



“...หนังสือเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการพัฒนาทั้งภายในอาชีพ
ทั้งความรู้วิชาการ ทั้งการค้นคว้าและในที่สุดในความพอใจในทาง
จิตใจของมนุษย์ขั้นสูงที่สุด จนกระทั่งถ้าคนใดอย่างมีความรู้ใน
ด้านจิตวิทยาหรือในด้านปรัชญาจนกระทั่งอาจอย่างที่จะเรียบเรียง
ธรรมะหรือศาสนา จนกระทั่งเป็นคนที่สามารถไปสู่ความสุกที่แท้
จริง คือ ความพอใจในจิตใจ เป็นผู้รอบรู้แท้ ๆ ก็ย่อมดีของอาศัย
หนังสือ

เพราะหนังสือเป็นการสะสมความรู้และทุกอย่างอย่างที่
มนุษย์ได้สร้างมาทำมาคิดมาแต่โบราณกาลจนทุกวันนี้ หนังสือจึง
เป็นสิ่งที่สำคัญ เป็นคล้าย ๆ ธนาคารความรู้และเป็นออมสิน
เป็นสิ่งที่จะทำให้มนุษย์ก้าวหน้าได้โดยแท้...”

พระบรมราชโองการ

พระราชทานแก่คณะสมาชิกรัฐสภาแห่งสภาผู้แทนราษฎร

ในโอกาสที่เข้าเฝ้าฯ ถวายสัตย์ปฏิญาณ

ณ ศาลาผู้พิพากษา ศาลาผู้พิพากษา

วันพฤหัสบดี ที่ ๒๕ พฤศจิกายน ๒๕๖๔



ธรรมาชีววิทยา



ธรรมชาติวิทยา

ภัทรสินี ภัทรโกศล
บรรณาธิการ



สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2550

230.-

ภทรสินี ภทรโกศล

ธรรมชาตวิทยา / ภทรสินี ภทรโกศล, บรรณาธิการ

1. วิทยาศาสตร์ธรรมชาติ. 2. ธรรมชาติ.

2. ภทรสินี ภทรโกศล.

500

ISBN 978-974-03-2004-3

สปพจ. 1134



สรุควิชาการ สู่มังคม

<http://www.ChulaPress.com>

ลิขสิทธิ์ของสำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ครั้งที่ 1 จำนวน 2,000 เล่ม พ.ศ. 2550

การผลิตและการลอกเลียนหนังสือเล่มนี้ไม่ว่ารูปแบบใดทั้งสิ้นต้องได้รับ
อนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากสำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้จัดทำนําย ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

สาขา

ศาลาพระเกี้ยว โทร. 0-2218-7000-3 โทรสาร 0-2255-4441

สยามสแควร์ โทร. 0-2218-9881 โทรสาร 0-2254-9495

ม.นเรศวร จ.พิษณุโลก โทร. 0-5526-0162-4 โทรสาร 0-5526-0165

ม.เทคโนโลยีสุรนารี จ.นครราชสีมา โทร. 0-4421-6131-4 โทรสาร 0-4421-6135

ม.บูรพา จ.ชลบุรี โทร. 0-3839-4855-9 โทรสาร 0-3839-3239

CALL CENTER โทร. 0-2255-4433 <http://www.chulabook.com>

เครือข่าย

ศูนย์หนังสือ ม.แม่ฟ้าหลวง จ.เชียงราย โทร. 0-5391-7020-4 โทรสาร 0-5391-7025

ศูนย์หนังสือทะเลแก้ว ม.ราชภัฏพิบูลสงคราม จ.พิษณุโลก

โทร. 0-5526-7010 โทรสาร 0-5521-6388

ศูนย์หนังสือ ม.วลัยลักษณ์ จ.นครศรีธรรมราช โทร. 0-7567-3648-51 โทรสาร 0-7567-3652

ศูนย์หนังสือ จ.ตรัง โทร. 0-7521-8115 โทรสาร 0-7521-8115

ร้านหนังสือบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) งามคำแหง 43/1

โทร. 0-2538-2573 โทรสาร 0-2539-7091

ร้านค้า, หนังสือเข้าชั้นเรียน ติดต่อแผนกขายส่ง สยามสแควร์ ชั้น 14 โทร. 0-2218-9889-90

