ชุดสิ่งแวดล้อมของ UNEP/GEMS เล่มที่ 1

UNEP

ก๊าซเรือนกระจก

หนังสือในชุดเดียวกัน

1. ก๊าซเรือนกระจก
2. ชั้นโอโซน
3. ช้างแอฟริกา
4. มลพิษอากาศในเมือง
5. อาหารปนเปื้อน
6. มลพิษในแหล่งน้ำจืด
7. ผลกระทบจากการทำลายชั้นโอโซน
8. ปรากฏการณ์เอลนิโญ
9. ธารน้ำแข็งกับสิ่งแวดล้อม
10. ผลกระทบเมื่อภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง
11. ความหลากหลายทางชีวภาพของโลก
12. มลพิษในทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำ
13. ผลกระทบของภูมิอากาศต่อการประมง

ปกเป็นภาพวาดโดย Bob Chapman
แสดงให้เห็นว่าโลกปกคลุมด้วยก๊าซเรือนกระจก
ที่เกิดจากมลพิษในบรรยากาศ

ก๊าซเรือนกระจก

The Greenhouse Gases

ของ UNEP/GEMS

แปลโดยนักแปลเครือข่ายของกรมวิชาการ

ประหยัด ชิดทอง จินตนา ดิษฐแย้ม ปราโมทย์ พิณพิมาย
ชนินทร์ ยาระณะ สังวาล สาโยธา จุรีรัตน์ ธีรพิตร

สถาบันการแปลหนังสือ กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ

The Greenhouse Gases

UNEP 1991

หนังสือชุดสิ่งแวดล้อม เล่มที่ 1

โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ ไนโรบี

หนังสือแปลอันดับที่ 167

สาขาสิ่งแวดล้อม

ลิขสิทธิ์ฉบับภาษาไทยเป็นของกระทรวงศึกษาธิการ

สถาบันการแปลหนังสือ กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ แปลและจัดพิมพ์

ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2544 จำนวนพิมพ์ 15,000 เล่ม

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ

สหประชาชาติ. โครงการสิ่งแวดล้อม.

ก๊าซเรือนกระจก. = The Greenhouse Gases. -- กรุงเทพฯ :

สถาบันการแปลหนังสือ กรมวิชาการ, 2544.

52 หน้า.

1. ปรากฏการณ์เรือนกระจก. I. ระบบตรวจสอบสิ่งแวดล้อมโลก.

II. ประหยัด ชิดทอง และคณะ, ผู้แปล. III. กรมวิชาการ. IV. ชื่อเรื่อง.

577.276

ISBN 974-269-032-4

ประกาศกระทรวงศึกษาธิการ
เรื่อง อนุญาตให้ใช้หนังสือในโรงเรียน

ด้วยกรมวิชาการได้จัดทำหนังสือแปลชุดสิ่งแวดล้อม รวม 13 เล่ม ได้แก่ 1) ก๊าซเรือนกระจก 2) ชั้นโอโซน 3) ช้างแอฟริกา 4) มลพิษอากาศในเมือง 5) อาหารปนเปื้อน 6) มลพิษในแหล่งน้ำจืด 7) ผลกระทบจากการทำลายชั้นโอโซน 8) ปรากฏการณ์เอลนิโญ 9) ธารน้ำแข็งกับสิ่งแวดล้อม 10) ผลกระทบเมื่อภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง 11) ความหลากหลายทางชีวภาพของโลก 12) มลพิษในทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำ และ 13) ผลกระทบของภูมิอากาศต่อการประมง โดยแปลจากหนังสือชุดสิ่งแวดล้อม ของโครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ และระบบตรวจสอบสิ่งแวดล้อมโลก (UNEP/GEMS Environment Library) เพื่อใช้เป็นหนังสือความรู้สำหรับครู นักเรียน นักศึกษา ตลอดจนประชาชนทั่วไป

กระทรวงศึกษาธิการพิจารณาแล้ว อนุญาตให้ใช้หนังสือนี้ในโรงเรียนได้

ประกาศ ณ วันที่ 27 มิถุนายน พ.ศ. 2544

(นายอำรุง จันทวานิช)
รองปลัดกระทรวง ปฏิบัติราชการแทน
ปลัดกระทรวงศึกษาธิการ

คำนำ

สิ่งแวดล้อมมีคุณค่าอเนกอนันต์แก่มวลชีวิตบนโลก และก่อความรำคาญจนถึงขั้นเป็นอันตรายรุนแรงได้เช่นเดียวกัน สิ่งแวดล้อมใกล้ตัวและสิ่งแวดล้อมโลกมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงโดยธรรมชาติ หากเราทุกคนร่วมกันดูแลรักษาสิ่งแวดล้อมใกล้ตัว ระบบสิ่งแวดล้อมทั้งโลกย่อมยั่งยืนและน่าอยู่ตลอดไป

กรมวิชาการเห็นว่าหนังสือชุดสิ่งแวดล้อมของโครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ และระบบตรวจสอบสิ่งแวดล้อมโลก (UNEP/GEMS Environment Library) ประกอบด้วยประเด็นสิ่งแวดล้อมหลักๆ ของโลกรวม 13 เรื่อง เสนอสาระที่น่าเรียนรู้อย่างมาก ก่อให้เกิดความตระหนักในเรื่องสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตเราสมควรเผยแพร่ให้แพร่หลาย จึงได้จัดประชุมปฏิบัติการนักแปลเครือข่าย ของกรมวิชาการเพื่อร่วมกันแปลหนังสือชุดนี้ สำหรับใช้ในโรงเรียนตั้งแต่ระดับมัธยมศึกษาขึ้นไป และเผยแพร่แก่สาธารณชนทั้งหลาย

กรมวิชาการขอขอบคุณนักแปลเครือข่าย ผู้ตรวจ วิทยากร และผู้เกี่ยวข้องทุกคนที่ร่วมกันจัดทำหนังสือนี้ และขอขอบคุณโครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติเป็นพิเศษที่เอื้อเฟื้อลิขสิทธิ์การแปล

(นายประพัฒน์พงศ์ เสนาฤทธิ์)
อธิบดีกรมวิชาการ
22 มิถุนายน 2544

ก๊าซเรือนกระจก

ไมเคิล ดี. กวินน์

ตั้งแต่โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติได้ก่อตั้งมานานกว่า 12 ปี ทำให้สาธารณชนได้เข้าใจปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ต้องเผชิญบนโลกของเรา ซึ่งนับวันจะเพิ่มขึ้นทุกที อาทิ ในประเด็นของการตัดไม้ทำลายป่าและผืนดินขาดความอุดมสมบูรณ์ ราวต้นทศวรรษ 1970 มีเพียงไม่กี่คนเท่านั้นที่เคยได้ยินเรื่องราวนี้ และในปัจจุบันประเด็นเหล่านี้ก็อภิปรายกันอย่างกว้างขวาง

UNEP ได้เผยแพร่ข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ ในประเด็นดังกล่าว ทั้งสิ่งตีพิมพ์ วิทยุ โทรทัศน์ ซึ่งแสดงให้เห็นบทบาทที่สำคัญของการศึกษาทางด้านสิ่งแวดล้อม กระนั้นเองหลายคนในองค์กรของเราได้ทราบถึงช่องว่างที่เกิดขึ้นว่ามีอะไรบ้างที่เราจะต้องทำ และอะไรบ้างที่จะบอกสาธารณชน

ช่องว่างเหล่านี้เกิดจากผลที่เกิดขึ้นจากการประเมินด้านสิ่งแวดล้อม และการปฏิบัติตามระบบตรวจสอบสิ่งแวดล้อมโลก ซึ่งมีจำนวนมากและมีรายละเอียดที่มากมาย

การประเมินเหล่านี้ครอบคลุมถึงปัญหาที่ขยายออกมาจากมลพิษในเมืองไปสู่การแปรเปลี่ยนสภาพภูมิอากาศ จากการเผยแพร่รายชื่อสัตว์ที่ถูกคุกคามไปสู่การลดลงของป่าไม้ในเขตร้อน ซึ่งตีพิมพ์ออกมาตามปกติ จนกระทั่งปัจจุบันได้ตีพิมพ์ให้อยู่ในรูปแบบที่ผู้ที่ไม่มีความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ก็สามารถเข้าใจได้โดยง่าย

หนังสือชุดสิ่งแวดล้อมของ UNEP/GEMS เล่มนี้เป็นเล่มแรกที่ตีพิมพ์เพื่อเติมเต็มช่องว่างเหล่านั้น โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้อ่านง่าย และปรารถนาอย่างแรงกล้าที่จะเผยแพร่รายงานที่เชื่อถือได้นี้ ซึ่งเขียนเป็นภาษาง่าย ๆ ตรงไปตรงมาเกี่ยวกับประเด็นหลัก ๆ ในสิ่งแวดล้อมที่เรากำลังเผชิญอยู่ หนังสือชุดนี้หลายเล่มออกแบบให้น่าสนใจและอ่านได้ง่ายสำหรับผู้อ่านทุกระดับ มีบทสรุปที่กะทัดรัดตาม 'ขั้นตอนทางวิทยาศาสตร์'

เราหวังว่าหนังสือเล่มนี้จะได้รับการต้อนรับจากผู้อ่าน และขยายจากนักการเมืองไปสู่ผู้ชำนาญการด้านการพัฒนา และจากนักเรียนไปสู่นักศึกษา

ไมเคิล ดี. กวินน์
ผู้อำนวยการระบบตรวจสอบสิ่งแวดล้อมโลก
โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ

สารบัญ

คำนำ

ถ้อยแถลง 7

บทนำ 8

ภูมิหลังทางวิทยาศาสตร์ 11

ทำไมภาวะเรือนกระจกจึงทำให้เกิดความร้อน 11

สมดุลความร้อนของโลก 12

ก๊าซเรือนกระจก 15

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์: ภัยที่ร้ายแรง 17

ก๊าซไนตรัสออกไซด์ ก๊าซมีเทน CFC และอื่น ๆ 21

สภาพภูมิอากาศจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร 26

ผลกระทบต่อสังคม 30

พืชเจริญเติบโตได้ดี 32

ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ 35

ผลกระทบต่อระบบนิเวศ 38

ระดับน้ำทะเลจะสูงขึ้นหรือ? 39

การกำหนดนโยบาย 42

การลดการผลิต 42

การกรองก๊าซเรือนกระจก 45

การเปลี่ยนรูปก๊าซเรือนกระจก 47

การปรับตัวให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลง 48

การประเมินนโยบายในทางปฏิบัติ 49

แหล่งอ้างอิง 51

ถ้อยแถลง

มอสตาฟา เค. ทอลบา

ภูมิอากาศของโลกที่มีสภาพเช่นนี้มาเป็นเวลามากกว่า 1,000 ปีนั้น ก่อตัวขึ้นจากอิทธิพลตามธรรมชาติของจักรวาล โดยการเย็นตัวของแกนโลก และการผันแปรด้านความเข้มของแสงอาทิตย์ รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงในส่วนที่ลาดเอียงของโลกด้วย

มีการติดตามการเปลี่ยนแปลงของชีวิตบนดาวเคราะห์ว่าอยู่ได้อย่างไร ชีวิตที่เกิดขึ้นอาจปรากฏขึ้นจาก 'ของเหลวสมัยดึกดำบรรพ์' ซึ่งเกิดในมหาสมุทร ความร้อนและความชื้นในยุคครีเตรเชียสเมื่อ 100 ล้านปีที่แล้ว ซึ่งมีสัตว์จำพวกไดโนเสาร์และสัตว์เลื้อยคลานจำพวกบินได้ และเพียงไม่กี่ล้านปีได้พบร่องรอยที่สลับกันระหว่างยุคน้ำแข็งกับยุคอบอุ่น ระดับน้ำทะเลลดลงในระหว่างยุคน้ำแข็ง และเพิ่มขึ้นอีกครั้งเมื่อน้ำแข็งและธารน้ำแข็งละลาย

ภูมิอากาศปัจจุบันเริ่มเปลี่ยนแปลงเนื่องจากเหตุการณ์ต่าง ๆ เกิดขึ้นในชั่วพริบตา โดยมีปัจจัยด้านเวลาของจักรวาลมาเกี่ยวข้อง ในช่วงเวลา 300 ปีที่ผ่านมา การปฏิวัติด้านเกษตรกรรม และอุตสาหกรรมประสบผลสำเร็จ มนุษย์เริ่มใช้เครื่องจักรแทนธรรมชาติ สภาพภูมิอากาศจึงเปลี่ยนแปลงไป ณ วันนี้การกระทำของมนุษย์จำนวน 4,500 ล้านคน ทำให้สภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วกว่าเหตุการณ์ทางธรรมชาติอื่น ๆ เสียอีก

จนกระทั่งเมื่อไม่นานมานี้จึงได้รู้ถึงกระบวนการที่เกิดขึ้นซึ่งเป็นความเลื่นเล่อ ในขณะที่เรารู้ว่าความเข้มข้นของก๊าซทั้งหลายในชั้นบรรยากาศเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และทำให้โลกร้อนขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ และบางทีอาจเปียกชื้นมากขึ้นกว่าเดิม ความร้อนขึ้นเกิดได้อย่างไร เหตุใดจึงเปียกชื้น และเมื่อใดจึงจะหาคำตอบได้

