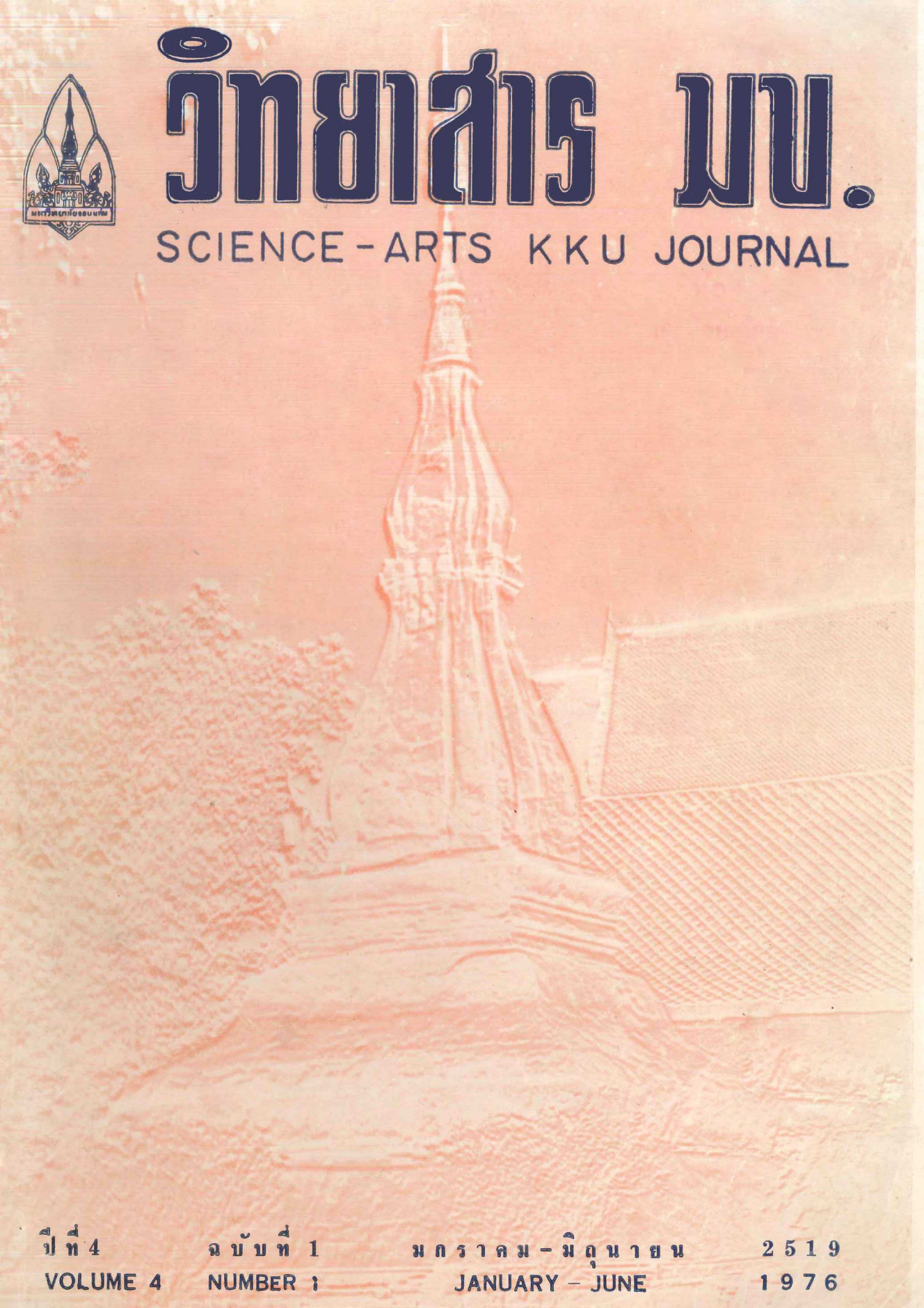
วิทยาสาร มข.

SCIENCE-ARTS KKU JOURNAL



ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน 2519

VOLUME 4 NUMBER 1 JANUARY – JUNE 1976

วิทยาสารมข.

วัตถุประสงค์

1. เพื่อส่งเสริมและเผยแพร่วิชาการทางวิทยาศาสตร์ สาขา ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา คณิตศาสตร์ ธรณีวิทยา ภาษาศาสตร์ บรรณารักษศาสตร์ และสาขาวิชาวิชาอื่นที่เกี่ยวข้อง
2. เพื่อเผยแพร่ผลงานด้านวิจัย และวิชาการ อาจารย์ นักศึกษา และวิชาการอื่น ๆ
3. เพื่อเป็นสื่อสารแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างสถาบันต่าง ๆ

เจ้าของ คณะวิทยาศาสตร์–อักษรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ที่ปรึกษา คณบดีคณะวิทยาศาสตร์–อักษรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

กองบรรณาธิการ
ยุทธนา จิตตะกวี
วิชัย ณีรัตนพันธ์
พิพัฒน์ โชคสุวัฒนสกุล
กิตติ เอกอำพน

บรรณาธิการ สุพล บริพันธุ์

ฝ่ายศิลป์และภาพ เฉลิม คิดชัย
บุญส่ง วัฒนกิจ

ฝ่ายจัดการ ณัฐฐา เดชะรัฐ

ระเบียบการ กำหนดออกปีละ 2 ฉบับ (ราย 6 เดือน)

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สารบาญ
Contents

หน้า

การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม .... กมล อนวัช 1

Earth Resource Technology Sattelite .... Kamol Anavath

หลวงวิจิตรวาทการในฐานะนักการเมือง .... เฉลียว พันธุ์สีดา 8

Laung Vichit Vadakarn as a Politician .... Chaleo Pansida

การค้นพบดาวเคราะห์โดยอาศัยการคำนวณ (2) .... ชัยวัฒน์ คุประตกุล 17

Finding The Planets by Calculation (2) .... Shaiwatana Kupratakuln

เมฆฝน .... สุพล บริพันธุ์ 22

Clouds .... Supon Boriphan

วงจรไฟฟ้าแบบขั้นบันได .... กิตต์ วิสุทธิวิเศษ 28

Ladder Network .... Kitt Visoottiviseth

อนุกรมอนันต์ของเลขจำนวนจริง .... ขาว เหมือนวงศ์ 36

Infinite Series of Real Number .... Khao Muanwong

ประวัติศาสตร์ คณิตศาสตร์ .... นิพนธ์ เปาโรหิต 41

History of Mathematics .... Nebondha Paorohitya

เทคนิคในห้องมืด .... เฉลิม คิดชัย 56

Darkroom Techniques .... Chalerm Kidchai

การเก็บรวบรวมตัวอย่างพันธุ์ไม้ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย

Herbarium in Khon Kaen University .... Brant S. Rogers 65

และ กิตติ เอกอำพน

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทบรรณาธิการ

เพื่อที่จะให้หนังสือนี้มีสาระประโยชน์ให้มากที่สุด ประกอบกับมีปัญหาบางประการ จึงทำให้หนังสือออกมาช้ามาก กองบรรณาธิการต้องขออภัยเป็นอย่างมากต่อท่านผู้อ่านทุกท่าน อนึ่งกองบรรณาธิการใคร่จะขอเชิญชวนท่านผู้อ่านส่งเรื่องหรือบทความทางวิชาการด้านวิทยาศาสตร์ไปยังกองบรรณาธิการเพื่อเผยแพร่ต่อไปด้วย กองบรรณาธิการยินดีที่จะจัดพิมพ์เผยแพร่ตามความเหมาะสม

ภาพปกฉบับนี้ เป็นภาพพระธาตุขามแก่น ซึ่งเป็นสถานที่ศักดิ์สิทธิ์คู่เมืองขอนแก่น ใช้เทคนิคในการทำภาพให้แปลกตา แบบที่เรียกว่า **Bas relief** ซึ่งท่านที่สนใจในศิลปทางนี้ จะอ่านรายละเอียดวิธีการทำภาพแปลกตาเหล่านี้ได้จากเรื่องภายในเล่มนี้.

กองบรรณาธิการ

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม

Earth Resource Technology Sattelite

กมล อนวัช
Kamol Anavath

บทคัดย่อ

การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียมเป็นวิธีที่ดีวิธีหนึ่งที่นำเอา วิทยา การ ด้านอวกาศมาใช้ในการจัดการทรัพยากรซึ่งมีอยู่อย่างจำกัดให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น วัตถุที่ปรากฏในภาพจากดาวเทียมที่ได้จาก Bands ต่าง ๆ คือ Band 4 (ช่วงคลื่นสีเขียว,) Band 5 (ช่วงคลื่นสีแดง), Band 6 และ Band 7 (ช่วงคลื่นอินฟราเรด) นั้น จะมีความเข้มแตกต่างกันออกไป ดังนั้น ในการแปลภาพเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ เราจึงสามารถเลือกภาพที่ได้จาก Bands ต่าง ๆ มาศึกษาในเรื่องที่เราต้องการได้ตามความเหมาะสม

1. ความนำ

1.1 ทรัพยากรธรรมชาติ (Natural Resources) เป็นปัจจัยสำคัญซึ่งมีอยู่อย่างจำกัดในการพัฒนาเศรษฐกิจประเทศ การเพิ่มผลผลิตให้เพียงพอกับอัตราการเพิ่มของประชากรจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง การใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่เป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มผลผลิต เช่น ดิน น้ำ ป่าไม้อย่างถูกวิธีและเหมาะสม จะช่วยแก้ปัญหาประชากรได้ อย่างไรก็ดี การวางแผนการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่อย่างจำกัดให้มีประสิทธิภาพในระยะยาวนั้น จำเป็นจะต้องสำรวจทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ในปัจจุบันให้ได้ข้อมูลที่แน่นอนก่อน การสำรวจด้วยดาวเทียมอาจกล่าวได้ว่า เป็นวิธีที่ดีวิธีหนึ่งที่จะช่วยให้บรรลุเป้าหมายดังกล่าวนั้น

1.2 ประเทศไทยได้เข้าร่วมในโครงการสำรวจทรัพยากรโลกด้วยดาวเทียม (Earth Resouces Technology Sattellite ชื่อย่อว่า ERTS) ขององค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (องค์การนาซา) เมื่อวันที่ 14 กันยายน 2513 โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้:-

(1) ส่งเสริมให้หน่วยราชการต่าง ๆ ได้ใช้ข้อมูลจากดาวเทียมในการศึกษาและวิจัยว่าข้อมูลจากดาวเทียมจะมีประโยชน์เพียงใด ในการจัดทำบัญชีทรัพยากร การวางแผน และการบริหารระดับชาติ

---

* กมล อนวัช วท.บ., พบ.ม. (พัฒนาการเศรษฐกิจ), Cert. in ERTS Remote Sensing อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์-อักษรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

(2) ปรับปรุงและเพิ่มพูนข้อมูลเกี่ยวกับทรัพยากรที่จำเป็นสำหรับโครงการพัฒนาของรัฐบาล

(3) ให้มีอุปกรณ์และสถานที่สำหรับการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่เกี่ยวกับเทคโนโลยี Remote Sensing

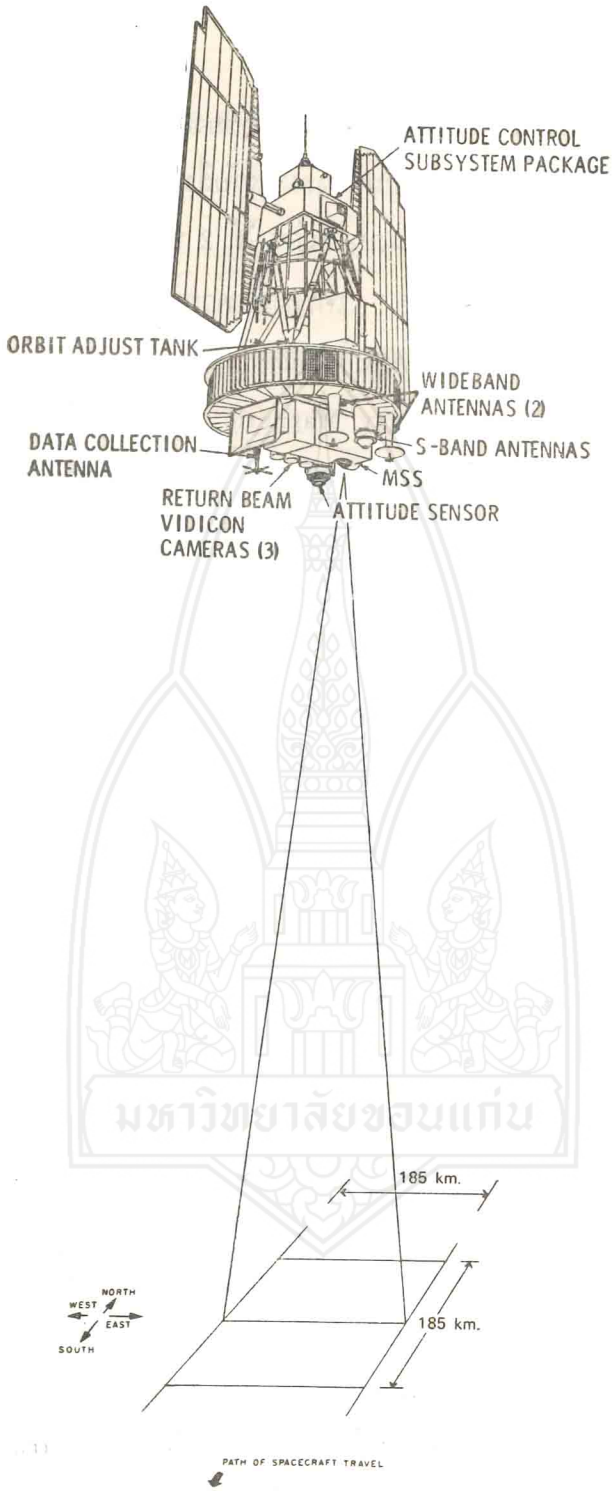
(4) ให้มีการเรียนรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีทางอวกาศอันจะเป็นประโยชน์ในการสำรวจทรัพยากรของประเทศ

(5) ให้มีการสำรวจทรัพยากรของประเทศและมีศูนย์รวบรวมข้อมูลจากดาวเทียมที่ทันสมัย

1.3 โครงการสำรวจทรัพยากรด้วยดาวเทียมนี้กล่าวได้ว่า เป็นก้าวแรกของการนำเอาวิทยาการด้านอวกาศที่มนุษย์ค้นคว้าได้มาใช้ในการจัดการกับทรัพยากรให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ดาวเทียมดวงแรกชื่อ ERTS–1 ถูกส่งขึ้นไปโคจรรอบโลกเมื่อวันที่ 23 กรกฎาคม 2515 มีรูปคล้ายผีเสื้อ หนักราว 953 ก.ก. มีวงจรเหนือใต้สูงจากผิวโลกประมาณ 915 กม. และโคจรครบรอบทุก ๆ 18 วัน ดังนั้น ภายใน 1 รอบ (18 วัน) จะสามารถถ่ายภาพเก็บข้อมูลบนผิวโลกได้หมดโดยเครื่อง Multi-pectral Scanner (MSS) ซึ่งจะถ่ายภาพ ๆ หนึ่งคลุมพื้นที่ 185×185 ตร. กม. ในช่วงคลื่น 4 ช่วงคลื่นด้วยกัน คือ.–

Band 4	(ช่วงคลื่นสีเขียว)	0.5–0.6 ไมโครมิเตอร์
Band 5	(ช่วงคลื่นสีแดง)	0.6–0.7 ไมโครมิเตอร์
Band 6	(ช่วงคลื่นเหนือแดง–อินฟราเรด)	0.7–0.8 ไมโครมิเตอร์
Band 7	(ช่วงคลื่นอินฟราเรด)	0.8–1.1 ไมโครมิเตอร์

ต่อมาในวันที่ 22 มกราคม 2518 ดาวเทียมดวงที่สอง (ERTS–2) ซึ่งต่อมาได้เปลี่ยนชื่อเป็น LANDSAT–2 ได้ถูกส่งขึ้นไปโคจรรอบโลก ขณะนี้ประเทศไทยได้รับข้อมูลจากดาวเทียมทั้งสองดวงแล้วรวมประมาณ 600 ภาพ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติได้แจกจ่ายข้อมูลต่าง ๆ เหล่านี้ให้กับหน่วยราชการต่าง ๆ เพื่อประโยชน์ของหน่วยราชการนั้น ๆ จะได้ศึกษาและสำรวจข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานของตน อาทิเช่น พื้นที่ป่าไม้ บริเวณเพาะปลูกพืชต่าง ๆ การใช้ที่ดินสภาพแวดล้อม ธรณีวิทยา สมุทรศาสตร์ การหาแหล่งน้ำและอื่น ๆ



ภาพดาวเทียม ERTS–1 ดาวเทียมหนักราว 953 กก. ถ่ายภาพคลุมพื้นที่ทั่วโลกทุก ๆ รอบ 18 วัน โดยเครื่อง Multi–spectral Scanner (MSS) ซึ่งภาพหนึ่ง ๆ จะคลุมพื้นที่ 185×185 ตร. กม.

2. ความรู้เกี่ยวกับ Remote Sensing

2.1 การสำรวจด้วยดาวเทียมเป็นสาขาหนึ่งของการสำรวจสิ่งต่าง ๆ จากระยะไกล (Remote Sensing) โดยผู้สำรวจไม่จำเป็นต้องสัมผัสกับสิ่งนั้นโดยตรง เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจมีหลายชนิด อาจแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ 2 พวกคือ:-

(1) Active Sensors เครื่องมือพวกนี้ส่งพลังงานออกมาจากตัวเอง เช่น Airborne Scintillator Counters (ASC); Side Looking Airborne Radar (SLAR); Rediometer; Sonar; Audio Frequency Magnetic System (AFMS) เป็นต้น

(2) Passive Sensors เครื่องมือพวกนี้ต้องอาศัยพลังงานจากแหล่งอื่น (ดวงอาทิตย์หรือแหล่งกำเนิดแสงอื่น ๆ) เช่น กล้องถ่ายภาพ; TV; Multi-spectral Scanner (MSS); Thermal Infrared Scanner (TIS); Multiband Photographic Camerra (MPC); เป็นต้น

2.2 การแปลสภาพจากดาวเทียม มีลักษณะสำคัญที่ควรทราบ 3 ประการคือ:-

(1) ลักษณะการสะท้อนของคลื่นแสง (Spectral Characteristics) วัตถุต่าง ๆ จะมีการดูด สะท้อน ยอมให้แสงผ่าน และปลดปล่อยพลังงานออกจากตัวเองในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน มีสหสัมพันธ์กับช่วงคลื่นแสงที่แตกต่างกัน พลังงานที่ปลดปล่อยจากวัตถุเหล่านี้เราสามารถวัดได้โดยใช้ Sensor ที่ถูกต้อง ภาพจากดาวเทียมใช้เทคนิคของการถ่ายภาพโดยอาศัยลักษณะการสะท้อนของคลื่นแสงของวัตถุที่แตกต่างกันนี้ ทำให้วัตถุที่ปรากฏในภาพมีระดับสีแตกต่างกัน (Color-tone Difference) ภาพสีผสม (False Color Composite) ที่ได้จากเทคนิคของการรวม Band ต่างๆนั้น มีความแตกต่างในเรื่องของสี (Color-Type Difference) จะสามารถบอกลักษณะของวัตถุ หรือพื้นที่แต่ละแบบได้ นอกจากนี้ ความแน่นทึบของภาพ (Photographic Density) ซึ่งเกิดจากสะท้อนหรือดูดซับของวัตถุในพื้นที่ต่าง ๆ กัน ระดับความหยาบ (Texture) และลักษณะเงาในภาพ (Shadow Patterns) ซึ่งทำให้เห็นภาพในลักษณะภูมิประเทศที่สูงหรือต่ำ เนื่องมาจากการทำมุมของดวงอาทิตย์ขณะที่ถ่ายภาพจะสามารถนำมาใช้ประกอบการวินิจฉัยภาพได้เป็นอย่างดี

(2) ลักษณะเกี่ยวกับรูปร่างและขนาด (Spatial Characteristics) เป็นการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล เช่น นาข้าว จะมีสีเขียวในระยะเริ่มแรกของการเจริญเติบโต และมีสี

น้ำตาลเมื่อใกล้ระยะเก็บเกี่ยว พื้นที่ที่เป็นป่าไม้ (Forest Land) ก็เช่นเดียวกัน ในฤดูต้นไม้กำลังเจริญเติบโต และฤดูต้นไม้ผลัดใบจะมีลักษณะแตกต่างกัน ลักษณะเหล่านี้จะช่วยในการวินิจฉัยภาพได้อย่างดี นอกจากนี้ยังเป็นประโยชน์ที่ทำให้เราสามารถเลือกภาพให้เหมาะแก่การศึกษาและติดตามผลการเปลี่ยนแปลงสภาพของธรรมชาติได้อีกด้วย

นอกจากลักษณะสำคัญทั้ง 3 ประการดังกล่าวข้างต้นแล้ว ในการแปรภาพจากดาวเทียมนั้น ควรพิจารณาถึงลักษณะรูปทรงของสถานที่หรือสิ่งที่อยู่ใกล้เคียง (Site and Association) และสิ่งแวดล้อม (Environment) ด้วยเพื่อความถูกต้องแน่นอน

3. ภาพจากดาวเทียมและการนำมาใช้ประโยชน์

3.1 ภาพที่ได้จาก Band 4 (ช่วงคลื่นแสงสีเขียว) แหล่งน้ำจะสะท้อนคลื่นแสงนี้ได้ดี จึงเหมาะสำหรับการศึกษาเรื่องแหล่งน้ำ พื้นที่ที่มีความชื้น การทับถมของตะกอน และการศึกษาในเขตชายฝั่งทะเล (Coastal Region)

3.2 ภาพที่ได้จาก Band 5 (ช่วงคลื่นแสงสีแดง) โดยปกติแสงสีแดงสามารถทะลุชั้นของบรรยากาศได้ดี ภาพใน Band นี้จึงเหมาะแก่การศึกษาเกี่ยวกับการใช้ดิน และการจัดทำแผนที่การใช้ที่ดิน (Land Use Mapping) เพราะแสดงให้เห็นความแตกต่างของพื้นที่ต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความแตกต่างของพื้นที่ที่มีพืชต่าง ๆ ขึ้นปกคลุมอยู่ตามธรรมชาติ เช่น พื้นที่ป่าไม้กับพื้นที่ที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์

3.3 ภาพที่ได้จาก Band 6 และ Band 7 (ช่วงคลื่นเหนือแดง–อินฟราเรด) พวกแหล่งน้ำดูดซับคลื่นแสงชนิดนี้ไว้มาก ซึ่งแตกต่างกับพื้นที่ที่มีพืชพรรณขึ้นปกคลุมอยู่เช่น บริเวณที่ปลูกข้าว ส่วนใหญ่จะสะท้อนคลื่นแสงชนิดนี้

เนื่องจากการสะท้อนคลื่นแสงของวัตถุต่าง ๆ มีความมากน้อยแตกต่างกัน จึงทำให้วัตถุที่ปรากฏในภาพจากดาวเทียมที่ได้จาก Bands ต่าง ๆ มีความเข้มแตกต่างกันออกไป ดังนั้นเราสามารถที่เลือกภาพที่ได้จาก Bands ต่างๆ นี้ มาศึกษาในเรื่องที่เราต้องการได้ความเหมาะสม

4. ผลของการทดลองใช้ภาพจากดาวเทียม

ขณะนี้มีหน่วยราชการหลายหน่วยงานได้ทดลองนำเอาภาพ จาก ดาว เทียม มา ใช้ ประโยชน์ เช่น กรมป่าไม้ กรมทรัพยากรธรณี กรมพัฒนาที่ดิน กรมวิชาการเกษตร กรมประมง

กรมชลประทาน สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์ เป็นต้น ผลการทดลองของกรมวิชาการเกษตร ซึ่งมีการสำรวจภาคพื้นดินประกอบด้วย ปรากฏว่า มีแนวโน้มที่จะเกิดประโยชน์ในเรื่องต่อไปนี้:-

4.1 การทำแผนที่แสดงแหล่งปลูกพืชสำคัญ (Crop Resourcos Map)

ใช้ภาพสีผสมบริเวณภาคกลางตอนเหนือและใต้ มาตราส่วน 1 : 400,000 เป็น Base Map ทดลองหาบริเวณปลูกข้าว ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง ยางพารา

(1) การหาบริเวณปลูกข้าว ใช้ภาพจาก Band 5 และ Band 7 ประกอบกับภาพสีผสมที่เป็น Base Map พบว่า บริเวณปลูกข้าวโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ข้าวขึ้นน้ำ แสดงให้เห็นชัดมาก เพราะช่วงคลื่นแสงอินฟราเรดน้ำจะดูดแสงมาก ซึ่งจะปรากฏให้เห็นเป็นสีดำ ส่วนพืชไร่และป่าไม้ยังคงเป็นสีแดง ดังนั้น ในเดือนตุลาคมซึ่งมีน้ำท่วมนาข้าว เราจะสามารถแยกบริเวณที่ปลูกข้าวออกจากบริเวณป่าไม้และพืชไร่อื่น ๆ ได้

(2) บริเวณปลูกข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง ตามปกติ ไม่อาจแยกออกจากกันได้ง่ายนัก แต่เมื่อนำเอาลักษณะการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล (Temporal Changes) มาประกอบการพิจารณาแล้ว จะพบว่า เมื่อข้าวโพดและอ้อยออกดอก มันสำปะหลังแตกยอดอ่อน จะเป็นระยะเวลาที่ไม่เท่ากันในแต่ละท้องถิ่น และภูมิภาคที่แตกต่างกัน

(3) บริเวณสวนยางพารา โดยทั่วไปจะไม่แตกต่างกับป่าไม้ แต่ในฤดูที่ยางแตกยอดอ่อน เมื่อใช้ Diazochrome Technique ซ้อนฟิล์มจากช่วงคลื่นแสงต่าง ๆ เข้าด้วยกัน จะทำให้เห็นบริเวณสวนยางมีสีส้ม ในขณะที่ป่าไม้โดยรอบจะมีสีแดงหรือสีชมพู

ดังนั้น โดยเทคนิคการใช้ภาพหลาย ๆ ช่วงคลื่นแสงมาประกอบกันในฤดูกาลต่าง ๆ จะช่วยให้เราสามารถทำแผนที่บริเวณปลูกพืชสำคัญชนิดต่าง ๆ ได้

4.2 การแสดงบริเวณที่มีความชื้นในดินสูงและการหาแหล่งน้ำบนผิวดิน (Soil Moisture and Water Resource Map)

เนื่องจากบริเวณที่มีความชื้นสูงจะดูดแสงในช่วงคลื่นอินฟราเรด ดังนั้นการใช้ภาพจาก Band 7 มาเปรียบเทียบกันระหว่างฤดูฝนกับฤดูแล้ง จะทำให้เราเห็นบริเวณที่มีน้ำขยายตัวและหดตัวได้อย่างชัดเจน ซึ่งอาจจะเป็นประโยชน์ในการแนะนำให้มีการปลูกพืชหลังฤดูทำนาได้

4.3 บริเวณที่กว้างซึ่งยากต่อการวิเคราะห์ด้วยภาพถ่ายทางอากาศ

เนื่องจากภาพจากดาวเทียมภาพหนึ่ง ๆ คลุมบริเวณได้ถึง 185×185 ตร. กม. สภาพภูมิประเทศหลายแห่ง เช่น บริเวณตะกอนรูปพัด (Alluvial Fan) ที่ราบน้ำท่วม (Flood Plain) ที่ราบขั้นบันได (Terrace) และบริเวณชายฝั่งทะเลที่เปลี่ยนแปลงไป สามารถเห็นจากภาพได้ชัดเจนมาก ขณะนี้พบว่า บริเวณตะกอนรูปพัดที่ใหญ่ที่สุดอยู่บริเวณอำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี ทำให้ทราบแหล่งที่มาของตะกอนซึ่งเป็นสารต้นกำเนิดดินของบริเวณเหล่านี้ได้ ทั้งยังเป็นบริเวณที่ทำการเกษตรได้เป็นอย่างดีด้วย

4.4 การใช้คอมพิวเตอร์วิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียม

ได้มีการทดลองเอาแผนที่จากคอมพิวเตอร์ (นำมาจากมหาวิทยาลัยเพอร์ดิว) มาใช้ทดลองแยกประเภทพืชชนิดต่าง ๆ บริเวณพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม ปรากฏว่า ได้ผลแน่นอนและมีความละเอียดมาก สามารถแยกพืชสวนออกจากนาข้าว หมู่บ้านกับที่ดินว่างเปล่าก็สามารถระบุได้ถูกต้อง ดังนั้น ถ้ามีการนำเอาโปรแกรมมหาวิทยาลัยเพอร์ดิวมาใช้กับคอมพิวเตอร์ของสำนักงานสถิติแห่งชาติก็จะเป็นประโยชน์ในทางด้านวิชาการเป็นอย่างมาก

5. สรุปและข้อคิดเห็น

การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียมให้ประโยชน์อย่างมากแก่งานหลายสาขา เพราะภาพจากดาวเทียมภาพหนึ่ง ๆ คลุมบริเวณกว้างขวาง และมีรายละเอียดมากพอสมควร ในอนาคต ถ้ามีการใช้คอมพิวเตอร์มาช่วยในการวิเคราะห์ภาพอย่างจริงจังแล้ว ก็จะยิ่งได้รับประโยชน์มากยิ่งขึ้น.

