ISSN 0125-2364

วารสารวิทยาศาสตร์ มข.

THE JOURNAL OF SCIENCE KHON KAEN UNIVERSITY

ปีที่ 12 ฉบับที่ 2 เมษายน-มิถุนายน 2527

ISSN 0125-2364

วารสาร วิทยาศาสตร์ มข.

THE JOURNAL OF SCIENCE KHON KAEN UNIVERSITY

เจ้าของ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สำนักงาน ตึก 3 ห้องสมุดคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

วัตถุประสงค์

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

กำหนดออก ปีละ 4 ฉบับ

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

ค่าบำรุง ปีละ 30 บาท

การบอกรับเป็นสมาชิก

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

ปีที่ 12 ฉบับที่ 2 เมษายน–มิถุนายน 2527

ปก : แย้ [Agamid Lizard, Leiolepis belliana rubritaeniata (Mertens)]

อ่านเรื่องในหน้า 123

บทบรรณาธิการ

หลังจากที่บทความทางคณิตศาสตร์ ได้ขาดหายไปจากวารสารวิทยาศาสตร์ มข. ไปช่วงหนึ่ง ในฉบับนี้และฉบับหน้าซึ่งเป็นฉบับพิเศษที่ออกในวันวิทยาศาสตร์แห่งชาติ ท่านผู้อ่านจะได้อ่านบทความทางคณิตศาสตร์จนจุใจ ขณะเดียวกันทางกองบรรณาธิการได้พยายามหาบทความในทุกสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ มาให้ท่านได้อ่านคละกันไป

เมื่อช่วงวันที่ 13-14-15 มิถุนายน 2527 ทางสำนักงานคณะกรรมการสภาวิจัยแห่งชาติ ได้จัดให้มีการอบรมและสัมมนาในหัวข้อ "การเขียนบทความทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี" และในวันที่ 15 มิถุนายนนั้นเป็นการประชุมปฏิบัติการ การเขียนบทความทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระดับบรรณาธิการและการเขียนโครงการวิจัย ในการประชุมดังกล่าว มีบุคคลสำคัญในวงการวารสารวิทยาศาสตร์จากสหรัฐอเมริกามาเป็นวิทยากรด้วย เช่น บรรณาธิการของ SCIENCE magazine (Dr. P.H. Abelson) และบรรณาธิการของ Journal of College Science Teaching และกรรมการที่ปรึกษาของ Journal of Geology Education (Prof. Dr. J.R. Carpenter) ดิฉันเองได้รับประโยชน์จากการอบรมสัมมนาและการประชุมข้างต้นมาก และเห็นว่าควรจะให้นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับทุกวิทยาศาสตร์ทุกท่านได้ทราบว่าตัวเองมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาประเทศ และใคร่ยกคำกล่าวตอนหนึ่งของ ฯพณฯ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน (นายคำรง ลัทธิพิพัฒน์) ที่ให้ไว้ในวันเปิดการอบรมว่า

"เป็นที่ยอมรับกันว่า โลกปัจจุบันและอนาคต ไม่อาจเมินเฉยต่ออิทธิพลอันยิ่งใหญ่ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งมีผลต่อความก้าวหน้าหรือความเสื่อมสลายของประชาชาติได้ จากประสบการณ์ที่ผ่านมาในอดีต ได้แสดงให้เห็นถึงผลเสียหายอันมหาศาลในด้านเศรษฐกิจและความมั่นคงของประเทศไทย อันสืบเนื่องจากความด้อยพัฒนาทางวิชาการแขนงนี้ การที่จะทำให้ประเทศเราเจริญก้าวหน้า มั่งคั่ง และมั่นคงทัดเทียมประเทศที่พัฒนาแล้วนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องระดมความรู้ความสามารถทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้ ผมเห็นว่าจุดประสงค์ของการอบรมและสัมมนาครั้งนี้ ที่มุ่งจะปลูกฝังความรู้ในการเขียนบทความทางวิทยาศาสตร์และ

เทคโนโลยีแก่นักวิทยาศาสตร์และนักวิจัยที่สนใจ เพื่อให้ผลงานทางด้านนี้เพิ่มพูนและแพร่หลายยิ่งขึ้นนั้น เป็นแนวทางหนึ่งในการส่งเสริมและเอื้ออำนวยให้วิทยาการแขนงดังกล่าวก้าวหน้ายิ่งขึ้น"

ผู้อ่านทุกท่านคงตระหนักดีว่า วารสารทางวิทยาศาสตร์เป็นวิถีทางหนึ่งที่ผู้อยู่ในวงการวิทยาศาสตร์สามารถใช้เป็นสื่อในการส่งเสริมและพัฒนาความรู้และประสบการณ์ทางด้านนี้ อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาประเทศโดยส่วนรวม ถ้าเรารู้แล้วไม่ถ่ายทอดให้ผู้อื่นได้รู้ จะถือว่าเรามีส่วนร่วมในความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างไร ถึงแม้ว่าสิ่งที่ท่านรู้และท่านวิจัยนั้นเป็นสิ่งที่น่าสนใจและน่าตื่นเต้นเพียงไร

ดิฉันใคร่ขอให้ผู้อ่านทุกท่าน ได้มองเห็นความสำคัญและบทบาทของตัวท่านเอง ในส่วนที่ท่านจะทำได้ตามสถานะภาพทางความรู้และประสบการณ์ทางวิชาการที่ท่านมีอยู่ แล้วเริ่มเขียนบทความทางวิทยาศาสตร์เสียแต่ตอนนี้ ท่านจะประจักษ์เองในภายหลังว่า สิ่งที่ได้รับล้วนแต่เป็นประโยชน์ทั้งแก่ตัวท่านและต่อส่วนรวม อย่ามัวอ้างเหตุผลอย่างนั้นอย่างนี้อยู่เลย ณ จุดนี้ก็ใคร่จะขอยกข้อความบางตอนของ รัฐบุรุษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ดร.ตั้ว ลพานุกรม) ในหนังสือ ซึ่งรวบรวมโดย ดร.วิชิตวงศ์ ณ ป้อมเพชร ความว่า

"นับตั้งแต่วาระแรกที่เราได้ลืมตามองดูโลกภายนอกอย่างจริงจังนั้น รัศมีของอารยธรรมและวัฒนธรรมต่างชาติได้กล้าแข็งเสียแล้ว เหมือนดวงอาทิตย์ในยามสาย แม้ไม่ต้องมองดูนาฬิกาว่าเวลาเท่าใด ความแรงร้อนของมันก็บอกเราในลักษณะบังคับว่า ถ้าอยากทำการใดให้ทันเพื่อน เราต้องลงมือทำโดยทันที เวลาไม่รอเราอยู่แล้ว เราหลับไปเพลินในขณะที่เขาอื่นตื่นขึ้น เราต้องไม่พักเสียเวลามาสำแดงความเศร้าใจที่ไม่ได้เห็นรัศมีของดวงอาทิตย์เมื่อแรกอุทัย แต่ต้องกระวีกระวาดไปให้ทันเขา"

ถึงเวลาแล้วที่เราควรต้องให้ความสำคัญทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างจริงจังเสียที แม้เราจะเริ่มช้าแต่หากกระวีกระวาด และกระตือลือล้น มีหรือที่เราจะไม่ถึงจุดหมาย

ไฉนพร ด่านวิรุทัย

ฉลองครบรอบ 20 ปี
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

คณะวิทยาศาสตร์
17 – 18 สิงหาคม 2527

ภาควิชาฟิสิกส์

1. การสื่อสารโดยใช้แสงเลเซอร์
2. การสร้างแผนภาพโฮโลแกรมโดยใช้แสงเลเซอร์ (HOLOGRAPHY)
3. สเปคตรัมของอะตอม (ATOMIC SPECTRA)
4. การใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ (ROBOT)
5. การควบคุมสัญญาณจราจรด้วยคอมพิวเตอร์
6. การสาธิตการวิเคราะห์ปริมาณสารโดยวิธีเอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซนส์
7. อุปกรณ์การสอนและชุดสาธิต
   - ELECTRONICS
   - NOMOGRAPHY
   - OVERHEAD PROJECTOR
   - SLIDE PROJECTOR

ภาควิชาธรณีวิทยา

1. ผลงานและการศึกษาทางธรณีฟิสิกส์
2. การศึกษาภาพถ่ายทางอากาศใช้ประโยชน์ในการเรียนรู้ธรณีวิทยา
3. ผลงานและการศึกษาด้านวิศวกรรมธรณี
4. การตรวจสอบแร่และหิน (แร่วิทยา)
5. การวิวัฒนาการของซากบรรพชีวิน
6. การศึกษาและผลงานด้านอุทกธรณีวิทยา (แหล่งน้ำบาดาล)

ภาควิชาสถิติ

1. เกมส์เชิงสถิติ
2. ความรู้เบื้องต้นและสถิติที่น่าสนใจ
3. ทดสอบ

นิทรรศการทางวิชาการ

ภาควิชาชีววิทยา

1. ชีวิตที่เรืองแสงในความมืด
2. สัตว์ทะเลที่มีพิษและเป็นภัยต่อมนุษย์
3. สัตว์โบราณที่ยังมีชีวิตอยู่
4. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในหลอดแก้ว
5. การตองไส่ลูกนกกระทาและลูกไก่
6. กล้องจุลทัศน์อิเลคตรอน
7. ชีวิตท้องทะเลในตู้จำลอง
8. ตู้จำลองป่าเบญจพรรณ
9. อาณาจักรสัตว์
10. อาณาจักรพืช
11. ปรินย่าปลากินคน
12. ปลาที่พบใหม่ในเมืองไทย

ภาควิชาเคมี

1. เคมีมหาสนุก
2. เคมีกับชีวิตประจำวัน
3. สี-สิ่งปลอมปน
4. วิทยาศาสตร์เพื่อชาวบ้าน
5. สีของพลอย
6. เคมีมหัศจรรย์ – น้ำหมึกสะท้อนแสง
   - ตู้เย็นเคมี
   - ลูกโป่งวิทยาศาสตร์
   - เคมีเลเซอร์
   - น้ำผึ้ง
   - ทิ้งท้อย
7. การสกัด AFLATOXIN
8. การสกัดสารจากสมุนไพรเพื่อนำมาใช้ประโยชน์
9. การชุบโลหะ
10. พิพิธภัณฑ์เคมี

ภาควิชาคณิตศาสตร์

1. โปรแกรมสำหรับการสอนการเขียนโปรแกรมในภาษาแอปเปิลซอฟท์เบสิคและภาษาเครื่อง
2. โปรแกรมสำหรับการทำบัญชีต่าง ๆ
3. โปรแกรมทางคาด้าเบส
4. โปรแกรมสำหรับการพิมพ์รายงานต่าง ๆ
5. โปรแกรมสำหรับงานวิจัย (ทางสถิติและการวิเคราะห์ทางตัวเลข)
6. โปรแกรมสำหรับทดสอบการทำงานของเครื่องประเภทแอปเปิลและการแก้ข้อผิดพลาดในจานแม่เหล็ก (DISKETTES)
7. เกมส์ต่าง ๆ

ว.วิทย.มข. ๑๒(๒) : ๖๓-๖๔ (๒๕๒๗)

ข่าววิทยาศาสตร์ และ เทคโนโลยี

ลูกผสมระหว่างพืชกับสัตว์*

ในปัจจุบันวิทยาการแขนงต่างๆ ก้าวหน้าไปมาก สิ่งที่ไม่คิดว่าจะเป็นไปได้ในอดีตนั้น อาจเป็นเรื่องเป็นไปได้ หรือเป็นเรื่องปกติธรรมดาในปัจจุบัน หรือในอนาคตอันใกล้นี้ ตัวอย่างเช่น นักวิทยาศาสตร์ในสมัยก่อนเชื่อว่า "การผสมข้ามชนิด" ในสิ่งมีชีวิตเป็นสิ่งที่เป็นไปไม่ได้ แต่ด้วยความก้าวหน้าของวิทยาการแขนงต่าง ๆ ที่ผสมผสานกัน ทำให้นักวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันสามารถสร้าง "ลูกผสมข้ามชนิด" ขึ้นได้เป็นจำนวนมาก ตัวอย่างที่พบในพืช คือ **Raphanobrassica** ซึ่งเป็นพืชลูกผสมระหว่างผักกาดหัว **(Raphanus sativus)** กับผักกระหล่ำ **(Brassica oleracea)** หรือตัวอย่างที่พบในสัตว์คือ "tigon"และ "liger" ซึ่งเป็นสัตว์ลูกผสมระหว่าง เสือ(tiger) กับสิงโต(lion) เป็นต้น แม้ว่าลูกผสมเหล่านี้จะไม่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ แต่ก็เป็นประโยชน์ทางด้านการศึกษาและเป็นแนวทางให้มีการค้นหาวิธีการสร้างลูกผสมที่จะมีคุณค่าทางเศรษฐกิจในอนาคตต่อไป

ตัวอย่างที่กล่าวมาแล้วเป็นการสร้างลูกผสมข้ามชนิดระหว่างพืชกับพืช หรือระหว่างสัตว์กับสัตว์ ซึ่งก็ไม่น่าตื่นเต้นเท่าไรนัก

เมื่อปีกลายนี้เอง นักวิทยาศาสตร์จาก มหาวิทยาลัยฮัมบวร์ก ๒ คน คือ Barry MacDonald และ William Wimpey ได้รายงานไว้ในวารสารชื่อ **The Phyrologist** (๑๙๘๓, vol.๑, p.๔) เกี่ยวกับความสำเร็จในการสร้าง **ลูกผสมระหว่างพืชกับสัตว์** โดยใช้เทคนิคการเพาะเลี้ยงเซลและการผสมระหว่างเซล ลูกผสมดังกล่าวเกิดขึ้นจากการผสมระหว่าง"เซลมะเขือเทศ" (Lycopersicon esculentum) กับ "เซลของวัว" (Bos taurus) ลักษณะส่วนใหญ่ ของลูกผสมที่ได้นี้ จะคล้ายกับต้นมะเขือเทศ แต่มีผิวลำต้นหยาบคล้ายหนังสัตว์ และผลจะมีลักษณะคล้ายจาน นอกจากนี้ยังตรวจพบโปรตีนของสัตว์ปนอยู่ในผลด้วย นักวิทยาศาสตร์ทั้งสองกำลังพยายามนำเซลของลูกผสมนี้ ไปผสมกับเซลข้าวสาลี โดยหวังว่า จะได้ลูกผสมระหว่าง ข้าวสาลี+มะเขือเทศ+วัว ที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจได้ในไม่ช้านี้

จึงเป็นความหวังที่ไม่ไกลเกินไปนัก ที่เราจะได้บริโภคโปรตีนของสัตว์จากผลหรือใบของพืช ซึ่งราคาถูกกว่า ที่จะบริโภคจากเนื้อสัตว์โดยตรงในอนาคตอันใกล้นี้

ไพบูลย์ มงคลถาวรชัย

"ลูกม้า" หรือ "ลูกม้าลาย"?**

เมื่อเดือนพฤษภาคม ค.ศ.๑๙๘๔ ที่เมืองหลุยส์วิลล์ มลรัฐเคนตักกี สหรัฐอเมริกา **แม่ม้า** อายุ ๒๖ ปี ตัวหนึ่งชื่อ เคลลี(Kelly) ได้คลอดลูกออกมาเป็น **ม้าลาย** เบื้องหลังเหตุการณ์ประหลาดดังกล่าวก็คือ เมื่อราว ๑ ปีมาแล้ว สัตวแพทย์ ๒ คน ชื่อ William R. Foster และ Scott D. Bennett ได้นำครรพภะ(embryo บางครั้งเรียกว่า ตัวอ่อน)

---

* "Scientists make the first plant-animal hybrid" New Scientists March 31,1983.

** "Horse of a Different Stripe" Time,May 28,1984,

ของม้าลายที่อายุได้ ๑๐ วัน ออกมาจากมดลูกของแม่ม้าลายที่กำลังตั้งครรภ์ แล้วนำไปฝังเป็นอย่างดีในมดลูกของแม่ม้าเคลลี และอีก ๓๖๖ วันต่อมา เคลลีก็ได้คลอดลูกออกมาเป็นม้าลายดังกล่าว

การคลอดลูก ผิดชนิด ดังกล่าวนี้ นับเป็นความสำเร็จครั้งที่สามแล้ว โดยครั้งแรกเกิดขึ้นเมื่อปี ค.ศ. ๑๙๑๗ ที่มหาวิทยาลัยยูทาห์ **แม่แกะบ้าน** ตัวหนึ่งได้คลอดลูกออกมาเป็น **แกะป่าพันธุ์ชาร์ดีเนีย** และเมื่อสามปีที่แล้วที่สวนสัตว์บรอนซ์(Bronx) เมืองนิวยอร์ค **แม่วัวนม** ชื่อฟลอสซี(Flossie)ก็ได้คลอดลูกออกมาเป็น **วัวกระทิง** ด้วยวิธีการเช่นเดียวกับแม่ม้าเคลลีคลอดลูกออกมาเป็นม้าลาย

ความสำเร็จดังกล่าวนี้ อาจจะนำมาใช้เป็นวิธีการหนึ่ง ของการสงวนพันธุ์สัตว์ป่าที่หายากบางอย่างได้ ตัวอย่างเช่น "กูปรี"(วัวป่าชนิดหนึ่ง) ที่เคยเป็นข่าวเกรียวกราวเมื่อไม่นานมานี้ เราอาจเพิ่มจำนวนกูปรีโดยนำตัวอ่อนของมันไปฝังไว้ในมดลูกของวัวบ้านธรรมดา สมมุติว่า กูปรีตั้งท้องครั้งหนึ่งกินเวลา ๑๒ เดือน ถ้าปล่อยตามธรรมชาติ มันจะคลอดลูกปีละ ๑ ตัว แต่ด้วยวิธีการดังกล่าวเราอาจทำให้กูปรีตั้งท้องได้ปีละ ๑๒ ครั้ง (ถ้าวงจรไข่สุกเดือนละครั้ง) และปีหนึ่งก็จะได้ลูกถึง ๑๒ ตัว(โดยคลอดจากวัวบ้าน)

วิธีการย้ายครรพภะ จากตัวแม่ตัวหนึ่ง ไปฝังในมดลูกของตัวแม่อีกตัวหนึ่งในสัตว์ชนิดเดียวกัน ทางชีววิทยาปัจจุบันถือว่าไม่ใช่เรื่องแปลกใหม่แต่อย่างใด ได้มีรายงานการประสบความสำเร็จครั้งแรก ตั้งแต่ปี ค.ศ. ๑๘๙๐ โดยทำในกระต่าย และตั้งแต่นั้นมาก็ประสบความสำเร็จในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมนับร้อยชนิด ซึ่งรวมทั้งในคนด้วย

แต่กรณีแม่ม้าเคลลีกับลูกนั้น เป็นการย้ายตัวอ่อนข้ามชนิด

เราควรจะเรียกลูกของแม่ม้าเคลลีว่าอะไรดีล่ะ "ลูกม้า" หรือ "ลูกม้าลาย" ?

ไพบูลย์ มงคลถาวรชัย

ว.วิทย.มข. ๑๒(๒) : ๖๕-๖๗ (๒๕๒๗)

เกร็ดความรู้

ปัญหาที่ทำให้ฉงนมากที่สุดในคณิตศาสตร์

ปิแยร์ เดอ แฟร์ มาต์ (Pierre de Fermat) นักคณิตศาสตร์ชาวฝรั่งเศสเป็นหนึ่งในสองผู้นำนักคณิตศาสตร์ ก่อนคริสต์ศตวรรษที่ 17 เป็นเวลากว่า 300 ปี แล้ว ที่นักคณิตศาสตร์ ยังไม่สามารถพิสูจน์ทฤษฎีบทสุดท้ายของ แฟร์ มาต์ (Fermat's theorem) ได้ หรือไม่สามารถพิสูจน์ว่าไม่เป็นจริง เมื่อไม่กี่ปีมานี้ มีบางคนเสนอว่าทฤษฎีบทของ แฟร์ มาต์ อาจจะถูก แต่ความถูกต้องนั้นไม่สามารถพิสูจน์ออกมาให้เป็นความจริงได้

ทฤษฎีบทสุดท้ายของ แฟร์ มาต์ เป็นกรณีทั่วไปของทฤษฎีบทของ ปีทาโกรัส (Pythagoras) ซึ่งกล่าวว่า ไม่มีจำนวนเต็มบวก x,y,z และ n ชนิดที่ $x^n + y^n = z^n$ เมื่อ $n > 2$ (ทฤษฎีบทของปีทาโกรัสกล่าวว่า $x^2 + y^2 = z^2$ มีคำตอบ โดยที่ x,y และ z เป็นจำนวนเต็มบวก) อาร์โนลด์ พยายามพิสูจน์ทฤษฎีบทนี้ และการพิสูจน์ของเขาก็ผิดด้วย อาร์โนลด์สังเกตทฤษฎีของปีทาโกรัส ว่า เมื่อ x=4 และ y=3 จะได้

$\sqrt{(x^2 + y^3)}-x = \sqrt{(16 + 9)}-4 = 5-4 = 1$

แต่สำหรับค่าของ x = 4 และ y = 3 จะได้

$\sqrt{(x^3 + y^3)}- x < 1$; และ $\sqrt{(x^4 + y^4)}- x < 1$

และเป็นจริงสำหรับทุกค่าของ n = 3,4,5,.....

ดังนั้น $\sqrt{(x^n + y^n)}- x < 1$

จากสิ่งนี้ อาร์โนลด์กล่าวว่า พอเพียงสำหรับการพิสูจน์ทฤษฎีบทสุดท้าย ของแฟร์ มาต์ ในกรณีของ x = 4 และ y = 3 และด้วยวิธีการเดียวกันสามารถใช้กับทุกค่าของ x และ y

แต่ถ้าสมมุติว่า

$\sqrt{(x^n + y^n)}-x = p/q$ โดยที่ p และ q เป็นจำนวนเต็มและ $p/q < 1$

จะได้ $q\sqrt{(x^n + y^n)} = p + qx$

$(qx) + (qy)^n = (p + qx)^n$

เพราะว่า p, q, x และ y เป็นจำนวนเต็ม ดังนั้น qx, qy และ p + qx ต้องเป็นจำนวนเต็มด้วย

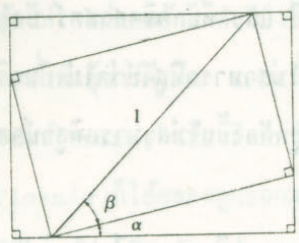
จะเห็นได้ว่าการพิสูจน์ของอาร์โนลด์ (ซึ่งแสดงว่าไม่มีคำตอบเป็นจำนวนเต็ม) กลับ แสดงว่า มีคำตอบที่เป็นจำนวนเต็มเป็นจำนวนอนันต์ ซึ่งเป็นการขัดแย้งกัน ดังนั้น การพิสูจน์ของอาร์โนลด์จึงผิด

อำนวย มณีศรีวงศ์กูล

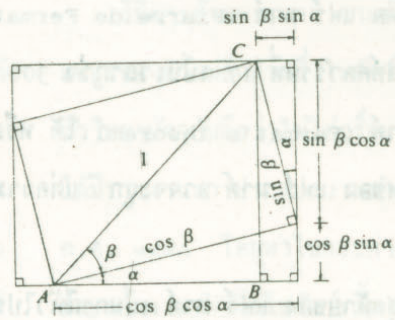
[The Two-Year College Math. J., 14(1), 54 (1983).]

สูตรผลบวกของไซน์และโคไซน์

ประโยชน์อย่างหนึ่งของแผนภาพคือ ใช้พิสูจน์ทฤษฎีบทของ ปีทาโกรัส ได้รวดเร็ว ด้วยความมุ่งหมายเดียวกันนี้ รูปที่ 1 สามารถใช้พิสูจน์กฎสำคัญ ๆ บางอย่างในตรีโกณมิติ เมื่อเส้นทแยงมุมของสี่เหลี่ยมมุมฉากเป็น (หนึ่ง) 1 จะมีด้านยาว Cos β และ sin β จะเห็นได้ว่ามีสามเหลี่ยมคล้าย อยู่ที่อยู่มุมทั้งสี่ของสี่เหลี่ยมมุมฉากใหญ่ ดังนั้นเมื่อพิจารณาสามเหลี่ยม ABC ในรูปที่ 2 จะได้



รูปที่ 1

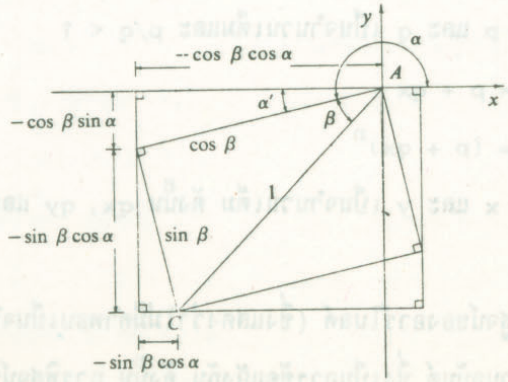


รูปที่ 2

$$\text{Sin}\ (\alpha + \beta) = \text{Cos}\ \beta\ \text{Sin}\alpha + \text{Sin}\ \beta\ \text{Cos}\alpha$$

และ $$\text{Cos}\ (\alpha + \beta) = \text{Cos}\ \beta\ \text{Cos}\alpha - \text{Sin}\ \beta\ \text{Sin}\alpha$$

รูปที่ 2 เป็นจริงสำหรับ α และ β เป็นมุมแหลมและ $\alpha + \beta < 90^\circ$ และเป็นตรีโกณมิติของมุมของรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก อย่างไรก็ตามเราสามารถเปลี่ยนรูปที่ 2 เป็นสูตรผลบวกในกรณีทั่วไปของมุมแหลม β ได้โดยยึดมุมด้านซ้ายมือข้างล่างที่จุด A เป็นจุดศูนย์กลาง และ หมุนเป็นมุม α ใด ๆ ดังนั้น ด้านล่างของสี่เหลี่ยมมุมฉากจะกลายเป็นด้านสิ้นสุด (terminal side) แล้วสร้างรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากให้มีด้านขนานกับแกนพิกัด รูปที่ 3 แสดงในกรณีที่ α + β อยู่ในควอดรันต์ที่ 3 ขนาดของรูปสามเหลี่ยมเล็กที่มุมสัมพันธ์กับ α' ซึ่งเกี่ยวข้องกับมุม α ดังนั้น เราอาจเขียนขนาดของรูปสามเหลี่ยมในเทอมของ α ดังแสดงในรูปที่ 3 จะได้ว่าพิกัดของ C ให้ ค่าของ Sine และ Cosine ของมุม α + β สำหรับการหมุนรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากในลักษณะอื่นก็ใช้เหตุทำนองเดียวกัน



รูปที่ 3

อำนวย มณีศรีวงศ์กูล

[จาก D.Kalman "The Two-Year College Math. J., 19(1), 55 (1983).]

หิ่งห้อยมีแสงสว่างในตัวเองได้อย่างไร

"หิ่งห้อย" เป็นแมลงตัวเล็ก ๆ ซึ่งสามารถให้แสงสว่างได้ ดังที่เราพบเห็นในเวลากลางคืน แสงจากตัวหิ่งห้อยนี้มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับแสงที่ได้จากสิ่งอื่น กล่าวคือสามารถหักเหและสะท้อนได้ นอกจากนี้แสงนั้นเกิดขึ้นโดยไม่มีความร้อนเกิดขึ้นด้วย ซึ่งเราเรียกแสงชนิดนี้ว่า **แสงนวล** (luminescence)

แสงในตัวหิ่งห้อยเกิดจากสารลูซิเฟอริน(luciferin) ซึ่งจะรวมกับออกซิเจนในขณะที่เกิดปฏิกริยาที่ให้แสงสว่าง แต่ปฏิกริยานี้ จะเกิดขึ้น ก็ต่อเมื่อมีเอนไซม์ลูซิเฟอเรส(luciferase) อยู่ด้วย

ปริมาณแสงสว่างที่เกิดจากหิ่งห้อยมีน้อยมาก คือเพียงประมาณหนึ่งในพันของแสงจากเทียนไขธรรมดา เราสามารถประดิษฐ์แสงแบบนี้ได้ในห้องทดลอง แต่ลูซิเฟอริน และลูซิเฟอเรส ต้องได้มาจากตัวหิ่งห้อยโดยตรง เพราะนักเคมียังไม่สามารถสังเคราะห์สารทั้งสองได้

"ไข่มุก" เกิดขึ้นได้อย่างไร

ถ้ามีเม็ดทรายหรือสิ่งที่คล้ายเม็ดทรายเข้าไปอยู่ในตัวหอยบางชนิดโดยเฉพาะหอยมุก หอยนั้นจะปล่อยแคลเซียมคาร์บอเนตออกมาคลุมเม็ดทรายนั้นเป็นชั้นๆ เพื่อขจัดความระคายเคือง ในเวลานานนับปีก็จะเกิดเป็นสิ่งที่เรียกว่า "ไข่มุก" ซึ่งนิยมใช้เป็นเครื่องประดับอันมีค่า อย่างไรก็ตาม ยังไม่เคยปรากฏว่ามีผู้ใดพบไข่มุกที่มีค่าในหอยที่กินได้

ไข่มุกที่งามและมีค่าที่สุดในโลกได้มาจากน่านน้ำในอ่าวเปอร์เซีย ซึ่งส่วนใหญ่ได้มาจากบริเวณหมู่เกาะบาห์เรียน

ในปัจจุบัน ได้มีผู้คิดวิธีผลิตไข่มุกโดยการใส่เม็ดมุกเข้าไปในตัวหอยมุก เพื่อจะได้ไข่มุกในเวลาเร็วขึ้นกว่าธรรมชาติ

ข้อควรทราบอีกอย่างหนึ่งก็คือ ถ้าท่านมีสร้อยไข่มุก จงระวังอย่าเก็บไว้ในที่แห้งเกินไป เพราะไข่มุกต้องการความชื้นเพื่อจะรักษาความเป็นเงางามอยู่เสมอ

ความหมายของคำว่า "กะเทย" และ "คนลักเพศ"

ในสังคมปัจจุบันเราจะพบผู้ชายที่ชอบแต่งตัวและแสดงท่าทางเป็นผู้หญิง หรือผู้หญิงที่แต่งตัวและแสดงท่าทางเป็นผู้ชายบ้าง แม้จะมีจำนวนไม่มากนัก แต่ก็มีแนวโน้มว่าจะมีจำนวนเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ

คนทั่วไปเรียกคนพวกนี้ว่า "กะเทย"

และมีคำสแลง เรียกตามสมัยนิยมอีกหลายอย่าง เช่น "ทอม", "ดี้", "เกย์", ฯลฯ

ศัพท์วิทยาศาสตร์เรียกคนพวกนี้ว่า "คนลักเพศ"

โดยคำว่า "กะเทย" ความหมายทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง "คนที่มีอวัยวะเพศของทั้งผู้หญิงและผู้ชายอยู่ในคนเดียวกัน หรือมีอวัยวะเพศกำกึ่ง ไม่สามารถบอกได้แน่ชัดว่าเป็นผู้หญิงหรือผู้ชาย"

แต่พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ.๒๕๒๕ ได้แก้ไขความหมายของคำว่า "กะเทย" ให้สอดคล้องกับความเข้าใจของคนทั่วไป และทางวิทยาศาสตร์แล้ว โดยได้ให้ความหมายของคำว่า"กะเทย" ว่าหมายถึง "คนที่มีอวัยวะเพศทั้งชายและหญิง, คนที่มีกิริยาอาการตรงข้ามกับเพศของตน" ส่วน "คนลักเพศ" หมายถึง "คนที่ทำหรือแต่งตัวปลอมแปลงให้ผิดไปจากเพศของตน"

ดังนั้น คำว่า "กะเทย" และ "คนลักเพศ" จึงใช้ในความหมายเดียวกันได้ แต่คำว่า "กะเทย" มีความหมายกว้างกว่า

ไพบูลย์ มงคลถาวรชัย

ลองภูมิ

คอลัมน์นี้จะมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะการลองภูมิไปจากเดิม ตรงที่ว่าเราจะเปิดให้กว้างขึ้นเพื่อผสมผสานกันตามโอกาสที่เหมาะสมระหว่างการตั้งคำถามแบบเดิมคือการหาคำที่สอดคล้องกับประโยคปริศนาที่ตั้งขึ้น และการตั้งคำถามที่สัมพันธ์กับเรื่องในวารสาร พร้อมกับการบอกคำตอบให้ในฉบับเดียวกันแต่คนละแห่ง การลองภูมิเช่นนี้เปิดโอกาสให้ผู้อ่านได้ทดลองความเข้าใจด้วยตนเองเกี่ยวกับสาระที่มีอยู่ในวารสารฉบับที่ท่านกำลังอ่านอยู่

ถามกันครั้งละนิด เสริมความคิดวิทยาศาสตร์ : คำถามประจำฉบับ

1. การวัดความต้านทานจำเพาะ มีประโยชน์ต่อสาธารณสุขประชาชนด้านการใช้น้ำหรือไม่ อย่างไร
2. สัตว์ทะเลที่อาศัยอยู่ร่วมกับดาวทะเล (หรือที่เรียกกันว่า ปลาดาว) มีกี่แบบ อะไรบ้าง พร้อมยกตัวอย่าง
3. ท่านคิดว่าดาวทะเลมีความสามารถในด้านไหน ที่เหมือนกับจิ้งจก
4. การตกไข่ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม มีกี่แบบ อะไรบ้าง
5. อยากทราบว่า คน, แมว ตกไข่แบบไหน
6. ฮอร์โมนอะไรที่กระตุ้นฟอลลิเคิลที่รังไข่ให้เจริญเติบโตจนถึงขั้นตกไข่
7. ท่านพอจะนึกข้อเสียของยาลดกรดในกระเพาะอาหารได้ไหม จงบอกมาสัก 3 ข้อ
8. เขาใช้วิธีอะไรนะในการหาปริมาณโปรตีน (ในรูปไนโตรเจน)

(โปรดพลิกดูคำตอบในหน้า 121)

ว.วิทย.มข. ๑๒(๒)ง: ๖๙-๗๔ (๒๕๒๗)

ยาลดกรดในทางเดินอาหาร

พัฒนา เห็นแสงหงษ์*

บทนำ

อาหารที่มีคุณค่าพวกวิตามิน เกลือ และธาตุบางชนิด เป็นสิ่งจำเป็นในการเสริมสร้างสุขภาพของคนที่มีระบบการย่อยเป็นปกติ และสามารถส่งอาหารเหล่านี้ ไปยังจุดที่ร่างกายจำเป็นต้องใช้ ในทางตรงข้ามคนที่ระบบการย่อยไม่ปกติ หรือร่างกายไม่สามารถส่งสิ่งที่ได้รับไปยังจุดต่าง ๆ ที่ร่างกายต้องใช้แทนที่จะได้รับประโยชน์ อาจกลายเป็นได้รับพิษภัยแทนได้

โรคระบบทางเดินอาหารก่อความทุกข์เข็ญต่อคนและสัตว์มาทุกยุคทุกสมัย สาเหตุอาจมาจากการรับประทานอาหารไม่เป็นเวลา อาหารไม่ถูกสุขลักษณะย่อยยาก หรือมีฤทธิ์เป็นกรด เบสมากไป ดังนั้นเพื่อป้องกันโรคนี้ สมควรที่จะรับประทานอาหารให้ถูกต้องและเป็นเวลา ส่วนในกรณีที่ป้องกันไม่ได้ผล ก็ให้พิจารณาสาเหตุที่เกิดโรค เพื่อจะได้รักษาให้ถูกทาง

พืชผักบางอย่าง สามารถใช้รักษาโรคระบบทางเดินอาหารของคนและสัตว์ได้(1) แกะกินต้นยาโร (yarrow) เพื่อกระตุ้นให้เกิดน้ำย่อยขึ้นในกระเพาะอาหาร หนูกินต้นสะระแหน่(mint) เพื่อช่วยการย่อย แมว และสุนัข กินหญ้าบางชนิดที่มีรสขม เพื่อช่วยลดอาการเจ็บปวดกระเพาะอาหาร และช่วยย่อย คนรับประทาน สะระแหน่เพื่อช่วยขับแก๊สในลำไส้ ช่วยบรรเทาอาการคลื่นเหียร และแก้อาการไม่สบายของกระเพาะอาหาร มะละกอมีเอนไซม์ชื่อ ปาเปน(papain) ช่วยย่อยโปรตีน โดยมีอยู่มากในยาง ดังนั้นคนที่รับประทานมะละกอดิบ (ส้มตำ) มากไปอาจปวดท้อง ชะเอมใช้รักษาแผลเรื้อรังในกระเพาะอาหารได้ แต่ปัจจุบัน คนหันมานิยมใช้ยาสังเคราะห์แทนเพราะไม่ต้องรับประทานมาก เหมือนยาที่ได้จากพืชสมุนไพร

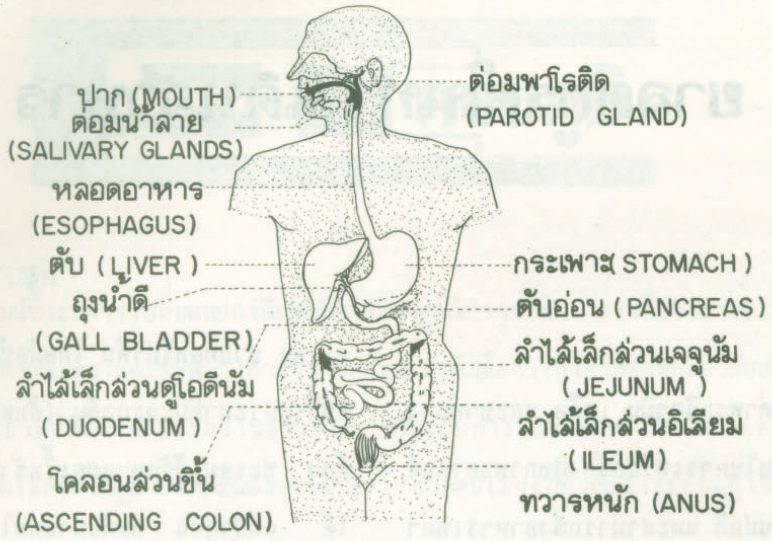
ปกติคนจะมีกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ในกระเพาะอาหารในปริมาณที่เหมาะสมเพื่อช่วยย่อยอาหารส่วนที่เป็นเส้นใย ช่วยการสร้างเพบซิน (pepsin) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ช่วยย่อยโปรตีน และเพื่อทำลายแบคทีเรียที่ติดไปกับอาหาร บางคนมีกรดไฮโดรคลอริกน้อยไปกว่าปริมาณที่ควรมี จำเป็นต้องรับประทานยาเพื่อไปเพิ่มปริมาณกรด แต่บางคนมีกรดไฮโดรคลอริกมากกว่าปริมาณปกติ จึงต้องรับประทานยาลดกรด ในทางเดินอาหาร (gastrointestinal antacid) เพื่อช่วยสะเทินความเป็นกรดในทางเดินอาหาร