ต้นทศวรรษ 1970 ความเข้าใจปัญหามีมากขึ้น เมื่อโครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาติเกิดขึ้น และร่วมกับองค์การอุตุนิยมวิทยาโลก และกรรมาธิการนานาชาติแห่งสหภาพวิทยาศาสตร์ ได้ร่วมกันศึกษาผลกระทบจากภาวะเรือนกระจกบนพื้นฐานที่สามารถยืนยันทางวิทยาศาสตร์ได้ ในเวลานั้นสามารถคาดคะเนได้ว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศจะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ใน ค.ศ. 2030 จากนั้นราคาน้ำมันสูงขึ้น ในทศวรรษ 1970 การบริโภคพลังงานลดลง และการคาดคะเนใหม่ที่ว่าก๊าซชนิดอื่น ๆ จะเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าของคาร์บอนไดออกไซด์ ตั้งแต่นั้นมาเราค้นพบผลอันเกิดจากศักยภาพของก๊าซเรือนกระจกชนิดต่าง ๆ ซึ่งผลกระทบนั้นได้คุกคามขึ้นแล้ว และจะมีผลกระทบอีกครั้งใน ค.ศ. 2030 เนื่องจากระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า

หนังสือเล่มนี้ได้สรุปความรู้ที่สามารถทำให้ผู้อ่านทุกคนเข้าใจได้ ข้าพเจ้าหวังว่าจะช่วยกระตุ้นให้สาธารณชนเกิดความสนใจในปัญหาสิ่งแวดล้อมและปลุกเร้าให้ผู้ที่มีส่วนในการกำหนดนโยบายเพื่อปกป้องสภาพภูมิอากาศโลกได้เล็งเห็นความสำคัญในเรื่องนี้

มอสตาฟา เค. ทอลบา
ผู้อำนวยการบริหาร
โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาติ

บทนำ

ความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นของก๊าซปริมาณน้อยต่าง ๆ ในชั้นบรรยากาศดูเหมือนว่าจะยิ่งทำให้สภาพภูมิอากาศโลกร้อนขึ้น ก๊าซปริมาณน้อยเหล่านี้จะแพร่กระจายไปทุกที่บนโลก ซึ่งจะช่วยรักษาสมดุลของอุณหภูมิโลกไว้ โดยดูดกลืนรังสีอินฟราเรดบางส่วนในช่วงคลื่นที่โลกแผ่ออกมา จึงส่งผลให้อุณหภูมิโลกเพิ่มสูงขึ้นในลักษณะเดียวกับปฏิกิริยาเรือนกระจก ซึ่งความเข้มข้นของก๊าซปริมาณน้อยเหล่านี้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ถ้าแนวโน้มปรากฏการณ์เช่นนี้ยังคงดำเนินต่อไปก่อนจะถึงกลางศตวรรษหน้า โลกจะร้อนขึ้นอีกสองสามองศาเซลเซียสอย่างไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซที่มีปริมาณมากที่สุดในกลุ่มก๊าซเรือนกระจกโดยมีประมาณร้อยละ 0.03 โดยปริมาตรบรรยากาศ นับตั้งแต่ก่อนยุคอุตสาหกรรมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีปริมาตรเพิ่มขึ้นถึง 1 ใน 4 ซึ่งมีสาเหตุหลักมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงดึกดำบรรพ์และการถางป่าเพื่อการเกษตร ทำให้ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นประมาณกว่าร้อยละ 30 ในอีก 50 ปีข้างหน้า

ก่อนจะถึงกลางศตวรรษหน้า โลกจะร้อนขึ้นอีกสองสามองศาเซลเซียสอย่างไม่อาจหลีกเลี่ยงได้

ยังมีก๊าซปริมาณน้อยชนิดอื่น ๆ อีกมากมายที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาเรือนกระจก บางชนิดมีอันตรายมากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่สำคัญที่สุด ได้แก่ ก๊าซมีเทน ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (ก๊าซหัวเราะ) ก๊าซคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (ใช้ในอุปกรณ์ทำความเย็น สเปรย์ฉีดและในอุตสาหกรรม) และโอโซนซึ่งเป็นองค์ประกอบในธรรมชาติของชั้นบรรยากาศ แต่เนื่องจากก๊าซดังกล่าวในปัจจุบันมีอยู่ในชั้นบรรยากาศในปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้นจึงไม่ส่งผลต่อภาวะโลกร้อนได้มากเท่ากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อถึง ค.ศ. 2030 ผลกระทบต่าง ๆ ที่เกิดจากก๊าซปริมาณน้อยเหล่านี้เมื่อรวมกันแล้วจะเท่ากับผลที่เกิดจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และเมื่อถึงช่วงเวลานั้นโลกจะร้อนขึ้นเป็น 2 เท่า

ในช่วง 10,000 ปีที่ผ่านมาอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกที่แปรเปลี่ยนไปมากกว่า 1 หรือ 2 องศาเซลเซียส นับว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อยมาก ดังนั้นหากความร้อนของโลกเพิ่มเป็น 2.5 องศาเซลเซียส การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะมีมากกว่าที่เคยเกิดขึ้นในอดีต เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกในยุคน้ำแข็งครั้งหลังสุดแล้วพบว่าจะเย็นกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยโลกในยุคนี้เพียง 5 องศาเซลเซียส

ในช่วง 10,000 ปีที่ผ่านมา อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกที่แปรเปลี่ยนไปมากกว่า 1 หรือ 2 องศาเซลเซียส นับว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อยมาก

โลกร้อนขึ้นเพียงแค่ไม่กี่องศาอาจส่งผลกระทบที่เด่นชัดต่อสภาพภูมิอากาศ แม้ว่าอุณหภูมิใกล้เส้นศูนย์สูตรอาจจะเปลี่ยนแปลงไปบ้างเล็กน้อย แต่ในเขตละติจูดสูงและละติจูดใกล้ขั้วโลกอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปอาจเพิ่มสูงกว่าอุณหภูมิเฉลี่ย อัตราการระเหยของไอน้ำที่สูงขึ้นจะเพิ่มปริมาณฝนรายปีในโลกประมาณร้อยละ 7–11 ผลกระทบสูงสุดจะเห็นได้ในฤดูหนาว โดยฤดูหนาวจะสั้นลงและฤดูร้อนจะยาวนานขึ้น ช่วงระยะเวลาอุณหภูมิประจำปีจะสั้นลงในเขตละติจูดที่สูงขึ้นไปทางตอนเหนือ ฤดูใบไม้ร่วงและฤดูหนาวอากาศ

เป็นไปได้ที่การเผาไหม้เชื้อเพลิงดึกดำบรรพ์ทำให้ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศเพิ่มขึ้นร้อยละ 30 ในอีก 50 ปีข้างหน้า

จะชุมชื้นขึ้น ส่วนในฤดูใบไม้ผลิและฤดูร้อนอากาศจะแห้งแล้งลง ปริมาณน้ำฝนในเขตร้อนจะเพิ่มขึ้น ในขณะที่ทางตอนใต้ลงไปอาจมีสภาพแห้งแล้งยิ่งขึ้น อัตราการระเหยของไอน้ำที่เพิ่มมากอาจทำให้ดินแห้งแล้งเป็นบริเวณกว้าง

ผลกระทบต่อสังคมที่อาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ยากที่จะคาดคะเนได้ การเปลี่ยนแปลงผลิตผลทางเกษตร แหล่งน้ำและความต้องการด้านพลังงานจะส่งผลโยงใยก่อให้เกิดการแปรเปลี่ยนในเกือบทุกรูปแบบและทุกด้านของสังคม รวมทั้งด้านการค้าระหว่างประเทศ การเติบโตทางเศรษฐกิจ และวิถีชีวิตของแต่ละคน

ผลกระทบโดยตรงที่มีต่อสภาพภูมิอากาศนั้นซับซ้อนอย่างยิ่ง ในความเป็นจริงแล้วระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นนั้นเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืชชนิดต่าง ๆ พืชเจริญเติบโตได้ดีเมื่อคาร์บอนไดออกไซด์ในโลกเพิ่มสูงขึ้นและถ้าระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าผลิตผลต่าง ๆ ของพืชจะยิ่งงอกงามเพิ่มขึ้นอีกหนึ่งในสาม แต่ก็ไม่ใช่พืชทุกชนิดที่จะได้รับผลเช่นเดียวกันนี้ วัชพืชทั้งหลายอาจมีปฏิกิริยาต่อการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากกว่าธัญพืช ในแอฟริกาธัญพืชที่เป็นอาหารหลักบางส่วน เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง เดือย อาจอ่อนแอลงไปบ้างเนื่องจากมีการแก่งแย่งจากวัชพืช ซึ่งหากไม่ให้ปุ๋ยเพิ่มจะส่งผลให้ดินมีสารอาหารลดน้อยลง ในทางตรงกันข้ามพืชที่ได้ผลผลิตน้อยในปัจจุบัน อันเนื่องมาจากการขาดน้ำเมื่อเกิดภาวะเรือนกระจกจะสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ดียิ่งขึ้น

พืชเจริญเติบโตได้ดีเมื่อคาร์บอนไดออกไซด์ในโลกเพิ่มสูงขึ้น

การเปลี่ยนแปลงที่ซับซ้อนและไม่สามารถคาดคะเนได้ อาจเกิดขึ้นภายในระบบนิเวศธรรมชาติต่าง ๆ เช่น พืชบางชนิดอาจงอกงาม ในขณะที่ชนิดอื่น ๆ กลายพันธุ์หรือสูญพันธุ์ไป

อากาศที่ร้อนขึ้นโดยทั่วไปอาจให้ผลดีแก่ธัญพืชและพืชผลชนิดต่าง ๆ ในบางพื้นที่ แต่อาจทำให้ผลผลิตในบางพื้นที่ลดน้อยลง เกษตรกรจำนวนมากอาจจำเป็นต้องเปลี่ยนพันธุ์พืชที่จะเพาะปลูก หรือใช้เทคนิควิธีการปลูกที่เปลี่ยนไปจากเดิม ส่วนในเขตที่ไม่สามารถปรับเปลี่ยนได้ เช่น เขตที่ผลิตอาหารได้น้อยอยู่แล้วจะได้ผลผลิตน้อยลงอย่างมาก

บริเวณนอกเขตเส้นศูนย์สูตร พื้นที่ที่มีการปลูกพืชพันธุ์และป่าไม้สำคัญ ๆ อาจได้รับผลกระทบ นั่นคือ แนวเขตเพาะปลูกจะเคลื่อนขึ้นไปทางขั้วโลกเล็กน้อย แม้ว่าภาวะโลกร้อนอาจช่วยขยายเขตเพาะปลูกสำหรับพืชพันธุ์บางชนิดได้ก็ตาม แต่ผลผลิตอาจลดลงหากแนวเขตนี้เคลื่อนไปอยู่ในพื้นที่ที่มีดินไม่อุดมสมบูรณ์ การเปลี่ยนแปลงที่ซับซ้อนและไม่สามารถคาดคะเนได้ อาจเกิดขึ้นภายในระบบนิเวศธรรมชาติต่าง ๆ เช่น พืชบางชนิดอาจงอกงาม ในขณะที่ชนิดอื่น ๆ กลายพันธุ์หรือสูญพันธุ์ไป

อุณหภูมิที่สูงขึ้นแม้ว่าไม่พอที่จะละลายน้ำแข็งที่ปกคลุมเกาะกรีนแลนด์และทวีปแอนตาร์กติกาได้ แต่ในที่สุดอาจทำให้ระดับทะเลสูงขึ้น ตรงกันข้ามหยาดน้ำฟ้าที่เพิ่มขึ้นจากทวีปแอนตาร์กติกาอาจนำไปสู่การเพิ่มปริมาณน้ำแข็ง ทำให้ระดับทะเลลดลงได้เล็กน้อย แต่การแผ่ขยายความร้อนในมหาสมุทรต่าง ๆ ทำให้ระดับทะเลเพิ่มขึ้น 20–140 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระดับที่อาจทำให้เกิดปัญหารุนแรงต่อประชากรจำนวน 1 ใน 3 ของโลกที่อาศัยอยู่ในบริเวณรัศมี 60 กิโลเมตรตามแนวชายฝั่งมหาสมุทร

หมายความว่า ในไม่ช้านี้จะต้องมีข้อตกลงกำหนดสิทธิในการปฏิบัติและความร่วมมือระหว่างประเทศเพื่อลดความร้อนจากภาวะเรือนกระจกและผลกระทบของภาวะนี้ต่อสังคม