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

หลวงวิจิตรวาทการในฐานะนักการเมือง

Luang Vichit Vadakan as a Politician

เฉลียว พันธุ์สีดา*
Chaleo Pansida

หลวงวิจิตรวาทการ นับเป็นผู้มีชื่อเสียงและมีความเจริญรุ่งเรืองทางการเมืองเป็นอย่างมากผู้หนึ่ง เคยดำรงตำแหน่งสำคัญ ๆ ทางการเมืองหลายตำแหน่ง เช่น เป็นรัฐมนตรีลอยเมื่อปี พ.ศ. 2480 รัฐมนตรีสังราชการกระทรวงศึกษาธิการ พ.ศ. 2484 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงการต่างประเทศ พ.ศ. 2485 รัฐมนตรีกระทรวงการคลัง พ.ศ. 2494 เป็นรัฐมนตรีว่าการกระทรวงเศรษฐการ....[1] พ.ศ. 2495 และตำแหน่งสุดท้ายทางการเมืองของท่านคือ ตำแหน่งปลัดบัญชาการสำนักนายกรัฐมนตรี พ.ศ. 2502[2]

ชีวิตทางการเมืองของหลวงวิจิตรวาทการนั้น เริ่มในสมัยที่เป็นเลขานุการอยู่ที่สถานทูตไทยกรุงปารีส เพราะงานส่วนใหญ่ของสถานทูตไทยกรุงปารีสในเวลานั้น เป็นงานการเมือง ได้แก่งานปฏิกรรมสงคราม งานสันนิบาตชาติ และงานแก้ไขสนธิสัญญาต่าง ๆ เป็นต้น หลวงวิตรวาทการเขียนไว้ในหนังสือวิธีทำงานและสร้างอนาคต ตอนหนึ่งว่า

> .....ในสมัยที่ข้าพเจ้าเป็นเลขานุการ นอกจากงานประจำของสถานทูตปารีสแล้ว งานอื่นทั้งหลาย ก็ระดมอยู่ที่ปารีส กล่าวคืองานปฏิกรรมสงคราม งานชำระบัญชีชนชาติศัตรูซึ่งเป็นผลแห่งสัญญาแวซายส์ งานสันนิบาตชาติ ซึ่งเป็นงานใหญ่ งานเจรจาสัญญาใหม่กับเยอรมนี ซึ่งสัญญาเก่าสิ้นอายุไป ด้วยการที่เราประกาศสงครามกับเยอรมนี ในสงครามโลกครั้งที่ 1 งานแก้ไขสนธิสัญญาใหม่ซึ่งประเทศไทยได้สิทธิตามสัญญาแวร์ซายส์ เป็นการแก้ไขกับทุกประเทศ...[3]

ดังนั้น หลวงวิจิตรวาทการ จึงมีส่วนร่วมและเกี่ยวข้องกับด้านการเมืองเสมอมา เช่น ได้รับแต่งตั้งให้เป็นผู้แทนเข้าร่วมประชุม "สันนิบาตชาติ" และเป็นผู้เขียนรายงานมายังกระทรวงการต่างประเทศติดต่อกันมาเป็นเวลาถึง 5 ปี บรรดานักการเมืองที่เป็นตัวแทนของประเทศต่าง ๆ ที่มาเข้าร่วมประชุมนั้น ล้วนเป็นคนชั้นหัวหน้าทั้งสิ้น หลวงวิจิตรวาทการ จึงได้รับ

---

* นายเฉลียว พันธุ์สีดา พ.ม., กศ.บ., อนุ บร., อ.ม. (บรรณารักษ์) (จุฬาฯ)

ประสบการณ์ทางการเมือง จากบรรดานักการเมืองทั้งหลายที่เข้าร่วมประชุมกันในสมัยนั้นเป็นอย่างมาก[4] ในหนังสือวิธีทำงานและสร้างอนาคต ตอนหนึ่ง ท่านเขียนไว้ว่า

> .....ในเวลาประชุมใหญ่ของสันนิบาตชาติ ซึ่งประชุมใหญ่ในห้องประชุมใหญ่มหึมา ผู้แทนนานาประเทศอยู่พร้อมกัน ทำให้เรารู้สึกว่าบุคคลสำคัญชั้นที่ 1 ของโลกได้ไปรวมอยู่ในที่นั้น ความรู้ที่เราสามารถจะหาได้จากการประชุม การทำงานในที่ประชุมอย่างนั้น ก็คือ เลียนแบบความเฉลียวฉลาดของนักการเมืองนักการทูตชั้น 1 ที่มาประชุมนั้นมาเป็นประโยชน์แก่เรา เราได้ความรู้ ได้บทเรียนทุก ๆ อย่าง....[5]

สมัยที่รับราชการอยู่ปารีสและลอนดอนนั้น หลวงวิจิตรวาทการ มีเพื่อนสนิทหลายคน และเพื่อนสนิทเหล่านี้ล้วนเป็นผู้ที่ร่วมอยู่ใน "คณะราษฎร์" เกือบทั้งสิ้น บุคคลที่ท่านกล่าวถึงเสมอๆ ได้แก่ หลวงประดิษฐ์ มนูธรรม[6] และ จอมพล ป. พิบูลสงคราม เป็นต้น ซึ่งต่อมาคณะราษฎร์ ก็ทำการปฏิวัติเปลี่ยนแปลงการปกครองประเทศไทยสำเร็จ เมื่อวันที่ 24 มิถุนายน พ.ศ. 2475 ในสมัยแรกเริ่มที่คณะราษฎร์เปลี่ยนแปลงการปกครองได้สำเร็จ หลวงวิจิตรวาทการไม่มีชื่อรวมอยู่ด้วยในคณะรัฐบาลชุดนั้น ต่อมาสมัยจอมพล ป. พิบูลสงคราม เป็นนายกรัฐมนตรี หลวงวิจิตรวาทการ จึงได้เข้าร่วมกับคณะราษฎร์[7]

หลวงวิจิตรวาทการ สนใจการเมืองมาตั้งแต่รับราชการอยู่กรุงปารีสแล้ว แต่บทบาททางการเมืองอย่างจริงจังและกว้างขวางมากขึ้น ในสมัยที่ทำหนังสือพิมพ์อยู่ที่บริษัทไทยใหม่ คือเป็นผู้เขียนบทความทางการเมืองในหนังสือพิมพ์ไทยใหม่ บทความที่เขียนนั้นกว้างขวางออกไปถึงต่างประเทศด้วย[8] เช่น เรื่อง "สงครามและการส่งอาวุธ" ตีพิมพ์ในวันที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2474 "สงครามหรือมิใช่" ตีพิมพ์เมื่อวันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2474 "อิสระภาพของแมนจูเรีย" ตีพิมพ์เมื่อวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2474 "ความยุ่งยากของแมนจูเรีย" ตีพิมพ์เมื่อวันที่ 18 มีนาคม 2474 และ "อนาคตของปัญหาเรื่องจีนและญี่ปุ่น" ตีพิมพ์เมื่อวันที่ 24 มีนาคม พ.ศ. 2474 เป็นต้น[9] นอกจากบทความในหนังสือพิมพ์แล้ว ท่านยังได้เขียนหนังสือเล่มอื่นอีกด้วย เช่น **การเมืองการปกครองของกรุงสยาม** พิมพ์ออกจำหน่ายเมื่อวันที่ 30 กรกฎาคม พ.ศ. 2475 เป็นหนังสือที่ประชาชนสนใจกันมาก จำหน่ายหมดภายในเดือนเดียวเท่านั้น หนังสือเล่มนี้บอกวิธีเล่นการเมืองของท่านไว้ด้วย ความบางตอนของหนังสือเล่มนี้มีว่า

....สยามทั้งประเทศ กำลังสรรเสริญน้ำพระทัยของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว และน้ำใจของคณะราษฎร์อยู่ทั่วกัน การที่คณะราษฎร์ทำการมาโดยละม่อมละไมอย่างที่สุดก็ดี การที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ได้ทรงโปรดประนีประนอมกับคณะราษฎร์ และพระราชทานของขวัญที่ชาวสยามต้องประสงค์มาเป็นเวลานาน คือธรรมนูญก็ดี ย่อมแสดงให้เห็นน้ำใจทั้งสองข้างที่มุ่งหวังแต่ความสงบของบ้านเมือง และสวัสดิภาพของประชาชน

....ข้าพเจ้ามิได้มีเชื้อสายเป็นเจ้า และในเวลาที่เขียนหนังสือเล่มนี้ก็ยังมิได้เข้าเป็นสมาชิกใน "คณะราษฎร์" แต่ในส่วนตัวข้าพเจ้าก็เป็นมิตรกับบุคคลทั้งสองฝ่าย ข้าพเจ้าเคยมีเจ้านายที่เป็นเจ้า และเจ้าหน้าที่เป็นนายของข้าพเจ้าก็เผอิญเป็นเจ้าหน้าที่ดี ส่วนในทาง "คณะราษฎร์" นี้ ผู้ริเริ่มก่อการทั้งหลาย ถึงแม้ข้าพเจ้าจะไม่รู้จักและทราบตัวทั่วไป ก็มีอยู่บางคนที่เป็นเพื่อนของข้าพเจ้า หรืออย่างน้อยข้าพเจ้าก็นับถือเขาเพราะเขาได้เคยมีบุญคุณแก่ข้าพเจ้ามา ฉะนั้นเสียงของข้าพเจ้าที่จะกล่าวอะไรออกไป จึงต้องถือว่าเป็นเสียงของคนกลางที่สุด

หนังสือพิมพ์บางฉบับเขียนว่า คณะราษฎร์นี้ได้ตั้งกันมานานตั้ง 6–7 ปีแล้ว เรื่องนี้สำหรับคนอื่น ๆ ข้าพเจ้าไม่ทราบว่าจะได้คิดเตรียมการกันมาแล้วแต่ครั้งไร แต่สำหรับบุคคลที่ข้าพเจ้ารู้จัก และคุ้นเคยนั้น การที่ว่าได้คิดกันมาตั้ง 6 หรือ 7 ปีนั้น ก็จริงบ้างไม่จริงบ้าง ...[10]

เดือนต่อมา หลวงวิจิตรวาทการ ได้เขียนหนังสือ **คณะการเมือง** ออกมาเล่มหนึ่ง เมื่อวันที่ 31 สิงหาคม 2475 หนังสือเล่มนี้บอกวิธีเล่นการเมืองของหลวงวิจิตรวาทการแจ่มชัดขึ้น ดังข้อความบางตอนต่อไปนี้

....บางท่านคงกล่าวทันทีว่า ข้าพเจ้าเขียนหนังสือเล่มนี้ เพราะคิดจะตั้งคณะการเมือง ข้าพเจ้าไม่ปฏิเสธ ข้าพเจ้าอาจคิดตั้งคณะการเมืองแต่ขออย่าให้มหาชนเข้าใจผิด ถ้าข้าพเจ้าตั้งคณะการเมือง ข้าพเจ้าก็มิได้หลับตาหรือจะซ่อนเร้นทำเป็นความลับอะไร....

....ข้าพเจ้าได้เคยสอบถามความเห็นของท่านที่เป็นผู้ก่อการเปลี่ยนแปลงการปกครอง และเป็นสมาชิกในคณะราษฎร์ดูแล้ว ก็ไม่มีความขัดข้อง

อะไร ที่จะมีคณะการเมืองขึ้นใหม่ ถ้าข้าพเจ้าทำ วิธีดำเนินการของข้าพเจ้าก็จะเป็นไปโดยถูกต้องตามกฎหมาย และแบบแผนของนานาประเทศ ข้าพเจ้ามิได้ทำผิด หรือตั้งใจกระทำผิดกฎหมายข้อใด ถ้าข้าพเจ้าตั้งคณะกรรมการเมืองขึ้น ข้าพเจ้าก็จะอนุโลมตามกฎหมายที่มีอยู่ในบัดนี้ หรือจะมีขึ้นในภายหน้า และปฏิบัติโดยชอบธรรมทุกประการ[11]

ต่อมา หลวงวิจิตรวาทการ กับเพื่อน ๆ หลายคน เช่น พระยาโทณวณิกมนตรี[12] อดีตเสนาบดีกระทรวงการคลัง สมัยสมบูรณาญาสิทธิราชย์ เป็นต้น ร่วมกันตั้งคณะการเมืองขึ้นคณะหนึ่ง ได้ชื่อว่า "คณะชาติ" แต่ตั้งอยู่ไม่นานก็ล้มเลิกไป[13]

งานสำคัญที่ได้ทำในทางการเมือง

ระหว่างสงครามมหาเอเชียบูรพานั้น หลวงวิจิตรวาทการ ได้ทำงานสำคัญทางการเมืองไว้หลายอย่าง ดังปรากฏใน "บันทึกไว้สำหรับลูก" บางตอน เช่น

> ญี่ปุ่นได้ขอยืมเงินใช้ในการทหาร พ่อได้ให้ญี่ปุ่นยอมรับเงื่อนไขว่า ยืมเงินของเราไปเท่าไร จะต้องขายทองให้เราครึ่งจำนวนเงินที่ยืมไป และทองที่ขายให้เรา ก็ต้องขายราคา 4.80 เยนต่อ 1 กรัม คิดตามวิธีคิดของไทย เราก็เพียงบาทละ 72 บาท ซึ่งราคาทองในกรุงเทพฯเวลานั้น แพงถึงบาทละ 200–250 บาท โดยที่ญี่ปุ่นต้องรับเงื่อนไขเช่นนี้ ญี่ปุ่นก็ไม่กล้าเอาเงินจากเราไปใช้ในการทหารมาก ในสมัยที่พ่ออยู่กระทรวงการต่างประเทศ จำได้ว่า ญี่ปุ่นขอยืมเงินครั้งหนึ่ง 18 ล้าน ต้องขายทองให้เรา 9 ล้าน อีกครั้งหนึ่ง 60 ล้าน ต้องขายทองให้เรา 30 ล้าน เมื่อพ่อออกจากกระทรวงการต่างประเทศแล้ว รัฐบาลต้องให้ญี่ปุ่นยืมเงินใช้ในการทหารคราวละ 200 ล้าน 300 ล้าน ในตอนหลัง 400 ล้าน โดยไม่ได้ทองเหมือนอย่างที่พ่อทำ ตกลงทองของเราที่มีอยู่ในประเทศญี่ปุ่น เป็นทองที่พ่อซื้อได้ทั้งนั้น และขนเอาไปกรุงเทพฯ ได้สองตันที่เหลือนั้นยังตกค้างอยู่ที่ประเทศญี่ปุ่นก็เป็นสมบัติของเรา ซึ่งทางอเมริกาได้ควบคุมไว้ให้ ราคาทองในกรุงเทพฯ เวลานี้ตั้งบาทละ 500 บาท แปลว่าเรามีกำไร 7-8 เท่า เรื่องเงินและทองนี้ไม่มีใครทำได้อย่างที่พ่อทำ

ญี่ปุ่นต้องการใช้สถานทูตอังกฤษในกรุงเทพฯ เป็นที่ทำการสถานอัครราชทูตญี่ปุ่น ฯพณฯ นายกรัฐมนตรี ไม่ยอม พ่อก็ได้โต้แย้งต้านทานญี่ปุ่นไว้ได้ และตลอดเวลาที่พ่ออยู่ในกระทรวงการต่างประเทศ ญี่ปุ่นเมิได้ใช้สถานทูตอังกฤษ ภายหลังที่พ่อพ้นตำแหน่งรัฐมนตรีว่าการกระทรวงการต่างประเทศ แล้วญี่ปุ่นจึงใช้สถานทูตอังกฤษเป็นที่ทำการสถานทูตญี่ปุ่น

ญี่ปุ่นขอตั้งคณะกรรมการเศรษฐกิจในประเทศไทย ให้มีลักษณะเป็นกรรมการผสม ประกอบด้วยกรรมการญี่ปุ่น ไทย สำหรับปรึกษาพิจารณาและดำเนินการเกี่ยวกับความสัมพันธ์ ทางเศรษฐกิจระหว่างไทยญี่ปุ่น รัฐบาลเห็นว่าไม่ควรยอม พ่อก็ได้โต้แย้งกับญี่ปุ่น จนญี่ปุ่นเลิกล้มความคิดอันนั้

ญี่ปุ่นได้พยายามหนักหนา ที่จะให้เราสอนภาษาญี่ปุ่นในโรงเรียนต่าง ๆ ทั่วประเทศ โดยให้ภาษาญี่ปุ่นเป็นภาษาต่างประเทศที่บังคับเรียนแทนภาษาอังกฤษ ฯพณฯ ท่านนายกรัฐมนตรีไม่ยอม พ่อก็ได้โต้แย้งให้ญี่ปุ่นเลิกพูดเรื่องนี้ได้

ญี่ปุ่นได้พยายามอย่างยิ่งที่จะให้เลิกใช้วิทยุคลื่นสั้นของบุคคลทั่วไป โดยที่ญี่ปุ่นจะรับหาวิทยุคลื่นยาวมาแทนให้ และจะเก็บเครื่องวิทยุสั้นให้หมด พ่อได้โต้แย้งเป็นผลสำเร็จและชาวไทยเราสามารถใช้วิทยุคลื่นสั้นมาได้ตลอดสงคราม

ในสัญญาเรื่องวัฒนธรรม มีบทบัญญัติให้ตั้งคณะกรรมการวัฒนธรรมประจำประเทศไทยและญี่ปุ่น เป็นกรรมการผสม คือทางประเทศญี่ปุ่นก็ให้มีกรรมการคณะหนึ่ง ซึ่งประกอบด้วยคนญี่ปุ่นและคนไทย และทางประเทศไทยก็ให้มีคณะกรรมการคณะหนึ่ง ซึ่งประกอบด้วยคนไทยและคนญี่ปุ่น สัญญาฉบับนี้ได้ลงนามและสัตยาบันกันแล้ว แต่ครั้นถึงเวลาตั้งคณะกรรมการสภาวัฒนธรรม ไม่เห็นด้วย และขอให้พ่อหาทางหลีกเลี่ยงไม่ตั้งคณะกรรมการนี้ ความจริงเราไม่มีทางจะหลีกเลี่ยงได้ เพราะเป็นบทบัญญัติในสัญญา แต่พ่อก็หาทางหลีกเลี่ยงจนได้ และพ่อสามารถทำให้ญี่ปุ่นเลิกความคิดเรื่องตั้งกรรมการนี้....[14]

ผลงานดีเด่นทางการเมืองอีกด้านหนึ่งของ หลวงวิจิตรวาทการ คือ เรื่องการปลูกฝังประชาชนให้รักชาติ ได้ประสบผลสำเร็จเป็นอย่างดีทั้งทางบทละครประวัติศาสตร์ เช่น เรื่องพ่อขุนผาเมือง พระเจ้ากรุงธนบุรี อานุภาพพ่อขุนรามคำแหง และอานุภาพแห่งความรัก เป็นต้น และบทเพลง โดยเฉพาะบทเพลงนั้นได้รับความนิยมสูงสุด และยังเป็นที่นิยมกันอยู่ในปัจจุบัน เช่น เพลงรักเมืองไทย เพลงแหลมทอง เพลงต้นตระกูลไทย เป็นต้น

หลวงวิจิตรวาทการ ได้ชื่อว่าเป็นนักชาตินิยมอย่างแรงกล้า[16] เรื่องชาตินิยมนั้น พันเอก เสรี ไชยสุต เขียนไว้ใน "คำของสมาคมผู้ปกครองและครูสตรีวิทยา" ว่า "พลตรีหลวงวิจิตรวาทการ เป็นนักชาตินิยมยอดเยี่ยม" และหลวงวิจิตรวาทการเอง ได้กล่าวไว้ในคำบรรยายเรื่อง "ชาติกับศาสนา" ว่า

> อัยการก็ส่งตัวข้าพเจ้าฟ้องศาลฐานเป็นอาชญากรสงคราม ข้าพเจ้าได้อ่านคำฟ้องของ อัยการตั้งข้อหาหลายประเด็น ประเด็นแรกคือว่า ข้าพเจ้าเป็นชาตินิยมอย่างแรงกล้า คราวนี้ข้าพเจ้าเริ่มเข้าใจว่า กาลสมัยและสภาพการณ์ของโลกได้เปลี่ยนแปลงไป การรักชาตินิยมชาติของตัวเองกลายเป็นความผิดร้าย เป็นอาชญากรรมไปเสียแล้ว เพราะคำให้การทั้งหลาย ข้าพเจ้าเป็นตัวการเรื่องปลูกฝังชาตินิยมในประเทศไทย บทประพันธ์ บทเพลง บทละคร ที่ข้าพเจ้าแต่งปลุกใจให้รักชาตินั้นเป็นพยาน เอกสารที่ข้าพเจ้าไม่สามารถปฏิเสธได้ เคราะห์ดีที่ศาลฎีกาวินิจฉัยว่า พระราชบัญญัติอาชญากรสงครามเป็นโมฆะ เรื่องจึงเลิกกันไป....[17]
>
> ....ลัทธิอันเดียวในโลกนี้ที่น่าจะเป็นป้อม ปราการ ป้อง กัน ความ ระบาดของคอมมิวนิสต์คือ "ลัทธิชาตินิยม" ....[18]

ชีวิตการเมืองของ หลวงวิจิตรวาทการ นั้น มีทั้งรุ่งโรจน์และตกอับ คราวตกอับครั้งสำคัญคือ สมัยถูกจับกรณีอาชญากรสงคราม ท่านต้องออกจากราชการ และพ้นตำแหน่งต่าง ๆ ไปชั่วระยะเวลาหนึ่ง และด้วยเหตุผลทางการเมืองอีกเช่นกัน ที่ทำให้ท่านได้กลับเข้ารับราชการร่วมกับคณะรัฐบาล จอมพล ป. พิบูลสงคราม อีก[19] และครั้งนี้ชีวิตทางการเมืองของท่านกลับรุ่งโรจน์ขึ้น เช่น ได้รับแต่งตั้งเป็นรัฐมนตรีว่าการกระทรวงการต่างประเทศ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงการคลัง และรัฐมนตรีว่าการกระทรวงเศรษฐการ เป็นต้น หลังจากนั้นก็ไปดำรงตำแหน่งอัครราชทูต และเอกอัครราชทูตตามลำดับ ถึงแม้รัฐบาลจอมพล ป. พิบูล-

สงคราม ต้องหมดอำนาจลง หลวงวิจิตรวาทการ ก็ยังคงรุ่งโรจน์อยู่ และรุ่งโรจน์ที่สุดในสมัยที่ดำรงตำแหน่งปลัดบัญชาการสำนักนายกรัฐมนตรีของรัฐบาลจอมพลสฤษดิ์ ธนะรัชต์

ตำแหน่งทางการเมืองครั้งสุดท้ายในชีวิตของท่าน คือตำแหน่งปลัดบัญชาการสำนักนายกรัฐมนตรี ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ตั้งขึ้นครั้งแรกในการบริหารราชการแผ่นดินของประเทศไทย ตำแหน่งนี้มีความสำคัญทางการเมืองมาก เพราะต้องทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยนายกรัฐมนตรี ต้องรับทราบนโยบายการปกครองประเทศทุกด้าน มีหน้าที่สั่งราชการ แทนนายกรัฐมนตรีในบางเรื่อง มีราชการพิเศษที่ต้องรับผิดชอบทั้งราชการทั่วไป และราชการลับมากมาย งานในตำแหน่งปลัดบัญชาการนี้นับว่าสำคัญมาก ขณะที่หลวงวิจิตรวาทการ ดำรงตำแหน่งนี้ ท่านปฏิบัติหน้าที่ดังกล่าวเพียงผู้เดียว แต่เมื่อท่านถึงแก่กรรมไปแล้ว งานในหน้าที่นี้ ได้เพิ่มผู้รับผิดชอบขึ้นปฏิบัติหน้าที่แทนท่านถึง 4 ฝ่ายด้วยกันคือ

1. ประธานที่ปรึกษานายกรัฐมนตรี
2. ที่ปรึกษาฝ่ายต่างประเทศ
3. ที่ปรึกษาฝ่ายเศรษฐกิจและการคลัง
4. ที่ปรึกษาฝ่ายวัฒนธรรมประวัติศาสตร์และโบราณคดี [20]

แม้ชีวิตทางการเมืองส่วนใหญ่ของหลวงวิจิตรวาทการ จะประสบความเจริญรุ่งเรืองมาตลอดก็ตาม แต่ท่านก็มีความเห็นว่า การเมืองเป็นสิ่งที่ไม่แน่นอน และความไม่แน่นอนทางการเมืองนี้ ท่านได้เขียนไว้ใน "บันทึกไว้สำหรับลูก" ตอนหนึ่งว่า "การเมือง เป็นเรื่องยุ่งยากและมีความแปรผันอยู่เป็นนิจ.... [21] นอกจากนี้ท่านได้เขียนไว้ใน "ชีวิตกับสำนัก" ว่า

> ยิ่งในทางการเมืองแล้ว ยิ่งมีความไม่เที่ยงแท้แน่นอนที่สุด และรู้ไม่ได้ว่าจะมีอะไรเกิดขึ้นเมื่อใด มนุษย์เป็นสัตว์การเมือง ไม่มีใครสามารถหลีกเลี่ยงการเมืองให้พ้นได้ การไม่เล่นการเมือง ไม่แปลว่าจะพ้นภัยการเมืองเสมอไป มีสุภาษิตการเมืองอยู่ข้อหนึ่งว่า ถึงแม้ท่านไม่เล่นการเมือง การเมืองเขาก็อาจจะเล่นท่านได้.... [22]

นอกจากเขียนไว้แล้ว หลวงวิจิตรวาทการ ยังได้กล่าวไว้ด้วยว่า "การเมืองนั้น ถ้าเราไม่เล่นมัน มันมักจะเล่นเราเข้าเอง จึงต้องเล่นมันเสียก่อน ที่มันจะเล่นเรา" [33]

จากที่ได้กล่าวมานี้ แสดงให้เห็นว่าชีวิตการเมืองของ หลวงวิจิตรวาทการ นั้น เจริญรุ่งเรืองมาเป็นลำดับจนกระทั่งถึงแก่กรรม.

