ISSN 0125-2364

วารสาร วิทยาศาสตร์ มข.

THE JOURNAL OF SCIENCE KHON KAEN UNIVERSITY

ปีที่ 11 ฉบับที่ 1 มกราคม - มีนาคม 2526

ISSN 0125-2364

วารสาร วิทยาศาสตร์ มข.

THE JOURNAL OF SCIENCE KHON KAEN UNIVERSITY

วัตถุประสงค์

- เพื่อส่งเสริมและเผยแพร่วิทยาการในสาขาวิชาต่างๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์
- เพื่อเผยแพร่ผลงานด้านการวิจัย และการศึกษาค้นคว้าของอาจารย์และนักศึกษา
- เพื่อเป็นสื่อกลางการแลกเปลี่ยนความรู้ และแนวความคิดทางวิชาการระหว่างอาจารย์ นักศึกษาและผู้สนใจ ทั้งภายในและภายนอกสถาบัน

เจ้าของ คณะวิทยาศาสตร์

สำนักงาน ตึก ๓ ห้องสมุด
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

กำหนดออก ปีละ ๔ ฉบับ
ม.ค. - มี.ค.
เม.ย. - มิ.ย.
ก.ค. - ก.ย.
ต.ค. - ธ.ค.

ค่าบำรุง ปีละ ๓๐ บาท

การบอกรับเป็นสมาชิก

แจ้งความจำนงเป็นจดหมาย หรือกรอกใบสมัครเป็นสมาชิก พร้อมส่งค่าบำรุงเป็นธนาณัติหรือเช็คไปรษณีย์ ในนามของนางบุญคุ้ม เหลือล้น ฝ่ายจัดการ สั่งจ่าย ป.ท.มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ข้อแนะนำในการเขียนบทความลงวารสาร "วิทยาศาสตร์"

ประเภทของเรื่องที่จะตีพิมพ์ควรมีลักษณะเป็นบทความทางวิชาการหรือสรุปรายงานผลวิจัย ต้นฉบับควรเป็นภาษาไทยและเป็นตัวพิมพ์ดีด ชื่อเรื่องควรสั้นและได้ใจความตรงกับเนื้อเรื่อง การเขียนให้ใช้ภาษาง่ายๆ ศัพย์ภาษาอังกฤษที่ใช้ปนกับภาษาไทยให้พยายามแปลเป็นภาษาไทยเท่าที่จะทำได้ ถ้าไม่สามารถแปลได้ให้ทับศัพย์ และเขียนคำเดิมกำกับไว้ในวงเล็บด้วย

ผลงานวิจัยควรมีบทคัดย่อทั้งภาษาไทย และอังกฤษ เนื้อหาของเรื่องแบ่งเป็นบทนำ วิธีดำเนินงาน ผลการวิเคราะห์ บทสรุปและวิจารณ์

การอ้างอิงเอกสารในบทความทำได้ ๒ แบบ โดยการใส่หมายเลขเอกสารอ้างอิง หรือใส่ชื่อผู้แต่งพร้อมทั้งปีที่พิมพ์ไว้ในเครื่องหมายวงเล็บ

การจัดเรียงรายชื่อเอกสารอ้างอิงในตอนท้ายของบทความอาจเรียงตามลำดับหมายเลขหรือตามลำดับอักษร ถ้าเรียงตามลำดับอักษรให้เรียงรายชื่อผู้แต่งภาษาไทยก่อนแล้วจึงเรียงลำดับผู้แต่งที่เป็นภาษาอังกฤษ ชื่อผู้แต่งภาษาไทยให้ขึ้นต้นด้วยชื่อตัว ชื่อผู้แต่งภาษาอังกฤษให้ขึ้นต้นด้วยชื่อสกุล การเขียนเอกสารอ้างอิง ถ้าเป็นหนังสือให้ใส่ชื่อผู้แต่ง ชื่อหนังสือ ชื่อสำนักพิมพ์ สถานที่พิมพ์ ครั้งที่พิมพ์ ปีที่พิมพ์ และหน้าที่ใช้อ้างอิง ถ้าอ้างอิงวารสารให้เขียนชื่อผู้แต่ง ชื่อหัวข้อเรื่อง ชื่อวารสาร หมายเลขปีและเล่ม หน้าที่ใช้อ้างอิงและปีที่พิมพ์

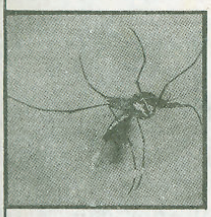
ปีที่ 11 ฉบับที่ 1 มกราคม - มีนาคม 2526

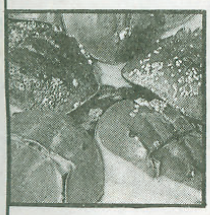
กองบรรณาธิการ

	บทบรรณาธิการ	
สุภาพ ณ นคร	บรรณาธิการแถลง	
	จดหมายถึงบรรณาธิการ	
สุกันยา วรรณเกษม	ข่าววิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	
สมพงษ์ ธรรมถาวร	เกร็ดความรู้	
นิสันต์ สัตยาศัย	ลองภูมิ	

บทความวิทยาศาสตร์

สุรเดช ถาวรพิทักษ์	การตรวจสอบรูปแบบการกระจายของประชากรปกติ	1
ณัฐวุฒิ ธานี	การควบคุมยุงลายโดยชีววิธี	6
เกรียงศักดิ์ ศรีสุข	เทคนิคการสำรวจแหล่งน้ำบาดาล	13
ประนอม จันทรโณทัย	ผักตบไทย	21
ยุทธนา จิตตะกวี	พัฒนาการของความรู้เรื่องอะตอม	25
วัชราภรณ์ เขื่อนแก้ว	ทองคำ – ทองคนโง่	31
ละออศรี เสนาะเมือง	สัตว์โบราณที่ยังมีชีวิตอยู่ : ตอน แมงดาทะเล	36





งานวิจัย

สุรศักดิ์ สุจริตวณิชพงศ์	การสร้างโบร์ไมด์และไอโอไดด์วิเลคทีฟ CARBON – PASTE อิเลคโตรด	47

บทบรรณาธิการ

"ค่ายเยาวชนวิทยาศาสตร์ มข.ครั้งที่ 1"

"การเข้าค่าย" หมายถึงการนำกลุ่มบุคคลเข้าไปอยู่ร่วมกันเพื่อกระทำกิจกรรมที่เกิดประโยชน์ร่วมกัน "ค่ายเยาวชนวิทยาศาสตร์ มข." นี้เป็นค่ายใหม่ที่กำลังจะเกิดขึ้น ในคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยมีสมาชิกชาวค่ายเป็นนักเรียนในภาคอีสานของเรา ซึ่งกำลังจะขึ้นชั้น ม.6 ในปีการศึกษา 2526 จำนวน 34 คน ซึ่งคัดเลือกจากจังหวัดต่างๆ อย่างน้อยจังหวัดละ 2 คน

สำหรับวัตถุประสงค์ของการตั้งค่ายนั้น กลุ่มผู้ดำเนินการได้เขียนไว้ดังนี้ "เพื่อชี้นำให้เยาวชนรู้จักความสำคัญของวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะเป็นพื้นฐานสำคัญในการดำเนินชีวิตอย่างมีคุณภาพ และให้เกิดความรักในวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะนำไปสู่ทัศนคติที่ถูกต้อง ในการปฏิบัติต่อสิ่งแวดล้อม"

ในการที่กลุ่มผู้ดำเนินการ คือ คณะกรรมการโครงการการศึกษานอกระบบของคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ได้มีโครงการจัดค่ายเยาวชนวิทยาศาสตร์ ขึ้นนี้ก็เป็นที่แน่ชัดแล้วว่าคณะกรรมการได้ตระหนักถึงความสำคัญของ "วิชาวิทยาศาสตร์" ต้องการพัฒนาให้เยาวชนของเรารักวิชาวิทยาศาสตร์ คิดอย่างวิทยาศาสตร์ และที่สุดคือสามารถนำเอาวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

ดิฉันในฐานะอาจารย์ผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์และบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ ยินดีและชื่นชมเป็นอย่างยิ่งที่คณะวิทยาศาสตร์ของเราได้มีบุคคลากรที่มีคุณค่า ยินดีสละเวลา เพื่อรวมพลังความคิดที่จะดำเนินการกิจกรรมที่มีประโยชน์อย่างยิ่งนี้ขึ้น วิทยากรอันประกอบด้วยคณาจารย์ จากทั้งคณะวิทยาศาสตร์และคณะอื่นๆ ในมหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ยินดีสละเวลามาให้ความรู้แก่เยาวชนของเรานั้น จำนวนมากมายหลายท่าน ขออวยพรให้การดำเนินการจงประสบผลสำเร็จ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงจะมีค่ายเยาวชนวิทยาศาสตร์ มข. ครั้งที่ 2,3..... ต่อไปเรื่อย ๆ

คงจะไม่ใช่เป็นการประชาสัมพันธ์ เพราะขณะนี้จำนวนเยาวชนได้ส่งใบสมัครไปยัง คณะกรรมการจำนวนมากมายแล้ว แต่เพื่อเป็นการเชิญชวนให้ทุกท่านได้ร่วมตระหนักในความสำคัญของวิชาวิทยาศาสตร์ จึงได้แนบหมายกำหนดการค่ายเยาวชนวิทยาศาสตร์ ครั้งที่ 1 มาให้ดูด้วย

สุภาพ ณ นคร

หมายกำหนดการค่ายเยาวชนวิทยาศาสตร์ ครั้งที่ 1
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

อาทิตย์ที่ 6 พฤษภาคม 26	เยาวชนเดินทางถึงมหาวิทยาลัย ลงทะเบียน พบปะอาจารย์ ผู้อำนวยการ รองผู้อำนวยการ และพี่เลี้ยง						อาหารเย็น	สันทนาการ
จันทร์ที่ 7 พฤษภาคม 26	อาหารเช้า	พิธีเปิด 8.30 - 9.30	พักน้ำชา 9.30 - 10.00	สภาพทางธรณีวิทยา ของภาคอีสาน 10.00 - 12.00	อาหารกลางวัน	สนุกกับเกมส์ทางคณิตศาสตร์ 13.00 - 16.00	อาหารเย็น	สันทนาการ
อังคารที่ 8 พฤษภาคม 26	อาหารเช้า	เคมีกับสิ่งแวดล้อม 8.30 - 12.00		อาหารกลางวัน	ทัศนศึกษาโรงงานอุตสาหกรรม 13.00 -		อาหารเย็น	สันทนาการวิทยาศาสตร์
พุธที่ 9 พฤษภาคม	อาหารเช้า	ปฏิบัติการทัศนศึกษา (Optics) 8.30 - 12.00		อาหารกลางวัน	กิจกรรมพลศึกษา 13.00 -		อาหารเย็น	สันทนาการ
พฤหัสบดีที่ 10 พฤษภาคม 26	อาหารเช้า	โรคพืชใน ภาคอีสาน 8.30 - 10.50	รู้จักไม้ ของภาคอีสาน 10.30 - 12.00		ปฏิบัติการภาคสนามดูต้นไม้ชนิดต่าง ๆ ภายในมหาวิทยาลัย		อาหารเย็น	สันทนาการวิทยาศาสตร์
ศุกร์ที่ 11 พฤษภาคม 26	อาหารเช้า	เวชศาสตร์ชุมชน 8.30 - 10.15	อาหารเสริมโปรตีน จากถั่วพุ่ม 10.15 - 12.00	อาหารกลางวัน	ประเมินผล แบ่งเป็นกลุ่มย่อย	สรุปประเมินผล ปิดค่าย	อาหารเย็นเลี้ยงอำลา	
เสาร์ที่ 12 พฤษภาคม 26	อาหารเช้า	เยาวชนเดินทางกลับภูมิลำเนา						

บรรณาธิการแถลง

วารสารวิทยาศาสตร์ มข. ฉบับที่ท่านกำลังอ่านอยู่ขณะนี้ได้มีอายุย่างเข้าปีที่ 11 แล้ว ตลอดช่วงเวลา 10 ปีที่ผ่านมา ได้มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น ไม่เฉพาะกลุ่ม ผู้จัดทำวารสารเท่านั้น แต่รวมถึงรูปแบบ เนื้อหาสาระหรือแม้แต่ชื่อวารสาร "วารสารวิทยาศาสตร์ มข." เดิมชื่อว่า "วิทยาสาร มข." และมีชื่อภาษาอังกฤษว่า"Journal of The Seience-Arts Faculty Khonkaen University" โดยมีกองบรรณาธิการชุดแรกประกอบด้วย

- วันทนีย์ เตยะธิติ
- ชรินทร์ ดูคู่สมุทร
- ปราโมทย์ ทองกระจาย
- สุนันทา (รื่นไกรฤกษ์) เฮงรัศมี
- ตียู ชุลีเลิศวิทยากรณ์
- พิพัฒน์ โชคสุวัฒนสกุล
- สุพล บริพันธ์

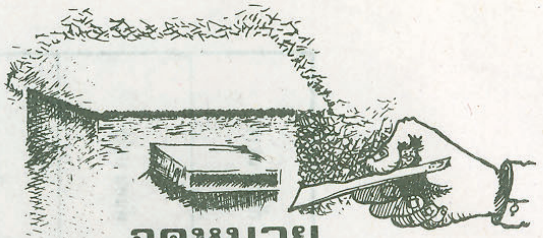
ซึ่งในขณะนั้นคณะวิทยาศาสตร์ ก็มีชื่อเรียกว่า คณะวิทยาศาสตร์-อักษรศาสตร์ดังนั้น กองบรรณาธิการบางท่าน จึงเป็นอาจารย์ทางฝ่ายอักษรศาสตร์ ซึ่งขณะนี้ท่านเหล่านั้นได้ย้ายสังกัดตัวเองไปขึ้นกับ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ เรียบร้อยแล้ว

หากจะเปรียบเทียบวารสารวิทยา ม.ข. กับเด็กสาววัยย่างเข้าสู่ 11 ปี แล้วละก็ คงจะเป็นวัย ที่ควรจับตามองดูว่าเมื่อเด็กสาวคนนี้พัฒนาเป็นเด็กวัยรุ่นแล้ว จะมีความสวยเพียงใด มีหนุ่มๆ ติดใจมากน้อยเพียงใด

ในการที่เด็กสาวคนนี้จะมีพัฒนาการที่สมบูรณ์ผิวพรรณ ผุดผ่องสดุดตาแก่ผู้พบเห็น และติดใจแก่ผู้ที่จับต้องนั้น คงจะต้องได้รับอาหารบำรุงที่ดีและมีคุณค่า

ความจริงก็คือความจริง วารสารไม่ใช่เด็กสาว "วารสารก็คือวารสาร" ดังนั้นหากท่านสมาชิกและท่านผู้อ่านอยากเห็นวารสารของเรา มีคุณค่าน่าจับต้อง และเป็นที่ติดใจแก่ผู้ที่ ได้จับ ต้อง แล้วละก็ขอได้โปรดช่วยกันส่งบทความที่ดีและมีคุณค่ามาช่วยบำรุงเลี้ยงเราด้วย แล้วท่านก็จะได้ร่วมดีใจกับเราด้วย เมื่อวารสารของเราได้รับการยอมรับและมี "แฟน" เพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ

สุภาพ ณ นคร



จดหมายถึงบรรณาธิการ

Chemical Abstracts Service

Khon Kaen University
Department of Publications
Khon Kaen, THAILAND

December 14,1982
Ref.: 82-12268

Gentlemen :

Enclosed is our request form for your serial publication. We are very interested in examining recent issues to determine if this title is eligible for abstracting and indexing in Chemical Abstracts. We prefer that you send one copy each of the three most recent issues. This will give us a large enough sample to correctly decide whether or not continued coverage is desirable. Naturally, if you are unable to send this many issues,please ship as many as you normally allow, or let us know the cost per issue if samples are unavailable. After examining the issues we will write to you again if the content of your publication is of interest to our readers.Please do not place our name on your regular mailing list until we contact you further.

When preparing your shipment, please use the attached mailing label and enclose the return copy of our request form. The back of the return copy may also be used to indicate why the issues are unavailable or to make additional comments.Be sure to mention our reference number if the return copy is not included with your response.

Thank you in advance for your cooparation. We look forward to receiving shipment of the sample issues of your reply.

Yours sincerely,

Library Acquisitions Group
Chemical Abstracts Service

จดหมายฉบับนี้ส่งมาจากต่างประเทศ เป็นเพียงจดหมายขอตัวอย่างวารสารวิทยาศาสตร์ มข. ไปพิจารณา และทางคณะวิทยาศาสตร์ได้ดำเนินการส่งไปให้เรียบร้อยแล้ว ขณะนี้เรากำลังรอผลการพิจารณา

สุภาพ ณ นคร

ข่าววิทยาศาสตร์ และ เทคโนโลยี

เถ้าลิกไนต์ – ผลพลอยได้ที่ไม่สูญเปล่า

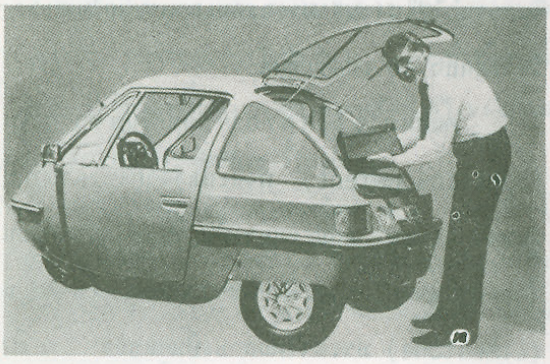
การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ประสบผลสำเร็จทางวิชาการ ค้นพบคุณสมบัติของเถ้าลิกไนต์เหมาะที่จะนำไปผลิตปูนซีเมนต์ นายสฤษฎิ์ อภัยภูมินารถ ผู้ว่าการฝ่ายการโครงการและแผนงานการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และนางสาวพัธนี บำบัดสรรพโรค วิศวกรผู้รับผิดชอบโครงการนี้อย่างใกล้ชิดได้เปิดเผยคุณค่าของเถ้าลิกไนต์ พบว่ามีคุณสมบัติเหมาะที่จะนำไปทำปูนซีเมนต์ที่มีคุณภาพดี เท่าหรือสูงกว่ามาตรฐาน และต้นทุนในการผลิตต่ำกว่าปูนซีเมนต์ทั่วไป

การไฟฟ้าฯ ได้ใช้เวลาในการศึกษาคุณสมบัติของเถ้าลิกไนต์ (ที่เกิดจากการเผาถ่านลิกไนต์เพื่อเอาพลังงานความร้อนไปใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า) เป็นเวลานานพบว่าไม่สามารถนำเอาไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นได้ นอกจากจะนำไปผลิตปูนซีเมนต์ ดังนั้นการไฟฟ้าจึงส่งคุณพัธนี บำบัดสรรพโรค ไปทำการศึกษาและทดลอง ณ ประเทศเบลเยียม ภายใต้ความช่วยเหลือของรัฐบาลเบลเยียม พบว่าการผลิตปูนซีเมนต์โดยขบวนการของทรีฟ (TRIEF PROCESS) ซึ่งใช้เถ้าถ่านลิกไนต์ชนิดเบาเป็นวัตถุดิบหลัก ผสมตามสัดส่วนของขบวนการแล้วนำไปเผาหลอม ทำให้เย็นลงในน้ำ ได้เม็ดตะกรัน แล้วนำไปบดให้ละเอียดจะได้ปูนซีเมนต์บริสุทธิ์ชนิด L.T.P. (Liant Trief Pur) ซึ่งสามารถเก็บไว้ได้นานเป็นร้อย ๆ ปี ในการนำไปใช้งานสามารถเติมเถ้าถ่านลิกไนต์เข้าไปได้อีกถึง 60 เปอร์เซ็นต์

ต้นทุนการผลิตต่ำกว่าปูนซีเมนต์ทั่ว ๆ ไป (Portland Cement) ทั้งนี้เนื่องจากในเถ้าถ่านมีปูนขาว (Lime) ผสมอยู่แล้วเป็นปริมาณมาก ดังนั้นจึงลดค่าใช้จ่ายในการเติมปูนขาว จากการ เอาหินปูน (Limestone) มาเผาให้กลายเป็นปูนขาว ซึ่งต้องระเบิดหินปูนมาจากภูเขา เป็นการทำลายธรรมชาติและขนส่งมายังโรงงาน ดังนั้นนอกจากจะเป็นการประหยัดเงินทุนแล้วยังเป็นการอนุรักษ์ธรรมชาติอีกด้วย ในขบวนการทำทรีฟซีเมนต์ยังได้เหล็กเป็นผลพลอยได้ในขณะหลอมเถ้าลิกไนต์ถึง 10 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณเถ้าลิกไนต์ เหล็กนี้สามารถปรับปรุงคุณภาพ และแปรรูปในขณะที่เหล็กอยู่ ในเตาที่มีอุณหภูมิสูง เป็นการประหยัดเงินตราต่างประเทศในการนำเหล็กเข้า ซึ่งต้องส่งมาจากต่างประเทศมิใช่น้อย

The Cub สามล้อไต้หวัน

The Cub รถอนาคต สามล้อสองที่นั่ง รถที่เหมาะสำหรับเศรษฐกิจ และการจราจร ที่แสนจะคับคั่งในปัจจุบัน มีความยาวตลอดตัวรถเพียง 91 นิ้ว หนัก 700 ปอนด์ กำลังขับเคลื่อน 10 กำลังม้า วิ่งได้เร็ว 45-65 ไมล์ต่อชั่วโมง เกียร์อัตโนมัติ 2 speed ในถังจุน้ำมันได้ 5 แกลลอน อัตราการสิ้นเปลือง 80 ไมล์ต่อ 1 แกลลอน ดังนั้นถ้าเติมน้ำมันเต็มถังสามารถวิ่งได้ถึง 400 ไมล์ นี้คือผลผลิตของญี่ปุ่น ที่ผลิตในสหรัฐ และจำหน่ายให้ไต้หวัน เป็นสินค้าที่น่าสนใจสำหรับบรรยากาศการจราจรในกรุงเทพฯ เมืองไทย ว่ากันจริง ๆ แล้วสามล้อเครื่องเมืองไทยมีมาก่อนนี้ตั้งนาน แต่เราใช้สำหรับรับจ้าง น่าจะปรับปรุงมาเป็นรถใช้ส่วนตัวบ้าง



ระบบเสียง Super – stereo

สิ่งประดิษฐ์ใหม่สำหรับผู้มีสุนทรีย์ในเสียงเพลง ปกติระบบเสียงสเตอริโอ ที่ฟังกันอยู่ปัจจุบันนี้ จะมีตำแหน่งจำกัดในจุดใดจุดหนึ่งและในความเป็นจริงผู้ที่นั่งใกล้ลำโพงตัวไหนก็จะได้ยินเสียงจากลำโพงตัวนั้นชัดที่สุด แต่บัดนี้หลังจาก 3 ปีแห่งการคิดค้น บริษัท Delco-GM and Bose ได้ผลิต The Delco-GM/Bose Music System ขึ้นมา เมื่อติดตั้งเครื่องนี้เข้าไปในรถแล้วไม่ว่าผู้ฟังจะนั่งในตำแหน่งใดภายในรถจะได้รับฟังเสียง Stereo เท่าเทียมกันหมดทุก ๆ ตำแหน่ง โดยเครื่อง คอมพิวเตอร์ จะเป็นผู้ควบคุมความดังของเสียงที่ออกจากลำโพงทั้งสอง ให้เสียงออกมาถึงผู้ฟังเป็นเสียง สเตอริโอ ที่สมบูรณ์แบบ

ข่าวดีสำหรับนักวิทยาศาสตร์และผู้สนใจ

เนื่องจากในวันที่ 18 สิงหาคม เป็นวันวิทยาศาสตร์แห่งชาติ คณะวิทยาศาสตร์จัดให้มีการบรรยายและเสนอผลงานทางวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นการเผยแพร่ความรู้ทางด้านวิชาการในวันนี้

คณะวิทยาศาสตร์จัดการศึกษานอกระบบ

เพื่อให้สอดคล้องกับนโยบาย หลัก ของ คณะ – วิทยาศาสตร์ในการบริการความรู้ วิชาการ ทาง ด้าน วิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย คณะวิทยาศาสตร์จึงได้จัดการศึกษานอกระบบขึ้น โดยเริ่มตั้งแต่วันที่ 20 เมษายน 2526 เป็นต้นไป ผู้สนใจติดต่อโดยตรงที่ประธานกรรมการจัดการศึกษานอกระบบ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไปจนถึงวันที่ 1 เมษายน 2526 โครงการอบรมมี 5 โครงการดังนี้

1. การเตรียมตัวอย่างชีววิทยา
2. เสริมเนื้อหาเคมี
3. ธรณีวิทยากายภาพ ธรณีวิทยาทั่วไปสำหรับครู
4. ธรณีสัญจร
5. การสร้างอุปกรณ์

เกร็ดความรู้

วิทยาศาสตร์ มข. ฉบับเริ่มศักราชใหม่ 2526 เสนอเกร็ดความรู้สำหรับสมาชิกเพื่อเป็นของกำนัล ในภาวะที่ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงของโลกกำลังแปรปรวนและกอนจะพบกับเรื่องหนักของสังคมปัจจุบัน

วิตามินซีกับสุขภาพของมนุษย์

แรกทีเดียว Ebers Papyrus เป็นผู้คนพบและบอกให้เราทราบว่า หากร่างกายขาดวิตามินซีจะเป็นโรคลักปิดลักเปิด โดยร่างกายจะเริ่มอ่อนเพลีย ปวดกล้ามเนื้อ กระดูกและข้อต่อ ส่วนผิวหนังก็จะแห้ง และถ้าขาดวิตามินซีติดต่อกันเป็นเวลา 2 - 3 เดือน จะมีจุดสีแดงขึ้นตามตัว ผมและผิวหนังจะแห้ง เหงือกจะบวม ปากแห้ง เลือดจะออกตามไรฟัน ผมร่วง กระดูกผุ และตายในที่สุด และพบว่าคนที่เป็นโรคนี้ก็มีประวัติว่าเป็นผู้ที่ ไม่คอยนิยมบริโภคผลไม้ และ ผักสดเสียด้วย

นอกจากนี้ Arnold ยังพบว่าวิตามินซียังสามารถบรรเทาและป้องกันโรคมะเร็งได้ด้วย จากการสำรวจพบว่า ในวันหนึ่ง ๆ มีผู้ตายด้วยโรคมะเร็งถึงพันคนและก็มักจะมีสาเหตุผูกพันอยู่กับเรื่องของอาหาร การกิน การสูบบุหรี่ ร้อยละ 40 ของชายที่ตายด้วยโรคมะเร็งจะเป็นที่ลำไส้ ต่อมลูกหมากและตับอ่อน ส่วนผู้หญิงนั้นร้อยละ 60 จะเป็นที่เต้านม ลำไส้ รังไข่ มดลูก และตับ วิตามินซีจะเป็นตัวป้องกันการเกิดสาร Nitrosamines ซึ่งเป็นตัวการหนึ่งที่ทำให้เกิดโรคมะเร็ง สารที่ว่านี้มักจะพบในเครื่องสำอางค์ ยาสูบ ยา และแม้แต่ในอาหาร นอกจากวิตามินซีจะเป็นตัวป้องกันการเกิดสารดังกล่าวแล้วยังสามารถสะเทิน (neutralize) พิษของสารที่ก่อให้เกิดมะเร็ง (carcinogens) ที่มีอยู่ในควันบุหรี่ได้ด้วย

เมื่อปี ค.ศ. 1979 Dr.Linus Pauling และ Cameron ได้ทดลองให้วิตามินซีแก่คนไข้หนักที่เป็นโรคมะเร็งวันละ 10 กรัม พบว่าคนไข้มีชีวิตอยู่ต่อไปอีกถึง 200 วัน หาไม่แล้วจะมีชีวิตอยู่เพียง 50 วันเท่านั้น ดังนั้นเรามารับประทานวิตามินซีกันเถอะ เพียงวันละ 60 มิลลิกรัม เพื่อสุขภาพและพลานามัย นอกจากจะป้องกันและรักษาโรคดังกล่าวได้แล้ว เขาว่ายังช่วยป้องกันความเครียดในอารมณ์ได้อีก

เราคงไม่ต้องไปนั่งตวงวา วันนี้ เรา รับประทานวิตามินซีครบ 60 มิลลิกรัมหรือยัง เพียงแต่เราฝึกหัดให้เป็นคนมีนิสัยรับประทาน ผักสดและผลไม้เป็นประจำก็พอแล้ว เขาว่ากันว่าพวก ฝรั่ง มะขามป้อม ส้ม มะนาว ก็เป็นผลไม้ที่มีวิตามินซีสูงอยู่ไม่หยอก

น้ำตาลกับข้าวในแง่โภชนาการ

น้ำตาลและข้าวต่างก็ให้สารอาหารที่มีแคลอรีสูง แต่ข้าวดูเหมือนจะมีภาษีดีกว่าน้ำตาลตรงที่อาจมีวิตามินหรือสารอาหารอื่นที่เป็น ประโยชน์ต่อร่างกาย

แถมมาด้วย ดังนั้นการดื่มน้ำข้าวย่อมได้รับสารอาหารที่มีค่ามากกว่าน้ำหวานธรรมดา

คาร์บอนไดออกไซด์ช่วยป้องกันน้ำท่วมโลก

ในบรรดาก๊าซต่าง ๆ ที่มีอยู่ในบรรยากาศ ไม่ว่าจะเป็นก๊าซออกซิเจนก็ดี ไฮโดรเจนก็ดี ไนโตรเจนก็ดี คาร์บอนไดออกไซด์ก็ดี ต่างก็มีคุณและโทษไปคนละแง่ละมุม แต่สำหรับคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศนั้นจะทำหน้าที่ดูดกลืนรังสีเหนือม่วงไว้บางส่วน ทำให้ความร้อนจากรังสีไม่แผ่ลงมายังพื้นโลกทั้งหมด หากปราศจาก คาร์บอนไดออกไซด์ แล้ว พลังงาน จากรังสีเหนือม่วง จะส่องมากระทบพื้นโลก ในปริมาณมากเกินความต้องการ ผลเสียที่จะตามมาคือพลังงานส่วนเกินนี้จะไปละลายน้ำแข็งบริเวณขั้วโลก อาจทำให้น้ำท่วมโลกได้

ทำไมเมื่อจะทาสีบ้านจึงต้องทาสีรองพื้น

ผนังปูนที่เป็นสารผสมระหว่างปูนขาว ทรายและปูนซีเมนต์ เมื่อรวมกับความชื้นจะมีฤทธิ์เป็นด่าง ความเป็นด่างนี้จะเกิดปฏิกริยากับสี ทำให้สีซีด และไม่สม่ำเสมอ ฉะนั้นเมื่อจะทาสีบ้าน ตึก ต้องทาสีรองพื้นปูนเพื่อป้องกันความเป็นด่างเสียก่อน

น้ำส้มสายชูแท้หรือปลอม

สารละลายกรดน้ำส้มสายชู(acetic acid) มีคุณสมบัติรักษาโครงสร้าง และ เนื้อเยื่อ ของพืชมิให้เกิดการเน่าเปื่อยหรือยุ่ยสลาย แต่สารละลายกรดเกลือ (Hydrochloric acid) มีคุณสมบัติย่อยสลายโครงสร้างและเนื้อเยื่อของพืช จากความรู้พื้นฐานอันนี้จะทำให้ทราบได้ว่า น้ำส้มที่ดองพริกอยู่นั้นเป็นน้ำส้มสายชูหรือไม่ โดยสังเกตที่เนื้อของพริก (เนื้อเยื่อพืช) หากมีอาการเปื่อยยุ่ยสลายน้ำส้มที่ดองอยู่นั้นย่อมไม่ใช่น้ำส้มสายชู เพราะน้ำส้มสายชูจะรักษาเนื้อเยื่อของพริกให้คงรูป และกรอบน่ารับประทาน แม้จะดองเก็บไว้เป็นเวลานาน

พื้นที่อันไหนจะน้อยกว่ากัน

ในบรรดาวัตถุต่างๆที่มีปริมาตรเท่ากัน ทรงกลมจะมีพื้นที่ผิวน้อยที่สุด และข้อเท็จจริงอันนี้มีอิทธิพลทำให้เราพบอะไรเป็นทรงกลมหลาย ๆ อย่างรอบตัวเรา เช่นเดียวกับหยดน้ำในอากาศ ดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ ผลไม้ ฯลฯ จะจัดตัวให้เป็นทรงกลมเสมอ ทั้งนี้เพื่อลดแรงต่อต้านจากภายนอก หรือแม้แต่วัตถุที่ยังไม่กลมที่อยู่ในบรรยากาศ นาน ๆ เข้าก็จะสึกกร่อนและกลายเป็นทรงกลม พื้นที่ผิวก็น้อยลง แรงต่อต้านก็น้อยลงด้วย

น้ำลายมีฤทธิ์เป็นกรดหรือด่าง

ปกติน้ำลายที่ขับออกมาจากต่อมจะมีฤทธิ์เป็นด่างเสมอ แต่เมื่อมาขังอยู่ในช่องปากแล้วจะมีฤทธิ์เป็นอย่างไรก็อีกเรื่องหนึ่ง แต่โอกาสที่จะมีฤทธิ์เป็นกรดมีอยู่มาก เพราะบักเตรีในปากมักจะเปลี่ยนเศษอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารคาร์โบไฮเดรตให้เป็นกรดได้ในเวลาไม่กี่นาที ดังนั้นหลังจากแปรงฟันใหม่ ๆ ในช่องปากอาจจะมีฤทธิ์เป็นด่าง ต่อจากนั้นความเป็นกรดจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนกว่าจะแปรงฟันอีกครั้งหนึ่ง

วิธีป้องกันความเหม็นหืนของน้ำมัน

น้ำมันที่ใช้ประกอบอาหารนั้น ไม่ว่าจะได้จากพืชหรือจากสัตว์ก็ดี เช่น น้ำมันถั่ว น้ำมันรำ น้ำมันมะพร้าว น้ำมันหมู ฯลฯ เมื่อเก็บไว้นาน ๆ มักจะมีกลิ่นเหม็นหืนไม่ชวนให้รับประทาน ในบางครั้งอาจจะมีกลิ่นเหม็นหืนเร็วเกินกว่าที่เราจะคิด ความเหม็นหืน

นั้นเกิดจากปฏิกริยาเคมีที่เกิดขึ้นบนโมเลกุลของน้ำมัน คือ

1. Hydrolytic rancidity ปฏิกริยา Hydrolysis

2. Oxidatic rancidity ปฏิกริยา Oxidation

การเกิด Hydrolysis จะทำให้เกิด fatty acid สายสั้น ๆ ระเหยไปกับไอน้ำ มักจะมีกลิ่น เช่น buteric acid ฉะนั้นเพื่อป้องกันปฏิกริยาดังกล่าว ก็ควรปิดฝาภาชนะที่บรรจุน้ำมันให้มิดชิด เพื่อป้องกันความชื้นเก็บน้ำมันนั้นไว้ในที่เย็น เช่นตู้เย็น เพราะอุณหภูมิสูงจะทำให้เกิด Hydrolysis ง่าย

สัตว์ที่มีชีวิตหรือซากสัตว์ที่ท่านไม่ต้องการแล้ว อาจจะเป็นตัวอย่างที่มีคุณค่าต่อการศึกษา ดังนั้นหากท่านมีสัตว์ต่าง ๆ เช่น งู แร้ง เต่า นก แย้ ตะกวด

ขอบริจาคสัตว์เพื่อเป็นวิทยาทาน

สัตว์ที่มีชีวิตหรือซากสัตว์ที่ท่านไม่ต้องการแล้ว อาจจะเป็นตัวอย่างที่มีคุณค่าต่อการศึกษา ดังนั้นหากท่านมีสัตว์ต่าง ๆ เช่น งู แร้ง เต่า นก แย้ ตะกวด กิ้งกำบิน หรือสัตว์ชนิดอื่น ๆ ไว้ในครอบครองและท่านไม่พึงประสงค์ต่อไปอีก ด้วยเกรงว่าจะเป็นภาระหรือเกิดการสูญเปล่า กรุณาติดต่อกับภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เพื่อเจ้าหน้าที่จะได้ขอสัตว์เหล่านั้นมาใช้เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาต่อไป

คอบภูมิ

คอลัมน์นี้จะจัดเป็นประจำในวารสารวิทยาศาสตร์ มข. จุดประสงค์เพื่อให้ผู้อ่านได้ทดลองใช้ภูมิปัญญาในการตีความหมายของประโยคปริศนา และหาคำตอบที่มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับคำถามที่สุด นอกจากนี้จำนวนอักษรในคำตอบจะต้องเท่ากับจำนวนช่องที่กำหนดไว้ด้วย ผู้ที่ตอบปัญหาได้ถูกต้องและส่งไปถึงบรรณาธิการเป็นคนแรก จะได้รับรางวัลตอบแทนพร้อมทั้งได้รับการลงชื่อเพื่อประกาศความสามารถในเล่มถัดไป

เฉลยปัญหาฉบับที่แล้ว

แถวนอน (๑) เอ! นี่มันรูปสัญญลักษณ์ของอียิปต์นี่นา

(๒) อะไรเอ่ยที่ช่วยให้สารละลายนำไฟฟ้าได้

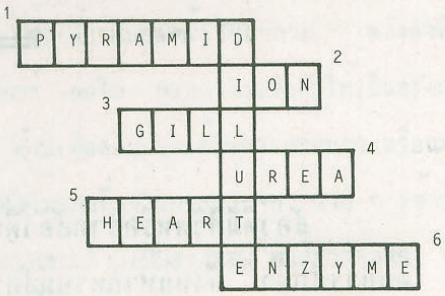
(๓) ปลาไม่ใช่ปอดหายใจหรอก

(๔) ปัสสาวะนี่แหละเป็นปุ๋ยไนโตรเจนชั้นดี

(๕) ถ้ามันหยุดเต้น คุณก็ตายแน่ ๆ

(๖) โอ้โฮ เจ้านี่มันตัวเร่งปฏิกิริยาเคมีชั้นเยี่ยมจริง ๆ

แถวตั้ง น้ำเชื่อมนี่หวานจัดเหลือเกิน เอาน้ำมาเติมหน่อยซิ



ผู้ที่ตอบปัญหาถูกต้องคือ :

(๑) ผ.ศ.ดร. กฤตยา กองสุวรรณ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มข.