มีวิธีแก้ปัญหาในทางทฤษฎีหลายวิธีที่จะลดผลกระทบจากภาวะเรือนกระจกนี้ วิธีที่น่าจะได้ผลที่สุด คือ ลดการเผาไหม้เชื้อเพลิงดึกดำบรรพ์ด้วยการประหยัดพลังงานหรือหาแหล่งพลังงานใหม่มาทดแทน เป็นไปได้ว่าอาจต้องใช้วิธีกรองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากควันที่ปล่อยออกมาจากโรงไฟฟ้า หรือเปลี่ยนรูปให้เป็นสารเคมีในรูปแบบอื่น ๆ และกำจัดทิ้งในที่ใดที่หนึ่งที่ไม่ใช่ในชั้นบรรยากาศ เช่น มหาสมุทร วิธีการต่าง ๆ ในการเพิ่มขนาดของแหล่งรองรับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แทนการปลดปล่อยออกสู่ชั้นบรรยากาศเพื่อลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ ได้แก่ การปลูกป่าทดแทน และเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ในท้องมหาสมุทรเพื่อให้มีสิ่งมีชีวิตเพิ่มมากขึ้น สิ่งมีชีวิตเหล่านี้จะช่วยดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และสุดท้ายควรปรับตัวให้เข้ากับสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปเพื่อลดความรุนแรงของผลกระทบที่จะเกิดขึ้นให้น้อยที่สุด

การทำงานอย่างจริงจังเพื่อกำหนดประสิทธิผล ความเสี่ยง และค่าใช้จ่ายของการดำเนินงานดังกล่าว หมายความว่า ในไม่ช้านี้จะต้องมีข้อตกลงกำหนดสิทธิในการปฏิบัติและความร่วมมือระหว่างประเทศเพื่อลดความร้อนจากภาวะเรือนกระจกและผลกระทบของภาวะนี้ต่อสังคม

ภูมิหลังทางวิทยาศาสตร์

ทำไมภาวะเรือนกระจกจึงทำให้เกิดความร้อน

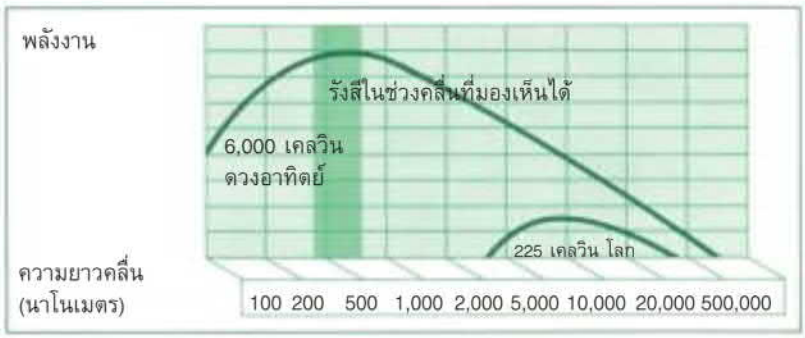
คนส่วนใหญ่คิดว่าพืชจะงอกงามได้ดีในเรือนเพาะชำ (เรือนกระจก) เพราะกำบังลมหนาวจากภายนอกได้ คนเหล่านี้เข้าใจผิด เพราะถ้าหากเป็นเช่นนั้นการปลูกพืชในเรือนกระจกการเกษตรในครัวเรือนจะไม่เกิดเป็นอุตสาหกรรมที่เจริญก้าวหน้าได้ดังเช่นปัจจุบัน

เรือนกระจกร้อนขึ้นเพราะคุณสมบัติพิเศษของกระจกหรือบางครั้งใช้เป็นแผ่นพลาสติกแทน และด้วยแผ่นกระจกที่บางเรียบซึ่งมีคุณสมบัติพอที่จะเป็นทางผ่านให้แสงอาทิตย์แผ่เข้ามาได้ถึงร้อยละ 90 ความร้อนในเรือนกระจกจึงแผ่รังสีความร้อนไปยังพืช อากาศ และดินได้อย่างอิสระภายในเรือนกระจกดังนั้นจึงทำให้อุ่นขึ้น

หากเป็นเช่นนั้นภาวะเรือนกระจกจะก่อให้เกิดความร้อนและจะยิ่งร้อนเพิ่มขึ้นกลไกที่ทำให้เย็นทั้งหมดนั้นเกี่ยวข้องกับการปรับอุณหภูมิภายนอกให้คงที่ในระดับที่พอเหมาะ แม้ว่าอุณหภูมิภายในเรือนกระจกจะสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกก็ตาม โดยที่กลไกการระบายความร้อนขึ้นอยู่กับการสะท้อนกลับของแสงอาทิตย์สู่ชั้นบรรยากาศและอวกาศ

มีปัจจัยหลายอย่างเป็นตัวกำหนดว่า พลังงานที่ตกกระทบมายังวัตถุมีมากแค่ไหนที่ความยาวคลื่นขนาดใด วัตถุจึงจะแผ่พลังงานออกมา ใน ค.ศ. 1901 นักฟิสิกส์ชาวเยอรมันชื่อ มากซ์ พลังค์ ได้พัฒนาสมการที่ใช้ทำนายว่า วัตถุแผ่รังสีอย่างไร ได้อย่างแม่นยำโดยวัดจากอุณหภูมิของวัตถุนั้น ซึ่งพลังค์เรียกวัตถุในอุดมคตินั้นว่า 'วัตถุดำ' ทฤษฎีของเขาตั้งสมมุติฐานว่า วัตถุดำสามารถดูดกลืนรังสีความร้อนที่แผ่ออกมาได้ทั้งหมด ซึ่งความจริงแล้วไม่มีวัตถุใดที่ดำสนิท แต่สมการของพลังค์ทำนายว่า วัตถุที่ไม่ใช่สีดำรวมทั้งดวงอาทิตย์และโลกจะแผ่รังสีความร้อนออกจากตัวของวัตถุเองได้ วัตถุทุกชนิดในจักรวาลนี้แผ่รังสีได้ทั้งนั้น ยิ่งร้อนมากยิ่งแผ่รังสีได้มากขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะอัตราของการแผ่รังสีเป็นสัดส่วนยกกำลังสี่ของอุณหภูมิสัมบูรณ์ของวัตถุ นั่นดังนั้นเรือนกระจกในวันที่มีอุณหภูมิเริ่มต้นด้วย 15 องศาเซลเซียส หรือ 288 เคลวิน (องศาสัมบูรณ์) และอุณหภูมิร้อนขึ้นเป็น 25 องศาเซลเซียส (298 เคลวิน) เพราะฉะนั้นอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นกลายเป็นความร้อนที่สูญเสียไปด้วยสัดส่วน $298^4/288^4$ หรือเกือบร้อยละ 15

ความยาวคลื่นที่วัตถุดำแผ่รังสีออกมาขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของวัตถุนั้น ดังนั้นดวงอาทิตย์ซึ่งถือว่าเป็นวัตถุสีดำที่อุณหภูมิ 6,000 เคลวิน จะมีพลังงานแผ่รังสีที่อยู่ในรูปของแสงที่มองเห็นได้ที่ความยาวคลื่นสูงสุดประมาณ 600 นาโนเมตร (1 นาโนเมตร = 1 ใน 1,000,000 มิลลิเมตร หรือ 10^{-9} เมตร เมื่อโลก (หรืออีกนัยหนึ่งเรือนกระจก) มีอุณหภูมิ ที่ 285 เคลวิน จะแผ่รังสีพลังงานสูงสุดเป็นรังสีอินฟราเรดในรูปคลื่นแสงสูงสุดประมาณ 16,000 นาโนเมตร (ดูรูปที่ 1)



รูปที่ 1 *ดวงอาทิตย์และโลกแสดงคุณสมบัติคล้ายกับ 'วัตถุดำ' ที่อุณหภูมิ 6,000 และ 285 เคลวิน (ประมาณ 5,730 และ 15 องศาเซลเซียส ตามลำดับ) ผลคือ ดวงอาทิตย์และโลกจะแผ่รังสีออกมาในช่วงความยาวคลื่นที่แตกต่างกันมาก*

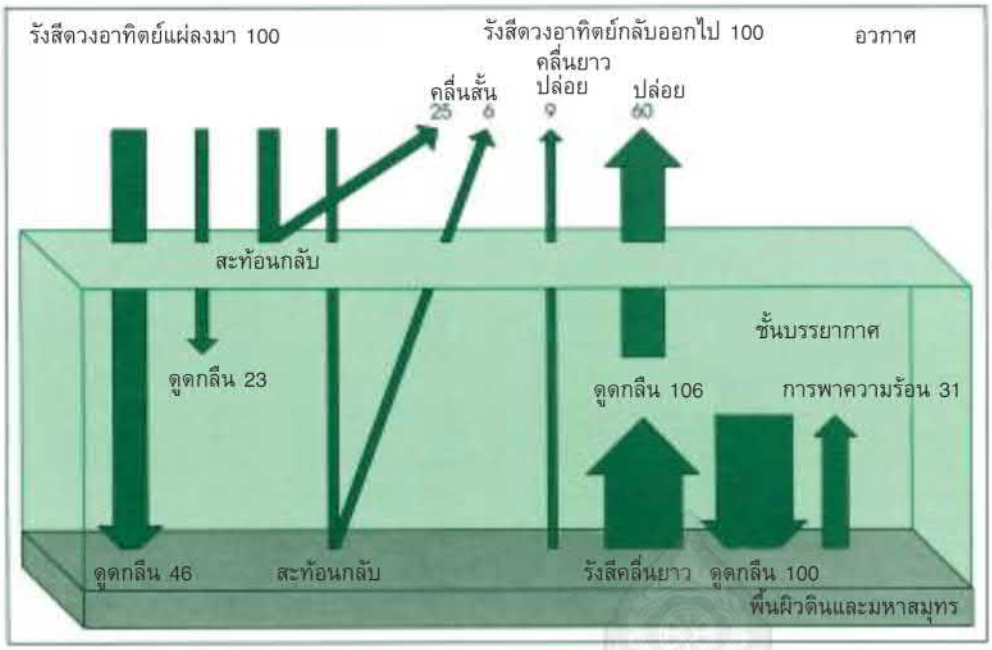
หากไม่คำนึงถึงความยาวคลื่นแล้วปริมาณรังสีตกกระทบเข้ามาจะเท่ากับรังสีสะท้อนกลับออกไป อุณหภูมิของวัตถุนั้นจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงแต่อย่างใด แล้วอะไรเป็นสาเหตุให้เรือนกระจกร้อนขึ้น คำตอบคือ ก๊าซที่ทำหน้าที่เปรียบเสมือนแก้วในเรือนกระจก ซึ่งจะดูดกลืนรังสีที่มีความยาวคลื่นมากกว่า 2,000 นาโนเมตร ได้ร้อยละ 90 การดูดกลืนนี้รวมถึงรังสีอินฟราเรด โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณที่วัตถุอุณหภูมิ 280–300 เคลวิน

เมื่อดวงอาทิตย์ขึ้นทุกอย่างที่อยู่ในเรือนกระจกจะร้อนขึ้นตามด้วย เพราะการแผ่รังสีเข้าสู่เรือนกระจกมีมากกว่าสะท้อนกลับออกไป เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นรังสีจะถูกปล่อยออกมาเพิ่มมากขึ้นจนกระทั่งกระจกนั้นได้ดูดกลืนรังสีอินฟราเรดไว้ประมาณร้อยละ 10 หรือกระจกยอมให้รังสีหลุดรอดไป จนในที่สุดจะเกิดสมดุลพลังงานใหม่ที่อุณหภูมิสูงขึ้น

สมดุลความร้อนของโลก

อุณหภูมิโลกรักษาสภาพคงที่ไว้ด้วยกลไกที่คล้ายกับภาวะเรือนกระจกแต่ซับซ้อนกว่ามาก โลกไม่ได้ถูกครอบไว้ด้วยกระจกแต่ถูกห่อหุ้มไว้ด้วยชั้นบรรยากาศ ลองคิดดูว่า รังสีดวงอาทิตย์ที่แผ่ลงมาตกกระทบสู่ชั้นบนสุดของบรรยากาศ 100 หน่วย (ดูรูปที่ 2) ในจำนวนนี้สะท้อนกลับสู่อวกาศโดยอากาศและเมฆประมาณ 25 หน่วย เหลือไว้ในชั้นบรรยากาศ 75 หน่วย ซึ่งส่วนที่เหลือไว้นี้ 23 หน่วย ทำให้ชั้นบรรยากาศร้อนขึ้น อีก 52 หน่วยตกกระทบสู่พื้นผิวโลก ซึ่ง 6 หน่วยจากการตกกระทบจะสะท้อนกลับสู่อวกาศ ดังนั้นที่เหลืออีก 46 หน่วย โลกจะดูดซับไว้ที่พื้นผิว

สิ่งที่เกิดขึ้นในชั้นบรรยากาศนี้ซับซ้อนมากเพราะเมื่อทั้งบรรยากาศและพื้นผิวโลกร้อนขึ้นต่างก็แผ่พลังงานรังสีอินฟราเรดให้กันและกัน โลกแผ่รังสีอินฟราเรดสู่ชั้นบรรยากาศด้วยจำนวน 115 หน่วย ในจำนวนนี้ 9 หน่วยผ่านทะลุโดยตรงไปสู่อวกาศ และ 106 หน่วยจะถูกดูดกลืนอยู่ในชั้นบรรยากาศ รังสีอินฟราเรดยังเป็นตัวพาพลังงานในรูปของอากาศร้อนขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศได้ถึง 31 หน่วย โดยเป็นพลังงานในรูปอากาศร้อน