เอกสารอ้างอิง

[1] ปัจจุบันคือกระทรวงพาณิชย์

[2] กรมศิลปากร, "ประวัติราชการของพลตรีหลวงวิจิตรวาทการ," ใน **วิจิตรวาทการอนุสรณ์ เล่ม 2** พระนคร, สำนักนายกรัฐมนตรี, 2505 หน้า 5–6

[3] หลวงวิจิตรวาทการ, **วิธีทำงานและสร้างอนาคต**, พิมพ์ครั้งที่ 5 พระนคร เสริมวิทย์บรรณาคาร, 2511. หน้า 20–1.

[4] สัมภาษณ์ อาจารย์เสฐียร พันธรังษี

[5] หลวงวิจิตรวาทการ, เรื่องเดิม, หน้า 100

[6] ปัจจุบันคือ ดร. ปรีดี พนมยงค์

[7] เสฐียร พันธรังษี เรื่องเดิม

[8] สัมภาษณ์ นายเฉลิม วัฒนปฤดา หัวหน้ากองในกระทรวงการต่างประเทศ กรมพิธีการทูต (น้องชายต่างมารดาของหลวงวิจิตรวาทการ)

[9] หลวงวิจิตรวาทการ, **ประมวลเรื่องการเมืองต่างประเทศ** พระนคร โรงพิมพ์พระจันทร์, 2478, หน้า 1–57

[10] หลวงวิจิตรวาทการ "ข้อความเบื้องต้น" **การเมืองการปกครองของกรุงสยาม** พระนคร, โรงพิมพ์ไทยใหม่, 2475, หน้า 7–10

[11] เรื่องเดียวกัน หน้า 53-5

[12] วิสุทธิ์ โทณวณิก

[13] เสฐียร พันธรังษี "พลตรีหลวงวิจิตรวาทการปลัดบัญชาการสำนักนายกรัฐมนตรี" หน้า 55 อ้างจาก หลวงวิจิตรวาทการ, **คณะการเมือง**, พระนคร, โรงพิมพ์ไทยใหม่, 2475.

[14] หลวงวิจิตรวาทการ, "บันทึกไว้สำหรับลูก," **วิจิตรวาทการอนุสรณ์ เล่ม 2.** พระนคร, สำนักนายกรัฐมนตรี, 2505. หน้า 209–11.

[15] สัมภาษณ์ อาจารย์เสฐียร พันธรังษี.

[16] เรื่องเดียวกัน.

[17] เสรี ไชยสุต, "คำของสมาคมผู้ปกครองและครูสตรีวิทยา," เลือดสุพรรณ ใน

วิจิตรวาทการอนุสรณ์ เล่ม 2. หน้า 13. อ้างจากหลวงวิจิตรวาทการ, คำบรรยายเรื่อง "ชาติกับศาสนา"

[18] เรื่องเดียวกัน, หน้า 12.

[19] ยศ วัชรเสถียร, **ความเป็นมาของการประพันธ์และนักประพันธ์ของไทย.** พระนคร, แพร่พิทยา, 2506. หน้า 138–40.

[20] สัมภาษณ์ นายชิน ชุมรุม. อดีตเลขานุการส่วนตัวของหลวงวิจิตรวาทการ.

[21] หลวงวิจิตรวาทการ, "บันทึกไว้สำหรับลูก," หน้า 207.

[22] หลวงวิจิตรวาทการ, "ชีวิตกับสำนัก," วิจิตรวาร ใน **วิจิตรวาทการอนุสรณ์ เล่ม 1**. พระนคร, สำนักนายกรัฐมนตรี, 2505. หน้า 29.

[23] คำกล่าวนี้มีอิทธิพลต่อนักการเมืองคนสำคัญ ๆ ของไทยในสมัยหลังหลายคน เช่น นายควง อภัยวงศ์ เป็นต้น.

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

การค้นพบดาวพระเคราะห์โดยอาศัยการคำนวณ(ตอน2)

Finding The Planets by Calculation

ชัยวัฒน์ คุประตกุล
Shaiwatana Kuprataku1n

บี๋ทมา : สวัสดี๋ค่ะ คุณธาตรี๋

ธาตรี๋ : สวัสดีครับ คุณบี๋ทมา

บี๋ทมา : วันนี้ ต้องขอให้คุณธาตรีเล่าเรื่องการค้นพบดาวเกตุ และดาวยมโดยอาศัยการคำนวณต่อจากคราวที่แล้วนะคะ

ธาตรี๋ : ยินดีครับ แต่คราวที่แล้วผมเล่าถึงไหนแล้วครับ คุณบี๋ทมาจำได้ไหมครับ

บี๋ทมา : จำได้ค่ะ คราวที่แล้วคุณธาตรีเล่าให้ฟังแล้วว่า เนื่องจากการที่ดาวมฤตยูมีวิถีทางโคจรผิดไปจากทางโคจรที่นักดาราศาสตร์ได้คำนวณไว้ ทำให้อาดัมส์ซึ่งเป็นนักดาราศาสตร์ชาวอังกฤษ และเลอแวริแอร์ ซึ่งเป็นนักดาราศาสตร์ชาวฝรั่งเศสเชื่อว่าต้องมีดาวพระเคราะห์ดวงที่ 8 อยู่ถัดจากดาวมฤตยู ซึ่งเป็นดาวพระเคราะห์ดวงที่ 7 ออกไปจากดวงอาทิตย์ และทั้ง 2 คนนี้ ก็ได้พยายามคำนวณหาตำแหน่งของดาวพระเคราะห์ดวงที่ 8 โดยอาศัยข้อมูลต่าง ๆ ที่มีอยู่แล้วของดวงอาทิตย์ และดาวพระเคราะห์ทั้ง 7 ดวงที่ค้นพบอยู่ก่อนแล้ว.....คราวนี้บี๋ทมาก็อยากจะให้คุณธาตรีเล่าต่อค่ะว่า ดาวพระเคราะห์ดวงที่ 9 หรือดาวเกตุนี้ ได้รับการค้นพบอย่างไรในที่สุด

ธาตรี๋ : คุณบี๋ทมาจำได้แม่นยำดีมากครับ.....เอาละครับ ผมจะเล่าต่อ.....

นักดาราศาสตร์ชาวอังกฤษที่ชื่อว่า อาดัมส์ได้ลงมือทำการคำนวณก่อนเลอแวริแอร์ เขาได้ใช้ความพยายามถึง 2 ปี จึงได้ตัวเลขแสดงตำแหน่งในท้องฟ้า ที่ดาวพระเคราะห์ดวงที่ 8 ควรจะอยู่ ซึ่งจะทำให้ทางโคจรของดาวมฤตยูเป็นไปตามความเป็นจริง อาดัมส์ได้ส่งผลการคำนวณของเขาไปให้แก่ จอร์ช แอรี่ (GEORGE AIRY) ซึ่งเป็นนักดาราศาสตร์คนสำคัญที่สุดคนหนึ่งของประเทศอังกฤษในสมัยนั้น

บี๋ทมา : แล้วผลเป็นอย่างไรคะ?

---

* ผศ. ดร. ชัยวัฒน์ คุประตกุล BSc. (Hons), Ph.D. Solid State Physics (Monosh Univ.)
ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายวิชาการ คณะวิทยาศาสตร์—อักษรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ธาตรี : อาดัมส์ได้รับความผิดหวังมากทีเดียวครับ เพราะแอรี่ไม่ยอมรับผลการคำนวณของอาดัมส์ อันเป็นผลให้ไม่มีการค้นหาดาวพระเคราะห์ดวงที่ 8 ตามผลการคำนวณของอาดัมส์อย่างจริงจังในประเทศอังกฤษ

ปทุมา : เอ๊ะ!..... เพราะเหตุใดคะแอรี่จึงไม่ยอมรับผลการคำนวณของอาดัมส์

ธาตรี : ก็เพราะว่า แอรี่เชื่อว่า การที่ดาวมฤตยูไม่โคจรไปในวิถีทางที่คำนวณไว้ก็เพราะว่าทฤษฎีของนิวตันเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ และกฎของเค็ปเล่อร์ว่าด้วยการเคลื่อนที่ของดวงดาวที่ใช้ในการคำนวณนั้น **ผิด** นั่นเองครับ

ปทุมา : ผลการคำนวณของนักดาราศาสตร์ชาวฝรั่งเศส เลอแวริแอร์เล่าคะเป็นอย่างไรบ้าง ?

ธาตรี : เลอแวริแอร์นั้นโชคดีกว่าอาดัมส์มาก เขาได้ใช้หลักเกณฑ์คล้ายคลึงกันกับของอาดัมส์คำนวณหาตำแหน่งของดาวพระเคราะห์ดวงที่ 8 หรือดาวเกตุได้ผลออกมาคล้ายคลึงกันกับผลการคำนวณของอาดัมส์ เมื่อได้ผลการคำนวณออกมา เลอแวริแอร์ได้ส่งผลการคำนวณของเขาไปให้ เจ.จี. กอลลี่ (**J.G. GALLE**) นักดาราศาสตร์คนสำคัญคนหนึ่งของเยอรมัน

ปทุมา : ทำไม เลอแวริแอร์จึงส่งผลการคำนวณของเขาไปให้แก่นักดาราศาสตร์ประเทศอื่นเล่าคะ ทำไมเขาจึงไม่ค้นหาเสียเองเพื่อจะได้ชื่อว่าเป็นผู้ที่ค้นพบดาวพระเคราะห์ดวงใหม่อย่างแท้จริงและพบในประเทศของเขาเอง อันจะนำชื่อเสียงมาสู่ประเทศของเขาล่ะคะ ?

ธาตรี : ที่เลอแวริแอร์ส่งผลการคำนวณของเขาไปให้กอลลี่ที่เยอรมัน ก็เพราะว่าอากาศในเยอรมันระยะนั้นดีกว่าฝรั่งเศสและกอลลี่ก็ยังมีผังดวงดาวของท้องฟ้าแถบที่ เลอแวริแอร์ได้คำนวณว่า ดาวเกตุจะอยู่ ณ จุดนั้น ๆ ดีกว่าของฝรั่งเศสเองครับ

ปทุมา : แล้วผลเป็นอย่างไรคะ ?

ธาตรี : ได้ผลทันตาเห็นทีเดียวครับ เพราะกอลลี่ได้รับผลการคำนวณจากเลอแวริแอร์ในวันที่ 3 เดือนกันยายน พ.ศ. 2389 และในคืนเดียวกันนั้นเอง กอลลี่ก็ได้ตั้งกล้องโทรทัศน์ส่องดูดวงดาวในท้องฟ้าแถบเลอแวริแอร์ ได้คำนวณว่า จะพบดาวเกตุและกอลลี่ก็ได้พบดาวเกตุจริงในคืนนั้น....ส่วนในประเทศอังกฤษ นักดาราศาสตร์เริ่มจะสนใจในผลการคำนวณของอาดัมส์มากขึ้น และเริ่มทำการค้นหาอย่างจริงจัง และในที่สุด

นักดาราศาสตร์ของอังกฤษก็ยังค้นพบดาวเกตุเช่นกัน ณ ตำแหน่งที่อาดัมส์ได้คำนวณไว้ แต่เป็นภายหลังการค้นพบดาวเกตุโดยกอลลีครับ

บัทมา : ดาวเกตุนี้มีขนาดใหญ่โตสักแค่ไหนคะ ?

ธาตรี : ดาวเกตุนี้มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 27,700 ไมล์ ซึ่งมากกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางของโลกเกือบ 4 เท่า แต่เนื่องจากอยู่ไกลจากโลกมากถึงประมาณ 2,800 ล้านไมล์ ดังนั้น ถ้านักดาราศาสตร์ไม่ได้ใช้การคำนวณช่วยแล้ว ก็จะค้นพบได้ยากมาก

บัทมา : ก็เป็นอันว่า อาดัมส์คำนวณตำแหน่งของดาวเกตุได้ก่อนเลอแวริแอร์ แต่ผลการคำนวณของเลอแวริแอร์ได้รับผลสำเร็จก่อน.....เอ้อ! แล้วในระหว่าง 2 คนนี้ ใครได้รับเกียรติว่าเป็นผู้มีส่วนช่วยในการค้นพบดาวเกตุมากกว่ากันล่ะคะ!

ธาตรี : ในระยะแรก ๆ ก็มีการถกเถียงกันวุ่นวายในระหว่างนักดาราศาสตร์ว่า อาดัมส์ หรือ เลอแวริแอร์ ควรจะได้รับเกียรติในการค้นพบดาวเกตุมากกว่ากัน แต่ในปัจจุบันนี้ ทั้งอาดัมส์และเลอแวริแอร์ ได้รับการยกย่องเท่า ๆ กันแหละครับ

บัทมา : อย่างนี้ยุติธรรมดีค่ะ.....คราวนี้ บัทมา อยากให้คุณ ธาตรี หันมาเล่าเรื่องการค้นพบดาวพระเคราะห์ดวงที่ 9 หรือดาวยมค่ะ

ธาตรี : ได้ครับ การค้นพบดาวยมหรือดาวพลูโตนี้ ก็อาศัยหลักเกณฑ์เดียวกันกับการค้นพบดาวเกตุนั่นแหละครับ กล่าวคือ เมื่อนักดาราศาสตร์ค้นพบดาวเกตุแล้ว และทราบลักษณะโดยทั่ว ๆ ไป คือขนาดและมวลแล้ว ก็ได้คำนวณเส้นทางโคจรของดาวเกตุ และติดตามดูความเคลื่อนไหวของดาวเกตุต่อไป และแล้วก็พบว่าประวัติศาสตร์ซ้ำรอยนั่นคือ วิถีการโคจรของดาวเกตุ และรวมทั้งวิถีทางโคจรของดาวมฤตยูเองก็ยังไม่เป็นไปตามผลการคำนวณ

บัทมา : ดังนั้น นักดาราศาสตร์จึงเชื่อกันว่า ต้องมีดาวพระเคราะห์มากกว่า 8 ดวง ที่ค้นพบแล้ว ถูกต้องไหมคะ ?

ธาตรี : ถูกต้องครับ เพอซิวอล โลเวล (**PERCIVAL LOWELL**) และ วิลเลี่ยม **H.** พิคเคอริง (**WILLIAM H. PICKERING**) นักดาราศาสตร์อเมริกัน 2 คน ได้เริ่มการคำนวณตำแหน่งขนาดและมวลของดาวพระเคราะห์ดวงใหม่นี้

บัทมา : แล้วก็ค้นพบดาวยมจริง ใช่ไหมคะ ?

ธาตรี : ยังไม่ใช่ครับ การค้นหาดาวยมหรือดาวพลูโตนี้ยากกว่าการค้นหาดาวเกตุมาก โลเวลได้พยายามค้นหาดาวพระเคราะห์ดวงใหม่จากผลการคำนวณของเขาเอง ที่หอดูดาวขนาดใหญ่ และทันสมัยที่มีชื่อว่า หอดูดาวโลเวล ตามชื่อของเขาอยู่หลายปี จนกระโลเวลถึงแก่ความตายในปี พ.ศ. 2459 หลังจากนั้น นักดาราศาสตร์หนุ่มคนหนึ่งชื่อไคลด์ ทอมโบ (**Clyde Tombaugh**) ก็รับช่วงงานการค้นหาดาวพระเคราะห์ดวงใหม่ต่อจาก โลเวล ทอมโบ ได้ใช้ความพยายามและความอุตสาหะอย่างเยี่ยมยอดอยู่ถึง 15 ปี ทำการถ่ายภาพดวงดาวในท้องฟ้า เป็นจำนวนหลายพันภาพ

ปัทมา : และในที่สุดก็ค้นพบดาวยมจริง ดาวนี้ใช่ไหมคะ ?

ธาตรี : ถูกต้องครับ ทอมโบค้นดาวยมหรือดาวพลูโตในที่สุดเมื่อปี พ.ศ. 2473 ครับ

ปัทมา : รู้สึกว่าดาวยมจะค้นพบยากกว่าดาวเกตุมาก เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้นคะ ?

ธาตรี : ที่ดาวยมค้นพบยากนั้นก็เนื่องมาจากเหตุผลสำคัญ 2 ข้อ คือ ข้อหนึ่ง ดาวยมมีขนาดเล็กมาก คือมีเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงประมาณ 2,000 ไมล์ ซึ่งน้อยกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางของโลกประมาณ 4 เท่าทีเดียวครับ อีกข้อหนึ่งก็คือตำแหน่งของดาวยมในท้องฟ้านั่นเอง กล่าวคือ ดาวยมอยู่ในกลุ่มดาวซึ่งมีดาวอยู่หนาแน่นมากเป็นพิเศษ การค้นหาจึงเป็นไปอย่างลำบากยิ่ง และก็เป็นอันว่าดาวยมหรือดาวพลูโตนี้เป็นดาวพระเคราะห์ดวงที่สองที่ได้รับการค้นพบ โดยอาศัยการคำนวณเป็นเครื่องช่วย ซึ่งแสดงให้เห็นความสำคัญของการคำนวณอย่างเด่นชัดทีเดียว ในทางวิทยาศาสตร์... .... เอ้อ! คุณธาตรีคะ ปัทมาอยากจะถามต่ออีกสักนิดหนึ่งว่า ในปัจจุบันนี้เราทราบแน่หรือยังคะว่าจะมีดาวพระเคราะห์ของระบบสุริยะเพียง 9 ดวงที่ค้นพบแล้ว หรือว่าอาจจะมีดาวพระเคราะห์มากกว่า 9 ดวงคะ

ธาตรี : ในขณะนี้ นักดาราศาสตร์ส่วนมากเชื่อกันว่าระบบสุริยะของเรานี้ คงจะมีดาวพระเคราะห์เพียง 9 ดวง แต่นักดาราศาสตร์ทั้งหลายกำลังติดตามดูความเคลื่อนไหวของดาวพระเคราะห์ทั้งหลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ดาวพระเคราะห์ที่อยู่รอบนอกสุดคือดาวยม ดาวเกตุ และดาวมฤตยุ ตลอดเวลาว่าจะมีวิถีทางโคจรเบี่ยนไปตามการคำนวณโดยอาศัยข้อมูลของระบบสุริยะที่ทราบอยู่ ในปัจจุบันนี้ว่ามีดาวพระเคราะห์อยู่แล้ว 9 ดวงหรือไม่ ถ้าผิดแผกไปมากก็แสดงว่าอาจจะมีดาวพระเคราะห์ที่ยังค้นไม่พบอีก

ปัทมา : อีกนานไหมคะ นักดาราศาสตร์จึงจะทราบว่า จะมีดาวพระเคราะห์ดวงที่ 10 หรือไม่

ธาตรี : อีกหลายปีครับ อาจจะเป็นเกือบร้อยปีทีเดียว กว่าที่นักดาศาสตร์จะสังเกตวิถีทางโคจรของดาวยมและดาวเกตุได้มากพอที่จะบอกว่าจะมีดาวพระเคราะห์ดวงที่ 10 หรือไม่ครับ

ปัทมา : ถ้ามีดาวพระเคราะห์ดวงที่ 10 จริง คำภาษาไทยที่เรียกดาวบริวารของดวงอาทิตย์ของเราว่า **ดาวนพเคราะห์** ซึ่งแปลว่าดาวพระเคราะห์ 9 ดวง ก็คงใช้ไม่ได้ซิคะ

ธาตรี : ก็คงจะเป็นอย่างนั้นครับ เราอาจจะต้องเรียนใหม่เป็นดาว **ทศเคราะห์** ก็ได้ถ้าเกิดมีดาวพระเคราะห์ดวงที่ 10 จริงครับ

แนะนำหนังสืออ่านเพิ่มเติม

Above And Beyond : The Encyclopedia of Aviation And Spuce Science Horizon Publ, 1968 (A 4–Volume Set)

Pickering, J.S., 1001 Queations Anwsered About Astowomy, Grosset & Dunlap Publ., 1958

เมฆฝน
CLOUDS

สุพล บริพันธุ์
Supon Boriphan

บทย่อ มีความจำเป็นที่จะต้องศึกษากระบวนการต่าง ๆ เกี่ยวกับเมฆ – ฝน เมฆฝนชนิดต่าง ๆ เกิดขึ้นได้อย่างไร ซึ่งเป็นหลักการณ์ที่นำมาประยุกต์ใช้ในการทำฝนเทียมเพื่อเพิ่มปริมาณน้ำจืด

เมฆฝน

ในช่วงระยะเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม จะมีฝนตกอยู่ทั่วประเทศไทย ก่อนที่ฝนจะตกนั้นเราจะเห็นว่าท้องฟ้ามืดครึ้มไปเพราะมีเมฆที่หนาแน่นมากและลอยอยู่ต่ำ ๆ บดบังแสงอาทิตย์ไว้ เราทุกคนย่อมเคยเห็นเมฆเสมอ นอกจากบางวันที่ท้องฟ้าแจ่มใสไม่มีเมฆเลยแม้แต่ก้อนเดียว ซึ่งก็จะมีวันเช่นนั้นน้อยมากในรอบปีหนึ่ง ๆ เมฆที่เราเห็นกันนั้นแม้ว่าเราจะรู้จักดี แต่จะหาผู้รู้จักเมฆอย่างจริงจังน้อยมาก โดยมากมีแต่นักอุตุนิยมวิทยาและผู้สนใจเท่านั้นที่จะรู้จักเมฆเป็นอย่างดี เพื่อที่จะให้รู้จักเมฆดีขึ้น เราต้องหันมาดูก่อนว่าเมฆนั้นเกิดขึ้นได้อย่างไร ?

ในวัฏจักรของน้ำที่หมุนเวียนอยู่ในโลกนี้ ทุกคนรู้จักดีว่าน้ำระเหยจากสภาพของเหลวกลายเป็นก๊าซ โมเลกุลของน้ำล่องลอยปะปนขึ้นไปในบรรยากาศ เมื่อมีปริมาณมากเข้าจับกลุ่มรวมกันเป็นเมฆและกลายเป็นฝนบ้าง ลูกเห็บบ้าง หิมะบ้างตกลงสู่ผิวโลกอีกวนเวียนกันเช่นเช่นนี้ชั่วกัปป์ชั่วกัลป์ เรารู้กันเพียงเท่านี้เป็นส่วนใหญ่แต่ความจริงแล้วในการเกิดเมฆนั้นมีกระกระบวนการที่น่าสนใจ และจากความรู้ถึงกระบวนการนี้นี่เอง ที่นักวิทยาศาสตร์สามารถทำฝนเทียมได้ นอกจากนี้เมฆยังแบ่งออกเป็นประเภทต่าง ๆ หลายประเภท ตามลักษณะการเกิดของมัน

ทำไมนักอุตุนิยมวิทยาจึงต้องศึกษาเรื่องราวเกี่ยวกับเมฆอย่างละเอียด ? กับปัญหาข้อนี้ เราต้องหันมาดูก่อนว่า น้ำมีความสำคัญอย่างไรต่อชีวิตทุกรูปทุกนาม น้ำที่เราใช้อย่างจำเป็นแก่ชีวิตนั้น หมายถึงน้ำจืดไม่ใช่น้ำเค็มเช่นน้ำในมหาสมุทร แหล่งสำคัญที่ให้น้ำจืดแก่เรานั้นก็คือ "**ฝน**" เพียงอย่างเดียว จากน้ำฝนที่ตกลงมาจากท้องฟ้า จะกลายเป็นแม่น้ำลำธาร เป็นน้ำที่ขังอยู่ตามห้วย หนอง คลอง บึงต่าง ๆ ส่วนที่ซึมลงไปอยู่ในระหว่างชั้นหินในระดับลึกจากผิวโลกมาก ๆ สักหน่อยก็เป็นน้ำบาดาลที่เราขุดเจาะนำมาใช้กัน

* อ. สุพล บริพันธุ์ ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ที่จริงแล้วเนื้อที่ $\frac{3}{4}$ ของโลก จะเป็นบริเวณที่มีน้ำ คือมหาสมุทร ดูเผิน ๆ คล้ายกับว่าแหล่งน้ำใช้สำหรับสำหรับชาวโลกนั้นมีอย่างเหลือเฟือ แต่เป็นที่น่าเสียดาย เพราะน้ำนั้นเป็นน้ำเค็มที่เราจะนำมาใช้ประโยชน์โดยตรงยาก ต้องทำเป็นน้ำจืดเสียก่อนจึงจะใช้ได้

จากการสำรวจปริมาณน้ำในโลกนี้ พบว่า ปริมาณของน้ำนั้นอยู่ที่ที่ต่าง ๆ ด้วยปริมาณต่าง ๆ กัน ตามตารางที่แสดงข้างล่างนี้

สถานที่	ตัน	% ของทั้งหมด
มหาสมุทร	9.5×10^{17}	94.9
กลาเซียร์และน้ำในดิน	5×10^{16}	5
แม่น้ำและทะเลสาป	10^{14}	0.01
ในบรรยากาศ	10^{13}	0.001

จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า สัดส่วนของน้ำในโลกที่จำเป็นต่อชีวิตบนภาคพื้นทวีปนั้นมีเปอร์เซ็นต์น้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำทั้งหมด

ในประเทศไทยของเรายังไม่ค่อยประสบกับปัญหาการขาดแคลนน้ำ แต่ในต่างประเทศในเมืองใหญ่ ๆ นั้นจะเป็นปัญหาในการที่จะผลิตน้ำจืดออกมาให้ปริมาณเพียงพอกับความต้องการ ในปัจจุบันการค้นคว้าวิธีการที่จะผลิตน้ำจืดให้พอเพียงนั้นเน้นหนักไปในการที่จะเอาน้ำที่ปะปนอยู่ในบรรยากาศของโลกออกมาใช้ประโยชน์ ถ้าหากว่าเราลองเทียบปริมาณน้ำในบรรยากาศกับพลโลกแล้ว เราจะได้น้ำจืดในอัตรา 3,000 ตันต่อบุคคลต่อเวลาในช่วงประมาณ 2 สัปดาห์

แต่เป็นที่น่าเสียดายที่ปริมาณฝนที่ตกลงมาสู่ผิวโลกนั้น ไม่ได้ตกลงสู่ในบริเวณหรือสถานที่ ๆ เราต้องการและการเก็บกักน้ำไว้ใช้ประโยชน์นั้นทำได้เพียงเล็กน้อย น้ำใช้จึงไม่พอสำหรับประชากรทั้งโลกที่จะใช้อย่างสบายตลอดเวลา ดังนั้นการค้นคว้าเพื่อหาแหล่งน้ำจืดเพิ่มก็ได้ดำเนินการกัน และเน้นหนักไปในทางจะเอาน้ำที่ปะปนกับบรรยากาศมาใช้ประโยชน์ เพราะเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด

เมฆจึงเป็นเป้าสำคัญที่จะศึกษาทุกแง่ทุกมุม ตามลักษณะของเมฆที่เราเห็นกันนั้น เมฆแบ่งเป็นประเภทต่าง ๆ ตามรูปร่าง คือ

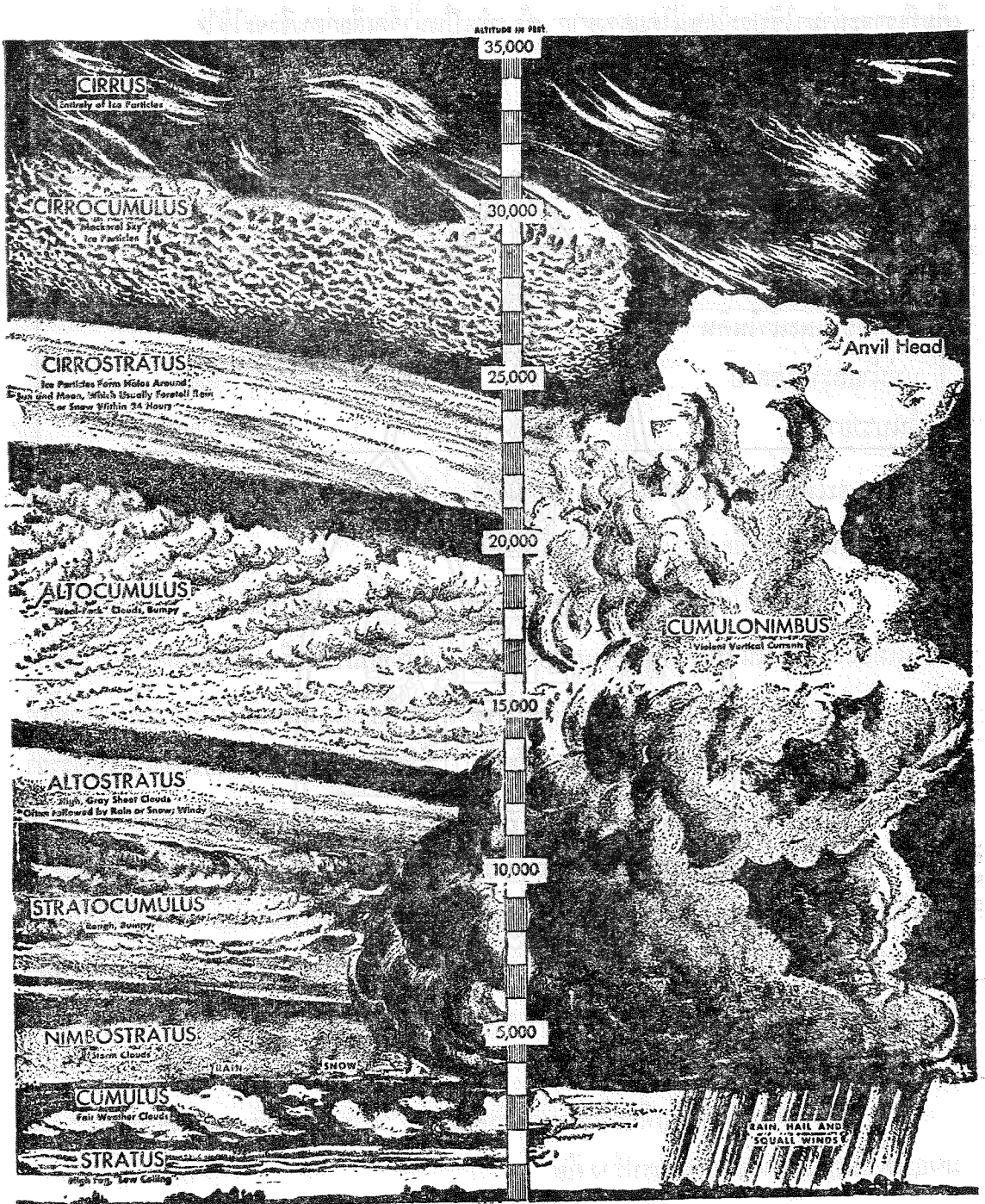


FIG. 3.15. Very generalized vertical arrangement of cloud types. (*From "Atmosphere and Weather Charts," published by A. J. Nystrom Co.*)

1) เมฆก่อตัวทางดิ่ง (Cumulus Clouds) หรือเมฆพะเนิน ซึ่งจะมีลักษณะเป็นก้อนๆ หย่อมๆ คล้ายปุยฝ้ายที่เราจะเห็นล่องลอยอยู่เสมอ ปรากฏให้เห็นทั่วไป เมฆชนิดนี้มีขนาดเล็กใหญ่แตกต่างกันมาก บางก้อนฐานเมฆอยู่ที่ระดับต่ำ แต่ยอดสูงถึงนับหมื่นฟุตจากผิวโลก

2) เมฆแผ่น (Stratus Clouds) มีลักษณะเป็นแผ่นต่อเนื่องกัน เมฆชนิดนี้เราเห็นไม่บ่อยเท่าชนิดพะเนิน

3) เมฆปอย (Cirrus Clouds) มีลักษณะเห็นเป็นสายคล้ายปอยผม เมฆชนิดนี้มักจะอยู่ในระดับสูงมาก ๆ เป็นเกล็ดน้ำแข็ง

การจัดเมฆเป็นพวก ๆ แบบนี้ เป็นการจัดเมฆของนักอุตุนิยมวิทยาคนหนึ่ง คือ **Luke Howard** โดยได้ใช้เวลาในการสำรวจสังเกตุเมฆอยู่ 1 ปีเต็ม ๆ ใน ค.ศ. 1803 ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันกว้างขวางในหมู่นักอุตุนิยมวิทยา

ในปัจจุบันการจัดเมฆเป็นพวก ๆ นั้น มีการบอกค่าความสูงกันด้วยดังจะเห็นได้จากรูปภาพแสดงชนิดเมฆที่บอกค่าความสูงไว้ด้วย และเมฆทั้ง 3 แบบนี้ ถ้าหากว่าชนิดใดมีความหนาแน่นสูงมากพอจะเป็นเมฆที่ทำให้เกิดฝนได้ก็มีชื่อเฉพาะเรียกโดยเพิ่มคำว่า **nimbus** เข้าไป เช่น **Cumulonimbus** หรือ **nimbostratus**

ในการเกิดเมฆนั้น เกิดจากการที่อนุภาคโมเลกุลของน้ำควบแน่นกันเข้าเป็นหยดน้ำเล็ก ๆ เมื่อปริมาณมากเข้า ก็จะโตพอที่เรามองเห็นได้ เมฆมีลักษณะเหมือนหมอกทุกประการ เพียงแต่อยู่ที่ระดับสูงกว่าเท่านั้น

ท่านคงจะเคยสังเกตเห็นว่า เวลาเราเอาน้ำแข็งใส่แก้วแล้ววางไว้บนโต๊ะ ไม่นานนักก็จะเห็นมีหยดน้ำเกาะเต็มรอบ ๆ ด้านนอกของแก้วน้ำ การที่เกิดหยดน้ำมาเกาะติดอยู่ได้นั้นเนื่องจากว่า เมื่อใส่น้ำแข็งลงไปในแก้วน้ำ จะทำให้แก้วน้ำเย็นลงมาก รอบ ๆ ผิวนอกของแก้วจะเย็นจัดลงจะทำให้บริเวณรอบ ๆ มีความชื้นสูงขึ้น โมเลกุลของน้ำที่ปะปนอยู่ในบรรยากาศรอบ ๆ มีความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้นจนถึงจุดอิ่มตัว ไอน้ำจะเริ่มจับกันเป็นหยดน้ำ โดยมีผิวแก้วเป็นแกนให้หยดน้ำเกาะจนโตขึ้นเป็นหยดน้ำที่เรามองเห็นได้ ในการเกิดเมฆก็เช่นเดียวกันทุกประการ

ในบรรยากาศของโลกเรานั้นทุก ๆ ระดับจะมีฝุ่นธุลี ละออง อนุภาคต่าง ๆ ปะปนกันอยู่ทั่วไป มีทั้งพวกถ่านคาร์บอนต่าง ๆ และเกลือทะเล

เวลาท่านนั่งดูคลื่นกระเซ็นซัดโขดหินผาหรือฝั่งทรายตามชายทะเล ท่านจะเห็นน้ำแตกกระจายเป็นฟองกระเซ็นออกไป น้ำทะเลที่กระเซ็นออกมานี้มีหลาย ๆ ขนาด ขนาดที่เล็ก ๆ อาจถูกลมหอบให้ล่องลอยไปในบรรยากาศ ส่วนที่เป็นน้ำเมื่อถูกความร้อนของแสงแดดจะระเหยกลายเป็นไอไป ส่วนที่เป็นแร่ธาตุ เช่น เกลือแกงที่ผสมปนอยู่ในหยดน้ำดังกล่าวก็จะถูกลมหอบล่องลอยไปเช่นกัน กลายเป็นอนุภาคเกลือที่จะปนอยู่ในบรรยากาศ อาจจะถูกลมหอบขึ้นไปจนถึงระดับสูงมาก ๆ

อนุภาคที่ปะปนอยู่ในบรรยากาศนี่เองที่จะทำหน้าที่คล้าย ๆ กับผิวด้านนอกของแก้วน้ำให้โมเลกุลของน้ำมาเกาะจับกันเป็นหยดขนาดต่าง ๆ กัน ในเมฆนั้นจะเป็นหยดที่มีขนาดเล็ก ๆ เมื่อจับรวมตัวกันมากเข้าหยดน้ำโตพอจนอากาศพยุงไว้ไม่ได้ ก็จะตกลงสู่โลกในลักษณะของฝน หรือลูกเห็บ หรือหิมะ แล้วแต่ว่าอุณหภูมิจะเป็นอย่างไร ถ้าอุณหภูมิต่ำมากจนถึงขั้นกลายเป็นน้ำแข็งก็จะตกลงมาเป็นลูกเห็บ แต่ถ้าเป็นลูกเห็บขนาดเล็กมาก ๆ เพียงขนาดผนึกก็จะเป็นหิมะ

จากกระบวนการวนเวียนของอากาศเมื่อได้รับความร้อนนั้น เราทราบกันแล้วว่าอากาศร้อนจะลอยตัวขึ้นสู่ที่สูง อากาศเย็นที่หนักกว่าจะเข้ามาแทนที่ในการเกิดเมฆนั้น อากาศร้อนที่อยู่บริเวณผิวโลก จะลอยขึ้นสู่ระดับสูงเมื่อถึงระดับสูงก็จะขยายตัวออกความดันลดลง ซึ่งจะมีผลให้อุณหภูมิลดลงตามหลักอุณหพลศาสตร์ เมื่ออากาศเย็นลง ความชื้นสัมพัทธ์จะสูงขึ้น แล้วจะเกิดโมเลกุลของน้ำไปเกาะติดกับอนุภาคที่ทำหน้าที่เป็นแกนคล้าย ๆ กับผิวด้าน นอก ของแก้วใส่น้ำแข็ง ทั้งนี้ถ้าหากว่าอุณหภูมิต่ำมาก ๆ หยดน้ำที่เกิดอาจกลายเป็นน้ำแข็งไปเลยก็ได้ เมื่อหยดน้ำรวมกลุ่มกันมาก ๆ ถูกกระแสลมบนพัดพาไปเปลี่ยนแปรรูปร่างเป็นลักษณะต่าง ๆ ปรากฏให้เราเห็น

สำหรับเมฆก่อตัวทางดิ่งนั้น เกิดจากการระบายความร้อนจากผิวโลกที่อากาศเป็นผู้พาไป โดยกระบวนการพาความร้อน เกิดบริเวณที่มวลอากาศส่วนหนึ่งลอยผุดขึ้นทันที คล้าย ๆ การเดือดของน้ำ เมื่ออากาศนั้นลอยขึ้นระดับสูงจะขยายตัวออกทันที ความกดดันและอุณหภูมิจะ

ลดลงอย่างรวดเร็ว ความชื้นสัมพัทธ์สูงมากจนเกิดหยดน้ำเกาะติดอนุภาคที่ทำหน้าที่เป็นแกน เกาะกลุ่มอยู่ในลักษณะเป็นก้อน ๆ กอง ๆ คล้ายกองปุยฝ้าย เมื่อหยดน้ำเหล่านี้มีไอน้ำมาเกาะมากเข้า หรือจับกันเองจนหยดมีขนาดโตพอก็ตกลงมาสู่โลกเป็นฝน เป็นแหล่งกำเนิดน้ำจืดที่จำเป็นต่อชีวิตของเรา

ในการทำฝนเทียมก็อาศัยหลักเกณฑ์ดังกล่าวที่จะทำให้เกิดเมฆและฝน เป็นผลโดยตรงจากการศึกษาเรื่องราวต่าง ๆ เกี่ยวกับเมฆ ซึ่งมีผลต่อความเป็นอยู่โดยตรงทันทีต่อประชากรของโลก.

หนังสืออ้างอิง

1. Louis J. Battan, Cloud Physics and Cloud Seeding, Doubleday & Company, Inc., 1962.
2. Louis J. Battan, Radar Observes the Weather, Doubleday & Company, Inc,, 1962.
3. Trewartha, An Introductoin to Climate, McGraw-Hill, 1965.

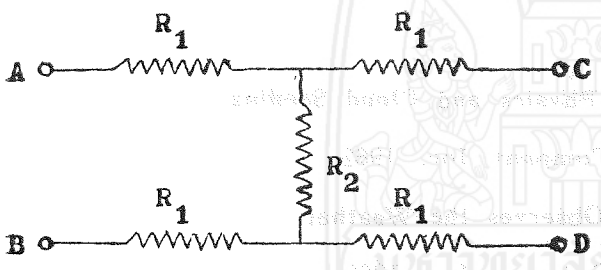
วงจรไฟฟ้าแบบขั้นบันได
Ladder Network

กิตต์ วิสุทธิวิเศษ*
Kitt Visoottiviseth

บทคัดย่อ

บทความบทนี้ กล่าวถึงวงจรไฟฟ้าแบบขั้นบันไดอย่างง่าย ๆ จนถึงวงจรไฟฟ้าแบบขั้นบันไดที่ใช้เป็น Low Pass Filter อย่างสังเขป

อันสืบเนื่องมาจาก ข้อสอบวิชาฟิสิกส์ ของคณะกรรมการกลางสอบคัดเลือกนิสิตนักศึกษาเข้าศึกษาในสถาบันการศึกษาขั้นอุดมศึกษา เมื่อวันพฤหัสบดีที่ 8 เมษายน 2519 ซึ่งผู้เขียนขอยกข้อ 2.2 มาพิจารณา คือ ตามรูปที่ 1.



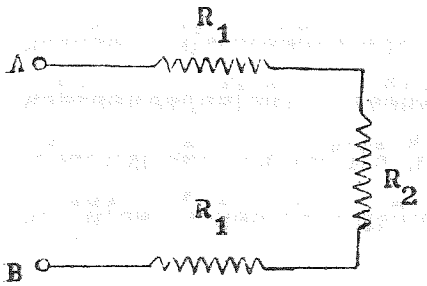
รูปที่ 1

วงจรนี้วัดค่าความต้านทานระหว่างจุด A และ B ได้ 400 โอมห์ แต่เมื่อเอาลวดตัวนำมาช้อตระหว่างจุด A กับจุด C และระหว่างจุด B กับ D จะวัดได้เพียง 300 โอมห์ จงหาค่า R_1 และ R_2

โจทย์บอกตัวเลข 2 จำนวน คือ 400 และ 300 โอมห์ และให้หาค่าของตัวที่ไม่ทราบ คือค่าของ R_1 และ R_2 เมื่อพิจารณาแล้ว ก็เหมาะสมดีสำหรับคะแนนเพียง 4 คะแนน เพราะว่า แก้สมการเพียง 2 สมการ ก็ได้ค่า R_1 และ R_2 ที่ต้องการหาได้ เพื่อความแน่ใจ เราลองแก้วิเคราะห์โจทย์ได้ดังต่อไปนี้:-

---

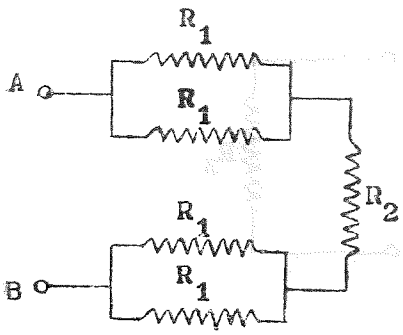
* ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กิตต์ วิสุทธิวิเศษ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์—อักษรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น



$R_{AB} = R_1 + R_2 + R_1 = 400$ โอมห์

ดังนั้น $2R_1 + R_2 = 400$ .....(1)

$$R'_{AB} = \frac{R_1 R_1}{R_1 + R_1} + R_2 + \frac{R_1 R_1}{R_1 + R_1} = 300 \text{ โอมห์}$$



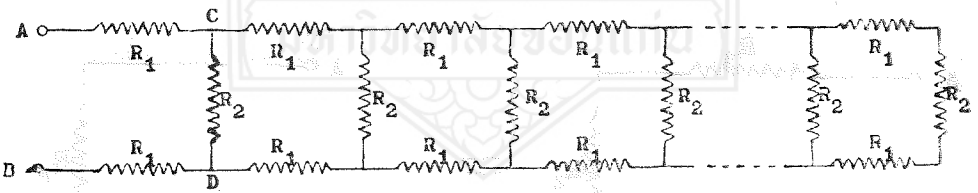
ดังนั้น $R_1 + R_2 = 300$ ....(2)

จากสมการ (1) และ (2). เราแก้ได้ค่า R_2 และ R_2 เป็นคำตอบคือ

$R_1 = 100$ โอมห์ และ $R_2 = 200$ โอมห์

ผู้เขียนเห็นว่า โจทย์ข้อนี้ไม่เหลือบ่าฝ่าแรงสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาเท่าใดนัก แต่ในการสอบคัดเลือก นักเรียนจะต้องหาคำตอบให้ได้เร็วที่สุดและถูกต้องที่สุด ถ้ามัวเสียเวลาทำอย่างละเอียดปราณีตในเศษกระดาษทดเลขดังวิธีที่ยกมาข้างบนนี้ ก็จะเสียเวลามากจนอาจทำให้ทำข้อสอบที่เหลือไม่ทัน และอาจพ่ายแพ้ในเกมส์การสอบคัดเลือกนี้ได้

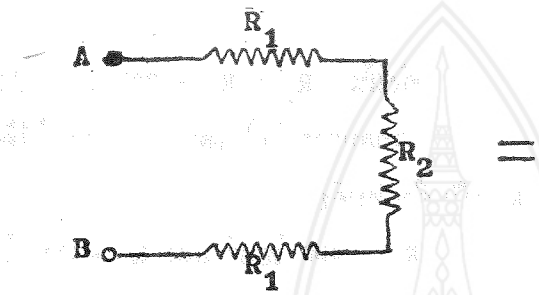
โจทย์วงจรไฟฟ้าข้อนี้ ทำให้ผู้เขียนมีจินตนาการถึง **วงจรไฟฟ้าแบบขั้นบันได** (Ladder Network) ซึ่งเขียนวงจรได้เป็น



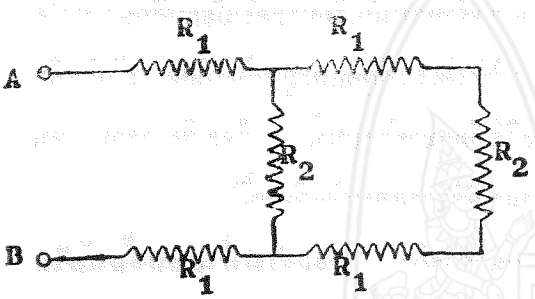
รูปที่ 2

นั่นคือ มันเป็นการเพิ่ม R_1 และ R_2 ในรูปที่ 1 ออกไปเป็นขั้นบันไดเรื่อย ๆ จนถึงอินฟินิตี้ขั้น ดังนั้นถ้ากำหนดให้ค่า R_1 และ R_2 ปัญหาก็จะมีอยู่ว่า ค่าความต้านทานรวมระหว่าง A และ B มีค่าเท่าใด? นักศึกษาบางท่านอาจจะร้องว่าง่ายมาก ! ง่ายมากน่ะ ง่ายอย่างไรกัน ท่านหนึ่ง

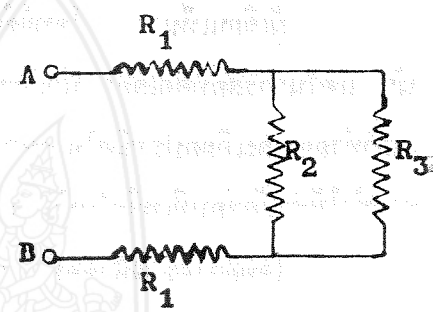
บอกว่าใช้ **กฎของเคอร์ช้อฟ** (Kirchhoff's rules) ก็สามารถหาค่าที่ต้องการได้ แต่อีกท่านหนึ่งบอกว่า มันต้องมี **เทคนิค** เพราะว่า มีวงจรมากถึงอินพีนิตี้ชุด เมื่อใช้กฎของเคอร์ช้อฟแล้วจะได้สมการถึงจำนวนอินพีนิตี้ สมการ จะแก้สมการเหล่านั้น ก็ไม่ไหวแน่ๆ เสียเวลามากด้วย ผู้เขียนขอเป็นนักศึกษาประเภทหลัง คือ ชอบใช้เทคนิค ก่อนที่จะแนะนำเทคนิคนี้ ขอให้ผู้อ่านพิจารณาวงจรต่อไปนี้



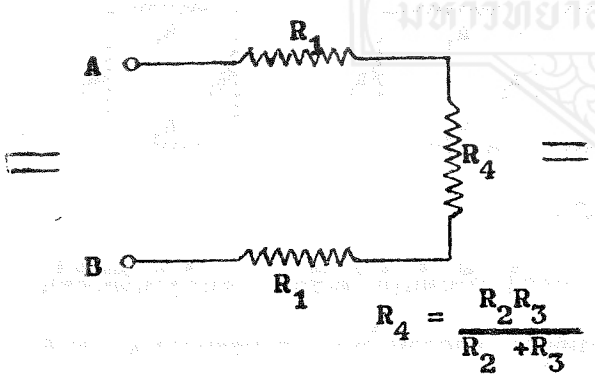
รูปที่ 3



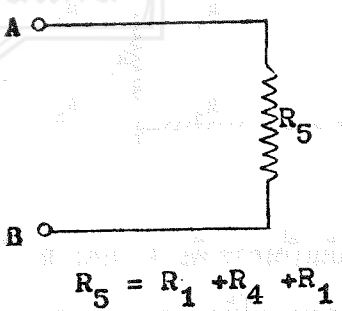
รูปที่ 4



รูปที่ 5



รูปที่ 6



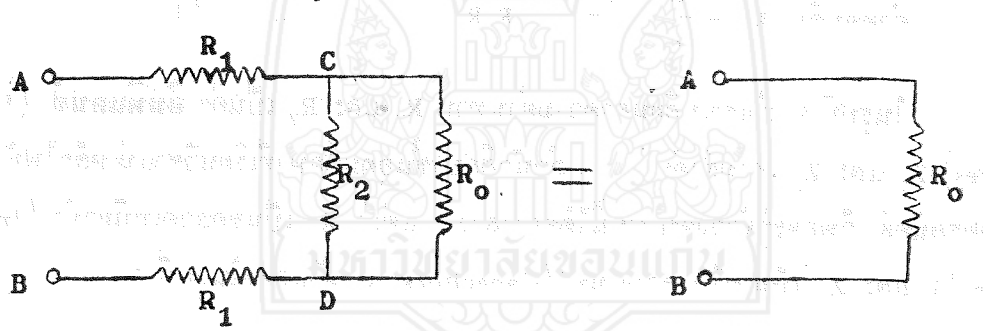
รูปที่ 7

วงจรรูปที่ 4 นี้ เราก็สามารถวิเคราะห์หาค่าความต้านทานรวมได้โดยใช้กฎของเคอร์ช้อฟ แต่วิธีที่ง่ายกว่า คือ เราใช้การรวมความต้านทานแบบอนุกรมและขนานทีละขั้นตามรูปที่ 5 และ 6 ได้คือวงจร รูปที่ 7 ได้ความต้านทานรวมระหว่าง A และ B ของรูปที่ 4 เป็น $R_5=R_1+R_4+R_1$

ในทำนองเดียวกัน เมื่อเราเพิ่ม R_1, R_2, R_1 ลงไปในวงจรรูปที่ 4 ทีละขั้น ไปทางขวามือเรื่อย ๆ ผลที่ได้ คือวงจรไฟฟ้าแบบขั้นบันไดอย่างเดียวกับรูปที่ 7 นี้ ผู้เขียนไม่ได้หมายความว่า กำลังจะแนะนำให้ท่านผู้อ่านรวมความต้านทานของวงจรไฟฟ้าแบบขั้นบันไดรูปที่ 2 ถึงอินฟินิตี้ครั้งเพื่อให้ได้มาซึ่งความต้านทานรวมทั้งหมด

เทคนิคในการหาความต้านทานรวมของวงจรแบบขั้นบันไดรูปที่ 2 นี้ ไม่ยากเลย เพียงแต่เราใช้ความสังเกตสักนิดหนึ่งว่าเมื่อเราเติม R_1, R_2, R_1 อีกชุดหนึ่งลงไปข้างหน้าที่จุด A และ B ของรูปที่ 2 ผลที่ได้ก็ยังเป็นวงจรแบบอันไดอินฟินิตี้ขั้น รูปที่ 2 เช่นเดิมนั่นเอง.

