



- 📖 การเปรียบเทียบสถิติทดสอบ
โดยใช้การจำลองแบบปัญหาด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล
- 📖 พยาธิสภาพเนื้อเยื่อของแพล
บริเวณผิวหนังของปลาน้ำจืดบางชนิด
- 📖 จากปรากฏการณ์ไฟโตอิเล็กทรอนิกส์ สู่พืชสัสของพืชวัตถุ
- 📖 มุมวิทยาการผ่านเว็บไซต์



ISSN 0168-0264



วารสาร
วิทยาศาสตร์ปู
THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

เจ้าของ

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สำนักงาน

คณะวิทยาศาสตร์ ตึก 6

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อส่งเสริมและเผยแพร่วิชาการใน สาขาวิชาต่าง ๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์
2. เพื่อเผยแพร่ผลงานด้านการวิจัย และการศึกษา ค้นคว้าของอาจารย์และนักศึกษา
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 75 บาท ข่ายปลีก เล่มละ 20 บาท

การบอกรับเป็นสมาชิก

แจ้งความจำนงค์เป็นจดหมาย หรือกรอกใบสมัครเป็นสมาชิก พร้อมส่งค่าบำรุงเป็นธนาคัติ หรือเช็คไปรษณีย์ในนามของนางบุญคุ้ม เหลือล้ำ ฝ่ายจัดการ ตั้งจ่าย ป.ท.มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

ที่ปรึกษา

คณะบดีคณะวิทยาศาสตร์
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ

บรรณาธิการ

ศักดิ์สิทธิ์

จันทร์ไทย

บรรณาธิการผู้ช่วย

อจลรา

ศิริมั่งคะลา

กองบรรณาธิการ

เฉลิม

เรืองวิริยะชัย

บำรุง

สมสวัสดิ์

วิทยา

อมรกิจบำรุง

สุพร

นุชดำรงค์

ประนอม

จันทร์โทย

นฤมล

แสงประดับ

สุวรรณา

นิยมสนธิ

เพ็ญประภา

เพ็ชรบุรณิน

สุพจน์

ไวย่างกูร

วิจารณ์

สดศิริ

วิชุดา

ไชยสีวามงคล

อาคม

โสภา

พฤษดี

ศิริแสงตระกูล

ฝ่ายศิลป์และภาพ

กิลาน

ดินนรเศรษฐ์

ทรงเวทย์

เบ้าชัย

ฝ่ายเหรียญกษาปณ์

บุญคุ้ม

เหลือล้ำ

ฝ่ายจัดการและ

เลขานุการ

ทัศนีย์

จิตตะกวี

สมศักดิ์

อุ้นจันท์

สนธิ์

วรชินา

บทความและงานวิจัย

ได้รับการกลั่นกรอง

จากผู้ทรงคุณวุฒิ

บทความหรือข้อคิดเห็นใด ๆ ในวารสารนี้เป็นของผู้เขียน ไม่จำเป็นต้องสอดคล้องกับทัศนะของกองบรรณาธิการ

ปีที่ 26 ฉบับที่ 1

บรรณาธิการแถลง

ข่าววิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กองบรรณาธิการ..... 1

บทความ

■ แนวคิดเกี่ยวกับการเปรียบเทียบสถิติทดสอบ โดยใช้การจำลองแบบปัญหาด้วยเทคนิคมอนติคาร์โด
สุพรรณณี อึ้งปัญสัตว์งศ์..... 7

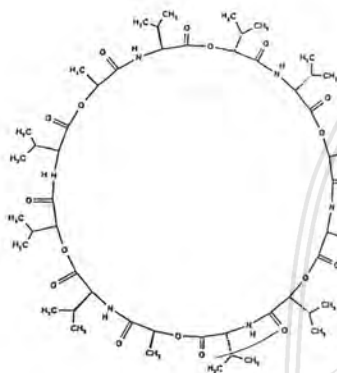
■ ไอโอโนฟอร์ กับ ไอออน-ซีเล็กทีฟอิเล็กโทรด
ศักดิ์สิทธิ์ จันทร์ไทย..... 12

งานวิจัย

■ ผลกระทบของการปิดเศษของข้อมูลที่มีต่อระดับ
นัยสำคัญของสถิติทดสอบปกติบางตัว
สุพรรณณี อึ้งปัญสัตว์งศ์
วิชุดา ไชยสีวามงคล..... 18

■ การติดตามผลบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น รุ่นที่ 18-20
วิชุดา ไชยสีวามงคล, สุพรรณณี อึ้งปัญสัตว์งศ์
วลยา สุนทรพิทักษ์..... 26

■ พยาธิสภาพทางเนื้อเยื่อของแผลบริเวณผิวหนังของ
ปลาน้ำจืดบางชนิดที่เป็นโรคจากคลองชลประทาน
บ้านหนองผือ ตำบลหนองบัว อำเภอโกสุมพิสัย
จังหวัดมหาสารคาม
ชุดิมา หาญจวนิช, สุภาพ ณ นคร..... 33



(h) Valinomycin



วารสาร

วิทยาศาสตร์มช.

THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

ปีที่ 26 ฉบับที่ 1

- ความไวเสถียรภาพของโฟโตซิสเต็ม ทุ มีผลต่อระดับของพลาสมาโคควิโนน เอ ใน *Chlamydomonas reinhardtii*

พงศ์ศักดิ์ รัตนชัยกุล โสภณ

ปาริชาติ พุ่มขจร..... 47

คอลัมน์ประจำ

- เกร็ดคอมพิวเตอร์
เทคนิคการใช้ฟังก์ชัน COUNTIF ใน Microsoft Excel
สำหรับการจัดการตารางสอน

นายถังเบียร์..... 57

- เกร็ดเด็กเกร็ดน้อย "ตอนที่ 1"
การประหยัดไฟฟ้าในยุค IMF...ร่วมมือกันเถอะ

นาย Tony..... 63

- เสริมทักษะวิทยาศาสตร์

ผศ.ดร.วิทยา อมรกิจบำรุง..... 66

- มุมวิทยาการผ่านเว็บไซต์

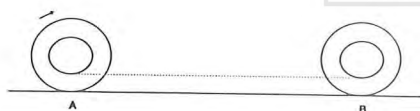
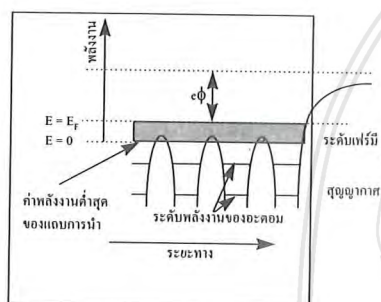
นายชวดไวน์..... 73

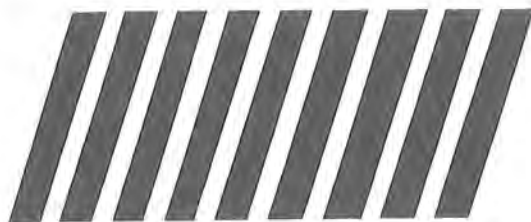
- คณิตศาสตร์ชวนคิด

วิจารณ์ สดศิริ..... 75

เบ็ดเตล็ด

- ข้อเสนอแนะในการเขียนบทความลงวารสารวิทยาศาสตร์ มช.
- การเขียนเอกสารอ้างอิงหรือบรรณานุกรมในวารสารวิทยาศาสตร์ มช.
- ใบสมัครเป็นสมาชิกวารสารวิทยาศาสตร์ มช.
- ใบส่งลงโฆษณาในวารสารวิทยาศาสตร์ มช.





ISSN 0125-6244
วิทยาาสตร์
THE JOURNAL OF SCIENCE KHON KAEN UNIVERSITY

Publisher

Faculty of Science, Khon Kaen University,
Thailand.

Office

Faculty of Science, Building 6, Khon Kaen
University.

Objectives

1. To promote and propagate knowledge in all fields of science.
2. To publish results from research and studies by academic staff and students.
3. To be a medium for the exchange of knowledge and ideas among staff, students and those interested from both inside and outside the institute.

Publishing terms

four issues per annual volume
Issue no. 1 January - March
Issue no. 2 April - June
Issue no. 3 July - September
Issue no. 4 October - December

Subscription rate

75 baht per annum. Single issue price 20
Baht.

Membership

Membership request can be made by letter or by completing the membership form, with the fee paid in the form of a postal order or postal cheque sent to Mrs. Boonkoom Lualon, Managing Committee, Khon Kaen University Post Office, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

Advisory Committee

Dean, Faculty of Science
Associate Dean for Academic affairs

Editor

Saksit Chanthai

Associate Editor

Atchara Sirimungkala

Editorial Board

Chalerm Ruangviriyachai
Bamrung Somswasdi
Vittaya Amornkitbamrung
Suporn Nuchadomrong
Pranom Chantaranothai
Narumon Sangpradub
Suwanna Niamsanit
Penprapa Phetcharaburanin
Supot Waitayangkoon
Wijarn Sodsiri
Wichuda Chaisiwamongkol
Akom Sowana
Pusadee Seresangtakul

Artist

Kilen Tinnoraset
Songwate Bousechai

Treasurer

Boonkoom Lualon

Managing Staff and Secretary

Tassanee Jittakhawee
Somsak Unjantee
Sontani Worashina

**The articles and research
publications have been reviewed
by qualified readers**

The views and opinions expressed in this journal are those of the authors, and do not necessarily reflect the views and opinions of the editorial board.

บรรณารักษ์การ *แดง*

เรียน ท่านสมาชิกวารสารฯ และท่านผู้อ่านที่รัก

ปีนี้ก็เข้าปีที่ 26 แล้วสำหรับวารสารวิทยาศาสตร์ มข. ของเรา และมาพร้อมกับการเปลี่ยนแปลงอะไรหลายๆ อย่าง ปีนี้วารสารวิทยาศาสตร์ มข. มีการเปลี่ยนแปลงกองบรรณาธิการชุดใหม่ ซึ่งอาจส่งผลให้การดำเนินงานเกิดความล่าช้าไปบ้าง ก็ต้องเรียนขออภัยท่านผู้อ่านไว้ ณ โอกาสนี้

ในแง่ของเนื้อหาสาระของบทความ งานวิจัย และคอลัมน์ประจำนั้น ก็ได้หยิบยกขึ้นมาเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกัน โดยตัด “คอลัมน์นี้มีรางวัล” ออกชั่วคราวเพื่อสนองนโยบายประหยัดของรัฐบาล แต่ได้เพิ่มคอลัมน์ “มุขวิทยาการผ่านเว็บไซต์” และคอลัมน์ “คณิตศาสตร์ชวนคิด” ขึ้นมาแทน ให้ทันต่อเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ รวมถึงเสริมสร้างทักษะในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ในฉบับนี้มีบทความและงานวิจัยที่น่าสนใจหลายๆ ด้าน งานวิจัยเรื่อง การติดตามผลบัณฑิตคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น รุ่นที่ 18-20 น่าจะเป็นแหล่งข้อมูลที่สำคัญอย่างหนึ่ง สำหรับการพัฒนาคุณภาพการศึกษาของสถาบันการศึกษาในขณะนี้ นอกจากนี้ เราได้เสนอมุมมองผ่านเว็บไซต์ ซึ่งน่าจะเป็นประโยชน์ไม่น้อยเกี่ยวกับ “IT” ทั้งนี้ น่าจะช่วยเสริมสร้างสื่อสัมพันธ์ด้านวิชาการซึ่งกันและกันได้อีกทางหนึ่ง

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

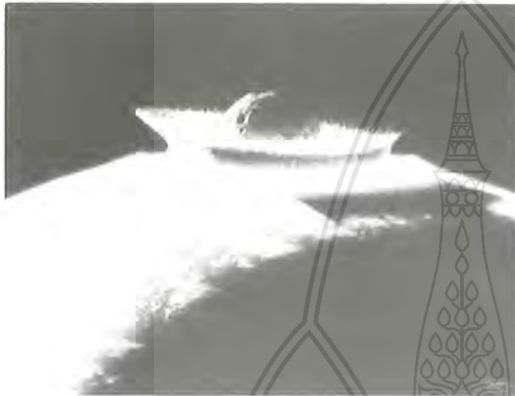
ในยุคของภาวะเศรษฐกิจชะลอตัวเช่นนี้ ตั้งแต่ฉบับนี้เป็นต้นไป วารสารวิทยาศาสตร์ฯ ขอขยับราคาขึ้นเป็น 20 บาท สำหรับสมาชิกใหม่และท่านผู้สนใจทั่วไป ส่วนท่านผู้อ่านที่ต่ออายุสมาชิกปีนี้แล้วยังใช้อัตราเดิมอยู่ ทางกองบรรณาธิการใครขอเรียนให้ท่านผู้อ่านทราบโดยทั่วกัน

สวัสดีครับ

บรรณาธิการ

คำบรรยายภาพปกหน้า-หลัง

คำบรรยายภาพปกหน้า



ภาพจากจินตนาการ
ของจิตรกรที่แสดงถึงผลที่
เกิดขึ้น เมื่อดาวเคราะห์น้อย
(Asteriod) โคจรมายังโลก

ภาพ (และรายละเอียด
ที่น่าสนใจอื่นๆ) สามารถหา
ดูได้จากเว็บไซต์ที่แนะนำใน
คอลัมน์ “มุขวิทยาการผ่านเว็บ
ไซด์” ในฉบับ

คำบรรยายภาพปกหลัง

Model of Photosystem II Centre

D1: dark blue

D2: red

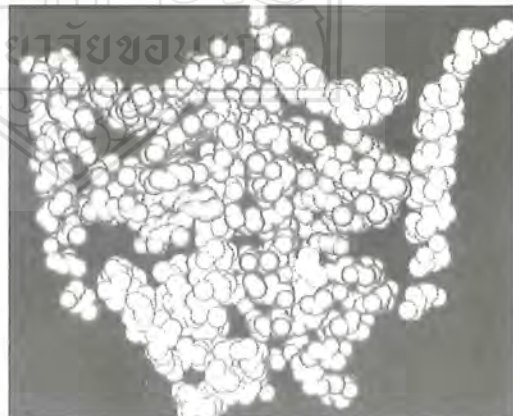
QA: light blue

QB: orange

bicarbonate: grey

chlorophylls: green

pheophytins: yellow



ข่าว วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี

พบตัวหนังสือโบราณที่เขียนบนกระดูก อายุหลายพันปีในประเทศจีน

สำนักข่าวเอพีรายงานจากกรุงปักกิ่งว่า นักโบราณคดีในประเทศจีนได้ค้นพบกระดูกแกะอายุประมาณ 3,500 ปีที่มีรอยแกะสลักของตัวอักษรภาษาจีน การค้นพบในครั้งนี้เป็นการค้นพบที่แสดงให้เห็นว่า ภาษาที่ใช้เขียนเป็นภาษาเขียนดั้งเดิมและเก่าแก่ที่สุดของโลก อักษรที่พบบนกระดูกมีลักษณะที่กลับหัวกลับหางเรียงไม่เป็นระเบียบมีลักษณะคล้ายตัวอักษร “v” โดยผู้เชี่ยวชาญได้ตีความเป็นคำในภาษาจีนว่า “six” ซึ่งสัญลักษณ์ดังกล่าวหมายถึงการทำนาย หรือการพยากรณ์เหตุการณ์ต่างๆ ตัวอักษรอื่นๆ ที่สลักบนกระดูกที่มีลักษณะหยาบเข้าใจยากที่ปรากฏอยู่บนกระดูกส่วนบนของเศษกระดูกสะบักทั้งสองข้างไม่สามารถตีความได้ กระดูกที่ถูกค้นพบ จะพบในบริเวณหลุมที่เป็นสถานที่ในการทำพิธีบวงสรวงทางตะวันออกของมณฑลซานตง (Shandong) ซึ่งทางสำนักข่าวซินหัวไม่ได้รายงานเมื่อมีการค้นพบ

ในสมัยจีนโบราณนั้นกระดูกจะถูกนำมาใช้โดยพวกหมอดูหรือซินแสผู้ที่ทำการพยากรณ์เหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยผู้ทำนายจะทำให้กระดูกหรือกระดูกเต่าร้อนและเกิดการแตกร้าวหลังจากนั้น จึงทำการอ่านหรือตีความหมายจากช่องหรือรอยที่มีการแตกร้าวบนกระดูกหรือกระดูกเต่า เพื่อที่จะทำนายสิ่งที่มีลักษณะคล้ายกับสิ่งที่ปรากฏเช่น การเกิดฝน

ในสมัยราชวงศ์ เซ็ง (Shang) ซึ่งมีอายุมากกว่า 3,000 ปี การทำนายส่วนใหญ่จะใช้กับฮ่องเต้หรือกษัตริย์ ผู้ที่ต้องการทราบอนาคตของตัวเองหรือต้องการหาคำตอบจากปัญหาที่เกิดขึ้น บางครั้งการทำนายเหตุการณ์ต่างๆ ผลที่ได้จะมีการสลักไว้บนกระดูก กระบวนการที่มีการเตรียมการบางอย่างสำหรับเหตุการณ์ที่ทราบล่วงหน้าโดยการทำนายแล้วเขียนไว้เป็นตัวอย่างของการเขียนตัวหนังสือของคนจีน กระดูกที่มีคำทำนายของหมอดู

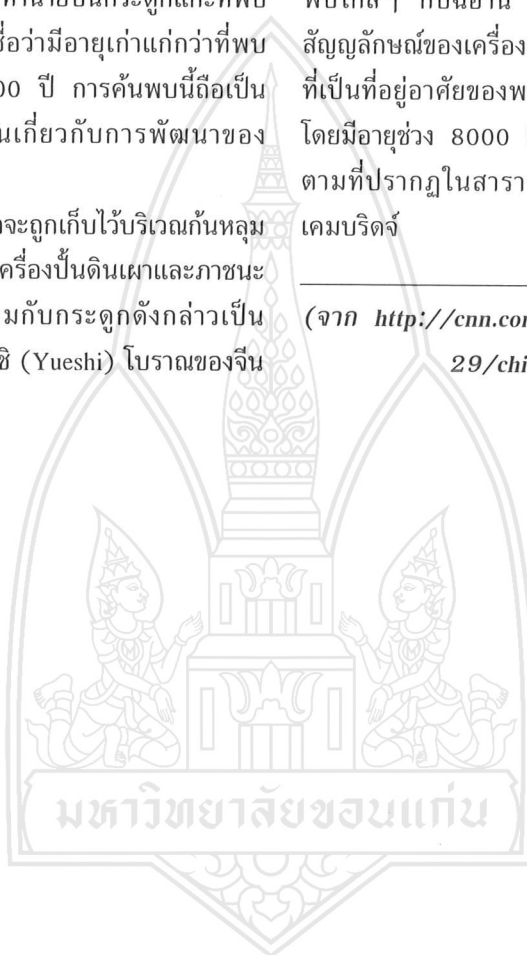
เขียนอยู่พบครั้งแรกบริเวณตอนกลางของมณฑลเหอหนาน ในช่วงการล่มสลายในอดีตจนถึงยุคปลายของราชวงศ์เซ็ง ประมาณ 3,200 ปีที่ผ่านมา จนกระทั่งปัจจุบัน มีอักษรเพียงประมาณ 1,000 ตัว จากมากกว่า 10,000 ตัว ที่ค้นพบในเหอหนานที่สามารถตีความได้ คำทำนายบนกระดูกแกะที่พบในมณฑลชานตงนั้นเชื่อว่ามีอายุเก่าแก่กว่าที่พบในเหอหนานประมาณ 300 ปี การค้นพบนี้ถือเป็นร่องรอยของช่วงเริ่มต้นเกี่ยวกับการพัฒนาของภาษาจีน

กระดูกที่ถูกเผาจะถูกเก็บไว้บริเวณกันหลุม และมีคานวางทับสลั เครื่องปั้นดินเผาและภาชนะที่ทำด้วยหินที่พบอยู่รวมกับกระดูกดังกล่าวเป็นลักษณะของวัฒนธรรมยวี่ (Yueshi) โบราณของจีน

ซึ่งมีอายุประมาณ 3,500 ถึง 4,000 ปีที่ผ่านมา ซึ่งจากรายงานของผู้เชี่ยวชาญที่ไม่เปิดเผยชื่อได้กล่าวว่าคำทำนายที่ปรากฏบนกระดูกแกะ เป็นภาษาเขียนที่เก่าแก่ที่สุดที่เคยพบมา

แต่ก็ได้มีตัวอย่างของการเขียนภาษาจีนที่พบใกล้ๆ กับซีอาน (Xi'an) ก่อนหน้านี้โดยพบสัญลักษณ์ของเครื่องปั้นดินเผาในยุคหินสมัยใหม่ที่เป็นที่อยู่อาศัยของพวกนักรบที่มีชื่อเฉิงของจีน โดยมีอายุช่วง 8000 ถึง 5000 ปีก่อนคริสตกาลตามที่ปรากฏในสารานุกรมจีนของมหาวิทยาลัยเคมบริดจ์

(จาก <http://cnn.com/TECH/science/9803/29/china.writing.ap/index.html>)



สปอร์แบคทีเรียช่วยดึงโลหะ

นักวิทยาศาสตร์จากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเล Scripps แห่งแคลิฟอร์เนียได้อธิบายกลไกของสปอร์ของแบคทีเรียที่แยกได้จากทะเลซึ่งสามารถตกตะกอนโลหะที่ปนเปื้อนในทะเลได้ นักวิทยาศาสตร์กลุ่มนี้จึงหวังที่จะใช้แบคทีเรียนี้ดึงโลหะจากตะกอนชายฝั่งทะเล

แบคทีเรียที่กลุ่มวิจัยศึกษาคือ *Bacillus* sp. strain SG-1 ซึ่งพบได้ทั่วไปตามชายฝั่งของแคลิฟอร์เนีย เมื่อเขาทดลองโคลนจีนของแบคทีเรียที่เชื่อว่าสามารถออกซิไดส์แมงกานีสได้แมงกานีสออกไซด์แล้วจะทำให้สปอร์สามารถจับและออกซิไดส์โลหะอื่นที่ปนเปื้อนในทะเล คณะผู้วิจัยพยายามหาจีนซึ่งมีรหัสโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับระบบออกซิเดชัน ซึ่งจะช่วยให้สปอร์ดึงหรือนำโลหะกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ จากการทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่าสปอร์นี้สามารถสะสมโลหะได้หนักมากกว่น้ำหนักตัวของมันถึง 6 เท่า และดึงโลหะที่เป็นพิษจากน้ำทะเลที่ปนเปื้อนได้มากกว่า 90%

Brady Tebo ซึ่งเป็นหัวหน้าคณะวิจัยกล่าวว่าสปอร์จับโลหะนี้อาจทำในรูปให้อยู่ภายในเซลล์เพื่อตรึงโลหะ ในกรณีนี้โลหะอยู่ในส่วน

ตะกอนชายฝั่งจะต้องมีการขุดลอกตะกอนก่อน ซึ่งคณะวิจัยได้ทดลองดึงทองแดงจากน้ำทะเลที่ปนเปื้อนบริเวณอ่าว San Diego แล้ว

จากการที่เซลล์ในระยะสปอร์ออกซิไดส์โลหะได้ดีกว่าเซลล์ในระยะปกติทำให้โอกาสที่จะนำเชื้อมาใช้มีความเป็นไปได้สูงเพราะสปอร์ทนต่อสารเคมีและสภาพแวดล้อมได้ดีและสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้หลายครั้ง นอกจากนี้ strain SG-1 ยังสามารถออกซิไดส์โลหะได้หลายชนิด อาทิเช่น แคดเมียม สังกะสี และโคบอลต์ ซึ่งโลหะออกไซด์ที่เกิดขึ้นเป็นสารออกซิเดนต์ที่ดีและถูกดูดซับได้ดี

และเนื่องจากผิวของน้ำทะเลเหมาะสมกับแบคทีเรียที่ต้องการอากาศ Tebo และคณะจึงพยายามหาแบคทีเรียที่ไม่ต้องการอากาศเพื่อรีดิวส์โลหะที่อยู่ในรูปสารละลายให้เป็นโลหะที่ไม่ละลายเพื่อนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการออกซิไดส์โลหะ ซึ่งใช้แบคทีเรียที่ต้องการออกซิเจนต่อไป

(*Environmental Science & Technology / News, March, 1998, 199A*)

ก๊าซเรือนกระจกเพิ่มปริมาณขึ้นอาจทำลายชั้นโอโซน

การเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจก (green-house gases) นอกจากจะทำให้โลกร้อนขึ้นแล้วยังอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้การสูญเสียโอโซนที่ขั้วโลกเหนือมีมากขึ้น และอาจทำให้อัตราการฟื้นตัวโดยทั่วไปของโอโซนช้าลง

การค้นพบนี้ได้รายงานในวารสาร Nature ฉบับวันที่ 9 มิถุนายน โดยนักวิทยาศาสตร์จากมหาวิทยาลัยโคลัมเบียและองค์การนาซาของสหรัฐอเมริกา ความเกี่ยวเนื่องนี้ถูกค้นพบโดยเทคนิคการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์ (computer simulation) โดยใช้โมเดลภูมิอากาศ (Climate Model) ของ Goddard Institute for Space Study ขององค์การนาซา (NASA) เหตุผลที่อธิบายสาเหตุความเกี่ยวเนื่องนี้ก็คือ การเพิ่มของก๊าซเรือนกระจกจะทำให้อุณหภูมิที่ผิวโลกร้อนขึ้น และในขณะเดียวกันจะทำให้บรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์

เย็นลง ซึ่งจะมีผลสืบเนื่องต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีของโอโซนในบรรยากาศชั้นนี้ อันส่งผลให้เกิดการสูญเสียโอโซนมากขึ้น

ผลจากการจำลองแบบดังกล่าว ชี้ให้เห็นชัดเจนว่า เมื่อก๊าซเรือนกระจกมีปริมาณเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและลมในบรรยากาศของโลก จะมีผลทำให้ความถี่ของการได้รับความร้อนตามฤดูกาลของบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ในซีกโลกเหนือน้อยลง ซึ่งจะทำให้อัตราการฟื้นตัวของปริมาณโอโซนมีน้อยตามไปด้วย (การเลิกใช้สาร Chlorofluorocarbon ในอุตสาหกรรม อาจจะไม่เพียงพอสำหรับการรักษาการสูญเสียโอโซนของโลกเสียแล้ว !)

(จาก NASA News@hq.nasa.gov,

Release : 98-58)

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

การค้นพบวิธีการใช้เศษผมสำหรับการกำจัดคราบน้ำมันในน้ำ

ได้มีการค้นพบวิธีใหม่ในการกำจัดคราบน้ำมันบนผิวน้ำในทะเลโดยการใช้เศษผมของมนุษย์เป็นตัวดูดซับ โดยนาย Phillip McCrory ซึ่งเป็นช่างทำผม ณ เมืองเมดิสัน รัฐอลาบามา สหรัฐอเมริกา ขณะนี้แนวคิดของเขากำลังได้รับการทดสอบโดยนักวิจัยขององค์การนาซา ณ Marshall Space Flight Center, Huntsville Alabama

นาย McCrory ได้แนวความคิดจากการดูข่าวทางโทรทัศน์ที่แสดงถึงตัว นากทะเล (otter) ที่ถูกช่วยขึ้นมาจากทะเลในอุบัติเหตุการประจวบเรือ น้ำมันในออลิสกาเมื่อปี ค.ศ. 1989 สิ่งที่เขาเห็นคือตัวนากทะเลที่มีขนเกาะเต็มไปด้วยคราบน้ำมัน จึงได้เกิดความคิดที่จะใช้เศษผมของมนุษย์ดูบ้าง และได้ทำการทดลองโดยใช้ถุงน่องกางเกงของภรรยาบรรจุเศษผมให้เต็มแล้วผูกขาของถุงน่องเข้าด้วยกันให้เกิดลักษณะเป็นวงแหวน เขานำอุปกรณ์นี้ไปลอยในสระน้ำเด็กเล่นของลูกชาย แล้วเทน้ำมันเครื่องที่ใช้แล้วลงไปในใจกลางวงแหวนของเศษผม นั้น พบว่า เมื่อเขาดึงขาของถุงน่องให้วงแหวนปิดเข้าหากัน น้ำมันทั้งหมดที่เทลงไปจะถูกดูดซับติดกับเศษผม ทำให้สามารถยกออกมาจากน้ำได้โดย

แทบจะไม่เหลือคราบน้ำมันให้เห็นในน้ำ การขจัดน้ำมันออกจากน้ำของเส้นผมไม่ได้เป็นการดูดกลืนน้ำมันเข้าไปภายในโครงสร้างของเส้นผม แต่เป็นการดูดซับน้ำมันไปติดกับผิวของเส้นผมเท่านั้น ดังนั้นจึงเป็นการง่ายที่จะเอาน้ำมันกลับมาใช้ใหม่ได้โดยการบิดเส้นผมเหล่านั้น (เหมือนการบิดผ้าในการซักผ้าด้วยมือ)

จากการทดสอบภาคสนามครั้งแรกของห้องปฏิบัติการโดยการควบคุมของ Marshall Space Flight Center พบว่า เมื่อใช้วิธีนี้กับน้ำมัน 15 แกลลอน ในน้ำ 40 แกลลอน ภายหลังจากการใช้วิธีการที่กล่าวมาแล้ว จะเหลือคราบน้ำมันปนอยู่ในน้ำเพียง 17 ppm. เท่านั้น ถ้าวิธีการนี้สามารถพัฒนาสำเร็จลงในช่วงสุดท้าย คาดว่า ต้นทุนของการกำจัดคราบน้ำมันจะลดลงได้ไม่น้อย ไม่น้อยกว่า 5 เท่า โดยที่ยังไม่ได้รวมถึงมูลค่าที่สามารถนำน้ำมันกลับมาใช้ใหม่ได้อีกด้วย

(จาก NASA News @hq.nasa.gov,

Release : 98-68)

สถิติที่น่าสนใจของไทย

จำนวนประชากร จำแนกตามสถานภาพแรงงาน พ.ศ. 2535-2539

จากการสำรวจของสำนักงานสถิติแห่งชาติ สํารวจภาวะการทำงานของประชากรทั่วราชอาณาจักร ในรอบที่ 3 ได้ทำการสำรวจแรงงาน (การสำรวจ ภาวะการทำงานของประชากร) ทั่วราชอาณาจักร เดือนสิงหาคม 2535-2538 และรายงานผลการ

สำรวจภาวะการทำงานของประชากรทั่วราชอาณาจักร สิงหาคม 2539 ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับประชากรเรื่อง ดังกล่าวตามตารางต่อไปนี้

(หน่วย : 1,000 คน)

สถานภาพแรงงาน	2535	2536	2537	2538	2539
รวมยอด	57,826.7	58,649.8	59,444.0	59,450.8	60,045.3
กำลังแรงงานรวม	32,906.4	32,845.4	32,582.3	33,001.8	32,750.0
กำลังแรงงานปัจจุบัน	32,841.1	32,647.1	32,517.9	32,950.1	32,586.3
● ผู้มีงานทำ	32,384.7	32,152.6	32,095.0	32,575.0	32,232.3
1. ทำงาน	31,995.4	31,519.6	31,527.6	32,103.2	31,760.4
2. ไม่ทำงานแต่มีงานประจำ	389.2	633.0	567.3	471.8	471.9
● ผู้ไม่มีงานทำ	456.3	494.4	422.8	375.1	353.9
1. หางานทำ	134.8	125.3	138.5	100.5	110.1
2. ไม่หางานแต่พร้อมที่จะทำงาน	321.5	369.0	284.3	274.5	243.7
กำลังแรงงานที่รอฤดูกาล	65.2	198.3	64.4	51.6	163.7
ผู้ไม่อยู่ในกำลังแรงงาน	9,353.3	10,360.0	11,509.5	12,194.1	13,119.4
● ทำงานบ้าน	2,414.2	2,593.9	3,059.2	3,031.8	3,539.3
● เรียนหนังสือ	3,826.9	4,332.3	4,939.4	5,168.3	5,518.9
● ยังเด็ก ชรา หรือไม่สามารถทำงานได้	2,417.6	2,609.4	2,683.7	3,221.2	3,377.4
● อื่นๆ	694.5	824.2	827.0	772.7	683.8
ผู้มีอายุต่ำกว่า 13 ปี	15,566.9	15,444.3	15,352.0	14,254.8	14,175.8

สำหรับสถิติในเรื่องดังกล่าวของปี 40 และ 41 สำนักงานสถิติกำลังดำเนินการสำรวจอยู่ ถ้ามีข้อสรุปแล้วจะนำเสนอท่านในโอกาสต่อไป

(จากวารสารสถิติ รายไตรมาส หน้า 16 ปีที่ 44 ฉบับที่ 4 เดือนธันวาคม 2539)

แนวคิดเกี่ยวกับการเปรียบเทียบสถิติทดสอบ โดยใช้การจำลองแบบปัญหาด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล

สุพรรณิ อึ้งปัญญ์ดวงศ์*

แนวคิดเกี่ยวกับการเปรียบเทียบสถิติทดสอบ โดยอาศัยเกณฑ์ความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบในการเปรียบเทียบ

ในทางปฏิบัติบ่อยครั้งที่พบว่า ข้อมูลที่ถูกนำมาใช้วิเคราะห์นั้นมียุ่ไม่น้อยที่ไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น โดยความคลาดเคลื่อนของประชากรมักจะมีการแจกแจงลักษณะคล้ายปกติ แต่จะมีการกระจายไปทางหาง (หรือมีหางยาว) มากกว่าปกติ ซึ่งการแจกแจงลักษณะเช่นนี้ จะทำให้เกิดค่าความคลาดเคลื่อนบางค่า มีค่าสูงมาก ๆ หรือต่ำมาก ๆ อันจะไปมีผลทำให้ค่าสังเกต (Y) บางค่าผิดปกติ (outliner) ลักษณะข้อมูลเช่นนี้จะพบมากทางด้านชีววิทยา เคมีและทางการแพทย์

สำหรับการพิจารณาความเหมาะสมของสถิติทดสอบ สิ่งที่จะต้องพิจารณาคือ อำนาจของการทดสอบ และความแกร่ง* (robustness) โดยจะพิจารณาในลักษณะที่ว่า สถิติทดสอบนั้นจะต้องมีความไว (sensitive) ต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งอื่นที่มีใช้ปัจจัยที่ต้องการทดสอบ ทั้งนี้จะพิจารณาตามคำกล่าวของเนย์แมน* (Neyman 1950) ซึ่งกล่าวว่า “เมื่อต้องการที่จะเลือกใช้สถิติทดสอบ เราต้อง

เริ่มพิจารณาถึงความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ก่อน แล้วจึงจะพิจารณาถึงความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2” โดยมีขั้นตอนดังนี้คือ ให้ความน่าจะเป็นที่ยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ไม่เกินระดับนัยสำคัญ (α) ที่กำหนดไว้ และเมื่อเป็นไปตามเงื่อนไขดังกล่าวแล้ว สิ่งที่จะใช้ในการพิจารณาเลือกสถิติทดสอบต่อไปอีกคือ เลือกสถิติทดสอบที่มีโอกาสน้อยที่สุดที่จะยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) เมื่อสมมติฐานหลักนั้นผิด ซึ่งหมายความว่าให้อำนาจการทดสอบนั้นสูงที่สุด

สำหรับในส่วนของการทำการศึกษาโดยการทดลองนั้น สามารถคำนวณอำนาจของการทดสอบนี้ ได้โดยการใช้เทคนิคการจำลองแบบที่เรียกว่า เทคนิคมอนติคาร์โลซิมูเลชัน (Monte Carlo Simulation Technique) ซึ่งเป็นเทคนิคที่จะทำให้ได้ผลสรุปจากสภาพการณ์ที่สร้างขึ้นในการทดลอง สามารถกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ลักษณะการแจกแจงของความคลาดเคลื่อน ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนได้ตามความต้องการของผู้ศึกษา เทคนิคที่ใช้ในการหาค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และค่าอำนาจของการ

* ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

* หมายถึงความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้โดยทั่วไปมักใช้เกณฑ์ของ Cochran (1954) ซึ่งอ้างโดย Ramsey 1980, 337-349

* อ้างโดย จีรพร วีระพันธ์ 2530:3

ทดสอบคือ เทคนิคมอนติคาร์โลนั่นเอง ซึ่งเป็นเทคนิคอย่างหนึ่งที่ใช้ในการแก้ปัญหาในการคำนวณทางคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะในกรณีที่ไม่สามารถหาคำตอบได้โดยวิธีการทางทฤษฎีได้

1. เทคนิคมอนติคาร์โล (Monte Carlo Technique)

เทคนิคที่ใช้สำหรับแก้ปัญหาในการคำนวณทางคณิตศาสตร์นั้นมีอยู่หลายเทคนิค เทคนิคมอนติคาร์โล เป็นเทคนิคหนึ่งที่จะใช้แก้ปัญหาได้ และเป็นเทคนิคที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน แฮนส์โคมส์* กล่าวว่า “เทคนิคมอนติคาร์โลเป็นสาขาหนึ่งของคณิตศาสตร์เชิงทดลอง ซึ่งหลักการของเทคนิคมอนติคาร์โลนั้น จะใช้ตัวเลขสุ่ม (random number) มาช่วยในการหาคำตอบของปัญหาที่ต้องการศึกษา”

ในการศึกษาหรือการวิจัยโดยทั่วไป จะใช้เทคนิคมอนติคาร์โลดังกล่าวในการสร้างข้อมูลที่มีสภาพการแจกแจงตามที่ต้องการ ซึ่งขั้นตอนของเทคนิคมอนติคาร์โลที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน แบ่งได้เป็นขั้นตอนดังนี้

1.1 การสร้างตัวเลขสุ่ม

การใช้ตัวเลขสุ่มเป็นสิ่งที่สำคัญมากในเทคนิคมอนติคาร์โล ทั้งนี้เพราะว่า หลักการของเทคนิคมอนติคาร์โลนั้นจะใช้ตัวเลขสุ่มมาช่วยในการหาคำตอบให้กับปัญหา ลักษณะของตัวเลขสุ่มจะมีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มในช่วง 0 ถึง 1 (Uniform(0,1)) และต้องมีความเป็นอิสระซึ่งกันและกัน (independent) สำหรับวิธีการสร้างตัวเลขสุ่ม มีผู้เสนอไว้หลายวิธี แต่วิธีที่ต้นัน ลักษณะของตัวเลขสุ่มที่เกิดขึ้นจะต้องมีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์มในช่วง 0 ถึง 1 และเป็นอิสระซึ่งกันและกัน

1.2 การประยุกต์ปัญหาที่ต้องการศึกษามาใช้กับตัวเลขสุ่ม

ขั้นตอนนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของปัญหาที่ต้องการจะศึกษา บางปัญหาอาจจะไม่ใช่ตัวเลขสุ่มโดยตรง แต่อาจจะมีขั้นตอนอื่นอีกหลาย ๆ ขั้นตอน ซึ่งขั้นตอนเหล่านี้มีบางขั้นตอนที่ต้องใช้ตัวเลขสุ่ม

1.3 การทดลองกระทำ

เมื่อประยุกต์ปัญหาใช้กับตัวเลขสุ่มได้แล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ การทดลองโดยใช้กระบวนการของการสุ่ม (random process) มากระทำในลักษณะซ้ำ ๆ กัน เพื่อหาคำตอบของปัญหาที่ต้องการศึกษา

2. ตัวอย่างการจำลองแบบปัญหาโดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล

ปัญหาที่ยกเป็นตัวอย่างนี้เป็นเรื่องของการเปรียบเทียบอำนาจของการทดสอบของสถิติทดสอบที่มีความแปรปรวนระหว่างประชากร 2 ชุด^๕ ในหัวข้อนี้จะแนะนำให้รู้จักกับกระบวนการจำลองแบบปัญหา (simulation process)

ขั้นตอนที่ 1 การนิยามหรือกำหนดตัวปัญหา (Problem Formulation)

ในการเลือกใช้การทดสอบเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ นั้น เราต้องคำนึงถึงข้อกำหนดพื้นฐานเกี่ยวกับการทดสอบดังกล่าวด้วย สำหรับการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของประชากร 2 ชุดนี้ ตัวสถิติ ที่ใช้กันอยู่โดยทั่วไปคือ เอฟ (F test) ผลของการทดสอบของสถิติทดสอบ เอฟ จะเชื่อถือได้ก็ต่อเมื่อประชากรของข้อมูลที่มาทดสอบนั้นจะต้องเป็นประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ (Normal distribution) ถ้าข้อมูลมาจาก

* Hammerley and Handscomb, 1964:2

^๕ สุพรรณี อรัณยวัฒนกุล 2531

ประชากรที่มีการแจกแจงแบบอื่น การทดสอบนี้จะกระทบกระเทือนได้ง่าย (sensitive) ดังนั้น จากการค้นคว้าหาตัวสถิติตัวอื่นพบว่า มีสถิติทดสอบอื่นอีก 2 ตัวคือ เลยาร์ด ไคสแควร์ (Layard Chi Square Test) และสถิติทดสอบเลเวนเน (Levene Test) ซึ่งสถิติทั้งสองตัวนี้จะดีกว่าสถิติทดสอบเอฟ เมื่อข้อมูลที่นำมาทำการทดสอบนั้นมีได้มาจากการแจกแจงแบบปกติ (คือมีความแปรปรวนคงที่) แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นคือ ระหว่างการทดสอบ 2 การทดสอบใหม่ที่ได้มานี้ การทดสอบไหนจะดีที่สุด

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดวัตถุประสงค์และตั้งสมมติฐาน (Setting of Objective)

จากปัญหาที่เกิดขึ้นว่า ถ้าข้อมูลมิได้มาจากการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งผิดไปจากข้อกำหนดของการทดสอบเอฟแล้ว เราจะหาวิธีการทดสอบโดยใช้ตัวสถิติอื่นมาแทน ซึ่งหาได้ใหม่ 2 ตัวดังกล่าว ดังนั้น วัตถุประสงค์คือ เพื่อเปรียบเทียบว่าสถิติทดสอบตัวใหม่ 2 ตัวนั้น ตัวไหนจะดีกว่ากัน ส่วนสมมติฐานคือ การทดสอบเลเวนเนดีที่สุด

ขั้นตอนที่ 3 การสร้างตัวแบบและการจัดสรรข้อมูล (Model Building and Data Collection)

ในการศึกษาปัญหาทางสถิตินี้ เราใช้ตัวแบบชนิด ตัวแบบการจำลอง (simulation model) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ (mathematical model) และวิธีการให้ได้มาซึ่งข้อมูลนั้นจะใช้เทคนิคมอนติคาร์โล (monte carlo technique)

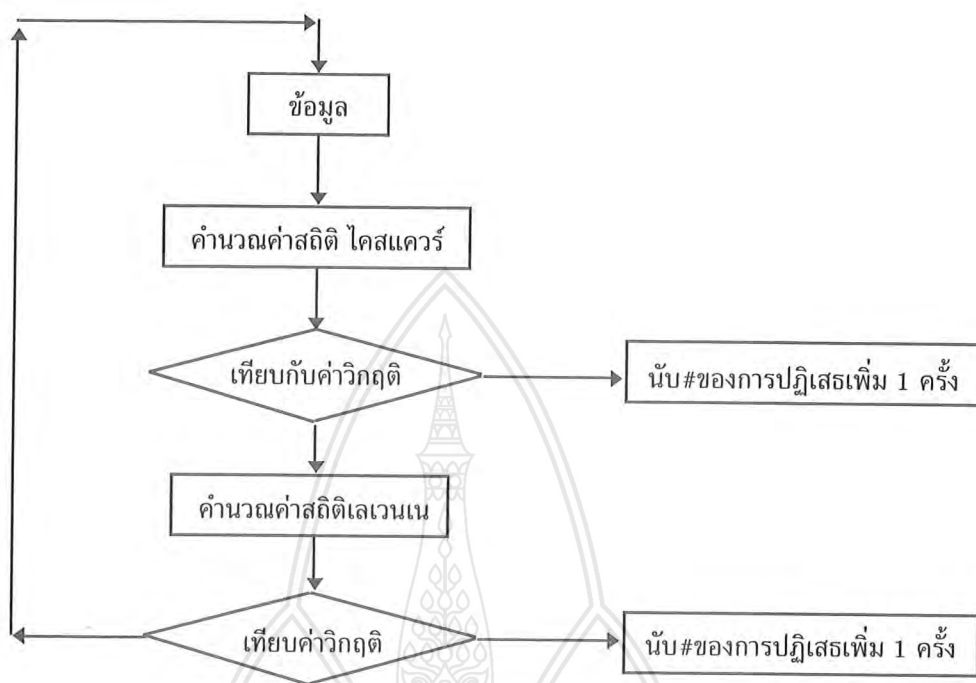
ขั้นตอนที่ 4 การแปลงรูปแบบจำลอง (Model Translation)

เมื่อกำหนดได้แล้วว่าจะใช้ตัวแบบแบบไหน จากนั้นทำการแปลงตัวแบบที่สร้างขึ้นในขั้นตอนที่ 3 ให้อยู่ในรูปของโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์โดยจะต้องรู้ขอบเขต และวัตถุประสงค์ที่จะใช้ในการเขียนโปรแกรมอย่างชัดเจนก่อน (ภาษาทางคอมพิวเตอร์ที่จะเป็นภาษาใดก็ได้ที่สามารถเขียนขั้นตอนให้เครื่องดำเนินการคำนวณในแต่ละขั้นตอนที่ต้องการได้ เช่น ภาษา BASIC FORTRAN PASCAL C language เป็นต้น)

จากตัวอย่างนี้เราจะต้องกำหนดลงไปด้วยว่า การที่จะศึกษาตัวสถิติ 2 ตัวนั้น จะต้องอาศัยอะไรบ้าง ซึ่งก็มีจำนวนข้อมูล ลักษณะการแจกแจงของข้อมูล สูตรสำหรับคำนวณของตัวสถิติทั้งสองแล้วทำการเขียนโปรแกรม หลังจากนั้นให้ทำการทดสอบโปรแกรมและทดสอบตัวแบบ

ขั้นตอนที่ 5 การออกแบบการทดลอง (Strategic Planning)

สำหรับขั้นตอนนี้จะต้องกำหนดสิ่งต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับการทดลอง เพื่อให้ได้ผลที่จะสามารถนำมาวิเคราะห์และสรุปให้ได้ว่า สมมติฐานของเราเป็นจริงหรือไม่ จากตัวอย่างปัญหานี้ จะต้องกำหนดระดับนัยสำคัญ เช่น กำหนดให้เท่ากับ 0.05 และจะทำการทดลองทั้งหมด 1,000 ครั้ง โดยที่แต่ละครั้งทำการสร้างตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงที่กำหนดซึ่งไม่ใช่การแจกแจงแบบปกติ จากนั้นให้เครื่องวิเคราะห์ (คำนวณค่าสถิติ) ออกมา แล้วทำการเปรียบเทียบกับค่าวิกฤติที่เปิดได้จากตาราง โดยจะทำการนับจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานหลักดังแผนภาพต่อไปนี้



รูปที่ 1 แสดงขั้นตอนการทดลองสำหรับขั้นตอนที่ 5

ขั้นตอนที่ 6 ดำเนินการทดลอง (Experimentation) นำจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานหลักเมื่อสมมติฐานหลักเป็นจริง มาหารด้วย 1,000 อันเป็นจำนวนครั้งของการทดลอง จะได้เป็นค่าของอำนาจของการทดสอบนั้นๆ แล้วทำการเปรียบเทียบกันระหว่างอำนาจของการทดสอบทั้งสอง ก็จะทราบว่า การทดสอบไหนดีกว่ากัน

ขั้นตอนที่ 7 การวิเคราะห์ผลการทดลอง (Interpretation)

ในขั้นตอนนี้จะนำผลจากการทดลองมาวิเคราะห์โดยเทียบกับเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้แล้ว เช่น ในปัญหานี้ ต้องการศึกษว่าการทดสอบไหนจะดีกว่ากัน จากความรู้เบื้องต้นในทางสถิติทราบว่า ถ้า การทดสอบใดมีอำนาจของการทดสอบสูงกว่าจะสรุปได้ว่า การทดสอบนั้นดีกว่า จากผลการทดลอง

ขั้นตอนที่ 8 จัดทำเอกสารคู่มือการใช้โปรแกรม และรายละเอียดของผลการทดลองจากตัวแบบ (Documentation)

เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการจำลองแบบ คือการจัดทำคู่มือและรายละเอียดทั้งหมดรวมทั้งผลของการศึกษาโดยแบบจำลองที่สร้างขึ้น เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปใช้งานในโอกาสต่อไป

3. สรุป

ในการหาคำตอบให้กับปัญหาทางทฤษฎีต่าง ๆ โดยเฉพาะปัญหาทางด้านสถิตินั้น บ่อยครั้งที่ต้องอาศัยวิธีการสร้างแบบจำลองโดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล ซึ่งปัญหาอย่างหนึ่งที่นักสถิติให้ความสนใจมากคือ การเปรียบเทียบว่าสถิติที่ศึกษาอยู่นั้นตัวไหนดีกว่ากัน แนวทางการหาคำตอบในเรื่องนี้นอกจากจะต้องมีความรู้ในเรื่องของตัวบ่งชี้ว่าอะไรดีกว่าอะไร (ตัวบ่งชี้คือ อำนาจของการทดสอบ) แล้ว ยังต้องมีความรู้ในเรื่องของเทคนิควิธีการที่จะสามารถแสดงให้เห็นได้ชัดเจนด้วยว่า ตัวบ่งชี้ของสถิติทดสอบแต่ละตัวนั้นมีค่าเป็นเท่าไร จึงจะสามารถนำมาเปรียบเทียบเพื่อตอบคำถามของปัญหาดังกล่าวได้ ซึ่งวิธีที่ใช้กันโดยทั่วไปคือ วิธีการสร้างแบบจำลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล นั่นเอง

บรรณานุกรม

1. Averill M. Law and David W. Kelton, **Simulation Modeling and Analysis**. McGraw-Hill. New York, 1982.
2. Hugh J. Watson and John H. Blackstone, **Computer Simulation**. John Wiley & Sons. New York, 1989.
3. Layard M.W.J., (March 1973), Robust Large-Sample Tests for Homogeneity of variances. **JASA**, 68, No.341 :195-198.
4. Levene, **Robust test for equality of variances**. Contributions to probability and Statistics. II. Stanford University Press., 1960.
5. Peter J. Huber, **Robust Statistics Procedures**. Regional Conference at Iowa City, 1976.
6. Scheffe H, **The analysis of variance**. John Wiley & Sons. New York, 1959.
7. สุพรรณิ อรัณยพัฒนกุล. สถิติทดสอบที่มีความแข็งแกร่งสำหรับทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนระหว่างประชากรสองชุด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิตศึกษาด้านสถิติ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2531.
8. สุพรรณิ อังปัญญสังข์. การจำลองแบบและการจัดทำตัวแบบระบบงาน. เอกสารประกอบการสอนวิชา 316 373 การจำลองแบบและการจัดทำตัวแบบระบบงาน ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2537.

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ไอโอโนฟอร์ กับ ไอออน-ซีเล็กทีฟอิเล็กโตรด (Ionophore and Ion-Selective Electrode)

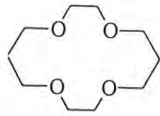
ดร.ศักดิ์สิทธิ์ จันทรไทย*

ไอโอโนฟอร์ (ionophores) เป็นสารประกอบอินทรีย์กลุ่มหนึ่งที่โครงสร้างของโมเลกุลมีขนาดค่อนข้างใหญ่ มีบทบาทสำคัญหลายประการ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในแง่เคมีไฟฟ้า หรือ เคมีวิเคราะห์ มีสมบัติเป็นกลางและชอบละลายในตัวทำละลายที่เป็นสารประกอบอินทรีย์ด้วยกัน (neutral lipophilic molecule) ที่สำคัญคือ เลือกเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับไอออนของโลหะบางชนิดได้อย่างจำเพาะ จึงนำมาประยุกต์ใช้สร้างอิเล็กโตรดเพื่อวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของสารละลายได้โดยตรง ปกติแล้ว ในส่วนผสมของเมมเบรนอิเล็กโตรด (electrode membrane) จะมีไอโอโนฟอร์เป็นองค์ประกอบหลักอย่างหนึ่ง ทั้งนี้เนื่องจากสมบัติที่ไม่ชอบน้ำจึงไม่ถูกชะออกจากเมมเบรนขณะจุ่มอิเล็กโตรดอยู่ในสารละลาย

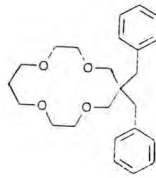
โครงสร้างของไอโอโนฟอร์

ไอโอโนฟอร์มีหลายประเภททั้งที่สกัดได้จากธรรมชาติและที่สังเคราะห์ขึ้นจากห้องปฏิบัติการ โครงสร้างของโมเลกุลมีหลายรูปแบบ มีขนาดใหญ่ และยุ่งยากซับซ้อน ในกลุ่มที่เรียกว่า crown ether นับว่ามีประโยชน์ในการวิเคราะห์หาไอออนของ

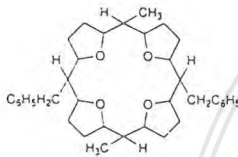
โลหะต่างๆ ได้ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ไอออนของโลหะอัลคาไล (alkali) และโลหะอัลคาไลน์ เอิร์ธ (alkaline earth) สารประกอบประเภทนี้สามารถสังเคราะห์ขึ้นเป็นวงของอีเทอร์ที่ไม่มีประจุ (neutral cyclic ether) มีลักษณะคล้ายรูปมงกุฎ หรือเป็นกรอบกรง (cage) ที่เหมาะสมในการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับไอออนของโลหะ เช่น 14-crown-4-ether (รูปที่ 1a) จากชื่อของไอโอโนฟอร์ประเภทนี้ เลข 4 คือ จำนวน O ที่มีอยู่ในวงของอีเทอร์ และเลข 14 หมายถึง ขนาดของวง นอกจากนี้ อาจจะมีหมู่ฟีนิล (รูปที่ 1b) หรือ ส่วนที่เป็นโซ่ยาวของไฮโดรคาร์บอนอยู่ในโครงสร้างเพื่อช่วยให้ไอโอโนฟอร์ชนิดต่างๆ มีความจำเพาะต่อไอออนของโลหะมากยิ่งขึ้น เช่น ในกรณีของ 14-crown-4-ether ซึ่งเหมาะสำหรับการวิเคราะห์หา Li^+ ในสภาพที่มี Na^+ ปนอยู่ โครงสร้างลักษณะเช่นนี้สามารถเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับ Li^+ ได้ดี ถ้าเติมหมู่ฟีนิลเข้าไปอาจทำให้เกิด steric hindrance เมื่อเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของ crown ether : Na^+ ในสัดส่วน 2 : 1 ทำให้ความจำเพาะที่มีต่อ Li^+ (crown ether : Li^+ = 1 : 1) มีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 800 เท่า



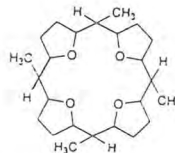
(a) 14-crown-4-ether



(b) Li-ionophore VI



(c) THF-I



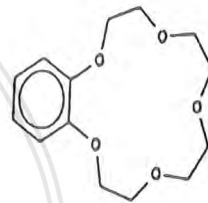
(d) THF-V



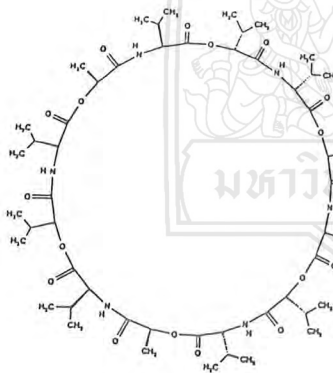
(e) 18-crown-6



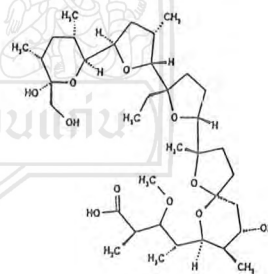
(f) diaza-18-crown-6



(g) benzo-15-crown-5



(h) Valinomycin



(i) Monensin A

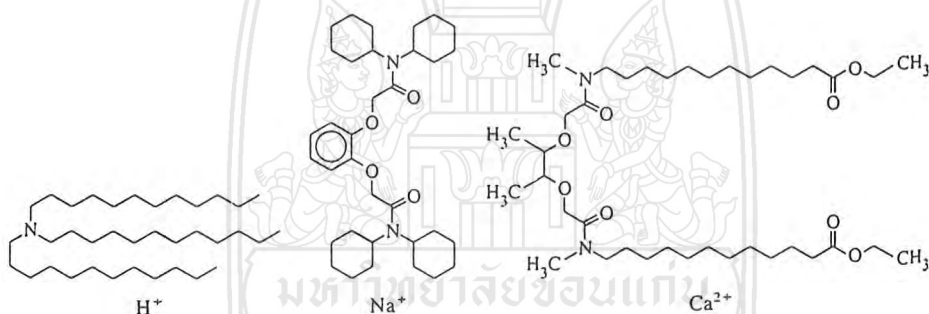
รูปที่ 1 โครงสร้างของไอโอโนฟอร์บางชนิด (a) 14-crown-4-ether; (b) 6,6-dibenzyl-1,4,8,11-tetraoxacyclotetradecane (Li-ionophore VI); (c) 5,10,15,20-Tetramethyl-1,4,6,9,11,14,16,19-tetraoxacycloeicosane (THF-I); (d) 5,15-Dimethyl-10,20-dibenzyl-1,4,6,9,11,16,19-tetraoxacycloeicosane (THF-V); (e) 18-crown-6; (f) diaza-18-crown-6; (g) benzo-15-crown-5; (h) Valinomycin; (i) Monensin A

10879 077

ในกลุ่มของไอโอโนฟอร์ที่มีลักษณะเป็นวงของ tetrahydrofuran (THF) ดังแสดงในรูปที่ 1c และ 1d เป็นแกนหลักนั้น สามารถเปลี่ยนแปลงหมู่ย่อยข้างเคียง (substituents) เช่น H/CH_3 , H/CH_2CH_3 , CH_3/CH_3 , CH_3/CH_2CH_3 และ CH_2CH_3/CH_2CH_3 ได้เช่นกัน อย่างไรก็ตาม ในสารประกอบอินทรีย์ การจัดโครงสร้างแบบสามมิติของหมู่ย่อยข้างเคียงเหล่านี้ มีส่วนทำให้ไอโอโนฟอร์เกิดความจำเพาะกับไอออนของโลหะได้ดีขึ้น เช่น cis-THF-I จะแสดงความจำเพาะต่อ Li^+ ได้ดีกว่าไอออนของโลหะชนิดอื่นๆ การดัดแปลงโครงสร้างของไอโอโนฟอร์ให้มีความจำเพาะต่อการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนสูงยิ่งขึ้นนั้น ยังคงได้รับความสนใจและพัฒนากันอยู่เรื่อยมา ในกลุ่มของ crown ether ที่สังเคราะห์ขึ้นนั้นก็มีการใช้

18-crown-6 (รูปที่ 1e), diaza-18-crown-6 (รูปที่ 1f) และ benzo-15-crown-5 (รูปที่ 1g) เป็นตัวจับไอออนของโลหะที่ต้องการ เมื่อเร็วๆ นี้ มีรายงานเกี่ยวกับการใช้ไอโอโนฟอร์ในกลุ่มของ cyclic antibiotic เช่น valinomycin (รูปที่ 1h) ซึ่งสกัดได้จากการเพาะเชื้อจุลินทรีย์ *Streptomyces fulvissimus* และ monensin A (รูปที่ 1i) มาประยุกต์ใช้จับโลหะต่างๆ ไว้ แล้วแยกออกจากกันโดยใช้เครื่องแมสสเปกโตรมิเตอร์

นอกจากนี้ มีการเลือกใช้ไอโอโนฟอร์ที่มีโครงสร้างแบบอื่น เพื่อวิเคราะห์หา Na^+ , K^+ , Ca^{2+} และแคทไอออนชนิดอื่นๆ ได้เช่นกัน รูปที่ 2 แสดงถึงโครงสร้างของไอโอโนฟอร์ที่สำคัญบางชนิดซึ่งใช้เป็นส่วนผสมใน PVC เพื่อหล่อขึ้นเป็นเมมเบรนอิเล็กโตรด



รูปที่ 2 ไอโอโนฟอร์ที่เลือกเกิดพันธะกับ H^+ , Na^+ และ Ca^{2+}

โดยทั่วไปแล้ว การขนถ่ายไอออนต่างๆ ผ่านเมมเบรนชีวภาพ (biological membrane) นั้นมีหลายรูปแบบ การเลือกใช้ไอโอโนฟอร์เป็นตัวพา (ion carrier) จัดเป็นกลไกสำคัญอย่างหนึ่ง โดยเกิดพันธะที่เสถียรกับไอออนของโลหะนั้นๆ จากโครงสร้างของไอโอโนฟอร์ที่เป็นวงขนาดใหญ่

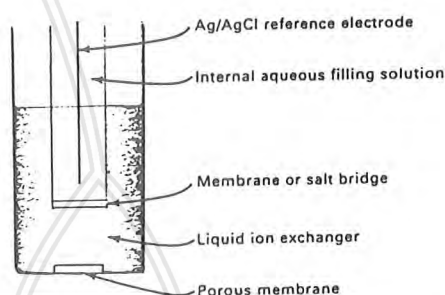
ภายในวงจะเป็น polar ส่วนขอบนอกวงจะเป็น non-polar พวกไอโอโนฟอร์เหล่านี้สามารถเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับแคทไอออนที่มีประจุเดียว (univalent) หรือ บางกรณีจะเกิดกับแคทไอออนที่มีประจุ +2 (divalent) โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับไอออนของโลหะอัลคาไลซึ่งมีความเสถียรเฉพาะตัวขึ้นกับ

ชนิดของโลหะนั้นๆ การเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างไอออนของโลหะกับลิแกนด์ดังกล่าวจะมีอันตรกิริยา (interactions) ระหว่างไอออนอิสระที่อยู่ในชั้นของตัวทำละลาย (solvation shell) และสภาพ dipoles ที่อยู่ภายในกรอบของลิแกนด์ (ligand cavity) โดยอาศัยความสัมพันธ์ของพลังงานมาตรฐาน Gibbs ของการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนในชั้นของเมมเบรน

ไอออน-ซีเล็กทีฟอิเล็กโตรด

ปัจจุบันนี้ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้พัฒนาเจริญก้าวหน้าไปมาก มีการประยุกต์ใช้ไอออนโพลาร์ในแง่เคมีไฟฟ้ากันอย่างแพร่หลาย กล่าวคือ ใช้สร้างไอออน-ซีเล็กทีฟอิเล็กโตรด (Ion-Selective Electrodes, ISEs) โดยนำมาเป็นส่วนผสมของเมมเบรนอิเล็กโตรด เพื่อเลือกวิเคราะห์หาปริมาณของแคตไอออนชนิดใดชนิดหนึ่งโดยเฉพาะ ส่วนใหญ่เมมเบรนอิเล็กโตรดนั้นหล่อขึ้นจากพลาสติก โดยใช้ poly (vinyl chloride) หรือ PVC เป็นองค์ประกอบหลักอย่างหนึ่ง เช่น เมมเบรนอิเล็กโตรดที่ประกอบด้วย PVC 33%, ตัวประสานพลาสติก (plasticizer) 65%, ไอออนโพลาร์ ~ 1.5% และ potassium tetrakis (p-chlorophenyl) borate ~ 0.5% เพื่อเพิ่มค่าการนำไฟฟ้าและลดการรบกวนที่อาจเกิดจากพวกแอนไอออนที่ชอบละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ (lipophilic anions) เช่น SCN^- เมื่อต้องการเตรียมสารละลายผสมขององค์ประกอบเหล่านี้โดยเลือกใช้ THF เป็นตัวทำละลาย แล้วเทลงบนแผ่นแก้วเพื่อปล่อยให้ THF ระเหยออกไป จะได้เมมเบรนที่มีลักษณะหยุ่นๆ และอ่อนนุ่มช่วยให้หล่อขึ้นรูปเป็นอิเล็กโตรดได้ง่าย ตัวอย่างเช่น K-ISE ที่ใช้วัดปริมาณ K^+ โดยใช้ valinomycin เป็นไอออนโพลาร์เพื่อจับกับโลหะชนิดนี้ ไอออนโพลาร์มีขนาดเหมาะสมในการเลือกเกิดสารประกอบเชิงซ้อนได้อย่างจำเพาะกับ K^+ โดยมี

ความจำเพาะ (selectivity) ต่อ K^+ สูงถึง 10^4 เท่า เมื่อเทียบกับ Na^+ ในทางปฏิบัติ สามารถวิเคราะห์หา K ใน blood serum โดยใช้ K-ISE ซึ่งอาจเป็นเมมเบรนอิเล็กโตรดชนิดของเหลว (liquid-membrane electrode) (รูปที่ 3) เป็นตัวกั้นกลางระหว่างสารละลายที่จะวิเคราะห์และสารละลายที่อยู่ในอิเล็กโตรด สำหรับส่วนประกอบอื่นๆ ของเมมเบรนอิเล็กโตรดชนิดนี้จะคล้ายคลึงกับ ISEs ทั่วไป



รูปที่ 3 รูปแบบของ Liquid-membrane electrode

ความต่างศักย์ของเมมเบรนอิเล็กโตรด

สำหรับความต่างศักย์ของระบบนั้นเกิดจากไอออนโพลาร์ที่เลือกทำปฏิกิริยาเฉพาะกับไอออนที่สนใจ เช่น K^+ ที่อยู่ในสารละลายตัวอย่าง ดังนั้นจึงมีความต่างศักย์เกิดขึ้นที่บริเวณรอยต่อ (boundary potential) ของผิวสัมผัสทั้งด้านนอกและด้านในของเมมเบรน แต่ความต่างศักย์ที่ผิวสัมผัสด้านในจะมีค่าคงที่เสมอ เนื่องจากความเข้มข้นของสารละลายที่อยู่ในอิเล็กโตรดอ้างอิงนั้นมีค่าคงที่ (internal filling solution, 0.001 M KCl) ส่วนความต่างศักย์ที่ผิวสัมผัสด้านนอก ซึ่งจะส่งผลต่อความต่างศักย์ของเมมเบรนด้วยนั้น จะเป็นตัวแปรที่ขึ้นกับ activity ของ K^+ ในสารละลายที่จะวิเคราะห์ ด้วยเหตุนี้ ความต่างศักย์ที่ผ่านเมมเบรน

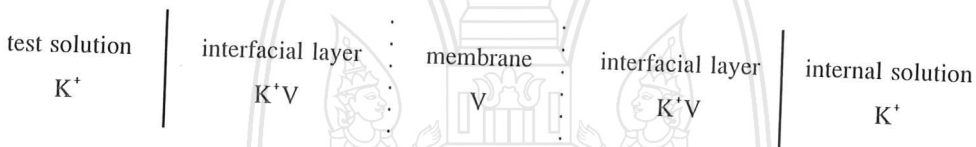
หรือ ความต่างศักย์ของเมมเบรนที่อ่านได้จากเครื่องโวลท์มิเตอร์นั้น จึงเป็นค่าที่ได้จากการเทียบกับค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของอิเล็กโทรดอ้างอิง ซึ่งปกติแล้วนิยมใช้ Standard Calomel Electrode

ถ้าจะสร้างอิเล็กโทรดแบบ liquid membrane นั่นคือ ไอโอโนฟอร์ที่เลือกใช้เป็นส่วนของเมมเบรนซึ่งอยู่ในสถานะของเหลวโดยละลายอยู่ในตัวทำละลายอินทรีย์ที่ไม่ผสมกับน้ำ เช่น การใช้ valinomycin ละลายใน diphenyl ether หรือ ถ้าเป็นอิเล็กโทรดแบบ solid membrane ซึ่ง ไอโอโนฟอร์จะอยู่ในสถานะของแข็ง ก็ใช้สารละลาย valinomycin ผสมลงใน dioctyl lipate และส่วน

ผสมอื่นๆ ของ PVC โดยทั่วไปแล้ว จะผสมองค์ประกอบดังกล่าวลงใน PVC ซึ่งใช้เป็นตัวกลางรองรับมากกว่าจะเป็นตัวยึดเกาะร่วมกับวัสดุเฉื่อย (inert matrix) ชนิดอื่นๆ พวกไอโอโนฟอร์เหล่านี้จะทำหน้าที่คล้ายๆ กับตัวแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchanger) ดังนั้น ในการออกแบบสร้างอิเล็กโทรดก่อนอื่นต้องคำนึงถึงการเลือกใช้ไอโอโนฟอร์ที่เหมาะสมในการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับไอออนที่ต้องการ ถ้าจะพิจารณาถึงกลไกของ K-ISE ซึ่งใช้หลักการเดียวกันนี้โดยมี valinomycin (V) ทำหน้าที่เป็นไอโอโนฟอร์และที่บริเวณรอยต่อระหว่างเมมเบรนกับสารละลายจะมีภาวะสมดุลเกิดขึ้น ดังนี้



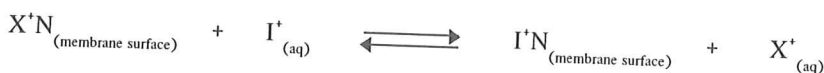
หรือเขียน half - cell ได้ดังนี้



ความต่างศักย์ที่บริเวณรอยต่อเกิดขึ้นระหว่าง K^+ ที่อยู่ในสารละลาย และ K^+ ที่อยู่ใน interfacial layer บนผิวสัมผัสของเมมเบรน จากสมการ Nernst ใช้หาค่าความต่างศักย์ของระบบ ($E_{(cell)}$) จะได้ $E_{(cell)} = E^* + 0.0591 \log a_{(K^+)}$ เมื่อ E^* มีค่าคงที่ ขึ้นกับอิเล็กโทรดที่ใช้ และ $a_{(K^+)}$ คือ activity ของ K^+ ความจำเพาะของอิเล็กโทรดจะขึ้นกับข้อเท็จจริงที่ว่า valinomycin สามารถเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับ K^+ แล้วมีความเสถียรสูงหรือต่ำมากน้อยเพียงใด แต่ที่สำคัญคือต้องไม่

ทำปฏิกิริยากับไอออนชนิดอื่นๆ

ความจำเพาะของเมมเบรนนั้นจะบ่งชี้ถึงความเสถียรของสารประกอบเชิงซ้อนของไอโอโนฟอร์ที่ทำปฏิกิริยากับพวกไอออนที่อาจรบกวนการวิเคราะห์ (interfering ions) เช่น ถ้าจะพิจารณาถึง ISE ที่ใช้ทดสอบหาแคทไอออน หรือ แอนไอออนก็ได้ เมื่อให้ N คือ ไอโอโนฟอร์ที่เลือกใช้เพื่อวิเคราะห์หา X^+ โดยมี I^+ เป็นไอออนที่รบกวนและเขียนสมดุลเคมีได้ดังนี้



ถ้า X'^N มีความเสถียรสูงกว่า I'^N แล้ว อิเล็กโตรดจะมีความจำเพาะต่อ X' มากยิ่งขึ้นด้วย ในทางตรงกันข้าม ถ้า I'^N มีความเสถียรสูงกว่า X'^N จะทำให้ I' ครอบงำการวิเคราะห์หา X' ดังนั้น ถ้ามีไอออนใด ๆ ก็ตามปนอยู่มากในสารละลาย ตัวอย่าง ก็ยังก่อให้เกิดปัญหาตามมามากขึ้น

เนื่องจากในอิเล็กโตรไลต์ของเลือด (blood electrolytes) นั้นอาจจะมีไอออนต่างๆ ปนอยู่หลายชนิด เช่น K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Cl^- อาจมีไอออนเพียงบางตัว หรือ ทั้งหมดก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ การเลือกใช้ ISEs ที่มีความจำเพาะสูงต่อไอออนที่ต้องการ อย่างไรก็ตาม ISEs ที่มีขายอยู่ทั่วไปนั้นได้ผ่านการตรวจสอบประสิทธิภาพการใช้งานมาเป็นอย่างดีแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อพิจารณาถึงความเข้มข้นของไอออนที่ต้องการในสารละลาย ตัวอย่าง (x ions) ซึ่งสามารถตอบสนองต่อเมมเบรนอิเล็กโตรดนั้นได้ดี สัดส่วนของความจำเพาะ (selectivity ratio, $K_{i,x}$) และ ไอออนอื่นๆ (i ions) ที่อาจรบกวนการวิเคราะห์ เป็นต้น ในกรณีของ K -ISE นั้น สามารถวิเคราะห์ปริมาณ K^+ ในช่วง 10^{-6} - 10^{-5} M และอาจถูกรบกวนจากไอออนชนิดอื่นๆ ได้บ้างเล็กน้อยแตกต่างกันไป ขึ้นกับค่า $K_{i,x}$ (เมื่อ $x = K^+$ และ $i =$ ไอออนที่รบกวน) เช่น $Cs^+(1)$; $NH_4^+(0.03)$; $H^+(0.01)$; $Na^+(0.002)$; Ag^+ , Li^+ (0.001) เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะ หรือ โลหะใด ๆ ก็ตามโดยใช้ ISE นั้นจึงมีขีดจำกัดบางประการ แม้ว่าจะเลือกใช้ ไอโอโนฟอร์ที่มีความจำเพาะสูงๆ แล้วก็ตาม ที่สำคัญคือขั้นตอนการเตรียมสารตัวอย่างก่อนการวิเคราะห์ กล่าวคือ สารละลายตัวอย่างที่จะนำมาวิเคราะห์ ควรจะผ่านขั้นตอนการเตรียมสารตัวอย่างมาแล้วเป็นอย่างดี

บรรณานุกรม

- A. Evans. (1987) Potentiometry and Ion Selective Electrodes, 3. Method of Operation of Ion-Selective Electrodes, John Wiley & Sons Inc., UK, pp. 121-209.
- J. Koryta, J. Dvorak and L. Kavan (1993) Principles of Electrochemistry, 2nd edition, Chapter 6 Membrane Electrochemistry and Bioelectrochemistry, John Wiley & Sons Ltd., England, pp. 410-472.
- G. D. Christian. (1994) Analytical Chemistry, 5th edition, Chapter 11 Potentiometry, John Wiley & Sons Inc., pp.327-345.
- Y. R. Kang, K. L. Lee, H. Nam, G. S. Cha, S. O. Jung and J. S. Kim (1997) Lithium Ion-selective Electrodes Employing Tetrahydrofuran-based 16-Crown-4 Derivatives as Neutral Carriers. *Analyst*, Nov., 122, 1445-1450.
- F. Sobott, W. Kleinekofort and B. Brutschy (1997) Cation Selectivity of Natural and Synthetic Ionophores Probed with Laser-Induced Liquid Beam Mass Spectrometry. *Anal. Chem.*, 69, 3587-3594.