ยาลดกรดในทางเดินอาหาร

ก่อนที่จะพูดถึงรายละเอียดอื่นๆ ขอให้ท่านผู้อ่านศึกษาระบบทางเดินอาหารของคน(2) ในรูปที่1 ก่อน

แผลในทางเดินอาหาร (peptic ulcer) หมายถึง แผลบริเวณเยื่อบุทางเดินอาหาร รวมทั้งหลอดอาหาร ส่วนแผลในกระเพาะเรียกว่า แกสตริก

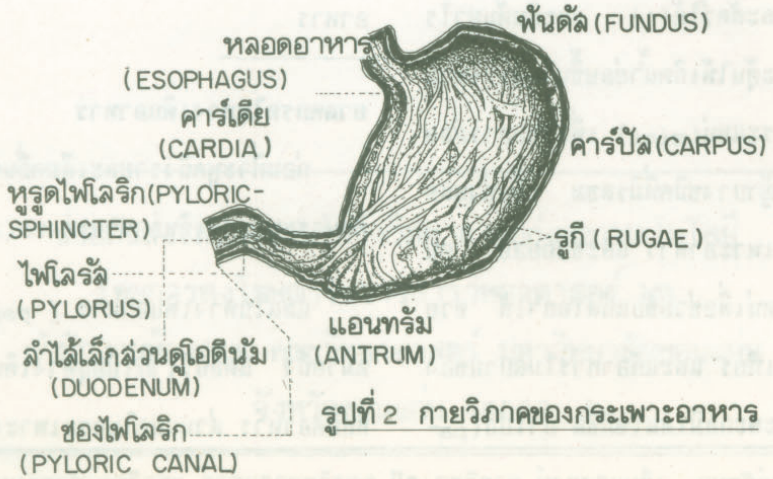
* ผู้ช่วยศาสตราจารย์พัฒนา เห็นแสงหงษ์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น



รูปที่ 1 ระบบทางเดินอาหาร

อัลเซอร์(gastric ulcer) และแผลลำไส้เล็กส่วนดูโอดีนัม เรียกว่า ดูโอดีนัล อัลเซอร์ (duodenal ulcer)ผู้ป่วยที่เป็นแผลเรื้อรังในทางเดินอาหารจะมีอาการท้องอืด ปวดท้อง อุจจาระมีสีดำ อาจอาเจียนเป็นโลหิต สาเหตุที่คนไทยส่วนใหญ่เป็น คือการรับประทานยาที่มีฤทธิ์เป็นกรด เช่น ยาระงับปวด ซึ่งเป็นพวก ซาลิซิเลต(salicilate) มากเกินไปและยาพวกสเตอรอยด์ ซึ่งเป็นฮอร์โมนชนิดหนึ่ง ซึ่งทำให้เกิดแผลในทางเดินอาหารได้บางรายถึงกับกระเพาะทะลุโดยไม่รู้ตัวเพราะว่าสเตอรอยด์ทำให้ไม่มีอาการเจ็บปวดของแผล

แก๊สตริก อัลเซอร์ เป็นแผลในกระเพาะอาหารที่มักเป็นตรงส่วนที่ไม่โค้งมาก หรืออาจพบได้ตรง ทุกส่วนของกระเพาะ(ดูรูปที่ 2)โดยมักเป็นกับผู้ที่สุขภาพไม่ดีและผู้สูงอายุ ผู้ป่วยโรคนี้อาจมีกรดไฮโดรคลอริกในระดับปกติ หรือมากกว่า อาการที่สังเกตได้ คือท้องอืด จุก ปวดท้องบริเวณลิ้นปี่ โดยมักปวด หลังรับประทานอาหาร 1-1 1/2 ชั่วโมง และปวดอยู่นาน 1/2-1 ชั่วโมง



รูปที่ 2 กายวิภาคของกระเพาะอาหาร

ดูโอดีนัล อัลเซอร์ คือ แผลที่เป็นบริเวณลำไส้ส่วนดูโอดีนัม ผู้ป่วยทั่วไปจะมีอายุน้อย หรืออายุกลางคน สาเหตุที่เป็น เกิดจากผู้ป่วยมีความกังวล หรือเครียด อันเป็นผลให้มีเพบซินเพิ่มขึ้นด้วย ผู้ป่วยด้วยโรคนี้จะมีอาการปวดเวลาท้องว่าง หลังจากรับประทานอาหารแล้ว 2-3 ชั่วโมง และปวดเรื่อยไปจนถึงเวลารับประทานอาหารมื้อต่อไป นอกจากนี้อาจปวดเวลาดึก โดยมีอาการจุกเสียด อาการปวดจะลดลงถ้ารับประทานอาหารหรือดื่มนม

หลักการรักษาแผลในทางเดินอาหาร

1. รักษาอาการ เพื่อบรรเทาอาการปวด โดยการให้ยาลดกรด

2. เร่งให้แผลหายเร็วขึ้น

3. กันไม่ให้กลับเป็นแผลอีก

4. กันไม่ให้เกิดอาการแทรกซ้อน

ประเภทยาที่ใช้รักษาแผลในทางเดินอาหาร

1. **ยาลดกรด** ซึ่งใช้เพื่อรักษาอาการกระเพาะอาหารอักเสบเฉียบพลัน(acute gastritis) โรคแผลในทางเดินอาหารและอาการไม่สบายในทางเดินอาหาร(gastrointestinal distress)

ยาลดกรดมี 2 ประเภทใหญ่ คือ

ก. ยาลดกรดชนิดอยู่ในระบบ (systematic antacid) เป็นยาลดกรดที่เข้าไปในระบบของร่างกาย ใช้รักษาอาการมีกรดมากไป(acidosis) โดยไปปรับพีเอช (pH) ของของเหลวในร่างกาย(body fluid) ที่เป็นกรดมากไป ให้คืนสภาพปกติ

ข. ยาลดกรดชนิดที่ไม่ได้อยู่ในระบบ(nonsystematic antacid) เป็นยาลดกรดที่ไม่ได้เข้าไปสู่ระบบของร่างกาย ใช้รักษาอาการมีกรดในทางเดินอาหารมากเกินไป โดยไปลดอาการเจ็บปวดที่เกิดขึ้นเนื่องจากมีกรดในกระเพาะและลำไส้มากกว่าปกติ

เมื่อพูดถึงยาลดกรดนั้น ปกติหมายถึงยาลดกรดที่ไม่ได้อยู่ในระบบ(แบบ ข.)

ส่วนประกอบของยาลดกรด

(1) โซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) มีโซเดียม

(2) อะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์($Al(OH)_3$) อะลูมิเนียมฟอสเฟต($AlPO_4$) มีอะลูมิเนียม

(3) แคลเซียมคาร์บอเนต($CaCO_3$) แคลเซียมฟอสเฟต($Ca_3(PO_4)_3$) มีแคลเซียม

(4) แมกนีเซียมคาร์บอเนต($MgCO_3$) แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์($Mg(OH)_2$) มีแมกนีเซียม

ยาลดกรดที่ใช้แบ่งตามความเป็น กรด-เบส มี 2 ชนิดคือ

1.1 เป็นเบสค่อนข้างแรง ได้แก่ โซเดียมไบคาร์บอเนต แคลเซียมคาร์บอเนต แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์

1.2 เป็นเบสอ่อน ได้แก่ อะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์

2. **ยาลดอาการหลั่งกรด และน้ำย่อย**

2.1 ยาลดการหลั่งกรด

2.1.1 แอนติโคลิเนอร์จิกส์(anticholinergics) ได้แก่ เบลลาดอนนา(belladonna)

2.1.2 แอนติฮิสตามีน(antihistamine) ได้แก่ ซิเมทิดีน(cimetidine)

2.2 ยาต้านเพบซิน เช่น อะมิโลเพกติน(amylopectin)

2.3 ยาต้านแก๊สตริน เช่น โปรกลูมีด(proglumide)

3. **ยาช่วยเพิ่มความต้านทาน ของเยื่อบุผนัง** กระเพาะอาหารและลำไส้

3.1 ยาป้องกันไม่ให้เยื่อเมือกถูกทำลาย ได้แก่ คาร์บินอกโซโลนโซเดียม (carbenoxolone sodium)

3.2 ยาเคลือบแผล ได้แก่ บิสมัทแขวนตะกอน (colloidal bismuth)

4. ยากล่อมประสาท เพื่อลดความเครียดเช่น ไดอะซิแพม(diazepam)

5. ยาอื่น ๆ

5.1 ยาลดแก๊ส เช่น ซิเมทิโคน (simethecone)

5.2 ยาชาเฉพาะแห่ง เช่น เบนโซเคน(benzocaine)

สมบัติของยาลดกรด

ยาลดกรดชนิดเบสอ่อน มีสมบัติดังนี้

1. สะเทินกรดไฮโดรคลอริก ในระบบทางเดินอาหาร

2. ดูดซับเพบซิน

3. จับกับสารอื่น กลายเป็นสารประกอบเชิงซ้อน

4. เพิ่มพีเอช ในกระเพาะอาหาร ปัสสาวะเป็นผลให้การดูดซึม และการขับถ่ายยาอื่น ๆ เปลี่ยนแปลง

5. ทำให้การดูดน้ำของลำไส้ใหญ่ และเล็กเปลี่ยนแปลง

6. ลดการดูดซึมฟอสฟอรัส ทำให้ร่างกายขาดฟอสฟอรัส

สรรพคุณของยาลดกรด

1. บรรเทาอาการท้องอืด ท้องเฟ้อ จุกเสียด เนื่องจากอาหารไม่ย่อยหรือมีแก๊สในกระเพาะอาหารมาก

2. รักษาแผลเรื้อรัง ในเยื่อบุทางเดินอาหาร โดยช่วยบรรเทาอาการปวด และช่วยให้แผลหายเร็ว

3. ป้องกันอาการปวดท้องเฉียบพลัน

4. บรรเทาอาการท้องเดินเรื้อรัง เนื่องจากลำไส้อักเสบ หรือเนื่องจากลำไส้ใหญ่ส่วนปลายบีบตัวอย่างแรง

ส่วนประกอบ และประสิทธิภาพ ของยาลดกรดบางชนิด ที่นิยมใช้ในประเทศไทย แสดงให้เห็นในตารางที่ 1 (3)

ตารางที่ 1. ส่วนประกอบและประสิทธิภาพของยาลดกรดบางชนิด

ชื่อยา	องค์ประกอบ (mg/5cm^3)			ซิเมทิโคน	ความจุของบัฟเฟอร์	โซเดียม	โปแตสเซียม
	$Al(OH)_3$	$Mg(OH)_2$	$CaCO_3$		m Eq HCl/5 cm^3	mg/5cm^3	mg/5cm^3
เจลูซิล-2 (Gelusil)	400	400	-	30	24	1.3-8	-
ติตราแลก (Titralac)	-	-	1,000	-	20	11	3
อะลูดรอกซ์ (Aludrox)	307	103	-	-	14	1.5-45	0.1
มิลานทา (Mylanta)	200	200	-	20	12	3.8	0.4
แอมโฟเจล (Amphojel)	320	-	-	-	6-6.5	0.7-6.9	47

จากตาราง พบว่ายาลดกรดบางชนิด ประกอบด้วยองค์ประกอบหลายอย่าง ที่ออกฤทธิ์ในการสะเทินกรด เช่น เจลูซิล อะลูดรอกซ์ และมิลานทา ต่างประกอบด้วย $Al(OH)_3$ และ $Mg(OH)_2$ โดยมีปริมาณแตกต่างกัน ส่วนติตราแลกประกอบด้วย $CaCO_3$ เพียงอย่างเดียว เป็นต้น

ประสิทธิภาพในการลดกรดของยาจะต่างกันเมื่อยานั้น ๆ อยู่ในลักษณะเป็นเม็ด บดละเอียด หรือเป็นยาน้ำ ดังตัวอย่างในตารางที่ 2 (3)

ตารางที่ 2. ประสิทธิภาพในการลดกรดของยาลดกรดบางชนิดที่นิยมใช้ในประเทศไทย

ชื่อยา	ความสามารถในการสะเทิน m Eq HCl/5 cm^3		
	ยาน้ำ	ยาเม็ดทั้งเม็ด	ยาเม็ดบดละเอียด
อะลูดรอกซ์ (Aludrox)	15.5	9.3	9.9
อะลูซิล (Alusil)	12.5	8.5	8.5
เจลูซิล (Gelusil)	10.3	2.6	7.2
มิลานทา (Mylanta)	14.2	5.6	12.1

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของยาทั้ง 4 ชนิด ในตารางที่ 2 พบว่ายาทุกชนิดเมื่ออยู่ในลักษณะยาน้ำมีประสิทธิภาพในการสะเทินกรด ได้ดีกว่าเมื่ออยู่ในลักษณะบดละเอียด และยาเม็ดในลักษณะบดละเอียดมีความสามารถในการสะเทินกรดดีกว่ายาเม็ดทั้งเม็ด

ข้อเสียของยาลดกรด

1. $NaHCO_3$ ทำให้เกิดสภาพเป็นเบส
2. $NaHCO_3$, $Mg(OH)_2$ และ $CaCO_3$ ไปบังคับให้ร่างกายสร้างกรดเพิ่มขึ้น
3. ถ้ายามีอะลูมิเนียมมาก จะทำให้ท้องผูก
4. ถ้ายามีแมกนีเซียมมาก จะทำให้ท้องเดิน
5. ถ้ามีโซเดียมมากจะทำให้เกิดอาการบวมน้ำ ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อคนเป็นโรคหัวใจ โรคความดันโลหิตสูง และโรคไต
6. ถ้ามีแคลเซียมมากจะทำให้ปริมาณแคลเซียมในเลือดสูง
7. ถ้าใช้ $Al(OH)_3$ นาน จะทำให้ร่างกายขาดฟอสฟอรัส
8. ลดการดูดซึมของยาบางชนิด เช่น เตตระไซคลิน (แก้ติดเชื้อ) ไอโซไนอาซิด (แก้วัณโรค) ดิจอกซิน(แก้โรคหัวใจ) และเฟนิโตอิน(แก้ชัก)
9. เพิ่มการดูดซึมของยาบางชนิด เช่น ไดไฮดรอกซิคูมาริน (รักษาโรคเบาหวาน) ไดอะซิแพม (ระงับประสาท) อินโดเมตาซิน(แก้อักเสบ) ซูโดเอฟิดรีน(ขยายหลอดลม,ลดน้ำมูก)
10. ช่วยให้ร่างกายขับยาแก้ปวดพวกซาลิซิเลตออกจากร่างกายได้เร็วขึ้น

กรณีที่ไม่ควรใช้ยาลดกรด

ผู้ที่มีอาการป่วยบางอย่าง หรือกำลังรับประทานยาบางชนิด ที่มีปฏิกิริยากับยาลดกรด พึงระงับการใช้ยา กรณีดังกล่าว ได้แก่

1. อาการเสียดแน่น โดยเฉพาะแน่นหน้าอก เจ็บหน้าอก หอบแน่น หายใจลำบาก
2. อาการอาเจียน มีอุจจาระเป็นสีดำ

3. อาการท้องผูก ท้องร่วง

4. เมื่อใช้ยาแล้วอาการไม่ดีขึ้นหรือใช้ยาติดต่อกันนานเกินหนึ่งสัปดาห์ แล้วอาการไม่ดีขึ้น

5. กำลังรับประทานยาแก้ปวด ยาปฏิชีวนะ ยาห้ามไม่ให้เลือดแข็งตัว

6. เป็นโรคหัวใจ โรคไต โรคความดันโลหิตสูง มีอาการบวมตามตัวหรือแขนขา

ข้อสรุป

การรับประทานอาหารไม่เป็นเวลา รับประทานอาหารที่ย่อยยาก หรือมีฤทธิ์เป็นกรด หรือยาบางชนิด เช่น ซาลิซิเลต การมีอารมณ์กังวลหรือเครียด เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคระบบทางเดินอาหารได้ สาเหตุดังกล่าวแก้ไขได้(4) โดยรับประทานอาหารให้เป็นเวลา เลือกรับประทานอาหารที่ย่อยง่ายไม่มีฤทธิ์กรดมาก และไม่รับประทานยาที่มีฤทธิ์กรดติดต่อกันนาน หรือบ่อยครั้ง พักผ่อนให้หายเครียด และระงับความกังวล

การงดสูบบุหรี่ ก็เป็นการลดปริมาณน้ำลายที่จะออกมา ซึ่งเป็นผลให้ลดการหลั่งน้ำย่อย และกรดด้วย ขณะเป็นโรคระบบทางเดินอาหาร ควรงดเครื่องดื่มประเภทอัลกอฮอล์ และน้ำอัดลม เพราะอัลกอฮอล์จะไปทำให้โปรตีนตกตะกอน ตะกอนที่เกิดเมื่อตกไปกระทบแผล จะทำให้เกิดอาการปวด และหายได้ยาก น้ำอัดลมซึ่งมีกรดคาร์บอนิก ก็จะไปเพิ่มปริมาณกรดในระบบทางเดินอาหาร เป็นเหตุให้มีอาการมากขึ้น

สำหรับผู้ป่วย ที่มีกรดไฮโดรคลอริกมากกว่าปริมาณปกติ ต้องรักษาให้ถูกวิธี โดยศึกษาอาการให้แน่ใจว่า เป็นบริเวณไหนของระบบทางเดินอาหาร แล้วเลือกใช้ยาให้ถูกต้อง ไม่รับประทานยาอื่นที่ปฏิกิริยากับยาลดกรดที่ใช้ ถ้าเกิดโรคที่บริเวณลำไส้เล็กส่วนต้น ผู้ป่วยอาจต้องรับประทานยาลดกรด นานถึง 6 เดือน หรือกว่านั้น ดังนั้นทางที่ดีท่านควรรับประทานยาจนแน่ใจว่า หายสนิทและไม่กลับเป็นอีก ในรายที่เป็นมาก และไม่สามารถรักษาได้ด้วยวิธีอื่น อาจต้องพึ่งศัลยแพทย์

เอกสารอ้างอิง

1. Challem, J.J.and Lewin, R.,(August1982/11727) Let's Live(America's Formost Health & Preventive Medicine Magazine) P.60-65.

2. Guyton, A.C., Physiology Of The Human Body, W.B. Saunders Co., 5th ed., Philadelphia(1979).

3. วิไล ชื่นจิตรผอง สุวรรณา เหลืองชลธาร ดาราวัลย์ ธัญญะวุฒิ อนินทรีย์-เภสัชเคมี ภาควิชาเภสัชเคมี จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ (2527).

4. Avery,G.S., Drug Treatment (Principles And Practice Of Chimical Pharmacology And Therapeatics, Adis Press, Sydney, (1976).

ว.วิทย.มข. ๑๒(๒) : ๗๕-๗๘ (๒๕๒๗)

การตกไข่ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

เพ็ญจันทร์ สว่างเมือง*

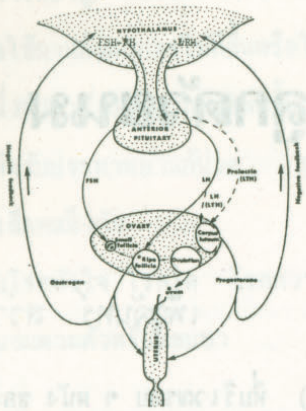
บทนำ

สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมแม้จะออกลูกเป็นตัว แต่ก็มีการตกไข่เช่นเดียวกับสัตว์ชนิดอื่น ต่างกันที่การตกไข่ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมนั้นหมายถึง การที่ไข่หลุดจากแกรเฟียน ฟอลลิเคิล (Graafian follicle) เข้าสู่ท่อนำไข่ (Oviduct) หลังจากนั้นโครงสร้างของแกรเฟียน ฟอลลิเคิลของรังไข่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงกลายเป็นคอร์พัส ลูเตียม (corpus luteum) คอร์พัส ลูเตียม จะมีชีวิตการทำงานในช่วงเวลาที่สั้นมากหากไข่ที่หลุดออกมานั้นไม่ถูกผสม แต่ถ้าไข่ถูกผสมและมีการตั้งครรภ์เกิดขึ้น คอร์พัส ลูเตียมจะยืดเวลาการทำงานต่อไปอีกระยะหนึ่ง

กระบวนการตกไข่

กระบวนการตกไข่ถูกควบคุมโดยโกนาโดโทรฟิคฮอร์โมน (gonadotrophic hormone) จากต่อมใต้สมองส่วนหน้า(ดูรูปที่ 1) โดยฟอลลิเคิล สติมูเลติง ฮอร์โมน(follicle stimulating hormone = FSH) จะกระตุ้นให้ฟอลลิเคิลในรังไข่เจริญเติบโต ส่วนลูติไนซิง ฮอร์โมน(luteinizing hormone = LH)มีผลทำให้เกิดการตกไข่และเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ผนังของ แกรเฟียน ฟอลลิเคิล (Asdell, 1962) หลังจากที่ได้รับการกระตุ้นจากฮอร์โมนเหล่านี้แล้วจะเกิดมีการสร้างเอ็นไซม์ประเภท คอลลาจีเนส(collagenases) ที่บริเวณรอบ ๆ ผนัง ของฟอลลิเคิล เอ็นไซม์นี้จะทำให้สารคอลลาเจน (collagen) ซึ่งพบมาก ที่เนื้อเยื่อส่วนที่อยู่ขอบนอก ของฟอลลิเคิล (theca interna) ของรังไข่ค่อยๆสลายตัว ทำให้ความยืดหยุ่นของผนังฟอลลิเคิลเสียไป ผนังฟอลลิเคิลจึงยืดออกไปได้มาก ทำให้ความดันภายในฟอลลิเคิลลดต่ำลง ต่อมาจะมีของเหลวจากพลาสมาซึมผ่านเข้าไปในช่องว่างภายในฟอลลิเคิล เมื่อมีปริมาณมากเข้าผนังของฟอลลิเคิลจะแตกทำให้ไข่หลุดออกมา (Lipner and Greep, 1971) การหลั่งของโกนาโดโทรฟิน ถูกควบคุมโดยระบบประสาทส่วนกลาง(Central nervous system, C.N.S.) ซึ่งมีศูนย์ควบคุม อยู่ที่ส่วนหน้า ของสมองส่วนไฮโปทาลามัส (hypothalamus)ที่บริเวณนี้จะมีนิวโรซีครีตอรีเซลล์ (neurosecretory cell) ทำหน้าที่สร้างนิวโรฮอร์โมน(neurohormone) เพื่อไปควบคุมการสร้างและหลั่งของ FSH และ LH จากต่อมใต้สมองส่วนหน้า การหลั่งฮอร์โมน ของต่อมใต้สมองส่วนหน้านั้นตอนแรกจะมี FSH หลั่งออกมามาก มี LH หลั่งออกมาเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ผลของการทำงานร่วมกัน (synergism) ของฮอร์โมนทั้งสองชนิดนี้ จะมีผลไปกระตุ้นฟอลลิเคิลที่รังไข่ให้เจริญเติบโตและหลั่งฮอร์โมนอีสโตรเจน(oestrogen) ออกมา ปริมาณของ

*อาจารย์เพ็ญจันทร์ สว่างเมือง ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น



รูปที่ 1 แสดงฮอร์โมนที่ควบคุมการทำงานของรังไข่ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

อีสโตรเจนที่หลั่งออกมานี้ ในช่วงแรก จะหลั่งออกมาไม่มาก เชื่อกันว่ามีผลไปกระตุ้นสมองส่วนไฮโปทาลามัสให้หลั่ง LH - releasing hormone (LRH) ออกมากระตุ้นต่อมใต้สมองส่วนหน้า ให้หลั่ง LH ออกมาเป็นจำนวนมาก LH ที่หลั่งออกมานี้จะกระตุ้นให้ไข่ที่สุกเกิดการตกไข่ นอกจากนี้ยังทำให้ฟอลลิเคิลที่ไข่หลุดออกไปแล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นคอร์ปัสลูเตียม (Labhsetwar, 1970, Quinn, 1970) อย่างไรก็ตาม กลไกการตกไข่คงจะไม่ได้ถูกควบคุมโดยฮอร์โมนอีสโตรเจนเพียงอย่างเดียว เพราะมีผู้รายงานว่า ในระยะวิกฤต (critical period) ก่อนที่จะตกไข่ มักจะตรวจพบระดับของโปรเจสเตอโรน (progesterone) และคอร์ติโคสเตอโรน (corticosterone) ในเลือดสูงขึ้นด้วย

การตกไข่ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

การตกไข่ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมมีอยู่ 2 แบบ คือ

1. การตกไข่แบบ รีเฟลกซ์(reflex ovulation) เป็นการตกไข่ที่ต้องมีสิ่งกระตุ้น(stimulus) จากภายนอกร่างกายเช่น การผสมกับตัวผู้(mating) การตกไข่แบบนี้พบในสัตว์พวกแมว กระต่าย ฯลฯ

2. การตกไข่แบบเกิดขึ้นได้เอง (spontaneous ovulation) เป็นการตกไข่ที่เกิดขึ้นเองโดยไม่ต้องอาศัยสิ่งกระตุ้นจากภายนอกร่างกาย การตกไข่แบบนี้พบในสัตว์พวก คน หนู ลิง ฯลฯ

การตกไข่ไม่ว่าจะเป็นแบบไหนก็ตาม จะถูกควบคุมโดยโกนาโดโทรฟิค ฮอร์โมนจากต่อมใต้สมองดังกล่าวมาแล้ว แต่จากการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์หลายท่านพบว่า การตกไข่ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมทั้ง 2 แบบนี้ สามารถที่จะชักนำให้เกิดการตกไข่อีกแบบได้ อย่างเช่น กระต่ายซึ่งมีการตกไข่แบบรีเฟลกซ์ ก็สามารถชักนำ ให้เกิดการตกไข่แบบเกิดขึ้นได้เองได้ ถ้าได้รับการฉีดฮอร์โมนอีสโตรเจนและโปรเจสเตอโรนเข้าไป โดยฉีดตอนที่กระต่ายอยู่ในระยะอีสตรัส (sawyer and Everett, 1955) ในทางกลับกัน หนู(rat) ซึ่งเป็นสัตว์ที่มีการตกไข่แบบเกิดขึ้นได้เอง ก็สามารถจะชักนำ ให้เกิดการตกไข่ แบบรีเฟลกซ์ได้ ถ้าหนูได้รับยากดประสาทประเภทบาร์บิทูเรท (barbiturates) ในวันโปรอีสตรัส และอีสตรัส และได้รับการผสมกับตัวผู้ (Everett, 1967, สุนันทา, 2511)

สำหรับการหลั่งของฮอร์โมน ที่เกี่ยวข้องกับการตกไข่นั้น จากการศึกษาในกระต่าย ซึ่งการตกไข่จะเกิดได้ ต้องได้รับสิ่งกระตุ้น จากภายนอกร่างกายนั้น พบว่าหลังจากที่ผสมกับตัวผู้จะมีฮอร์โมน LH หลั่งออกมาภายใน 1 ชั่วโมง นอกจากการกระตุ้นโดยการผสมกับตัวผู้แล้ว ยังสามารถกระตุ้นให้กระต่ายมีการหลั่งฮอร์โมน LH ได้ โดยใช้กระแสไฟฟ้าไปกระตุ้นที่ฐาน ของสมองส่วนไฮโปทาลามัส (Smith and White, 1931, Markes, et al. 1946)

ส่วนใน หนู, ลิง ซึ่งเป็นสัตว์ที่ตกไข่ได้เองนั้น สมองของสัตว์พวกนี้สามารถจะหลั่ง LH และฮอร์โมน

อื่นที่เกี่ยวข้องในการสร้าง และหลั่งโกนาโดโทรฟิน จากต่อมใต้สมองส่วนหน้าได้เอง โดยไม่ต้องอาศัยสิ่งกระตุ้นจากภายนอกร่างกาย

การหลั่งของฮอร์โมน LH ไม่ว่าจะเป็นสัตว์ที่มีการตกไข่แบบรีเฟลกซ์ หรือการตกไข่แบบเกิดขึ้นได้เอง สามารถที่จะห้ามไม่ให้เกิดขึ้นได้ ถ้าได้รับยากดประสาทส่วนกลางพวกบาร์บิทูเรท ในช่วงเวลาก่อนที่จะถึงระยะวิกฤต

สรุป

การตกไข่ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ไม่ว่าจะเป็นแบบรีเฟลกซ์หรือแบบเกิดขึ้นได้เอง จะถูกควบคุมโดยฮอร์โมนโกนาโดโทรฟินจากต่อมใต้สมอง การตกไข่ทั้งสองแบบนี้สามารถชักนำให้เกิดเป็นอีกแบบหนึ่งได้

บรรณานุกรม

สุนันทา, บัวสีม่วง 2511. การศึกษาผลของ Barbital Sodium และ Reserpine ที่มีต่อการตกไข่ Mating Response และ Fertility ในหนูขาว, Senior Project ระเบียบปริญญาบัณฑิต แผนกวิชาชีววิทยา จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย.

Asdell, S.A. 1962. The Mechanism of Ovulation in "The Ovary" vol.I, Zuckerman, S. editor, Academic Press, New York.

Eto, T. Masuda, M. Shzuki, Y. and Hosi, G. 1962. Progesterone and Pregn-4-ene -20 x (-01-3-one) in Rat Ovarian Venous Blood at Different Stages in Reproductive Cycle Japan. J. Animal Repord. 8 : 34.

Everett, J.W. 1967. Provoked Ovulation on Long Delayed Pseudopregnancy from Coital Stimuli in Barbiturate - Blocked Rats. Endocrinology. 80(1) : 145-154.

Labhsetwar, A.P. 1970. Role of Oestrogen in Ovulation. A Study using the Oestrogen Antagonist. I.C.I. 46, 474 Endocrinology. 87: 542-551.

Lipner, H. and Greep, R.O. 1971. Inhibition of Steroidogenesis at Various Sites in The Biosynthesis Pathway in Relation to Induced Ovulation. Endocrinology. 88: ;602-607.

Markee, J.E., Sawyer, C.H. and Hollinshead, W.H. 1946. Activation of the Anterior Hypophysis by Electrical Stimulation in The Rabbit, Endocrinology. 38 : 345-357.

Perry, J.S. 1971. The Ovarian Cycle in Mammals, Oliver & Boyd, Edinburgh.

Quinn, A.P. 1970. Hypothalamic Mechanisms Involved in The Control of Gonodo-

trophic Hormone Secretion in The Guinea Pig Evidence of Elevated Brain Thresholds to Electrical Stimulation in the Medial Preoptic-Anterior Hypothalamic Region during "Early" Diestrus. Endocrinology. 87 : 343-349.

Raps,, et al. 1971. Plasma and Adrenal Corticosterone Concentration during the Different Phase of The Sexual Cycle in Normal Female Rats. Acta. Endocrinol(Khb) 67 Supple 155 : 77(Abstr.)

Sawyer, C.H. and Everett. J.W. 1959. Stimulatory and Inhibitory Effects of Progesterone on the Release of Pituitary Ovulating Hormone in The Rabbit. Endocrinology. 65: 644-651.

ว.วิทย.มข. ๑๒(๒) : ๗๙-๘๓ (๒๕๒๗)

ผลบวกกำลังสองของเลขจำนวนเต็มบวกคี่

วรรณี รัมภาวัฒนา*

บทนำ

ในคณิตศาสตร์ จะมีสูตรมากมายซึ่งสามารถพิสูจน์ให้เห็นจริงได้ สูตรที่เป็นข้อความหรือสมการที่เกี่ยวกับจำนวนเต็มบวก โดยทั่วไปจะพิสูจน์โดยอาศัยหลักการอุปนัยเชิงคณิตศาสตร์ (mathematical induction) ซึ่งกล่าวว่า

ถ้า P(n) แทนข้อความหรือสมการที่เกี่ยวกับจำนวนเต็มบวก n แล้ว P(n) จะเป็นจริงสำหรับทุก ๆ จำนวนเต็มบวก n ก็ต่อเมื่อคุณสมบัติ 2 ข้อต่อไปนี้เป็นจริง

1. P(1) เป็นจริง

2. ถ้า P(k) เป็นจริงสำหรับจำนวนเต็มบวก k แล้ว P(k+1) เป็นจริงด้วย

ผลบวกกำลังสองของจำนวนเต็มบวกคี่

ในที่นี้จะกล่าวถึงผลบวกกำลังสองของจำนวนเต็มบวกคี่ n พจน์ เมื่อ n เป็นจำนวนเต็มบวก P(n) คือ $1^2+3^2+5^2+\ldots+(2n-1)^2=\frac{1}{3}n(4n^2-1)$ เมื่อ n เป็นจำนวนเต็มบวก.....(1) พิจารณาสมการ (1) เมื่อ

$n=1$ จะได้ $1^2=\frac{1}{3}(1)(4(1)^2-1)$ เป็นจริง

$n=2$ จะได้ $1^2+3^2=\frac{1}{3}(2)(4(2)^2-1)$ เป็นจริง

$n=3$ จะได้ $1^2+3^2+5^2=\frac{1}{3}(3)(4(3)^2-1)$ เป็นจริง

สำหรับการพิสูจน์ว่า P(n) ในสมการที่ (1) เป็นจริง สำหรับทุก ๆ n ที่เป็นจำนวนเต็มบวกโดยอาศัยหลักการอุปนัยเชิงคณิตศาสตร์นั้น สามารถหาอ่านได้จากหนังสือคณิตศาสตร์ขั้นพื้นฐานชั้นปีที่ 1 ในระดับปริญญาตรีทั่วไป แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงการพิสูจน์ทางเรขาคณิต โดยอาศัยรูปเหลี่ยม ที่เกิดจากการต่อรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

ให้ $F(n)=1^2+3^2+5^2+\ldots+(2n-1)^2$ เมื่อ n เป็นจำนวนเต็มบวก จะต้องพิสูจน์ให้ได้ว่า $F(n)=\frac{1}{3}n(4n^2-1)$

หรือ $3F(n)=n(2n-1)(2n+1)$

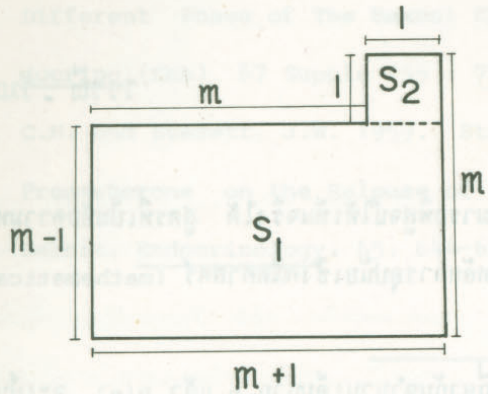
ซึ่งคือ $3(1^2)+3(3^2)+3(5^2)+\ldots+3(2n-1)^2=n(2n-1)(2n+1)$...(2)

* ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วรรณี รัมภาวัฒนา ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

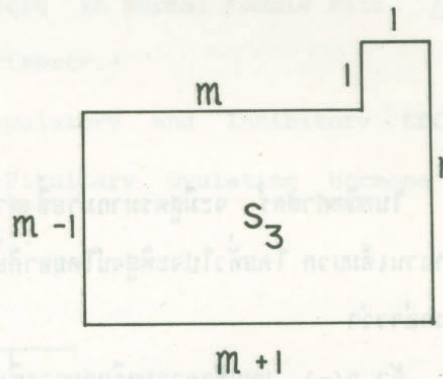
พิจารณาสมการ (2) จะเห็นว่า แต่ละพจน์ของด้านซ้ายมือ อยู่ในรูป $3m^2$ เมื่อ m เป็นจำนวนเต็มบวกคี่ ที่มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ (2n - 1)

พิจารณาข้อต่อไปนี้

1) $m^2 = (m^2 - 1) + 1 = (m-1)(m+1) + (1)(1) =$ พื้นที่ ของ S_1 + พื้นที่ของ S_2 = พื้นที่ของ S_3 (ดังรูปที่ 1 และ 2)

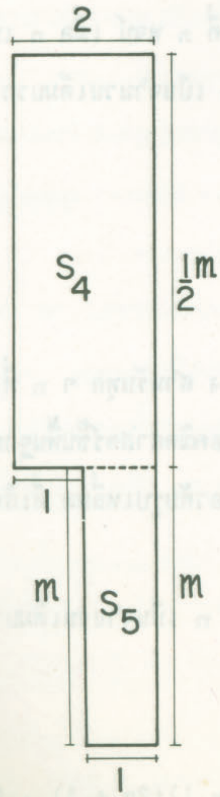


รูปที่ 1

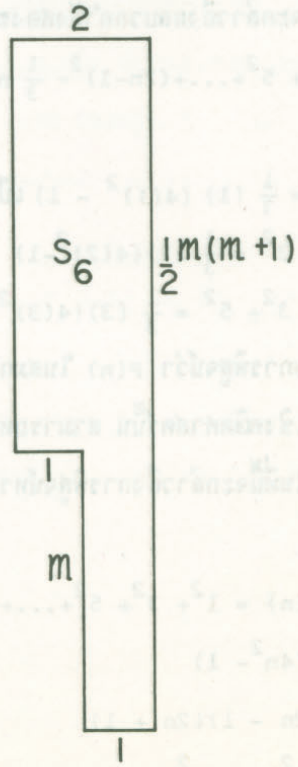


รูปที่ 2

2) $m^2 = m^2 - m + m = m(m-1) + m = (2)\left[\frac{1}{2}m(m-1)\right] + m(1) =$ พื้นที่ของ S_4 + พื้นที่ของ S_5 = พื้นที่ของ S_6 (ดังรูปที่ 3 และ 4)