ดังนั้น ขอย้อนกลับมายังวงจรแบบขั้นบันไดรูปที่ 2 เราให้ความต้านทานรวมระหว่างจุด A และ B เป็น R_0 แล้วความต้านทานรวมระหว่างจุด C และ D ทางขวามือทั้งหมดก็เป็น R_0 เช่นกันตราบเท่าที่เรายังพิจารณาถึง บันไดชุดหน้าด้านซ้ายมือสุดอยู่ แล้วเราก็สามารถใช้วงจรรูปที่ 8 ต่อไปนี้ แทนวงจรรูปที่ 2 ได้ คือ



รูปที่ 8

ความต้านทานรวมของวงจรรูปที่ 8 ทางซ้ายมือคือ

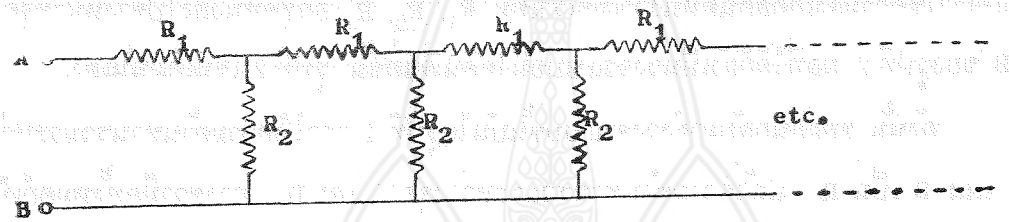
$$R = R_1 + \frac{R_2 R_0}{R_2 + R_0} + R_1 = R_0$$

นั่นคือ $R_0 = R_1 + \left(R_1^2 + 2R_1R_2\right)^{1/2}$ .....(3)

ค่าของ R_0 จากสมการที่ (3) จึงเป็นคำตอบสำหรับค่าความต้านทานรวมระหว่างจุด A และ B ของวงจรแบบขั้นบันไดอินฟินิตี้รูปที่ 2 นั่นเอง

ด้านโจทย์หาความต้านทานรวมของวงจรแบบขั้นบันไดที่ยกตัวอย่างมานี้เป็นโจทย์ข้อสอบคัดเลือกเข้าศึกษาในสถาบันการศึกษาขั้นอุดมศึกษา แล้วความได้เปรียบและเสียเปรียบของของการหาคำตอบจึงอยู่ที่ **เทคนิค** วิธีทำนี้เองผู้เขียนจึงขอประมาณว่า คะแนนเต็มควรจะเป็นสัก 8 คะแนน

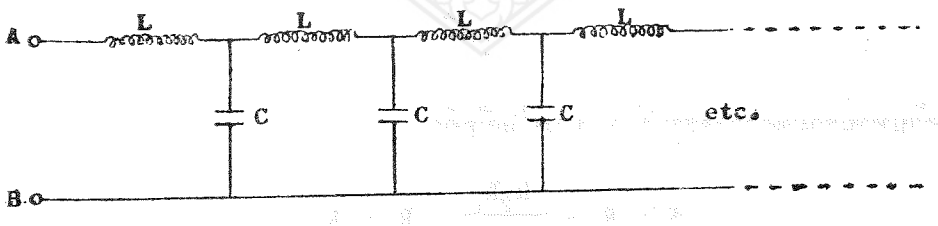
ต่อไปนี้ เป็นโจทย์อีกตัวอย่างหนึ่งที่ผู้เขียนอยากให้ท่านผู้อ่านลองทำเล่น จงหาความต้านทานระหว่างจุด A และ B ของวงจรไฟฟ้าแบบขั้นบันไดอินฟินิตี้ขั้น ตามรูปที่ 9 ข้างล่างนี้



รูปที่ 9

คำตอบคือ $R_0 = \frac{R_1}{2} + \left(\frac{R_1^2}{4} + R_1R_2\right)^{1/2}$ .....(4)

ในรูปที่ 9 ถ้าเราเปลี่ยนค่าความต้านทาน R_1 และ R_2 เป็นค่า **อิมพีแดนซ์** (Impedances) Z_1 และ Z_2 ตามลำดับ แล้วนักศึกษาขั้นอุดมศึกษาที่เรียนวิชาแม่เหล็กไฟฟ้าและอิเล็กตรอนิคส์ ก็พอจะรู้จักวงจรแบบนี้ได้อย่างลางๆ แต่ถ้า Z_1 เป็นขดลวดเหนี่ยวนำ (Inductances) L และ Z_2 เป็นเครื่องควบแน่น (Capacitors) C ดังแสดงในรูปที่ 10



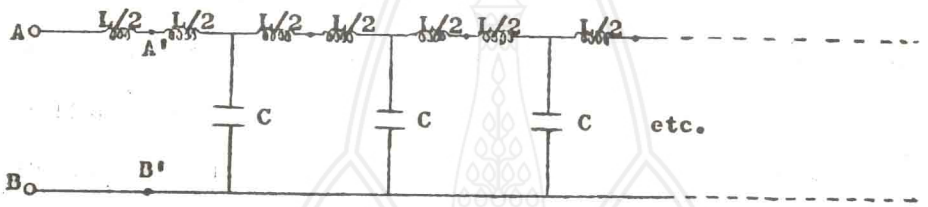
รูปที่ 10

นักศึกษาจะยิ่งมองเห็นได้ชัดอีกว่า นี่คือวงจรที่ทำหน้าที่เป็น Low Pass Filter.

เมื่อเรานำต้นกำเนิดสัญญาณที่มีความถี่ w ต่อเข้าระหว่างจุด A และ B ในวงจรรูปที่ 10 แล้ว

$$\text{และ } Z_2 = \frac{1}{i\,w\,C}, \quad i = \sqrt{-1} \qquad \left.\begin{array}{l} Z_1 = i\,w\,L \\ \end{array}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(5)$$

ด้วยเทคนิคของการหาค่าความต้านทานรวมของวงจรแบบขั้นบันไดอินฟินิตี้ขั้น เราก็หาค่า **อิมพีแดนซ์รวม** Z_0 (เรียกว่า Characteristic Inpedance) ได้ โดยเขียนวงจรรูปที่ 10 ใหม่เป็น



รูปที่ 10

อาศัยสมการที่ (4) เราได้

$$Z_0 = \frac{Z_1}{2} + \left(\frac{Z_1^2}{4} + Z_1 Z_2\right)^{1/2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(6)$$

แล้วพิจารณารูปที่ 11 ณ. จุด A' และ B' ไปทางขวามือทั้งหมด, เราได้

$$Z_0 = \left(\frac{L}{C} - \frac{w^2 L^2}{4}\right)^{1/2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(7)$$

สมการที่ (7) นี้ ทำให้เราพิจารณาได้ว่า ค่าของ Z_0 ขึ้นกับค่าความถี่ของต้นกำเนิดสัญญาณ w แยกออกได้เป็น 3 กรณีคือ

(1) ถ้า $w^2 < \frac{4}{LC}$, แล้วค่าของ Z_0 เป็นตัวเลขจริง (real number)

(2) ถ้า $w^2 = \frac{4}{LC}$, ค่าของ $Z_0 = 0$

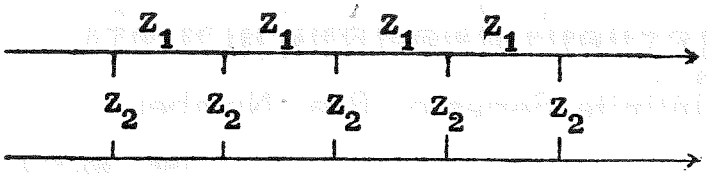
(3) ถ้า $w^2 > \frac{4}{LC}$, แล้วค่าของ Z_0 เป็นค่าตัวเลขจินตนาการ (pure imaginary number) ซึ่งเขียนได้เป็น

$$Z_0 = i\left(\frac{w^2L^2}{4} - \frac{L}{C}\right)^{1/2} \quad \text{.....(8)}$$

โดยสามัญสำนึก เราจะเห็นได้ว่า ค่าของ Z_0 ในสมการที่ (8) น่าจะถูกต้อง เพราะว่าค่า Z_1 และ Z_2 จากสมการที่ (5) เป็นค่าอิมพีแดนซ์ชนิดจินตนาการ (inaginary inpedances) ทั้งคู่. ผลรวมของอิมพีแดนซ์เช่นนี้ จึงควรเป็นค่าจินตนาการดังในสมการที่ (8) แต่เราก็สามารถมีค่า Z_0 เป็นค่าจริงได้ เมื่อ $w^2 < \frac{4}{LC}$, ค่า Z_0 จึงกลายเป็นค่าความต้านทานแท้ ๆ ไปได้ นี้แสดงว่าเมื่อต้นกำเนิดสัญญาณมีความถี่ต่ำ ๆ มากแล้ว ค่าอิมพีแดนซ์รวมของวงจรรูปที่ 10 เป็นค่าความต้านทานที่แท้จริง และจะดูดกลืนพลังงานจากต้นกำเนิดสัญญาณได้ ทั้งนี้เพราะว่ามันเป็นวงจรแบบขั้นบันไดอินพีนิตี้ขั้นของขดลวดเหนี่ยวนำและเครื่องควบแน่น โดยที่ต้นกำเนิดสัญญาณแจกจ่ายพลังงานไปยังขดลวดเหนี่ยวนำและเครื่องควบแน่นตัวแรก และแจกจ่ายพลังงานต่อ ๆ ไป ยังชุดที่ 2, ชุดที่ 3 เรื่อย ๆ ทั่ววงจร พลังงานก็ถูกสะสมอยู่ในขดลวดเหนี่ยวนำและเครื่องควบแน่นตามสายทั้งหมด การเคลื่อนที่ของคลื่นสัญญาณไปตามสายถึงปลายอินพีนิตี้นี้ ก็คล้ายกับการส่งคลื่นวิทยุจากสายอากาศ (antenna) ของเครื่องส่ง. ในกรณีเมื่อ $w = \left(\frac{4}{LC}\right)^{1/2}$ ค่าของ $Z_0 = 0$ เราเรียก w นี้ว่า Cut–off frequency แต่ถ้าค่าอิมพีแดนซ์เป็นค่าจินตนาการ เมื่อ $w > \left(\frac{4}{CL}\right)^{1/2}$ แล้วเราจะไม่คาดว่ามีการส่งคลื่นสัญญาณไปตามสายถึงปลายอินพีนิตี้ได้เลย ดังนั้น เมื่อ $w < \left(\frac{4}{LC}\right)^{1/2}$ วงจรแบบขั้นบันไดรูปที่ 10 นี้เราจึงกล่าวว่ามันทำหน้าที่เป็น Low Pass Filter.

ก่อนที่จะจบบทความบทนี้ ผู้เขียนขอยกเอาข้อสอบ Physics Comprehensive Examination เพื่อรับปริญญาโททางวิทยาศาสตร์ สาขาวิชาฟิสิกส์ จาก University of California, Riverside, U.S.A. เมื่อเดือนพฤษภาคม ค.ศ. 1970 วิชา Electromagnatic Theory มาข้อหนึ่ง (จากจำนวนทั้งหมด 5 ข้อ เวลาทำ 3 ช.ม.) ซึ่งเกี่ยวพันกับบทความนี้ให้ท่านผู้อ่านที่เป็นนักศึกษาวิชาฟิสิกส์ขั้นปริญญาตรี และปริญญาโทในประเทศเราพิจารณาเพื่อเป็นแนวทางดูบ้าง

In the infinite chain in the figure



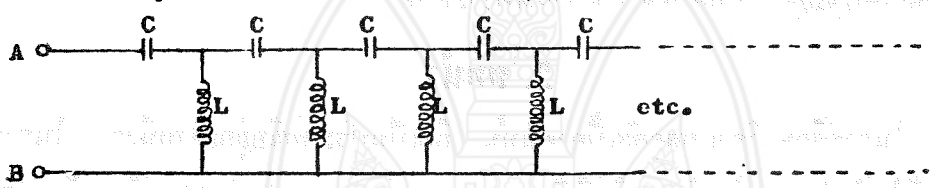
Z_1 and Z_2 are impedances.

a) Galculate the impedance Z of the network.

b) If Z_1 corresponds to an inductance L and Z_2 to a capacitor C, prove that the circuit acts as a low pass filter and find the cut–off frequency w_C.

(วิธีทำและคำตอบก็อยู่ในบทความบทนี้ทั้งหมดแล้ว)

รูปสุดท้ายข้างล่างนี้ผู้เขียนขอให้ท่านผู้อ่านที่กรุณาอดทนอ่านบทความนี้มาตั้งแต่ต้น จงคิดเป็นการบ้านดูว่า ค่าอิมพีแดนซ์รวมระหว่างจุด A และ B จะเป็นสักเท่าใด?



สุดท้ายนี้ ผู้เขียนหวังว่า บทความบทนี้จะดึงดูด เร่งเร้า ท้าทาย ให้ท่านผู้อ่านได้หันมาสนใจกันเป็นนักฟิสิกส์มากยิ่งขึ้น ประเทศชาติของเราต้องการนักฟิสิกส์อีกจำนวนมาก โดยที่ประเทศของเรายังมีนักฟิสิกส์ ระดับปริญญาเอกอยู่น้อยมาก เมื่อเทียบกับจำนวนนักวิชาอื่นๆ ที่มีอยู่จำนวนมากมายหลายเท่า.

หนังสือที่ขอแนะนำให้อ่านเพิ่มเติม คือ

Feynman, P. Richard; Leighton, B. Robert; Sands, Matthew (1964), **The Feynman Lectures on Physics**, Volume II, Chapter 22, Addison–Wesley.

อนุกรมอนันต์ของเลขจำนวนจริง

Infinite Series of Real Number

โดย... ดร. ขาว เหมือนวงศ์
Khao Muanwong

1. บทย่อ

โดยการพิจารณาการแข่งวิ่งเร็วระหว่างกระต่ายกับเต่าภายใต้กติกาใหม่พิเศษ สามารถแสดงให้เห็นได้ว่าเลขจำนวนจริงบวกมีอนุกรมอนันต์ประจำตัว ส่วนเลขจำนวนจริงลบนั้นมิได้เป็นเงาภาพสะท้อนของเลขจำนวนจริงบวกซึ่งต่างฝ่ายมี Symmetry ต่อกัน หากทว่าเลขจำนวนจริงลบมีระบบแยกเป็นพิเศษในเชิงวิเคราะห์ และนอกจากนี้ การศึกษาครั้งนี้ยังพบว่า เลขจำนวน 1 นั้น เป็นเลขปฐมภูมิ จึงมิอาจจะทำการสังเคราะห์ได้

2. บทนำ

ในการศึกษาวิชาแคลคูลัสเบื้องต้นนั้น ถือเป็นประเพณีอยู่อย่างหนึ่งว่า ในการที่จะทำความเข้าใจกับจำนวนน้อยนิด หรือที่เรียกว่า Infinitesimal Quantity นั้น มักจะเริ่มการพิจารณาจากการวิ่งแข่งเร็วระหว่างกระต่ายกับเต่าโดยมีกติกาว่าให้กระต่ายต่อให้เต่าออกนำหน้า โดยกระต่ายจะยอมออกวิ่งจากจุดเริ่มต้น ในการพิจารณาครั้งนี้สรุปผลเป็น Paradox ได้ว่าไม่ว่ากระต่ายจะวิ่งเร็วกว่าเต่าเพียงไร และไม่ว่าระยะทางที่กระต่ายต่อให้เต่าจะสั้นเพียงไรเต่าจะต้องวิ่งชนะกระต่ายเสมอ ทั้งนี้โดยพิจารณาว่าเมื่อกระต่ายวิ่งจากจุดเริ่มต้นมาถึงจุดที่เต่าอยู่ก่อนนั้นเต่าได้วิ่งเลยออกมาจากจุดเดิมนั้นไปแล้วด้วยระยะทางที่เป็นสัดส่วนกับความเร็วของเต่า ครั้นเมื่อกระต่ายวิ่งตามมาถึงจุดใหม่นี้อีก เต่าก็ได้เขยิบหนีออกมาได้ตามสัดส่วนของความเร็วของตนเสมอเช่นนี้เรื่อย ๆ ไป แม้ว่าระยะทางที่เขยิบหนีมาในตอนหลัง ๆ จะน้อยนิดสักเพียงไรก็ยังถือว่าเป็นจำนวนหนึ่งซึ่งมีความหมายทางคณิตศาสตร์ซึ่งสามารถสร้างความแตกต่างระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของกระต่ายและเต่าได้ อันจะทำให้กระต่ายไม่อาจจะล้ำหน้าเต่าตลอดการแข่งขัน

---

* ดร. ขาว เหมือนวงศ์ วท.บ. (ฟิสิกส์เกียรตินิยม, จุฬา), M.Sc. (Astronomy) Univ. of Western Ontario, D. Phil. (Astronomy) Sussex University, F.R.A.S. (Fellow of the Royal Astronomical Society).

ในการพิจารณาในการศึกษาครั้งนี้จะให้ทั้งกระต่ายและเต่าออกวิ่งจากจุดเริ่มต้นด้วยกันและพร้อมกันซึ่งเมื่อเป็นเช่นนี้กระต่ายก็ควรจะวิ่งถึงหลักชัยก่อน อย่างไรก็ตาม เพื่อให้การแข่งขันเป็นไปอย่างยุติธรรมจึงกำหนดให้มีกติกาเพิ่มขึ้นว่าเมื่อกระต่ายวิ่งไปถึงหลักชัยแล้วให้หันหลังวิ่งกลับมาหาเต่าและเมื่อวิ่งมาถึงจุดซึ่งเต่ากำลังวิ่งอยู่นั้นก็ให้กระต่ายวิ่งกลับไปหาหลักชัยและครั้นเมื่อถึงหลักชัยแล้วก็ให้วิ่งกลับมาหาเต่าอีก เป็นเช่นนี้สลับไปมาอยู่เรื่อยไป การตัดสินว่าผู้ใดจะเป็นผู้ชนะในการวิ่งแข่งขันครั้งนี้กระทำโดยการกำหนดจำนวนรอบที่กระต่ายวิ่งกลับไปมา กล่าวคือ หากเต่าสามารถวิ่งถึงหลักชัยภายในจำนวนรอบที่กำหนดให้ก็ถือว่าเป็นผู้ชนะ

3. บทวิเคราะห์

ให้ระยะทางวิ่งทั้งหมดยาว L, ให้ p และ q เป็นความเร็วของเต่าและกระต่ายตามลำดับ

รอบที่ 1

กระต่ายใช้เวลาวิ่งจากจุดเริ่มต้นถึงหลักชัย $= \frac{L}{q}$

ในช่วงเวลานี้เต่าวิ่งได้ทาง $= L\frac{p}{q}$

ในเที่ยวกลับกระต่ายวิ่งมาถึงเต่าได้ทางไกล $= \frac{L-Lp/q}{p+q}\,p$

ซึ่งในช่วงเวลาขากลับของกระต่ายนี้เต่าจะเดินทางได้เพิ่มขึ้นอีก $= \frac{L-Lp/q}{p+q}\,p$

ดังนั้นเมื่อเสร็จสิ้นรอบที่ 1

กระต่ายวิ่งได้ทางทั้งหมด $= L + \frac{L-Lp/q}{p+q}\,q$

เต่าวิ่งได้ทางทั้งหมด $= \frac{Lp}{q} + \frac{L-Lp/q}{p+q}\,p$

รอบที่ 2

โดยนัยเดียวกันจะแสดงให้เห็นว่า เมื่อสิ้นรอบที่สอง

$$\text{กระต่ายวิ่งได้ทางทั้งหมด} = L + 2L\frac{(q-p)}{p+q} + L\frac{(q-p)^2}{(p+q)^2}$$

$$\text{เต่าวิ่งได้ทางทั้งหมด} = \frac{2Lp}{p+q} + 2Lp\frac{(q-p)}{(p+q)^2}$$

รอบที่ 3

แสดงได้เช่นกันว่าระยะทางที่วิ่งได้นับตั้งแต่เริ่มต้นการแข่งขันจนสิ้นรอบที่ 3 เป็นดังนี้

$$\text{กระต่ายวิ่งได้} = L + 2L\frac{(q-p)}{(p+q)} + 2L\frac{(q-p)^2}{(p+q)^2} + L\frac{(q-p)^3}{(p+q)^3}$$

$$\text{เต่าวิ่งได้} = \frac{2Lp}{p+q} + 2Lp\frac{(q-p)}{(p+q)^2} + 2Lp\frac{(q-p)^2}{(p+q)^3}$$

รอบที่ n

จึงพอจะสรุปได้ว่า ถ้า S_h และ S_t เป็นระยะทางที่กระต่ายและเต่าวิ่งได้ตั้งแต่ต้นจนถึงสิ้นสุดรอบที่ n ตามลำดับแล้ว จะได้ว่า

$$S_h = L + 2L\frac{(q-p)}{p+q} + 2L\frac{(q-p)^2}{(p+q)^2} + \cdots\cdots + L\frac{(p+q)^n}{(q-p)^n} \quad --(1)$$

$$S_t = \frac{2Lp}{p+q}\left(1 + \frac{q-p}{p+q} + \frac{(q-p)^2}{(p+q)^2} + \cdots\cdots + \frac{(q-p)^n}{(p+q)^n}\right) \quad --(2)$$

ปัญหาที่จะต้องพิจารณาคือ กระต่ายจะต้องวิ่งกลับไปมากี่รอบเต่าจึงจะถึงหลักชัยในที่นี้ S_t จะต้องน้อยกว่า L เสมอ และจากรูปแบบของสมการ (2) จะเห็นได้ว่า S_t จะเข้าใกล้ L เมื่อ n เข้าใกล้อนันต์ นั่นคือ ในการวิ่งครั้งนี้สามารถสรุปเป็น Paradox ได้ว่า ไม่ว่าเต่าจะซ้อมผีเท้ามาให้ดีสักเพียงไร ถ้าเต่าจะต้องวิ่งช้ากว่ากระต่ายโดยธรรมชาติแล้ว แม้ว่าจะกำหนดจำนวนรอบของการวิ่งของกระต่ายให้มากสักเพียงไรที่มิใช่อนันต์ เต่าต้องวิ่งแพ้กระต่าย

ณ ที่นี้ เมื่อ n เข้าสู่อนันต์สมการ (2) เขียนได้เป็น

$$\frac{p+q}{2p} = 1 + \frac{q-p}{p+q} + \frac{(q-p)^2}{(p+q)^2} + \text{------}$$

หรือ $$\frac{p+q}{2p} = \sum_{n=o}^{\infty} \left(\frac{q-p}{p+q}\right)^n \qquad --(3)$$

ให้ $U = \frac{p+q}{2p}$ จะได้ว่า $\frac{q-p}{p+q} = \frac{U-1}{U}$

ดังนั้น สมการ (3) จะเขียนได้เป็น

$$U = 1 + \frac{(U-1)}{U} + \frac{(U-1)^2}{U^2} + \text{---} \qquad --(4)$$

หรือ $$U = \sum_{n=o}^{\infty} \left(\frac{U-1}{U}\right)^n \qquad --(5)$$

จะเห็นได้ว่า สมการ (4) หรือ (5) เป็นอนุกรมอนันต์ของ U เมื่อ U เป็นเลขจำนวนจริง

4. บทเชิงอรรถ

สมการ (4) หรือ (5) สามารถจะนำมาพิจารณาได้เป็นกรณีต่าง ๆ ดังนี้

1. อนุกรมนี้จะ Diverge ถ้า U มีค่าเป็นลบ ดังนั้นจึงไม่อาจจะนำมาใช้ได้
2. อนุกรมนี้จะ Converge ถ้า U เป็นบวก และนอกจากนี้จะเห็นได้ว่า ถ้า U เป็น 1 จะหมดสภาพของอนุกรม
3. ถ้า U เป็น 0 สมการจะสิ้นสภาพ

จากกรณีดังกล่าวมานี้พอจะสรุปธรรมชาติของเลขจำนวนจริงใด ๆ ได้ว่า

ก. เลขจำนวน 0 เป็นความว่างเปล่าจึงไม่มีคุณสมบัติที่จะนำมาวิเคราะห์ หรือสังเคราะห์ได้

ข. เลขจำนวน 1 มีคุณสมบัติขั้นมูลฐานหรือเป็นตัวเลขจำนวนปฐมภูมิจึงไม่อาจจะทำการสังเคราะห์ได้ด้วยอนุกรมใด ๆ

ค. เลขจำนวนจริงใดที่มีค่ามากกว่าหนึ่ง สามารถจะทำการสังเคราะห์ขึ้นมาได้ด้วยอนุกรมอนันต์เสมอตัวอย่าง เช่น 3 สามารถจะมีอนุกรมอนันต์ประจำ

ได้กล่าวคือ ถ้าให้ s เป็นจำนวนที่สังเคราะห์ได้จนถึงเทอมที่ n จะได้ว่า

n	s
0	1
1	1.667
2	2.111
3	2.407
4	2.605
5	2.737
10	2.965
15	2.995
20	2.999
อนันต์	3

ค. การซึ่งอนุกรมอนันต์นี้ Diverge เมื่อ U เป็นลบ แสดงว่าธรรมชาติของเลขลบนั้นมิได้เป็นเงาภาพสะท้อนของเลขบวกตามที่น่าจะเป็นทั้ง ๆ ที่ระบบเลขทั้งสองมี Symmetry ต่อกันรอบ 0 ดังนั้นการที่จะทำการศึกษาธรรมชาติของเลขลบต่อไปจะต้องพิจารณาเป็นพิเศษต่างหากจากเลขจำนวนบวก

5. บทปิดฉิม

ขอเชิญท่านทั้งหลายได้โปรดช่วยกันค้นหาอนุกรมอนันต์เพื่อนำมาใช้ในการสังเคราะห์เลขจำนวนลบให้ได้ซึ่งจะนับเป็นคุณูปการแก่วิชาการเป็นเอนกอนันต์.

