเรียกว่าโนวา หรือซูปเปอร์โนวา ผลแห่งการนี้ทำให้มีพลังงานความร้อนและแสงสว่างอย่างมากจนสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิสิกส์ต่าง ๆ ได้ในเวลาเดียวกัน ปฏิกิริยาที่สำคัญคือการเกิดนิวตรอนอิสระจำนวนมาก นิวตรอนเหล่านี้จะวิ่งเข้าชนธาตุหนักต่าง ๆ เพื่อให้เกิดธาตุที่หนักกว่าบิสมัธ -209 จนกระทั่งถึงธาตุอันดับสุดท้าย การสร้างธาตุหนักในยุคนี้เป็นไปอย่างรวดเร็วสามารถจะกระทำอย่างครบบริบูรณ์ได้ภายในเวลาหนึ่งร้อยวินาที ธาตุสำคัญธาตุหนึ่งที่ถูกสร้างขึ้นมาเป็นส่วนใหญ่จากการระเบิดของดวงดาวคือ แคลิฟอร์เนียม -254 ซึ่งเราจะสังเกตได้ว่าเมื่อมีการเกิดซูปเปอร์โนวาขึ้นนั้นแสงสว่างของการระเบิดจะลดลงครึ่งหนึ่งในเวลา 55 วัน ซึ่งตรงกับเวลาครึ่งชีวิตของแคลิฟอร์เนียม -254

การสังเคราะห์แร่ธาตุต่าง ๆ ของจักรวาลโดยการสร้างดาวแล้วทำลายดาวเช่นนี้ดำเนินอยู่ตลอดเวลานับตั้งแต่จักรวาลเกิดขึ้นมา ดังนั้น เมื่อเวลายิ่งนานขึ้น ภายในห้วงอวกาศของจักรวาลจึงได้สะสมแร่ธาตุต่าง ๆ มากยิ่งขึ้นนอกเหนือจากไฮโดรเจนและฮีเลียมแล้ว ดังนั้น ดาวที่เกิดขึ้นมาในยุคหลังจึงได้รับแร่ธาตุต่าง ๆ ไว้ใช้ได้ทันที และโดยเหตุนี้เมื่อระบบสุริยะของเราอุบัติขึ้นมาเมื่อห้าพันล้านปีก่อนนั้นจึงมีแร่ธาตุต่าง ๆ อย่างพร้อมมูลสำหรับที่จะนำมาใช้ในระบบ อันประกอบด้วยดวงอาทิตย์เป็นประธาน และดาวเคราะห์น้อยใหญ่เป็นบริวาร ดาวเคราะห์เหล่านี้แท้จริงคือดาวฤกษ์ดวงเล็ก ๆ นั่นเอง แต่โดยเหตุที่มีมวลสารน้อยเกินไปจึงไม่สามารถสร้างความร้อนเพื่อใช้ในการเผาไหม้ไฮโดรเจนให้เป็นฮีเลียมได้พอ แต่ถึงกระนั้นก็ดีโลกของเราก็ยังสามารถจะให้พลังงานในการที่จะรวมไฮโดรเจนเข้ากับอ็อกซิเจนทางเคมีเพื่อให้เกิดเป็นน้ำสำหรับเป็นบ่อเกิดและแหล่งหล่อเลี้ยงชีวิตบนพื้นพิภพได้

และ ณ บัดนี้เราได้มีชีวิตอยู่ร่วมกันในโลกนี้

โลกซึ่งถูกสร้างให้เป็นกลางวันและกลางคืน ด้วยการหมุนรอบตัวเองเพื่อเฉลี่ยอุณหภูมิบนพื้นโลก คงจะไม่เกินความจริงหากจะกล่าวว่า เราทั้งหลายต่างก็เคยเป็นดวงดาวด้วยกันมาและเราได้มาจุติเป็นมนุษย์ด้วยกันในกาลบัดนี้ และนั่นหมายความว่า ควรจะมีพี่น้องของเราที่เคยเป็นดวงดาวด้วยกันมาในอดีตชาติได้ไปจุติในระบบอื่นซึ่งมีดาวฤกษ์ดวงหนึ่ง ๆ เป็นประธาน และดาวฤกษ์นั้นประกอบกันเข้าเป็นจักรวาลของเรา จึงใคร่ขอย้อนกลับไปหาปัญหาที่ได้ตั้งไว้ว่ามนุษย์บนโลกนี้จะต้องมีวิวัฒนาการต่อไปหรือไม่

เรายอมรับกันแล้วว่ามนุษย์และสิ่งมีชีวิตทั้งหลายต่างมีคุณสมบัติในการปรับตัวเองให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้ และถ้าสิ่งแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงก็สามารถจะเปลี่ยนแปลงตามตัวได้ จนกระทั่งกลายเป็นเผ่าพันธุ์ใหม่ทั้งนี้ถ้าได้ให้เวลาพอ มนุษย์มีชีวิตอยู่ได้ทุกวันนี้ก็ด้วยความการุณแห่งดวงอาทิตย์ ระยะห่างระหว่างโลกและดวงอาทิตย์ทำให้มนุษย์มีชีวิตอยู่ได้อย่างสุขสบายสำหรับสภาวะการณ์ในดวงอาทิตย์ขณะนี้ แต่ดวงอาทิตย์ใช่ว่าจะคงสภาพเช่นนี้ตลอดไปก็หามิได้ หากหว่าจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างและนั่นหมายความว่า มนุษย์ก็จะต้องได้รับผลแห่งการเปลี่ยนแปลงนั้น การซึ่งจะพยากรณ์อนาคตของมนุษยชาติได้อย่างแม่นยำเพียงไรจึงขึ้นอยู่กับความแน่นอนถูกต้องในความรู้ของดวงดาวที่เรามีอยู่เพราะดวงดาวและดวงอาทิตย์มีความสัมพันธ์ต่อกันโดยตรง เราจึงมีเหตุผลอย่างเพียงพอในการที่จะทุ่มเทสติปัญญาและทุนทรัพย์เพื่อการศึกษาค้นคว้าความเป็นไปในห้วงอากาศ ตลอดเวลานี้ดาวแต่ละดวงต่างก็อยู่ในขั้นตอนต่าง ๆ กัน ในกระบวนการแห่งวิวัฒนาการของดวงดาว ถ้าหากเราสามารถทำความเข้าใจขั้นตอนเหล่านี้ได้โดยถ่องแท้ ก็สามารถจะทราบความเปลี่ยนแปลงตามลำดับขั้นของดวงอาทิตย์ในอนาคตได้ ซึ่งจะนำไปสู่ความเข้าใจอย่างถูกต้องในการวิวัฒนาการแห่งมนุษย์ในภายหน้า ซึ่งจะต้องดำรงชีพอยู่กับดวงอาทิตย์ที่มีสภาพผิดไปจากปัจจุบัน

ความรู้ทางวิชาดาราศาสตร์ของเราในขณะนี้พอจะวาดภาพอนาคตของดวงอาทิตย์อย่างกว้าง ๆ ได้ว่า ดวงอาทิตย์จะค่อย ๆ ขยายตัวออกพร้อม ๆ กับเพิ่มปริมาณการแผ่รังสีความร้อนออกมา เป็นที่เชื่อกันว่า การเปลี่ยนแปลงของดวงอาทิตย์ในขั้นแรกจะมีแต่การเพิ่มปริมาณความร้อนออกมายิ่งขึ้นจากสภาพภายใน ปัจจุบันดวงอาทิตย์จะค่อย ๆ เพิ่มพลังงานความร้อนได้จนถึงพันเท่าของอัตราขณะนี้และจะขยายตัวออกคลุมถึงวงโคจรของดาวพุธดูดกลืนดาวพุธไว้ภายใน ต่อจากนั้นจะหดตัวให้มีขนาดเล็กลง ๆ จนมีขนาดเล็กกว่าขนาดในปัจจุบันอย่างมาก เพราะการที่ดวงอาทิตย์ต้องสูญเสียพลังงานในการสร้างธาตุที่หนักกว่าเหล็กดังกล่าวมาแล้ว และ ณ จุดหนึ่งความกดดันภายในไม่สามารถจะรับน้ำหนักของมวลสารภายนอกที่ถูกบีบตัวลงไป ดวงอาทิตย์ก็จะระเบิดขึ้นเช่นเดียวกับดวงดาวอื่น และเมื่อเวลานั้นมาถึงระบบสุริยะก็จะถึงกาลอวสานต์ อย่างไรก็ดี ก่อนที่จะถึงเวลานั้น มนุษย์และสรรพสิ่งมีชีวิตจะต้องประสบกับสภาพการเปลี่ยนแปลงที่มีลักษณะค่อยเป็นค่อยไปของดวงอาทิตย์ก่อน กล่าวคือ ดวงอาทิตย์จะค่อย ๆ เพิ่มปริมาณความร้อนที่ส่งมายังโลก ในปัจจุบันนี้สิ่งมีชีวิตสามารถจะดำรงชีพอยู่ได้อย่างสบายสำหรับอุณหภูมิเฉลี่ยในรอบปีขณะนี้ซึ่งสามารถสร้างภูมิให้มนุษย์สามารถทนอยู่ได้ในบรรยากาศที่มีอุณหภูมิสูงถึง 45 องศาเซ็นติเกรด แต่ต่อไปภายหน้าอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกค่อย ๆ สูงขึ้น และสิ่งมีชีวิตทั้งหลายจะต้องปรับตัวให้ดำรงชีพอยู่ได้โดยการวิวัฒนาการเป็นเผ่าพันธุ์ใหม่ อาจเป็นไปได้ว่า

มนุษย์ในอนาคตต้องมีรูปร่างใหญ่โตกว่านี้ เพราะจะต้องมีผิวหนังที่หนาขึ้นอันเนื่องจากระบบระบายความร้อนทางผิวหนังจะต้องทำงานซับซ้อนกว่า ระบบหมุนเวียนโลหิตก็จะต้องเปลี่ยนแปลงไปจากสภาพของการเป็นสัตว์เลือดอุ่นในปัจจุบัน อย่างไรก็ตามวิวัฒนาการของสิ่งที่มีชีวิตจะไม่สามารถช่วยให้มนุษย์อยู่ได้จนถึงวินาทีสุดท้ายของระบบสุริยะ เพราะเมื่อดวงอาทิตย์เพิ่มอัตราการแผ่รังสีเพียงแค่ร้อยเท่าของอัตราในปัจจุบัน อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกก็จะถึงจุดน้ำเดือดและโดยเหตุนี้น้ำในมหาสมุทรก็จะเหือดแห้งไปสิ้น และนั่นหมายถึงอวสานต์แห่งมนุษยชาติก่อนกาลอวสานต์ของดวงอาทิตย์เป็นเวลานาน และไม่ว่ามนุษย์จะมีความเจริญทางวิชาการสักเพียงใดในกาลภายหน้าอนาคตของมนุษย์ก็ยังคงถูกตัดสินกันด้วยจุดน้ำเดือดอยู่นั่นเอง และกฎแห่งวิชาเคมีฟิสิกส์ได้กำหนดไว้ให้เพียงแค่ร้อยองศาเซ็นติเกรดเท่านั้น

ณ บัดนี้ท่านทั้งหลายคงจะได้เห็นแล้วว่าวิชาดาราศาสตร์มีความสำคัญต่อมนุษยชาติเพียงไร เรามิได้ศึกษาวิชาดาราศาสตร์เพื่อความอยู่ดีกินดี หรืออำนาจของกลุ่มชนกลุ่มหนึ่งให้เหนือกว่าชนกลุ่มอื่นเราศึกษาดาราศาสตร์เพื่อมนุษยชาติเป็นส่วนรวม ยังมีเวลาอีกนานก่อนที่จะถึงวินาทีสุดท้ายของมนุษยชาติสำหรับที่จะให้เราได้ทำการศึกษาหารคำตอบอันถูกต้องของมนุษย์ที่เกี่ยวพันกับดวงดาว อย่างน้อยที่สุดก็ในฐานะที่เราเป็นสมาชิกส่วนหนึ่งในจักรวาลของเรามนุษย์ศึกษาวิชาดาราศาสตร์เพราะความบันดาลใจในความงามอันมีมนต์อาถรรพ์ของกลุ่มดาว และ สามารถนำเอาความรู้นั้นมาใช้ในการเดินเรือเป็นประโยชน์ได้ บัดนี้การศึกษาทางดาราศาสตร์ได้เจริญก้าวหน้าถึงขั้นซึ่งสามารถบอกความสัมพันธ์ระหว่างชีวิตและดวงดาวได้ ทำให้เราได้รู้ถึงการอุบัติ การวิบัติแห่งดวงดาวและระบบสุริยะ ยังมีงานอีกมากที่เหลืออยู่สำหรับให้เราได้ช่วยกันทำเพื่อค้นคว้าสิ่งเร้นลับซึ่งซ่อนตัวมากับแสงกระพริบของดวงดาวจากเบื้องบน เพื่อที่เราจะได้สร้างความต่อเนื่องของเหตุการณ์แห่งวัฏจักรของการอุบัติ การเปลี่ยนแปลงและการวิบัติ ดังพุทธวัจนะได้สรุปธรรมชาติของสรรพสิ่งไว้ว่า

ทุกฺขํ อนิจฺจํ อนตฺตา.*

---

*ผู้เขียนเจนตาเรียงเช่นนี้

ต่อมไพเนียลและกลไกที่ควบคุมนาฬิกาชีวะ

เพ็ญจันทร์ สว่างเมือง*

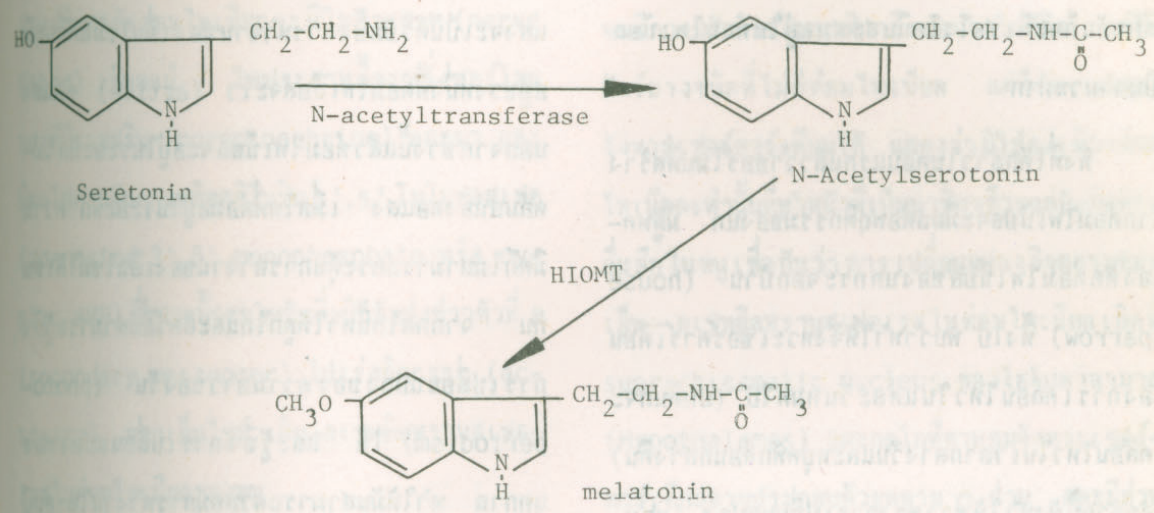
การทำงานของระบบบางระบบในร่างกายของสัตว์สามารถบอกเวลาได้เราเรียกระบบนี้ว่า"นาฬิกาชีวะ" นาฬิกาชีวะจะมีกลไกควบคุมการทำงานเช่นเดียวกับนาฬิกาที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้นมา คือ มีกลไกที่บอกให้รู้ถึงเวลา (เทียบได้กับเข็มนาฬิกา) กลไกในการตั้งเวลา และกลไกที่ใช้ควบคุมเวลา เวลาการทำงานของระบบนี้จะสัมพันธ์กับช่วงเวลาของโลก ในสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังบางชนิดจะมีต่อมไพเนียล (pineal gland) ที่ทำหน้าที่เหมือนนาฬิกาที่คอยบอกเวลาการทำงานของอวัยวะในร่างกาย นาฬิกานี้จะถูกควบคุมโดยแสง ต่อมไพเนียลเป็นต่อมที่มีขนาดเล็กอยู่ด้านบนของสมอง ต่อมนี้ทำหน้าที่สังเคราะห์ฮอร์โมนเมลาโตนิน (melatonin หรือ 5-methyl-N-acetyl tryptamine) ปริมาณของฮอร์โมนที่สังเคราะห์ออกมานี้จะบอกเวลาได้เหมือนกับดวงอาทิตย์ที่บอกเวลาในโลกมนุษย์