ผลกระทบของการปัดเศษของข้อมูลที่มีต่อระดับนัยสำคัญ ของสถิติทดสอบปกติบางตัว

The effect of rounding on the significance level of certain normal test statistics

สุพรรณณี อึ้งปัญสัตตวงค์*
วิชุดา ไชยศิวิมมงคล**

บทคัดย่อ

ศึกษาผลกระทบ ของข้อมูลผ่านการปัดเศษก่อนนำมาทดสอบทางสถิติ ต่อระดับนัยสำคัญของการทดสอบทางสถิติ 4 การทดสอบคือ การทดสอบเอฟ (F test) การทดสอบไคสแควร์ (Chisquare test) การทดสอบสำหรับ 1 ประชากร (one sample T test) การทดสอบสำหรับ 2 ประชากร (two sample T test) นั่นคือ จะศึกษาว่าเมื่อข้อมูลผ่านการปัดเศษแล้วการทดสอบทางสถิติเหล่านั้นจะยังคงแข็งแกร่ง (robust) อยู่หรือไม่ ผลจากการศึกษาปรากฏดังนี้

การทดสอบสำหรับ 1 ประชากร (one sample T test) และการทดสอบเอฟ (F test) จะยังคงแข็งแกร่งสำหรับข้อมูลที่เกิดจากการแจกแจงแบบปกติที่มีการปัดเศษแล้ว ในขณะที่การทดสอบไคสแควร์ (Chisquare test) นั้นมีความอ่อนแอ หรืออาจเรียกได้ว่าใช้ไม่ได้เลย ถ้าหากนำไปใช้ทดสอบกับข้อมูลที่มีการปัดเศษ แม้ว่าข้อมูลเหล่านั้นจะมาจากแจกแจงแบบปกติก็ตาม นั่นคือ การทดสอบไคสแควร์นี้จะมีความไว (sensitive) มากที่สุดหากมีการปัดเศษข้อมูลตามเงื่อนไขที่ทำการทดลองในครั้งนี้ ส่วนการทดสอบสำหรับ 2 ประชากร (two sample T test) นั้น ส่วนใหญ่แล้วค่อนข้างจะคงที่ (insensitive) ไม่กระทบกระเทือนมากนัก เมื่อมีการปัดเศษข้อมูล

*ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Abstract

A basic assumption of many statistical tests is that the samples are drawn from normal population. However, in practice the data are often subject to rounding. Here we consider the effect of rounding normal data on the significance level of the four test statistics (F test, chisquare test, one sample T test, two sample T test).

Results of the study are the one sample T test and F test will be robust for rounding normal data, while the Chisquare test will be less so. The Chisquare test was the most sensitive to rounded data. The two sample T test was the most insensitive to rounding.

บทนำ

ในการทดสอบทางสถิติโดยทั่วไป มักจะมีข้อตกลงเบื้องต้นที่เหมือนๆ กันว่า ตัวอย่างที่จะมาทำการทดสอบนั้นจะต้องมาจากประชากรที่มีการแจกแจงเป็นแบบปกติแทบทั้งสิ้น โดยความเป็นจริงแล้ว ข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบปกตินั้นอาจมีลักษณะที่มีจุดทศนิยมที่ตำแหน่งก็ได้เนื่องจากการแจกแจงแบบปกติเป็นการแจกแจงแบบต่อเนื่อง แต่ในทางปฏิบัติแล้ว มักจะนำข้อมูลที่มีจุดทศนิยมหลายๆ ตำแหน่งนั้น มาทำการปัดเศษก่อนลงมือปฏิบัติการต่อไป และนี่คือขบวนการเกิดคำถามต่อมาว่า เมื่อข้อมูลที่นำไปใช้ในการทดสอบทางสถิติที่สนใจ ได้ผ่านการปัดเศษมาแล้วจะส่งผลไปถึงระดับนัยสำคัญของการทดสอบเหล่านั้นหรือไม่อย่างไร ?

การวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาว่า ข้อมูลปกติที่มีอยู่เมื่อถูกปัดเศษก่อนนำไปทำการทดสอบทางสถิตินั้น ขนาดของการปัดเศษจะเป็นเท่าใด จึงจะมีผลกระทบต่อระดับนัยสำคัญของการทดสอบ 4 การทดสอบต่อไปนี้

1. การทดสอบแบบไคสแควร์ (χ^2 -test)
2. การทดสอบแบบทีสำหรับ 1 ตัวอย่าง (One sample t-test)
3. การทดสอบแบบทีสำหรับ 2 ตัวอย่าง (Two sample t-test)

4. การทดสอบแบบเอฟ (F-test)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาว่า เมื่อข้อมูลมีการปัดเศษก่อนนำมาทดสอบทางสถิติ นั้น ขนาดของการปัดเศษขนาดต่างๆ ที่สนใจศึกษานี้ ณ ขนาดเท่ากับเท่าใด จึงจะมีผลกระทบต่อระดับนัยสำคัญของการทดสอบ และเมื่อทำการปัดเศษข้อมูล ณ ขนาดใดบ้างจึงจะยอมรับได้ว่าไม่มีผลกระทบต่อระดับนัยสำคัญของการทดสอบ

ระเบียบวิธีวิจัย

1. ศึกษาปัญหา และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเรื่องราวที่จะทำการวิจัยในครั้งนี้จากเอกสารอ้างอิงและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. ค้นคว้า และติดต่อเพื่อขอเอกสารเพิ่มเติมประกอบการทำวิจัย โดยติดต่อไปยังห้องสมุดของมหาวิทยาลัยต่างๆ ทั้งที่จังหวัดขอนแก่น และที่กรุงเทพมหานคร
3. จัดทำตัวแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการวิจัยครั้งนี้โดยอาศัยการเขียนโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ และเทคนิคมอนติคาร์โล ในการสร้างข้อมูล และวิเคราะห์ผลการวิจัย
4. ทดลองใช้แบบจำลอง เพื่อหาข้อบกพร่อง และทำการปรับปรุงแบบจำลอง

10839045

5. วิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดลอง โดยใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ที่ได้ปรับปรุงเรียบร้อยแล้ว

6. สรุปผลการทดลอง และเขียนรายงานการวิจัย ตรวจสอบ และเขียนเล่มรายงานการวิจัย

4. กำหนดค่าคงที่สำหรับการปัดเศษ (rounding Lattice)

กำหนดค่าคงที่สำหรับการปัดเศษให้กับข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบปกติซึ่งใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ดังนี้

4.1 degree of precision

$$r = w \leq 2 = \{2.0, 1.5, 0.5, 0.25\}$$

4.2 lattice positions

$$c = [-0.5, -0.4, -0.3, -0.2, -0.1, 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5]$$

ขอบเขตของการวิจัย

1. ใช้ข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบปกติที่ผ่านการปัดเศษด้วยระดับ หรือขนาด (degree of precision) ต่างๆ กัน กับการทดสอบ 4 การทดสอบดังกล่าว

2. กำหนดระดับนัยสำคัญของการทดสอบ (α)

2.1 การทดสอบแบบทางเดียว :

$$(\alpha) = 0.001, 0.01 \text{ และ } 0.05$$

2.2 การทดสอบแบบสองทาง :

$$(\alpha) = 0.05$$

3. ขนาดตัวอย่างที่ใช้มี 3 ขนาด คือ 5, 10 และ 25 และในกรณีของการทดสอบของ

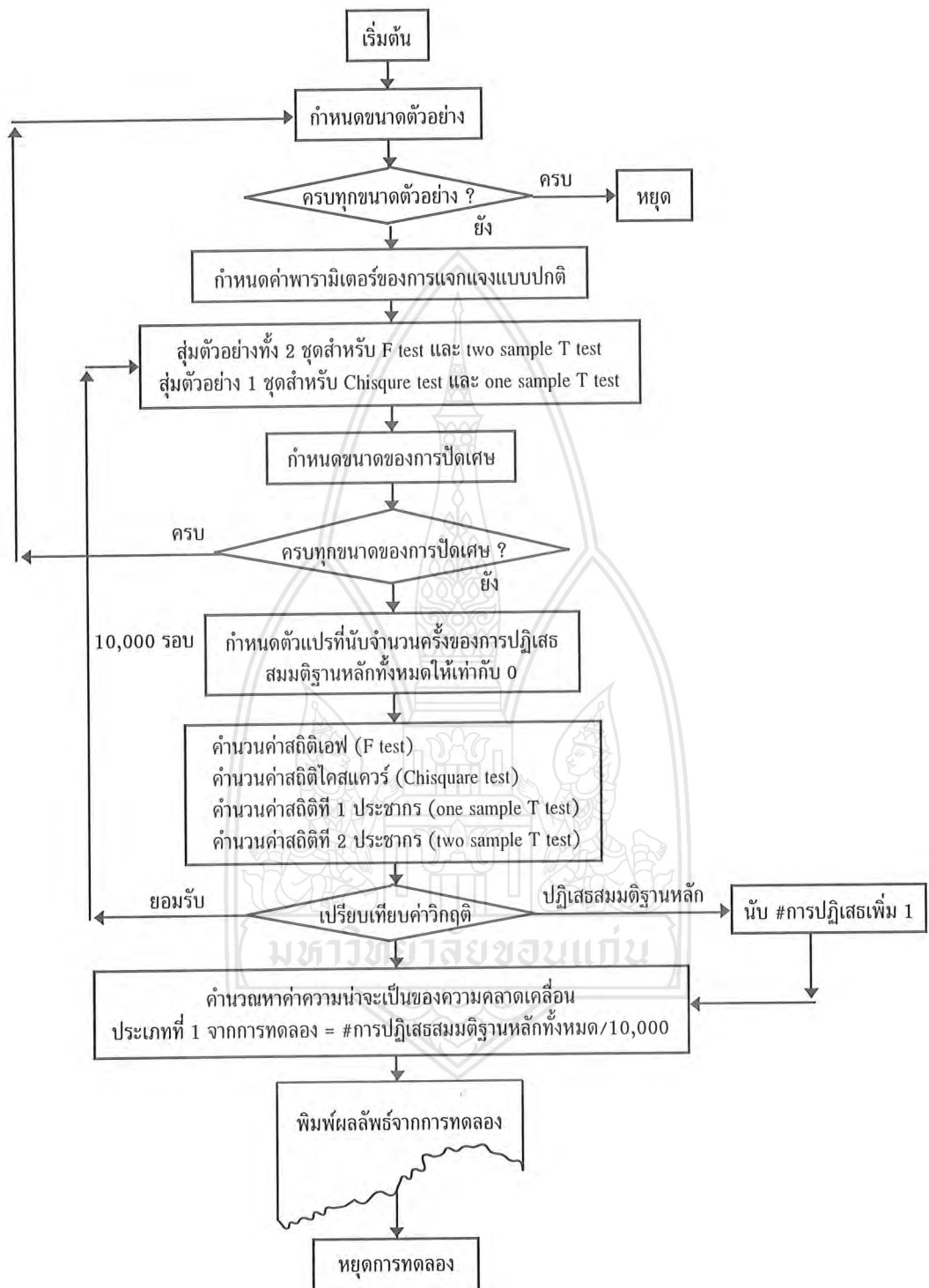
2 ตัวอย่าง จะใช้ตัวอย่างขนาดเท่ากัน และค่าคงที่ต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตข้อมูลจะมีขนาดเท่ากันทั้ง 2 ตัวอย่างนั้น

5. ศึกษาโดยการสร้างแบบจำลองการทดลองขึ้น

โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ด้วยเทคนิค-มอนติคาร์โล (Monte Carlo Technique) ใช้โปรแกรมภาษา FORTRAN77 โดยการทดลองซ้ำข้างต้น

ขั้นตอนในการทดลองสามารถแสดงได้ดังรูปต่อไปนี้

มหาวิทยาลัยขอนแก่น



รูปที่ 1 แสดงขั้นตอนของการทดลองสำหรับงานวิจัยนี้

ผลการวิจัย

ผลสรุปของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลอง (ξ) ของแต่ละการทดสอบ ณ ขนาดตัวอย่างต่างๆ เมื่อพิจารณาในแต่ละสถานการณ์สำหรับการทดสอบแต่ละการทดสอบแล้ว เราสามารถสรุปค่าสูงสุดและต่ำสุดของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลอง ของแต่ละการทดสอบที่จำแนกตามขนาดตัวอย่าง ระดับนัยสำคัญ และค่า r (degree of precision) โดยพิจารณาเลือกค่าสูงสุดและต่ำสุดจากสถานการณ์ต่างๆ ของ ค่า c (lattice position) ทั้ง 11 ค่าในการทดลอง

ผลกระทบต่อระดับนัยสำคัญก็คือการพิจารณาความแกร่ง (Robustness) หรือสิ่งที่แสดงถึงคุณสมบัติของการทดสอบทางสถิติในลักษณะที่จะบ่งบอกว่า สถิติทดสอบนั้นจะไม่แสดงความไว (sensitive) ต่อการที่ข้อตกลงเบื้องต้นของการทดสอบนั้นๆ ผิดพลาดไปจากที่กำหนดไว้ อันจะมีผลต่อค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (type I error) เพราะฉะนั้นจะกำหนดโอกาสของการเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (α) ในระดับหนึ่งแล้วพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลอง (ξ) โดยใช้เกณฑ์ในการพิจารณาความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 นี้ของ Cochran (1954)* ดังต่อไปนี้

ถ้ากำหนดให้ ξ เป็นค่าของความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลอง จะถือว่าการทดสอบนั้นสามารถควบคุมค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เมื่อ

ξ มีค่าอยู่ในช่วง (0.000,0.002) หรือ (0.0%,0.2%) ที่ระดับนัยสำคัญ (α) 0.001 หรือ 0.1%

ξ มีค่าอยู่ในช่วง (0.007,0.015) หรือ (0.7%,1.5%) ที่ระดับนัยสำคัญ (α) 0.01 หรือ 1%

ξ มีค่าอยู่ในช่วง (0.04,0.06) หรือ (4%,6%) ที่ระดับนัยสำคัญ (α) 0.05 หรือ 5%

จากผลสรุปของค่าสูงสุดและต่ำสุดดังกล่าวของสถิติทดสอบทั้ง 4 ตัว ถ้าหากค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากการทดลองของสถิติทดสอบใดตกอยู่ในช่วงของเกณฑ์ดังกล่าว จะถือว่าการทดสอบนั้น ณ สถานการณ์นั้นๆ สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ และจะถือว่าการทดสอบนั้นยังคงมีความแกร่ง (robusted) สามารถนำไปใช้งานได้ตามปกติ

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลข้างต้น สามารถสรุปได้เป็นตารางที่ 1 ซึ่งแสดงค่า r (degree of precision) สูงสุดของแต่ละการทดสอบที่สามารถควบคุมระดับนัยสำคัญของการทดสอบจากการทดลองได้ ณ ขนาดตัวอย่างทั้ง 3 ขนาด ของการทดสอบแบบทางเดียวและแบบสองทางดังนี้

* อ้างโดย Ramsey 1980,337-349

ตารางที่ 1 แสดงค่า r สูงสุดของแต่ละการทดสอบที่สามารถควบคุมระดับนัยสำคัญของการทดสอบจากการทดลองได้ ณ ขนาดตัวอย่างทั้ง 3 ขนาด ของการทดสอบแบบทางเดียวและแบบสองทาง

สถิติทดสอบ	ขนาด ตัวอย่าง	one tail test : (α)						two tail (α) 0.05
		0.001,0.01,0.05		0.01,0.05		0.05		
	n	lower tail	upper tail	lower tail	upper tail	lower tail	upper tail	
การทดสอบเอฟ	5	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	10	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	1.5
	25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
การทดสอบ ไคสแควร์	5	0.5	-	0.5	-	0.5	-	0.5
	10	0.5	-	0.5	-	0.5	-	1.0
	25	0.5	-	0.5	-	0.5	-	0.5
การทดสอบที่ สำหรับ 1 ประชากร	5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	10	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	25	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
การทดสอบที่ สำหรับ 2 ประชากร	5	1.5	1.5	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0
	10	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	25	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

สรุปผลการวิจัย

เป้าหมายที่ทำการศึกษาค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ที่ระดับ r (degree of precision) และขนาดตัวอย่าง (n) ที่เราพิจารณานี้ มิได้ต้องการดูว่าจะมีความสูญเสียสารสนเทศ (information) จากการปิดเศษมากน้อยแค่ไหน แต่ต้องการดูว่าเราน่าจะปิดเศษโดยใช้ r (degree of precision) เท่าใดจึงจะทำให้ระดับนัยสำคัญจากข้อมูลเดิมกับที่ปิดเศษแล้วนั้นไม่แตกต่างกัน จากการศึกษ พบว่ามีบางสถานการณ์ที่การยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานหลักของข้อมูลที่ปิดเศษแล้ว อาจมีผลแตกต่างกัน จึงทำให้เราทราบ

ว่า ในบางครั้งเมื่อมีการปิดเศษข้อมูลแล้ว ผลการทดสอบอาจเปลี่ยนไปจากที่เดิมควรจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก กลับกลายเป็นไปยอมรับสมมติฐานหลักแทนก็มี แต่โดยรวมแล้ว ผลของการทดสอบพบว่า ระดับนัยสำคัญยังคงอยู่ในช่วงของเกณฑ์ที่เราใช้พิจารณาเปรียบเทียบ นั่นคือ สถิติทดสอบยังคงแกร่ง (robust) เกือบจะทุกสถานการณ์

ในตารางที่ 1 นั้นแสดงค่าสูงสุดของ r (degree of precision) ที่ยอมรับว่าสามารถควบคุมระดับนัยสำคัญของการทดสอบได้ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 5 10 และ 25 ตามลำดับ ในสมมติที่แสดงผลเมื่อ α เท่ากับ 0.001 0.01 และ 0.05 จะให้

ช่วงของ r ที่สามารถควบคุมระดับนัยสำคัญของการทดสอบได้ทั้ง 3 ระดับ ทำนองเดียวกัน ในสมรรถที่แสดงผลเมื่อ α เท่ากับ 0.01 และ 0.05 จะให้ช่วงของ r ที่สามารถควบคุมระดับนัยสำคัญของการทดสอบได้ทั้ง 2 ระดับ และ ในสมรรถที่แสดงผลเมื่อ α เท่ากับ 0.05 จะให้ช่วงของ r ที่สามารถควบคุมระดับนัยสำคัญของการทดสอบได้เพียงระดับเดียวเท่านั้น รวมทั้งสมรรถที่แสดงผลเมื่อ α เท่ากับ 0.05 สำหรับการทดสอบแบบสองทางนั้น ก็จะทำให้ช่วงของ r ที่สามารถควบคุมระดับนัยสำคัญของการทดสอบได้ในระดับนั้นๆ

ผลจากตารางที่ 1 นี้สนับสนุนให้เราทราบว่า

- การทดสอบสำหรับ 1 ประชากร (one sample T test) และการทดสอบเอฟ (F test) จะยังคงแข็งแกร่งสำหรับข้อมูลที่มาจากการแจกแจงแบบปกติที่มีการปิดเศษแล้ว ในขณะที่ การทดสอบไคสแควร์ (Chisquare test) นั้นมีความอ่อนแอมาก หรืออาจเรียกได้ว่าใช้ไม่ได้เลย ถ้าหากนำไปใช้ทดสอบกับข้อมูลที่มีการปิดเศษ แม้ว่าข้อมูลเหล่านั้นจะมาจากการแจกแจงแบบปกติก็ตาม นั่นคือ การทดสอบไคสแควร์นี้จะมีความไว (sensitive) มากที่สุดหากมีการปิดเศษข้อมูลตามเงื่อนไขที่ทำการทดลองในครั้งนี้

- ส่วนการทดสอบสำหรับ 2 ประชากร (two sample T test) นั้น ส่วนใหญ่แล้วค่อนข้างจะคงที่ (insensitive) ไม่กระทบกระเทือนมากนัก เมื่อมีการปิดเศษข้อมูล

สำหรับการศึกษาในครั้งนี้เรากำหนดว่าในกรณีที่ต้องใช้ประชากร 2 กลุ่ม ในการทดสอบเช่น การทดสอบเอฟและการทดสอบสำหรับ 2 ประชากรนั้น จะต้องใช้ขนาดตัวอย่างทั้งสองเท่ากัน และขนาดของ rounding lattice จะต้องเท่ากันด้วย ดังนั้น ผลสรุปที่ได้ในครั้งนี้ จึงใช้ได้เฉพาะในเงื่อนไขเท่านั้น หากต้องการทราบต่อไปว่า ถ้า

ขนาดตัวอย่างต่างกัน หรือ rounding lattice ต่างกัน จะยังคงสรุปผลเช่นนี้หรือไม่นั้น ก็ต้องทำการศึกษาใหม่ในเงื่อนไขอื่นๆ ที่อยากทราบต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. จากการศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง มีกฎของหลายคนที่เสนอไว้สำหรับการปิดเศษ เช่น Eisenhart (1947) บอกว่า ค่า r (degree of precision) ต้องไม่เกิน 0.25 หรือ Nicholson (1979) บอกว่า ค่า r (degree of precision) ต้องไม่เกิน 0.5 ซึ่ง เป็นกฎที่หย่อนลงมาถึงระดับหนึ่ง และถึงแม้ว่าผลในตารางที่ 5.13 จะแสดงว่า สำหรับทุกๆ การทดสอบยกเว้น การทดสอบไคสแควร์ ที่สามารถใช้ r (degree of precision) น้อยกว่า 0.5 หรือ 0.25 แล้วจะสามารถควบคุมระดับนัยสำคัญของการทดสอบได้ แต่นั่นก็ดูเหมือนจะเป็นผลสรุปที่ค่อนข้างจะจำกัดมากเกินไป

ดังนั้นหากยังมีผู้สนใจที่มีได้อยู่ในกลุ่มของนักสถิติโดยตรง อยากจะทราบต่อไปอีกว่า ข้อมูลที่สนใจศึกษานั้นเมื่อทำการปิดเศษตามเงื่อนไขที่ระบุไว้ในงานวิจัยนี้แล้ว ยังไม่สามารถประยุกต์กับการทดสอบทั้ง 4 นี้ได้ จะสามารถปิดเศษโดยกำหนด r (degree of precision) ที่มากกว่าหรือน้อยกว่าเกณฑ์ที่เราสรุปไปแล้วได้หรือไม่ เพื่อที่จะประยุกต์ใช้กับการทดสอบทั้ง 4 ได้เช่นเดิม

2. ในปัจจุบันนี้นักวิเคราะห์ส่วนใหญ่มักจะใช้วิธีการปิดเศษข้อมูลโดยพิจารณาจากตัวเลขตัวสุดท้ายว่า หากตัวเลขตัวสุดท้ายของข้อมูลเดิมมีค่าต่ำกว่า 5 ก็จะปัดตัวเลขนั้นทิ้งไป แต่หากว่าตัวเลขตัวสุดท้ายของข้อมูลเดิมมีค่าสูงกว่า 5 ก็จะปัดตัวเลขนั้นเพิ่มขึ้นไปอีก 1 เช่น 1.966 ถ้าต้องการทศนิยม 2 ตำแหน่ง จะปัดเศษตัวเลขได้เป็น 1.97 หรือ 1.562 จะปัดเป็น 1.56 เป็นต้น วิธีการปิดเศษนี้เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้กันมาก เราอาจทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลของการปิดเศษทั้ง

2. แบบว่าจะมีผลกระทบต่อระดับนัยสำคัญของสถิติทดสอบบางตัวเหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไร ?

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ รศ.เอนก พชรินทร์ศักดิ์ เจ้าหน้าที่ศูนย์คอมพิวเตอร์ คณะวาริชาสตร์ ภาควิชาสถิติ คณะวาริชาสตร์ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นทุกท่าน และขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยขอนแก่นที่ได้พิจารณาทุนอุดหนุนให้กับการวิจัยในครั้งนี้

บรรณานุกรม

1. Eisenhart, C., Effects of rounding or grouping data, in Eisenhart, C.Hastay, M. & Wallis, W.A. (Eds) Techniques of Statistical Analysis, ch. 4 , New York, Mc Graw Hill , 1947.
2. NAG . NAG FORTRAN Library Manual Mark 12 ,Oxford, Numerical Algorithms Group) 1987.
3. Nicholson, M.D. "On expressing the mean of rounding data." *Biometrics*,35, pp. 873-874. 1979.
4. Riley, J., Bekele, I.& Shrewsbury, B. How . "an analysis of variance isaffected by the degree of precision of the data", *BIAS*, 10. pp 18-42. 1983.
5. Rubinstein, R.Y.. *Simulation and the Monte Carlo Method*, New York John Wiley & son , 1981.
6. สุชาติการณ์. การอนุมานเชิงสถิติ ทฤษฎีขั้นต้น. ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2525.
7. เอนก พชรินทร์ศักดิ์. ทฤษฎีการแจกแจง. ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2532

การติดตามผลบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น รุ่นที่ 18-20 (A Follow-up Study of Faculty of Science Graduates, 18-20, Khon Kaen University)

วิชุดา ไชยวิมางคล*
สุพรรณิ อึ้งปัญญาตวงษ์*
วัลยา สุนทรพิทักษ์**

บทคัดย่อ

งานวิจัยในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณภาพของบัณฑิตในรุ่นที่ 18-20 (จบปีการศึกษา 2536 - 2538) จำนวน 458 คน จากบุคคล 2 กลุ่มคือตัวของบัณฑิตเอง และผู้บังคับบัญชาของบัณฑิต ตลอดจนการสำรวจความคิดเห็นของบัณฑิต เกี่ยวกับสภาพการณ์ด้านการเรียน การสอน การวัดผล และด้านหลักสูตรของแต่ละสาขาวิชา จำนวน 8 สาขาวิชา (เคมี ชีววิทยา ฟิสิกส์ คณิตศาสตร์ สถิติ วิทยาการคอมพิวเตอร์ จุลชีววิทยา และชีวเคมี)

ได้แบบสอบถามจากบัณฑิตกลับคืนมาร้อยละ 26.42 และจากผู้บังคับบัญชาได้กลับคืนมา 73 ชุด เป็นหญิงร้อยละ 57.85 มีงานทำแล้วร้อยละ 75.00 อยู่บริษัทเอกชนร้อยละ 60.61 งานที่ทำเกี่ยวข้องกับสาขาวิชาที่เรียนมาร้อยละ 46.46 รายได้อยู่ในช่วง 6,000-10,000 บาทคิดเป็นร้อยละ 37.37 และรายได้อยู่ในช่วง 10,001-15,000 บาทคิดเป็นร้อยละ 35.35 ได้รับการฝึกอบรมก่อนทำงานคิดเป็นร้อยละ 42.15

ผู้บังคับบัญชาเป็นชายคิดเป็นร้อยละ 63.01 จระดับปริญญาตรีคิดเป็นร้อยละ 54.79 เป็นหน่วยงานบริษัทเอกชนคิดเป็นร้อยละ 67.12 เกี่ยวข้องกับบัณฑิตโดยเป็นผู้บังคับบัญชาฝ่าย/แผนกคิดเป็นร้อยละ 52.05 ความคุ้นเคยกับบัณฑิตคิดเป็นคิดเป็นร้อยละ 46.58

ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลเรื่องการประเมินคุณภาพของบัณฑิตเมื่อเทียบกับสถาบันอื่นในรุ่นใกล้เคียงปรากฏว่า

- บัณฑิตประเมินตัวเองโดยส่วนรวมเห็นว่าลักษณะที่เด่นกว่า ได้แก่เรื่องความรับผิดชอบในงาน และต้อยกว่าในเรื่องการแสดงความคิดเห็น

*ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

**นักวิชาการศึกษาระดับ 7 งานบริการการศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

- ผู้บังคับบัญชาโดยส่วนรวมเห็นว่าลักษณะที่เด่นกว่า ได้แก่ เรื่องการเป็นที่ยอมรับจากผู้ร่วมงาน และด้อยกว่าในเรื่องการนำความรู้ใหม่มาประยุกต์กับงาน ด้านการแสดงความคิดเห็น และความสามารถในการเป็นผู้นำที่ดี
- เมื่อเปรียบเทียบบุคคลทั้งสองกลุ่ม ด้วยระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% ปรากฏว่าค่าเฉลี่ยรวมทุกเรื่องของระดับความคิดเห็นของทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกันด้วย P-value เท่ากับ 0.3276

ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลความคิดเห็นของบัณฑิต เกี่ยวกับการเรียนการสอนและการวัดผล ในกลุ่มวิชาหลัก 3 กลุ่ม (กลุ่มวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์พื้นฐาน กลุ่มวิชาบังคับ (วิชาเอก) และกลุ่มวิชาเลือกในสาขาวิชาเอก) ปรากฏว่า

- เรื่องสภาพการณ์ทั่วไป โดยส่วนรวมบัณฑิตพอใจค่อนข้างมากต่อสภาพการณ์ดังกล่าว
- เรื่องสภาพการณ์ด้านการเรียนการสอน โดยส่วนรวมบัณฑิตพอใจค่อนข้างมากในกลุ่มวิชาบังคับและกลุ่มวิชาเลือก แต่พอใจค่อนข้างน้อยในกลุ่มวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์พื้นฐาน
- เรื่องสภาพการณ์ด้านการวัดผล โดยส่วนรวมบัณฑิตพอใจค่อนข้างมากในกลุ่มวิชาบังคับและกลุ่มวิชาเลือก แต่พอใจค่อนข้างน้อยในกลุ่มวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์พื้นฐาน

ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลความคิดเห็นของบัณฑิต เกี่ยวกับหลักสูตร ในกลุ่มวิชาหลัก 3 กลุ่ม ปรากฏว่า

- ในกลุ่มวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์พื้นฐาน บัณฑิตมีความเห็นโดยส่วนรวมว่า ปริมาณเนื้อหาเหมาะสมแล้วคิดเป็นร้อยละ 49.14 ปริมาณเนื้อหาเกินไปร้อยละ 25.86 ปริมาณเนื้อหาน้อยไป ร้อยละ 15.52 นอกนั้นไม่ออกความคิดเห็น
- กลุ่มวิชาบังคับในสาขาวิชาเอก บัณฑิตมีความเห็นโดยส่วนรวมว่า ปริมาณเนื้อหาเพียงพอแล้วร้อยละ 66.37
- กลุ่มวิชาเลือกของสาขาวิชาเอก บัณฑิตมีความเห็นโดยส่วนรวมว่า ปริมาณเนื้อหาเพียงพอแล้วร้อยละ 52.53

Abstract

The objective of this research was to evaluate quality of graduates who graduated from Faculty of Science, KKU during 1993-1995. Two questionnaires were sent to all graduates by mail, one for themselves, the other for their administrators. The questionnaires asked information about learning, teaching, evaluating and curriculum of 8 departments (Chemistry, Biology, Physics, Mathematics, Statistics, Computer Sciences, Microbiology and Biochemistry) in the Faculty of Science, KKU. The questionnaires were received back 26.42% from graduates and 73 observed from graduated administrators.

Comparison between graduates from KKU and the other institutes, it has been found that:

- From KKU graduates, they are more responsive in their works than the other institutes whereas less participate in discussion.
- From KKU graduates administrators, they were accepted from their colleagues, although they were less in applied advanced knowledge in working, participated in discussion as well as the leadership.
- The mean average choices, comparison between two groups with 95% confidence interval, were not different with P-value 0.3276.

In learning and teaching aspects, most graduates satisfied in the major subjects, except basic science subjects. In the content of the curriculum aspects, the percent of graduates satisfied in basic science, major and elective subjects were 49.14% , 66.37% and 52.53%, respectively.