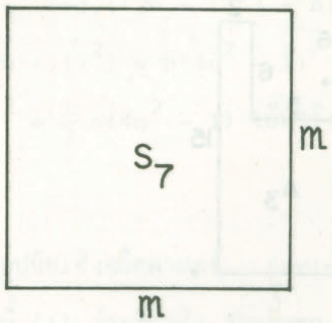


รูปที่ 3



รูปที่ 4

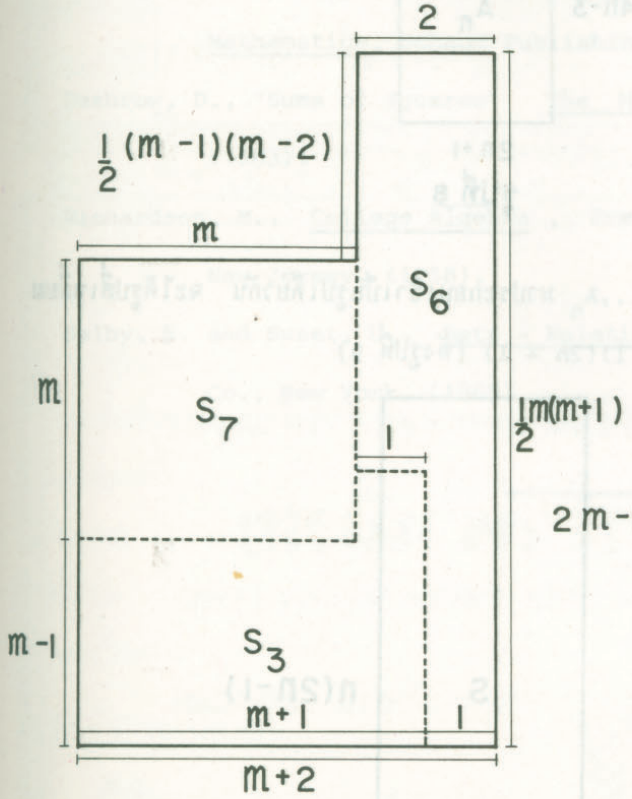
3) m^2 คือพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัส S_7 (ดังรูปที่ 5)



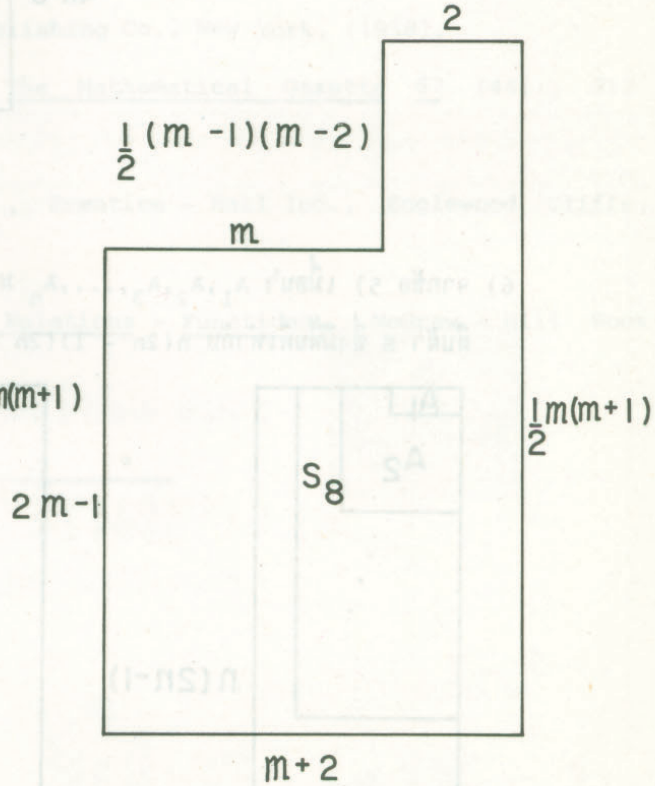
รูปที่ 5

4) จากข้อ 1),2) และ 3) จะได้ว่า $3m^2 = m^2 + m^2 + m^2 =$ พื้นที่ของ S_3 +พื้นที่ของ S_6 + พื้นที่ของ S_7 (ดังรูปที่ 6)

ดังนั้น จึงได้ว่า $3m^2$ คือพื้นที่ของ S_8 (ดังรูปที่ 7)



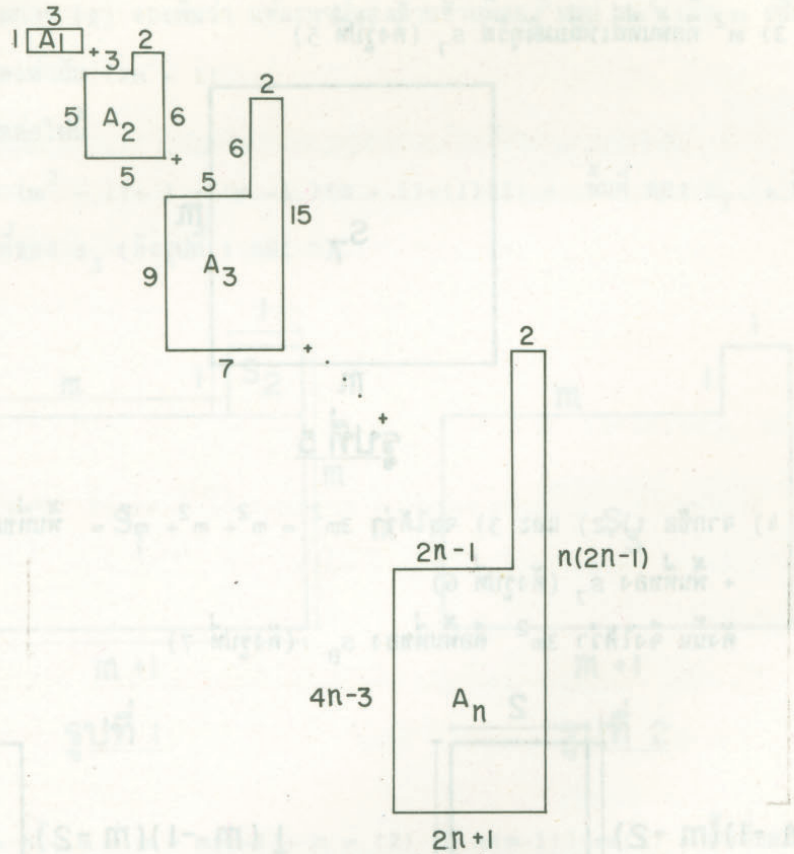
รูปที่ 6



รูปที่ 7

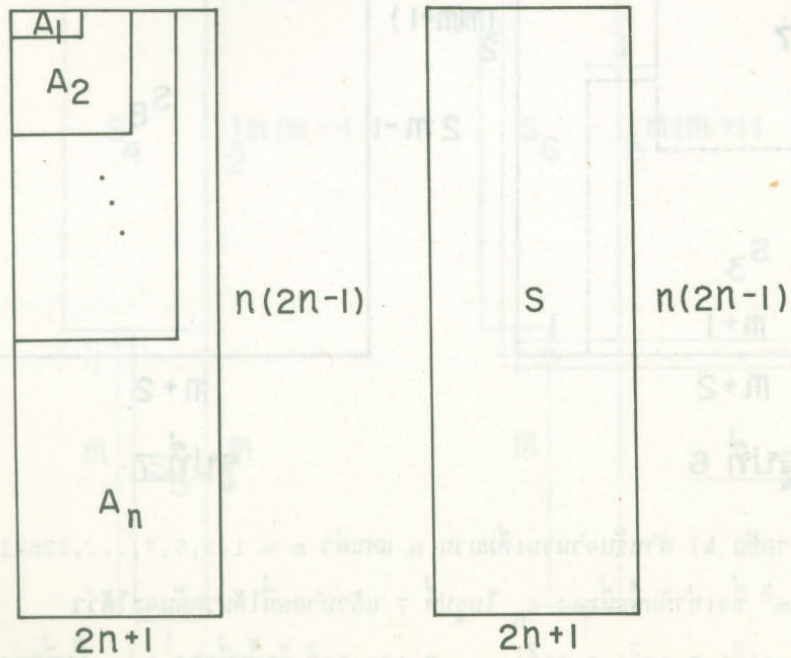
5) จากข้อ 4) สำหรับจำนวนเต็มบวก n แทนค่า $m = 1,3,5,7,\ldots,(2n-1)$ ตามลำดับใน $3m^2$ ซึ่งเท่ากับพื้นที่ของ S_8 ในรูปที่ 7 แล้วนำผลที่ได้บวกกันจะได้ว่า

$3.(1^2)+3.(3^2)+3.(5^2)+\ldots+3.(2n-1)^2$ คือพื้นที่ของ A_1 + พื้นที่ของ A_2 + พื้นที่ของ $A_3+\ldots+$ พื้นที่ของ A_n (ดังรูปที่ 8)



รูปที่ 8

6) จากข้อ 5) เมื่อนำ $A_1, A_2, A_3, \ldots, A_n$ มาประกอบเข้าเป็นรูปเดียวกัน จะได้รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า S ซึ่งมีพื้นที่เท่ากับ $n(2n-1)(2n+1)$ (ดังรูปที่ 9)



รูปที่ 9

จากข้อ 1) ถึง ข้อ 6)

จึงได้ว่า $3.(1^2)+3.(3^2)+3.(5^2)+\ldots+3.((2n-1)^2) = n(2n-1)(2n+1)$

เพราะฉะนั้น $3(1^2+3^2+5^2+\ldots+(2n-1)^2) = n(4n^2-1)$

ดังนั้น $1^2+3^2+5^2+\ldots+(2n-1)^2 = \frac{1}{3}n(4n^2-1)$ เป็นจริง สำหรับทุก ๆ จำนวนเต็มบวก n

สรุป

การใช้ความรู้ทางหลักการอุปนัยเชิงคณิตศาสตร์ (Principle of Mathematical Induction) พิสูจน์ข้อความ P(n) ในสมการที่ (1) ว่าเป็นจริง สำหรับทุก ๆ จำนวนเต็มบวก n นั้น โดยเฉพาะในการสอน ผู้เรียนมักจะเข้าใจยาก หรือเข้าใจไม่ลึกซึ้ง แต่การพิสูจน์ทางเรขาคณิต จะช่วยให้เห็นภาพพจน์และเข้าใจดียิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

Ayres, F. Jr., Schaum's Outline of Theory and Problems of First Year College Mathematics, Schaum Publishing Co., New York, (1958).

Desbrow, D., "Sums of Squares" The Mathematical Gazette 67 (441), 212 (1983).

Richardson, M., College Algebra , Prentice - Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, (1958).

Selby, S. and Sweet, L., Sets - Relations - Functions, McGraw - Hill Book Co., New York, (1969).

ว.วิทย.มข. ๑๒(๒) : ๘๕-๙๓ (๒๕๒๗)

ผลการเจาะและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล ค่ายอาสาพัฒนา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

พันศักดิ์ วรรณขาว*

บทนำ

เนื่องจากความเจริญและการขยายตัวของชุมชน ตลอดจนการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร แหล่งน้ำดิบบนผิวดินจึงนับวันจะขาดแคลนและไม่พอเพียงต่อความต้องการของมนุษย์ ทำให้น้ำใต้ดินมีบทบาท และความสำคัญต่อการดำรงชีพมากขึ้น โดยเฉพาะในภาคอีสาน หมู่บ้านตามชนบทส่วนใหญ่ ประสบกับปัญหาการขาดแคลนน้ำดื่มน้ำใช้ ในฤดูแล้ง

ค่ายอาสาพัฒนาคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปี 2527 นี้ จึงเน้นที่จะให้ความช่วยเหลือประชาชนในชนบท ด้วยการพยายามที่จะพัฒนานำเอาน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ ทำให้เกิดค่ายอาสาพัฒนาการขุดเจาะและพัฒนาน้ำบาดาลขึ้นที่หมู่บ้านคำหัวช้าง ตำบลป่ามะนาว อำเภอบ้านฝาง จังหวัดขอนแก่น ระหว่างวันที่ 22-29 พฤษภาคม 2527 เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำอุปโภคบริโภคดังกล่าว

การสำรวจเบื้องต้น

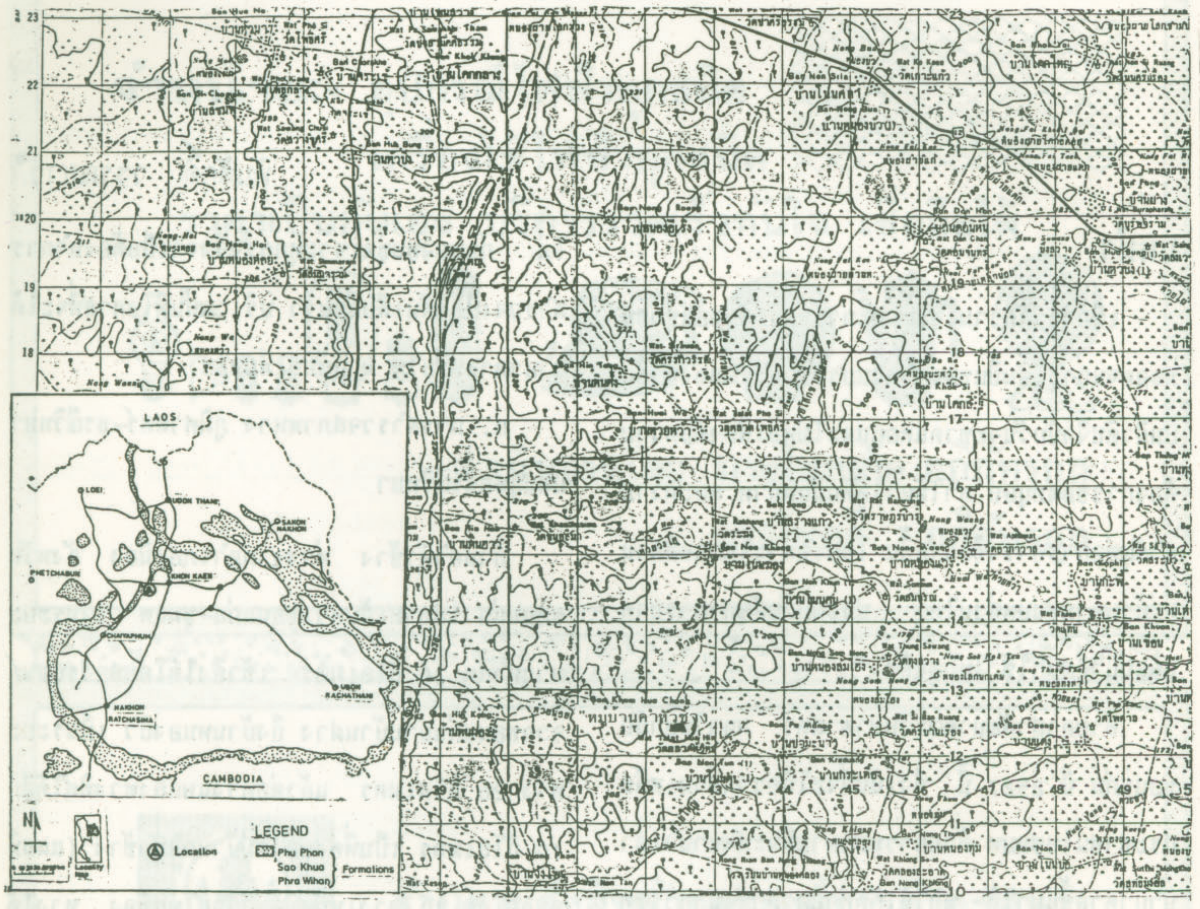
เป็นที่ทราบกันอยู่แล้วว่า แหล่งน้ำใต้ดิน หรือน้ำบาดาลนั้น ไม่ได้กระจายอยู่อย่างต่อเนื่องทั่วไปใต้ผิวดิน แต่จะกักเก็บอยู่เฉพาะแห่ง ขึ้นกับสภาพของชั้นดินชั้นหิน ซึ่งเป็นชั้นรองรับหรือปิดกั้นน้ำว่ามีความเหมาะสมพอที่จะกักเก็บน้ำ เกิดเป็นแหล่งน้ำบาดาลได้หรือไม่ ก่อนลงทุนขุดเจาะทุกครั้งจึงจำเป็นต้องทำการสำรวจเบื้องต้นเสียก่อนว่า บริเวณนั้นมีโอกาสที่จะได้น้ำบาดาลหรือไม่ มากน้อยเพียงไร

ก. การสำรวจสภาพทาง ภูมิศาสตร์-ธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยา

บ้านคำหัวช้าง ห่างจากอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น ไปตามเส้นทางขอนแก่น-ชุมแพ รวมระยะทางทั้งสิ้น 36 กิโลเมตร เข้าถึงได้โดยทางรถยนต์จากขอนแก่นผ่านบ้านฝาง ถึงบ้านหนองบัว เป็นระยะทาง 26 กิโลเมตร แล้วต่อทางแยกลงทางทิศใต้อีก 10 กิโลเมตร เป็นที่ตั้งของหมู่บ้านคำหัวช้าง (แผนที่หมายเลข 1) ทางเหนือติดต่อบ้านโนนฆ้อง ทางใต้เป็นบ้านวังโพน ทางตะวันออกเป็นบ้านโนนตุน และทางตะวันตกเป็นบ้านหินกอง

สภาพทางธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยา ตัวหมู่บ้านคำหัวช้างเองตั้งอยู่บนหินชุดเสาขัว(หินทราย หินทรายแป้ง หินดินดาน สีเปลือกมังคุด สีเทา เป็นส่วนใหญ่) ทางตะวันตกมีทิวเขาของหินชุดพระวิหาร (หินทรายเนื้อหยาบ สีขาว เป็นหลัก) ทางตะวันออกมีหินชุดภูพาน(หินทรายเนื้อหยาบปนกรวด เป็นหลัก) หลงเหลือโผล่ให้เห็นได้เป็นบางแห่ง ชุดหินทั้งหมดที่กล่าวถึง มีการเอียงเทของชั้นหินไปทางตะวันออก เป็นมุม

*ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น



INDEX MAP I. LOCATION OF BAN KHAN HUA CHANG

แผนที่หมายเลข 1

ประมาณ 12 องศา จึงพบว่าการขุดเจาะน้ำบาดาลในบริเวณที่หินเหล่านี้ปกคลุมอยู่ มักจะได้น้ำจืดทั้งหมด ส่วนบริเวณถัดจากบ้านฝางไปทางตะวันออก เข้าสู่ตัวเมืองขอนแก่น มักจะขุดเจาะได้น้ำเค็มเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากปกคลุมอยู่ด้วยชั้นหินเกลือของชุดมหาสารคาม

ข. การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน

วิธีที่ใช้ คือ การวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (RESISTIVITY) ของชั้นหินเพื่อตรวจสอบดูว่าชั้นหินใต้ผิวดินบริเวณนั้น มีโอกาสที่จะมีน้ำกักเก็บอยู่หรือไม่ ซึ่งถ้าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของชั้นหินชั้นใดชั้นหนึ่งมีค่าต่ำ โอกาสที่จะมีน้ำเข้าไปกักเก็บอยู่ก็มีได้สูง การสำรวจเบื้องต้นโดยวิธีทางธรณีฟิสิกส์ ครั้งนี้ใช้วิธีการจัดขั้วไฟฟ้าแบบ SCHLUMBERGER CONFIGURATION ได้ข้อมูลและผลการสำรวจดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1. ข้อมูลการสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของชั้นหิน,ดิน

จังหวัดขอนแก่น วันที่ 19 พฤษภาคม 2527

อำเภอบ้านฝาง ทิศทางการวางแนวขั้วไฟฟ้า AB และ MN อยู่ในแนว E-W

ตำบลป่ามะนาว หมายเลขเครื่องมือ ARD-KKC-I

บ้านคำหัวช้าง

AB/2 in mts.	MN/2 in mts.	k	Δ U	I	ρ_a in ohm.m	Δ U	I	ρ_a in ohm.m	$\rho_{a.avg.}$
1.5	0.5	6.29	1533	336	28.74	1533	335	28.78	28.76
2	0.5	11.79	986	415	28.31	984	413	28.09	28.05
3	0.5	27.50	198.0	209	26.05	195.0	207	25.91	25.90
4.5	0.5	63.86	122.3	324	24.11	122.5	322	24.29	24.20
7	0.5	153.21	18.5	145.7	19.45	182	145.6	19.51	19.30
7	2	35.36	82.8	145.1	20.18	82.9	145.2	20.19	20.19
10	0.5	333.50	9.3	217	13.44	11.6	216	16.84	15.59
10	2	75.43	39.9	209	14.40	39.6	208	14.36	14.38
15	2	173.64	13.5	184.0	12.74	13.2	183.2	12.51	12.63
20	2	311.14	6.0	135.3	13.80	6.4	136.7	14.57	14.22
20	6	95.33	20.9	137.4	14.50	20.6	137.3	14.30	14.40
30	6	226.29	16.2	207	17.71	16.1	207	17.60	17.66
45	6	520.93	7.5	189.6	20.61	7.8	188.8	21.52	21.20
45	10	302.50	14.3	189.3	22.85	14.4	188.1	23.16	23.01
60	10	550.00	10.6	232	25.13	10.7	231	25.48	25.31
60	20	251.43	22.6	232	24.49	22.6	230	24.71	24.60
90	20	605.00	15.2	316	29.10	15.0	316	28.72	29.00

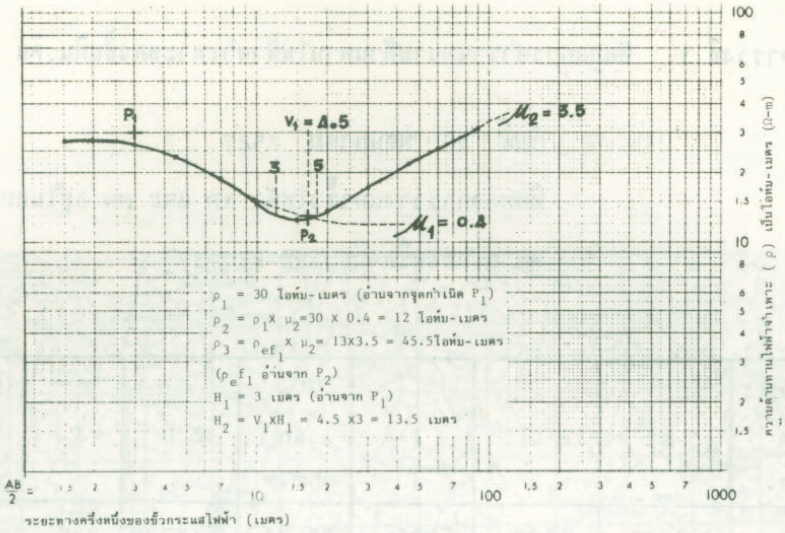
จากตารางข้อมูลการสำรวจ นำมาเขียนกราฟบนกระดาษ LOG-LOG SCALE ได้เป็นรูป H-TYPE CURVE (รูปที่ 2) แล้วทำการแปลข้อมูลโดยวิธี partial curve matching ได้ว่า ชั้นหินมีความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะแตกต่างกันอยู่ 3 ช่วงคือ

ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะเปลี่ยนแปลงช่วงแรก ที่ระดับลึก 3 เมตรมีค่าเป็น 30โอห์ม-เมตร

ช่วงที่ 2 เปลี่ยนแปลงค่าที่ระดับลึก 16.5 เมตรมีค่าเป็น 12 โอห์ม-เมตร

ช่วงที่ 3 ถัดลึกลงไป มีค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะเป็น 45.5 โอห์ม-เมตร

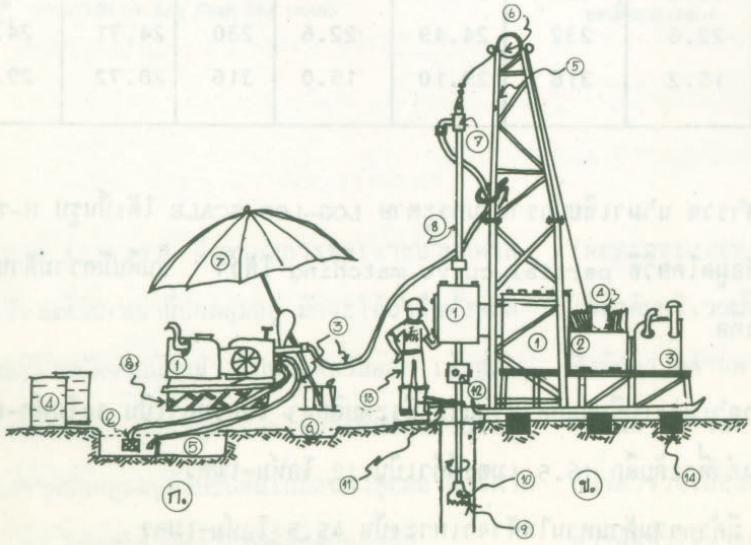
จะเห็นได้ว่า ช่วงที่ 2 มีค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะต่ำที่สุด การตีความในเบื้องต้นนี้ จึงคาดว่าน่าจะมีน้ำอยู่ที่ระดับลึก 16.5 เมตร เพราะมีค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะต่ำและเหมาะสม ดังกล่าว



รูปที่ 1 กราฟการสำรวจความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

การเจาะและการพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

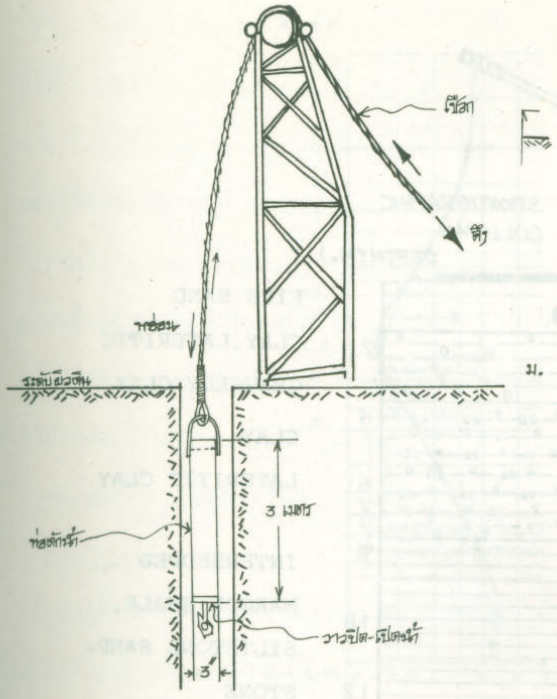
เมื่อทำการสำรวจเบื้องต้นเสร็จสิ้น และคาดว่าควรจะมีชั้นน้ำอยู่ที่ระดับลึกพอที่เครื่องเจาะจะมีความสามารถเจาะถึงได้จึงตัดสินใจลงมือทำการเจาะ ในการครั้งนี้ ใช้วิธีการเจาะ แบบหมุนตรง (DIRECT ROTARY DRILLING) (รูปที่ 2) เจาะจนถึงชั้นน้ำและได้ความลึกที่เหมาะสมพอแล้ว ก็ได้ทำการออกแบบและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล นำน้ำขึ้นมาใช้ประโยชน์ โดยต้องทำการตักน้ำทดสอบปริมาณน้ำที่ไหลเข้าแทนที่ในบ่อว่ามีมากน้อยเพียงใด (รูปที่ 3) แล้วลงท่อกรุท่อกรอง หรือท่อเซาะร่อง (รูปที่ 4) ลงกรวดอัดรอบหลุมเจาะ นอกท่อกรุพร้อมกับการเป่าลมทำความสะอาดบ่อบาดาลจนน้ำที่เป่าขึ้นมาใสเพียงพอและเป็นเวลานาน (รูปที่ 5) จึงติดตั้งเครื่องสูบมือโยก (รูปที่ 6) สูบน้ำขึ้นมาใช้ประโยชน์ได้ในที่สุด



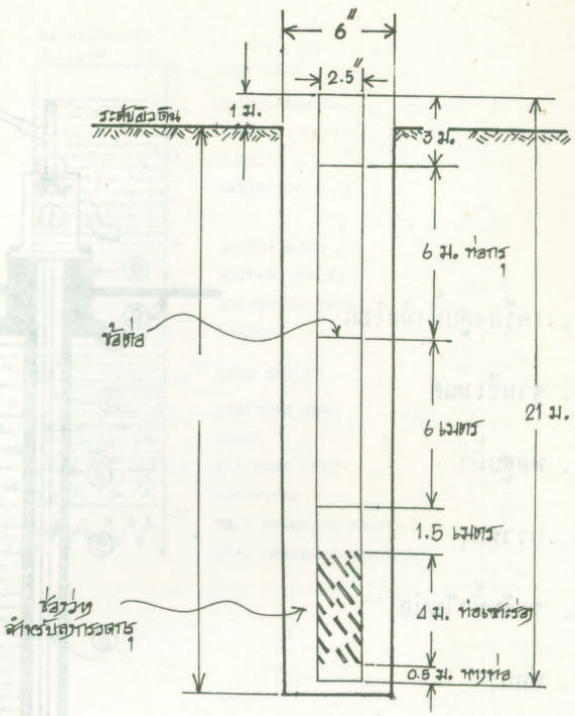
ก. ชุดเครื่องสูบน้ำหล่อเวียนหลุมเจาะ
1. ตัวเครื่องสูบ
2. สายดูดน้ำพร้อมตัวกรอง
3. สายฉีดน้ำ
4. ถังบรรจุน้ำขนาด 200 ลิตร
5. บ่อน้ำที่ใช้หมุนเวียนในหลุมเจาะ
6. บ่อฝังตัวอย่างดิน หิน
7. ร่มกันแดดขนาดใหญ่
8. ล้อยางรถยนต์เก่าหนุนเครื่อง

ข. ชุดเครื่องเจาะ
1. ชุดเครื่องไฮดรอลิก
2. ถังน้ำมันไฮดรอลิก
3. ตัวเครื่องยนต์ที่ใช้ควบคุม
4. กว้าน
5. เสากระโดง
6. ชุดรอก
7. หัวน้ำ
8. ก้านเจาะ
9. หัวเจาะทางปลา
10. รูน้ำที่หัวเจาะ
11. ประแจคอม้า
12. ชุดยึดก้านเจาะติดกับชุดไฮดรอลิก
13. ผู้ควบคุมการเจาะและบันทึกข้อมูลหลุมเจาะ

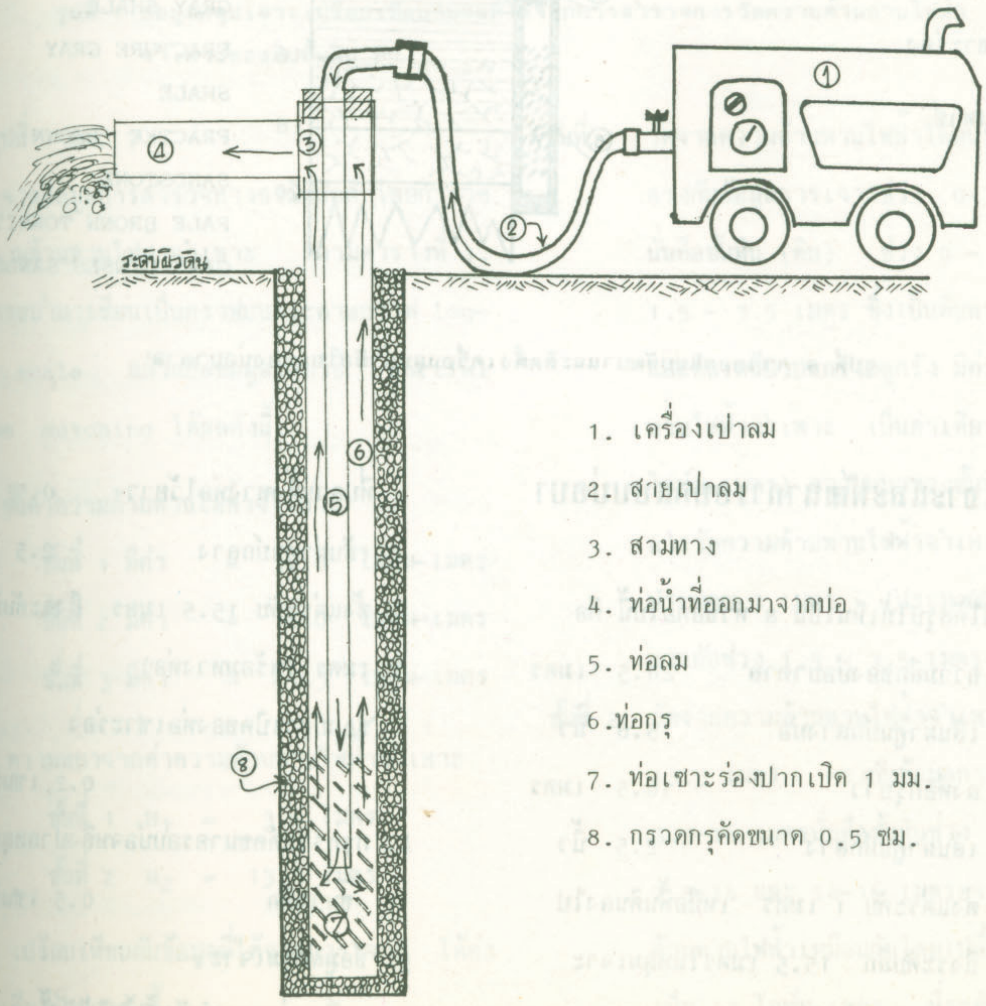
รูปที่ 2 การติดตั้งเครื่องมือเจาะและรายละเอียดส่วนประกอบของเครื่องมือ



รูปที่ 3 แสดงการตักน้ำทดสอบจากหลุมเจาะ

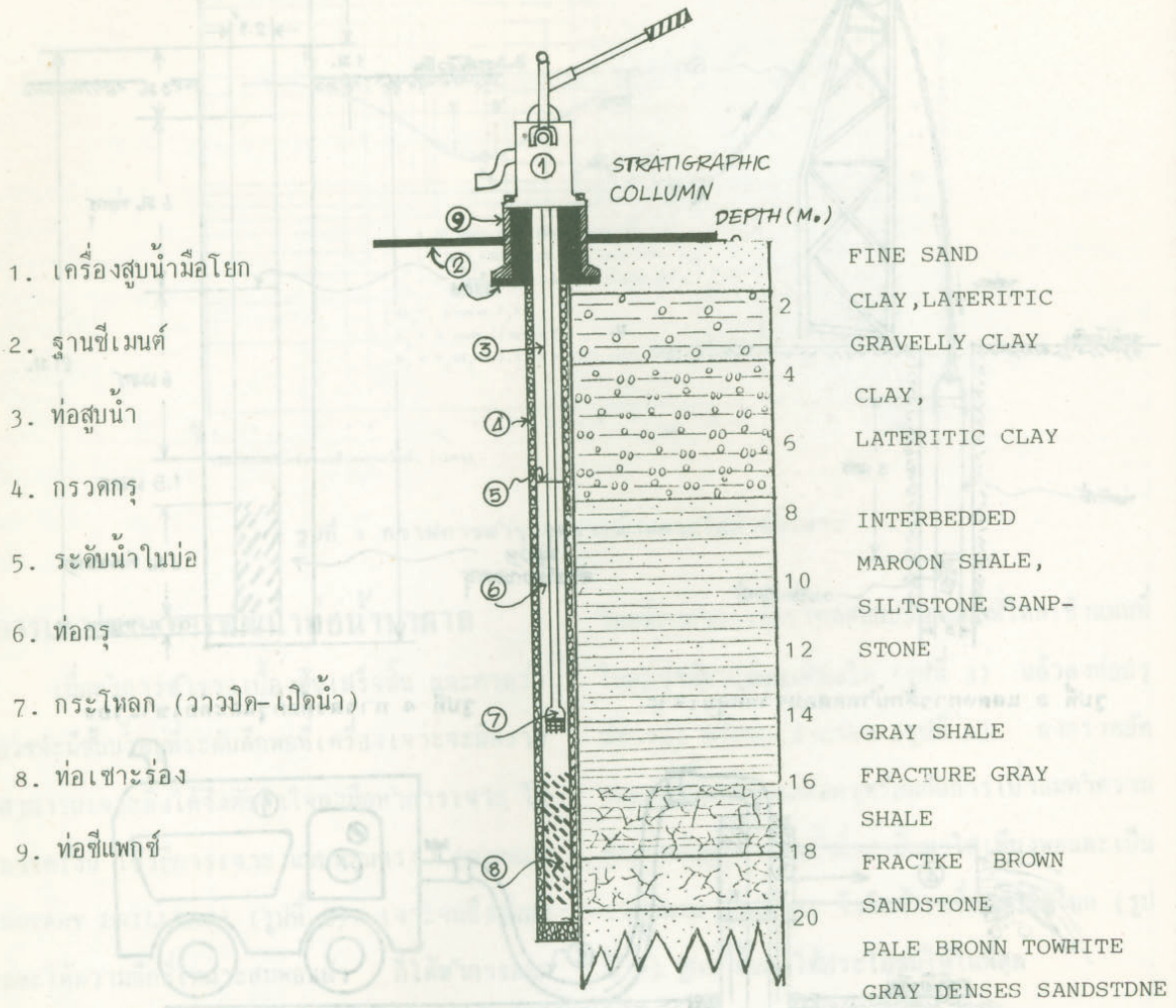


รูปที่ 4 การลงท่อกรุและท่อเซาะร่อง



1. เครื่องเป่าลม
2. สายเป่าลม
3. สามทาง
4. ท่อน้ำที่ออกมาจากบ่อ
5. ท่อลม
6. ท่อกรุ
7. ท่อเซาะร่องปากเปิด 1 มม.
8. กรวดกรุคัดขนาด 0.5 ซม.

