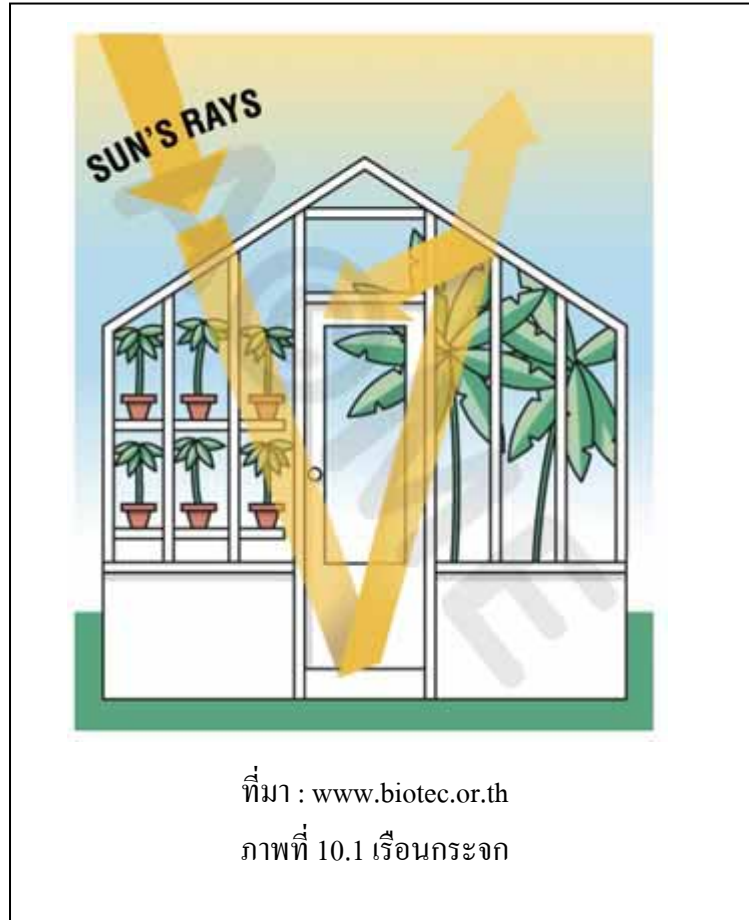


# บทที่ 10

## กรณีศึกษาปัญหาสิ่งแวดล้อม

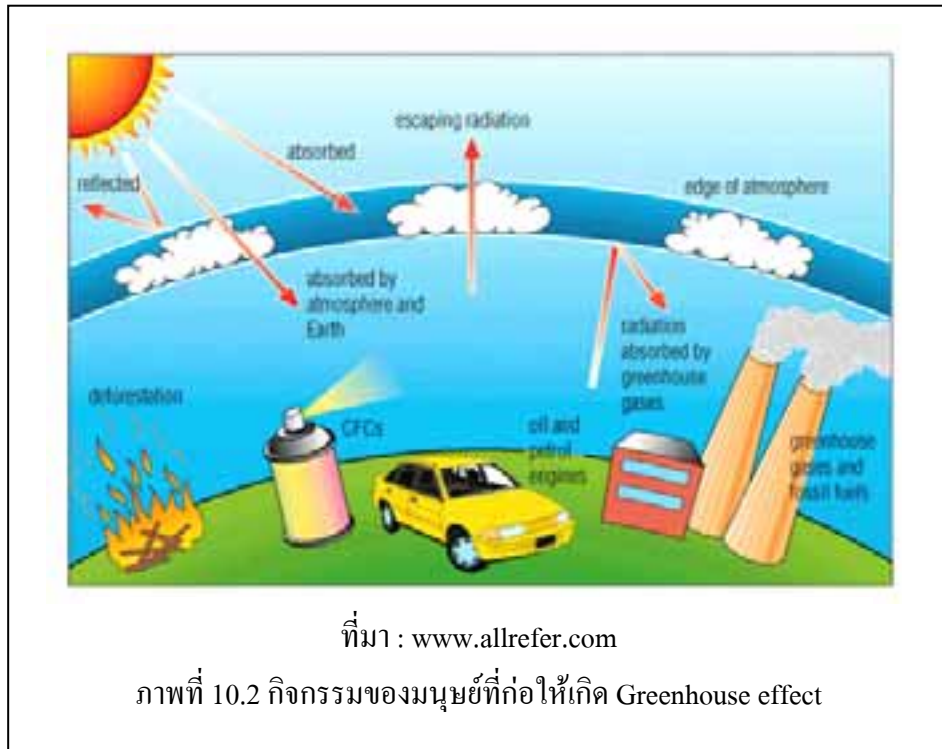
### กิจกรรมที่ 10.1 ศึกษาผลกระทบภาวะโลกร้อน (Global warming)



#### 1. ผลกระทบภาวะโลกร้อน (Global warming)

แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) มีคุณสมบัติในการดูดและสะท้อนความร้อนที่ถูกส่งออกไปจากโลกกลับสู่ผิวโลกอีกครั้งหนึ่ง ดังนั้น  $\text{CO}_2$  จึงมีบทบาททำให้เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า “Greenhouse effect” ที่เรียกเช่นนี้เพราะปรากฏการณ์ ดังกล่าวเกิดขึ้นเหมือนกับกรีนเฮาส์ คือ เรือนกระจกสำหรับปลูกหรือเพาะชำต้นไม้ในประเทศหนาว  $\text{CO}_2$  ทำหน้าที่เหมือนกระจกเมื่อแสงอาทิตย์ส่องผ่านเข้าไปในเรือนคือทำให้เกิดความร้อนภายใน แต่ความร้อนที่เกิดขึ้นไม่สามารถกระจายผ่านออกไปได้ จึงเกิดการสะสมความร้อนภายในเรือนกระจก

## 2. กิจกรรมของมนุษย์ที่ก่อให้เกิด Greenhouse effect



### ตารางที่ 10.1 ชนิดและแหล่งที่มาของแก๊สเรือนกระจก

ชนิดแก๊สเรือนกระจก	แหล่งที่มาของแก๊ส
1. คาร์บอนไดออกไซด์	การเผาไหม้ถ่านหินและปิโตรเลียมร้อยละ 80 การเผาอินทรีย์วัตถุร้อยละ 20
2. มีเทน	การหมักเน่าข้าว คอกสัตว์และแก๊สธรรมชาติ
3. ไนตรัสออกไซด์	การเผาไหม้ถ่านหินและปิโตรเลียม ปุ๋ย
4. คลอโรฟลูออโรคาร์บอน	แก๊สขั้บฉนวนทำความเย็นและการผลิตโฟม
5. คาร์บอนเตตระคลอไรด์	น้ำยาดับเพลิง ตัวทำละลาย
6. เมทิลคลอโรฟอร์ม	สารที่ใช้ทำความเย็น
7. คาร์บอนมอนอกไซด์	ไอเสียเครื่องยนต์

### 3. ปปรากฏการณ์ประหลาดจากผลกระทบโลกร้อน

#### 3.1 อุณหภูมิและระดับน้ำทะเลเพิ่มขึ้น



เมื่อประมาณ 2 หมื่นปีมาแล้วโลกเป็นยุคน้ำแข็ง ร้อยละ 30 ของพื้นที่ทั้งหมดถูกปกคลุมด้วยแผ่นน้ำแข็ง นับตั้งแต่ขั้วโลกเหนือลงมาจรดตอนกลางของทวีปอเมริกาเหนือ ยุโรป และเอเชีย ระดับน้ำทะเลในยุคนั้นต่ำกว่าปัจจุบันประมาณ 110 – 140 เมตร ในเอเชียอาคเนย์ บริเวณทะเลอันดามัน และทะเลจีนใต้เกือบทั้งหมดเคยแห้งกลายเป็นแผ่นดิน ทั้งนี้เนื่องจากน้ำทะเลที่ระเหยขึ้นไปเป็นไอน้ำในบรรยากาศ ไปควบแน่นเป็นหิมะและตกลงมา สะสมตัวกันบนยอดเขาและพื้นที่ตอนเหนือ กลายเป็นแผ่นน้ำแข็ง ต่อมาเมื่อโลกอุ่นขึ้น เนื่องจากปริมาณแก๊สเรือนกระจกที่ปรับตัวเองตามธรรมชาติ ระดับน้ำทะเลจึงสูงขึ้นจนมีระดับใกล้เคียงกับทุกวันนี้ แต่ทว่าในช่วงศตวรรษที่ผ่านมา ได้มีการตัดไม้ทำลายป่าและทำอุตสาหกรรมหนัก ทำให้ปริมาณแก๊สเรือนกระจกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนเกิดปรากฏการณ์โลกร้อน (Global warming) และหากอัตราการเพิ่มขึ้นของแก๊สเรือนกระจกยังคงเป็นเช่นนี้ แผ่นน้ำแข็งขั้วโลกจะละลายทำให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น การละลายของแผ่นน้ำแข็งขั้วโลกนอกจากจะส่งผลให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น บริเวณพื้นที่เกาะและที่ราบลุ่มชายฝั่งทะเล เช่น ตอนใต้ของประเทศไทยและประเทศกัมพูชาจะถูกน้ำท่วม ดังภาพที่ 10.3 ความเค็มของน้ำทะเลซึ่งเจือจางลงเนื่องจากการละลายของน้ำแข็ง จะส่งผลให้การไหลเวียนของกระแสน้ำในมหาสมุทรเปลี่ยนทิศทางและความจุความร้อนเปลี่ยนไป ส่งผลกระทบให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกอย่างรุนแรง

จากการรวบรวมผลการศึกษการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศและการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเล ของนักวิทยาศาสตร์ทั่วโลก สามารถสรุปได้ดังนี้

3.1.1 ได้มีการตรวจพบว่าอุณหภูมิระดับผิวโลกสูงขึ้นประมาณ 0.3 ถึง 0.6 องศาเซลเซียส นับตั้งแต่กลางคริสต์ศตวรรษที่ 20 โดยได้พบว่าบริเวณพื้นที่ระหว่างละติจูด 40 ถึง 70 องศาเหนือ เป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นมากที่สุด ในขณะที่เดียวกันที่บางแห่งเช่นบริเวณมหาสมุทรแอตแลนติกเหนือ ได้มีอุณหภูมิลดลงในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา

3.1.2 โดยทั่วไปพิสัยของอุณหภูมิในรอบวันบนพื้นทวีปมีแนวโน้มลดลง ตั้งแต่ประมาณกลางคริสต์ศตวรรษที่ 20 ซึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณเมฆในท้องฟ้า ทำให้ช่วงกลางวันมีอุณหภูมิลดลงและอุณหภูมิในช่วงกลางคืนสูงขึ้นและคาดว่าอุณหภูมิตอนล่างของบรรยากาศ ชั้นสตราโตสเฟียร์ (สูงจากผิวโลกระหว่าง 14 -20 กิโลเมตร) ลดลงเนื่องจากการลดลงของโอโซน และการเพิ่มขึ้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

3.1.3 สำหรับปริมาณฝนเฉลี่ยในภาคพื้นทวีปในคริสต์ศตวรรษที่ 20 นั้นยังไม่มีแนวโน้มว่าจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง

3.1.4 การระเหยของน้ำในมหาสมุทรเขตร้อนสูงขึ้น สัมพันธ์กับปริมาณไอน้ำในเขตร้อนที่ตรวจวัดได้สูงขึ้น

### 3.2 พื้นที่หิมะปกคลุมอยู่ในระดับต่ำกว่าค่าเฉลี่ยตั้งแต่ปี ค.ศ. 1987



ที่มา : [www.oknation.net](http://www.oknation.net)

ภาพที่ 10.4 เปรียบเทียบธารน้ำแข็งในอาร์เจนตินา

ผลที่เกิดขึ้นน้ำแข็งทั่วโลกเริ่มละลาย ซ้ำคือธารน้ำแข็งในอาร์เจนตินาเมื่อ 20 ปีก่อน กับด้านขวาในช่วง 100 ปีที่ผ่านมา ระดับน้ำทะเลทั่วโลกสูงขึ้นประมาณ 1 ถึง 2.5 มิลลิเมตรต่อปี

ซึ่งเป็นผลกระทบโดยตรง จากการที่อุณหภูมิของบรรยากาศสูงขึ้น ทำให้น้ำทะเลและมหาสมุทรขยายตัวพร้อมกับการละลายของธารน้ำแข็ง การประเมินผลกระทบที่นักวิทยาศาสตร์ได้ทำการประเมินผลกระทบที่จะเกิดขึ้น โดยใช้แบบจำลองภูมิอากาศ โดยอาศัยสมมติฐานที่ว่า ถ้าหากปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศของโลกในปี ค.ศ.2100 เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าจากระดับปัจจุบัน พบว่าอุณหภูมิผิวพื้นทั่วโลกสูงขึ้นประมาณ 1 ถึง 3.5 องศาเซลเซียส ระดับน้ำทะเลสูงขึ้นประมาณ 15 ถึง 95 เซนติเมตร ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ เศรษฐกิจและสังคม รวมทั้งด้านอุทกวิทยาหรือการจัดการแหล่งน้ำ ตลอดจนโครงสร้างพื้นฐานและสุขภาพของมนุษย์

พื้นที่น้ำแข็งปกคลุม ประมาณการว่าประมาณหนึ่งในสามถึงครึ่งหนึ่งของภูเขาน้ำแข็งที่มีอยู่ในปัจจุบันจะหายไปภายในอีก 100 ปีข้างหน้า การลดลงของภูเขาน้ำแข็งและความหนาของชั้นหิมะที่ปกคลุมพื้นโลกจะส่งผลกระทบต่ออัตราการไหลของน้ำในแม่น้ำในแต่ละฤดูกาลและการจ่ายน้ำของเขื่อนที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังน้ำ ตลอดจนการเกษตรกรรม

### 3.3 น้ำแข็งใต้พื้นโลกละลาย



ภาวะโลกร้อนไม่ได้เพียงแต่ทำให้ธารน้ำแข็งขั้วโลกละลายอย่างต่อเนื่องเท่านั้นแต่ยังส่งผลให้ชั้นน้ำแข็งถาวรที่มีอยู่ใต้พื้นผิวโลกค่อย ๆ ละลายลดปริมาณลงไปเช่นกัน ผลลัพธ์ที่อาจเกิดขึ้นตามมาในอนาคตก็คือ จุดใต้พื้นโลกซึ่งเคยเป็นน้ำแข็งหายไปจนเกิดเป็น "รูรั่ว" ใต้ดินขึ้นมาเมื่อเป็นเช่นนี้สภาพทางภูมิศาสตร์ในพื้นที่ย่อมเปลี่ยนแปลงไป สิ่งปลูกสร้างหรือสิ่งก่อสร้างของ

มนุษย์ เช่น ทางรถไฟ ถนน บ้านเรือน ฯลฯ ซึ่งตั้งอยู่เหนือจุดดังกล่าวมีโอกาสได้รับความเสียหายตามไปด้วย ถ้าปรากฏการณ์น้ำแข็งละลายเกิดขึ้นบนที่สูง เช่น ภูเขา จะก่อให้เกิดภัยธรรมชาติตามมา อาทิ หินถล่มและโคลนถล่ม เป็นต้น

### 3.4 ป่าไม้

ประมาณการว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส ก็เพียงพอที่จะทำให้เกิดผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตและการฟื้นฟูสภาพป่าในหลายแห่งของโลก เป็นที่คาดว่าประมาณ 1 ใน 3 ของป่าที่มีอยู่ทั่วโลกจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างกว้างขวางด้านชนิดพันธุ์พืช โดยการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดเกิดขึ้นในบริเวณละติจูดสูง ๆ ส่วนบริเวณเขตร้อนจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด

### 3.5 ระบบนิเวศชายฝั่ง

การเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศและระดับน้ำทะเลที่สูงขึ้น หรือการเกิดพายุและคลื่นซัดฝั่งจะส่งผลให้เกิดการกัดเซาะ การพังทลาย และเกิดน้ำท่วมบริเวณชายฝั่งมากขึ้น ความเค็มของน้ำในบริเวณปากแม่น้ำและในชั้นน้ำจืดใต้ดินจะเพิ่มขึ้น เกิดการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำขึ้น-น้ำลงในแม่น้ำและอ่าวต่าง ๆ รวมทั้งการพัดพาของตะกอนและสารอาหารในน้ำ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศชายฝั่งจะส่งผลกระทบต่อที่อยู่อาศัยของผู้คนบริเวณนี้ และส่งผลกระทบในทางลบต่อการท่องเที่ยว การจัดหา น้ำจืด การประมง และความหลากหลายทางชีวภาพ

### 3.6 ด้านโครงสร้างพื้นฐานของมนุษย์

การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศและระดับน้ำทะเลที่สูงขึ้น จะมีผลกระทบในทางลบต่อการพลังงาน การอุตสาหกรรม การขนส่ง การตั้งถิ่นฐานของมนุษย์ การประกันทรัพย์สิน และการท่องเที่ยว ภัยที่เห็นได้ชัดเจนคือ ประชากรที่อาศัยอยู่บริเวณชายฝั่ง

ซึ่งได้มีการประมาณการว่า จะมีประชากรประมาณ 46 ล้านคนต่อปีในปัจจุบันที่เสี่ยงต่อภัยน้ำท่วมเนื่องจากคลื่น พายุซัดฝั่งและหาคระดับน้ำทะเลสูงขึ้น 50 เซนติเมตร จำนวนประชากรที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมจะเพิ่มขึ้นเป็น 92 ล้านคน และถ้าระดับน้ำทะเลสูงขึ้น 1 เมตร จำนวนผู้เสี่ยงต่อภัยน้ำท่วมจะสูงถึง 118 ล้านคน โดยประชากรของประเทศที่เป็นเกาะเล็ก ๆ หรือประเทศด้อยพัฒนาจะได้รับผลกระทบที่รุนแรงกว่า เนื่องจากระบบป้องกันชายฝั่งไม่ดีเพียงพอ และประเทศที่มีประชากรหนาแน่นกว่าก็ย่อมได้รับผลกระทบมากกว่า ทำให้เกิดการอพยพทั้งภายในประเทศและข้ามประเทศจากการศึกษาผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากการที่ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น 1 เมตร ซึ่งเป็นค่าสูงสุดตามที่ประมาณการสำหรับปี ค.ศ. 2100 พบว่าเกาะเล็ก ๆ และพื้นที่บริเวณปากแม่น้ำเป็นบริเวณที่เสี่ยงภัยสูงโดยได้ประเมินการสูญเสียแผ่นดินของประเทศต่าง ๆ ถ้าระบบป้องกันภัยมีอยู่เช่นปัจจุบัน ดังนี้ ประเทศอูรุกวัย สูญเสีย 0.05% อียิปต์ 1% เนเธอร์แลนด์ 6% บังคลาเทศ 17.5% และประมาณ 80%