บทนำ

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ก่อตั้งขึ้นเมื่อปีพุทธศักราช 2507 ได้ให้บริการสอน วิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานแก่คณะต่างๆ รวมทั้งผลิตบัณฑิตทางวิทยาศาสตร์ ในสาขาต่างๆ ปัจจุบันรวม 9 สาขาวิชา จำนวนบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาตั้งแต่ ปี 2519-2538 รวมทั้งสิ้น 1,870 คน ซึ่งการปฏิบัติงานในหน้าที่และความรับผิดชอบของบัณฑิต จะสะท้อนถึงสถานการณ์การศึกษาที่บัณฑิตเคยศึกษามา ด้วย การนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ในการปฏิบัติงาน หรือแก้ปัญหาต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ หรือ บรรลุวัตถุประสงค์หรือไม่นั้นขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง

ดังนั้นผู้วิจัยมีความเห็นว่าควรจะทำการศึกษา ติดตามผลบัณฑิต เพื่อประเมินคุณภาพของบัณฑิต ในที่สละของตัวบัณฑิตเองและผู้บังคับบัญชาของ บัณฑิต ตลอดจนสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับ หลักสูตร โดยภาพรวมของคณะด้วย ผลจากการ วิจัยจะทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของหลักสูตร โดยภาพรวม ซึ่งจะเป็ประโยชน์ต่อผู้บริหารและ คณาจารย์ ในการพิจารณาหลักสูตร การวัดและ ประเมินผลการเรียนให้เหมาะสมยิ่งขึ้น ซึ่งจะส่งผล ต่อคุณภาพของบัณฑิตคณะวิทยาศาสตร์ มหา วิทยาลัยขอนแก่นในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ประเมินคุณภาพของบัณฑิตโดยตัว ของบัณฑิตเอง และโดยผู้บังคับบัญชา
2. เปรียบเทียบการประเมินคุณภาพของ บัณฑิต ระหว่างการประเมินโดยตัวของบัณฑิตเอง กับการประเมินโดยผู้บังคับบัญชา
3. สำรวจความคิดเห็นของบัณฑิตเกี่ยว กับหลักสูตร สภาพการเรียนการสอน และวิธีการ สอนของอาจารย์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การวิจัยครั้งนี้จะทำให้ทราบข้อมูลในด้าน ต่างๆ ของบัณฑิต ด้านการเรียน การจัดการสอน ความรู้ ความสามารถของบัณฑิต นอกจากนั้นจะ ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของหลักสูตรโดยภาพ รวม ว่ามีจุดเด่น จุดด้อยอย่างไร ซึ่งจะส่งผลโดย ตรงต่อการผลิตบัณฑิต และการพัฒนาประเทศชาติ โดยรวมอีกด้วย

วิธีดำเนินการวิจัยและแหล่งข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้รวบรวมข้อมูล โดยใช้แบบ สอบถาม ได้จัดส่งแบบสอบถามไปให้บัณฑิตที่ สำเร็จการศึกษา ในปีการศึกษา 2536-2538 จาก คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นทุกคน

รวมทั้งสิ้น 458 คน โดยแนบจดหมายและแบบสอบถามถึงผู้บังคับบัญชาของบัณฑิตด้วย

1. แบบสอบถามที่ใช้

แบบสอบถามที่จะใช้กับบัณฑิตมี 3 ตอน

- ข้อมูลทั่วไปของบัณฑิต
- การประเมินคุณภาพของบัณฑิต ได้แก่ คุณลักษณะและความสามารถด้านต่างๆ ของบัณฑิต
- ความคิดเห็นของบัณฑิตต่อหลักสูตร ด้านวิชาต่างๆ สถานการณ์ของการเรียน และวิธีการสอนของอาจารย์

แบบสอบถามที่จะใช้กับผู้บังคับบัญชาของบัณฑิต มี 2 ตอน

- ข้อมูลทั่วไปของผู้บังคับบัญชา
- การประเมินคุณภาพของบัณฑิต

2. การวิเคราะห์ข้อมูล

2.1 ข้อมูลทั่วไปของบัณฑิต และผู้บังคับบัญชาของบัณฑิต วิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงบรรยาย (descriptive statistics) ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ

2.2 ด้านความคิดเห็นของบัณฑิต ต่อสภาพการณ์การเรียนการสอน การวัดผลและหลักสูตรในกลุ่มวิชาต่างๆ เนื่องจากข้อมูลเป็นมาตราส่วนประเมินค่า ดังนั้นการวิเคราะห์จะวิเคราะห์โดยการหาค่าเฉลี่ยของคำตอบในแต่ละกลุ่มวิชา แล้วเปลี่ยนเป็นตัวเลขด้วยวิธีมาตราส่วนประเมินค่า ด้วยการกำหนดค่าคะแนนเป็น 4 ระดับ คือ พอใจมาก = 4 คะแนน พอใจค่อนข้างมาก = 3 คะแนน พอใจค่อนข้างน้อย = 2 คะแนน และ พอใจน้อย = 1 คะแนน นำความถี่ของแต่ละข้อที่ได้จากแบบสอบถามมาหาค่าเฉลี่ย

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^4 f_i x_i}{\sum_{i=1}^4 f_i} \quad (1)$$

$\bar{X}$ คือค่าเฉลี่ยของคำตอบแต่ละข้อ

f_i คือความถี่ของค่าคะแนนระดับที่ i

$\bar{X}_i$ คือค่าคะแนนระดับที่ i

โดย i = 1, 2, 3, 4

เมื่อได้ค่าเฉลี่ยแล้วตีความหมายค่าเฉลี่ยของน้ำหนักคำตอบแต่ละข้อดังนี้ 3.60 - 4.00 = พอใจมาก 2.60 - 3.59 = พอใจค่อนข้างมาก 1.60 - 2.59 = พอใจค่อนข้างน้อย และ 1.00 - 1.59 = พอใจน้อย

2.3 การวิเคราะห์การประเมินคุณภาพของบัณฑิต ข้อถามเป็นมาตราส่วนประเมินค่ามีเพียง 3 ระดับ สรุปผลโดยดูค่าความถี่และร้อยละ โดยใช้สูตรเดียวกับ (1) ส่วนการเปรียบเทียบการประเมินคุณภาพบัณฑิตระหว่าง 2 กลุ่ม (บัณฑิตกับผู้บังคับบัญชา) ซึ่ง 2 กลุ่มนี้เป็นอิสระต่อกัน สมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ

H_0 : ค่าเฉลี่ยของระดับความคิดเห็นในการประเมินคุณภาพบัณฑิตของทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกัน

หรือ $\mu_1 = \mu_2$

โดย μ_1 คือค่าเฉลี่ยน้ำหนักคำตอบของบัณฑิต

μ_2 คือค่าเฉลี่ยน้ำหนักคำตอบของผู้บังคับบัญชา

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$

โดยใช้สถิติ T-test ในการทดสอบสมมติฐานดังกล่าว การจัดเก็บข้อมูลตลอดจนการประมวลผลของการวิจัย ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (Statistical Analysis Systems) และโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS/PC+

ผลการวิจัย

1. ข้อมูลทั่วไป

ผลของการวิเคราะห์ที่ปรากฏว่าบัณฑิตส่งแบบสอบถามกลับคืนมาเพียงร้อยละ 26.42 ผู้บังคับบัญชาส่งแบบสอบถามกลับคืนมาเพียง 73 ชุด ซึ่งต่ำกว่าที่คาดหวังไว้มาก ดังนั้นผลจากการวิเคราะห์ในครั้งนี้ อาจจะไม่ใกล้เคียงความเป็นจริงเท่าที่ควร แต่อยากจะนำเสนอวิธีการวิเคราะห์ และประมวลผลของการติดตามผลบัณฑิตดังกล่าว เพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์วิจัยเกี่ยวกับเรื่องนี้ในครั้งต่อไป

ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของ **บัณฑิต** ปรากฏว่า เป็นหญิงร้อยละ 57.85 ภูมิลำเนาอยู่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือร้อยละ 68.60 มีงานทำแล้วร้อยละ 75.00 อยู่บริษัทเอกชนร้อยละ 60.61 งานที่ทำเกี่ยวข้องกับสาขาวิชาที่เรียนมาร้อยละ 46.46 รายได้อยู่ในช่วง 6,000-10,000 บาทร้อยละ 37.37 และรายได้อยู่ในช่วง 10,001-15,000 บาทร้อยละ 35.35 ได้รับการฝึกอบรมก่อนทำงานร้อยละ 42.15

ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ **บังคับบัญชา** ปรากฏว่า เป็นชายร้อยละ 63.01 จบระดับปริญญาตรีร้อยละ 54.79 เป็นหน่วยงานบริษัทเอกชนร้อยละ 67.12 เกี่ยวข้องกับบัณฑิต โดยเป็นผู้บังคับบัญชาฝ่าย/แผนกร้อยละ 52.05 ความคุ้นเคยกับบัณฑิตคิดเป็นร้อยละ 46.58

2. การประเมินคุณภาพของบัณฑิต

ผลของการวิเคราะห์ข้อมูล เรื่องการประเมินคุณภาพของบัณฑิต เมื่อเทียบกับสถาบันอื่นในรุ่นใกล้เคียงปรากฏว่า

● **บัณฑิตประเมินตัวเองโดยส่วนรวม** เห็นว่า **ลักษณะที่เด่นกว่า** ได้แก่เรื่องความรับผิดชอบในงาน และ **ด้อยกว่า** ในเรื่องการแสดงความคิดเห็น

● **ผู้บังคับบัญชาโดยส่วนรวม** เห็นว่า **ลักษณะที่เด่นกว่า** ได้แก่เรื่องการเป็นที่ยอมรับจากผู้ร่วมงาน และ **ด้อยกว่า** ในเรื่องการนำความรู้ใหม่มาประยุกต์กับงาน ด้านการแสดงความคิดเห็นและความสามารถในการเป็นผู้นำที่ดี

● เมื่อเปรียบเทียบบุคคลทั้งสองกลุ่ม ด้วยระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% ปรากฏว่า ค่าเฉลี่ยรวมทุกเรื่องของระดับความคิดเห็นของทั้ง 2 กลุ่ม **ไม่แตกต่างกัน** ด้วย P-value เท่ากับ 0.3276 เมื่อพิจารณาย่อยในแต่ละเรื่องปรากฏว่า ค่าเฉลี่ยของระดับความคิดเห็นของทั้ง 2 กลุ่ม มีความ **แตกต่างกัน** 2 เรื่อง ได้แก่เรื่องการใฝ่รู้และศึกษาด้วยตนเองด้วย P-value เท่ากับ 0.0400 และด้านการแสดงความคิดเห็นด้วย P-value เท่ากับ 0.0174 โดยมีแนวโน้มว่าบัณฑิตประเมินตนเองต่ำกว่าผู้บังคับบัญชา เมื่อทดสอบใน **สาขา** ย่อยปรากฏว่ามี 3 สาขาที่ ค่าเฉลี่ยของระดับความคิดเห็นของทั้ง 2 กลุ่ม มีความแตกต่างกัน ได้แก่ สาขาชีววิทยา คณิตศาสตร์ และชีวเคมี

3. ความคิดเห็นของบัณฑิต เกี่ยวกับการเรียนการสอนและการวัดผล

ผลของการวิเคราะห์ข้อมูล ความคิดเห็นของบัณฑิตเกี่ยวกับการเรียนการสอนและการวัดผล ในกลุ่มวิชาหลัก 3 กลุ่ม (กลุ่มวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์พื้นฐาน กลุ่มวิชาบังคับ (วิชาเอก) และกลุ่มวิชาเลือกในสาขาวิชาเอก) ปรากฏว่า

● **สภาพการณ์ทั่วไป** โดยส่วนรวมบัณฑิตพอใจค่อนข้างมากต่อสภาพการณ์ดังกล่าว เมื่อพิจารณาในแต่ละสาขา พบว่าสาขาเคมีพอใจค่อนข้างน้อยต่อกลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์พื้นฐาน และกลุ่มวิชาเลือกในสาขาวิชาเอก ส่วนสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์พอใจค่อนข้างน้อยต่อกลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์พื้นฐาน

● **สภาพการณ์ด้านการเรียนการสอน** โดยส่วนรวมบัณฑิตพอใจค่อนข้างมากในกลุ่มวิชาบังคับและกลุ่มวิชาเลือก แต่พอใจค่อนข้างน้อยในกลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์พื้นฐาน เมื่อพิจารณาในแต่ละสาขา พบว่าสาขาคณิตศาสตร์ และชีวเคมีพอใจค่อนข้างมากต่อกลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์พื้นฐาน

● **สภาพการณ์ด้านการวัดผล** โดยส่วนรวมบัณฑิตพอใจค่อนข้างมาก ในกลุ่มวิชาบังคับและกลุ่มวิชาเลือก แต่พอใจค่อนข้างน้อย ในกลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์พื้นฐาน เมื่อพิจารณาในแต่ละสาขา พบว่าสาขาสถิติพอใจค่อนข้างน้อยต่อกลุ่มวิชาบังคับ ส่วนสาขาคณิตศาสตร์ จุลชีววิทยา และชีวเคมี พพอใจค่อนข้างมากต่อกลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์พื้นฐาน

4. ความคิดเห็นของบัณฑิต เกี่ยวกับหลักสูตร

ผลของการวิเคราะห์ข้อมูล ความคิดเห็นของบัณฑิต เกี่ยวกับหลักสูตร ในกลุ่มวิชาหลัก 3 กลุ่ม ปรากฏว่า

● **วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์พื้นฐาน** บัณฑิตมีความเห็นโดยส่วนรวมว่า ปริมาณเนื้อหาเหมาะสมแล้วคิดเป็นร้อยละ 49.14 ปริมาณเนื้อหาเกินไปร้อยละ 25.86 ปริมาณเนื้อหาเกินไป ร้อยละ 15.52 นอกนั้นไม่ออกความคิดเห็น

● **วิชาบังคับในสาขาวิชาเอก** บัณฑิตมีความเห็นโดยส่วนรวมว่า ปริมาณเนื้อหาเพียงพอแล้วร้อยละ 66.37

● **วิชาเลือกของสาขาวิชาเอก** บัณฑิตมีความเห็นโดยส่วนรวมว่า ปริมาณเนื้อหาเพียงพอแล้วร้อยละ 52.53 เมื่อพิจารณาในแต่ละสาขา พบว่ามีบัณฑิตเกินร้อยละ 50 ในสาขาเคมี วิทยาการคอมพิวเตอร์ และฟิสิกส์ ให้ความเห็นว่ามีปริมาณ

เนื้อหาไม่เพียงพอ

บทสรุปและข้อวิจารณ์

ถ้าสามารถเก็บข้อมูลจากบัณฑิตและผู้บังคับบัญชาได้มาก ผลการวิจัยจะถูกต้องและใกล้เคียงความจริงมากขึ้น ดังนั้นถ้าแต่ละสาขาวิชาทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเอง จะทำให้ได้ข้อมูลและจำนวนแบบสอบถามที่ตอบกลับมากขึ้น เพราะสามารถติดตามบัณฑิตที่จบไปในสาขานั้นเองได้ดีกว่าจากข้อถามแบบเดิมข้อความมีเรื่องที่น่าสนใจดังนี้

1. ข้อด้วยของบัณฑิตเมื่อเทียบกับสถาบันอื่นในรุ่นใกล้เคียง

ทั้งผู้บังคับบัญชาและบัณฑิตให้ความเห็นเหมือนกันว่า ภาษาอังกฤษค่อนข้างอ่อน ขาดความมั่นใจในตนเอง ทำให้ไม่กล้าแสดงความคิดเห็น และไม่สามารถก้าวขึ้นมาเป็นผู้นำที่ดีได้

ดังนั้นถ้าแต่ละสาขาจะมีการปรับปรุงหลักสูตรหรือวิธีการสอนใหม่ ควรจะพิจารณาสอดแทรกหรือเพิ่มเติมในสิ่งที่ผู้บังคับบัญชามและบัณฑิตคิดว่าดียิ่งก็จะดี

2. สภาพการณ์การเรียนการสอนและการวัดผล

ความคิดเห็นส่วนใหญ่จะบอกว่า ห้องปฏิบัติการเครื่องมือไม่เพียงพอ ส่วนการวัดผลควรมีการวัดผลระหว่างการเรียนเป็นระยะ ๆ

3. วิธีการสอนของอาจารย์ที่บัณฑิตเห็นว่าดี ส่วนใหญ่ชอบเพราะ สอนเข้าใจง่าย ยกตัวอย่างประกอบได้ชัดเจน สอนให้รู้จักคิดแก้ปัญหา เตรียมการสอนดี และมีการมอบหมายงานหลังจากจบเนื้อหา

4. วิชาปัญหาพิเศษ

บางสาขาให้ความเห็นว่า ควรจะวัดผลเป็นเกรด A-F และกำหนดวิธีการวัดผลให้ชัดเจนเป็น

มาตรฐานเดียวกัน อาจารย์ที่เป็นประธานและกรรมการสอบควรทุกท่าน ควรเข้าสอบนักศึกษาให้ครบ ควรมีอาจารย์เฉพาะด้านซักถามอย่างน้อย 3 ท่าน และอาจารย์ควรให้คำปรึกษามากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยความสนับสนุนจากบุคคลหลายฝ่าย ขอขอบคุณคณะกรรมการกองทุนพัฒนาและส่งเสริมด้านวิชาการของคณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่พิจารณาจัดสรรงบประมาณประจำปี พ.ศ. 2540 สนับสนุนโครงการวิจัยนี้ ขอขอบคุณคณาจารย์ในภาควิชาสถิติทุกท่าน ที่กรุณาให้คำแนะนำเกี่ยวกับวิธีการวิเคราะห์วิจัยต่างๆ รวมทั้ง ผศ.ดร.วันชัย อธิรัฐ ที่ตรวจสอบบทความย่อภาคภาษาอังกฤษให้ และขอแสดงความขอบคุณสำหรับความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามของบัณฑิต และผู้บังคับบัญชาของบัณฑิตทุกท่าน

บรรณานุกรม

Faculty of Science. *Bulletin Faculty of Science*

KhonKaen University, 1989.

ทวีป ศิริรัตน์. *การติดตามผลบัณฑิตคณะวิทยาศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*. วิทยานิพนธ์ ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต แผนกวิชาวิจัยการศึกษาบัณฑิตวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2518.

ทิพยา กิจวิจารณ์ และคณะ. *การติดตามผลบัณฑิต รุ่นที่ 7-9 คณะแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น*. รายงานการวิจัย 2533 (อัดสำเนา).

วิลยา สุนทรพิทักษ์. *โปรแกรมการศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*. อัดสำเนา.

สุทธิรัตน์ พิมพ์พงศ์ และคณะ. *การติดตามผลผู้สำเร็จการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต (พยาบาลและผดุงครรภ์) คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ปีการศึกษา 2525*. รายงานการวิจัย 2525 (อัดสำเนา).

อริญญา เลือเพลงศรี และบัวเรียน พูลมาศ. *ทัศนคติของบัณฑิตสาขาสถิติที่ผลต่อหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต (สถิติ) ของนักศึกษาเอกสถิติ*. ปัญหาพิเศษ ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2534.

อุทุมพร (ทองอุไทย) จามรมาน. *การวัดและประเมินการเรียนการสอนระดับอุดมศึกษา*. เล่ม 3 พิมพ์ครั้งที่ 2, ห้างหุ้นส่วนจำกัด ฟีนิกซ์ปับลิชชิ่ง.

พยาธิสภาพทางเนื้อเยื่อของแผลบริเวณผิวหนังของปลาน้ำจืด บางชนิดที่เป็นโรค จากคลองชลประทาน บ้านหนองผือ ตำบลหนองบัว อำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม

ชุดิมา หาญจวนิช*

สุภาพ ณ นคร**

บทคัดย่อ

การศึกษาตัวอย่างปลาน้ำจืดบางชนิดที่เป็นโรคจากคลองชลประทาน บ้านหนองผือ ตำบลหนองบัว อำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม ระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2535 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2536 พบว่าปลามีแผลเน่าเปื่อยหนึ่งแผลหรือมากกว่าหนึ่งแผลตามลำตัว ผลการตรวจสอบพยาธิสภาพทางเนื้อเยื่อพบว่าปลาช่อน (*Channa* sp.) บางตัว ปลาตะเพียน (*Puntius* sp.) และปลาไหล (*Fluta* sp.) บริเวณผิวหนังที่เป็นแผลมีใยราแทรกกระจายอยู่ในชั้นเดอร์มิส (dermis) และกล้ามเนื้อลาย ใยราบางใยมีแกรนูโลมา (granuloma) ล้อมรอบและมีการอักเสบ (inflammation) เกิดขึ้น นอกจากนี้ยังพบกล้ามเนื้อลายบางบริเวณเกิดการตาย (necrosis) ส่วนปลากระสับจุด (*Hampala dispar*) และปลาหลด (*Macrognathus* sp.) พบมีการอักเสบเกิดขึ้นที่บริเวณแผลผิวหนัง แต่ไม่พบใยราและแบคทีเรีย

Abstract

The study of some diseased fish from an irrigation canal, Ban Pua, Tambon Nong Boor, Amphur Kosompisai, Mahasarakam Province was carried out during November 1992 to February 1993. It has been found that the single or multiple lesions were scattered over the skin. Histopathological examination of subcutaneous lesions showed that some snake-head fish (*Channa* sp.), silver barb (*Puntius* sp.) and swamp eel (*Fluta* sp.) had fungal infection in dermis and skeletal muscle; some fungal hyphae were surrounded by intense granulomas and they were associated with inflammation. Degenerative and necrotic changes in skeletal muscle were present in some cases. There were inflammatory responses at the skin lesions of eye-spot barb (*Hampala dispar*) and spotted spiny eel (*Macrognathus* sp.) but there were no evidence of pathogenic agents infected in these skin lesions.

*ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

**รองศาสตราจารย์ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

บทนำ

หมู่บ้านหนองผือ ตำบลหนองบัว อำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม เป็นหมู่บ้านที่มีลำน้ำพองและลำน้ำชีไหลผ่าน มีดินอุดมสมบูรณ์มาก ชาวบ้านส่วนใหญ่มีอาชีพทำนาปลูกผัก และจับปลาส่งขายในตลาดใกล้เคียง ปัญหาที่ชาวชนบทกำลังประสบอยู่ขณะนี้คือ ปลาเน่าจืดจากคลองส่งน้ำชลประทานที่แยกจากลำน้ำชี มีอาการเป็นแผลเน่าเปื่อยตามลำตัวและตาย ซึ่งจะพบเสมอในช่วงฤดูหนาว ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ ทำให้ไม่สามารถนำมาบริโภคหรือนำออกขายได้

ระหว่างปี พ.ศ. 2525-2526 สุปราณี และชลอ (2526) ได้เก็บตัวอย่างปลาน้ำจืดบางชนิดที่เป็นโรคจากแหล่งน้ำธรรมชาติและบ่อเลี้ยงจากภาคใต้ ภาคกลาง และภาคเหนือ ได้ตรวจพบปรสิตหลายชนิด เช่น โปรโตซัว (*Epistylis* sp.) เห็บระฆัง (*Trichodina* sp.), พยาธิปลิงใส (*Monogenea*) เชื้อรา (*Saprolegnia* sp.) จากผิวหนังบาดแผลของปลา ต่อมาปี พ.ศ. 2527 วัฒนาและคณะ ได้เก็บตัวอย่างปลาช่อนที่เป็นโรคจากจังหวัดสุพรรณบุรีและได้ตรวจสอบพยาธิสภาพทางเนื้อเยื่อของปลาช่อนด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบลำแสงส่องผ่านและแบบลำแสงส่องกราด ตรวจพบมีอินตราไซโทพลาสซึมอินคลูชันบอดี (cytoplasmic inclusion body) และไวรัสอยู่ในไซโทพลาสซึมของเซลล์ติดเชื้อ Tonguthai (1985 อ้างโดย Roberts *et al.*, 1992) ได้รายงานโรค Epizootic Ulcerative Syndrome (EUS) เป็นโรคแผลเน่าเปื่อยอย่างรุนแรงที่เกิดกับปลาน้ำจืดหลายชนิดที่มาจากแหล่งน้ำธรรมชาติและการเพาะเลี้ยงซึ่งพบในประเทศต่างๆ ในเอเชียใต้และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ Roberts *et al.* (1993) ได้รายงานผลการสำรวจการระบาดของโรค EUS ระหว่างปี ค.ศ. 1984-1992 จากประเทศมาเลเซีย พม่า ลาว บังคลาเทศ อินเดีย เนปาล และประเทศ

ไทย ตรวจพบมีใยราชชนิดไม่มีผนังกันและไม่สร้างสปอร์ (aseptate, non-sporulating mycelium) อยู่ในผิวหนังบาดแผล

ด้วยสาเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาพยาธิสภาพทางเนื้อเยื่อของปลาน้ำจืดบางชนิดที่เป็นโรคจากคลองชลประทานแห่งนี้เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการและแก้ปัญหาต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาพยาธิสภาพของปลาน้ำจืดบางชนิดที่เป็นโรคโดยดูจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพเนื้อเยื่อ พร้อมทั้งวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพบางประการของน้ำเพื่อหาความสัมพันธ์ของคุณภาพทางกายภาพของน้ำกับการเป็นโรคของปลา

วิธีการวิจัย

เก็บตัวอย่างปลาและตัวอย่างน้ำเดือนละครั้ง ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2535 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2536 จากบ่อที่แยกมาจากคลองส่งน้ำชลประทานบ้านหนองผือ ตำบลหนองบัว อำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม เก็บตัวอย่างปลาที่มีบาดแผลโดยใช้แหจากบ่อที่ 1 และ 2 (แหล่งที่ 1 และ 2) สำหรับตัวอย่างน้ำเก็บ 3 แหล่ง โดยแหล่งที่ 3 ที่เก็บเพิ่มเป็นปากน้ำเปิดสู่ลำน้ำชี

นำตัวอย่างปลามาวัดความยาวลำตัวทั้งหมด (ชม.) ชั่งน้ำหนักตัว (กรัม) ตรวจสอบสุขภาพทั่วไปของปลา ดูตำแหน่ง ขนาด และสีของบาดแผล และตรวจหาว่ามีปรสิตภายนอกหรือไม่ จากนั้นเก็บตัวอย่างปลาในน้ำยารักษาสภาพ Bouin's fluid นาน 24 ชั่วโมง พร้อมเปิดช่องท้องของปลาเพื่อนำยา fixative ผ่านเข้าสู่อวัยวะภายในได้เร็วขึ้น และเปลี่ยนมาแช่ในเอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 70% ตัดชิ้นเนื้อเยื่อผิวหนังที่เป็นแผลและอวัยวะภายใน เช่น ลำไส้ ตับ ตับอ่อน และม้ามออกเป็นชิ้นเล็กๆ ขนาด 0.5x0.5 ซม. และนำมา

ผ่านขั้นตอนการดึงน้ำออก (dehydration) ด้วย เอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 70% 90% 95% ตามลำดับ ขั้นตอนละ 2 ชั่วโมง และเอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 100% นานข้ามคืน จากนั้นแทรก (infiltrate) ชิ้นตัวอย่างโดยใช้ไซลีน (xylene) สารผสมของไซลีนกับพาราฟิน (paraffin) 2:1 และ 1:1 และพาราฟิน ขั้นตอนละ 2 ชั่วโมง นำชิ้นตัวอย่างฝัง (embed) ลงในพาราฟินเหลว และตัดเนื้อเยื่อที่ความหนา 5-7 ไมโครเมตร ย้อมสไลด์ตัวอย่างด้วยสี Ehrlich's haematoxylin และ eosin (H&E) (Humason, 1972) เพื่อตรวจสอบสภาพเนื้อเยื่อ ย้อมด้วยสี Gomori Methenamine-Silver Nitrate Method (GMS) (Humason, 1972) เพื่อตรวจสอบเชื้อรา และย้อมด้วย Ziehl-Neelsen Method (Humason, 1972) เพื่อตรวจสอบแบคทีเรียพวก acid fast

การเก็บตัวอย่างน้ำเก็บลึกลงจากผิวน้ำประมาณ 30 ซม. โดยใช้ขวดพลาสติก และวัดอุณหภูมิน้ำและอุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส) โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ชนิดปรอท และวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำใช้เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่างแบบสนาม (portable pH meter) ส่วนตัวอย่างน้ำที่นำมาวิเคราะห์หาค่าออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen, DO) และ ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (Biochemical Oxygen Demand, BOD) ใช้ขวด borosilicate glass bottle ขนาด 250 มล. เก็บ และนำตัวอย่างน้ำมาวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน (Standard Methods, 1985) ณ ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ผลการศึกษา

1. จำนวนและชนิดของตัวอย่างปลาที่เป็นแผล

จำนวนและชนิดของตัวอย่างปลาที่เป็นแผลที่เก็บได้จากแหล่งที่ 1 และ 2 ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2535 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2536 ได้ตัวอย่างปลาทั้งหมด 14 ตัว ตำแหน่งที่พบแผลผิวหนังของปลาแสดงไว้ในตารางที่ 1 และตรวจไม่พบมีปรสิตเกาะที่ผิวหนัง

2. ผลการศึกษาพยาธิสภาพทางด้านเนื้อเยื่อ

2.1 ผิวหนังที่เป็นแผลของตัวอย่างปลา

พบมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อเยื่อในปลาชนิดต่างๆ ดังนี้ ปลาช่อน (#1 #2 #4 #5 #7 #8 #9 และ #10) ส่วนใหญ่ชั้นอีพิเดอร์มิส (epidermis) หลุดออก แต่ปลาช่อนบางตัวยังมีชั้นอีพิเดอร์มิสติดกับชั้นเดอร์มิส (dermis) พบมีใยราแทรกกระจายมากมายในชั้นเดอร์มิส ใยามีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง 0.76-1.02 ไมโครเมตร (n=20) ซึ่งให้ผลบวก (positive) เมื่อย้อมด้วย GMS (ภาพที่ 1A) มีการอักเสบ (inflammation) เกิดขึ้นใกล้กับบริเวณมีเชื้อรา ซึ่งพบแมโครฟาจ (macrophages) ลิมโฟไซต์ (lymphocytes) ไฟโบรไซต์ (fibrocytes) และพบมีหลอดเลือดฝอยมากมาย เซลล์เม็ดเลือดแดงแทรกอยู่อย่างกระจายที่บริเวณมีการอักเสบ ใยบางเส้นถูกล้อมรอบด้วยแกรนูโลมา (granuloma) ซึ่งประกอบด้วยเซลล์อีพิทีเลียล (epithelial cells) เรียงซ้อนกันเป็นวงหลายชั้น (ภาพที่ 1B) นอกจากนี้ยังพบใยราแทรกอยู่ในชั้นกล้ามเนื้อลาย และบางบริเวณเกิดการตาย (necrosis) ของเซลล์กล้ามเนื้อลายด้วย

ตารางที่ 1 แสดงความยาวตัวทั้งหมด น้ำหนักตัว และตำแหน่งแผลของปลาที่จับได้จากแหล่งที่ 1 และ 2 (เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2535 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2536)

วัน เดือน ปี	สถานที่	ปลาตัวที่	ความยาวตัว (ซม.)	น้ำหนักตัว (กรัม)	บริเวณพบแผลผิวหนัง
19 พ.ย. 35	แหล่งที่ 1	#1 ปลาช่อน	18.5	50.0	หัว และปาก
		#2 ปลาช่อน	22.0	71.0	หัว ลำตัวด้านซ้ายและขวา
		#3 ปลาช่อน	25.0	133.0	ลำตัว
		#4 ปลาช่อน	32.0	250.0	กลางหลัง
	แหล่งที่ 2	#5 ปลาช่อน	29.0	188.0	ลำตัวด้านขวา เหนือแก้ม ด้านซ้าย และลำตัวด้าน ขวาติดกับครีบหลัง
17 ธ.ค. 36	แหล่งที่ 1	#6 ปลาหลด	22.5	42.0	หัว
		#7 ปลาช่อน	22.0	91.0	ใต้ปาก
		#8 ปลาช่อน	19.0	59.0	แก้มขวา และหาง
		#9 ปลาช่อน	15.5	37.0	หางด้านขวา และหลัง
	แหล่งที่ 2	#10 ปลาช่อน	11.0	10.0	ตาขวา
		#11 ปลาหลด	22.0	51.0	ตามลำตัว
		#12 ปลาตะเพียน	10.0	14.0	หลัง
		#13 ปลากะสูบจุด	12.5	24.0	ครีบท้อง
28 ม.ค. 36	ไม่ได้ตัวอย่างปลาเนื่องจากอากาศหนาวจัด ไม่มีชาวบ้านออกจับปลา				
25 ก.พ. 36	แหล่งที่ 1	#14 ปลาไหล	45.0	80.0	ปากด้านขวา

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ปลาตะเพียน (#12) พบว่าผิวหนังชั้นอีพิตีเดอรัสมีสหลุดเหลือชั้นเดอร์มิสติดกับชั้นกล้ามเนื้อลาย พบมีใยราแทรกกระจายอยู่ในชั้นเดอร์มิสและให้ผลบวกกับการย้อม GMS ใยรา มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง 0.76-1.22 ไมโครเมตร (n=20) พบเซลล์เกิดการอักเสบ (inflammatory cells) เซลล์ลิมโฟไซต์ และแมคโครฟาจที่บริเวณมีใยรา นอกจากนี้ยังพบใยราแทรกในกล้ามเนื้อลาย และใยราบางเส้นล้อมรอบด้วยแกรนูโลมาซึ่งประกอบด้วยเซลล์อีพิตีลอยด์

เรียงซ้อนกันเป็นวง 2-3 ชั้น (ภาพที่ 2) บริเวณใกล้เคียงเกิดการตายและสลายตัว (degenerate) ของกล้ามเนื้อลายด้วย

ปลาไหล (#14) ที่แผลผิวหนังยังคงมีชั้นอีพิตีเดอรัสมีสติดกับชั้นเดอร์มิส พบมีแกรนูโลมามากมาย (multi-granuloma) กระจายอยู่เต็มในชั้นกล้ามเนื้อลาย (ภาพที่ 3A) แกรนูโลมาล้อมรอบด้วยเซลล์อีพิตีลอยด์รูปยาวเรียงเป็นวงซ้อนกันหลายชั้น เซลล์ชั้นในสุด 2-3 ชั้นย้อมติดสีอีโอซิโนฟิล (eosinophilic) เซลล์เหล่านี้ตายและหลุดออกสู่

บริเวณตรงกลางของแกรนูโลมาซึ่งเต็มไปด้วยเศษไซโทพลาซึมหรือเศษนิวเคลียส (cytoplasmic หรือ nuclear debris) บางบริเวณพบแกรนูโลมา 2-3 แห่งหรือมากกว่ารวมกันเป็นแกรนูโลมาขนาดใหญ่ (giant granuloma) (ภาพที่ 3B) โดยบริเวณตรงกลางแกรนูโลมาประกอบด้วยเศษเซลล์ มีเซลล์เม็ดเลือดขาวสะสมและล้อมรอบด้วยอิพิทีลรอยด์เซลล์หลายแถวเรียงซ้อนกัน นอกจากนี้ยังพบมีโยราแทรกอยู่ในเซลล์กล้ามเนื้อลาย (ภาพที่ 3C) และกล้ามเนื้อลายบางบริเวณเกิดการตาย โยราบางบริเวณมีแกรนูโลมาล้อมรอบ แกรนูโลมาบางแห่งและเซลล์กล้ามเนื้อลายที่มีการติดเชื้อของโยราพบเซลล์เกิดการอักเสบ

ปลาหลด (#6 และ #11) และปลากระสูบจุด (#13) พบเซลล์บริเวณผิวหนังบาดแผลชั้นเดอร์มิสและชั้นกล้ามเนื้อลายเกิดการอักเสบ และตรวจไม่พบเชื้อรา ผิวหนังบาดแผลของปลาทั้งหมด 14 ตัวนี้ตรวจไม่พบแบคทีเรียพวก acid-fast เมื่อย้อมด้วยวิธี Ziehl-Neelsen