(๒) นายเฉลิม เรืองวิริยะชัย ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มข.

(๓) นางสาวดวงกมล นิมมานนท์ นักศึกษาภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มข.

(๔) นางสาวมาลี เมฆาประทีป นักศึกษาภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มข.

(๕) อาจารย์จารุมาลย์ จิตรังษี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มข.

(๖) คุณมณีวรรณ แท่นรัตนวิจิตร ภาควิชานิติเวชศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มข.

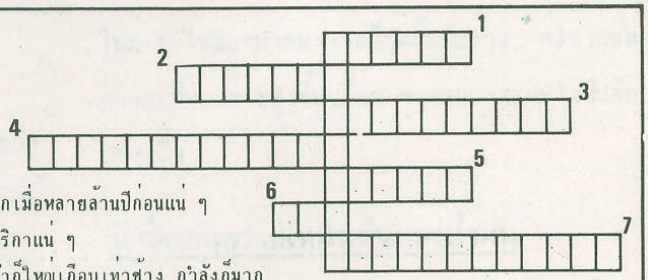
(๗) นายไพฑูลย์ สมรรถนเรศวร์ ร.ร.บุรีรัมย์พิทยาคม จ.บุรีรัมย์

(๘) นายเทพไมตรี มนุตรีโพธิ์ ร.ร.บุรีรัมย์พิทยาคม จ.บุรีรัมย์

(๙) นายเฉลิม แซ่เฮ้ง ร.ร.บุรีรัมย์พิทยาคม จ.บุรีรัมย์

(๑๐) นายสุเกษม เตชะวนเลิศ นักศึกษาภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มข.

ปัญหาประจำฉบับ



แถวนอน (๑) โอ้โฮ เจ้าสัตว์ตัวนี้ต้องเคยมีชีวิตอยู่บนโลกเมื่อหลายล้านปีก่อนแน่ ๆ

(๒) พายุชนิดนี้น่ะมันตัวอันตรายที่สุดในทวีปอเมริกาแน่ ๆ

(๓) เจ้าสัตว์ชนิดนี้เป็นตัวอันตรายนะ เพราะตัวก็ใหญ่เกือบเท่าช้าง กำลังก็มาก หนังก็หนาด้วย แต่บางส่วนเนตัวมันใช้ทำยาแผนโบราณได้

(๔) สารตัวนี้เมื่อทำปฏิกิริยากับ Deoxyribose จะได้สารสีน้ำเงินเกิดขึ้น

(๕) คนกลุ่มนี้นี่แหละอยู่อเมริกามาก่อนโคลัมบัสจะพบทวีปนี้ตั้งนาน

(๖) แฟนคุณเมื่อวานผมยังสั้นอยู่เลย วันนี้ทำไมผมยาว แถมยังมีสีทองด้วยล่ะ

(๗) วิตามินตัวนี้จำเป็นสำหรับการสังเคราะห์ NAD^+ จริง ๆ ด้วย

แถวตั้ง คุณพ่อของผมไม่ใช่คนไทยหรอกครับ

การตรวจสอบรูปแบบการกระจาย ของประชากรปกติ

สุรเดช ถาวรพิทักษ์*

งานทดลองค้นคว้าวิจัย โดย ทั่วไปปัญหาหนึ่งที่นักวิจัยจะพบอยู่เสมอ คือ ปัญหาการเลือกใช้เทคนิคทางสถิติที่เหมาะสม วิเคราะห์ ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง หรือได้จากตัวอย่าง ถ้าพิจารณาในแง่ของการสรุปและวิเคราะห์ข้อมูล เราอาจแบ่งวิธีการทางสถิติออกได้เป็น 2 ประเภท ตามลักษณะของข้อมูล คือ ประเภทที่ไม่จำกัดรูปแบบการกระจายของ ข้อ มูล (nomparametric statistics หรือ distribution-free methods) และประเภทที่จำกัดรูปแบบการกระจายของข้อมูล(parametric statistics) สถิติทั้งสองประเภทนี้ใช้กันอย่างกว้างขวางในการวิจัย แต่การที่จะใช้วิธีใดนั้นขึ้นอยู่กับข้อมูลที่จะวิเคราะห์ว่ามีคุณสมบัติอย่างไร เหมาะสมกับประเภทของสถิติที่จะนำมาใช้หรือไม่ (สุชาติ ประสิทธิ์รัฐสินธุ์, 2523)

ในการจะเลือกใช้วิธีการทางสถิติประเภทจำกัดรูปแบบการกระจายของข้อมูล ขึ้นอยู่กับลักษณะ และข้อกำหนดเบื้องต้น (assumptions) เกี่ยวกับรูปแบบการกระจายของข้อมูล ดังนั้นในการนำเอาวิธีการทางสถิติประเภทจำกัดรูปแบบการกระจายของข้อมูลมาใช้เพื่อการทดสอบทางสถิติ หรือการอ้างอิงจำเป็นจะต้องทราบข้อสมมติฐานบางอย่าง เกี่ยว กับ รูปแบบของการกระจาย คุณสมบัติ หรือลักษณะของประชากรที่เป็นอยู่จริง ทั้งนี้เพราะหลัก เกณฑ์ต่าง ๆ เกี่ยวกับวิธีการทางสถิติเหล่านี้สร้างขึ้นมาจากข้อสมมติฐานเกี่ยวกับการกระจายของประชากร เช่น กระจายในรูปแบบปกติ (normal distribution)แบบทวินาม (binomial distribution) หรือรูปแบบอื่น ๆ วิธีการวิเคราะห์ทางสถิติประเภทนี้ส่วนใหญ่แล้วไม่ว่าจะเป็น t - test, F - test หรือแผนแบบวิเคราะห์ทางสถิติอื่น ๆ ที่มีการพัฒนามาจากรูปแบบการกระจายปกติ จะมีข้อกำหนดเบื้องต้นว่า ข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์จะต้องมีการกระจายแบบปกติหรือจะต้องสุ่มมาจากประชากรปกติ ดังนั้นสิ่งหนึ่งที่นักวิจัยควรจะตระหนักก่อนจะเลือกใช้แผนแบบ วิ เคราะห์ ทาง สถิติประเภทจำกัดรูปแบบการกระจาย ของข้อมูล ที่อิงการกระจายแบบปกติ ก็คือ ข้อมูลดังกล่าวมาจากประชากรปกติหรือไม่ทั้งนี้ถ้าข้อมูล ที่ได้มาจากประชากร ที่มีการกระจายเป็นแบบอื่น ๆ ซึ่งไม่ใช่เป็นแบบปกติ แต่ในการวิเคราะห์ผลทางสถิติใช้ตัวทดสอบ สถิติที่อิงการกระจายแบบปกติ ย่อมเป็นการเสี่ยงต่อข้อผิดพลาดในการสรุปผลและการอ้างอิงในขั้นต่อไป

การพิจารณาว่าข้อมูลที่ได้มาจากประชากรที่มีการกระจายแบบปกติหรือไม่ ก่อนอื่นจะต้องพิจารณาสถานการณ์ของตัวแปรสุ่มว่าเป็นสถานการณ์ที่ ค่าของตัวแปรสุ่มนั้นเกิดขึ้นมาจากผลรวมของค่าต่างๆที่เกี่ยวข้องหรือไม่ ถ้าค่าของตัวแปรสุ่มนั้นเกิดจากผลรวมก็พอจะเป็นหลักฐานเบื้องต้นบ่งบอกว่าข้อมูลนั้น อาจจะ

*อาจารย์ภาควิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

มาจากประชากรปกติ หลังจากนั้นก็ควรจะมีการตรวจสอบให้แน่ชัดก่อนเลือกใช้แผนแบบวิเคราะห์ทางสถิติที่อิงการกระจายปกติ ซึ่งวิธีการตรวจสอบมีอยู่หลายวิธีด้วยกัน เช่น การวิเคราะห์ฮีสโตแกรม (histogram), การตรวจสอบการกระจายด้วย Normal Probability Graph Paper, การตรวจสอบภาวะสารูปสนิทดี (Goodeness of Fit Test), การสร้างฟังก์ชั่นการแจกแจงความน่าจะเป็น (probability distribution function) ของประชากรดูโดยอาศัย Monte Carlo Techniques และการใช้วิธี Simulation (มนตรี พิริยะกุล, 2524)

ดังนั้น บทความนี้จึงมุ่งเสนอวิธีตรวจสอบรูปแบบการกระจายของประชากรปกติที่ไม่ยากนัก เพื่อเป็นแนวทางประกอบการพิจารณาเลือกใช้วิธีการทางสถิติวิเคราะห์ข้อมูล

ตรวจสอบโดยการวิเคราะห์ฮีสโตแกรม

การตรวจสอบด้วยวิธีฮีสโตแกรมทำได้โดยนำข้อมูลที่ได้แจกแจงความถี่ แล้วสร้างฮีสโตแกรม จากนั้นลองลากเส้นโค้งตามฮีสโตแกรม หรือบางครั้งเรียกว่าโค้งความถี่ (frequency curve) ถ้าเส้นโค้งที่ได้มีลักษณะเป็นรูประฆังคว่ำและสมมาตร (symmetric) รอบจุดค่าเฉลี่ยก็แสดงว่าข้อมูลที่ได้มีการกระจายเป็นแบบปกติ หรือมาจากประชากรที่มีรูปแบบการกระจายปกติ แต่จะมีในหลายๆกรณีที่โค้งแจกแจงความถี่ของข้อมูลไม่สามารถแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าข้อมูลที่การกระจายแบบปกติ ดังนั้นจึงควรมีการตรวจสอบคุณสมบัติอื่น ๆ ประกอบด้วย เช่น ตรวจสอบความเบ้ (skewness) และความโด่ง (kurtosis) ของโค้งความถี่

วิธีตรวจสอบความเบ้และความโด่งของโค้งมีสูตรที่ใช้ดังนี้ (มนตรี พิริยะกุล, 2524) ตัวที่ใช้วัดโค้งความถี่มีลักษณะสมมาตรหรือไม่ คือ สัมประสิทธิ์ความเบ้ (coefficient of skewness)

สูตรสัมประสิทธิ์ความเบ้ $(r_1) = \dfrac{\mu_x^{(3)}}{\sigma_x^3}$

ถ้า $r_1 = 0$ แสดงว่าเส้นโค้งมีลักษณะสมมาตร

ตัวที่ใช้วัดความโด่งของโค้งคือสัมประสิทธิ์ความโด่ง (coefficient of kurtosis)

สูตรสัมประสิทธิ์ความโด่ง $(r_2) = \dfrac{\mu_x^{(4)}}{\sigma_x^4} - 3$

ถ้า $r_2 = 0$ แสดงว่าเส้นโค้งมีลักษณะเป็นโค้งปกติ

เมื่อ $\mu_x^{(n)} = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu)^n f(x)dx$

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma} \exp[-\frac{1}{2\sigma^2}(x - \mu)^2]; \quad -\infty < x < \infty$$

ตรวจสอบโดยใช้ Normal Probability Graph Paper

วิธีการนี้อาศัยพื้นฐานเกี่ยวกับการ แจก แจงความถี่สะสมโดยจัดให้อยู่ในรูป ความถี่ สะสมแบบน้อยกว่าและแปลงความถี่สะสมนี้เป็นเปอร์เซ็นต์ แล้วนำความถี่สะสมเป็นเปอร์เซ็นต์ที่ได้ไปกำหนดจุด(plot) ลงบนกระดาษกราฟชนิดพิเศษที่เรียกว่า "Normal Probability Graph Paper" ถ้าเส้นโค้งที่เขียนได้เป็นรูปเส้นตรงก็ถือได้ว่าข้อมูลนั้นมีการ กระ จายเป็นแบบปกติหรือข้อมูลนั้นมาจากประชากรปกติ

ตัวอย่างการใช้ Normal Probability Graph Paper ตรวจสอบรูปแบบการกระจายของประชากรปกติ (Sokal and Rohlf,1973)

Birth weights of male Chinese in ounces,

(1) Class mark Y	(2) Upper class limit	(3) f	(4) Cumulative frequencies F	(5) Percent cumulative frequencies
59.5	63.5	2	2	0.02
67.5	71.5	6	8	0.08
75.5	79.5	39	47	0.50
83.5	87.5	385	432	4.6
91.5	95.5	888	1320	13.9
99.5	103.5	1729	3049	32.2
107.5	111.5	2240	5289	55.9
115.5	119.5	2007	7296	77.1
123.5	127.5	1233	8529	90.1
131.5	135.5	641	9170	96.9
139.5	143.5	201	9371	99.0
147.5	151.5	74	9445	99.79
155.5	159.5	14	9459	99.94
163.5	167.5	5	9464	99.99
171.5	175.5	1	9465	100.0
		9465		

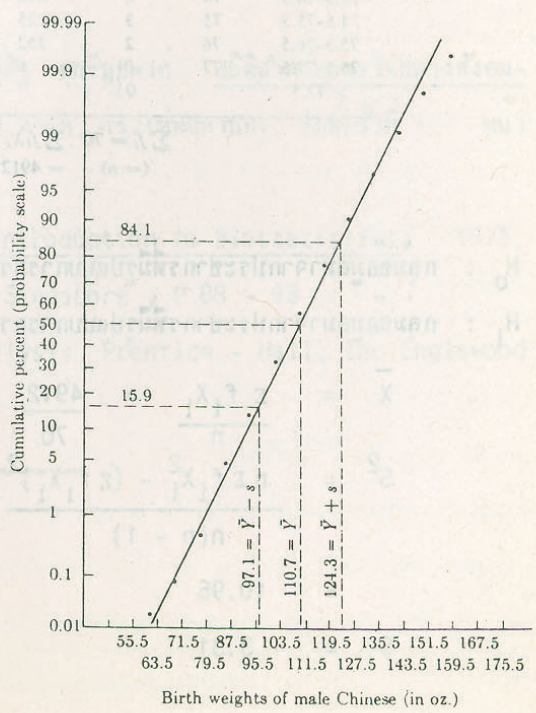
วิธีการใช้ Normal Probability Graph Paper

ขั้นที่ 1 : เตรียมตารางแจกแจงความถี่ดังในสดมภ์ (columns) (1), (2) และ (3)

ขั้นที่ 2 : หาความถี่สะสมของแต่ละชั้นในสดมภ์ (4)

ขั้นที่ 3 : หา Percent cumulative frequencies ในสดมภ์ (5) โดยเอา 100 คูณค่า F แต่ละค่าในสดมภ์ (4) แล้วหารด้วย 9465

ขั้นที่ 4 : นำค่าในสดมภ์ (2) Upper class limit และค่า Percent cumulative frequencies ในสดมภ์ (5) ที่สมนัยกันไปกำหนดจุด (plot) ลงบนกระดาษ Normal Probability Graph Paper โดยให้ค่า Upper class limit อยู่ในแกนนอน ส่วนค่า Percent cumulative frequencies อยู่ในแกนตั้งดังรูป



จากรูป กราฟที่ได้มีลักษณะเป็นเส้นตรง จึงสรุปได้ว่าข้อมูลจากประชากรที่มีรูปแบบการกระจายปกติ

การตรวจสอบภาวะสารูปสนิทดี (Goodness of Fit Test).

การตรวจสอบภาวะสารูปสนิทดีเป็นวิธีการทดสอบดูว่ากลุ่มข้อมูลที่ได้มาจากประชากร ที่ มีรูปแบบการกระจายปกติหรือไม่

ตัวสถิติที่ใช้ทดสอบ คือ

$$X^2 = \sum_{i=1}^{k} \frac{(f_i - F_i)^2}{F_i} \; ; \; df = k - 3$$

เมื่อ f_i คือความถี่ของค่าสังเกตที่ได้จากการทดลอง

F_i คือความถี่ของค่าสังเกตที่คาดหวัง (expected frequencies) ตามรูปแบบการกระจายปกติ

ตัวอย่างการตรวจสอบภาวะสารูปสนิทดี (Zar , 1974)

Height class (in.)	Height (in.) (X_i)	Observed frequency (f_i)	f_iX_i (in.)	$f_iX_i^2$ (in.²)	$P(X_i)$	Expected frequency (F_i)	$\frac{(f_i - F_i)^2}{F_i}$
< 62.5		0 } 2			0.0102	0.71 } 1.51	0.16
62.5–63.5	63	2	126	7938	0.0115	0.80	
63.5–64.5	64	2	128	8192	0.0219	1.53	0.14
64.5–65.5	65	3	195	12675	0.0357	2.50	0.10
65.5–66.5	66	5	330	21780	0.0542	3.79	0.39
66.5–67.5	67	4	268	17956	0.0755	5.28	0.31
67.5–68.5	68	6	408	27744	0.0995	6.96	0.13
68.5–69.5	69	5	345	23805	0.1122	7.85	1.03
69.5–70.5	70	8	560	39200	0.1191	8.34	0.01
70.5–71.5	71	7	497	35287	0.1156	8.09	0.15
71.5–72.5	72	7	504	36288	0.1026	7.18	0.00
72.5–73.5	73	10	730	53290	0.0858	6.01	2.65
73.5–74.5	74	6	444	32856	0.0611	4.28	0.69
74.5–75.5	75	3	225	16875	0.0414	2.90	0.00
75.5–76.5	76	2	152	11552	0.0256	1.79	0.02
76.5–77.5	77	0 } 0	0	0	0.0145	1.02 } 1.97	1.97
> 77.5		0			0.0136	0.95	
		$\sum f_i = 70$ ($= n$)	$\sum f_iX_i = 4912$	$\sum f_iX_i^2 = 345{,}438$	$\sum P(X_i) = 1.0000$	$\sum F_i = 69.98$	$\chi^2 = 7.75$

H_0 : กลุ่มข้อมูลมาจากประชากรที่มีรูปแบบการกระจายปกติ

H_1 : กลุ่มข้อมูลมาจากประชากรที่มีรูปแบบการกระจายที่ไม่ใช่แบบปกติ

$$\bar{X} = \frac{\Sigma f_i X_i}{n} = \frac{4912}{70} = 70.17$$

$$S^2 = \frac{n \Sigma f_i X_i^2 - (\Sigma f_i X_i)^2}{n(n-1)} = \frac{70(345{,}438) - (4912)^2}{70(70-1)}$$

$$= 10.96$$

$$S = 3.31$$

ค่า $P(X_i)$ คำนวณได้ดังนี้

$$P(x < 62.5) = P(Z < \frac{62.5 - 70.17}{3.31}) = P(Z < -2.3172)$$

จากตาราง Normal Curve Area $P(Z < -2.3172)$ มีค่าเท่ากับ 0.0102

$$P(62.5 < x < 63.5) = P(Z < \frac{63.5 - 70.17}{3.31}) - P(Z < \frac{62.5 - 70.17}{3.31})$$

$$= P(Z < -2.0151) - P(Z < -2.3172)$$

$$= 0.0217 - 0.0102 = 0.0115$$

สำหรับค่า $P(X_i)$ อื่น ๆ ก็หาได้โดยวิธีเดียวกัน

ค่า Expected frequencies (F_i) หาได้โดย เอา $n = 70$ คูณ $P(X_i)$ แต่ละค่า

ค่า X^2 ที่ได้จากการคำนวณ $= 7.75$; $df = 15 - 3 = 12$

ค่า X^2 ที่ได้จากตาราง คือ $X^2_{0.05\ ;\ 12} = 21.026$

ดังนั้นจึงยอมรับ H_0 : กลุ่มข้อมูลมาจากประชากรที่มีรูปแบบการกระจายปกติ $(0.75 < P < 0.90)$

เอกสารอ้างอิง

1. มนตรี พิริยะกุล 2524 , ทฤษฎีสถิติ 2 ,โรงพิมพ์ หจก.วิคตอรี่การพิมพ์, กรุงเทพฯ, พิมพ์ครั้งที่ 3 หน้า 200 - 246
2. สุชาติ ประสิทธิ์รัฐสินธิ์, ธวัชชัย อาทรธุระสุข และพิสิฐ ศุกรียะพงศ์ สถิติสำหรับการวิจัยทางสังคมศาสตร์ 2523, บริษัทโรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด, กรุงเทพมหานคร, พิมพ์ครั้งที่ 1, หน้า 1 - 3
3. Sokal, Robert R. and Rohlf , F. James. Introduction to Biostatistics, 1973, Toppan Printing Co.(S) Pte. Ltd., Singapore , P.88 - 93
4. Zar, Jerrold H. 1974, Biostatistical Analysis, Prentice - Hall, Inc.Englewood Cliffs, N.J., P. 72 - 79

วารสารวิทยาศาสตร์ มข. ปีที่ ๑๑ ฉบับที่ ๑ ม.ค. - มี.ค. ๒๕๒๖

การควบคุมยุงลายโดยชีววิธี

ณัฐวุฒิ ธานี*

รูปที่ 1 ยุงลายตัวเต็มวัย

ยุงลาย (Aedes aegypti) เป็นแมลงที่มีความสำคัญทางการแพทย์ต่อคนและสัตว์เลี้ยง นอกจากยุงลายตัวเมียจะชอบดูดกินเลือดของคนแล้ว ยังเป็นพาหะที่สำคัญของโรคหลายชนิด เช่นไข้เลือดออก ไข้เหลือง โรคเท้าช้าง เนื่องจากวงจรชีวิตของยุงลายต้องอาศัยในหลายแหล่ง อาทิวางไข่ในที่ชื้นหรือเหนือระดับน้ำในภาชนะที่มีน้ำขัง ลูกน้ำอาศัยในแหล่งน้ำหรือภาชนะที่ใช้เก็บน้ำตามอาคารบ้านเรือน ตัวเต็มวัยอาศัยตามแหล่งที่อยู่อาศัยของมนุษย์ การควบคุมและป้องกันการระบาดของโรคเหล่านี้ วิธีการหนึ่งอาจทำได้โดยการกำจัดยุงลายพาหะนำโรค การกำจัดยุงลายควรจะทำโดยหลายวิธีผสมผสานกัน ตามความเหมาะสม และ ตามแปลงที่อยู่อาศัย ของยุงลาย (Pratt et al, 1971)

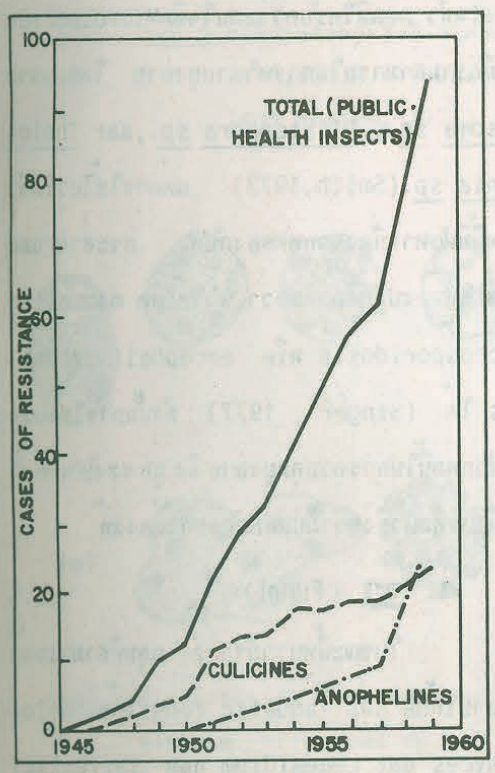
ในแต่ละปีคนไทยจำนวนไม่น้อยได้รับอันตรายจากโรคที่เกิดจากยุงลายเป็นพาหะ ทั้งนี้เนื่องจากสภาวะแวดล้อมในประเทศไทยเหมาะสมต่อการเพาะพันธุ์และเพิ่มจำนวนของยุงลาย ตลอดจนวิถีทางการดำรงชีพของคนไทย ก็มีส่วนเอื้ออำนวยต่อการระบาดของโรค การควบคุมและการกำจัดโรคมีความสำคัญต่อด้านสาธารณสุขมาก องค์การอนามัยโลกให้ความร่วมมือและสนับสนุนประเทศต่าง ๆ ในเรื่องนี้ เพราะได้เล็งเห็นความสำคัญของโรคว่า ไม่ใช่ปัญหาของประเทศหนึ่งโดยเฉพาะ แต่ทุกประเทศจะต้องร่วมมือกัน ทั้งนี้เนื่องมาจากการคมนาคมระหว่างประเทศสะดวกและรวดเร็ว เป็น การส่งเสริมการ นำพาของโรคจากประเทศหนึ่งไปสู่อีกประเทศหนึ่งได้ง่าย

การควบคุมและการกำจัดยุงลาย ได้เริ่มทำกันเมื่อ 40 ปีมาแล้ว โดยใช้สารเคมีพวกดีดีที และสารประกอบของออร์แกนโนฟอสฟอรัส ในระยะเริ่มแรกการใช้ยาฆ่าแมลงเหล่านี้ให้ผล และประสิทธิภาพในการปราบยุงลายได้อย่างเฉียบพลัน เห็นผลทันที จึงเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในเวลาต่อมามีการ

*อาจารย์ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

คิดค้นและทดลองใช้สารเคมีอื่นมากมาย และ ให้ผลดี เช่น บีเอชซี เมทอกไซคลอร์ ไพรีทรัม สารหนู กลอเดน เฮพตาคลอร์ ดีลดริล เดอร์บาน เฟนไทออน มาลาไทออน และเมทิลพาราไทออน ในจำนวนสารเหล่านี้ ดีดีที เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายที่สุด (Busvine, 1963; Metcalf, 1975)

หลังจากใช้สารเคมีเหล่านี้กำจัดยุงลายไม่นานนัก พบว่ายุงลายเริ่มปรับตัวให้ทนทานต่อยาฆ่าแมลง (tolerance) มีรายงานว่ายุงลายเริ่มทนทานต่อดีดีที ในปี ค.ศ. 1952 และทนทานต่อบีเอชซี ในปี ค.ศ.1959 เมื่อยุงลายมีความทนทานต่อยาฆ่าแมลงได้หลายชนิดแล้ว การรณรงค์ปราบปรามมีความลำบากขึ้น ต้องเพิ่มปริมาณและความเข้มข้นของยาฆ่าแมลงขึ้นไปอีก ในที่สุดความทนทานของยุงลาย ต่อยาฆ่าแมลง จะเพิ่มขึ้นจนระดับดื้อต่อยา(resistance) ซึ่งระดับนี้ ยากแก่การปราบปรามและการทำลายมาก (สมศักดิ์, 2524; Busvine, 1963)



รูปที่ 2 กราฟแสดง รายงานที่พบว่ามีแมลงและยุงชนิดต่าง ๆ มีความทนทานต่อยาฆ่าแมลง (จาก Busvine, 1963)

นอกจากยุงลายจะดื้อยาฆ่าแมลงแล้ว ยาฆ่าแมลงยังมีผลโดยตรงต่อผู้ใช้ ราคารวมทั้งอุปกรณ์ค่อนข้างแพง บางชนิด เช่น ดีดีที มีความคงทนอยู่ในธรรมชาติได้นาน เป็นอันตรายต่อสภาวะแวดล้อม มีพิษตกค้างในลูกโซ่อาหาร ซึ่งสามารถถ่ายทอดความเป็นพิษไปตามสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ได้ ด้วยเหตุนี้ประเทศที่เจริญแล้ว เช่น สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น อังกฤษ จึงห้ามการใช้และห้ามการนำเข้าดีดีทีในประเทศ (สิริวัฒน์, 2521) ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์จึงพยายามคิดค้นหาวิธีอื่น ที่จะหลีกเลี่ยงปัญหาเหล่านี้ พบว่าการควบคุมยุงลายโดยชีววิธีเป็นวิธีที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาดังกล่าว

การควบคุมโดยชีววิธี (biological control) หมายถึงการนำศัตรูธรรมชาติสิ่งมีชีวิตต่างๆ ที่เป็นปาราสิตหรือตัวเบียน (parasites) ผู้ล่าหรือตัวห้ำ (predators) และจุลินทรีย์ที่เป็นโรค (pathogens) มาใช้ในการทำลายสิ่งที่เราไม่ต้องการ ให้มีประชากรลดต่ำกว่าระดับที่จะเกิดการระบาดขึ้นได้ (DeBach, 1964) การควบคุมยุงลายโดยชีววิธี กำลังเป็นที่สนใจของ นักวิทยาศาสตร์ทั่วไป โดยมีการศึกษาทดลองอย่างจริงจัง ชีวินทรีย์ (biological control agents) ที่มีบทบาทในการควบคุมยุงลาย แยกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้

๑. ไวรัส (viruses)

มีไวรัสหลายชนิดที่พบในยุง และ สามารถทำให้เกิดโรคในลูกน้ำหรือระยะใดระยะหนึ่ง ของ ยุงได้ เช่น Baculovirus, Iridovirus, Densovirus และ Entomopoxvirus ในปัจจุบันนี้นัก-