ช่วงเวลาการทำงานของระบบต่าง ๆ ในแต่ละรอบเรียก <u>จังหวะเซอร์คาร์เดียน</u> (circardian rhythms) มาจากคำว่า circa แปลว่า รอบ และ dies แปลว่า วัน ดังนั้นแต่ละจังหวะเซอร์คาร์เดียนจึงหมายถึงช่วงเวลาตั้งแต่ดวงอาทิตย์ขึ้นจนถึงดวงอาทิตย์ตกดิน ปกติจะเท่ากับ 24 ชั่วโมง จังหวะเซอร์คาร์เดียนที่พบในต่อมไพเนียลคือการสังเคราะห์ฮอร์โมนเมลาโตนิน ฮอร์โมนนี้จะสัมพันธ์กับเวลาและแสงดังนี้คือ ประการแรกใช้วัดช่วงแสงของวัน (day length) มีประโยชน์ในการควบคุมขนาดของอวัยวะสืบพันธุ์ของแฮมสเตอร์ (hamster) (ถ้าอยู่ในที่มืดจะผลิตฮอร์โมนออกมามาก ฮอร์โมนนี้จะยับยั้งความสมบูรณ์เต็มที่ของอวัยวะสืบพันธุ์ในระยะก่อนโตเต็มที่) ประการที่สองช่วงความมืด (dark time) จะทำให้สีผิวของสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังชั้นต่ำ (สัตว์เลือดเย็น เช่น กบ) จางลงโดยเมลลาโตนินจะมีผลไปทำให้เม็ดสี (pigment granules) ในเมลาโนฟอร์ (melanophore) เกิดการรวมตัวจึงทำให้สีเข้มบริเวณที่เม็ดสีมารวมตัว แต่ผิวหนังโดยทั่วไปสีจะจางลง (Keeton, W. 1972) ประการที่สามจะดำรงไว้ซึ่งความปกติของจังหวะเซอร์คาร์เดียนของพฤติกรรมในการเคลื่อนที่ของนกกระจอกและสัตว์เลื้อยคลานบางชนิด

ต่อมไพเนียลจะสังเคราะห์ฮอร์โมนเมลาโตนินจากสารประกอบเซอโรโตนิน (serotonin) ซึ่งเป็นสารที่ทำหน้าที่ส่งกระแสความรู้สึกผ่านไซแนปส์ (synapse) ของระบบประสาท (เป็น neurotransmitter) การสังเคราะห์เมลาโตนินมีอยู่ 2 ตอน ตอนแรกเซอโรโตนินจะถูกเอนไซม เอ็น - อเซทติลทรานสเฟอเรส (N - acetyl - transferase)

*อาจารย์ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เปลี่ยนเป็น เอ็น-อเซทติลเซอโรโตนิน(N-acetyl-serotonin)หลังจากนั้น เอ็น-อเซทติลเซอโรโตนินจะถูกเอนไซม์ ไฮดรอกซี่ อินโดล-โอ-เมทิล-ทรานสเฟอเรส (hydroxyindol-o-methyl transferase = HIOMT) เปลี่ยนเป็นเมลาโตนิน



รูปที่ 1 การสังเคราะห์เมลาโตนิน

การสังเคราะห์ฮอร์โมนของต่อมไพเนียลจะถูกควบคุมโดยแสงสว่างเกี่ยวกับเรื่องนี้มีนักวิทยาศาสตร์หลายท่านได้ทำการทดลองในหนู พอจะสรุปได้ดังนี้คือ ถ้าให้หนูอยู่ในที่ ๆ มีแสงสว่างติดต่อกันเป็นเวลานานๆ ต่อมไพเนียลของหนูจะเหี่ยวและมีขนาดเล็กลงมาก ขณะเดียวกันเอนไซม์ HIOMT ก็จะอยู่ในระดับต่ำกว่าปกติ แต่ถ้าให้หนูอยู่ในที่มืดติดต่อกันเป็นเวลานาน ๆ ต่อมไพเนียลจะมีขนาดโตมาก ระดับ HIOMT ก็จะสูงมากด้วย ถ้าหนูได้รับแสงสว่าง 12 ชม. และอยู่ในที่มืด 12 ชม. พบว่าระดับเอนไซม์ HIOMT จะต่ำสุดในช่วงสุดท้ายที่ได้รับแสง แต่จะเพิ่มสูงขึ้นในทันทีที่อยู่ในที่มืด แต่ถ้าทำให้หนูตาบอดพบว่า ไม่ว่าจะอยู่ในที่มืดหรือสว่างระดับ HIOMT ในต่อมไพเนียลจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น แสดงให้เห็นว่าการทำงานของเอนไซม์ HIOMT จะขึ้นต่อแสงโดยตรง การเปลี่ยนแปลงระดับของเอนไซม์ HIOMT นี้จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับเซอโรโตนินและเมลาโตนินในต่อมไพเนียลของหนูด้วย จากการทดลองวัดระดับเซอโรโตนิตและเมลาโตนินในต่อมไพเนียลของหนูที่ได้รับแสง 12 ชม. และอยู่ในที่มืด 12 ชม. พบว่า ระดับเซอโรโตนินจะสูงในช่วงที่มีแสงแต่จะลดต่ำลงในตอนกลางคืนหรือช่วงที่ไม่มีแสง แต่ปริมาณของโมลาโตนินจะกลับกันคือสูงในช่วงที่มีแสง แต่จะต่ำลงในช่วงที่ไม่มีแสง แสดงให้เห็นว่าในตอนกลางคืนซึ่งมี HIOMT สูง เอนไซม์นี้จะเปลี่ยนเซอโรโตนินให้เป็นเมลาโตนินจึงทำให้ระดับเมลาโตนินสูง แต่เซอโรโตนินลดต่ำลง

ปริมาณของเอนไซม์ เอ็น-อเซทติลทรานสเฟอเรสก็จะมีการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกัน จากการทดลองของ David Klein และ Joan L. Weller (1970) พบว่าถ้าให้หนูอยู่ในที่มืดและมีแสงสว่างสลับกันตามการเปลี่ยนแปลงของแต่ละวัน ประสิทธิภาพในการทำงานของเอ็นไซม์ เอ็น-อเซทติลทรานสเฟอเรสจะสูงสุดในช่วงที่ไม่มีแสง ทำให้มีการสังเคราะห์เมลาโตนินออกมาเป็นจำนวนมาก เป็นเหตุให้ปริมาณของเซอโรโตนินที่สะสมไว้ลดน้อยลง

แต่ประสิทธิภาพในการทำงานของเอ็นไซม์ เอ็น-อเซทติลทรานสเฟอเรสจะลดลงในช่วงที่ได้รับแสง ทำให้มีการสังเคราะห์เมลาโตนินออกมาน้อย ขณะเดียวกันก็จะมีเซอโรโตนินสะสมอยู่ในต่อมไพเนียลเป็นจำนวนมาก

ดังที่ได้กล่าวในตอนแรกแล้วว่าฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมไพเนียลจะมีผลต่อพฤติกรรมของนก มีผู้ทดลองตัดต่อมไพเนียลของนกกระจอกบ้าน (house sparrow) ทั้งไป พบว่าทำให้จังหวะเซอร์คาร์เดียนของการเคลื่อนไหวในแต่ละวันหมดไป (ปกตินกจะเคลื่อนไหวในเวลากลางวันและหยุดพักตอนกลางคืน) นอกจากนี้ยังทำให้ช่วงของการเปลี่ยนแปลง (rhythms) ของอุณหภูมิของร่างกายเปลี่ยนแปลงไปด้วย (ปกติอุณหภูมิจะสูงช่วงกลางวันที่มีการเคลื่อนไหว) ถ้าทดลองฉีดเมลาโตนินให้แก่นกกระจอก พบว่ามีผลทำให้นกหลับขณะเดียวกันอุณหภูมิของร่างกายจะลดลงด้วย ซึ่งลักษณะทั้ง 2 ชนิดนี้เป็นลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของนกในเวลากลางคืน แต่ถ้าฉีดเมลาโตนินให้นกติดต่อกันไป พบว่าการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่เกิดขึ้นระหว่างตอนกลางวันจะหายไป จะพบเฉพาะลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่เกิดตอนกลางคืนเท่านั้น

Binkley (1979) ได้ทดลองกับลูกไก่อายุประมาณ 3 สัปดาห์ โดยให้ลูกไก่ได้รับแสง 12 ชม. และอยู่ในที่มืด 12 ชม. สลับกันไป พบว่าระดับของเอ็นไซม์ เอ็น-อเซททิลทรานสเฟอเรสจากต่อมไพเนียลจะสูงสุดในช่วงที่ไม่มีแสง ในช่วงนี้พบว่าปริมาณของเมลาโตนินจะสูงขึ้นด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าการทำงานของเอ็นไซม์ เอ็น-อเซททิลทรานสเฟอเรสในลูกไก่เป็นจังหวะเซอร์คาร์เดียน แต่ละเซอร์คาร์เดียนใช้เวลาประมาณ 24 ชม. จากการทดลอง Binkley พบว่าแสงเป็นตัวยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ แต่ความมืดเป็นตัวกระตุ้นให้เอ็นไซม์ทำงาน ซึ่งจะตรงกับช่วงเวลากลางคืนและกลางวัน แม้ว่าแสงจะเป็นตัวยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์แต่ก็จะมีอยู่ช่วงหนึ่งที่ต่อมไพเนียลจะไว (active) ต่อแสง นอกจากช่วงนี้แล้วต่อมไพเนียลจะอยู่ในระยะพักไม่ตอบสนองต่อแสง เมื่อใดที่ต่อมอยู่ในระยะพัก ความมืดก็ไม่สามารถกระตุ้นการทำงานของเอ็นไซม์ได้เช่นกัน จากกลไกนี้ทำให้ลูกไก่และสัตว์อื่นสามารถรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงของความยาวของวัน (photoperiodism) ได้ และรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาล ทำให้มันสามารถควบคุมการทำงานในรอบปีได้เช่นเดียวกับที่ควบคุมในแต่ละวัน

ปัญหาที่น่าสนใจว่าอะไรเป็นตัวที่ควบคุมจังหวะเซอร์คาร์เดียนของการทำงานของเอ็นไซม์ เอ็น-อเซทติลทรานสเฟอเรสในต่อมไพเนียล ในหนู(rat) เป็นที่ทราบกันดีว่าอวัยวะรับแสงซึ่งจะควบคุมการทำงานของต่อมไพเนียลคือตา แต่ในลูกไก่ Binkley พบว่าทั้งตาและอวัยวะรับแสงอื่นที่ไม่ใช่ตาก็จะทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการส่งผ่านแสงไปมีผลต่อการทำงานของเอ็นไซม์ เอ็น-อเซทติลทรานสเฟอเรสจากการที่เขาทดลองนำเอาต่อมไพเนียลของไก่มาเพาะเลี้ยงในห้องทดลองเขาพบว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของแสงที่ได้รับ การทำงานของเอ็นไซม์ เอ็น-อเซทติลทรานสเฟอเรสก็จะเปลี่ยนแปลงไปด้วยแสดงให้เห็นว่าต่อมไพเนียลเองก็สามารถที่จะรับแสงได้ อาจเป็นไปได้ว่าต่อมไพเนียลของไก่มีส่วนที่ทำหน้าที่คล้ายตัวรับแสง (photoreceptor like structure) อยู่

กลไกที่แสงควบคุมการทำงานของเอ็นไซม์ในต่อมไพเนียลในหนูและไก่จะแตกต่างกัน ในหนูนั้นแสง

จะไปกระตุ้นโฟโตรีเซปเตอร์ในตา แล้วผ่านไปทางปมประสาทสุพีเรียร์เซอร์วิคอล (superior cervical ganglion) ระหว่างปมประสาทสุพีเรียร์เซอร์วิคอลกับต่อมไพเนียลจะมีใยประสาท (nerve fiber) เชื่อมอยู่ ใยประสาทนี้จะหลั่งฮอร์โมนนอร์อีปีเนฟฟริน (norepinephrine) ออกมา และมีผลไปกระตุ้นการผลิตอดิโนซิน 3',5' โมโนฟอสเฟต (adenosine 3',5' monophosphate หรือ cyclic AMP) ซึ่งสารนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวส่งข่าวตัวที่ 2 (secondary messenger) ไปเร่งกิจกรรม (activity) ของเอ็นไซม์ เอ็น-อเซทติลทรานสเฟอเรสในต่อมไพเนียลของหนู

แต่ในลูกไก่พบว่านอร์อีปีเนฟฟรินจะไปยับยั้งกิจกรรมของเอ็นไซม์ เอ็น-อเซทติลทรานสเฟอเรส สำหรับลูกไก่แล้วไม่จำเป็นต้องอาศัยสิ่งเร้าจากภายนอกมากระตุ้นกิจกรรมของเอ็นไซม์ เพราะจะมีตัวกระตุ้นอยู่ภายในต่อมไพเนียลเอง นอกจากนี้ต่อมไพเนียลของลูกไก่มีความสามารถที่จะจำ (memory) เกี่ยวกับช่วงเวลาที่ได้รับแสงได้ ดังนั้นกลไกการตั้งเวลาของต่อมไพเนียลในลูกไก่จะขึ้นอยู่กับแสงที่เห็นและเวลาในการจำนาฬิกาชีวะจะสามารถตั้งใหม่ได้ในช่วงเวลาที่ไม่ใช่ระยะฟักของแสง และระยะฟักสามารถจะหลอกได้ โดยอาศัยความจำจากวงจรความมืด-สว่างที่ได้รับมาก่อน

ในสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังหลายชนิดต่อมไพเนียลจะมีความสัมพันธ์กับนาฬิกาชีวะอย่างใกล้ชิด แต่ในสัตว์บางชนิดที่ไม่มีต่อมไพเนียล แต่ก็ยังคงแสดงจังหวะเซอร์คาร์เดียนได้ แสดงว่ามิใช่แต่เพียงต่อมไพเนียลเท่านั้นที่ทำหน้าที่เป็นนาฬิกาชีวะแต่ยังมีอย่างอื่นอีกในหนู เชื่อกันว่าการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอ็น-อเซทติลทรานสเฟอเรสในต่อมไพเนียลเกิดที่ suprachiasmatic nucleus ของไฮโปทาลามาส (Hypothalamas) และกลไกที่ควบคุมจังหวะเซอร์คาร์เดียนอาจประกอบด้วยหลาย ๆ ส่วน และมีส่วนหนึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเริ่มต้น (pacemaker) ทำให้ส่วนอื่น ๆ ทำงานเชื่อมโยงกัน

จากที่กล่าวมาแล้วพอจะสรุปได้ว่า ต่อมไพเนียลทำหน้าที่หลายอย่าง นอกเหนือจากเป็นนาฬิกาชีวะที่คอยควบคุมเวลา การหลั่งของเมลาโตนินทำให้นาฬิกาชีวะสามารถสื่อสารเวลาได้ กลไกที่ใช้ในการควบคุมเวลาจะถูกตั้ง (reset) โดยสัญญาณแสงอาจจะโดยตรงหรือผ่านมาทางสัญญาณในระบบประสาท (neural signals)

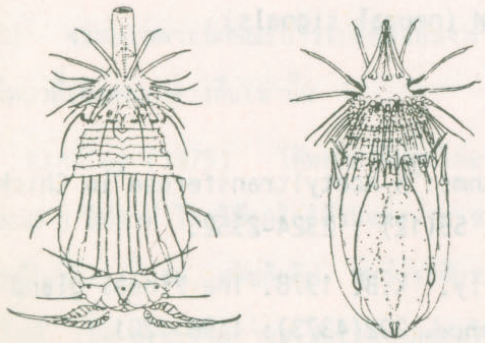
บรรณานุกรม

1. Binkley, S. 1976. Pineal gland Biorhythms: N-Acetyltransferase in Chickens and Rats, *Proc. Soc. Exp. Biol.* 55(12) : 2324-2352.
2. Binkley, S., Riebman, J.B. and Reilly, K.B. 1978. The Pineal gland : A Biological clock in vitro, *Science*. 202(4373): 1198-1201.
3. Binkley, A. 1979. A Timekeeping Enzyme in the Pineal Gland, *Scientific American*. 240(4): 50-55.
4. Keeton, W. 1972. "Biological Science", 2nd ed, W.W. Norton & Company Inc.
5. Nagle, C.A., Cardinali, D.P. and Rosner, J.M. 1972. Light regulation of rat retinal hydroxyindole-o-methyl transferase (HIOMT) activity, *Endocrinol*. 91(2): 423-426.