สำหรับเกาะปะการังมาจуро (Majuro) ในหมู่เกาะมาร์แชล และประชากรที่ได้รับผลกระทบจะมีมากประมาณ 70 ล้านคนในจีนและบังคลาเทศ เป็นต้น

สำหรับประเทศไทยย่อมได้รับผลกระทบอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ส่วนจะมากน้อยเพียงใดจะต้องมีการศึกษาในรายละเอียดต่อไป แต่อย่างน้อยก็พอประมาณได้ว่าเมื่อระดับน้ำทะเลสูงขึ้นย่อมส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศชายฝั่งของประเทศไทย จะมีการเกิดน้ำท่วมเพิ่มพื้นที่ขึ้นและความรุนแรงมากขึ้น อัตราการกัดเซาะและการพังทลายของพื้นที่ชายฝั่งจะเพิ่มขึ้น น้ำทะเลจะรุกเข้ามาในแผ่นดินและแม่น้ำมากขึ้น ทำให้ความเค็มในดินและบริเวณตอนล่างของแม่น้ำเพิ่มขึ้น ซึ่งจะส่งผลกระทบในทุก ๆ ด้าน เช่นด้านที่อยู่อาศัย การเกษตรกรรม การจัดหาน้ำจืด การประมง การท่องเที่ยว เป็นผลให้กระทบต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศอย่างมาก ดังนั้นทุกฝ่ายควรร่วมมือและหาวิธีการบรรเทาผลกระทบ เพื่อไม่ให้ประชากร โลกรวมทั้งประเทศไทยได้รับผลกระทบที่รุนแรงจากการเปลี่ยนแปลงของโลกที่จะเกิดขึ้นดังกล่าวแล้ว



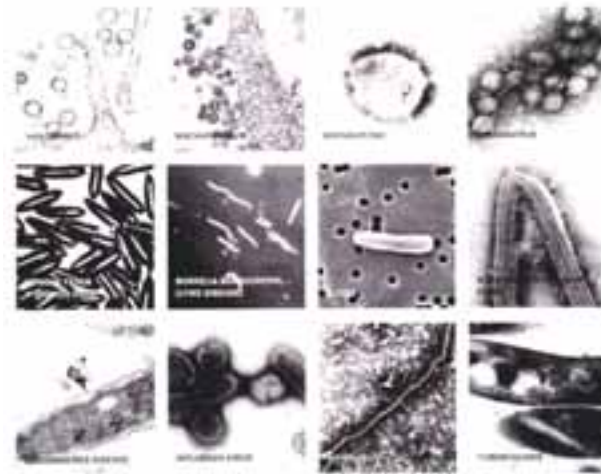
ที่มา : gotoknow.org

ภาพที่ 10.6 น้ำท่วมที่บางขุนเทียน

### 3.7 สารภูมิแพ้แพร่ระบาด

ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา ในประเทศสหรัฐอเมริกาได้เกิดปรากฏการณ์ประหลาดขึ้นทุก ๆ ช่วงฤดูใบไม้ผลินั้นคือ ประชาชนไอ จาม เป็นภูมิแพ้ และหอบหืดกันง่ายขึ้นและบ่อยขึ้น โดยไม่ทราบสาเหตุ

จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า วิถีชีวิตที่เปลี่ยนแปลงไปกับสภาพมลพิษในอากาศ เป็นสาเหตุสำคัญของอาการดังกล่าว อย่างไรก็ตาม มีงานวิจัยใหม่ ๆ ซึ่งชี้ให้เห็นว่า วิกฤตอุณหภูมิ โลก ร้อนขึ้นและมีระดับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศมากขึ้น คือต้นเหตุทำให้พืชพรรณต่าง ๆ ผลิใบเร็วกว่าเดิม ขณะเดียวกันปริมาณละอองเกสรที่ฟุ้งกระจายไปตามอากาศก็มากขึ้นเช่นกัน คนที่เป็นภูมิแพ้หรือหอบหืดเมื่อสูดละอองเหล่านี้เข้าไปมาก ๆ อาการจึงกำเริบง่าย และเมื่ออุณหภูมิ ร้อนขึ้นก็ได้เกิดเชื้อโรคสายพันธุ์ใหม่ ๆ ขึ้นมากมาย



ที่มา : [www.sarakadee.com/web/modules.php?](http://www.sarakadee.com/web/modules.php?name=Sections&op=viewarticle&artid=685)

[name=Sections&op=viewarticle&artid=685](http://www.sarakadee.com/web/modules.php?name=Sections&op=viewarticle&artid=685) - 117k -

ภาพที่ 10.7 สารภูมิแพ้



### 3.8 สัตว์อพยพไร้ที่อยู่

ผลกระทบจากปัญหาโลกร้อน ทำให้สัตว์บางชนิด เช่น กระจอก ตัวชิปมังก์ หรือแม่กระทิงหนูลองอพยพหนีขึ้นไปอยู่บนที่สูงขึ้น สัตว์ที่กำลังเผชิญปัญหาใหญ่ ได้แก่ "หมีขั้วโลก" ที่ในอนาคตอาจมีชีวิตอยู่ในถิ่นฐานเดิมแถบอาร์กติก ขั้วโลกเหนือไม่ได้ เนื่องจากธารน้ำแข็งละลาย อย่างรวดเร็ว



### 3.9 ขนวนเกิดไฟป่า

นักวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ยืนยันตรงกันทั่วโลกว่า ภัยโลกร้อนเป็นสาเหตุให้ธารน้ำแข็งละลายและพายุก่อตัวบ่อย และรุนแรงขึ้นกว่าในอดีต ยิ่งไปกว่านั้นภาวะโลกร้อนยังเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิด "ไฟป่า" ได้ง่ายขึ้นในหลายประเทศทั่วโลก และชาติเมืองหนาวในซีกโลกตะวันตก ซึ่งตามปกติไม่ค่อยมีปัญหาเรื่องไฟป่าก็เริ่มรู้สึกถึงความเปลี่ยนแปลงนี้กันแล้ว เหตุเพราะสภาพป่าแห้งกว่าเดิม จึงเป็นเชื้อไฟอย่างดี

### 3.10 ผู้แข็งแรงเท่านั้นถึงอยู่รอด

โลกร้อนส่งผลให้น้ำหนาวหดสั้นลง และน้ำร้อนมาถึงเร็วขึ้น บรรดา "นกอพยพ" หลายสายพันธุ์ต่างมีงบประมาณ "นาฬิกาชีวภาพ" ในตัวของมันให้เข้ากับสภาพความผันแปรของฤดูกาลที่บิดเบี้ยวไปไม่ทัน สัตว์ที่จะเอาชีวิตรอดจากสภาพภูมิอากาศแปรปรวนในทุกวันนี้ได้ต้องเป็นสายพันธุ์ที่แข็งแรงที่สุดเท่านั้น ในที่สุดสัตว์ที่อยู่รอดจะต้อง "กลายพันธุ์" หรือปรับพันธุกรรมในตัวมันเสียใหม่ เพื่อรับมือภัยโลกร้อนให้ได้ และมีสัตว์หลายชนิดกำลังวิวัฒนาการตัวเองเช่นนั้นอยู่

### 3.11 "พีช" ขั้วโลกกินพีช

ช่วงไม่กี่ทศวรรษที่ผ่านมา ผลจากภาวะน้ำแข็งขั้วโลกละลายเพราะโลกร้อน ส่งผลต่อการดำรงอยู่ของพีชและสัตว์จำนวนมาก ตามปกติพีชแถบอาร์กติกจะถูกปกคลุมอยู่ในน้ำแข็งตลอดทั้งปี แต่ปัจจุบัน เมื่อน้ำแข็งละลายมากขึ้นเรื่อย โดยเฉพาะในช่วงก่อนฤดูใบไม้ผลิ จึงทำให้พีชที่เคยถูกห่อหุ้มด้วยน้ำแข็งกลายเป็นอิสระ สามารถเริ่มกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและกลับมาเติบโตขึ้นอีกครั้ง กลายเป็นอีก 1 ปรากฏการณ์ใหม่ของพื้นที่ขั้วโลกเหนือ

### 3.12 ทะเลสาบหายสาบสูญ



เรื่องประหลาด ๆ ที่เกิดขึ้นในเขตอาร์กติก หรือ ขั้วโลกเหนือยังไม่หมดแค่นั้น มีงานวิจัยชี้ให้เห็นว่าในช่วง 20-30 ปีที่ผ่านมา "ทะเลสาบ" ประมาณ 125 แห่ง ได้หายสาบสูญไปจากเขตอาร์กติก เป็นสัญญาณหนึ่งที่ช่วยให้เห็นว่า ภัยโลกร้อนส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมแถบขั้วโลก สาเหตุที่ทะเลสาบหายไปก็เพราะ "เพอร์มาฟรอส" ที่เป็นน้ำแข็งแข็งตัวอยู่ใต้พื้นทะเลสาบนั้นละลายหมดสิ้นไป ดังนั้น น้ำในทะเลสาบจึงซึมเข้าสู่พื้นดินข้างใต้ได้ เหมือนกับเวลาเราดึงจุกปิดน้ำออกจากอ่างอาบน้ำแล้วน้ำจึงไหลหมดไปจากอ่างนั่นเอง นอกจากนี้ การที่ทะเลสาบขั้วโลกหายวับไป ยังส่งผลลูกโซ่ปั่นป่วนไปถึงระบบนิเวศในพื้นที่ที่พึ่งพิงน้ำจากทะเลสาบอีกด้วย

### 3.13 ดาวเทียมโคจรเร็วกว่าเดิม



การปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จาก โรงงานอุตสาหกรรม โรงไฟฟ้าถ่านหิน ยวดยานพาหนะ ฯลฯ คือ ตัวการสำคัญของวิกฤต โลกร้อน ล่าสุดพบว่าแก๊สตัวเดียวกันนี้เองที่ขึ้นไป สะสมมากขึ้นในชั้นบรรยากาศโลก ได้กลายเป็น ต้นเหตุทำให้ "ดาวเทียม" ที่อยู่ในวงโคจรโลก เคลื่อนที่เร็วกว่าเดิม ตามปกติอากาศในบรรยากาศ ชั้นนอกสุดของโลกจะเบาบาง แต่โมเลกุลของ อากาศจะยังคงมีแรงดึงดูดมากพอ ในการทำให้ ดาวเทียมโคจรช้า ๆ ดังนั้น เราอาจเคยได้ยินข่าวกัน

มาบ้างว่า ผู้ควบคุมต้องจี้ระเบิดดาวเทียมเป็นระยะ ๆ เพื่อให้ดาวเทียมโคจรต่อไปอย่างถูกต้อง อย่างไรก็ตาม เมื่อคาร์บอนไดออกไซด์ลอยไปสะสมในบรรยากาศชั้นล่างมากไป จะทำแรงดึงดูด ของบรรยากาศชั้นนอกสุดลดกำลังลง ดาวเทียมจึงโคจรเร็วกว่าปกติ

### 3.14 ภูเขากระเด็นตัวเหนือพื้นโลก

ภูเขาและเทือกเขาสูงหลายแห่งทั่วโลกกำลังขยายตัว "สูง" ขึ้น เพราะผลจากโลกร้อน นั้นเป็นเพราะตามธรรมชาติที่ผ่าน ๆ มานับพันปี ยอดภูเขาในเขตหนาวเย็นโดยทั่วไปจะมี "น้ำแข็ง" ปกคลุมอยู่ ทำหน้าที่เป็นเหมือนกับค้อนน้ำหนักรักษาที่คอยกดทับให้ฐานล่างของภูเขาทรุดต่ำลงไปใต้ พื้นผิว เมื่อน้ำแข็งบนยอดเขามลายสูญสิ้นไป ส่วนฐานล่างที่เคยถูกกดจมดินลงไป จะค่อย ๆ กระเด็นคืนตัวกลับมาเหนือผิวโลกอีกครั้ง

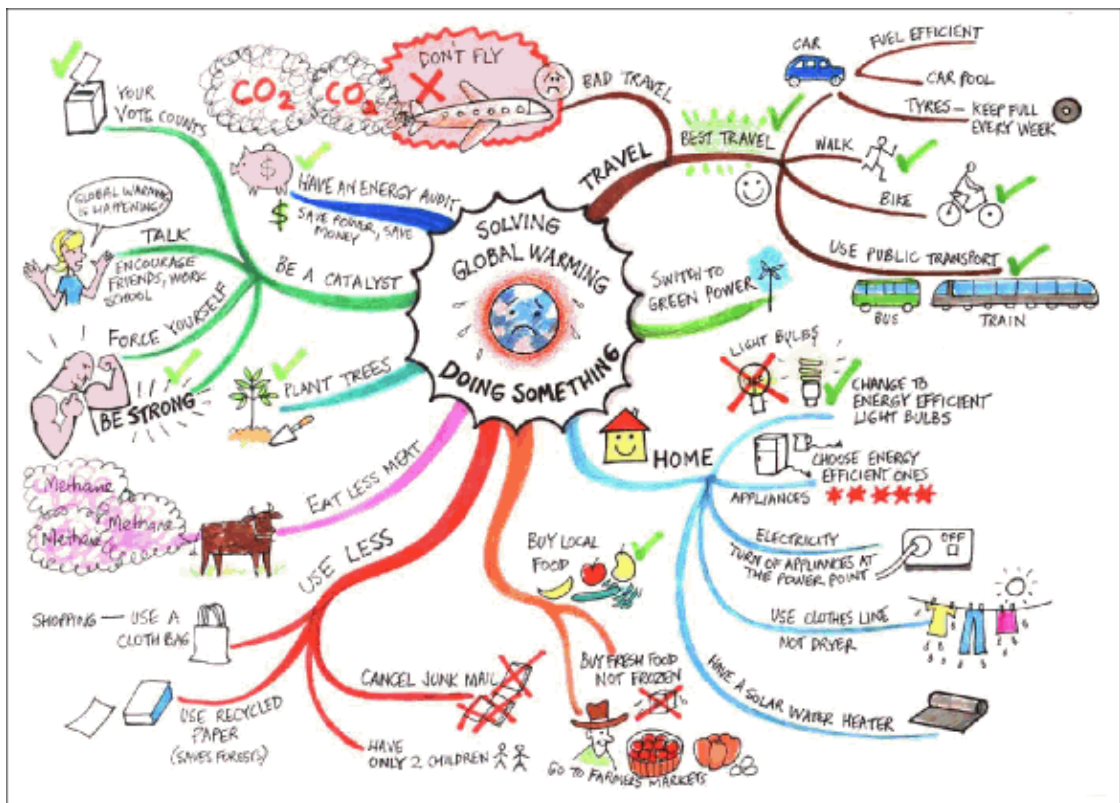
### 3.15 โบราณสถานเสียหาย

โบราณสถาน เมืองเก่าแก่ ซากปรักหักพังทางประวัติศาสตร์ ฯลฯ อันเป็นสิ่งแสดงถึง วัฒนธรรมอันรุ่งเรืองของมนุษย์ในอดีตได้รับผลกระทบจากโลกร้อน เหตุเพราะโลกร้อน ทำให้อากาศทั่วโลกแปรปรวน ทั้งเกิดพายุ น้ำท่วม ภัยแล้ง ระดับน้ำทะเลเพิ่มสูง และล้วนแต่สร้างความเสียหายให้กับมรดกตกทอดทางประวัติศาสตร์ดังกล่าว ซึ่งมีสภาพทรุดโทรมอยู่แล้ว โบราณสถานอายุ 600 ปีในจังหวัดสุโขทัยของประเทศไทยเรา ก็เคยเสียหายอย่างหนักเพราะ ภัยน้ำท่วมใหญ่ซึ่งเป็นผลจากภัยโลกร้อน

### 3.16 การเกิดพายุมากขึ้น

หนังสือ An Inconvenient Truth ของอัล กอร์ เขียนระบุว่า ยิ่งอุณหภูมิมหาสมุทรอุ่นขึ้นมากเท่าไร ก็จะก่อให้เกิดพายุถล่มรุนแรงขึ้นเท่านั้น จากผลการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์จำนวนมากที่ยืนยันว่า น้ำอุ่นบนผิวน้ำของมหาสมุทรสามารถถ่ายทอดพลังงานความร้อนได้มากขึ้น จนก่อให้เกิดเฮอริเคนที่มีกำลังมหาศาลขึ้น แนวคิดที่ว่าภาวะโลกร้อนนั้นเชื่อมโยงกับพายุเฮอริเคนที่จะทวีความรุนแรงขึ้นและเกิดถี่ขึ้น จึงได้รับการยอมรับในหมู่นักวิทยาศาสตร์มากขึ้น

จากผลกระทบดังกล่าวข้างต้น มีตัวอย่างหลากหลายวิธีลดภาวะโลกร้อนด้วยตนเองดังนี้



ที่มา : gotoknow.org

ภาพที่ 10.11 วิธีการลดโลกร้อนด้วยการเขียน Mind Mapping

กิจกรรม นักศึกษามีวิธีการอย่างไรบ้าง ในการดูแลรักษาโลกของเราให้คงอยู่ตราบนานเท่านาน  
ยกตัวอย่างพร้อมวาดรูปประกอบด้วย



ปัจจุบันทั่วโลกได้ฉันทนงค์เพื่อลดปัญหาการปล่อยแก๊สเรือนกระจกกันอย่างกว้างขวางและจริงจัง ซึ่งล่าสุดได้มีการประชุมของตัวแทนจากนานาชาติ 160 ประเทศ เพื่อหาทางลดปัญหาโลกร้อนเมื่อวันที่ 1 - 10 ธันวาคม 2540 ที่ประเทศญี่ปุ่น เรียกว่า **พิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol)**

เป็นมาตรการทางกฎหมายที่ดำเนินการเพื่อให้บรรลุถึงเป้าหมายในการรับมือกับภาวะโลกร้อน โดยประกาศในข้อตกลงครั้งประวัติศาสตร์ว่า