ประวัติศาสตร์ คณิตศาสตร์

ตอน 2 คณิตศาสตร์บาบิโลเนีย 4,700–1,600 ปี ก่อนคริสตกาล

History of Mathematics Section 2 : Babylonian Mathematics

นิพนธ์ เปาโรหิต
Nibondha Paorohitya

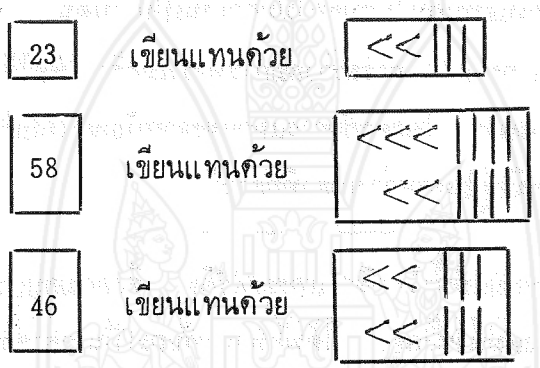
บทคัดย่อ

ข้อเขียนกล่าวถึงคณิตศาสตร์ในดินแดนเมโสโปเตเมียระหว่าง 3,200–1,600 ปี ก่อนคริสตกาล แสดงถึงคณิตศาสตร์ชาวบาบิโลเนียในการแก้ปัญหาสมการกำลังสูง โดยลดรูปให้เป็นสมการที่รู้จักกันว่าเป็นสมการค่าปกติ เพื่อใช้กับตารางค่าปกติ ในแผ่นดินเผา หลักการประมาณค่าใกล้เคียงโดยทฤษฎีบทวินาม ในการคำนวณพื้นที่หน้าตัดของคลองระบายน้ำ หรือประตูน้ำ การคิดเวลาในปัญหาดอกเบี้ยทบต้นในสมัยที่ไม่มีตัวเงินเป็นเงินต้น คงมีแต่เงินต้นเป็นทรัพย์สมบัติที่มีชีวิต เช่น วัว แกะ แพะ การสร้างสมการพาราเมตริก เพื่อใช้เป็นคำตอบทั้งหมด ของสมการไดโอพันตินแบบเฉพาะ โดยอาศัยการแยกแยะจากปัญหาในแผ่นดินเผาแบบตำรา และแผ่นดินเผาแบบตารางอันมีอยู่ในระหว่างเวลาที่กล่าวถึง

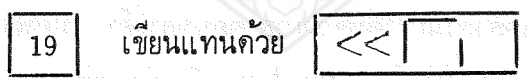
อาณาบริเวณกลุ่มแม่น้ำไทกริส และยูเฟรตีส ซึ่งอุดมสมบูรณ์ด้วยดินอันโอชะที่กระแสร์น้ำไหลเชี่ยวกรากของแม่น้ำทั้งสอง ได้พัดพามาทับถมเป็นเวลาช้านาน เป็นดินแดนได้รับสมญานามว่าเป็นอู่อารยธรรมโลก คณิตศาสตร์แห่งลุ่มแม่น้ำนี้ ได้สะสมมาเป็นเวลาอันยาวนาน เริ่มด้วยชาวสุเมอเรียนได้อพยพตั้งแต่ตอนปลายยุคหินใหม่ จากเทือกเขาฟากทิศตะวันออกเข้ามาตั้งถิ่นฐาน ณ ดินแดนสุเมอร์ตอนเหนืออ่าวเปอร์ซีเย บรรพชนเหล่านี้ได้ตั้งต้นนับวันขึ้นปีใหม่ในวันที่ช่วงเวลาตอนกลางวันเท่ากับช่วงเวลาตอนกลางคืน เมื่อพระอาทิตย์โคจรเข้าราศีวัว ผู้ซึ่งคำนวณโดยทางดาราศาสตร์ได้เมื่อ $4,700 \pm 250$ ปี ก่อนคริสตกาล ชาวสุเมอเรียนรวมตัวตั้งบ้านเมืองขึ้นได้แก่ นครอิริคู นครคิช นครลากาซ นครบาบิโลน มีนครเออร์ เป็นเมืองหลวง มีกษัตริย์หลายราชวงศ์ปกครอง ถึง 3,200 ปี ก่อนคริสตกาล ลูกาลซักคิสีผู้ครองนครเออรุค ได้เป็นใหญ่ก็ขยายอาณาเขตซึ่งจารึกในแผ่นดินเผาว่า "จากทะเลล่าง (อ่าวเปอร์เซีย) ผ่านแม่น้ำไทกรีส และแม่น้ำยูเฟรตีสไปถึงทะเลบน (ทะเลเมดิเตอเรเนียน)" ระหว่างนี้เป็น

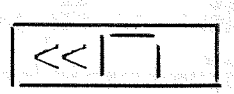
ผศ. นิพนธ์ เปาโรหิต ภาควิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ช่วงเวลาที่ชาวสุเมอเรียนสร้าง "ระบบเลขจำนวนและตัวเลขขึ้นใช้" ซึ่งคงจะก่อน 2800 ปี ก่อนคริสตกาล ชาวสุเมอเรียนบันทึกเรื่องราวโดยเอาปลายแท่งไม้ซึ่งแกะสลักเป็นรูปวงกลมบ้าง ครึ่งวงกลมบ้าง รูปลิ่มบ้าง กดลงบนหน้าเรียบของแผ่นดินเหนียว แล้วนำไปเผาหรือตากแห้งเรา เรียก **แผ่นดินเผา** (Tablet Clay) ปัจจุบันมีประมาณ **ห้าแสนแผ่น** ในจำนวนนี้ขุดได้ที่เมืองนิปเปอร์ ประเทศอิรักประมาณ 5 หมื่นแผ่น เป็นเรื่องเกี่ยวกับคณิตศาสตร์โดยตรง 300 แผ่น ใน 300 แผ่นแบ่งออกเป็นสองกลุ่มคือ Tablef Text **แผ่นดินเผาตำรา** มีประมาณ 100 แผ่น และ Tablet Table คือ **แผ่นดินเผาตารางค่า** ประมาณ 200 แผ่น อักษรที่จารึกบนแผ่นดินเผามีทั้งหมด 350 ตัว เรียกอักษรรูปลิ่ม ใช้เป็นตัวเลขเพียง 2 ตัวเท่านั้นคือ | แทนเลข 1 และ < แทน 10 | อาจมาจากนิ้วชี้ และ > มาจากมือสองข้างซึ่งพนมไหว้ อันมีนิ้วมือรวมได้ 10 นิ้ว จึงแทนเลข 10 ในการเขียนเลขจำนวนก็มีสองหลักการ คือ **หลักการบวกเข้า** เช่น ถ้าต้องการเขียนจำนวน 23, 58 หรือ 46 ก็เป็นดังนี้



นอกจากใช้หลักการบวกเข้า แล้วยังใช้หลัก **การลบออก** สำหรับจำนวนบางจำนวนอีกด้วยเช่น เลข 19. เขียนดังนี้



เครื่องหมายรูปลิ่ม $\overline{|}$ อ่านว่า **แลล** แปลว่า **ลบ** ดังนั้น  จึงอ่านว่า 20 ลบด้วย 1 คือ 19. ที่เป็นเช่นเพราะ 19 หมายถึงวันที่ 19 หลังจาก 1 เดือนมาแล้ว คือ 19 วันหลังจาก 30 วัน หรือวันที่ 49 นั่นเอง อันเป็นวันที่ 7^2 พวกบาบิโลน ถือว่าเป็นวันต้องห้าม

จึงห้ามเรียก 49 ด้วย จะเป็นด้วยชาวบาบิโลนสื่อสารมาถึงอินเดียหรือไม่ก็ตาม ปรากฏว่า ในภาษาบาลี เรียกเลข 19 ว่า "เอกูนวีสติ" อันแปลว่า ยี่สิบลบออกหนึ่งเหมือนกัน

ชาวสุเมอเรียนต้องบันทึกเรื่องราวตัวเลขลงในแผ่นดินเหนียว จึงต้องประหยัดใช้ตัวเลขให้น้อยตัวสื่อความหมายให้ได้จำนวนมหาศาล อาจเป็นด้วยเหตุนี้จึงใช้สเกลเลขโตถึง 60. และเพื่อให้ประหยัดยิ่งขึ้นจึงสร้าง **ระบบหลัก** เหมือนกับเลขที่เราใช้อยู่ทุกวันนี้ นั่นคือต้องการจะบันทึกเลขจำนวน เช่น 53,228 ก็ต้องเปลี่ยนให้เป็นสเกล 60 เสียก่อน คือ

$$53{,}228 = 887\times60+8$$

$$= 14\times60^{2}+47\times60+8$$

$$= \langle \; \text{𒌋𒌋 𒐖 𒌋𒌋𒌋𒌋 𒌋𒌋𒌋𒌋} \; \rangle$$

$$\therefore \boxed{53{,}228} \longrightarrow \boxed{\langle \; \text{𒌋𒌋 𒐖 𒌋𒌋𒌋𒌋 𒌋𒌋𒌋𒌋} \; \rangle}$$

ระบบค่า–เลขหลักของบาบิโลเนีย นอกจากจะใช้กับจำนวนเต็มแล้วยังใช้กับเศษส่วนอีกด้วย ดังจะเห็นได้จากแผ่นดินเผาบางแผ่น เช่น

ซึ่งอ่านว่า 17,35;6,1,43. ก็หมายความว่า $17\times60+35+\frac{6}{60}+\frac{1}{60^{2}}+\frac{43}{60^{3}}$ ทั้งนี้ให้ผู้อ่านตีความหมายเอาเองว่า จำนวนควรจะเป็นเท่าใด โดยคาดคะเนกับข้อเท็จจริงเป็นหลัก

รัชสมัยซาร์กอนที่ 1 ประมาณ 2,800 ปีก่อนคริสตกาล พวกเซไมต์ (Semite) ซึ่งสืบเชื้อสายมาจากพวกพเนจร จากทุ่งหญ้าตอนใต้ของทวีปอาเซีย ก็ได้เข้ามาขอตั้งถิ่นฐานอยู่ด้วย พวกเซไมต์มีความเจริญต่ำกว่าชาวสุเมอเรียน เมื่อพบความเจริญสูงกว่าก็รับเอา และเรียนรู้คณิตศาสตร์สุเมอเรียน จนถึง 2464 ปีก่อนคริสตกาล ซาร์กอนแห่งแอคคัด ซึ่งเมื่อน้อยมารดาผู้เป็นสามัญชนได้พาหนีราชภัยจากกษัตริย์สุเมอเรียน ได้นำใส่เรือตะกร้าล่องลอยไปตามกระแสน้ำ ต่อมาได้ตั้งตัวเป็นใหญ่เข้ายึดอำนาจการปกครองจากชาวสุเมอเรียน และตั้งตัวเป็นกษัตริย์

ซาร์กอน รัชกาลของซากอนนครแอคคัดและนครบาบิโลนรุ่งเรืองด้วยการค้า คณิตศาสตร์ธุระกิจ และการเงินก็เริ่มขึ้น มีการออกใบเสร็จรับเงินค่าเช่า มีตั๋วขึ้นเงินเพื่อเอาไปขึ้นเงินยังต่างเมือง มีการประกันภัยในการเดินทาง มีการกู้ยืมเงิน ซึ่งบริการเหล่านี้ต้องมีค่าตอบแทนเป็นเบี้ยประกันบ้าง ดอกเบี้ยอย่างทบต้น สินค้าที่สำคัญคือ ข้าวสาลี น้ำมันพืช องุ่นแห้ง และปศุสัตว์ นับเป็นเงินต้น ดอกเบี้ยให้ชำระเป็นข้าวสาลี หรือชำระเป็นตัวเงินต้น เช่น ยืมวัวไปใช้ 1 ตัว โดยคิดดอกเบี้ย 20% ต่อปีอย่างทบต้น เวลานานเท่าใดจึงได้เงินรวม เป็น 2 เท่าเงินต้นคือใช้คืนเป็นวัว 2 ตัว ปัญหาเช่นนี้จะเป็นการสดวกของการใช้คืน จึงมีปัญหามาตรฐานไว้ในแผ่นดินเผาของสมัยนั้นว่า "เงินต้น 1 ให้กู้ไปคิดดอกร้อยละ 20 อย่างทบต้นเป็นเวลานานเท่าไรจึงได้เงินรวมเป็น 2" ปัญหาข้อนี้นับเป็นปัญหาคิดดอกเบี้ยทบต้นเป็นครั้งแรกที่ปรากฏเป็นลายลักษณ์อักษร ด้วยแผ่นดินเผามีขนาดเล็ก ผู้บันทึกจึงมิได้ทำเฉลยไว้ แต่เราพอจะหาวิธีเฉลยได้โดยตรวจสอบจากแผ่นดินเผาในรัชกาลต่อมา ซึ่งบันทึกค่า a^n โดย n มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 10 a มีค่า 9, 16, 100, และ 225 แผ่นดินเผาเหล่านี้เป็นแผ่นดินเผาที่ค้นพบมีอยู่แล้วจริง จึงเป็นไปได้ที่แผ่นดินเผา a^n n มีค่า 1 ถึง 10 และ $a = 1.2$ หรือ $\frac{6}{5}$ คือมีตารางค่า $\left(\frac{6}{5}\right)^2 = 1.44$ $\left(\frac{6}{5}\right)^3 = 1.728$ $\left(\frac{6}{5}\right)^4 = 2.0736$ เมื่อมีเช่นนี้ก็จะแก้ปัญหาได้ดังนี้ สมมุติเวลา x ปี ทำให้ได้เงินรวม 2 เงินต้น 1 คิดดอก 20% ∴ รวมเงิน $\frac{6}{5}$ ใน 1 ปี เงินต้น 1 คิดดอก 20% อย่างทบต้นในเวลา x ปี ได้เงินรวม $\left(\frac{6}{5}\right)^x = 2$ เทียบกับตารางค่าได้

$$\left(\frac{6}{5}\right)^3 = 1.728 \quad \text{---} \quad 1$$

$$\left(\frac{6}{5}\right)^x = 2. \quad \text{---} \quad 2$$

$$\left(\frac{6}{5}\right)^4 = 2.0736 \quad \text{---} \quad 3$$

เมื่อคิดเทียบจึงได้ดังนี้

$$\frac{4-x}{4-3} = \frac{2.0736-2.0}{2\ 0736-1.728}$$

$$\frac{4-x}{1} = \frac{.0736}{.4456}$$

$$4-x = \frac{736}{4456}$$

$$x = 4 - 0.3$$

$$x = 3.7$$

ตอบ เป็นเวลา 3 ปี 8 เดือน

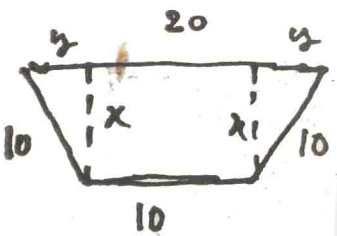
เมื่อนำไปใช้ก็ได้ว่า ยืมวัวผู้ 1 ตัว ไปใช้เป็นเวลา 3 ปี 8 เดือน ผู้ยืมต้องนำวัวผู้มาใช้คืนเจ้าของ 2 ตัว

รัชสมัยฮามูราบี ราชวงศ์ของซาร์กอนปกครองดินแดนลุ่มแม่น้ำไทกริส และยูเฟรตีส อยู่ได้ 3 ศตวรรษ พวกอะมอไรท์ (Amorite) ซึ่งสืบเชื้อสายเดียวกับพวกยิว ก็ได้เข้ามาตั้งถิ่นฐานและรับอารยธรรมสุเมอเรียน แล้วหัวหน้าพวกอะมอไรท์ ก็ปราบพวกเซไมต์ และตั้งตัวเป็นกษัตริย์ฮามูราบี (Hammurabi) ผู้ทรงสร้างประมวลกฎหมายอันมีชื่อ รัชกาลฮามูราบีเริ่มเมื่อประมาณ 2100 ปี ก่อนคริสตกาล เราสามารถมองเห็นภาพเค้าหน้าของนักคณิตศาสตร์ยุคพระเจ้าฮามูราบีได้จากรูปสลักเชลยศึก ซึ่งฟาโรห์ทัสโมสแห่งอียิปต์ ได้จับใส่เรือมาขึ้นที่ท่าเรือนครเซปส์ และทัสโบสให้สลักใบหน้าชาวอะมอไรท์ไว้ดังรูป

แผ่นดินเผาซึ่งขุดพบประมาณ 5 หมื่นแผ่น ส่วนใหญ่เป็นแผ่นดินเผาที่บันทึกขึ้นในรัชกาลของฮามูราบี ทั้งโดยนักธุระกิจ นักคณิตศาสตร์ ครูและนักเรียน ซึ่งเข้าเรียนในชั้นเรียน แล้วทำการบ้านมาส่งครู กองอยู่เป็นตั้ง ๆ ซึ่งขุดพบโดยนักโบราณคดีฝรั่งเศษ เมื่อ คศ.

1884 อาศัยบัญหาจากแผ่นดินเผาเหล่านี้ก็พอเป็นแนวทางบรรยายถึงพัฒนาการคณิตศาสตร์ของบาบิโลน ตามลำดับดังนี้

1. เมโสโปเตเมีย เป็นดินแดนในบริเวณแม่น้ำไทกรีสและยูเฟรติส อันไหลเชี่ยวกราก และสังคมบาบิโลนก็เหมือนสังคมอื่น ๆ ที่ในระยะแรกเป็นสังคมเกษตรประกอบกสิกรรมขั้นพื้นฐานคือ การเพาะปลูก มีความจำเป็นต้องระบายน้ำจากที่ลุ่ม และต้องควบคุมมิให้น้ำท่วมแผ่นดินที่เพาะปลูก ดังนั้นระบบชลประทานจะต้องมีประสิทธิภาพ นั่นคือการทำแบบแปลนประตูน้ำจะต้องหาพื้นที่หน้าตัด ปรากฏจากแผ่นดินเผาการหาพื้นที่สี่เหลี่ยมคางหมู ใช้สูตร $\frac{1}{2} \times$ สูง $\times$ ผลบวกของด้านคู่ขนาน ซึ่งเป็นสูตรอันถูกต้อง ทั้งนี้เพราะการสร้างประตูน้ำตามรูปหน้าตัดของคลองส่งน้ำ จะเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ขั้นต่อไปคือการขุดคลองส่งน้ำให้มีประสิทธิภาพ คือใช้วัสดุกั้นผนังคลองส่งน้ำให้น้อยที่สุด โดยระบายน้ำให้มากที่สุด บัญหานี้ก็เท่ากับบัญหากำหนดด้าน 3 ด้านของสี่เหลี่ยมคางหมูให้เท่ากัน สมมุติว่าเป็น 10,10,10 ด้านที่ 4 จะยาวเท่าไร พื้นที่จึงจะมากที่สุดนั่นเอง ซึ่งคำตอบก็เป็น 20.



คงจะได้มีการหาความสูง X ดังรูป ซึ่งนำไปสู่สมการ กำลังที่สอง คือ.

$$X^2 + Y^2 = 10^2 \quad \ldots\ldots(1)$$

$$2Y + 10 = 20 \quad \ldots\ldots(2)$$

(1) และ (2) แก้ได้

$$Y = 5$$

$$X^2 + 5^2 = 100$$

$$X^2 = 75$$

$$X = 5\sqrt{3}$$

เมื่อถึงขั้นนี้ การหาค่า $\sqrt{3}$ ก็หลีกเลี่ยงไม่ได้ ปรากฏในแผ่นดินดินเผา **Tablet text** แผ่นหนึ่งให้ค่า $\boxed{\sqrt{2} = \frac{17}{12}}$ ซึ่งวิเคราะห์แล้วได้มาจาก

$$\sqrt{2} = \sqrt{\frac{18}{9}}$$

$$= \left(\frac{16}{9} + \frac{2}{9}\right)^{\frac{1}{2}}.$$

$$= \left(\left(\frac{4}{3}\right)^{2} + \frac{2}{9}\right)$$

$$= \frac{4}{3} + \frac{1}{2}.\left(\frac{4}{3}\right)^{-1}.\left(\frac{2}{9}\right) + \text{ค่าจำนวนน้อยตัดทิ้ง}$$

$$= \frac{4}{3} + \frac{1}{9}.\frac{3}{4}.$$

$$= \frac{4}{3} + \frac{1}{12}.$$

$$= 17/12.$$

การหาค่า $\sqrt{3}$ ก็เช่นเดียวกัน

$$\sqrt{3} = \sqrt{\frac{27}{9}}$$

$$= \left(\frac{25}{9} + \frac{2}{9}.\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left(\frac{5}{3}\right)^{\frac{2}{2}} + \frac{1}{2}.\left(\frac{5}{3}\right)^{-1}.\frac{2}{9}$$

$$= \frac{5}{3} + \frac{3}{5}.\frac{1}{9}.$$

$$= \frac{26}{3}.$$

การหาค่าได้เช่นนี้ แสดงว่าชาวบาบิโลนรู้จักการประมาณค่า

$$\left(a^{2} + h\right)^{\frac{1}{2}} = a + \frac{h.}{2a}$$

ซึ่งเป็นสูตรหนึ่งที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ซึ่งเป็นสมการคิวบิคโดยทั่วไป ชาวบาบิโลนก็คงค้นคิดหาวิธีแก้ มีหลักฐานซึ่งจะกล่าวถึงต่อไปทำให้เชื่อว่า ชาวบาบิโลนแก้ปัญหานี้ โดยการแปลงสมการ (1) ให้เทอม by หมดไปก่อนคือให้ $y = x + d.$

แทนค่าในสมการ (1) จัดเทอมใหม่จะได้ ส.ป.ส. ของ x เป็น $3d^2 + 2Ad + B.$ ซึ่งเงื่อนไขการลดรูปคือ $3d^2 + 2Ad + B = O.$

$$\therefore d = -\frac{A}{3} + \sqrt{\frac{A^2 - 3B}{3}}.$$

$$3d + A = \sqrt{A^2 - 3B.}$$

และจากการแทนค่าตอนต้น ส.ป.ส. ของ x^2 คือ $3d + A.$

$\therefore$ สมการ (1) สามารถจัดใหม่ได้รูป

$$x^3 + x^2\sqrt{A^2 - 3B} + K = O$$

หรืออยู่ในรูป $x^3 + Px^2 = Q$

ถ้าเป็นเช่นนี้ก็เอา P^3 หารตลอดได้

$$\left(\frac{x}{P}\right)^3 + \left(\frac{x}{P}\right)^2 = \frac{Q}{P^3}$$

เรียกว่าแบบค่าปกติ (Normal Form) มีปัญหาในแผ่นดินเผาของสมัยนั้นหลายแผ่นที่สนับสนุนทฤษฎีนี้ Tablet text แผ่นหนึ่ง กล่าวว่า "จงหารากของสมการ $x^3 + 2x^2 - 3136 = O$" ควบคู่กับ Tablet text แผ่นนี้ก็มี Tablet tabel ที่ให้ค่า $n^3 + n^2$ ตั้งแต่ $n = 1$ ถึง $n = 30$ คือ

n	n^2	n^3	$n^3 + n^2$
1	1	1	2.
2	4	8	12.
3	9	27	36.
—	—	—	—
6	36.	216	252.
7	49	343	392.
—	—	—	—

ดังนั้นจึงประจักษ์ชัดว่า วิธีแก้ปัญหานี้ของบาบิโลนเป็นดังนี้

$$X^3 + 2X^2 = 3136$$

เอา 8 หารตลอดได้ $$\frac{X^3}{8} + \frac{X^2}{4} = 392.$$

$$\left(\frac{X}{2}\right)^3 + \left(\frac{X}{2}\right)^2 = 392.$$

คือ $$n^3 + n^2 = 392.$$

เมื่อดูจากตารางค่า ได้ $n = 7$ $\therefore X = 14$

ปัญหาที่พบในแผ่นดินเผาตำราอีกแผ่นหนึ่งก็คือ จงหารากต่าง ๆ จากสมการ

$$xyz + xy = 7/6 \quad \ldots\ldots\ldots(1) .$$

$$y = 2x/3 \quad \ldots\ldots\ldots(2) .$$

$$z = 12x \quad \ldots\ldots\ldots(3) .$$

วิธีแก้ก็คือต้องทำเป็นรูปปกติ คือ

จาก (3) ได้ $x = z/12$

จาก (2) $y = 2x/3 = \frac{2}{3} \cdot \frac{z}{12} = z/18$

แทนค่าใน (1) ได้

$$\frac{z}{12} \cdot \frac{z}{18} \cdot z + \frac{z}{12} \cdot \frac{z}{18} = \frac{7}{8}$$

หรือ $$z^3 + z^2 = 252$$

อ่านค่าจากแผ่นดินเผาตารางค่า ได้ $z = 6$

$\therefore$ คำตอบเป็น $x = \frac{1}{2}$

$y = \frac{1}{3}$

$z = 6$

วิธีแก้ปัญหาแบบนี้ก็มีการดัดแปลงตารางค่าเพื่อใช้แก้กับปัญหา ในสมการกำลังสอง ซึ่งมีประมาณ 50 แผ่นกระเบื้องดินเผาตำรา ซึ่งปัญหาหนึ่งก็คือ "ผลบวกของจตุรัสสองรูปมีพื้นที่ 1000. ด้านของจตุรัสด้านหนึ่งน้อยกว่า สองในสามของด้านของจตุรัสอีกรูปหนึ่งอยู่ 10

จงหาด้านของจตุรัสทั้งสอง ปัญหานี้เมื่อเขียนเป็นสมการปัจจุบันได้

$$x^2 + y^2 = 1000 \text{ ..... } (1) .$$

$$x = \frac{2}{3}y - 10 \text{ .... } (2) .$$

วิธีแก้ (2) แทนค่าใน (1) ได้

$$\left(\frac{2}{3}y - 10\right)^2 + y^2 = 1000.$$

$$\frac{13}{9}y^2 - 40\left(\frac{y}{3}\right) = 900.$$

$$13\left(\frac{y}{3}\right)^2 - 40\left(\frac{y}{3}\right) = 900,$$

ทำตารางค่า $13p^2 - 40p$ จนได้ 900

หรือใช้วิธี error and trial จะได้ $p = 10.$

$$13(10)^2 - 40(10) = 1300 - 400 = 900.$$

$$\therefore \frac{y}{3} = 10 \quad \therefore y = 30. \text{ และ } x = 10.$$

เอกลักษณ์ $xy = \left(\frac{x+y}{2}\right)^2 - \left(\frac{x+y}{2}\right)^2$. คงจะเป็นที่รู้จักดีดังนั้นกระบวนการคูณเลขของบาบิโลนมีบ่อยครั้งที่ใช้เอกลักษณ์นี้ประกอบกับค่าในแผ่นดินเผาตารางประกอบ

สมมุติว่าจะมีการคูณเลข 86×29 ก็ดำเนินการตามลำดับขั้นดังนี้

(1) $\frac{87 + 29}{2} = 50$ ใช้ตารางค่ากำลังสองของ 58 ได้ 3364.

(2) $\frac{87 - 29}{2} = 29$ ใช้ตารางค่ากำลังสองของ 29 ได้ 841.