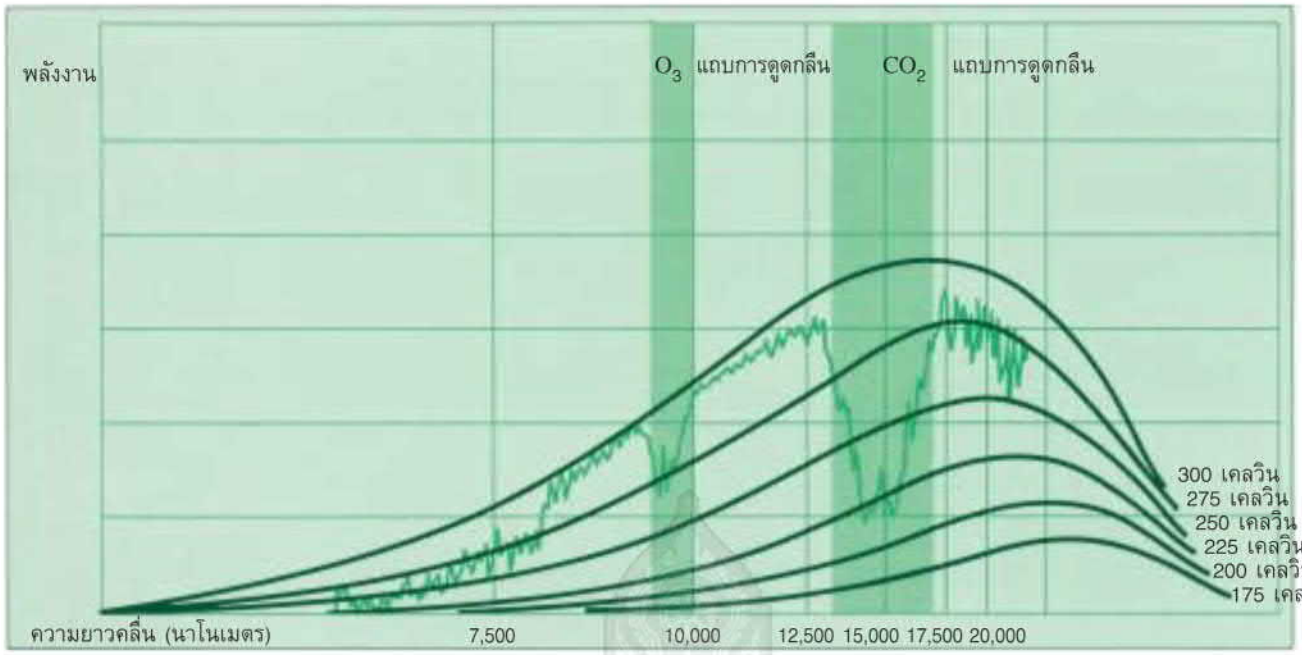
รูปที่ 2 *สมดุลความร้อนโลกคงอยู่ได้ด้วยปฏิสัมพันธ์อันซับซ้อนกับชั้นบรรยากาศ รังสีที่ถูกดูดกลืนไว้บนพื้นผิวโลกถูกปลดปล่อยกลับมาเป็นรังสีอินฟาเรดที่มีความยาวคลื่นยาวมาก รังสีส่วนใหญ่ถูกดูดกลืนไว้ในชั้นบรรยากาศ โดยจะสะท้อนกลับออกไปเป็นรังสีอินฟราเรดสู่อวกาศ*

ทำให้ในชั้นบรรยากาศมีพลังงานรวมทั้งสิ้นเป็น 146 หน่วย ปรากฏการณ์ดังกล่าวเหมือนทำให้ปริมาณรังสีอินฟราเรดเพิ่มขึ้นมากกว่าที่ได้รับ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากรังสีอินฟราเรดที่ได้รับจากชั้นบรรยากาศ ซึ่งแผ่พลังงานอินฟราเรดลงมาสู่พื้นโลก 100 หน่วย ด้วยเหตุ ี่รังสีอินฟราเรดแผ่ออกมาจากพื้นผิวโลกสุทธิ 15 หน่วย จำนวนนี้เมื่อรวมกับอีก 31 หน่วยจากการพาความร้อน รวมเป็น 46 หน่วยที่พื้นผิวโลกดูดซับไว้

ชั้นบรรยากาศรักษาสมดุลของพลังงานได้อย่างไร เริ่มต้นจากชั้นบรรยากาศดูดกลืนรังสีจากดวงอาทิตย์ไว้ 23 หน่วย รวมกับอีก 31 หน่วยจากการพาความร้อน และ 106 หน่วย (จากรังสีอินฟราเรดที่พื้นผิวโลกได้ดูดกลืนไว้ในชั้นบรรยากาศจำนวน 115 หน่วย) รวมเป็น 160 หน่วย บรรยากาศกำจัดรังสีอินฟราเรดออกไปและแผ่รังสีอินฟราเรดลงมายังโลก 100 หน่วย โดยจำนวน 60 หน่วยกลับคืนสู่อวกาศ รังสีอินฟราเรดจำนวน 60 หน่วยเมื่อรวมกับรังสีที่สะท้อนจากชั้นบรรยากาศ 25 หน่วย 6 หน่วยที่สะท้อนจากพื้นโลก และจากโลกที่แผ่รังสีอินฟราเรดโดยตรงสู่อวกาศ 9 หน่วย รวมเป็น 100 หน่วยที่ดวงอาทิตย์แผ่ออกมา

หน่วยต่าง ๆ เหล่านี้หมายถึงสิ่งที่เกิดกับโลกโดยเฉลี่ย 1 ปี ค่าต่าง ๆ มีการเปลี่ยนแปลงมากระหว่างกลางคืนและกลางวัน ฤดูหนาวและฤดูร้อน ขั้วโลกและเส้นศูนย์สูตร

ไม่น่าแปลกใจเลยที่ระบบที่ซับซ้อนเช่นนี้ได้รับการกระทบกระเทือนอย่างง่ายดาย ลองนึกถึงภาพพื้นน้ำแข็งขั้วโลกที่ละลายด้วยสาเหตุบางอย่าง แสงอาทิตย์ที่สะท้อนจากน้ำแข็งและหิมะจะถูกพื้นผิวโลกดูดกลืนไว้ทำให้ลดค่าที่เคยสะท้อนกลับออกไป 6 หน่วย โลกจะร้อนขึ้นกระทั่งแผ่รังสีอินฟราเรดออกมาได้อย่างเต็มที่ เพื่อชดเชยพลังงานที่ถูกดูดกลืนไว้



รูปที่ 3 *รังสีปลดปล่อยโดยชั้นบรรยากาศโลกวัดโดยดาวเทียมนิมบัสมีความสัมพันธ์ดีกับทฤษฎีการแผ่รังสีที่แผ่ออกมาจากวัตถุดำที่มีอุณหภูมิ 275–300 เคลวิน ร่องของเส้นโค้งสัมพันธ์อย่างมากกับสิ่งดูดกลืนพลังงานของโอโซนและคาร์บอนไดออกไซด์*

สิ่งที่สำคัญและน่าเป็นห่วงที่สุดคือ การที่ชั้นบรรยากาศดูดกลืนรังสีอินฟราเรดที่แผ่ออกจากโลก และสมรรถนะของการถ่ายเทรังสีอินฟราเรดระหว่างพื้นผิวโลกและชั้นบรรยากาศที่มีความซับซ้อน และการแปรปรวนซึ่งถูกควบคุมโดยก๊าซในชั้นบรรยากาศที่ดูดกลืนเอาความร้อนนี้ไว้คล้ายแก้วดูดกลืนความร้อนในเรือนกระจก

เราสามารถอธิบายปฏิกิริยาเรือนกระจกโดยการอ้างถึงรูปที่ 1 และ 2 ที่สรุปสมดุลของความร้อนโลก โดยโลกแผ่รังสีอินฟราเรด 115 หน่วย ซึ่ง 106 หน่วยถูกดูดกลืนด้วยชั้นบรรยากาศ และชั้นบรรยากาศแผ่รังสีสู่อวกาศอีก 60 หน่วย ส่วนต่างอีก 46 หน่วย เป็นสาเหตุมาจากก๊าซต่าง ๆ ในชั้นบรรยากาศที่ดูดกลืนรังสีในช่วงความยาวคลื่นเหล่านี้

รูปนี้ซับซ้อนยากที่จะเข้าใจว่าอะไรบ้างที่จะเกิดบนพื้นผิวโลก เป็นต้นว่าชั้นบรรยากาศที่ร้อนขึ้นจะแผ่รังสีที่มีพลังงานมากมาสู่พื้นผิวโลก โลกร้อนขึ้นจะแผ่รังสีออกมามากทำให้น้ำส่วนใหญ่บนพื้นผิวโลกระเหยออกไป ความจริงแล้วอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นนั้นมาจากการแผ่รังสีที่มากขึ้น ๆ จากชั้นบรรยากาศ ซึ่งใช้ในการระเหยน้ำมากกว่าความร้อนที่พื้นผิวโลกปลดปล่อยออกมา และในที่สุดสมดุลใหม่จึงเกิดขึ้น อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวโลกเพิ่มขึ้นทำให้อัตราการระเหยของน้ำเพิ่มขึ้นด้วย ความชุ่มชื้นในชั้นบรรยากาศจึงเพิ่มมากขึ้น ก่อให้เกิดเมฆซึ่งเป็นตัวสะกัดกั้นรังสีดวงอาทิตย์ ดังนั้นผลกระทบจากภาวะเรือนกระจกจึงลดปฏิกิริยาลง

ผลจากภาวะเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้น มิใช่เฉพาะโลกร้อนขึ้นเพียงอย่างเดียวเท่านั้น โดยภาพรวมแล้วยังทำให้พื้นดินแห้งแล้งและชั้นบรรยากาศมีความชื้นมากขึ้นและมีผลกระทบรวมไปถึง อุณหภูมิ ความชื้นบนพื้นผิวโลก ซึ่งเรียกว่า ภูมิอากาศ

ก๊าซเรือนกระจก

แม้ว่าชั้นบรรยากาศประกอบด้วยก๊าซออกซิเจนและก๊าซไนโตรเจนเป็นส่วนใหญ่แต่ยังมีก๊าซชนิดอื่น ๆ ปะปนอยู่บ้างในจำนวนเล็กน้อย ซึ่งก๊าซดังกล่าวเป็นที่รู้จักกันดีได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยมีความเข้มข้นอยู่ในชั้นบรรยากาศประมาณ 344 ส่วนในล้านโดยปริมาตร (ร้อยละ 0.034) นอกจากนี้ยังมีก๊าซชนิดอื่น ๆ ที่มีส่วนทำให้เกิดปฏิกิริยาเรือนกระจก ดังรายละเอียดสำคัญ ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ก๊าซเรือนกระจกที่มีในชั้นบรรยากาศ

	ความเข้มข้นในบรรยากาศ (ส่วนในพันล้านส่วนโดยปริมาตร) (ppbv)	อัตราการเพิ่มต่อปี (ร้อยละ)
คาร์บอนไดออกไซด์	344,000	0.4
มีเทน	1,650	1.0
ไนตรัสออกไซด์	304	0.25
เมทิลคลอโรฟอร์ม	0.13	7.0
โอโซน	มากมาย	–
CFC 11	0.23	5.0
CFC 12	0.4	5.0
คาร์บอนเตตระคลอไรด์	0.125	1.0
คาร์บอนมอนอกไซด์	มากมาย	0–2

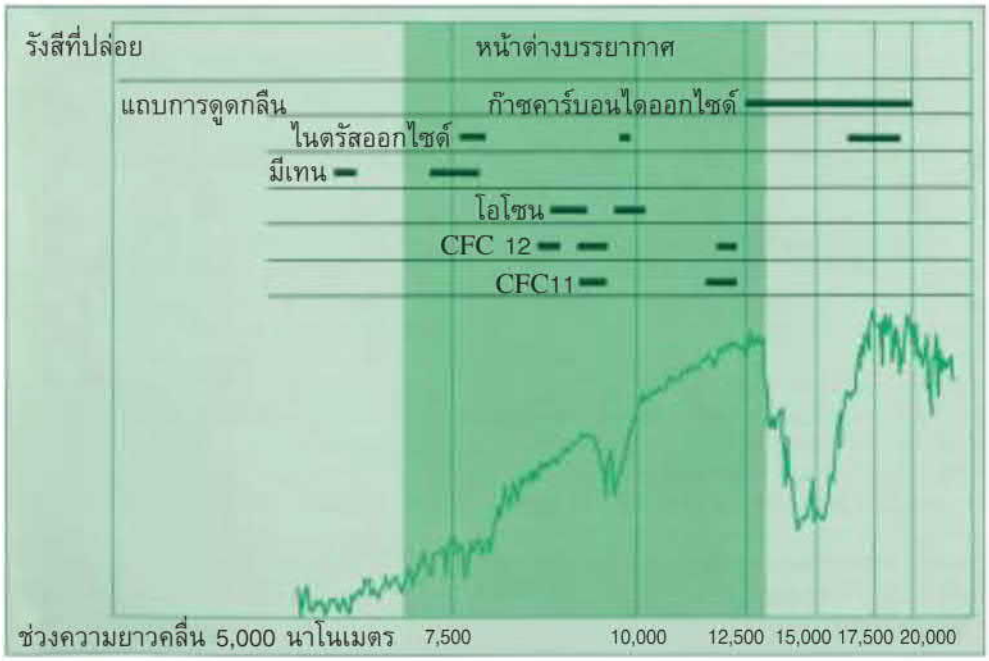
ก๊าซเหล่านี้มีปริมาณน้อยมากในชั้นบรรยากาศ หากเปรียบชั้นบรรยากาศเท่ากับสระว่ายน้ำขนาดใหญ่ เมทิลคลอไรด์และคาร์บอนเตตระคลอไรด์จะมีปริมาณสารละ 1/4 หยดเท่านั้น CFC 11 มีประมาณ 1/2 หยด CFC 12 ประมาณ 1 หยด ไนตรัสออกไซด์