ด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกขององค์การสหประชาชาติ (United Nations Framework Convention on Climate Change-UNFCCC) ซึ่งมีมติของที่ประชุมลงความเห็นทำให้ประเทศอุตสาหกรรม 39 ประเทศลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกตั้งแต่ปัจจุบัน จนกระทั่งถึงช่วง พ.ศ. 2551 -2555 สามารถลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกโดยเฉลี่ย 5.2% ของแก๊สเรือนกระจกที่ปล่อยออกทั้งหมดในปี 2533 เช่นประเทศญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา และสมาคมยุโรป ถูกกำหนดให้ลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจก 6% ,7% และ 8% ตามลำดับ และได้จัดทำเป็นสนธิสัญญาว่าด้วยการปล่อยแก๊สเรือนกระจกขึ้น เพื่อให้ทุกประเทศถือปฏิบัติ อย่างไรก็ตามการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจกที่กํานตามสนธิสัญญาดังกล่าวนั้นยังน้อยกว่าที่ควรจะเป็น ดังนั้นปัญหาโลกร้อนอันเกิดจากแก๊สเรือนกระจกยังคงอยู่ต่อไปหรือเพิ่มขึ้นกว่าเดิมก็อาจเป็นไปได้ ถ้าทุกคนยังไม่เข้าใจปัญหาและร่วมแก้ไขอย่างจริงจัง อย่างไรก็ตามประเทศพัฒนาแล้วอย่าง สหรัฐอเมริกาและออสเตรเลีย ก็เป็นตัวตั้งตัวตีในการต่อต้านสนธิสัญญาดังกล่าว ผู้เชี่ยวชาญด้านนโยบายสาธารณะบางท่านได้มองพิธีสารเกียวโตว่าเป็นตัวการที่ถ่วงการเติบโตของประชาธิปไตยอุตสาหกรรมโลก (world's industrial democracies)

## กิจกรรมที่ 10.2

เรื่อง แบบจำลองภาวะเรือนกระจก

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและเข้าใจถึงการเกิดภาวะเรือนกระจก

วัสดุและอุปกรณ์

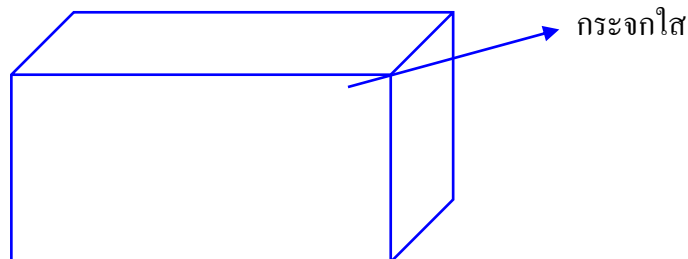
1. กล่องกระจก 1 กล่อง
2. เทอร์โมมิเตอร์ 2 อัน

ใบความรู้

เมื่อพลังงานแสงอาทิตย์ตกกระทบถึงผิวโลก พื้นดินจะดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์เอาไว้ ส่วนหนึ่ง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพลังงานของแสงในช่วงที่ตามองเห็น หรือ แสงขาว พลังงานแสงอาทิตย์ อีกส่วนหนึ่งจะถูกพื้นดินสะท้อนกลับเข้าสู่บรรยากาศ ซึ่งเป็นรังสีคลื่นยาวในช่วงอินฟราเรด หรือ รังสีความร้อน รังสีอินฟราเรดเหล่านี้ส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืนโดยไอน้ำ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ รวมทั้งแก๊สอื่น ๆ ในบรรยากาศชั้นล่างสุด ทำให้บรรยากาศชั้นล่างสุดอบอุ่นขึ้น นอกจากนี้รังสีอินฟราเรดบางส่วน ที่ถูกแผ่ออกมาจากพื้นผิวโลกสู่บรรยากาศยังถูกสะท้อนกลับมายังผิวโลกอีก จึงทำให้พื้นผิวโลกอบอุ่นขึ้นอีก เราเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า "ภาวะเรือนกระจก" (greenhouse effect)

วิธีทำ

1. นำกล่องกระจกจำลองจำนวน 1 กล่อง
2. นำเทอร์โมมิเตอร์มาวางไว้ภายในกล่องกระจกจำลอง จำนวน 1 อัน และภายนอกกล่องกระจกจำลอง จำนวน 1 อัน และนำกล่องกระจกจำลองไว้กลางแดด อ่านค่าอุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์ บริเวณในกล่องกระจกจำลองและนอกกล่องกระจกจำลอง ทุกๆ 30 นาที ประมาณ 4 ครั้ง บันทึกผล
3. นำผลการทดลองที่ได้มาแสดงเป็นกราฟเส้น โดยกำหนดให้แกนนอนเป็นเวลา และ แกนตั้งเป็นอุณหภูมิ



ตารางบันทึกผลกิจกรรม

การวัดอุณหภูมิ	ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง			
	30 นาที	60 นาที	90 นาที	120 นาที
อุณหภูมินอกกล่องกระจก ( $^{\circ}\text{C}$ )				
อุณหภูมิในกล่องกระจก ( $^{\circ}\text{C}$ )				

คำถาม

1. กล่องกระจกเปรียบเสมือนอะไรและทำหน้าที่อะไร

.....

.....

.....

2. ค่าอุณหภูมิที่อ่านได้ระหว่างอุณหภูมิภายในกล่องกระจกจำลองและอุณหภูมินอกเรือนกระจกจำลอง เหมือนกันหรือต่างกันอย่างไร

.....

.....

.....

3. ถ้าต้องการให้อุณหภูมิที่อ่านได้ภายในกล่องกระจกลดลง จะมีวิธีการทำอย่างไรบ้าง

.....

.....

.....

4. ถ้ายังปล่อยให้ให้อุณหภูมิภายในกล่องกระจกเป็นเช่นนี้ต่อไปเรื่อย ๆ นักศึกษาคิดว่าจะเกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อยู่ภายในกล่องกระจกอย่างไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

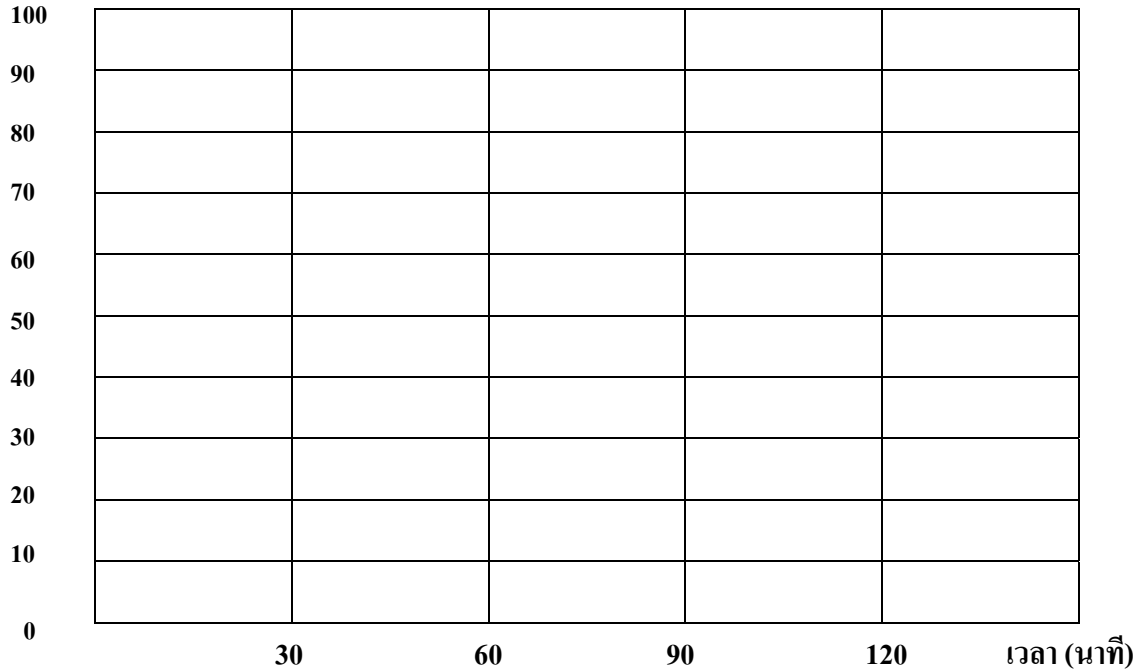
.....

.....



5. เขียนกราฟเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในกอล่องกระจกและอุณหภูมิในกล่องกระจกจำลอง

อุณหภูมิ ( $^{\circ}\text{C}$ )



หมายเหตุ

- สีแดงแทนอุณหภูมิในกอล่องกระจก
- สีน้ำเงินแทนอุณหภูมิในอกกอล่องกระจก

สรุปผลการทำกิจกรรม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

### กิจกรรมที่ 10.3

เรื่อง การเกิดเอลนีโญ (El Niño) และ ลานีญา (La Niña)

#### วัตถุประสงค์

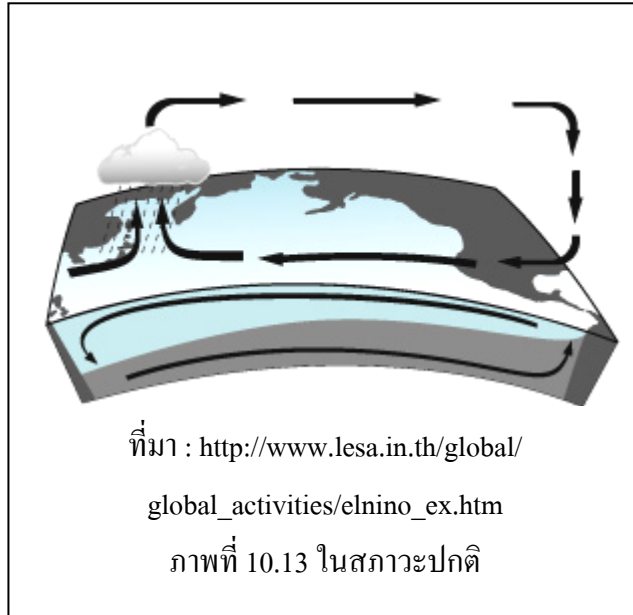
1. เพื่อศึกษาและเข้าใจถึงการเกิดภาวะความเปลี่ยนแปลงของโลกเนื่องจากภาวะโลกร้อน
2. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับสูงของน้ำทะเลขณะที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ

#### ใบความรู้

**เอลนีโญ (El Niño)** เป็นคำภาษาสเปน แปลว่า บุตรพระคริสต์ หรือพระเยซู เป็นชื่อของ กระแสน้ำอุ่นที่ไหลเวียนชายฝั่งทะเลของประเทศเปรูลงใต้ทุก 2 – 3 ปี โดยเริ่มประมาณช่วง เทศกาลคริสต์มาส กระแสน้ำอุ่นนี้จะไหลเข้าแทนที่กระแสน้ำเย็นที่อยู่ตามชายฝั่งเปรูนานประมาณ 2 – 3 เดือน และบางครั้งอาจจะยาวนานข้ามปีถัดไป เป็นคาบเวลาที่ไม่แน่นอน และมีผลทางระบบนิเวศและห่วงลูกโซ่อาหาร ปริมาณปลาน้อย นกกินปลาขาดอาหาร ชาวประมงขาดรายได้ รวมทั้งเกิดฝนตกและดินถล่มอย่างรุนแรงในประเทศเปรูและเอกวาดอร์ เอลนีโญเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เป็นปฏิสัมพันธ์ระหว่างการหมุนเวียนของกระแสอากาศ และกระแสน้ำในมหาสมุทร ทั้งบนผิวพื้นและใต้มหาสมุทร ปรากฏการณ์เอลนีโญมีชื่อเรียกอย่างเป็นทางการว่า **“El Niño – Southern Oscillation”** หรือเรียกอย่างสั้นๆ ว่า ENSO ซึ่งหมายถึง การเปลี่ยนแปลงซึ่งเกิดขึ้นบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกตอนใต้

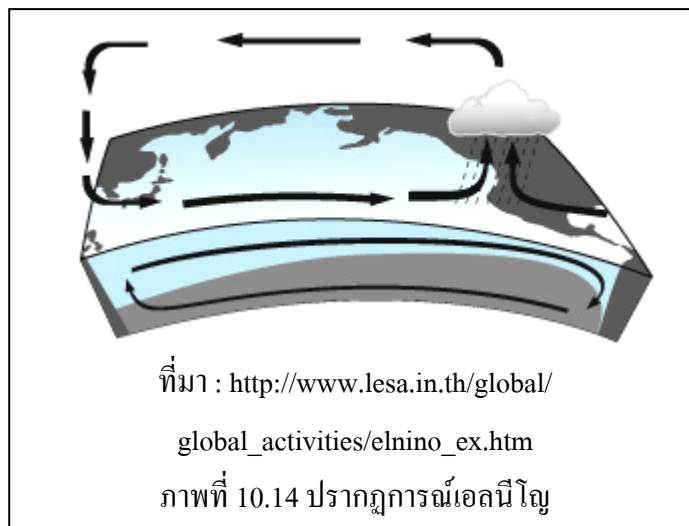
#### สถานะปกติ

โดยปกติบริเวณเส้นศูนย์สูตรโลกเหนือมหาสมุทรแปซิฟิก ลมสินค้าตะวันออก (Easterly trade winds) จะพัดจากประเทศเปรู ชายฝั่งทวีปอเมริกาใต้ ไปทางตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิก แล้วยกตัวขึ้นบริเวณเหนือประเทศอินโดนีเซีย ทำให้มีฝนตกมากในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และทวีปออสเตรเลียตอนเหนือ กระแสลมสินค้าพัดให้กระแสน้ำอุ่นบนพื้นผิวมหาสมุทรแปซิฟิกไปกองรวมกันทางตะวันตกจนมีระดับสูงกว่าระดับน้ำทะเลปกติประมาณ 60 – 70 เซนติเมตร แล้วจมตัวลง กระแสน้ำเย็นใต้มหาสมุทรซีกเบื้องล่างเข้ามาแทนที่กระแสน้ำอุ่นพื้นผิวซีกตะวันออก นำพาธาตุอาหารจากก้นมหาสมุทรขึ้นมาทำให้ปลาชุกชุม เป็นประโยชน์ต่อนกทะเล และการทำประมงชายฝั่งของประเทศเปรู (ภาพที่ 10.13)



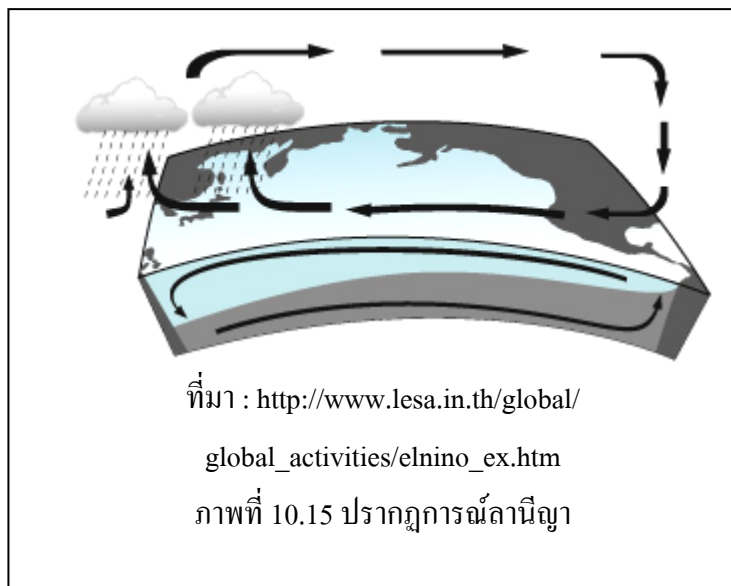
### ปรากฏการณ์เอลนีโญ

เมื่อเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ กระแสลมสินค้าตะวันออกอ่อนกำลัง กระแสลมพื้นผิวเปลี่ยนทิศทาง พัดจากประเทศอินโดนีเซีย และออสเตรเลียตอนเหนือไปทางตะวันออก แล้วยกตัวขึ้นเหนือชายฝั่งทวีปอเมริกาใต้ ก่อให้เกิดฝนตกหนักและแผ่นดินถล่มในประเทศเปรูและเอกวาดอร์ กระแสลมพัดกระแสน้ำอุ่นบนพื้นผิวมหาสมุทรแปซิฟิกไปกองรวมกัน บริเวณชายฝั่งประเทศเปรู ทำให้กระแสน้ำเย็นใต้มหาสมุทรไม่สามารถลอยตัวขึ้นมาได้ ทำให้บริเวณชายฝั่งขาดธาตุอาหารสำหรับปลา และนกทะเล ชาวประมงจึงขาดรายได้ ปรากฏการณ์เอลนีโญทำให้ฝนตกหนักในตอนเหนือของทวีปอเมริกาใต้ แต่ยังคงก่อให้เกิดความแห้งแล้งในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และออสเตรเลียตอนเหนือ การที่เกิดไฟไหม้ป่าอย่างรุนแรงในประเทศอินโดนีเซีย ก็เป็นเพราะปรากฏการณ์เอลนีโญนั่นเอง (ภาพที่ 10.14)

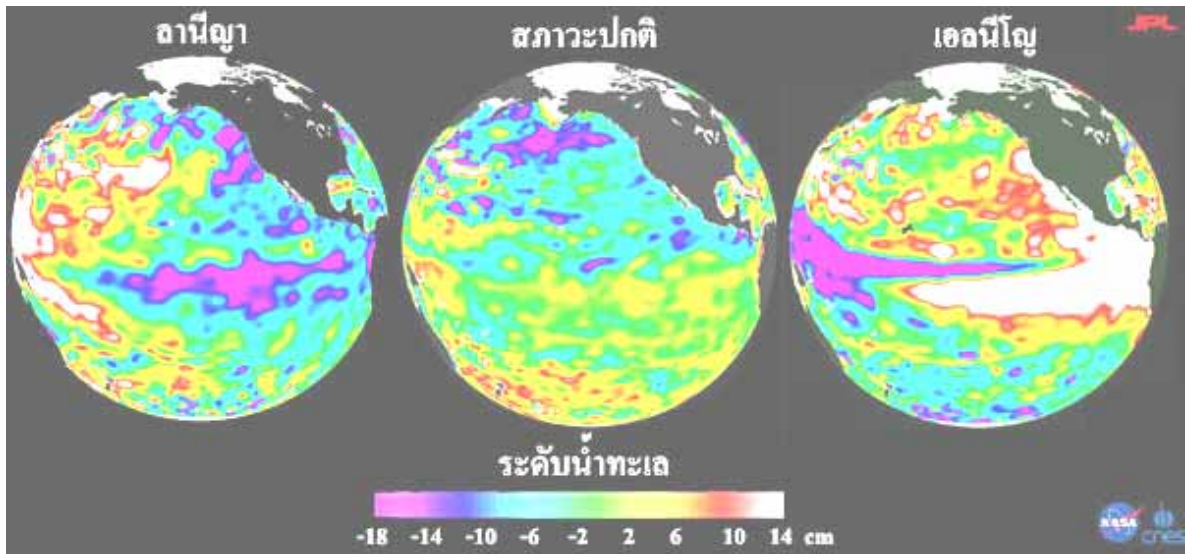


## ปรากฏการณ์ลานีญา

ลานีญา (La Niña) แปลว่า บุตรธิดา เป็นปรากฏการณ์ที่มีลักษณะตรงข้ามกับเอลนีโญ คือมีลักษณะคล้ายคลึงกับสภาวะปกติ แต่ทว่ารุนแรงกว่า กล่าวคือ กระแสลมสินค้าตะวันออกมีกำลังแรง ทำให้ระดับน้ำทะเลบริเวณทางซีกตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกสูงกว่าสภาวะปกติ ลมสินค้ายกตัวเหนือประเทศอินโดนีเซีย ทำให้เกิดฝนตกอย่างหนัก น้ำเย็นใต้มหาสมุทรยกตัวขึ้นแทนที่ กระแสน้ำอุ่นพื้นผิวมหาสมุทรแปซิฟิกทางซีกตะวันตก ก่อให้เกิดธาตุอาหาร ผุงปลาชุกชุมตามบริเวณชายฝั่งประเทศเปรู (ภาพที่ 10.15)