วิทยาศาสตร์ได้นำไวรัสเหล่านี้มา ทดลอง ศึกษา ใช้ปราบยุงหลายชนิด แต่เป็นเพียงการทดลองในห้องปฏิบัติการเท่านั้น จนกว่าจะแน่ใจถึงความปลอดภัยต่อสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ เช่น คนและสัตว์ดีแล้วจึงจะนำไปทดลองในแหล่งเพาะพันธุ์ของยุงต่อไป ข้อดีของไวรัสเหล่านี้ คือ มีความเจาะจงต่อโฮส (host)มากและที่สำคัญคือ protein matrix ที่ห่อหุ้มอนุภาคไวรัสจะถูกทำลายในสภาวะเป็นด่างเท่านั้น ในกระเพาะของยุงลายมีสภาพความเป็นด่างสูง(pH = 8.4) เมื่อยุงลายกินไวรัสเข้าไป ด่างในกระเพาะจะไปทำลาย protein matrix อนุภาคไวรัสจะหลุดออกมาแล้วเข้าไปเพิ่มจำนวนในยุงลาย และทำอันตรายระบบทางเดินอาหารของยุงลาย ไวรัสเหล่านี้ทนทานต่อสิ่งแวดล้อมได้ดี สามารถคงทนอยู่ในธรรมชาติเป็นปี โดยเฉพาะ Densovirus มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่เลวได้ดีมากและสามารถฆ่าลูกน้ำยุงลายได้ภายใน 24-48 ชั่วโมง (สมศักดิ์, 2523;Stairs, 1971)

๒. แบคทีเรีย (bacteria)

การควบคุมยุงลายโดยแบคทีเรีย เป็นการควบคุมโดยชีววิธีที่ศึกษากันมากที่สุดในสหรัฐอเมริกาและรัสเซีย มี การผลิต เป็น อุตสาหกรรมออกจำหน่าย การทดลองใช้ในแหล่งเพาะพันธุ์ยุงลายได้ผลเป็นอย่างดี แบคทีเรียที่นิยมศึกษากันมาก คือ Bacillus thuringiensis ซึ่งสามารถสร้างผลึกโปรตีนได้พร้อม ๆ กับการสร้าง สปอร์ ภายใน เซลล์ ผลึกโปรตีนนี้จะอยู่ในรูปของ protoxin ไม่มีพิษ แต่ถ้าถูกย่อยโดย proteolytic enzyme ในสภาวะเป็นด่างแล้ว มันจะมีพิษต่อเซลล์ต่าง ๆ ในกระเพาะของยุงลายหรือลูกน้ำยุงลายในรูปของ toxin ชื่อ δ-endotoxin กระเพาะยุงลายจะแตกแล้วตายในที่สุด (Bechtel et al, 1976)

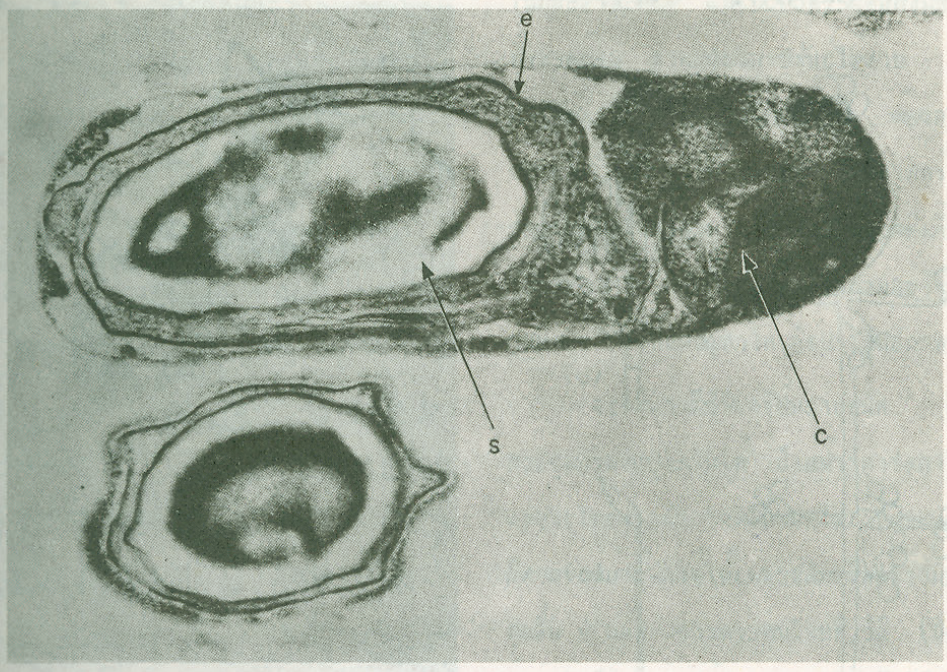
นอกจากนี้แบคทีเรียที่สามารถฆ่ายุงลาย ได้มีหลายชนิด เช่น พวกที่ฆ่าลูกน้ำยุงลาย ได้แก่ B.alvei, B.brevis, B.circulans, B.sphaericus, Mycobacterium sp., Pseudomonas sp. และ Vibrio sp.ส่วนพวกที่ฆ่าตัวเต็มวัยของยุงลายได้แก่ Achromobacter sp., Corynebacterium sp., Enterobacter cloacae, Escherichia coli, Klebsiella pneumoniae, Proteus rettgeri และ Salmonella Paratyphi(Chapman, 1976; Reeves, 1970; Singer, 1977)

๓. โปรโตซัว (Protozoa)

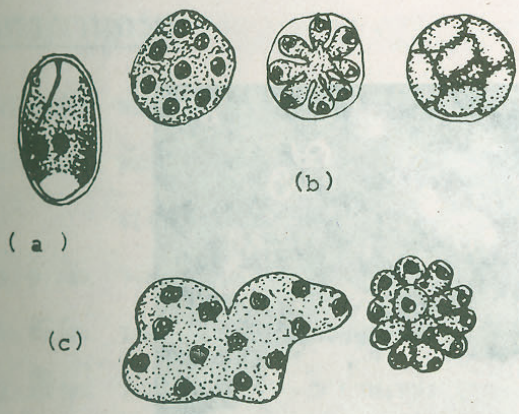
มีการศึกษาและทดลองน้อยมาก เกี่ยว กับโปรโตซัว กลุ่มที่ได้รับความสนใจคือMicrosporida ซึ่งมีความสามารถในการทำลายยุงลาย โดยเฉพาะ Nesoma sp., Plistophora sp.,และ Thelohania sp.(Smith,1973) แต่การใช้โปรโตซัวกลุ่มนี้มีปัญหาเนื่องจากทดลองกับหนู กระต่าย และสุนัข ในห้องปฏิบัติการพบว่า ทำให้เกิด mammalian microsporidosis หรือ encephalitozconosis ได้ (Singer , 1977) ดังนั้นการใช้โปรโตซัวกลุ่มนี้ในการควบคุมยุงลาย จึง ถูก ระงับ จนกว่าจะมีการศึกษาถึงความปลอดภัยอย่างถ่องแท้

๔. รา (Fungi)

ในขณะนี้พบว่ามีรา 2 กลุ่มที่สามารถฆ่ายุงลายได้คือ กลุ่ม aquatic fungiได้แก่Coelomomyces และ Legemidium กลุ่ม terrestial fungi ได้แก่ Entomophthora, Beauveria, Metarhizium และ Hirsutella การแสดงความเป็นพิษของราเหล่านี้ขึ้นกับชนิดของรา เช่น L. liganteum สามารถเพิ่มจำนวนอย่างมากมายได้ใน



รูปที่ 3 ภาพถ่ายจากกล้องอิเลคตรอนของ Bacillus thuringiensis (x44,800) s = สปอร์, c = ผลึกโปรตีน, e = เอกโซสปอร์ (จาก Stairs, 1971)



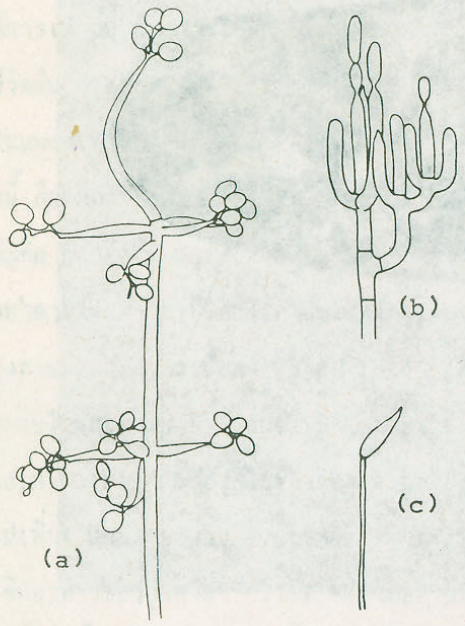
รูปที่ 4 Microsporida ที่สามารถควบคุมยุงลายได้ a: Nesoma sp., b = Plishophora sp., c = Thelohania sp. (ดัดแปลงจาก Burges, 1971)

ลูกน้ำของยุงทุกชนิด แล้วทำลายเซลล์ต่าง ๆ ภายในร่างกายของลูกน้ำ ในรัสเซียและฝรั่งเศสได้ผลิต B. bassiana เป็นอุตสาหกรรมเพื่อใช้ปราบแมลงกินใบพืชและหนอนม้วนใบ (Smith,1973; Zuberi et al , 1967)

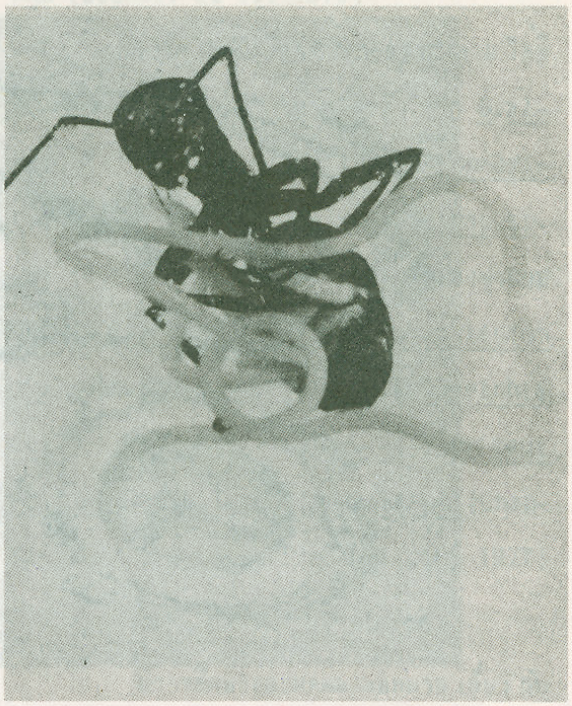
5. หนอนตัวกลม (nematodes)

หนอนตัวกลมหลายชนิดสามารถฆ่ายุงลายได้ทั้งตัวเต็มวัยและลูกน้ำ โดยนิสัยของลูกน้ำยุงทุกชนิดจะกินสิ่งเล็ก ๆ แทบทุกชนิดในแหล่งน้ำนั้น ถ้าลูกน้ำยุงลายกินไข่หนอนตัวกลมตระกูลMermithidae เข้าไปแล้ว ตัวอ่อนของหนอนตัวกลมที่ออกจากไข่จะพยายามหาทางออกจากตัวลูกน้ำยุงลาย โดยวิธีการไชชอน จะทำลายเนื้อเยื่อชั้นต่าง ๆ ของลูกน้ำทำให้ลูกน้ำตายทันทีทันใด (Reeves , 1970 : Smith , 1973) นอกจากนี้ยังพบว่าหนอนตัวกลม Neoplectana carpocapsae และไส้เดือนฝอย Romamomermis culivorax สามารถฆ่าลูกน้ำยุงบ้านและ

ลูกน้ำยุงลายได้ (Wongsiri , 1980)



รูปที่ 5 แสดงราที่สามารถฆ่ายุงลายได้
a = Beauveria,
b = Metarhizium,
c = Hirsutella
(ดัดแปลงจาก Burges, 1971)



รูปที่ 6 ตัวอ่อนของหนอนตัวกลม mermithid กำลังไชออกจากส่วนท้องของมด (จาก Burges, 1971)

รูปที่ 7 ตัวเต็มวัยของหนอนตัวกลม Neoplectana carpocapsae ออกจาก body cavity ของตัวอ่อนระยะสุดท้ายของ Galleria mellonella (จาก Burges, 1971)

๖. ตัวห้ำ (predators)

ตัวห้ำที่มีความสามารถในการกินลูกน้ำมีหลายพวก เช่น พวกแมลง ได้แก่ แมลงดาสวน (Diplonychus sp.) มวนแมงป่องน้ำ (Ranatra varipes) มวนวนเล็ก (Enithares sp.) มวนตะพาบ (Baurcoris sp.) และลูกน้ำยุงยักษ์(Toxorhynchites splendens) พวกปลาที่กินลูกน้ำยุงลายได้แก่ ปลาหางนกยูง (Poecillia reticulata) ปลาหัวตะกั่ว (Oryzius minutillus) ปลากริม (Trichopsis vittatus) และปลาเข็ม (Deormgenys pusillus) นอกจากนี้ไฮดรา (Hydra littoralis) และพลานาเรีย (Dugesia tigrina) ก็มีความสามารถในการกินลูกน้ำได้ทุกชนิด (สิริวัฒนะและบรรพต,2523; สีมา, 2521; Smith , 1973)

ไม่มีผลข้างเคียง ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวินอื่นและสิ่งแวดล้อม สามารถขยายพันธุ์ได้ง่าย ราคาถูก การพัฒนาวิธีการควบคุมโดยชีววิธี ต้องอาศัยหลักความรู้เบื้องต้นทางนิเวศวิทยา พันธุ์ศาสตร์เชิงประชากรและกลไกวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตที่เกี่ยวข้องกับวิธีการควบคุม ก่อนที่จะหามาตรการและวิธีการที่รัดกุมที่จะนำไปใช้แก้ปัญหาให้เกิดประสิทธิภาพต่อไป

จะเห็นว่ามีชีวินทรีย์หลายชนิด ที่สามารถควบคุมปริมาณยุงลายได้ ถึงแม้ว่าการลดจำนวนยุงลายจะไม่ถึงระดับกำจัดให้หมดไป (erradicate) ก็ตาม แต่ถ้ารู้จักใช้ให้เหมาะสมหรือใช้ร่วมกับวิธีควบคุมอื่น ๆ แล้ว การควบคุมโดยชีววิธี เป็นวิธีหนึ่งที่น่าสนใจศึกษาการใช้การควบคุมโดยชีววิธีจำเป็นต้องพิจารณาให้รอบคอบถึงผลดีและผลเสีย เช่น ชีวินทรีย์ที่นำมาใช้จะต้องศึกษาลักษณะทางชีววิทยาให้ละเอียด

บรรณานุกรม

1. สมศักดิ์ พันธุวัฒนา 2522 "การควบคุมและกำจัดยุงโดยชีววิธี" วิทยาศาสตร์ 33(10) : 33-39
2. สมศักดิ์ พันธุวัฒนา 2524 "การควบคุมการกำจัดยุง" ว.สมาคมปาราสิตวิทยาและอายุรศาสตร์เขตร้อน 4(1) : 18-25
3. สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ 2521 "ยาฆ่าแมลง" สำนักพิมพ์อักษรประเสริฐ 164 หน้า
4. สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ 2522 "การป้องกันกำจัดยุงทางชีวภาพ" วิทยาศาสตร์ 32(12) : 71-75
5. สิริวัฒน์ วงษ์ศิริและบรรพต ณ ป้อมเพชร 2523 "การควบคุมศัตรูพืชและศัตรูสัตว์โดยชีววิธี" วิทยาศาสตร์ 34(3) : 227-237
6. สีมา ชัยสวัสดิ์ 2521 "การศึกษาชีวประวัติและประสิทธิภาพของมวนวนเล็ก,Anisops bouvieri Kirk และมวนแมงป่องน้ำ, Ranatra varipes Stal ในการกำจัดลูกน้ำยุงรำคาญ,Culex pipien fatigans Say" รายงานผลวิจัย คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 3 : 211
7. Bechtei, D.B.,et al. 1976" Electron microscope study of sporulation and parasporal crystal formation in Bacillus thuringiensis." J.Bacteriol. 127 : 1472-1481

8. Busvine, J.R., 1963 "The Present Status of Insecticide Resistance." Bull.Wld. Heth. Org. Suppl., 29 : 31-40

9. Chapman, H.C. 1976 "Biological control agents of mosquitoes." Mosq. News. 36 : 395-397

10. DeBach, P. 1964 Biological Control of Insect Pests and Weeds.Reinhold Publishing Co., New York. 844 pp.

11. Metcalf, R.L. 1975 in Introduction to Insect Pest Management,R.L.Metcalf and W.H.Luckman. A Wiley Interscience Publication, Toronto,Page 529-562

12. Reeves. E.L. 1970 "Pathogens of mosquitoes." Proc. Mosq.Control. Assoc.,38 : 20-22

13. Singer, S. 1977 "Bacterial Pathogen of Culicidae (Mosquitoes)." in Pathogen of Medically Important Arthropods, D.W.Robert and A.S.Mary. Bull. Wld. Heth. Org. Suppl , 55(1) : 47-78

14. Stairs, G.R. 1971 "Use of Viruses for Microbial Control of Insects." in Microbial Control of Insect and Mites,H.D.Burges and N.W.Hursey. (ed.). Academic Press Inc., London pp.

15. Wongsiri, S. 1979 "Biological study and efficiency of hydra,Hydra littoralis for the control of mosquito larvae, Aedes aegypti and Culex quinquefasciatus." Ann. Meet. of Sci. Soc. of Thailand, 6 : 193

16. Wongsiri. S. 1980 "Efficiency of the nematode, Neoplectana carpocapsae as a biological control agent for the mosquito larvae,Culex quinquefasciatus and Aedes aegypti in Thailand" XVI International Congress of Entomology, Kyoto , Japan, 339

17. Zuberi, R.I. et al. 1969 "Bacterial and fungal isolates from laboratory-reared, Aedes aegypti, Musca domestica, and Periplaneta americana." Pak. J.Sci. Ind. Res., 12 : 77-82.

เทคนิคการสำรวจแหล่งน้ำบาดาล

เกรียงศักดิ์ ศรีสุข*

จุดมุ่งหมายของบทความนี้ เพื่อจะชี้ให้เห็นถึงเทคนิคต่าง ๆ ในขั้นพื้นฐานของการสำรวจน้ำบาดาลในทางปฏิบัติ เริ่มตั้งแต่การรวบรวมข้อมูล เอกสารที่เกี่ยวข้อง แผนที่ภูมิประเทศ แผนที่ธรณีวิทยา ภาพถ่ายทางอากาศ ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ข้อมูลหลุมเจาะ และชี้ให้เห็นถึงหลักการอย่างกว้าง ๆ ในการสำรวจน้ำบาดาลไว้อย่างย่อ ๆ เพื่อเป็นพื้นฐานความรู้สำหรับผู้สนใจทั่วไป งานสำรวจแหล่งน้ำบาดาลสามารถทำได้หลายรูปแบบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายของงาน อาทิเช่น การใช้น้ำภายในครอบครัว หมู่บ้าน ชุมชนใหญ่ เกษตรกรรมและอุตสาหกรรม การสำรวจและการพัฒนาน้ำบาดาล เพื่อ แก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำในพื้นที่ต่าง ๆ กันจะได้ผลดี ก็ต่อเมื่อมีความรู้เกี่ยวกับสภาพของแหล่งน้ำบาดาล ภาวะทางธรณีวิทยา อุทกวิทยาน้ำบาดาลทั่ว ๆ ไป และสภาพภูมิประเทศของท้องที่ที่จะพัฒนาแหล่งน้ำ ขึ้นมาใช้ เป็นอย่างดีเสียก่อน

เทคนิคการสำรวจแหล่งน้ำบาดาลมีหลายวิธีการ บางวิธีอาจจะใช้ได้ผลดีเฉพาะพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง แต่บางพื้นที่จำเป็นต้องใช้หลาย ๆ วิธีการร่วมกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสม ของ สภาพอุทกธรณีของพื้นที่นั้น ๆ การตัดสินใจเลือกวิธีการสำรวจที่เหมาะสมจะทำให้ประหยัดเวลา ค่าใช้จ่ายของการสำรวจและได้ผลงานที่ดี หลักการใหญ่ ๆ พอสรุปได้เป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. <u>การใช้ภาพถ่ายดาวเทียมและภาพถ่ายทางอากาศ</u> (Remote Sensing and Air-photo Techniques)

ภาพถ่ายดาวเทียมเป็นภาพแสดงให้ เห็น ถึงการครอบคลุมพื้นที่กว้าง ๆ ของผิวโลก การใช้ภาพถ่ายดาวเทียมเป็นขั้นตอนเบื้องต้นของการสำรวจและมีขอบเขตจำกัดในการศึกษาแหล่งน้ำบาดาล ผลที่ได้รับอาจจะไม่ได้รับในทางตรง แต่ก็เป็นเครื่องชี้แนะโครงสร้างอย่างกว้าง ๆ ทางธรณีวิทยาที่จะดำเนินการวางแผนงานขั้นรายละเอียดต่อไป ทั้งนี้เพื่อเป็นการประหยัดเวลา และค่าใช้จ่าย (Souto-Major, 1974) ดาวเทียมซึ่งถ่ายถ่ายภาพด้วย far infrared thermal linescan linescan surveys ขนาดคลื่น 8-14 microban สามารถถ่ายภาพข้อมูลที่จะเป็นประโยชน์ในการสำรวจแหล่งน้ำบาดาล(Ellyett, 1975) เช่น การไหลของน้ำบาดาล การกำหนดตำแหน่งของน้ำพุ ความสัมพันธ์ของโครงสร้างของหินและคุณสมบัติของดินและหินที่กักเก็บน้ำบาดาล

ภาพถ่ายทางอากาศ สามารถใช้เป็นแนวทางในการกำหนดพื้นที่ให้แคบลง ของ บริเวณที่เหมาะสมที่เป็นแหล่งกักเก็บน้ำบาดาลเช่นบริเวณที่เป็นหินปูน หินบะซอลล์ หรือหินที่มีรอยแตก ลักษณะเหล่านี้สามารถ

*อาจารย์ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

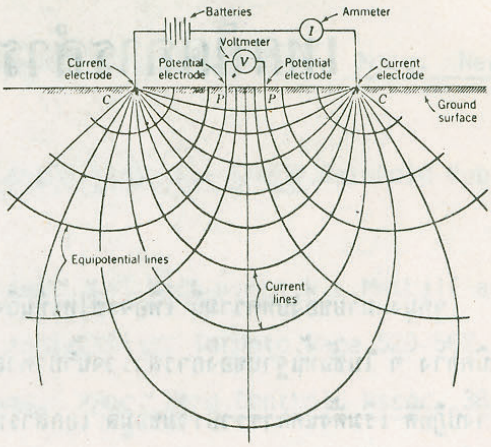
มองเห็นจากภาพถ่ายได้อย่างชัดเจน

2. การสำรวจธรณีฟิสิกส์พื้นผิวดิน (Surface Geophysical Techniques)

การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์เป็นการสำรวจที่ใช้ทุนทรัพย์ต่ำกว่าการขุดเจาะ และ ยังช่วยลดอัตราการเสี่ยงของงาน วิธีการสำรวจธรณีฟิสิกส์ใช้ได้ผลดี ประหยัดเวลา ค่าใช้จ่าย และสามารถทราบถึงคุณสมบัติบางประการของชั้นหินที่กักเก็บน้ำ การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์เพื่องานแหล่งน้ำบาดาลมีหลายวิธี เช่น การสำรวจโดยวิธี Gravity เป็นวิธีการวัดโดยอาศัยคุณสมบัติแรงดึงดูดของโลก ส่วนการสำรวจโดย Magnetic เป็นวิธีการวัดค่าของการเปลี่ยนแปลงกระแสแม่เหล็กของชั้นดินและหิน ทั้ง 2 วิธีนี้มีขอบเขตจำกัด นิยมใช้สำรวจในบริเวณกว้าง ๆ และโครงการสำรวจแหล่งน้ำบาดาลใหญ่ ๆ ที่ใช้ทุนทรัพย์ในการสำรวจสูง Magnetic method ใช้ศึกษาหาร่องรอยของหินบะซอลล์และหรือหินหนืด (Lava flow) เป็นหินอุ้มน้ำที่ดีชนิดหนึ่งซึ่งอาจจะถูกปิดทับด้วยหินชนิดอื่น ส่วน Gravity method ใช้สำรวจหาความลึกของแอ่งหรือบริเวณที่ทับถมของ ของหินตะกอน กรวด เป็นต้น

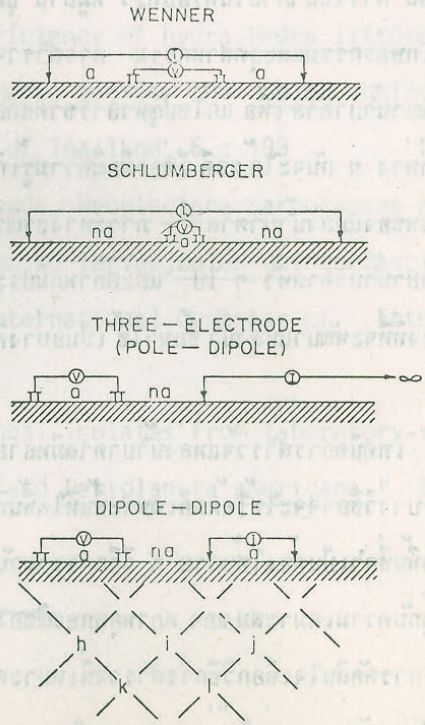
การสำรวจแหล่งน้ำบาดาลในชนบท และ เขตชุมชนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ ดำเนิน การในปัจจุบัน ได้แก่ การวัดความต้านทานกระแสไฟฟ้าของดินและหิน(electrical resistivity method) และการวัดความสั่นสะเทือนของคลื่นผ่านชั้นดินและหิน (seismic refraction method)

การสำรวจโดยการวัดความต้านทางกระแสไฟฟ้า โดยอาศัยหลักการปล่อยกระแสไฟฟ้าลงไปในดินและหิน ซึ่งมีการจัดวางรูปของเครื่องมือบนผิวดินดังในรูปที่ 1 การจัดระยะของ electrode ต่าง ๆ ของเครื่องมือมีผลต่อการสำรวจ



รูปที่ 1 วงจรไฟฟ้าในขณะที่ปล่อยกระแสไฟฟ้าส่งไปในดินและหิน(จากTodd,1980)

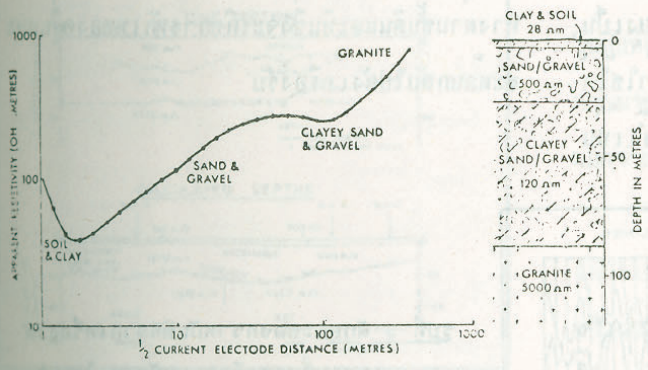
โดยทั่วไปสามารถจัดรูปแบบของ electrode ได้หลายวิธีดังในรูปที่ 2 วิธีการวาง electrode แบบ Schlumberger เป็นที่นิยมใช้กันมากในการสำรวจหาแหล่งน้ำบาดาล ซึ่งง่ายต่อการวิเคราะห์ปัญหาของ



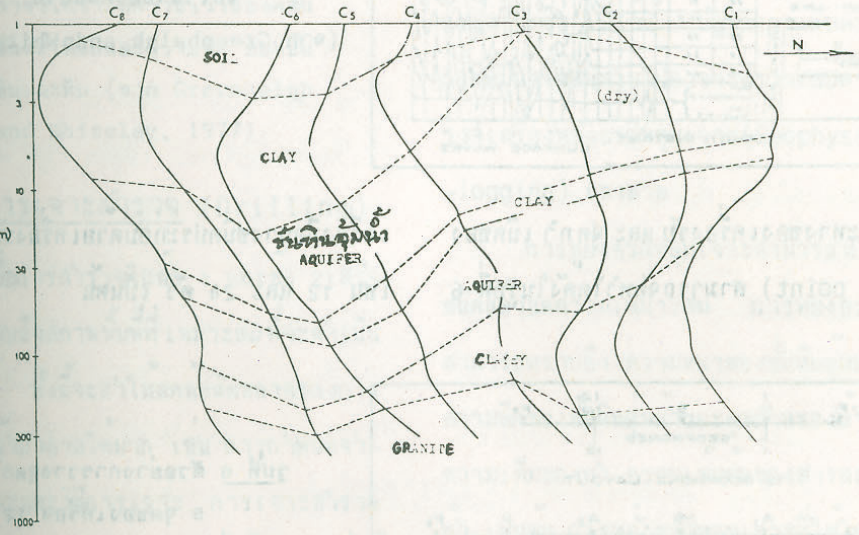
รูปที่ 2 การวาง Current และ Potential electrodes ของเครื่องมือวัดความต้านทานกระแสไฟฟ้า

ความลึกของดินและหิน (Williamson, 1976)ส่วนการวาง electrode แบบ Wenner สามารถช่วยตรวจสอบคุณสมบัติความเป็นเนื้อเดียวกันของ ดินและหินได้ดี โดยใช้วิธีการวาง electrode แบบครึ่งซีก (Griffiths,1981)

การวิเคราะห์ปัญหา โดย การนำค่าของครึ่งหนึ่งของระยะทางของ Current electrode บนผิวดินมาพล็อตในแนวแกน X และค่าความต้านทานกระแสไฟปรากฏ (apparent resistivity) ในแนวแกน Y ซึ่งสามารถจะแสดงจำนวนของชั้นหินได้อย่างคร่าว ๆ ดังในรูปที่ 3 เมื่อทำการสำรวจหลายๆ จุดสามารถนำมาเปรียบเทียบหาความลึก และ การกระจายของชั้นดินและหินได้ ดังในรูปที่ 4



รูปที่ 3 การเปรียบเทียบค่าความต้านทานกระแสไฟฟ้าปรากฏและสภาพที่แท้จริงของชั้นดินและหิน (จาก Merrick, 1975 (1))



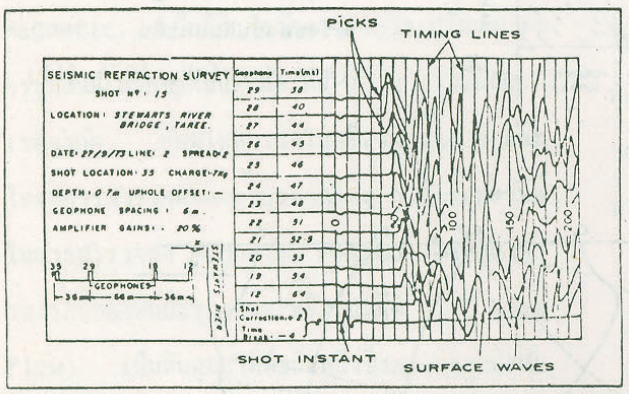
รูปที่ 4 การหาความสัมพันธ์ของค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏของชั้นดินและหินตามแนวด้านข้างและด้านความลึกของพื้นที่ที่ทำการสำรวจ (จาก Merrick, 1975(2))

หลังจากการวัดค่าความต้านทานของกระแสไฟฟ้าปรากฏของชั้นดินและหินตามแนวด้านข้างและบนผิวดินแล้วก็สามารถนำค่าเหล่านี้มาตีความหมาย โดยการคำนวณหาค่าความต้านทานกระแสไฟฟ้า จริง ของดินและหิน (True resistivity)และความลึกจริงของชั้นดินและหิน (True thickness)ได้เนื่องจาก

ในปัจจุบันการวิเคราะห์ปัญหา ดังกล่าวสามารถทำได้รวดเร็วและได้ผลที่ดีกว่าปรับค่าของ curve และหลีกเลี่ยงปัญหาขอบเขตของcurve ได้ดี อาทิเช่นInversion resistivity program เขียนโดย Merrick (1977)

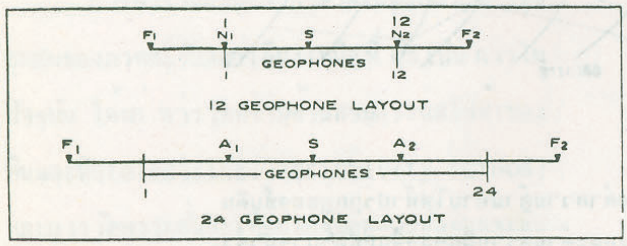
การสำรวจโดยวิธีวัดความต้านทานกระแสไฟฟ้า ใช้ได้ผลดีในกรณีที่สภาพธรณีวิทยาไม่ยุ่งยากนัก ปกติการตีความหมายหาค่าของความต้านทานไฟฟ้ามักจะใช้เปรียบเทียบกับข้อมูลของบ่อเจาะข้างเคียงเป็นหลัก วิธีการสำรวจโดยวัดความต้านทานไฟฟ้าใช้ได้ผลดีพอสมควร ในการใช้ตรวจสอบคุณภาพของน้ำ เช่น น้ำเค็มเหมาะสมสำหรับการสำรวจและเลือกเจาะบ่อน้ำบาดาลของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