ประมาณ 30 ช้อนชา มีเทน 8 ลิตร แต่คาร์บอนไดออกไซด์จะมีมากกว่า 1 บาร์เรล โอโซนมีปริมาณที่แตกต่างกันไปตามระดับความสูงของชั้นบรรยากาศ แต่ความเข้มข้นสูงสุดเทียบได้เท่ากับน้ำประมาณ 5 ลิตรในสระว่ายน้ำ 1 สระใหญ่

ตารางที่ 1 แสดงความเข้มข้นของก๊าซปริมาณน้อยในชั้นบรรยากาศในอัตราส่วนต่อ 1,000 ล้านส่วนโดยปริมาตรและอัตราการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจก ปัญหาภาวะเรือนกระจกมีสาเหตุมาจากประชากรและจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมที่เพิ่มขึ้น ซึ่งท้ายที่สุดปัญหานี้ได้ก่ออันตรายอย่างมากแก่โลก นอกจากนี้ปัญหาที่เกิดยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่ไม่สามารถอธิบายได้อีก

ไอน้ำในชั้นบรรยากาศจำนวนมากมีบทบาทสำคัญในการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดไว้ ประมาณร้อยละ 90 ของรังสีจะถูกดูดกลืนด้วยไอน้ำในชั้นบรรยากาศ เมฆ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนรังสีอีกร้อยละ 10 จะถูกดูดกลืนโดยก๊าซในชั้นบรรยากาศ เช่น โอโซน มีเทน และไนตรัสออกไซด์

รูปที่ 4 แสดงให้เห็นถึงวิธีการที่ก๊าซเรือนกระจกดูดกลืนรังสีอินฟราเรดในโลก ซึ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดูดกลืนได้ดีในช่วงความยาวคลื่น 12,500–17,000 นาโนเมตร โดยที่ร้อยละ 70–90 ของรังสีอินฟราเรดจะถูกดูดกลืนไปในช่วงความยาวคลื่น 7,000–13,000 นาโนเมตร ซึ่งเรียกว่า 'หน้าต่างชั้นบรรยากาศ' และในรูปที่ 4 ยังแสดงให้เห็นโมเลกุลก๊าซปริมาณน้อยที่สามารถดูดกลืนสเปกตรัมของรังสีไว้



รูปที่ 4 *แถบการดูดกลืนในช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ ของก๊าซเรือนกระจกที่ตกกระทบโดยไม่ผ่านหน้าต่างชั้นบรรยากาศ ซึ่งมีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 7,000 และ 13,000 นาโนเมตร ซึ่งหน้าต่างบรรยากาศเล็ก ๆ เหล่านี้ช่วยป้องกันรังสีที่ส่งผ่านมาโดยตรงจากนอกโลก*

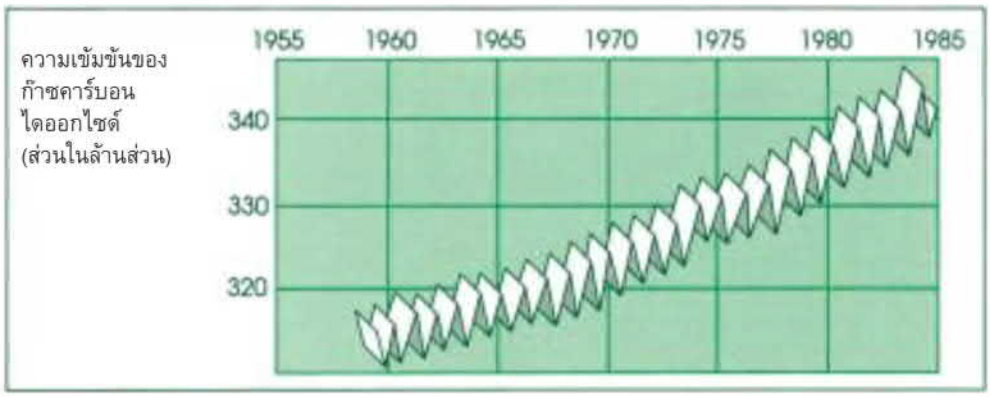
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์: ภัยที่ร้ายแรง

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติในชั้นบรรยากาศ ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตเกือบทั้งหมด มนุษย์และสัตว์หายใจเอาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาในขณะที่พืชหายใจเอาก๊าซนี้เข้าไปเพื่อใช้คาร์บอนจากคาร์บอนไดออกไซด์ในการสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรตที่พืชต้องการ

ก่อนยุคอุตสาหกรรมระหว่างครึ่งแรกในศตวรรษที่ 19 ระดับก๊าซคาร์บอน-ไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศมีประมาณ 270 ส่วนในล้านส่วนโดยปริมาตร (ppmv) นักวิทยาศาสตร์สามารถวัดระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอดีตได้โดยวิเคราะห์จากอากาศที่ค้างอยู่ในก้อนธารน้ำแข็ง ซึ่งบางแหล่งมีความเก่าแก่มากและสามารถบ่งบอกช่วงเวลาได้อย่างแม่นยำ รูปที่ 5 แสดงให้เห็นถึงการตรวจวัดนี้สามารถยืนยันได้ว่าระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

รูปที่ 5 *การวิเคราะห์อากาศที่จับอยู่ในก้อนน้ำแข็ง ตั้งแต่ศตวรรษที่ 18 โดยแสดงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เริ่มเพิ่มมากขึ้นในช่วงต้นศตวรรษที่แล้ว และค่อย ๆ เพิ่มปริมาณขึ้นตั้งแต่นั้นมา*

การตรวจวัดระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศอย่างแม่นยำดำเนินการมาตั้งแต่ ค.ศ. 1957 รูปที่ 6 แสดงการเพิ่มขึ้นของระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อย่างสม่ำเสมอตั้งแต่บัดนั้น โดยภาพรวมแล้วก๊าซชนิดนี้มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น รวมทั้งสิ้นเกือบร้อยละ 25 นับตั้งแต่เริ่มมีการปฏิวัติอุตสาหกรรมเป็นต้นมา สาเหตุหลักเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงดึกดำบรรพ์ ซึ่งเกิดขึ้นในขณะที่คาร์บอนในเชื้อเพลิงถูกออกซิไดส์กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ลอยขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ การทำลายพื้นที่ป่าไม้จำนวนมากสนับสนุนให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อพื้นที่ถูกถางเพื่อการเกษตรแล้ว ต้นไม้บนผืนดินนั้นก็มักจะถูกเผาตามไปด้วย แม้ว่าผลกระทบจากความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะไม่สามารถทราบแน่ชัดได้ก็ตาม แต่ผลกระทบจากการถางป่าจะลดลงไปในอนาคตทั้งนี้เพราะจากการคาดว่า อัตรา

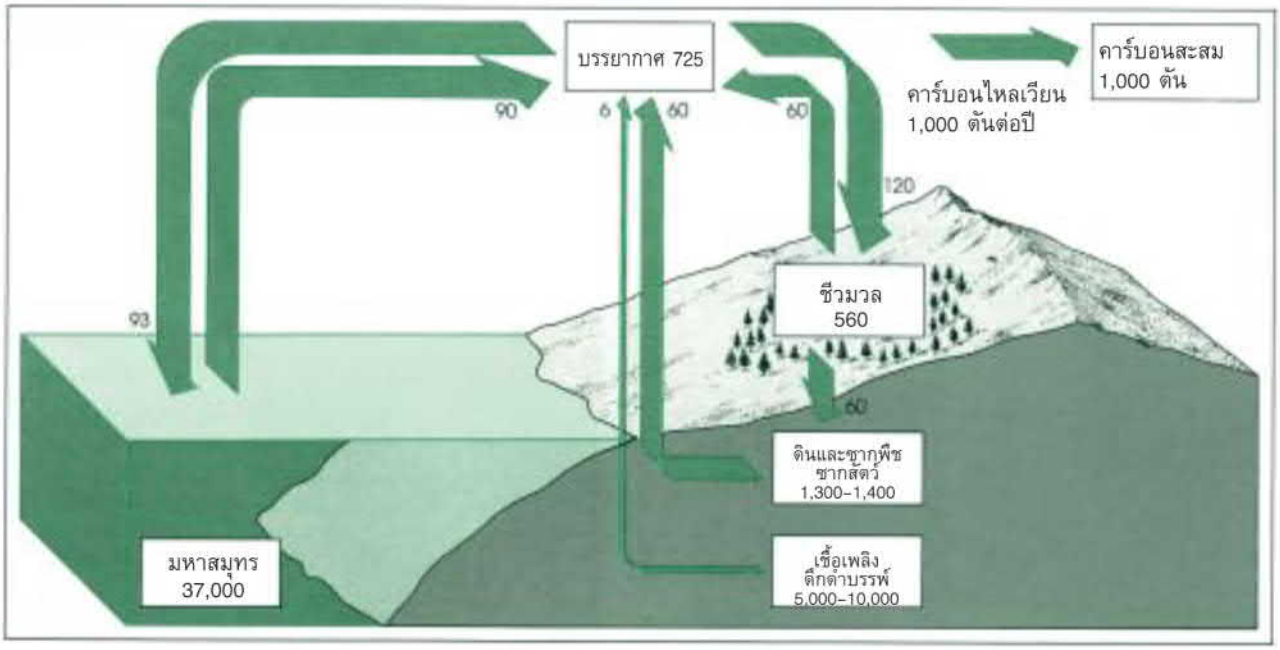


รูปที่ 6 *การตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศอย่างแม่นยำ เริ่มขึ้นใน ค.ศ. 1958 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซดังกล่าวยังคงเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งการแปรเปลี่ยนของฤดูกาลในระหว่างปีทำให้พืชชนิดต่าง ๆ เจริญเพิ่มขึ้นในฤดูร้อน โดยตรวจวัดที่เมืองเมานาโลอา มลรัฐฮาวาย*

การทำลายป่าไม้จะลดลง แต่เชื้อเพลิงดึกดำบรรพ์จะถูกนำมาใช้เพื่อการเผาไหม้ในปริมาณที่มากเพิ่มขึ้นไปอีก

ถ้าคาดการณ์ได้ว่าในอนาคตใช้เชื้อเพลิงในปริมาณเท่าใด จะง่ายที่จะพยากรณ์ระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ แต่ในความเป็นจริงไม่ง่ายเช่นนั้น สิ่งที่เกิดขึ้นตามมาเมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แพร่กระจายออกไปสู่ชั้นบรรยากาศเป็นเรื่องสลับซับซ้อนยิ่งนัก อะตอมคาร์บอนเฉลี่ยที่แบ่งตัวจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง เช่น จากเชื้อเพลิงดึกดำบรรพ์ไปสู่อากาศ จากอากาศไปสู่มหาสมุทร (ในรูปของสารละลายคาร์บอเนต) จากมหาสมุทรไปสู่ปลาและสิ่งมีชีวิตในทะเล จากสิ่งมีชีวิตในทะเลไปสู่พื้นท้องทะเล จากพื้นท้องทะเลไปสู่พื้นผิวอีกครั้ง แล้วก็จะกลับสู่ชั้นบรรยากาศอีกเมื่อพืชนำมาใช้ประโยชน์ ซึ่งจะกลับคืนสู่พื้นดิน ในที่สุดก็ย่อยสลายกลับเป็นเชื้อเพลิงดึกดำบรรพ์ และวัฏจักรเหล่านี้จะเริ่มขึ้นใหม่อีกครั้ง