2.2 อวัยวะภายในต่างๆ ของตัวอย่างปลาจากการตรวจสอบอวัยวะภายในช่อง

ท้องของตัวอย่างปลา ไม่พบมีลักษณะผิดปกติ พยาธิสภาพเนื้อเยื่อของอวัยวะภายในต่างๆ เช่น ลำไส้ ตับ ตับอ่อนและม้าม ส่วนใหญ่มีลักษณะปกติ ยกเว้นตับอ่อนของปลาช่อน (#4) พบมีกลุ่มแกรนูโลมา (ภาพที่ 4A) และพบแกรนูโลมาที่บริเวณตับของปลาช่อน (#9) (ภาพที่ 4B) นอกจากนี้ยังพบปรสิตหนอนหัวหนาม (Acanthocephala) อยู่ในลำไส้ของปลาช่อน (#2 และ #7) และปลากระสูบจุด (#13) อวัยวะภายในของตัวอย่างปลาทั้งหมดตรวจ ไม่พบแบคทีเรียพวก acid-fast เมื่อย้อมด้วยวิธี Ziehl-Neelsen

3. ผลวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพบางประการของตัวอย่างน้ำ

ตัวอย่างน้ำจากแหล่งที่เก็บตัวอย่างปลานำมาวิเคราะห์หาค่าคุณสมบัติทางกายภาพบางประการได้ผลดังนี้ (ตารางที่ 2)

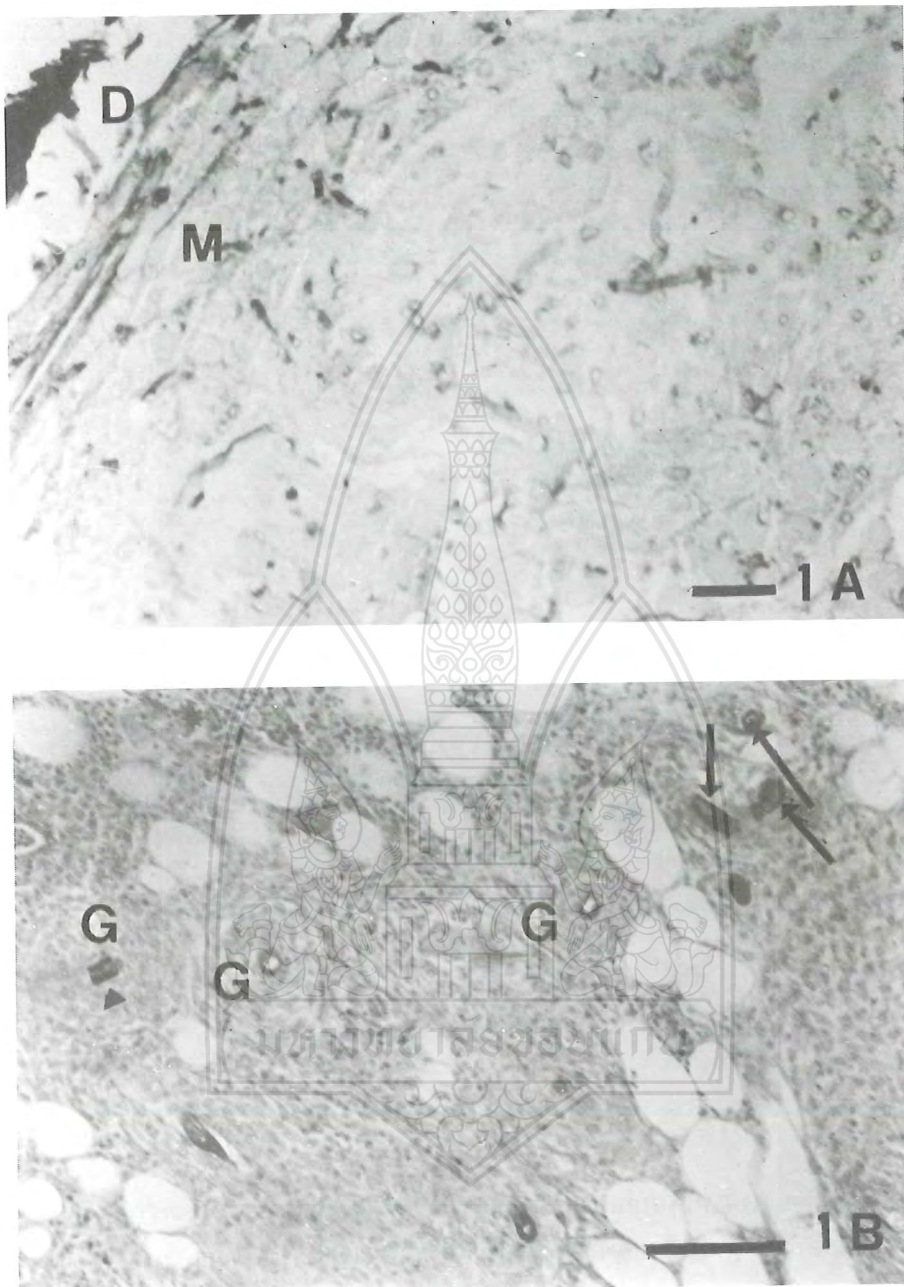
อุณหภูมิอากาศ	อยู่ในช่วง	15-35° ซ
อุณหภูมิน้ำ	อยู่ในช่วง	16-26° ซ
pH	อยู่ในช่วง	5.0-6.8
DO	อยู่ในช่วง	0.20-1.35 มก./ลิตร
BOD	อยู่ในช่วง	0.10-1.00 มก./ลิตร

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

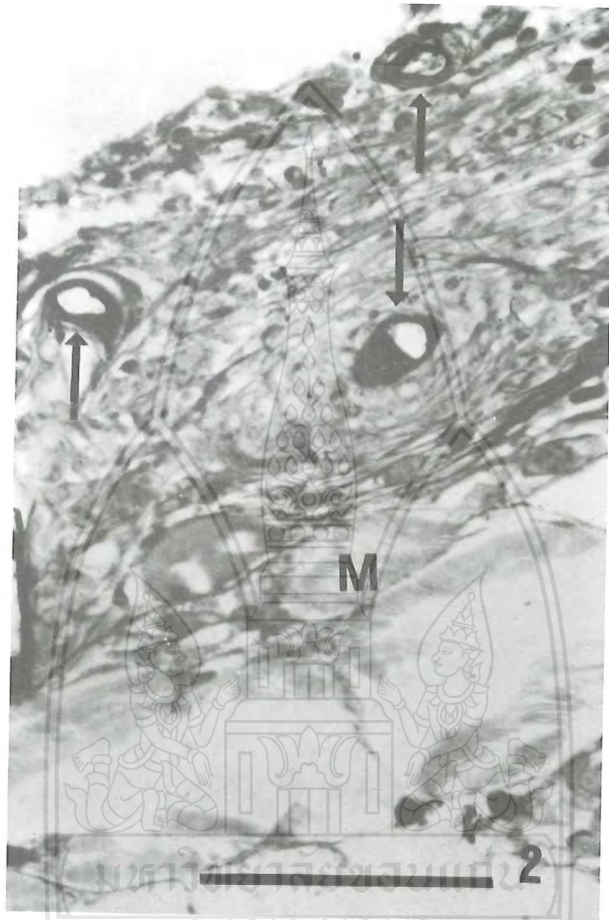
ตารางที่ 2 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพบางประการของตัวอย่างน้ำที่เกิดจากแหล่งที่ 1 2 และ 3 (เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2535 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2536)

วัน เดือน ปี	แหล่งที่	อุณหภูมิ อากาศ (° ซ)	อุณหภูมิ น้ำ (° ซ)	pH	DO (มก./ลิตร)	BOD (มก./ลิตร)
19 พ.ย. 35	1	33	21	6.5	1.30	0.60
	2	32	24	6.8	1.00	0.85
	3	35	25	6.5	1.15	0.95
17 ธ.ค. 35	1	28	24	6.5	1.15	0.90
	2	28	24	6.7	1.35	1.00
	3	26	26	6.6	1.10	0.55
11 ม.ค. 36	1	15	18	5.5	0.30	0.25
	2	17	16	5.5	0.30	0.25
	3	20	17	6.5	0.25	0.10
25 ก.พ. 36	1	29	25	6.0	0.20	0.10
	2	29	25	5.0	0.25	0.20
	3	25	23	5.0	0.25	0.15

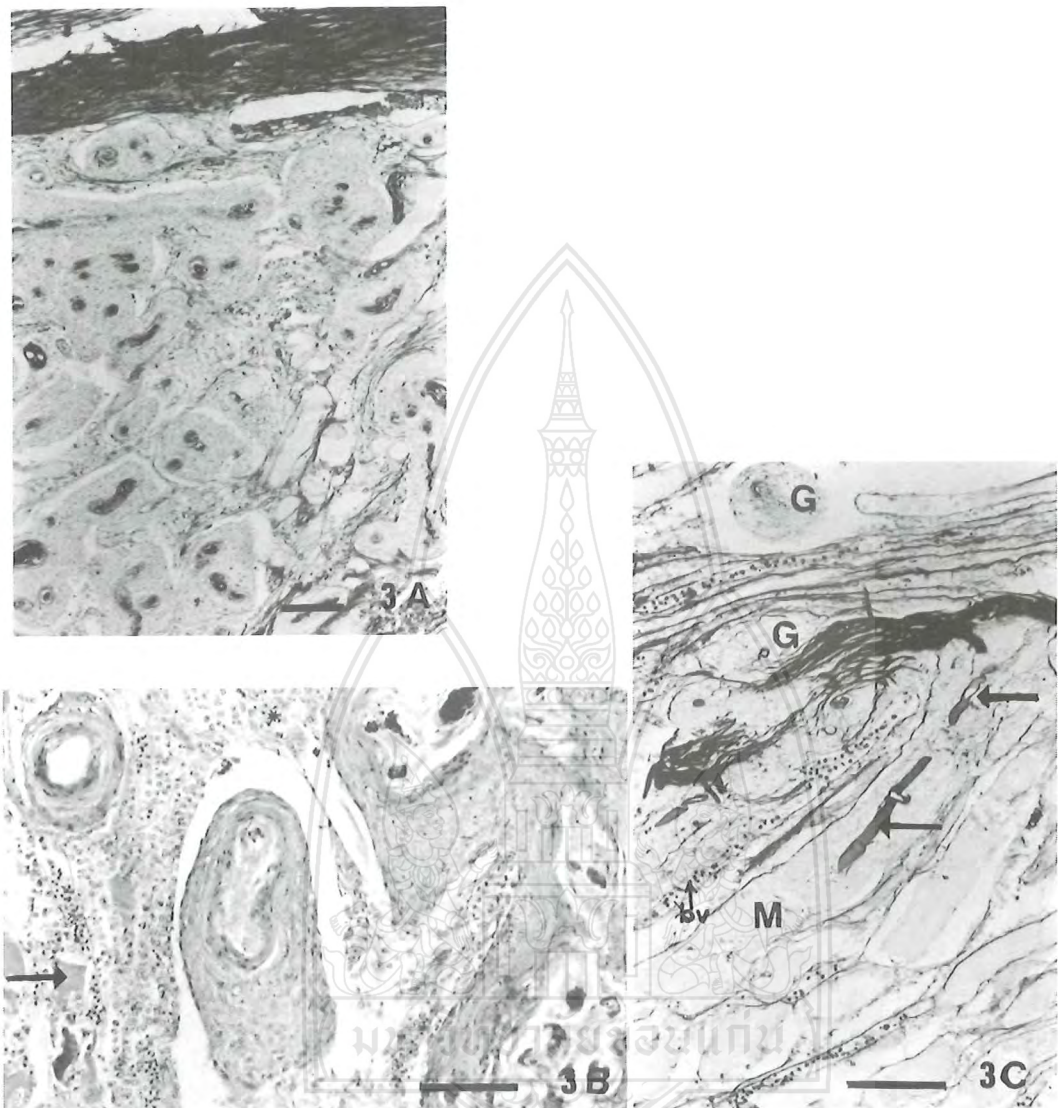
มหาวิทยาลัยขอนแก่น



- ภาพที่ 1 A. ภาพตัดขวางผิวหนังบาดแผลของปลาช่อน (#2) แสดงใยราแทรกกระจายในชั้นเดอร์มิส (D) และกล้ามเนื้อลาย (M) (GMS-stain) สเกลบาร์=1.0 ไมโครเมตร
- B. ภาพตัดขวางผิวหนังบาดแผลของปลาช่อน (#4) แสดงแกรนูโลมา (G) สังเกตใยรา (สุกคร) ใยราบางใยถูกล้อมรอบด้วยแกรนูโลมา (หัวลูกคร) และการอักเสบ (*) (H & E) สเกลบาร์ = 1.0 ไมโครเมตร

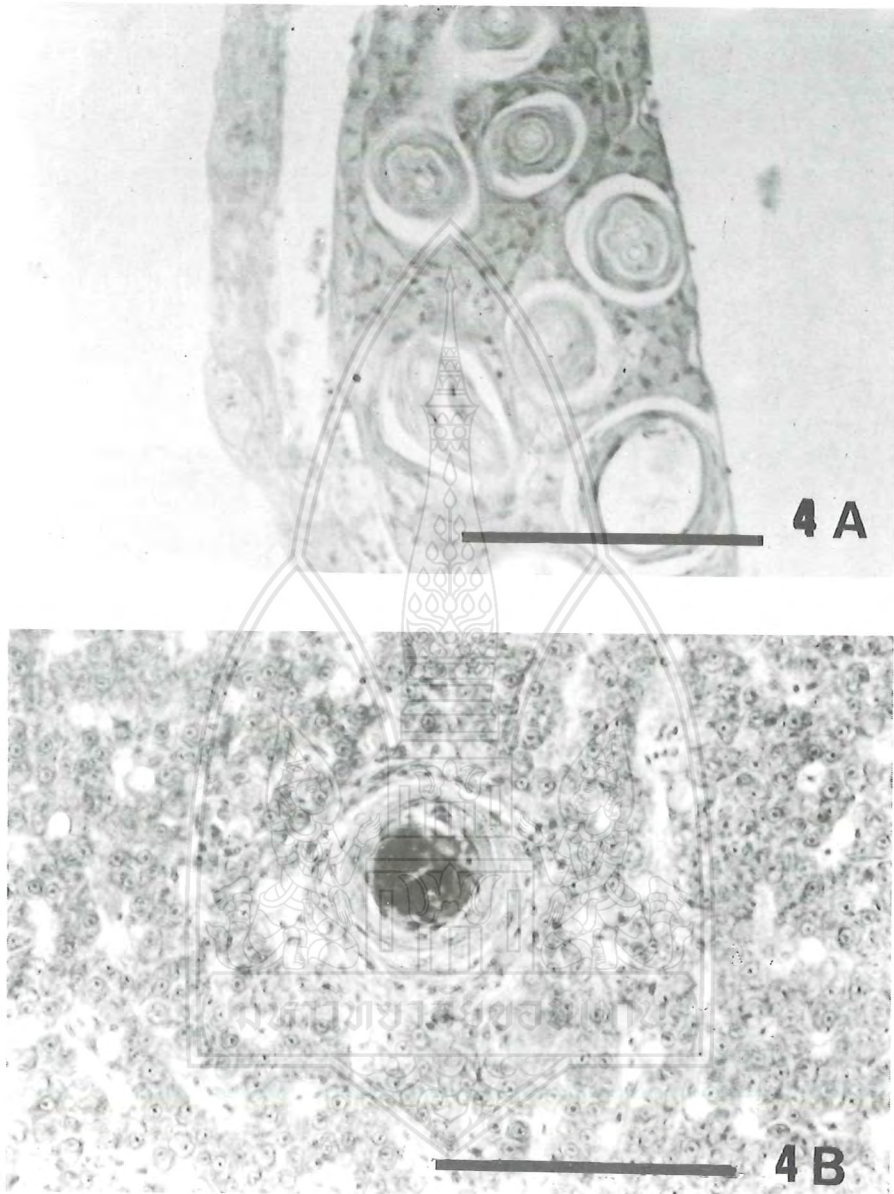


ภาพที่ 2 ภาพตัดขวางผิวหนังนํ้าบาดแผลของปลาตะเพียน (#12) แสดงใยรา (ลูกศร) แทรกกระจายอยู่ในชั้นกล้ามเนื้อลาย (M) และล้อมรอบด้วยแกรนูโลมา (GMS-stain) สเกลบาร์ = 0.1 ไมโครเมตร



ภาพที่ 3 ภาพตัดขวางผิวหนังบาดแผลปลาไหล (#14)

- A. แสดงแกรนูโลมากระจายในชั้นกล้ามเนื้อลาย (H & E) สเกลบาร์ = 1.0 ไมโครเมตร
- B. แสดงแกรนูโลมาขนาดใหญ่ สังเกตกล้ามเนื้อลายเกิดการตาย (ลูกศร) และการอักเสบ (*) (H & E) สเกลบาร์ = 1.0 ไมโครเมตร
- C. แสดงใยรา (ลูกศร) แทรกอยู่ในชั้นกล้ามเนื้อลาย (M) สังเกตแกรนูโลมา (G) และหลอดเลือดฝอย (bv) (GMS-stain) สเกลบาร์ = 1.0 ไมโครเมตร



- ภาพที่ 4 A. ภาพตัดขวางตับอ่อนของปลาช่อน (#4) แสดงแกรนูโลมา (H & E)
สเกลบาร์ = 0.1 ไมโครเมตร
- B. ภาพตัดขวางตับของปลาช่อน (#9) แสดงแกรนูโลมา (H & E)
สเกลบาร์ = 0.1 ไมโครเมตร

สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษา

จากการสุ่มจับตัวอย่างปลาน้ำจืดจากบ่อที่แยกมาจากคลองชลประทาน บ้านหนองผือ ตำบลหนองบัว อำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2535 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2536 ได้ปลามีแผลเน่าเปื่อยตามลำตัวชนิดต่าง ๆ ดังนี้ ปลาช่อน 9 ตัว ปลาตะเพียน 1 ตัว ปลาไหล 1 ตัว ปลาหลด 2 ตัว และปลากราย 1 ตัว

ผลการตรวจสอบพยาธิสภาพทางเนื้อเยื่อผิวหนังบาดแผลของปลาเหล่านี้พบว่าปลาช่อน 8 ตัว (#1 #2 #4 #5 #7 #8 #9 และ #10) จากทั้งหมด 9 ตัว ปลาตะเพียน 1 ตัว (#12) และปลาไหล 1 ตัว (#14) มีใยราแทรกกระจายอยู่ในชั้นเดอร์มิสและกล้ามเนื้อลาย เนื่องจากปลามีการตอบสนองต่อใยราด้วยมีการอักเสบเพื่อที่จะล้อมรอบสิ่งมีชีวิตแปลกปลอมที่แทรกอยู่ (Noga and Dykstra, 1986) โดยพบเซลล์เกิดการอักเสบที่บริเวณใยรา และยังพบมีแกรนูโลมาล้อมรอบใยรา การเกิดแกรนูโลมาในปลานี้เป็นการตอบสนองต่อสิ่งที่ก่อให้เกิดการติดเชื้อ (infectious agents) ต่าง ๆ เช่น แบคทีเรียพวก acid-fast (Amalacher, 1970) ปรสิตพวก myxozoan (Lom and Dykova, 1981 อ้างถึงใน Baulouet & Baudin Laurencin, 1986) และเชื้อรา Hatai et al. (1977) รายงานว่าเชื้อราจากแผลของปลาน้ำจืด ayu (*Plecoglossus altivelis*) เป็นเชื้อราชนิด mycotic granulomatosis fungi ซึ่งทำให้เกิดโรค Mycotic granulomatosis (MG) และยังพบเชื้อราชนิด mycotic granulomatosis fungi เมื่อติดเชื้อถึงชั้นกล้ามเนื้อของปลา ayu และปลาทองทำให้เกิดแกรนูโลมา การเกิดแกรนูโลมาอาจเกิดจากเชื้อรา *Aphanomyces piscida* (Hatai et al., 1984 อ้างถึงใน Noga et al., 1988) หรืออาจเกิดจากเชื้อรา *Aphanomyces* และ *Saprolegnia* (Dykstra et al., 1986 อ้างถึงใน Noga et al.,

1988) Roberts et al. (1993) รายงานว่าโรค EUS ที่พบในปลาน้ำจืดหลายชนิดเกิดจากเชื้อรากลุ่ม Saprolegniaceae และ *Aphanomyces* จากการศึกษาครั้งนี้พบอาการของโรคและลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อของปลาล้ำยกับผลการศึกษาของ Tonguthai (1985 อ้างถึงใน Roberts et al. 1992) ที่กล่าวว่าโรค EUS เกิดกับปลาน้ำจืดหลายชนิด มักพบในปลาช่อน และปลาตะเพียนเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นการเกิดโรคในตัวอย่างปลาที่นำมาศึกษาน่าจะเกิดจากเชื้อรา แต่เนื่องจากไม่ได้ทำการเลี้ยงเชื้อราจากผิวหนังบาดแผลของปลาเป็นโรคจึงไม่สามารถบอกชนิดของเชื้อราได้ จึงน่าจะได้ทำการศึกษาต่อไป

ผลการศึกษาคุณภาพของน้ำทางกายภาพบางประการ เช่น อุณหภูมิพบว่าอยู่ในช่วง 16-20°C. ซึ่งเป็นช่วงที่มีอากาศหนาว (เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์) จึงสอดคล้องกับรายงานของ Chinabut (1994) ที่กล่าวว่าการระบาดของโรค EUS ในประเทศไทยมักเกิดในเดือนพฤศจิกายน-กุมภาพันธ์ Snieszko (1974) ได้กล่าวว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้เกิดการระบาดหรือลดการเกิดโรคของปลาก็คืออุณหภูมิจะมีผลต่อการต้านทานโรคของปลา Snieszko and Axelrod (1976) ได้กล่าวว่าอุณหภูมิของน้ำก็มีผลต่อการละลายของก๊าซออกซิเจนในน้ำ และมีผลต่อการใช้ก๊าซออกซิเจนในกระบวนการเมแทบอลิซึมของปลา กล่าวคือ ถ้าน้ำมีอุณหภูมิสูงจะเพิ่มการใช้ก๊าซออกซิเจนของสัตว์น้ำ และลดการละลายของก๊าซออกซิเจนในน้ำ การใช้ก๊าซออกซิเจนของปลาแตกต่างกันตามชนิดของปลา เช่น ปลาแหลมอน ปลาเทราท์ ต้องการความเข้มข้นต่ำสุดของออกซิเจนละลายในช่วง 5-6 มก./ลิตร (Westers and Pratt, 1977 อ้างถึงใน Smart, 1981) ปลาดุก (channel catfish, *Ictalurus punctatus*) และปลานิลต้องการความเข้มข้นต่ำสุด

- ของออกซิเจนละลาย 3 มก./ลิตร (Carter and Allen, 1976; Balarin, 1978 อ้างถึงใน Smart, 1981) ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าค่าต่ำของออกซิเจนละลายอยู่ในช่วง 0.20-1.35 มก./ลิตร ซึ่งต่ำกว่าค่ารายงานข้างต้น โดยคาดว่าปริมาณออกซิเจนละลายต่ำอาจไปเพิ่มความเครียดให้กับปลา ทำให้ภูมิคุ้มกันของปลาลดลง หรืออาจไปเพิ่มความเสี่ยงของสารพิษต่างๆ ที่ก่อให้เกิดความเครียด (Lloyd, 1961) จึงทำให้โอกาสการระบาดของโรคเพิ่มขึ้น (Snieszko, 1974) ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำก็มีผลต่อการเกิดโรคของปลาด้วย Snieszko and Axelrod (1976) ได้รายงานว่าปลาสามารถอยู่ในน้ำที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างช่วงกว้าง คือ 3.5-10.5 แต่ช่วงที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงปลาอยู่ระหว่าง 6.0-9.0 นอกจากนี้ยังได้รายงานว่าน้ำมีความเป็นกรด-ด่างต่ำจะทำให้ปลาบางชนิดเพิ่มการเป็นโรคเช่นค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำต่ำกว่า 5.5 จะทำให้ปลาน้ำจืดพวกปลาตะเพียนไวต่อการติดเชื้อแบคทีเรีย ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำอยู่ในช่วง 5.0-6.8 ซึ่งอาจเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ปลาเกิดความเครียด และง่ายต่อการติดเชื้อ
- เอกสารอ้างอิง**
- วัฒนา วัฒนวิจารณ์, เทอด เทศประทีป, ระบิล รัตนพานี, จิรศักดิ์ ตั้งตรงไพโรจน์ และ วราภรณ์ ศุกลพงศ์. (2527). การตรวจปลาซ่อนป่วยจากจังหวัดสุพรรณบุรี. *วารสารการประมง*. 37(1): 43-46.
- สุปราณี ชินบุตร และ ชลอ ลิ้มสุวรรณ. (2526). การเปลี่ยนแปลงทางด้านเนื้อเยื่อของปลาน้ำจืดบางชนิดที่เป็นโรคระหว่างปี 2525-2526. *วารสารการประมง*. 36(3): 281-289.
- Amalacher, E. (1970). *Textbook of fish diseases*. (translated by D. A. Conroy & Herman, R. L.). New Jersey: T. F. H. Publications. pp. 102-135.
- Balarin, J. D. (1978). *Cited in Smart, G. R. 1981. Tilapia. A guide to their biology and culture in Africa*. Stirling: University of Stirling.
- Carter, R. R. and Allen, K. O. (1976). *Cited in Smart, G. R. 1981. Effects of flow rate and aeration on survival and growth of channel catfish in circular tanks. Progve Fish Cult.* 38: 204-206.
- Chinabut, S. (1994). *Environment and EUS. Abstract. ODA Regional Seminar on Epizootic Ulcerative Syndrome*. AAHRI, Bangkok, Thailand. p. 29.
- Dykstra, M. J., Noga, E. J., Levine, J. F., Moye, D. F. and Hawkins, J. H. (1986). *Cited in Noga, E. J., Levine, J. F., Dykstra, M. J., Hawkins, J. H. 1988. Characterization of the Aphanomyces species involved with ulcerative mycosis in memhaden, Brevoortia tyrannus. Mycologia.* 78: 664-672.
- Hatai, K., Egusa, S., Takahashi, S. and Ooe, K. (1977). Study on the pathogenic fungus of mycotic granulomatosis - I. Isolation and pathogenicity of the fungus from cultured-ayu infected with the disease. *Fish Pathol.* 12(2): 129-133. (Abstract in English)
- Hatai, K., Takahashi, S. & Egusa, S. (1984). *Cited in Noga, E. J., Levine, J. F.,*

- Dykstra, M. J. & Hawkins, J. H. 1988. Studies on the pathogenic fungus of mycotic granulomatosis. IV. Changes of blood constituents in ayu *Plecoglossus altivelis*, experimentally infected and normally infected with *Aphanomyces piscida*. **Fish Pathol.** 19: 17-23. (Japanese)
- Humason, G. (1972). **Animal tissue techniques**. (3rd edn.). San Francisco: W. H. Freeman and Company. pp. 328, 380, 385.
- Lloyd, R. (1961). Effect of dissolved oxygen concentrations on the toxicity of several poisons to rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson). **J. Exp. Biol.** 38: 447-455.
- Lom, J. and Dykova, I. (1981). **Cited in** Baulouet, G. and Baudin Laurencin, F. 1986. Pathogenicity of some protozoan parasites of cyprinid fishes. In: **Fishes, Pathogens and Environment in European Polyculture**. (Ed. J. Olah, K. Molnar & Z. Jeney). Svarvas: Fisheries & Research Institute. pp. 146-169.
- Noga, E. J. and Dykstra, M. J. (1986). Oomycete fungi associated with ulcerative mycosis in menhaden, *Brevoortia tyrannus* (Latrobe). **J. Fish Dis.** 9: 47-53.
- Noga, E. J., Levine, J. F., Dykstra, M. J. and Hawking, J. H. (1988). Pathology of ulcerative mycosis in Atlantic menhaden *Brevoortia tyrannus*. **Dis. aquat. Org.** 4:189-197.
- Roberts, R. J., Frerichs, G. N. and Millar, S. D. (1992). Epizootic ulcerative syndrome- the current position. In: **Diseases in Asian Aquaculture I**. (Eds. M. Shariff, R. P. Subasinghe & J. R. Arthur) Fish Health Section, Asian Fisheries Society, Manila, Philippines. pp.431-436.
- Roberts, R. J., Willoughby, L. G. and Chinabut, S. (1993). Mycotic aspects of epizootic ulcerative syndrome (EUS) of Asian fishes. **J. Fish Dis.** 16: 169-183.
- Smart, G. R. (1981). Aspects of Water Quality Producing Stress in Intensive Fish Culture. In: **Stress and Fish**. (Ed. A. D. Pickering). New York: Academic Press. pp. 277-293.
- Snieszko, S. F. (1974). The effects of environmental stress on outbreaks of infectious diseases of fishes. **J. Fish Biol.** 6: 197-208.
- Snieszko, S. F. and Axelrod, H. R. (1976). Chemical factors in fish diseases. In: **Diseases of fishes**. Environmental stress and fish diseases. New Jersey: T. F. H. Publications, Inc. Ltd. pp. 87-107.
- Standard Methods for the examination of water and waste water. (1985). American public health association. **American water works association. Water pollution control federation**. (Eds. A.E. Greeberg, R.R. Trussell & L.S. Trussell) (16 th edn.) Washington, DC. 1268 pp.
- Tonguthai, K. (1985). **Cited in** Roberts, R. J., Frerichs, G. N. and Millar, S. D. 1992. A preliminary account of ulcerative fish diseases in the Indo-Pacific Region. **Technical Report:FAO/TCP/RAS 4508**. FAO. Bangkok, Thailand. 39 pp.

Westers, H. and Pratt, K. M. (1977). Cited in Smart, G. R. 1981. Rational design of hatcheries for intensive salmonid culture, based on metabolic characteristics. *Progve Fish Cult.* 39: 157-165.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยขอนแก่นที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยครั้งนี้ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ ที่อนุเคราะห์ให้ใช้เครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ ในการวิจัย ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ อรอนงค์ อรัญเสน หน่วย Cytoge-netics ภาควิชาพยาธิวิทยา คณะแพทยศาสตร์ ที่ได้กรุณายืมเชื้อราด้วยสี GMS รองศาสตราจารย์สมาน เทศนา ภาควิชาปรสิตวิทยา คณะแพทยศาสตร์ ที่ได้กรุณาตรวจปรสิตภายในทางเดินอาหารของตัวอย่างปลา และขอขอบคุณคุณอนุศาสตร์ ภูสินแก่น ที่ได้ช่วยออกเก็บตัวอย่างปลาและน้ำ



ความไร้เสถียรภาพของโฟโตซิสเต็ม ทุ มีผลต่อระดับของ
พลาสโตควิโนน เอ ใน *Chlamydomonas reinhardtii*
The instability of photosystem II complex affecting
the level of plastoquinone A in *Chlamydomonas reinhardtii*

พงศ์ศักดิ์ รัตนชัยกุลโสภณ*
ปาริชาติ พุ่มขจร*

บทคัดย่อ

ความสัมพันธ์ระหว่างระดับของพลาสโตควิโนน เอ กับ การสังเคราะห์โปรตีนดีทู ของ โฟโตซิสเต็ม ทุ การสังเคราะห์โปรตีนตัวอื่น ๆ ของโฟโตซิสเต็ม ทุ และ การสังเคราะห์โปรตีนของกลุ่มโปรตีนอื่น ๆ ของห่วงโซ่ถ่ายทอดอิเล็กตรอนที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสง ถูกศึกษาโดย การหาระดับของพลาสโตควิโนน เอ ในมิวแตนต์ที่ไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ 6 มิวแตนต์ และในพันธุ์ปกติ ของ *Chlamydomonas reinhardtii* โดยวิธี Thin layer chromatography และ spectrophotometry จากผลการศึกษา พบว่า มิวแตนต์ที่มีความผิดปกติ ของโฟโตซิสเต็ม ทุ ทุกตัว มีระดับของพลาสโตควิโนน เอ ลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับพันธุ์ปกติ ในขณะที่มิวแตนต์ที่มีความผิดปกติของกลุ่มโปรตีนอื่น ๆ ของห่วงโซ่ถ่ายทอดอิเล็กตรอนที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสง จะมีระดับของพลาสโตควิโนน เอ ใกล้เคียงกับระดับของพลาสโตควิโนน เอ ของพันธุ์ปกติ เป็นอย่างมาก ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ว่าการกลายพันธุ์ทำให้เกิดการไร้เสถียรภาพของโฟโตซิสเต็ม ทุ จะนำไปสู่ความผิดปกติของระดับของพลาสโตควิโนน เอ

ABSTRACT

The relationship between the level of plastoquinone A (PQ A) and the synthesis of the D2 protein of photosystem II (PSII), other PSII proteins, and proteins of other proteins complexes of photosynthetic electron transport chain was investigated. Six nonphotosynthetic mutants and a wild type strain of *Chlamydomonas reinhardtii* were studied with respect to their PQ A contents qualitatively by thin layer chromatography (TLC) and quantitatively by spectrophotometry. All of the PSII deficient mutants used in this study showed a significantly reduced level of PQ A

whereas the other mutants which are deficient in other protein complexes of the electron transport chain showed a similar level of PQ A compared with wild type. It is likely that the instability of the PSII caused by any mutation will lead to the deficiency of the PQ A.

INTRODUCTION

In higher plants and eukaryotic algae, photosynthesis occurs in the chloroplast in two stages, the light reactions and the dark reactions. In the light reactions, which occur on the thylakoid membrane, light energy is used to pull electrons away from water and transfer them to the electron acceptor NADP^+ via the electron transport chain. This electron transport chain consists of Photosystem II (PSII), the cytochrome b6-f complex, and Photosystem I (PSI), which are electrically connected by the diffusion of the electron carriers plastoquinone A (PQ A) and plastocyanin. Electrons from PSI are transferred via ferredoxin to the ultimate electron carrier (NADP^+) to form NADPH by NADP reductase. The end products of the light reaction are ATP and NADPH. During the electron transport process, protons are pumped across the thylakoid membrane resulting in proton motive force across the thylakoid membrane. The resulting proton motive force drives the synthesis of ATP via the membrane bound ATP synthetase. In the dark reactions occurring in the stroma, ATP and NADPH from the light reactions are used to drive the synthesis of carbohydrate from CO_2 and H_2O .

PS II complex contains more than 20 polypeptides which associated with electron carrying cofactors. The polypeptide components of the PSII include the D1 protein, the D2

protein, two apoproteins of cytochrome b559, two chlorophyll binding proteins (P5 and P6), the light harvesting complex (LHC) proteins, the oxygen evolving enhancer proteins (OEE1, OEE2, and OEE3), and several low molecular weight proteins [1,2,3,4,5,6,7]. All of these proteins assemble in precise stoichiometric ratios within the thylakoid membrane. If a single polypeptide component of PSII is absent, the PS II is nonfunctional [8,9,10].

ac-115 mutant of *Chlamydomonas reinhardtii* was generated as an acetate dependent mutant strain with impaired photosynthesis [11]. There was a report showing that the mutation in ac-115 mutant appeared to be in a nuclear gene and that it exhibited Mendelian inheritance [12]. The components of the electron transport chain in ac-115 mutant have been studied extensively. It was reported that ac-115 and wild type strains contained equivalent amounts of chlorophyll a and b, plastocyanin, and cytochrome c and b6 [13]. However, the level of PQ A was found to be reduced in this mutant [14]. Recently, the nuclear mutation in ac-115 mutant was shown to lead to a specific block in the synthesis of the chloroplast psbD gene product [15]. It was also found that this mutant cannot accumulate the D2 protein of PSII which is encoded by chloroplast psbD gene.