โทรสาร 0-2254-9495

กองบรรณาธิการ : รวิวรรณ จันทร์แม่น

พิสูจน์อักษร : ลิปิภา มณีญาณโรจน์

ออกแบบปกและรูปเล่ม : ชรินทร์ นามมุงคุณ โทร. 086-8009455, 0-2945-1317

พิมพ์ที่ บริษัท วี.พรินท์ (1991) จำกัด โทร. 0-2451-3010 โทรสาร 0-2451-3016

สารจากคณบดีคณะวิทยาศาสตร์

พันธกิจหนึ่งของคณะวิทยาศาสตร์ คือ การเผยแพร่ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์สู่ชุมชน เพื่อให้ประชาชนทั่วไปมีความรู้ความเข้าใจด้านวิทยาศาสตร์ที่อยู่รอบตัวอย่างถูกต้อง ดังนั้น การจัดทำหนังสือธรรมชาติวิทยาเล่มนี้จึงเป็นงานที่ตรงตามพันธกิจของคณะวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจในธรรมชาติตามหลักวิทยาศาสตร์ที่ได้มีการวิเคราะห์และวิจัยกันมาหลายศตวรรษ เนื้อหาต่าง ๆ ที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ในโลกปัจจุบันได้ถูกนำมาเรียบเรียงด้วยคำพูดและภาพประกอบที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจของผู้อ่านในทุกระดับชั้น อันจะส่งผลให้ผู้อ่านทั่วไปมีความเข้าใจในธรรมชาติและวิวัฒนาการด้านต่าง ๆ ของมนุษย์อันเกี่ยวข้องกับธรรมชาติมากยิ่งขึ้น

ผมขอแสดงความยินดีต่อความสำเร็จของคณะผู้จัดทำหนังสือ และขอชื่นชมฝ่ายวิชาการ คณะวิทยาศาสตร์ที่ได้ริเริ่มและดูแลการดำเนินงานต่าง ๆ จนกระทั่งได้หนังสือธรรมชาติวิทยาเล่มนี้



(ศาสตราจารย์ ดร.เปี่ยมศักดิ์ เมณะแสต)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

สารจากรองคณบดีฝ่ายวิชาการ คณะวิทยาศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้เปิดสอนรายวิชาธรรมชาติวิทยา เป็นวิชาหนึ่งในกลุ่มรายวิชาการศึกษาทั่วไปสำหรับนิสิตจากคณะต่าง ๆ ที่สนใจ ศึกษาวิทยาศาสตร์มาเป็นระยะเวลากว่า 10 ปี และได้ปรับปรุงเนื้อหาของรายวิชาธรรมชาติ วิทยาอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้มีเนื้อหาทันสมัยตามวิวัฒนาการของโลก การเรียนการสอน ในรายวิชานี้นอกจากได้มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจธรรมชาติและเทคโนโลยีที่ เกี่ยวข้องแล้ว ยังมุ่งหวังให้ผู้เรียนมีความตระหนักถึงความสำคัญและความรับผิดชอบ ต่อธรรมชาติมากยิ่งขึ้น

ฝ่ายวิชาการ คณะวิทยาศาสตร์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่า เนื้อหารายวิชานี้เป็น เรื่องรอบตัวและเกี่ยวข้องกับความเป็นอยู่ของมนุษย์ จึงสนใจจัดพิมพ์หนังสือธรรมชาติ วิทยา เพื่อจะได้เผยแพร่ความรู้ให้กว้างขวางยิ่งขึ้น ดิฉันได้กำกับดูแลการดำเนินงานใน การจัดทำหนังสือเล่มนี้มาโดยตลอด พบว่าคณะผู้จัดทำหนังสือได้พยายามใช้ภาษา และรูปภาพประกอบในการอธิบายปรากฏการณ์และเรื่องราวต่าง ๆ ที่ทำให้เข้าใจง่าย และได้ตั้งใจทำงานอย่างเต็มที่ ทำให้หนังสือเล่มนี้มีความสมบูรณ์และน่าอ่าน