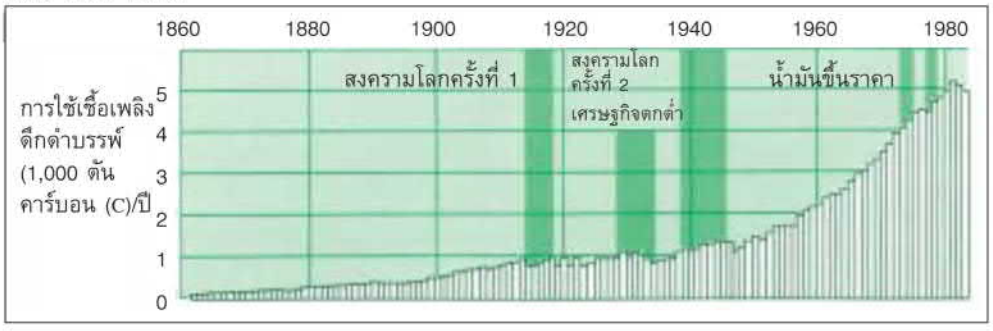
รูปที่ 7 *วัฏจักรคาร์บอนในโลก ซึ่งหมุนเวียนสับเปลี่ยนระหว่างแหล่งรองรับสำคัญ 4 แหล่ง คือ บรรยากาศ มหาสมุทร ดินและชีวมวล ผลที่เกิดขึ้น คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณครึ่งหนึ่งแพร่กระจายสู่ชั้นบรรยากาศและลอยค้างอยู่ ส่วนที่เหลือจะอยู่ในมหาสมุทร ดินและในการเจริญเติบโตของพืช*



รูปที่ 7 ได้สรุปสิ่งที่เรารู้เกี่ยวกับวัฏจักรคาร์บอนในโลก โดยที่ผลกระทบจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงดึกดำบรรพ์ในชั้นบรรยากาศในระดับต่าง ๆ อาจสามารถประเมินได้อย่างแม่นยำหากเข้าใจถึงกระบวนการของวัฏจักรคาร์บอนอย่างถ่องแท้ แม้อาจจะเข้าใจได้ไม่ทั้งหมดหรือเพียงเข้าใจพอที่จะชี้ได้ว่าอะไรจะเกิดขึ้นเมื่อเชื้อเพลิงดึกดำบรรพ์ถูกใช้ในการเผาไหม้มากขึ้น จนถึงบัดนี้การดำเนินงานส่วนใหญ่สรุปได้ว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่แพร่กระจายออกมายังคงลอยอยู่ในชั้นบรรยากาศครึ่งหนึ่ง และถูกดูดกลืนโดยมหาสมุทรและพืชพันธุชนิดต่าง ๆ อีกครึ่งหนึ่ง

ดังนั้นงานลำดับแรกที่ต้องทำ คือ ต้องคาดคะเนได้ว่าจะมีการใช้เชื้อเพลิงดึกดำบรรพ์ในปริมาณเท่าใดในอนาคต ซึ่งนับว่าเป็นงานที่ยุ่งยากมากเพราะจำเป็นต้องนำปัจจัยต่าง ๆ มาพิจารณาประกอบกัน ซึ่งรวมถึงระดับของจำนวนประชากรในอนาคต อัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจ การเปลี่ยนแปลงชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ การนำเทคโนโลยีด้านเชื้อเพลิงพลังงานในรูปแบบอื่น ๆ มาใช้ ความสำเร็จหรือความล้มเหลวในนโยบายการพัฒนาโลกที่สาม นโยบายราคาเชื้อเพลิงและผลกระทบใดบ้างที่จะเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก ซึ่งล้วนแต่เป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

รูปที่ 8 แสดงให้เห็นอัตราการแพร่กระจายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเพิ่มขึ้นเรื่อยมาในระหว่าง ค.ศ. 1860–1910 โดยอยู่ที่ระดับร้อยละ 4.22 ต่อปี ซึ่งเริ่มต้นด้วยการแพร่กระจายออกมาประมาณ 90 ล้านตันต่อปี จนกระทั่งใน ค.ศ. 1985 นักวิเคราะห์ในช่วงเวลานั้นลังเลในการคาดคะเนถึงความต่อเนื่องในการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ นักวิเคราะห์คาดคะเนได้ว่าระดับการแพร่กระจายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ใน ค.ศ. 1985 จะมีคาร์บอนแพร่กระจายไปประมาณ 16 จิกะตันต่อปี (1 จิกะตัน = 1,000 ล้านตัน หรือ 10^9 ตัน) ความจริงแล้วระดับการแพร่กระจายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปัจจุบันมีเพียง 5 จิกะตัน และการคาดคะเนของนักวิเคราะห์เหล่านั้นอาจคลาดเคลื่อนไปเนื่องจากมีปัจจัยมากกว่า 3 ประการมาเกี่ยวข้อง ได้แก่ การเกิดสงครามโลกทั้ง 2 ครั้งที่ผ่านมา ตลอดจนการขึ้นราคาน้ำมันอย่างกะทันหันใน ค.ศ. 1973 และ ค.ศ. 1979



รูปที่ 8 *นับตั้งแต่ ค.ศ. 1860 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากเชื้อเพลิงดึกดำบรรพ์ที่แพร่กระจายออกไปยังคงเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง แม้ว่าจะเกิดสงครามโลกทั้ง 2 ครั้ง และการขึ้นลงของราคาน้ำมันในทศวรรษ 1970*

ระหว่าง ค.ศ. 1950–1970 เป็นอีกช่วงเวลาหนึ่งที่ราคาน้ำมันสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยอยู่ในระดับร้อยละ 4.44 ต่อปี แต่การขึ้นราคาน้ำมันในทศวรรษ 1970 ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงตามมา ผลคือ ระดับการแพร่กระจายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศระหว่างต้นทศวรรษ 1980 ได้ลดต่ำลงติดต่อกันอย่างน้อยเป็นเวลา 3 ปี ซึ่งไม่มีใครทราบว่าราคาน้ำมันที่ลดอย่างกะทันหันใน ค.ศ. 1986 ส่งผลกระทบใดบ้าง

ฉะนั้นการพยากรณ์ปริมาณการแพร่กระจายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอนาคตในราวตอนกลางศตวรรษหน้าจึงเป็นเรื่องที่ไม่แน่นอน ทำให้ผู้คนจำนวนมากพยายามคาดคะเนกันไปต่าง ๆ นานา ระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำสุดได้มาจากการคาดคะเนโดยมีเป้าหมายเฉพาะเพื่อการสำรวจผลของมาตรการประหยัดพลังงานซึ่งใช้กันอย่างกว้างขวาง ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการแพร่กระจายก๊าซนี้จะลดระดับลงเหลือแค่ 1 จิกะตัน ภายใน ค.ศ. 2020 แต่การคาดคะเนปริมาณสูงสุดกลับชี้บอกว่า ระดับการแพร่กระจายก๊าซชนิดนี้จะเพิ่มขึ้นเกือบถึง 50 จิกะตัน ใน ค.ศ. 2050 ซึ่งใครกันจะเป็นฝ่ายถูกต้อง และจะเกิดผลกระทบอะไรขึ้นต่อสภาพภูมิอากาศโลก

ในเอกสารสำคัญซึ่งเตรียมไว้สำหรับการประชุม UNEP/WMO/ICSU เรื่องก๊าซเรือนกระจก ซึ่งจัดขึ้นในเมืองวิลแลชประเทศออสเตรเลีย ใน ค.ศ. 1985 ผู้เขียนเอกสารดังกล่าวได้สรุปไว้ว่า ภายใน ค.ศ. 2050 การแพร่กระจายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น่าจะลดลงอยู่ในระดับต่ำลงและสูงขึ้นระหว่าง 2 และ 20 จิกะตัน ตามลำดับ และยังชี้ให้เห็นอีกว่า ถึงแม้ระดับก๊าซดังกล่าวจะอยู่ในกรณีสูงสุด นั่นคือ มีโอกาสเป็นไปได้มากที่จะอยู่ในระดับเฉลี่ยใดระดับหนึ่งซึ่งสูงประมาณ 10 จิกะตัน

เป็นสิ่งที่ยากลำบากมากหากจะถามผู้พยากรณ์ใน ค.ศ. 1910 ว่า จะบอกได้หรือไม่ว่าอะไรจะเกิดขึ้นใน ค.ศ. 2050 เพราะเมื่อมองย้อนกลับไปดูการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องที่ระดับร้อยละ 4.22 ต่อปีในช่วงเวลา 60 ปีก่อน เขาคงต้องสรุปว่า การเพิ่มขึ้นเช่นนี้จะต้องดำเนินต่อไปอีกโดยไม่มีการหยุดชะงัก หากเป็นเช่นนั้นจริงเมื่อถึง ค.ศ. 2050 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่แพร่กระจายออกมาในโลกจะสูงขึ้นถึงระดับที่น่าตกใจ คือ 232 จิกะตัน ถ้าสิ่งที่เราคิดในปัจจุ นนถูกต้องผู้ที่พยากรณ์ไว้ใน ค.ศ. 1910 จะต้องคาดผิดไปด้วยปริมาณใดปริมาณหนึ่งระหว่าง 23–116 จิกะตัน

แล้วอะไรคือสิ่งที่พยากรณ์ได้ในปัจจุบันถึงระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศที่จะเกิดขึ้นในอนาคต แบบจำลองเมื่อไม่นานมานี้แบบหนึ่งของวัฏจักรคาร์บอนในโลกคาดคะเนว่าระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะสูงขึ้นถึง 367 และ 531 ppmv หากระดับของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าและต่ำกว่าระดับดังกล่าวนี้

หมายความว่า เมื่อถึง ค.ศ. 2050 ระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเพิ่มขึ้นสูงกว่าระดับในยุคก่อนอุตสาหกรรมประมาณ 1.4 และ 2.0 เท่า ผู้เชี่ยวชาญในสาขานี้เห็นพ้อง

ร่วมกันว่าระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าจะก่อความผันแปรทางภูมิอากาศเป็นอย่างมากซึ่งสังคมมนุษย์ในอนาคตน่าจะยอมรับได้ อย่างไรก็ตามเราทราบกันว่าก๊าซเรือนกระจกชนิดอื่น ๆ อาจมีแนวโน้มส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ด้วยเช่นเดียวกัน โดยต้องควบคุมระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศให้อยู่ในระหว่าง 1.5–1.7 เท่าของระดับในยุคก่อนอุตสาหกรรม หากในการผลิตพลังงานซึ่งปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำกว่าระดับข้างต้นนี้จะส่งผลให้ต้องเพิ่มพลังงานขึ้นอีกและเป็นผลให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น 1.4 เท่า ซึ่งเป็นเรื่องที่น่าเป็นห่วงยิ่งนักไม่ว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะเป็นที่ยอมรับได้หรือไม่ก็ตาม โดยจะส่งผลกระทบข้างเคียงต่าง ๆ ซึ่งต้องตรวจสอบอีกในอนาคต

ก๊าซไนตรัสออกไซด์ ก๊าซมีเทน CFC และอื่น ๆ

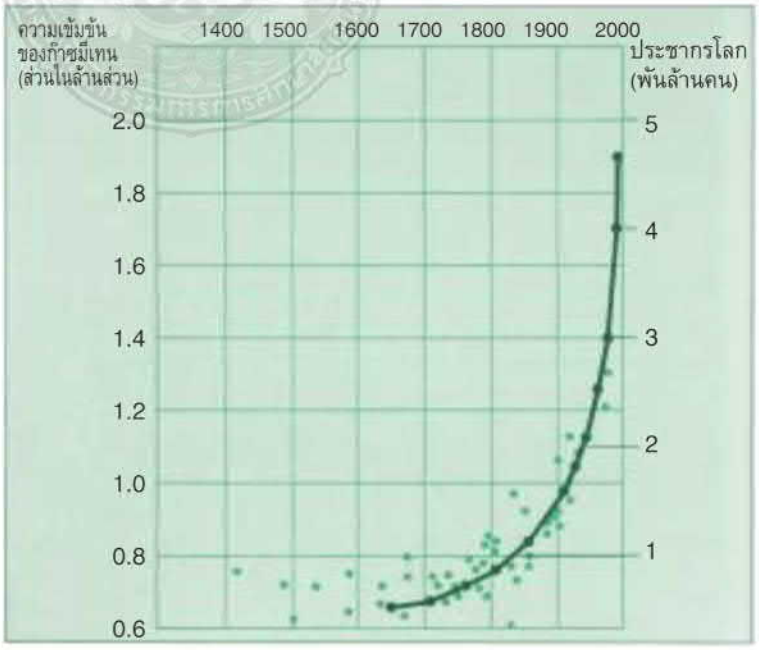
ก๊าซปริมาณน้อยอื่น ๆ อีก 5 ชนิดในชั้นบรรยากาศที่มีปริมาณพอเพียงที่จะดูดกลืนรังสีอินฟราเรดซึ่งมีผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศในอนาคต ได้แก่ คลอโรฟลูออโร-คาร์บอน 2 ชนิด (CFC 11 และ CFC 12) ก๊าซมีเทน ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (ก๊าซหัวเราะ) และโอโซน ตามโครงสร้างพื้นฐานของโมเลกุลแล้ว ก๊าซเหล่านี้สามารถดูดกลืนรังสีอินฟราเรดได้มากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อย่างไรก็ตามเนื่องจากก๊าซเหล่านี้มีปริมาณน้อยมากในชั้นบรรยากาศผลกระทบจึงเกิดน้อยกว่าตามไปด้วย แต่ถ้ามองอีกด้านหนึ่งเมื่อก๊าซเหล่านี้มารวมกันผลกระทบที่เกิดก็น่าจะเทียบเท่ากับผลกระทบที่เกิดจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ปัญหาจากการคาดคะเนระดับก๊าซเรือนกระจกชนิดอื่น ๆ ในอนาคตนั้นยุ่งยากกว่าปัญหาจากการคาดคะเนระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทั้งนี้เพราะยังมีความเข้าใจสาเหตุการเพิ่มความเข้มข้นของก๊าซเหล่านั้นได้ไม่ดีพอ