From these two characteristics of the

ac-115 mutant, a question can be raised. Is there a direct relationship between the level of the PQ A and the synthesis of D2 protein or other PSII proteins? There are at least three possible relationships which interest us. First, the deficiency of PQ A in ac-115 may be the result of the instability of PSII, and it may be that any mutant affected in PSII assembly lacks PQ A. Second, the reduced level of PQ A may be the specific result of the lack of the D2 protein in ac-115. Third, the deficiency in PQ A may cause the block in D2 protein synthesis. The first two possibilities are suggested by the fact that PQ A is an electron carrier which is tightly bound to the D2 protein of PSII. If a mutant has no PSII or no D2 protein, PQ A may have no place to bind and may be degraded, by lipases, for example. For the last possibility, the synthesis of the D2 protein may require PQ A to bind to the nascent D2 protein in order to continue translation or for the protein to be stable, analogous to chlorophyll involvement in D1 synthesis in barley. If the mutant has no PQ A, *psbD* translation may be paused to wait for the binding of the missing ligand to the nascent D2 protein. As a result, the full-length D2 protein may not be synthesized or protein stability may be affected. The first two possibilities can be tested by determining the level of PQ A in other mutants which affect PSII (F35) [16], and mutants which have a primary effect on the D2 protein (*nac2-26* [17] and FUD47 [6, 18]). For example, if the level of PQ A in F35, *nac2-26*, and FUD47 is reduced, it may mean that an unstable PSII complex, or the loss

of the D2 protein causes the reduced level of PQ A. If the level of PQ A in these mutants is normal, it is possible that the reduced level of PQ A in ac-115 is a primary effect of the mutation, and the lack of the D2 protein is a secondary effect of that deficiency. It is also interesting to see whether a defect on another component of the electron transport chain affects the level of PQ A. Therefore, the examination of the level of PQ A in mutants with affect PSI (F15) [19] and plastocyanin (Ac-208) [20] are included. In this study, we examine the levels of PQ A quantitatively by thin layer chromatography in wild type, ac-115, *nac2-26*, FUD47, F35, F15 and Ac-208. The results from this study will provide an understanding of the relationship between the level of the PQ A and the synthesis of D2 protein, other PSII proteins, and proteins of other protein complexes of photosynthetic electron transport chain.

Materials and method

Chlamydomonas reinhardtii cell culture condition

All strains used in this study (wild type, ac-115, *nac2-26*, FUD47, F35, F15, and Ac-208) were grown under constant light in Tris Acetate Phosphate (TAP) medium [21]. For thylakoid membrane isolation, cells were harvested for experimentation at a cell concentration of approximately $1-2 \times 10^6$ cells/ml.

All strains of *Chlamydomonas rein-*

hardtii have been maintained on solid TAP interface. containing 2% agar under continuous light at 25°C.

Thylakoid membrane isolation

Thylakoid membranes were isolated according to the procedure of Herrin and Michaels [22] with slight alterations. One liter cultures of log-phase cells were treated with chloramphenicol (100 µg/ml final concentration) 15 minutes prior to harvesting. Cells were harvested by centrifugation and resuspended in 7 ml of Buffer I (25 mM Hepes, pH 7.8; 25 mM MgCl₂; 25 mM KCl; 1 mM dithiothreitol; 0.5 M sucrose; 100 µg/ml chloramphenicol; 1 mg/ml heparin). The cells were broken in a Yeda press at 2000 psi for 5 minutes. To separate insoluble and soluble fractions, the broken cell suspension was centrifuged at 38,580xg (SW41, 15000 rpm) for 15 minutes at 4°C. The pellet was resuspended in 7 ml of Buffer III (25 mM Hepes, pH 7.8; 25 mM MgCl₂; 25 mM KCl; 1 mM dithiothreitol; 1.8 M sucrose; 100 µg/ml chloramphenicol; 1 mg/ml heparin) using a Potter-Elvehjem homogenizer. The resuspended pellet in Buffer III was overlaid with 1.5 ml Buffer II (25 mM Hepes, pH 7.8; 25 mM MgCl₂; 25 mM KCl; 1 mM dithiothreitol; 1.3 M sucrose; 100 µg/ml chloramphenicol; 1 mg/ml heparin) and 3 ml of Buffer I, forming a discontinuous sucrose gradient. After centrifugation of the sample at 111,000xg (SW41, 30,000 rpm) for 3 hours at 4°C, a visible thylakoid band was present at the 1.3 M sucrose

Determination of chlorophyll concentration

Five microliters of thylakoid membrane suspension were added to 0.5 ml of 80% acetone. A few crystal of sodium bicarbonate were added. The absorbance of this mixture was measured at 645 nm and 663 nm. The formulas used for calculating the concentration of chlorophyll a and b were:

$$[chl a] = (12.7 \times A_{663}) - (2.69 \times A_{645}) \mu\text{g}/\mu\text{l}$$

$$[chl b] = (22.9 \times A_{645}) - (4.69 \times A_{663}) \mu\text{g}/\mu\text{l}$$

[chl a] and [chl b] stand for concentration of chlorophyll a and b, respectively. A₆₄₅ and A₆₆₃ stand for the absorbance at wavelength 645 nm and 663 nm, respectively.

Examination of the level of PQ A

PQ A was extracted from thylakoid membranes of wild type and mutant strains (ac-115, nac2-26, FUD47, F35, F15, and Ac-208) according to the procedure of Dilley [23] with slight alterations. Thylakoid membranes equivalent to 10 mg of chlorophyll were used as starting material for lipid extraction. Thylakoid membranes were suspended in 15 ml of acetone and allowed to stand in the dark for 3 hours. A small amount of sodium borohydride was added. This mixture was extracted with an equal volume of petroleum ether. The petroleum ether phase was transferred to a new tube and reduced to a 1 ml volume in a vacuum desiccator at room temperature. Fifty microliters of the final petroleum ether fraction was spotted onto TLC plates coated with silica gel. Chromato-

grams were developed with chloroform. PQ A was visualized by spraying plates with Nile Blue reagent prepared by mixing 10 ml of 10% aqueous Nile Blue chloride with 0.7 g of Zinc dust and 1 ml of concentrated sulfuric acid.

For the determination of PQ A concentration, PQ A was extracted from whole cells with acetone, and spectrophotometrically titrated as described by Smillie and Levine [14].

Results

To investigate the relationship between the level of PQ A and the synthesis of the D2 protein, other PSII proteins, and proteins of other protein complexes of the photosynthetic electron transport chain, the level of PQ A was determined by thin layer chromatography in wild type, ac-115, nac2-26, FUD47, F35, F15, and Ac-208. Thylakoid membranes were extracted from each of the strains used in this experiment. PQ A was extracted by petroleum ether from 10 micrograms of chlorophyll of each strain. Fifty microliters aliquots of the petroleum ether extract were chromatographically separated on silica gel plates. PQ A was visualized by spraying plates with Nile Blue reagent. There were two different bands shown up on the TLC plates (Figure 1). The upper band was believed to be PQ A because the R_f value of this band was about 0.9 which is corresponding to the reported R_f value of PQ A [23]. The lower one was believed to be chlorophyll because it has green color and the R_f value was approximately 0.1 which is similar to the R_f value of

chlorophyll reported before [23]. No PQ A was detected in ac-115, nac2-26, FUD47, and F35 mutants (Figure 1). However, the levels of PQ A in F15 and Ac-208 mutants were found to be very similar to that of wild type. The levels of the chlorophyll were detected to be similar in all strains.

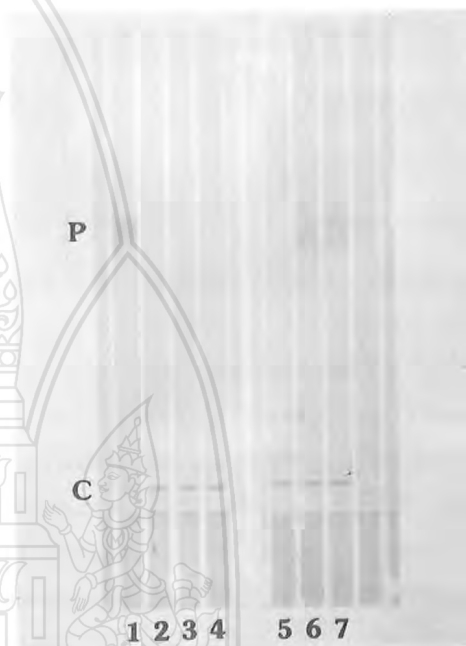


Figure 1 Thin layer chromatographic separation of petroleum ether extracts of wild type, ac-115, nac2-26, FUD47, F35, F15, and Ac-208. P and C stand for plastoquinone A and chlorophyll, respectively. (Lane1 - wild type, lane2 - ac-115, lane3 - nac2-26, lane4 - FUD4, lane5 - F35, lane6 - F15, and lane7 - Ac-208)

Table 1 Plastoquinone A contents of the wild type and nonphotosynthetic mutants of *Chlamydomonas reinhardtii*.

strains	Plastoquinone A content (mg PQ A / g acetone powder of cells)
wild type	1.95
ac-115	0.21
nac2-26	0.18
FUD47	0.15
F35	0.26
F15	1.87
Ac-208	1.91

In order to obtain a quantitative measure of PQ A in the wild type and mutants, PQ A was isolated and analyzed spectrophotometrically. Table 1 shows the PQ A content of wild type and mutant strains. The ac-115, nac2-26, FUD47, and F35 contained significantly less PQ A than the wild type cells. The PQ A contents of F15 and Ac-208 were similar to that of wild type.

detected in four of the mutants including ac-115, nac2-26, FUD47, and F35. However, it cannot be concluded that these mutants contain no PQ A because by spectrophotometry, PQ A in these mutants can be measured even though their levels are very low. The reason that the PQ A cannot be detected in the mutants by TLC is that PQ A in the mutants may be too low to be detected by using this method.

Discussion

The level of PQ A was determined in six nonphotosynthesis mutants of *Chlamydomonas reinhardtii* by TLC and spectrophotometry. Because the level of PQ A depends on the concentration of chlorophyll, the petroleum extract from each strain which has the same chlorophyll concentration was used as starting materials for TLC. By TLC, no PQ A was

It has been shown for a long time that the ac-115 mutant of *Chlamydomonas reinhardtii* was deficient in PQ A [14] and the D2 protein of PSII [15]. These characteristics lead to a question. Is there a direct relationship between the level of PQ A and the synthesis of the D2 protein of photosystem II ? At least three possible relationship have been proposed. First, the deficiency in PQ A may cause the block of the D2 protein synthesis. Second, the

reduced level of PQ A may be the specific result of the lack of the D2 protein in the ac-115 mutant. Third, the deficiency of PQ A may be the result of the instability of PSII, and it may be that any mutant affected in PSII assembly lacks PQ A. The possibilities were tested by the determination of the level of PQ A qualitatively by thin layer chromatography and quantitatively by spectrophotometer in wild type, ac-115, nac2-26, F35, and FUD 47. nac2-26 mutants has a nuclear mutation that leads to the destabilization of psbD mRNA [17]. In FUD 47 mutant, psbD gene has a frameshift mutation causing a premature stop codon [6,18]. Therefore, both nac2-26 and FUD47 mutants have a primary effect on the synthesis of the D2 protein of PSII. For F35 mutant, there is a primary effect on the synthesis of the D1 protein of PSII [16]. All of these mutants have an instability PSII complex. It was shown that the

level of PQ A were significantly reduced in any of these mutants. From these results, the first and the second possibilities can be ruled out. The first possibility is ruled out by the result of FUD47 mutant. The undetectable level of PQ A in FUD47 strain suggests that the deficiency of the D2 protein or the instability of PSII complex may cause the lack of the PQ A. The second possibility is not preferred because of the result of the F35 mutant. PQ A cannot be detected in this mutant which has a primary effect in the D1 protein synthesis. This result suggested that the deficiency of D1 can lead to the reduced level of PQ A which makes the second proposed possibility not always be true. The results from this experiment give evidence supporting the third proposed possibility. Therefore, it is likely that the instability of the PSII caused by any mutation will lead to the deficiency of the PQ A (Table 2).

Table 2 The comparison of D1 protein, D2 protein, PSI, PSII, plastocyanin, plastoquinone A between wild type and nonphotosynthetic mutant of *Chlamydomonas reinhardtii*.

strains	D1 protein	D2 protein	PSI	PSII	plastocyanin	PQ A
wild type	+	+	+	+	+	+
ac-115	+	-	+	-	+	-
nac2-26	+	-	+	-	+	-
FUD47	+	-	+	-	+	-
F35	-	+	+	-	+	-
F15	+	+	-	+	+	+
Ac-208	+	+	+	+	-	+

Symbol keys: + normal level; - deficiency

Since all the PSII deficient mutants used in this study showed a reduced level of PQ A, it is of interest to investigate the levels of PQ A in mutants that are deficient in other protein complexes of photosynthetic electron transport chain. In this study, we determined the level of PQ A of F15 and Ac-208 mutants of *Chlamydomonas reinhardtii*. F15 mutant is a PSI deficient mutant. It has a mutation which affects the expression of the *psaB* gene encoding for a PSI reaction center polypeptide [19]. Ac-208 mutant is a plastocyanin deficient mutant [20]. In this mutant, the plastocyanin encoding gene has a single nucleotide insertion in the first exon. This alter the reading frame and results in a premature stop codon. From the results, the levels of the PQ A in F15 and Ac-208 mutants were very similar to that of wild type. These results suggested that the deficiency of other protein complexes of the electron transport chain did not affect the level of PQ A in *Chlamydomonas reinhardtii*.

From these results, it seems that only the instability of PSII leads to a reduced level of PQ A. This phenomenon can be explained. Normally, PQ A is bound directly to the D2 protein of PSII. However, in PSII deficient mutants, PSII is collapsed and the unassembled components of the PSII are rapidly degraded. Therefore, there is no D2 protein for PQ A to bind resulting in the rapid degradation of unbound or free PQ A by lipases. This leads to reduced levels of PQ A in the mutants. It may be the case that the low level of PSII can send some signals to reduce the synthesis of PQ A

causing the low level of the PQ A in the mutants. On the other hand, in mutants deficient in other protein complexes of the photosynthetic electron transport chain, the affected protein complexes are collapsed but the PSII still remains intact. Therefore, PQ A still can bind to the D2 protein of PSII and its level is still unchanged.

Conclusion

The levels of PQ A were determined by thin layer chromatography and spectrophotometry in wild type, ac-115, nac2-26, FUD47, F35, F15, and Ac-208 strains of *Chlamydomonas reinhardtii*. It was shown that the levels of PQ A were dramatically reduced in all of PSII deficient mutants used in this study which are ac-115, nac2-26, FUD47, and F35. In contrast, the levels of PQ A in F15 and Ac-208 which are the mutants deficient in PSI and plastocyanin, respectively were shown to be normal compared to the wild type strain. These results suggested that the instability of the PSII which is caused by any mutation may lead to the deficiency of the PQ A.

References

1. Kim, S.J., Robinson, D., and Robinson, C. 1996. An *Arabidopsis thaliana* cDNA encoding PSII-X, a 4.1 kDa component of photosystemII: a bipartite presequence mediate SecA/delta pH-independent targeting into thylakoids. **FEBS Lett.** 390: 175- 178.
2. Nugent J.H.A.1996. Oxygenic photosynt-

- hesis: electron transfer in photosystem I and photosystem II. **Eur. J. Biochem.** 237: 519-531.
3. Irrgang, K.D., Shi, L.X., Funk, C., and Schroder, W.P. 1995. A nuclear-encoded subunit of the photosystem II reaction center. **J. Biol. Chem.** 270: 17588-17593.
 4. Kapazoglou, A., Sogliocco, F., and Dure, L. 3rd. 1995. PSII-T, a new nuclear encoded luminal protein from photosystem II. Targeting and processing in isolated chloroplasts. **J. Biol. Chem.** 270: 12197-12202.
 5. Lorkovic, Z.J., Schroder, W.P., Pakrasi, H.B., Irrgang K.D., Herrman, R.G., and Oelmuller, R. 1995. Molecular characterization of PsbW, a nuclear-encoded component of the photosystem II reaction center complex in spinach. **Proc. Natl. Acad. Sci. USA** 92: 8930-8934.
 6. Rochaix, J.D. 1992. Post-translational steps in the expression of chloroplast genes. **Annu. Rev. Cell Biol.** 8: 1-28.
 7. Ljungberg, U., Akerlund, H.E., and Andersson, B. 1986. Isolation and characterization of the 10-kDa and 22-kDa polypeptides of higher plant photosystem II. **Eur. J. Biochem.** 158: 477-482.
 8. de Vitry, C., Olive, J., Drapier, D., Recouvreur, M., and Wollman, F. A. 1989. Posttranslational events leading to the assembly of photosystem II protein complex: A study using photosynthesis mutants from *Chlamydomonas reinhardtii*. **J. Cell Biol.** 109: 991-1006.
 9. Mayfield, S.P., Rahire, M. Frank, G., Zuber, H., and Rochaix, J.D. 1987. Expression of the nuclear gene encoding oxygen-evolving enhancer protein 2 is required for high levels of photosynthetic oxygen evolution in *Chlamydomonas reinhardtii*. **Proc. Natl. Acad. Sci. USA** 8: 749-753.
 10. Metz, J.G. and Miles, D. 1982. Use of a nuclear mutant of maize to identify components of photosystem II. **Biochim. Biophys. Acta** 681: 95-102.
 11. Levine, R.P., and Volkmann, D. 1961. Mutants with impaired photosynthesis in *Chlamydomonas reinhardtii*. **Biochem. Biophys. Res. Commun.** 6: 264-269.
 12. Hastings, P.J., Levine, E.E., Cosbey, E., Hudock, M.O., Gillham, N.W., Surzycki, S.J., Loppes, R., and Levine, R.P. 1965. The linkage groups of *Chlamydomonas reinhardtii*. **Microb. Genet. Bull.** 23: 17-19.
 13. Levine, R.P., and Smillie, R.M. 1963. The photosynthetic electron transport chain of *Chlamydomonas reinhardtii*. I. Triphosphopyridine nucleotide photoreduction in wild-type and mutant strains. **J. Biol. Chem.** 238: 4052-4057.
 14. Smillie, R.M., and Levine, R.P. 1962. The photosynthetic electron transport chain of *Chlamydomonas reinhardtii*. **J. Biol. Chem.** 238: 4058-4062.
 15. Wu, H.Y., and Kuchka, M.R. 1995. A nuclear suppressor overcomes defects in the synthesis of the chloroplast *psbD* gene

- product caused by mutations in two distinct nuclear genes of *Chlamydomonas*. **Curr. Genet.** 27: 263-269.
16. Girard-Bascou, J., Pierre, Y., and Drapier, D. 1992. A nuclear mutation affects the synthesis of the chloroplast *psbA* gene production in *chlamydomonas reinhardtii*. **Curr. Genet.** 22: 47-52.
 17. Kuchka, M.R., Goldschmidt-Clermont, M., van Dillewijn, J., and Rochaix, J.D. 1989. Mutation at the *Chlamydomonas* nuclear NAC2 locus specifically affects stability of the chloroplast *psbD* transcript encoding polypeptide D2 of PSII. **Cell** 58: 869-876.
 18. Erickson, JM, Rahire, M, Malnoe, P., Girard-Bascou, J., Pierre, Y., and Rochaix, J.D. 1986. Lack of the D2 protein in a *Chlamydomonas reinhardtii* *psbD* mutant affects photosystem II stability and D1 expression. **EMBO J.** 5: 1745-1754.
 19. Stampacchia, O., Girard-bascou, J., Zana-sco, J. Zerges, W Bennoun, P., and Rochaix J.D. 1997. A nuclear-encoded function essential for translation of the chloroplast *psaB* mRNA in *Chlamydomonas*. **Plant Cell** 9: 773-782.
 20. Quinn, J., Li, H.H., Singer, J., Morimoto, B., Mets, L., Kindle, K., and Merchant, S. 1993. The plastocyanin-deficient phenotype of *Chlamydomonas reinhardtii* Ac-208 results from a frame-shift mutation in the nuclear gene encoding preapoplastocyanin. **J. Biol. Chem.** 268: 7832-7841.
 21. Gorman, D.S., and Levine, R.P. 1965. Cytochrome f and plastocyanin: their sequence in the photosynthetic electron transport chain of *Chlamydomonas reinhardtii*. **Proc. Natl. Acad. Sci. USA** 54: 1665-1669.
 22. Herrin, D., and Micahels, A. 1985. The chloroplast 32 kDa protein is synthesized on thylakoid-bound ribosomes in *Chlamydomonas reinhardtii*. **FEBS Lett.** 184: 90-95.
 23. Dilley, R.A. 1964. Thin-layer chromatography of naturally occurring quinones and hydroquinones. **Analytical Biochem.** 7: 240-246.

เกร็ดคอมพิวเตอร์

“นายดังเปียร์”

เทคนิคการใช้ฟังก์ชัน COUNTIF ใน Microsoft Excel สำหรับการจัดตารางสอน

โปรแกรม Microsoft Excel ถือว่าเป็น ทำตารางสอน โปรแกรมจัดการข้อมูลที่อยู่ในรูปของสมุดงาน (Worksheet) ที่มีประสิทธิภาพสูง สามารถจัดการ งานทางด้านเอกสารต่าง ๆ และข้อมูลในรูปฐาน ข้อมูลได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะ Microsoft Excel 97 เวอร์ชัน 8.0 ที่ได้เพิ่มความสามารถของ ระบบไว้มากมายหลายประการโดยเฉพาะในด้าน Internet การจัดรูปแบบของเซลล์ การคำนวณ และ ด้านอื่น ๆ อีกหลายด้าน

ในการทำงานที่มีเวลา สถานที่ และบุคลากร เข้ามาเกี่ยวข้องกัน ต้องมีการจัดสรรเวลาและ ทรัพยากรต่างๆ ให้เหมาะสมนั้น Microsoft Excel สามารถจัดการข้อมูลในลักษณะนี้ได้เป็นอย่างดี ในบทความนี้จึงขอเสนอเทคนิคง่าย ๆ แต่มี ประโยชน์อย่างมากสำหรับครู อาจารย์ หรือ เจ้าหน้าที่หน่วยงานอื่นๆ ที่มีหน้าที่ในการกำหนด ตารางการทำงานของหน่วยงานโดยการดูจาก ตัวอย่างวิธีการสร้าง และนำไปประยุกต์ใช้ให้ เหมาะสมกับข้อมูลของแต่ละหน่วยงาน โดยจะ เสนอเทคนิคการใช้ฟังก์ชัน COUNTIF ในการจัด

ฟังก์ชัน COUNTIF เป็นฟังก์ชันที่ทำ หน้าทีในการนับจำนวนเซลล์ภายในช่วงของสมุดงาน ที่กำหนดที่สอดคล้องกับเงื่อนไขที่เราต้องการ โดย จะให้ผลลัพธ์เป็นจำนวนของเซลล์ที่สอดคล้องกับ เงื่อนไขที่เรากำหนด รูปแบบของคำสั่งหรือไวยากรณ์ ที่ใช้สั่งงานคือ

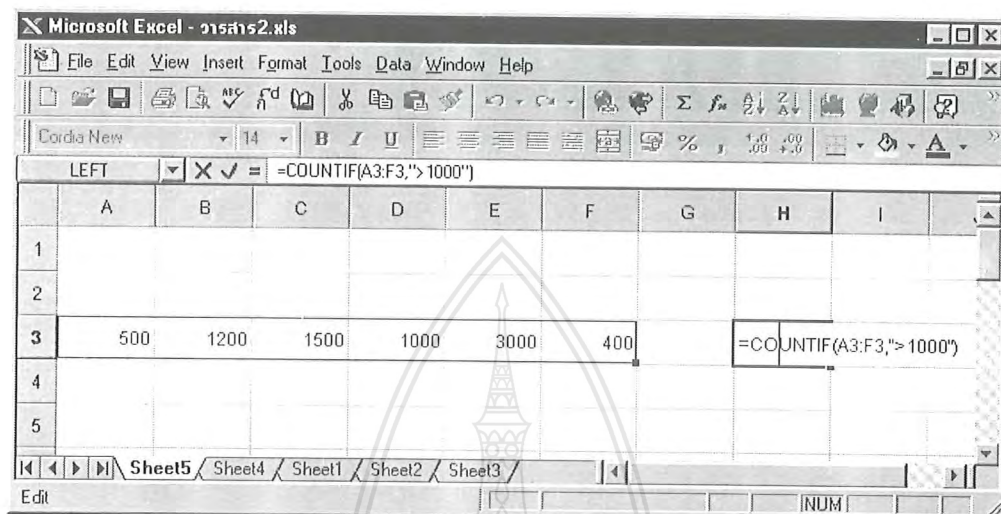
COUNTIF (range, criteria)

Range คือช่วงของเซลล์ในสมุดงานที่เรา ต้องการให้นับอาจอยู่ในสมุดงานเดียวกันหรือคน ละสมุดงานก็ได้ถ้าอยู่คนละสมุดงานต้องอ้างอิงช่วง ของเซลล์ให้ถูกต้องตามไวยากรณ์ของ Microsoft Excel

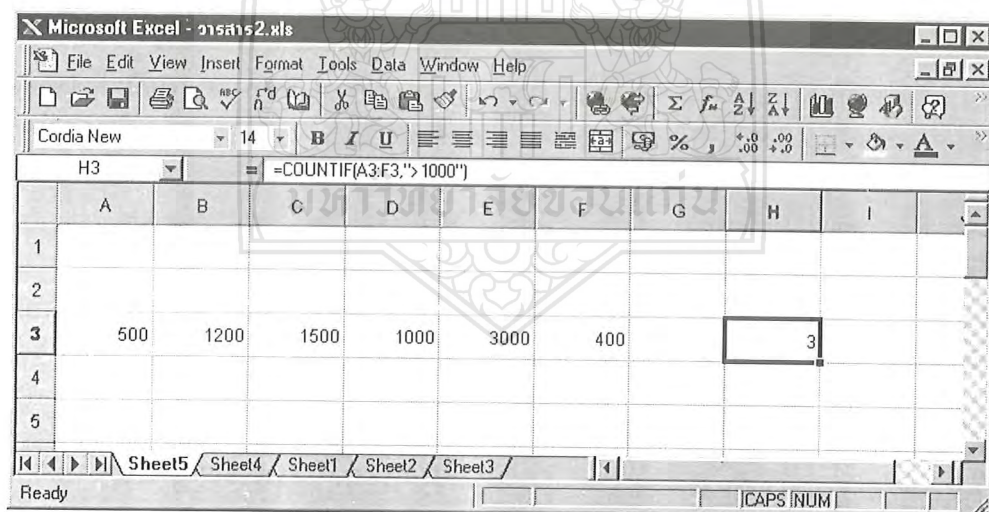
Criteria คือเงื่อนไขที่เราต้องการให้นับ โดยจะขึ้นอยู่กับหลักเกณฑ์ต่างๆ ที่ Microsoft Excel รู้จักโดยอาจเป็นข้อความ จำนวน นิพจน์ หรือฟังก์ชันดังรูปที่ 1 ที่ตำแหน่งเซลล์ H3 พิมพ์คำสั่ง COUNTIF ดังนี้

=COUNTIF(A3:F3,">1000")

10839082



รูปที่ 1 แสดงการใช้คำสั่ง COUNTIF



รูปที่ 2 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้คำสั่ง COUNTIF

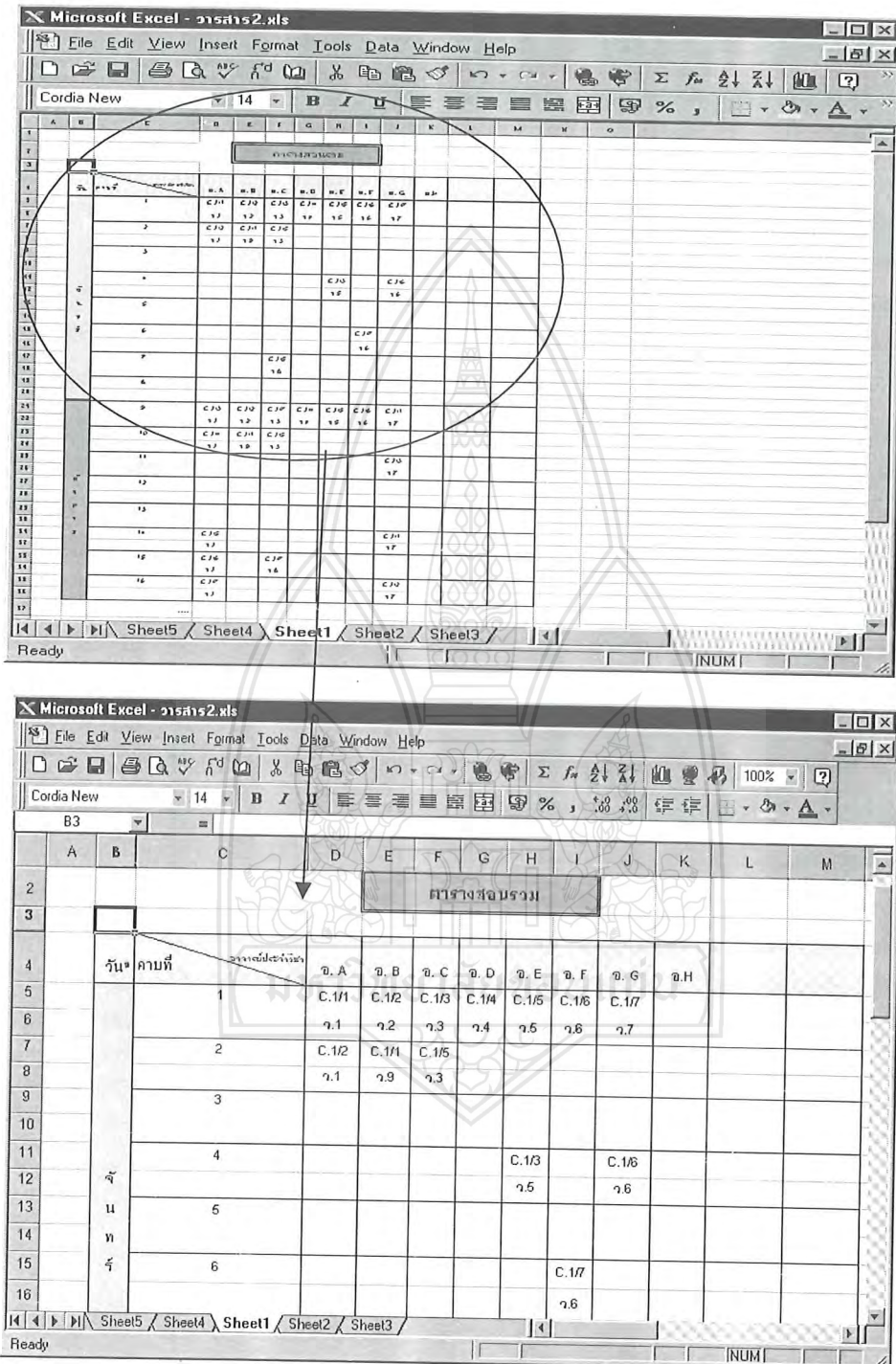
ผลลัพธ์จากการใช้คำสั่งในรูปที่ 1 คือ 3 ดังรูปที่ 2 เนื่องจากเราได้กำหนดให้โปรแกรมนับจำนวนเซลล์ที่อยู่ในช่วงเซลล์ที่ A3 ถึง F3 โดยมีเงื่อนไขว่าต้องมีค่ามากกว่า 1000

การใช้ฟังก์ชัน COUNTIF ในการกำหนดตารางสอน ในตัวอย่างนี้จะใช้ฟังก์ชัน COUNTIF เพื่อช่วยตรวจสอบจำนวนเวลาเรียนของนักศึกษาในแต่ละคาบ โดยกำหนดตัวอย่างให้ 2 วันวันละ 8 คาบมีอาจารย์สอน 8 ท่าน ถ้าหากต้องการมากกว่านี้ก็ให้เพิ่มตามต้องการโดยประยุกต์จากตัวอย่างในลักษณะเดียวกันดังรูปที่ 3 จากรูปที่ 3. ในขั้นตอนแรกจะทำการสร้างฐานข้อมูลโดยสร้างตารางสอนรวมทั้งหมดขึ้นมาก่อน โดยกำหนดให้ฐานข้อมูลมีลักษณะการเก็บดังนี้คือ กำหนดให้อาจารย์ทุกท่านมีรหัสหรือชื่อของแต่ละท่านอยู่ในแถวเดียวกันโดยเริ่มที่เซลล์ D4 ถึง K4 ส่วนคาบนั้นจะวางในสดมภ์ (column) เดียวกันโดยเริ่มที่คาบที่ 1 เป็นวันจันทร์ แล้วเรียงไปเรื่อยๆ ตามที่ต้องการ ซึ่งจะเริ่มที่เซลล์ C5:C36 การเรียงคาบจะเว้นแถวไว้ 1 แถวเพื่อเก็บข้อมูลของอาจารย์คือ ชั้นเรียนที่สอน และ วิชาที่สอน ซึ่งจะเก็บแยกเซลล์กันเพื่อให้ง่ายต่อการอ้างอิงเซลล์ในภายหลังเมื่อใช้ฟังก์ชัน COUNTIF เมื่อกำหนดรูปแบบของฐานข้อมูลที่เก็บในสมุดงานแล้ว ก็ทำการป้อนข้อมูลเกี่ยวกับการสอนของอาจารย์แต่ละท่าน ในตัวอย่างจะป้อนข้อมูลเพื่อเป็นตัวอย่างเท่านั้นจึงป้อนข้อมูล

เพียงบางส่วน เมื่อป้อนข้อมูลเสร็จแล้วขั้นต่อไปให้สร้างตารางข้อมูลขึ้นมาอีกชุดหนึ่งเพื่อใช้ฟังก์ชัน COUNTIF ตรวจสอบเวลาเรียนของนักเรียน นักศึกษาในแต่ละชั้นเรียนว่ามีเวลาเรียนตรงกันหรือไม่ ดังรูปที่ 4. จากรูปที่ 4. ที่เซลล์ S6 ใช้ฟังก์ชัน COUNTIF นับจำนวนเซลล์ที่นักเรียนชั้น C.1/1 เรียนในคาบที่ 1 โดยใช้คำสั่ง

=COUNTIF(\$D\$5:\$M\$5,"C.1/1")

ความหมายของคำสั่งนี้คือกำหนดให้นับจำนวนเซลล์ที่อยู่ในช่วงตั้งแต่เซลล์ที่ D5:M5 (ให้ดูฐานข้อมูลตารางสอนรวม) โดยที่มีการอ้างอิงเซลล์เป็นแบบสัมบูรณ์ซึ่งจะทำให้ช่วงของเซลล์ที่อ้างอิงไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีการทำสำเนาข้อมูล โดยมีเงื่อนไขคือจะต้องเป็นชั้น C.1/1 ผลลัพธ์ที่ได้คือ 1 แสดงว่าเวลาเรียนของนักเรียนชั้น C.1/1 ไม่มีเวลาเรียนซ้ำกัน ถ้าหากผลลัพธ์ที่ได้มีค่ามากกว่า 1 แสดงว่าในคาบที่ 1 นักเรียนชั้น C.1/1 มีเรียนมากกว่า 1 วิชาซึ่งเป็นไปไม่ต้องย้ายไปอยู่ในคาบอื่น ถ้าผลลัพธ์เป็น 0 แสดงว่าในคาบนั้นนักเรียนชั้น C.1/1 ไม่มีเรียน จากตัวอย่างนี้เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลในตารางสอนรวมตัวเลขจะเปลี่ยนแปลงให้โดยอัตโนมัติเพราะการอ้างอิงค่าของเซลล์จะอ้างอิงแบบเชื่อมโยงไปยังเซลล์นั้นๆ เมื่อค่าของเซลล์เปลี่ยนข้อมูลที่นับได้ก็จะเปลี่ยนตาม เช่น ถ้าหากมีการเพิ่มข้อมูลที่เซลล์ K5 เป็น C.1/1 ข้อมูลในเซลล์ S6 จะมีค่าเป็น 2