เราอาจกล่าวอย่างง่าย ๆ ว่า เอลนีโญทำให้เกิดฝนตกหนักในตอนเหนือของทวีปอเมริกาใต้ และเกิดความแห้งแล้งในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ในทางกลับกันลานีญาทำให้เกิดความแห้งแล้งทางตอนเหนือของทวีปอเมริกาใต้ และเกิดฝนตกหนักในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ทั้งเอลนีโญและลานีญาเกิดจากความผกผันของกระแสอากาศโลก บริเวณเส้นศูนย์สูตร เหนือมหาสมุทรแปซิฟิก ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ก็ยังไม่ทราบสาเหตุที่แน่ชัด ภาพถ่ายจากดาวเทียมโทเพกซ์/โพซิดอน (TOPEX/Poseidon) จาก NASA ในภาพที่ 10.16 แสดงให้เห็นความต่างระดับของน้ำทะเลบนพื้นผิวมหาสมุทรแปซิฟิก สีขาวแสดงระดับน้ำซึ่งสูงกว่าระดับน้ำทะเลปานกลาง 14 เซนติเมตร สีม่วงหรือสีเข้มแสดงระดับน้ำซึ่งต่ำกว่าระดับน้ำทะเลประมาณ -18 เซนติเมตร ขณะเกิดลานีญา - เอลนีโญ



ที่มา : [http://www.lesa.in.th/global/global\\_activities/elnino\\_ex.htm](http://www.lesa.in.th/global/global_activities/elnino_ex.htm)

ภาพที่ 10.16 ระดับน้ำพื้นผิวมหาสมุทรแปซิฟิก

**อุปกรณ์**

- ภาพการเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญา
- ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงระดับสูงของน้ำทะเล ขณะเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญา

**วิธีทำ**

1. แบ่งนักศึกษาออกเป็นกลุ่มๆ ละ 2 คน
2. ให้นักศึกษาสรุปความสัมพันธ์ระหว่างกระแสน้ำและระดับน้ำทะเล จากใบความรู้
3. สุ่มตัวอย่างนักศึกษา นำเสนอความคิดเห็นให้แก่เพื่อนในห้อง
4. คุณครูอธิบายถึงการเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญา ที่มีอิทธิพลต่อสภาพภูมิอากาศ

**จงอธิบายความสัมพันธ์ของกระแสน้ำและระดับน้ำทะเล**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## กิจกรรมที่ 10.4 ข้อเสนอแนะเพื่อแก้ปัญหาโลกร้อน

**ใบความรู้** ความวิตกเรื่องปัญหาโลกร้อนกระตุ้นให้นักวิทยาศาสตร์หลายคนคิดค้นหนทางแก้ไข

แบบสุดแหวกแนว อาทิ

1. การเทศารเจริตอล (Geritol) ลงสู่มหาสมุทร
2. การสร้างจากกันแดดนอกโลก
3. การทดลองพันสารแบบภูเขาไฟระเบิด
4. การสร้างเครื่องดักจับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

ถึงแม้นักวิจารณ์จะออกมาโต้เสียงดังว่าวิธีการเหล่านี้ "หลุดโลก" แต่ปรากฏว่าได้มีการทดลองใช้วิธีการดังกล่าวกันไปบ้างแล้ว

### 1. การเทศารเจริตอล (Geritol) ลงสู่มหาสมุทร

**สารเจริตอล** คือ สารเหล็กที่มีประสิทธิภาพในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของแพลงตอน เนื่องจากแพลงตอนต้องอาศัยสารดังกล่าวในการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะช่วยลดแก๊สเรือนกระจกและสร้างสาหร่ายทะเลที่ดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ด้วย ถึงแม้การทดลองใช้สารเหล็กเพื่อลดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จะประสบความสำเร็จมาแล้วหลายครั้งหลายหนในรอบทศวรรษที่ผ่านมา แต่นักอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมหลายคนก็ยังห่วงว่าหากมีการใช้สารเหล็กในปริมาณมาก ระบบนิเวศของมหาสมุทรอาจจะได้รับผลกระทบร้ายแรง เฉพาะแค่ช่วงต้นเดือนมีนาคมที่ผ่านมา บริษัท "แพลงโตส อิงค์" จากรัฐแคลิฟอร์เนีย ได้เทผงเหล็กรวม 50 ตันลงมหาสมุทรแปซิฟิกเพื่อกำจัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ

"ถ้าเราเทศารแบบนี้ลงไปมาก อุณหภูมิพื้นผิวมหาสมุทรกับใต้มหาสมุทรจะต้องต่างกันแน่ ๆ แล้วสัตว์ทะเลก็จะเดือดร้อน" นายทิม บาร์เน็ตต์ ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบนิเวศทางทะเลประจำสถาบันสมุทรศาสตร์สคริปป์ส แสดงความวิตก

อย่างไรก็ตาม แพลงโตส อิงค์ ยืนยันว่า สารเหล็กที่เทลงสู่ทะเลนั้นน้อยนิดเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำของห้วงมหาสมุทร จึงเป็นหลักประกันได้ว่าสารเหล็กจะไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในห้วงสมุทร

"ที่สำคัญ เราคาดว่าเหล็ก 1 ตันที่ลงสู่ห้วงสมุทรจะช่วยกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศไปได้ 1 แสนตันทีเดียว" เจ้าหน้าที่ของบริษัทกล่าวอย่างมั่นใจ

## ความคิดเห็นแนวทางการแก้ปัญหาโลกร้อนโดยการเทศารเจริตอล (Geritol) ลงสู่มหาสมุทร

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

### 2. การสร้างจากกันแดดนอกโลก

ขณะเดียวกัน องค์การนาซา ทุ่มเงินจำนวน 7.5 หมื่นดอลลาร์สหรัฐ (ราว 2.44 ล้านบาท) เพื่อเติมเต็มรายละเอียดเกี่ยวกับแนวคิดการสร้างจากกันแดดนอกโลก แนวคิดดังกล่าวมาจาก นายโรเจอร์ แองเจิล นักดาราศาสตร์ประจำมหาวิทยาลัยอริโซนา ที่เชื่อว่าหากสร้างแผ่นกันแดด กางกั้นระหว่างดวงอาทิตย์และโลกได้ ปัญหาโลกร้อนก็จะคลี่คลายไปได้

"ผมคิดว่าจากกันแดดดังกล่าวน่าจะลดความร้อนจากดวงอาทิตย์ไปได้ราวร้อยละ 2" นักดาราศาสตร์รายนี้ย้ำ

นายแองเจิล มั่นใจว่า แนวคิดนี้มีความเป็นไปได้เพราะโลกมีวิทยาการเพียงพอที่จะจัดทำ แผ่นกันแดดแล้วส่งแผ่นเหล่านี้ออกไปติดตั้งนอกโลกได้

หากต้องการสร้างจากกันแดดนอกโลก นายแองเจิล ประเมินไว้ว่า จะต้องสร้างแผ่น กันแดดขนาด 1 ยาร์ดต่อแผ่น จำนวนทั้งสิ้น 16 ล้านล้านแผ่น

"จรวดแต่ละลูกน่าจะบรรจุได้ 8 แสนแผ่น ซึ่งหมายความว่าเราน่าจะต้องยิงจรวดประมาณ 20 ล้านครั้ง" นักดาราศาสตร์รายเดิม อธิบาย

นายแองเจิลชี้ว่าโครงการนี้อาจจะต้องใช้งบประมาณราว 4 ล้านล้านดอลลาร์สหรัฐ (ราว 130 ล้านล้านบาท) และใช้เวลาดำเนินการอย่างน้อย 30 ปี

"อย่าไปคิดว่าโครงการนี้ใหญ่เกินกว่าจะทำได้เพราะการที่เราส่งคนออกไปดาวอังคารก็ใช้ งบประมาณประมาณนี้แหละ ถ้าเราตระหนักถึงอันตรายของภาวะโลกร้อนอย่างแท้จริง ผมเชื่อว่า โครงการสร้างจากกันแดดนอกโลกจะได้รับการยอมรับ" นายแองเจิล กล่าวปิดท้าย

ด้านศูนย์วิจัยชั้นบรรยากาศแห่งชาติอเมริกากำลังหันมาสนใจแนวคิดการสร้างจากกันแดด นอกโลกด้วยเหมือนกัน โดยมีแผนไว้ว่าจะเริ่มศึกษาแนวคิดดังกล่าวอย่างจริงจัง

### ความคิดเห็นแนวทางการแก้ปัญหาโลกร้อนโดยการสร้างฉากรั้วกันแดดนอกโลก

.....

.....

.....

.....

.....

### 3. การทดลองฟ่นสารแบบภูเขาไฟระเบิด

ก่อนหน้านี้ ทางศูนย์ได้ลองศึกษาการฟ่นผงซัลเฟตสู่ชั้นบรรยากาศด้านบนมาแล้วเพราะเคยเห็นว่าผงดังกล่าวจากเหตุภูเขาไฟพินาตุโอบระเบิดในฟิลิปปินส์เมื่อ 16 ปีก่อนช่วยให้อุณหภูมิโลกเย็นอยู่ได้นานถึง 1 ปีทีเดียวเนื่องจากผงซัลเฟตช่วยสะท้อนแสงแดดออกสู่นอกโลกไปบางส่วน

"เราสามารถใส่เครื่องฟ่น ปืนใหญ่หรือบอลลูกส่งเอาซัลเฟตขึ้นไปอยู่ในอากาศได้ เมื่อทำแล้ว โลกจะร้อนน้อยลงเพราะกันแสงอาทิตย์ไปได้บางส่วน แต่มลพิษในอากาศจะเพิ่มขึ้นไปเล็กน้อย ถ้าเราเลือกใช้วิธีนี้ เราก็ต้องชั่งใจว่าปัญหาโลกร้อนกับมลพิษทางอากาศนั้นอย่างไหนร้ายแรงกว่ากัน" นายทอม วิลลีย์ นักวิทยาศาสตร์ประจำศูนย์วิจัยชั้นบรรยากาศแห่งชาติอเมริกาให้ความเห็น

อย่างไรก็ตาม เพื่อนร่วมงานอย่าง "นายคาสปาร์ อัมมานน์" ค้านหัวชนฝาว่าแนวคิดนี้สมควรทิ้งไปได้เลยเพราะหากจะให้เกิดปฏิกิริยาสะท้อนแสงมากในระดับเดียวกับที่ภูเขาไฟพินาตุโอบทำได้ ผู้ลงมือปฏิบัติจะต้องฟ่นสารซัลเฟตมากหลายหมื่นตันขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศต่อเดือน

"ผมคิดว่าถ้าวิธีการยุ่งยากขนาดนี้ ผมว่าน่าจะไปหาทางแก้ปัญหาโลกร้อนที่ต้นเหตุจะดีกว่า" นายอัมมานน์ แสดงความคิดเห็น

### ความคิดเห็นแนวทางการแก้ปัญหาโลกร้อนโดยการทดลองฟ่นสารแบบภูเขาไฟระเบิด

.....

.....

.....

.....

.....



#### 4. การสร้างเครื่องดักจับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

อีกแนวคิดหลุดโลกกว่าด้วยการแก้ปัญหาโลกร้อน คือ การสร้างเครื่องดักจับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากมันสมองของนายเคลาส์ แล็กเนอร์ อาจารย์ประจำมหาวิทยาลัยโคโลัมเบีย

เกือบสิบปีที่แล้ว นายแล็กเนอร์คิดค้นเครื่องดักจับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นเพื่อช่วยลูกสาววัยเรียนทำสิ่งประดิษฐ์ไปจัดแสดงในนิทรรศการงานวิทยาศาสตร์ หลังจากโครงการของลูกสาวประสบความสำเร็จ นายแล็กเนอร์เลยเกิดแนวคิดที่เครื่องดังกล่าวอาจจะนำไปใช้แก้ปัญหาในระดับโลกได้

มหาเศรษฐีอย่างนายริชาร์ด แบรนสัน ก็เห็นด้วยว่าเครื่องดักจับคาร์บอนไดออกไซด์อาจจะเป็นทางออกในการแก้ปัญหา จึงยินดีมอบเงินรางวัลถึง 25 ล้านดอลลาร์สหรัฐ (ราว 814 ล้านบาท) ให้แก่การพัฒนาแนวคิดดังกล่าวเมื่อเดือนกุมภาพันธ์ที่ผ่านมา

นายแล็กเนอร์ มั่นใจว่าสิ่งประดิษฐ์นี้จะดักจับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ยอมรับว่าการหาทางกำจัดแก๊สดังกล่าวจะมีต้นทุนมากสักหน่อย แต่ไม่ว่านักคิดหัวใสจะพูดว่าอย่างไร นักวิจารณ์บางส่วนยังเห็นว่า การแก้ปัญหาทางธรรมชาติไม่ควรจะใช้วิธีการแบบสุดขั้วอย่างนี้

"ผมมองว่านี่เป็นการกระทำที่เกิดจากความสิ้นหวัง เกิดจากความเชื่อของคนบางคนว่าโลกไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้ด้วยตัวเอง" นายสตีเฟน ชไนเดอร์ อาจารย์จากมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด กล่าว

**ความคิดเห็นแนวทางการแก้ปัญหาโลกร้อนโดยการสร้างเครื่องดักจับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์**

.....  
.....  
.....  
.....

#### **สรุปความคิดเห็น**

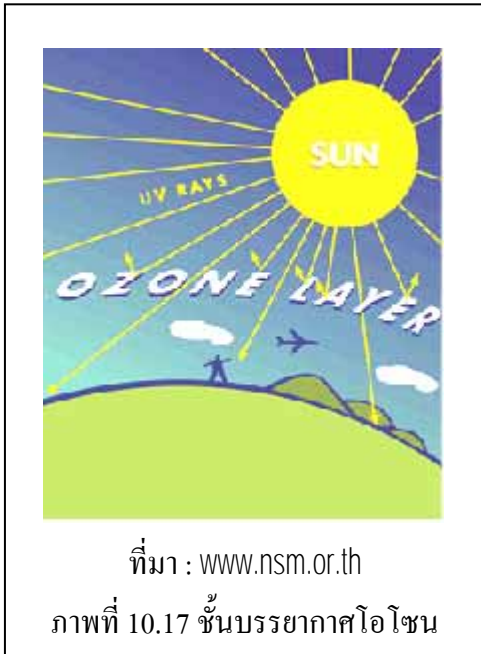
**จากทั้งหมด 4 วิธีข้อเสนอแนะแนวเพื่อแก้ปัญหาโลกร้อน นักศึกษาขอวิธีใดมากที่สุด**

**เพราะเหตุใด**

.....  
.....  
.....  
.....

## กิจกรรมที่ 10.5 โอโซน

### ใบความรู้การเกิดโอโซน



ในบรรยากาศมีแก๊สออกซิเจนประมาณ 21 % เริ่มมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อประมาณ 2 พันล้านปีก่อน เนื่องจากเซลล์โพรคาริโอตบางสายพันธุ์ ได้พัฒนาเป็นเซลล์ยูคาริโอต โดยการสร้างเนื้อเยื่อห่อหุ้มโครโมโซม และสร้างคลอโรพลาสต์เพื่อสังเคราะห์พลังงานจากแสงอาทิตย์เพื่อเปลี่ยนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศให้เป็นอาหาร และปล่อยแก๊สออกซิเจนออกมา เมื่อแก๊สออกซิเจน ( $O_2$ ) ลอยตัวสู่บรรยากาศชั้นบน มันจะควบกลืนรังสีอัลตราไวโอเล็ต และแตกตัวเป็นออกซิเจนอะตอมเดี่ยว (O) จากนั้นจะรวมตัวกับโมเลกุลของแก๊สออกซิเจนอีกครั้งเกิดเป็นแก๊สโอโซน ( $O_3$ ) เมื่อบรรยากาศของโลกมีแก๊สโอโซนห่อหุ้มแล้ว รังสี

อัลตราไวโอเล็ตไม่สามารถแผ่ลงมาถึงพื้นผิวได้ สิ่งมีชีวิตซึ่งเคยอาศัยอยู่ในท้องทะเลก็เริ่มอพยพขึ้นบก

ชั้นโอโซนอยู่ห่างจากผิวโลกประมาณ 20 ไมล์ โดยอยู่ในบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ ชั้นโอโซนจะช่วยป้องกันไม่ให้รังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์ส่องมาถึงโลกของเรา ดวงอาทิตย์ทำให้ชีวิตบนโลกดำรงอยู่ได้ ความอบอุ่นและพลังงานของดวงอาทิตย์ส่งผลต่อดิน น้ำ อากาศ และสิ่งมีชีวิตทุกอย่าง แต่ดวงอาทิตย์ทำให้เกิดรังสีที่เป็นอันตรายต่อชีวิตด้วย ชั้นโอโซนมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะทำหน้าที่เป็นเกราะคุ้มกัน ปกป้องพืชและสัตว์จากรังสีที่เป็นอันตรายของดวงอาทิตย์ ดังนั้นเมื่อใดที่โอโซนบางลงเราก็ได้รับการปกป้องน้อยลงด้วย เราเรียกรังสีที่เป็นอันตรายจากดวงอาทิตย์ว่า “อัลตราไวโอเล็ต” เป็นรังสีที่ไม่สามารถมองเห็นได้ หากมีปริมาณน้อยรังสีอัลตราไวโอเล็ต จะปลอดภัยและมีประโยชน์ โดยช่วยให้ร่างกายของเราได้รับวิตามินอี แต่รังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มากเกินไป เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลกระทบต่าง ๆ