การวัดความเร็วของคลื่นสั่นสะเทือน โดยวัดความเร็วของคลื่นแรกที่เข้าสู่เครื่องรับ (first arrival time) ซึ่งวางอยู่บนผิวดิน โดยจะแสดงออกมาในรูปของกราฟดังในรูปที่ 5 ส่วนต้นกำเนิดของคลื่นสามารถสร้างขึ้นได้โดยการ ค้อนทุบ วัตถุระเบิด หรือเครื่องสั่นสะเทือนชนิดต่างๆ คลื่นจะเดินทางผ่านชั้นดินและหินซึ่งจะเกิดการหักเหของคลื่นและสะท้อนกลับไปยังเครื่องรับ



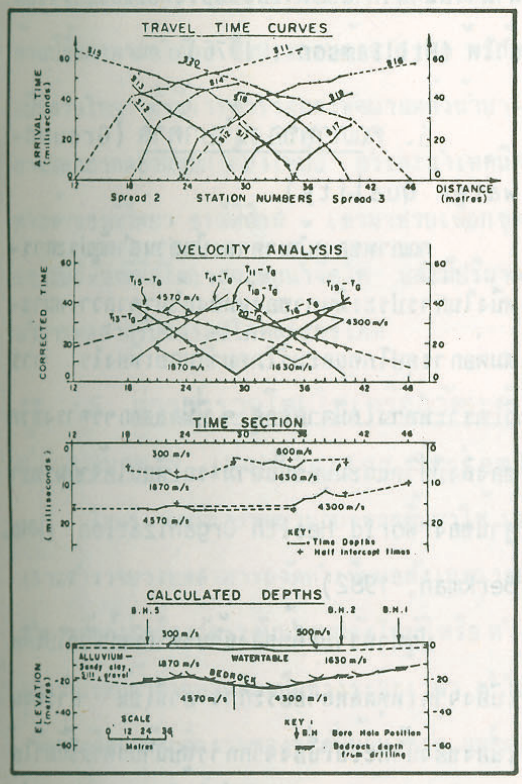
รูปที่ 5 ลักษณะของกราฟบันทึกจากเครื่องวัดความสั่นสะเทือนแบบหักเห โดยการจับเวลาของคลื่นแรก
(จาก Greenhalgh and Whiteley, 1977)

การวางระยะทางของเครื่องรับ และ จุดกำเนิดของคลื่น (shot point) สามารถจัดทำได้ดังในรูปที่ 6 เครื่องมือบางชนิดประกอบด้วยเครื่องรับคลื่นหลายตัว เช่น 12 และ 24 ตัว เป็นต้น



รูปที่ 6 ตัวอย่างการวางจุดกำเนิดคลื่น 5 จุดของเครื่อง 12 และ 24
(จาก Merrick, 1975(3))

จากการอ่านค่าของเวลาจากเครื่อง(seismograph) และระยะทางของการวางจุดกำเนิดคลื่น และ เครื่องรับ นำค่ามาพลอตลงบนกระดาษกราฟ และวิเคราะห์หาความเร็วที่แท้จริงของคลื่นผ่านชั้นดินและหิน รวมทั้งการคำนวณหาความลึกจริงของชั้นดินและหิน ดังตัวอย่างในรูปที่ 7 เป็นตัวอย่างการวิเคราะห์และการตีความหมายของคลื่นสั่นสะเทือนแบบหักเหเพื่อให้สอดคล้องกับสภาพธรณีวิทยาจริง



รูปที่ 7 การวิเคราะห์ความเร็วของคลื่นสั่นสะเทือนและความลึก ของชั้นดินและหิน (จาก Greenhalgh and Whiteley, 1977)

3. การเจาะสำรวจ (Drilling)

เมื่อการสำรวจในข้อ 1 และข้อ 2 เสร็จสิ้นลงทำให้ทราบถึงสภาพพื้นที่ที่ เหมาะสมที่จะดำเนินการขุดเจาะ ทั้งนี้จะทำให้ลดข้อผิดพลาดของการเจาะหาแหล่งน้ำบาดาลได้มาก เช่น การกำหนดจำนวนบ่อที่จะเจาะและวิธีการเจาะ การเจาะสำรวจน้ำบาดาลเพื่อตรวจสอบสภาพของแหล่งน้ำบาดาลที่แท้จริงและเพื่อวางแผนการสร้างบ่อผลิตน้ำบาดาลต่อไป

เครื่องเจาะน้ำบาดาลมีหลายประเภท พอที่จะสรุปได้ดังนี้

เครื่องเจาะแบบกระแทก (Cable-tool) เป็นเครื่องมือที่ง่ายต่อการเจาะและสามารถเจาะได้ในหินเกือบทุกชนิด แต่การเจาะเป็นไปอย่างช้าซึ่งไม่เหมาะสำหรับการเจาะในหินที่แข็ง เช่น หินทราย การเจาะในหินแข็งควรใช้เครื่องเจาะชนิด down-hole drillign และเครื่องเจาะแบบหมุนที่ใช้น้ำโคลนและใช้ลมเป่า(Mud&air rotary drilling) การใช้เครื่องเจาะบ่อบาดาลที่ค่อนข้างสลับซับซ้อนซึ่งมีราคาแพง จำเป็นที่ต้องใช้บุคคลากรในการเจาะที่ชำนาญงานหรือได้รับการฝึกฝนมาอย่างดี ผลดีของการเจาะแบบ down-hole เหมาะสำหรับการเจาะในหินที่แข็ง เสียค่าใช้จ่ายถูกและบ่อมักจะให้น้ำปริมาณมากกว่าบ่อที่เจาะด้วยเครื่องเจาะ แบบ กระแทก นอกจากนี้บ่อจะมีการให้น้ำที่ค่อนข้างคงที่

การเจาะแบบเครื่องเจาะหมุนที่ ใช้น้ำโคลนเจาะได้ผลดีในกรณีที่สามารถเก็บ ตัวอย่างหิน ได้ค่อนข้างแน่นอนกว่าสองวิธีที่กล่าวมา แต่บางครั้งมักจะมีปัญหาการสูญเสียน้ำโคลนในชั้นหินอุ้มน้ำที่ไม่แข็งตัวเช่น กรวด ทราย เป็นต้น ปัญหาการเก็บตัวอย่างหินในกรณีที่มีน้ำโคลนหายไปอาจจะตรวจสอบด้วยการ สำรวจเครื่องหยั่งธรณีหลุมเจาะ(Geophysical well -logging) เข้าช่วย

การหยั่งธรณีหลุมเจาะสามารถ ทำ ได้ หลายชนิดแล้วแต่ความเหมาะสม การหยั่งธรณีหลุมเจาะสามารถทราบถึง ความหนาของชั้นหินอุ้มน้ำ ตำแหน่งความลึกของชั้นหินอุ้มน้ำและคุณภาพของน้ำบาดาลเช่น ความเค็มของน้ำ ความเข้มข้นของสารละลายที่อยู่ในน้ำ เป็นต้น การหยั่งธรณีหลุมเจาะที่ใช้ในการสำรวจน้ำบาดาลทั่วๆ ไปมี 3 วิธีการใหญ่ ๆ กล่าวคือ การวัดความต่างศักย์ของหิน (spontaneous potential) การวัดความต้านทานไฟฟ้า (resistivity logging) และการวัดกัมมันตรังสีของหิน (gamma logging)

4. การหาคุณสมบัติทางไฮดรอลิคของ

ชั้นหินอุ้มน้ำและการทดสอบสูบน้ำของบ่อบาดาล (Determination of Hydraulic Properties of Aquifers and Pumping Test)

การคำนวณและการพยากรณ์เหตุการณ์ของแหล่งน้ำบาดาลในระยะยาว หรือในอนาคตจำเป็นจะต้องทราบคุณสมบัติทางไฮดรอลิคของชั้นหินอุ้มน้ำ การทดสอบสูบน้ำเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุด และได้ผลดีที่สุดในการหาคุณสมบัติทางไฮดรอลิคของชั้นหินอุ้มน้ำ นอกจากนี้ยังสามารถทราบถึงอัตราการให้น้ำของบ่อ การวางแผนการติดตั้งเครื่องสูบน้ำ และเป็นวิธีการเก็บตัวอย่างน้ำจากบ่อมาวิเคราะห์ทางคุณภาพของน้ำด้วย

การออกแบบสร้างบ่อน้ำบาดาล และการทดสอบสูบน้ำควรกระทำด้วยความระมัดระวัง เพื่อที่จะนำข้อมูลมาวิเคราะห์และคำนวณหาค่าของ สัมประสิทธิ์ของการจ่ายน้ำ (Transmissivity,T) และสัมประสิทธิ์ของการกักเก็บ (Storage Coefficient,S) คุณสมบัติของชั้นหินอุ้มน้ำทั้งสองประการนี้ จะนำไปใช้ในการคำนวณและใช้ในการวางแผนการจัดการและพัฒนาแหล่งน้ำในอนาคต อาทิเช่น การสร้างรูปแบบจำลองของแหล่งน้ำบาดาล

การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายของหินอุ้มน้ำบางชนิด เช่น หินปูน และหินบะซอลล์ อาจจะทำได้ยาก เนื่องจากลักษณะของหินเป็นโพรง การหาค่าสัมประสิทธิ์ของการจ่ายน้ำของหินชนิดนี้อาจจะทำได้โดยการใช้กล้องถ่ายภาพ (borehole camera) หย่อนลงไปในหลุมเจาะแล้วนำรูปภาพมาจัดตั้งในหลอดแก้วซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับหลุมเจาะ หลังจากนั้นทำการวัดสัดส่วนของช่องว่างของชั้นหินจากภาพถ่าย ตลอดความหนาของชั้นหินอุ้มน้ำ ก็จะสามารถนำมาคำนวณค่าของสัมประสิทธิ์ของการจ่ายน้ำได้ (Williamson , 1976)

5. คุณภาพของน้ำบาดาล (Groundwater Quality)

คุณภาพของน้ำบาดาลเป็นส่วนสำคัญประการหนึ่งในการประเมินค่าของแหล่งน้ำบาดาลว่าเหมาะสมต่อการอุปโภคและบริโภคมากน้อยเพียงไร การวิเคราะห์ทางเคมีจากธาตุ ๆ ที่มีผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตและมนุษย์นั้นสามารถเทียบได้จากมาตราฐานของ World Health Organization (WHo, Berkman, 1982)

ปัญหาความเค็มของน้ำบาดาลที่พบทั่วๆไปเกิดเนื่องจากเหตุผลหลายประการ อาทิเช่น การหนุนเนื่องของน้ำทะเลเนื่องจากการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้มากเกินไป ตามบริเวณชายฝั่งทะเล ความเค็มซึ่งเกิดจากหินเกลือที่ตกตะกอนในหินทราย และหินดินดาน เช่น ความเค็มของน้ำบาดาลในบริเวณของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นต้น ปัญหาต่าง ๆ ที่ทำให้คุณภาพของน้ำบาดาลเสื่อม เช่น มลภาวะจากการทำเหมืองแร่ (วจี รามณรงค์และคณะ 2520) มลภาวะเกิดจากน้ำฝนไหลผ่านชั้นขยะในบริเวณที่ทิ้งขยะใหญ่ๆ เข้าไปเพิ่มเติมแหล่งน้ำบาดาล (Knight et al, 1978)คุณภาพของน้ำบาดาลของภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ผลิตจากบ่อที่ลึกเกินกว่า 50-80 เมตร จะได้โอกาสให้น้ำเค็ม ประมาณ 65 % ของพื้นที่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ การเจาะบ่อจะมีโอกาสพบน้ำเค็ม(สมชัย วงศ์สวัสดิ์,2525) ดังนั้นการหลีกเลี่ยงปัญหาการขุดเจาะบ่อบาดาลที่เป็นน้ำเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อาจจะทำได้โดยการเลือกขุดเจาะบ่อบาดาลในหินชุดที่มีอายุอ่อนกว่าหน่วยหินมหาสารคาม(ชั้นหินที่มีชั้นเกลือ) ได้แก่ หินชุดTertiary

และ Quaternary (อายุตั้งแต่ 65 ล้านปีและ 1 ล้านปีขึ้นมาตามลำดับ) ซึ่งประกอบด้วย กรวด ทราย เป็นส่วนใหญ่ ทั้งนี้การสำรวจและพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ควรจะนำเทคนิคทางด้านธรณีวิทยา ธรณีฟิสิกส์ เข้ามาช่วยเลือกขุดเจาะบริเวณที่ที่มีโอกาสจะพบน้ำจืดได้ และมีปริมาณน้ำมากพอสำหรับการอุปโภคและบริโภค

6. <u>การสำรวจโดยใช้เครื่องวัดระดับน้ำในบอบาดาล</u> (Monitoring System)

ในบริเวณที่มีการพัฒนาน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ บอเจาะสำรวจบางบอสามารถจัดทำเป็นบอสังเกตการณ์ ทำการติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำแบบอัตโนมัติ หรือ ทำการวัดระดับน้ำจากบอผลิตเป็นช่วงระยะเวลา ๆ ไป เพื่อที่จะติดตามพฤติกรรมของระดับน้ำบาดาล และผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นหลังจากการใช้น้ำภายในระยะใดเวลาหนึ่ง เช่น การหนุนเนื่องของน้ำเค็มเข้าบอ การเพิ่มเติมน้ำโดยวิธีธรรมชาติ การทรุดตัวของแผ่นดินโดยเฉพาะบริเวณที่ราบลุ่ม ดังตัวอย่างที่เห็นได้ชัดในปัจจุบัน กรุงเทพมหานครในเขตอำเภอพระโขนง อัตราการทรุดตัวของแผ่นดินประมาณ 10 ซ.ม.ต่อปี(วจี รามณรงค์,2525) ผลของการทรุดตัวของแผ่นดินเนื่องจากการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้มากเกินไปทำให้เกิดผลกระทบทางด้านอื่น ๆ ด้วย เช่น อาคารและตึกทรุด น้ำท่วมเนื่องจากการหนุนเนื่องของน้ำทะเล เป็นต้น ดังนั้นการติดตามการวัดระดับน้ำและคุณภาพของน้ำบาดาลจากบ่อผลิตและบ่อสังเกตการณ์ เป็นสิ่งจำเป็นในการวางแผนการจัดการการใช้น้ำบาดาลและป้องกันผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้น

7. <u>การประเมินผลทรัพยากรแหล่งน้ำบาดาล</u> (Groundwater Resources Evaluation)

การประเมินผลของแหล่งน้ำบาดาลทั้งปริมาณและคุณภาพถูกต้องเพียงไร ขึ้นอยู่กับวิธีการสำรวจและการเก็บข้อมูลมาวิเคราะห์ และ แปรความหมาย ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น ข้อมูลต่าง ๆ เหล่านี้สามารถนำมาจัดสร้างรูปแบบจำลองของแหล่งบาดาล ได้ทั้งปริมาณและคุณภาพของน้ำ อาทิเช่น รูปแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงของระดับความดันของน้ำในชั้นหินที่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณและระยะเวลาของการใช้น้ำ เพื่อจะนำรูปแบบดังกล่าวไปเป็นเครื่องมือในการพยากรณ์ และช่วยวางแผนการจัดการการพัฒนาใช้น้ำบาดาลทั้งในปัจจุบันและอนาคต ให้มีประสิทธิภาพสูง

<u>กิติกรรมประกาศ</u> ผู้เขียนขอขอบคุณ คุณวรา พลสุจริต ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ได้กรุณาช่วยพิมพ์ต้นฉบับของบทความนี้มา ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

Berkman, D.A.,1982. Field Geologists'Manual.Monograph Series No.9.The Australian Institute of Mining and Metallurgy. Victoria.

Bouwer.H., 1978. Groundwater Hydrology.McGraw-Hill, Kogakusha, Ltd,.

Davis,S.N. and De Weist, R.J.M.,1966. Hydrogeology. John Wiley and Sons, Inc,.

Ellytt, C.D., and Pratt, D.A., 1975. A review of the Potential Applications of Remote Sensing Techniques to Hydrogeological Studies in Australia.Australian Water Resources Council Tech. Paper. No.13.

Greenhalgh, s.A. and Whiteley, R.J., 1977. Effective Application of The Seismic Refraction Method to Highway Engineering Projects.Australian Road Research, Vol. 7, No.1.

Griffiths, D.F., 1981. Applied Geophysics for Geologists and Engineers. Pergamom Press, N.y..

Knight, M.j.,Leonard, J.G. and Whiteley, R.J.,1978. Lucas Heights Solid Waste Landfill and downstream transport. Bull. Int. Ass. Engng.Geol., 18,p. 45-46.

Merrick,N.P., 1975(1). Surface Geophysical Methods for Groundwater Hydrogeological Report No. 1975.27. N.S.W. Water Resources Commission.

Merrick, N.P.,1975(2). Electrical Depth-Sounding and Applications to Groundwater. Hydrogeological Report No.1975-28. N.S.W. Water Resources Commision.

Merrick, N.p.,1975(3). Seismic Refraction and Application to Groundwater. Hydrogeological Report.No.1975-29.N.S.W. Water Resources Commision.

Merrick, N.P.,1977. A Computer Program for the Inversion of Schlumberger Sounding Curves in the Apparent Resistivity Domain.Hydrogeological Report No.1977/5, N.S.W. Water Resources Commision.,

Souto-Major,J.,2974. Applications of Thermal Remote Sensing to detailed Groundwater Studies. Am. Water Res.Ass.Proc.No.17.

Todd,D.K.,1980. Groundwater Hydrology.2nd edition, John Wiley and Sons, Inc..

Whiteley, R.J., 2982. School of Applied Geology. N.S.W. University, Australia.

Williamson, W.H., 1976. Technology in Groundwater Ecploration and Assessment. Hydrogeological Report No.1976/17, Water Resources Commission, N.S.W., Australia.

วจี รามณรงค์ และ สัมศักดิ์ อิศรางกูร ณ อยุธยา, 2520. มลทิลภาวะน้ำบาดาลอันเกิดจากการทำเหมือง ต.หงาว อ.เมือง จ.ระนอง. Groundwater open-file Report No,126. กองน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี

วจี รามณงค์, 2525. วิกฤตการณ์น้ำบาดาลและผลกระทบจากการเกิดวิกฤตการณ์น้ำบาดาลในกรุงเทพฯ เอกสารการสัมนาเรื่องปัญหาน้ำท่วมและการแก้ไข 26-28 เมษายน 2525 สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กรุงเทพมหานคร

สมชัย วงศ์สวัสดิ์, 2525. แหล่งน้ำบาดาลและการพัฒนาน้ำบาดาลในประเทศไทย. จุลสารชมรมธรณีวิทยาเชียงใหม่. ฉบับที่ 2 หน้า 32-40.

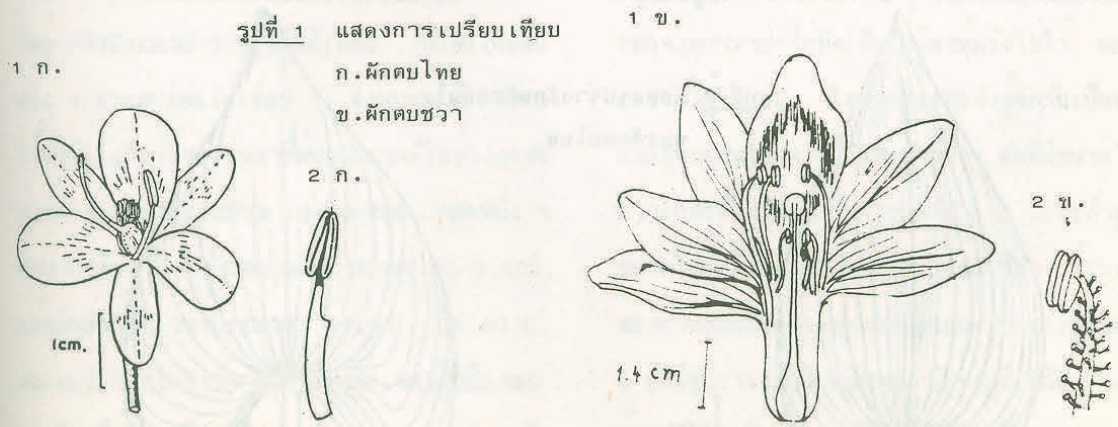
ผักตบไทย

ประนอม จันทรโณทัย*

วัชพืชน้ำที่ก่อปัญหามากที่สุด ที่ทุกท่านรู้จักดี ได้แก่ผักตบชวา ซึ่งได้นำเข้ามาปลูกในประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2444 แล้วเริ่มระบาดไปตามที่ต่าง ๆ อย่างรวดเร็ว ยังมีวัชพืชน้ำอีกชนิดหนึ่งที่มีลักษณะคล้ายกับผักตบชวามาก พืชนั้นมีชื่อเรียกว่า ผักตบไทย ผักตบไทยเป็นพืชพื้นเมืองของประเทศไทย ชาวบ้านอาจจะเรียกว่าผักตบหรือผักโป่ง ซึ่งมีชื่อเรียกในภาษาอังกฤษว่า Hastate-leaved Pondweed

ผักตบไทย มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Monochoria hastata (Linn.) Solms อยู่ในวงศ์ Pontederiaceae ผักตบชวาก็จัดอยู่ในวงศ์นี้เช่นกัน แต่อยู่ต่างสกุลกัน ผักตบชวาจัดอยู่ในสกุล Eichhornia Kunth สวนผักตบไทย จัดอยู่ในสกุล Monochoria C.Presl.ลักษณะสำคัญของพืชที่นักพฤกษอนุกรมวิธานได้ใช้ในการจัดจำแนกพืชทั้งสองสกุลนี้ โดยอาศัยลักษณะของกลีบดอก การติดของก้านชูอับเรณูกับอับเรณูและตำแหน่งของอับเรณู พืชในสกุล Monochoria C.Presl. กลีบดอกแต่ละกลีบอยู่เป็นอิสระไม่เชื่อมติดกัน ปลายก้านชูอับเรณูจะติดบริเวณด้านฐานของอับเรณู (basifixed) และเกสรตัวผู้มีจำนวน 6 อัน มีเกสรตัวผู้ 1 อันที่มีตำแหน่งของอับเรณูอยู่สูงกว่าอับเรณูอีก 5 อัน ส่วนพืชในสกุล Eichhornia Kunth นั้น ส่วนโคนของกลีบดอกแต่ละกลีบจะเชื่อมติดกันเป็นหลอดเล็ก ๆ ปลายก้านชูอับเรณูจะติดบริเวณทางด้านหลังของอับเรณู (dorsifixed) และเกสรตัวผู้มี 6 อันเช่นเดียวกับผักตบไทย แต่ตำแหน่งของอับเรณูมี 2 ระดับ ตำแหน่งสูง 3 อัน และตำแหน่งต่ำกว่า 3 อัน (รูปที่ 1)

รูปที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบ
ก.ผักตบไทย
ข.ผักตบชวา



*อาจารย์ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

1. ลักษณะดอก กลีบดอกและตำแหน่งของอับเรณู

2. การติดของก้านชูอับเรณูกับอับเรณู

คำว่า Monochoria นี้มาจากภาษากรีกว่า Monochroos mono หมายถึง เดี่ยว,อันเดียว ส่วนคำว่า chroos หมายถึงสี ฉะนั้น Monochoria จึงมีความหมายรวมว่า มีเกสรตัวผู้อันเดียวที่มีลักษณะและสีแตกต่างจากอันอื่น ๆ ลักษณะนี้จัดเป็นลักษณะเด่นของพืชสกุล Monochoria C. Presl.

พืชที่จัดอยู่ในสกุล Monochoria C.Presl. ในประเทศไทยพบว่ามีอยู่ 3 ชนิด ได้แก่ ผักตบไทย (Monochoria hastata(Linn.) Solms) โพลงหรือสิมพลี (M. elata Ridl.) และขาเขียดหรือนิลบล (M. vaginalis C. Presl.)

ถิ่นกำเนิดและกระจายพันธุ์

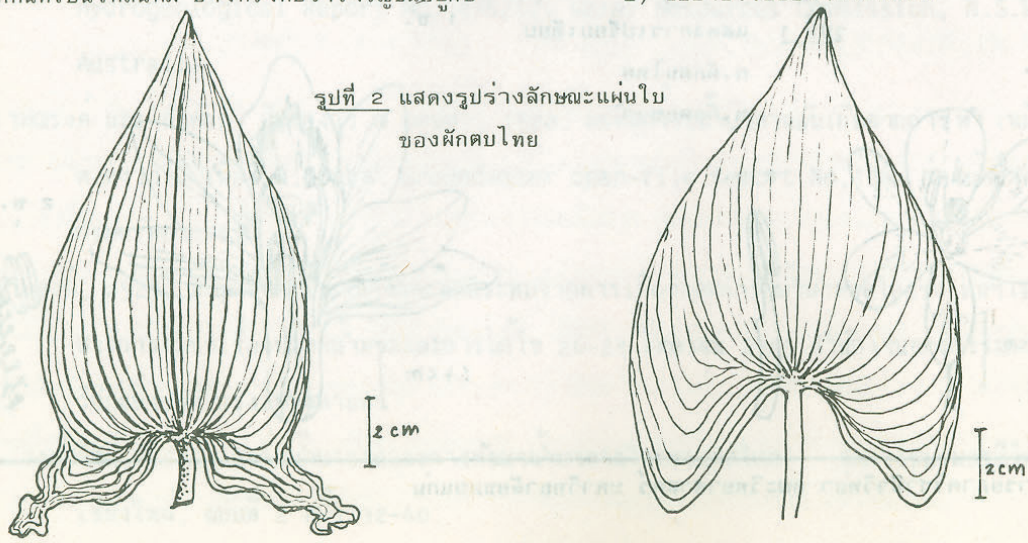
ผักตบไทยมีถิ่นกำเนิดบริเวณเขตร้อน แพร่กระจายทั่วไปตั้งแต่ทิศตะวันออกเฉียงเหนือของอัฟริกาไปจนกระทั่งถึงเขตแมนจูเรีย และออสเตรเลีย โดยทั่วไปผักตบไทยเจริญเติบโตอยู่ในที่ราบลุ่ม แหล่งน้ำที่ชื้นแฉะเป็นโคลนตมและในนาข้าว ผักตบไทยขยายพันธุ์ได้ง่าย ด้วยการแตกหน่อและติดเมล็ด มีรากยึดดินที่เป็นโคลนตม บางครั้งพบว่าเจริญขึ้นอยู่กับแพของผักตบชวาที่ลอยตามน้ำไป แต่ผักตบไทยไม่เจริญงอกงาม ผักตบไทยเป็นพืชที่ชอบแสงแดดมาก และสามารถขึ้นปะปนกับวัชพืชน้ำอื่น ๆ เช่น ผักตบชวา (Eichhornia Kunth) ผักปราบ (Commelina L.) ผักไผ่น้ำ (Polygonum L.) เป็นต้น ในบริเวณที่ผักตบไทยเจริญอยู่ ถ้ามีน้ำและอาหารสมบูรณ์ ผักตบไทยจะมีขนาดลำต้นสูงใหญ่ แต่ถ้าสภาพแห้งแล้งขนาดของลำต้นจะเล็กลง

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ราก ผักตบไทย เป็นพืชน้ำ มีรากหยั่งยึดติดกับพื้นดินใต้น้ำ รากเป็นแบบรากฝอย รากเมื่ออายุมากขึ้นจะเป็นสีน้ำตาลค่อนข้างดำ

ลำต้น มี 2 ส่วน ส่วนหนึ่งเป็นลำต้นใต้ดินมีลักษณะเป็นเหง้า (rhizome) ทอดเลื้อยไปตามพื้นดิน อีกส่วนหนึ่งเป็นลำต้นบนดินซึ่งมีใบติดอยู่

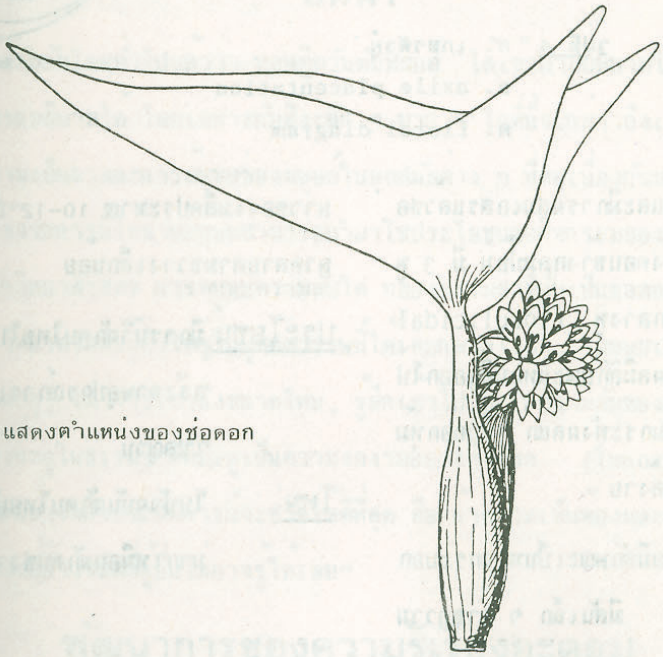
ใบ ใบของผักตบไทยเป็นใบเดี่ยว เกิดเป็นกระจุก ก้านใบยาว อวบใหญ่ ยาวประมาณ 45-60 เซ็นติเมตร แผ่นใบแผ่เป็นแผ่นคล้ายรูปสามเหลี่ยมที่มีฐานใบ เว้าลึก เข้าใบหรือแผ่นใบเหมือนหัวลูกศร (sagittate)(รูปที่ 2) ขอบใบเรียบปลายใบแหลม



รูปที่ 2 แสดงรูปร่างลักษณะแผ่นใบของผักตบไทย

ขนาดของใบประมาณ 16×20 เซ็นติเมตร ใบของผักตบไทยมี 2 ชนิด คือใบปกติและใบที่เกิดขึ้นบนลำต้นที่มีดอก ใบปกติเกิดจากลำต้นใต้ดิน ทางด้านในตอนโคน มีหูใบแผ่เป็นกาบหุ้มใบอ่อนไว้ขอบของกาบที่แผ่ออกไปนั้นมีสีเขียวแกมม่วง ส่วนปลายกาบจะแหลมแยกออกมาจากก้านใบ ใบอ่อนเจริญอยู่ภายในกาบของโคนใบแก่ เมื่อใบอ่อนเจริญขึ้นก็จะแทงผ่านกาบที่โคนใบแก่ออกมาทำให้โคนก้าน ใบเดิมมีลักษณะเป็นร่องลึก ส่วนใบที่เกิดขึ้นบนลำต้นที่มีดอก รูปร่างลักษณะของแผ่นใบคล้ายกับใบปกติ แต่โคนก้านใบแผ่ออกเป็นกระเปาะหุ้มช่อดอกอ่อนไว้

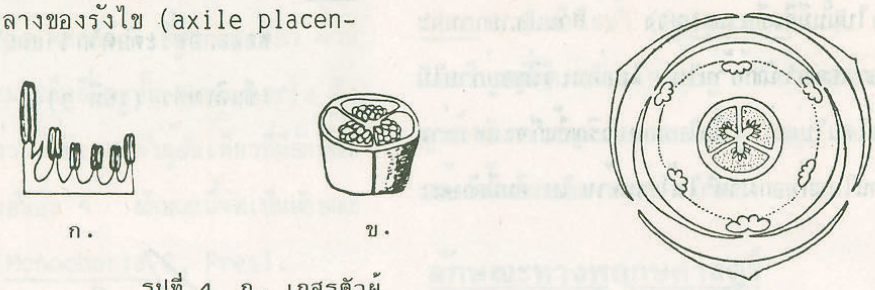
<u>ดอก</u> ดอกของผักตบไทยเกิดเป็นช่อ ตำแหน่งของช่อออกอยู่ระดับต่ำกว่าแผ่นใบประมาณ 6 เซ็นติเมตร (รูปที่ 3)



รูปที่ 3 แสดงตำแหน่งของช่อดอก

ดอกที่ปลายช่อดอกบานก่อนแล้วดอกอื่นๆ บานทยอยไล่ลงจนถึงโคนช่อดอกก้านช่อดอก มีลักษณะกลมใหญ่ ยาวประมาณ 5.5 เซ็นติเมตร ผักตบไทยต้นหนึ่ง ๆ จะออกดอกได้เรื่อย ๆ จึงพบดอกผักตบไทยได้ทั้งปี สำหรับช่วงเวลาที่พบดอกมากก็ในช่วงฤดูฝน ช่อดอกมีดอกย่อยประมาณ 15-60 ดอก ดอกหนึ่ง ๆ จะบานเพียง 1 วัน ตั้งแต่เวลาประมาณ8.00-9.00น. แล้วก็หุบไปในเวลาประมาณ 15.00 - 16.00 น. ดอกของผักตบไทย เป็น ดอก สมบูรณ์ เพศ มี กลีบ ดอก 6 กลีบ สีม่วง เรียงเป็น 2 ชั้น ๆ ละ 3 กลีบ กลีบดอกมีลักษณะคล้ายรูประฆัง บอบบางช้ำง่าย ด้านล่างของกลีบดอกมีแถบสีเขียว ก้านดอกย่อยยาวประมาณ 1.25-1.50 เซ็นติเมตร หลังจากดอกบานแล้วกลีบดอกจะหุบปลายกลีบบิดเป็นเกลียวหุ้มรังไข่ไว้ ดอกมีเกสรตัวผู้ 6 อัน โคนของเกสรตัวผู้ติดกันเป็นแถบตั้งอยู่บนฐานรองดอก เกสรตัวผู้มี 1 อันที่มีขนาดใหญ่กว่าเกสรตัวผู้อีก 5 วัน (รูปที่ 4 ก.) เกสรตัวผู้ที่มีขนาดใหญ่ มีอับเรณูและก้านชูอับเรณู สีม่วง ด้านหนึ่งของก้านชูอับเรณูมีจงอยแหลมยื่นออกไป เกสรตัวผู้อีก 5 อันมีรูปร่างและสีเหมือนกัน อับเรณูสีเหลือง ปลายก้านชูอับเรณูติดที่ส่วนฐานของอับเรณู อับเรณูประกอบด้วย 2 พู (locule)

เมื่ออับเรณูแก่จะปล่อยละอองเรณูออกตรงรูที่ปลายของอับเรณู เกสรตัวเมีย มีรังไข่สีเขียวอยู่เหนือส่วนต่าง ๆ ของดอก (superior ovary) รังไข่มี 3 พู แต่ละพูมีไข่อ่อน (ovule) จำนวนมาก ไข่อ่อนติดกับแกนกลางของรังไข่ (axile placentation) (รูปที่ 4 ข.) ก้านเกสรตัวเมียมี 1 อัน สีม่วง ปลายโค้งงอ ที่ยอดเกสรตัวเมีย แยกเป็น 6 แฉกเล็ก ๆ สีม่วงอ่อน ตำแหน่งของชั้นต่าง ๆ ของดอกผักตบไทยศึกษาได้จากรูปที่ 4 ค.