รูปที่ 3 แสดงการสร้างฐานข้อมูลการจัดตารางสอน

Microsoft Excel - วารสาร2.xls

File Edit View Insert Format Tools Data Window Help

Cordia New 14 B I U % , 1.00 75%

S6 =COUNTIF(\$D\$5:\$M\$5,"C.1/1")

S7 =COUNTIF(\$D\$7:\$M\$7,"C.1/2")

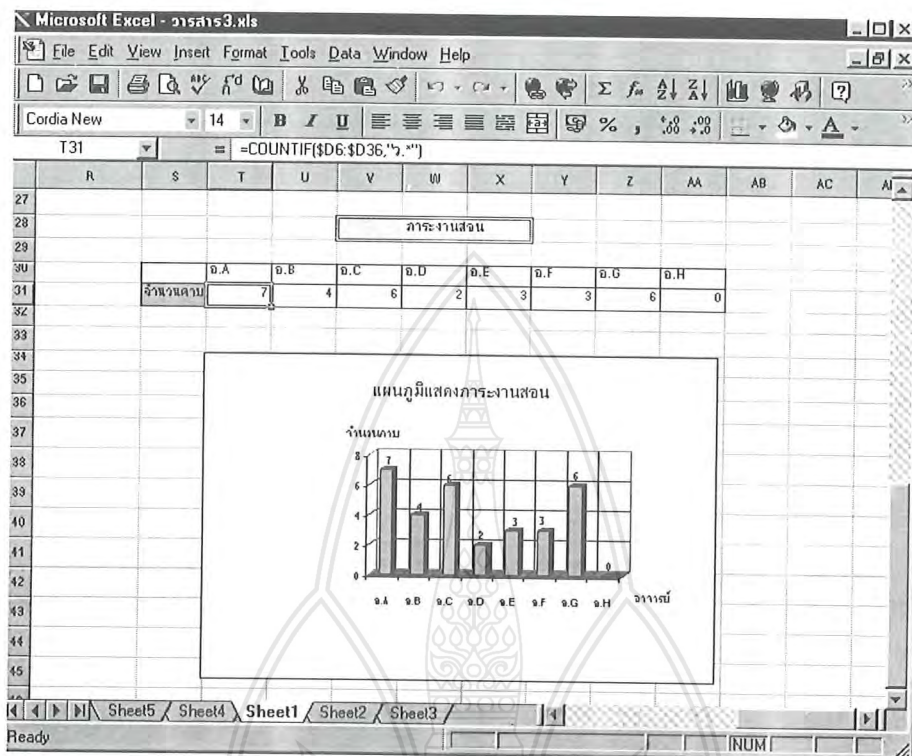
ชั้น	คาบเรียน	เวลาเรียน	C.1/1	C.1/2	C.1/3	C.1/4	C.1/5	C.1/6	C.1/7	C.1/8
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	1	1	0	0	1	0	0	0
3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	4	0	0	0	1	0	0	1	0	0
5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	6	0	0	0	0	0	0	0	1	0
7	7	0	0	0	0	0	1	0	0	0
8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	9	1	1	1	1	1	1	1	1	0
10	10	1	1	0	0	1	1	0	0	0
11	11	0	0	1	0	0	0	0	0	0
12	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	14	1	0	0	0	1	0	0	0	0
15	15	0	0	0	0	0	1	1	1	0
16	16	0	1	0	0	0	0	0	1	0

รูปที่ 4 แสดงการใช้ฟังก์ชัน COUNTIF ในการตรวจสอบเวลาเรียนของนักเรียน

ในเซลล์อื่น ๆ ของตารางตรวจสอบจะมีช่วงของเซลล์ที่อ้างอิงถึงและเงื่อนไขที่ต่างกันทุกเซลล์ต้องป้อนคำสั่งที่แตกต่างกันทุกเซลล์ เช่น เซลล์ T6 ซึ่งจะตรวจสอบเวลาเรียนของนักเรียนชั้น C.1/2 จะมีการอ้างอิงเซลล์และเงื่อนไขดังนี้ =COUNTIF(\$D\$5:\$M\$5,"C.1/2") และเซลล์ S7 ซึ่งจะตรวจสอบเวลาเรียนของนักเรียนชั้น C.1/1 คาบเรียนที่ 2 จะมีการอ้างอิงเซลล์และเงื่อนไขดังนี้ =COUNTIF(\$D\$7:\$M\$7,"C.1/1") จุดสังเกตคือการอ้างอิงเซลล์ที่กำหนดจะตรงกับข้อมูลจากตารางสอนรวมโดยจะกำหนดช่วงของข้อมูลให้ถึงสมุดที่ M ซึ่งยังไม่มีข้อมูล ถ้าหากมีอาจารย์เพิ่มก็สามารถป้อนข้อมูลเพิ่มในตารางสอนรวมแต่ในตารางตรวจสอบไม่ต้องเพิ่ม แต่ถ้าหากมีข้อมูลของ

อาจารย์ผู้สอนมากกว่าสมุดที่ M จะต้องกำหนดช่วงของเซลล์อ้างอิงเพิ่มขึ้นตามจำนวนของข้อมูลจากการสร้างข้อมูลดังกล่าวจะทำให้สามารถตรวจสอบข้อมูลเวลาเรียนของแต่ละชั้นเรียนได้อย่างรวดเร็วและจัดสรรเวลาเรียนได้อย่างรวดเร็วจะเสียเวลาเฉพาะในช่วงเริ่มต้นเท่านั้น

ฐานข้อมูลในตารางสอนรวมจะมีประโยชน์อย่างมากเพราะสามารถนำไปใช้แสดงผลต่างๆ ได้มากมายหลายอย่าง เช่น ทำตารางสอนของอาจารย์แต่ละท่าน คำนวณหาเวลาที่สอนในแต่ละวิชา คำนวณหาเวลาเรียนของนักเรียนแต่ละชั้นเรียน คำนวณหาภาระงานของอาจารย์แต่ละท่านพร้อมแสดงเป็นแผนภูมิดังตัวอย่างรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงการคำนวณภาระงานสอนโดยใช้ฟังก์ชัน COUNTIF

จากรูปที่ 5 ในเซลล์ที่ T31 จะทำการ นับจำนวนคาบของอาจารย์ A ที่สอนทั้งหมดซึ่ง อาจสอนหลายวิชาก็ได้โดยคำนวณจากตาราง สอนรวมซึ่งมีการอ้างอิงและกำหนดเงื่อนไขคือ `=COUNTIF($D6:$D36,"ว.ท")` เงื่อนไข "ว.ท" บอกให้รู้ว่าวิชาอะไรก็ได้ ส่วนอาจารย์ท่านอื่นก็ จะมีการกำหนดช่วงเวลาที่อ้างอิงต่างกันเช่น อ. B จะมีการกำหนดช่วงเวลาดังนี้ `=COUNTIF ($E6:$E36,"ว.ท")` เมื่อได้จำนวนคาบที่สอนทุก คนแล้วก็สามารถนำมาสร้างแผนภูมิเพื่อแสดงภาระ งานสอนของอาจารย์แต่ละท่านโดยใช้คำสั่งแทรก กราฟ และกำหนดช่วงเซลล์ที่จะนำไปสร้างแผนภูมิ ให้ถูกต้อง

จากวิธีการทั้งหมดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลง ข้อมูลในตารางสอนรวม ข้อมูลในตารางตรวจสอบ ตารางภาระงานสอน และแผนภูมิจะเปลี่ยนแปลง ให้โดยอัตโนมัติ จะทำให้การจัดตารางสอนเป็นไป อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างที่กล่าวมา ทั้งหมดสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานในด้านอื่นๆ มากมายขึ้นอยู่กับผู้ใช้ และผู้เขียนหวังว่าผู้อ่านคง จะได้รับประโยชน์จากการใช้ฟังก์ชัน COUNTIF อย่างเต็มความสามารถของฟังก์ชันนี้

เกร็ดเล็กเกร็ดน้อย

โดย
นาย
TONY

การประหยัดไฟฟ้าในยุค IMF...มาร่วมมือกันเถอะ

ตอนที่ 1

เบื้องต้นของการประหยัดไฟฟ้า

ด้วยอัตราน้อย ลูกบางปลาสร้อย จำเป็นต้องไปฝึกปรีวิทยายุทธ์ ณ ที่อื่น (เป็นการชั่วคราว) ผม...นาย TONY (เจ้าเก่าดั้งเดิม) จึงขอชั้นอาสาสมัครมารับใช้เหล่าท่านทั้งหลาย เพื่อชดเชยทัฟ...อีกครั้ง

ทุก ๆ คนที่เป็นคนไทยคงจะทราบกันดีแล้วว่า ขณะนี้ประเทศไทยของเรากำลังประสบวิกฤตปัญหาทางเศรษฐกิจ จนต้องมีการกู้ยืมเงินจากต่างประเทศเป็นจำนวนมากมายมหาศาล...สุดจะพรรณนา ตามที่มีข่าวออกมาไม่ว่าเป็นทางหน้าหนังสือพิมพ์ ทางวิทยุ รวมทั้งทางโทรทัศน์ช่องต่าง ๆ โดยเฉพาะคำว่า IMF ซึ่งถ้าหากใครไม่รู้จักคำ ๆ นี้แล้วละก็ ถือว่า เซี่ย...เซี่ย แล้วผมก็คงไม่ต้องกล่าวกันให้เมื่อย...ตุ้มอีก

แม้รัฐบาลไทยจะได้พยายามหาวิธีลดค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ลงไม่ว่าจะเป็นการตัดทอนงบประมาณลงหลายหมื่นล้านบาทของงบประมาณประจำปี 2541 แล้วก็ตาม แต่ก็ยังไม่เพียงพอที่จะแก้ปัญหาที่รุนแรงได้ จึงจำเป็นต้องมีการตัดค่าใช้จ่ายลงในส่วนอื่น ๆ อีกมากมาย

เรา...ในฐานะคนไทยคนหนึ่ง วิธีที่จะช่วยชาติได้อย่างหนึ่ง ก็คือการประหยัดไฟฟ้า... โดยเฉพาะในยุค IMF ก็เพราะไฟฟ้าที่เรา ๆ ท่าน ๆ

ใช้กันอยู่นี้ บางส่วนยังต้องพึ่งพาน้ำมันเชื้อเพลิงจากต่างประเทศเป็นเงินจำนวนมหาศาล ถึงแม้ว่าไทยเราเองจะมีการใช้พลังงาน ถ่านลิกไนต์ ก๊าซธรรมชาติ รวมทั้งน้ำมันดิบภายในประเทศ มาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าบ้างก็ตาม บางท่านอาจคิดว่าการประหยัดไฟฟ้า มันดูเหมือนเป็นการช่วยชาติน้อยมาก แต่ถ้านำมาคิดรวบรวมการประหยัดกันคนละเล็กคนละน้อย (รวม 60 ล้านคน) ก็นับได้ว่าช่วยชาติได้มากโขทีเดียว ถ้าทุกคนร่วมมือกันประหยัดไฟฟ้าอย่างจริงจัง

ก่อนที่จะพวกเราจะมาร่วมมือช่วยกันประหยัดไฟฟ้า ลองดูกันหน่อยสิว่า หน่วยไฟฟ้าที่เค้าใช้กันอยู่ในปัจจุบันว่ามีอะไรบ้าง

พลังงานไฟฟ้า คือ ความสิ้นเปลืองไฟฟ้าจากการใช้อุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้า ควบคุมกับระยะเวลาในการใช้ มักมีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ ชั่วโมง หรือ หน่วย หรือ ยูนิต์

ส่วนกำลังไฟฟ้าหรือพลังไฟฟ้า หมายถึง ความสิ้นเปลืองไฟฟ้าที่อุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้ไปในช่วงเวลาเท่ากัน ซึ่งเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีวัตต์สูงกว่า จะกินไฟมากกว่าที่มีวัตต์ต่ำกว่า มีหน่วยเป็นวัตต์ หรือกิโลวัตต์

10839098

จาก 1 กิโลวัตต์

เท่ากับ 1,000 วัตต์

1 เมกะวัตต์

เท่ากับ 1,000 กิโลวัตต์

ดังนั้น 1 กิโลวัตต์ชั่วโมง ก็คือการใช้
หลอดไฟขนาด 100 วัตต์ ที่เปิดนาน 10 ชั่วโมง
หรือใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าขนาด 1,000 วัตต์ นาน
1 ชั่วโมงนั่นเอง

ดังนั้น จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ใช้ จึงเท่ากับ

$$\frac{\text{จำนวนวัตต์ของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้} \times \text{จำนวนชั่วโมงที่ใช้ใช้งาน}}{1000 \text{ วัตต์}}$$

มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ชั่วโมง

เพราะฉะนั้น ค่าใช้ไฟฟ้า ก็จะเท่ากับ

$$\text{จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ใช้} \times \text{อัตราค่ากระแสไฟฟ้าต่อหน่วย}$$

ซึ่งอัตราค่ากระแสไฟฟ้าต่อหน่วยนั้น ก็
แล้วแต่ทางการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
(กฟผ.) จะกำหนดขึ้นมา โดยมีแนวโน้มจะแพงขึ้น
ทุกขณะในภาวะปัจจุบัน

มาถึงตอนนี้ท่านลองย้อนกลับไปคิดถึงว่า
เครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภทที่ท่านซื้อมา ท่านเสีย
เงินค่าไฟฟ้าเท่าไร แล้วมาบวกรวมกัน ท่านก็จะ
ทราบได้อย่างคร่าว ๆ ว่า แต่ละเดือนนั้น ท่านจะ
ต้องจ่ายเท่าไร โดยที่ยังไม่ได้ดูใบเสร็จจ่ายเงินค่า
ไฟฟ้าที่มาจาก กฟผ.

จุดเริ่มแรกของการประหยัดไฟฟ้า

เมื่อท่านทราบหน่วยไฟฟ้าที่มีความเกี่ยว
ข้องกับการใช้กระแสไฟฟ้าตลอดจนค่าใช้จ่ายที่ท่าน
ต้องชำระให้แก่ทาง กฟผ. แล้ว คราวนี้แหละ ท่านจะ
ต้องเริ่มลุย...การประหยัดไฟฟ้า เพื่อเป็นการ
ประหยัดเงินของท่าน

การประหยัดไฟฟ้าในตอนแรก คงหลีกเลี่ยง
พ้นการเลือกซื้อเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยการเลือกซื้อ

นั้นควรมีหลักเกณฑ์ในการพิจารณาให้ละเอียด
สักเล็กน้อย ดังนั้นผม...นาย TONY จึงใคร่ขออภัย
รบกวนแนะนำท่าน 4 ประการ เพื่อให้ท่านทั้งหลาย
ทราบเป็นแนวทางในการประเมินคุณค่าของเครื่อง
ใช้ไฟฟ้าที่จะซื้อ ว่าควรจะเลือกซื้ออย่างไรกันดี

อย่างแรกที่ขอแนะนำ คือ ค่าใช้จ่าย
ในการใช้งาน

นั่นคือ...เป็นค่าไฟฟ้าที่นำมาใช้กับเครื่อง
ใช้ไฟฟ้าที่ท่านซื้อมา หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งก็คือ
เครื่องใช้ไฟฟ้าเหล่านั้นกินไฟมากหรือน้อยเพียงใด
นั่นเอง โดยปกติเครื่องใช้ไฟฟ้าทุกชนิดจะมีแผ่น
ป้ายติดบอกไว้ที่ตัวเครื่องว่า ใช้ไฟกี่วัตต์ (หรือ
กิโลวัตต์) ดังนั้นเราควรรู้ข้อมูลเบื้องต้นของจำนวน
วัตต์สำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้า และรู้อัตราค่ากระแส
ไฟฟ้า (บาท) ต่อหน่วยโดยประมาณแล้วลองคำนวณ
ดูว่า เครื่องใช้ไฟฟ้าเหล่านั้นจะกินค่าไฟฟ้าเดือนละ
กี่ชั่วโมง และจะต้องเสียเงินค่าไฟฟ้าเท่าไร

ถ้าจะพิจารณากันง่าย ๆ อีกอย่างก็คือ ถ้า
มีจำนวนวัตต์มากเท่าไรก็ย่อมจะเสียค่าไฟฟ้ามาก
ขึ้นเท่านั้น แต่ก็ขึ้นอยู่กับระยะเวลาของการใช้งาน
ในแต่ละเดือนด้วย

ปัจจุบันเครื่องใช้ไฟฟ้าหลายประเภท
หลายยี่ห้อ อาทิเช่น เครื่องปรับอากาศ หรือพัดลม
ได้มีการโฆษณากันอย่างมากมายเรื่องการประหยัด
ไฟฟ้า โดยมีการติดฉลากแสดงระดับประสิทธิภาพ
ของเครื่องใช้ไฟฟ้า ซึ่งชี้ให้เห็นว่า

เบอร์ 5... ประหยัดไฟสูงสุด

กรณีเช่นนี้จะเป็นการเพิ่มการพิจารณาเลือกซื้อ
เครื่องใช้ไฟฟ้าได้เป็นอย่างดี

...แล้วท่านได้เคยเลือกซื้อเครื่องใช้ไฟฟ้า
ที่มีฉลากเบอร์ 5 ที่ประหยัดไฟสูงสุด ตามที่เค้าได้
โฆษณาหรือเปล่า...

อย่างที่สองที่ขอแนะนำ ได้แก่ ความ
ปลอดภัยและความไว้วางใจในการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า

หากใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าไม่ถูกวิธี อาจทำให้ท่านได้รับอันตรายจากไฟฟ้าได้ ดังนั้นจึงควรเลือกซื้อเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เชื่อถือและไว้วางใจได้ ถึงแม้บางยี่ห้อจะมีราคาแพงกว่าอีกยี่ห้อก็ตาม ถ้าหากไม่มีความรู้เกี่ยวกับเรื่องไฟฟ้า...ในกรณีที่เครื่องใช้ไฟฟ้าชำรุดหรือเสียหาย ก็ควรปรึกษากับห้างร้านหรือผู้เชี่ยวชาญเครื่องใช้ไฟฟ้านั้นๆ ก่อน เพื่อความรอบคอบก่อนนำไปใช้ แล้วท่านจะได้ใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าเหล่านั้นได้อย่างสบายใจ

อย่างที่สองที่ขอแนะนำ คือ ราคาของเครื่องใช้ไฟฟ้า

เรื่องนี้ก็มีความจำเป็นที่ต้องพิจารณาให้ถี่ถ้วนเหมือนกัน เพราะการเลือกซื้อเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีราคาถูกบางครั้ง ก็ไม่เป็นการประหยัดไฟมากนัก เนื่องจากว่าท่านอาจจะได้สินค้าที่มีคุณภาพต่ำก็ได้ ทางที่ดีจึงควรสอบถามผู้รู้จักหน่อยจะดีกว่าว่า...ยี่ห้อไหนเป็นอย่างไ ยี่ห้อนี้เป็นยังไงบ้าง แต่อย่างไรก็ตามก็มีข้อสังเกตง่ายๆ ในการพิจารณาโดยถ้าเครื่องใช้ไฟฟ้าที่จะซื้อนั้นมีคุณภาพเหมือนกันแล้วหละก็ ท่านน่าจะเลือกซื้อยี่ห้อที่มีราคาถูกกว่า ซึ่งอย่างน้อยก็เป็นการประหยัดเงินในกระเป๋าของท่านได้อีกทางหนึ่ง

...ท่านได้พิจารณาเช่นนั้นบ้างหรือไม่ และอย่าได้ยึดติดกับบางยี่ห้อมากเกินไป...ตามแรงโฆษณาที่ชวนเชื่อ...

ข้อแนะนำอย่างสุดท้าย ได้แก่ เรื่องค่าติดตั้งและการบำรุงรักษา

สิ่งนี้ก็เป็นเรื่องที่สำคัญไม่น้อย นอกเหนือไปจากการพิจารณาเลือกซื้อเครื่องใช้ไฟฟ้า เพราะหากซื้อมาแล้วต้องมาเดินสายไฟใหม่ หรือต้องทุบ-รื้อผนังห้อง หรือไม้ก็ต้องมีการตกแต่ง-ดัดแปลงห้องใหม่ ก็จะทำให้ค่าใช้จ่ายสูงมากขึ้นไปกันยกใหญ่ จนบางทีเมื่อรวมราคาเข้ากันแล้วอาจจะแพงกว่าค่าเครื่องที่ซื้อมาด้วยซ้ำ ดังนั้นค่าซ่อมอะไหล่

ค่าบำรุง ตลอดจนวิธีการรักษา ท่านควรจะสอบถามรายละเอียดจากผู้ที่เคยใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าเหล่านั้นมาก่อนว่าเป็นอย่างไร แล้วค่อยตัดสินใจเลือกซื้อชนิดที่มีค่าซ่อมไม่แพง แลอะไหล่ก็ควรหาได้ง่าย และวิธีการบำรุงรักษาก็ไม่ควรจะต้องยุ่งยากมากนัก

นอกจากนั้นหากท่านซื้อเครื่องใช้ไฟฟ้ามาจากร้านค้าแล้ว ก็ควรสอบถามเรื่องคู่มือการใช้งานของเครื่องใช้ไฟฟ้าด้วย ควรอ่านให้เข้าใจและปฏิบัติตามคู่มือนั้นให้ถูกต้อง เพราะถ้าท่านใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าอย่างถูกวิธี นอกจากจะเป็นการยืดอายุการใช้งานให้ยาวนานแล้ว ยังจะทำให้ท่านประหยัดค่าใช้ไฟฟ้า ได้อีกแรงหนึ่ง...อย่างที่ท่านตั้งใจประหยัดไฟฟ้าไว้ครับ

เห็นไหมหละ...วิธีการพิจารณาเบื้องต้นของการประหยัดเงินในกระเป๋าของท่าน ไม่ว่าจะเป็นการเลือกซื้อหรือการประหยัดไฟฟ้า นั้นง่ายแสนง่าย หากท่านทำงานเป็นนิสิต นอกเหนือไปจากนั้นยังเป็นการช่วยชาติในยามคับขันขณะนี้ได้อีกทางหนึ่งด้วย...พวกเราๆ ท่านๆ มาร่วมมือกันเถอะจะได้ไม่ต้องเป็นหนี้ IMF มากไปกว่านี้

การประหยัดไฟฟ้า (รวมทั้งเงินของท่าน) ยังไม่หมดเพียงเท่านี้ ยังมีต่อตอนสุดท้าย ขอให้ท่านอดใจรอในฉบับต่อไป และขอทั้งท้ายไว้ตรงนี้ว่า



ไทยช่วยไทย ร่วมใจประหยัดไฟฟ้า

หมายเหตุ :

ขอขอบคุณฝ่ายประชาสัมพันธ์ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่เอื้อเฟื้อเอกสาร “คู่มือประหยัดไฟฟ้า” กันยายน 2540

ปริทัศน์วิทยาศาสตร์

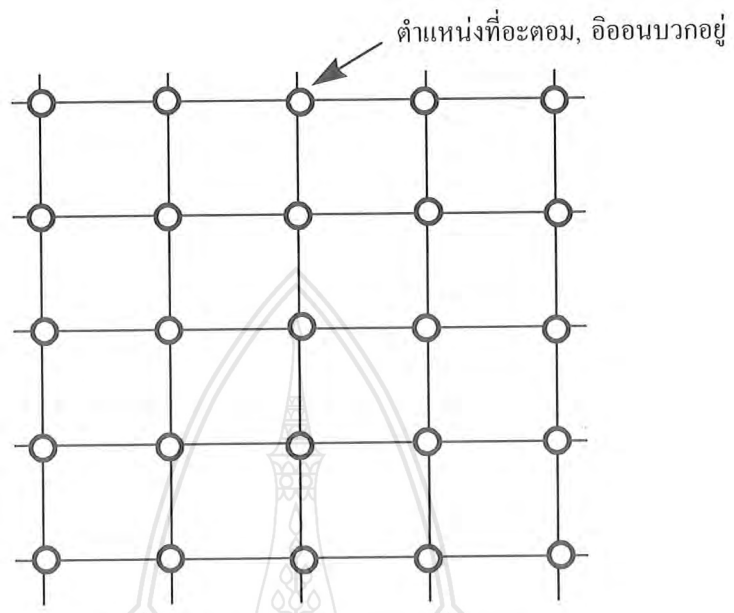
จากปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก สู่ฟิสิกส์ของผิววัตถุ From The Photoelectric Effect to Surface Physics

ผศ. ดร. วิทยา อมรกิจบำรุง

Photo-Electric Effect เป็นปรากฏการณ์ที่อิเล็กตรอนหลุดออกจากผิววัตถุ เมื่อผิววัตถุนี้ มีแสงที่มีความถี่ที่เหมาะสมตกกระทบ ถ้าผิววัตถุนั้น ถูกต่อเป็นวงจรปิด จะมีกระแสไหลภายในวงจรนั้น เรียกว่า photoelectric current, photocurrent การที่อิเล็กตรอนจะหลุดจากผิววัตถุได้นั้น ความถี่ของแสงที่ตกกระทบจะต้องสูงกว่าความถี่ต่ำสุดค่าหนึ่ง ซึ่งเรียกว่า ความถี่ขีดเริ่ม (threshold frequency) บางทีเรียกว่า cut-off frequency ค่าความถี่ขีดเริ่ม ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุนั้นด้วย

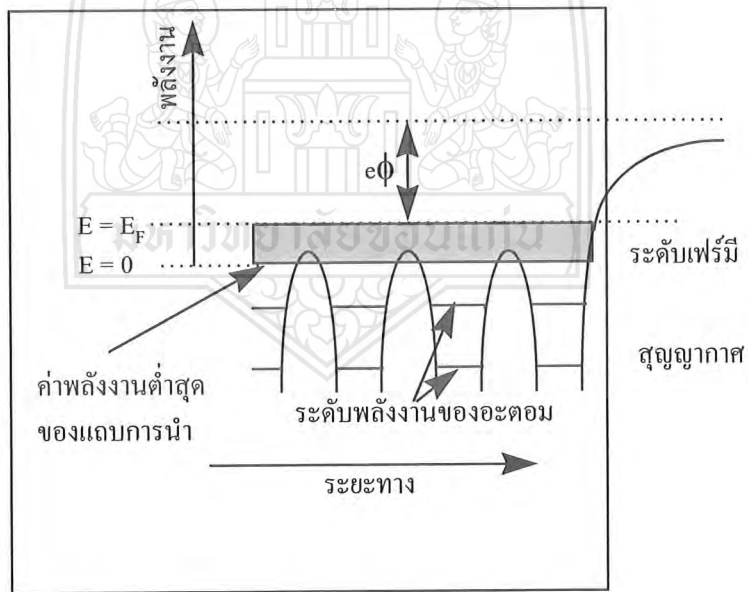
สิ่งที่ขัดขวางการหลุดของอิเล็กตรอนจากผิวของวัตถุ ในกรณีวัตถุที่เป็นของแข็ง (solid) คือ แรงดึงดูดต่ออิเล็กตรอน เนื่องจากอ็อนบวของแลตทิซ (lattice of positive ions) ซึ่งหมายถึง โครงตาข่ายที่เกิดจากการเรียงตัวของอ็อนบว

คำว่า lattice ในภาษาไทยเราไม่ได้บัญญัติศัพท์ไว้เป็นคำไทย แต่ใช้ทับศัพท์เป็นแลตทิซ ซึ่งหมายถึงการที่อะตอม, อ็อนบวเรียงตัวกันเหมือนตาข่าย โดยอะตอม, อ็อนบว อยู่ที่ตำแหน่งของจุดตัด ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงแลตทิซของอะตอม, อิออนบวก

อิเล็กตรอนจะถูกอิออนบวกในแลตทิซดูดไว้ด้วยแรงคูลอมบ์ (Coulomb force) ในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงกำแพงพลังงานศักย์ที่ผิววัตถุที่ปล่อยอิเล็กตรอนออกเมื่อมีแสงที่มีความถี่มากกว่าความถี่ขีดเริ่มตกกระทบผิววัตถุ

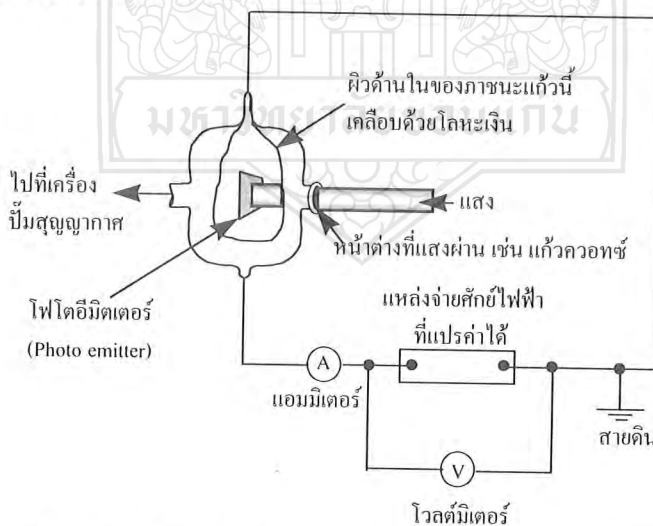
10839100

แสดงถึงพลังงานศักย์ เนื่องจากอิทธิพลของอ็อนบวก บริเวณใกล้ผิวของโลหะที่แปรตามระยะทางที่ผ่านศูนย์กลางของ อะตอม, อ็อนบวก รูปร่างของค่าพลังงานศักย์ที่แปรตามระยะทาง มีลักษณะเป็นคาบ (periodic) จึงเรียกว่า periodic potential well หรือบ่อพลังงานศักย์ที่มีลักษณะเป็นคาบ ซึ่งมีตำแหน่งศูนย์กลางบ่ออยู่ที่ตำแหน่งของอ็อนบวก (positive ions) นอกจากนี้ในรูปดังกล่าวยังแสดงถึงค่าของพลังงานของอิเล็กตรอนในแถบการนำ (conduction band) โดยให้ค่าพลังงานของอิเล็กตรอนต่ำสุดที่ระดับล่างสุดของแถบการนำ มีค่าเป็นศูนย์ ส่วนระดับบนสุดของแถบการนำ ซึ่งเป็นค่าสูงสุดของพลังงานของอิเล็กตรอน เรียกระดับเฟอร์มี (Fermi level), E_F อิเล็กตรอนที่มีพลังงานศักย์ในช่วงของแถบการนำ เป็นอิเล็กตรอนที่ทำให้โลหะมีคุณสมบัตินำไฟฟ้าได้ แต่อิเล็กตรอนจะต้องเคลื่อนที่อยู่ภายในโลหะอยู่ดี, เมื่ออิเล็กตรอนได้รับพลังงานจากภายนอกจนกระทั่งมีพลังงานศักย์สูงพอ ก็จะหลุดออกจากผิวของโลหะสู่ภายนอก ที่เรามักจะเรียกบริเวณนอกผิวโลหะนี้ว่า ที่ว่าง, สูญญากาศ (vacuum) ระดับพลังงานจากระดับเฟอร์มี จนกระทั่ง

หลุดสู่สุญญากาศพอดี เราเรียกว่า ฟังก์ชันงาน (work function) หรือ ϕ , โดยที่ ϕ มีหน่วยเป็นโวลต์, หรือ $e\phi$ มีหน่วยเป็นอิเล็กตรอนโวลต์

ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก เป็นปรากฏการณ์ที่เหมาะสมในการศึกษาค่าฟังก์ชันงาน ปรากฏการณ์นี้มีจุดสำคัญคือ มีการดูดกลืน (absorption) โฟตอน (photons) โดยอิเล็กตรอนในวัตถุของแข็ง (solid) อิเล็กตรอนจะต้องได้รับพลังงานจากโฟตอน จนกระทั่งมีพลังงานศักย์สูงพอที่จะข้ามกำแพงพลังงาน (energy barrier) ปรากฏการณ์นี้เป็นการค้นพบโดยบังเอิญ ของ Hertz ในปี พ.ศ. 2430 (ค.ศ. 1887) อิเล็กตรอนที่หลุดออกมาเนื่องจากโฟตอน เราเรียกว่า โฟโตอิเล็กตรอน (photoelectrons) ต่อมาปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกนี้ บางทีก็เรียกว่า photoemission, การปล่อย (อิเล็กตรอน) เนื่องจากโฟตอน หรือเรียกว่า electron emission

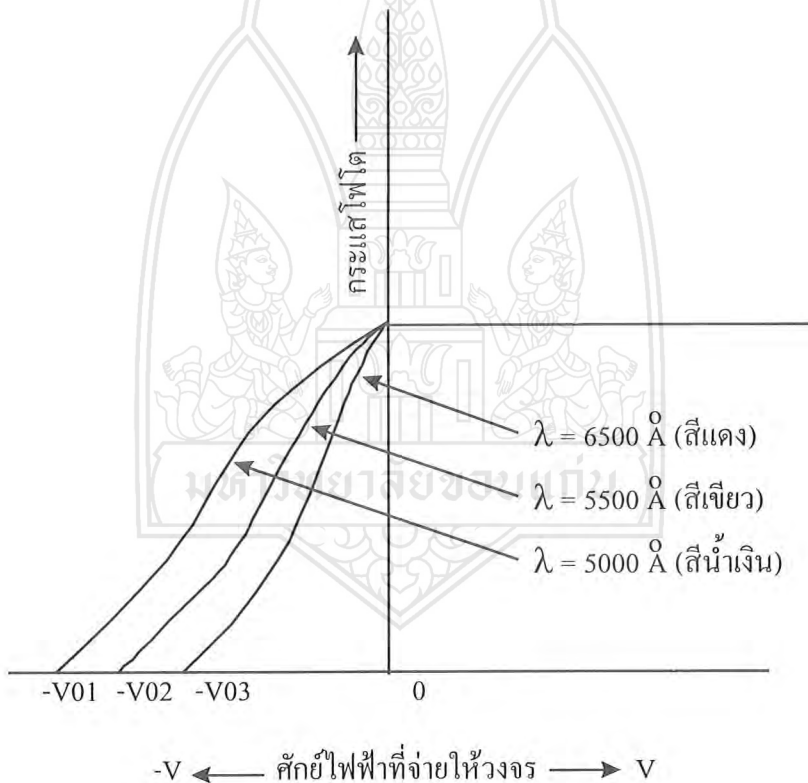
การปล่อยอิเล็กตรอนเนื่องจากโฟตอนตกกระทบผิววัตถุ ขึ้นอยู่กับวัตถุที่ทำเป็นแคโทด, cathode (ขั้วลบ) แสดงแผนภาพของเครื่องมือทดลองในรูปที่ 3 เราเรียกดั้วปล่อยอิเล็กตรอน