รูปที่ 5 การออกแบบพัฒนาและติดตั้งเครื่องสูบน้ำมือโยกของบ่อบาดาล

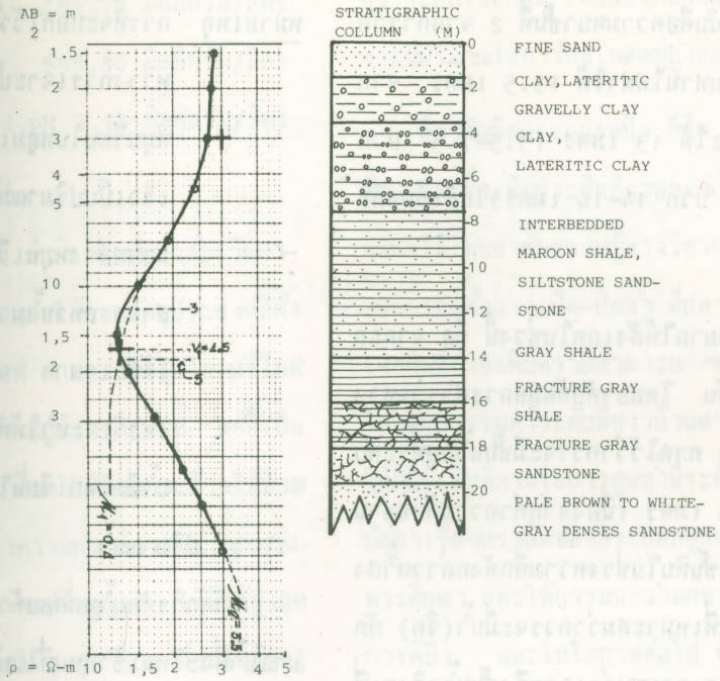


รูปที่ 6 การออกแบบพัฒนาและติดตั้งเครื่องสูบน้ำมือโยกของบ่อบาดาล

ผลการเจาะและพัฒนาการออกแบบบ่อบาดาล

ผลที่ได้สรุปให้เห็นเป็น 8 หัวข้อต่อไปนี้ คือ

1. ความลึกของบ่อบาดาล 20.5 เมตร
   เส้นผ่าศูนย์กลางบ่อ 5.6 นิ้ว
2. ลงท่อกรุยาว 16.5 เมตร
   เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 นิ้ว
   ตั้งแต่ระดับ 1 เมตร เหนือพื้นดินลงไป
   ถึงระดับลึก 15.5 เมตรในหลุมเจาะ
3. ลงท่อเซาะร่องยาว 4.0 เมตร
   ที่ปลายทิ้งหางท่อไว้ยาว 0.5 เมตร
   เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 เมตร
   ตั้งแต่ระดับ 15.5 เมตร ถึงระดับลึก 20 เมตร (พร้อมหางท่อ)
   ช่องปากเปิดของท่อเซาะร่อง 0.2 เซนติเมตร
4. กรุกรวดคัดขนาดรอบบ่อจนถึงปากหลุม
   ขนาดคัด 0.5 เซนติเมตร
5. ข้อมูลหลุมเจาะ
   แสดงเป็นแท่งการลำดับชั้นหินได้ดังนี้



รูปที่ 7 ข้อมูลหลุมเจาะเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการสำรวจการวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของดินชั้นดิน หิน

จากรูปที่ 1 และ 7

จากข้อมูลการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ โดยการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ ตามตารางที่ 1. สามารถนำมาเขียนเป็นกราฟบนกระดาษกราฟ log-log scale แล้วแปลข้อมูลโดยวิธี Partial curve matching ได้ผลดังนี้

ชั้นค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

ชั้นที่ 1 มีค่า = 30.0 โอห์ม-เมตร

ชั้นที่ 2 มีค่า = 12.0 โอห์ม-เมตร

ชั้นที่ 3 มีค่า = 45.5 โอห์ม-เมตร

ความหนาจากค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

ชั้นที่ 1 H_1 = 3.0 เมตร

ชั้นที่ 2 H_2 = 13.5 เมตร

เปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการเจาะ ได้ค่าใกล้เคียงกันมากดังนี้

ชั้นที่ 1 วัดจากความต้านทานไฟฟ้าได้หนา 3 เมตร ตรงกับข้อมูลการเจาะช่วง 0-3.5 เมตร นั่นคือชั้นหิน (ดิน) ช่วง 0 - 1.5 และ 1.5 - 3.5 เมตร ซึ่งเป็นดินทรายละเอียดและดินเหนียวปนกรวดลูกรัง มีค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ เป็นค่าเดียวกัน (30 โอห์ม-เมตร) ความหนาของชั้นหินที่ได้จากการวัดความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ จึงมีค่าประมาณ 3 เมตร (ประมาณ 0 - 1.5 บวกกับช่วง 1.5 - 3.5 เมตร)

ชั้นที่ 2 วัดจากความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ ได้หนา 13.5 เมตร ตรงกับข้อมูลการเจาะช่วง 3.5-16 เมตรนั่นคือชั้นหินช่วง 3.5-7.5, 7.5-14 และ 14-16 เมตร จะมีค่าความต้านทานไฟฟ้าเหมือนกันโดยเปลี่ยนแปลงค่าเป็น 12 โอห์ม-เมตร ที่ระดับลึก 16.5

เมตร นั่นคือความหนาชั้นที่ 2 จากการวัดความต้านทานไฟฟ้าได้ 13.5 เมตร จากการเจาะได้ 13 เมตร (3.5-7.5 บวก 7.5-14 บวก 14-16 เมตร)ใกล้เคียงกันมาก

ที่สำคัญและอยากให้สังเกตในช่วงนี้ คือ จากผลการตีความเบื้องต้น โดยอาศัยข้อมูลการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน คาดไว้ว่าควรจะมีชั้นน้ำอยู่ที่ระดับลึกประมาณ 16.5 เมตร เนื่องจากค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของชั้นหินในช่วงความลึกดังกล่าวต่ำลงมากที่สุดและให้ค่าที่เหมาะสมว่าควรจะมีน้ำ(จืด) กักเก็บอยู่ จากผลการเจาะพบว่าเจาะถึงชั้นน้ำจริงๆ ที่ระดับลึก 16 เมตร เป็นต้นไป จนถึงระดับ 19.5 เมตร ซึ่งเป็นชั้นหินดินดานและหินทรายแตกหักกักเก็บน้ำจืดอยู่ระหว่างรอยแตกหักของชั้นหิน

6. ชั้นหินอุ้มน้ำ (AQUIFER)

จากการบันทึกข้อมูลหลุมเจาะ การเก็บตัวอย่างและการศึกษาอัตราความเร็วในระหว่างการเจาะแต่ละช่วงความลึก ตลอดจนสังเกตสภาพของน้ำที่ใช้ไหลเวียนหล่อหลุมเจาะ พบว่า

ชั้นหินที่เป็นชั้นให้น้ำ เป็นหินดินดานแตกหัก (FRACTURE SHALE) และหินทรายแตกหัก (FRACTURE SANDSTONE) มีความหนารวมแล้วประมาณ 4 เมตร ตั้งแต่ระดับลึก 16 เมตร ถึงประมาณ 20 เมตร ลักษณะของชั้นหินอุ้มน้ำเป็นแบบ ชั้นอุ้มน้ำมีแรงดัน (CONFINED AQUIFER) เนื่องจากมีชั้นปิดกั้นน้ำ (impermeable layer) ซึ่งเป็นหินดินดานสีเทาปิดทับอยู่ข้างบนและระดับน้ำจากแรงดัน(piezometric level) ถูกดันด้วย Hydrostatic pressure ขึ้นไปอยู่สูงถึงระดับ 6 เมตร จากผิวดินปากบ่อเหนือชั้นหินอุ้มน้ำ

<u>หมายเหตุ</u> การที่จะบอกไว้ว่าถึงชั้นน้ำหรือยังในระหว่างการเจาะนั้น สังเกตได้จากน้ำที่ใช้หมุนวียนในหลุมเจาะจะหายไปอย่างรวดเร็วเป็นปริมาณมาก โดยไม่ไหลกลับขึ้นมาบนอ่างหมุนเวียนน้ำเลย ซึ่งถ้าไม่สามารถหาน้ำมาเติมในอ่างหมุนเวียนน้ำได้ทันเวลา จะไม่สามารถเจาะต่อได้ เพราะจะทำให้หัวเจาะตันเนื่องจากไม่มีน้ำฉีดไหลเวียนในหลุมเจาะดังกล่าว

7. ปริมาณน้ำ

จากการตักน้ำทดสอบด้วยก้านตักน้ำ เพื่อหาปริมาณน้ำที่จะไหลเข้าแทนที่ในบ่อสามารถบอกได้คร่าวๆ ว่า บ่อน้ำบาดาลที่เจาะในครั้งนี้ ให้น้ำได้ถึงประมาณ 5-10 แกลลอนต่อนาที ซึ่งเป็นปริมาณเพียงพอที่จะใช้ในหมู่บ้านคำหัวช้างได้อย่างสะดวกสบายไม่เดือดร้อนเรื่องการขาดแคลนน้ำอีกต่อไป

ในการออกแบบบ่อบาดาล ก็ได้พยายามเพิ่มประสิทธิภาพของบ่อน้ำด้วยการลงท่อกรุ ท่อเซาะร่องให้เหมาะสมและลงกรวดกรุอัดรอบ ๆ ท่อกรุท่อเซาะร่อง (Artificial pact) เพื่อเพิ่มความเร็วในการไหลเข้าเติมของน้ำ(water recharge) ในบ่อได้ดีขึ้น ตลอดจนป้องกันการอุดตันของท่อเซาะร่องได้ด้วย

8. คุณภาพน้ำบาดาล

จากผลการเจาะน้ำบาดาล สภาพน้ำทางกายภาพได้น้ำเป็นน้ำจืด ใสสะอาดมาก เมื่อนำตัวอย่างน้ำมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี (ตารางที่ 2) พบว่า

น้ำมีความกระด้างรวม 320.00 มิลลิกรัม/ลิตร

โดยมี

ปริมาณแคลเซียม, Ca 35.27 มิลลิกรัม/ลิตร

แมกเนเซียม, Mg	284.73	มิลลิกรัม/ลิตร
ไบคาร์บอเนต, HCO_3	658.80	มิลลิกรัม/ลิตร
และมีความเป็นกรด-ด่าง,pH	7.15	มิลลิกรัม/ลิตร

สรุปและวิจารณ์ผล

สามารถกล่าวได้ว่า ค่ายอาสาพัฒนาคณะวิทยาศาสตร์ ครั้งนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยได้น้ำจืดใสสะอาด สามารถใช้อุปโภคบริโภคได้ แม้จะเป็นน้ำกระด้างอยู่บ้างเล็กน้อย แต่ก็เป็นแบบน้ำกระด้างชั่วคราว ซึ่งทำให้หายกระด้างได้ด้วยการต้มให้เดือด และค่าความกระด้างรวม (TOTAL HARDNESS) ก็ต่ำกว่าเกณฑ์ที่อนุญาต ให้มีได้สูงสุดสำหรับน้ำดื่ม(ปกติอนุญาตให้สูงสุด 500 ส่วนในล้าน) ซึ่งสารอื่นๆ ที่วิเคราะห์พบว่าเจือปนอยู่ในน้ำก็มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดเช่นเดียวกัน

แต่อย่างไรก็ตาม ถ้าจะให้ดีสำหรับใช้ในการดื่มควรจะต้มเสียก่อน เพื่อป้องกันการเป็นโรคนิ่ว เนื่องจากมีปริมาณไบคาร์บอเนตอยู่สูงพอสมควร

ที่สำคัญอีกประการหนึ่ง ก็คือ การออกแบบ และพัฒนาบ่อเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของบ่อ ให้สูงที่สุดเท่าที่จะทำได้โดยอาศัยความรู้ทางวิชาการเข้าช่วย ตลอดจนการติดตั้งวาวเปิด-ปิดน้ำ ที่ปลายท่อสูบน้ำ ก็เป็นเทคนิคที่ช่วยเพิ่มความสามารถ ของเครื่องสูบน้ำมือโยกแบบธรรมดาระดับที่ชาวบ้านสามารถที่จะซื้อหาได้ให้มีประสิทธิภาพในการสูบน้ำที่ระดับลึกๆได้ โดยไม่มีปัญหาเรื่องแรงอัดของกระบอกสูบน้ำ ซึ่งเป็นเรื่องที่ควรศึกษา และให้การแนะนำแก่ชาวบ้านได้ ก็จะเป็นการดียิ่ง และในโอกาสต่อไป คาดว่าโครงการในลักษณะนี้ คงจะได้รับความช่วยเหลือสนับสนุนจากหน่วยงานต่างๆ เป็นอย่างดีเพื่อส่งเสริมให้การปฏิบัติงานประสบผลสำเร็จยิ่งๆ ขึ้นต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอแสดงความขอบคุณคณะนักศึกษา คณาจารย์ ตลอดจนผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านในการสำรวจและปฏิบัติงานเจาะบ่อน้ำบาดาลครั้งนี้ด้วย

บรรณานุกรม

1. พันศักดิ์ วรรณขาว และ ฉลอง บัวผัน, 2527, โครงการเจาะและพัฒนาบ่อน้ำบาดาล ค่ายอาสาพัฒนาคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น, 32 หน้า.

2. APHA - AWW - WPCF, 1976, STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 14th ed., American Public Health Association, Washington, 1193 pp.

3. Mathur S.P., 1981, LOCATION OF SHALLOW AQUIFERS, United Nations Development Programme, World Health Organization, Bangkok, Thailand, 51 pp.

ว.วิทย.มข. ๑๒(๒) : ๙๕- ๑๐๐ (๒๕๒๓)

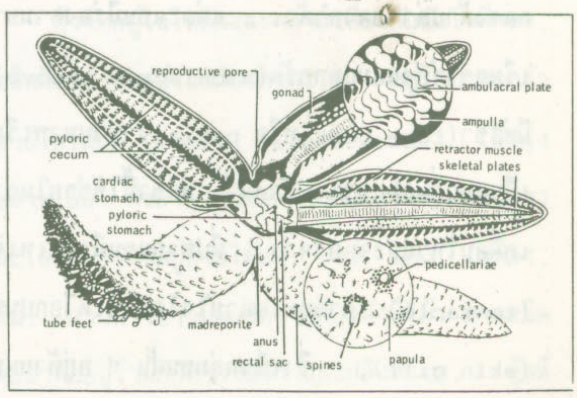
สัตว์ทะเลที่อาศัยอยู่ร่วมกับดาวทะเล

ละออศรี เสนาะเมือง*

บทนำ

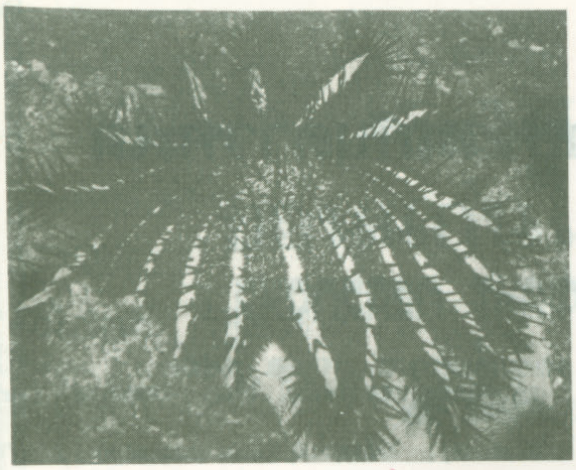
ทะเลเป็นทรัพยากรที่มีคุณค่ายิ่ง, เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์ทะเลนานาชนิด เมื่อสัตว์ทะเลมีจำนวนมากมายมหาศาล, จึงมีการแก่งแย่งทั้งที่อยู่อาศัย และอาหาร; ดังนั้นเพื่อความอยู่รอด, สัตว์ทะเลแต่ละชนิดต้องพยายามปรับตัวทั้งทางสัณฐานวิทยา, สรีรวิทยา, ตลอดจนทางพฤติกรรมให้เหมาะสม. แม้กระทั่งพยายามที่จะมาอาศัยอยู่ร่วมกับสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น (Symbiosis หรือ Association). การอยู่ร่วมกันนี้อาจเป็นแบบที่ได้รับประโยชน์ร่วมกันทั้งสองฝ่าย, เป็นการพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน (Mutualism), หรือเป็นแบบที่ฝ่ายหนึ่งได้รับประโยชน์ ส่วนอีกฝ่ายหนึ่งไม่ได้และไม่เสียประโยชน์ (Commensalism); หรือเป็นแบบที่ฝ่ายหนึ่งได้รับประโยชน์ แต่อีกฝ่ายหนึ่งเสียประโยชน์ (Parasitism). ดาวทะเล (sea star หรือ starfish) เป็นสัตว์ทะเลพวกหนึ่งที่มีสัตว์หลายชนิดมาอาศัยอยู่ด้วย, เนื่องจากร่างกายของดาวทะเลเหมาะสำหรับเป็นที่หลบกำบังศัตรู; อีกทั้ง ถ้าเปรียบเทียบกับสัตว์ทะเลกลุ่มอื่นแล้ว, ดาวทะเลมีตัวห้ำ (predator) ที่จะมากินมันน้อย. ก่อนที่จะกล่าวถึงสัตว์ทะเลที่มาอาศัยอยู่ร่วมกับดาวทะเล, ขอแนะนำให้รู้จักกับดาวทะเลพอสังเขปดังนี้:

ดาวทะเล จัดอยู่ใน ไฟลัมเอไคโนเดอร์มาตา (Phylum Echinodermata), นอกจากดาวทะเลแล้วสมาชิกอื่นของไฟลัมนี้ ได้แก่ เม่นทะเล (sea urchin), ปลิงทะเล (sea cucumber), ดาวเปราะ (Brittle star), เหรียญทะเล (sand dollar), และดาวขนนก(feather star) เป็นต้น คนโดยทั่วไปมักเรียกดาวทะเลว่า "ปลาดาว", ซึ่งแปลมาจากภาษาอังกฤษว่า "starfish". ปัจจุบันมีหลายท่านให้ความเห็นว่า ควรเปลี่ยนมาเรียกว่า "ดาวทะเล" น่าจะเหมาะกว่า, เพราะดาวทะเลไม่ใช่ปลา. ดาวทะเลพบได้ทั่วไปตามหาดทราย, โขดหิน, และแนวปะการัง. รูปร่างโดยทั่วไปมีแฉกยื่นออกมา 5 แฉก (รูปที่ 1), แต่ละแฉกเรียกว่า แขน (arm). มีบางชนิดเช่น ดาวมงกุฎหนาม (รูปที่ 2) มีแฉกประมาณ 13-16 แฉก. ตัวเต็มวัยมีสมมาตรแบบรัศมี, การที่ตัวเต็มวัยมี 5 แฉก และมีสมมาตร



รูปที่ 1 ดาวทะเล (ด้านบนหรือด้านหลัง) แสดงลักษณะภายนอกและลักษณะภายใน (จากBarnes, R.D.1980)

*อาจารย์ละออศรี เสนาะเมือง ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น



รูปที่ 2 ดาวมงกุฎหนาม (Acanthaster planci) อาศัยอยู่ตามแนวปะการัง (จาก Zann,L. P.1980)

แบบรัศมี เรียกว่า รัศมี 5 แฉก (pentamerous radialsymmetry), แต่ในระยะตัวอ่อนมีสมมาตรเป็นแบบครึ่งซีก (bilateral symmetry), ผิวตัวด้านบนมีหนาม (spine) จำนวนมากปกคลุม, ใต้หนามมีเยื่ออีพิเดอร์มิส (epidermis) บาง ๆ. มีโครงสร้างภายใน (endoskeleton) ซึ่งเป็นแผ่นหินปูนเชื่อมติดกันเป็นโครง. ทางเดินอาหารเป็นแบบสมบูรณ์. ด้านบนมีทวารหนักและตะแกรงเล็กๆ(madreporite) เป็นทางน้ำเข้า. ปากเป็นช่องอยู่ตรงกลางด้านล่างของลำตัว. แต่ละแขนมีร่องตามยาวเรียกว่าร่องแอมบูลาครัล(ambulacral groove), มีท่อขา(tube feet หรือ podia)จำนวนมากเรียงเป็นแถวยื่นออกมาจากร่องนี้, ท่อขานี้ใช้ช่วยในการเคลื่อนไหวและจับอาหาร. ที่ปลายแขนมีเทนเทเคิล (tentacle). ดาวทะเลหายใจโดยใช้เหงือกบนตัว (skin gill), ซึ่งเป็นกลุ่มขนสั้น ๆ อยู่ด้านบน. รอบ ๆ หนาม มีอวัยวะคล้ายก้ามหนีบ (pedicellariae) ช่วยทำความสะอาดและป้องกันอันตรายให้กับเหงือก. ดาวทะเลมีเพศแยกกันอยู่คนละตัว. การปฏิสนธิ เป็นแบบภายนอกตัว. ดาวทะเลที่พบตามธรรมชาติมีสีสรรสวยงามมาก, ที่พบในประเทศไทยมีหลายชนิด เช่น ดาวหมอนปักเข็ม (pin cushion sea star; Culcita novaeguineae), ดาวทะเลสีน้ำเงิน (cobalt blue sea star; Linckia laevigata), ดาวทะเลสีแดง (red spiny sea star; Pentaceraster sp.), ดาวทะเลชายหาด(sand sea star; Astropecten sp.), และดาวมงกุฎหนาม (crown of thorns starfish; Acanthaster planci) เป็นต้น

สัตว์ทะเลที่อาศัยอยู่ร่วมกับดาวทะเล

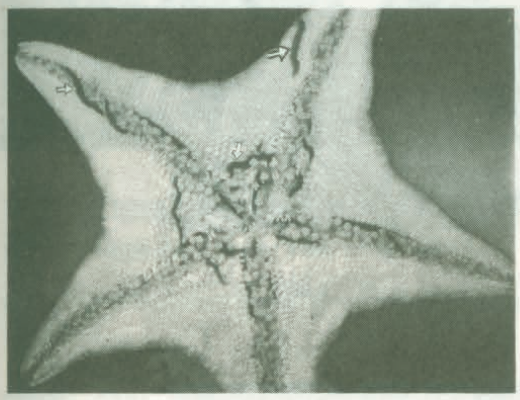
สัตว์ทะเลที่มาอาศัยอยู่ร่วมกับดาวทะเลนั้นสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1. กลุ่ม ที่มาอาศัยอยู่ร่วมกับดาวทะเล แบบ Commensalism, ได้แก่

1.1 หนอนโพลิคีต(Polychaete worm).

หนอนโพลิคีตจัดอยู่ในไฟลัมแอนเนลิดา(Phylum Annelida) คลาสโพลิคีตา(Class Polychaeta) โดยทั่วไปชอบขุดรูอยู่ในโคลนหรือทราย, บางชนิดคืบคลานอยู่ใต้ก้อนหิน, หรืออยู่ในหลอดที่สร้างขึ้น. สำหรับชนิดที่อาศัยอยู่ร่วมกับดาวทะเลนี้ จัดอยู่ในครอบครัวโพลินอยดี(Family Polynoidae). เป็นหนอนเล็กๆ ยาวประมาณ 1-2 เซนติเมตร. ตัวค่อนข้างแบน เพื่อประโยชน์ในการเกาะติดกับดาวทะเล. มันสามารถปรับตัวได้ดีมาก ทั้งด้านรูปร่าง และสีสรรเพื่อให้เหมือนกับดาวทะเลชนิดที่มันอาศัยอยู่. นอกจากนี้แผ่นขา (parapodium) ของมันยังคล้ายกับท่อขาหรือหนามของดาวทะเลมาก, ต้องสังเกตให้ดีจึงจะมองเห็นตัวของหนอนโพลิคีต. บริเวณที่อาศัยอยู่คือทั้งด้านบน และด้านล่างของตัวดาวทะเล, บางชนิดชอบอาศัยอยู่ในร่องแอมบูลาครัล (รูปที่ 3). หนอน

โพลิคีตได้ประโยชน์ตรงที่มีที่อยู่อาศัยและที่กำบังศัตรู, บางครั้งหนอนนี้ จะกินเมือกที่ดาวทะเลหลั่งออกมา. มักพบหนอนโพลิคีตอาศัยอยู่ร่วมกับดาวทะเลหลายชนิด เช่น หนอนโพลิคีตชนิด Hololepidella sp. อาศัยอยู่ร่วมกับ ดาวมงกุฎหนาม (Acanthaster brevispinus), ชนิด Hololepidella alba อาศัยอยู่ร่วมกับ ดาวมงกุฎหนาม (Acanthaster planci) (Schröder, 1981). ดาวมงกุฎหนามชนิดนี้พบบริเวณหมู่เกาะฟิลิปปินส์, รวมทั้งประเทศไทยด้วย. ชนิด Podarke pugettensis อาศัยอยู่ร่วมกับดาวทะเล (Oreaster occidentalis). นอกจากนี้มีรายงานว่า หนอนโพลิคีตในครอบครัวนี้ยังอยู่ร่วมกับดาวทะเลอื่นเช่น : Patiria sp; Nardoa sp; และ Fromia mimics (Zann, L.P., 1980).



รูปที่ 3 หนอนโพลิคีตหลายตัว (ศรชี้) อาศัยอยู่ร่วมกับดาวทะเล (Patiria sp.) ส่วนใหญ่อยู่ตามร่องแอมบูลาครัล (จาก Zann, L.P.-1980)

1.2 โคพีพอด (Copepod).

โคพีพอดเป็นไรน้ำเค็มพวกหนึ่ง, จัดอยู่ในไฟลัมอาร์โทรโปดา (Phylum Arthropoda), คลาสครัสตาเชีย (Class Crustacea). ปกติดำรงชีวิตเป็นแพลงตอน (plankton) ล่องลอยอยู่ในน้ำ. ตัวมีขนาดเล็กยาวเพียง 2-3 มิลลิเมตร. มักพบเกาะอยู่บนตัวของดาวทะเล. มันสามารถปรับสีตัว ให้เหมือนกับสีของดาวทะเลชนิดที่มันอาศัยอยู่ ได้ดีมาก, ชนิดที่มีรายงานไว้ คือ Linchiomolgus coeruleus (รูปที่ 4) อาศัยอยู่บนดาวทะเลสีน้ำเงิน (Linckia laevigata) (Zann, L.P., 1980) โคพีพอดชนิดนี้ ตัวมีสีน้ำเงินเหมือนกับดาวทะเลมาก, จะสังเกตดูตัวมันได้ โดยดูที่ตัวเมียที่มีถุงไข่ (egg sac) สีขาว 1 คู่. ดาวทะเลบางชนิดตัวมีหลายสี, โคพีพอดที่มาอาศัยอยู่ด้วยก็ปรับตัวให้มีแถบหลายสีด้วย

รูปที่ 4 โคพีพอด Linchiomolgus cieruleus สีน้ำเงิน (Linckia laevigata) (จาก Zann, L.P. 1980)

1.3 กุ้ง (shrimp)

กุ้งจัดอยู่ในไฟลัมและคลาสเดียวกันกับโคพีพอด, ชนิดที่พบอาศัยอยู่ร่วมกับดาวทะเล อยู่ในครอบครัวพาลีโอโมนิดี (Family Palaemonidae) เป็นกุ้งขนาดเล็ก. สีของกุ้งนี้มีแตกต่างกันไปขึ้นกับสีของดาวทะเลที่มันอาศัยอยู่ด้วยได้แก่ ขาว, แดง, เหลือง, ส้ม, บางครั้งอาจมีแถบหลายสีบนตัวก็ได้. บางชนิดพบอาศัยอยู่ร่วมกับดาวขนนก และปลิงทะเล. กุ้งที่อาศัยอยู่ร่วมกับดาวทะเลที่มีรายงานไว้โดย Zann, L.P. 1980 และ Cases & Storch, 1981 มี 2 ชนิด, ทั้งสองชนิดนี้อาศัยอยู่ร่วมกับดาวทะเลที่พบบริเวณอินโด-แปซิฟิก (Indo-Pacific).

ก. Periclimenes soror (รูปที่ 5) อาศัยอยู่ทั่วไปตามตัวของดาวมงกุฎหนาม (Acanthaster planci), มักพบเกาะอยู่ระหว่างหนาม. นอกจากนี้ยังพบกุ้งชนิดนี้อาศัยอยู่ร่วมกับดาวทะเลชนิดอื่น เช่น Culcita sp., Protoreaster sp; และ Pentaceraster sp. ด้วย

รูปที่ 5 กุ้ง (Periclimenes soror) ตัวสีขาว เกาะอยู่ระหว่างหนามของดาวมงกุฎหนาม (จาก Zann,L.P.1980)

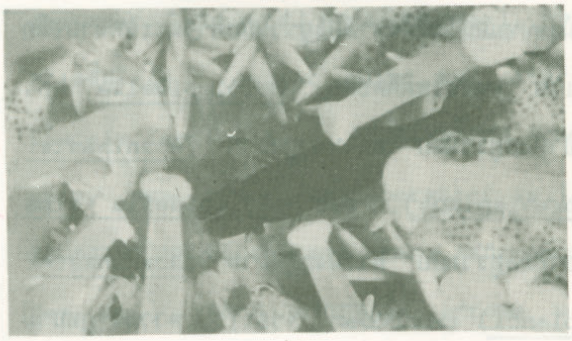
ข. Periclimenes noverca (รูปที่ 6) ตัวมีขนาดใหญ่กว่า P. soror เล็กน้อย. อาศัยอยู่ร่วมกับดาวมงกุฎหนาม (Acanthaster brevispinus).

Clark, E;(1984) รายงานว่ามีกุ้งขนาดเล็กสีขาวและสีส้ม, ตัวยาวประมาณ 1 นิ้ว, อาศัยอยู่ร่วมกับดาวทะเลที่พบบริเวณ Izu Oceanic Park ของประเทศญี่ปุ่นด้วย.

1.4 ปลา (Fish)

ปลาเป็นสัตว์มีกระดูกสันหลังพวกเดียวที่มาอาศัยอยู่ร่วมกับดาวทะเล, แบ่งเป็น 2 กลุ่มดังนี้

ก. ปลาคาร์ดินาล (Cardinal fish; Siphamia fuscolineata) ดูรูปที่ 7 เป็นปลาขนาดเล็กอาศัยอยู่รวมกันเป็นฝูงบริเวณระหว่างหนาม ของดาวมงกุฎหนาม. ปลาสกุลนี้ชอบอาศัยอยู่ร่วมกับเม่นทะเลสกุล Diadema ด้วย



รูปที่ 6 กุ้ง (Periclimenes noverca ตัวสีดำแดง อาศัยอยู่บริเวณปากของดาวมงกุฎหนาม (จาก Zann,L.P.1980)

รูปที่7 ปลาคาร์ดินาล (Siphamia fuscolineata) อาศัยอยู่บริเวณหนามของดาวมงกุฎหนาม (จาก Zann,L.P.1980)

ข. ปลาชนิด Carapus mourlani. เป็นปลาขนาดเล็กเช่นกัน, ตัวค่อนข้างใส. พบอาศัยอยู่ตามร่องแอมบูลาครัลของดาวหมอนปักเข็ม. ส่วนใหญ่มักพบปลาสกุลนี้อาศัยอยู่ร่วมกับปลิงทะเลด้วย

2. กลุ่มที่เป็นปรสิตของดาวทะเล ได้แก่

2.1 หนอนตัวแบน (Pterastericola vivipara). เป็นปรสิตจัดอยู่ในไฟลัม แพลททีเฮลมินทิส (Phylum Platyhelminthes), คลาสเทอร์เบลลาเรีย (Class Turbellaria). พบอาศัยอยู่บริเวณ hepatic caecum ของดาวมงกุฎ-

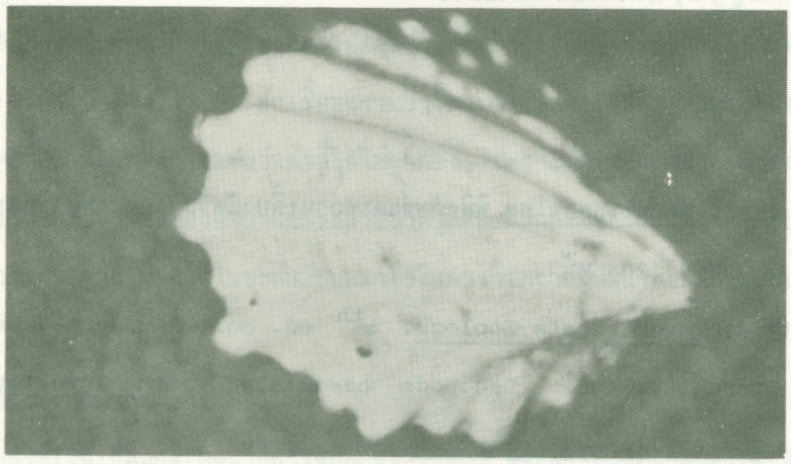
หนาม. มักจะกินเนื้อเยื่อบุผิวของ hepatic caecum, แต่ไม่ทำอันตรายให้กับดาวมงกุฎหนามมากนัก

2.2 เพรียง (Barnacle) เพรียงจัดอยู่ในไฟลัมและคลาสเดียวกันกับกุ้ง. เป็นเพรียงที่ไม่มีเปลือก. ส่วนของร่างกายลดรูปลงไปมาก. อาศัยอยู่ในของเหลวในร่างกายของดาวทะเล. เพรียงพวกนี้ทำอันตรายต่อดาวทะเลน้อยมาก.

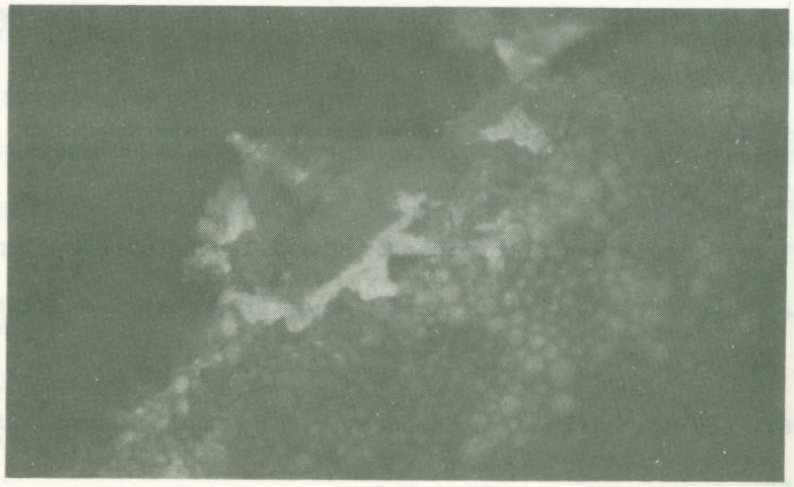
2.3 หอยฝาเดียว (Gastropod) หอยฝาเดียวจัดอยู่ในไฟลัมมอลลัสกา(Phylum Mollusca), คลาสแกสโตโปดา (Class Gastropoda). ส่วนใหญ่ดำรงชีวิตเป็นอิสระ. ที่รายงานไว้โดย Zann, L.P. 1980 มี 2 ชนิดที่เป็นปรสิตของดาวทะเลได้แก่

ก. Thyca crystallinus (รูปที่ 8) เป็นปรสิตที่เกาะอยู่ตามผิวของดาวทะเลสีน้ำเงิน (Linckia laevigata) ตัวมีขนาดเล็กเปลือกสีขาว.

ข. Stylifer sp. (รูปที่ 9) เปลือกหอยเกือบทั้งหมด ฝังอยู่ตามผิวตัวด้านนอกของดาวทะเล (Tamaria sp.), มองเห็นคล้ายกับตุ่มเล็กๆ, บางครั้งพบตามบริเวณแขนของดาวทะเล



รูปที่ 8 หอยฝาเดียว(Thyca crystallinus)เป็นปรสิตของดาวทะเลสีน้ำเงิน (จาก Zann, L. P.1980)



รูปที่ 9 หอยฝาเดียว (Stylifer sp.) เป็นปรสิต ของดาวทะเล (Tamaria sp.) จาก Zann,L.P.1980)

บทสรุป

จากที่กล่าวมาแล้ว จะเห็นว่ามีสัตว์ทะเลหลายชนิดที่อาศัยอยู่ร่วมกับดาวทะเล, เพื่อประโยชน์ในแง่ที่อยู่อาศัย, ที่หลบกำบังศัตรู. การที่สัตว์เหล่านี้มาอาศัยอยู่ร่วมกับดาวทะเล, ทำให้มันมีโอกาสอยู่รอดในธรรมชาติ ได้มากกว่าการอาศัยอยู่ตามถิ่นที่อยู่เดิมของมัน,อีกประการหนึ่งดาวทะเลมีศัตรูค่อนข้างน้อย, และมีความสามารถ ที่จะงอกส่วนที่ขาดหายไปใหม่ (regeneration) ได้, ซึ่งมีประโยชน์ในแง่ถ้าดาวทะเลถูกทำร้ายไม่ถึงตาย, สัตว์ที่มาอาศัยอยู่ด้วยไม่จำเป็นต้องลำบากหาที่อยู่ใหม่, เพราะอีกไม่นานดาวทะเลก็สามารถงอกส่วนที่ขาดหายไปใหม่ได้. ความสัมพันธ์ของสัตว์ต่างชนิดกัน ที่มาอาศัยอยู่ร่วมกันนี้น่าสนใจมาก, ไม่เพียงแต่กับดาวทะเลเท่านั้น, มีสัตว์ทะเลอีกหลายชนิดที่มาอาศัยอยู่ร่วมกันแบบนี้ในธรรมชาติ, แต่ยังไม่ได้มีรายงานเอาไว้, ต้องมีการศึกษากันต่อไปอีก, ดังนั้นถ้าท่านมีโอกาสได้สัมผัสกับสัตว์ทะเลอย่างใกล้ชิด, ลองสังเกตดูว่าสัตว์ที่ท่านพบนั้น, มีสัตว์ชนิดอื่นอาศัยอยู่ด้วยหรือไม่ ? ท่านอาจเป็นผู้หนึ่ง ที่พบสิ่งที่เป็นความรู้ใหม่ต่อวงการวิทยาศาสตร์ก็ได้.

บรรณานุกรม

สุรินทร์ มัจฉาชีพ. 2521. สัตว์ทะเลของไทย พิพิธภัณฑ์และสถานเลี้ยงสัตว์น้ำเค็ม, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, บางแสน. 208 หน้า.

Barnes, R.D. 1980. Invertebrate Zoology. 4th ed. Holt-Saunders,Japan, 1,089pp.

Cases, E. and Storch, V. 1981. Decapods associated with invertebrates from Cebu. The Philippine Scientist. 18 : 15-26.

Clark E. 1984. Japan's Izu Oceanic Park. National Geographic. 165(4): 465-491.

Schroder, Gesa Hartmann. 1981. Hololepidella alba n.sp.(Polynoidae : Polychaeta), A commensal with the crown of thorns starfish from Mactan, Cebu. The Philippine Scientist. 18 : 10-14.

Storch, V. and Rosito, R. 1980. Polychaetes from interspecific association found off Cebu. The Philippine Scientist. 18 : 1-9.

Valle, A.K. 1972. "Sea Stars-Asteroidea", The Illustrated Encyclopedia of The Animal Kingdom. ed. Herbert Kondo, Grolier Enterprises, Inc; New York, 19 : 83-103.

Zann, L.P. 1980. Living Together in the Sea. T.F.H. Publications, Inc,Ltd. N.J. 416 pp.