ยังไม่มีการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซมีเทนกระทั่งปลายทศวรรษ 1960 จากการตรวจวัดพบว่าความเข้มข้นของก๊าซมีเทนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในระดับที่สูงขึ้น (ดูรูปที่ 9) ตลอดระยะ 10 ปีที่ผ่านมาประมาณร้อยละ 1.1 ต่อปี นักวิทยาศาสตร์ได้นำแกนน้ำแข็งที่มีอากาศจับตัวอยู่มาวิเคราะห์หาแนวโน้มในระยะยาวพบว่าระดับก๊าซมีเทนจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการเพิ่มจำนวนประชากรมนุษย์ (ดูรูปที่ 10)

ข้อค้นพบนี้น่าจะจริงเพราะก๊าซมีเทนจำนวนหนึ่งเกิดขึ้นจากกิจกรรมการเกษตร เช่น การเคี้ยวเอื้องของวัวควายและที่ปลักโคลนในนาข้าว เช่นเดียวกับในระหว่างการทำเหมืองถ่านหิน และเมื่อเกิดการเผาไหม้เชื้อเพลิงดึกดำบรรพ์ ไม่มีใครแน่ใจว่าสิ่งเหล่านี้จะทำให้เกิดก๊าซมีเทนมากเท่าใด กิจกรรมการเลี้ยงสัตว์ การทำนาข้าว และการเผาไหม้

รูปที่ 9 *ระดับก๊าซมีเทนในชั้นบรรยากาศเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 1.1 ต่อปี ตลอดระยะ 10 ปีที่ผ่านมา ซึ่งตรวจวัดได้จากเครื่องบิน เรือ บนพื้นดิน*



รูปที่ 10 *การเจริญเติบโตของประชากรมนุษย์ (สีดำ) และระดับก๊าซมีเทน ในชั้นบรรยากาศ (จุดสีเขียวเข้ม) มีความสัมพันธ์กันในช่วง 600 ปีที่ผ่านมา การคาดคะเนระดับก๊าซมีเทนในอนาคต สรุปได้ว่ามีความสัมพันธ์กับการขยายตัวของประชากรและจะเป็นเช่นนี้เรื่อยไป*

เชื้อเพลิงดึกดำบรรพ์ ก่อให้เกิดก๊าซมีเทนมากที่สุด โดยที่มีปริมาณพอกับก๊าซมีเทนที่เหลือ ซึ่งเกิดจากลุมน้ำขัง ก๊าซธรรมชาติ และการทำเหมืองถ่านหิน

ทุก ๆ ปีชั้นบรรยากาศจะได้รับก๊าซมีเทนโดยเฉลี่ยประมาณ 425 ล้านตัน แต่ก๊าซมีเทนมีช่วงชีวิตอยู่ในบรรยากาศไม่นานนัก (โดยเฉลี่ยโมเลกุลของก๊าซมีเทนอยู่ได้เพียง 10 ปีเท่านั้น) เพราะจะถูกออกซิไดซ์ด้วยสารเคมีชนิดอื่น ๆ อย่างรวดเร็ว การออกซิเดชันและกระบวนการอื่น ๆ จะทำลายก๊าซมีเทนไปประมาณ 375 ล้านตันต่อปี และเหลือไว้ประมาณ 50 ล้านตัน จึงทำให้ระดับก๊าซมีเทนเพิ่มขึ้นทุกปี

ในอนาคตระดับของก๊าซมีเทนจะเพิ่มขึ้นเท่าใด จนบัดนี้ความเข้มข้นของก๊าซมีเทนได้เพิ่มขึ้นถึง 2 เท่า โดยความเข้มข้นก๊าซมีเทนในยุคก่อนอุตสาหกรรมอยู่ที่ระดับประมาณ 0.7 ส่วนในล้านส่วนโดยปริมาตร (ppmv) ซึ่งบัดนี้ถึง 1.65 ppmv วิธีหนึ่งที่ใช้ประมาณค่าระดับก๊าซมีเทนในอนาคตมีสมมุติฐานว่า ความสัมพันธ์ระหว่างระดับก๊าซมีเทนกับจำนวนประชากรเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ดังรูปที่ 10 ซึ่งหากเป็นเช่นนี้กราฟระดับของก๊าซมีเทนจะสูงขึ้นถึง 2.5 ppmv ใน ค.ศ. 2050 และเป็นไปได้ว่าก๊าซมีเทนจะเพิ่มขึ้นประมาณ 2.34 ppmv ใน ค.ศ. 2030 (เพิ่มมากกว่าที่ตรวจวัดได้ในปัจจุบันร้อยละ 40) แต่การเพิ่มขึ้นนี้ยังต้องขึ้นอยู่กับระดับของสารเคมีชนิดอื่น ๆ ในชั้นบรรยากาศซึ่งเป็นตัวควบคุมอัตราการออกซิไดซ์ ของก๊าซมีเทนด้วย

ก๊าซไนตรัสออกไซด์หรือก๊าซหัวเราะก็เหมือนกับก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นเองจากธรรมชาติและจากการกระทำของมนุษย์ที่ผลิตสารชนิดนี้ออกมา โดยก๊าซเหล่านี้เริ่มเข้มข้นมากขึ้นแม้จะเป็นไปอย่างช้า ๆ ประมาณร้อยละ 0.2 ถึง 0.3 ต่อปี ซึ่งความเข้มข้นในปัจจุบันมีประมาณ 0.3 ppmv หรือเท่ากับ 1.5 ล้านตัน

ก๊าซไนตรัสออกไซด์สลายตัวจากชั้นบรรยากาศช้ากว่าก๊าซมีเทนมาก มีช่วงชีวิตในชั้นบรรยากาศนานถึง 170 ปี ก๊าซชนิดนี้เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินโดยอัตราการแพร่กระจายก๊าซนี้จะเร็วขึ้น เนื่องจากการเกษตรที่ใช้ปุ๋ยเคมีที่มีส่วนประกอบของไนโตรเจน ก๊าซไนตรัสออกไซด์ทั้งหมดที่แพร่กระจายออกมามีปริมาณ 12–15 ล้านตันต่อปี ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 10 ที่เกิดจากปุ๋ยเคมี ส่วนก๊าซไนตรัสออกไซด์ที่เหลือนั้นเกิดจากการกระทำของจุลินทรีย์ในธรรมชาติ การขยายตัวทางการเกษตร การเผาป่า ซากพืชและสัตว์จากการเกษตร และเชื้อเพลิงดึกดำบรรพ์

การคาดคะเนถึงก๊าซไนตรัสออกไซด์ในอนาคตนั้นเป็นเรื่องที่ยาก เนื่องจากมีปัจจัยหลายประการมาเกี่ยวข้อง ปัจจัยหนึ่งคือ อัตราการแพร่กระจายก๊าซไนตรัสออกไซด์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตลอดทศวรรษที่ผ่านมา อย่างไรก็ตามไม่ดีนักหากจะสรุปว่า ก๊าซไนตรัสออกไซด์จะเพิ่มขึ้นต่อไปอีกโดยไม่มีที่สิ้นสุด ทั้งนี้เพราะทั้งเชื้อเพลิงดึกดำบรรพ์และศักยภาพในพื้นที่ที่เพาะปลูกนั้นมีอยู่อย่างจำกัด อนึ่งเนื่องจากก๊าซไนตรัสออกไซด์จะ

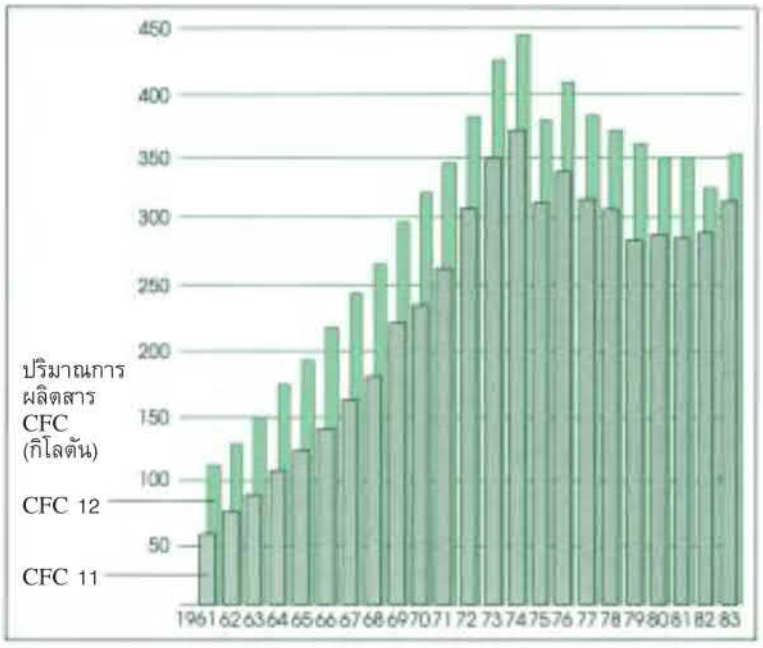
ตกค้างอยู่ในชั้นบรรยากาศเป็นเวลายาวนานโดยอยู่ในสภาพคงตัว ซึ่งระดับก๊าซไนตรัสออกไซด์นี้จะไม่มีการเพิ่มขึ้นอีก 200 ปี หากหยุดการแพร่กระจายก๊าซไนตรัสออกไซด์ในขณะนี้ทันทีจะสอดคล้องกับความเป็นจริงที่ว่า ระดับก๊าซไนตรัสออกไซด์ใน ค.ศ. 2030 จะมีประมาณ 0.375 ppmv ซึ่งเพิ่มขึ้นมากกว่าที่เคยเกิดในยุคก่อนอุตสาหกรรมถึงร้อยละ 34

คลอโรฟลูออโรคาร์บอนหรือสาร CFC เป็นของเหลวที่ใช้ในระบบทำความเย็น สารขับดัน ตัวทำละลาย สารในการเป่าโฟมและการผลิตพลาสติก ก๊าซชนิดนี้ไม่ได้เกิดจากธรรมชาติเหมือนก๊าซเรือนกระจกชนิดอื่น ๆ แต่เป็นผลจากอุตสาหกรรมและโดยข้อเท็จจริงแล้วก๊าซเหล่านี้ในที่สุดจะสิ้นสุดอยู่ที่ชั้นบรรยากาศ

เนื่องจากสาร CFC จะปลดปล่อยคลอรีนอิสระขึ้นไปสู่ชั้นบรรยากาศโดยเร่งปฏิกิริยาการแตกตัวของโอโซน สาร CFC นี้เป็นภัยต่อชั้นโอโซนที่ปกป้องสิ่งมีชีวิตบนโลกจากผลของรังสีอัลตราไวโอเลตที่เป็นอันตราย ด้วยเหตุนี้หลายประเทศจึงกำหนดข้อบังคับ การผลิตและการใช้สาร CFC ขึ้น โดยมีร่างอนุสัญญาเพื่อการพิทักษ์ชั้นโอโซนและลงนามร่วมกันในปฏิญญาว่าด้วยการผลิตและการใช้สาร CFC

แม้การผลิตสาร CFC จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึง ค.ศ. 1970 แต่อัตราการแพร่กระจายสารชนิดนี้กลับช้าลง ทั้งนี้เป็นผลมาจากข้อบังคับใหม่ที่เกิดนี้ อย่างไรก็ตามมีสัญญานบอกให้รู้ว่าการผลิตสาร CFC จะเพิ่มขึ้นอีก (ดูรูปที่ 11) สาร CFC มีช่วงชีวิตในชั้นบรรยากาศยาวนานจึงเป็นเหตุผลหลักที่ต้องหยุดและลดการเพิ่มขึ้นของสาร CFC ในชั้นบรรยากาศอย่างรวดเร็ว ด้วยเหตุนี้แนวโน้มที่เป็นไปได้ในปัจจุบันในการลดสาร CFC เป็นตัวบ่งชี้บางสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้ การคาดการณ์ส่วนใหญ่มองในแง่ดีว่าการผลิตสาร CFC สูงขึ้นร้อยละ 1.5 ต่อปี ส่วนแง่ร้ายมองว่าการผลิตสาร CFC จะเพิ่มขึ้นร้อยละ 3 (เมื่อเปรียบเทียบกับระดับใน ค.ศ. 1980 ซึ่งสูงขึ้นร้อยละ 5 ต่อปี)