(3) $3364 - 841 = 2523.$

แสดงว่า $87 \times 29 = \left(\frac{87+29}{2}\right)^2 - \left(\frac{87-29}{2}\right)^2 = 58^2 - 29^2 = 2514.$

Tablet table ที่แสดงตารางค่ากำลังสอง มีตัวเลข 1, 4, 9, 16, 25, 49 แทนกำลังสองของ 1, 2, ... 7 และกำลังสองของเลข 8,9,...., 60 แทนด้วย 1.4 (หมายถึง $1 \times 60 + 4$) 1.21, 1.40, ... 58.1, 1.0.0. การคูณเลขนอกจากทำโดยเอกลักษณ์นี้ยังใช้ตารางคูณเลขสำเร็จ ซึ่งสร้างบนด้านต่าง ๆ ของรูปแท่ง 6 เหลี่ยม แท่ง 8 เหลี่ยม เพื่อให้มีที่ว่างได้มากพอ

การหารนั้นชาวบาบิโลน สร้าง $1/n$ เพื่อจะหาค่า $\frac{m}{n}$ ก็เอาค่า m คูณกับค่าในตาราง $1/n$ หลักฐานชั้นหนึ่งที่แสดงว่าชาวบาบิโลนรู้จักการใช้เอกลักษณ์ $xy = \left(\frac{x+y}{2}\right)^2 - \left(\frac{x-y}{2}\right)^2$ ก็คือปัญหาในแผ่นดินเผาที่ว่า "สี่เหลี่ยมผืนผ้ารูปหนึ่งมีพื้นที่ 1 หน่วย ถ้าครึ่งหนึ่งของเส้นรอบรูปเป็น a จงหาความยาวของด้านทั้งสอง" ซึ่งเมื่อเขียนเป็นสมการปัจจุบันก็ได้

$$xy = 1 \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

$$x+y = a \quad \ldots\ldots\ldots (2)$$

วิธีแก้

$$xy = \left(\frac{x+y}{2}\right)^2 - \left(\frac{x-y}{2}\right)^2.$$

$$1 = \left(\frac{x+y}{2}\right)^2 - \left(\frac{x-y}{2}\right)^2.$$

$$1 = \left(\frac{a}{2}\right)^2 - \left(\frac{x-y}{2}\right)^2.$$

$$\therefore \left(\frac{x-y}{2}\right)^2 = \frac{a^2-4}{4}$$

$$x-y = \sqrt{a^2-4}$$

$$x+y = a$$

$$\therefore 2x = a + \sqrt{a^2-4}$$

$$x = \frac{a+\sqrt{a^2-4}}{2}$$

$$y = \frac{a-\sqrt{a^2-4}}{2}$$

แผ่นดินเผาประมาณ 50 แผ่น จะมีปัญหา

$$xy = 600 \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

$$150\,(x-y) - (x+y)^2 = -1000 \quad \ldots\ldots\ldots (2)$$

โดยมี ส.ป.ส. หน้า $(x-y)$ $(x+y)^2$ และตัวคงที่แตกต่างกันไปประมาณ 50 แผ่น ถ้าเราวาดภาพก็พอจะบอกได้ว่า แผ่นดินเหนียวทั้ง 50 แผ่นนั้น คือแบบฝึกหัดที่นักเรียนของบาบิโลเนีย ทั้งชั้นนำไปส่งครูในระบบการเรียนของบาบิโลนนั้นเอง สำหรับการแก้ปัญหานี้มีดังนี้

จาก (1) $xy = \left(\frac{x+y}{2}\right)^2 - \left(\frac{x-y}{2}\right)^2$

$\therefore \left(\frac{x+y}{2}\right)^2 - \left(\frac{x-y}{2}\right)^2 = 600.$

4 คูณตลอด $(x+y)^2 - (x-y)^2 = 2400.$

จาก (2) ได้ $(x+y)^2 = 150(x+y) + 1000$

$\therefore 150(x+y) + 1000 - (x-y)^2 = 2400$

$(x-y)^2 - 150(x-y) + 1400 = 0.$

$\left(\frac{x-y}{5}\right)^2 - 30\left(\frac{x-y}{5}\right) + 56 = 0.$

ให้ $\left(\frac{x-y}{5}\right) = p.$ $\therefore 30p - p^2 = 56.$

โดยวิธี error and trial ได้ $p = 2.$

$\therefore \frac{x-y}{5} = 2.$

$x - y = 10$

$x + y = 50$

$x = 30$

$\therefore y = 20$

สมการไดโอพั่นตัน $a^2 = b^2 + c^2$

สมการไดโอพั่นตัน คือ สมการที่มีคำตอบเป็นเลขจำนวนเต็ม คำตอบของสมการไดโอพั่นตัน $a^2 = b^2 + c^2$ จึงหมายถึงค่า a, b, c ที่เป็นเลขเต็มหน่วย แล้วคล้อยตาม $a^2 = b^2 + c^2$ เช่น $a = 5,\ b = 4,\ c = 3$ หรือ $(5, 4, 3)$ เป็นคำตอบหนึ่ง $(13, 12, 5)$ ก็เป็นอีกคำตอบหนึ่ง เมื่อเป็นเช่นนี้ก็มีปัญหาว่า คำตอบทั่วไปของสมการไดโอพั่นตัน $a^2 = b^2 + c^2$ ควรมีรูปเป็นอะไร ในปัจจุบันคำตอบก็เป็นรูปพาราเมตริกคือ

$a = u^2 + v^2$

$b = u^2 - v^2$

$c = 2uv$

ทั้งนี้เพราะ $a^2 = b^2 + c^2$

$$\begin{aligned}(u^2+v^2)^2 &= (u^2-v^2)^2 + (2uv)^2 \\ &= u^4 - 2u^2v^2 + v^4 + 4u^2v^2 \\ &= u^4 + 2u^2v^2 + v^4 \\ &= (u^2+v^2)^2\end{aligned}$$

แสดงว่า $a = u^2+v^2$, $b = u^2-v^2$, $c = 2uv$. คล้อยตาม $a^2 = b^2 + c^2$

มีแผ่นดินเผาตารางอยู่แผ่นหนึ่งประมาณรัชสมัยฮามูราบี เรียกชื่อกันในปัจจุบันว่า Plimpton 322. ตามระหัสการรวบรวมของนายพลิมตัน ให้หมายเลข 322. แผ่นดินเผานี้บันทึกเลขไว้ 15 รายการดังนี้

119	169	1
3367	4825 (11521)	2
4601	6649	3
12709	18541	4
65	97	5
319	481	6
2291	3541	7
799	1249	8
481 (541)	769	9
4961	8161	10
45	75	11
1679	2929	12
161 (25921)	289	13
1771	3229	14
56	106 (53)	15

ปรากฏตามตารางนี้ แถวซ้ายจะได้ค่า $u^2 - v^2$ แถวขวาจะได้ค่า $u^2 + v^2$ คือ $u^2 + v^2 = 169$, $u^2 - v^2 = 119$ $\therefore 2u^2 = 288$ $\therefore u = 12$ และ $v = 5$

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สำหรับรายการที่ 3

$$u^2 + v^2 = 6649$$
$$u^2 - v^2 = 4601$$
$$2v^2 = 2048$$
$$v^2 = 32$$
$$u^2 = 75$$

ทำนองเดียวกันรายการต่าง ๆ เกือบทุกรายการใน 15 รายการของพลิมตัน 322 ก็จะหา u และ v ได้ ซึ่งนำไปสู่การหาค่า $2uv - c$ เป็นการหาด้าน c ได้ ดังนั้นถ้ารวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ก็จะประกอบลงในตารางต่อไปนี้ได้

u	v	u^2	v^2	$a=u^2+v^2$	$b=u^2-v^2$	$c=2uv$	$a^2=b^2+c^2$
12	5	144	25	169	119	120	$169^2=199^2+120^2$
75	32	5625	1024	6649	4601	4800	$6649^2=5625+4800^2$
125	54	15625	2916	18541	12709	13500	$18541^2=12709^2+13500$
—	—	—	—	—	—	—	— —

รวมรายการอื่น ๆ อีก 12 รายการ แสดงว่าคณิตศาสตร์บาบิโลเบียเจริญถึงขั้นแก้สมการไดโอพ้นทินแบบ $a^2=b^2+c^2$ ในช่วงระยะเวลาตั้งแต่ 3,200–1,600 บี ก่อนคริสตกาล อันเป็นสมัยที่วิชาพีชคณิตจะต้องแสดงปัญหาและวิธีทำเป็นคำพูด โดยไม่มีสัญญลักษณ์ช่วย อันมีชื่อที่รู้กันว่า พีชคณิตสมัยภาษาพูด (Rhetorical period)

ด้วยเหตุที่คาบเวลาที่กำหนดไว้ในการเขียนคณิตศาสตร์เป็นในช่วง 4700–1600 บี ก่อนคริสตกาล ดังนั้นข้อเขียนนี้จึงไม่รับผิดชอบรวมไปถึงคณิตศาสตร์ของอาณาจักรฆาลเดีย (Chaldean empire) เข้ามารบชนะอาณาจักรอัสซิเรียที่ปราบพวกอะบอไรท์ ซึ่งอาณาจักรฆาลเดียมีช่วงเวลาอันสั้น ระหว่าง 606–593 บีก่อนคริสตกาล แต่สามารถสร้างความเจริญก้าวหน้าไปไกลมากในวิชาคณิตศาสตร์ ดาราศาสตร์ โหราศาสตร์และวิทยาศาสตร์.

หนังสืออ้างอิง

1. History of Mathematical Symbol, Cajary
2. History of Mathematics, D.E. Smith
3. History of Mathematics, Vera Sanford
4. History of Mathematics, Howard Eves.
6. Development of Mathematics, E.T. Bell.

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เทคนิคในห้องมืด
Darkroom Techniques

เฉลิม คิดชัย
Chalerm Kidchai

บทคัดย่อ

เทคนิคในห้องมืด กล่าวถึงวิธีการขยายรูป ล้างรูป ซึ่งมีวิธีการนอกเหนือจากการขยายรูป ล้างรูปตามธรรมดา เช่น การเพิ่มแสง การลดแสง การลดความเข้ม การสเกตภาพถ่าย การทำภาพลอย การเกลี่ยแสง และการทำภาพสลักหิน

ในหนังสือวิทยาสาร ม.ข. ปีที่ 3 ฉบับที่ 2 พฤษภาคม–สิงหาคม 2518 ในหัวข้อเรื่อง **Darkroom techniques** ได้กล่าวไปแล้วหลายเรื่อง เป็นต้นว่า การเพิ่มแสง (Printing in) การลดแสง (Dodging) การลดความเข้ม (Reducing) และการสเกตภาพถ่าย (Photo sketching) ดังนั้นในฉบับนี้จะขอกล่าวถึงน้ำยาเคมีบางสูตร ซึ่งเกี่ยวข้องกับหัวข้อในฉบับที่แล้ว และจะกล่าว ถึงเทคนิคบางอย่างเพิ่มเติม

ในการล้างฟิล์มก็ดี ล้างกระดาษก็ดี น้ำยาเคมีที่จะนำมาใช้ล้างฟิล์มหรือกระดาษ อาจจะหาซื้อน้ำยาเคมีสำเร็จที่มีจำหน่ายอยู่ทั่วไป สำหรับในต่างจังหวัด (นอกจากกรุงเทพมหานคร) อาจจะหาซื้อได้ยากหรืออาจจะไม่มีจำหน่ายเลย ผู้เขียนมีความเห็นว่า ควรจะกล่าวถึงสูตรน้ำยาเคมีบางชนิด เผื่อว่าท่านผู้อ่านที่สนใจอาจจะลองผสมน้ำยาเคมีเองก็ได้

ก. การทำฟิล์มที่บางให้หนาขึ้น

ถ้าเนกาตีฟที่ล้างออกมาแล้วบางไป อาจจะเป็นเพราะขณะที่ถ่ายให้แสงไม่พอดี หรือการล้างฟิล์มใช้เวลาน้อยไป (Under developed) ถ้าต้องการทำให้เนกาตีฟนั้นหนาขึ้น ต้องนำฟิล์มล้างใหม่ในน้ำยาต่อไปนี้

1. Mercuryintensifier

การล้างฟิล์มมี 2 ระยะ คือล้างด้วยน้ำยาชนิดแรกก่อนจึงล้างด้วยน้ำยาชนิดที่ 2

อ. เฉลิม คิดชัย กศ.บ, พ.ม, ค.ม, ป. เจ้าหน้าที่โสตทัศนูปกรณ์
แผนกโสตทัศนศึกษา คณะวิทยาศาสตร์–อักษรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

1.1 น้ำยาชนิดที่ 1 Mercuric chroride 1 ounce (28.35 gm)

Warm water 16 ounce (453.5 gm)

เมื่อผสมกันแล้วทิ้งไว้จนเย็น แล้วเติม

Hydro chroric acid 300 minims (4.785 gm)

เมื่อนำฟิล์มหรือกระจกฟิล์มล้างในน้ำยานี้แล้ว ให้ล้างด้วยน้ำสะอาดจนหมดน้ำยา

1.2 น้ำยาชนิดที่ 2

Potassium oxalate	5 ounces	(141.75 gm)
Warm water	20 ounces	(576 gm)

ให้ผสมกัน ถ้าไม่ใสให้กรองเอาเฉพาะส่วนที่ใสไปใช้

Iron sulphate	5 ounces	(141.75 gm)
Sulphuric acid	30 minims	(1.735 gm)

เวลาใช้ให้นำเอาน้ำยาชนิดที่ 1 3 ส่วน ผสมกับน้ำยาชนิดที่ 2 1 ส่วน เมื่อล้างจนรูปหนาขึ้นพอแก่ความต้องการแล้ว จึงล้างด้วยน้ำสะอาดต่อไป ถ้ารูปยังไม่หนาพอให้ล้างตามลำดับตั้งแต่ต้นมาอีกครั้งหนึ่ง

2. น้ำยาชนิดนี้เป็นน้ำยาอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งต้องล้าง 2 ระยะคือ

2.1	Mercuric chroride	200 grains	(12.50 gm)
	Potassium Bromide	100 grains	(6.25 gm)
	Water	10 ounces	(283.5 gm)
2.2	Sodium sulphite	1/4 ounces	(7.08 gm)
	Water	4 ounces	(113.40 gm)

3. น้ำยาในสูตรนี้มีน้ำยาอย่างเดียว

Water	100	cc
Uranium nitrate	1	gm
Glacial acetic acid	7	cc

วิธีใช้ เมื่อรูปหนาขึ้นดีพอแก่ความต้องการแล้ว ล้างในน้ำสะอาดเปลี่ยน 3 ครั้ง ถ้าเกรงว่าจะล้างกรดไม่หมด จะใช้น้ำยาแอมมอเนียมคาร์บอเนตอ่อน ๆ ล้าง แล้วล้างด้วยน้ำสะ

อาดอีกครั้งหนึ่งก็ได้

4. น้ำยาสูตรนี้ล้าง 2 ระยะเหมือนสูตรที่ 1

Potassium bichromate	100	grains	(6.25 gm)
Hydrochroric acid	50	minims	(2.97 gm)
Water	10	ounces	(283.5 gm)

ใช้น้ำยาข้างต้นเป็นน้ำยาชนิดแรก เมื่อล้างสะอาดแล้วให้ใช้น้ำยาล้างรูปธรรมดา ชนิด Metal hydroquinone developer หรือชนิด Amidol Developer หรือน้ำยาล้างรูป ชนิดอื่น ๆ ได้

ข. น้ำยาสำหรับทำฟิล์มที่หนามากให้บางลง

1. Kodak Reducer R–2

1.1 Water		1	liter
Potassium permaganate		52.5	gm
1.2 Water		1	liter
Pure sulphuric acid	32	millilitre	

วิธีใช้ ผสมน้ำยา (1.1) 1 ส่วนกับน้ำยา (1.2) 2 ส่วน และน้ำ 64 ส่วน เมื่อนำฟิล์มแช่ในน้ำยานี้จนพอเพียงแก่ความต้องการแล้ว ให้ล้างด้วยน้ำยา Hypo สักครู่ แล้วล้างด้วยน้ำเปล่าจนสะอาด

2. Farmer's reducer R–4 a.

2.1 Potassium Ferricyanide (Anhydrous)		37.5	gm
Water		500	milliliter
2.2 Sodium Hyposulphite หรือ Hypo		480	gm
Water to malse		2	liter

น้ำยา (2.1) ต้องเก็บไว้ในขวดสีน้ำตาล เพราะจะเสื่อมคุณภาพเมื่อถูกกับแสงสว่าง วิธีใช้ ผสมน้ำยา (2.2) พอให้ท่วมจานสำหรับล้างแล้วเติมน้ำยา (2.1) ลงไปเล็กน้อย

3. สูตรนี้มีน้ำยาชนิดเดียว

Water	32	ounces	(907.20 gm)

Ammonium Persulpate	2 ounces	(56.70 gm)
กรดกำมะถันบริสุทธิ์	3/4 drachm	(2.6535 gm)

วิธีใช้ ผสมน้ำยานี้ 1 ส่วนกับน้ำ 2 ส่วน เมื่อล้างได้ที่แล้ว ให้ล้างด้วยน้ำยา Hypo แล้วล้างด้วยน้ำเปล่าจนสะอาด

น้ำยาต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วนี้ มีสารบางชนิดเป็นพิษแก่ร่างกาย ควรล้างด้วยความระมัดระวังเป็นพิเศษ เช่นโปตัสเซียมเฟอโรไซยาไนด์ เป็นต้น

น้ำยาล้างรูปเก่าให้ดูเป็นรูปใหม่สดใสขึ้นกว่าเดิม

ภาพบางภาพที่ท่านถ่ายไว้นานแล้ว อาจเปลี่ยนเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำตาลหรือสีซีดลงไปมาก ถ้าท่านต้องการทำภาพนั้นดูสดใสมากขึ้น ก็ควรนำภาพนั้นไปล้างในอ่างน้ำยาที่จะกล่าวในหัวข้อนี้ ถ้าภาพถ่ายของท่านติดไว้กับกรอบกระดาษแข็งหรือติดในอัลบั้ม จะต้องแกะภาพออกมา โดยเอาผ้าหรือฟองน้ำชุบน้ำทาจนหลุดออกมา อย่ารีบดึงหรือแกะหรือฉีกออก เพราะจะทำให้ภาพเสียได้ เมื่อลอกเอาออกมาแล้วก็นำภาพลงไปแช่ในน้ำยาต่อไปนี้

Water	1000	cc
Sodium chroride	32	gm
Hydrochroric acid	8	cc
Potassium bichromate	32	gm

เมื่อภาพแช่ในน้ำยานี้สีจะซีดลง จากนั้นนำไปล้างในน้ำยาสร้างภาพ (Developer) ที่ใช้กระดาษอัดรูปธรรมดา ภาพจะค่อยสดใสขึ้น เข้มข้นกว่าเดิม แล้วจึงนำไปล้างในน้ำยาหยุดภาพ (Stop bath) และน้ำยาคงสภาพ (Fixer) แล้วแช่น้ำ ล้างน้ำยาออกให้หมด ตากให้แห้งจะได้ภาพที่สดใสขึ้นตามต้องการ

เทคนิคในการอัดขยายรูปนอกจากเรื่องที่ได้กล่าวไปแล้วมีดังนี้

การทำภาพลอย (Vignetting) ในบางครั้งท่านได้ถ่ายภาพไว้อาจจะเป็นภาพทิวทัศน์ ภาพถ่ายหมู่ หรือภาพถ่ายเดี่ยวที่มีฉากหลัง (Background) เป็นต้น ต่อมาภายหลังต้องการภาพเดี่ยวหรือภาพส่วนใดส่วนหนึ่งของภาพที่เคยถ่ายไว้แล้วนั้น ท่านอาจจะทำได้โดยใช้เทคนิคแบบหนึ่งที่จะตัดส่วนของภาพที่ไม่ต้องการออก เช่นไม่ต้องการฉากหลัง หรือถ้าเป็นรูปถ่ายหมู่

ท่านต้องการภาพของคนเพียงคนเดียว หรือ 2-3 คนเท่านั้น วิธีทำภาพเช่นนี้มีวิธีง่าย ๆ ดังนี้ โดยท่านกั้นแสงที่ตกลงมาโดยผ่านพีล์มเนกาตีฟ ใช้กระดาษแข็งที่ทึบแสง โดยเจาะรูกระดาษแข็งให้เป็นรู และมีลักษณะตามที่เราต้องการขยายภาพ รูของกระดาษต้องโตพอเหมาะ โดยกะว่า เมื่อยกกระดาษอยู่ระหว่างกลางระหว่างระยะทางจากกระดาษขยายรูปถึงเลนส์ของเครื่องขยายรูป และกรอบของรูกระดาษตัดให้เป็นพื้นเลื่อย ทั้งนี้เพื่อให้ขอบเงาของภาพค่อยจางไป และเป็นสีขาวเหมือนกระดาษขยายรูป และขณะที่กำลังขยายรูปนั้น จะต้องเคลื่อนกระดาษไปมา จะเป็นการขยับขึ้นลง หรือส่ายไปส่ายมาเล็กน้อย ส่วนเวลาที่ใช้ในการขยายภาพนั้น ให้ใช้เวลานานเท่ากับเวลาที่ใช้การขยายรูปธรรมดา เมื่อนำกระดาษขยายรูปที่ถูกแสงแล้วไปลงน้ำยาสร้างภาพ น้ำยาหยุดภาพ น้ำยาคงสภาพ ก็จะได้ภาพลอยตามต้องการ

การเกลี่ยแสง (Diffusion) วิธีการนี้บางทีเราเรียกว่า Soft focus effect คือวิธีการทำให้ภาพที่อัดขยายออกมามีความนุ่มนวล (Soft) หรือลายเส้นของภาพมัวลงไปหรือไม่ชัดเท่าที่ควร การทำภาพเช่นนี้เหมาะกับภาพที่จะขยายให้เป็นรูปขนาดใหญ่ทำให้เกรน (Grain) ภาพเลือนไป หรือใช้ในการทำให้แบลคกราวด์มัวไป และในการถ่ายรูปคน วิธีการอัดขยายรูปเช่นนี้ใช้ในกรณีที่จะลบรอยย่นบนใบหน้า เพื่อให้ภาพดูแล้วดีขึ้นกว่าเดิม เป็นต้น มีวิธีการทำดังต่อไปนี้

1. การเกลี่ยแสงทั้งภาพ ในขณะที่กำลังขยายภาพให้ใช้วัสดุโปร่งใส เช่น อาซิเต็ดใส, แก้วใส, กระดาษแก้วใส หรือกระดาษแก้วห่อของบุหรี่ กั้นแสงระหว่างเลนส์กับกระดาษ ถ้าต้องการให้ภาพ Soft มาก ๆ อาจทำได้โดยขยำหรือทำให้แผ่นโปร่งใสนั้นให้มีรอยย่นมากขึ้น เมื่อนำภาพไปลงน้ำยาก็จะได้ภาพที่ดู Soft มากขึ้น

2. การเกลี่ยแสงบางส่วน มีวิธีทำอย่างง่าย ๆ คือ ถ้าพีล์มที่เราใช้ขยายเป็นพีล์มเนกาตีฟขนาดใหญ่ ให้ใช้น้ำมันอาจเป็นน้ำมันจักรเย็บผ้า น้ำมันเครื่อง น้ำมันดีเซล (โซล่า) ก็ได้ หยดลงบนกระจกใสพีล์ม (Negative carrier) โดยเว้นบริเวณที่ต้องการให้มีความคมชัดไว้ แล้วให้แสงผ่านลงมาถึงกระดาษขยาย เวลาที่ใช้ในการขยายรูปก็ให้ใช้เวลาเท่ากับการขยายรูปตามปกติ

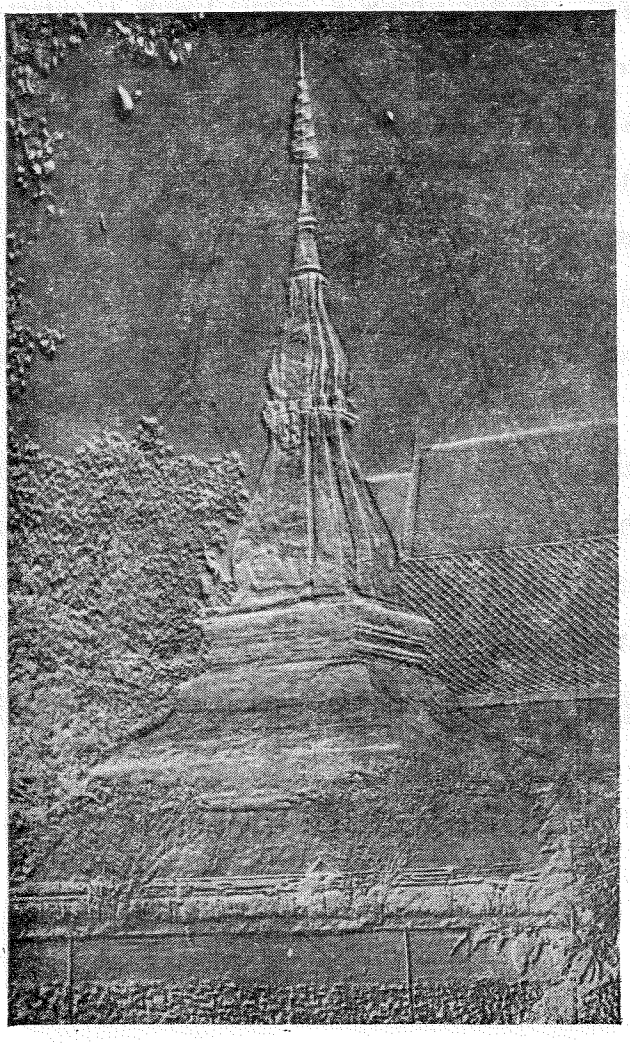
ถ้าพีล์มที่นำมาขยาย เป็นพีล์มขนาดเล็ก เช่นพีล์ม 35 ม.ม. ซึ่งมีเนื้อที่ ที่บันทึกเป็นภาพเล็กมาก ถ้าทำโดยวิธีการข้างบนดังที่กล่าวแล้วจะทำได้ยากมาก ดังนั้นแทนที่จะหยดน้ำมัน

ลงบนกระจกใส่พีล์ม เราอาจใช้กระจกหนากั้นหรือจะใช้อาซิเตดก็ได้ กั้นทางเดินของแสงตรงบริเวณระหว่างกระดาษขยายภาพกับเลนส์ของเครื่องขยาย โดยหยดน้ำมันตรงบริเวณที่ต้องการให้เกิดภาพมัว เว้นที่สำหรับส่วนของภาพที่ต้องการให้เกิดความคมชัดไว้ ภาพที่ขยายที่ได้จากวิธีนี้จะทำให้ภาพเด่นชัดขึ้นกว่าเดิม และเป็นภาพที่แปลกตาทำให้ชวนมอง หรือทำให้คนมองภาพสงสัย เป็นการดึงดูดให้มองภาพอย่าพิจารณาอีกครั้ง

Soft focus effect บางส่วน

การทำสลักหิน (Bas relief) ที่เรียกชื่ออย่างนั้นเพราะภาพที่ได้เหมือนภาพหินที่สลัก คล้ายกับหินสลักตามปราสาทหินต่าง ๆ วิธีทำให้เลือกเนกาตีฟที่เป็นภาพลวดลายของโบราณวัตถุ เช่น ภาพวัด โบสถ์ วิหาร ภาพบุคคล สัตว์ หรือ ภาพทิวทัศน์ ซึ่งเป็นภาพที่เหมาะในการทำภาพสลักหิน ถ้านำภาพฟิล์มเนกาตีฟของภาพที่เป็นภาพเรียบ ๆ มีสีตัดกันน้อยมาทำ จะได้ภาพไม่สวยและไม่สดุดตา เมื่อเลือกเนกาตีฟได้แล้วก็นำไปพิมพ์ (Contact print) ลงในฟิล์มออร์โธโครเมติก (Orthochromatic film) หรือฟิล์ม Panatomic ถ้าพิมพ์ลงในฟิล์ม Pan chromatic ที่มี A.S A. สูง ช่วงเวลาที่ให้แสงสว่างในการอัดนั้น ต้องใช้เวลาสั้นเพียงพริบตาเดียว และควบคุมแสงได้ยาก แต่ฟิล์ม Orthochromatic มี A.S.A. ต่ำ จึงสามารถเปิดไฟให้สว่างถูกพิมพ์ใช้เวลานานกว่า ซึ่งเราสามารถควบคุมได้ แล้วนำฟิล์มออร์โธโครเมติกไปล้างในน้ำยาสร้างภาพ สำหรับล้างกระดาษ น้ำยาหยุดภาพ น้ำยาคงสภาพ จะได้ภาพบนฟิล์มเป็นภาพโพซิตีฟ (Positive) ซึ่งมีเกรน (Grain) ละเอียด ซึ่งดีกว่าโพซิตีฟที่ได้จากฟิล์ม Pan chromatic

ขั้นต่อไป นำเนกาตีฟและโพซิตีฟมาซ้อนกันและให้เยื้องกันเล็กน้อย อาจจะเยื้องไปทางขวามือหรือซ้ายมือก็ได้ แล้วใช้สก๊อตเทปยึดริมฟิล์มทั้งสองเพื่อบังกันฟิล์มเคลื่อน แล้วนำเข้าเครื่องขยายรูป และขยายลงในกระดาษขยายรูปเช่นเดียวกับการขยายรูปธรรมดาทั่วไป แล้วนำภาพที่ถูกแสงแล้วไปลงน้ำยาสร้างภาพ หยุดภาพ และคงสภาพ ลงน้ำ และตากให้แห้งเหมือนขบวนการล้างรูปตามธรรมดาทั่วไป ภาพที่ได้ก็จะเป็นภาพสลักหินตามต้องการ



การเก็บรวบรวมตัวอย่างพันธุ์ไม้ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย

Herbarium in Khon Kaen University

Brant S. Rogers
กิตติ เอกอำพน

พิพิธภัณฑ์พืช (Herbarium) เป็นที่เก็บรวบรวมตัวอย่างพันธุ์ไม้ที่ทำให้แห้งแล้ว พืชพันธุ์ไม้ที่ว่านี้อาจรวมทั้ง มอสส์, เฟิน, พืชดอก หรือ ฯลฯ ทั้งนี้ย่อมขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายของพิพิธภัณฑ์พืชนั้น ๆ พิพิธภัณฑ์พืชอาจประกอบขึ้นด้วยเพียงพืชกลุ่มหนึ่งโดยเฉพาะ เช่น วัชพืช, ไม้ต้น (Tree) หรือเป็นกลุ่มที่ขึ้นอยู่ในอาณาบริเวณใดบริเวณหนึ่ง การเก็บรวบรวมตัวอย่างพันธุ์ไม้นี้อาจมีการเก็บตัวอย่างเป็นแบบสมัครเล่น คือไม่ได้เก็บรวบรวมเป็นจำนวนมากมาย อาจเก็บเฉพาะแต่ชนิดของพืชพันธุ์ที่ตนสนใจ จนถึงขนาดมีการเก็บอย่างจริงจัง มีการเก็บสะสมตัวอย่างพืชพันธุ์ไม้เป็นจำนวนมาก ตัวอย่างเช่น Kew Herbarium เป็นพิพิธภัณฑ์พืชขนาดใหญ่ซึ่งได้มีการสำรวจและเก็บรวบรวมตัวอย่างพืชพันธุ์ไม้จากทุกมุมโลก