ว.วิทย.มข. ๑๒(๒) : ๑๐๑-๑๐๗ (๒๕๒๗)

การนำฟิสิกส์ไปใช้ในการวิเคราะห์อุบัติเหตุบนทางหลวง

วันชัย สุ่มเล็ก*

บทนำ

ในการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ ผู้สอนจะพบปัญหาอยู่เสมอในการที่จะทำให้นักเรียนเกิดความสนใจหรือเข้าใจวิชานี้ได้ดีแม้กระทั่งในระดับมัธยมศึกษาซึ่งวิชาฟิสิกส์ยังเป็นระดับพื้นฐานอยู่ ในทัศนะผู้เขียนเองคิดว่าอาจจะเป็นไปได้อย่างหนึ่งก็คือ นักเรียนยังมองไม่ออกว่าระดับความรู้ที่ได้เรียนนั้น จะสามารถนำไปใช้อธิบายสิ่งที่พบเห็นรอบ ๆ ตัวได้อย่างไร เช่น นักเรียนทราบว่าวัตถุตกด้วยอัตราเร่ง g แต่เมื่อลองนำไปใช้คำนวณหาความเร็วของวัตถุที่ตกจริง ๆ แล้วจะพบว่าค่าที่ได้ไม่ถูกต้อง เพราะมีแรงต้านของอากาศกระทำต่อวัตถุอีก ซึ่งไม่รู้ว่ามีค่าเท่าไร และแรงต้านของอากาศที่กระทำบนวัตถุแต่ละก้อนก็ไม่เท่ากัน ดังนั้น ในบทความเรื่องนี้ ผู้เขียนจึงได้นำความรู้พื้นฐานเบื้องต้นในระดับมัธยมมาใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาที่จะพบกันอยู่เป็นประจำ คืออุบัติเหตุบนท้องถนน

การวิเคราะห์อุบัติเหตุบนทางหลวง

ในกรณีเมื่อเกิดอุบัติเหตุจากการชนกันของรถยนต์ หรือการพลิกคว่ำของรถยนต์ นอกจากจะอาศัยจากปากคำให้การของพยานบุคคลแล้ว ร่องรอยที่ปรากฏในบริเวณที่เกิดเหตุก็เป็นสิ่งช่วยให้ตำรวจสามารถหาผู้กระทำผิดได้ ร่องรอยที่สำคัญก็คือ รอยครูดของยางรถยนต์ที่เกิดจากการเบรค ซึ่งจะเกิดจากสถานะการณ์หลายอย่าง ต่าง ๆ กัน ผู้เขียนจะยกมาเฉพาะที่ใช้การคำนวณได้โดยอาศัยฟิสิกส์ในระดับที่ไม่ยุ่งยากนักดังต่อไปนี้

กรณีรอยครูดของยางรถที่เกิดจากการเบรคบนถนนราบ

สมมุติว่าล้อรถยนต์ไม่หมุน (ถือว่าผู้ขับเหยียบเบรคทันที เมื่อรู้ว่าจะเกิดอุบัติเหตุ) และแรงที่กระทำต่อรถมีแต่เพียงแรงต้าน เนื่องจากแรงเสียดทานจลน์ระหว่างยางรถยนต์กับพื้นผิวถนนเท่านั้น จากกฎข้อที่สองของนิวตัน

$$F = Ma \qquad (1)$$

โดยที่ M = มวลของรถยนต์

a = ความเร่งของรถยนต์

$$F = -f_s = -\mu N \qquad (2)$$

---

*อาจารย์วันชัย สุ่มเล็ก ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เมื่อ f_s = แรงเสียดทานจลน์

μ = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างยางรถยนต์กับพื้นผิวถนน

N = แรงปฏิกริยาตามแนวตั้งฉากที่พื้นถนนกระทำกับยางรถยนต์

= Mg

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

= 9.8 m/s^2

ดังนั้น จาก (1) และ (2) จะได้

$$a = -\mu g \qquad (3)$$

ซึ่งมีค่าคงที่

จากสมการ การเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่

$$v^2 = v_o^2 + 2ad \qquad (4)$$

v_o = ความเร็วต้นของรถยนต์ (คิดเมื่อเริ่มเหยียบเบรค)

v = ความเร็วสุดท้ายของรถยนต์ (ในที่นี้ถือว่าเป็นศูนย์)

d = ความยาวของรอยครูดของยางรถยนต์

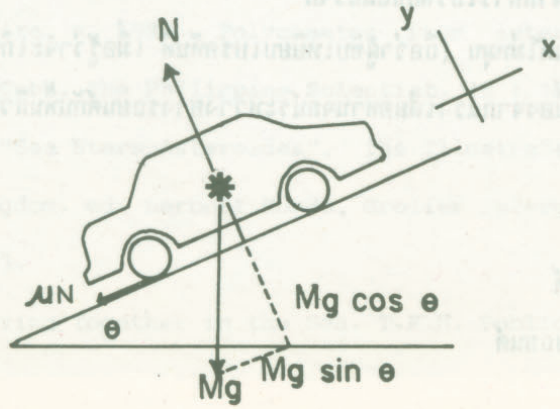
เมื่อแทนค่า a ลงในสมการ (4) จะได้

$$v_o \geqslant \sqrt{2\mu g d}$$

$$\geqslant 15.28\sqrt{\mu d} \quad \text{km/hr} \qquad (5)$$

ค่า μ จะหาได้จากการทดลอง ณ จุดที่เกิดอุบัติเหตุ หรือไม่ก็ดูจากตารางมาตรฐาน อย่างไรก็ดีสมการนี้ใช้ได้กับรอยครูดที่เป็นแนวเส้นตรงเท่านั้น

กรณีรอยครูดของยางรถที่เกิดจากการเหยียบเบรคบนทางชัน



รูปที่ 1 รถวิ่งลงจากทางชัน

ถ้ารอยครูดเกิดขึ้นบนทางชันดังรูปที่ 1 จะต้องนำค่าความชันของถนนเข้ามาคิดด้วย สมการที่นิยมใช้ก็คือ

$$v_o \geqslant 15.82\sqrt{(\mu \pm m)\, d} \quad \text{km/hr} \qquad (6)$$

ในเมื่อ m = ความชัน หรือแทนเจนต์ (tangent) ของมุมที่ถนนทำกับแนวราบ (คือมุม θ)

ที่มาของสมการ (6) สามารถพิสูจน์ให้เห็นได้ โดยอาศัย หลักการเดียวกันกับกรณีบนพื้นราบ พิจารณาแรงที่กระทำต่อรถในแนวแกน x และแกน y จากรูปที่ 1 จะเห็นว่ารถสมดุลย์ในแนวแกน y นั่นคือ

$$N = mg\cos\theta \qquad (7)$$

ในแนวแกน x แรงลัพธ์ที่กระทำต่อรถไม่เป็นศูนย์ จากกฎข้อที่สองของนิวตัน

$$-\mu N - Mg\sin\theta = Ma$$

$$\therefore\ a = -g\,(\mu\cos\theta + \sin\theta) \qquad (8)$$

นำค่า a ไปแทนลงในสมการ (4) จะได้

$$v_o \geqslant \sqrt{2gd\,(\mu\cos\theta + \sin\theta)} \qquad (9)$$

$$\geqslant \sqrt{(2gd)\,(\cos\theta)\,(\mu \pm m)} \qquad (10)$$

m จะมีค่าเป็นบวก หรือลบขึ้นอยู่กับค่ามุมของความชัน

โดยทั่ว ๆ ไปความชันของถนนจะน้อย ($\theta < 15^\circ$) จึงถือได้ว่า $\cos\theta \simeq 1$ ดังนั้น

$$v_o \geqslant \sqrt{2gd\,(\mu \pm m)} \qquad (11)$$

$$\geqslant 15.82\sqrt{(\mu \pm m)d} \quad \text{km/hr} \qquad (12)$$

จะเห็นได้ว่าสมการ (5) ก็คือกรณีพิเศษของสมการ (12) นั่นเองเพราะเมื่อเป็นพื้นราบ m = 0

ถ้าหากว่ารอยครูดเกิดขึ้นต่อเนื่องไปบนพื้นผิวถนนต่างชนิดกัน สูตรที่จะนำไปใช้คำนวณความเร็วต่ำสุดของรถ คือ

$$v_o \geqslant 15.82\sqrt{d_1(\mu_1 \pm m_1) + d_2(\mu_2 \pm m_2)} \quad \text{km/hr} \qquad (13)$$

โดยที่ d_1 และ d_2 เป็นความยาวของรอยครูดของยางรถบนพื้นผิวถนนชนิดที่ 1 และ 2 ตามลำดับ μ_2 และ μ_2 เป็นสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานจลน์ระหว่างพื้นผิวถนนทั้งสองกับยางรถ m_1 และ m_2 เป็นความชันของถนนทั้งสอง

สมการ (13) สามารถพิสูจน์ให้เห็นจริงได้ โดยอาศัยสมการ (4) และ (8) จะได้สมการการเคลื่อนที่ของรถบนผิวถนนชนิดที่ 1

$$v_o^2 \geqslant v^2 - 2a_1 d_1 = v^2 + 2gd_1\cos\theta_1\,(\mu_1 + m_1)$$

v เป็นความเร็วสุดท้ายของรถบนผิวถนนแรก ซึ่งจะเป็นความเร็วต้นของการเคลื่อนที่บนผิวถนนที่สอง และเราถือว่ารถมาหยุดบนผิวถนนที่สอง จากสมการ (11) จะได้ว่า

$$v^2 \geqslant 2gd_2\,(\mu_2 + m_2)$$

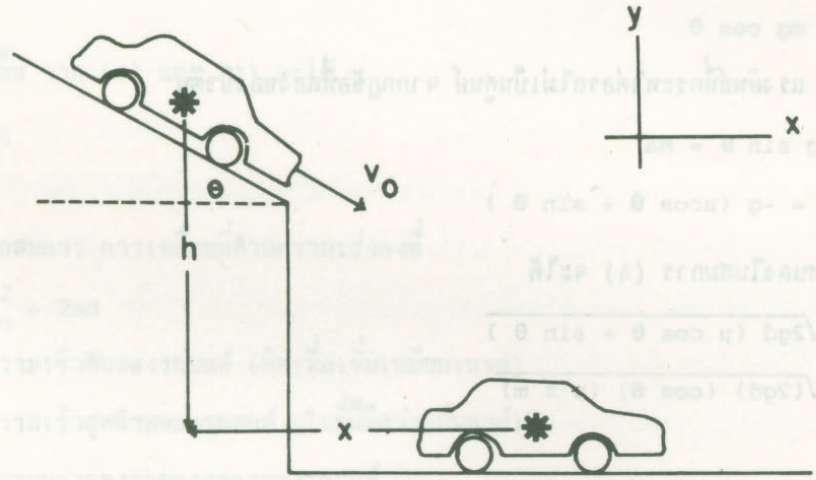
นั่นคือ $v_o^2 \geqslant 2g\,[d_1 \cos\theta_1 (\mu_1 + m_1) + d_2 \cos\theta_2 (\mu_2 + m_2)]$ (14)

ในทำนองเดียวกันอาจถือได้ว่า $\cos\theta_1 \simeq \cos\theta_2 \simeq 1$

$$v_o \geqslant \sqrt{2g\,[d_1 (\mu_1 \pm m_1) + d_2 (\mu_2 \pm m_2)]} \quad (15)$$

$$\geqslant 15.82\sqrt{d_1 (\mu_1 \pm m_1) + d_2 (\mu_2 \pm m_2)} \quad \text{km/hr} \quad (16)$$

กรณีที่รถตกลงไปจากถนน



รูปที่ 2 รถวิ่งตกลงจากถนน

ในกรณีนี้การเคลื่อนที่ของรถเมื่อหลุดจากถนนก็คือ การเคลื่อนที่แบบโปรเจคไตล์นั่นเอง จากรูปที่ 2 กำหนดให้ v_o เป็นความเร็วต้นของรถขณะหลุดออกจากขอบถนน h เป็นระยะทางในแนวดิ่งที่รถตกลงไป x เป็นระยะทางในแนวราบที่รถเคลื่อนที่ไปได้ก่อนกระทบพื้นล่างพอดี และ θ เป็นมุมที่ทิศทางการเคลื่อนที่ของรถกระทำกับแนวราบ ขณะหลุดออกจากขอบถนน ในการพิจารณากรณีนี้ สมมุติว่ามีแต่แรงโน้มถ่วงเท่านั้นที่กระทำต่อรถ (ไม่คิดแรงต้านทานของอากาศ เว้นแต่ว่ารถจะเคลื่อนที่มาด้วยความเร็วสูงมาก ๆ หรือ h มีค่ามาก)

เมื่อมีแต่แรงโน้มถ่วงกระทำในแนวดิ่งเท่านั้น ดังนั้น ส่วนของความเร็วของรถในแนวราบจึงคงที่ นั่นคือเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ตามแนวราบได้ระยะทาง x คือ

$$t = \frac{x}{v_o \cos\theta} \quad (17)$$

รถมีความเร่งในแนวดิ่ง $a = -g$ ดังนั้น จากสมการ การเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง

$$y = v_y t + \frac{1}{2} a_y t^2 \quad (18)$$

$$-h = (-v_o \sin\theta)\, t - \frac{1}{2} g t^2 \quad (19)$$

แทนค่า t จากสมการ (17) ลงในสมการ (19) จะได้

$$-h = (-v_o \sin\theta) \left(\frac{x}{v_o \cos\theta}\right) - \frac{1}{2} g \left(\frac{x}{v_o \cos\theta}\right)^2 \quad (20)$$

$$v_o = \frac{x}{\cos\theta}\sqrt{\frac{g}{2(h - x\tan\theta)}} \qquad (21)$$

ให้ $\tan\theta = m$ (ความชันของถนน) และโดยทั่วไป θ จะเป็นมุมเล็ก ดังนั้น

$$v_o = x\sqrt{\frac{g}{2(h \pm mx)}} \qquad (22)$$

m จะมีค่าเป็นบวก หรือลบขึ้นอยู่กับค่ามุมของความชัน

$$v_o \simeq \frac{7.9\,x}{\sqrt{h \pm mx}} \quad \text{km/hr} \qquad (23)$$

ในกรณีนี้ ความเร็วที่ได้เกือบจะเป็นความเร็วที่แท้จริงของรถ แตกต่างจากกรณีอื่น ๆ ซึ่งความเร็วที่คำนวณได้เป็นค่าต่ำสุดของรถคันนั้น และสมการ (23) นี้ ไม่ขึ้นอยู่กับแนวทางการเคลื่อนที่ของรถ ดังนั้นจึงไม่ต้องสนใจว่ารถจะตะแคงหรือว่าพลิกคว่ำ จุดที่สนใจอยู่ที่ระยะ x กับ h ซึ่งต้องวัดจากจุดศูนย์กลางมวลของรถ และตำแหน่งที่รถกระทบพื้นข้างล่างจริง ๆ ไม่ใช่ตำแหน่งที่รถหยุด

ในบางกรณีเราไม่สามารถบอกได้ว่ารถหลุดออกจากขอบถนนด้วยมุมเท่าไร เช่น ชนกับที่กั้นขอบถนนแล้วลอยออกไปในลักษณะเช่นนี้ เราก็ยังคงใช้วิธีการเช่นเดียวกับกรณีที่รู้มุมได้ แต่จะไม่ได้ความเร็วที่ θ แท้จริง

จากความรู้ในเรื่องการเคลื่อนที่แบบโปรเจคไตล์ (projectile) เมื่อวัตถุมีความเร็วต้นเท่ากัน วัตถุที่เคลื่อนที่ออกไปเป็นมุม 45° กับแนวราบ จะเคลื่อนที่ไปได้ไกลที่สุดบนพื้นระดับเดียวกันกับเมื่อเคลื่อนที่ออกไป

อย่างไรก็ดี ถ้าอัตราส่วนระหว่าง h ต่อ x มีค่าน้อย ก็พอถือได้ว่าเงื่อนไขนี้ถูกต้อง ดังนั้น แทนค่า $\theta = 45°$ ลงในสมการ (21) จะได้

$$v_o \geqslant \frac{x}{0.707}\sqrt{\frac{g}{2(h + x)}} \qquad (24)$$

$$\geqslant \frac{11.17\,x}{\sqrt{h + x}} \quad \text{km/hr} \qquad (25)$$

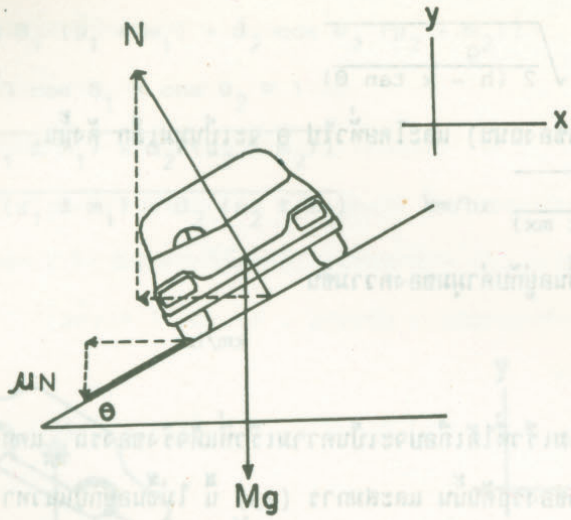
กรณีรถยนต์ลื่นไถลบนทางโค้ง

เมื่อรถวิ่งบนถนนที่เป็นทางโค้งด้วยอัตราเร็วคงที่ v และ G เป็นความเอียงของถนน (ค่าแทนเจนต์ของมุมที่ถนนทำกับแนวระดับ ดังรูปที่ 3) จะเกิดแรงสู่ศูนย์กลาง เนื่องจากความเสียดทานระหว่างพื้นผิวถนนกับยางรถ แรงนี้จะมีทิศพุ่งเข้าหาจุดศูนย์กลางของทางโค้ง ซึ่งจะช่วยผลักให้รถสามารถเคลื่อนที่อยู่บนทางโค้งได้

จากรูปที่ 3 เมื่อใช้กฎข้อที่ 2 ของนิวตัน พิจารณาแรงที่กระทำต่อรถทั้งแนวแกน x และแกน y

รถมีความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลางในแนวแกน x

$$N\sin\theta + \mu N\cos\theta = Ma_x = \frac{Mv^2}{R} \qquad (26)$$



รูปที่ 3 รถลื่นไถลบนทางโค้ง

รถสมดุลย์ในแนวแกน y

$$N \cos \theta - \mu N \sin \theta - Mg = 0 \qquad (27)$$

แก้สมการ (26) และ (27) จะได้

$$v = \sqrt{\frac{Rg\,(G + \mu)}{(1 - G\mu)}} \qquad (28)$$

อย่างไรก็ดีสมการนี้ ได้มาโดยคิดว่ารถไม่มีการลื่นไถลทางด้านข้างเลย คืออัตราเร็วของรถไม่เกินข้อจำกัดของทางโค้งนั้น R ในสมการ (28) เป็นรัศมีความโค้งที่แท้จริงของถนน แต่ถ้ารถวิ่งด้วยอัตราเร็วเกินกว่าค่าที่กำหนด รถจะเกิดการลื่นไถล ทำให้เกิดเป็นรอยของยางรถยนต์บนผิวถนนนั้น (ในที่นี้ถือว่าผู้ขับรถไม่ได้เหยียบเบรคเลย) ซึ่งลักษณะของรอยนั้นก็จะเป็นรอยโค้ง ดังนั้น ค่า R ที่จะไปแทนสมการ (28) ต้องใช้ค่ารัศมีความโค้งของรอยยางรถยนต์ โดยทั่วไปค่าของ $\mu > G$ (μ ของถนนกับยางรถอยู่ระหว่าง 0.5-0.9) และอาจประมาณได้ว่า $1-\mu G \simeq 1$ ดังนั้น ความเร็วต่ำสุดของรถยนต์ก็คือ $\sqrt{Rg\mu}$ ดังนั้น

$$v_o \geqslant \sqrt{Rg\mu} \qquad (29)$$

$$\geqslant 11.18 \sqrt{R\mu} \quad \text{km/hr} \qquad (30)$$

ความยุ่งยากของปัญหานี้อยู่ตรงการพิจารณาว่า รอยของยางที่เกิดขึ้นนั้น เกิดจากการลื่นไถลของรถบนทางโค้ง (โดยไม่เหยียบเบรค) หรือเป็นรอยโค้งที่เกิดจากการครูดของยางรถที่เหยียบเบรค เพราะสมการนี้จะนำมาใช้กับกรณีหลังไม่ได้

นอกจากนั้น สมการ (30) สามารถนำไปใช้คำนวณขีดจำกัดความเร็วของรถที่วิ่งบนทางโค้งได้เพียงแต่แทนค่า R ด้วยรัศมีความโค้งของถนน

สรุป

จากที่กล่าวมาทั้งหมดเป็นตัวอย่างของกรณีง่าย ๆ ไม่สลับซับซ้อน เพื่อให้ผู้อ่านสามารถใช้ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ มาประยุกต์เพื่อวิเคราะห์ปัญหาอุบัติเหตุบนท้องถนน และความเร็วต่ำสุดที่

ได้จะถูกนำไปใช้วิเคราะห์ในสมการของหลักการคงตัวของโมเมนตัม เพื่อสร้างแบบจำลองของการชน หาสถานะการที่แท้จริงของการเกิดอุบัติเหตุ นอกจากนั้นวิชาฟิสิกส์ยังสามารถนำไปประยุกต์กับสิ่งอื่น ๆ รอบตัวเราได้อีก เช่น การวิเคราะห์หาเขม่าปืนโดยใช้วิธีกระตุ้นด้วยนิวตรอน หรือนำไปประยุกต์ใช้ในวงการกีฬาโดยเฉพาะกรีฑา เป็นต้น

บรรณานุกรม

1. M.L. Brake, "Physics in Accident Investigation", Phys. Teach. 20, 26 (1981).
2. F.W. Sears, M.w. Zemansky and H.D. Young, University Physics, Addison-Wesley, (1976).
3. F.G. Bueche, Introduction to Physics for Scientists and Engineers, McGraw-Hill Inc., (1975).

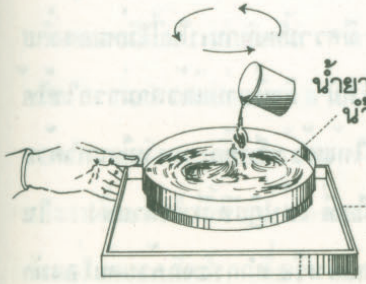
ว.วิทย.มข. ๑๒(๒) : ๑๐๙-๑๒๑ (๒๕๒๗)

การสร้างกล้องดาราทัศน์ด้วยตนเอง

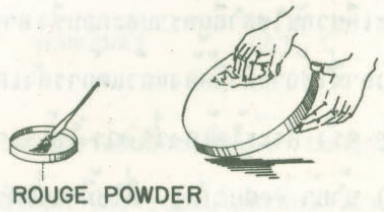
ตอนที่ 5

(ตอนจบ : ต่อจากฉบับที่แล้ว)

การเตรียมน้ำยา Silver - ammonia อาจต้องใช้กระบอกตวง (measuring cylinder) อย่างน้อย 2 อัน มีขวดขนาด 100 ลบ.ซม. หรือ beaker 2 ใบ ตวงเอาน้ำยา silver nitrate 10% ในปริมาณ 20 ลบ.ซม. ใส่ลงไปในขวดหรือ beaker แล้วเอาหลอดยาหยอดตาหรือหลอดหยดที่มีความยาวพอสมควร (สามารถหาซื้อตามร้านยาทั่วไป) ค่อย ๆ หยดน้ำยา ammonia ทีละหยดไปในน้ำยา silver nitrate พร้อมกับคนให้เข้ากัน (การเก็บ ammonia ควรเก็บในตู้เย็นเพราะระเหยง่าย อีกทั้งจะเกิดอันตรายได้ถ้าเราเปิดจุกน้ำยา ammonia นี้ในที่ร้อน ammonia จะพลุ่งออกมาและทำให้ทานทนไม่ได้ การเปิดก็ต้องระวังค่อยคลายจุกทีละน้อย พยายามเหยียดแขนให้ห่างจากหน้ามากที่สุด เท่าที่จะทำได้) ขณะที่น้ำยา ammonia หยดลงไปในน้ำยา silver nitrate จะสังเกตเห็นตะกอนสีเทาเกิดขึ้น แต่เมื่อคนให้น้ำยาทั้งสองเข้ากันตะกอนนี้ก็จะหายไป เมื่อหยด ammonia ไปใหม่ก็จะเกิดขึ้นอีก และหายไปเมื่อคนให้เข้ากัน พยายามหยดทีละน้อย ตอนนี้เป็นตอนที่สำคัญมากควรจะใจเย็นค่อยทำทีละน้อย ถ้าสังเกตุให้ดีจะเห็นว่าตะกอนที่เกิดนั้นค่อย ๆ ละลายหายไปช้าลงทุกที จนถึงจุดหนึ่งจะกินเวลานานมาก (ข้อที่ต้องระวังในระยะนี้เพื่อป้องกัน excess ของ ammonia ซึ่งอาจทำให้ไม่เกิดเงินฉาบผิวกระจก) จุดที่ต้องการก็คือ จุดที่ปฏิกิริยาจะสมบูรณ์โดยให้มีเกลือ silver เหลืออยู่ในน้ำยานั้นแต่เพียงเล็กน้อยเป็น Colloidal solution จะสังเกตได้โดยที่น้ำยาที่ผสมนั้นมีสีมัว ๆ ไม่ใสแท้แต่ก็ไม่มีตะกอนตก



การฉาบผิวด้วยน้ำยาเคมี



การขัดเงาด้วยหนัง CHAMOIS ผสมรูจ

ตวงเติมน้ำยา potassium hydroxide ใส่ลงไปจะเกิดตะกอนขุ่นสีดำ คนให้เข้ากันเพียงเล็กน้อยรีบหยดน้ำยา ammonia ลงไป ทีละหยดเหมือนเช่นได้กระทำมาแล้วในตอนต้น เมื่อเห็นว่าตะกอนเริ่มจะละลายหมด (เป็นจุดสำคัญมากเหมือนตอนต้น ถ้าหยดมากไปจะเสียผล) คอยสังเกตให้ดีว่าเมื่อไรจะถึงจุดอิ่มตัวคือ น้ำยามีสีมัว ๆ แต่ไม่ใส

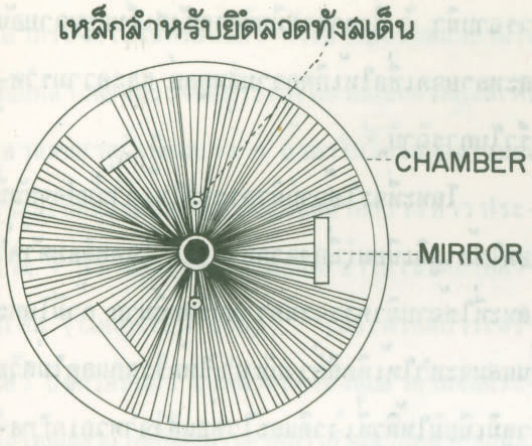
ถ้าบังเอิญท่านใส่ ammoniaมากไปจนตะกอนละลายหมดน้ำยาใส ให้ท่านเอาน้ำยา silver nitrateหยดไปสัก 1-2 หยด จนเกิด colloidal solution เป็นอันใช้ได้

เอาน้ำยา silver-ammonia นี้เทใส่ไปในน้ำยา reducing ที่ได้ใส่ไว้บนกระจกอยู่แล้ว พร้อมกับแกว่งกระจกเป็นวงกลมช้า ๆ (คอยระวังอย่าให้กระฉอกออกมาข้างนอก) เพื่อให้น้ำยาผสมเข้ากันดี ถ้าน้ำยาที่ผสมถูกต้องภายในเวลา 3-5 นาที น้ำยาจะมีสีเข้มขึ้น ขณะเดียวมองเห็นเงินลอยเป็นฝ้าและผิวกระจกเริ่มมีเงินฉาบทีละน้อย พยายามแกว่งกระจกเพื่อไม่ให้ตะกอนสีดำเกาะ ผิวที่ฉาบเงินใช้สำลีม้วนเป็นก้อนโตขนาดหัวแม่มือ แกว่งในน้ำยาพยายามลากไปบนผิวเบา ๆ เพื่อกันไม่ให้ตะกอนตกลงไปเกาะผิว เมื่อเห็นสำลีสีดำก็บีบเอาน้ำไว้ แล้วทิ้งสำลีเสียเอาสำลีใหม่ เกลี่ยเบา ๆ เมื่อเห็นเงินฉาบผิวเพียงพอแล้ว ให้เทน้ำยาทิ้งและรีบล้างด้วยน้ำกลั่นหรือน้ำฝนโดยปล่อยให้น้ำไหลชะ จน หมดน้ำยา ขณะเดียวกันใช้สำลีถูคราบตะกอนซึ่ง อาจ หลง ติด อยู่ (เวลาที่ใช้ฉาบผิวนี้ต้องแล้วแต่การสังเกต ลองทำ 2-3 ครั้ง ก็จะรู้ได้เองว่า ควร ใช้เวลานานสักเพียงไร) น้ำยา reducing ที่ใช้มีความสำคัญพอสมควร ถ้าใช้น้ำยานี้น้อยไปฟิมล์จะเกิดช้า และ บาง เมื่อ ถูจะหลุดออก แต่ถ้าน้ำยา reducing มากไปฟิมล์จะเกิดเร็วและหนาแต่มักจะหมองไม่เป็นเงาเหมือนใช้น้ำยาแต่พอควร เพราะฉะนั้นการทดลองทำสัก 2-3 ครั้งจะเป็นเครื่องวินิจฉัยได้ดีว่าควรใช้จำนวนเท่าไร

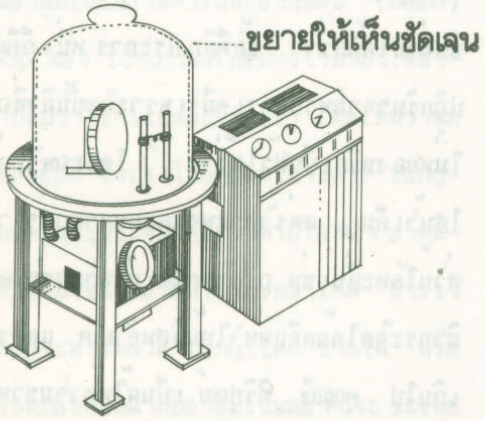
เมื่อล้างน้ำจนเกลี้ยงดีแล้วให้ เอากระจกมาตั้งผึ่งให้แห้งทิ้งไว้ประมาณ 2 ชั่วโมง ก็จะแห้งสนิท ท่านจะชื่นชมกับกระจกที่ฉาบไว้ บัดนี้กระจกของท่านพร้อมแล้วที่จะติดกับกล้องเพื่อส่องดูดาว แต่ถ้าปรากฏว่ามีรอยหมองให้เอาผงรูจโรยและขัดด้วยหนัง chamois หรือหนังเทียมค่อย ๆ ถูเบาจนเป็นเงา ถ้าถูแรงผิวฉาบไว้อาจจะลอก

ผิวที่ฉาบนี้จำเป็นต้องหนาพอ มิฉะนั้นเมื่อขัดด้วยรูจมักจะลอกออกและทำให้เกิดเงาซ้อนได้ ถ้าปรากฏว่ากระจกที่ฉาบครั้งแรกไม่หนาพอ จะต้องฉาบซ้ำอีกครั้ง โดยเอากระจกที่ฉาบแล้วนั้นไปล้างฝุ่นออกโดยชะด้วยน้ำกลั่นหรือน้ำฝน รีบใส่น้ำยา reducing กับน้ำกลั่นลงไป และทำเช่นเดียวกับวิธีการที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ท่านจะได้ผิวที่หนาขึ้น ผู้เขียนได้เคยฉาบซ้ำถึง 3 ครั้ง ปรากฏว่าได้ ฟิลม์ที่หนาพอใช้สามารถทนการขัดด้วยผงรูจได้ ในการฉาบเงากระจกด้วยวิธีเคมีนี้ สมควรใส่ถุงมือยางด้วยมิฉะนั้นมือจะดำและล้างไม่ออก

2. <u>การฉาบผิวโดยทางฟิสิกส์ (physical process)</u> วิธีนี้เป็นที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบันเพราะได้ผิวที่สะท้อนแสงดี มีความทนทานเป็นปีไม่หมองง่าย เช่นการฉาบด้วยวิธีเคมี ผิวที่ฉาบแล้วสามารถใช้ได้ทันที ไม่ต้อง ไปทำให้แห้ง หรือขัดเงาเหมือนทำด้วยวิธีเคมี แต่เครื่องมือที่ ใช้ปฏิบัติ มีราคาแพง ในต่างประเทศผู้ที่ฝึกหัดขัด หรือ ทำกระจกด้วยตนเองมักจะส่งไปให้บริษัทรับจ้างฉาบทำการฉาบด้วย วิธี นี้แทน เพราะถ้าจะลงทุนซื้อเครื่องมาทำเองเฉพาะ 2-3 อันเท่านั้นเป็นการลงทุนไม่คุ้มค่า (ผู้เขียน ได้ มีประสพ-



TOP VIEW OF VACUUM EVAPORATOR



รูปเสก็ตเครื่องของสถาบันวิจัยไวรัส
กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์
ที่ใช้เคลือบกระจก (ALUMINIZE)

การณ์จากการฉาบผิวด้วยวิธีทางเคมี ซึ่ง ก็ สามารถใช้ส่องดูท้องฟ้าได้เพียง 4-5 เดือนเท่านั้น กระจกก็จะเริ่มหมองมีฝ้าสีเทาเกิดขึ้น ครั้งแรกจะเกิดบริเวณขอบ ๆ ก่อน แล้วค่อย ๆ ลามไปทีละน้อย ถ้าเราเอากระจกติดคากล้องไว้นาน ๆ จะทำให้กระจกฝ้าและเปลี่ยนสีเร็วขึ้น ถ้าถอดมาใส่ถุงพลาสติคเก็บไว้จะอยู่ได้นานเป็นปี เนื่องจากไม่มีความชื้นในอากาศมาเร่งปฏิกิริยา oxidation ของเงินที่ฉาบอยู่ที่ผิว)

<u>ทฤษฎีเกี่ยวแก่การฉาบผิวโดยvacuum evaporation</u> ทฤษฎีที่ควรจะรู้เพื่อเป็นเครื่องประดับความรู้เกี่ยวแก่การฉาบผิวด้วยวิธีนี้ก็คือ โดยอาศัยหลักทางฟิสิกส์ที่ว่า โลหะอะไรก็ตามถ้าถูกเผาด้วยความร้อนจนอุณหภูมิสูงถึงจุดหลอมตัว โลหะ นั้น ก็จะหลอมตัว ถ้าเราเพิ่มความร้อนขึ้นอีกก็จะกลายเป็นไอระเหยไปในอากาศ ซึ่งจะรวมตัวกับอ๊อกซิเยนในอากาศกลายเป็นอ๊อกไซด์มีสีด้านไม่เป็นเงา (โลหะหลายชนิดเมื่อเผาให้ร้อน จะ รวมตัวกับอ๊อกซิเย็นเป็นอ๊อกไซด์เสียก่อนถึงจุดหลอมตัวก็มี) เพื่อป้องกันการอ๊อกซิเดชั่นจึงจำเป็นต้องทำในสูญญากาศ ไม่มีอ๊อกซิเย็นหรือ มีก็ น้อย มาก จน ไม่ สามารถทำปฏิกริยาได้ ดังนั้นอุปกรณ์ที่สำคัญที่สุด ในกรรมวิธีนี้ก็คือ เครื่องสูบอากาศ เครื่องสูบอากาศจะ ต้อง ใช้ ชนิด สร้างเป็นพิเศษสามารถทำสูญญากาศได้ต่ำกว่า 10-5 มม.ของปรอท เครื่องที่ใช้ส่วนมากมักจะทำสูญญากาศได้เกือบ 10^{-10} มม.ของปรอท จึงจะแน่ใจว่าผิวที่ฉาบจะไม่หมอง

เพื่อที่จะให้ได้อุณหภูมิสูงพอที่ จะ หลอมโลหะที่จะใช้เป็นตัวเคลือบผิวได้หลายชนิด จึงจำเป็นต้องใช้โลหะที่มีจุดหลอมตัวสูงเป็นตัวทำความร้อน ดังนั้น tungsten จึงเหมาะที่สุด

Tungsten	จุดหลอมตัว	3410 °C
Aluminium	จุดหลอมตัว	660 °C
Silver	จุดหลอมตัว	960 °C
Rhodium	จุดหลอมตัว	1966 °C
Platinum	จุดหลอมตัว	1773 °C
Copper	จุดหลอมตัว	1083 °C

จากรายชื่อข้างบนนี้จะเห็นได้ว่า tungsten มีจุดหลอมตัวสูงที่สุด เพราะฉะนั้นโลหะที่กล่าวมาแล้วสามารถใช้เลือกฉาบผิวได้

เนื่องจากโลหะเหล่านี้ หลอมตัว กลายเป็นไอ

ในสูญญากาศ เพราะฉะนั้นจึงไม่กลายเป็นออกไซด์ และเมื่อกลายเป็นไอจะกระจายตัวไปตามบริเวณนั้นๆ และจะวิ่งไปเป็นเส้นตรงทุกทิศทุกทาง เมื่อวิ่งไปชนกับบริเวณที่เย็นจะกลั่นตัว กลาย สภาพ เป็น ของ แข็ง เกาะตามบริเวณต่าง ๆ ฉะนั้นในการฉาบผิวด้วยวิธีนี้ ถ้ามีสิ่งกีดขวาง หรือ บัง อยู่ จะ เกิดเงา ขึ้นเบื้องหลัง เพราะฉะนั้นกระจกที่จะฉาบผิวจึงต้องหันด้านที่จะฉาบเข้าหาเส้นลวดทังสเต็นและพยายามให้ตั้งฉากเอาไว้ด้วย สิ่งที่ดีของ กรรมวิธีฉาบผิว แบบ นี้ ก็ คือ เราสามารถที่จะฉาบบริเวณที่ต้องการได้ง่าย โดยป้องกันบริเวณที่ไม่ต้องการฉาบโดยเพียงเอากระดาษ หรือของอื่นบังไว้เท่านั้นหรือเราต้องการฉาบกระจกเพียงครั้งเดียวก็สามารถทำได้โดยง่ายดาย ข้อดีอีกประการหนึ่งของกรรมวิธีแบบนี้ก็คือ เรา สามารถ ฉาบผิวกระจกได้หลาย ๆ อันในเวลาเดียวกัน และปริมาณของสารที่จะใช้เคลือบก็ใช้ในจำนวนน้อยมาก ไม่เกิน 1 กรัมต่อกระจกขนาด 6 นิ้ว 1 อัน