ดิฉันขอขอบคุณคณะผู้จัดทำหนังสือ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผศ.ดร.ภัทรสินี ภัทรโกศล ที่ทำให้คณะวิทยาศาสตร์มีหนังสือธรรมชาติวิทยาคุณภาพดี ซึ่งเป็นประโยชน์ สำหรับนิสิตและบุคคลทั่วไปใช้ในการศึกษาและค้นคว้าต่อไป



(รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภวรรณ ตันยานนท์)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ

คำนำ

ธรรมชาติเป็นสิ่งที่อยู่รอบตัวมนุษย์มาตั้งแต่แรกเกิด จนถึงเติบโต และแก่ตาย ดังนั้น การมีความเข้าใจธรรมชาติอย่างถูกต้องย่อมทำให้การดำเนินชีวิตของมนุษย์เป็นไปด้วยความปลอดภัยและน่าอยู่มากยิ่งขึ้นในโลกที่สับสนวุ่นวายนี้ แม้ว่าธรรมชาติจะเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นเองโดยปราศจากการก่อสร้างของมนุษย์ แต่การเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติปัจจุบันนี้เป็นผลจากการกระทำของมนุษย์ที่มีความเข้าใจในธรรมชาติน้อยแทบทั้งสิ้น

การรวบรวมองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับธรรมชาติเพื่อเผยแพร่สู่ชุมชน นับเป็นวิธีการหนึ่งที่จะสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องต่อธรรมชาติและ การเปลี่ยนแปลงของธรรมชาติ ซึ่งพันธกิจนี้เป็นพันธกิจที่มีความสำคัญยิ่งในการกระตุ้นความรับผิดชอบของมนุษย์ให้ต่อธรรมชาติมากยิ่งขึ้น ดังนั้น หนังสือธรรมชาติวิทยาเล่มนี้ได้รวบรวมองค์ความรู้พื้นฐานทางสายวิทยาศาสตร์อื่นที่เกี่ยวข้องกับธรรมชาติในแง่มุมต่าง ๆ ภายใต้อธิบายและรูปภาพเพื่อสื่อความหมายให้เกิดความเข้าใจได้โดยง่าย แม้ว่าผู้อ่านจะไม่มีพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์มาก่อน ด้วยวัตถุประสงค์หลักคือ การให้ความรู้ความเข้าใจ และตระหนักถึงความสำคัญของธรรมชาติเชิงวิทยาศาสตร์แก่ผู้อ่านหนังสือเล่มนี้มีมากขึ้นกว่าเดิม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัทรสินี ภัทรโกศล

บรรณาธิการ

สารบัญ

สารจากคณบดีคณะวิทยาศาสตร์

สารจากรองคณบดีฝ่ายวิชาการ คณะวิทยาศาสตร์

คำนำ

สารบัญ

สารบัญรูป

สารบัญตาราง

บทที่ 1 กำเนิดและวิวัฒนาการของธรรมชาติ	1
1.1 กำเนิดจักรวาล สุริยจักรวาล และโลก	2
1.2 กำเนิดและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต	6
บทที่ 2 ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตและทรัพยากรธรรมชาติ	29
2.1 ความหลากหลายทางชีวภาพคืออะไร	29
2.2 ความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพและทรัพยากรธรรมชาติ	32
2.3 ชนิดของทรัพยากรธรรมชาติ	36
2.4 สาเหตุของการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพและการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติ	55
บทที่ 3 ปรากฏการณ์ธรรมชาติ	63
3.1 ปรากฏการณ์ธรรมชาติภาคพื้นดิน	63
3.2 ปรากฏการณ์ธรรมชาติทางทะเลและบรรยากาศ	96
บทที่ 4 เทคโนโลยีการสำรวจธรรมชาติ	109
4.1 เหตุผลในการสำรวจธรรมชาติ	110
4.2 ขั้นตอนของการสำรวจธรรมชาติ	111
4.3 เทคโนโลยีรีโมตเซนซิง	113