ลอริซิเฟอรา : สัตว์ไฟลัมใหม่

พินิจ หวังสมนึก*

ในคริสต์ศตวรรษที่ 20 มีการค้นพบสัตว์ไฟลัมใหม่เพียง 3 ครั้งเท่านั้น ทำให้ปัจจุบันมีสัตว์อยู่ 35 ไฟลัม Robert Higgins นักวิจัยของ Smithsonian's National Museum of Natural History ที่กรุงวอชิงตัน ดี.ซี. ได้พบสัตว์นี้มาแล้วครั้งหนึ่งเมื่อปี ค.ศ. 1974 แต่ในครั้งนั้นไม่ได้รับการยอมรับว่าเป็นสิ่งมีชีวิตใหม่ที่ ยังไม่ มีใครรู้จักมาก่อน แต่ชื่อเสียงในการค้นพบ การบรรยายลักษณะต่าง ๆ การตั้งชื่อไฟลัมใหม่กลับเป็นของ ไรน์ฮาร์ดท์ เอ็ม คริสเตนเซน(Reinhardt M. Kristensen) แห่งมหาวิทยาลัยโคเปนเฮเกน ประเทศเดนมาร์ก ซึ่งทั้งสองเคยทำงานร่วมกันในปี ค.ศ. 1982 สัตว์ชนิดใหม่นี้มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า*Nanaloricus mysticus* จัดอยู่ในไฟลัม ลอริซิเฟอรา (Loricifera) ดังแสดงในรูปที่ 1 เป็นสัตว์ที่มีขนาดเล็กอาศัยอยู่ในทะเลตามกรวดทรายใต้ทะเลที่ระดับความลึก10-100 เมตร เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับสัตว์ขนาดเล็กชนิดต่าง ๆ ที่ได้เก็บรวบรวมไว้และทราบชนิดแล้ว แต่ยังไม่ทราบชีววิทยาและการกระจาย ปรากฏว่ามีความแตกต่างกันมาก (ซึ่งเมื่อรวบรวมสัตว์ ชนิด ต่าง ๆ เหล่านี้แล้วสามารถแยกออกจากกันได้ถึง 5 ไฟลัม) สัตว์ชนิดนี้มีลักษณะหลายอย่างแตกต่างจากไฟลัมอื่นแต่ก็ได้รวมเข้าไว้ในไฟลัมเดียวกัน ลักษณะส่วนหัว มีหนามแหลมรวมกันคล้ายมงกุฎ ส่วนของปากเป็นท่อบิดงอได้ สามารถเจาะเข้าไปในสัตว์อื่นได้ และรูปร่างก็ต่างจากสัตว์อื่นทั้งหมด การเจริญเติบโตโดยการลอกคราบ



รูปที่ 1 Nanaloricus mysticus ระยะตัวอ่อน (ซ้าย) ขนาดไม่เกิน 195 ไมโครเมตร มีระยางค์ที่ใช้ว่ายน้ำได้ดีมาก ระยะตัวเต็มวัย (ขวา) ขนาดประมาณ 230 ไมโครเมตร เป็นพวกที่เกาะอยู่กับที่ การเปลี่ยนแปลงจากตัวอ่อนไปเป็น ตัวเต็มวัยยังไม่ทราบแน่ชัด (1,2)

ปี ค.ศ. 1975 คริสเตนเซนพบลอริซิเฟอรา 1 ตัว แต่เขาก็ทำตัวอย่างที่ได้มาเสียไประหว่างการเตรียมตัวอย่างเพื่อศึกษาทางกล้องจุลทรรศน์ ปีต่อมาเขาพบอีกแต่เป็นระยะตัวอ่อน ซึ่งอาศัยอยู่ในเปลือกหอย ตัวอย่างที่พบใหม่นี้อยู่ห่างจากฝั่งทะเลทิศตะวันตกของเกาะกรีนแลนด์ และพบอีก 1 ตัวอย่างในบริเวณที่มีทรายแก้วทางฝั่ง Chesterfield Reefs ที่ทะเลคอรัล ซึ่งเป็นระยะตัวโตเต็มวัยแต่ไม่ทราบรายละเอียดเพิ่มขึ้น จนกระทั่งปี ค.ศ. 1982 คริสเตนเซนมีโครงการวิจัยที่สถานีชีววิทยาทาง ทะเลที่ Roscoff ประเทศฝรั่งเศส ที่นี่เขาพบตัวอย่างจำนวนมากกว่า 100 กิโลกรัม ในบริเวณที่มีเปลือกหอยและกรวดมากมายที่ระดับความลึก 25-30 เมตร ใน

*อาจารย์ พินิจ หวังสมนึก ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

วันนั้นเขาไม่มีสารละลายมาตรฐาน แมกนีเซียมคลอไรด์ในการที่จะทำให้สัตว์เล็ก ๆ ค่อย ๆ หมดความรู้สึกและตายในเวลาต่อมา แต่เขาก็ได้ตัวอย่างมาโดยใช้น้ำจืดฉีดเบา ๆ บนกรวดและเปลือกหอยที่สัตว์ชนิดนี้เกาะ และพบว่าวิธีนี้ได้ผลดีคือทำให้สัตว์เล็ก ๆ คลายการยึดเกาะ และวิธีเดียวกันนี้ที่เขาใช้ศึกษาวงจรชีวิตที่สมบูรณ์ของสัตว์ชนิดนี้

ในเดือนสิงหาคมปี ค.ศ. 1982 คริสเตนเซนได้ทำงานร่วมกับฮิกกินส์ทั้งสองคนได้ยืนยันว่าตัวอย่างของฮิกกินส์ซึ่งพบในปี ค.ศ. 1974เป็นสัตว์ไฟลัมใหม่แม้จะเป็นระยะตัวอ่อน ซึ่งฮิกกินส์กล่าวว่าตัวอย่างที่พบครั้งนั้นต่างจากชนิดใหม่ที่คริสเตนเซนพบในปี ค.ศ. 1982 ซึ่งต่างกันทั้งชื่อชนิดสกุลและอาจเป็นระดับครอบครัวด้วย และเมื่อต้นปี ค.ศ. 1983 คริสเตนเซนและฮิกกินส์พบระยะตัวเต็มวัยใกล้ ๆ กับ สถานีวิทยาศาสตร์ทางทะเลที่ สมิธโซเนี่ยน ที่ฟอร์ทเพียซ์ รัฐฟลอริดา

นักวิทยาศาสตร์ คาดว่าสัตว์ไฟลัมใหม่ซึ่งพบในที่ต่าง ๆ คือ ทะเลคอรัลในมหาสมุทรแปซิฟิคตอนใต้ทางฝั่งทะเลทิศตะวันตกของเกาะกรีนแลนด์ของเดนมาร์กและที่นอร์ธตาโรไลนาจะเป็นคนละชนิด (species) กัน ขณะนี้ยังไม่ทราบความสัมพันธ์ที่แน่นอนระหว่างสัตว์ไฟลัมใหม่นี้กับสัตว์ขนาดเล็กอื่น ๆ ที่อาศัยอยู่ในทะเล คริสเตนเซนให้ความเห็นว่าสัตว์ชนิดใหม่นี้มีลักษณะคล้ายกับสัตว์โบราณและเป็นตัวเชื่อมซึ่งได้สูญหายไปกับสัตว์กลุ่มอื่นอีก 3 กลุ่ม

คริสเตนเซน ได้นำสัตว์ไฟลัมใหม่ที่พบเสนอในการประชุมระหว่างชาติในปี ค.ศ. 1983 และได้รับการยอมรับจากZeitschrift fur Zoologische Systematik und Evolutionsforchung*สำหรับฮิกกินส์ได้รับรางวัลปลอบใจ สำหรับการพบครั้งแรกซึ่งเป็นระยะตัวอ่อนโดยใช้ชื่อตัวอ่อนของสัตว์นี้ว่า "Higgins-larva"

เอกสารอ้างอิง

1. Miller, J.A., Science News. 124(15) 229(1983).
2. Lewin, R., Science. 222(4620) 149(1983).

*ภาษาเยอรมันซึ่งแปลว่า " Journal of Zoological Systematic and Evolution Research"

การสร้างกล้องดาราทัศน์ด้วยตนเอง

ตอนที่ 4

สามารถ อังศุสิงห์*

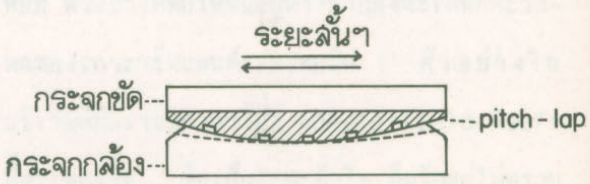
(ต่อจากฉบับที่แล้ว)

การแต่งรูปกระจก (figuring) กระจกที่ขัดเงาและได้เอาไปตรวจสอบด้วยวิธีต่าง ๆ ตลอดจนวิธี Foucault test แล้ว ปรากฏว่า กระจก ไม่เป็นทรงกลมที่แท้จริง (non - spherical curve) จำเป็นจะ ต้องทำ การ แก้ไข ให้ถูกต้องหรือแม้แต่ว่ากระจกโค้งเป็นทรงกลมดีแล้ว เราต้องการทำให้เป็น parabola ต่อไป การขัดแก้ไขสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ เราเรียกว่า figuring ส่วนการทำให้ เป็นพารา-โบลานิยมเรียกว่า parabolised การ แก้ ไขนี้ สามารถกระทำได้โดยขัดกับ pitch-lap ทั้งสิ้น

ก. มีหลุมตรงกลาง (hole at centre) ซึ่งมักจะเกิดขึ้นบ่อยเสมอสำหรับ ผู้ที่ ลองขัดเงากระ-จกใหม่ เนื่องจากใช้ pitch อ่อนเกินไปหรือไม่ค่อยระวังให้ pitch แนบสนิทกับกระจก วิธีแก้ก็คือ ทำส่วนตรงกลางของ lap ไม่ให้สัมผัสกับกระจกหรือพูดง่าย คือ ทำหลุมบน lap แล้วค่อยขัดไปจนให้ส่วนอื่นจะค่อยโค้งเข้าในเวลาเดียวกันหลุมที่เกิดขึ้นนี้ก็จะตื้นเข้าจนเป็นเนื้อเดียว การขัดนี้ให้ขัดช่วงสั้นอย่าให้เกินบริเวณที่เป็นหลุม

ข. มีเนินตรงกลาง (hill at centre) เกิดขึ้นไม่บ่อยนัก โดยมากมักจะเป็นชนิดมีหลุมมากกว่า เกิดมักเนื่องจาก pitch ตรง กลาง ไม่สัมผัสแนบสนิทกับกระจก ขัด ไป นาน ส่วนอื่น ถูกขัดออกตรงกลางไม่ถูกขัดออกเลยกลายเป็นเนินขึ้นมา วิธีแก้ไขก็คือ แซะร่องตรงกลางของ lap ให้ลึกขึ้นหรือเอาลวดตาข่ายหรือมุ้งลวดกดตรงกลางของ lap ให้เป็นร่อง บางครั้งอาจต้องใช้ความร้อนเข้าช่วย ทั้งนี้เพื่อทำให้บริเวณตรงนั้นมีผงขัดมาช่วยขัดมากเข้า ซึ่งจะขัดบริเวณเนินนั้นออกทีละน้อย จน ในที่ สุดก็หายไป การขัดควรช่วงสั้น ๆ ไม่ให้เกินบริเวณที่สูงเป็นเนิน

ค. ขอบโค้งแบะ มักจะเป็นเกิดขึ้นเสมอโดยเฉพาะผู้ที่ทำการขัดกระจกใหม่ คือการที่บริเวณขอบกระจกโค้งแบะออกไปจากโค้งทรงกลมทั้งนี้เนื่องจากการขัดเงากระทำไม่ถูกต้องคือ ใส่ กระ จก เป็นระยะช่วงยาวเกินไป หรือเนื่องจากลืมตัดขอบของ pitch ให้เล็กกว่ากระจก ดังได้กล่าวมาแล้วในตอนต้น



ค. การแก้ขอบกระจกแบะเข้า (ลลับกระจก)

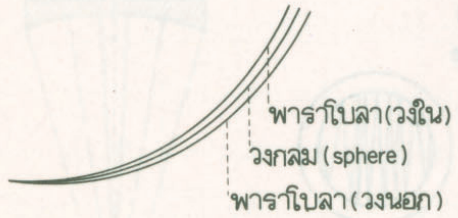
วิธีแก้ไขก็คือ พยายาม กด ฝ่า มือตรงบริเวณขอบกระจกและเสือกกระจกเป็นช่วงสั้น ระยะทาง $\frac{1}{2}$ - 1 นิ้ว และเลื่อนมือไปรอบ ๆ กระจกจนครบรอบคอยระวังแต่งขอบของ lap ให้เรียบ และเล็กกว่า

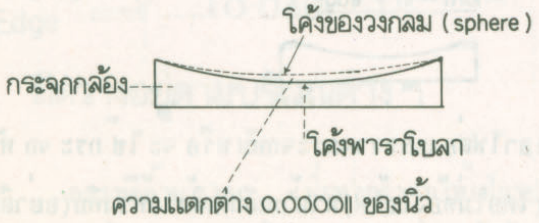
*ดร.พ.ท.สามารถ อังศุสิงห์ กลุ่มเภสัชกรการอุตสาหกรรม เลขที่ 40 สุขุมวิท 38 กรุงเทพ 11.

กระจกเสมอ เมื่อขัดมาพอสมควรอย่าลืมเอากระจกทาน้ำรูจและวางทับบน lap และหาน้ำหนักทับไว้เพื่อให้ lap แนบสนิทกับกระจก แล้วแต่ง ขอบซึ่งจะต้องกระทำทุกครั้งเมื่อเอาน้ำหนักทับ ทั้งนี้เพื่อให้ขอบของ pitch คงรูปเดิม มิฉะนั้นจะไม่สามารถแก้ไขขอบกระจกกล้องที่แบะออกได้เลย การแก้ไขกระจกขอบแบะเข้าก็คือ สลับการขัดโดยเอากระจกขัดอยู่ข้างบนกระจกกล้องอยู่ข้างล่างให้ขัดไปมาให้ขัดช่วงสั้น ๆ

<u>การขัดเงาครั้งสุดท้าย</u> เมื่อได้เอากระจกไปตรวจสอบด้วย knife-edge tester จนเห็นว่าเป็น spherical ดีแล้ว ให้เอากระจกทาน้ำรูจอย่างเจือจางทาให้ทั่วแล้วเอากระจกวางทับบนpitch เอาน้ำหนักทับไว้ประมาณ 2 ชั่วโมง แล้วขัดโดยกดเบา ๆ และหมุนไปรอบ ๆ ประมาณ 20 นาที เสร็จแล้วเอากระจกล้างน้ำหลาย ๆ ครั้ง เช็ดให้แห้งเป็นอันเสร็จพิธีการ

ตรวจสอบกระจกด้วย Foucault test เป็นครั้งสุดท้ายเพื่อให้แน่ใจก่อนที่จะเอากระจกไปฉาบผิวให้เป็นเงา





ง. <u>การขัดกระจกเป็นรูปพาราโบลา</u>(parabolized) วิธีนี้เป็นการแต่งกระจกภายหลังที่ได้กระจกโค้งเป็นรูปทรงกลมถูกต้องแล้ว parabola เป็นการทำให้กระจกโค้งลงอีกเล็กน้อย โดยไม่ต้องแตะต้องตรงขอบ ๆ เลย เพื่อให้เข้าใจง่าย ๆ ว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร (ดูรูป...การตัดรูป cone) มีรูปที่มิใช่ทรงกลมซึ่งเรารู้จักกันทั่วไปอยู่ 3 ชนิด

ภาพแสดงให้เห็นการแต่งกระจกให้เป็นพาราโบลา จากกระจกทรงกลม เราสามารถแต่งได้ ๓ แบบ

1. รูป hyperbola เกิดขึ้นโดยตัดรูปกรวยทางตั้งฉาก (vertical cut) เราจะได้รูป hyperbola