ก. ข. ค.

รูปที่ 4 ก. เกสรตัวผู้
ข. axile placentation
ค. floral diagram

ผล หลังจากที่ดอกบานและมีการผสมเกสรแล้วช่อดอกจะโค้งลง ผลรูปร่างค่อนข้างกลมป้อม มี 3 พู ผลเป็นผลแห้งแล้วแตกตรงกลางพู (loculicidal capsule) ส่วนปลายของผลมีลักษณะแหลมยื่นออกไป กลีบดอกหุ้มผลตั้งแต่แรก จนกระทั่งผลแก่ กลีบดอกหุ้มผลแบบหลวม ๆ แยกออกได้ง่าย

เมล็ด เมล็ดของผักตบไทยมีลักษณะเป็นทรงกระบอกกลม (oblong) สีน้ำตาล มีสันเล็ก ๆ ตามความยาวของเมล็ดประมาณ 10-12 สัน ระหว่างสันมีลวดลายตามขวางเล็กน้อย

ประโยชน์ มีการนำผักตบไทยไปเป็นอาหารสัตว์ ทำกระดาษอุปกรณ์การเพาะเห็ดฟางและทำเปลญวน

โทษ ในปัจจุบันผักตบไทยยังไม่ก่อให้เกิดปัญหามากเหมือนผักตบชวา

เอกสารอ้างอิง

1. เต็ม สมิตินันทน์ 2523 ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย (ชื่อพฤกษศาสตร์ชื่อพื้นเมือง) กรุงเทพมหานคร. กรมป่าไม้
2. รุ่งรัตน์ เหลือนทีเทพ 2520 วิทยานิพนธ์, การศึกษาทางด้านสัณฐานวิทยาและเซลวิทยาของพืชในวงศ์ Pontederiaceae ในประเทศไทย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. Boonkird Kalyanee., 1975 "Pontederiaceae" Thai Forest Bulletin (Botany) No.9, 12-14
3. Keng, Hsuan. 1969 Order and Families of Malayan Seed Plants. Univ. of Malaya Press, Kuala Lumpur.
4. Ridley, H.N. 1924 The Flora of the Malay Peninsnla Vol. IV. L. Reeve & Co., LTD., London.
5. Willis, J.C. 1973 A Dictionary of the Flowering Plants & Ferns The University Press, Cambridge.

พัฒนาการของความรู้เรื่องอะตอม

ยุทธนา จิตตะกวี *

บทนำ

เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปแล้วว่า ทฤษฎีควันตัมฟิสิกส์ ได้เข้ามามีบทบาทในการอธิบายสิ่งต่าง ๆ ที่ฟิสิกส์ดั้งเดิมไม่สามารถอธิบายได้ โดยเฉพาะกับสิ่งเล็ก ๆ มาก ๆ ในที่นี้จะกล่าวถึงเรื่องของอะตอม โดยกล่าวถึงเรื่องราวความเป็นมาและการค้นพบของมนุษย์ในยุคสมัยต่าง ๆ ที่ต่อเนื่องกันมา เพื่อศึกษาโครงสร้างของสสาร ความรู้ที่ได้จากการนี้ได้ช่วยมนุษย์สามารถนำมาใช้ประโยชน์ต่อกิจกรรมของมนุษย์อย่างมากมาย ไม่เพียงเท่านั้นสำหรับนักวิทยาศาสตร์ การค้นพบความลับใด ๆของธรรมชาตินั้นเป็นผลตอบแทนที่เป็นความสุขอย่างยิ่ง ไอน์สไตน์ นักวิทยาศาสตร์ผู้ยิ่งใหญ่ในยุคศตวรรษนี้ได้เคยกล่าวไว้ว่า "มนุษย์เป็นสิ่งที่มีความคิดเห็นที่ทำให้ตนเป็นผู้รู้แจ้งแทงทะลุ, ไม่ว่าจะเข้าถึงขนาดไหน, รู้ลึกเข้าไปนิด, ความลับของธรรมชาติก็แจ้งออกมาอีกหน่อย, การรู้แจ้งแทงทะลุในธรรมชาติที่มีอยู่เป็นความงดงามอย่างยิ่งยวด (ในการเข้าถึงและมีส่วนเป็นเจ้าของธรรมชาตินั้น) อีกอย่างหนึ่งประสพการณ์จะช่วยได้ดีที่สุด คือ ถ้าความเห็นพ้องและยอมรับแห่งเวลาของเขา, เขาจะบรรลุถึงความสุขอย่างชนิดที่ผู้อื่นไม่อาจรู้ได้เลย"

พัฒนาการของความรู้เรื่องอะตอม

ความอยากรู้อยากเข้าใจในธรรมชาตินั้นมนุษย์มีมาแต่โบราณแล้ว โดยมีผู้พยายามหาความคิดหรือทฤษฎีต่าง ๆ ที่จะอธิบายปรากฏการณ์นั้น ๆ ที่สังเกตพบอยู่เสมอ ความคิดที่ว่าสสารประกอบด้วยชิ้นส่วนที่เล็กที่สุด ที่ไม่สามารถจะแบ่งได้อีกแล้วนั้นมีมานานประมาณ 2400 ปีมาแล้ว โดยนักปรัชญาชาวกรีก และเรียกชิ้นส่วนที่แบ่งไม่ได้อีกแล้วนั้นว่า "อะตอม" (Atom) ซึ่งเป็นภาษากรีกแปลว่าผ่าไม่ได้หรือ แบ่งแยกไม่ได้อีก แต่เนื่องจากนักปรัชญานามอุโฆษคนหนึ่งของกรีกเองที่ไม่เห็นด้วยกับแนวความคิดนี้ คือ อริสโตเติล (384-322 B.C.) เขากลับเชื่อว่าสสารประกอบด้วยดิน น้ำ ลม ไฟ ไม่ได้ประกอบด้วยอะตอม ซึ่งมีผลให้แนวความคิดเรื่องอะตอมหยุดไปจนราว 2000 ปี แต่ก็ไม่ใช่ว่าจะสูญหายไปเสียทีเดียวหลังจากยุคเล่นแร่แปรธาตุ และได้พบคุณสมบัติทางเคมีต่าง ๆ แล้ว ความคิดเรื่องอะตอมก็กลับฟื้นคืนมาใหม่

บุคคลที่ให้ความคิดที่สำคัญในเรื่องอะตอมนี้ได้แก่ จอห์น ดาลตัน (John Dalton) ได้พิมพ์เผยแพร่ทฤษฎีอะตอมใหม่ ให้สอดคล้องกับการรวมโดย

*อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

น้ำหนักทางเคมีในสมัยนั้น ในราวช่วง ค.ศ.1808-1810 ใจความสำคัญในทฤษฎีของดาลตันมี 5 ข้อคือ

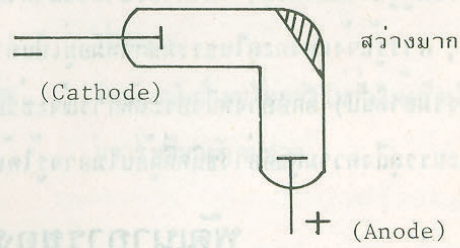
1. สสารประกอบด้วยชิ้นส่วนที่เล็กที่สุด คือ "อะตอม" ซึ่งไม่อาจแบ่งแยกออกไปได้อีกแล้ว
2. ธาตุต่าง ๆ ประกอบด้วยอะตอม ธาตุชนิดเดียวกันประกอบด้วยอะตอมที่เหมือนกัน และมีคุณสมบัติเหมือนกัน ธาตุต่างชนิดกันจะมีอะตอมที่มีคุณสมบัติต่างกัน
3. จะทำให้อะตอมนี้เปลี่ยนแปลงไปไม่ได้
4. สารประกอบ (Compounds)แต่ละอย่างจะประกอบด้วยอะตอม ของ ธาตุต่างชนิดกันรวมตัวกันด้วยจำนวน ของ ธาตุ แต่ ละชนิดที่คงที่ รวมกันเป็นโมเลกุล
5. ในการทำปฏิกิริยาเคมี อะตอมจะไม่ถูกทำลาย และไม่มีเกิดขึ้นใหม่ เพียงแต่จะมีการจัดกลุ่มใหม่เท่านั้น

ต่อมานักวิทยาศาสตร์ได้ทำการทดลอง พบ ว่าอะตอมมีจริง ในยุคถัด ๆ มายังค้นพบอีกว่าอะตอมยังสามารถประกอบด้วยอนุภาคมูลฐานอื่น ๆ อีก ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป ผลจากทฤษฎีอะตอมของดาลตัน ได้สร้างความก้าวหน้าแก่วิชาการสาขาเคมีคือ ได้ทำให้เกิดมีการศึกษาเปรียบเทียบมวลของอะตอมกันขึ้นและมีการจัดเรียงหมวดหมู่ ตามมวลเปรียบเทียบนี้ พบว่ามีธาตุหลาย ๆ ธาตุที่มีคุณสมบัติทางเคมีคล้าย คลึง กัน ดังนั้นการจัดธาตุให้เป็นตาราง โดย เรียง ตาม มวลเปรียบเทียบนี้ และคุณสมบัติทางเคมีจะพบว่า ธาตุต่าง ๆ แสดงคุณสมบัติทางเคมีวนเป็นรอบ ตารางดังกล่าวนี้คือ ตารางธาตุ (Periodic Table of the Elements) นั่นเอง

ราว ค.ศ.1855 นักฟิสิกส์ชาวเยอรมันชื่อไฮน์ริค ไกสเลอร์ (Heinrich Geissler) ได้ประดิษฐ์เครื่องสูบอากาศที่สามารถสูบอากาศให้เหลือความกดดันเพียง 0.1 % ของความดันบรรยากาศ และเพื่อนของเขาชื่อพลุกเกอร์ (Plucker) ได้ต่อหลอดที่ไกสเลอร์สูบอากาศออกแล้วนี้กับไฟฟ้า ปรากฏว่ามีกระแสไหลผ่านหลอดได้ ซึ่งทำความประหลาดใจแก่ผู้สังเกตุเห็นอย่างยิ่ง นอกจากนี้พลุกเกอร์ ได้สังเกตพบว่ามีแสงสีเขียวอ่อนเกิดขึ้นที่หลอดแก้วด้วย

ปลายของข้างที่ต่อกับขั้วลบของไฟฟ้า เรียกว่าคาโทด (Cathode) และข้างที่ต่อกับขั้วบวกของไฟฟ้าเรียกว่าอะโนด (Anode)

ต่อมาราว ค.ศ.1875 ท่านเซอร์วิลเลี่ยมครุกส์ (Sir William Crookes) ได้ทำการทดลองคล้าย ๆ แบบเดิมที่ไกสเลอร์ และ พลุกเกอร์ทำ แต่ใช้หลดแก้วที่งอโค้งดังภาพ



เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้า ครุกส์ พบว่าจะมีการเรืองแสงมากตรงผิวแก้วส่วนที่โค้ง ด้านตรงกันข้ามกับขั้วคาโทด แสดงว่าแสงที่เห็นนั้นเกิดจากอะไรบางอย่างที่ออกมาจากขั้วคาโทด ต่อมามีการเรียกสิ่งนั้นว่า รังสีคาโทด (Cathode rays) และหลอดแก้วแบบนี้ที่ ใช้ศึกษาเรื่องนี้เรียกว่าหลอดรังสีคาโทด (Cathode rays tube) ต่อมาครุกส์ ได้ดัดแปลงหลอดรังสีคาโทดใหม่ เพื่อตรวจสองรังสี พบว่าเมื่อใช้วัตถุต่าง ๆ มาทำขั้วคาโทดรังสีจากขั้วคาโทดนี้ก็ยังคงแสดงคุณสมบัติเช่นเดิม และพบว่ารังสีนั้นเบนไปได้ด้วยอำนาจสนามแม่เหล็ก จึงเป็นที่สงสัยกันว่า

รังสีจากขั้วลบคงประกอบด้วยอนุภาคเล็ก ๆ ที่มีประจุลบ เพราะเหตุว่าแนวรังสีจะเบนเข้าหาขั้วบวกของสนาม และการเบนนี้จะไม่เกิดขึ้นถ้าหากว่าเป็นรังสีของแสงตามธรรมดา ต่อมาอีก 25 ปี เจ.เจ.ทอมสัน (J.J.Thomson) ได้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่ารังสีจากขั้วคาโทดนั้นประกอบด้วยอนุภาคเล็ก ๆ จริง และมีประจุไฟฟ้าเป็นลบ ต่อมาได้ให้ชื่ออนุภาคนี้ว่าอีเล็กตรอน (Electron) ระหว่างปี ค.ศ. 1900-1916 นักฟิสิกส์ชาวอเมริกันชื่อ มิลลิแกน (Robert A.Milliken) สามารถวัดประจุของอีเล็กตรอนได้คือเท่ากับ 1.6×10^{-19} คูลอมบ์

ผลพลอยได้จากการศึกษารังสีคาโทดนี้ ต่อมาในยุคใหม่ได้พัฒนาใช้ประโยชน์ เช่นการประดิษฐ์จอทีวี จอออสซิลโลสโคป (Oscilloscope) ซึ่งอำนวยประโยชน์นานาประการ นอกจากนั้นยังเป็นเหตุให้มีการค้นพบรังสี X-rays ที่สามารถใช้ประโยชน์ในทางการแพทย์อย่างกว้างขวางในปัจจุบัน

ในราวปี ค.ศ. 1900 นั่นเองที่ เจ.เจ. ทอมสัน ได้ศึกษาและแสดงให้เห็นว่ามีอีเล็กตรอนอยู่ ทอมสันได้เสนอข้อคิดเห็นเกี่ยวกับโครงสร้างอะตอมของสารไว้ว่า อะตอมเป็นทรงกลมประกอบด้วย "เนื้อ" ของอะตอมที่เป็นประจุบวก และมีเม็ดอีเล็กตรอนที่เป็นประจุลบฝังอยู่ทั่วไป เพื่อให้อะตอมมีสถานะเป็นกลางมากที่สุด อีเล็กตรอนภายในอะตอมนั้นเคลื่อนที่ได้ไปมาอยู่ใน "เนื้อ"ของอะตอม อำนาจทางไฟฟ้าจะสมดุลย์อยู่เสมอ เพราะสมัยนั้นทราบกันโดยทั่วไปแล้วว่าอะตอมมีสถานะทางไฟฟ้าเป็นกลาง

ต่อมาในปี ค.ศ. 1911 เออร์เนสต์ รัทเธอร์ฟอร์ด (Ernest Rutherford) นักฟิสิกส์ชาวอังกฤษ ซึ่งเป็นศิษย์ของทอมสัน ได้เสนอให้ทำการทดลองโดยยิงอนุภาคแอลฟา (α-particle) ที่ได้จากสารกัมมันตภาพรังสีเข้าไปชนแผ่นทองบาง ๆ พบว่าอนุภาคแอลฟานี้บางส่วนจะผ่านไปไม่มีอะไรเกิดขึ้น บางส่วนจะเบนเปลี่ยนทิศทาง และบางส่วนจะสะท้อนกลับ ในสมัยนั้นรู้กันแล้วว่าอนุภาคแอลฟานั้นมีประจุเป็นบวก และหนักกว่าอีเล็กตรอนมาก การเกิดปรากฏการณ์ ดังกล่าวแสดงว่าอนุภาคแอลฟาจะต้องไปชนหรือเกิดปฏิกิริยา ผลักกับอนุภาคหรืออะไรสักอย่างที่มีอำนาจประจุเป็นบวกด้วย และโดยอาศัยกฎทางไฟฟ้าของคูลอมบ์มาอธิบายจะสามารถทำนายปรากฏการณ์ได้อย่างถูกต้อง จึงทำให้เกิดการยอมรับกันว่ามีประจุบวกรวมกันอยู่เป็นก้อนเล็ก ๆ ตรงกลางของอะตอมเรียกว่านิวเคลียส (Nucleus) และในอะตอมส่วนใหญ่จะเป็นที่ว่าง ๆ รัทเธอร์ฟอร์ด สามารถหาขนาดของนิวเคลียสได้ว่าประมาณรัศมีเท่ากับ 10^{-14} เมตร ซึ่งมีขนาด 1 ในหมื่นของอะตอมเท่านั้น และมีอีเล็กตรอนอยู่รอบ ๆ การทดลองนี้ได้กระทำโดย อันส์ ไกเกอร์ (Hans Geiger) และ มาร์สเด็น(Marsden) ใน ค.ศ. 1913 ผลของการทดลองค้านกับทฤษฎีของทอมสัน ในสมัยนั้นโดยการอาศัยทฤษฎีพลังงานจลน์ของก๊าซ นักวิทยาศาสตร์สามารถคำนวณขนาดของอะตอมได้ว่ารัศมีประมาณ 10^{-10} เมตร ดังนั้นขนาดของนิวเคลียสจึงเล็กมากมีลักษณะเป็นจุดที่มีประจุไฟฟ้าเท่านั้น บริเวณใกล้ ๆ ผิวของนิวเคลียสจะมีอำนาจทางไฟฟ้าสูง จนสามารถผลักประจุบวกของอนุภาคแอลฟาให้เบนทิศทางได้ การทดลองนี้ต่อมาเรียกว่า Rutherford's scattering

ดังนั้นรูปแบบโครงสร้างของอะตอมตามทฤษฎีของรัทเธอร์ฟอร์ดจึงคล้าย ๆ กับโครงสร้างของสุริยจักรวาล คือ มีนิวเคลียสเป็นแกนอยู่ตรงกลางเป็นประจุบวก มีอีเล็กตรอนโคจรเป็นวงกลมอยู่รอบ ๆ แต่ในสมัยนั้นรัทเธอร์ฟอร์ด ยังพยายามเอาทฤษฎีฟิ-

สิกส์ดั้งเดิมมาอธิบายโครงสร้างของอะตอมของเขาอยู่ พบว่าแม้จะมีความถูกต้องเช่น สามารถหาขนาดของอะตอมและนิวเคลียสได้ก็ตาม แต่ไม่สามารถอธิบายได้ว่าทำไมอะตอมต่าง ๆ จึงอยู่ในภาวะที่มีเสถียรภาพ เพราะตามทฤษฎีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของแมกซ์เวลล์ (Maxwell) ซึ่งมีการทดลองยืนยันจนเป็นที่ยอมรับกันนั้น มาเป็นข้อขัดแย้งคือ อีเล็กตรอนที่โคจรรอบ ๆ นิวเคลียส ตามแบบที่รัทเธอร์ฟอร์ดอธิบาย จะต้องปลดปล่อยพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมา ซึ่งจะทำให้พลังงานลดลง และในที่สุด วงโคจรจะเล็กเข้าจนกระทั่งเข้าไปรวมกับนิวเคลียสในที่สุด ซึ่งจะทำให้อะตอมไม่เสถียรภาพ ทฤษฎีของรัทเธอร์ฟอร์ดจึงต้องเลิกล้มไปโดยปริยาย

เมื่อเห็นว่าการอาศัยฟิสิกส์ดั้งเดิมมาอธิบายโครงสร้างอะตอมล้มเหลว จึงมีการพยายามหันมาพึ่งฟิสิกส์ยุคใหม่ หรือควันตัม นักฟิสิกส์ชาวเดนมาร์กชื่อ นีลส์ บอห์ร (Neils Bohr)ศิษย์ของรัทเธอร์ฟอร์ด เป็นคนแรกที่ได้นำเอาแนวความคิดเรื่องควันตัมฟิสิกส์มาอธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างของอะตอม บอห์ร ได้นำเอาทฤษฎีของแพลังค์ และทฤษฎีโฟตอนของไอน์สไตน์ มาร่วมกันอธิบายทฤษฎีของรัทเธอร์ฟอร์ด เพื่อแก้ปัญหาเกี่ยวกับการแผ่รังสีของอีเล็กตรอน ทฤษฎีของบอห์รได้ไปสอดคล้องกับทฤษฎีของเดอร์บรอยล์ ซึ่งเสนอทฤษฎีคลื่นสสารหลังจากสมัยของบอห์รหลายปี บอห์รได้เสนอแนวความคิดว่า ในการที่อีเล็กตรอนโคจรรอบ ๆ นิวเคลียสนั้น จะมีค่าโมเมนตัมเชิงมุมตามทฤษฎีกลศาสตร์ ของฟิสิกส์ดั้งเดิม และค่าโมเมนตัมเชิงมุมนี้ควรมีค่าเป็นค่าเดียวกันกับค่าคงที่ของแพลังค์ (h) จากทฤษฎีของแพลังค์และไอน์สไตน์ บอห์รจึงเสนอว่าค่าโมเมนตัมเชิงมุมของอีเล็กตรอนที่โคจรรอบ ๆนิวเคลียสนั้นควรมีลักษณะเป็น ควันตุ้ม คือไม่ต่อเนื่องกันด้วย และแต่ละค่าของโมเมนตัมเชิงมุมนี้ จะเป็นสัดส่วนกับค่าคงที่ของแพลังค์ (h) เมื่ออีเล็กตรอนโคจรอยู่ในระดับชั้นที่มีค่าโมเมนตัมเชิงมุมที่อนุญาตให้มีได้ คือในแต่ละค่าจำนวนควันตัม (Quantum number) ของอีเล็กตรอนแต่ละตัว อีเล็กตรอนนั้นจะไม่มีการแผ่รังสี แต่ถ้าอีเล็กตรอนโคจรอยู่ในระดับ ชั้น พลังงานอื่นที่ไม่ใช่ระดับชั้นที่อนุญาตให้อยู่ได้ (ground state) คืออยู่ในระดับชั้นที่เรียกว่า ระดับชั้นที่ถูกเร้า (Exited State) อีเล็กตรอนจะต้องปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปของโฟตอน ระดับชั้นที่ถูกเร้าเองนี้ก็ต้องเป็นช่วง ๆ ตามทฤษฎีควันตัมเช่นกัน และพลังงานที่ปลดปล่อยออกมาในการที่อีเล็กตรอนกลับมา จากระดับชั้นพลังงานที่ถูกเร้า (Exited State) กลับมาอยู่ในระดับชั้นปกติที่อนุญาตให้อยู่ได้ (ground State) จะปลดปล่อยออกมาในลักษณะควันตัมหรือเป็นเม็ดโฟตอนเม็ดหนึ่ง ๆ เท่านั้น ในทำนองเดียวกันการที่อีเล็กตรอนจะรับพลังงานโฟตอนจากภายนอกได้ ต้องรับได้ที่ค่าพลังงาน ตรงกันกับระดับชั้นควันตัมของมันเท่านั้น ในระดับชั้นพลังงานที่อนุญาตให้อยู่ได้(ground state) นี้จะทำให้มันมีพลังงานต่ำที่สุด หรือทำให้มีแรงยึดกันระหว่างอีเล็กตรอนกับนิวเคลียสสูงที่สุด ดังนั้นถ้าเราจะดึงเอาอีเล็กตรอนออกไป ต้องใช้พลังงานที่เรียกว่า Ionization energy สูงสุด ในภาวะเช่นนี้จะเป็นภาวะที่อะตอมมีเสถียรภาพ (stability) สูงที่สุด ทฤษฎีของบอห์รได้ประสพความสำเร็จสูงมากขึ้นกว่าแบบของรัทเธอร์ฟอร์ด แต่อย่างไรก็ตาม ทฤษฎีของบอห์ร ยังขาดความสมบูรณ์ในหลาย ๆ อย่าง โดยเฉพาะในการเกิดเส้นสเปคตรัมของอะตอมที่มีอีเล็กตรอนหลาย ๆ ตัวและการอธิบายการรวมตัวของอะตอมเข้าเป็นโมเลกุล

เมื่อมีการค้นพบหลักการของความไม่แน่นอนของไฮเซนเบอร์ก นักวิทยาศาสตร์ จึงเห็นได้ชัดว่าการที่จะบอกวงโคจรที่แน่นอนของอีเล็กตรอนในอะตอม เป็นสิ่งที่เป็นไปไม่ได้ เราจะบอกได้ก็เพียงแต่โอกาสที่จะพบอีเล็กตรอนเท่านั้น

ในราวปี ค.ศ.1925-1926 นี้เองได้มีการค้นพบทฤษฎีกลศาสตร์ของคลื่น (Wave mechanies) โดย โชรดิงเจอร์ (Schrodingen) และการค้นพบของไฮเซนเบอร์ก ซึ่งไดแรค (Dirac) ได้แสดงให้เห็นว่าทฤษฎีของบุคคลทั้งสองนี้ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการอธิบายโครงสร้างของอะตอมจึง เปลี่ยนไป เป็นการใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นไปได้ ตาม หลัก วิ ชากลศาสตร์ของคลื่นล้วน ๆ ก่อให้เกิดทฤษฎีใหม่คือ ทฤษฎีควันตัม (Quantum Theory) หรือวิชากลศาสตร์ควันตัม (Quantum Mechanics) ซึ่งสามารถนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ของอะตอมได้ดีกว่า แบบ ของบอห์ร ตามหลักทฤษฎีกลศาสตร์ควันตัม ทำให้เรานึกวาดภาพอะตอมเป็นนิวเคลียสที่ ถูก ห้อม ล้อมด้วยเมฆของอีเล็กตรอน (electron clound) เมฆอีเล็กตรอนนี้ หมายถึงโอกาสที่จะพบอีเล็กตรอนเท่านั้น ไม่ได้หมายความว่าอีเล็กตรอนมีลักษณะเป็นเหมือนเมฆ

ความเปลี่ยนแปลงที่สำคัญที่ เปลี่ยน แ ปลงไปจากทฤษฎีของบอห์ร คือ เงื่อนไขระดับชั้นพลังงานของวงโคจรที่มีค่าโมเมนตัมเชิงมุมเป็นระดับ

ค่าระดับชั้นที่เป็นเลขลงตัวเดิมของทฤษฎีของบอห์ร นั้นถูกเรียกเป็นระดับชั้นควันตัมหลัก (Principal Quantum Number) ส่วนในทฤษฎีอะตอมใหม่ตามหลักกลศาสตร์ควันตัม เรียกว่า จำนวนควันตัมระดับชั้นวงโคจร(Orbital Quantum Number)

ในปี 1925 นี้เองนักฟิสิกส์ชาวอเมริกัน 2 คน คือ เกาค์สมิท (Goudsmit) และอูเล็นเบค (Uhlenbeck) ได้ค้นพบว่า อีเล็กตรอนมีการหมุนรอบตัวเองคล้ายกับที่โลกหมุนรอบตัวเองในขณะที่หมุนรอบดวงอาทิตย์ด้วย การหมุนรอบตัวเองของอีเล็กตรอนนี้มีลักษณะเป็น Quantized ด้วยคือไม่ต่อเนื่อง

ในปี ค.ศ. 1928 ไดแรค(P.A.M.Dirac) ได้นำทฤษฎีของโชรดิงเจอร์ มารวมกับทฤษฎีสัมพันธภาพ เพื่อใช้กับการเคลื่อนที่ที่มีความเร็วสูงด้วย ได้รับการคำนวณใหม่ที่เรียกว่า Dirac's relativistic wave equation เป็นพื้นฐานของวิชาใหม่คือ Relativistic Quantum Theory ไดแรคได้แสดงให้เห็นว่า การหมุนรอบตัวเองของอีเล็กตรอนนั้นเป็นผลของทฤษฎีนี้ ไม่ใช่การตั้งทฤษฎีเพื่อสอดคล้องผลการทดลองแต่อย่างใด และทฤษฎีของไดแรค ยังทำให้มีการค้นพบ โปซิตรอน(Positron) หรืออีเล็กตรอนที่มีประจุบวก มีคุณสมบัติเป็นอนุภาคตรงกันข้ามกับอนุภาคเดิม คือ เมื่อรวมกับอีเล็กตรอนแล้วจะสลายตัวกลายเป็นพลังงานไปหมด ทั้งโปซิตรอนและอีเล็กตรอน คุณสมบัตินี้เรียกว่า anti-particle

ในช่วงปี ค.ศ.1925 อีกนั่นเองมีนักวิทยาศาสตร์ชาวออสเตรียชื่อเพาลี (Wolfgang Pauli) ได้เสนอแนวความคิดที่สำคัญมากที่ ช่วย ให้นัก วิทยาศาสตร์เข้าใจ โครงสร้างอะตอม และการจัดละดับธาตุในตารางธาตุ (Periodic Table of The Elements) ทางเคมีได้ดีขึ้น แนวความคิดที่เพาลีเสนอนี้เรียกว่า Pauli's Exclusion Principle ซึ่งกล่าวว่า "อีเล็กตรอนในอะตอมเดียวกันนั้นจะมีเพียงตัวเดียวเท่านั้นที่อยู่ในภาวะควันตัมหนึ่ง ๆ" จำนวนควันตัมนี้มีค่าหลายค่าในขณะหนึ่งๆของอีเล็กตรอนแต่ละตัว คือ มีทั้งprincipal Quantum Number, orbital Quantum Number, Spin Quantum

Number และ Magnetic Quantum Number ในขณะเวลาหนึ่ง ๆ อีเล็กตรอน แต่ละตัวจะมีค่าควันตัมเหล่านี้ทุกค่าซ้ำกันไม่ได้)

หลักการของเพาลีนี้สามารถอธิบายได้กับอะตอมทุกชนิด ทำให้พบว่าสามารถรวมกลุ่มอีเล็กตรอนเข้าด้วยกันได้ ถ้ารวมตามค่าPrincipal Quantum Number จะรวมกันเป็นชั้น (Shell) และถ้ารวมกันตามค่า Orbital Quantum Number จะเป็นกลุ่มชั้นย่อย (Sub shell) พบว่าถ้าอะตอมใดที่อีเล็กตรอนเต็มระดับชั้น (shell) หรือเต็มระดับชั้นย่อย (Sub shell) อะตอมเหล่านั้นจะมีคุณสมบัติเฉื่อย (inert) ส่วนอะตอมใดที่ยังขาดอีเล็กตรอน หรืออีเล็กตรอนเกินกว่าจำนวนอีเล็กตรอนที่เต็มระดับดังกล่าว จะแสดงความสามารถเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ คือแสดงค่า Valency เท่ากับค่าที่อีเล็กตรอนขาดหรือเกินไปนั้น

สรุป

ความรู้ต่าง ๆ เรื่องอะตอมเริ่มตั้งแต่ทฤษฎีของบอห์รนี้นี่เองเมื่อประมวลกันเข้าจะเป็นทฤษฎีอะตอมยุคใหม่ที่ถือว่าสมบูรณ์ที่สุดในขณะนี้

จากการพัฒนาความรู้เกี่ยวกับอะตอมมาเรื่อยๆ นี้เอง เราจะเห็นว่าพัฒนาการในทางวิทยาศาสตร์กายภาพ โดยเฉพาะเคมี และฟิสิกส์นั้น จะเกี่ยวพันแนบเนื่องกันมาโดยตลอด ความก้าวหน้าทางเคมีได้ช่วยขยายความรอบรู้ทางฟิสิกส์ ในขณะเดียวกันความรู้ทางฟิสิกส์ได้ช่วยให้เข้าใจพฤติกรรมของ สสาร ในทางเคมีได้อย่างดี

บรรณานุกรม

มาลี บานชื่น มนุษย์กับวิทยาศาสตร์กายภาพ ตอนพลังงานนิวเคลียร์และทฤษฎีควอนตัม กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2520

เย็นใจ เลาหวิฬิช ฟิสิกส์ยุคใหม่ เบื้องต้น กรุงเทพฯ : บริษัทประชาชนจำกัด (แผนกการพิมพ์), 2516

วิรุฬห์ สายคณิต ทฤษฎีควอนตัม คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ : 2523

สุชาตา ชินะจิตร "ความเป็นมาของเคมี", วารสารวิทยาศาสตร์, ปีที่ 29 (กรกฎาคม,2518)หน้า 33-40

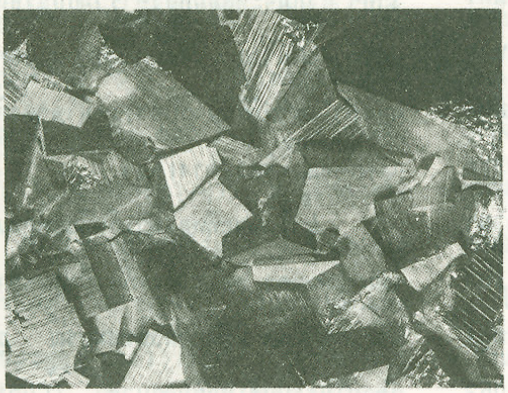
สุชาตา ชินะจิตร "ความเป็นมาของเคมี", วารสารวิทยาศาสตร์, ปีที่ 29 (สิงหาคม, 2518)หน้า 3-13

อรุณ รัชตะนาวิน พัฒนาการของวิทยาศาสตร์ กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2513

Beiser, Arthur. Concept of Modern Physics. New York : McGraw-Hill Book Company, 1963.