สารบัญ

4.4	ดาวเทียมสำรวจ	129
4.5	ดาวเทียมสำรวจของไทย	135
4.6	การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีรีโมตเซนซิง	137
4.7	ข้อจำกัดของการสำรวจด้วยเทคโนโลยีรีโมตเซนซิง	143
บทที่ 5	เทคโนโลยีชีวภาพ	147
5.1	การใช้เทคโนโลยีชีวภาพในอุตสาหกรรม	149
5.2	เทคโนโลยีชีวภาพทางการแพทย์และสาธารณสุข	156
5.3	การใช้เทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตร	164
5.4	เทคโนโลยีชีวภาพกับการเกิดสิ่งมีชีวิตแบบใหม่	167
5.5	บทสรุป	173
บทที่ 6	เทคโนโลยีวัสดุ	175
6.1	มนุษย์และเทคโนโลยีวัสดุ	175
6.2	โลหะ (Metal)	178
6.3	เซรามิกส์ (Ceramics)	180
6.4	พอลิเมอร์ (Polymer)	182
6.5	วัสดุคอมโพสิต (Composite Materials)	200
บทที่ 7	เทคโนโลยีพลังงาน	211
7.1	คำนำ	211
7.2	แหล่งที่มาของพลังงาน	212
7.3	การแปลงพลังงาน	219
7.4	การเก็บสะสมพลังงาน	226
7.5	ปัญหาของแหล่งพลังงาน	229
7.6	สถานการณ์การใช้พลังงานในประเทศไทย	230
7.7	บทสรุป	231

สารบัญ

บทที่ 8 เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร	233
8.1 คำนำ	233
8.2 ความหมายของเทคโนโลยีสารสนเทศ	234
8.3 ประเภทของเทคโนโลยีสารสนเทศที่สำคัญ	235
8.4 การรักษาความปลอดภัยของข้อมูลสารสนเทศ	239
8.5 ความหมายของการสื่อสาร	239
8.6 รูปแบบการสื่อสารที่ใช้เทคโนโลยีในปัจจุบัน	239
8.7 ระบบเครือข่ายเพื่อการสื่อสาร	241
8.8 การรักษาความปลอดภัยของระบบเครือข่าย	243
8.9 ความสัมพันธ์ระหว่างเทคโนโลยีสารสนเทศกับเทคโนโลยีการสื่อสาร	244
8.10 ความสำคัญของเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารต่อ การพัฒนาประเทศ	245
8.11 จรรยาบรรณคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ	249
8.12 บทสรุป	253
 บทที่ 9 การเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมโลก	 255
9.1 การเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมทางดิน	258
9.2 การเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมทางน้ำ	263
9.3 การเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศและมลพิษทางอากาศ	270
9.4 การเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพ	279
 คำสำคัญ / keywords	 293
ดัชนี	303
Index	309



สารบัญรูป

รูปที่

1.1	การแยกตัวของมหาทวีปพันเจียตามทฤษฎีแผ่นเปลือกโลกเคลื่อนตัว	4
1.2	ภาพตัดต่อ	4
1.3	การทดลองของมิลเลอร์ในห้องปฏิบัติการโดยใช้บรรยากาศเทียม	9
1.4	เปรียบเทียบทฤษฎีวิวัฒนาการ	12
1.5	ตัวอย่างผีเสื้อกลางคืน <i>Biston betularia</i>	16
1.6	ฟอสซิลนกโบราณอาร์คีออปเทอริก	17
1.7	โครงสร้าง Homologous	18
1.8	โครงสร้าง Analogous	18
1.9	การเจริญระยะต่าง ๆ ในกลุ่มสัตว์มีกระดูกสันหลัง	19
1.10	สัตว์ประจำถิ่นชนิดต่าง ๆ ที่พบในแต่ละสภาพภูมิศาสตร์	19
1.11	การคัดเลือกปรับปรุงพันธุ์พืช (กะหล่ำ)	20
1.12	การคัดเลือกปรับปรุงพันธุ์สัตว์ (สุนัข)	20
1.13	เปรียบเทียบกระดูกเชิงกรานระหว่างลิงไร้หางกับคน	21
1.14	ลักษณะมือของลิงและคน	22
1.15	ฟอสซิลและรอยเท้าของลูซี่ (Lucy)	23
1.16	ล่าสัตว์ Scavenging-gathering-Hunting เป็นช่วงแรกของ <i>Homo habilis, H.erectus, Neanderthal (Modern man)</i>	26
1.17	ทำเกษตรกรรม (Agriculture)	26
1.18	ช่วงอุตสาหกรรม (The machine age)	26
1.19	มนุษย์เผ่าพันธุ์ (races) คอเคซอยด์ (Caucasoid) นีกรอยด์ (Negroid) ที่พบอยู่ในหลายทวีปด้วยกัน	27
2.1	บริเวณ hot spots ที่พบทั่วโลก (บริเวณที่เป็นวงกลม) เป็นบริเวณที่มีความ หลากหลายสูง พืชและสัตว์ที่พบในบริเวณนี้ส่วนใหญ่เป็นชนิดที่อยู่เฉพาะที่ (endemic species)	31