พิพิธภัณฑ์พืช ไม่ได้หมายความเฉพาะแต่ตัวอย่างพืชพันธุ์ไม้ที่เก็บรวบรวมไว้เท่านั้น ยังรวมความถึงเอกสารอ้างอิง บทความที่พิมพ์และรายละเอียดของพืชพันธุ์ไม้ที่เก็บรวบรวมจัดขึ้นเพื่อใช้ค้นคว้าอีกด้วย

พิพิธภัณฑ์พืชเป็นทั้งแหล่งที่มีหลักฐานอ้างอิง และเอกสารอ้างอิงอันเป็นพื้นฐานสาขาวิชาพฤกษอนุกรมวิธาน (Plant Taxonomy) ในการศึกษาทางด้านวิชาการที่เกี่ยวกับพืชทุกสาขา มีความจำเป็นอย่างมากที่จะต้องใช้สาขาวิชาพฤกษอนุกรมวิธานนี้เป็นพื้น เพราะพืชพันธุ์ไม้ที่นำมาใช้ทางวิชาการจะต้องใช้ชื่ออันเป็นสากล เป็นที่เข้าใจระหว่างนักวิชาการทั่วโลกซึ่งชื่อสากลนี้ก็คือชื่อวิทยาศาสตร์ (Scientific name) อันจะได้มาจากการนำเอาพืชที่เราต้องการจะรู้จักชื่อมาทำการพิสูจน์หาชื่อ (identified) โดยใช้ตัวอย่างพืชในพิพิธภัณฑ์เป็นหลักฐานอ้างอิง

Brant S. Rogers. (M.S. Plant Ecology) อาจารย์ในภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยขอนแก่น
กิตติ เอกอำพน วท.บ. (พฤกษศาสตร์—จุฬาฯ) อาจารย์ในภาควิชาชีววิทยา ม. ขอนแก่น

ตัวอย่างพันธุ์พืชในพิพิธภัณฑ์นับได้ว่าเป็นแหล่งข้อมูลที่สำคัญสำหรับการค้นคว้าหาความรู้นอกเหนือไปจากเป็นแหล่งข้อมูลสำหรับการพิสูจน์หาชื่อทั้งนี้ก็เพราะ พิพิธภัณฑ์พืชเป็นแหล่งเก็บรวบรวมข้อมูลของลักษณะพืชพันธุ์ไม้ สภาพนิเวศน์ที่พืชชนิดนั้น ๆ ขึ้นอยู่ ความอุดมสมบูรณ์ของพืชชนิดนั้นในเขตนั้น ๆ สภาพพืชพันธุ์ไม้ในบริเวณข้างเคียงประโยชน์และโทษของพืชชนิดนั้น และ ฯลฯ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้มีอยู่อย่างพร้อมเพรียง และนี่เป็นสาเหตุที่ทำให้พิพิธภัณฑ์พืชเป็นที่ชุมนุมของนักวิชาการ และผู้ใฝ่หาความรู้เกี่ยวกับพืช

พิพิธภัณฑ์พืชขนาดเล็ก ๆ นั้น ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วว่าอาจอาจมีตัวอย่างพืชที่เก็บไว้เพียง 2–3 พันชนิดและทำการสำรวจเก็บตัวอย่างในเขตท้องที่หนึ่ง ๆ ซึ่งสิ่งที่จำเป็นสำหรับการจัดตั้งพิพิธภัณฑ์พืชเล็ก ๆ ขนาดนี้ก็คือการมีห้องสมุดขนาดเล็กเป็นที่เก็บรวบรวมข้อมูล เอกสาร บทความที่เกี่ยวข้องกับพืชพันธุ์ไม้ที่มีอยู่ มีเครื่องมือสำหรับออกทำการสำรวจเก็บตัวอย่างและมีนักพฤกษศาสตร์ 1–2 คน ทำงานร่วมกัน โดยมีผู้ช่วยสักคนสองคน นักพฤษศาสตร์จะทำหน้าที่สอนแนะ รวมทั้งทำการวิจัยการสำรวจและเก็บรวบรวมตัวอย่างพันธุ์ไม้ รวมทั้งการกระจายของพืชพันธุ์ชนิดใด ๆ สำหรับพิพิธภัณฑ์แห่งนั้นเอง หรือแห่งอื่น ๆ ส่วนผู้ช่วยจะได้มาจากการฝึกให้เขามีความชำนาญและเข้าใจระบบการทำงาน และคัดเลือกเอาคนที่มีความรอบรู้เกี่ยวกับพันธุ์ไม้พื้น ๆ ในแถบนั้น รวมทั้งเข้าใจและรู้จักสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ สภาพนิเวศน์เป็นอย่างดี

ประเทศไทยนั้นนับได้ว่าเป็นแหล่งกสิกรรมขนาดใหญ่มากแห่งหนึ่ง มีพืชพันธุ์ไม้อยู่มากมายหลายชนิด ทำให้มีนักพฤกษศาสตร์สนใจสำรวจกันโดยเริ่มตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2413 และต่อมาในปี 2450 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่รัฐบาลเริ่มให้ความสนใจในแหล่งทรัพยากรธรรมชาติแหล่งใหญ่และมูลค่ามหาศาลนี้ กรมป่าไม้จึงได้จัดตั้งขึ้นและเป็นแหล่งเก็บรวบรวมตัวอย่างพันธุ์ไม้ที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจและที่มีผลิตผลอื่นอันนำมาใช้ประโยชน์ได้ ในปี พ.ศ. 2463 ได้มีการจัดตั้งกรมตรวจการรุกขชาติขึ้นในกระทรวงพาณิชย์และคมนาคม โดยมีจุดประสงค์เพื่อที่จะทำการสำรวจพืชพันธุ์ไม้ให้กว้างขวางขึ้นโดยมุ่งไปทางด้านพืชกสิกรรม โดยมีศาสตราจารย์ กสิน สุวตะพันธุ์และ ศาสตราจารย์ ดร. เต็ม สมิทธินันทน์ เป็นผู้เชี่ยวชาญ ผลงานชิ้นนี้ได้ก้าวหน้าไปมากและในตอนปลายปี พ.ศ. 2493 ก็ได้มีการร่วมมือกันระหว่างรัฐบาลไทย กับ รัฐบาลประเทศเดนมาร์คจัดตั้งโครงการชื่อ **The Flora of Thailand Project** ซึ่งเป็นโครงการสำรวจและเก็บ

รวบรวมตัวอย่างพันธุ์ไม้ในไทย โครงการนี้ยังเริ่มไปได้ไม่มากนัก และขณะนี้ก็ยังคงดำเนินงานอยู่มีผลงานที่ปรากฏคือ **The FIora of Thailand (Larsen and Waracke 1966)**

สำหรับทุกวันนี้ สาขาวิชาพฤกษอนุกรมวิธานยังไม่ก้าวไปไกลเท่าไรนัก มีพิพิธภัณฑ์พืชใหญ่ ๆ ในประเทศไทยอยู่เพียง 2 แห่งเท่านั้นคือ กรมป่าไม้ ซึ่งผลงานหนักไปทางไม้ต้นที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจในป่า และกองพืชพันธุ์ กรมกสิกรรม กระทรวงเกษตร อันมีผลงานหนักไปทางกสิกรรมเป็นส่วนใหญ่ ทั้งสองแห่งนี้ตั้งอยู่ในกรุงเทพมหานคร และทำงานด้านบริการทั่วไปให้กับหน่วยงานหรือองค์การใด ๆ ที่สนใจจะขอรับความช่วยเหลือทั่วประเทศ การมีพิพิธภัณฑ์เพียงสองแห่งสำหรับประเทศที่กำลังมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงทางการกสิกรรม และมีพืชพันธุ์ไม้มากมายหลายชนิดนั้น นับได้ว่ามีอยู่ในอัตราส่วนที่ต่ำมาก เมื่อเร็ว ๆ นี้ได้มีการจัดตั้งพิพิธภัณฑ์พืชขึ้นในมหาวิทยาลัยแถบภูมิภาคทั้งสามแห่งคือ ที่มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และมหาวิทยาลัยขอนแก่น แห่งนี้ ทั้งนี้เพื่อให้เป็นแหล่งเก็บรวบรวมพืชพันธุ์ไม้เฉพาะเขตอันจะทำให้สามารถเอื้ออำนวยประโยชน์แก่การใช้ในท้องถิ่นนั้น ๆ ได้มากกว่าและดีกว่าที่มีอยู่เดิม

พิพิธภัณฑ์พืชกับภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย

จุดมุ่งหมายของของการจัดตั้งพิพิธภัณฑ์พืชก็เพื่อดำเนินการให้เป็นไปตามนโยบายของมหาวิทยาลัย กล่าวคือส่งเสริมวิชาการที่เป็นประโยชน์ต่อชาวตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทยนั้น ประชากรส่วนใหญ่จะมีความเป็นอยู่ไม่สู้ดีนัก ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศไม่อำนวยต่อกสิกรรมอันเป็นอาชีพหลักของคนในภาคนี้ เพื่อปรับปรุงสภาพความเป็นอยู่ให้ดีขึ้น จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องปรับปรุงงานทางด้านนี้ และในการปรับปรุงความรู้ด้านนี้ให้ก้าวหน้านั้น มีความจำเป็นที่จะต้องอาศัยข้อมูลจากพิพิธภัณฑ์พืชเพื่อช่วยในงานด้านค้นคว้าวิจัย นอกจากการปรับปรุงทางด้านการกสิกรรมแล้ว การศึกษาในภูมิภาคแถบนี้ก็กำลังก้าวหน้าไปอย่างไม่หยุดยั้ง มีโรงเรียน วิทยาลัย และมหาวิทยาลัยเกิดขึ้นมากมาย ความจำเป็นที่จะต้องการผู้สอนวิชาความรู้ทางพฤกษศาสตร์ อันเป็นสาขาวิชาที่นับว่ามีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับมนุษย์เป็นอันมาก ก็เพิ่มขึ้น

ด้วยสถานการณ์เช่นที่ว่านี้ การก่อตั้งพิพิธภัณฑ์พืชขึ้นที่ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ อักษรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จึงมีขึ้น ด้วยจุดมุ่งหมายสำคัญ 4 ประการคือ

1) เก็บรวบรวมตัวอย่างพืชและพิสูจน์หาชื่อ (identified) ทุก species ของพืชในขอบเขตของพื้นที่ที่มีการใช้เป็นแหล่งเพาะปลูก เพื่อจะได้เป็นแหล่งข้อมูลของพืชกสิกรรมของภาคนั้น

2) เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับประโยชน์ที่ได้รับจากพืชพันธุ์ไม้ชนิดใด ๆ ในแง่พื้นบ้าน เช่น ใช้เป็นยาสมุนไพร หรือผลประโยชน์ทางด้านเศรษฐกิจ ฯลฯ แม้สมัยนี้จะเป็นสมัยของการใช้ยาอันเป็นการสังเคราะห์สารเคมี และสิ่งอื่นมาใช้แทนผลผลิตจากป่าเหล่านี้

3) เพื่อสังเคราะห์ข้อมูลและหาทางใช้ข้อมูลนี้ให้เป็นประโยชน์โดย

ก. ให้ข้อมูลและแนะนำแก่นักวิทยาศาสตร์ หรือนักเกษตรซึ่งต้องการความช่วยเหลือในเรื่องการพิสูจน์หาชื่อพืช และประโยชน์พื้นบ้านของพืชชนิดใด ๆ

ข. ให้ความช่วยเหลือทางด้านบริการการศึกษาและสิ่งประกอบการเรียนการสอนแก่สถานศึกษาระดับต่าง ๆ ในภูมิภาคแถบนี้

ค. ผลงานที่พิมพ์จะเป็นรายงานรายละเอียดของพืชที่พบในภูมิภาคแถบนี้อันจะนำไปใช้เป็นเอกสารอ้างอิง หรือใช้ประโยชน์ทางด้านอื่นได้

ง. เป็นขั้นตอนที่จะนำไปสู่การค้นคว้าวิจัยทางสาขาวิชาพฤกษอนุกรมวิธานของพืชในภูมิภาคแถบนี้

4) เป็นผลประโยชน์ต่อการติดต่อแลกเปลี่ยนตัวอย่างพืชกับพิพิธภัณฑ์ในเขตภูมิภาคอื่น หรือกับต่างประเทศ

การสำรวจและเก็บรวบรวมตัวอย่างพืชพันธุ์ไม้ เพื่อจัดตั้งพิพิธภัณฑ์พืชขึ้นที่ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์–อักษรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นนั้น ก็เหมือน ๆ กับวิธีการของพิพิธภัณฑ์พืชขนาดเล็กในเขตประเทศอากาศเขตร้อนอื่น ๆ มีหนังสือน่าสนใจที่เขียนเกี่ยวกับเรื่องนี้เอาไว้ คือ A General Discussion of the Proper Methods ของ Maxwell ปี ค.ศ. 1975 และ A Thourough Treatment of Specific Method ของ Fosberg ปี ค.ศ. 1965

ในการออกสำรวจเก็บตัวอย่างแต่ละครั้งนั้น เราจะแวะสำรวจ 2 3 ที่ต่อวัน ในแต่ละที่ก็จะเก็บตัวอย่างพืชแล้วดำเนินการดังนี้คือ นำตัวอย่างพืชมาอัดให้แบนราบอยู่ระหว่างกระดาษซับ และกระดาษแข็ง โดยมีกระดาษบาง ๆ หุ้มตัวอย่างพืชเอาไว้ก่อนสอดเข้าไปอัดระหว่าง

แผ่นกระดาษทั้งสองชนิดดังกล่าว จากนั้นใช้แผงอัดพันธุ์ไม้ประกบทั้งสองด้านของตัวอย่างพืช ที่เก็บสอดระหว่างกระดาษราว 15–20 ตัวอย่าง แล้วใช้เชือกมัดให้แน่น อัดตัวอย่างพืชเอาไว้ในการเก็บตัวอย่าง ถ้าส่วนของดอกหรือผลบอบบางมากจนจะเสียหายและจะไม่สามารถคงลักษณะเดิมเอาไว้ได้ด้วยวิธีใช้แผงอัดพันธุ์ไม้ก็จำเป็นจะต้องใช้วิธีดองดอกหรือผลในสารละลาย FAA ในขวดเล็ก ๆ

FAA ที่ใช้มีส่วนผสมดังนี้

ต่อปริมาตร 100 ซีซี

–Formaldehyde 40% 5 cc

–Gracial acetic acjd 5 cc

–Ethyl alcohol 70% 90 cc

การเก็บตัวอย่างพืชจะต้องเก็บให้ได้อย่างสมบูรณ์และถูกต้อง ไม่ใช่เป็นการเก็บเพียงเพื่อให้มี ใบ–ดอก–ผล เท่านั้นเป็นพอ การเก็บที่ถูกต้องนั้นจะต้องพยายามเก็บให้ได้ส่วนของพืชมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ไม่ว่าจะเป็นส่วนของ ดอก ผล เมล็ด ใบ หูใบ เปลือกต้น ราก หรือส่วนอื่นใดที่แสดงถึงลักษณะเด่นชัดของพืชพันธุ์ไม้นั้น ๆ

ถ้าตัวอย่างพืชที่จะเก็บมีขนาดใหญ่ไม่โตนัก เพราะจะเก็บทั้งหมดทุกส่วนหรือพยายามให้ได้มากส่วนที่สุดเท่าที่จะทำได้ แต่ในพวกไม้ต้นซึ่งมีขนาดใหญ่มากนั้นเราทำอย่างนั้นไม่ได้ จึงจำเป็นต้องเก็บส่วนที่จะใช้เป็นตัวแทนของพืชชนิดนั้นได้ เช่น ดอก ใบ ผล เปลือกต้น และถ่ายรูปของมันทั้งต้นถ้าทำได้

มีสิ่งสำคัญอีกสิ่งหนึ่งซึ่งจะขาดเสียไม่ได้คือ ข้อมูลที่จะต้องบันทึกขณะที่ทำการเก็บตัวอย่าง ข้อมูลที่ว่านี้มี วัน เดือน ปี ที่เก็บ, ชื่อพื้นบ้านของพืช, ที่ที่เก็บ, สภาพนิเวศน์ของที่เก็บ, พืชชนิดอื่นที่อยู่ข้างเคียง, สีใบ, สีดอก, สีผล, สีอับละอองเกษรตัวผู้, กลิ่นดอกหรือผล, ลักษณะราก, ช่วงการออกดอก–ผล, ความมากน้อยของพืชในที่นั้น ๆ, ประโยชน์ทางพื้นบ้าน, และ ฯลฯ เท่าที่จะบันทึกเอาไว้ได้ ทั้งนี้ก็เพื่อความสะดวกในการดำเนินการขั้นต่อไป ทั้งเพื่อประโยชน์ใช้เป็นแหล่งเก็บรวบรวมข้อมูลด้วย ตัวอย่างพืชที่เก็บนี้จะขาดคุณค่าไปอย่างน่าเสียถ้าปราศจากการบันทึกข้อมูลเหล่านี้

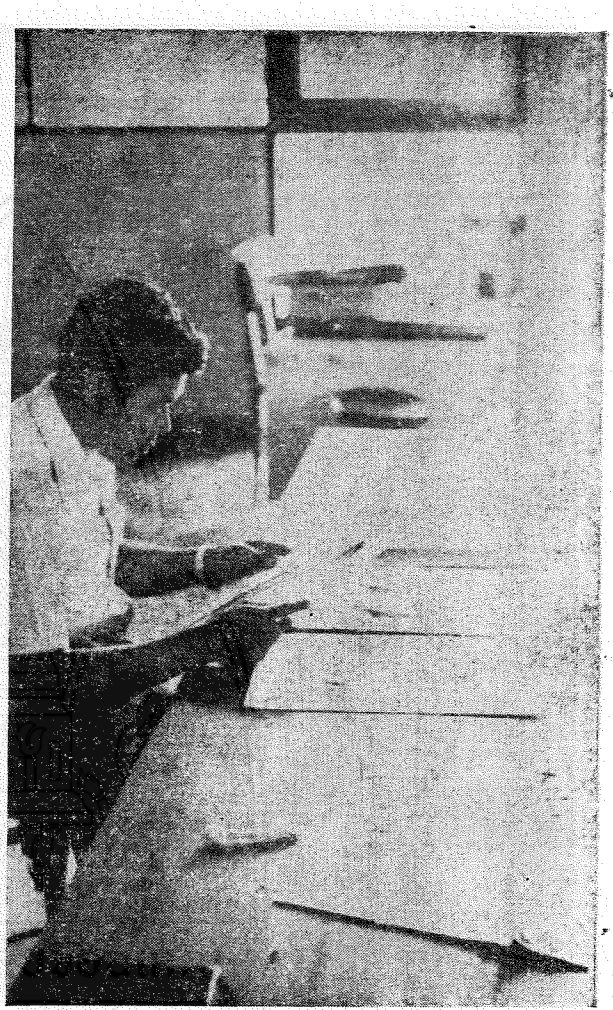
หลังจากทำการอัดพันธุ์ไม้แล้ว จะต้องนำมาทำให้แห้งโดยการตากแดดจัด ๆ หรือถ้าจะให้ดีกว่าก็ใช้ตู้อบพืชที่ให้ความร้อนประมาณ 50° เซนติเกรด นาน 2–3 วัน โดยรีบด่วน เพราะถ้าชักช้าพืชที่เก็บจะเสียเนื่องจากเชื้อราเข้าทำลาย การใช้เวลาอบพืชมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ถ้าพืชมีน้ำเป็นส่วนประกอบอยู่มาก หรือมีโครงสร้างที่จะทำให้แห้งยาก ก็จะต้องใช้เวลามากกว่าชนิดที่มีน้ำอยู่ในพืชน้อย หรือชนิดที่ทำให้แห้งโดยง่าย จะต้องแน่ใจทุกครั้งว่าพืชที่อบนั้นแห้งดีแล้ว ความร้อนนอกจากจะไล่ความชื้นออกจากพืชแล้ว ยังทำลายเชื้อโรคที่เกาะติดอยู่กับส่วนของพืชด้วย เป็นการป้องกันไม่ให้พืชถูกทำลายทีหลัง นอกจากเชื้อที่ติดอยู่กับพืชแต่เดิมแล้ว เนื่องจากประเทศเรามีอากาศชื้นตลอดปี จึงอาจเป็นโอกาสให้เชื้อราในอากาศเข้าทำลายพืชได้ภายหลังถ้าพืชของเราไม่แห้งจริง ๆ นอกจากเชื้อราแล้วเรายังต้องป้องกันแมลงที่จะกัดกิน ทำลายตัวอย่างพืชของเราด้วย จึงต้องใช้สารเคมีป้องกันการรบกวนของแมลงเหล่านี้ด้วย สารเคมีที่ใช้ก็หาได้ง่าย ๆ เช่นลูกเหม็น (napthalene) ดี.ดี.ที เป็นต้น

เมื่อตัวอย่างพืชแห้งดีแล้วก็จะทำการพิสูจน์หาชื่อ (identified) โดยใช้ Taxonomic key เช่น The Flora of Thailand (Smithinand and Larsen 1974) เนื่องจากห้องสมุดของพิพิธภัณฑ์พืชของภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์–อักษรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นเพิ่งจัดตั้งและยังมีหนังสือและสิ่งพิมพ์น้อย จึงยังไม่สามารถพิสูจน์หาชื่อเองได้ จึงต้องส่งไปยังกองพืชพันธุ์ กรมกสิกรรม และ พิพิธภัณฑ์พืชที่ Botanical Institute มหาวิทยาลัย Aarhus ประเทศเดนมาร์ค เพื่อขอความช่วยเหลือในการพิสูจน์หาชื่อพืช

เมื่อเสร็จจากการพิสูจน์หาชื่อพืช ก็เป็นอันว่าเราได้ตัวอย่างพืชที่ถูกต้องสมบูรณ์แล้ว มีชื่อวิทยาศาสตร์ ข้อมูลที่สำคัญ ๆ เราก็นำตัวอย่างพืชนั้นมาติดกระดาษสำหรับติดตัวอย่างซึ่งมีขนาด 13" คูณ 19" โดยใช้กาวติด เมื่อเสร็จก็เก็บตัวอย่างพืชเอาไว้ในตู้เก็บพันธุ์พืช ซึ่งจะเก็บได้ราวหนึ่งพันตัวอย่างต่อหนึ่งตู้ ในตู้เราจะต้องใส่ยากันแมลงเอาไว้ และเมื่อเก็บตัวอย่างแล้วจะต้องหมั่นคอยตรวจตราอยู่เสมอ เพื่อป้องกันไม่ให้มีตัวแมลงหรือมอดมาทำลายพืชได้

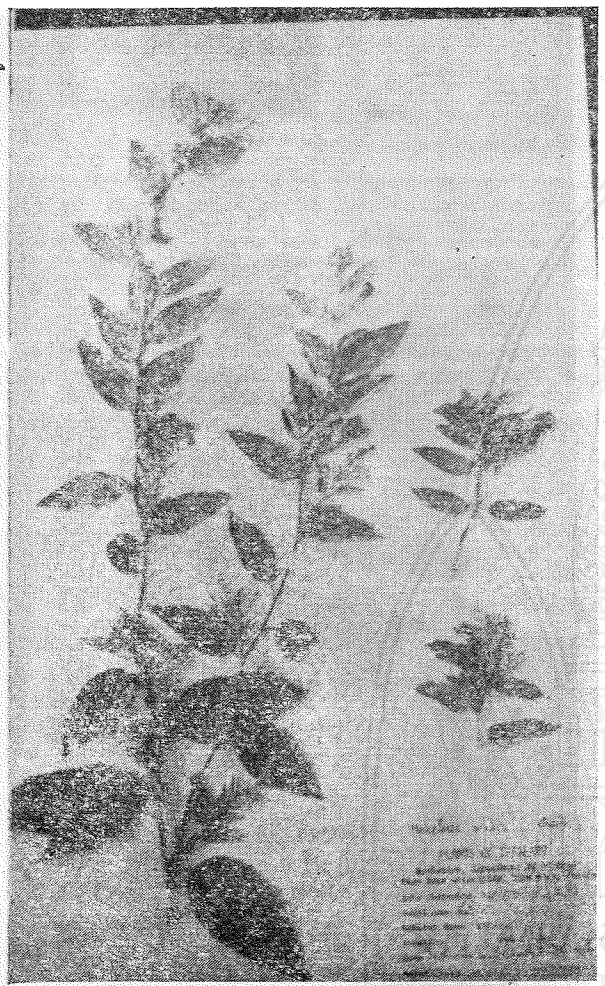
การเก็บตัวอย่างพืชในตู้ จะเก็บแยกเป็น family เพื่อใช้เป็นหลักฐานอ้างอิง ในการที่จะนำมาใช้พิสูจน์หาชื่อ เพื่อใช้ประโยชน์อย่างอื่นเมื่อต้องการได้.

รูปที่ 1



รูปที่ 2

ในการออกสำรวจเก็บตัวอย่างพันธุ์พืช จะต้องมีการบันทึกลักษณะพันธุ์พืช, สภาพนิเวศน์, ตำบลสถานที่ ฯลฯ (รูปที่ 1) และในการเก็บตัวอย่าง จะมีการบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับประโยชน์ทางสมุนไพร โดยหมอแผนโบราณซึ่งเป็นคนท้องถิ่น รูปที่ 2)



รูปที่ 3

รูปที่ 4

ตัวอย่างพันธุ์พืชที่อัดและทำให้แห้งจะนำมาติดบนกระดาษติดตัวอย่าง และมีบันทึกรายละเอียดที่สำคัญ ๆ เอาไว้ (รูปที่ 3) เมื่อตัวอย่างเสร็จเรียบร้อยจะเก็บไว้ในตู้เก็บพืชพันธุ์ไม้ (รูปที่ 4)

Bibliography

Fosberg, F.R. and Sachet, M H. 1965. Monuel for Tropical Herbaria. Regnum Vegetabile, Volume 30. U.N.E.S.C.O., Utrecht. 132 pages.

Larsen, K. and Warncke, E. 1960. Report on the Flora of Thailand Project – I. Expedition. The Natural History Bulletin of the Siam Society. 21 (3/4) : 251–262.

Maxwell, J.F. 1975. Building and Maintaining a Herbarium. FAO Tiger Paper 2 (4) : 26–27.

Setyodiwiryo, K. and Dilmy, A. 1957. Problems Confronting Botanical Institutions in the Tropica. Proceedings of the Ninth Pacific Science Association 1975. Bangkok. Volume 4 : 30–40.

Smitinand, T. 1963. The Role of the Royal Forest Department of Thailand in Plant Exploration and Introduction. Genetica Agraria 17:522–525.

Suvatabandhu, K. 1975. Problems facing the Herbaria in Thailand. Proceedings of the Ninth Pacific Science Association 1957. Bangkok. Volume 4 : 52–53.

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

พิมพ์ที่ โรงพิมพ์ รุ่งเกียรติ 71–73 ถนนรื่นรมย์ ขอนแก่น โทร. 237340
นายอดิศักดิ์ ศุทธชัย ผู้พิมพ์–ผู้โฆษณา 2519