2. รูป parabola เกิดขึ้นโดยตัดรูปกรวยไปตามแนวขนานกับด้านใดด้านหนึ่งของรูปกรวย

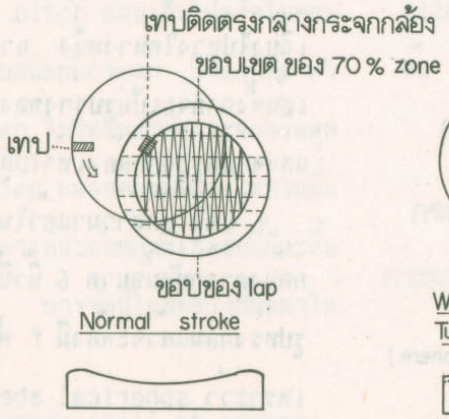
3. รูป ellipse เกิดขึ้นโดยตัดรูปกรวยให้เฉียงไปทางใดทางหนึ่ง ถ้าตัดเป็นมุม 45 องศากับเส้นตั้งฉากจะเป็นรูปร่างของกระจกเอียงที่ใช้สะท้อนแสงจากกระจกกล้องเข้าไปสู่ eyepiece

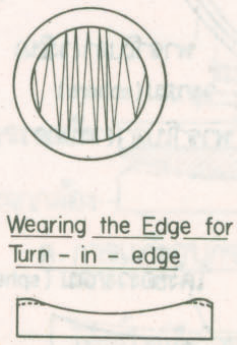
ดังได้กล่าวมาแล้วในตอนต้นว่ากระจกสำหรับกล้องดาราทัศน์ขนาด 6 นิ้วนี้ ถ้าจะใช้กระจกเป็นรูปทรงกลมแล้วจะต้องมี f ตั้งแต่ 10 ขึ้นไป ทั้งนี้เพราะว่า spherical aberration ที่เกิดขึ้นนั้นน้อยมากจนตัดทิ้งเสียได้ ถ้าท่านขัดกระจกให้มี f 11 หรือ f 15 ความผิดพลาดนี้ก็ยิ่งน้อยลงไปอีก แต่แสงและภาพที่เห็นจะจางไป กล้องก็มีขนาดยาวเกะกะขึ้น ฉะนั้น ถ้า ต้องการ ให้ สามารถ เห็นภาพ ได้ชัดขึ้นจน

สามารถดูดาวที่มีแสงริบหรี่ได้ จำเป็นต้องขัดกระจกให้มี f น้อย ๆ ลง เช่น f 8 การที่กระจกมี f น้อยลงย่อมหมายว่าต้องขัดกระจกให้โค้งเข้าเพื่อจะมีความยาวโฟกัสสั้น เมื่อกระจกมีความยาวโฟกัสสั้น spherical aberration ก็จะมากขึ้น ถ้าไม่แก้ไขภาพที่เกิดขึ้นจะไม่ชัดเจนมีภาพซ้อนเนื่องจากจุดโฟกัสตรงกลางของกระจกจะยาวกว่าจุดโฟกัส ของบริเวณขอบกระจก เพื่อให้จุดโฟกัสเท่ากันจึงจำเป็นต้องทำกระจกให้โค้งเป็นรูปพาราโบลา

ผู้เขียนได้พูดไว้แล้วว่าสำหรับผู้หัดใหม่นั้นควรขัดกระจกเป็นรูปทรงกลมซึ่งง่ายกว่า หนังสือนี้จึงเขียนแบบทำกระจกเป็นรูปทรงกลมตลอดมา แต่เพื่อเป็นการประดับความรู้ เมื่อผู้หัดขัดกระจกมีความชำนาญอาจจะลองทำกระจกแบบพาราโบลาบ้างเพราะฉะนั้นความยาวโฟกัสของกระจกที่จะทำจึงต้องมีขนาด 48 นิ้ว หรือสั้นกว่า (อย่าสับสนกับ กระจกความยาวโฟกัส 60 นิ้ว หรือ f 10 ที่กล่าวมาตลอดเวลา)

สมมุติว่า กระจก ที่ ขัด เงาจนเป็นทรงกลมถูกต้องแล้วมีความยาวโฟกัส 48 นิ้ว หรือ f 8 ซึ่งจำเป็นจะต้องแต่งให้เป็นรูปพาราโมราต่อไป การแต่งเราอาจจะเลือกแต่งได้ 3 แบบ(ดูรูป) ถ้าจะแต่งตามแบบ ก. โดยขัดตรงกลางให้โค้งลึกลงไปจากเดิม วิธีนี้ทำได้ง่าย แต่ความยาวโฟกัสจะสั้นเข้าอีกเล็กน้อย เพราะฉะนั้นถ้าตอนขัดเงาเป็นรูปทรงกลมนิยมทำให้ความยาวโฟกัสยาวกว่า 48 นิ้วสักเล็กน้อย (ประมาณ $\frac{1}{2}$ - 1 นิ้ว) เมื่อทำเป็นพาราโมราจะมีความยาวโฟกัส 48 นิ้วพอดี แบบ ก. นี้มักใช้ทำพาราโบลากันมากเพราะทำได้ไม่ยากนัก โดยการขัดแบบเอากระจกกล้องอยู่บน lap ตลอดเวลา แต่เสียเวลามากกว่าแบบอื่น แบบ ข. คล้ายแบบ ก. แต่ขัดเอาบริเวณขอบออก ความยาวโฟกัสจะเท่าเดิม ขัดแบบเอา lap อยู่บนกระจกกล้อง แต่ต้องระวังขอบอาจจะแบะออกได้ง่ายแบบ ค.แบบนี้เป็นแบบผสม คือ ขัดเอาส่วนกลางและขอบ ๆ ออก แต่ขัดแบบนี้ใช้เวลาน้อยเพราะขัดเอากระจกออกเพียงเล็กน้อยlap ที่ใช้มีขนาดเล็กกว่ากระจกและขัดโดย เอากระจก-กล้องอยู่ข้างล่าง แต่อย่างไรก็ตามความผิดแผกของส่วนโค้งที่จะต้องขัดออกแตกต่างกันส่วนล้านของนิ้ว

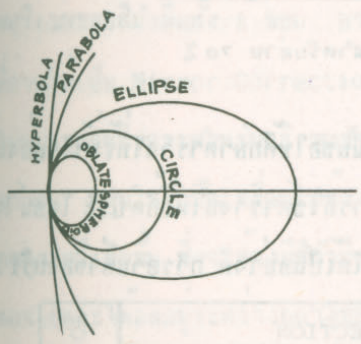


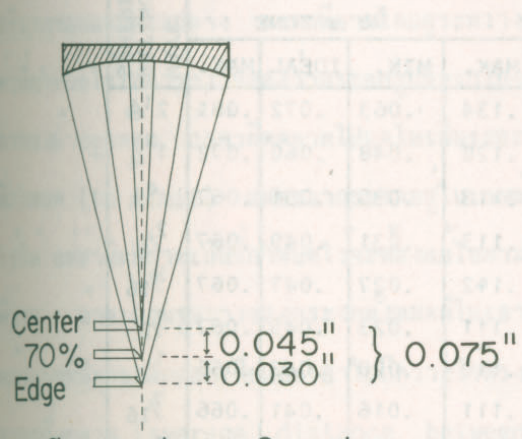


<u>การขัดด้วย pitch - lap</u> เพื่อแต่งกระจกให้เป็นรูปพาราโบลานั้นไม่มีความลำบากอะไรมากนัก แต่การตรวจสอบค่อนข้างจะซับซ้อนสักหน่อย ก่อนอื่นควรให้กระจกแนบสนิทกับ pitch-lap อาจจะโดยเอาไฟส่องและวางกระจกทับ หรือ จะใช้ กระจก ทับ (โดยไม่ต้องใช้ไฟ)หาน้ำหนักทับทิ้งไว้ค้างคืน(อย่าลืมทุกครั้งที่ทับกระจกถ้ารองของ lap ไม่ตรงจะต้องแต่งใหม่ และขอบของ lap ต้อง แต่งให้ เล็ก กว่า

กระจกเสมอ)

รูจที่ใช้มีความแรง 20% เพื่อจะกัดกระจกได้เร็วขึ้น การขัดให้ขัดช่วงยาวแต่ไม่ควรให้ออกจากวงที่กำหนดเป็นวงส่วนนอก (70% zone ซึ่งจะอธิบายเมื่อถึงตอนตรวจสอบ) เสร็จแล้วหมุนกระจกด้วยมือไปรอบ ๆ การขัดควรจะกินเวลาราว 10 นาที ข้อควรระวังก็คือ ถ้า pitch-lap ของท่านแข็งมากเกินไปจะทำให้เกิดหลุมตรงกลางกระจกได้ง่าย เมื่อเป็นเช่นนี้ทางที่ดีให้ทำ pitch-lap เสียใหม่ แซะเอา pitch ออกใส่น้ำมันสนลงไปประมาณ 7 - 10 หยดและตั้งบนเตาไฟฟ้า อย่าให้ร้อนมากเกินพยายามคนให้น้ำมันเข้ากับ pitch เสร็จแล้ว ดำเนิน วิธีการเตรียม pitch-lap





มีดวางอยู่ตามบริเวณต่าง ๆ

การขัดด้วย lap เพื่อทำกระจกให้เป็นรูปพาราโบลานี้ จำเป็นต้องตรวจสอบ ส่วนโค้งด้วย knife-edge ตลอดเวลาที่ทำการขัด ทั้งนี้เพื่อระวังมิให้ส่วนโค้งผิดไปจากที่ต้องการทำเมื่อเห็นว่าจะออกไปเกินจะได้แก้ไขทันท่วงที เพราะฉะนั้นจึงมีความลำบาก การตรวจสอบด้วย knife-edge อาจจะต้องทำในเวลากลางคืนถ้าไม่มีห้องมืด การขัดกระจกในเวลากลางคืนแม้จะใช้ไฟฟ้าช่วยก็ไม่สะดวกเหมือนขัดเวลากลางวัน โดยเฉพาะแมลงบางคืนรบกวนมากบางครั้งอาจตกลงไปใน lap ขณะกำลังขัด

การตรวจสอบกระจกแบบพาราโบลา

เราทราบดีว่ากระจกแบบพาราโมลานั้นถ้าใช้กับวัตถุที่อยู่ใกล้ภาพที่เกิดจะมี aberration แต่ถ้าใช้กับวัตถุที่อยู่ไกล ๆ aberration จะไม่มี ซึ่งปรากฏการณ์อันนี้ตรงกันข้ามกับกระจกทรงกลม(spherical mirror)

ถ้าเรามีวัตถุอยู่ที่ที่จุดความยาว โฟกัส 2 จุด เช่นที่เราใช้ในการตรวจสอบกระจกโดย knife - edge test เราสามารถหาspherical aberration ได้เอง หรืออาจจะได้จากตารางสำเร็จรูป จำนวตเลขเหล่านี้นิยมเรียกกันว่า "Mirror correction" ถ้ากระจกที่ทำมีค่าของ correction อยู่ในระหว่างตัวเลขที่อยู่ในตาราง แสดงว่ากระจกนั้นมีรูปเป็นพาราโมลา เมื่อใช้ส่องดูวัตถุที่อยู่ไกลๆ เช่นดวงดาวจะเห็นได้ชัดเจน ไม่มี spherical aberration

การตรวจสอบหาค่าของกระจก แบ่งออกเป็น 3 บริเวณ (ดูรูป)

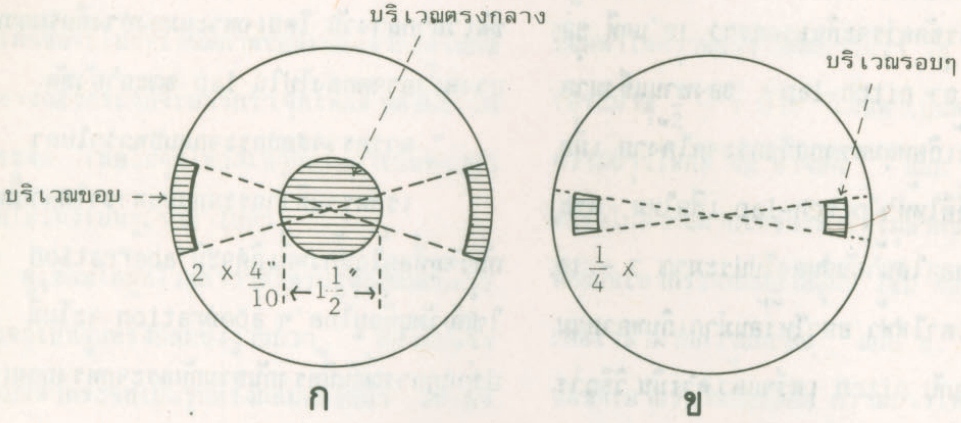
1. บริเวณตรงกลางของกระจก (center zone)

2. บริเวณรอบ ๆ ของกระจก(70% zone)

3. บริเวณขอบ ๆ ของกระจก (edge zone)

ระยะทางแตกต่างของจุดโฟกัส หรือค่าของ

aberration นี้เป็นจำนวนน้อยมาก เพราะฉะนั้น การตรวจสอบควรใช้ vernia เป็นเครื่องช่วยจะทำให้ตรวจได้แน่นอนยิ่งขึ้น (ได้พูดถึงการสร้างไว้แล้ว) เพื่อที่ให้เราสามารถตรวจบริเวณทั้ง 3 ได้ง่าย โดยไม่มีการรบกวนจึงจำเป็นต้องใช้แผ่นกระดาษที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับกระจกที่จะตรวจสอบ เจาะรูเพื่อให้แสงเฉพาะที่บริเวณต้องการตรวจ สะท้อนออกมาเท่านั้น (ดูรูป)



หน้ากากสำหรับอ่านภาพบริเวณต่าง ๆ

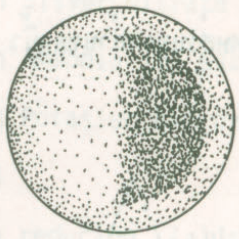
ก.สำหรับอ่านตรงกลางและขอบ ข.สำหรับอ่าน 70 %

ก่อนอื่นให้ตรวจบริเวณตรงกลาง กระจกก่อน จากนั้นก็อ่านค่าของบริเวณขอบและบริเวณรอบๆ ค่าที่ได้ก็เป็นค่าของบริเวณต่างๆ (zone correction) เพราะฉะนั้นขอให้ศึกษาตารางให้เข้าใจถ่องแท้ จะทำให้สามารถใช้ตารางนี้ให้เกิดประโยชน์ ในการตรวจสอบได้เป็นอย่างดี การอ่านค่าของบริเวณต่างๆ

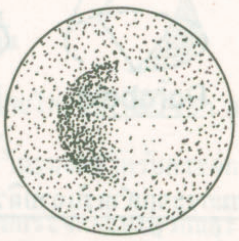
NAME-SIZE DIA.	NAME-SIZE f/	F.L.	R.	MIRROR CORRECTION EDGE ZONE MIN.	EDGE ZONE IDEAL	EDGE ZONE MAX.	70 % ZONE MIN.	70 % ZONE IDEAL	70 % ZONE MAX.	WAVE RATING OF SPHERE
	f/5	30	60	.106	.120	.134	.063	.072	.081	2 1/8
	f/6	36	72	.080	.100	.120	.048	.060	.072	1 1/4
	f/7	42	84	.059	.086	.113	.035	.051	.067	4/5
	f/7.3	44	88	.051	.082	.113	.031	.049	.067	2/3
6"	f/7.7	46	92	.044	.078	.112	.027	.047	.067	9/16
	f/8	48	96	.039	.075	.111	.023	.045	.067	1/2
	f/8.3	50	100	.034	.072	.110	.020	.043	.066	1/2
	f/8.7	52	104	.027	.069	.111	.016	.041	.066	7/16
	f/9	54	108	.021	.067	.113	.012	.040	.068	1/3
	f/10	60	120	.004	.060	.116	.003	.036	.069	1/4
AV.CL.	f/11	66	132	-.014	.055	.124	-.008	.033	.074	1/5
FACE: 5 7/8"	f/12	72	144	-.030	.050	.130	-.018	.030	.078	1/6

ตารางสำหรับพาราโบลา correction เมื่อตั้งค่าของบริการตรงกลางของกระจกอยู่ที่ศูนย์บนสเกลของเครื่อง Foulcault