สารบัญรูป

2.2	ระบบนิเวศปะการังเป็นบริเวณที่มีความหลากหลายสูงเมื่อเปรียบเทียบกับระบบนิเวศอื่น ซึ่งเรียกบริเวณที่มีสิ่งมีชีวิตที่มีความหลากหลายสูงเช่นนี้ว่า hot spots	31
2.3	เพรียงหัวหอม <i>Ecteinascidia thurstori</i> ที่พบในประเทศไทย สามารถสร้างสารเคมีที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพและมีแนวโน้มในการใช้เป็นยารักษาโรคมะเร็งในอนาคต	33
2.4	วัฏจักรของน้ำ	37
2.5	ชนิดของป่าไม้ที่พบอยู่ตามทวีปต่าง ๆ	41
2.6	ป่าในเขตร้อนชื้นเป็นป่าที่มีความหลากหลายสูงสุดเมื่อเทียบกับป่าในเขตอบอุ่นและเขตหนาว	44
2.7	ป่าชายเลนเป็นบริเวณที่มีการสะสมของตะกอนขนาดเล็กและเป็นแหล่งอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน	47
2.8	รูปร่างของไบร้อพอดทะเลมี 2 แบบ คือ 1) แบบกลมรี 2) แบบยาวรี	48
2.9	หอยทะเลเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ต่าง ๆ รวมถึงสัตว์ทะเลอนุรักษ เช่นเต่าทะเล	50
2.10	คาร์บอนไดออกไซด์และสารอาหารที่หมุนเวียนระหว่างปะการังและสาหร่ายซูซันเทลลี	51
2.11	ตัวอ่อนปะการัง “พลานูลา” กำลังลงเกาะบนพื้นผิว	51
2.12	รูปทรงของปะการังจำแนกตามลักษณะโครงสร้าง	52
2.13	รูปแบบของแนวปะการังที่พบบนพื้นโลกมี 3 แบบ ได้แก่ แบบ fringing reef, barrier reef และ atoll reef ซึ่งลักษณะของแนวปะการังที่พบมีความแตกต่างกันเนื่องมาจากวิวัฒนาการที่ช้านานและแตกต่างกัน	53
2.14	ดาวมงกุฎหนามเป็นดาวทะเลที่กินปะการังเป็นอาหาร หากในแนวปะการังมีประชากรดาวมงกุฎหนามมากจะส่งผลให้ปะการังเกิดความเสียหายมาก	54
2.15	ปัจจุบันฟองน้ำทะเลเป็นสินค้าที่ต้องการอย่างมากในท้องตลาด ทำให้มีการเก็บฟองน้ำจากธรรมชาติมาขายเป็นจำนวนมาก ซึ่งผลที่ตามมาคือการลดลงของประชากรฟองน้ำอย่างรวดเร็ว	56
2.16	ปลาการ์ตูนเป็นสัตว์ที่อาศัยอยู่กับดอกไม้ทะเล ปัจจุบันปลาการ์ตูนถูกจับขึ้นมาเป็นจำนวนมากเนื่องจากเป็นที่นิยมในการเลี้ยงปลาสวยงาม	57