## ผลเสียที่เกิดจากการทำลายชั้นโอโซน



1. ทำให้คนเป็นโรคหรือมีอาการผิดปกติ ทำให้เกิดอาการผิดปกติกับผิวหนังและดวงตา อาการของผิวหนังในระยะสั้น ได้แก่ ผิวไหม้เกรียม หากได้รับแสงแดดที่ร้อนแรงนาน 9 - 12 ชั่วโมง จะรู้สึกคัน อาจพองเป็นตุ่มเล็ก มีน้ำใส ปวดและผิวหนังอักเสบติดเชื้อ อาการในระยะยาวคือ สีผิวไม่สม่ำเสมอโดยจะมีลักษณะเป็นกระดำหรือกระขาว เมื่อผิวหนังถูกทำลายนานๆ จะหยาบกระด้าง เกิดรอยเหี่ยวย่นก่อนวัยอันสมควรและอาจเป็นเนื้องอกหรือมะเร็งผิวหนัง melanoma ซึ่งเกิดน้อยแต่อัตราการตายสูง

ผู้เสียชีวิตจากมะเร็งผิวหนังทั่วโลกมีประมาณ 10,000 คน คนผิวขาวเป็นได้ง่ายกว่าคนผิวสี และเกิดกับผู้ที่อาศัยอยู่ก่อนมาทางอิกเวเตอร์มากกว่าทั่วโลก เช่น ในรัฐเท็กซัส มีผู้เป็นมะเร็งผิวหนังปีละ 379 คน ต่อประชากร 100,000 คน ขณะที่รัฐโอไออามีเพียง 124 คนต่อประชากร 100,000 คนเท่านั้น สำหรับอาการผิดปกติที่เกิดกับตา ได้แก่ ตาพร่า และโรคต้อกระจก

2. ทำให้ผลผลิตทางการเกษตรลดลง จากการทดลอง พบว่า พืชหลายชนิด เช่น ข้าว ฝ้าย ถั่ว แดง โสม และกะหล่ำปลี มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง พืชโตช้า ผสมเกสรไม่ติดทำให้ผลผลิตลดลง

3. ทำลายระบบนิเวศแหล่งน้ำ โดยรังสี UV-B จะส่องทะลุน้ำและทำลายสาหร่ายเซลล์เดียวในทะเล ปลาที่กินสาหร่ายจะลดปริมาณ ลูกกุ้งเคยจะตายเพราะถูกรังสี ความอุดมสมบูรณ์ของทะเลรอบทวีปแอนตาร์กติกา ซึ่งโอโซนถูกทำลายจะลดลงโดยใน พ.ศ. 2535 พบว่า แพลงตอนพืชลดลงร้อยละ 6-12 ทำให้เกิดปัญหาสายใยอาหารของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ

4. ทำให้ทรัพย์สินเสื่อมเสียเร็วขึ้น ที่พบบ่อยได้แก่ ทำให้สีบ้านซีดจาง กระจกหน้าต่างเป็นสีเหลือง หลังคารถยนต์เป็นขุย และทำให้พลาสติกหรือวัสดุสังเคราะห์ เช่น ท่อพีวีซีแตกง่าย

5. ทำให้เกิดหมอกควันโอเลียรถยนต์ที่ทำปฏิกิริยากับแสงแดด และโอโซนในชั้นโทรโปสเฟียร์ จะทำให้เกิดหมอกควันบดบังทัศนวิสัยและทำให้พืชได้รับแสงแดดน้อยลง

**คลอโรฟลูโอโรคาร์บอน (Chlorofluorocarbons) หรือเรียกย่อว่า CFCs** คือแก๊สที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้นมาราว ค.ศ. 1920 เป็นสารประกอบที่มีคุณสมบัติพิเศษยอดเยี่ยม คือเป็นแก๊สเฉื่อย ไม่ทำปฏิกิริยากันสารอื่น ๆ ไม่ติดไฟ ไม่กัดกร่อนวัสดุ ไม่นำความร้อน ไม่ละลายน้ำ มนุษย์ได้นำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตโฟม ฉนวนกันความร้อนตามอาคาร โรงงาน สารทำความเย็นในตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ กระป๋องสเปรย์ น้ำยาดับเพลิง เป็นตัวทำละลายใช้ทำความสะอาดแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์

แก๊สนี้ไม่ได้เกิดขึ้นในอากาศตามธรรมชาติ CFCs คือมลพิษในอากาศที่เป็นเคมี แหล่งกำเนิดของสารคลอรีนมาจากสารกลุ่มซีเอฟซี (CFCs) ซึ่งเรียกโดยทั่วไปว่าฟรอนซึ่งเป็นสารที่ใช้เพื่อทำความเย็น เช่น ในตู้เย็น สารกลุ่มนี้จะคงตัวได้นาน เมื่อกระจายสู่บรรยากาศจะลอยตัวขึ้นสูง ไปในชั้นสตราโตสเฟียร์ทะลุผ่านชั้นโอโซน ขึ้นไปยังบริเวณที่รังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์ตกกระทบบ่อยอย่างหนาแน่น รังสีอัลตราไวโอเล็ตจะแตกตัว CFCs ให้อะตอมอิสระของคลอรีน (Cl) ตกลงสู่ชั้นโอโซนและทำปฏิกิริยากับโอโซนทันที ทำให้เกิดเป็นสารประกอบโมโนออกไซด์ชั้น (CIO) กระบวนการจะเกิดขึ้นต่อเนื่องเป็นลูกโซ่ นักวิทยาศาสตร์คาดว่าทุก ๆ อะตอมของคลอรีนจะทำลายโอโซนได้ถึง 100,000 โมเลกุล การทำลายโอโซนจะเกิดขึ้นหลังจาก CFCs ถูกปลดปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมขึ้นไปสู่ชั้นสตราโตสเฟียร์เป็นระยะเวลาจนถึง 15 ปี และคงอยู่ในชั้นบรรยากาศได้ประมาณ 40-150 ปี

การวัดโอโซนในบรรยากาศ เป็นการวัดปริมาณโอโซนในชั้นสตราโตสเฟียร์ โดยวัดความหนาแน่นที่พื้นผิวที่คอลัมน์ ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียสและที่ความกดอากาศ 1 บรรยากาศ หน่วยเป็น มิลลิ-บรรยากาศ-เซนติเมตร (milli-atmosphere-centimetre or m-atm-cm) หรือ หน่วยด็อบสัน (Dobson Unit : DU) โดยที่ 1 m-atm-cm = 1 DU โดยอนุมานว่า 1 DU คือความหนาของโอโซน ถ้าตัดโอโซนทั้งชั้น 20-30 กม.นั้นลงมาให้แบนเหมือนแผ่นกระดาษ ที่ STP แล้วได้ความหนา 10 ไมครอน (1 part per million metre : 1 ppm at STP)

ข้อมูลจากการสำรวจจากเครื่องบิน บอลลูนและดาวเทียมและข้อมูลจากนาซ่า และ National Oceanic Atmospheric Administration (NOAA) ในปลายปี ค.ศ. 1970 แสดงให้เห็นว่าบริเวณโอโซนในอวกาศมีปริมาณลดลงเรื่อยมา ในปี ค.ศ. 1986 นักวิทยาศาสตร์ได้ทำการสำรวจโอโซนในช่วงฤดูใบไม้ผลิซีกโลกใต้เหนือทวีปแอนตาร์กติกา (Antarctica) พบว่าปริมาณโอโซนลดลงเหลือเพียง 88 Dobson Unit (DU) เท่านั้น และพบว่ามีสารประกอบของคลอรีนโมโนออกไซด์ (CIO) ปริมาณสูงมาก สารกลุ่มนี้จะเป็นตัวทำลายชั้นโอโซน ปฏิกิริยานี้เรียกว่า **รูโอโซน** ซึ่งเป็นบริเวณที่มีปริมาณโอโซนในบรรยากาศต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดคือ 220 DU

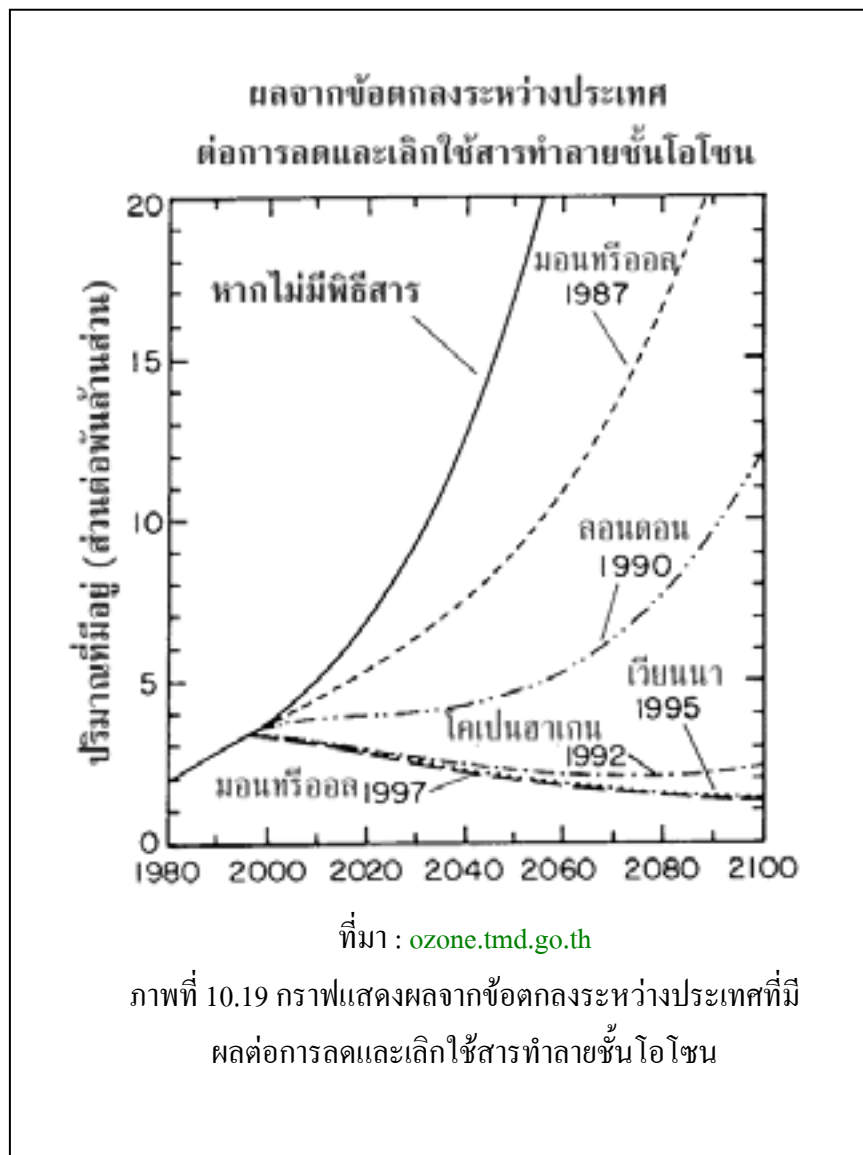
**ปัญหาที่เกิดกับโอโซนจากสารทำลายชั้นโอโซน มี 2 ประเด็น คือ**

1. สามารถฟื้นฟูโอโซนที่เสียไปได้หรือไม่
2. หาแนวทางป้องกันปัญหาที่จะเกิดในอนาคตได้หรือไม่

เนื่องจากโอโซนเกิดปฏิกิริยากับสารอื่นได้ง่าย จึงไม่เสถียรพอที่จะสร้างขึ้นและส่งกลับเข้าสู่บรรยากาศ การฟื้นฟูจึงทำได้เพียงการมีมาตรการและวิธีการที่สนับสนุนด้านการลดการใช้สารทำลายชั้นโอโซนที่เกิดจากสาร CFCs ซึ่งก็คือ การมีข้อกำหนดในพิธีสารมอนทรีออล

**พิธีสารมอนทรีออลว่าด้วยสารทำลายชั้นบรรยากาศโอโซน (Montreal Protocol on Substances That Deplete the Ozone Layer)** คือสนธิสัญญาสากลที่ถูกกำหนดขึ้นเพื่อควบคุม

ยับยั้ง และรณรงค์ให้ลดการผลิตและการใช้สารทำลายชั้นบรรยากาศโอโซน เพื่อรักษาระดับชั้นบรรยากาศโอโซนที่เริ่มจะสูญสลายไปเนื่องจากสารเหล่านี้ โดยพิธีสารได้เปิดให้ประเทศต่าง ๆ ลงนามเป็นประเทศภาคีสมาชิกในวันที่ 16 กันยายน พ.ศ. 2530 และเริ่มการบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2532 เป็นต้นมา ตั้งแต่นั้นมาได้มีการแก้ไขปรับปรุงพิธีสาร 5 ครั้งด้วยกัน ครั้งที่ 1 ณ กรุงลอนดอน สหราชอาณาจักร เมื่อ พ.ศ. 2533 ครั้งที่ 2 ณ กรุงโคเปนเฮเกน ประเทศเดนมาร์ก เมื่อ พ.ศ. 2535 ครั้งที่ 3 ณ กรุงเวียนนา สาธารณรัฐออสเตรีย เมื่อ พ.ศ. 2538 ครั้งที่ 4 ณ เมืองมอนทรีออล ประเทศแคนาดา เมื่อ พ.ศ. 2540 และครั้งที่ 5 ณ กรุงปักกิ่ง สาธารณรัฐประชาชนจีน เมื่อ พ.ศ. 2542 เนื่องจากการนำไปใช้อย่างกว้างขวางและเสียงสนับสนุนและชื่นชมจากนานาประเทศและหลาย ๆ องค์กรทำให้พิธีสารมอนทรีออลถูกยกย่องให้เป็นตัวอย่างของการร่วมมือกันระหว่างประเทศในการแก้ไขปัญหาในระดับนานาชาติ



## ข้อสัญญาและจุดประสงค์

สนธิสัญญานี้มุ่งไปที่การจำกัดการใช้กลุ่มสารประกอบประเภทไฮโดรคาร์บอน-ฮาโลเจน ซึ่งพบว่ามีส่วนสำคัญในการทำลายชั้นบรรยากาศโอโซน โดยสารทำลายชั้นโอโซนทั้งหมดนี้มีส่วนผสมของคลอรีนหรือโบรมีนประกอบอยู่ด้วย (ในขณะที่สารที่ประกอบด้วยฟลูออรีนเท่านั้นจะไม่ทำลายชั้นโอโซน) สนธิสัญญาได้จำแนกสารทำลายชั้นโอโซนออกเป็นกลุ่ม ๆ โดยแบ่งเป็นตารางเวลาที่ระบุถึงจำนวนปีที่มีการผลิตสารเหล่านี้จะต้องยุติลงและหมดสิ้นลงไปในที่สุด จุดประสงค์ของสนธิสัญญานี้ได้ถูกระบุไว้ในข้อสัญญาพิธีสาร โดยบรรดาประเทศที่ลงนามในพิธีสารได้แถลงว่า

...ผู้ลงนามในสัญญาทราบดีว่าการแพร่กระจายของสารประกอบหนึ่ง ๆ (สารทำลายชั้นบรรยากาศโอโซน) ทั่วโลก ได้ทำให้ชั้นโอโซนหมดไปหรือเปลี่ยนแปลงไปอย่างมากในระดับที่สามารถส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมวลมนุษยชาติและสิ่งแวดล้อมได้ ผู้ลงนามในสัญญาจึงตกลงที่จะปกป้องชั้นบรรยากาศโอโซน โดยการวางมาตรการล่วงหน้าเพื่อควบคุมการแพร่กระจายของสารประกอบที่ทำลายชั้นโอโซนทั่วโลกให้เท่ากับปริมาณโอโซนที่หมดไป พร้อมด้วยจุดมุ่งหมายสูงสุดในการกำจัดสารเหล่านี้ ซึ่งจะเป็นไปตามพัฒนาการในด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่กำลังก้าวไปข้างหน้า และผู้ลงนามในสัญญาก็รับรู้ด้วยว่าข้อกำหนดพิเศษจะต้องถูกร่างขึ้นเพื่อให้ตรงกับความเป็นของประเทศที่กำลังพัฒนา...

บรรดาประเทศที่ลงนามในสัญญาฯ ยินยอมที่จะดำเนินการจำกัดการผลิตและการใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีสารคลอโรฟลูโอโรคาร์บอน (CFCs) ประกอบอยู่ด้วยรวมไปถึงภายใน พ.ศ. 2534-2535 : ควบคุมระดับการใช้และการผลิตสารที่อยู่ในประเภทที่ 1 ของ Annex A ไม่ให้เกิน 150% ของระดับการใช้และการผลิตสารดังกล่าวในปี พ.ศ. 2529 ภายใน พ.ศ. 2537 : ควบคุมระดับการใช้และการผลิตสารที่อยู่ในประเภทที่ 1 ของ Annex A ไม่ให้เกิน 25% ของระดับการใช้และการผลิตสารดังกล่าวในปี พ.ศ. 2529 ภายใน พ.ศ. 2539 : ยุติการใช้และการผลิตสารที่อยู่ในประเภทที่ 1 ของ Annex A ส่วนในสารชนิดอื่น ๆ ที่ไม่ได้อยู่ในกลุ่มสารประเภทที่ 1 ของ Annex A (เช่น สารฮาโลน 1211, 1301, 2402; สาร CFC 13, 111, 112 ฯลฯ) และสารเคมีบางชนิดที่ต้องการมาตรการเฉพาะในการจำกัดการใช้และการผลิต (เช่น คาร์บอนเตตระคลอไรด์) นั้นจะถึงกำหนดยุติการใช้และผลิตช้ากว่ากลุ่มสารข้างต้น โดยคาดว่าจะสามารถยุติการใช้ได้ภายใน พ.ศ. 2553 ในขณะที่การยุติการใช้สาร HCFC ที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมน้อยกว่าเพิ่งเริ่มขึ้นเมื่อ พ.ศ. 2539 โดยคาดว่าจะสามารถหยุดการใช้และการผลิตสารนี้ได้อย่างสมบูรณ์ภายใน พ.ศ. 2573

มีข้อยกเว้นให้กับการใช้สารเหล่านี้ในกรณีที่เป็น "การใช้ที่สำคัญยิ่งยวด" และยังไม่สามารถหาตัวทดแทนได้ เช่นยาแบบพ่นเพื่อรักษาอาการหอบหืดและความผิดปกติอื่น ๆ ของระบบทางเดินหายใจ เป็นต้น สารประกอบที่อยู่ในกลุ่มสารประเภทที่ 1 ของ Annex A ได้แก่

1.  $\text{CFCl}_3$  (CFC-11)
2.  $\text{CF}_2\text{Cl}_2$  (CFC-12)
3.  $\text{C}_2\text{F}_3\text{Cl}_3$  (CFC-113)
4.  $\text{C}_2\text{F}_4\text{Cl}_2$  (CFC-114)
5.  $\text{C}_2\text{F}_5\text{Cl}$  (CFC-115)