นั้น เมื่อได้ขยับใบมีดจนกระทั่งเห็นภาพเป็นสีมัวเท่ากันหมด(เหมือนอ่านภาพกระจกทรงกลม) แสดงว่าใบมีดอยู่ตรงจุดโฟกัสของแสงจากบริเวณตรงกลางของกระจกพอดี ถ้าสเกลเป็นชนิดที่หมุนตั้งได้ก็จะสะดวกดี โดยให้คลายน้อตแล้วขยับสเกลให้อยู่ตรงศูนย์ เสร็จแล้วให้หมุนน้อตอัดให้แน่น เสร็จแล้วหมุนให้ใบมีดขยับถอยหลังทีละน้อย เพื่ออ่านค่าของบริเวณขอบ ๆ ให้พยายามสังเกตุภาพที่เกิดจากข้างของหน้ากากให้ดีทั้ง 2 ข้าง โดยมากมักจะเห็นทางด้านซ้ายมีสีมัวมืดก่อนทางขวา (เนื่องจากน้ำภายในกระบอกตา) ขยับสายตาหรือหมุนน้อตด้านข้างขยับใบมีดไปทางขวาหรือซ้ายเล็กน้อยจนสามารถมองเห็นแสงจากหน้ากากตรงขอบทั้ง 2 ข้างอีก พร้อมกับหมุนน้อตถอยมีดจนภาพบริเวณขอบสีมัวมืดทั้ง 2 ขอบ อ่านค่าจากสเกลค่าที่อ่านได้เป็น Mirror Correction เปลี่ยนหน้ากากใหม่เอาแผ่นที่เจาะสำหรับบริเวณรอบ ๆ ปิดหน้ากระจกแทน หมุนให้ใบมีดเคลื่อนไปข้างหน้าและคอยสังเกตุดูภาพที่เกิดขึ้น ซึ่งจะต้องมีสีมัวมืดทั้ง2ข้าง ค่าที่อ่านตกสเกลจะได้ผลอยู่ระหว่างกลางของค่าจากบริเวณขอบและตรงกลาง ถ้าค่าที่อ่านได้อยู่ระหว่างค่าที่กำหนดไว้ในตารางก็แสดงว่ากระจกรูปพาราโบลาของท่านถูกต้อง ถ้าค่าผิดพลาดไปแต่ไม่เกินระยะที่กำหนด (in limit) แสดงว่ากระจกอยู่ในเกณฑ์ใช้ได้ แต่ถ้าผิดพลาดเกินที่กำหนดไว้จะต้องแก้ไขตามที่อ่าน ถ้าจะอ่านรูปร่างของกระจกทั้งหมดก็ให้เอาหน้ากากที่ปิดกระจกออกเสียและเอาใบมีดวางไว้ตรงระยะกึ่งกลาง (average distance between zone) ผู้ชำนาญจะสามารถบอกได้ว่ากระจกนั้นเป็นรูปพาราโบลอยด์ หรือเป็นรูปอื่น เมื่อสามารถเข้าใจอ่านภาพที่เกิดขึ้นจากหน้ากาก (Mask) แล้ว ควรทดลองหัดอ่านจากกระจกโดยไม่มีอะไรปิดอยู่เลยภาพที่จะได้รับความสนใจเป็นพิเศษก็คือการอ่านภาพรอบๆ กระจก (70% zone) เป็นภาพที่อาจจะสังเกตุได้ยากสำหรับผู้ที่หัดทำใหม่ และภาพที่เห็นอาจไม่ชัดแต่เมื่อกระจกได้ขัดเงาถูกต้อง ภาพที่เกิดจะสังเกตุเห็นได้ชัดยิ่งขึ้น (ดูรูป)



Parabolic Surface



Oblate Spheroid
(hill at center and turn-in edge)

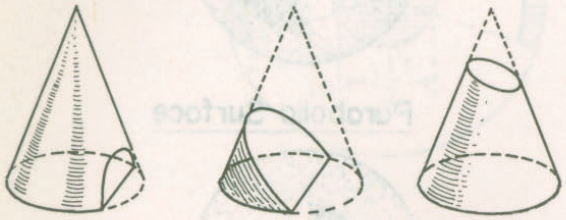
ในการตรวจสอบกระจกแบบพาราโบลานี้ มีดที่ใช้จะต้องอยู่ในที่ ๆ ถูกต้อง จึงจะสามารถอ่านภาพได้ดี โดยเฉพาะตรงกลางกระจกภาพที่ได้จากหน้ากาก (Mask) มักจะมัวเพราะมีแสงสะท้อนออกมาน้อยและภาพที่ได้ควรจะมีแสงเท่ากันตลอด ค่าที่จะต้องอ่านแต่ละบริเวณนั้นผิดกันเพียงนิดเดียวเท่านั้น (เศษส่วนล้านของนิ้ว) เพราะฉะนั้นควรทดลองอ่านหลายครั้งจนแน่ใจ

เมื่อปรากฏว่ากระจกมีส่วนโค้งผิดพลาดในบริเวณไหนควรจะทำเครื่องหมายไว้เพื่อแก้ไขได้ตรงตามที่ตรวจพบ

<u>การแก้ไขส่วนโค้งของกระจกพาราโบลา (Figuring of Paraboloid Mirror)</u>

การแก้ไขส่วนโค้งของกระจกแบบนี้ ก็เหมือน

กับการแก้ไขส่วนโค้งกระจกทรงกลม(sphere) นั่นเองคือถ้าปรากฏว่าตรงกลางของกระจกยังโค้งไม่พอก็พยายามเพิ่มตารางของ lap เพื่อให้ส่วนโค้งโค้งมากขึ้นและการขัดต้องใช้แบบซิกแซก ทั้งนี้เพื่อให้ส่วนโค้งค่อย ๆ โค้งเป็นสัดส่วนตามรูป ข้อสำคัญต้องหมั่นตรวจส่วนโค้งอยู่เสมอ เพราะว่าเรากำลังแก้ไขกระจกในอัตราเศษส่วนของล้านของนิ้ว ซึ่งน้อยมากเหลือเกิน



<u>การเตรียมกระจกสำหรับฉาบผิว</u> การฉาบผิวกระจกให้เงาเพื่อสะท้อนแสง นับว่าเป็นงานขั้นสุดท้าย ซึ่งก่อนจะทำการฉาบผิวจำเป็นจะต้องเตรียมและปรับปรุงกระจกดังนี้

1. กระจกที่ขัดได้เรียบร้อยถูกต้องแล้ว ทางด้านหลังของกระจกจำเป็นจะต้องทำให้ฝ้า ทั้งนี้เพื่อกันมิให้แสงที่อาจทะลุผ่านผิวที่ฉาบไว้ทำให้เกิดภาพซ้อน เพราะผิวที่ฉาบไว้นั้นเมื่อให้ส่องดูดาวที่มีแสงน้อยอาจมีภาพซ้อนได้ ทางที่ดีจำเป็นต้องทำให้ฝ้าเสียเพื่อความปลอดภัย

การทำให้ด้านหลังฝ้านี้ไม่ยาก ให้เอากระจกคว่ำหน้าลงบนผ้า หรือกระดาษหนังสือพิมพ์ที่ซ้อนกันสัก 3-4 แผ่น ทางที่ดีใช้แผ่นไม้กระดานที่ใช้ขัดตอนแรกเสร็จแล้วใช้หินลับมีดขัดด้านหลังโดยถูไปมา เอาหินจุ่มน้ำเป็นครั้งคราว จนเห็นว่ากระจกฝ้าทั่วกันดี ทางด้านข้างของกระจกนั้นไม่จำเป็นจะต้องทำให้ฝ้าก็ได้ แต่ถ้าจะให้ดีก็ควรทำเสียด้วย เอากระจกที่ทำให้ฝ้าดีแล้วไปล้างน้ำให้สะอาดดี

2. เอากระจกไปจุ่มในน้ำ detergent เพื่อล้างคราบต่าง ๆ รวมทั้งคราบจากมือ ข้าพเจ้าใช้ Sodium Phosphate ละลายน้ำราว 10% ถ้าไม่ต้องการใช้อาจใช้ sodium หรือ Potasium Hydroxide 10% ล้างโดยใช้สำลีถูแรง (ถ้าใช้อันหลังนี้ควรใช้ถุงมือด้วยมิฉะนั้นจะกัดมือ) เสร็จแล้วล้างด้วยน้ำประปา โดยปล่อยให้ชะเป็นเวลานาน ๆ แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นอีกจนแน่ใจว่าหมดคราบที่เกาะอยู่ ต่อจากนั้นให้ใช้ Nitric acid ชนิดเข้มข้นล้างเพื่อมิให้มีคราบของ detergent หรือสารอื่นๆเหลืออยู่ แล้วล้างน้ำกลั่นอีกหลายหน(ถ้าไม่มีน้ำกลั่นอาจใช้น้ำฝนที่เอาผ้ากรองล้างแทนก็ได้ผู้เขียนใช้น้ำฝนตลอดไป) เอากระจกที่ล้างสะอาดแล้ว แช่อยู่ในน้ำเก็บไว้สำหรับไปฉาบผิว(ไม่ควรเอากระจกออกจากน้ำ ทิ้งให้แห้งในอากาศเพราะจะทำให้มีคราบน้ำได้ นอกจากจะเช็ดให้แห้งทันทีทันใด)

<u>การฉาบผิวให้เงา</u> การฉาบผิวนี้มี 2 วิธีที่นิยมทำกัน

1. <u>ฉาบผิวด้วยวิธีเคมี(Chemical Silvering)</u> วิธีนี้สามารถทำง่ายไม่ต้องการเครื่องมือมากมาย แต่มีข้อเสียก็คือ ผิวที่ฉาบนั้นมีอายุอยู่ได้ไม่นานก็จะค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นสีดำเนื่องจากถูกออกซิไดสและจากการสังเกตุการฉาบด้วยน้ำยาเกลือเงินนี้เมื่อตอนใหม่ ๆ ก็ใช้ได้ดี พอสัก 2-3 อาทิตย์ ถ้าฉาบไม่หนาพอผิวที่ฉาบนั้นจะมีการหดตัว ทำให้เกิดเป็น semi-transparent เมื่อยกขึ้นส่องกับแสงสว่างและมองด้านหลังของกระจกจะเห็นแสงสว่างได้ กระจกชนิดนี้ถ้าเอาไปส่องดูดวงจันทร์ ท่านจะเห็นภาพดวงจันทร์ได้และในเวลาเดียวกันจะเห็นมีเงาสว่างซ้อนขึ้นมาอีกโดยเฉพาะกระจกอันแรกนั้นทางด้านหลังมิได้ขัดให้ฝ้า

จะได้ภาพซ้อนเป็นสองภาพ ทำความงงให้ข้าพเจ้ามากเพราะอยู่ดีๆ กระจกที่เคยส่องดูดาวอยู่เกิดไม่ชัดขึ้นมาเหมือนมีเงา ๆ ซ้อนกัน ภายหลังเมื่อถอดเอากระจกออกมาจากกล้องจึงได้พบปรากฏการณ์อันนี้ จึงต้องแก้ไขโดยขัดด้านหลังของกระจกให้ฝ้า ปรากฏว่าภาพซ้อนแม้จะลดน้อย จนแทบจะไม่มี แต่ก็ยังรบกวนทำภาพที่เกิดไม่ชัด ในที่สุดก็ต้องล้างออกและฉาบใหม่ให้หนาขึ้น ซึ่งปรากฏว่าดีขึ้นและใช้ได้นานขึ้นเสร็จแล้วก็เป็นเช่นเดิมอีก จึงต้องเอามาล้างและฉาบซ้ำ ๆ กันกันตั้ง 3-4 ครั้ง จึงปรากฏว่าได้ผลดี แต่ปรากฏว่าการฉาบซ้ำ ๆ กันหลายครั้ง ผิวที่ฉาบนั้นมักจะไม่เงาเหมือนฉาบเพียงครั้งเดียว ต้องใช้ผงรูจช่วยขัดเอาความหมองบางแห่งออก

ตัวยาต่อไปนี้เป็นตัวยาที่ใช้สำหรับฉาบผิว

ก. Silver nitrate solution 10%

ข. Ammonia solution อย่างแรง

ค. Potasium Hydroxide solution 10%

ง. Reducing solution ซึ่งใช้เตรียมจากน้ำตาล ดังนี้.-

น้ำตาล	20	กรัม
แอลกอฮอล	32	ลบ.ซม.
น้ำกลั่น	200	ลบ.ซม.

ให้เอาน้ำตาลชั่ง แล้วละลาย ในน้ำกลั่นคนจนละลายหมดแล้วกรองด้วยผ้าขาวเพื่อเอาผงออก เอาไปต้มและคอยเติมน้ำให้เท่าระดับเดิมอยู่ หรืออาจจะวัดปริมาตรเอาไว้ก่อนไปต้มก็ได้ เพื่อจะได้เติมน้ำให้ได้ปริมาตรภายหลัง เสร็จแล้วทิ้งไว้ให้เย็นผสมแอลกอฮอล์ลงไปเขย่าให้เข้ากัน (การต้มเป็นการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็น invert-sugar จะได้มีอำนาจ ในการ reduction สูง) ผู้เขียนได้ซื้อน้ำเชื่อมชนิดธรรมดา (Syrup Simplex) จาก ร้านยา มาใช้ปรากฏว่าได้ผลดีกว่าที่ทำเสร็จใหม่ ๆ เราสามารถคำนวณหาความแรงได้ไม่ต้องเสียเวลามาต้มใหม่ ซึ่งบางครั้งให้ปฏิกริยาช้าเกินไป

สูตรที่ใช้ในการผสมนั้นใช้ดังนี้

น้ำยา Silver nitrate (ก)	20 ลบ.ซม.
น้ำยา Ammonia (ข) ประมาณ	5 ลบ.ซม.
น้ำยา Potasium hydroxide (ค)	10 ลบ.ซม.
น้ำยา reducing (ง) ประมาณ	6 ลบ.ซม.
น้ำกลั่น	100 ลบ.ซม.

การฉาบโดยวิธีเคมีนี้ เรา อาจ ทำ แบบหงายกระจกหรือคว่ำกระจกสำหรับกระจกเล็กขนาด 6 นิ้ว ถ้าทำโดยหงายกระจกจะสะดวกและเปลืองน้ำยาน้อย แต่มีข้อเสียสำหรับการฉาบด้วย ด้วยวิธีหงาย กระจกก็คือ พวกตะกอนที่เกิดจากปฏิกริยาสีดำ ๆ มักเกาะติดผิวที่ฉาบง่ายกว่าวิธีคว่ำ ข้าพเจ้าได้ลองทำทั้งสองวิธีแล้วปรากฏว่าผิวที่ฉาบเป็นเงาดีทั้ง 2 อย่าง นอกจากแบบหงายมักจะมีรอยหมองบ้าง

ให้เอากระจกที่ล้างสะอาดและแช่ในน้ำมาพันกระดาษซึ่งควรจะสูงพอสมควรประมาณ 1 นิ้ว จากขอบกระจกและพยายามหากาวหรือเทปปิดตรงรอยต่อให้สนิทอย่าให้น้ำยาไหลออกมาได้ ข้าพเจ้าใช้เทปสายไฟขนาดใหญ่แทนกระดาษสะดวกดีกว่า ค่อยพันเทปให้รอบกระจกโดยช้าและใช้มือรีดให้แผ่นเทปแนบกับขอบกระจกเพื่อกันมิให้น้ำยาไหลออกมา (ดูรูป)

เอาน้ำ reducing กับ น้ำกลั่นใส่ลงไปบนกระจกที่พันเทปไว้แล้ว ตรวจดูว่ามีรูรั่วที่ไหนถ้ามีก็แก้ไขเสียโดยใช้นิ้วมือรีดแผ่นเทปให้แนบกับกระจก ถ้าเห็นว่าเรียบร้อยดีก็ปล่อยให้น้ำยาอยู่บนกระจกเช่นนั้นจนกว่าจะเตรียมน้ำยา silver-ammonia เสร็จ

การเตรียมฉาบกระจกกล้องด้วยวิธีเคมี

(อ่านต่อตอนจบฉบับหน้า)

คำตอบคอลัมน์ลองภูมิ

1. เมื่อปี ค.ศ. 1901 (พ.ศ.2444)
2. TNT ย่อมาจาก 2,4,6, -Trinitrotoluene
3. อ๋อ...ก็คำว่า "ภาวะมลพิษ" ละซี
4. ที่ เฮสพีเรีย (Hesperia) รัฐแคลิฟอร์เนีย ซึ่งมีกำลังผลิตสูงสุดหนึ่ง เมกาวัตต์-ชม.
5. ใช้ดินเปียก
6. พึ่งทราบจากการอ่านวารสารฉบับนี้เองว่า ชื่อ "ลอริซิเฟอรา" (Loricifera)

SOLAR COLLECTOR DESIGN*

Ian Thomas**

The most important factor when using effectively the heat energy of the sun is the temperature of the collecting medium. To use the energy to heat water for washing or for house heating, the sun can be made to heat air or water directly, without any concentration. Temperatures of the order of 90°C can be achieved. For industrial use, this temperature has few applications. Temperatures of the order of 300°C are needed for the chemical industry, for paper making etc. In order to generate electricity from the sun's heat energy, it is necessary to achieve temperatures higher than 350°C, if we use steam to drive a Rankine cycle engine (1). To achieve these temperatures it is necessary to concentrate the heat energy of the sun, using a concentrating collector.