เนื่องจากโลหะที่จะเอามาฉาบผิวจะต้องเอามาทำเป็นก้อนกลมในขดลวดทังสเต็น เพราะฉะนั้นเวลาที่ระเหยออกไปจะกระจายไปรอบ ๆ คล้ายกับแสงสว่างที่กระจายไปรอบ ๆ จากหลอดไฟฟ้า ดังนั้นความเข้มข้นของโลหะที่จะฉาบที่ผิวกระจกกล้อง จึงเป็นไปตามกฎของแสงสว่าง ซึ่งเท่ากับปฏิภาคกลับของระยะทางกำลังสอง กระจกถ้าวางใกล้ขดลวดทังสเต็น จะ มีความหนาของผิวที่ฉาบมากกว่ากระจกที่อยู่ไกลกว่า เพราะฉะนั้นถ้าเราวางกระจกให้ศูนย์-กลางกระจกอยู่ระดับเดียวกับลวดทังสเต็นบริเวณตรงกลางจะให้ฟิล์มของโลหะที่ฉาบมากกว่าบริเวณขอบ ๆ จึงมีความจำเป็นจะต้องกลับและหมุนกระ จกใน มุม-ต่าง ๆ จนกว่าจะแน่ใจว่าความหนาของผิวที่ฉาบเท่ากันตลอดแผ่น นอกจากเครื่องที่ได้สร้างมาโดยเฉพาะการฉาบผิว ซึ่งอาจจะมีขดลวดทังสเต็นอยู่หลายอันและหลายจุดเพื่อให้เกิดความสมดุลย์ และความรวด-เร็วในการฉาบ

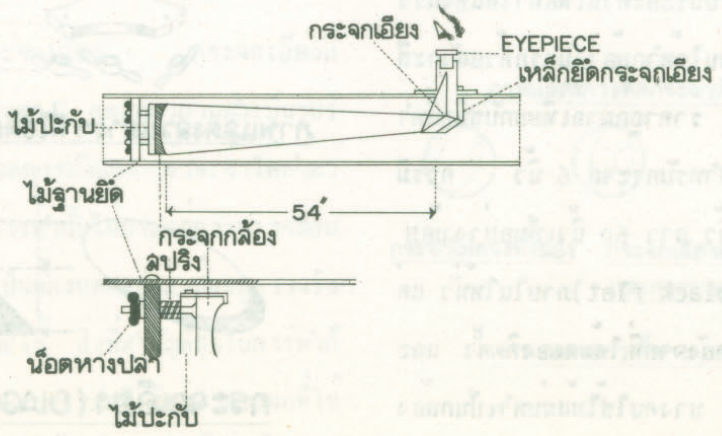
โลหะที่จะใช้ฉาบผิวกระจกให้เงานั้นปัจจุบันนี้นิยมใช้อาลูมิเนียมเนื่องจากหาง่าย จุดหลอมตัวต่ำ โลหะที่ใช้ฉาบผิวควรจะมีความบริสุทธิ์มาก ถ้ามีโลหะอื่นผสมจะทำให้เกิดสีต่างกัน ทำ ให้กระจกแลดูไม่ส่วย อาลูมิเนียมให้ผิวที่เงาดีและไวต่อแสงจำพวกinfra-red และ ultra-violet ส่วนสารจำพวก Rho-dium ซึ่งนิยมใช้กันมากเหมือนกันแม้จะสะท้อนแสงได้ไม่ดีเท่าอาลูมิเนียม แต่มีความแข็งและคงทนต่อการขีดข่วนได้ดีกว่า ข้อดีอีกประการ หนึ่ง ก็คือ ทนต่อปฏิกริยาจากพวกสารเคมี เพราะฉะนั้นผิวที่ฉาบไว้จะไม่หมองหรือเป็นฝ้าได้ง่าย โดยเฉพาะถ้าอยู่ใกล้ไอน้ำเค็ม แต่ราคาแพงและหายากกว่าอาลูมิเนียม ส่วนโลหะอื่นเช่น platinum นั้นสามารถเอามาฉาบผิวกระจกได้ผลดีแต่ทำให้บริสุทธิ ยาก และราคาแพงเกินไป

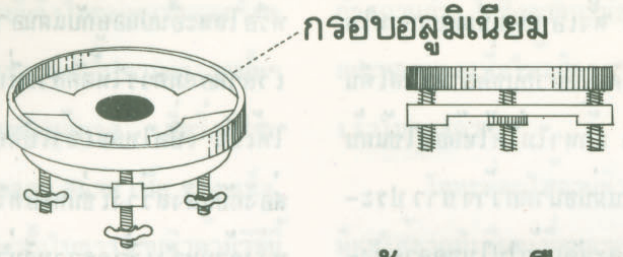
คุณมณี ศิริปุณย์ เป็นผู้ให้ความช่วยเหลือในการเคลือบกระจกแบบ Aluminized ยากที่จะหาผู้ใดช่วยเหลือได้ทำให้ได้กระจกไปใช้ดูดาว สมดังตั้งใจและยังให้ความคิดเห็น และการปฏิบัติการในกรรมวิธีเคลือบกระจกแบบ Aluminized ซึ่งผู้เขียนคิดว่าอีกหลายต่อหลายคนไม่ได้เคยคิดว่าจะเป็นเรื่องที่สามารถกระทำได้ในประเทศไทยเราเอง ผู้เขียนต้องขอขอบคุณคุณมณี ศิริปุณย์ แห่งกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ผู้ให้ความร่วมมือ

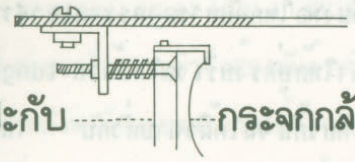
<u>วิธีฉาบผิว</u> เอา กระจก ทำ ความ สะอาด เหมือนที่ได้กล่าวมาแล้วในตอนฉาบผิวด้วยวิธีทางเคมี เสร็จแล้วทำให้แห้ง โดยใช้กระดาษที่สะอาดหรือใช้สำลีก็ได้ ถ้าปรากฏว่ามีผงหรือเส้นใยติดอยู่ให้ใช้แปรงภู่กันหรือลูกยางบีบลบเป่าผงที่ เกาะออกให้หมด

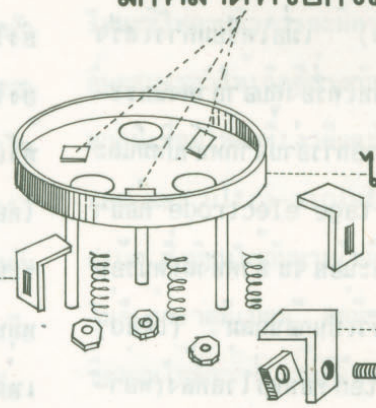
เอากระจกใส่ในครอบแก้ว ตั้งเอาขอบขึ้นพยายามให้ศูนย์กลางของกระจกอยู่ระดับเดียวกับขดลวดทังสเต็น เอาแผ่นอาลูมิเนียมบาง ๆ ถ้าหาไม่ได้ให้ลองใช้แผ่นอาลูมิเนียมที่หอบุหรี่ฉีกเป็นแผ่นขนาดกว้าง ยาว ประมาณ 1 นิ้ว ขยุ้มเป็นก้อนและยัดเข้าไปในขดลวดทังสเต็น (tungsten loop) เมื่อเตรียมการเสร็จแล้ว ปิดครอบแก้ว เปิดสวิทเครื่องสูบอากาศจนกระทั่งได้สูญญากาศที่ต้องการด้วยการอ่านจากหน้าปัทม์และตรวจสอบด้วย high-voltage electrode ค่อยๆ บิดปุ่มเพิ่ม voltage ทีละน้อย จน ลวดทังสเตนร้อนและหลอมอาลูมิเนียมรวมตัวเป็นก้อนกลม (bead) อยู่ใน loop ของ tungsten ค่อยหรี่โวลต์ลง(พยายามดูหน้าปัทม์ว่าใช้กระแสกี่แอมแปร์) เมื่อเห็นว่าทุกอย่างเรียบร้อยดี จึงเร่งโวลต์อีกครั้งจนลวด tungsten ลุกแดงและกระจกเป็นเงาด้วยไอ ของ อาลูมิเนียม พยายามใช้ความร้อนให้พอเหมาะสม ถ้าเร่งโวลต์มากไปจะทำให้ลวด tungsten ขาดได้ หรือบางครั้งโลหะอื่นที่ปนมากับอาลูมิเนียมอาจ จะ ระเหยออกมาด้วยทำให้สีของผิวที่ฉาบเป็น 2 สีได้ ข้าพเจ้าได้พบว่ากระจกที่เงาไปฉาบด้วยวิธีนี้มี 2 สี แม้การเป็นเงาจะดีแต่ทำให้ไม่สวยงาม เข้าใจว่ามีตะกั่วหรือโลหะอื่นปนอยู่กับแผ่นอาลูมิเนียมที่ใช้ เมื่อได้เวลาพอสมควรให้ตัดสวิทที่เผาลวด tungsten ปล่อยให้เย็น เปิดให้ลมเข้าเปิดครอบแก้ว เอากระจกมาส่องกับแสงสว่างเช่นหลอดไฟฟ้า 100 แรงเทียน มองทางด้านหลังเพื่อดูความสม่ำเสมอของผิวที่ฉาบ ถ้ายังไม่เพียงพอให้กลับท่าของกระจกเอาส่วนที่ผิว ฉาบยังไม่หนาให้อยู่ตรงบริเวณใกล้ลวด tungsten และทำเช่นเดียวกัน จนได้ผิวฉาบทั่วกัน ในเครื่องที่ทำโดยเฉพาะเขามีลวด tungsten loop วางเป็นระยะ ทำให้สามารถฉาบได้ในเวลาเดียวไม่ต้องคอยหมุนกระจกไปมา ความชำนาญเท่านั้นจะบอกได้ว่าเท่าไรจึงจะพอดี ผู้ชำนาญจะช่วยเราในการฉาบผิวเป็นเทคนิคโดยเฉพาะซึ่งผู้ฝนกระจกยังคงไม่ต้องเป็นภาระที่จะต้องกระทำ แต่สมควรที่จะรู้ไว้เพื่อเป็นความรู้

กระจกที่วางในสูญญากาศนั้นอาจ จะวางตะแคงหรือวางอยู่เหนือลวด tungsten แต่ห้ามวางอยู่ใต้ บางทีอลูมิเนียมอาจหยดลงมาทำให้กระจกท่านเป็นรอย หรือบางครั้งขวดลวด tungsten อาจเลื่อนลงมาถูกกระจกทำให้กระจกร้าว หรือบิ่นแตกได้



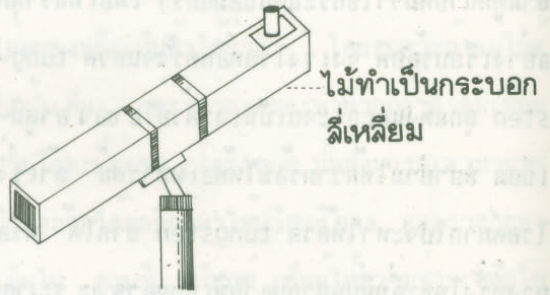


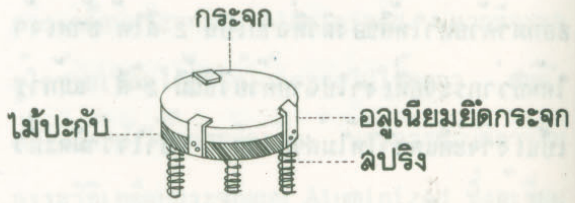




กระจกกล้องขนาดใหญ่เป็นขนาด 200 นิ้วนั้น ใช้วิธีให้กระจกอยู่เหนือลวด tungsten เพราะสะดวกและได้ความหนาเท่ากันดี อลูมิเนียมที่ใช้นี้ไม่สิ้นเปลืองเลย เท่าที่ทราบกระจก 200 นิ้ว ใช้อลูมิเนียมประมาณไม่เกิน 28 กรัม เพื่อที่จะป้องกันผิวเป็นรอยจากการขีดข่วน และป้องกันมิให้กระจกหมองเร็วเกินไป เขานิยมใช้ silicon monoxide เคลือบผิวทับอีกชั้นหนึ่ง ด้วยวิธีการเช่นเดียวกัน

<u>การทำตัวกล้อง</u> ตัวกล้องนั้นท่านอาจทำด้วยสังกะสีชนิดหนาแล้วบัดกรีตรงรอยต่อ ทางที่ดีควรทำเป็นรอยต่อไว้เป็นระยะทั้งนี้เพื่อทำให้แข็งแรงไม่บุบง่าย ผู้เขียนได้ทำกล้องอันแรกด้วยสังกะสีปรากฏว่าใช้ได้ผลดี ราคาถูกมากเทียบกับชนิดที่ทำด้วยอลูมิเนียม กล้องสำหรับกระจก 6 นิ้ว ควรมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 7 นิ้ว ยาว 60 นิ้วเป็นอย่างน้อย ให้ทาสีดำชนิดด้าน (black flat)ภายในให้ทั่ว แต่การทาสีนี้ควรทำภายหลังจากที่ได้ทดลองติดตั้ง และทดสอบจนเรียบร้อย บางคนใช้ไม้แผ่นทำเป็นกล้องแบบสี่เหลี่ยมซึ่งก็ใช้ได้ดี (ดูรูป)



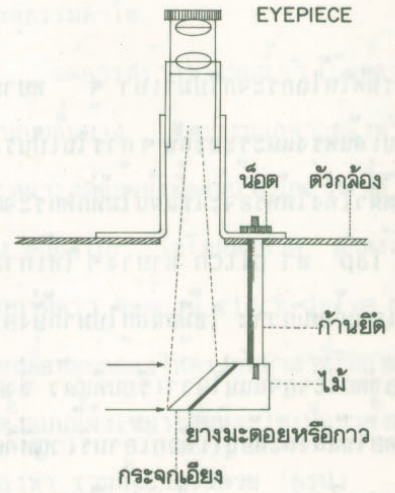


<u>ภาพแสดงส่วนต่างๆที่ใช้ติดตั้งกระจกกล้อง</u>

<u>กระจกเอียง (DIAGONAL OR ELLIPTICAL MIRROR)</u>

การติดตั้งกระจกกล้อง กระจกที่ฉาบผิวเรียบร้อยแล้ว จำเป็นจะต้องติดตั้งมิให้ส่ายไปมาและขณะเดียวกันก็ต้องป้องกันไม่ให้กระจกบิดขณะยกกล้องในมุมต่าง ๆ กัน ของต่างประเทศใช้อลูมิเนียมทำเป็นวงกลมปะกบกับกระจกและมีสปริงรองรับไว้ เพื่อให้กระจกเป็นอิสระจะไม่บิดตัวง่าย แต่สำหรับข้าพเข้าใช้ไม้เนื้อแข็งหนาประมาณ 1 นิ้ว หรือ $\frac{6}{8}$ นิ้วใช้เลื่อยฉลุตัดให้เป็นวงกลมเท่ากับขนาดของกระจกพอดี หรือจะเอาแผ่นไม้กลึงให้มีขอบยึดกระจกไว้ก็ยิ่งดีควรเอาสักหลาดหรือกระดาดแข็งตัดเป็นชิ้นเล็กรองกระจกกับไม้ประกบไว้ด้วยเพื่อมิให้กระจกบิดหรือกันเวลากระทบจะได้ไม่กระเทือนมาก เสร็จแล้วเจาะไม้เพื่อใส่เหล็กยึดแผ่นกระจก เจาะรู 3 แห่งให้ได้มุมเพื่อใส่เหล็กน้อต สปริงที่ใช้ยันกระจกควรเลือกให้มีความแข็งพอสมควร ถ้าอ่อนไปเวลาวางตั้งจะหยุ่นตัวทำให้กระจกสั่น ไม้ฐานยึดตัดเป็นรูปโค้ง 3 มุม ให้น้ำหนักเบาและเพื่อให้ลมไหลเข้าออกได้ อุณหภูมิภายในกล้องและข้างนอกจะได้เท่ากัน เจาะรูที่ด้านข้างของแผ่นไม้ฐานยึดให้ตรงกับตัวกล้อง ใช้ตะปูเกลียวยึดให้แน่น เสร็จแล้วสอดเหล็กน้อตตัวผู้ที่ใส่สปริงไว้แล้วสอดลอดรูไม้ พร้อมกับใส่น้อตตัวเมียแบบหางปลา การใช้น้อตหางปลาเพื่อสะดวกในการตั้งกระจกให้ตรงภายหลัง

การติดตั้งกระจกเอียง กระจกเอียงนี้ต้องตั้งเป็นมุม 45 องศา และพยายามทำเป็นรูปรี (elliptic) เพื่อลดการบังแสง ข้าพเจ้าได้ทำมาแล้วด้วยตนเอง การทำนั้นไม่ยากแต่การตรวจสอบนั้นยุ่งยากมากจนจำเป็นต้องทดสอบลองส่องดูดาวจริงๆ จะขอกล่าวเป็นสังเขปไว้ สิ่งที่สำคัญที่สุดในการทำก็คือ พยายามเลือกหาแผ่นกระจกที่เรียบ กระจกที่ใช้ทำประตูและหน้าต่างตามบ้านเรือนนั้นใช้ไม่ได้เพราะเป็นคลื่นเมื่อเอามาส่องดูแสงสะท้อนกับภาพในเงารมจะสังเกตุเห็นได้ง่ายว่าภาพที่ได้มาโค้ง และบิดเบี้ยว จำเป็นต้องหากระจกที่เขาจะทำเป็นกระจก เพราะกระจกชนิดนี้ได้รับการขัดให้ผิวเรียบพอใช้ได้อยู่แล้ว ให้ช่างตัดกระจกตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยม ขนาดกว้างยาวประมาณ 4 เท่า ของขนาดกระจกเอียงที่ต้องการจะทำ (เพื่อป้องกันเวลาขัดปลายกระจกมักโค้ง จะได้เลือกเอาบริเวณตอนกลางไว้ทำเป็นกระจกเอียง)



ภาพแสดงการติดกระจกเอียง

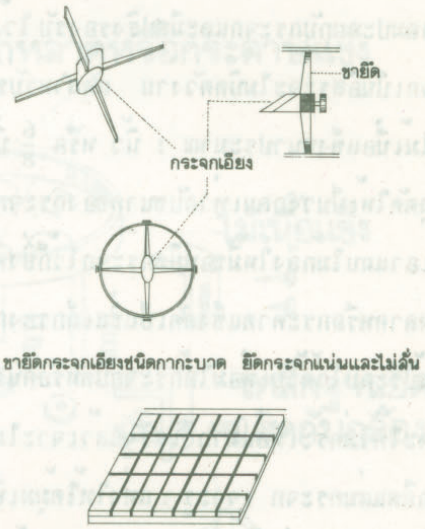
กระจกไม่ตรงทั้งสอง กระจกเอียงตรง ถูกต้องทั้งสองอัน และกระจกกล้องไม่ตรง

ภาพแสดงการตั้งกระจกทั้งสองอัน

เอาแผ่นกระจกที่ตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (กว้างยาวเป็น 4 เท่าของกระจกเอียงที่ต้องการทำ) แต่งขอบโดยรอบด้วยหินลับมีดให้เป็นมุม 45 องศา เล็ก น้อยที่ต้องแต่งขอบเพื่อกันขอบกระจกไถกับ lap เป็นรอย เสร็จแล้วเตรียม pitch - lap เหมือนขัดเงากระจกกล้อง แต่จะต้องทำให้ค่อนข้างแข็งสักหน่อย ทำตารางขนาดเล็กประมาณตารางละ 1 ซม. หาน้ำหนักหรือแผ่นเหล็กมีขนาดเท่าแผ่นกระจก วาง ทับเพื่อให้กระจกแนบสนิทกับ lap ถ้าหาเหล็กแผ่นไม่ได้ให้ตัดไม้หนา ๆ ให้มีขนาดพอดีกับกระจกวางทับแล้วเอาน้ำหนักซ้อนข้างบนอีกทีหนึ่งทั้งนั้น เพื่อ ป้อง กัน กระจกแอ่น หรือบิดตัว (lap นั้นควรมีขนาดเล็กกว่ากระจก $\frac{1}{16}$ นิ้ว เพื่อกันขอบ lap เป็นสันและก่อนเอากระจกวางทับให้ทาน้ำรูจเสียก่อน เพื่อ ป้องกัน กระจก ติดกับ lap)

การขัดให้ไถกระจกไปมาเบา ๆ พยายามเสือกให้เป็นเส้นตรงและระยะสั้น ๆ การไถเป็นระยะยาวจะทำให้ผิวโค้งได้หรือจะใช้แผ่นไม้ที่กดกระจกให้แนบสนิทกับ lap หา pitch ทาบาง ๆ ให้เกาะกับกระจกและเอาน้ำหนักวาง ใช้มือผลักไปมากยิ่งดี

เมื่อขัดกระจกจนแน่ใจว่าเรียบดีแล้ว ซึ่งอาจตรวจสอบโดยใช้แสงสะท้อน(เลือกเอาบริเวณที่คิดว่าดีที่สุด)หาดินสอเขียนกระจกวงเป็นรูปวงรี(Ellipse) ที่ต้องการแล้ว ขีดเส้นเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ล้อม รอบให้ช่างกระจกตัดกระจกตามเส้นที่ขีดไว้ ใช้เครื่องกรอขัดกระจกให้เป็นรูปรี (Ellipse)หรือจะฝนด้วยหินลับมีดชนิดหยาบก็ได้ แต่ถ้ามีหินกรอจะทำได้เร็วกว่ามาก เสร็จแล้วล้างให้สะอาดฉาบผิว นำไปติดกับไม้ที่ทำไว้สำหรับการนี้โดยเฉพาะ ใช้ยางมะตอยลนไฟให้ร้อนและข้น ปล่อยไว้ให้เย็นจนจวนจะแข็งตัว เอาเหล็กโป๊ป้ายยางมะตอยทาบนไม้ และ อัด กระ จกเอียงให้ติดแน่น ถ้ากระจกเอียงนี้มีขนาดใหญ่สำหรับกล้องขนาด 8-10 นิ้ว ต้องคอยระวังเมื่อใช้ยางมะตอยติดเมื่อใช้ไปนาน ๆ น้ำหนักของกระจกเอียงจะ



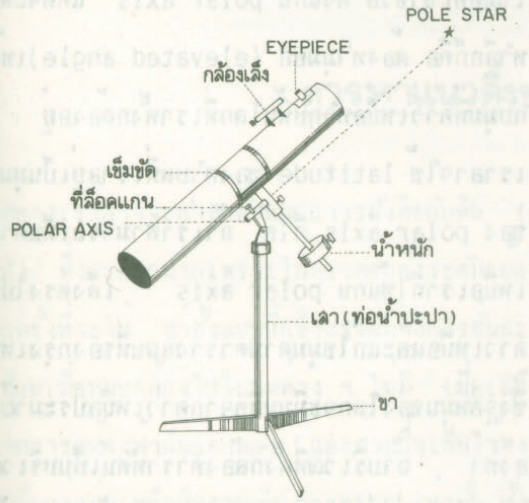
ทำให้กระจกเคลื่อนไปมาจากที่เดิมได้ บางคนนิยมทำกรอบโลหะบางล้อมกระจกกันกระจกเคลื่อนตัว ถ้าเป็นกระจกเอียงสำหรับกล้องขนาด 6 นิ้ว f 8 เราอาจใช้แท่งเหล็กยึดกระจกกับตัวกล้องได้ แต่ถ้าเป็นกระจกขนาดใหญ่กว่า ควรใช้เหล็ก 3 หรือ 4 แฉกเป็นเหล็กยึดทำให้กระจกไม่ลั่น ๆ (ดูรูป)

บางคนใช้กาวหลอดติดกระจกกับไม้ ซึ่งวิธีนี้ติดได้แน่นมาก แต่มีข้อเสียตอนที่จะถอดกระจกเอียงไปฉาบผิวใหม่จะแกะไม่ออก บางทีต้องผ่าไม้ที่ประกบกระจก

ขนาดของกระจกเอียงที่ใช้กับกล้องดาราทัศน์นี้ควรให้มีขนาดเล็กที่สุดเท่าที่จะเล็กได้ เพื่อป้องกันมิให้บังแสงที่เข้าไปภายในกล้อง แต่ทั้งนี้จะต้องให้มีขนาดโตพอที่จะรับแสงสะท้อนจากกระจกกล้องได้หมดด้วย

การตั้งกระจกทั้งสอง ก่อนอื่นวัดระยะทางว่ากระจกเอียงที่ติดนั้นอยู่ตรงกึ่งกลาง ของ กล้องพอดี

ถอด eyepiece ออกมองทะลุช่องใส่ eyepiece จะมองเห็นกระจกเอียงอยู่กลางช่องพอดี(ดูรูป) เสร็จแล้วมองจากปากกล้อง (ให้ตาห่างพอสมควร) เพื่อให้แน่ใจว่ากระจกกล้องซึ่งอยู่ข้างหลังนั้นอยู่ตรงกลาง มองลอดช่องใส่ eyepieceอีกครั้งจะเห็นภาพสะท้อนของกระจกกล้องมาปรากฏ ถ้าไม่ตรงให้แต่งมุมโดยหมุนน้อตหางปลาที่ยึดกระจกกล้อง จนกระทั่งภาพสะท้อนที่มาปรากฏอยู่ตรงกลางพอดี (ดูรูป) เป็นอันว่ากระจกทั้งสองติดตั้งถูกต้องแล้วพร้อมที่จะใช้งานได้



ภาพกล้องดาราทัศน์แบบ EQUATORIAL

การทำขาตั้งกล้อง (telescope mount) ถ้าขาดการกล่าวถึงการทำขาตั้งกล้องก็รู้สึกว่าไม่สมบูรณ์ จึงขอพูดถึง ณ ที่นี้ด้วย

ขาตั้งกล้องที่ใช้กันมีหลายแบบ

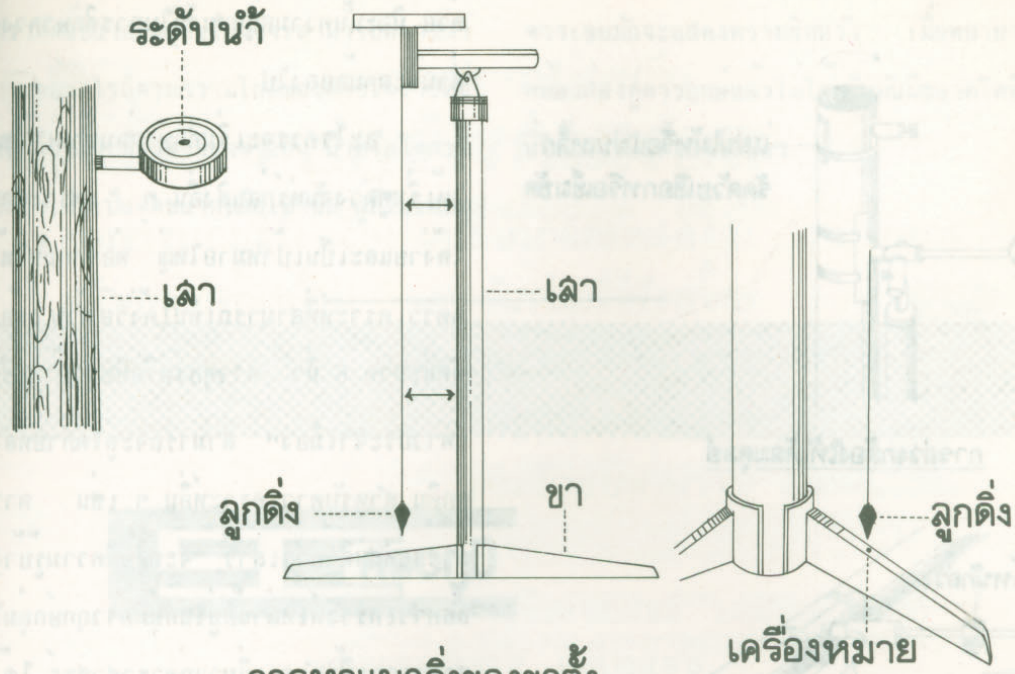
1. แบบ Azimuth คือ กล้องสามารถหมุนได้ทั้งทางดิ่งและทางราบ กล้องแบบนี้ใช้ดูภูมิประเทศได้สะดวก และการสร้างทำได้ง่าย แต่ในการส่องดูดาวมักมีความลำบาก จะต้องขยับมุมทั้ง 2 ทาง จึงจะสามารถตามดูดาวได้

2. แบบ Fork แบบนี้สร้างง่ายและถูก แต่มีข้อเสียเหมือนแบบที่ 1 ได้มีผู้ดัดแปลงให้ fork โค้งเป็นมุมตามมุมของดาวเหนือคล้าย equatorial type ทำให้ท่านสามารถดูดาวได้เป็นเวลานาน แต่เหมาะสำหรับกล้องดูดาวขนาดเล็กเช่นแบบใช้เลนซ์ขนาด 2-3 นิ้ว ซึ่งไม่มีน้ำหนักมาก

3. แบบ equatorial แบบนี้นิยมใช้กันมากสำหรับกล้องที่มีขนาด 4-12 นิ้ว เพราะมีความสะดวก หันกล้องแต่เพียงทางเดียว จะสามารถตามดาวได้ง่าย ด้วยการตั้งแกนของกล้อง (polar axis) ให้ตรงกับดาวเหนือ (pole star)แล้วมุมกล้องทางแนวอื่นก็สามารถหมุนได้ตรงกับ equator ซึ่งเป็นทิศทางที่โลกของเราหมุน ท่านที่มีแผนที่ดาวและสามารถหามุมของ declination ได้ย่อมเป็นการง่ายที่จะหมุนกล้องเพื่อหา right ascension ทำให้ท่านสามารถมองดูดาวบางดวงที่ไม่สามารถจะหาโดยการส่องดูธรรมดาได้

แต่การสร้างขาแบบนี้ จำเป็นต้องใช้จ่ายมากกว่าแบบอื่นบ้าง เพราะนอกจากต้องทำ bearing ให้เหมาะสมแล้วยังต้องมีน้ำหนักถ่วงเพื่อให้หมุนกล้องทาง equator ได้โดยสะดวก สำหรับผู้ที่ต้องการถ่ายภาพดาว จะต้องมี clock drive motor เข้าช่วยเพื่อหมุนกล้องให้ตรงกับเวลาที่โลกของเราหมุน ขาตั้งแบบนี้จึงเหมาะสมที่จะใช้เป็นขาตั้งสำหรับกล้องดูท้องฟ้า รวมทั้งถ่ายรูปด้วย (ดูรูป)

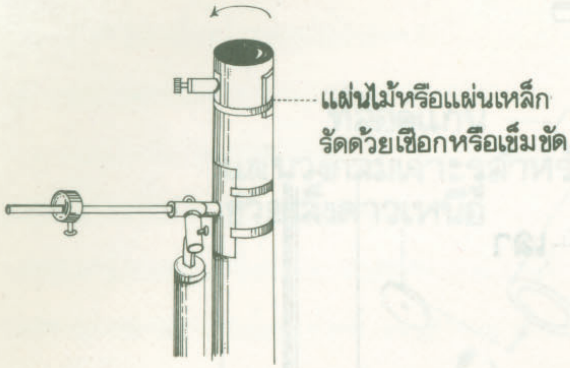
การเตรียมตั้งกล้องเพื่อดูดาว พยายามหาที่ที่เหมาะสำหรับดูดาว ควรจะเป็นที่โล่งไม่มีต้นไม้หรือตัวบ้านบัง และที่สำคัญที่สุดก็คือ ไม่ควรจะมีแสงสว่างรบกวน โดยเฉพาะอย่างยิ่งแสงจากไฟ fluorescent จะรบกวนการดูอย่างมาก ภูมิประเทศในต่างจังหวัดที่ปราศจากการรบกวนของแสงไฟจะทำให้ท่านสามารถมองดูดาวได้ดีกว่าในพระนคร ข้าพเจ้าได้เคยไปชายทะเลมาแล้ว ได้พบว่าท้องฟ้าที่นั่นมืด



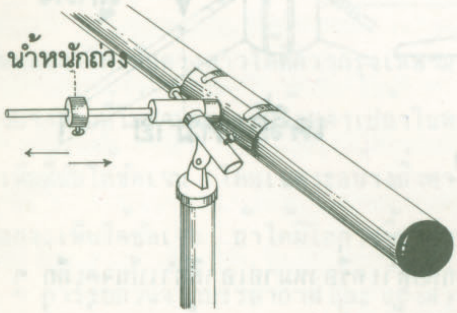
การหาแนวดิ่งของขาตั้ง

ทิศทางเราอาจจะทำขาตั้งแบบถาวรฝังติดกับดิน (ดูรูป) ซึ่งสะดวกมากเพราะไม่ต้องคอยตั้งระดับกล้องทุกครั้งที่จะใช้ ขาตั้งแบบนี้แข็งแรงมั่นคงการสั่นสะเทือนเมื่อหมุนกล้องไปในมุมต่าง ๆ ไม่มี เมื่อเสร็จจากการดูท้องฟ้าก็ถอดกล้อง และส่วนอื่นเก็บไว้คงเหลือแต่แผ่นเหล็กยึดฐานกับ bearing เท่านั้น ทั้งนี้เพื่อป้องกันเป็นสนิมเมื่อตากน้ำค้างหรือถูกฝน ทางที่ดีควรหาแผ่นพลาสติคคลุมส่วนที่เป็นโลหะเสีย ถ้าไม่สามารถหาสถานที่เหมาะสมสำหรับติดตั้งขาตั้งแบบถาวรได้ จำเป็นต้องใช้ขาตั้งแบบเคลื่อนที่ก็ควรเลือกพื้นที่ที่เป็นที่ราบไม่เอียงหรือขรุขระ เมื่อตั้งกล้องจำเป็นจะต้องตรวจสอบดูว่า เสาของกล้องนั้นทำมุมตามแนวดิ่งหรือไม่ ทั้งนี้เพื่อให้เราสามารถตามดาวทาง equatorial ได้ถูกต้อง ถ้ามีระดับน้ำชนิดเป็นวงกลมติดกับเสาขาตั้ง ก็สามารถหาระดับได้สะดวกง่ายดาย ถ้าไม่มีใช้ลูกดิ่งหรือหาของถ่วงกับเชือกเล็ก ๆ หรือเส้นด้ายกลุ่ม และวัดระยะห่างจากเสาของกล้องจะต้องเท่ากันทั้งส่วนบนและส่วนล่าง วิธีที่สะดวกคือทำเครื่องหมายเอาสีทำเป็นจุดเล็ก ๆ ไว้ที่ขาข้างใดข้างหนึ่ง (ดูรูป) ถ้ามุมแนวดิ่งไม่ตรงก็หาเศษไม้มาหนุนจนได้มุม

เป็นอันว่าเราสามารถทำกล้องให้อยู่แนว ดิ่ง และตั้ง polar axis ให้ตรงกับ ดาวเหนือ ได้แล้ว สิ่งสำคัญอีกอันหนึ่งก็คือการตั้งน้ำหนักถ่วงเพื่อให้กล้องสมดุลย์จะได้สะดวกในการหมุนกล้องในทิศทางต่าง ๆ โดยสะดวก การตั้งน้ำหนักกระทำโดยหมุนกล้องจนกระทั่งแกนที่ใส่น้ำหนักและกล้องทั้งสองอย่างขนานกับพื้น เสร็จแล้วปล่อยมือถ้ากล้องกระดกขึ้นแสดงว่าน้ำหนักถ่วงมีระยะมากไป ถ้ากล้องกระดกลงแสดงว่าน้ำหนักถ่วงมีระยะทางน้อยไปให้คอยขยับจนเมื่อปล่อยมือกล้องและน้ำหนักจะได้สมดุลย์กันพอดี (ดูรูป) นอกจากถ่วงน้ำหนักของกล้องทั้งหมดดังกล่าวมาแล้ว อาจจำเป็นต้องคิดถ่วงน้ำหนักของ eyepiece และกระจกเอียงโดยการตั้งกล้องตามแนวดิ่ง (ดูรูป) ถ้าไม่ได้สมดุลย์ให้หาแผ่นไม้ หรือแผ่นเหล็กหนาพอประมาณ (ทำให้โค้งเข้ากับตัวกล้อง) แล้วหาเชือกหรือ



การถ่วงกล้องให้ได้สมดุลย์



การถ่วงกล้องให้ได้สมดุลย์

เข็มขัดรัดไว้ ถ้ามากไปให้เลื่อยไม้ทิ้งทีละน้อยจนได้สมดุลย์ อาจจะหาสกรูตรึงติดกับกล้องเสียเลยก็ได้ แต่การหาสมดุลย์ทางแนวดิ่งนี้ไม่มีความจำเป็นเท่าไรนัก ไม่ต้องกระทำก็ได้

การใช้กล้องเพื่อศึกษาท้องฟ้า ควรจะเลือกค่ำคืนที่มีอากาศดี ท้องฟ้ามืดสนิท ถ้าเป็นคืนเดือนหงายแสงจากดวงจันทร์จะรบกวน แต่กระนั้นสำหรับดาวที่มีแสงสว่างมากก็ยังมองเห็นได้ เพราะฉะนั้น ใน ฤดูหนาว เรา จะ เห็นดาว ได้ดีกว่าในฤดูอื่น เพราะเมื่ออากาศเย็นลงไอน้ำในบรรยากาศก็น้อยทำให้เห็นดาวในท้องฟ้าได้ชัดเจน ในฤดูฝนบางคืนแม้ท้องฟ้าจะปราศจากเมฆ แต่บางครั้งไอน้ำในบรรยากาศมีมากจะรบกวนทำให้เห็นดาวที่มีแสงน้อย ๆ ไม่ใคร่ชัด การดูดาวในบ้านเราควรหายาทากันยุงกัดไว้ด้วย มิฉะนั้นความสนุกสนานในการศึกษาดวงดาวของท่านจะลดน้อยลงไป