Giancoli, D.C. The Ideas of Physics New York: Harcout Brace Javanovich, Inc., 1978.

ทองคำ - ทองคนโง่



วัชราภรณ์ เขื่อนแก้ว*

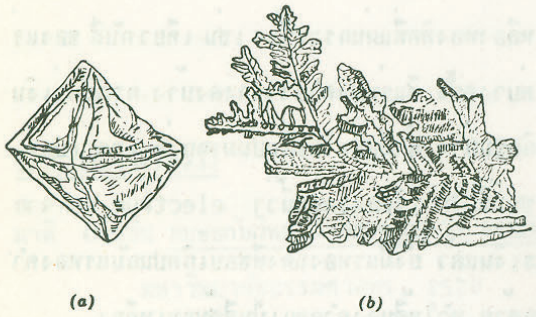
เมื่อกล่าวถึงทองคำ คงแทบไม่มีใครที่ไม่รู้จัก และน้อยคนที่จะปฏิเสธการได้เป็นกรรมสิทธิ์สิ่งที่เรียกว่าทองคำ เพราะทุกคนตระหนักถึงคุณค่าทางเศรษฐกิจของทองคำเป็นอย่างดี ทองคำใช้แลกเปลี่ยนเป็นเงินตราประเทศใดๆก็ได้ในโลกนี้ แต่ยังมีทองอีกชนิดหนึ่ง ถ้าดูเพียงฉาบฉวยจะคล้ายทองคำมาก เพราะมีสีทองแวววาวเช่นเดียวกันกับทองคำ ทำให้บางคนที่เข้าใจผิด ไม่ได้ตรวจดูให้ถี่ถ้วน อาจหลงงมงายอยู่กับสิ่งที่คล้ายทองคำนี้ จึงเรียกทองชนิดนี้ว่า ทองคนโง่ (fool gold) เราควรมาทำความรู้จัก ความเป็นมา และลักษณะต่างๆของทองทั้งสองชนิดนี้บ้าง

ทองคำ เป็นแร่ชนิดหนึ่งที่มักเกิดเป็นธาตุเดี่ยว ๆ (native element) มากกว่าเกิดเป็นแร่ในรูปสารประกอบ มีสูตรทางเคมีเป็น Au ลักษณะเด่น คือ สีของแร่ เป็นสีเหลืองทองแวววาว ส่องแสงประกายแบบโลหะ มีคุณสมบัติทางกายภาพเช่นเดียวกับโลหะทั่วๆ ไป ถ้านำไปขูดกับกระเบื้องสีขาวที่ยังไม่ได้เคลือบ (streak plate) จะได้ผงสีเหลืองทองติดที่แผ่นกระเบื้อง เช่น เดียวกับสี ของแร่ แต่บางครั้ง สีแร่ทองคำอาจจางลงบ้าง กรณีมีแร่เงินเกิดปนบ้าง ถ้ามีแร่เงินเกิดปนมากกว่า 20 เปอร์เซนต์ขึ้นไป เรียกแร่ผสมนี้ว่า electrum นอกจากแร่เงินแล้ว ยังมีแร่ทองแดงที่ชอบเกิดปนกับแร่ทองคำอีกด้วย ทำให้สีทองคำออกเป็นสีส้มอมเหลือง

ทองคำเป็นแร่โลหะที่หนักมาก มีความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยโดยประมาณ 15-19. ถ้าเกิดบริสุทธิ์จริง ๆ จะมีความถ่วงจำเพาะสูงถึง 19.3 จากการที่แร่ทองคำหนัก การแยกแร่ทองคำที่เกิดปะปนกับกรวดทรายหรือแร่อื่น ๆ จึงทำได้ง่าย ดังนั้น การร่อนแร่ทองคำตามลำธาร จัดเป็นวิธีที่ง่าย และได้ผลดี เนื่องจากกรวดทรายมีความถ่วงจำเพาะโดยเฉลี่ยประมาณ 2.7-2.9 แต่ถึงแม้ แร่ทองคำหนักมากไม่ได้ หมายความว่า ทองคำ จะ แข็ง มากตาม ไปด้วย ความแข็งของแร่ทองคำเมื่อเทียบตามลำดับความแข็ง

*อาจารย์ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ของโมห์ส์ (Mohs' scale of hardness)* แล้ว ทองคำอยู่ในช่วงความแข็ง 2.5-3 ดังนั้นเราสามารถเอาเหรียญสตางค์แดง หรือลวดทองแดงขูดขีดทองคำให้เป็นรอยได้ นอกจากความแข็งแล้ว ทองคำยังมีคุณสมบัติเหนียว ไม่เปราะ เมื่อนำทองคำมาทุบเป็นแผ่นบางๆสามารถทำได้บางถึง 0.00014 มิลลิเมตร จนแลดูค่อนข้างโปร่งใส และมีสีเขียวเหลืองปนอยู่ นอกจากนั้นยังนำมาดึงเป็นเส้นได้ ทั้งยังใช้มีดตัดออกเป็นรูปต่าง ๆ ได้ง่าย ทองคำหนัก 1 กรัม สามารถดึงเป็นเส้นได้ยาวถึง 160 เมตร ทองคำที่ถูกนำมาตกแต่งให้อยู่ในรูปต่าง ๆ ที่เปลี่ยนสภาพไปจากเดิมเรียกว่า ทองรูปพรรณ แร่ทองคำมีจุดหลอมละลายสูง ความร้อนที่เพียงพอให้ทองคำหลอมได้สูงถึง 1062 องศาเซลเซียส เมื่อหลอมทองคำจนเหลว แล้วนำเทใส่ในแบบพิมพ์ จะได้ทองคำรูปต่างๆตามแบบพิมพ์ เมื่อทองคำเย็นตัวแล้ว



(a) (b)

รูปที่ 1 (a) รูปอ็อกตะฮีดรอน (b) รูปกิ่งไม้ รูปร่างของทองคำในหินต้นกำเนิด

ทองคำเป็นแร่ที่มีความคงทนต่อการผุสลายมาก ทั้งทางกายภาพและทางเคมี ทองคำบริสุทธิ์มีสีผิวสดใสไม่หมอง ไม่เปลี่ยนสภาพกลายเป็นแร่อื่นได้ง่ายๆ ถึงแม้จะหลอมทองคำรวมกับแร่อื่นๆ ทองคำจะแยกตัวออกมา และ ยัง มีสีเหลือง ทองสดใส เช่นเดิม ทองคำไม่ทำปฏิกิริยากับสารเคมีใดๆทั้งสิ้น นอกจากกรดกัดทอง** เพียงอย่างเดียว

ถ้าในขณะที่ทองคำเกิดมีอุณหภูมิและความดันที่เหมาะสมแล้ว ทองคำจะเกิดเป็นรูปผลึก หรือรูปทรงทางเรขาคณิต ที่ชัดเจนและสมบูรณ์ รูปผลึกทองคำจัดอยู่ในระบบสี่เหลี่ยมลูกบาศก์*** (Cubic system) ซึ่งมีรูปผลึกเป็นรูปอ็อกตะฮีดรอน (Octahedral) ดังในรูปที่ 1. เป็นรูปผลึกที่พบบ่อยที่สุด นอกนั้น อาจพบเป็นรูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ เป็นรูปโดเดคคะฮีดรอนบ้าง แต่พบน้อยมาก

อย่างไรก็ตาม การพบเห็นรูปผลึกทองคำยากมาก นอกจากจะพบในหินที่เป็นต้นกำเนิดเลย เช่นในหินเพกมาไตต์รูปร่างทองคำที่พบทั่วไป มักมีรูปร่างและขนาดที่ไม่แน่นอน พบเป็นแผ่นเล็ก ๆ เป็นเกล็ดหรือเป็นก้อนๆ เกิดปะปนกับดิน ทราย หรือติดตาม

---

*ลำดับความแข็งของโมห์ส์ เป็นความแข็งเปรียบเทียบของแร่ที่ใช้กันในปัจจุบันมี 10 ลำดับ แร่ที่มีความแข็งน้อยที่สุดจัดเป็นลำดับ 1 ไปจนถึงลำดับ 10 ซึ่งเป็นแร่ที่มีความแข็งมากที่สุด

แร่ตัวอย่างที่ใช้เปรียบเทียบความแข็งตามลำดับของโมห์ส์ มีดังนี้

ลำดับ 1. หินสบู่ หรือแร่ทัลค์ (Talc) ลำดับ 2. เกลือจืด หรือแร่ยิบซั่ม (Gypsum)

ลำดับ 3. หินฟันหมา หรือแร่แคลไซต์ (Calcite)

ลำดับ 4. หินสี หรือพลอยอ่อน หรือแร่ฟลูออไรด์ (Fluorite)

ลำดับ 5. แร่อะปาไตต์ (Apatite) ลำดับ 6. แร่ออร์โธเคลส (Orthoclase)

ลำดับ 7. หินเขี้ยวหนุมาณ หรือแร่ควอทซ์ (Quartz) ลำดับ 8. แร่โทแปซ (Topaz)

ลำดับ 9. กากะรุน หรือพลอยสี หรือแร่คอรันดัม (Corrundum)

ลำดับ10. เพชร หรือไดอะมอนด์ (Diamond)

**กรดกัดทอง ประกอบด้วยกรดไนตริก(เข้มข้น) : กรดเกลือ(เข้มข้น) = 3 : 1

***ระบบผลึกที่ประกอบด้วยแกนผลึกหลัก 3 แกน ซึ่งทุกแกนยาวเท่ากันหมด และตั้งฉากซึ่งกันและกัน

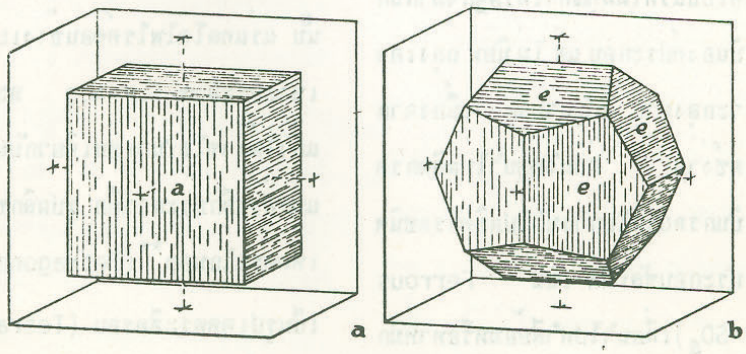
ผิวก้อนกรวด พบตามลานแร่ หรือท้องลำธาร ซึ่งมักอยู่ไม่ไกลจากหินต้นกำเนิดมากนัก

ความบริสุทธิ์ของทองคำ คิดเป็น 2 แบบ คือ กะรัต (karat) และไฟน์เนส (fineness) ทองคำบริสุทธิ์คิดเป็น 24 กะรัต หรือ 1,000 ไฟน์ โดยธรรมชาติ ทองคำส่วนใหญ่มักมีมลทิน หรือมีธาตุอื่นเกิดปะปนเป็นปริมาณ 10 % ของปริมาณแร่ทั้งก้อน หรือคิดเป็นแบบไฟน์เนสได้ 900 ไฟน์ คำว่าทอง 10 กะรัตหรือ 10 k หมายความว่า มีเนื้อทองจริง 10 ส่วน อีก 14 ส่วนเป็นโลหะอื่น ๆ ที่เกิดปนด้วย

ตามท้องลำธารบางแห่ง เราจะเห็นเกล็ดเล็ก ๆ สีเหลืองทอง แวววาวระยิบระยับปนกับทราย มองดูคล้ายเกล็ดทองคำ แต่นั่นคือเกล็ดแร่ไมกาดำ หรือไบโอไตต์ (biotite) ที่ผิวของแร่กระทบกับแสงอาทิตย์ ทำให้เกิดแสงสะท้อนประกายสีเหลืองทอง

เมื่อกล่าวถึงทองคำมาพอสมควรแล้ว ต่อไปจะกล่าวถึงแร่ที่ดูคล้ายทองคำมาก จนมีบางคนเข้าใจผิด เราเรียกแร่พวกนี้ว่า ทองคนโง่ ส่วนใหญ่เป็นพวกแร่เหล็ก แร่ที่คล้ายคลึงและพบมากที่สุดได้แก่ แร่ไพไรต์ (pyrite) แร่ไพไรต์มีสีแร่เป็นสีเหลืองทองเช่นเดียวกับทองคำ อาจจะจางกว่านิดหน่อย มีสูตรเคมีเป็น FeS_2 จะเห็นว่าในโมเลกุลไม่มีธาตุทองคำปนด้วยเลย อย่างไรก็ตามแร่ไพไรต์จะเหมือนกับทองคำเพียงสีผิวแร่เท่านั้น ถ้าเอาแร่ไปขูดกับกระเบื้องสีขาวที่ยังไม่เคลือบ จะได้สีผงสีดำ แทนที่จะเป็นสีทองเหลืองอร่ามดังแร่ทองคำ แร่ไพไรต์เป็นที่รู้จักกันมานานแล้ว มาตั้งแต่สมัยกรีกชาวกรีกโบราณใช้แร่นี้เป็นเครื่องรางของขลัง เชื่อว่าสามารถป้องกันอันตราย และสร้างเสริมอำนาจให้เข้มแข็ง ชื่อแร่ไพไรต์มาจากรากศัพท์ภาษากรีกจากคำว่า 'pyr' ซึ่งแปลว่าไฟ เพราะว่าเมื่อนำไปตีกระทบกับเหล็กจะได้ประกายไฟสีเหลือง นอกจากนั้นชาวอินคา*โบราณใช้ทำกระจกเงา แผ่นหินขัดมันที่พบอยู่เหนือหลุมฝังศพของชาวอินคา ก็ทำจากแร่ไพไรต์นี้เอง เป็นเหตุผลว่าบางครั้งแร่ไพไต์ถูกเรียกว่าก้อนหินของชาวอินคา (Stone of the Incas)

แร่ไพไรต์พบมากทั่วไป เกิดกระจัดกระจายในเนื้อหินแทบทุกชนิด ตั้งแต่หินอัคนี หินตะกอน และหินแปร แม้กระทั่งในชั้นของถ่านหิน มักเกิดเป็นรูป



รูปที่ 2 รูปผลึกที่พบบ่อยของแร่ไพไรต์

(a) รูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์

(b) รูปไพริโตฮีดรอน

*เป็นชนกลุ่มหนึ่งมีเชื้อสายของกษัตริย์โบราณแห่งประเทศเปรู

ผลึกสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ และรูปผลึกไพริโตฮีดรอน (pyritohedron) ดังแสดงในรูป 2 รูปผลึกทั้ง 2 แบบ จัดอยู่ในระบบสี่เหลี่ยมลูกบาศก์เช่นเดียวกับแร่ทองคำ บางครั้งพบรูปผลึกอ็อกตะฮีดรอน(octahedron) เช่นกัน แต่พบไม่มากนัก

แร่ไพไรต์ถูกออกซิไดซ์ (Oxidized)ได้ง่าย ดังนั้นถ้าทิ้งแราไพไรต์ถูกอากาศไว้นาน ๆ ผิวแร่จะด้าน หมองคล้ำลง ลักษณะเฉพาะของแร่ไพไรต์อีกอย่างหนึ่งคือ ตรงหน้าผลึกแร่ หรือผิวแร่ที่ยังไม่ผุพังจะมีลายเส้นเป็นร่องขนานกันถี่ ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งลายเส้นนี้ไม่พบในแร่ทอง

แร่ไพไรต์จัดเป็นแร่ที่ความแข็งมากที่สุด ในบรรดาแร่ที่มีสีแร่เป็นสีเหลืองทองทั้งหลาย ความแข็งของแร่เมื่อเทียบตามลำดับความแข็งของโมห์ส(Mohs' scale) ประมาณ 6-6.5 ถึงแม้จะมีความแข็งสุด แต่แร่ไพไรต์เป็นแร่ที่คงทนน้อยผุพังและผุสลายง่ายทั้งทางกายภาพและทางเคมี ละลายได้ดีในกรดดินประสิวเข้มข้น เมื่อทำปฏิกิริยากับกรดแล้ว จะได้กลิ่นก๊าซไข่เน่า (H_2S) ระเหยออกมา เนื่องจากแร่ไพไรต์มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย

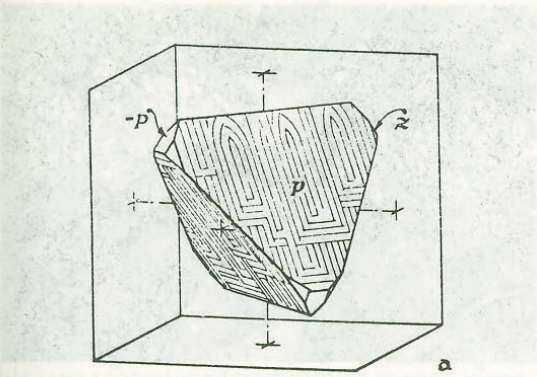
แร่ไพไรต์เป็นแร่ที่ไม่มีคุณค่าเศรษฐกิจมากนัก ถึงแม้จะมีเหล็กเป็นองค์ประกอบ แต่ ไม่นิยม ถลุงเอาเหล็กมาใช้ เพราะถลุงยาก มีปัญหามาก เนื่องจากไพไรต์ถูกออกซิไดซ์ง่าย ส่วนใหญ่นำไปผลิตกรดกำมะถัน ซึ่งเป็นกรดแรกในการนำไปผลิตกรดชนิดอื่น ๆ ใช้ทำสารประกอบซัลเฟต เช่น Ferrous Sulphate ($FeSO_4$)เพื่อนำไปทำสีย้อมหรือทำหมึก ในบางแหล่งของโลก ใช้แร่ไพไรต์เป็นตัวแร่ตามหาแหล่งแร่ชนิดอื่น ๆ ที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจกว่า เช่น แหล่งแร่กลุ่มซัลไฟด์ หรือทองคำ หรือทองแดง เคยพบว่า ในแหล่งแร่ทองคำยุคพรีแคมเบรียน *(Precambrian) พบทองคำเกิดเป็นเม็ดเล็ก ๆ ปะปนกับแร่ไพไรต์ รวมทั้งเกิดในเม็ดแร่ไพไรต์เลย

แร่อีกชนิดหนึ่ง ที่จัดอยู่ในประเภทของทองคนโง่ คือแร่แคลโคไพไรต์ (Chalcopyrite) เป็นสินแร่ทองแดงที่สำคัญชนิดหนึ่งในบรรดาสินแร่ทองแดง เพราะว่ามีปริมาณทองแดงอยู่ถึง 35 % มีสูตรเคมีเป็น $CuFeS_2$ ชื่อแร่มีรากศัพท์มาจากภาษากรีกว่า chalkos แปลว่าทองแดง และเนื่องจากมีไพไรต์เกิดร่วมด้วย จึงเรียกชื่อเป็น Chalcopyrite โดยทั่วไป สีของแร่แคลโคไพไรต์มีสีหมองคล้ำสีออกเขียวเหลือบสีรุ้ง ซึ่งจัดเป็นลักษณะเด่นอย่างหนึ่ง เนื่องจากมีทองแดงปนอยู่ด้วย ทำให้ถูกออกซิไดซ์ได้ง่ายขึ้นง่ายกว่าแร่ไพไรต์ที่มีแต่โลหะเหล็กอย่างเดียว แต่ถ้าพบแร่แคลโคไพไรต์ที่ยังไม่ถูกทำปฏิกิริยาเคมีใด ๆ ยังฝังอยู่ในหิน จะมีสีแร่เหลืองทองอร่ามคล้ายแร่ทองมาก แร่แคลโคไพไรต์มีความแข็งเพียง 3 - 4 เมื่อเทียบตามลำดับความแข็งของโมห์ส (Mohs' scale) ดังนั้น สามารถเอามีดขูดให้เป็นรอยได้ ในขณะที่ไม่สามารถขูดไพไรต์ให้เป็นรอยได้ นอกจากนั้น แร่แคลโคไพไรต์ค่อนข้างเบา มีความถ่วงจำเพาะประมาณ 4.1-4.3 ละลายในกรดดินประสิวแล้วให้ก๊าซไข่เน่าเช่นเดียวกับแร่ไพไรต์ ลักษณะที่แตกต่างอีกประการคือ รูปผลึกของแร่นี้จัดอยู่ในระบบเตตตระโกนอล** (Tetragonal system)มีรูปผลึกเป็นรูปเตตตระฮีดรอน (Tetrahedron) ดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งต่างจากทั้งแร่ทองคำและแร่ไพไรต์ แต่พบยากมาก ส่วนใหญ่พบเป็นก้อนเนื้อแน่น สีเศร้า

---

*ประมาณ 400 ล้านปีมาแล้ว

**ระบบผลึกที่ประกอบด้วยแกนหลัก 3 แกน คือ a_1, a_2 และ c และทุกแกนตั้งฉากซึ่งกันและกัน



รูปที่ 3 รูปผลึกเตตตระฮีดรอนของแร่แคลโคไพไรต์

หมอง เมื่อนำไปขูดกับกระเบื้องสีขาว (Streak plate) จะได้ผงแร่สีดำอมเขียว

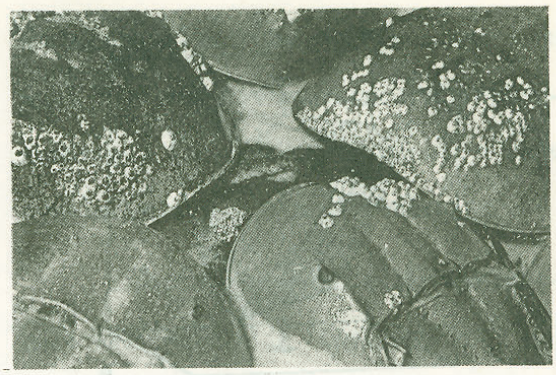
จากบทความที่กล่าวมา พึงให้ระลึกอยู่เสมอว่า สิ่งที่ดู สุกใส มิใช่เป็นทองคำเสมอไป ควรตรวจสอบให้แน่ใจเสียก่อน ด้วยวิธีง่าย ๆ แล้ว ท่านจะทราบว่า สิ่งสุกใสนั้น เป็นทองคำหรือทองคนโง่กันแน่

เอกสารอ้างอิง

Kourimsky, J., Minerals and Rocks : gold, Chalcopyrite and pyrite, Randolph Lucus editor, Octopus Book Limited, London, 1st edtion (1977), page 45 - 47, 67, 69-73.

Cornelies S. Hurlbut, JR., Dana's Manual of Mineralogy, John Wiley & Son, Inc., New York and London, 18th edition (1959), page 224-227, 262-264, 251-253.

กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม, แร่, โรงพิมพ์รุ่งเรืองรัตน์, กรุงเทพฯ, (2517)



สัตว์โบราณที่ยังมีชีวิตอยู่: ตอน แมงดาทะเล

ละออศรี เสนาะเมือง*

เมื่อท่านมีโอกาสไปเที่ยวพักผ่อนตามชายทะเล ที่ขาดเสียมิได้คือต้องไปรับประทานอาหารทะเล ยำไข่แมงดาทะเลก็เป็นอาหารที่ขึ้นชื่ออย่างหนึ่ง บางคนที่บ้านไม่ได้อยู่ใกล้ชายทะเล อาจจะนึกภาพไม่ออกว่าแมงดาทะเลนี้รูปร่างหน้าตาเป็นอย่างไร มันมีลักษณะเหมือนกับแมลงดานาที่พบทั่วไปตามท้องนาหรือไม่ เราจึงนำท่านมารู้จักกับแมงดาทะเลที่เป็นสัตว์ที่อยู่ในไฟลั่มอาร์โทรโปดา (Phylum Arthropoda) เหมือนกันกับแมลงดานา แต่ถ้าจะนับญาติกันแล้ว แมงดาทะเลเป็นพวกที่มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับ พวกแมงป่องและแมงมุม และถ้าพิจารณาถึงลักษณะการดำรงชีวิตและลักษณะภายในบางอย่าง พวกกุ้งปูยังมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับแมงดาทะเลมากกว่าแมลงดานาเสียอีก เป็นที่น่าสนใจว่าแมงดาทะเลนี้จัดเป็นสัตว์โบราณที่ยังมีชีวิตอยู่ (Living Fossil) มันเริ่มกำเนิดขึ้นมาบนพื้นโลกตั้งแต่ยุคไซลูเรียน(Silurian Period) เมื่อประมาณ 425 ล้านปีมาแล้ว แมงดาทะเลเป็นอาร์โทรปอดโบราณกลุ่มเดียวที่สามารถเอาชนะการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้นบนพื้นโลกได้ ในขณะที่พวกไตรโลไบท์ (Trilobites.) และแมงป่องทะเล (Eurypterids) ซึ่งเคยพบเป็นจำนวนมาก (dominant group)ในสมัยดึกดำบรรพ์สูญพันธุ์ไปหมดสิ้น พวกไตรโลไบท์พบมากที่สุดในยุคแคมเบรียน (Cambrian Period) เมื่อ 600 ล้านปีที่ผ่านมา มันเริ่มมีจำนวนลดลงตั้งแต่ยุคออโดวิเชียน (Ordovician period) และสูญพันธุ์ไปในยุคเปอร์เมียน (Permian period) เมื่อ 225 ล้านปีที่แล้ว พวกแมงป่องทะเลเริ่มพบตั้งแต่ยุคออโดวิเชียน มีจำนวนมากในยุคไซลูเรียนและดีโวเนียน (Devonian period) แล้วสูญพันธุ์ไปในยุคเปอร์เมียนเช่นเดียวกับไตรโลไบท์

ลักษณะโดยทั่วไป

ในปี ค.ศ.1557 มีผู้พบสัตว์ทะเลรูปร่างประหลาดชนิดหนึ่งซึ่งไม่เคยพบที่ยุโรปมาก่อน ในบริเวณช่องแคบมะละกาของประเทศอินโดนีเซีย ผู้ที่พบครั้งแรกบรรยายไว้คร่าว ๆ ว่าเป็นสัตว์ที่มีกระดองแข็งคล้ายรูปเกือกม้า ตานูนเล็กน้อยมีหางแหลมยาว อีกครึ่งศตวรรษต่อมา Sir Walter Raleigh ชาวอังกฤษ ได้พบสัตว์ที่มีลักษณะคล้ายกับสัตว์ดังกล่าวมากที่ชายฝั่งทะเลรัฐแคโรไลน่าเหนือ ของ สหรัฐอเมริกา เขาได้ตั้งชื่อสัตว์ชนิดนี้ว่า ปูเกือกม้า (horseshoe crab) ซึ่งเป็นชื่อที่ต่างประเทศใช้เรียกกันมาจนถึงปัจจุบัน มีบางคนเรียกว่าปูกษัตริย์ (King crab) สำหรับคนไทยนิยมเรียกว่า "แมงดาทะเล" นักสัตว-

*อาจารย์ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

วิทยาสมัยก่อนจัดแมงดาทะเลไว้ใน Class Crustacea เหมือนกับพวกปู เนื่องจากว่ามันอาศัยอยู่ในทะเลและหายใจด้วยเหงือก ซึ่งความจริงแล้วแมงดาทะเลมีลักษณะหลายอย่างที่แตกต่างจากปู อาทิเช่น แมงดาทะเลไม่มีหนวด (antennae) ไม่มีระยางค์ปากที่ใช้สำหรับเคี้ยวอาหาร (mandible) นอกจากนี้รูปร่างของตัวอ่อนและส่วนประกอบของกระดองก็แตกต่างจากปูด้วย ดังนั้นในครึ่งหลังของศตวรรษที่ 19 นักสัตววิทยาชาวอังกฤษชื่อ Sir E.Ray Lankester จึงได้แยกแมงดาทะเลออกจากพวกปู แต่นำมาจัดไว้ในกลุ่มเดียวกับแมงป่องและแมงมุม แมงดาทะเลมีลำดับอนุกรมวิธานดังนี้

Phylum Arthropoda

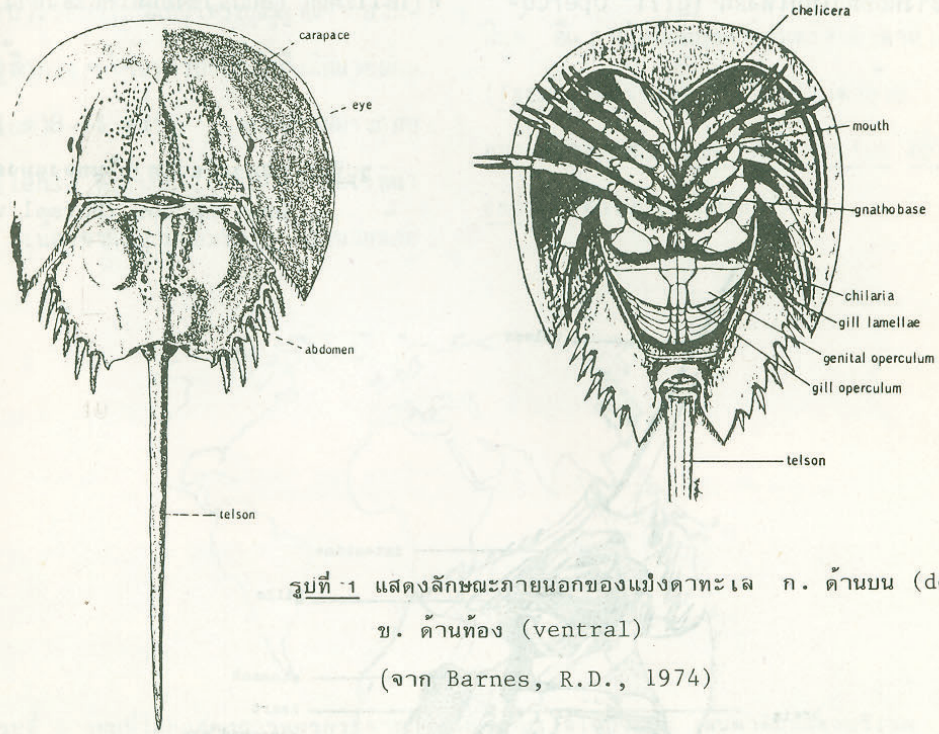
Subphylum Chelicerata

Class Merostomata

Subclass Xiphosura

Order Xiphosurida

ร่างกายของแมงดาทะเลแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ส่วนหัวที่เชื่อมติดกับอก (cephalothorax) และส่วนท้อง (abdomen) ทั้งสองส่วนนี้ถูกปกคลุมด้วยกระดองแข็ง (carapace) สีน้ำตาลเข้มรูปร่างคล้ายเกือกม้า (รูปที่ 1 ก.) กระดองของแมงดาทะเลมีโปรตีนเป็นส่วนประกอบ ซึ่งแตกต่างจากปูจะมีสารจำพวกเกลือของแคลเซี่ยมเป็นส่วนประกอบ



รูปที่ 1 แสดงลักษณะภายนอกของแมงดาทะเล ก. ด้านบน (dorsal) ข. ด้านท้อง (ventral)

(จาก Barnes, R.D., 1974)

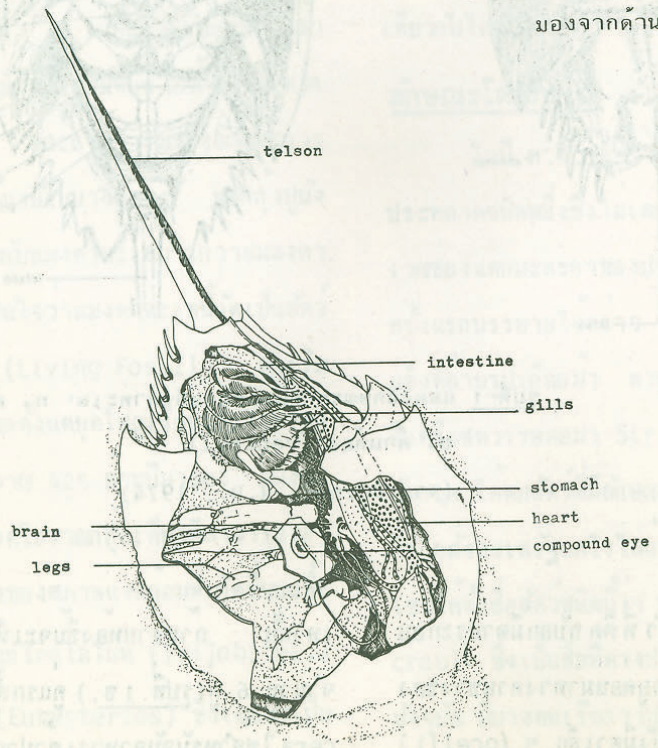
ด้านบนของส่วนหัวที่ติดกับอกมีตาประกอบ (compound eyes) 1 คู่อยู่ค่อนมาทางด้านข้างของลำตัว ตรงกลางกระดองยังมีตาเล็ก ๆ (ocelli) อีก 1 คู่ ตาคู่หลังนี้จะทำงานเฉพาะระยะที่เป็นตัวอ่อนเท่านั้น ถ้าหงายท้องขึ้นจะเห็นระยางค์ของส่วนนี้จำนวน 6 คู่ (รูปที่ 1 ข.) คู่แรกสั้นเรียกว่า chelicera ใช้สำหรับจับอาหารเข้าปาก ระยางค์คู่ที่ 2-6 ทำหน้าที่เป็นขาเดิน ปลายของระยางค์ทุกคู่เป็น