#### การเฝ้าสังเกต

หลังจากการยอมรับอนุสัญญาเวียนนาเพียง 2 เดือน ได้มีการตีพิมพ์ความรายงานการสำรวจทวีปแอนตาร์กติกของคณะสำรวจชาวอังกฤษที่มี ดร. โจ ฟาร์แมน เป็นหัวหน้าคณะในรายงานได้เปิดเผยถึงปริมาณโอโซนที่ลดลงอย่างน่าวิตกในฤดูใบไม้ผลิ จนเกิดลักษณะที่เรียกว่า "หลุมโอโซน" (Ozone Hole) ขึ้นเหนือทวีปแอนตาร์กติก ซึ่งลักษณะการเกิดหลุมโอโซนดังกล่าวนี้ ได้ถูกตรวจพบ โดยดาวเทียมสำรวจของประเทศสหรัฐอเมริกา ตั้งแต่ปลายปี พ.ศ. 2523 แต่มิได้มีการนำข้อมูลมาพิจารณาเนื่องจากความเข้าใจผิดว่า ข้อมูลที่พบโดยบังเอิญนั้นเกิดจากความผิดพลาดของเครื่องมือและอุปกรณ์ แม้ในขณะนั้นสาเหตุของการเกิดหลุมโอโซนยังไม่เป็นที่แน่ชัด แต่ก็ได้มีการตั้งข้อสงสัยว่าสาร CFCs อาจเป็นต้นเหตุของการเกิดหลุมโอโซน

#### ทำไมรูรั่วโอโซนเกิดขึ้นเหนือทวีปแอนตาร์กติกในซีกโลกใต้มากกว่าซีกโลกเหนือ

บริเวณซีกโลกใต้ ส่วนใหญ่เป็นมหาสมุทร ในฤดูหนาวมีอากาศหนาวมากอุณหภูมิต่ำถึง -112 องศาฟาเรนไฮต์ ทำให้เกิดเมฆในชั้นสตราโตสเฟียร์ (polar stratospheric clouds) เมฆนี้จะทำให้สารประกอบคลอรีนและโบรมีนอยู่ในรูปที่ไม่ทำลายชั้นโอโซน เมื่อเปลี่ยนฤดู ไปเป็นฤดูใบไม้ผลิอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปนี้ทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีที่เปลี่ยนรูปคลอรีนให้อยู่ในรูปที่ทำลายโอโซนได้คือ สารประกอบกลุ่มคลอรีนโมโนออกไซด์ (ClO) และโบรมีนโมโนออกไซด์ (BrO) เพิ่มขึ้นสูง ปฏิกิริยานี้ก็เกิดที่ขั้วโลกเหนือด้วย แต่อุณหภูมิจะเย็นน้อยกว่าและเกิดเมฆน้อยกว่าจึงเกิดสารประกอบที่ทำลายชั้นโอโซนน้อยกว่านั่นเอง

#### กิจกรรมที่ 10.5

เรื่อง การสังเกตรูโอโซน

จุดประสงค์ เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงขนาดรูโอโซน

#### ใบความรู้

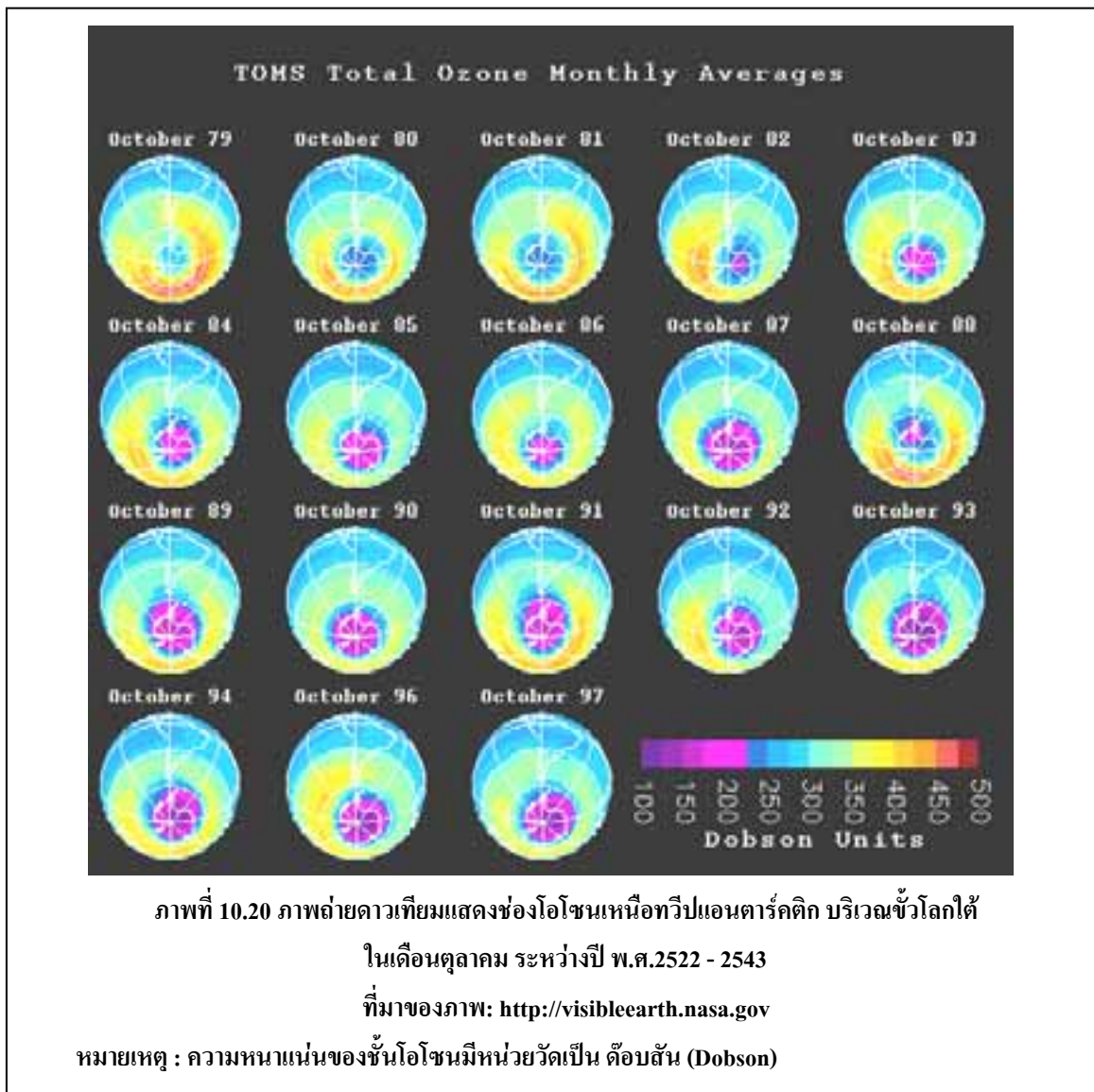
แก๊สโอโซนในบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ ทำหน้าที่ดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเล็ตซึ่งเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตไม่ให้เกิดกระทบถึงพื้นผิวโลก ในปี พ.ศ.2525 นักวิทยาศาสตร์ได้ตรวจพบรูโหว่ขนาดใหญ่ของชั้นโอโซน เหนือทวีปแอนตาร์กติกขั้วโลกใต้ ซึ่งเกิดจากกระแสลมพัดคลอรีนจากสาร CFCs เข้ามาสะสมในก้อนเมฆในชั้นสตราโตสเฟียร์ ในช่วงฤดูหนาวเดือนพฤษภาคม – กันยายน (ขั้วโลกเหนือไม่มีเมฆในชั้นสตราโตสเฟียร์ เนื่องจากอุณหภูมิไม่ต่ำพอที่จะทำให้เกิดการ

ความหนาแน่นของโอโซนในอากาศ) เมื่อถึงเดือนตุลาคมแสงอาทิตย์กระทบเข้ากับก้อนเมฆปลดปล่อย คลอรีนอะตอมอิสระให้ทำปฏิกิริยากับโอโซนทำให้เกิดรูโหว่

วัสดุและอุปกรณ์ ภาพถ่ายดาวเทียมรูโอโซน

### วิธีทำ

1. แบ่งนักศึกษาออกเป็นกลุ่มๆ ละ 4 – 5 คน
2. นักศึกษาแต่ละกลุ่ม ร่วมกันพิจารณาและแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับภาพรูโอโซน
3. นักศึกษาแต่ละกลุ่ม อภิปรายถึงแนวโน้มการลดลงของโอโซน บันทึกผลการทำกิจกรรม
4. สุ่มตัวอย่างนักศึกษานำเสนอความคิดเห็นให้แก่เพื่อนในห้อง
5. คุณครูอธิบายถึง ประโยชน์ของแก๊สโอโซนในบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ และการทำลายโอโซนด้วยสาร CFCs





**ผลการทำกิจกรรม**

1. นักเรียนแต่ละกลุ่ม ร่วมกันพิจารณา แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับภาพรูโอโซน และอภิปรายถึงสาเหตุและแนวโน้มการลดลงของโอโซน ตลอดจนแนวทางแก้ไข

.....  
.....

2. ภาพถ่ายดาวเทียมแสดงช่องโหว่โอโซนเหนือทวีปแอนตาร์กติกา บริเวณขั้วโลกใต้ในเดือนตุลาคมระหว่างปี พ.ศ.2522 – 2543 แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

.....  
.....

3. นักศึกษาคิดว่าในอนาคตช่องโหว่โอโซนจะเป็นอย่างไร หากเรายังคงใช้สาร CFCs มากขึ้น และจะเกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตอย่างไรบ้าง

.....  
.....

4. นักศึกษาจะมีวิธีการลดการเกิดช่องโหว่โอโซนได้อย่างไร

.....  
.....

**สรุปผลการทำกิจกรรม**

.....  
.....

.....  
.....

.....  
.....

.....  
.....

## กิจกรรมที่ 10.6 ผลกระทบฝนกรด

### ใบความรู้

**ฝนกรด (acid rain)** เป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติอันเกิดเนื่องมาจากมลภาวะทางอากาศ กระบวนการที่ก่อให้เกิดฝนกรดนั้น เริ่มต้นจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลต่าง ๆ การเผาไหม้ คือ ปฏิกิริยาเคมีที่ออกซิเจน (oxygen :  $O_2$ ) ในอากาศรวมตัวกับคาร์บอน (carbon : C), ไนโตรเจน (nitrogen : N), ซัลเฟอร์ (sulfur : S) และสารอื่น ๆ ที่ประกอบอยู่ในสารที่เกิดการเผาไหม้ โดยผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นแก๊สนั้นเราเรียกว่าแก๊สออกไซด์ โดยเมื่อใดก็ตามสิ่งที่ถูกเผาไหม้นั้น มีไนโตรเจนหรือซัลเฟอร์เป็นส่วนประกอบด้วยแล้ว ก็จะเป็นผลทำให้สารออกไซด์เหล่านี้ก่อกำเนิด ขึ้นมาได้ แก๊สทั้งสองชนิดนี้จะทำปฏิกิริยากับน้ำ (water :  $H_2O$ ) และสารเคมีอื่น ๆ ในชั้นบรรยากาศ เพื่อก่อให้เกิด กรดซัลฟิวริก (sulfuric acid :  $H_2SO_4$ ) กรดไนตริก (nitric acid :  $HNO_3$ ) และสาร มลพิษอื่น ๆ แก๊สเหล่านี้มักจะทำปฏิกิริยากับสารเคมีจะส่งผลทำให้อากาศอบอ้าวอากาศร้อนขึ้น ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ เมื่อไปโดนกับออกซิเจนอาจถูกกระแสนลมพัดพาไปหลายร้อยกิโลเมตร และมักจะกลับสู่พื้นโลกโดยฝน หิมะ หมอก หรือแม้แต่ในรูปฝุ่นผงละออง ความเสียหายอันเกิดมา จากฝนกรดได้แพร่ขยายไปทั่วอเมริกาเหนือ ยุโรป ญี่ปุ่น จีน และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

- ในประเทศอเมริกา 70% ของซัลเฟอร์ไดออกไซด์เกิดมาจากโรงงานไฟฟ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งแหล่งที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง

- ในแคนาดา อุตสาหกรรมบางอย่าง เช่นการกลั่นน้ำมัน การหลอมโลหะ ก่อสารซัลเฟอร์ ไดออกไซด์ในบรรยากาศสูงถึง 61% ส่วนไนโตรเจนออกไซด์นั้น เกิดได้จากมากมายหลายแหล่ง เนื่องจากสารอินทรีย์หลาย ๆ ชนิดมักจะมีไนโตรเจนประกอบอยู่ โดยควันพิษจากรถยนต์นั้นกิน ส่วนแบ่งเยอะที่สุด อย่างไรก็ตามแหล่งการเกิดไนโตรเจนออกไซด์ที่สำคัญอีกแหล่งก็คือ การเผาศพ

### ผลกระทบจากฝนกรด (sulfuric acid : $H_2SO_4$ )

ฝนกรดจะทำปฏิกิริยาเคมีกับวัตถุใด ๆ ที่มันสัมผัส กรดคือสารเคมีใด ๆ ที่ทำปฏิกิริยากับ สารอื่น ๆ โดยจะจ่ายอะตอมไฮโดรเจน (hydrogen : H) ออกไป ความเป็นกรดของสารใด ๆ เกิดจาก การที่มีอะตอมไฮโดรเจนอิสระมากมายเกิดขึ้นจากการละลายสารนั้น ๆ ในน้ำ การวัดค่าสารที่เป็น กรดเราใช้มาตรา pH เป็นหน่วยในการวัด โดยจะมีค่าเป็นไปได้ตั้งแต่ 0 ถึง 14 การที่สารใด ๆ นั้นจะ เป็นกรดได้ นั้นหมายถึงสารนั้น ๆ จะต้องมียค่า pH ตั้งแต่ 1 ถึง 6 โดยค่ายิ่งน้อยเท่าไร หมายถึงยิ่งเป็น กรดแก่มากขึ้น ในทางกลับกัน สารที่มีค่า pH ตั้งแต่ 8 ถึง 14 เราจะเรียกว่าเบส (bases หรือ alkalis) โดยสารเหล่านี้จะทำการรับอะตอมไฮโดรเจนแทน น้ำบริสุทธิ์มีค่า pH เป็น 7 กล่าวคือไม่ได้ เป็นกรด และเป็นเบส เราเรียกสารแบบนี้ว่า สารที่เป็นกลาง โดยทั่วไปแล้วถ้าฝน หิมะ หรือหมอกที่ มีค่า pH น้อยกว่า 5.6 เราจะถือว่าฝน หิมะ หรือหมอกเหล่านี้เป็นพิษ เมื่อใดก็ตามที่กรดรวมตัวกับ

เบส เบสจะทำให้ความเป็นกรดลดน้อยลงลงมาได้ ซึ่งฝนในบรรยากาศปกติจะมีฤทธิ์เป็นกรดอ่อน ๆ อยู่แล้ว มักจะทำปฏิกิริยากับเบสอื่น ๆ ในธรรมชาติทำให้เกิดสมดุลขึ้น แต่เมื่อใดก็ตามที่ปริมาณกรดในบรรยากาศเพิ่มขึ้น จึงทำให้สมดุลตรงนี้เสียหายไป จึงทำให้เกิดความเสียหายต่าง ๆ กับสภาพแวดล้อมมากมาย ตั้งแต่ดิน น้ำ สัตว์ต่าง ๆ รวมไปถึงสิ่งก่อสร้างของมนุษย์เอง

### ผลกระทบที่มีต่อดิน

ฝนกรดจะทำการละลายและพัดพาปุ๋ยและสารอาหารที่จำเป็นในการเจริญเติบโตของต้นไม้ไป นอกจากนี้แล้วอาจจะยังละลายสารพิษอื่น ๆ ที่มีอยู่ทั่วไปในดิน เช่นอะลูมิเนียม (aluminum : Al) และปรอท (mercury : Hg) โดยพัดพาสารเหล่านี้ลงไปในแหล่งน้ำ ก่อให้เกิดอันตรายกับระบบนิเวศในน้ำต่อไป

### ผลกระทบที่มีต่อต้นไม้



ที่มา : [http://student.sut.ac.th/anurukclub/ledge\\_detail.php?id=10](http://student.sut.ac.th/anurukclub/ledge_detail.php?id=10).

ภาพที่ 10.21 ผลกระทบฝนกรดที่มีต่อต้นไม้

นอกจากต้นไม้จะได้รับผลกระทบจากการที่สารอาหารในดินถูกชะล้างไปแล้ว ฝนกรดเหล่านี้ยังเป็นอันตรายต่อไปของพืชด้วย โดยการกัดกร่อนใบ ทำให้เกิดรูโหว่ ทำให้พืชขาดความสามารถในการผลิตอาหารจากการสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthesis) นอกจากนี้แล้วเชื้อโรคต่าง ๆ อาจทำอันตรายกับพืชได้โดยเข้าผ่านทางแผลที่ใบ ทำให้ต้นไม้อ่อนแอต่อสภาวะอื่น ๆ อีกมากมาย ไม่ว่าจะเป็นความร้อน ความเย็น หรือความแห้งแล้ง

### ผลกระทบต่อเกษตรกร

สำหรับปัญหาเกี่ยวกับพืชผลทางการเกษตรถือได้ว่าน้อยกว่าที่พืชในป่าทั่วไปได้รับ เพราะโดยทั่วไปปุ๋ยที่ใช้ในการเกษตรมีความสามารถในการรองรับกรดได้มากกว่าปกติเล็กน้อยอยู่แล้ว อย่างไรก็ตามเกษตรกรควรตรวจสอบสภาพของดินอย่างสม่ำเสมอ หากบางพื้นที่ประสบปัญหาสภาพดินเป็นกรด สามารถเติมปูนขาวลงไปดินเพื่อให้เกิดสมดุลได้ โดยไม่มีผลข้างเคียงใด ๆ

### ผลกระทบต่อแหล่งน้ำ



ที่มา : [www.baanjommyut.com](http://www.baanjommyut.com)

ภาพที่ 10.22 ผลกระทบฝนกรดที่มีต่อแหล่งน้ำ

เมื่อฝนกรดตกลงมาและถูกดูดซึมลงสู่แหล่งน้ำต่าง ๆ ได้โดยง่าย น้ำบริสุทธิ์ในธรรมชาติทั่วไป มักเป็นกรดอ่อน ๆ หรือเบสอ่อน ๆ โดยค่า pH จะอยู่ที่ประมาณ 6 – 8 อย่างไรก็ตามฝนกรดอาจทำให้ค่า pH ในแหล่งน้ำบางแหล่งลดลงต่ำกว่านั้น ก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำนั้น ๆ รวมไปถึงความสามารถในการละลายออกซิเจนในน้ำที่ลดน้อยลง เมื่อน้ำไม่สามารถละลายออกซิเจนไว้ได้ สิ่งมีชีวิตใต้น้ำก็ไม่สามารถหายใจได้ตามปกติ จึงต้องล้มตายไป ก่อให้เกิดผลกระทบโดยตรงกับระบบนิเวศ โดยสิ่งมีชีวิตทั่วไปจะเริ่มล้มตายเมื่อค่า pH เริ่มลดลงต่ำกว่า 6.0 ไข่ปลาจะไม่สามารถฟักออกเป็นตัวได้เมื่อค่า pH ลดลงถึง 5.0 และเมื่อใดก็ตามที่ค่า pH ของน้ำลดลงต่ำกว่า 4.5 แหล่งน้ำนั้นจะไม่สามารถค้ำจุนสิ่งมีชีวิตใด ๆ ได้อีก สัตว์บกเองก็เชื่อว่าจะไม่ได้รับผลกระทบจากแหล่งน้ำที่เป็นกรด หอยทากที่อาศัยอยู่ใกล้แหล่งน้ำที่เป็นกรดจะเกิดปัญหากับเปลือกหอย ทำให้เปลือกไม่แข็งแรงและเมื่อนกกินหอยทากเหล่านี้เข้าไปส่งผลให้นกขาดสารแคลเซียมก่อให้เกิดปัญหาเปลือกไข่บางในนกบางชนิดอีกด้วย

## ผลกระทบต่อสิ่งปลูกสร้างของมนุษย์



ที่มา : th.wikipedia.org และ [http://student.sut.ac.th/anurukclub/ledge\\_detail.php?id=10](http://student.sut.ac.th/anurukclub/ledge_detail.php?id=10).