อะไรควรจะเริ่มศึกษาก่อนข้าพเจ้าขอแนะนำให้เริ่มดูดวงจันทร์ก่อนสิ่งอื่น ๆ เพราะสามารถหาได้ง่ายและเป็นเป้าหมายใหญ่ ต่อจากนั้นให้เริ่มส่องดูดาวเคราะห์ที่สามารถเห็นได้ง่าย ด้วย กล้องดาราทัศน์ขนาด 6 นิ้ว ดาวศุกร์หรือที่ชาวบ้านเรียกกันว่า "ดาวประจำเมือง" สามารถจะดูได้ภายหลังอาทิตย์ตกดิน สำหรับดาวเคราะห์อื่น ๆ เช่น ดาวอังคาร ดาวพฤหัสบดี ดาวเสาร์ จะต้องมีความรู้บ้างว่าขณะนั้นดาวเคราะห์เหล่านี้อยู่ในกลุ่มดาวฤกษ์กลุ่มไหน ถ้าสามารถจะซื้อตำราเกี่ยวแก่ดาราศาสตร์ ได้ เรา ก็สามารถที่จะหาตำแหน่งของดาวเคราะห์ เหล่า นี้ ได้ แต่ตำราดาราศาสตร์เหล่านี้มักจะบอกเป็น lat และ longมากกว่าทำให้ต้องเสียเวลาไปคำนวณหาผู้เขียนขอแนะนำวิธีง่าย ๆ ก็คือซื้อตำรา "ปฏิทินโหรแบบดาราศาสตร์" ซึ่งจะมีการบอกตำแหน่งของดาวเคราะห์ซึ่งตามกลุ่มดาวฤกษ์ราศีต่าง ๆได้เป็นอย่างดี ท่านสามารถใช้ค้นหาดาวเคราะห์ทั้งหมดได้ ดาวเคราะห์ที่ควรจะใช้กล้องดาราทัศน์ส่องดู นั้นก็มีเพียงไม่กี่ดวงเท่านั้นที่สามารถดูได้อย่างชัดเจน

1. ดาวพุธ (Mercury)
2. ดาวศุกร์ (Venus)
3. ดาวเสาร์ (Saturn)
4. ดาวอังคาร (Mars)
5. ดาวพฤหัสบดี (Jupiter)

มิใช่หมายความว่า ดาวเคราะห์อื่นไม่สามารถเห็นด้วยกล้องดาราทัศน์ขนาด 6 นิ้ว ที่เราเพียรสร้างมาตั้งแต่ต้น ดาวเคราะห์อื่นนั้นสามารถเห็นได้อย่างดี แต่เนื่องจากไกลมากจึงเห็นแต่เพียงเป็นจุดเหมือนกับดาวฤกษ์อื่น ๆ เท่านั้น นอกจากจะมี

กล้องดาราทัศน์ขนาดใหญ่ขึ้นไปจึงจะสามารถพิจารณาได้ดีขึ้น อย่างไรก็ตามความไกลของดาวเคราะห์ที่กล่าวถึงนี้ ถึงแม้จะมีกล้องขนาด 200 นิ้วหรือโตกว่าเราก็จะมองเห็นเป็นจุดขนาดเล็กเท่านั้น ผู้ที่ไม่เคยดูดาวเลยมักจะแสดงความผิดหวัง เมื่อพยายามเอากล้องส่องดูดาวฤกษ์แล้วไม่ได้เห็นมันมีขนาดโตขึ้นจากที่ได้มองเห็นด้วยตาเปล่า

คำตอบ

ตอบปัญหา

1. มี เช่น ช่วยในการสำรวจน้ำบาดาลในการประมาณระดับลึกของชั้นดิน ชั้นหิน ตรงที่ควรจะมีน้ำกักเก็บ
2. มี 2 แบบ คือ
   2.1 แบบที่ฝ่ายหนึ่งได้ประโยชน์ แต่อีกฝ่ายไม่ได้–ไม่เสียประโยชน์ เช่น หนอนโพลิคีต, โคพีพอด, กุ้ง, ปลา (เช่น ปลาคาร์ดินาล)
   2.2 แบบปรสิต เช่น หนอนตัวแบน, เพรียง, หอยฝาเดียว
3. มีความสามารถในการงอกส่วนของร่างกายที่ขาดหายไปขึ้นมาใหม่ได้ (regeneration)
4. มี 2 แบบ คือ แบบรีเฟลกซ์ (ต้องอาศัยสิ่งกระตุ้นภายนอก) และ แบบเกิดขึ้นได้เอง (ไม่ต้องอาศัยสิ่งกระตุ้นภายนอก)
5. คนตกไข่แบบเกิดขึ้นได้เอง ส่วนแมวตกไข่แบบรีเฟลกซ์
6. ฟอลลิเคิลสติมูเลติงฮอร์โมน (FSH) และ ลูติไนซิงฮอร์โมน (LH)
7. ข้อเสียของยาลดกรด เช่น
   7.1 ถ้ายามีอะลูมิเนียมมากจะทำให้ท้องผูก
   7.2 ถ้ายามีแมกนีเซียมมาก จะทำให้ท้องเดิน
   7.3 ถ้ายามีโซเดียมมาก จะทำให้เกิดอาการบวมน้ำ ซึ่งเป็นอันตรายสำหรับคนที่เป็นโรคหัวใจ, ความดันโลหิตสูง, โรคไต
8. ใช้วิธีเจลดัล(Kjeldahl method)

ว.วิทย.มข. ๑๒(๒) : ๑๒๓-๑๒๘ (๒๕๒๗)

Preliminary Study of Population Dispersion of an Agamid Lizard, Leiolepis belliana rubritaeniata (Mertens)*

R. Satrawaha**

Abstract

Population dispersion of Leiolepis belliana rubritaeniata was investigated by recording the relative distribution of its burrows in an area of approximately 7,200 m^2. The absolute density of lizard burrows was 1.9 per 100 m^2 The dispersion of individual burrows within the area was significantly different from that expected for a Poisson distribution (x^2= 68.59, P < .001) indicating contagious dispersion (σ/μ = 2.64)

บทคัดย่อ

ได้ศึกษาการกระจายภายในประชากรของแย้ พันธุ์ Leiolepis belliana rubritaeniata (Mertens) โดยการนับจำนวนรูอาศัย(burrows) ของแย้ในพื้นที่ประมาณ 7,200 $ม^2$ ที่บริเวณวัดบ้านหนองกุง อำเภอเมือง จ.ขอนแก่น พื้นที่นี้แบ่งออกเป็น 72 แปลง มีพื้นที่แปลงละ 100 $ม^2$ หาความหนาแน่นของแย้ต่อ 100 $ม^2$ และทดสอบการกระจายของข้อมูล ตามแบบพัวซอง(Poisson distribution) พบว่าแย้มีความหนาแน่น 1.9 ตัวต่อ 100 $ม^2$ และการกระจายของข้อมูลที่ได้ มีความแตกต่างไปจาก Poisson distribution อย่างมีนัยสำคัญระดับสูง (x^2= 68.59, P < .001) แสดงว่าการกระจายภายในประชากรแย้พันธุ์นี้เป็นแบบจับกลุ่ม(contagious dispersion, σ/μ = 2.64)

Introduction

Leiolepis belliana rubritaeniata (Mertens) is an agamid lizard found in the north and the northeast of Thailand. Very little has been reported about biology and ecology of this animal (Khobket 1974, Suvatti 1950, Taylor 1963). Generally, it is an edible but secretive lizard living in burrow commonly found in old farm areas, open areas of mixed deciduous forest, deciduous dipterocarp forest and some hill-evergreen forest(Khobket 1974). The opening of the burrow is an ellipsoid(Fig 1) (Satrawaha 1983) and the opening size is dependent upon the

*1)Paper read at National Science's Day Symposium held at the Faculty of Science Khon Kaen University,August 18,1983.

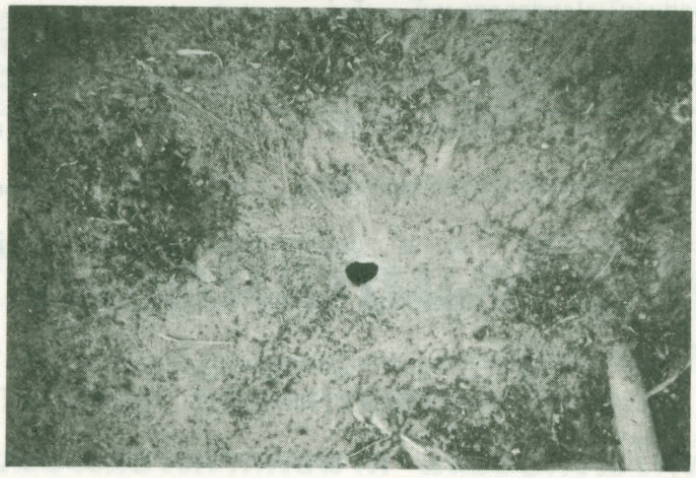
2)Presented at the Department of Zoology, Kyoto University,Kyoto,Japan,November 2 nd,1983.

** Assistant Professor R. Satrawaha, department of biology,Khon Kaen University, Khon Kaen

lizard body size(Khobket 1974). The burrows are usually less than 1.5 m long and 1 m depth (Fig.2) (Satrawaha 1983). The burrows do not run penpendicular to the ground surface but rather in an unspecific direction making an angle with the earth surface of less than 45 degrees(Khobket 1974, Satrawaha 1983).

L.b. rubritaeniata is a small diurnal lizard about 34 gm. and 10 cm on average body weight and snout-to-vent length respectively(Satrawaha 1983). This lizard subspecies is active on sunny days and each lizard seems to occupy a single burrow (Unpublished data). Mating is believed to occur above gound and the egg laying period is during April and August (Khobket 1974, Satrawaha and Tarbsripair 1982). This lizard is fast moving when on the surface making above ground capture difficult.

This report is an attempt to look at its population dispersion by investigating the relative distribution of its burrows. In doing this, it is necessary to assume that each lizard occupies a single burrow for its whole life if there is no serious disturbance.



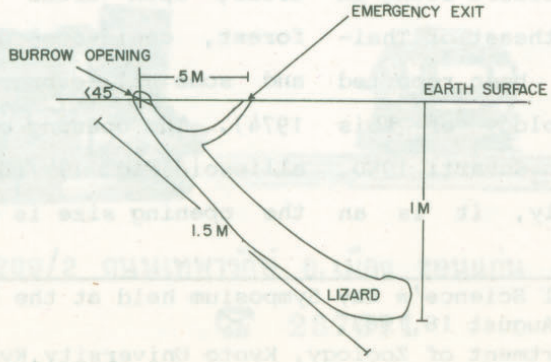


FIG.2.LONGITUDINAL SECTION DIAGRAM OF A BURROW OF L.B.RUBRITAENIATA

Material and Methods

The study area was a grassland habitat within a Buddhist temple compound, Wat Ban Nong Kung, Ampur Muang Khon Kaen. The area was approximately 6 km northeast of Khon Kaen City. It was a rectangle of 7,200 m^2 (Fig.3) bordered along one side by the 120 m concrete fence of a temple and on the other side by a walking path in the temple compound. The fence and the path were approximately 60 m apart and ran from southwest to northeast. The area was divided by grids into 72 plots each 10x10 m^2(Fig.3). The number of burrows occupied by lizards was determined by visual scanning of 72 plots in the study area. To ensure that all the burrows were occupied, they were counted only if, at least once, lizard was seen moving in or out of the hole, or lizard tracks were recognized at the burrow entrance. Each burrow in each plot was recorded and its position was plotted on the study area map. Recordings were made in April 1982. The Poisson distribution method was used to test for random distribution.

In populations having a Poisson distribution, the population mean (x) is equal to the population variance (σ^2) (Zar 1974) so $\sigma^2/\mu = 1.0$. A ratio much less than 1.0 indicates a uniform distribution but a ratio much greater than 1.0 indicates contagious distribution. The σ^2 cannot be computed directly but can be estimated by calculating the ssample variance (s^2). The significance of departure from a variance-to-mean ratio of 1.0 was assessed statistically by calculating $t = \frac{|s^2\sqrt{x}-1.0|}{\sqrt{2(n-1)}}$ (Clapham 1936). The chi-square goodness of fit test (Zar 1974) for random distribution was also computed using the observed frequencies (f_i) and the expected frequencies (f_i).

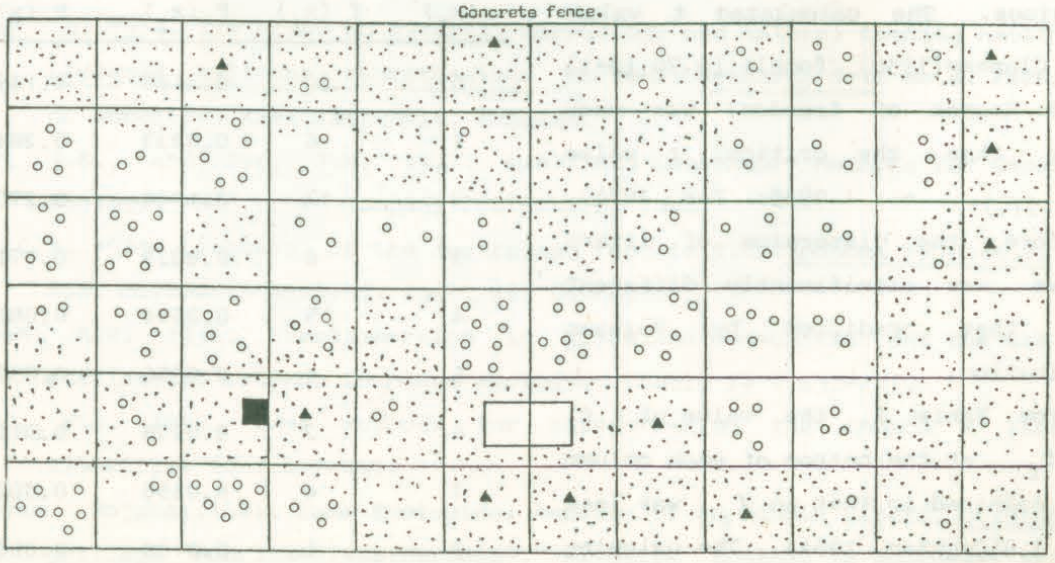


Fig.3. The study area showing distribution of lizard burrows and habitat types.(O=Lizard burrow opening; □ = Pavilion; ■ = Chapel; ▲ = Tree; = Saund soil with grass covered.) Scale 1 cm = 5 m.

Results and Discussion

The number of burrows of L. b. rubritaeniata in each 10x10 m^2 plot varied from zero to eight (Fig.3 and Table 1). The total number of burrows in the 72 plots was 140. Therefore, the absolute density was 1.9 holes per 100 m^2. This figure also represented the mean($\bar{x}$) number of individual burrow per plot. The x was used as an estimate of μ, the number of individuals per cell in the Poisson distribution equation, $P_x = \frac{e^{-\mu}\mu^x}{x!}$ Where P_x was a probability of finding x individual burrows in each plot. Therefore, the probability expected for a Poisson distribution in which x equal 1.9 individuals per plot can be obtained (Table 1). The observed probability of plot having x burrows was obtained from the function $P(x_i) = f(x_i)/n$ (Brower & Zar 1977).

The s^2 for this study sample was 5.01. Thus, the variance-to-mean ratio was estimated by 5.01/1.9 = 2.64 indicating a dispersion not random but contagious. The calculated t value from Clapham(1936) fomula [9.76;(n-1) = 71 degree of freedom] was much larger than the critical t value ($t_{.05(2),71}$ = 1.9935; Zar 1974). Therefore, the dispersion of lizard burrows was significantly different from that predicted by Poisson distribution.

From Table 2, the value of f_i and f_i at the bottom of each column were combined so that no f_i was less than 1.0(Cochran 1954). The calculation shown that the dispersion of the observed data was a highly significant departure from a Poisson distribution (x^2_4 = 68.59, P < .001). Population dispersion of burrows of L.b. rubritaeniata in this study tends to be contagious. So, if each lizard occupies single burrow (Khobket 1974, Satrawaha 1983), the population dispersion of the lizards will also be contagious. There are a number of reasons which can account for this. For instance, this lizard subspecies is rarely found in woody areas but commonly occupies open grassy habitat (Ibid.). Areas with more carpet of grass and trees are occupied less than

Table 1. The observed data from Fig.3and the probablities of x_i in each plot expected from the Poisson distribution with a mean ( ) of 1.9 individuals per plot.

No of burrows in plot (x_i)	Obs. freq. f (x_i)	Obs. prob. P (x_i)	Poisson prob. P (x)
0	30	0.4167	0.1496
1	6	0.0833	0.2842
2	14	0.1944	0.2700
3	6	0.8833	0.1710
4	5	0.0694	0.0812
5	4	0.0556	0.0309
6	2	0.0278	0.0100
7	4	0.0556	0.0027
8	1	0.0139	0.0006
9	0	0.0000	0 0001

Table 2. Observedfrequencies of finding X_i individuals in each plot,and frequencies expected from the Poisson distribution, for the data in Fig.3 and Table 1.

No of burrows in plot (x_i)	Obs.freq. (f_i)		Expected freq. (F_i)	
0	30		10.771	
1	6		20.462	
2	14		19.440	
3	6		12.312	
4	5		5.846	
5	4	11	2.225	3.189
6	2		0.720	
7	4		0.194	
8	1		0.043	
9	0		0.007	

open sandy areas (Fig.3). This indicates that habitat niche of L.b. rubritaeniata is rather specialized which may influence its pattern of dispersion. This animal is believed to be an omnivorous lizard(Ibid.) and an omnivorous lizard tends to occupy a confined area(Bull 1978, Satrawaha and Bull 1981). Therefore, population dispersion becomes contagious. April, the sampling time, is in summer season where available food for these lizards may be hard to find. Thus, the lizards may be clustered into area where food is abundant. However, most animal populations in nature appear to have contagious dispersion(Zar 1974).

References

Khobket, O. 1974. The study on external morphology and natural feeding habit of Liolepis belliana rubritaeniata Mertens. Research Note No.8. Faculty of Forestry. Kasetsart Univ. Bangkok.

Brower, J.E., and Zar, J.H. 1977. Field and Laboratory Methods for General Ecology. WM.C.Brown Company Publishers. Iowa.

Bull, C.M. 1978. Dispersal of the Australian reptile tick Aponoma hydrosauri by host movement. Aust. J. Zool. 26: 689-697.

Claphman, A.R. 1936. Overdispersion in grassland communities and the use of statistical methods in plant ecology. J.Ecol. 24 : 232-251.

Cochran, W.G. 1954. Some methods for strengthening the common x^2 tests. Biometrics 10 : 417-451.

Satrawaha, Rojchai.1984. Some Ecological Aspects of an Agamid Lizard, Leiolepis belliana rubritaeniata(Mertens). Wildlife Ecology in Southeast Asia. the Symposium on Wildlife Ecology in Southeast Asia, 7-9 June, 1983. Biotrop, Bogor, Indonesia Biotrop Special Publication No.21: 77-85.

Satrawaha, R., and Bull, C.M. 1981. The Area Occupied by an Omnivorous Lizard, Trachydosaurus rugosus. Aust. Wildl. Res.8 : 435-442.

Satrawaha, R., and Tarbsipair, P. 1982. Morphometric Study of Leiolepis belliana rubritaeniata(Mertens). J. of Sci. KKU 10(3) : 235-240.

Suvatti, C., 1950. Fauna of Thailand. Department of Fisheries. Bangkok.

Taylor, E.H. 1963. The Lizards of Thailand. The Univ. of Kansas Sci. Bull. 44(14) : 904-910.

Zar, J.H. 1974. Biostatistical Analysis. Prentice-Hall. Englewood Cliffs. N.J.

Pierre de Fermat

ปีแยร์ เดอ แฟร์มาต์

โปรดอ่านเรื่องเกี่ยวกับนักคณิตศาสตร์ท่านนี้ในเกร็ดความรู้

ว.วิทย.มข. ๑๒(๒) : ๑๒๙-๑๓๗ (๒๕๒๗)

คุณค่าอาหารในดักแด้ไหม

นุ่มนวล อุดมพงษานนท์*
กันยาลักษณ์ ลักษณะหุต**

บทคัดย่อ

การเลี้ยงไหมและการผลิตผ้าไหมจัดเป็นอาชีพที่สำคัญอาชีพหนึ่งของคนไทย ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือนมาเป็นเวลานาน กรรมวิธีในการสาวเส้นไหมจากรังต้องต้มรังไหมซึ่งมีดักแด้ไหมอยู่ภายใน เมื่อสาวไหมจนหมดก็จะได้ดักแด้ไหมต้มเป็นผลิตผลพลอยได้ ประชาชนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจึงนิยมนำดักแด้ไหมมาคั่วใส่เกลือรับประทาน

วรากร และคณะ(2518) พบว่า ประชาชนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นิยมรับประทานดักแด้ไหมกันมากถึง 94 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งดักแด้ไหมเป็นผลิตผลพลอยได้จากการสาวไหม(สาวใยเส้นไหม โดยการต้มรังไหม) ฉะนั้นจุดประสงค์ในการทำการวิจัยครั้งนี้เพื่อวิเคราะห์หาคุณค่าอาหารในตัวดักแด้ไหม ซึ่งอยู่ในลักษณะที่ประชาชนนิยมนำมาบริโภค คือผ่านการต้มและคั่วใส่เกลือแล้ว จากผลการวิเคราะห์โดยใช้น้ำหนักเปียกพบว่ามีปริมาณความชื้น 70.79 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 16.50 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 7.35 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 1.70 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณคาร์โบไฮเดรต ซึ่งวิเคราะห์ในรูปของน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) มีปริมาณน้อยมาก คือประมาณ 0.75 เปอร์เซนต์ นอกจากดักแด้ไหมจะเป็นแหล่งอาหารโดยเฉพาะประเภทโปรตีนและไขมันที่สำคัญแล้ว ยังมีประโยชน์ใช้เป็นอาหารสัตว์ ทำการสกัดไขมันมาทำสบู่ และเป็นปุ๋ยได้อีกด้วย (สวัสดิทัต 2519)

บทนำ

ผ้าไหมไทย เป็นผลิตภัณฑ์ศิลปหัตถกรรมดั้งเดิมของไทย ซึ่งทำจากใยของรังไหม เดิมผลิตขึ้นใช้กันเองภายในครอบครัว ต่อมาหลังสงครามโลกครั้งที่ 2 มี สถาปนิกชาวอเมริกัน ชื่อ จิม ทอมสัน (Jim Thompson) ได้ปรับปรุงคุณภาพและฟื้นฟูผ้าไหมไทยให้มีความสำคัญขึ้นมาอย่างรวดเร็ว ตลอดจนสมเด็จพระนางเจ้าพระบรมราชินีนาถ องค์ปัจจุบันของไทยได้ทรงช่วยส่งเสริมให้มีการผลิตผ้าไหมมัดหมี่ ซึ่งเป็นผ้าไหมที่เป็นเอกลักษณ์ ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือให้มีคุณภาพดียิ่งขึ้น ทั้งยังทรงส่งเสริมผ้าไหมมัดหมี่ให้เป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายทั้งในประเทศและต่างประเทศ จนในปัจจุบันผ้าไหมไทยกลายเป็นสินค้าออกที่สำคัญอย่างหนึ่ง ซึ่งเป็นการช่วยยกฐานะการครองชีพของคนไทยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และรักษาไว้ซึ่งเอกลักษณ์ของชาติและเพิ่มค่านิยมในการอุดหนุน

* ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุ่มนวล อุดมพงษานนท์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
**น.ส.กันยาลักษณ์ ลักษณะหุต แผนกผลิตโรงงานสุราอยุธยา อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดอยุธยา

สินค้าไทย

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีการเลี้ยงไหมกันเกือบทุกจังหวัด โดยเฉพาะในจังหวัดนครราชสีมา ร้อยเอ็ด นครพนม อุบลราชธานี และขอนแก่น การปลูกหม่อน เลี้ยงไหม และสาวไหม เป็นอาชีพดั้งเดิมอาชีพหนึ่งของประชาชนในภาคนี้ ซึ่งจัดเป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือน เป็นการหารายได้พิเศษในเวลาที่ว่างจากการประกอบอาชีพหลักคือการทำเกษตรกรรม

ในการสาวไหมต้องต้มรังไหมเพื่อทำให้เส้นไหมเหนียวขึ้น และไม่พันกัน และสะดวกในการสาวไหม ซึ่งจะได้ดักแด้ไหมที่ต้มสุกเป็นผลิตผลพลอยได้ ประชาชนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือนิยมนำดักแด้ไหมมาคั่วกับเกลือรับประทานเป็นอาหารว่าง ซึ่งเป็นการประหยัดรายจ่ายในครัวเรือนทางหนึ่ง ผู้เขียนจึงเห็นว่า ควรจะทำการศึกษาและวิเคราะห์ถึงคุณค่าอาหารในดักแด้ไหม

วัตถุดิบ เครื่องมือ และน้ำยาเคมี

วัตถุดิบ

ดักแด้ไหมพันธุ์ชนบท 2 (ช.บ. 2) (Bombyx mori) ที่ซื้อจากชาวบ้าน เอามาวางขาย ในตลาดเทศบาล 1 อ.เมือง จ.ขอนแก่น ตัวดักแด้ไหมนี้ผ่านการต้มสาวไหมออกแล้ว เอาไปคั่วใส่เกลือเล็กน้อยเป็นลักษณะ ที่พร้อมจะนำมา รับประทานได้เลย นำดักแด้ไหมมาล้างด้วยน้ำกลั่น แล้วผึ่งจนสะเด็ดน้ำ

เครื่องมือ

1. Micro Kjeldahl Digestion apparatus(Labconco)

2. Macro Kjeldahl Distillation apparatus(Labconco)

3. Lab - line^R Multi extraction heater (Lab - line instruments) Inc. Designers and manufacturers. Meleose park ill)

น้ำยาสำหรับวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรต

สารละลายโมลิชส์ (Molisch's reagent)

ละลาย 10 กรัม ของ α-napthol ใน 95% เอทิลแอลกอฮอล์ 100 ซม

สารละลายเฟห์ลิ่ง (Fehling's solution)

สารละลาย ก. : สารละลายผลึก $CuSO_4.5H_2O$ 34.64 กรัม ในน้ำที่มีกรด H_2SO_4 เจือจาง 2-3 หยด แล้วทำสารละลายให้มีปริมาตรเป็น 500 ซม

สารละลาย ข. : ละลายผลึกของ NaOH 60 กรัม และ $C_4H_4KNaO_4.4H_2O$ (sodium potassium tartrate) 173 กรัมในน้ำกลั่น ถ้ามีตะกอนให้กรอง สารละลาย ด้วยกรวยแก้วแบบซินเตอร์(sintered glass funnel) จากนั้นทำสารละลายให้เป็น 500 ซม^3.

เวลาจะนำไปใช้ : ผสมสารละลาย ก. และสารละลาย ข. อย่างละเท่า ๆ กัน

สารละลายไอโอดีน (Iodine solution)

ละลาย I_2 ลงในสารละลาย 2% KI จนได้สารละลายสีเหลืองแก่

สารละลายเบนเนดิคท์ (Benedict's reagent)

ละลายผลึก $2Na_3C_6H_5O_7.11H_2O$ (Sodium citrate) 86.5 กรัม และ Na_2CO_3 ที่ปราศจากน้ำ จำนวน 50 กรัมในน้ำ 350 ซม^3 เติม

สารละลายของ $CuSO_4.5H_2O$ 8.65 กรัมในน้ำ 50 ซม^3 คนสม่ำเสมอ ทำให้ปริมาตรของสารละลายเป็น 500 ซม^3 ถ้าสารละลายไม่ใส ต้องกรองก่อน

วิธีทดลอง

การเตรียมดักแด้ไหมสำหรับวิเคราะห์

บดดักแด้ไหม ให้ละเอียด ในโกร่งกระเบื้อง (porcelain mortar) แล้วจึงแบ่งชั่งให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนสำหรับทำการวิเคราะห์แต่ละครั้ง

เตรียมสารละลายของดักแด้ไหม 20%

ชั่งดักแด้ไหมหนัก 20 กรัม บดให้ละเอียดในโกร่งบด ค่อยๆเทน้ำกลั่น ผสมกับดักแด้ไหมที่บดละเอียด คนให้เข้ากัน เทสารละลายใส่ขวดปริมาตร (volummetric flask)ขนาด 100 ซม^3 แล้วเติมน้ำกลั่นลงไปจนครบ 100 ซม^3 เขย่าให้เข้ากัน นำสารละลายมากรองผ่านกระดาษกรองหลายๆครั้ง จนได้สารละลายใส พร้อมที่จะนำไปทดสอบหาคาร์โบไฮเดรต

การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น

การหาปริมาณความชื้น ทำโดยชั่งตัวอย่างดักแด้ไหมที่บดละเอียดให้ได้น้ำหนักแน่นอน ประมาณ 1-2 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้อง (porcelain dish) ที่รู้น้ำหนักแน่นอนหลังจากผ่านการอบที่ 110 องศาเซลเซียส และทำให้เย็นในโถดูดความชื้น (desiccator) อบตัวอย่างดักแด้ไหมที่ 110 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่ น้ำหนักที่หายไปต่อตัวอย่างดักแด้ไหม 100 กรัม เป็นเปอร์เซ็นต์ความชื้น

การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า

อินทรีย์สาร จะถูกเผาไหม้ออกไปที่อุณหภูมิต่ำสุดเท่าที่จะเป็นไปได้ อนินทรีย์สารที่เหลือทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนัก การให้ความร้อนจะทำเป็นขั้นๆคือ ขั้นแรกจะเป็นการไล่น้ำออกไป ขั้นต่อไปจะเผาให้เป็นถ่าน(Char) ขั้นสุดท้ายเผาให้เป็นเถ้า (ash) ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส ในเตาเผา (muffle furnace)

วิธีทำ

ชั่งตัวอย่างดักแด้ไหมที่บดละเอียด ให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 2-3 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องที่รู้น้ำหนักแน่นอน นำไปเผา บนแผ่นโลหะร้อน (hot plate) ในตู้ควัน ค่อย ๆ เผาให้ร้อนขึ้นจนหมดควัน ดักแด้ไหมจะเปลี่ยนเป็นสีดำ แล้วนำไปเผาต่อในเตาเผาที่ 550 องศาเซลเซียส จนดักแด้ไหมกลายเป็นเถ้าสีเทาหรือขาว(ใช้เวลา 5-8 ชั่วโมง) เผาจนได้น้ำหนักคงที่ น้ำหนักของเถ้าที่เหลือต่อตัวอย่างดักแด้ไหม 100 กรัมเป็นเปอร์เซ็นต์เถ้า

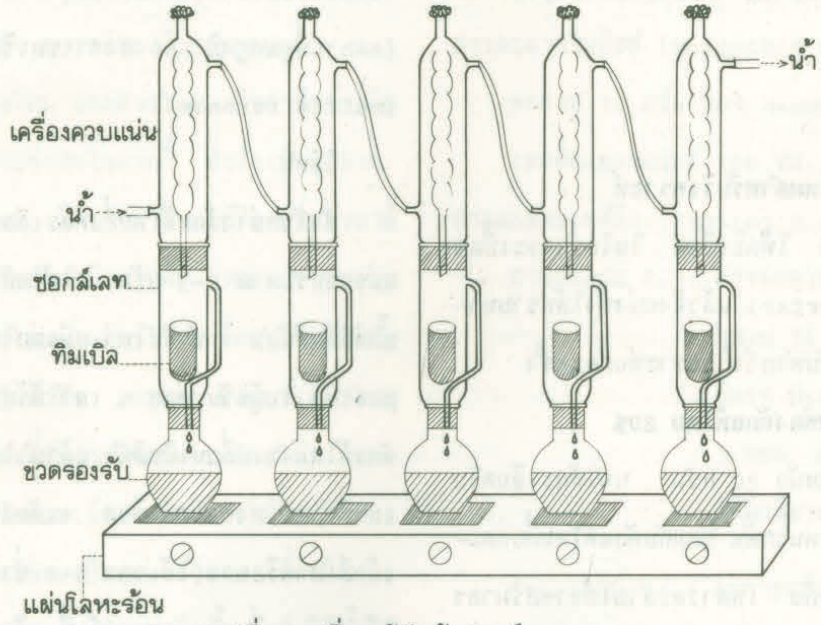
การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน (Jacob, 1958)

ไขมันที่มีในดักแด้ไหมสกัดออกโดยใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์(petroleum ether) ในเครื่องสกัดซ็อกส์เลท(soxlet extraction)

วิธีทำ

ชั่งดักแด้ไหม ที่บดละเอียด ให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 1-2 กรัม ใส่ลงในทิมเบิล (thimble) ที่แห้งแล้วใช้สำลีอุดปากทิมเบิลไว้นำไปใส่ในซ็อกส์เลท และทำการสกัดไขมัน โดยใส่ปิโตรเลียมอีเทอร์ลงในขวดรองรับ (receiving flask) ที่อบ ที่ 110 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ประมาณ 3/4 ของขวด ทำการสกัดไขมันโดยตั้งเครื่องมือดังรูปที่ 1 ใช้เวลาสกัดประมาณ 9-12 ชั่วโมง เมื่อสกัดเรียบร้อยแล้ว นำขวดรองรับไปประเหยเอาปิโตรเลียมอีเทอร์ออก อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เพื่อให้ปิโตรเลียมอีเทอร์ ที่คงเหลืออยู่

ระเหยไปจนหมด ทำให้เย็นในโถอบ ชั่งหาน้ำหนัก แล้วอบซ้ำจนได้น้ำหนักคงที่ น้ำหนักไขมันที่สกัดได้จากดักแด้ไหม 100 กรัม เป็นเปอร์เซ็นต์ไขมันในดักแด้ไหม



รูปที่ 1 เครื่องสกัดไขมันซอกล์เลท

การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน (Jacob, 1958)

ปริมาณโปรตีนในดักแด้ไหม หาโดยวิธีไมโครเจลดัล (Micro Kjeldahl method)

หลักการหาโปรตีนโดยวิธีเจลดัล มีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. การย่อย(digestion) : นำสารตัวอย่างมาย่อยกับกรด H_2SO_4 เข้มข้น เพื่อเปลี่ยนโปรตีนให้เป็นแอมโมเนียมไฮโดรเจนซัลเฟต(NH_4HSO_4)

$$C_aH_bN_cO_d \longrightarrow aCO_2 + 1/2bH_2O + cNH_4HSO$$

2. การกลั่น(distillation) : เมื่อสารตัวอย่างถูกย่อยสมบูรณ์ และตั้งสารละลายให้เย็นแล้ว เติม 50% NaOH เพื่อให้เกิดก๊าซแอมโมเนีย(NH_3) ขณะนี้ ไนโตรเจนในสารตัวอย่าง จะถูกเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียทั้งหมด ทำการกลั่นเก็บก๊าซแอมโมเนียที่เกิดขึ้นในสารละลาย 2% กรดบอริค(Boric acid, H_3BO_3) ซึ่งจะเกิดปฏิกริยาดังสมการ

$$NH_4HSO_4 \xrightarrow{OH^-} NH_3 + SO_4^{2-} + H_2O$$

3. การไตเตรต(titration) : แอมโมเนียที่ได้จากการกลั่นในข้อ 2 เก็บในสารละลายกรดบอริค แล้วนำไปไตเตรตกับสารละลาย กรดมาตรฐาน กรดบอริคเป็นกรดอ่อนใช้จับแอมโมเนีย เป็นกรดอ่อนแต่ไม่รบกวนการไตเตรต จากปริมาณแอมโมเนียที่ทราบจากการไตเตรต กับกรดมาตรฐาน สามารถคำนวณหาปริมาณโปรตีนในสารตัวอย่างได้ โดยถือว่าโปรตีนมีไนโตรเจนอยู่ประมาณ 16%

วิธีทำ

ชั่งดักแด้ไหมที่บดละเอียด ให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 1-2 กรัมลงในกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว ห่อใส่ในขวด ไมโครเจลดัล (micro Kjeldahl flask) ขนาด 100 ซม^3 เติมกรด H_2SO_4 เข้มข้น 20 ซม^3 ใส่ตัวเร่งปฏิกริยา(catalyst ซึ่งเป็นของผสมของ Na_2SO_4 ที่ปราศจากน้ำ 96% $CuSO_4$ 3.5% และ SeO_2 0.5%) ประมาณ 8 กรัม ใส่ลูกแก้ว(glass beat) เล็กน้อย นำไปย่อยจนได้สารละลายใส และไม่มีควันสีขาว (ใช้เวลา

ประมาณ 3-5 ชั่วโมง) ถ่ายสารละลายใส่ลงในขวดกลั่นขนาด 200 ซม^3 เติม 50% NaOH 75 ซม^{3}และเม็ดสังกะสี(Zinc granular) 2-3 ชิ้น ลงในขวดกลั่น เตรียมขวดขนาด 500 ซม^{3}บรรจุด้วย 2% กรดบอริคจำนวน 50 ซม^3 และอินดิเคเตอร์ ซึ่งประกอบด้วย 0.016% เมททิลเรด (methyl red) และ 0.033%โบรโมครีซอลกรีน(bromocresol green) ในแอลกอฮอล์ แล้วนำไปรองรับก๊าซที่ปลายหลอดนำก๊าซ (adapter) โดยให้ปลายหลอดนำก๊าซจุ่มอยู่ในสารละลาย 2% กรดบอริค เก็บก๊าซแอมโมเนียที่ได้จากการกลั่น ซึ่งใช้เวลาประมาณ 30-45 นาที จนสารละลายกรดบอริคในขวดเปลี่ยนจากสีม่วงไปเป็นสีเขียว และปริมาตรของสารละลายในขวดจะเพิ่มขึ้นเป็น 200 ซม^3 นำเอาสารละลายในขวดไปไตเตรตกับสารละลายมาตรฐาน 0.0918N H_2SO_4 จนสารละลาย เปลี่ยนกลับไป เป็นสีม่วงที่จุดสะเทิน (end point) นำปริมาตรของกรดซัลฟูริกมาตรฐานที่ใช้ในการไตเตรตไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์โปรตีนได้ดังนี้

การคำนวณหาปริมาณโปรตีน

เปอร์เซ็นต์โปรตีนในดักแด้ไหม

$$= \frac{V \times N \times 0.014 \times 6.25 \times 100}{W}$$

เมื่อ V เป็นปริมาตรของกรดซัลฟูริกมาตรฐานที่ใช้ไตเตรต

N เป็นความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกมาตรฐานเป็นนอร์มัล

W เป็นน้ำหนักดักแด้ไหมที่ใช้ทดลอง(กรัม)