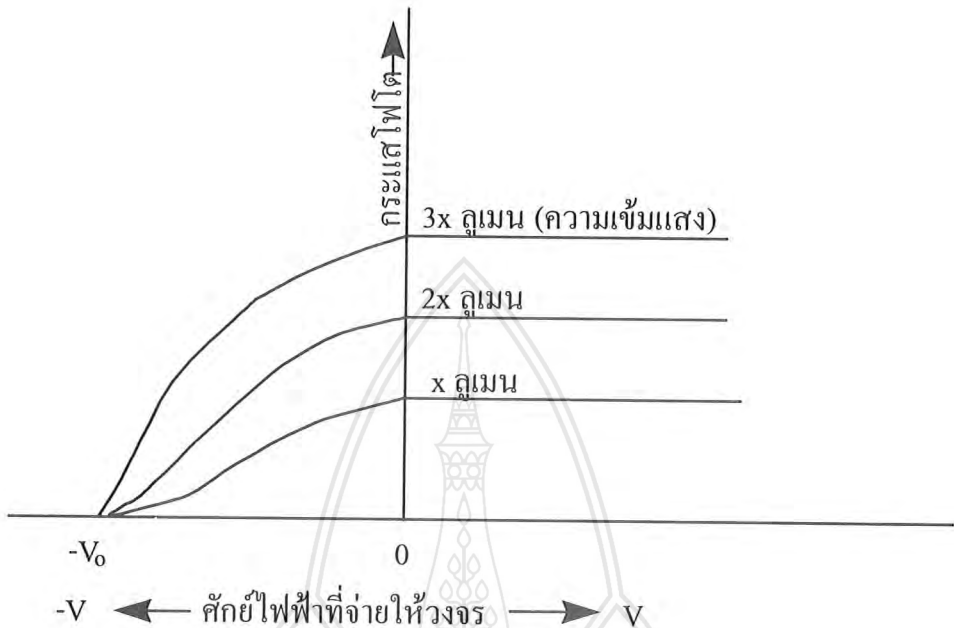
รูปที่ 3 แผนภาพเครื่องมือสำหรับศึกษา Photoemission โดยอิเล็กตรอนที่หลุดออกมาถูกรวบรวมโดยผิวแก๊วด้านในที่เคลือบด้วยโลหะเงิน ซึ่งต่อกับแหล่งจ่ายศักย์ไฟฟ้า

เนื่องจากโฟตอนนี้ว่า photoemitter หรือ แคโทด นั้นเอง ภายในภาชนะแก้วที่ดูดอากาศออก(เป็น สูญญากาศ) เคลือบด้วยเงินทำหน้าที่เป็นแอโนด, anode (ขั้วบวก) แสง (Light) ที่ควบคุมความยาวคลื่น (wave length) และความเข้ม (intensity) ได้ ถูกฉายตกกระทบแคโทด เมื่อใส่ศักย์ไฟฟ้าบวกที่แอโนด อิเล็กตรอนที่หลุดจาก photoemitter (แคโทด) ก็จะถูกเร่งให้เคลื่อนออกจากแคโทด เกิดเป็น photocurrent (กระแสโฟโต, กระแสไฟฟ้าจากแสง), กระแสโฟโต จะไม่ขึ้นกับศักย์ไฟฟ้า เมื่อใส่ศักย์ไฟฟ้าลบที่แอโนด อิเล็กตรอนที่หลุด

จาก photoemitter ที่มีพลังงานจลน์ไม่สูงพอก็จะถูกผลักกลับไปสู่ photoemitter ให้มีค่าศักย์ไฟฟ้าเป็น $-V_0$ เมื่ออิเล็กตรอนที่หลุดออกถูกผลักกลับไปสู่แคโทดคั่นหมด ดังนั้นจึงถือว่าอิเล็กตรอนตัวสุดท้ายถูกผลักสู่แคโทด เมื่อศักย์ไฟฟ้าเป็น $-V_0$ และต้องถือว่าเป็นอิเล็กตรอน ตัวที่มีพลังงานจลน์สูงสุด (KE_{max}) หรือ eV_0 , ซึ่ง eV_0 ของโฟโตอิเล็กตรอนแปรตรงกับความถี่ของโฟตอน (หรือแปรผกผันกับความยาวคลื่น) ตามรูปที่ 4 แต่ความเข้มของแสงไม่มีผลต่อพลังงานจลน์สูงสุด, eV_0 ตามรูปที่ 5



รูปที่ 4 กระแสโฟโต (Photocurrent) และศักย์ไฟฟ้าที่จ่ายให้วงจร (Applied Voltage) สำหรับแสงความเข้มคงที่แต่แตกต่างกันที่ความยาวคลื่น 3 ค่า



รูปที่ 5 กระแสโฟโต (Photocurrent) และศักย์ไฟฟ้าที่จ่ายให้วงจร (Applied Voltage) สำหรับแสงความเข้มที่แตกต่างกัน แต่ความยาวคลื่นเหมือนกัน

ผลการทดลองดังกล่าวอธิบายโดย ไอน์สไตน์ (E_{F}) ในปี พ.ศ. 2448 (ค.ศ. 1905), 18 ปี หลังจาก Hertz ค้นพบปรากฏการณ์การหลุดออกของอิเล็กตรอนจากผิวโลหะเนื่องจากมีแสงฉายตกกระทบผิวโลหะนั้น ไอน์สไตน์ ได้ใช้สมมุติฐาน

$$KE_{\text{max}} = h\nu - e\phi \quad (1)$$

(hypothesis) เชิงควอนตัมของพลังค์ (Planck) ซึ่งเป็นความคิดที่แตกต่างจาก Classical คือในเชิงควอนตัม พลังงานมีค่าไม่ต่อเนื่อง (discrete) แต่ในเชิง Classical ถือว่าพลังงานมีค่าต่อเนื่อง

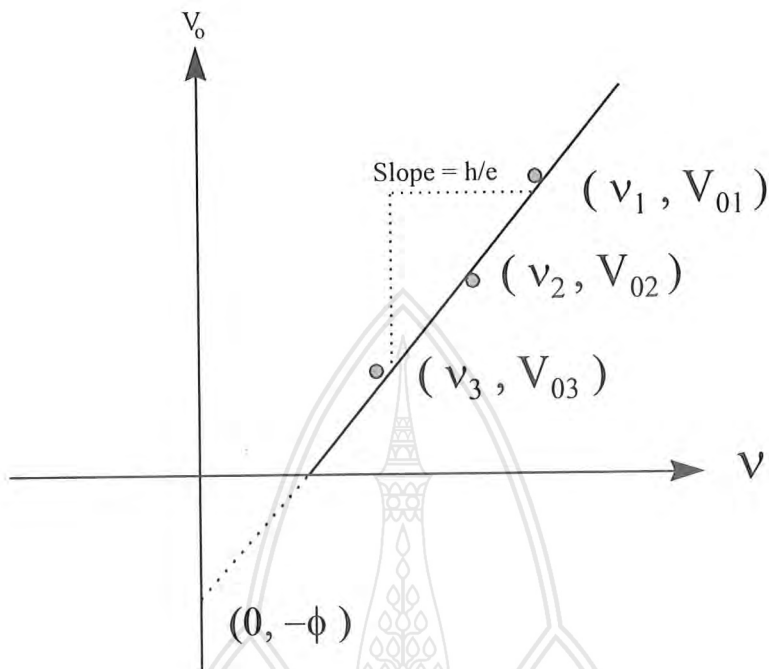
ในกระบวนการโฟโตอิเล็กทริก โฟตอนมีพลังงาน $h\nu$ (h คือค่าคงตัวพลังค์, ν คือค่าความถี่) จะถูกดูดกลืนที่ผิวของวัตถุแบบ ไม่ต่อเนื่อง คือค่าพลังงาน $h\nu$ จะต้องมีความมากกว่า (หรืออย่างน้อยเท่ากับ) $e\phi$, อิเล็กตรอนที่ผิววัตถุจึงจะดูดกลืนพลังงาน $h\nu$ เพราะระดับพลังงาน E_{F} ถือว่าสูงสุดที่มีได้ขณะอิเล็กตรอนอยู่ในวัตถุ แต่ถ้ามากกว่า

จะต้องมากพอที่จะทำให้อิเล็กตรอนหลุดจากผิววัตถุสู่ภายนอกซึ่งเป็นสุญญากาศโดยมีค่าพลังงานจลน์สูงสุด (KE_{max}) เป็น

บางที่เราเรียก $e\phi$ ว่าเป็นกำแพงพลังงานศักย์ที่อิเล็กตรอนจะต้องกระโดดข้ามเชิงควอนตัม (quantum jump) เพื่อให้อิเล็กตรอนหลุดออก (electron emission) ด้านซ้ายมือของสมการ (1) มีค่าเท่ากับ eV_0 ดังที่กล่าวมาแล้ว ดังนั้นสมการ (1) จึงเขียนใหม่ได้เป็น

$$eV_0 = h\nu - e\phi \quad (2)$$

ถ้าเราเปลี่ยนค่าความถี่ของโฟตอน, แสง ไปเรื่อย ๆ ก็จะได้ eV_0 ที่แตกต่างกัน สามารถเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V_0 และ ν ได้ดังรูปที่ 6

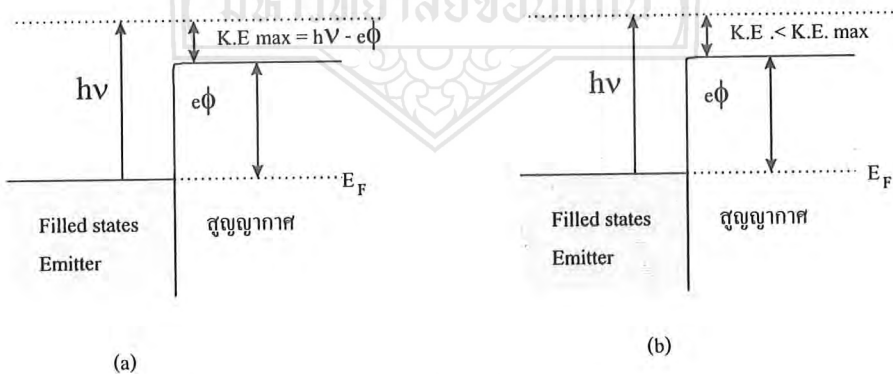


รูปที่ 6 กราฟระหว่างศักย์ไฟฟ้าหยุดยั้ง, V_0 และความถี่ของแสง ν ทำให้ได้ค่าฟังก์ชันงาน ϕ

จากสมการ (2) เขียนใหม่ได้เป็น

$$V_0 = \frac{h}{e} \nu - \phi \quad (3)$$

กราฟตามรูปที่ 6 เป็นเส้นตรงมี slope = $\frac{h}{e}$ และตัดแกน V_0 ที่ $-\phi$ ซึ่งเป็นค่าฟังก์ชันงาน



รูปที่ 7 การหลุดของอิเล็กตรอนจากระดับเฟอร์มี E_F ในรูป (a) และการหลุดของอิเล็กตรอนจากระดับต่ำกว่าระดับเฟอร์มีในรูป (b) ในโฟตอนที่มีความถี่ ν เหมือนกัน

ในรูปที่ 7 แสดงถึงการที่อิเล็กตรอนที่ถูกกระตุ้นโดยโฟตอน ที่มีพลังงาน $h\nu$ ในกรณีทั้งอิเล็กตรอนที่มีพลังงานอยู่ที่ระดับเฟอร์มี E_F ในรูป 7(a) และกรณีที่อิเล็กตรอนที่มีพลังงานต่ำกว่าระดับเฟอร์มี E_F ในรูป 7(b) ดังนั้นจึงมีอิเล็กตรอนที่หลุดออกจากผิววัตถุมีค่า พลังงานจลน์ที่แตกต่างกัน พลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนที่หลุดออกจากผิววัตถุ ไม่ขึ้นกับจำนวนโฟตอนที่ตกกระทบผิววัตถุในเวลา 1 วินาที ดังนั้น KE_{max} หรือ V_0 ไม่เปลี่ยนแปลงตามความเข้มแสง แต่แปรตามความถี่แสง ส่วนกระแสโฟโตแปรตามความเข้มแสง แต่ไม่แปรตามความถี่แสง

16 ปีต่อมา หลังจากไอน์สไตน์ ได้อธิบายปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทำให้เขาได้รับรางวัลโนเบล คือในปี พ.ศ. 2464 (ค.ศ. 1921)

ในรูปที่ 2 เมื่อพิจารณาอิเล็กตรอนที่มีระดับพลังงานต่ำกว่าค่าพลังงานต่ำสุดของแถบการนำ (bottom of conduction band) ซึ่งถือว่าเป็นอิเล็กตรอนที่อยู่ภายในอิทธิพลแรงดึงดูดของไอออนบวกของแต่ละอะตอม โดยมีระดับพลังงานไม่ต่อเนื่องเรียกว่า ระดับพลังงานของอะตอม (atomic level, energy level) ดังนั้น ถ้าสามารถใช้แสงที่มีความถี่สูงมากขึ้น (ความยาวคลื่นสั้นลง) เช่น รังสีเอกซ์ (X-rays), รังสี UV (ultraviolet) ฉายลงบนผิววัตถุที่ใช้เป็นแคโทด จะสามารถทำให้อิเล็กตรอนที่มีพลังงานศักย์ต่ำมาก ๆ (มีค่าเป็นลบ - ถือว่าถูกกัก, bound อยู่กับอะตอม) หลุดออกจากผิวโลหะ ทำให้อิเล็กตรอนที่มีพลังงานแตกต่างกันขึ้นอยู่ กับระดับพลังงานของอะตอม หลุดออกมาเยอะแยะ เรียก electron spectrum เป็น spectrum ของอิเล็ก-

ตรอนที่มีพลังงานจลน์ต่าง ๆ กัน จำนวนตัวอิเล็กตรอนต่าง ๆ กัน เรียกว่า photoelectron spectroscopy นักฟิสิกส์ที่เป็นผู้บุกเบิกงานวิจัยและพัฒนา high resolution electron spectroscopy จนประสบความสำเร็จในปี พ.ศ. 2510 (ค.ศ. 1967) คือ Kai M. Siegbahn นักฟิสิกส์ของมหาวิทยาลัย Uppsala, ประเทศสวีเดน ปัจจุบันเทคนิคที่ Siegbahn ได้พัฒนาขึ้นนี้เรียกว่า X-ray Photoelectron Spectroscopy (XPS) และ Ultraviolet Photoelectron Spectroscopy (UPS) ซึ่งต่อมาเป็นเครื่องมือมาตรฐานที่ใช้ในด้านฟิสิกส์ของผิววัตถุ (surface physics) ทำให้ Siegbahn ได้รับรางวัลโนเบลในปี พ.ศ. 2524 (ค.ศ. 1981) คือหลังจากไอน์สไตน์ ได้รับรางวัลโนเบล 60 ปีพอดี ถ้าเราคิดย้อนหลัง ถึงปี พ.ศ. 2430 ซึ่งเป็นปีที่ Hertz พบปรากฏการณ์ที่อิเล็กตรอนหลุดจากผิวโลหะเนื่องจากแสงตกกระทบวัตถุ จะห่างกันถึง 94 ปี ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการค้นพบปรากฏการณ์ใหม่ๆ ทางวิทยาศาสตร์ และมีการวิจัยและพัฒนาจนกระทั่งนำมาใช้ในเชิงประยุกต์ได้บางครั้งต้องใช้เวลาร่วม 100 ปีทีเดียว ดังนั้น ถ้าจะส่งเสริมงานวิจัยวิทยาศาสตร์พื้นฐานแล้วอย่าเพิ่งถามเลยว่าจะได้ประโยชน์อะไรบ้างในวันนี้

บรรณานุกรม

Robert M. Rose, Lawrence A. Shepard and John Wulff (1971). The Structure and Properties of Materials, Volume IV: Electronic Properties. Chapter 2, Second Wiley Eastern Reprint. New Delhi, pp.26-31.



วิทยาการผ่านเว็บไซต์

นางขววดา ไลน์

คอลัมน์นี้ตั้งใจจะชวนท่านผู้อ่านเที่ยวไปสัมผัสกับวิทยาการและความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโดย World Wide Web

หากท่านผู้อ่านมี Site ที่น่าสนใจก็ส่งมาเผยแพร่หรือแลกเปลี่ยนกันบ้างก็จะเป็นประโยชน์นะครับ

Web Browser ของท่านพร้อมแล้วหรือยัง ? ไปกันครับ.....

Site # 1 www.integrals.com

เกิดมีใครสักคนถามท่านว่า $\int \frac{1}{\sqrt{x^2+9}} dx$ มีค่าเท่าไร ท่านจะอย่างไรเพื่อให้ได้คำตอบในเวลาน้อยกว่า 2 นาที ! ?

เข้ามาที่ Site นี้ มีคำตอบให้เรียบร้อย

หากไม่ทราบว่าจะใส่ข้อมูลอย่างไร ก็มีคำอธิบายให้ด้วย และนอกจากนี้ Site นี้ ยังมีประวัติ (History of Integration) ให้ศึกษาแถมอีกด้วย

ทำทางSite นี้จะเป็นข่าวร้ายสำหรับอาจารย์สอนแคลคูลัสหรือเปล่า ก็ไม่แน่ใจนะครับ

Site # 2 ccf.arc.nasa.gov/sst/main.html

สังเกตุนะครับว่า Site นี้ ไม่ได้มีชื่อที่ขึ้นต้นด้วย “www”

Site นี้เกี่ยวข้องกับข่าวใหญ่เรื่องหนึ่งซึ่งเป็นที่ยึดฮักกันตามหน้าหนังสือพิมพ์ เมื่อเดือน

สองเดือนที่ผ่านมา ซึ่งได้แก่ข่าวที่อาจมีดาวเคราะห์น้อย (Asteroid) หรือ ดาวหางโคจรมาชนโลก Site นี้เป็น Site ขององค์การนาซา (Ames Space Science Division)

ชื่อเป็นทางการของ Site นี้คือ “Asteroid and Comet Impact Hazard” เนื้อหาที่มีอยู่บน Site เป็นรายละเอียดและบทความอ้างอิงที่ได้มีการศึกษาและเฝ้าสังเกต “วัตถุใกล้โลก” (Near Earth Objects-NEO) รวมทั้งจะมีจุดเชื่อมต่อไปยัง Site ที่น่าสนใจต่างๆ ที่ครบถ้วนสมบูรณ์มาก

ผมมีคำถามที่ท่านผู้อ่านอาจจะหาได้จากจุดเริ่มต้นของ Site นี้ว่า ถ้าจะมีวัตถุโคจรมาชนโลกจริง ๆ เราควรจะรู้ตัวล่วงหน้านานแค่ไหน เราจึงจะสามารถป้องกันโลกให้พ้นภัยได้? คำถามนี้ตอบได้ไม่มีรางวัลครับ

Site # 3 huey.jpl.nasa.gov/~sprado/neot.html

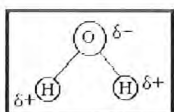
Site นี้ต่อเนื่องกับ Site # 2 เป็น Site ที่รายงานผลการติดตามวัตถุใกล้โลกทั้งหลาย มีชื่อเป็นทางการคือ “Near-Earth Asteroid Tracking HomePage” มีข้อมูลมากมายรวมทั้งการรายงานการค้นพบอุกกาบาตที่มีขนาดใหญ่ ๆ ใกล้โลกทั้งหลายด้วย และสำหรับผู้ที่ถูกดาวหางวิ่งมาชนโลกแตก ก็มีการจำแนกวัตถุที่เป็นอันตราย “Potentially Hazardous Asteroid” ให้หาข้อมูลกันอีกด้วย

Site # 4 esg-www.mit.edu:8001/esgbio/

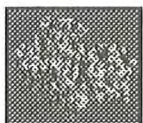
Site นี้เป็น Site เกี่ยวกับการศึกษาอย่าง
แท้ ๆ และเป็นผลงานของ The Experimental Study
Group แห่ง Massachusetts Institute of Technology
(MIT)

ชื่อเป็นทางการของ Site นี้ก็คือ “MIT
Biology Hypertextbook” มีเนื้อหาที่สำคัญคือ
เป็นตำราในรูปแบบของ Hypertextbook (ถ้าท่าน
ยังไม่ทราบว่า Hypertextbook เป็นอย่างไรก็คง
ต้องเข้าไปดูกันละครับ !) ในวิชาชีพวิทยาระดับ
ปริญญาตรีที่น่าสนใจมาก

เนื้อหา (เมื่อท่านเลือกคลิกไปที่ “The
Biology Hypertextbook Chapters”) จะพบว่า
มีหัวข้อ (chapters) อยู่ 10 หัวข้อด้วยกันคือ.



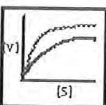
Chemistry Review



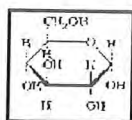
Large Molecules



Cell Biology



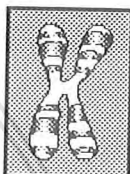
Enzyme Biochemistry



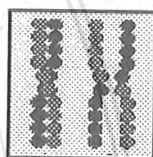
Glycolysis and the Krebs Cycle



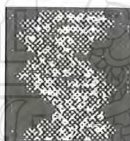
Photosynthesis



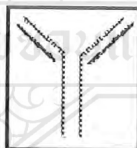
Central Dogma



Mendelian Genetics

Prokaryotic Genetics and
Gene Expression

Recombinant DNA



Immunology

เนื้อหาเป็นอย่างไร ท่านผู้อ่านที่ชำนาญใน
สาขาวิชานั้นๆ e-mail มาคุยกันนะครับ

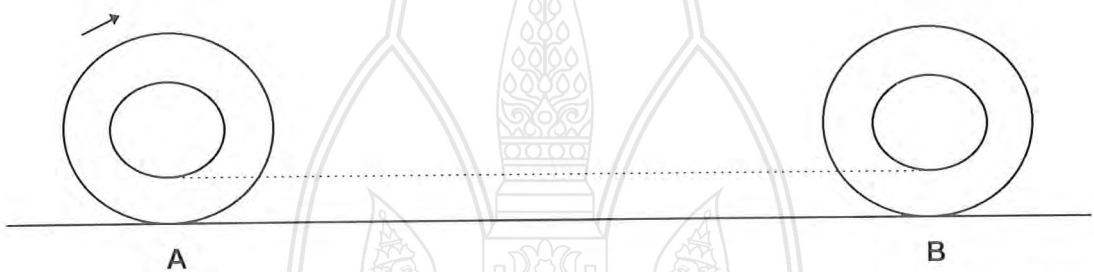
4 site เริ่มต้นนี้คงพอที่จะให้การเที่ยวบน
World Wide Web ของท่านผู้อ่านมีประโยชน์บ้าง
พบกันใหม่ฉบับหน้าครับ

คณิตศาสตร์ชวนคิด

วิจารณ์ สดศิริ

สวัสดีครับ “คณิตศาสตร์ชวนคิด” ในฉบับนี้ มีปัญหา 2 ข้อมาขอบกวนเส้นประสาทของท่านที่กำลังตั้งเครื่องครุ่นคิดก่อนแล้วค่อยเฉลยนะครับ

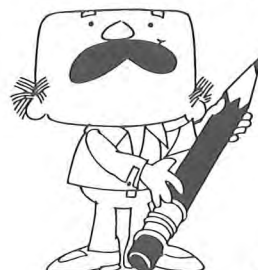
ปัญหาข้อที่ 1 (วงล้อปฏิทรรศน์ของอะริสโตเติล) กำหนดให้วงล้อ 2 วงที่มีจุดศูนย์กลางร่วมกันถูกยึดติดกันดังรูป



ถ้าเราหมุนวงล้ออันใหญ่จนครบ 1 รอบจากจุด A ถึงจุด B จะได้ว่าระยะ AB คือความยาวของเส้นรอบวงของวงล้ออันใหญ่นั้นเอง แต่เนื่องจากว่าในขณะที่เราหมุนวงล้ออันใหญ่จนครบ 1 รอบนั้น วงล้ออันเล็กก็จะถูกหมุนจนครบ 1 รอบและเคลื่อนที่จากจุด A ถึงจุด B เป็นระยะทาง AB ด้วยเช่นกัน อยากทราบว่าจริงหรือไม่ที่ระยะ AB จะเป็นความยาวของเส้นรอบวงของวงล้ออันเล็กด้วย เพราะเหตุใด

จึงจอกไปก่อน แพะก็จะกินกะหล่ำปลี แต่ถ้าหากเขาบรทุกกะหล่ำปลีก่อน สุนัขจึงจอกก็จะกินแพะ สมมติว่าสุนัขจึงจอกจะไม่กินแพะและแพะจะไม่กินกะหล่ำปลีเมื่อขานาอยู่บริเวณนั้น อยากทราบว่าขานาคนนี้จะต้องนำสุนัขจึงจอก แพะ และกะหล่ำปลีทั้งหมดข้ามแม่น้ำอย่างไรโดยที่สุนัขจึงจอก แพะ และกะหล่ำปลีมีจำนวนครบเท่าเดิม

?



ปัญหาข้อที่ 2 (ปัญหาทางตรรกศาสตร์) ขานาคนหนึ่งต้องการนำสุนัขจึงจอก แพะ และกะหล่ำปลีข้ามแม่น้ำ แต่เรือของเขามีที่ว่างสำหรับตัวเขาเอง และสุนัขจึงจอก หรือแพะ หรือกะหล่ำปลีอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น ถ้าเขาเลือกที่จะบรรทุกสุนัข

(เฉลยอยู่ในหน้าถัดไป)

เฉลย



ปัญหาข้อที่ 1 กาลิเลโอได้อธิบายวงล้อปฏิทรรศน์ของอะริสโตเติลโดยการกลิ้ง “กลิ้งรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส” แทนการหมุนวงล้อกลมดังรูป



ถ้าเราลิ้งกลิ้งสี่เหลี่ยมจัตุรัสอันใหญ่จนครบหนึ่งรอบ (กลิ้งกลิ้งทั้งหมด 4 ครั้ง) จากจุด A ถึงจุด B ดังนั้นระยะ AB คือความยาวของเส้นรอบวงของกลิ้งสี่เหลี่ยมจัตุรัสอันใหญ่นั้นเอง ในขณะที่เราลิ้งกลิ้งสี่เหลี่ยมจัตุรัสอันใหญ่จนครบ 1 รอบนั้น กลิ้งสี่เหลี่ยมจัตุรัสอันเล็กก็จะถูกหมุนจนครบ 1 รอบด้วยเช่นกัน แต่เนื่องจากว่ากลิ้งสี่เหลี่ยมจัตุรัสอันเล็กนี้มีการกระโดด 3 ครั้ง ดังนั้น ทำให้เราทราบว่า “วงล้ออันเล็ก” ถูกจุดให้เคลื่อนที่จากจุด A ถึงจุด B เราจึงสรุปได้ว่า ระยะ AB ไม่ใช่ว่าความยาวของเส้นรอบวงของวงล้ออันเล็ก

ปัญหาข้อที่ 2 ชาวนาคนี้นำน้มนำสุนัขจิ้งจอกแพะ และกะหล่ำปลีทั้งหมดข้ามแม่น้ำได้โดยที่เขาไม่นำแพะข้ามไปก่อน แล้วเขาก็ข้ามกลับมาสุนัข

จิ้งจอกข้ามแม่น้ำ จากนั้นนำแพะข้ามกลับมาฝั่งเดิมโดยปล่อยสุนัขจิ้งจอกทิ้งเอาไว้ ต่อมาบรรทุกกะหล่ำปลีข้ามแม่น้ำเอาไปไว้กับสุนัขจิ้งจอก แล้วจึงค่อยกลับมา นำแพะข้ามแม่น้ำเป็นเที่ยวสุดท้าย จะสังเกตเห็นว่าไม่มีการกินกันเกิดขึ้น เพราะฉะนั้นชาวนาคนี้นำน้มนำสุนัขจิ้งจอก แพะ และกะหล่ำปลีทั้งหมดข้ามแม่น้ำโดยที่สุนัขจิ้งจอก แพะ และกะหล่ำปลีมีจำนวนครบเท่าเดิม

บรรณานุกรม

1. Pappas, Theoni. 1996. *The Joy of Mathematics Discovering Mathematics All Around You*. 15th printing. San Carlos : Wide World Publishing/Tetra. pp. 159, 202, and 232.

ข้อแนะนำในการเขียนบทความลงวารสาร วิทยาศาสตร์ มข.

ประเภทของเรื่องที่จะตีพิมพ์

1. รายงานผลวิจัยและค้นคว้าหรือการสำรวจที่ยังไม่เคยตีพิมพ์ในวารสารหรือหนังสืออื่นมาก่อน
2. บทความปริทัศน์ ได้แก่งานเขียนที่รวบรวมหรือเรียบเรียงจากเอกสารหรือหนังสือต่าง ๆ เพื่อเผยแพร่และฟื้นฟูงานด้านวิชาการระดับต่าง ๆ
3. บทความแสดงข้อคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในด้านวิชาการ เรื่องแปล ข่าววิชาการ ย่อความจากงานวิจัยหรือหนังสือใหม่ที่น่าสนใจ

รูปแบบของการเขียนและการเตรียมต้นฉบับ

1. ต้นฉบับ ต้องเป็นตัวพิมพ์ปกติ มีช่วงห่างระยะบรรทัดตามมาตรฐาน พิมพ์ลงในกระดาษขาว A4 (โรเนียวสั่น) โดยให้กระดาษหน้าเดียว ความยาวไม่เกิน 10 หน้า ส่งต้นฉบับ 2 ชุด หรือต้นฉบับพิมพ์ 1 ชุด และ Diskette ของบทความนั้น
2. ต้นฉบับ จะถูกพิจารณาโดยกองบรรณาธิการ และจะตอบรับการได้รับบทความโดยไม่ส่งต้นฉบับคืน ผู้เขียนควรจะต้องสำเนาเก็บไว้เป็นหลักฐานของตัวเอง 1 ฉบับ
3. ต้นฉบับ จะต้องมีความถูกต้องทั้งในด้านเนื้อหา และการใช้ภาษา รวมทั้งมีความสมบูรณ์ในรูปแบบพร้อมที่จะนำลงตีพิมพ์ได้
4. ชื่อเรื่อง ให้ใช้ภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ ไม่ยาวเกินไป และหลีกเลี่ยงการใช้คำย่อโดยไม่จำเป็น
5. ชื่อผู้เขียน เขียนชื่อภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษพร้อมทั้งบอกสถานที่ทำงานให้ชัดเจน
6. เนื้อเรื่อง ใช้ได้ทั้งภาษาไทยล้วนหรือภาษาอังกฤษล้วน ถ้าใช้ภาษาไทย ภาษาอังกฤษที่ใช้ปนกับภาษาไทยนั้นให้พยายามแปลเป็นไทยเท่าที่จะทำได้และให้เขียนคำเดิมกำกับในวงเล็บ การทับศัพท์ภาษาอังกฤษตลอดทั้งการเขียนตัวสะกดการันต์ในภาษาไทยให้ใช้ตามแบบราชบัณฑิตยสถาน
7. ในกรณีของบทความวิจัย ต้องมีบทคัดย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ และแบ่งเนื้อหาของบทความเป็นบทนำ วิธีดำเนินงาน ผลการวิเคราะห์ บทสรุปและวิจารณ์
8. เชิงอรรถ (footnote) ใช้เฉพาะที่จำเป็นเพื่อขยายหรือให้รายละเอียดเพิ่มเติมแก่ใจความเฉพาะตอนในบทความ ข้อความที่จำเป็นจะต้องมีเชิงอรรถให้ใช้เครื่องหมายดอกจัน (*) กำกับท้าย
9. ตารางและภาพประกอบ คำบรรยายประกอบตารางหรือภาพประกอบควรจะสั้นและชัดเจน ถ้าเป็นภาพถ่ายให้ใช้ภาพขาว - ดำ ขนาดโปสการ์ด ภาพเขียนลายเส้นควรเขียนด้วยหมึกดำ ภาพที่เขียนต้องชัดเจนและมีขนาดที่เหมาะสม
10. เอกสารอ้างอิง หรือบรรณานุกรม แนะนำให้เขียนตามแบบที่ทางวารสารกำหนด

ส่งต้นฉบับมาที่

กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ มข.

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

อภิสิทธิ์ในการตีพิมพ์

เรื่องที่ได้รับการตีพิมพ์ ผู้เขียนจะได้รับวารสารฉบับนั้น 2 เล่ม และสำเนาพิมพ์อีก 15 ชุด

การเขียนเอกสารอ้างอิงในวารสารวิทยาศาสตร์ มข.

เอกสารอ้างอิง (Reference) หมายถึง เอกสารหรือส่วนหนึ่งของเอกสารที่อ้างอิงถึงหรือแปลมาโดยตรง การเขียนเอกสารอ้างอิงในเนื้อหา นั้น ให้ใช้ระบบหมายเลขเรียงตามลำดับที่อ้างอิง การเขียนเอกสารอ้างอิงในตอนท้ายบทความนั้น ให้ใส่เฉพาะเล่มที่มีการอ้างอิงไว้ในเนื้อหาเท่านั้น

บรรณานุกรม (Bibliography) หมายถึง เอกสารที่ใช้อ้างอิงในลักษณะที่สรุปเป็นหลักการหรือทฤษฎีโดยมิได้อ้างอิงหรือแปลมาโดยตรง จึงไม่ต้องมีหมายเลขกำกับในรายงาน แต่สรุปรวมเป็นรายชื่อเอกสารในส่วนของบรรณานุกรมโดยคำนึงถึงลำดับตัวอักษร (order system)

การเขียนเอกสารอ้างอิง หรือบรรณานุกรม มีแนวทางการเขียนดังนี้

1. หนังสือ

ก. ภาษาไทย

ชื่อตัว นามสกุลของผู้แต่ง. (เลขปี พ.ศ.). ชื่อหนังสือ. (เล่มที่). (พิมพ์ครั้งที่). เมืองที่พิมพ์ : โรงพิมพ์ หรือสำนักพิมพ์. เลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าสุดท้ายที่อ้างอิง.

ข. ภาษาอังกฤษ

ชื่อสกุล, อักษรย่อชื่อต้น. อักษรย่อชื่อรอง. (เลขปี ค.ศ.). ชื่อหนังสือ. (เล่มที่). (พิมพ์ครั้งที่). เมืองที่พิมพ์ : โรงพิมพ์ หรือสำนักงานพิมพ์. เลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าสุดท้ายที่อ้างอิง.

2. เอกสารราชการ

ชื่อหน่วยราชการ. (เลขปี พ.ศ. หรือ ค.ศ.). ชื่อเรื่อง. ชื่อหนังสือ. เมืองที่พิมพ์ : โรงพิมพ์ หรือสำนักพิมพ์.

3. วารสาร

ก. ภาษาไทย

ชื่อตัว นามสกุลของผู้แต่ง. (เลขปี พ.ศ.). ชื่อบทความ. ชื่อวารสาร. เล่มที่ (ฉบับที่) : เลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าสุดท้าย.

ข. ภาษาอังกฤษ

ชื่อสกุล, อักษรย่อชื่อต้น. อักษรย่อชื่อรอง. (เลขปี ค.ศ.). ชื่อบทความ. ชื่อวารสาร. เล่มที่ (ฉบับที่) : เลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าสุดท้าย.

หมายเหตุ

1. กรณีที่เป็นเอกสารอ้างอิงจากแหล่งอื่น ๆ นอกเหนือจากที่กำหนดข้างต้น เช่น จุลสาร, หนังสือพิมพ์ ฯลฯ ให้ยึดหลักการเขียนตามแบบข้างต้นโดยอนุโลม
2. กรณีที่มีผู้เขียน 2 หรือ 3 คน ให้เขียนตามแบบของผู้เขียนคนแรก แต่ให้เติมคำว่า “และ” หรือ “and” หน้าชื่อสุดท้ายในกรณีของภาษาไทย หรือภาษาอังกฤษตามลำดับ
3. กรณีที่มีผู้เขียนมากกว่า 3 คนขึ้นไป ให้ใส่เฉพาะผู้แต่งชื่อแรกและใส่คำว่า “และคณะ” หรือ “et. al.” ในกรณีของภาษาไทย หรือภาษาอังกฤษตามลำดับ
4. ถ้าเอกสารที่ถูกอ้างอิงอยู่ในระหว่างตีพิมพ์ ให้บอกรายละเอียดมากที่สุดและใช้คำว่า “ระหว่างตีพิมพ์” หรือ “in press” ในกรณีของภาษาไทย หรือภาษาอังกฤษตามลำดับ โดยวงเล็บต่อท้ายเอกสารอ้างอิงนั้น