ภาพที่ 10.23 ผลกระทบฝนกรดที่มีต่อสิ่งปลูกสร้างของมนุษย์

ฝนกรดอาจทำความเสียหายอย่างรุนแรงกับสิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ ของมนุษย์ โดยสิ่งที่เห็นได้ชัดที่สุดคือปูนที่ถูกฝนกรดละลายออกมา ทำให้เกิดความเสียหายที่ยากจะซ่อมแซมได้ ในบางกรณีซึ่งสิ่งนี้กำลังเป็นปัญหาใหญ่ในการปกป้องสิ่งปลูกสร้างเก่า ๆ และสถานที่สำคัญของประวัติศาสตร์ของมนุษยชาติ ภาพความเสียหายจากฝนกรดที่ปราสาทลินคอล์นในอังกฤษ ทำให้เกิดก้อนปูนปูนขึ้นมาจากเนื้อหิน วิหารพาร์เธนอน (Parthenon)

## ผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์

แหล่งน้ำที่เป็นกรดไม่ก่อให้เกิดปัญหากับมนุษย์เท่าไรนัก ไม่มีปัญหาอะไรถ้าเราจะว่ายน้ำในทะเลสาบที่เป็นกรด แต่อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่สำคัญไม่ได้อยู่ที่ความเป็นกรดของน้ำ หากแต่เป็นเพราะสารพิษที่ละลายมาจากดินลงสู่แหล่งน้ำต่างหาก ในสวีเดน มีทะเลสาบมากกว่าหนึ่งหมื่นแห่งที่ได้รับผลกระทบจากฝนกรด ทำให้มีสารปรอทละลายอยู่เป็นจำนวนมาก ประชาชนบริเวณแถบนั้นได้รับการเตือนโดยทางการไม่ให้รับประทานปลาที่จับมาจากแหล่งน้ำเหล่านั้น สำหรับในอากาศกรดเหล่านี้อาจรวมตัวกับสารเคมีอื่น ๆ ก่อให้เกิดหมอกควันพิษ (smog) ที่เป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจและทำให้หายใจได้ลำบาก โดยเฉพาะกับคนที่มีโรคหอบหืด หรือโรคทางเดินหายใจอื่น ๆ อยู่แล้ว อาการอาจกำเริบรุนแรงจนถึงแก่ชีวิตได้

## ฝนกรด และสภาวะโลกร้อน

เป็นที่น่าแปลกใจที่ฝนกรดกลับมีประโยชน์ให้กับสิ่งแวดล้อมในจุดนี้ สารซัลเฟตที่ละลายอยู่ในบรรยากาศสามารถที่จะสะท้อนแสงอาทิตย์ออกไปจากโลกได้ ทำให้ความร้อนของโลกนั้น

เพิ่มขึ้นข้าง นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่ามลภาวะฝนกรดสามารถช่วยชะลอจุดวิกฤตของสภาวะโลกร้อนออกไปได้หลายสิบปีเลยทีเดียว

### การแก้ไขและป้องกันปัญหาฝนกรด

การลดปัญหาฝนกรดสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดโดยวิธีการ

1. ลดปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์และไนโตรเจนออกไซด์ ที่จะเข้าสู่บรรยากาศจากโรงงานไฟฟ้า ยานพาหนะ และโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป วิธีที่ง่ายที่สุดคือการลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลโดยการประหยัดพลังงาน ไม่ว่าจะเป็นใครก็สามารถช่วยโลกด้วยวิธีนี้ได้ การใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพ ประหยัดพลังงาน การใช้ระบบขนส่งมวลชน

2. การคัดเลือกเชื้อเพลิงที่จะนำมาใช้ ถ่านหินจากแหล่ง ๆ หนึ่ง อาจมีปริมาณซัลเฟอร์และไนโตรเจนน้อยกว่าอีกแหล่ง ๆ หนึ่งอย่างเห็นได้ชัด และถ่านหินบางแหล่งอาจสามารถล้างกำจัดสารซัลเฟอร์และไนโตรเจนออกไซด์ก่อนได้อย่างง่ายดาย ด้วยการใส่เชื้อเพลิงที่ปลอดสารซัลเฟอร์และไนโตรเจนแล้ว ก็จะสามารถลดปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์และไนโตรเจนออกไซด์ได้เป็นปริมาณมาก

3. การใช้น้ำมันดีเซลหรือเบนซินในยานพาหนะทั่วไปก็ผลิตแก๊สไนโตรเจนออกไซด์น้อยกว่าเชื้อเพลิงอื่น ๆ อีกด้วย สำหรับเชื้อเพลิงที่น่าจับตามองในการป้องกันปัญหาฝนกรดมากที่สุดเห็นจะเป็นแก๊สธรรมชาติ เนื่องจากแก๊สธรรมชาติปลอดจากซัลเฟอร์และมีไนโตรเจนอยู่เพียงเล็กน้อย อย่างไรก็ตามจุดอ่อนของแก๊สธรรมชาติ คือความที่มีราคาค่อนข้างแพง มีปริมาณน้อยกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่น ๆ จึงเป็นปัญหาสำหรับประเทศที่มีปัญหาทางเศรษฐกิจในการเลือกใช้เชื้อเพลิงที่ช่วยรักษาโลกชนิดนี้

4. มลภาวะยังสามารถลดได้ในระหว่างที่กำลังมีการเผาไหม้ เตาเผาไหม้ ๆ สามารถลดปริมาณแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ได้ โดยการทำให้ไนโตรเจนเหล่านั้นจับตัวเป็นไนโตรเจนอิสระซึ่งไม่มีอันตรายใด ๆ นอกจากนี้การใส่ปูนขาวหรือหินทรายลงไปในช่วงการเผาเพื่อช่วยในการจับซัลเฟอร์บางส่วนที่เกิดขึ้นจากการเผาให้ลดน้อยลงไปได้

แต่เมื่อใดที่แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์และไนโตรเจนออกไซด์ที่ถือกำเนิดขึ้นแล้ว วิธีการแก้ไขคือการป้องกันสารทั้งสองออกจากการเข้าสู่บรรยากาศ ในปล่องควันจะมีอุปกรณ์อย่างหนึ่งเป็นเครื่องฟอกอากาศโดยใช้ละอองน้ำ (scrubbers spray) โดยให้แก๊สเหล่านี้ผ่านละอองน้ำและละอองหินปูนเพื่อละลายสารพิษออกมา แล้วกักเก็บไว้บำบัดต่อไป นอกจากนี้แล้ว เรายังสามารถเปลี่ยนแก๊สที่มีพิษเหล่านี้ให้เป็นแก๊สอื่น ๆ ที่มีพิษน้อยกว่าได้ โดยผ่านสารไปในกลุ่มของเม็ดโลหะพิเศษ ที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนสารพิษให้เป็นสารที่ปลอดภัยขึ้น (catalytic converters) โดยอุปกรณ์นี้เป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้ในรถยนต์ แต่กลับไม่นิยมในอุตสาหกรรมทั่วไป

5. การลดปัญหาเมื่อเกิดฝนกรดขึ้นแล้วก็นับว่าได้ผลเช่นกัน ที่นอร์เวย์และสวีเดน ปัญหาเหล่านี้ได้ถูกแก้ไขโดยการเติมปูนขาวลงในแหล่งน้ำต่าง ๆ และยังมีการเติมปูนขาวลงในถังเก็บน้ำเพื่อป้องกันไม่ให้กรดทำความเสียหายกับท่อประปาในตัวเมืองเอง

6. การใช้สีหรือสารอื่น ๆ ที่สามารถป้องกันฝนกรดได้เคลือบทาไว้บนสิ่งปลูกสร้างก็สามารถลดปัญหาได้อย่างชะงัด

### กิจกรรมที่ 10.6 ตอน 1 เรื่อง ภัยอันตรายจากฝนกรด

#### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลกระทบของฝนกรดต่อสิ่งแวดล้อม
2. สามารถออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานว่าฝนกรดมีอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต

#### ใบความรู้

แก๊ส  $\text{SO}_2$  และ  $\text{NO}$  เกิดในบรรยากาศจากธรรมชาติ เช่น ภูเขาไฟระเบิด และเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง การอุตสาหกรรม แก๊สดังกล่าวจะรวมกับน้ำฝนเป็นกรด ( $\text{pH} < 5.6$ ) ซึ่งเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต และสามารถกัดกร่อนสิ่งก่อสร้าง จึงเป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม

#### วิธีทำ

1. แบ่งนักศึกษาเป็นกลุ่ม ๆ ละ 5 คน
2. เก็บตัวอย่างน้ำฝน 5 จุด ในกรุงเทพมหานคร เช่น ลาดกระบัง อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ สะพานควาย ลาดพร้าว และ สีลม หรือสถานที่อื่น แล้วนำมาตรวจสอบค่า pH ของน้ำฝนโดยใช้กระดาษ pH และ pH meter

หมายเหตุ แบ่งกลุ่มนักศึกษาล่วงหน้า และให้นักศึกษาเตรียมน้ำฝนมาจากบ้าน

#### ตารางบันทึกผลกิจกรรม

สถานที่	ค่า pH
1. ลาดกระบัง	
2. อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ	
3. สะพานควาย	
4. ลาดพร้าว	
5. สีลม	

**คำถาม**

1. จงเรียงลำดับสถานที่ที่มีค่า pH สูงสุดไปยังต่ำสุด

.....  
.....  
.....

2. นำฝนจากสถานที่ใดมีค่า pH ที่เหมาะสม และสถานที่ใดมีค่า pH ไม่ที่เหมาะสม

.....  
.....  
.....

3. จากคำตอบข้อ 2. นักศึกษาคิดว่าฝนที่เก็บตัวอย่างทั้ง 5 ชนิด ชนิดใดเหมาะสมนำมาใช้ประโยชน์ และชนิดใดถ้านำมาใช้ประโยชน์จะเกิดโทษ

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

4. ทำการทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของฝนกรดต่อสิ่งมีชีวิต ให้นักเรียนออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของฝนกรดเทียบต่อการเจริญเติบโตของพืช (ฝนกรดเทียมใช้กรด ซัลฟิวริกและกรดไนตริกที่ค่า pH ต่างกัน)

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**สรุปผลการทำกิจกรรม**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....



## กิจกรรมที่ 10.6 ตอน 2 เรื่อง ซอล์กหายไปไหน

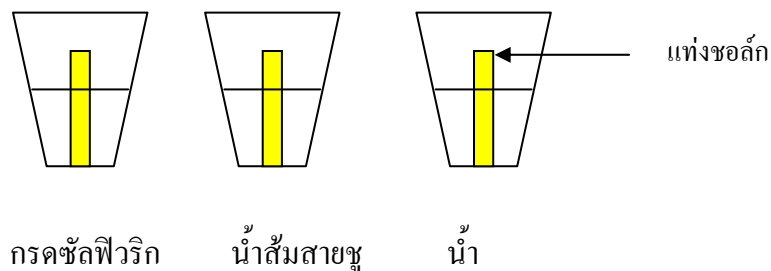
วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลกระทบของสารละลายที่มีความเป็นกรดกับแคลเซียมคาร์บอเนต

### วัสดุและอุปกรณ์

1. กรดซัลฟิวริก
2. น้ำส้มสายชู
3. น้ำ
4. ซอล์ก 3 แท่ง
5. บีกเกอร์ 3 ใบ
6. กระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์

### วิธีทำ

1. เทกรดซัลฟิวริกใส่บีกเกอร์ ใบที่ 1 จำนวน 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร เทน้ำส้มสายชูใส่บีกเกอร์ใบที่ 2 จำนวน 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร และเทน้ำใส่บีกเกอร์ใบที่ 3 จำนวน 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร วัดค่า pH ของสารแต่ละชนิดโดยใช้กระดาษยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์



2. นำแท่งซอล์กใส่ลงในบีกเกอร์ที่บรรจุของเหลวแต่ละชนิดใบละ 1 แท่ง ทิ้งไว้สักครู่ สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้นกับแท่งซอล์กและบันทึกผล

หมายเหตุ ซอล์กที่นำมาใช้ในการทดลองนั้น คือ หินปูนหรือแคลเซียมคาร์บอเนต

### ตารางบันทึกผลกิจกรรม

บีกเกอร์ที่บรรจุสารต่าง ๆ	ค่า pH	ผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับแท่งซอล์ก
ใบที่ 1 กรดซัลฟิวริก		
ใบที่ 2 น้ำส้มสายชู		
ใบที่ 3 น้ำ		

**คำถาม**

1. สารในบีกเกอร์ใด มีความเป็นกรดมากที่สุด ทราบได้อย่างไร

.....  
.....  
.....  
.....

2. ค่า pH ที่แตกต่างกันมีผลต่อการกัดกร่อนแท่งซอลล์แตกต่างกันหรือไม่

.....  
.....  
.....  
.....

3. แท่งซอลล์เป็นหินปูนหรือแคลเซียมคาร์บอเนตชนิดหนึ่ง ดังนั้นแท่งซอลล์ที่วางในบีกเกอร์ที่บรรจุสารชนิดใดทำให้เกิดกัดกร่อนได้บ้าง

.....  
.....  
.....  
.....

4. นักศึกษาคิดว่าความเป็นกรดของสารละลายในธรรมชาติ มาจากแหล่งใดได้บ้าง

.....  
.....  
.....  
.....

5. ถ้าแท่งซอลล์เปรียบเสมือนโบราณสถานที่ทำด้วยหินอ่อนซึ่งเป็นหินปูนหรือแคลเซียมคาร์บอเนต และได้รับสารละลายที่เป็นกรดจากธรรมชาติ จะก่อให้เกิดผลกระทบอย่างไร

.....  
.....  
.....  
.....

**สรุปผลการทำกิจกรรม**

.....  
.....  
.....  
.....

กิจกรรมที่ 10.7 กรณีศึกษา “สนามบินสุวรรณภูมิและปัญหามลพิษทางเสียง”  
วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลกระทบของปัญหามลพิษทางเสียงที่มีต่อชีวิตประจำวัน  
ใบความรู้



ภายหลังจากการเปิดใช้ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิอย่างเป็นทางการเมื่อวันที่ 28 กันยายน 2549 โดยมีจำนวนเที่ยวบินที่เข้ามาใช้สนามบินประมาณ 700 เที่ยวบิน/วัน (จำนวนเที่ยวบินสูงสุด 46 เที่ยวบิน/ชั่วโมง) ส่งผลให้เกิดปัญหาเสียงดังรบกวนจนเป็นเหตุร้องเรียนยังกรมควบคุมมลพิษและสื่อต่าง ๆ โดยบริเวณที่ได้รับผลกระทบอย่างมาก อาทิ ทิศเหนือของท่าอากาศยาน ได้แก่ วัดลาดกระบัง วัดบำรุงริน และหมู่บ้านร่มสุขวิลล่า ทิศใต้ของท่าอากาศยาน ได้แก่ เกरिकวิทยาลัย หมู่บ้านกรีนวิลล์ และวัดบางโกลงใน เป็นต้น โดยสาเหตุของปัญหามลพิษทางเสียงจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อชุมชน โดยรอบเกิดขึ้นจากลักษณะการบิน เส้นทางการบิน จำนวนเที่ยวบิน และเวลาการบิน

กรมควบคุมมลพิษและกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ได้ตรวจสอบระดับเสียงจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ หลังเปิดให้บริการตั้งแต่วันที่ 4 ตุลาคม 2549 โดยมีผลการตรวจวัดระดับเสียงแบ่งเป็น 2 ระยะ ดังนี้

1. ระยะแรก ระหว่างวันที่ 4-10 ตุลาคม 2549 เมื่อเปรียบเทียบระดับเสียงก่อนและหลังเปิดใช้ท่าอากาศยานอย่างเป็นทางการ พบว่ามีค่าระดับเสียงเฉลี่ย (Leq) 24 ชั่วโมงสูงขึ้น 3-20 เดซิเบลเอ (dBA) โดยหมู่บ้านร่มสุข บ้านเดี่ยวริมถนนอ่อนนุช และโรงเรียนวัดบางโกลงใน มีระดับเสียงเกินมาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไป (70 dBA) และบางจุดตรวจวัดมีค่า NEF > 40 (NEF=Noise

Exposure Forecast :ซึ่งใช้ประเมินระดับการรบกวนที่เกิดจากเสียงของเครื่องบิน บริเวณโดยรอบ สนามบิน) ได้แก่ หมู่บ้านร่วมสุขและชุมชนริมถนนอ่อนนุช ส่วนการประเมินการรบกวน พบว่าทุกจุดตรวจวัดมีระดับการรบกวนเกินมาตรฐานเสียงรบกวน (10 dBA) นอกจากนี้ จากการวิเคราะห์ ตัวอย่างระดับเสียงสูงสุดของเครื่องบินขณะผ่านจุดตรวจวัดระดับเสียงทางทิศเหนือและทิศใต้ของท่าอากาศยานที่ระยะห่างจากทางวิ่ง 2.2-7.6 กิโลเมตร พบว่ามีค่าระดับเสียงอยู่ระหว่าง 76.4-99.7 dBA