การวิเคราะห์ทางคุณภาพของคาร์โบไฮเดรต (นุ่มนวล, 2520)

เนื่องจากดักแด้ไหมมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตน้อยไม่สามารถทำการวิเคราะห์หาปริมาณคาร์โบไฮเดรตออกมาได้ จึงทำการวิเคราะห์ในทางคุณภาพ เพื่อตรวจสอบ ดูปฏิกริยาเคมีของคาร์โบไฮเดรต โดยทดสอบในรูปของน้ำตาลชนิดต่างๆและโพลีแซคคาไรด์ (polysaccharides)

1. การทดสอบโมลิชส์

ใช้ทดสอบคาร์โบไฮเดรตทั่วๆไป เมื่อคาร์โบไฮเดรตทำปฏิกริยากับกรดเข้มข้น จะให้สารประกอบเฟอร์ฟูรัล(furfural) และอนุพันธ์ของมัน และเมื่อทำปฏิกริยากับอัลฟา-แนพทาล (α-napthal) จะได้สารสีม่วง

รินสารละลาย 20%ดักแด้ไหมจำนวน 1 ซม^{3}ลงในหลอดทดลอง เติมน้ำยาโมลิชส์ 1 หยด เขย่าแล้วค่อยๆรินกรดกำมะถันเข้มข้น จำนวน 1 ซม^3 ลงข้างๆหลอดอย่างช้าๆ ถ้ามีคาร์โบไฮเดรตอยู่จะเกิดวงแหวนสีม่วง เขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ 2 นาที เติมน้ำกลั่น 5 ซม^3 ถ้ามีคาร์โบไฮเดรตอยู่ จะได้ตะกอนสีม่วงเกิดขึ้น

2. การทดสอบเฟฮ์ลิง

ใช้ทดสอบน้ำตาลรีดิวซ์ น้ำตาลรีดิวซ์จะรีดิวซ์น้ำยาเฟฮ์ลิง ให้ได้ตะกอนสีอิฐ ของคิวปรัสออกไซด์ (cuprus oxide, Cu_2O)

ทำได้โดยรินสารละลาย 20 % ดักแด้ไหม 1 ซม^3 ลงในหลอดทดลอง เติมสารละลายเฟฮ์ลิง 2 ซม^3 ต้มให้เดือดประมาณ 1-2 นาที ถ้าได้ตะกอนสีแดงอิฐของ Cu_2O แสดงว่ามีน้ำตาลรีดิวซ์

3. การทดสอบไอโอดีน

โพลีแซคคาไรด์ เมื่อทำปฏิกริยากับไอโอดีนจะให้สารประกอบเชิงซ้อนสีต่างๆตามชนิดของโพลีแซคคาไรด์ อะมิโลเพ็คติน (amylopectin) จะทำให้สีไอโอดีนอ่อนลง ไกลโคเจน(glycogen)ให้สีน้ำตาลอ่อนกับไอโอดีน เด็กซ์ตริน(dextrin)ให้สีชมพู ส่วนแป้งจะให้สีน้ำเงิน

รินสารละลาย 20% ดักแด้ไหม 1 ซม^3 ลงในหลอดทดลอง เติมสารละลายไอโอดีน 1 หยด สังเกตดูสีที่เกิดขึ้น ถ้ามีแป้งหรือพวกโพลีแซคคาไรด์อยู่จะได้สารละลายที่มีสี แล้วนำไปต้มในเครื่องอังไอน้ำ (water bath) สังเกตดูสีที่เปลี่ยนไป

ง. การทดสอบว่ามีน้ำตาลซูโครส (sucrose) ปนอยู่กับน้ำตาลรีดิวซ์หรือไม่

การทดสอบว่า มีน้ำตาลซูโครสปนอยู่กับน้ำตาลรีดิวซ์หรือไม่ และถ้ามีจะเป็นปริมาณมากน้อยเท่าไร ทำได้โดย ให้สารตัวอย่าง ทำปฏิกิริยากับสารละลายเบนเนดิคท์ น้ำตาลรีดิวซ์เมื่อต้มกับสารละลายเบนเนดิคท์จะได้ตะกอนสีแดงอิฐของ Cu_2O

$$HOH_2C\text{-}(CHOH)_4CHO + 2Cu(OH)_2 \longrightarrow HOH_2C\text{-}(CHOH)_4\text{-}COOH + H_2O + \begin{matrix} Cu\text{-}OH \\ | \\ Cu\text{-}OH \end{matrix} \xrightarrow{\text{ต้ม}} Cu_2O + H_2O$$

ส่วนซูโครสจะไม่สามารถทำปฏิกิริยากับสารละลายเบนเนดิคท์ ต้องถูกไฮโดรไลส์ (hydrolyse) ด้วยกรดเสียก่อน จึงจะสามารถไปรีดิวซ์สารละลายเบนเนดิคท์ ให้ตะกอนของ Cu_2O ออกมาทีหลัง

การเตรียมถ้วยกูช

ถ้วยกูช(Gooch crucible) ที่ใช้กรองตะกอนต้องล้างด้วย $HCl:HH_2O$ ในอัตราส่วน 1:3 แล้วล้างตามด้วยน้ำกลั่นจนหมดกรด ต่อมาล้างด้วย 10% NaOH แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นจนหมดด่าง แล้วล้างด้วยสารละลายอัลคาไลน์ตราเตรต (alkaline tartrate)แล้วล้างน้ำกลั่นจนหมดด่างอีกครั้งหนึ่ง นำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งหาน้ำหนักแน่นอน ทำซ้ำจนได้น้ำหนักคงที่

วิธีทำ

ไปเปต 20%สารละลายดักแด้ไหมใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 50 ซม^{3}ขวดละ 4 ซม^3 เติมน้ำยาเบนเนดิคท์ 6 ซม^3 นำไปต้มให้เดือดประมาณ 5 นาที กรองใส่ถ้วยกูชที่รู้น้ำหนักแน่นอน ล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่น เก็บสารละลายไว้ แล้วนำถ้วยกูช ไปอบให้แห้งที่ 110 องศาเซลเซียส ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักแน่นอน อบซ้ำจนได้น้ำหนักคงที่ นำสารละลายที่กรองได้มาไฮโดรไลซ์ โดยเติมกรดเกลือเข้มข้น จนสารละลายเป็นกรด นำไปต้มให้เดือด 5 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วทำให้เป็นกลางด้วย 10% NaOH เติมน้ำยาเบนเนดิคท์อีก 6 ซม^3 ต้มให้เดือด 5 นาที ถ้ามีตะกอนสีอิฐ แสดงว่ามีซูโครส กรองตะกอนออกโดยใช้ถ้วยกูช แล้วอบตะกอนที่ 110 องศาเซลเซียส ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักแน่นอน อบซ้ำจนได้น้ำหนักคงที่

ผลการวิเคราะห์

จากการวิเคราะห์ คุณค่าอาหาร ในดักแด้ไหม สรุปผลได้ดังแสดงในตาราง 1

คาร์โบไฮเดรตในดักแด้ไหม พบว่าเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ แต่ไม่มีน้ำตาลซูโครส และโพลีแซคคาไรด์พวกเด็กซ์ตรินและแป้ง

วิจารณ์ผลการทดลอง

สารอาหารต่าง ๆ ในดักแด้ไหม พันธุ์ชนบท 2

ตารางที่ 1 ปริมาณสารอาหารในดักแด้ไหมพันธุ์ชนบท2 (ช.บ.2)

สารอาหาร	เปอร์เซ็นต์สารอาหาร
ความชื้น	70.68 ± 0.086
เถ้า	1.73 ± 0.030
ไขมัน	7.53 ± 0.093
โปรตีน	16.50 ± 0.174
คาร์โบไฮเดรต (ในเทอมของน้ำตาลรีดิวซ์)	0.75 ± 0.046

(ช.บ. 2) ที่ซื้อจาก ตลาดเทศบาล 1 อ.เมือง จ.ขอนแก่น ที่วิเคราะห์ได้ถือว่าเป็นปริมาณสารอาหาร ในน้ำหนักเปียกในดักแด้ไหม เมื่อคำนวณเป็นปริมาณสารอาหารในน้ำหนักแห้ง จะได้ผลดังแสดงในตาราง 2

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารอาหารในดักแด้ไหมพันธุ์ชนบท 2 (ช.บ. 2) กับผลการวิเคราะห์ของอมรรัตน์ สวัสดิทัต และคณะ(อมรรัตน์ สวัสดิทัต, 2519) ซึ่งสรุปปริมาณสารอาหารต่อน้ำหนักแห้งของดักแด้ไหม จะเห็นได้ว่า ดักแด้ไหมพันธุ์ต่างๆมีปริมาณของสารอาหารใกล้เคียงกัน(ตาราง 3) ถั่วเหลืองมีโปรตีน 38%(ไสววงษ์, 2526) ซึ่งเป็นปริมาณที่ต่ำกว่าปริมาณโปรตีนในดักแด้ไหม

ตารางที่ 2 ปริมาณสารอาหารในดักแด้ไหมพันธุ์ชนบท2 (ช.บ.2) ต่อน้ำหนักเปียกและน้ำหนักแห้งของดักแด้

สารอาหาร	% สารอาหาร (ต่อน้ำหนักเปียก)	% สารอาหาร (ต่อน้ำหนักแห้ง)
ความชื้น	70.68	-
เถ้า	1.73	5.91
ไขมัน	7.53	25.67
โปรตีน	16.50	56.49
คาร์โบไฮเดรต	0.75 (ในเทอมน้ำตาลรีดิวซ์)	2.54

ตารางที่ 3 คุณค่าอาหารของดักแด้ไหมพันธุ์ต่างๆจากการวิเคราะห์ของอมรรัตน์ สวัสดิทัตและคณะ (อมรรัตน์ สวัสดิทัต,2519)

สารอาหาร	% สารอาหารใน ดักแด้ไหมพันธุ์ต่าง (น้ำหนักแห้ง)			
	Shinobu	Lakshimara Yamaและ Rao	พันธุ์ญี่ปุ่น	ลูกผสม น.ค.4*
เถ้า	4.3	-	3.85	5.42
ไขมัน	31.0	28.4	20.05	21.16
โปรตีน	55.0	51.3	57.53	62.09
คาร์โบไฮ-เดรต	-	-	5.62	7.39

จากผลการวิจัยจะเห็นได้ว่า ดักแด้ไหมมีปริมาณไขมัน และโปรตีนสูงมาก จึงนับได้ว่าดักแด้ไหมเป็นแหล่งไขมันและโปรตีนที่น่าสนใจ โดยเฉพาะเป็นผลิตผลพลอยได้ที่ไม่ต้องซื้อหาสำหรับประชาชนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีอาชีพทำผ้าไหม ไขมันของดักแด้ไหมมีสมบัติเป็น semi-drying oil (Pan & Sun, 1937) ซึ่งมีปริมาณของกรดไขมันอิสระสูง และทำให้ดักแด้ไหมมีกลิ่นค่อนข้างแรง ทำให้ดักแด้ไหมไม่เป็นที่นิยมของผู้ที่ไม่คุ้นเคย Sasaki (1950)พบว่าสารที่ทำให้เกิดกลิ่นในดักแด้ไหมเป็น อะมีนอัลดีไฮด์ (amine aldehyde) ไฮโดรคาร์บอนและสารอื่นที่ยังไม่ทราบแน่ชัด กลิ่นนี้สามารถทำให้หมดไปได้ โดยล้างดักแด้ไหมในกรดเกลือ Watanabe (1953) ได้จัดสารที่ทำให้เกิดกลิ่นไว้เป็นพวกกลิ่นปลา(fishy odor) ซึ่งมีสูตรเป็น C_5H_9NS และสารประกอบอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งอาจเป็น $C_{20}H_{38}O_3$ หรือ $C_{18}H_{36}O_3$ นอกจากนี้ดักแด้ไหมยังอุดมไปด้วยไวตามินเอ บี$_1$และบี$_2$(วราภร และคณะ, 2518) ในต่างประเทศได้มีการสกัดไวตามิน บี$_2$จากดักแด้ไหม(Tsukihara & Izumi-

ya, 1956) นอกจากนั้นดักแด้ไหมอาจใช้เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์(Nukada, 1936) และเป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ ใช้เลี้ยง ปลา ไก่ หมู วัว ควาย และแกะ ใช้ทำปุ๋ย ทำกาว(Obata, 1944 a,b) และสกัดไขมันทำสบู่

ควรที่จะได้ทำการวิเคราะห์ต่อไปว่า ไขมันและโปรตีนในดักแด้ไหม มีองค์ประกอบของกรดไขมันและกรดอะมิโนอะไรบ้าง ในปริมาณเท่าใด และสามารถจะใช้ทดแทน อาหารสัตว์ ในชีวิตประจำวัน มากน้อยเพียงใด ซึ่งจะเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในครัวเรือน และอาจนำมาดัดแปลงเป็นอาหารอื่น เช่น นำมาปรุงรสในน้ำพริก หรือทำข้าวเกรียบ และส่งเสริมเป็นอาชีพในครัวเรือนได้อีกทางหนึ่ง

เอกสารอ้างอิง

นุ่มนวล อุดมพงษานนท์ ปฏิบัติการชีวเคมี SC 354 ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น (2520) หน้า 45-54.

วรากร วราอัศวปติ จำนง วิสุทธิแพทย์ และชูเกียรติ มณีธร "แมลงที่เป็นอาหารในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ" เอกสารการวิจัยฉบับที่ 7 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม(2518).

ไสววงษ์ "ถั่วเหลืองพืชเศรษฐกิจยังต้องลุ้นให้เปิด" บ้านเมือง (1 มิถุนายน) 6(2526).

อมรรัตน์ สวัสดิทัต "ดักแด้ไหม" วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร (9), สมาคมวิทยาศาสตร์การเกษตรแห่งประเทศไทย 609-615(2519).

Jacob, B. Morris, The chemical analysis of foods and food products, D. Van Nostrand Co.,Inc., 3rd ed. (1958).

Nukada, M. "Extract from silkworm pupae as a useful subsitute for meat extract in the preparation of bacteriological culture media" J.Sci. (Phillip). 60, 11-18(1936).

Obata, Y. "Study on the utilization of silkworm pupae I. Experimental preparation of an adhesive plaster" J.Agr.Chem.Soc. (Japan)20, 201-2(1944 a).

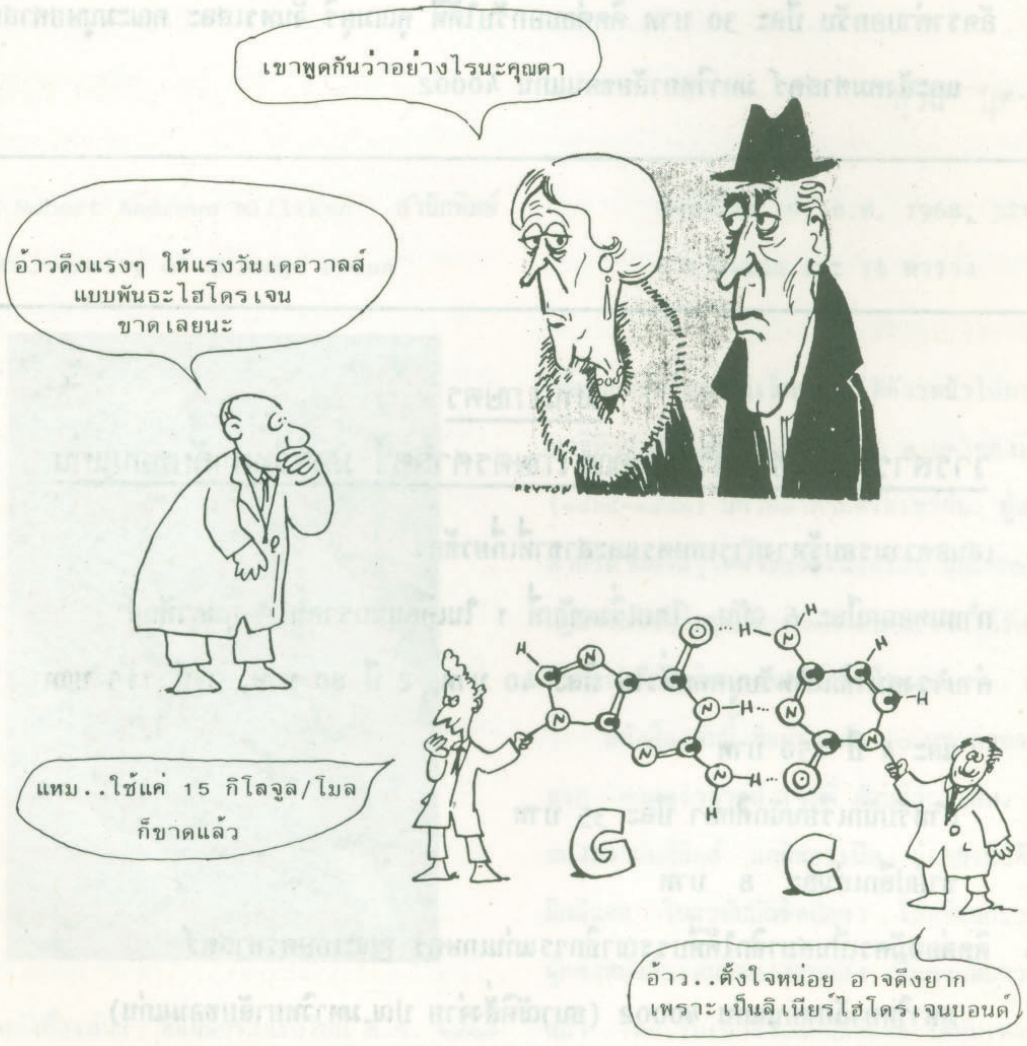
Obata, Y "Study on the utilization of silkworm pupae II. Experimental preparation of an adhesive plaster" J.Agr.Chem.Soc. (Japan)20, 471-2(1944 b).

Pan, C.C. & Sun, K.H. "Utilization of chrysalis" Chem. Ind. (China) 11(2), 1-23 (1936).

Sasaki, S.; Watanabe, T.; & Tasaka, Y. "The component causing the characterization odor of the silkworm pupae I, II" J.Sericult.Sci. (Japan)19, 375-81(1950).

Tsukihara, K. and Izumiya, M; "Industrial production of riboflavin by the submerged culture of Eremothecuim ashbyii" Vitamins (Kyoto)11, 389-92 (1965).

Watanabe, T. "Component causing the characteristic odor of pupae III. Sulfur compound in the odorous material of pupae" J.Sericuet.Sci. (Japan)22, 32-4(1953).



เรื่องอย่างนี้มีในดักแด้ไหม ไหมนะ?

มนุษยศาสตร์สังคมศาสตร์

- วารสารของคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- เสนอความรู้ ความคิดเห็นทางวิชาการ และผลงานการศึกษาค้นคว้าวิจัยทางด้านมนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์
- กำหนดออกปีละ 2 ฉบับ (กุมภาพันธ์ และสิงหาคม)
- อัตราค่าบอกรับ ปีละ 30 บาท ติดต่อบอกรับได้ที่ คุณมยุรี จันทรเสละ คณะมนุษยศาสตร์ และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

แก่นเกษตร

วารสารทางวิชาการของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

- เสนอความรอบรู้ทางการเกษตรและสาขาที่เกี่ยวข้อง
- กำหนดออกปีละ 6 ฉบับ โดยเริ่มฉบับที่ 1 ในเดือนมกราคม – กุมภาพันธ์
- ค่าบำรุงสมาชิกสำหรับบุคคลทั่วไป ปีละ 40 บาท, 2 ปี 80 บาท, 3 ปี 115 บาท และ 4 ปี 150 บาท

  สำหรับนักเรียนนักศึกษา ปีละ 35 บาท

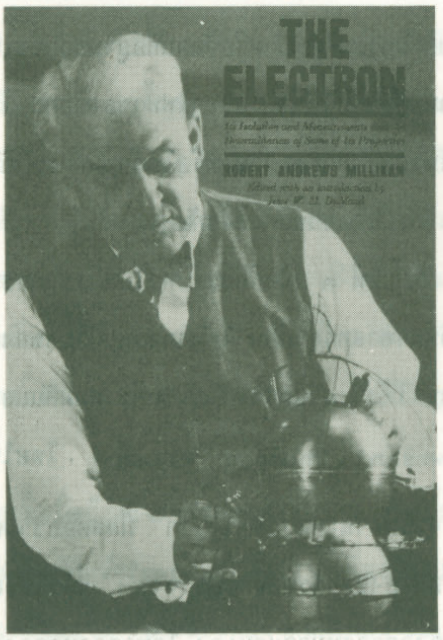
  ขายปลีกเล่มละ 8 บาท
- ติดต่อสมัครเป็นสมาชิกได้ที่บรรณาธิการแก่นเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002 (ธนาณัติสั่งจ่าย ปณ.มหาวิทยาลัยขอนแก่น)

ว.วิทย.มช. ๑๒(๒) : ๑๓๙-๑๔๑ (๒๕๒๗)

บรรณพินิจ

สุวิน บุศราคำ*

ผู้แต่ง Robert Andrews Millikan สำนักพิมพ์ The University of Chicago Press พิมพ์ครั้งที่ 10, ค.ศ. 1968, 324 หน้า, 8 ภาคผนวก และ 14 ตาราง



หนังสือเล่มนี้ ตีพิมพ์ครั้งแรกในปี ค.ศ. ๑๙๑๗ การตีพิมพ์ในครั้งหลัง ๆ มา มิได้มีการเปลี่ยนแปลงไปจากครั้งแรกเลย รวมทั้งการตีพิมพ์ครั้งหลังนี้ อันเป็นเวลาห่างจากครั้งแรกเลยครึ่งศตวรรษ ปัจจุบันวิทยาการเกี่ยวกับอิเล็กตรอนได้ก้าวหน้าไปมาก เนื้อหาก็ยังคงลักษณะเดิมเข้าไว้ ตามคำของมิลลิแคน (๑๘๖๘-๑๙๕๓) นักวิทยาศาสตร์อเมริกัน ผู้สามารถหาปริมาณประจุไฟฟ้าของอิเล็กตรอน และศึกษาปรากฏการณ์โชติวิชชุ(photoelectric)จนได้รับรางวัลโนเบล สาขาวิทยาศาสตร์ ในปี ๑๙๒๓

หนังสือเล่มนี้ มีอยู่ด้วยกัน ๑๐ บท ก่อนจะถึงบทแรก ศาสตราจารย์ เจสสี ดับบลิว. เอ็ม. คูมอนด์ แห่งสถาบันฟิสิกส์ แคลิฟอร์เนีย ผู้เคยเป็นศิษย์ของมิลลิแคน ในระดับบัณฑิตศึกษา ได้เขียนประวัติของผู้แต่งหนังสือเล่มนี้อย่างยกย่อง เป็นความยาวถึง ๕๑ หน้า โดยเริ่มเล่าตั้งแต่ที่มิลลิแคน ได้หันเหจากการเป็นครูพลศึกษา ที่มีรายได้งดงาม มาเป็นนักวิจัยทางฟิสิกส์และอาจารย์ ซึ่งมีรายได้น้อยกว่า เรื่อยไปจนกระทั่ง เป็นประธานสภาบริหาร ของสถาบันแคลเทค

*อาจารย์สุวิน บุศราคำ ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ตลอดจนชีวิตส่วนตัวในด้านต่าง ๆ ตลอดระยะเวลา ๕๘ ปี ที่มิลลิแคนมีชีวิตอยู่ นอกจากนี้ยังได้ให้ความรู้แก่ผู้อ่านเกี่ยวกับอิเล็กตรอน เสริมข้อที่ยังบกพร่องอยู่เนื่องจากกาลเวลาที่หนังสือเล่มนี้เขียนขึ้น นอกจากนี้แล้ว สาราณียากรยังได้เพิ่มลำดับเหตุการณ์ทางฟิสิกส์ที่สำคัญๆเรียงตามลำดับ ค.ศ. นับแต่ปี ๑๘๘๓ เรื่อยไปจนกระทั่งปีที่ มิลลิแคนถึงแก่กรรม(ค.ศ.๑๙๕๓)

ส่วนที่เป็นคำบรรยายของมิลลิแคนจริง ๆ เริ่มจากบทนำของหนังสือซึ่งแถลงวัตถุประสงค์ของหนังสือเล่มนี้ว่า เขียนให้คนทั่วไปที่มิใช่นักฟิสิกส์อ่าน โดยพยายามลำดับเหตุการณ์สำคัญ ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องของมวลสาร เรื่อยไป จนถึงความรู้เกี่ยวกับอะตอมและอิเล็กตรอน มีความตอนหนึ่งในบทนำนี้ ที่บอกให้รู้ว่ามิลลิแคน ได้เขียนหนังสือเล่มนี้เสร็จก่อนที่จะนำมาพิมพ์เผยแพร่เป็นครั้งแรกถึง ๓ ปี หรือในช่วงเวลาแรก ๆ ที่เขากำลังลงมือทดลอง หาขนาดประจุไฟฟ้าของอิเล็กตรอน อันเป็นงานที่ทำให้เขาได้รับรางวัลโนเบลนั่นเอง

ในบทแรกของหนังสือเล่มนี้ มิลลิแคนได้ยกคำพูดของปราชญ์โบราณ เช่น โรเจอร์ เบคอน และลอกสาระต่างๆจากทินคอลล์มายกย่องดีโมคริตัส ในฐานะที่มีความรู้เกี่ยวกับอะตอม มากกว่าใคร ๆ ในยุคก่อนคริสตกาล รวมทั้งยกย่องเพลโตและอริสโตเติล หลังจากนั้นจึงบรรยายให้เห็นความต่อเนื่องระหว่างความเข้าใจเรื่องของไฟฟ้าสถิตย์ กับอิเล็กตรอน โดยเน้นที่งานการค้นพบของ เบ็นจามินแฟรงคลิน และไมเคิลฟาราเดย์ เป็นหลัก ผู้เขียนได้อ้างข้อความต่างๆ มาประกอบโดยอาศัยจากคำปาฐกถาของนักวิทยาศาสตร์สมัยต่าง ๆ รวมทั้งจากหนังสือตำราเรียนที่มีชื่อเสียงในต้นศตวรรษนี้เป็นสำคัญ

ในเมื่อเป็นเช่นนี้ จะพึงหวังความถูกต้องเกี่ยวกับข้อมูลตัวเลขนั้น ย่อมไม่ได้ เช่นค่าสมมูลย์ของเงิน

ในบทที่ ๒ เป็นสาระเกี่ยวกับการนำไฟฟ้า ของอิออน ทั้งในสารละลายและในก๊าซ ผู้เขียนได้เริ่มต้นด้วยการเล่าว่า ดร.จอห์น จี. สโทเนย์ ได้ใช้คำว่าอิเล็กตรอน เป็นครั้งแรก และยังได้เน้นว่า ในสมัยแรก ๆ ที่ใช้คำนี้ ยังมิได้หมายถึงอนุภาคอย่างที่รู้จักกันในทุกวันนี้ หากแต่มีนัยที่หมายถึงปริมาณของประจุไฟฟ้า ดังนั้น จึงมิได้พิจารณาถึงการหมุนควง ของอิเล็กตรอน นอกจากนั้นแล้วยังชี้ว่าสิ่งที่เป็นอนุภาคนั้นแม้ในงานของ เจ. เจ. ทอมสัน ก็ยังเรียกว่า เม็ด (corpuscle) สาระของบทนี้ เป็นการเรียบเรียงให้เห็นว่า กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เกี่ยวกับเรื่องประจุของอิเล็กตรอน มีมาอย่างไร โดยชี้ไปที่งานเริ่มแรกของฟาราเดย์ ว่าปริมาณไฟฟ้า มีความเกี่ยวข้องกับมวลของอิออน จากนั้นก็ชี้ไปที่การทดลองเกี่ยวกับประจุไฟฟ้า หรืออิออนที่อยู่ในสถานะเป็นก๊าซเพื่อหาข้อสรุปได้ว่า ประจุไฟฟ้าของอิออน ไม่ว่าจะอยู่ในรูปของสารละลาย หรือในก๊าซมีค่าเท่ากัน ถ้าหากว่าเป็นอิออนชนิดเดียวกัน

ในบทที่ ๓ มิลลิแคน พาไปสำรวจกรรมวิธี ที่นักวิทยาศาสตร์รุ่นก่อน ได้ทำการหาประจุของอิเล็กตรอน ได้แก่ งานของทาวน์เซนด์, ทอมสันและวิลสัน (Townsend , Thomson , Wilson) โดยได้เสนอข้อวิจารณ์งานเหล่านี้เข้าไว้ว่า มีผลต่อความคลาดเคลื่อนของผลการทดลองอย่างไร แล้วในที่สุดก็ได้เล่าถึงวิธีการที่มิลลิแคนเอง ได้ทำการทดลองเพื่อหาประจุของอิเล็กตรอน ตามวิธีที่เขาเรียกไว้ในหนังสือเล่มนี้ว่าหยดในภาวะสมดุลย์(balanced droplet) โดยจัดให้หยดน้ำ(การทดลองที่เขาเสนอ ในครั้งนี้ใช้น้ำ มิใช่น้ำมัน)หยุดนิ่งอยู่ในสนามไฟฟ้า ที่ต้านต่อแรงโน้มถ่วงของโลกที่กระทำต่อหยดน้ำนั้น มิลลิแคนได้

อธิบายกรรมวิธีโดยละเอียด นับแต่การจับเวลาการเคลื่อนที่ของหยดน้ำ เรื่อยไปจนถึงการคำนวนค่ามวลและประจุของอิเล็กตรอน

จะเป็นด้วยรายละเอียดที่ผู้เขียนไม่สามารถสรุปได้ในบทเดียวกันกระมังในบทที่ ๔ มิลลิแคนขยายสาระ ของการหาประจุของอิเล็กตรอนไว้ในบทที่ ๕ อีกคราวนี้ เขาพยายามทำหยดน้ำที่มีอิเล็กตรอนเกาะนั้นให้สะเทินด้วยประจุบวก เพื่อการพิสูจน์ว่า ประจุที่ทำให้อิเล็กตรอนสะเทินไปนั้นเท่ากับประจุลบของอิเล็กตรอนพอดี จากนั้นในบทที่ ๕ จนถึงบทที่ ๘ ได้ให้รายละเอียดเกี่ยวกับกฎเกณฑ์ต่างๆ ที่ใช้เกี่ยวกับการหาประจุของอิเล็กตรอน เช่น ชี้ให้เห็นถึงความคลาดเคลื่อนของกฎของสโตค ในกรณีที่ขนาดของหยดน้ำนั้นเล็กเกินไป และเนื่องจากความไม่เป็นเนื้อเดียวกันของมวลอากาศ เป็นต้น

ในบทที่เกี่ยวกับโครงสร้างของอะตอม มิลลิแคนกล่าวถึง ขนาดของอะตอม โดยอ้างเอามัชฌิมการเคลื่อนที่โดยเสรี(Mean free path) ขึ้นมาใช้โดยมิได้ให้ผู้อ่านรู้เรื่องกฎของก๊าซมาก่อนเลย ชวนให้เข้าใจยากไม่น้อย จากนั้นจึงกล่าวถึงขนาดอะตอมของฮีเลียม แล้วจึงยกคำของ โรว์แลน มากล่าวถึงภาวะการเป็นสสารของอิเล็กตรอน โยงไปถึงอนุภาคอื่น ๆ

ครั้นเมื่ออ้างถึงภาพรวมของอะตอม ก็อ้างงานของรัทเธอร์ฟอร์ด(Rutherford) ที่เกี่ยวกับอนุภาคอัลฟาเคลื่อนผ่าน และสะท้อนจากแผ่นทอง เป็นหลักในการอธิบาย และเมื่อกล่าวถึงความแตกต่างของอะตอมของธาตุต่าง ๆ ก็อาศัยงานของโมซเลย์ และยกเอากฎของโมซเลย์ มาอธิบายพร้อมด้วยตัวอย่างสเปกตรัมของธาตุต่างๆ แล้วในบทสุดท้าย(บทที่ ๑๐) มิลลิแคนหวนกลับไปพรรณนาถึงธรรมชาติของพลังงานแผ่รังสี เช่น แสง และกัมมันตรังสีต่าง ๆ วกทวนไปถึงฮอยส์ เจนส์ และนิวตัน เรื่อยมาจนถึงโฟตอนของไอน์สไตน์ โดยกล่าวถึงที่มาของค่าคงที่ของพลังค์ไว้แต่เพียงเล็กน้อย

โดยสรุปแล้วหนังสือเล่มนี้ตามคำกล่าวของผู้แต่งว่า "หวังจะให้หนังสือเล่มนี้ เป็นที่สนใจแก่ผู้อ่านทั้งที่เป็นนักฟิสิกส์และผู้อ่านที่มีการฝึกฝนทางเทคนิคมาบ้างแต่น้อย โดยจะให้คนทั้งสองกลุ่มนี้ สมปรารถนาในหนังสือเล่มนี้ จึงมิได้แจกแจงรายละเอียด การวิเคราะห์ต่าง ๆ อย่างที่นักศึกษาผู้รอบคอบจะพึงประสงค์" (แปลจาก คำเกริ่นที่ใช้ในการพิมพ์ครั้งแรก) จึงเป็นการข้ามรายละเอียดที่เป็นพื้นฐานหลายอย่างไป ทำให้หนังสือเล่มนี้ ดูจะไม่เหมาะแก่" ผู้อ่านที่มีการฝึกฝนทางเทคนิคมาน้อย" อย่างที่ผู้เขียนหวังเอาไว้ แต่ครั้นจะให้หนังสือเล่มนี้เป็นหนังสือของนักฟิสิกส์ก็เห็นจะพ้นสมัยไปแล้ว ในเรื่องหลายเรื่อง เช่นการอยู่ในออร์บิตอลของอิเล็กตรอน ผลปรากฏการณ์ของซีแมนที่เกี่ยวกับการแยกเส้นสเปกตรัม ก็กล่าวไว้น้อยเกินไป ดังนั้นหนังสือเล่มนี้ หากจะเหมาะสมกับใครสักคนที่จะอ่านก็ควรจะเป็นผู้ศึกษาประวัติความเป็นมาของการค้นคว้าเกี่ยวกับอิเล็กตรอน หรือพูดให้กว้างเข้า ก็เกี่ยวกับฟิสิกส์ของควาร์ค(Quark) ยุคแรก ๆ หากจะเทียบความรู้ของผู้สนใจ ก็ควรจะจบปริญญาตรีขึ้นไปเท่านั้น

คำสั่งคณะวิทยาศาสตร์
ที่ 59/2526
เรื่อง ยกเลิกคำสั่งคณะวิทยาศาสตร์ที่ 56/2526 และที่ 58/2526 และแต่งตั้งคณะผู้จัดทำวารสารวิทยาศาสตร์ มข.

ตามคำสั่งคณะวิทยาศาสตร์ที่ ๕๖/๒๕๒๖ ลงวันที่ ๑๒ ธันวาคม ๒๕๒๖ แต่งตั้งคณะผู้จัดทำวารสารวิทยาศาสตร์ มข. และคำสั่งที่ ๕๘/๒๕๒๖ ลงวันที่ ๑๖ ธันวาคม ๒๕๒๖ แต่งตั้งบรรณาธิการผู้ช่วยนั้น เพื่อให้การดำเนินงานเกี่ยวกับการจัดทำวารสารวิทยาศาสตร์ มข. ของคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เพื่อเผยแพร่ความรู้และวิทยาการใหม่ ๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีเป็นไปโดยเรียบร้อยสมบูรณ์ อำนวยประโยชน์ต่อมวลสมาชิกตลอดจนผู้สนใจทั่วไป อย่างมีประสิทธิภาพและกว้างขวาง

ฉะนั้น อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๒๖ แห่งพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ. ๒๕๒๑ จึงให้ยกเลิกคำสั่งคณะวิทยาศาสตร์ ดังกล่าว และแต่งตั้งให้ผู้มีนามต่อไปนี้ เป็นคณะผู้จัดทำวารสารวิทยาศาสตร์ มข. ดังนี้. -

ที่ปรึกษาทั่วไป	คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
	รองคณบดีฝ่ายบริหาร
	ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายวิจัย
	นายเฉลิม คิดชัย
ที่ปรึกษาฝ่ายวิชาการ	รองคณบดีฝ่ายวิชาการ
	นายสุชาติ จันทร์ทิพย์
	นายขาว เหมือนวงศ์
	นายภักดี ธันวารชร
	นางศรีสุมนตร์ สีตะธนี
	นายชรินทร์ คูคูสมุทร
บรรณาธิการ	นางไฉนพร ด่านวิรุทัย
บรรณาธิการผู้ช่วย	นายกิตติ อมรรักษา
กองบรรณาธิการ	นายไพบูลย์ มงคลถาวรชัย
	นางสาวทัศนีย์ อารยะตระกูลลิขิต

	นายสุวิน บุศราคำ
	นางอัจฉรา ธรรมถาวร
	นางศิริณีย์ ทองสวัสดิ์วงศ์
	นางรัตนา มหาชัย
	นางสาวลัดดา เต็มอุดม
	นายอำนวย มณีศรีวงศ์กูล
ฝ่ายจัดหาทุน	นางสาววรรณี รัมภาวัฒนา
ฝ่ายศิลป์และภาพ	นายกิเลน ติณนรเศรษฐ์*
เหรัญญิก	นางลักขณา สุขบาง
ฝ่ายจัดการ	นางบุญคุ้ม เหลือล้น
	นางบุษราภรณ์ พฤกษเทเวศ

ให้คณะผู้จัดทำวารสารดังกล่าว มีวาระการดำรงตำแหน่ง ๑ ปี

ทั้งนี้ ตั้งแต่วันที่ ๑๒ ธันวาคม ๒๕๒๖ เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ ๓๐ ธันวาคม ๒๕๒๖

ทวีศักดิ์ แก้วชิม

(นายทวีศักดิ์ แก้วชิม)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

*ลาศึกษาต่อ และนายทรงเวทย์ เบ้าชัย ทำหน้าที่แทน

แนะนำคณะผู้จัดทำวารสารวิทยาศาสตร์ มข.
และคณะที่ปรึกษา
12 ธันวาคม 2526 - 11 ธันวาคม 2527

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

พิมพ์ที่ โรงพิมพ์ศิริภัณฑ์ ออฟเซ็ท ขอนแก่น โทร. 236141 นายอารีย์ หอวิจิตร ผู้พิมพ์ - โฆษณา