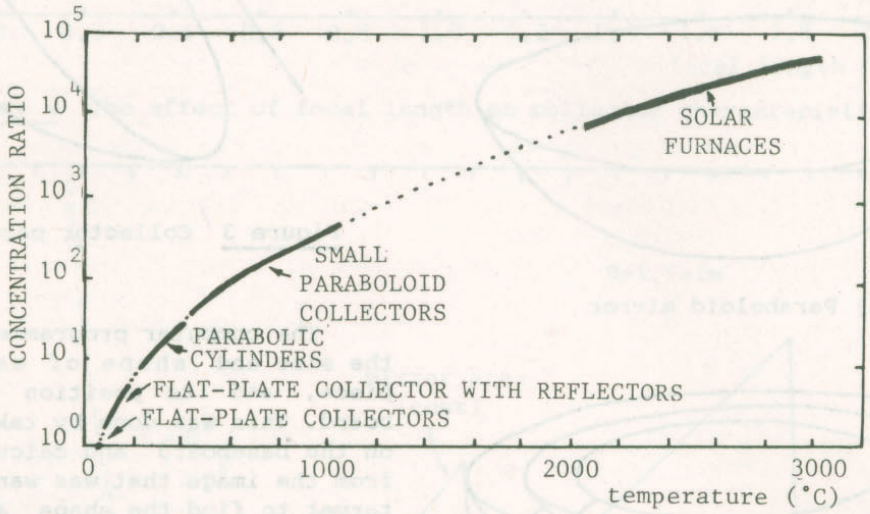


Figure 1 Approximate relationship between concentration ratio and maximum collector temperature for practical collectors.

Many types of concentrating solar collector have been tried, ranging in concentration from about 3 for a flat plate collector with reflector panels to more than 10,000 for a solar furnace. Figure 1 shows an approximate relationship between concentration and collector temperature, based on collectors now operating or planned. From this it can be seen that to be useful and efficient, a collector should have a concentration greater than about 10.

The aim of this project was to design a solar collector for construction and use in the North-East of Thailand, so there were certain design constraints which ruled out some types of solar collector. These design considerations are given below:

1. The concentration ratio should be greater than 10.

---

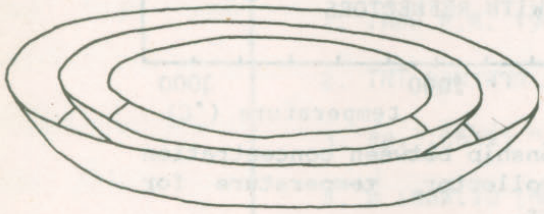
* เสนอในการประชุม "วันวิทยาศาสตร์แห่งชาติ" ในวันพฤหัสบดีที่ 18 สิงหาคม 2526 จัดโดยคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

**อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

2. The collector should be easy to make.
3. The collector should be low cost.
4. The collector should be easy to maintain and repair.
5. The design should be insensitive to errors of construction

Having considered these points, it was obvious that any type of collector which needed curved mirror sections could not be used because of the difficulty of construction. A design was looked for which could be made from flat pieces of mirror. A paraboloid could be made in this way, but difficulties would arise in the accurate positionning of the mirror secctions. However, if the sections were projected onto a flat base, a collector could be made which was much easier to construct, as shown in Figure 2.

(a) Paraboloid mirror



(b) Fresnel mirror

Figure 2 A Fresnel mirror (b) made by projecting sections of a paraboloid (a) onto a flatbase.

The Fresnel mirror design of concentrating collector was chosen because it could be built onto a flat base, and this would simplify the problem of positionning the mirror sections. A true fresnel mirror would be made of rings of curved mirror, but these were thought too difficult to make, so it was decided to make the collector from pieces of flat mirror. The shapes of these mirror pieces were designed using an APII microcomputer so that the parameters of the design could be easily changed.

The parameters used in the analysis were diameter of collector, radius of the target and focal length of the collector. These parameters are shown in Figure 3.

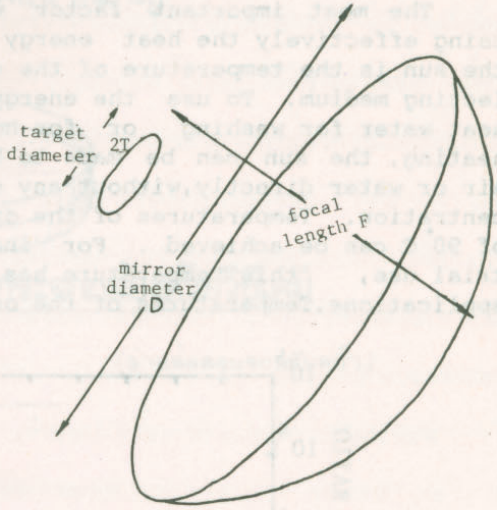


Figure 3 Collector parameters.

The computer programme calculated the size and shape of each mirror piece, and its position on the base board. This was done by taking a point on the baseboard and calculating back from the image that was wanted on the target to find the shape and angle of the required mirror section. This section was then repeated in a ring around the focal axis of the collector, and then the computer would move out to calculate the shape and angle of the mirror sections in the next ring. This was repeated until the diameter of the collector exceeded that specified in the design parameters. By changing the three basic parameters of the design, it was possible to see their effect on the cost, complexity and sensitivity to design errors of the collector.

Figure 4 shows the effect of changing the focal length on the cost and complexity. Figure 5 shows the effect of changing the target radius on the cost and complexlty. The cost is related to the total area of flat mirror used, and the complexity to the

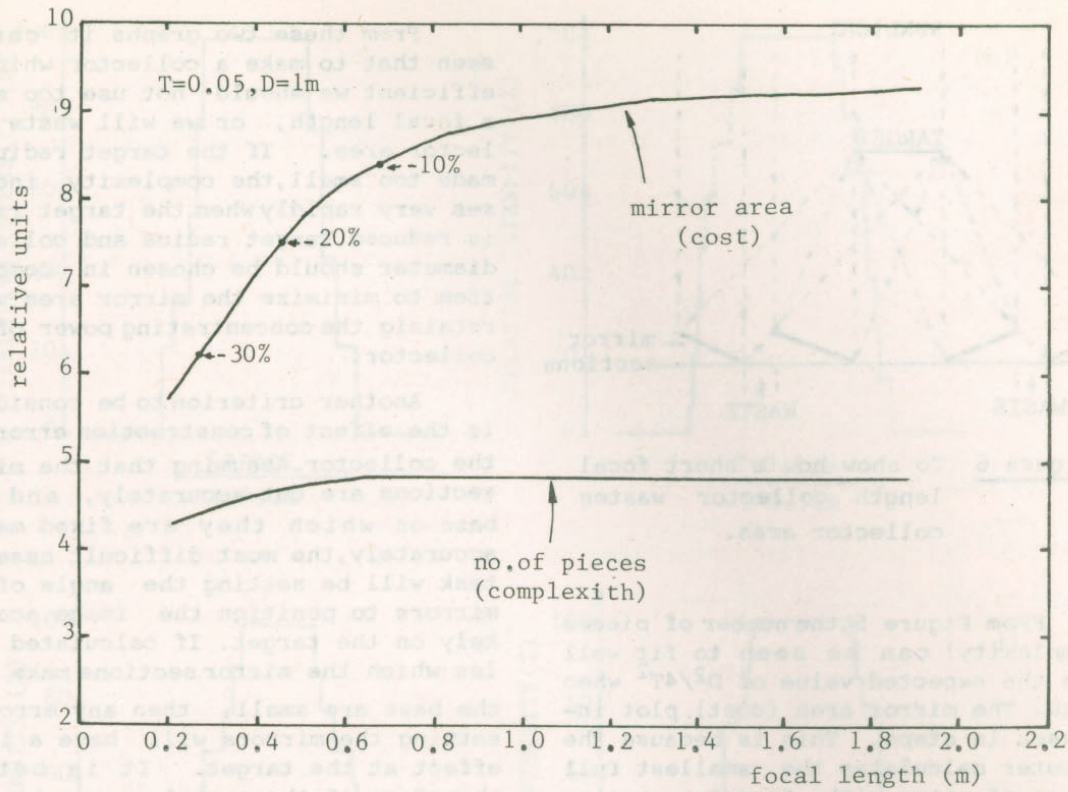


Figure 4 The effect of focal length on collector characteristics.

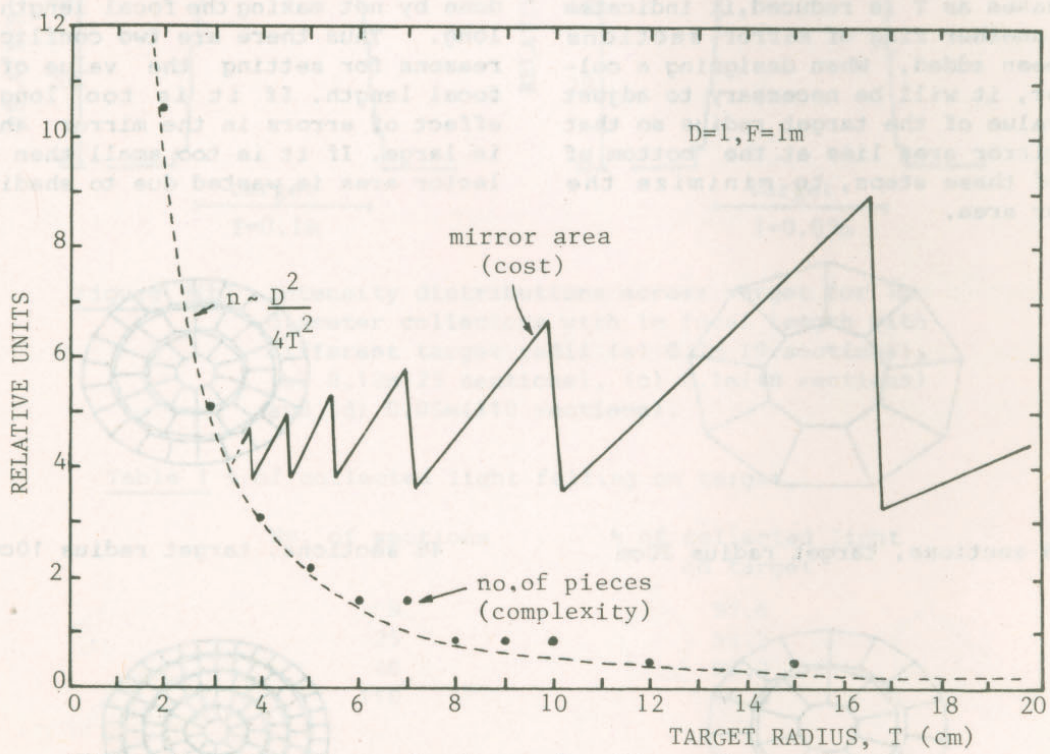


Figure 5 Cost and complexity as functions of target radius.

number of mirror pieces in the collector.

From Figure 4, it would appear cheaper to design a collector with a short focal length,but this is because the programme makes allowance for the shading effect of one piece of mirror on another. This is demonstrated in Figure 6.

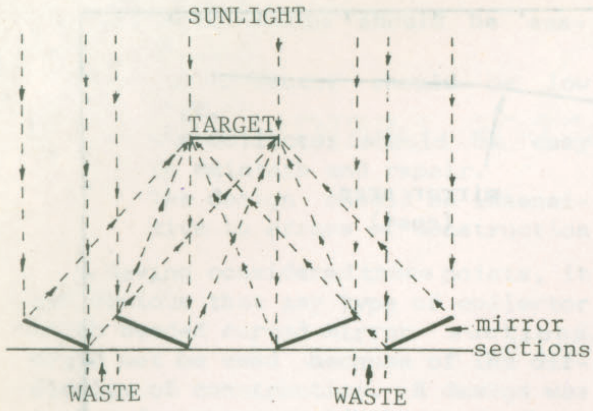
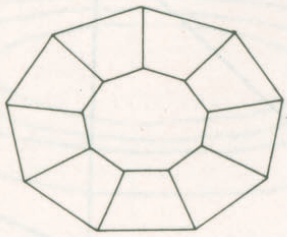


Figure 6 To show how a short focal length collector wastes collector area.

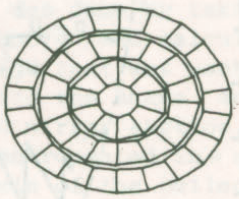
From Figure 5, the number of pieces (complexity) can be seen to fit well with the expected value of $D^2/4T^2$ when $T \ll D$. The mirror area (cost) plot increases in steps. This is because the computer calculates the smallest full number of rings with diameter greater than D. When the mirror area suddenly increases as T is reduced, it indicates that another ring of mirror sections has been added. When designing a collector, it will be necessary to adjust the value of the target radius so that the mirror area lies at the bottom of one of these steps, to minimize the mirror area.

From these two graphs it can be seen that to make a collector which is efficient we should not use too short a focal length, or we will waste collector area. If the target radius is made too small, the complexity increases very rapidly when the target radius is reduced. Target radius and collector diameter should be chosen in combination to minimize the mirror area while retainig the concentrating power of the collector.

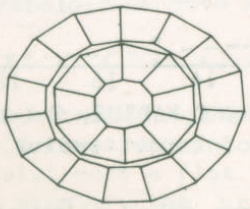
Another criterion to be considered is the effect of construction errors on the collector. Assuming that the mirror sections are cut accurately, and the base on which they are fixed marked accurately, the most difficult assembly task will be setting the angle of the mirrors to position the image accurately on the target. If calculated angles which the mirror sections make with the base are small, then any error in setting the mirrors will have a large effect at the target. It is better therefore if these angles can be kept from being too small, and this can be done by not making the focal length too long. Thus there are two conflicting reasons for setting the value of the focal length. If it is too long the effect of errors in the mirror angles is large. If it is too small then collector area is wasted due to shading.



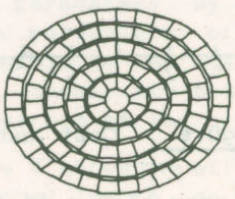
9 sections, target radius 20cm



48 sections, target radius 10cm



25 sections, target radius 12cm



110 sections, target radius 5cm

Figure 7(a) Collectors with 1m diameter and 1m focal length, but with different target radii.

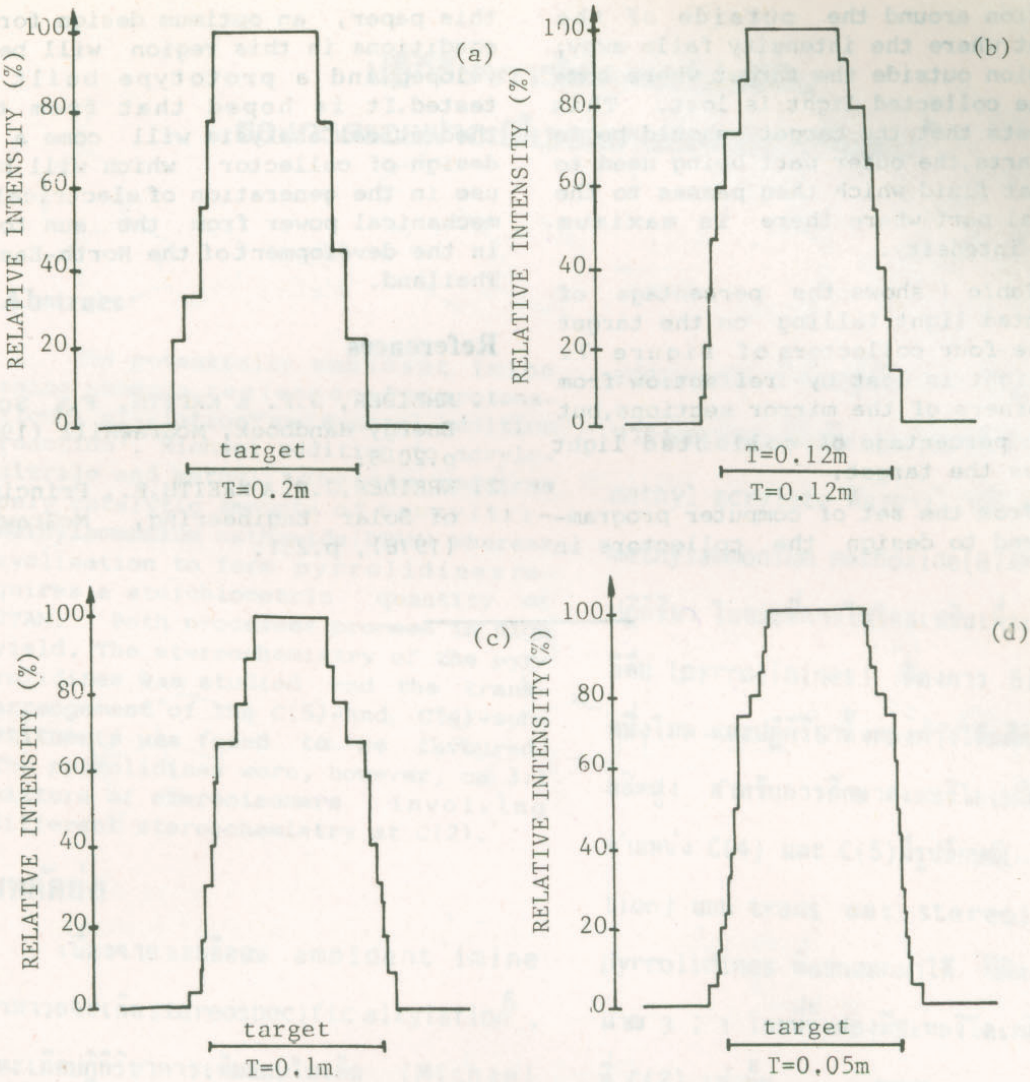


Figure 7(b) Intensity distributions across target for 1m diameter collectors with 1m focal length with different target radii (a) 0.2m (9 sections), (b) 0.12m(25 sections), (c) 0.1m(48 sections) and (d) 0.05m(110 sections).