2. ระยะที่สอง ระหว่างวันที่ 10 พฤศจิกายน-31 ธันวาคม 2549 ซึ่งเป็นช่วงที่ลมเปลี่ยนทิศ ทำให้เครื่องบินต้องร่อนลงทางทิศใต้มากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับระดับเสียงก่อนและหลังเปิดใช้ท่าอากาศยานอย่างเป็นทางการ พบว่ามีค่าระดับเสียงเฉลี่ย (Leq) 24 ชั่วโมงสูงขึ้น 4-19 dBA โดยบริเวณที่มีระดับเสียงเกินมาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไป ได้แก่ ชุมชนซอยร่มเกล้า 27 ซึ่งบริเวณที่มีค่า NEF 35-40 ได้แก่ บ้านเดี่ยวซอยร่มเกล้า 27 หมู่บ้านร่วมฤดี วัดบางโกลนใน และอาคารชุด ธนาเพลส ส่วนการประเมินการรบกวน พบว่าทุกจุดตรวจวัดมีระดับการรบกวนเกินมาตรฐานเสียงรบกวน

#### **การบรรเทาปัญหาในระยะเร่งด่วน**

ให้มีการเปลี่ยนการบินลงทางทิศเหนือใช้ทางวิ่งตะวันออกมากขึ้น เช่นเดียวกับการบินขึ้นทางทิศใต้ ให้เปลี่ยนขึ้น โดยใช้ทางวิ่งตะวันตกมากขึ้น รวมทั้งวิธีการบินขึ้นและลง ซึ่งกรมการขนส่งทางอากาศได้ประกาศใช้แล้วตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2549

#### **การแก้ไขปัญหาระยะยาว**

เมื่อวันที่ 21 พฤศจิกายน 2549 คณะรัฐมนตรีได้พิจารณามาตรการจัดการมลพิษทางเสียงจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิที่กระทรวงคมนาคม (คค.) และกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (ทส.) นำเสนอและมีมติที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. เห็นชอบตามมาตรการทางเทคนิคเพื่อลดมลพิษจากอากาศยานตามที่ คค. นำเสนอ โดยการกำหนดการบินขึ้น-ลง การปรับเปลี่ยนเส้นทางการบินให้มีผลกระทบต่อชุมชนน้อยที่สุด และการกำหนดประเภทของอากาศยานที่จะใช้สนามบินให้มีระดับเสียงไม่เกินกว่าที่มาตรฐานกำหนดไว้

2. สำหรับมาตรการชดเชยผู้ได้รับผลกระทบจากมลพิษทางเสียงจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ มอบหมายให้ คค. ดำเนินการดังต่อไปนี้

2.1 เร่งรัด บริษัทท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน) หรือ ทอท. เสร็จซื้อที่ดินและสิ่งปลูกสร้างจากผู้ที่ได้รับผลกระทบจากมลพิษทางเสียงในระดับเสียงตั้งแต่ NEF 40 ขึ้นไป

2.2 ร่วมกับ ทส. และ ทอท. ตรวจสอบและจัดทำฐานข้อมูลผู้ที่ได้รับผลกระทบจากมลพิษทางเสียงเพิ่มเติมในกรณีที่มีการขึ้น-ลง ของเครื่องบินเต็มขีดความสามารถสูงสุดของทางวิ่งที่ 1 และ 2

2.3 ให้ ทอท. รับผิดชอบดูแลพื้นที่ที่มีการซื้อที่ดินและสิ่งปลูกสร้างไปแล้ว เพื่อให้ไม่มีผู้ย้อนกลับเข้ามาอยู่ใหม่หรือบุกรุกเข้าไปใช้ประโยชน์โดยไม่ได้รับอนุญาต

2.4 ให้ คค. ร่วมกับ ทส. พิจารณาแนวทางในการออกกฎ ระเบียบ เพื่อควบคุมประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อไม่ให้เกิดการสร้างสิ่งปลูกสร้างใหม่ที่มีความอ่อนไหวต่อมลพิษทางเสียงในพื้นที่ที่มีความเสี่ยง

2.5 ให้ ทอท. เร่งรัดในการติดตั้งสถานีตรวจวัดระดับเสียง จำนวน 13 สถานี เพื่อติดตามสถานการณ์และจัดทำรายงานผลการตรวจวัดตามรายงานผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact Assessment:EIA) รวมทั้งดำเนินการติดตั้งสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศตามที่ ทส. กำหนด

2.6 ให้ ทอท. ดำเนินการจัดทำ EIA ในกรณีจะมีการเพิ่มทางวิ่งที่ 3 และ 4 โดยเร่งด่วน โดยเฉพาะการประเมินพื้นที่ที่มีความเสี่ยง

2.7 ให้ ทอท. ร่วมกับ ทส. ตรวจวัดระดับมลพิษทางอากาศและมลพิษอื่น ๆ นอกเหนือมลพิษทางเสียง สำหรับประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณพื้นที่โดยรอบท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

2.8 ให้ คค. แต่งตั้งคณะกรรมการกำกับการดำเนินงานตามมาตรการทางเทคนิค และการชดเชยผู้ได้รับผลกระทบ โดยมีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเข้าร่วมเพื่อให้การดำเนินงานสัมฤทธิ์ผลอย่างเป็นรูปธรรม

### วิธีทำ

ให้นักศึกษาตอบคำถามจากใบความรู้ที่กำหนดให้ และบันทึกลงในผลการทำกิจกรรม

### ผลการทำกิจกรรม

1. ที่อยู่อาศัยนักศึกษาได้รับผลกระทบจากปัญหามลพิษทางเสียงหรือไม่

.....  
.....  
.....

2. สนามบินควรตั้งอยู่บริเวณใด จึงจะเหมาะสมที่สุด

.....  
.....

3. ปัญหาลพิษทางเสียงที่ชาวบ้านได้รับ ถ้าบ้านของนักศึกษาเป็นหนึ่งในจำนวนหลายร้อยหลังคา  
เรือนที่ได้รับผลกระทบ นักศึกษาจะทำอย่างไร

.....  
.....  
.....  
.....

**สรุปผลการทำกิจกรรม**

.....  
.....  
.....  
.....

### บทส่งท้าย

การแก้ไขปัญหาสถานะแวดล้อมที่เกิดขึ้น จำเป็นต้องอาศัยผู้ที่มีความรู้ที่ถูกต้อง การสร้าง  
จิตสำนึกที่ดีของแต่ละบุคคลและความรับผิดชอบของทุกคนร่วมมือกันแก้ไขปัญหาสถานะแวดล้อมและ  
ทรัพยากรธรรมชาติ ดังนั้นนักศึกษาทุกคนซึ่งมีความรู้ในเรื่องสถานะแวดล้อมแล้ว จะมีส่วน  
เผยแพร่และนำความรู้ไปปฏิบัติอย่างจริงจัง เพื่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่ดีในทุกท้องถิ่น ทั่วประเทศไทย  
จะคงอยู่ตลอดไป

“ร่วมมือกันคนละนิด เพื่อคุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อม ที่ดีสำหรับทุกคน”

-----

## บรรณานุกรม

- .... 2550. 10 ปราบปรามการลักขโมยผลกระทบบวกวิกฤต "โลกร้อน!". [online]. Available.  
[http://www.yenta4.com/webboard/viewtopic.php?cate\\_id=64&post\\_id=1088993](http://www.yenta4.com/webboard/viewtopic.php?cate_id=64&post_id=1088993).
- .... 2550. ความหมายของระบบนิเวศ. [online]. Available. <http://www.school.net.th/library/snet6/envil/ecosystem/b2.htm>.
- ....25550. ชีวิตและความตายของสัตว์ นาคะเสถียร. [online]. Available. [www.nsruc.ac.th/oldnsru/data/forest/htm-7k](http://www.nsruc.ac.th/oldnsru/data/forest/htm-7k).
- .... 2551. พระปรีชาญาณในการจัดการทรัพยากรป่าไม้ และ ทรัพยากรดิน. [online]. Available.  
[203.146.122.12/web\\_arc/Nailoung9.htm](http://203.146.122.12/web_arc/Nailoung9.htm) - 34k -.
- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2550. ขยะและของเสียอันตราย. [online]. Available. <http://www.vironnet.in.th/evdb/info/waste/waste8.html>.
- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2550. ทรัพยากรดิน. [online]. Available. <http://www.vironnet.in.th/evdb/info/soil/index.html>.
- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2550. ทรัพยากรน้ำ. [online]. Available. <http://www.vironnet.in.th/evdb/info/water/water02.html>.
- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2550. ทรัพยากรป่าไม้. [online]. Available. <http://www.vironnet.in.th/evdb/info/forest/forest13.html>.
- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2550. ทรัพยากรแร่ธาตุและพลังงาน. [online]. Available. <http://www.vironnet.in.th/evdb/info/mineral/mineral7.html>.
- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2550. ทรัพยากรสัตว์ป่า. [online]. Available. <http://www.vironnet.in.th/evdb/info/wildlife/index.html>.
- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2550. ทรัพยากรอากาศ. [online]. Available. <http://www.vironnet.in.th/evdb/info/air/index.html>.
- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2550. ปฏิทินวันสำคัญเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม. [online]. Available. <http://www.deqp.go.th/info/envDayDetail.jsp?id=57&languageID=>.

- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2550. กฎหมายสิ่งแวดล้อมไทย. [online]. Available. <http://www.environnet.in.th/evdb/law/national/managment/21101.html>.
- โครงการ การเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ. 2550. การเกิดเอลนีโญและลานีญา. [online]. Available. [http://www.lesa.in.th/global/global\\_activities/el\\_nino\\_ex.htm](http://www.lesa.in.th/global/global_activities/el_nino_ex.htm).
- โครงการ การเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ. 2550. ปรากฏการณ์โลกร้อน (Global Warming). [online]. Available. [http://www.lesa.in.th/global/global\\_warming/global\\_warming.htm](http://www.lesa.in.th/global/global_warming/global_warming.htm).
- โครงการ การเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ. 2550. รูโอโซน. [online]. Available. [http://www.lesa.in.th/global/global\\_activities/ozone\\_ex.htm](http://www.lesa.in.th/global/global_activities/ozone_ex.htm).
- ชมรมอนุรักษ์สภาพแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 2550. ฝนกรด. [online]. Available. [http://student.sut.ac.th/anurukclub/ledge\\_detail.php?id=10](http://student.sut.ac.th/anurukclub/ledge_detail.php?id=10).
- ทัศนีย์ แจ่มจรรยา. 2533. ปากของแมลง. [online]. Available. <http://pmc04.doae.go.th/mouthtype.htm>.
- ทีมงาน chemtrack. 2550. โครงการเพิ่มพูนความรู้เกี่ยวกับสารเคมีและสิ่งแวดล้อมสำหรับเด็ก. [online]. Available. <http://www.chemtrack.org/EnvForKids/Cartoon/Cartoon.htm>.
- นาถดา สาลีบุญกุล. 2530. นิเวศวิทยา. กรุงเทพฯ : วิทยาลัยครูพระนคร สหวิทยาลัยรัตนโกสินทร์. เอกสารอัดสำเนา.
- บัญชา แสนทวี และคณะ. 2549. หนังสือปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เล่ม 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ : วัฒนาพานิช.
- ปรีชา สุวรรณพินิจ และนางลักษณ์ สุวรรณพินิจ. 2544. ชีวิตในระบบนิเวศ. กรุงเทพฯ : องค์การค้ำของคุรุสภา.
- ปรีชา สุวรรณพินิจ และนางลักษณ์ สุวรรณพินิจ. 2537. คู่มือประกอบการเรียนและเตรียมตัวสอบวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ : ธีรพงษ์การพิมพ์.
- ปิยะนาถ กลิ่นภักดี. 2550. วันคุ้มครองสัตว์ป่าแห่งชาติ. [online]. Available. [www.tungsong.com/Important\\_Day/Animal/index.asp](http://www.tungsong.com/Important_Day/Animal/index.asp) - 34k -.
- ราชบัณฑิตยสถาน. 2550. พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. ๒๕๔๒. [online]. Available. <http://rirs3.royin.go.th/dictionary.asp>.
- มหาวิทยาลัยมหิดล สถาบันนวัตกรรมและพัฒนากระบวนการเรียนรู้. 2550. ชั้นของบรรยากาศ. [online]. Available. [http://www.il.mahidol.ac.th/course/ecology/chapter2/chapter2\\_airpollution1.htm](http://www.il.mahidol.ac.th/course/ecology/chapter2/chapter2_airpollution1.htm).



- มหาวิทยาลัยมหิดล สถาบันนวัตกรรมและพัฒนากระบวนการเรียนรู้. 2550. **ชนิดของระบบนิเวศ**. [online]. Available. [http://www.il.mahidol.ac.th/course/ap\\_biology2/chapter5/eco2.htm](http://www.il.mahidol.ac.th/course/ap_biology2/chapter5/eco2.htm).
- มหาวิทยาลัยมหิดล สถาบันนวัตกรรมและพัฒนากระบวนการเรียนรู้. 2550. **ปฏิสัมพันธ์ในระหว่างสิ่งมีชีวิตด้วยกันเองและปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ**. [online]. Available. [http://www.il.mahidol.ac.th/course/ap\\_biology2/chapter5/eco1.htm](http://www.il.mahidol.ac.th/course/ap_biology2/chapter5/eco1.htm)
- มหาวิทยาลัยมหิดล สถาบันนวัตกรรมและพัฒนากระบวนการเรียนรู้. 2550. **องค์ประกอบของระบบนิเวศ**. [online]. Available. [http://www.il.mahidol.ac.th/course/ap\\_biology2//chapter5/eco3.htm](http://www.il.mahidol.ac.th/course/ap_biology2//chapter5/eco3.htm).
- มหาวิทยาลัยมหิดล สถาบันนวัตกรรมและพัฒนากระบวนการเรียนรู้. 2550. **ขีดความอดทนและปัจจัยจำกัด การเปลี่ยนแปลงแทนที่**. [online]. Available. [http://www.il.mahidol.ac.th/course/ap\\_biology2/chapter5/eco6.htm](http://www.il.mahidol.ac.th/course/ap_biology2/chapter5/eco6.htm).
- มหาวิทยาลัยมหิดล สถาบันนวัตกรรมและพัฒนากระบวนการเรียนรู้. 2550. **การถ่ายทอดพลังงานในห่วงโซ่อาหาร**. [online]. Available. [http://www.il.mahidol.ac.th/course/ecology/chapter1/chapter1\\_foodchain1.htm](http://www.il.mahidol.ac.th/course/ecology/chapter1/chapter1_foodchain1.htm).
- มูลนิธิชัยพัฒนา. 2550. **ป่า**. [online]. Available. [http://www.chaipat.or.th/chaipat/index.php?option=com\\_content&task=blogcategory&id=0&Itemid=111&limit=1&limitstart=2](http://www.chaipat.or.th/chaipat/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=0&Itemid=111&limit=1&limitstart=2).
- ราตรี ภารา. 2538. **ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม**. กรุงเทพฯ : อักษรวิพัฒน์.
- วิชัย เทียนน้อย. 2533. **การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : อักษรวัฒนา.
- วินัย วีระวัฒนานนท์. 2530. **สิ่งแวดล้อมศึกษา**. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2550. **ฝนกรด**. [online]. Available. <http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%9D%E0%B8%99%E0%B8%81%E0%B8%A3%E0%B8%94>.
- สรรพศิลป์ศาสตราธิราช สาขาส่งเสริมการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2550. **การพัฒนาและการอนุรักษ์ดิน**. [online]. Available. <http://web.ku.ac.th/king72/2539/kaset2.htm> .
- สมิทธิ์ สระอุบล. 2539. **มนุษย์กับสิ่งแวดล้อม**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี. 2544. **พลังงาน**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : ศูนย์สภาพแวดล้อม.
- สำนักบริการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2550. **พระปรีชาญาณในการจัดการทรัพยากรน้ำ**. [online]. Available. [www.geocities.com/wrdlp1/trip/prapreechayan.htm](http://www.geocities.com/wrdlp1/trip/prapreechayan.htm) - 24k .
- สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี. 2544. **พลังงาน**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : ศูนย์สภาพแวดล้อม.

- สำนักสารนิเทศร่วมกับสำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้. 2550. วันคุ้มครองสัตว์ป่าแห่งชาติ. [online]. Available. <http://www.sirikitdam.egat.com/days/12december/0712.html>.
- สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี. 2544. พลังงาน. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : อรุณการพิมพ์.
- สำนักสารนิเทศร่วมกับสำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้. 2550. วันคุ้มครองสัตว์ป่าแห่งชาติ. [online]. Available. <http://www.sirikitdam.egat.com/days/12december/0712.html>.
- สามารถ พงศ์ไพบูลย์ และคณะ. 2537. คู่มือประกอบการเรียนและเตรียมตัวสอบ วิทยาศาสตร์ สิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ : ชีรพษ์การพิมพ์.
- สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน โดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เล่มที่ 15. 2550. สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาหมอกควันแม่ฮ่องสอน. [online]. Available. [www.yupparaj.ac.th/DigitalLibrary/snet6/envi3/subwater1/why.htm](http://www.yupparaj.ac.th/DigitalLibrary/snet6/envi3/subwater1/why.htm) - 18k -.
- สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี. 2544. พลังงาน. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : อรุณการพิมพ์.
- สำนักสารนิเทศร่วมกับสำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้. 2550. วันคุ้มครองสัตว์ป่าแห่งชาติ. [online]. Available. <http://www.sirikitdam.egat.com/days/12december/0712.html>.
- สุขเมธ เดชะตันตระกุล และคณะภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2550. นิเวศวิทยาและระบบนิเวศ. [online]. Available. <http://cyberlab.lh1.ku.ac.th/elearn/faculty/forest/fo22/chap1/c1-1.htm>.
- องค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาาสตร์แห่งชาติ. 255. ศัพทวิทยาาสตร์: โอโซน (O3). [online]. Available. <http://www.nsm.or.th/modules.php?name=News&file=article&sid=484>.
- อัญชลี เถาเลิศชัย. 2547. วิทยาศาสตร์พื้นฐาน. กรุงเทพฯ : ว่างอักษร.
- อัล กอร์. 2550. โลกร้อน. แปลจาก **AN INCONVENIENT TRUTH the crisis of global warming**. โดย พลอยแสง เอกญาติ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : มติชนปากเกร็ด.
- อินทวัฒน์ บุรีคำ. 2530. ปากของแมลง. [online]. Available. <http://pmc04.doae.go.th/mouthtype.htm>.
- Jack Hassard. 2550. วิทยาศาสตร์ คือ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้. แปลจาก **Science as Inquiry**. โดย จริยา สุจารีกุล. กรุงเทพฯ : นานมีบุ๊คส์พับลิเคชั่นส์.
- Parrmon's Editorail Team. 2550. นิเวศวิทยา. แปลจาก **Essentail Atlas of Ecology**. โดย กฤตยา รามโกมุท. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.