สารบัญรูป

2.17	การทิ้งขยะและของเสียลงในแหล่งน้ำธรรมชาติ นอกจากเป็นมลพิษทางสายตาแล้ว ยังทำให้เกิดการเน่าเสียของน้ำ เกิดผลกระทบต่อสัตว์ที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ และยังสามารถส่งผลกระทบต่อมนุษย์ได้ หากมนุษย์นำสัตว์ที่ได้รับผลกระทบมาบริโภค	57
2.18	การทำประมงเกินกำลังผลิตของธรรมชาติเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ทรัพยากรสัตว์น้ำในธรรมชาติลดลงอย่างรวดเร็ว	59
2.19	การสร้างอาคาร ที่อยู่อาศัย และโรงแรม บริเวณชายทะเลสามารถสร้างผลกระทบต่อระบบนิเวศทางทะเลได้จากน้ำใช้หรือน้ำเสียที่ปล่อยออกมา	59
3.1	การทดลองให้วัสดุมีแรงกดดันจนแตกหัก	66
3.2	เปลือกมีแรงกระทำ	67
3.3	การเคลื่อนที่ของคลื่น P และ S	67
3.4	การหักเหของคลื่นผ่านตัวกลางมีความหนาแน่นไม่เท่ากัน	69
3.5	ลักษณะของสิ่งประดิษฐ์ที่เรียกว่า Seismograph เครื่องแรกของ Heng ซึ่งที่จริงควรเรียกว่า Seismoscope มีปากม้วนมีลูกกลมที่จะตกเมื่อเกิดการสั่นสะเทือนตกลงไปในปากกบที่อยู่ข้างล่าง	70
3.6	หลักการสร้างเครื่องตรวจจับคลื่นแผ่นดินไหว หรือเครื่อง seismograph โดยใช้ลูกตุ้มหนัก มีปลายปากกาติด จะเขียนกราฟลงบนแป้นหมุนเมื่อเกิดการสั่นไหว	71
3.7	Epicenter และจุด Focus	72
3.8	การหาตำแหน่งของ epicenter ของแผ่นดินไหว	75
3.9	การหาตำแหน่งของ epicenter	76
3.10	คลื่นยักษ์สึนามิ (Tsunami)	76
3.11	โซนแผ่นดินไหวของโลก	78
3.12	การกระจายตัวของจุดเกิดแผ่นดินไหวใต้ผิวโลก แสดงตำแหน่งที่เกิดแผ่นดินไหวตามความลึก โดยการประยุกต์ทฤษฎีการแปรสัณฐาน (tectonic theory)	79
3.13	Transform Fault	80
3.14	กระเปาะแมกมา (magma chamber) เป็นบริเวณภายใต้โลกที่มีความร้อนสูงมาก ๆ (hot spot) มีความร้อนมากพอที่จะหลอมละลายหินบริเวณนั้น	82

สารบัญรูป

3.15	วัสดุของแข็งขนาดต่าง ๆ กันที่ถูกพ่นออกมาจากภูเขาไฟเรียกว่า Volcanic ejecta หรือ Tephra มีขนาดตั้งแต่เถ้าหรือ ash ฝุ่นใหญ่ขึ้นมาเป็น Lapilli และ bomb ซึ่งมีลักษณะบิตที่ปลาย อันเกิดจากการเย็นตัวของ lava อย่างรวดเร็วในอากาศ	82
3.16	จุดร้อน (hot spot) อยู่ที่ใต้แผ่นเปลือกโลก (crust) มีได้มีอยู่ทั่วไป มีความลึกน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับรัศมีของโลก คืออยู่ประมาณ 20 - 200 กม. ต่ำจากผิวโลก	83
3.17	ลาวาเหลวมาก ๆ เช่นพวก basaltic lava ไหลเอ่อแผ่ออกไปเป็นแผ่นซ้อนกันอาจออกมาจากหลาย ๆ ปล่อง (fissure eruption) ระเบิดไม่รุนแรง ทำให้ลักษณะภูมิประเทศเป็นเนินสูงขึ้นมาเล็กน้อย ไม่สูงชัน lava อาจไหล (flow) ซ้อนกันหลาย ๆ ชั้น	84
3.18	ลาวาชนิดข้น (หนืด) มาก ๆ เช่นพวก silicic lava ถูกพ่นออกมาเหมือนบีบยาสีฟันจากหลอด ได้ภูเขาไฟรูปโดม (domtle) หรือ cone ระเบิดรุนแรงมาก เพราะเนื้อลาวาไปปิดปากปล่องสะสมความดันภายในไว้จนสูง	85
3.19	ภูเขาไฟรูปทรงสวยงาม	85
3.20	ทฤษฎีแผ่นเปลือกโลกเคลื่อนที่อย่างอิสระ (Plate Tectonics) เปลือกโลกประกอบด้วยแผ่น ๆ ปะต่อ ๆ กัน เคลื่อนตัวได้เหมือนกริดเปลือกสัมผัสให้เป็นร่องแล้วดึงเนื้อเปลือกแยกออก	90
3.21	บริเวณแผ่นเปลือกโลกมุด-เกย (Subduction) มักมีหุบเขาลึก (trench) และแนวภูเขาไฟ	90
3.22	แนววงแหวนแห่งภูเขาไฟรอบมหาสมุทร Pacific Circum-Pacific Ring of Fire	91
3.23	รอยแตกรูปเหลี่ยมเป็นเสาหิน (columnar joints) เกิดจากการเย็นตัวของ lava เป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญ	91
3.24	สภาพน้ำท่วมจังหวัดสุโขทัย	94
3.25	การยกตัวของอากาศในแนวตั้งในภาวะต่าง ๆ	98
3.26	ไดอะแกรมของปรากฏการณ์เรือนกระจกอย่างง่าย	100
3.27	ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศที่ตรวจวัดที่สถานีทดลอง Mauna Loa ในหมู่เกาะฮาวายและบริเวณขั้วโลกใต้ในช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มยุคของการปฏิวัติอุตสาหกรรม	102