Table 1 % of collected light falling on target.

No. of sections	% of collected light on target
9	97.6
25	98.2
48	98.0
110	96.3

The distribution of light intensity across the target was calculated by summing the effect of all the individual mirror sections. Some of these results are shown in Figure 7. The essential features of these distributions are : a central intense region where all the mirror sections contribute to the light intensity, and in which the light intensity is constant;

a region around the outside of the target where the intensity falls away; a region outside the target where some of the collected light is lost. This suggests that the target should be in two parts, the outer part being used to preheat fluid which then passes to the central part where there is maximum light intensity.

Table 1 shows the percentage of collected light falling on the target for the four collectors of figure 7. Some light is lost by reflection from the corners of the mirror sections, but a high percentage of collected light strikes the target.

From the set of computer programmes used to design the collectors in this paper, an optimum design for the conditions in this region will be developed, and a prototype built and tested. It is hoped that from this theoretical analysis will come a good design of collector which will be of use in the generation of electrical and mechanical power from the sun to aid in the development of the North-East of Thailand.

References

1. KREIDER, J.F. & KREITH, F., Solar Energy Handbook, McGrawHill (1981), p.20-8.
2. KREIDER, J.F. & KREITH, F., Principles of Solar Engineering, McGrawhill (1978), p.251.

ปฏิกิริยาการไซไคลเซชันในอีมีน ของกรดแอลฟาอะมิโนเอสเทอร์และสเตอริโอเคมี*

อนันต์ ตั้งทองคำ**

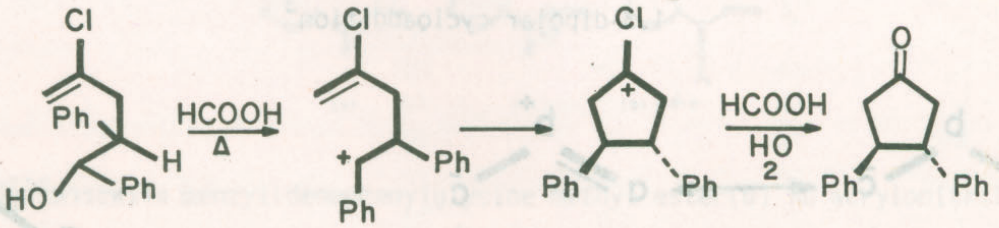
Abstract

The potentially ambident imine anion undergo regiospecific protonation[5], alkylation[6] and Michael addition reaction[7]. Michael addition to acrylonitrile and methyl acrylate requires only catalytic amounts of benzyltrimethylammonium methoxide(BTAM) Whereas cyclization to form pyrrolidines requires a stoichiometric quantity of BTAM. Both processes proceed in high yield. The stereochemistry of the pyrrolidines was studied and the trans-arrangement of the C(5)-and C(4)-substituents was found to be favoured. The pyrrolidines were, however, ca 3:1 mixture of stereoisomers involving different stereochemistry at C(2).

บทคัดย่อ

เนื่องจาก แอนอิออน ambident imine สามารถจะเกิด stereospecific alkylation[6], และเกิดปฏิกิริยาการเติมแบบไมเคิล (Michael addition)[7] ดังนั้นปฏิกิริยาการเติมแบบไมเคิลระหว่างแอนอิออน อีมีนกับ acrylonitrile หรือกับ methyl acrylate ต้องการ 10% benzyltrimethylammonium methoxide(BTAM) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ในขณะที่การไซไคลเซชันเพื่อเกิดเป็นพิโรลิดีน (pyrrolidines) ต้องการ BTAM จำนวนหนึ่งโมล และปฏิกิริยาทั้งสองต่างให้ผลิตภัณฑ์ซึ่งมีผลผลิตสูง สำหรับการศึกษาสเทอริโอเคมีพบว่าหมู่ที่อยู่ตำแหน่ง C(4) และ C(5)มีรูปลักษณ์(configuration) แบบ trans และ stereoisomeric pyrrolidines ที่แยกออกมาได้ มีอัตราส่วนประมาณ 3 : 1 โดยที่ทั้งสองมีสเทอริโอเคมีแตกต่างกันที่ C(2) เท่านั้น

มีหลายวิธีในการสังเคราะห์สารประกอบแบบวงแหวนห้าเหลี่ยมหรือหกเหลี่ยม โดยไม่มีความเครียดอันเนื่องมาจากขนาดและรูปร่างลักษณะของวงแหวนเช่น ที่เกิดจากปฏิกิริยาที่มีกลไกแบบขั้นตอน (step-wise mechanism)[1] ได้แก่ ปฏิกิริยาต่อไปนี้ การเติมคาร์โบแคทอิออนเข้าไปในอัลคีน (Addition of a carbocation to alkene)

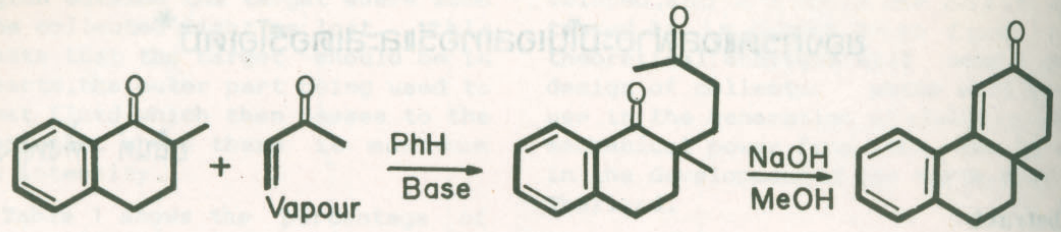


ปฏิกิริยาอัลดอล คอนเดนเซชัน (Aldol condensation reachion)

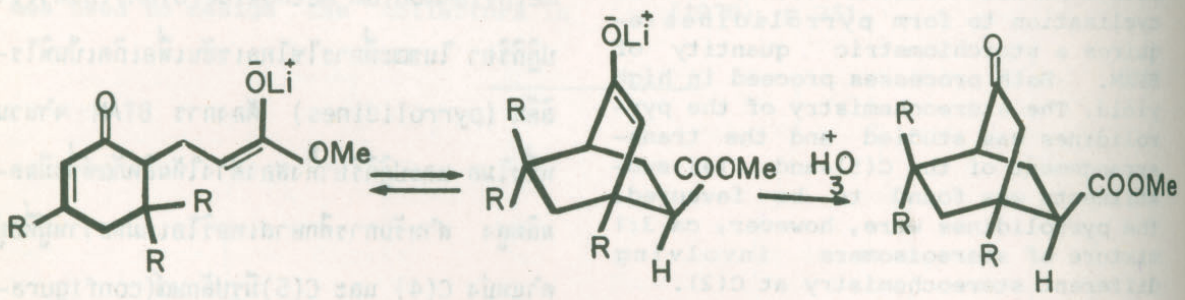
---

* Cyclization Reactions of Imines of α-AminoAcid Esters and Stereochemistry เสนอในการประชุม "วันวิทยาศาสตร์ แห่งชาติ" ในวันพฤหัสบดีที่ 18 สิงหาคม 2526 จัดโดยคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

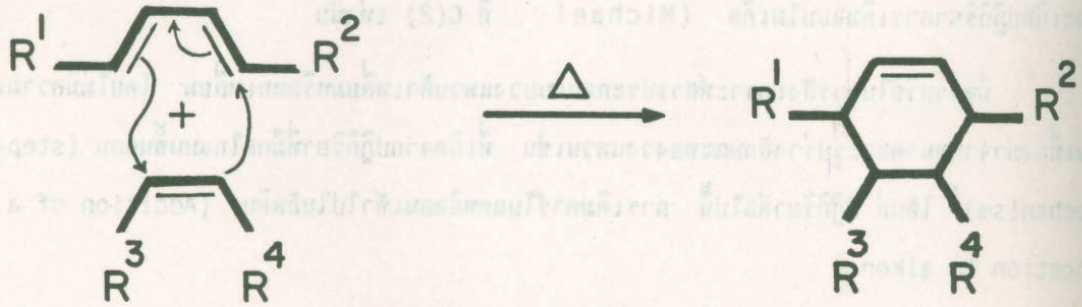
**อาจารย์ ดร.อนันต์ ตั้งทองคำ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น



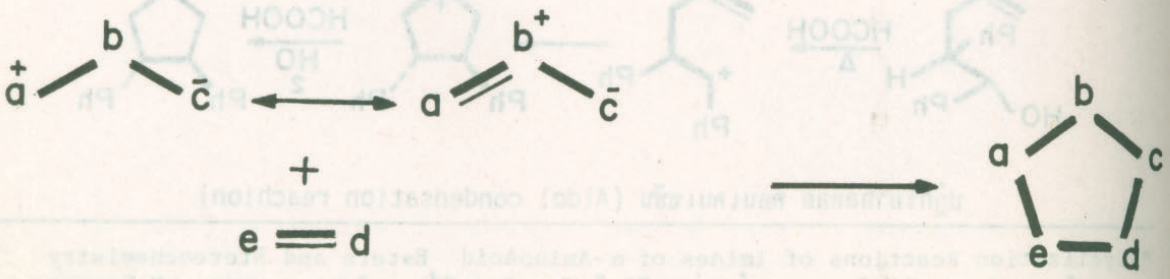
ปฏิกิริยา การรวมตัวแบบไมเคิลภายในโมเลกุลเข้าไปในสารประกอบแอลฟา, เบตาคาร์โบไนล์ไม่อิ่มตัว (Intramolecular Michael addition to an α,β-unsaturated carbonyl compounds)



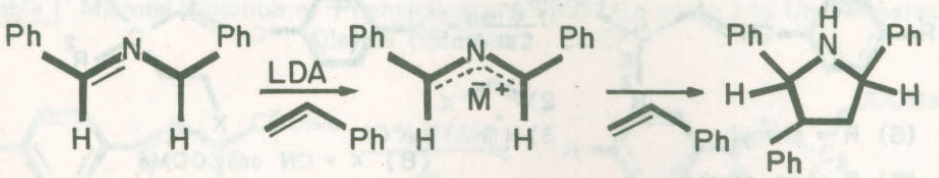
นอกจากนี้การเกิดวงแหวนมีกลไกปฏิกิริยาแบบเกิดขึ้นพร้อมกัน (concerted mechanism) ซึ่งได้แก่ Diels-Alder reaction[2]



1,3-dipolar cycloaddition[3]

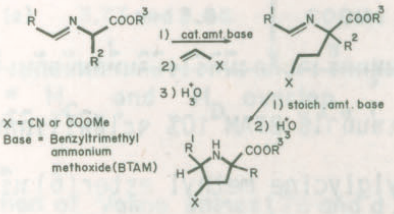


1,3-anionic cycloaddition[4]

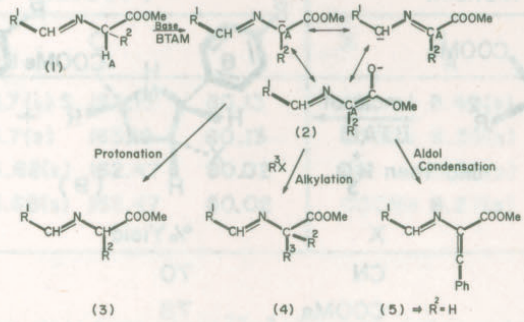


LDA - Lithium diisopropylamide

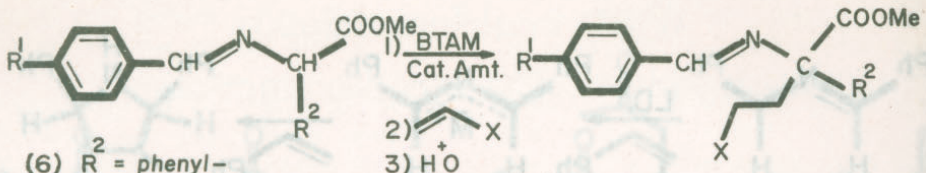
สำหรับการสังเคราะห์สารวงแหวนห้าเหลี่ยม โดยมีกลไกปฏิกิริยาแบบสองขั้นตอน (two-step mechanism) นั่นคือ ปฏิกิริยาจะผ่านการรวมตัวแบบไมเคิล และตามด้วยการไซไคลเซชันซึ่งจะเป็นปฏิกิริยาที่มีความสำคัญและมีประโยชน์มากในการสังเคราะห์สารวงแหวนห้าเหลี่ยมประเภทเฮทเทอร์โรไซคลิกหรืออนุพันธ์พิร์โรลิดิน(five-membered heterocyclic systems or pyrrolidine derivatives)



ในสภาวะที่เป็นเบสนั้น พบว่าเบสจะไปดึงโปรตอน $-H_A$ จากอีมีนของกรดแอลฟาอะมิโนเอสเทอร์ (1) ให้ ambident anion (2) ซึ่งสามารถจะเกิด resonance forms ได้หลายแบบ โดยที่ ambident anion (2) จะให้ regiospecific protonation(3)[5] หรือทำปฏิกิริยากับอัลคีลเฮไลด์(alkyl halide) จะให้ regiospecific alkylation adduct(4)[6] หรือเกิดปฏิกิริยาอัลดอลคอนเดนเซชันให้ผลิตภัณฑ์(5)[7] โดยที่ปฏิกิริยาทั้งหมดจะเกิดที่ C_A ดังนี้



ดังนั้นในปฏิกิริยาระหว่าง benzylidenephenylglycine methyl ester(6) กับ acrylonitrile หรือกับ methyl acrylate ในเบนซีน (benzene) ที่อุณหภูมิห้องโดยมีเบส BTAM ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และปฏิกิริยาระหว่าง benzylidenevaline methyl ester(7) กับ acrylonitrile หรือกับ methyl acrylate ในเบนซีนที่อุณหภูมิ 80°C โดยมีเบส BTAM เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเช่นเดียวกัน ซึ่งปฏิกิริยาทั้งคู่ต่างก็ให้ Michael adducts และผลผลิตที่ได้ก็สูงด้วย



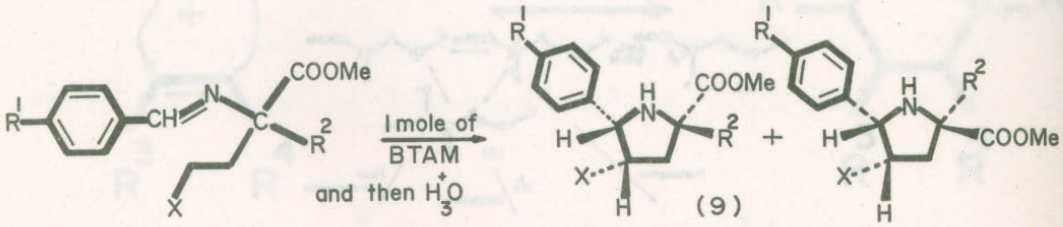
(6) R^2 = *phenyl-*
(7) R^2 = *iso-propyl-*