ก้ามหนีบ ยกเว้นคู่ที่ 6 แผ่แบนออกเพื่อใช้สำหรับขุดทรายและพุ้ยน้ำ ขาเดินทั้ง 5 คู่นี้จะอยู่ล้อมรอบปากโดยที่โคนขา (gnathobase) ทุกคู่มีหนามเล็กๆ ใช้สำหรับช่วยฉีกอาหารเข้าปาก ต่อจากขาเดินคู่สุดท้ายมีโครงสร้างที่เรียกว่าชิลาเรีย (Chilaria) ซึ่งหน้าที่ของชิลาเรียยังไม่ทราบแน่ชัด

ส่วนท้องด้านบนไม่แบ่งเป็นปล้อง ขอบของกระดองหยักคล้ายฟันเลื่อย มีหาง (telson) ที่ยาวเรียวแหลมใช้สำหรับปักลงไปในดิน เพื่อช่วยในการพลิกตัวกลับเวลามันถูกทำให้หงายท้อง ถ้าหงายท้องดูจะเห็นระยางค์ส่วนท้อง 6 คู่ คู่แรก(genital operculum) เป็นแผ่นใหญ่ตรงกลางเชื่อมติดกัน ใต้ระยางค์คู่นี้มีรูเปิดของไข่หรืออสุจิ(genital pores) 1 คู่ ระยางค์ถัดมาเป็นเหงือก (gill operculum หรือ gill book) เป็นแผ่นแบน ๆ ใช้สำหรับหายใจจำนวน 5 คู่ เหงือกแต่ละแผ่นแยกเป็นริ้วเล็ก ๆ (gill lamellae)ประมาณ 150 ริ้ว การที่เหงือกมีริ้วมากเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยนก๊าซ

ถ้าเอากระดองของแมงดาทะเลออกจะเห็นอวัยวะภายใน ดังรูปที่ 2 เมื่ออาหารเข้าปากจะผ่านไปที่หลอดอาหาร (esophagus) แล้วถูกส่งไปยังอวัยวะสำหรับบดอาหาร (gizzard) ที่มีกล้ามเนื้อหนาภายในบุด้วยฟันเล็ก ๆ อาหารที่ถูกบดแล้วจะผ่านมาที่กระเพาะอาหาร (stomach) ต่อจากกระเพาะเป็นลำไส้ซึ่งเป็นท่อยาวทอดมาถึงส่วนท้อง กากอาหารถูกพักไว้ที่ท่อตรง (rectum) แล้วออกสู่ภายนอกทางทวารหนัก (anus)ซึ่งอยู่ที่โคนของหาง

รูปที่ 2 แสดงอวัยวะภายในของแมงดาทะเล มองจากด้านบน (Dorsal view)



หัวใจของแมงดาทะเล เป็น ท่อ ยาว ทอดผ่านกลางตัวขนานไปกับลำไส้ เลือดดีจะถูกปั๊มผ่านเส้นเลือด (arteries)จำนวน 7 เส้นไปเลี้ยงร่างกาย เลือดเสียที่ถูกใช้แล้วจะไหลมารวมกันที่แอ่งเลือดที่ใช้แล้ว (sinuses) ซึ่งมี 2 แอ่ง ก่อนที่จะไปฟอกที่เหงือก จากนั้นเลือดดีซึ่งมีฮีโมไซยานิน (hemocyanin) เป็นส่วนประกอบจะไหลเข้าสู่หัวใจ แมงดาทะเลมีต่อมคอกซอล (coxal gland) 4 คู่ ทำหน้าที่ขับถ่ายของเสียที่เป็นของเหลว แล้วนำไปเก็บไว้ที่กระเพาะปัสสาวะก่อนที่จะปล่อยออกสู่ภายนอกทางรูเปิดซึ่งอยู่ที่โคนขาเดินคู่สุดท้าย

ระบบประสาทของแมงดาทะเล ประกอบด้วยสมอง (brain)และเส้นประสาทด้านท้อง(ventral nerve cord)ระบบประสาทนี้ได้รับสัญญาณจากอวัยวะรับความรู้สึกต่าง ๆ ได้แก่ตาประกอบซึ่งมีหน่วยย่อย (ommatidium)8-14 หน่วย แต่ละหน่วยประกอบด้วยเลนส์ (lens) คอร์เนีย (cornea)และเรตินา (retina) เนื่องจากหน่วยย่อยของตามีจำนวนน้อยกว่าตาของอาร์โทรปอดอื่น ๆ จึงทำให้ความสามารถในการมองเห็นของแมงดาทะเลไม่ค่อยดีนัก ตาทั้งสองคู่นี้มีเส้นประสาทเล็ก ๆ เชื่อมติดกับสมอง นอกจากนี้ยังมีเซลล์รับสารเคมีและรับรสอยู่ที่หนามเล็ก ๆ บนขาเดินทุกคู่และที่ขาเดินคู่แรกตามลำดับด้วย

นิเวศน์วิทยาของแมงดาทะเล

แมงดาทะเลเคยเป็นสัตว์ที่พบเป็นจำนวนมากในทะเลสมัยดึกดำบรรพ์ ปัจจุบันพบเพียง 3 สกุล 4 ชนิด การแพร่กระจายของแมงดาทะเลแสดงไว้ในรูปที่ 3 ชนิด Limulus polyphemus พบตามชายฝั่งตะวันออกของสหรัฐอเมริกาและอ่าวเม็กซิโก อีก 3 ชนิด พบตามชายทะเล แถวเอเชีย ชนิด Tachypleus tridentatus พบที่ญี่ปุ่น ไต้หวัน และฟิลิปปินส์ อีก 2 ชนิดคือแมงดาจานหรือแมงดาหางเหลี่ยม (Tachypleus gigas) และแมงดาถ้วย หรือแมงดาหางกลม (Carcinoscorpius rotundicauda) พบในประเทศไทย

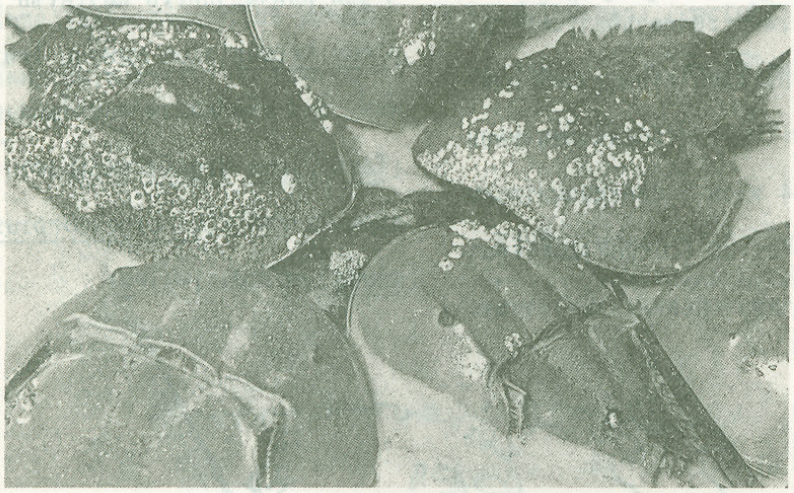
รูปที่ 3 แผนที่โลกแสดงการแพร่กระจายของแมงดาทะเลในปัจจุบัน เส้นดำทึบแสดงบริเวณชายฝั่งทะเลที่พบแมงดาทะเล(จาก Valle, A; 1972)

ขนาดของแมงดาจานตัวแก่โตเต็มที่ประมาณ 1 ฟุต กระดองมีสีน้ำตาลปนเขียวอ่อน หางเป็นรูปเหลี่ยมมีหนามเล็ก ๆ เรียงกันเป็นแถวที่บริเวณเส้นกลางหาง แมงดาถ้วยมีขนาดเล็กกว่าแมงดาจานมีกระดองเป็นสีน้ำตาลปนแดง หางค่อนข้างกลมไม่มีสันและไม่มีหนาม

ปกติแมงดาทะเลอาศัยอยู่ตามพื้นทะเลบริเวณที่น้ำไม่ลึกนัก ในบางกรณีมันสามารถว่ายน้ำโดยหงายท้องขึ้นใช้ขาเดินคู่สุดท้ายกรรเชียงน้ำเป็นจังหวะ ขณะเดียวกันแผ่นเหงือกก็ช่วยพัดโบกน้ำด้วย อาหารที่กินได้แก่หอย หนอนทะเล และสัตว์เล็ก ๆ รวมทั้งสาหร่ายที่อยู่ตามพื้นทะเล

การสืบพันธุ์และการเจริญ

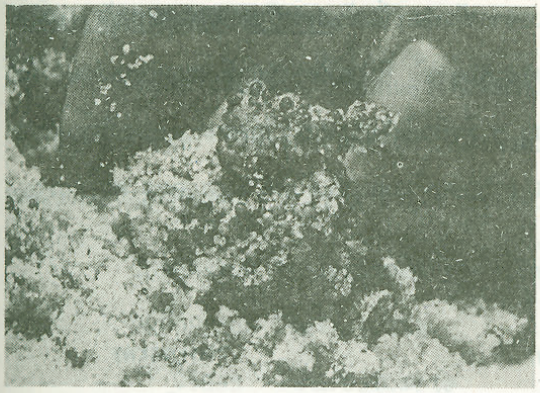
แมงดาทะเลเป็นพวกที่มีเพศแยกกัน (Dioecious) ถ้าสังเกตลักษณะภายนอกของตัวผู้และตัวเมียแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย โดยที่ตัวผู้ที่โตเต็มที่มีขนาดเล็กกว่าตัวเมีย บริเวณด้านล่างของส่วนหัวของตัวผู้จะโค้งเว้า เพื่อประโยชน์ในการวางแนบเกาะติดกับส่วนท้องด้านหลังของตัวเมีย และที่ขาเดินคู่แรกของตัวผู้มีตะขอเล็ก ๆ เพื่อใช้เกาะกับตัวเมียเวลาผสมพันธุ์ ช่วงฤดูผสมพันธุ์ในประเทศไทยตั้งแต่ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมิถุนายนของทุกปี และประมาณฤดูใบไม้ผลิของสหรัฐอเมริกา ในระยะนี้แมงดาทะเลจะอพยพจากพื้นทะเลมาตามชายหาด ตัวผู้จะพยายามหาคู่แล้วเกาะอยู่บนหลังของตัวเมียตลอดเวลา ในบางครั้งอาจพบตัวผู้ 4-5 ตัวรุมล้อมตัวเมียเพียงตัวเดียว (รูปที่ 4)ด้วยเหตุนี้กระมังคนไทยจึงนำคำว่า "แมงดา" มาใช้เรียกเปรียบเปรยถึงผู้ชายประเภทที่ชอบให้ภรรยาเลี้ยงดู ในกรณีของแมงดาทะเลพฤติกรรมแบบนี้เป็นประโยชน์อย่างมาก เนื่องจากไข่ของแมงดาทะเลถูกปฏิสนธิแบบภายนอก (External Fertilization) เมื่อตัวเมียวางไข่ตามชายหาดตัวผู้ที่เกาะอยู่บนหลังของตัวเมียจะรีบปล่อยเชื้ออสุจิเข้าไปผสมทันที จึงทำให้ไข่มีโอกาสถูกผสมได้มาก



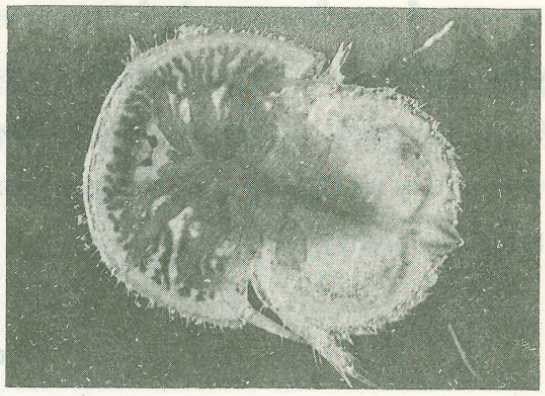
รูปที่ 4 ตัวเมียกำลังวางไข่บนชายหาด และถูกรุมล้อมด้วยตัวผู้ 5 ตัว

(จาก Rudloe,A.and J. Rudloe, 1981)

เมื่อตัวเมียเลือกบริเวณที่วางไข่ได้แล้ว มักเป็นวันที่น้ำขึ้นสูง มันจะฝังตัวลงไปในทรายแล้ววางไข่เป็นหลุมประมาณ 10-15 หลุม แต่ละหลุมมีไข่ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2-3 มิลลิเมตร ประมาณ 200-1,000 ฟอง เมื่อวางไข่เสร็จเรียบร้อยแล้วตัวผู้และตัวเมียจะแยกออกจากกันแล้วคลานกลับสู่พื้นทะเล ไข่ที่ถูกฝังอยู่ในทราย (รูปที่ 5) จะอาศัยความร้อน



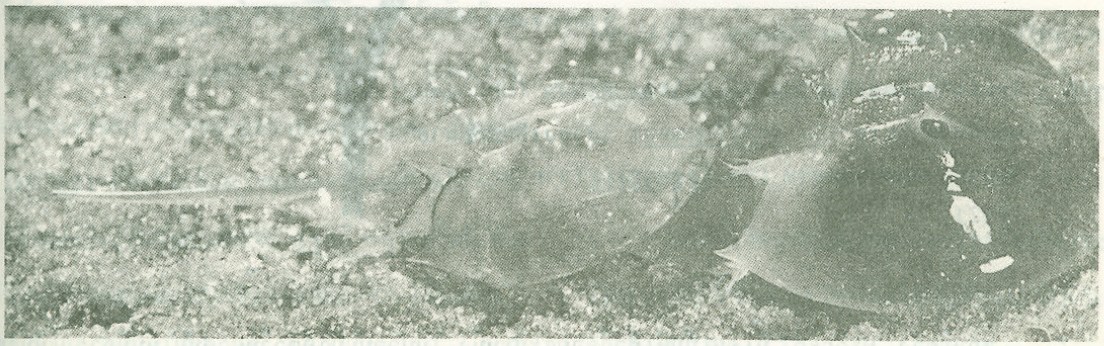
รูปที่ 5 ไข่ของแมงดาทะเลที่ฝังอยู่ในทราย ตามชายหาด (จาก Rudloe, A. and J. Rudloe, 1981)



รูปที่ 6 ตัวอ่อนของแมงดาทะเล(trilobite larva) (จาก Rudloe,A. and J. Rudloe, 1981)

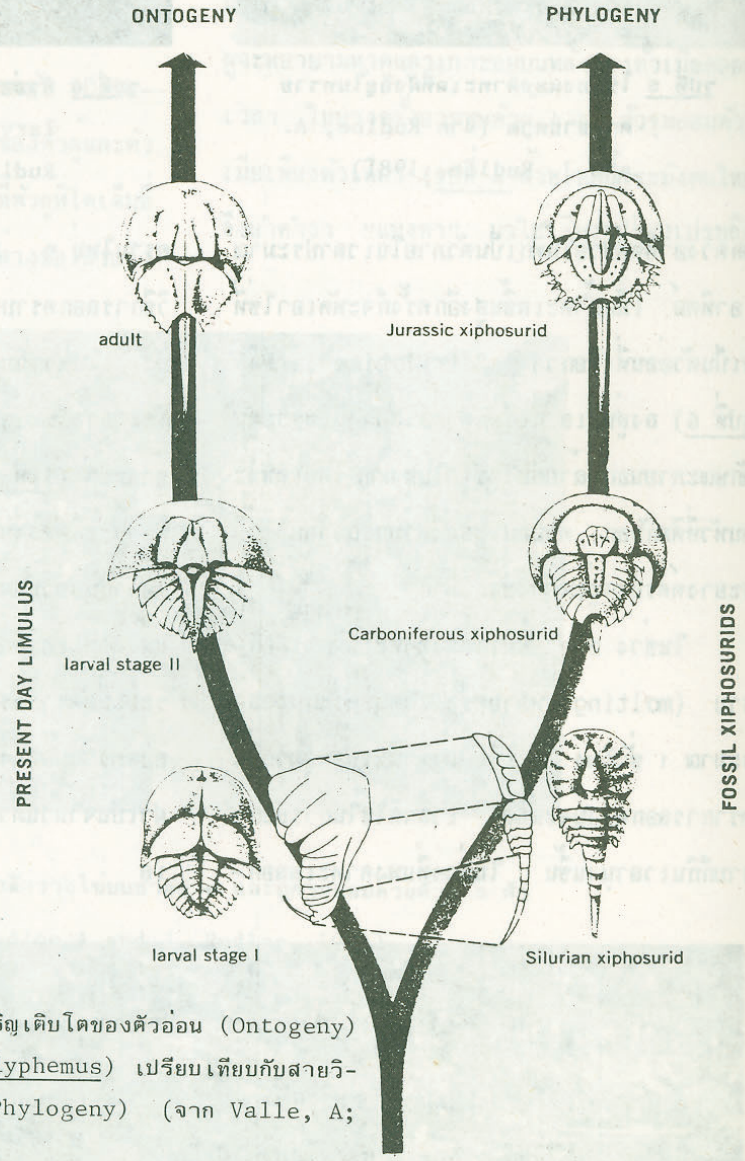
จากดวงอาทิตย์ช่วยให้ฟักเป็นตัวภายในเวลาประมาณ 2 อาทิตย์ เมื่อน้ำทะเลขึ้นสูงอีกครั้งก็จะพัดเอาไข่ที่ฟักเป็นตัวอ่อนที่เรียกว่า " trilobite larva" (รูปที่ 6) ลงสู่ทะเล ที่เรียกตัวอ่อนอย่างนี้เพราะมันมีลักษณะภายนอกคล้ายกับไตรโลไบท์มาก โดยเฉพาะส่วนหัวที่ติดกับอก ตัวอ่อนระยะนี้สามารถว่ายน้ำได้ดี มีระยางค์ครบทุกคู่แต่หางยังสั้นมาก

ในช่วง 2-3 ปีแรกแมงดาทะเลมีการลอกคราบ (molting) หลายครั้ง แต่ละครั้งกินเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง เมื่อแมงดาทะเลอายุมากขึ้นอัตราการลอกคราบจะลดลง เวลาที่ใช้ในการลอกคราบก็กินเวลานานขึ้น ในช่วงที่แมงดาทะเลลอกคราบใหม่ ๆ มันจะอ่อนแอทำให้ศัตรูทำร้ายได้ง่าย วิธีการลอกคราบของแมงดาทะเลแตกต่างจากพวกกุ้งปู ในพวกแมงดาทะเลจะเกิดรอยแยกบริเวณขอบกระดองด้านหน้า ตัวมันจะคลานออกจากกระดองไปข้างหน้า (รูปที่ 7) แต่ในพวกกุ้งปูรอยแยกของกระดองจะเกิดตรงบริเวณรอยต่อของส่วนหัวและส่วนท้อง ต่อจากนั้นตัวมันจะถอยหลังออกจากกระดอง เมื่อแมงดาทะเลมีอายุ 9-12 ปี ก็สามารถผสมพันธุ์ได้ ระยะนี้อัตราการเจริญเติบโตเริ่มลดลงพร้อมทั้งมีการลอกคราบน้อยลง ทำให้มักพบเพรียงหินและหอยสองฝาเป็นจำนวนมากเกาะอยู่บนกระดองของแมงดาทะเล



รูปที่ 7 แสดงวิธีการลอกคราบของแมงดาทะเล โดยจะเกิดรอยแยกบริเวณขอบกระดองด้านหน้า ตัวมันจะคลานออกจากกระดองไปข้างหน้า (จาก Rudloe, A. and J. Rudloe, 1981)

ถึงแม้ว่าขั้นตอนการเจริญเติบโตของแมงดาทะเลจากตัวอ่อนเป็นตัวแก่จะกินเวลาไม่นานนัก แต่ได้แสดงถึงขั้นตอนการเกิดวิวัฒนาการของสัตว์ใน Class Merostomata นักสัตววิทยาที่เสนอความคิดนี้ คือ Ernst H. Haeckel ชาวเยอรมัน เขาเชื่อว่าขั้นตอนต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างวิวัฒนาการของสัตว์ จะถูกจดจำเอาไว้แล้วมาแสดงออกให้เห็นได้โดยดูจากขั้นตอนการเจริญของตัวอ่อนเป็นตัวแก่(Ontogeny recapitulates Phylogeny) ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ไดอะแกรมแสดงถึงการเจริญเติบโตของตัวอ่อน (Ontogeny) ของแมงดาทะเล (L. polyphemus) เปรียบเทียบกับสายวิวัฒนาการของบรรพบุรุษ (Phylogeny) (จาก Valle, A; 1972)

ทฤษฎีของ Haeckel นี้เคยเป็นที่เชื่อถืออยู่ระยะหนึ่ง ในปัจจุบันนักสัตววิทยาสมัยใหม่มีความเห็นว่าทฤษฎีนี้ไม่ได้เป็นกฎที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ (Natural law) แต่เป็นเพียงการสังเกตเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น (Observation) เท่านั้น

วิวัฒนาการของแมงดาทะเล

ทะเลในสมัย 600 ล้านปีที่แล้วเคยมีอาร์โทรปอด 3 กลุ่มที่พบแพร่หลายคือ ไตรโลไบท์ แมงดาทะเล และแมงป่องทะเล ในปัจจุบันเหลือเฉพาะแมงดาทะเลที่ยังไม่สูญพันธุ์ อย่างไรก็ตามจำนวนชนิดของแมงดาทะเลได้ลดลงจากเดิมมาก เราสามารถจำแนกสัตว์ทั้งสามกลุ่มนี้ออกเป็นกลุ่มย่อยได้ดังนี้

Subphylum Trilobitomorpha ได้แก่ ไตรโลไบท์ (รูปที่ 9 ก)

Subphylum Chelicerata

Class Merostomata

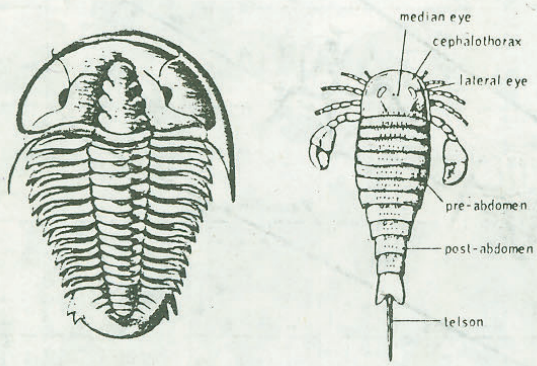
Subclass Xiphosura ได้แก่แมงดาทะเล

Subclass Errypteridae ได้แก่แมงป่องทะเล (รูปที่ 9 ข)

Class Arachnida

Order Scorpiones ได้แก่แมงป่อง

Order Araneae ได้แก่แมงมุม

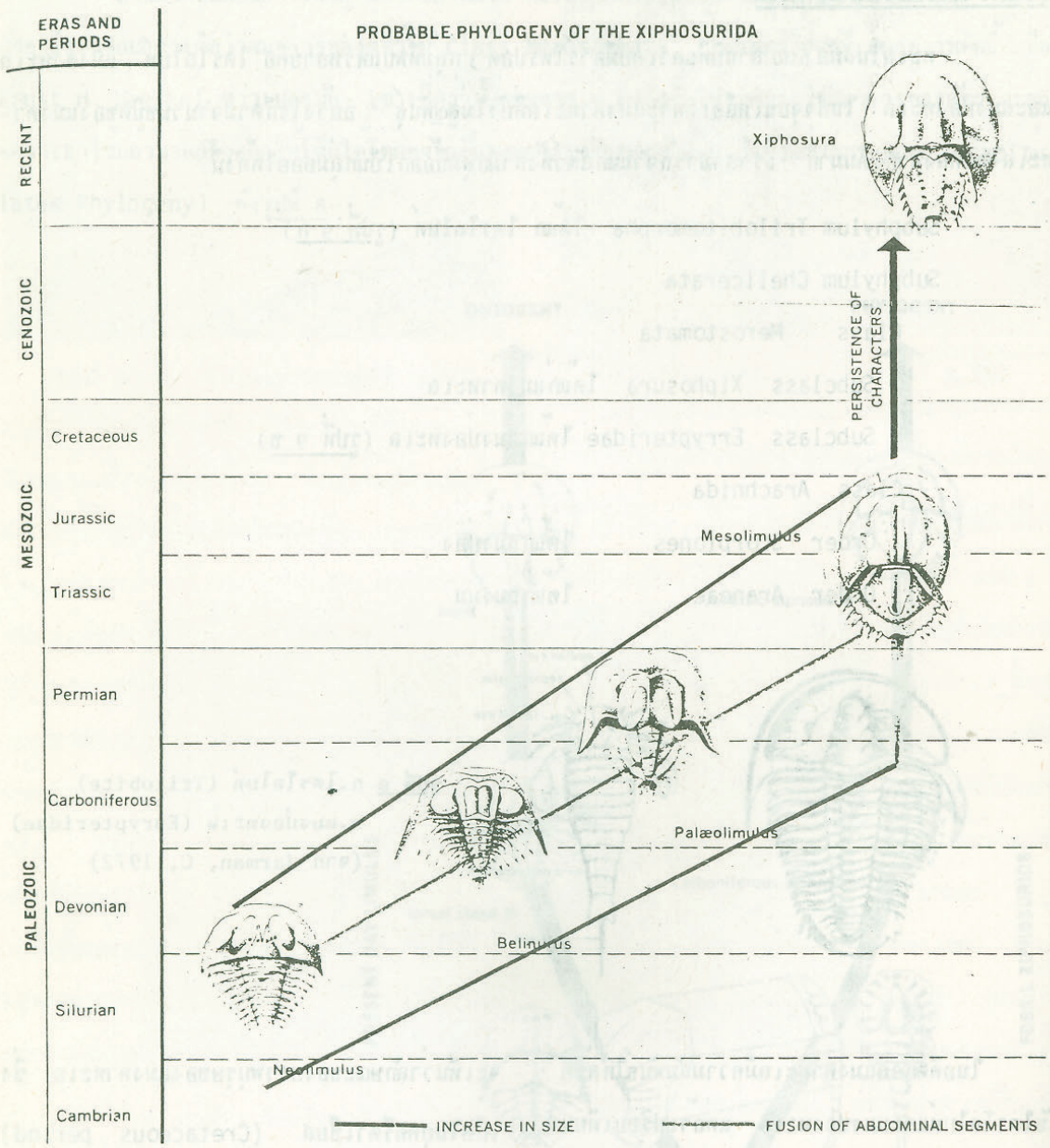


รูปที่ 9 ก.ไตรโลไบท์ (Trilobite)
ข.แมงป่องทะเล (Eurypteridae)
(จาก Jarman, C, 1972)

ในอดีตกาลแมงดาทะเลมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับไตรโลไบท์และแมงป่องทะเล แต่ถ้าเปรียบเทียบกับสัตว์ในปัจจุบันพบว่าแมงดาทะเลมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับแมงป่องและแมงมุมมากกว่าพวกอื่น จากทรากดึกดำบรรพ์พบว่าบรรพบุรุษของแมงดาทะเล (Neolimulus) มีขนาดเล็กกว่าแมงดาทะเลปัจจุบัน มีส่วนท้องแบ่งเป็นปล้องชัดเจน (รูปที่ 10) ช่วงที่เกิดวิวัฒนาการปล้องของส่วนท้องจะค่อย ๆ เชื่อมติดกันเป็นปล้องเดียว ซึ่งร่องรอยของระยางค์ส่วนท้องที่เหลือให้เห็นในปัจจุบันคือซิลาเรีย นอกจากนี้ยังเห็นรอยแบ่งของส่วนหัวกับส่วนท้องได้ชัดเจนจากรูปที่ 10 จะเห็นว่าลักษณะของบรรพบุรุษของแมงดาทะเล ซึ่งเกิดในยุคครีตาเชียส (Cretaceous period) เมื่อ 135 ล้านปีที่ผ่านมากับแมงดาทะเลในปัจจุบันแทบจะไม่แตกต่างกันเลย

บทสรุป

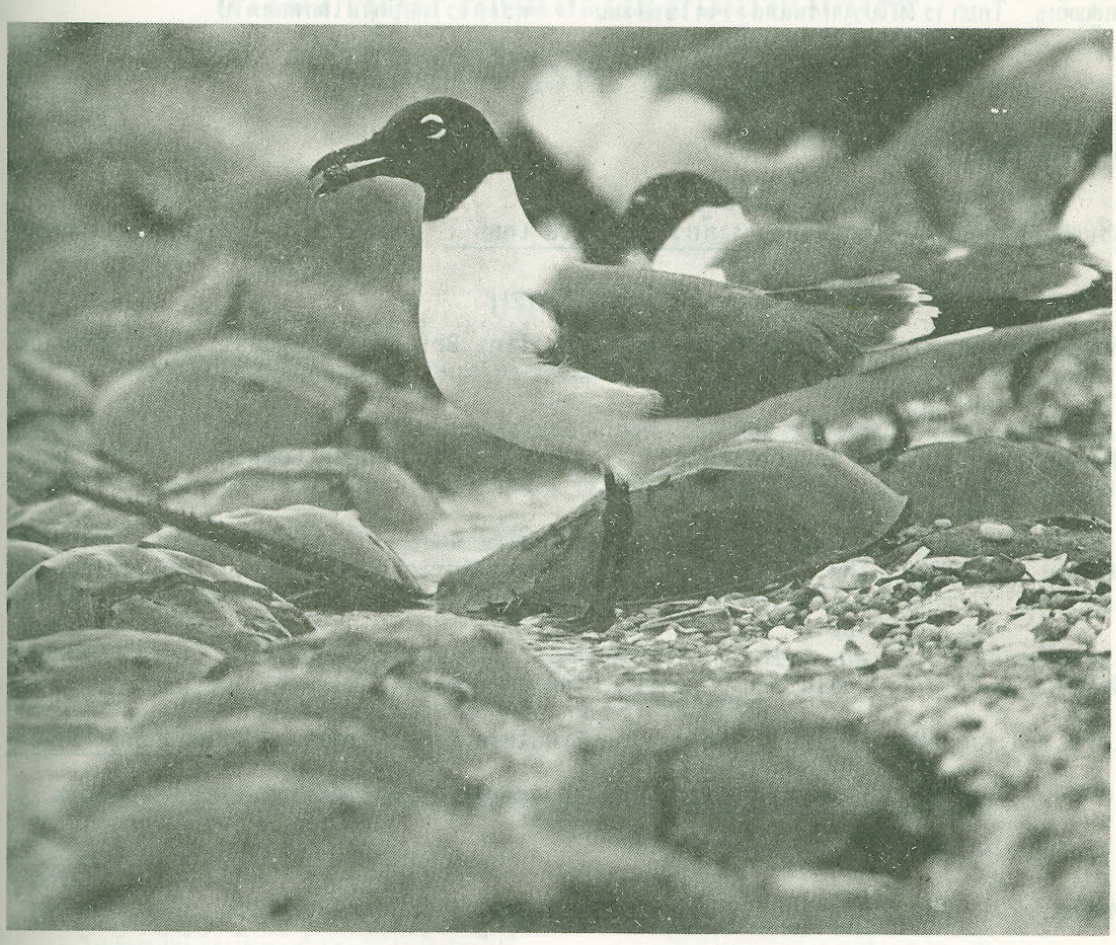
นักสัตววิทยาสันนิษฐานว่าสาเหตุที่แมงดาทะเลสามารถมีชีวิตอยู่ได้โดยไม่สูญพันธุ์ไปจากโลกเพราะมันมีลักษณะพิเศษหลายอย่างอาทิเช่น มีกระดองแข็งห่อหุ้มร่างกายเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำและศัตรูที่จะทำร้าย มีหางแหลมไว้ทำร้ายศัตรู



รูปที่ 10 แสดงวิวัฒนาการของแมงดาทะเล จะเห็นว่าส่วนท้องบรรพบุรุษของแมงดาทะเลแบ่งเป็นปล้องชัดเจน และมีขนาดเล็กกว่าแมงดาทะเลในปัจจุบัน (จาก Valle, A; 1972)

ความจริงแล้วศัตรูตามธรรมชาติของแมงดาทะเลมีเพียงเต่าทะเลเท่านั้นที่ทำร้ายตัวแก่ของมัน นกนางนวลก็ชอบกินไข่ของแมงดาทะเลเช่นกัน (รูปที่ 11) นับว่าแมงดาทะเลเป็นสัตว์ที่โชคดีมาก โดยที่มนุษย์ไม่นิยมรับประทานเนื้อของมัน เนื่องจากรสชาดไม่ค่อยดี จะนิยมรับประทานเฉพาะไข่ของมันเท่านั้น ถ้ารับประทานไข่ของแมงดาถ้วยบางตัวที่เรียกว่า "แมงดาไฟหรือเหรา" เข้าไปจะทำให้เป็นพิษถึงตายได้ ซึ่งสาเหตุของการเกิดพิษในแมงดาถ้วยบางตัวนี้ยังไม่ทราบแน่ชัด การที่ตัวผู้เกาะอยู่บนหลังของตัวเมียตลอดเวลาในฤดูผสมพันธุ์นับเป็นข้อได้เปรียบประการหนึ่ง เพราะเมื่อตัวเมียวางไข่ลงในทรายตัวผู้ก็รีบ

ปล่อยเชื้ออสุจิลงไปผสมทันที ทำให้ไข่มีโอกาสถูกผสมได้มาก นอกจากลักษณะพิเศษดังกล่าว แมงดาทะเลยังได้เปรียบในเรื่องการกินอาหาร โดยมันจะกินอาหารไม่เลือกว่าเป็นพืชหรือสัตว์ ทำให้มันไม่สูญพันธ์ไปจากโลก แม้ว่าจะต้องประสบกับภาวะการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนพื้นโลกก็ตาม



รูปที่ 11 นกนางนวลกำลังกินไข่ของแมงดาทะเลบริเวณชายฝั่งทะเล

(จาก Rudloe, A. and J. Rudloe, 1981)

นอกจากแมงดาทะเลจะมีคุณค่าในการศึกษาถึงวิวัฒนาการของสิ่งที่มีชีวิตและการศึกษาเกี่ยวกับซากดึกดำบรรพ์(Paleontology) แล้ว ในประเทศสหรัฐอเมริกายังได้นำแมงดาทะเลมาบดให้ละเอียดเพื่อใช้ทำปุ๋ยและอาหารสัตว์ ในสมัยโบราณชาวอินเดียแดงนิยมใช้หางของแมงดาทะเลมาทำเป็นหอกสำหรับจับปลา ยิ่งไปกว่านั้นแมงดาทะเลยังมีคุณค่ามากในการศึกษาเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์การแพทย์ ในปี 1964 นักวิจัยของ Johns Hopkins University Medical School พบว่า เลือดของแมงดาทะเลจะแข็งตัวเมื่อสัมผัสกับสารพิษที่ปล่อยออกมาจากแบคทีเรียบางชนิด (endotoxin) ดังนั้นจึงได้มีการสะกัดเอาเลือดของแมงดาทะเลไปใช้ตรวจสอบหาสารพิษที่เกิดจากแบคทีเรีย แล้วนำผลนี้ไปประยุกต์ใช้กับคน

จากหลักฐานซากดึกดำบรรพ์พบว่าแมงดาทะเล

ในสมัยโบราณมีจำนวนชนิดมากกว่าปัจจุบัน จะเห็นได้จากปัจจุบันเหลือแมงดาทะเลในโลกแค่ 4 ชนิด ดังนั้นเราควรจะช่วยกันอนุรักษ์แมงดาทะเลเอาไว้ไม่ให้สูญพันธุ์ โดยการไม่ไปรบกวนแหล่งวางไข่ของมัน พยายามป้องกันไม่ให้เกิดน้ำเสียบริเวณชายหาด ไม่จับแมงดาทะเลเพื่อนำไข่มาบริโภคในจำนวนที่มากจนเกินไป เพื่อเป็นการสงวนรักษาสายพันธุ์ของแมงดาทะเลไว้ให้อยู่คู่กับโลกตลอดไป

บรรณานุกรม

สุรินทร์ มัจฉาชีพ 2520 เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับสัตว์ทะเล เล่มที่ 1 พิมพ์ครั้งที่ 6 สตรีเนติศึกษา กรุงเทพมหานคร 208 หน้า

Attenborough, D., 1979. Life on Earth. Collins British Broadcasting Corporation, 319 pp.