สารบัญรูป

3.28 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ	104
3.29 ระดับน้ำทะเลในช่วง 300 ปี (คศ. 1700 - 2000) ที่ผ่านมานในสถานที่ต่าง ๆ	105
3.30 การประมาณค่าการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลจากแบบจำลองโดยใช้ค่าความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในศตวรรษที่ 20 เพื่อประมาณค่าการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในศตวรรษที่ 21	106
4.1 พื้นที่ของสภาวะธรรมชาติมีความแตกต่างกัน	112
4.2 ลักษณะที่สำคัญของการตรวจวัด	113
4.3 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสื่อในการสำรวจจากระยะไกล	117
4.4 ช่องเปิดของบรรยากาศ (atmospheric windows)	118
4.5 การสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของน้ำ ดิน และพืช	119
4.6 ตัวรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแบบ Charged Coupled Device (CCD) ชนิดต่าง ๆ	120
4.7 ดาวเทียมค้างฟ้าที่ใช้ในการสำรวจด้านอุตุนิยมวิทยา	123
4.8 วงโคจรของดาวเทียม	124
4.9 กำลังแยกเชิงพื้นที่ของตาขึ้นกับประสิทธิภาพของเลนส์ตา กำลังแยกลดลงเมื่อระยะห่างมากยิ่งขึ้น	126
4.10 กำลังแยกเชิงพื้นที่ พิจารณาจากขนาดของจุดภาพ	127
4.11 กำลังแยกตามความละเอียดของการอ่านค่าข้อมูลเป็นระดับความสว่าง	127
4.12 แถบความสว่างระหว่างสีดำและสีขาวที่ระดับความสว่างต่าง ๆ	128
4.13 กำลังแยกตามย่านความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	128
4.14 ดาวเทียม THEOS สามารถปรับมุมกล้องสำรวจไปทางซ้าย-ขวาของแนวโคจร	136
4.15 ดาวเทียม THEOS สามารถปรับมุมกล้องสำรวจไปด้านหน้า-ด้านหลังของตำแหน่งดาวเทียม	136
4.16 ภาพจากดาวเทียมเรดาร์แซท บริเวนชายฝั่งทะเลชลบุรี และเกาะสีชัง	138
4.17 ภาพสีผสมจากดาวเทียม Landsat การประเมินพื้นที่การปลูกอ้อยและมันสำปะหลังโดยใช้ข้อมูลดาวเทียม	139
4.18 การประเมินพื้นที่การปลูกสับปะรดโดยใช้ข้อมูลดาวเทียม	139