(8) X = CN or COOMe

							% yield
a) R^1	=	H,	R^2	=	phenyl ,	X = CN	78
b) R^1	=	H,	R^2	=	phenyl ,	X = COOMe	84
c) R^1	=	MeO	R^2	=	phenyl ,	X = CN	81
d) R^1	=	MeO	R^2	=	phenyl,	X = COOMe	87
e) R^1	=	H	R^2	=	i-Pr.	X = CN	82
f) R^1	=	H	R^2	=	i-Pr.	X = COOMe	85
g) R^1	=	MeO	R^2	=	i-Pr.	X = CN	80
h) R^1	=	MeO	R^2	=	i-Pr.	X = COOMe	84

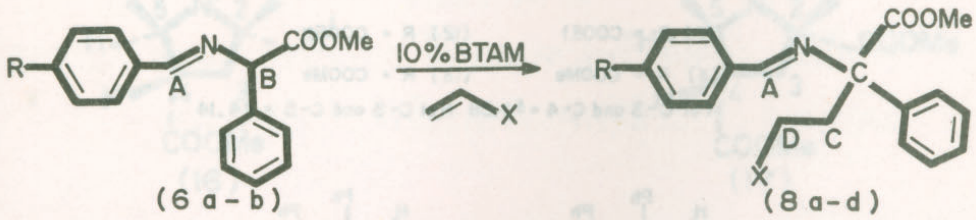
Michael adducts(8a-h) ที่เกิดขึ้นทุกครั้งจะต้องมีพิร์โรลิดินที่สมนัยกันเจือปนอยู่เล็กน้อย และเปอร์เซ็นต์ผลิตผลที่ได้จะขึ้นอยู่กับจำนวนเบสที่ใช้เช่นถ้าใช้ BTAM 10% จะให้พิร์โรลิดินประมาณ 10% เป็นต้น สำหรับสูตรโครงสร้างของ benzylidenephenylglycine methyl ester(6) หรือ benzylidenevaline methyl ester(7) จะแตกต่างจากสูตรโครงสร้างของ Michael adduct(8) ได้โดยพิจารณาจาก H^1 nmr และ C^{13} nmr. ดังในตาราง 1 และ 2

ส่วน Michael adduct ที่เกิดขึ้นจะเกิดไซไคลเซชันแบบการเติมนิวคลีโอไฟล์ภายในโมเลกุล (intramolecular nucleophilic addition) โดยที่ปฏิกิริยาต้องใช้ Michael adductและเบส BTAM อย่างละหนึ่งโมล จะได้อนุพันธ์พิร์โรลิดินที่มีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตสูง



R^1	R^2	X	%Yield
H	Ph	CN	70
H	Ph	COOMe	78
MeO	Ph	CN	76
MeO	Ph	COOMe	77
H	iPr	CN	77
H	iPr	COOMe	80
MeO	iPr	CN	76
MeO	iPr	COOMe	80
H	$(CH_2)_3CN$	CN	65
H	$(CH_2)_3CN$	COOMe	67

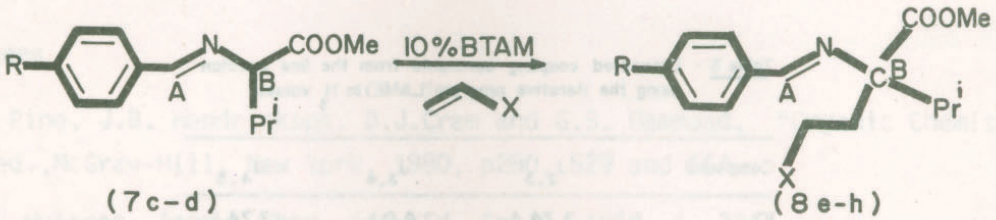
Table I. Michael Addition of Phenylglycine Imines (6a and b) to Unsymmetrical Olefins (δ values, $CDCl_3$)



Schiff's (6)				Michael Adduct (8)			
R	H_A	H_B	COOMe	X	H_A	H_C	H_D
H	8.4(s)	5.22(s)	3.76(s)	CN	8.18(s)	2.36(m)*	2.51(m)*
H	8.4(s)	5.22(s)	3.76(s)	COOMe	8.18(s)	2.4 (m)*	2.58(m)*
MeO	8.3(s)	5.2 (s)	3.73 and 3.86	CN	8.11(s)	2.45(m)*	2.55(m)*
MeO	8.3(s)	5.2 (s)	3.73 and 3.86	COOMe	8.14(s)	2.43(m)*	2.59(m)*

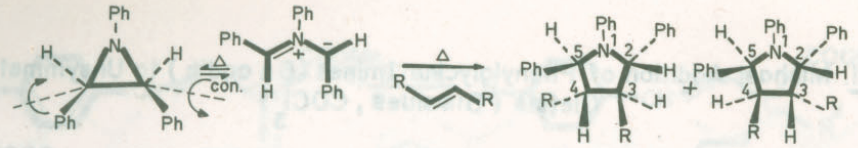
* H_C and H_D overlap

Table 2. Michael Addition of Valine Imines (7c and d) to Unsymmetrical Olefins (δ values, $CDCl_3$)



Schiff's Base (7)					Michael Adduct (8)			
R	H_A	H_B	C_A	C_B	X	H_A	C_A	C_B
H	8.26(s)	3.7(s)	163.19	80.13	CN	8.40(s)	161.17	73.11
H	8.26(s)	3.7(s)	163.19	80.13	COOMe	8.36(s)	160.46	73.83
MeO	8.15(s)	3.68(s)	162.47	80.02	CN	8.32(s)	160.33	73.05
MeO	8.15(s)	3.68(s)	162.47	80.02	COOMe	8.27(s)	159.48	73.57

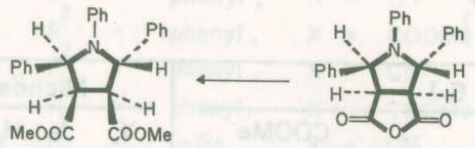
พิร์โรลิดินที่เกิดขึ้นจะอยู่ในรูปของสารผสมของสเทอริโอไอไซเมอร์ (stereoisomeric mixture) และสามารถแยกออกจากกันได้ด้วยวิธี HPLC สำหรับการศึกษาทางสเทอริโอเคมีของพิร์โรลิดิน หรือสารที่เป็นวงแหวนห้าเหลี่ยม ค่อนข้างจะลำบากมาก ทั้งนี้เนื่องจากเกิด flexible conformation ในวงแหวนห้าเหลี่ยม ดังนั้นจากค่า coupling constants (J) ไม่สามารถกำหนดรูปลักษณ์แบบ cis และ trans ได้ อย่างไรก็ตาม Huisgen[8] ได้ศึกษาปฏิกิริยา cycloaddition ระหว่าง 1,2,3-triphenylaziridine กับ fumaric ester ให้พิร์โรลิดิน(10-15)



(10) R = COOEt (12) R = COOEt

(11) R = COOMe (13) R = COOMe

H at C-3 and C-4 = δ 3.58 H at C-3 and C-5 = δ 4.14



(14) (15)

จากการศึกษา ^{1}H nmr เกี่ยวกับค่า coupling constant(J) เพื่อจะหาความสัมพันธ์ของสเทอริโอเคมี ในอนุพันธ์พิร์โรลิดิน พบว่าค่า cis-coupling constants $J_{2,3}$ และ $J_{4,5}$ ในสาร (12) และ (13) จะมีค่าใหญ่กว่าค่า trans-coupling constantsts ในสาร (10) และ (11)แต่สำหรับสาร (14) พบว่าค่า trans-coupling constants $J_{2,3}$ = 7.42 Hz จะมีค่าใหญ่กว่าค่า cis-coupling constants $J_{3,4}$=7.35 Hz เพียงเล็กน้อย ยิ่งไปกว่านั้นค่า trans-coupling constants ในสาร (10-15) จะมีค่าแตกต่างกันมากจาก 1-12.6 Hz ดังในตาราง 3

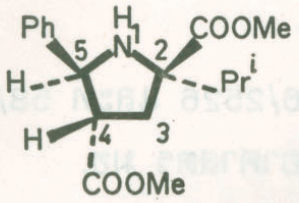
Table 3 : Calculated coupling constants from the line position using the iterative program (LAME) in H_3 values.

Compound	$J_{2,3}$	$J_{3,4}$	$J_{4,5}$
10	3.74 t	4.0 t	3.74 t
11	3.69 t	4.74 t	3.69 t
12	8.35 c	12.63 t	8.35 c
13	8.42 c	7.35 t	7.28 c
14	7.42 t	7.35 c	7.28 c
15	0.81 t	8.96 c	9.89 c

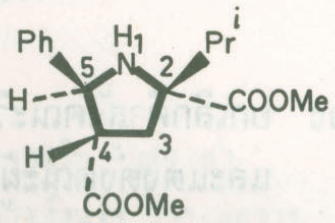
t = trans H relationship to each other
c = cis H relationship to each other

ดังนั้นจากผลทั้งหมดสรุปได้ว่าการจะกำหนดสเทอริโอเคมี เกี่ยวกับรูปลักษณ์แบบ cis- หรือ trans- จากค่า coupling constants เพียงอย่างเดียวไม่ได้ อย่างไรก็ตามจากการศึกษาค่า chemical shift ของโปรตอน ที่ตำแหน่งC-(3) และ C-(4) ใน(10) มีค่า δ = 3.58 ซึ่งจะอยู่ higher field กว่าของโปรตอน ที่ตำแหน่ง C-(3) และ C-(4) ใน(12) มีค่าδ = 4.14 ทั้งนี้เนื่องจากว่าโปรตอน ที่ C-(3) และ C-(4) ในสาร(10)จะถูกบดบังด้วยหมู่ cis-vic-phenyl ในขณะที่โปรตอน ที่ C-(3)และ C-(4) ในสาร (11)จะไม่ถูกบดบังด้วยหมู่ trans-vicphenyl จึงมีค่า chemical shift อยู่ที่สนามต่ำลงกว่า (lower field) ผลนี้ใช้เป็นหลักฐานอย่างดีในการกำหนดสเทอริโอเคมีของโปรตอนในพิร์โรลิดิน

จากการศึกษาสเทอริโอไอโซเมอร์ที่เตรียมได้จาก Michael adduct ได้ผลดังนี้



(16)



(17)

J_{H_4/H_5}	= 8.8 Hz	J_{H_4/H_5}	= 9 Hz
H at C-4	= δ 2.75	H at C-4	= δ 2.86
H at C-5	= δ 4.38	H at C-5	= δ 4.37

จาก X-ray analysis พบว่าสาร(16)มีรูปลักษณ์ ของ C(4H) กับ C(5H) อยู่ในลักษณะ trans กัน ดังนั้น จากค่า coupling constants J_{H_4/H_5} และค่า chemical shift ของโปรตอน ที่ C-(4) ในสาร(17) มีค่าใกล้เคียงกับสาร(16) ซึ่งผลนี้จะสรุปว่า C(4H)กับ C(5H) ใน(17)มีรูปลักษณ์เป็น trans เช่นกันและสเทอริโอเคมีของสารทั้งสองมีรูปลักษณ์ต่างกันที่ C-(2)เท่านั้น

References

1. S.H. Pine, J.B. Hendrickson, D.J.Cram and G.S. Hammond, "Organic Chemistry", 4th ed.,McGraw-Hill, New York, 1980, p280, 529 and 564.
2. a) R. Huisgen, Angew. Chem. Int. Ed. Engl., 1968, I, 321.
   b) R.R. Sahmidt, ibid. 1973. 12, 212.
   c) J. Sauer, ibid., 1966, 5,211; ibid. 1976, 6, 16.
   d) J. Sauer and J. Kredel, Tet. Letts., 1966, 731 and 6359.
   e) A.S. Onischenko, "Diene Synthesis", Davey, New York, 1964.
3. R. Huisgen, Angew. Chem. Int. Ed. Engl., 1963, 2, 565 and 633.
4. T. Kauffmann, "New Synthetic Methods", Verlag Chemie, 1975, Vol 1, 133.
5. a) G. Stock, A.Y.W. Leong and A.M. Touzin, J. Org. Chem., 1976, 41 3491
   b) P. Bey and J.P. Vevert, Tet. Letts, 1977, 1455 and ibid, 1978, 4625.
6. a) J.C. Clark, G.H. Phillips and M.R. Steer, J.C.S.(Perkin I), 1976, 475 and references therein.
   b) M.J.O. Donnell, J.M. Boniece and S.E. Earp; Tet. Letts., 1978, 2641
7. V. Dryanska, K. Popandora-Yambolieva and C. Ivanov, Tet. Letts 1979, 443.
8. J. Herbert Hall and R. Huisgen, J.C.S. Chem. Commun., 1971, 1187-1190

แนะนำคณะผู้จัดทำวารสารวิทยาศาสตร์ มข.
และคณะที่ปรึกษา
12 ธันวาคม 2526 – 11 ธันวาคม 2527

ที่ปรึกษาทั่วไป	**ภาควิชาสังกัด**
อธิการบดีมหาวิทยาลัยขอนแก่น (รศ.นพ.นพดล ทองโสภิต)	ศัลยศาสตร์
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ (รศ.ดร.สมพงศ์ จันทร์โพธิ์ศรี)	เคมี
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์ (ผศ.ทวีศักดิ์ แก้วชิม)	ฟิสิกส์
รองคณบดีฝ่ายบริหาร (ผศ.สมเกียรติ ตั้งพูลผล)	คณิตศาสตร์
ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายวิจัย (ดร.พรพิมล สุริยจันทราทอง)	ชีววิทยา
ผศ. เฉลิม คิดชัย	ฟิสิกส์
ที่ปรึกษาฝ่ายวิชาการ	
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ (ดร.สุนันทา เฮงรัศมี)	เคมี
รศ.ดร.สุชาติ จันทร์ทิพย์	คณิตศาสตร์
ผศ.ดร.ขาว เหมือนวงศ์	ฟิสิกส์
ผศ.ดร.ภักดี ธันวารชร	ธรณีวิทยา
ผศ.ศรีสุมนตร์ สีตะธนี	ชีววิทยา
อาจารย์ชรินทร์ คูคู่สมุทร	สถิติ
บรรณาธิการ	
ดร.ไฉนพร ด่านวิรุทัย	เคมี
บรรณาธิการผู้ช่วย	
ผศ.ดร.กิตติ อมรรักษา	เคมี
กองบรรณาธิการ	
ผศ.ไพบูลย์ มงคลถาวรชัย	ชีววิทยา
ผศ.อัจฉรา ธรรมถาวร	ชีววิทยา
อาจารย์รัตนา มหาชัย	เคมี
อาจารย์ลัดดา เต็มอุดม	ธรณีวิทยา
อาจารย์สุวิน บุศราคำ	ธรณีวิทยา
อาจารย์ทัศนีย์ อารยะตระกูลลิขิต	คณิตศาสตร์
อาจารย์อำนวย มณีศรีวงศ์กูล	สถิติ
อาจารย์ศิริณีย์ ทองสวัสดิ์วงศ์	ฟิสิกส์
ผศ.วรรณี รัมภาวัฒนา (จัดหาทุน)	คณิตศาสตร์

☐ สมาชิกใหม่ **ใบสมัครเป็นสมาชิก "วิทยาศาสตร์ มข."**

☐ ต่ออายุ เขียนที่.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ข้าพเจ้า..... ☐ บุคคลทั่วไป ☐ นักเรียน นักศึกษา

ที่ทำงาน หรือสถานศึกษา:.....

ที่อยู่.....

..... รหัสไปรษณีย์.....

มีความประสงค์จะรับวารสาร"วิทยาศาสตร์ มข." ตั้งแต่ฉบับที่.....ปีที่.....

จนถึงฉบับที่.....ปีที่.....รวม.....ฉบับ พร้อมนี้ได้ส่งเงิน

จำนวน.....บาท มาทาง ☐ ธนาณัติ ☐ เชคไปรษณีย์

ลายเซ็น.....**ผู้สมัคร**

(วารสารวิทยาศาสตร์ มข. พิมพ์ปีละ 4 ฉบับ ค่าบำรุงปีละ 30 บาท ขายปลีกเล่มละ 8 บาท)

<u>หมายเหตุ</u> ส่งเงินทางธนาณัติหรือเช็คไปรษณีย์ ในนามของนางบุญคุ้ม เหลือล้น ห้องสมุดคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

อภินันทนาการ

จาก

ห.จ.ก. จิ้นเลี่ยงฮวก

610/60-2 ซอยพญานาค พญาไทย
กรุงเทพมหานคร
โทร. 2820481, 2820482

จำหน่าย

กระดาษทุกชนิด ราคาเป็นกันเอง