Barnes, R.D., 1974 Invertebrate Zoology. 3rd ed. Toppan Company Ltd; Tokyo, 870 pp.

Hotton, N., 1968. The Evidence of Evolution. American Heritage. Publishing Co, Inc., 160 pp.

Jarman, C., 1972. Evolution of Life. Bantam Books, New York, 159 pp.

Lorus, J. and M.J. Milne., 1964, "The Creature Time Forgot," Marvels and Mysteries of Our Animal World. The Reader's Digest Association, New York, p. 80-81

Moore, R. 1970. Evolution. Time - Life Books, New York. 128 pp.

Rudloe,A. and J. Rudloe., 1981. "The Changeless Horseshoe Crab",National Geographic. 159 (4) : 562-572

Suvetti, C. 1967. Fauna of Thailand : Applied Scientific Research Corporation of Thailand, Bangkok, 1100 pp.

Valle, A.k 1972. "Horseshoe Crab and Fossils Merostomata", The Illustrated Encyclopedia of The Animal Kingdom. ed. Herbert Kondo, Grolier Enterprises, Inc., New York, 12:50-68.

วารสารวิทยาศาสตร์ มข. ปีที่ ๑๑ ฉบับที่ ๑ ม.ค. - มี.ค. ๒๕๒๖

การสร้างโบร์ไมด์และไอโอไดด์ซิเลคทีฟ CARBON-PASTE อิเลคโตรด

สุรศักดิ์ สุจริตวณิชพงศ์*

บทคัดย่อ

ในรายงานวิจัยฉบับนี้เป็นการสร้างโบร์ไมด์และไอโอไดด์ซิเลคทีฟ carbon-paste อิเลคโตรด โดยมีตัวอิเลคโตรดทำด้วยท่อ PVC ตัน นำมากลึงให้มีขนาดเหมาะสม และมีเมมเบรนทำด้วยส่วนผสมของซิลเวอร์ซัลไฟด์ ซิลเวอร์โบรไมด์ หรือซิลเวอร์ไอโอไดด์ กับผงกราไฟต์ และพาราฟิน แวกซ์ ในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ กัน พบว่าอัตราส่วนผสมที่ 10 % ซิลเวอร์โบรไมด์ หรือ ซิลเวอร์ไอโอไดด์ ซิลเวอร์ซัลไฟด์ ผงกราไฟต์ และ พาราฟิน แวกซ์ ให้ผลการทดลองดีที่สุด โดยมี sensitivity reproducibility และความเข้มข้นที่ต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ อยู่ในช่วงที่เหมาะสม จากการนำเอาโบร์ไมด์และไอโอไดด์ซิเลคทีฟcarbon-paste อิเลคโตรด นี้ไปทดลองใช้งาน พบว่าสามารถนำไปใช้งานได้ดี

การสร้างโบร์ไมด์และไอโอไดด์ซิเลคทีฟ CARBON-PASTE อิเลคโตรด

1. บทนำ

ในปัจจุบันนี้ได้มีการนำเอาอิออนซิเลคทีฟอิเลคโตรดมาใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณสารต่าง ๆ กันอย่างกว้างขวาง ทั้งในสถาบันการศึกษา และในทางการควบคุมขบวนการผลิต การกำจัดน้ำเสียของอุตสาหกรรมต่าง ๆ จึงทำให้มีการพัฒนาอิออนซิเลคทีฟอิเลคโตรดที่มีคุณภาพดี เหมาะสมกับการใช้งาน และมีราคาไม่แพงจนเกินไปนักมาใช้กันมากขึ้น โดยเฉพาะพวกอิเลคโตรดที่ใช้ในการวัดพวก pH เฮไลด์ ไนเตรท และแคลเซียมอิออน เป็นต้น[1-5]

อิออนซิเลคทีฟอิเลคโตรดเริ่มเข้ามามีบทบาทต่อการวิเคราะห์นานแล้ว โดยในระยะแรก ๆ Frant และ Rose[6] ได้ผลิตอิเลคโตรดชนิดที่มีเมมเบรนเป็น solid state crystal ต่อมาได้เปลี่ยนมาใช้เมมเบรนที่ทำเป็นแบบ homogeneous และ heterogeneous ซึ่งมีตัวแลกเปลี่ยนอิออน (sensing elements) ผสมกับตัวยึด(inert binder) พวก PVC silicon rubber หรือ โพลีเอธิลลีน เป็นต้น[7-8] ซึ่งทำให้การวิเคาะห์และการใช้งานดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการพัฒนาอิเลคโตรดที่มีคุณภาพดี เพื่อนำมาใช้งานมิได้หยุดยั้งเพียงแค่นั้น ในปัจจุ-

*ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาเคมี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี

บันนี้ได้มีการพัฒนาอิเลคโตรดแบบหนึ่งขึ้นมาใช้งานกัน ซึ่งให้ได้ผลดี ได้แก่การเอาสารตัวแลกเปลี่ยนอิออน ผสมกับผงกราไฟต์ และพาราฟิน แวกซ์ ในอัตราส่วนต่าง ๆ กันมาใช้ทำเป็นเมมเบรน ซึ่งจะเรียกอิเลคโตรดแบบนี้ว่า carbon-paste อิเลคโตรด[9-10]

2. เครื่องมือ วัสดุและสารเคมี

- น้ำกลั่นที่กำจัดอิออนแล้ว มีค่าการนำไฟฟ้า 0.86 µS ที่ 25 °C มี pH เท่ากับ 6.75
- สารละลายมาตรฐานซิลเวอร์ไนเตรท0.1 โมลาร์
- สารละลายโซเดียมโบร์ไมด์ และ โปแตสเซียมไอโอไดด์ 0.05 โมลาร์ และไตเตรทหาปริมาณที่แน่นอนกับ สารละลายมาตรฐานซิลเวอร์ไนเตรท
- สารละลายโซเดียมซัลไฟด์ 0.05 โมลาร์
- ผงกราไฟต์ (graphite powder)
- พาราฟิน แวกซ์ (paraffin wax)
- ท่อตัน PVC Ø ประมาณ 1.5 เซ็นติเมตร
- สายไฟฟ้า (Shielded cable)
- ลวดพลาตินั่ม (Platimum wire)
- Ion Analyzer Model 701A, Orion Research Inc., Let., U.S.A.
- Reference Electrode Model 90-02, Orion Research Inc., Ltd., U.S.A.
- Lauda Small Refrigerated Thermostats, Type k2R Electronic, Western Germany.

3. การทดลอง

3.1 การเตรียม electroactive precipitates ของ ซิลเวอร์โบร์ไมด์ หรือ ซิลเวอร์ไอโอไดด์ กับ ซิลเวอร์ซัลไฟด์ อัตราส่วน 1 ต่อ 1

การเตรียม electroactive precipitates ของซิลเวอร์โบร์ไมด์ หรือ ซิลเวอร์ไอโอไดด์ กับซิลเวอร์ซัลไฟด์ อัตราส่วน 1 ต่อ 1 ทำได้โดยการผสมซิลเวอร์ในเตรท 0.1 โมลาร์ กับโซเดียมโบร์ไมด์ หรือโปแตสเซียมไอโอไดด์ 0.05 โมลาร์ และโซเดียมซัลไฟด์ 0.05 โมลาร์ เข้าด้วยกันจะได้ electroactive precipitates เกิดขึ้น นำ electroactive precipitates ที่ได้ล้างด้วยน้ำกลั่น กรอง แล้วทิ้งไว้ให้แห้งที่ 105 °C 1 คืน (ตะกอนซิลเวอร์ทุกชนิดที่ได้ต้องเก็บไว้ในที่มืด)

3.2 การเตรียมอิออนซิเลคทีฟ carbon pastes

การเตรียมอิออนซิเลคทีฟ carbon pastes แบ่งการเตรียมออกเป็นสองส่วน

ส่วนที่หนึ่ง เป็นการเตรียม carbon pastes ที่บริสุทธิ์ ทำได้โดยการผสมผงกราไฟต์กับพาราฟิน แวกซ์ ในอัตราส่วน 3 ต่อ 1 โดยน้ำหนัก แล้วทำเป็นเนื้อเดียวกัน

ส่วนที่สอง เป็นการเตรียมอิออนซิเลคทีฟ pastes ทำได้โดยการผสม electroactive precipitates และ carbon pastes ที่เตรียมได้เข้าด้วยกัน ในอัตราส่วน 1,10,20 และ 30 เปอร์เซ็นต์

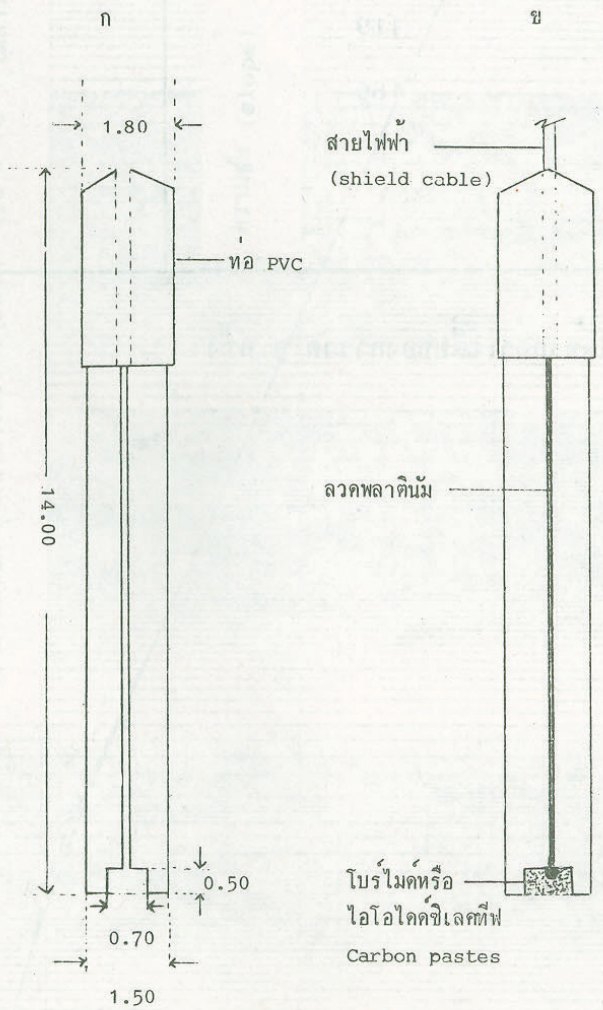
3.3 การออกแบบและการสร้างอิออนซิเลคทีฟ carbon pastes อิเลคโตรด

การสร้างอิออนซิเลคทีฟ carbon pastes อิเลคโตรด ทำได้โดยนำท่อตัน PVC Ø ประมาณ 1.5 เซนติเมตร มากลึงให้ได้ขนาดและลักษณะดังแสดงในรูปที่ 1 ก. จากนั้นนำลวดพลาตินัมซึ่งทำ

หน้าที่ให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้ และอิออนซิเลคทีฟ carbon pastes ประมาณ 0.5 ถึง 5 กรัม มาอัดประกอบเข้ากับท่อ PVC ที่กลึงเรียบร้อยแล้ว ทำผิวหน้าของอิออนซิเลคทีฟ carbon pastes กับแผ่นพลาสติก หรือวัสดุอื่น ๆ ที่เรียบ จะได้อิออนซิเลคทีฟ carbon pastes อิเลคโตรดที่พร้อมจะใช้งานดังแสดงในรูปที่ 1 ข.

4. ผลการทดลอง

จากการนำโบร์ไมด์ และ ไอโอไดด์ซิเลคทีฟ carbon pastes อิเลคโตรดที่สร้างขึ้นมาศึกษาคุณสมบัติการใช้งานต่าง ๆ ที่ $25.0 \pm 0.5\ ^{0}C$ ปรากฏผลดังแสดงในตารางที่ 1 ถึง 2 รูปที่ 2 ถึง 3 และเมื่อนำ 10 % ซิลเวอร์ไอโอไดด์- ซิลเวอร์ซัลไฟด์ carbon-พาราฟีน แวกซ์ อิเลคโตรด ไปลองวิเคราะห์หาปริมาณสารละลายมาตรฐานของคลอไรด์, โบร์ไมด์และไอโอไดด์ พบว่าให้ผลเป็นที่น่าพอใจดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 1 แสดงลักษณะและขนาดของโบร์ไมด์และไอโอไดด์ซิเลคทีฟอิเลคโตรด

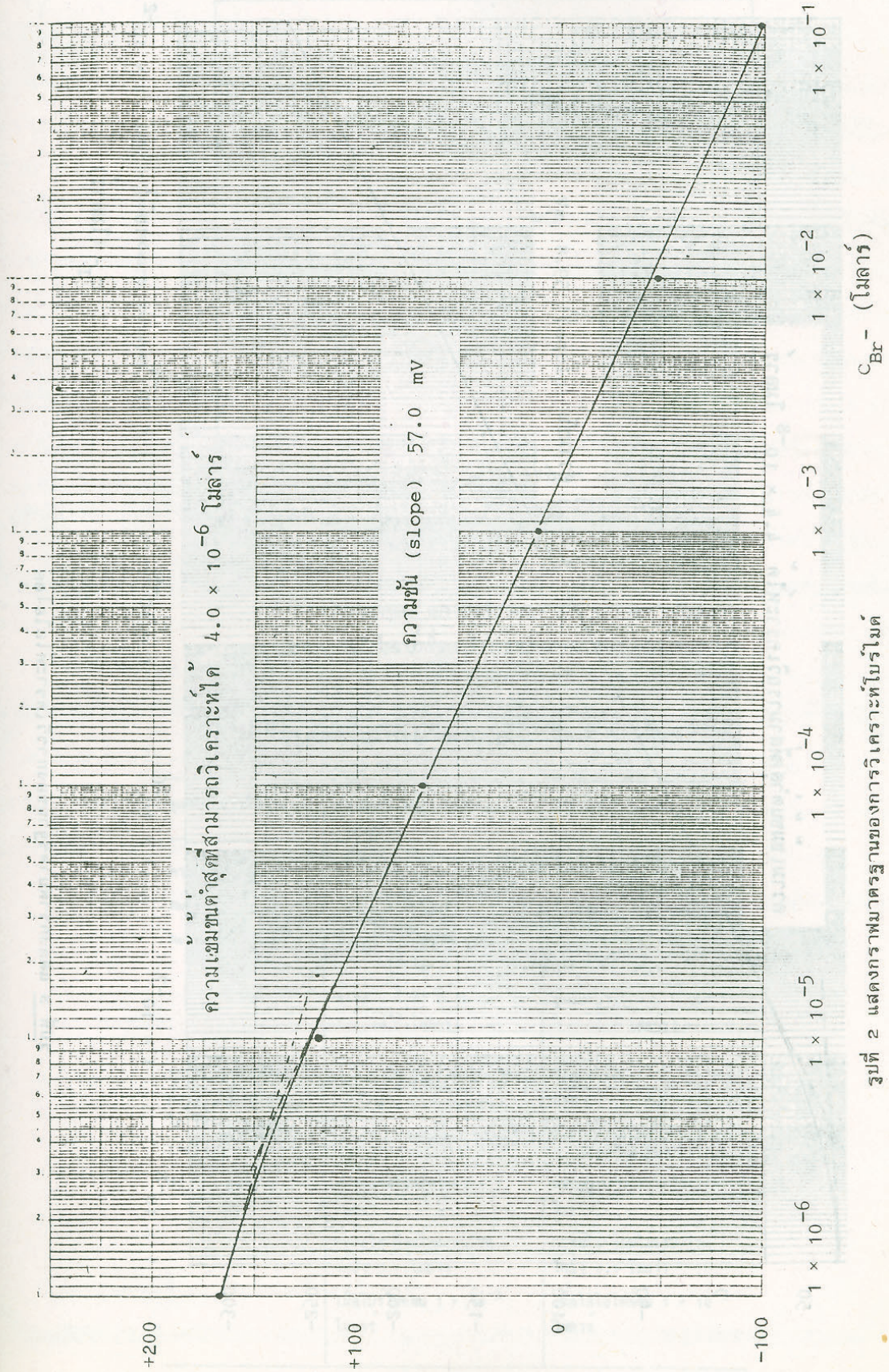
ก. ลักษณะของท่อ PVC ที่กลึงเรียบร้อยแล้ว (ทุกส่วนมีหน่วยเป็นเซนติเมตร)

ข. ลักษณะของอิเลคโตรดที่ประกอบเรียบร้อยแล้ว

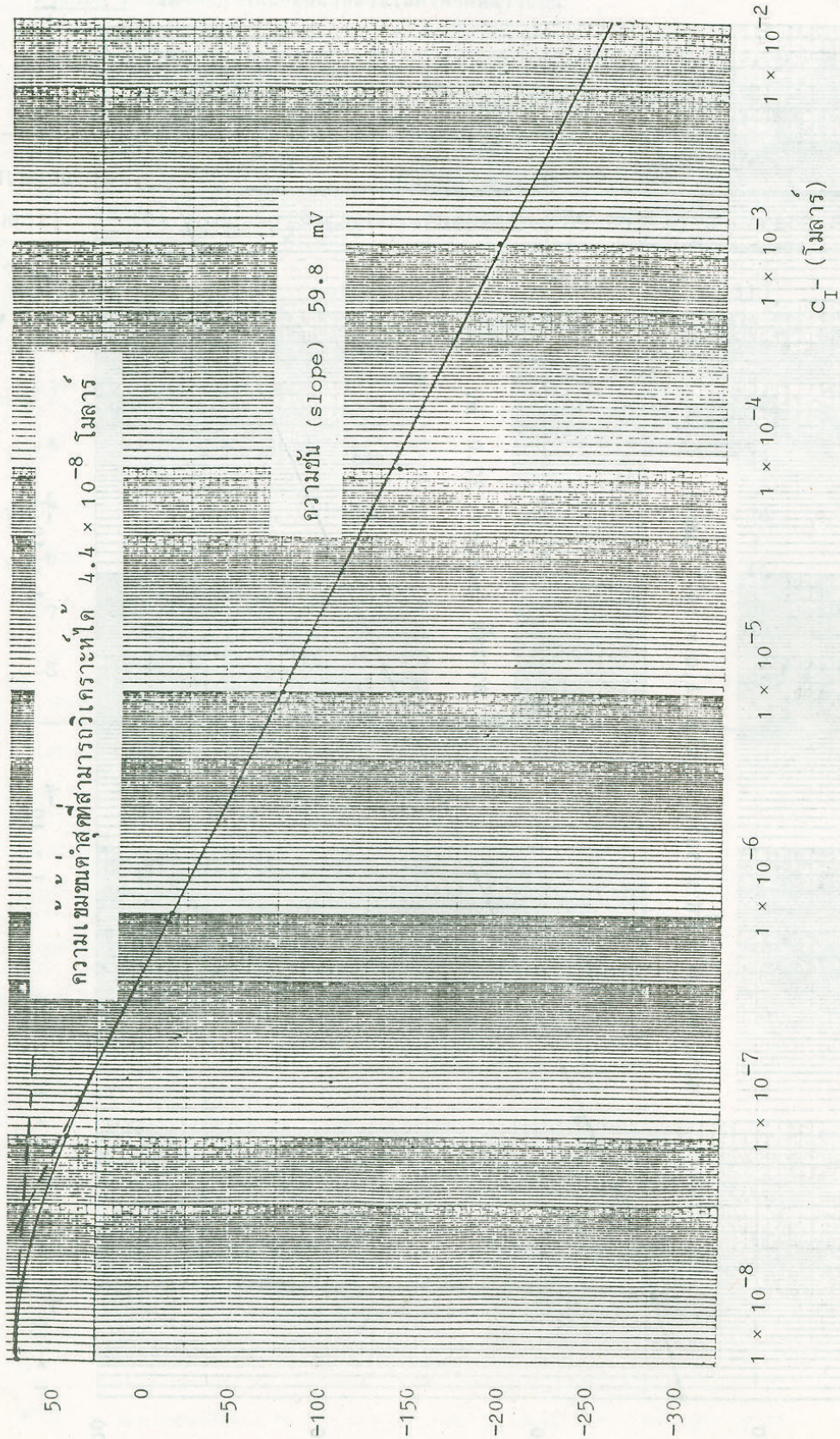
ตารางที่ 1 แสดงค่าการตอบสนองของอิเลคโตรดที่สร้างขึ้น

ความเข้มข้น (โมลาร์)	ความต่างศักย์สัมพัทธ์ (มิลลิโวลท์)*	
	10% $AgBr-Ag_2S$-Carbon-Paraffin	10% $AgI-Ag_2S$-Carbon-Paraffin
1×10^{-1}	-101	-317
1×10^{-2}	-48	-262
1×10^{-3}	10	-197
1×10^{-4}	68	-141
1×10^{-5}	119	-76
1×10^{-6}	166	-16
1×10^{-7}	-	42
1×10^{-8}	-	69

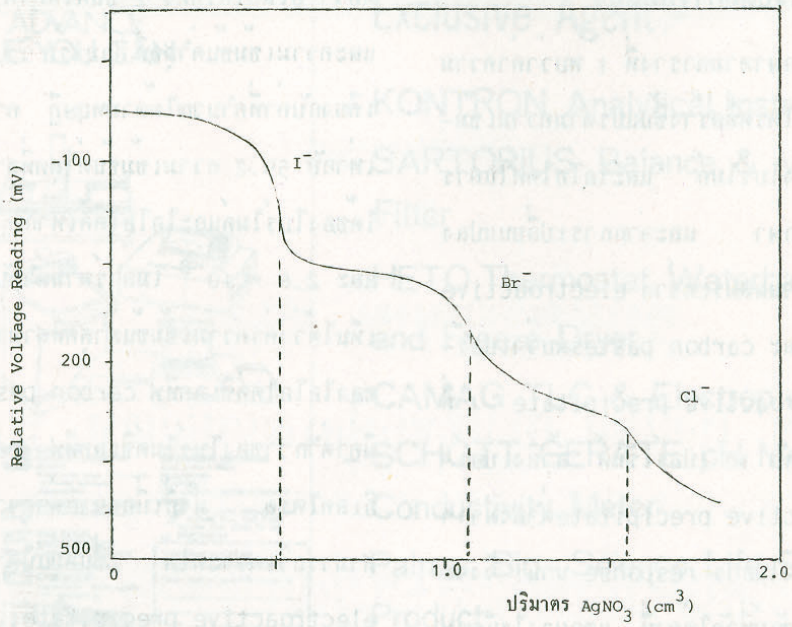
*ได้จากค่าเฉลี่ยของการวัด 3 ครั้ง



รูปที่ 2 แสดงกราฟมาตรฐานของการวิเคราะห์โบร์ไมด์



รูปที่ 3 แสดงกราฟมาตรฐานของการวิเคราะห์ไอโอไดด์



รูปที่ 4 แสดงกราฟของการไตเตรทของ 5.0×10^{-4} โมลาร์ NaCl, 5.1×10^{-4} โมลาร์ NaBr และ 5.05×10^{-4} โมลาร์ KI ($10\ cm^3$) ด้วย 1.0×10^{-2} โมลาร์ $AgNO_3$

จากการหาจุดยุติ พบว่าได้ปริมาณของ Cl^-, Br^- และ I^- เท่ากับ 5.0×10^{-4} โมลาร์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าเกิดการคลาดเคลื่อนไปน้อยมาก

ตารางที่ 2 แสดงคุณสมบัติการใช้งานของอิเลคโตรดที่สร้างขึ้น

คุณสมบัติการใช้งาน	10%AgBr-Ag_2S-Carbon-paraffin	10%AgI-Ag_2S-Carbon-Paraffin
ความชัน (slope)	57.0 mV	59.8 mV
Reproducibility	± 1 มิลลิโวลท์	± 1 มิลลิโวลท์
Response time	0.2-1 นาที (ความเข้มข้น> 1×10^{-3} โมลาร์)	0.2-1 นาที (ความเข้มข้น> 1×10^{-3} โมลาร์)
	5-10 นาที (ความเข้มข้น< 1×10^{-3} โมลาร์)	5-10 นาที (ความเข้มข้น< 1×10^{-3} โมลาร์)
ความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ (detection limit)	4.0×10^{-6} โมลาร์	4.4×10^{-8} โมลาร์
ช่วง pH ที่ใช้งาน	ทนต่อกรดไนตริคได้ถึง 1.5 โมลาร์	ทนต่อกรดไนตริคได้ถึง 1.5 โมลาร์
	ทนต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ได้ถึง 0.1 โมลาร์	ทนต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ได้ถึง 0.1 โมลาร์
	เมื่อโบร์ไมด์ข้น 1×10^{-3} โมลาร์	เมื่อไอโอไดด์ข้น 1×10^{-3} โมลาร์

5. วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาตามตารางที่ 1 พบว่าค่าความต่างศักย์ของอิเลคโตรดที่สร้างขึ้นแปรตามความเข้มข้นและแอคติวิตี้ของโบรไมด์ และไอโอไดด์ในสารละลายที่ต้องการศึกษา และจากการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์อัตราส่วนผสมระหว่าง electroactive precipitate และ carbon pastesพบว่าเปอร์เซ็นต์ของ electroactive precipitate ที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์ ถ้ายิ่งเปอร์เซ็นต์ electroactive precipitateต่ำลงมากๆ แล้วจะต้องใช้เวลาในการ response นาน จึงจะทำให้ค่าความต่างศักย์ที่วัดได้คงที่ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าทุก ๆ อัตราส่วน จะให้ผลเหมือนกันหมด เมื่อนำเอาอิเลคโตรดนั้นมาใช้งานเป็นระยะเวลานาน ๆ ทำให้เกิดตะกอนจับอยู่ที่ผิวของ carbon pastes sensitivity ของการวัดจะเสียไป ค่าความต่างศักย์ที่วัดได้ไม่แปรตามความเข้มข้น ของ อิออนนั้นในสารละลาย ในกรณีนี้จะต้องเตรียมผิวของ carbon pastes ของอิเลคโตรดนี้ใหม่

จากการศึกษาคุณสมบัติการใช้งานของอิออนซิเลคทีฟอีเลคโตรดที่สร้างขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า อิเลคโตรดทั้ง 2 ชนิดให้ค่าความชัน(slope) และความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถ วิเคราะห์ได้ใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้ตามทฤษฎี ความชันตามทฤษฎีเท่ากับ 59.2 ความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ของโบร์ไมด์และไอโอไดด์เท่ากับ 2.2×10^{-6} และ 2.8×10^{-8} โมลาร์ตามลำดับ[11] ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ของไอโอไดด์ซิเลคทีฟ carbon pastesอิเลคโตรดมีค่าต่ำกว่าของโบร์ไมด์ซิเลคทีฟ carbon pastes อิเลคโตรด ทั้งนี้เนื่องจากค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ ขึ้นอยู่กับค่าการละลายของ electroactive precipitate ชนิดนั้น ๆ นอกจากนี้ยังพบว่าอิเลคโตรดที่สร้างขึ้นทั้ง 2 ชนิดนี้ให้การ response ได้เร็ว เมื่อมีความเข้มข้นของอิออนที่ต้องการวิเคราะห์สูง และอีเลคโตรดที่สร้างขึ้นนี้ยังสามารถนำไปใช้งานได้ในช่วง pH ที่กว้าง

จากรูปที่ 4 จะเห็นว่า เมื่อนำอิเลคโตรดที่สร้างขึ้นไปทดลองวิเคราะห์หาปริมาณ ของสารละลายผสมคลอไรด์ โบร์ไมด์ และไอโอไดด์ โดยการทำ potentiometric titration พบว่าให้ผลการวิเคราะห์มีความถูกต้องและแม่นยำสูง

เอกสารอ้างอิง

1. พิมล เรียนวัฒนา และ เฉลิมยศ อุทยารัตน์, วารสารวิทยาศาสตร์, 32(4) : 327 (2524).
2. สุรศักดิ์ สุจริตวณิชพงศ์, วารสารวิจัยและพัฒนา สจ.ธ.,4(2) : 42106 (2523).
3. สุรศักดิ์ สุจริตวณิชพงศ์, วารสารวิจัยและพัฒนา สจ.ธ., 4(2) : 42133 (2523).
4. สุรศักดิ์ สุจริตวณิชพงศ์, และ วลัยรัตน์ ศรีรุ่งเรือง, วารสารวิจัยและพัฒนา สจ.ธ., 3(1) : 31050 (2523)
5. สุรศักดิ์ สุจริตวณิชพงศ์, วารสารคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์ สจ.ธ., 1(1) : 31 (2525)
6. Frant, M.S., and Ross, J.W., Science, 154 : 1553 (1966).
7. Covington, A.K., Chem. Brit., 5 : 388 (1969).
8. Fleet, B., Ryan, T.H., and Brand, M.J.D., Anal. Chem., 46: 12 (1974).
9. Ruzicka, J., and Lamm, G.G., Anal. Chem. Acta, 54 : 1 (1971).
10. Ruzicka, J., and Lamm, G.G., Anal. Chem. Acta, 54 : 1 (1971).
11. Jiri Koryta, Ion-Selective Electrode. 1st Published, William Clowes and Sons Limited, London,(1975.)

พิมพ์ที่ : โรงพิมพ์ศิริภัณฑ์ออฟเซ็ท ขอนแก่น โทร.236141 นายอารีย์ หอวิจิตร ผู้พิมพ์โฆษณา
(ข้างทันตแพทย์อิน และนวกิจวิศวกรรม ถนนหลังเมือง)

ห้างหุ้นส่วนจำกัด

ขอนแก่นวิทยา

□ สมาชิกใหม่ **ใบสมัครเป็นสมาชิก "วิทยาศาสตร์ มข."**

□ ต่ออายุ เขียนที่.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ข้าพเจ้า.....

ที่ทำงาน.....

ที่อยู่.....

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

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

จำนวน.....บาท มาทาง.....

ลายเซ็น.....**ผู้สมัคร**

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

หมายเหตุ ส่งเงินทางธนาณัติหรือเช็คไปรษณีย์ ในนามของนางบุญคุ้ม เหลือล้น ห้องสมุดคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น