สารบัญรูป

4.19	ข้อมูลดาวเทียมช่วยในการจำแนกพื้นที่ป่าไม้ที่ถูกตัดทำลาย	140
4.20	ภาพจากข้อมูลดาวเทียมช่วยในการสำรวจการขยายตัวของพื้นที่นาุ้ง	140
4.21	ลักษณะพื้นที่ท้องทะเลและการไหลของน้ำบริเวณแหลมผักเบี้ย จังหวัดเพชรบุรี	142
4.22	ภาพ Landsat ช่วงคลื่น TIR แสดงระดับอุณหภูมิของชุมชนสูงกว่าบริเวณที่เป็นทะเลและนาเกลือ	142
4.23	ภูมิประเทศที่ได้จากข้อมูลดาวเทียมและการสำรวจภาคสนาม ช่วยในการประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินถล่มได้	143
5.1	ชาวอียิปต์ใช้กระบวนการหมักเพื่อผลิตไวน์และขนมปัง	148
5.2	กระบวนการใช้เทคโนโลยีชีวภาพ	148
5.3	กระบวนการผลิตไวน์แดง	150
5.4	กระบวนการบำบัดน้ำทิ้งแบบให้อากาศ	154
5.5	บริเวณยับยั้งของยาปฏิชีวนะต่อจุลินทรีย์	157
5.6	การผลิต Monoclonal antibody	160
5.7	ปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส (Polymerase Chain Reaction)	162
5.8	แถบพันธุกรรมที่ได้แยกด้วยกระแสไฟฟ้าแล้ว	163
5.9	กระบวนการโคลนแกะ	169
5.10	การทำพันธุวิศวกรรมของสิ่งมีชีวิต	172
6.1	รหัสแสดงบนบรรจุภัณฑ์พลาสติก	192
6.2	กระบวนการย่อยสลายของพลาสติกชีวภาพ	194
6.3	วงจรชีวิตของพลาสติกชีวภาพ	196
6.4	การย่อยสลายของพลาสติกชีวภาพ	197
6.5	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ในประเทศไทย ในการดำเนินโครงการระยะที่ 1	198
6.6	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ใช้เป็นบรรจุภัณฑ์	198
6.7	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการเกษตรและงานโยธา	199
6.8	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ใช้เป็นการผลิตแบบงานฉีด	199
6.9	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ใช้เป็นบรรจุภัณฑ์อาหารในยุโรป	200

สารบัญรูป

6.10	วัสดุคอมโพสิตสำหรับยานยนต์ (Composite material for Automotive)	202
6.11	ชิ้นส่วนรถยนต์ที่ผลิตจากวัสดุคอมโพสิตแบบใหม่	203
6.12	ขาเทียมที่ผลิตจากวัสดุคอมโพสิตแบบใหม่	204
6.13	ถังบรรจุก๊าซหุงต้ม LPG	206
6.14	พณฯ รัฐมนตรีกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเข้าเยี่ยมชม ถัง NGV โดยฝีมือคนไทย	206
6.15	ชิ้นส่วนเครื่องยนต์ไอพ่น	207
6.16	ชิ้นส่วนเครื่องบินที่เป็นวัสดุคอมโพสิตแบบใหม่	207
7.1	ระบบการแปลงพลังงาน	219
7.2	การแปลงพลังงานของเครื่องยนต์สันดาปภายใน	221
7.3	การทำงานของเครื่องยนต์สันดาปภายใน	222
7.4	การทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยพลังงานกล	224
7.5	การทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	225
7.6	การทำงานของเซลล์เชื้อเพลิง	228
7.7	การทำงานของปั๊มไฮดรอลิก	229
8.1	ขั้นตอนในการผลิตเทคโนโลยีสารสนเทศ	234
8.2	ภาพตัวอย่างที่ได้จากการประมวลผลของระบบข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ แสดงเส้นทางสายการบิน	238
8.3	การใช้ข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์เพื่อแสดงการแพร่ระบาดของโรคซาร์ในปี พ.ศ. 2546	238
8.4	การเชื่อมต่อโมเด็ม	240
9.1	วัฏจักรของการถางป่าเพื่อการเพาะปลูกและเลี้ยงสัตว์ และความสัมพันธ์กับ การกร่อนของดิน	262