รูปที่ 11 *แสดงอัตราการผลิตสารคลอโรฟลูออโร-คาร์บอนของบริษัทต่าง ๆ ซึ่งรายงานโดยสมาคมผู้ผลิตสารเคมี พบว่ามีปริมาณการผลิตเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงกลางทศวรรษ 1970 เมื่อเริ่มลดการใช้สาร CFC ในสารขับดัน และในปัจจุบันได้เห็นสมควรให้เพิ่มการใช้สารชนิดนี้เพื่อประโยชน์ในการใช้สอยชนิดอื่น ๆ อีก*

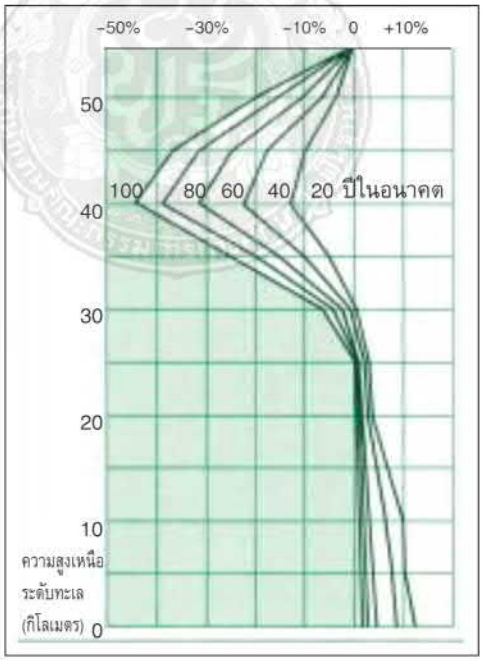


มีปัญหามากมายที่เกิดขึ้น โอโซนก็เป็นปัญหาหนึ่งซึ่งต่างกันออกไป โอโซนเป็นองค์ประกอบหนึ่งในธรรมชาติของชั้นบรรยากาศ และสิ่งมีชีวิตบนโลกยังขึ้นอยู่กับโอโซน ความเข้มข้นของโอโซนจะแตกต่างกันไปตามระดับความสูง ละติจูดตำแหน่งที่ตั้ง ฤดูกาล และช่วงเวลาในแต่ละวัน ซึ่งการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงใน

ระยะยาวเป็นเรื่องยาก อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของโอโซนจะเพิ่มขึ้นในชั้นบรรยากาศระดับต่ำกว่า และยังเป็นสาเหตุการเพิ่มความเข้มข้นในโมเลกุลชนิดอื่น ๆ เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการก่อตัวของโอโซนจากออกซิเจน การพบโอโซนอยู่ในชั้นบรรยากาศระดับต่ำลงมานั้นสำคัญมากทั้งนี้เพราะโอโซนจะเป็นเสมือนก๊าซเรือนกระจกเสียเอง

มีหลักฐานแสดงให้เห็นว่าระดับโอโซนเริ่มลดลงที่ระดับความสูงขึ้นไปกว่า 25 กิโลเมตร ดังที่คาดไว้ว่าระดับสาร CFC จะเพิ่มขึ้น ซึ่งสาร CFC นี้จะปลดปล่อยคลอรีนอิสระเร่งการแตกตัวของโอโซนที่ระดับความสูงต่าง ๆ กัน โอโซนมีบทบาทต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศหลายประการ โมเลกุลของโอโซนจะดูดกลืนการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ ดังนั้นหากระดับโอโซนลดลงมากในชั้นบรรยากาศรังสีดวงอาทิตย์ที่แผ่ลงมาก็จะถูกดูดกลืนน้อยลงในบริเวณนั้นด้วยและรังสีนั้นจะทะลุทะลวงผ่านมายังพื้นผิวโลกได้โดยตรง ในทางกลับกันหากชั้นบรรยากาศเองดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ได้น้อยชั้นบรรยากาศจะสะท้อนรังสีอินฟราเรดมาที่พื้นผิวโลกน้อยลงด้วย ผลที่เกิดตรงกันข้ามกันทั้งสองนี้ทำให้เกิดสมดุลสอดคล้องกัน

ปัญหาในการคาดคะเนระดับโอโซนในอนาคตนั้นขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารเคมีชนิดอื่น ๆ เกือบทั้งหมด นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้น เพราะปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในชั้นบรรยากาศ ที่สูงขึ้นไปนั้นจะยิ่งมีความซับซ้อน นักวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่เชื่อว่าระดับโอโซนจะเพิ่มขึ้นที่ความสูงประมาณ 9 กิโลเมตร ซึ่งโอโซนจะเพิ่มขึ้นต่อเนื่องกันไปและอาจเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 0.25 ต่อปีที่ระดับความสูงมากขึ้น ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับโอโซนจะน้อยลงจนระดับโอโซนลดลงเป็น 0 ที่ความสูง 27 กิโลเมตร ที่ระดับความสูงยิ่งขึ้นไปอีกปริมาณโอโซนจะลดลงเนื่องมาจากการเพิ่มความเข้มข้นของสาร CFC และก๊าซชนิดอื่น ๆ รูปที่ 12 เป็นแบบจำลองแบบหนึ่งที่ใช้คาดคะเนระดับของโอโซนในอนาคต



รูปที่ 12 *แบบจำลองบรรยากาศที่คาดการณ์การเปลี่ยนแปลงของระดับโอโซนที่ระดับความสูงต่าง ๆ ของชั้นบรรยากาศ ในช่วง 100 ปีข้างหน้า แม้ว่าโอโซนจะเบาบางลงที่ความสูงมากกว่า 25 กิโลเมตรขึ้นไป แต่ความเข้มข้นจะเพิ่มขึ้นในระดับที่ต่ำลงไป โดยโอโซนจะแสดงบทบาทเป็นก๊าซเรือนกระจกจึงทำให้เกิดภาวะเรือนกระจกขึ้น*

สภาพภูมิอากาศจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร

เมื่อทราบถึงความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกชนิดต่าง ๆ ว่าเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรแล้วก็น่าจะรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นล่วงหน้าได้ ทำให้คาดคะเนผลของการเปลี่ยนแปลงการแผ่รังสีอินฟราเรดและรังสีแสงอาทิตย์ที่แผ่มายังพื้นผิวโลกได้ง่าย แต่การคาดการณ์สภาพภูมิอากาศในอนาคตตามสภาพความเป็นจริงนั้นทำได้ยาก

เราต้องการแบบจำลองคอมพิวเตอร์เกี่ยวกับระบบภูมิอากาศโลก ซึ่งจะใช้คาดคะเนการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงระดับการแผ่รังสีดวงอาทิตย์และรังสีอินฟราเรด นอกจากนี้แบบจำลองดังกล่าวต้องมีกลไกการให้ข้อมูลป้อนกลับด้วย ตัวอย่างเช่น ถ้าพื้นผิวโลกร้อนขึ้น หิมะและน้ำแข็งละลายเร็วขึ้นจะทำให้รังสีดวงอาทิตย์สะท้อนจากพื้นผิวโลกได้น้อยลง อุณหภูมิจะยิ่งเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในทำนองเดียวกันการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีผลกระทบต่อการก่อตัวของเมฆและปริมาณไอน้ำในอากาศ โดยการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ยิ่งส่งผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศยิ่งขึ้นไปอีก จากตัวอย่างที่ยกมาชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของผลกระทบที่จะเกิดขึ้น แต่แบบจำลองอื่น ๆ เกือบทั้งหมดไม่สามารถคาดการณ์ย้อนกลับไปว่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 1.2–1.3 องศาเซลเซียส มาจากระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มสูงขึ้นเป็น 2 เท่า แต่ถ้าใช้แบบจำลองที่มีการป้อนกลับ ในการคาดการณ์พบว่าอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้น 1.5–4.5 องศาเซลเซียส

ตัวเลขดังกล่าวดูเหมือนไม่แตกต่างกันมาก แต่แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิโดยเฉลี่ยในแต่ละปีเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยในยุคน้ำแข็งครั้งหลังสุด จะเย็นกว่าอุณหภูมิในปัจจุบันประมาณ 5 องศาเซลเซียส ในการศึกษาสภาพภูมิอากาศครั้งอดีตนำมาใช้เพื่อชี้ให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเกิดจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยในรอบปี ตัวอย่างเช่น เมื่อ 5,000–7,000 ปีที่ผ่านมา อุณหภูมิเฉลี่ยอาจจะสูงกว่าปัจจุบันประมาณ 1 องศาเซลเซียส ภูมิอากาศตอนนั้นแตกต่างจากปัจจุบันอย่างมากโดยจะมีฝนตกหนักในเขตร้อนและกึ่งเขตร้อนกว่าปัจจุบันมากซึ่งอาจจะมากกว่าถึงร้อยละ 50–100 ในประเทศแอฟริกาและอินเดีย และที่ทะเลทรายสะฮาราอาจจะยังไม่เป็นทะเลทราย แต่เป็นทุ่งหญ้าสะวันนาที่แห้งแล้งก็เป็นได้

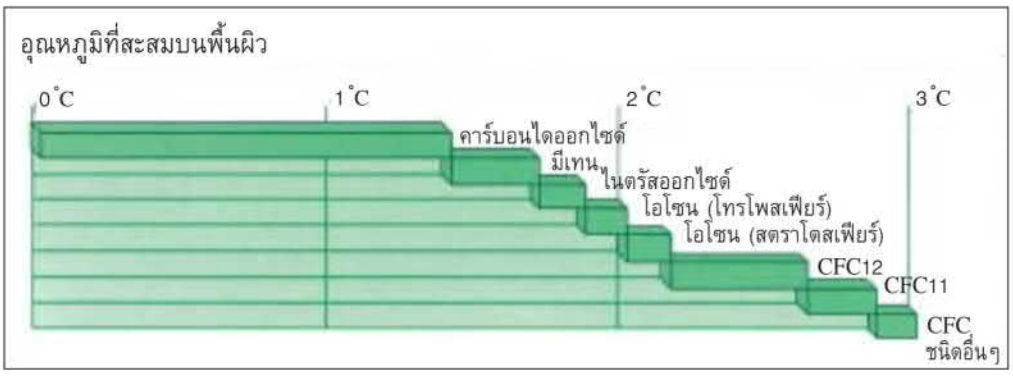
อุณหภูมิเฉลี่ยในรอบ 10,000 ปีที่ผ่านมาไม่เปลี่ยนแปลงไปมากกว่า 1–2 องศาเซลเซียส นั่นหมายความว่าถ้าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าจะทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นต่ำสุดประมาณ 1.5 องศาเซลเซียส ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับสภาพภูมิอากาศในขณะนั้นจะมากกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน

แบบจำลองส่วนใหญ่วิเคราะห์ว่าจะเกิดอะไรขึ้นถ้าระดับคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ซึ่งหมายความว่า ก๊าซชนิดนี้จะเพิ่มจากระดับปกติ 344 ppmv

จนถึงประมาณ 680 ppmv โดยกำหนดให้แพร่กระจายออกมาได้ในระดับ 450 ppmv ภายในระยะเวลา 50 ปี นั่นคือจนกระทั่งถึง ค.ศ. 2030 อย่างไรก็ตาม เราควรคำนึงถึงก๊าซเรือนกระจกชนิดอื่น ซึ่งควรนำมาคำนวณหาความเข้มข้นอย่างง่าย ๆ เพื่อใช้คาดคะเนความเข้มข้นของก๊าซเหล่านี้ในอนาคต รูปที่ 13 แสดงให้เห็นถึงบทบาทความสัมพันธ์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับก๊าซเรือนกระจกชนิดต่าง ๆ ในระยะเวลา 50 ปี ข้างหน้า ซึ่งก๊าซเรือนกระจกชนิดอื่น ๆ รวมกันจะส่งผลกระทบเท่ากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพียงชนิดเดียว

วิธีหนึ่งที่ชี้ให้เห็นบทบาทก๊าซเรือนกระจกชนิดอื่น ๆ โดยคำนวณก๊าซเรือนกระจกเหล่านั้นในรูปของผลกระทบความร้อนจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งใน ค.ศ. 1980 ความร้อนจากก๊าซเรือนกระจกชนิดต่าง ๆ ในชั้นบรรยากาศมีความเข้มข้นเทียบเท่ากับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเกินกว่า 40 ppmv และใน ค.ศ. 2030 ความร้อนจากก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นส่งผลกระทบเท่ากับผลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีความเข้มข้น 140 ppmv ซึ่งเป็นการกำหนดระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้ใหม่ ขณะที่ระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในยุคก่อนอุตสาหกรรมคงที่อยู่ในระดับ 270 ppmv และเพิ่มเป็น 380 ppmv ใน ค.ศ. 1980 และใน ค.ศ. 2030 อาจจะสูงถึง 590 ppmv ถ้าพิจารณาดูก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดแล้วจะพบว่า ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นจากช่วงก่อนยุคอุตสาหกรรมจนถึง ค.ศ. 2030 เป็น 2.2 เท่า และการเพิ่มในช่วง ค.ศ. 1960–2030 อาจจะมากกว่า 1.8 เท่า ซึ่งทำให้เกิดผลกระทบขึ้นเป็น 2 เท่าได้

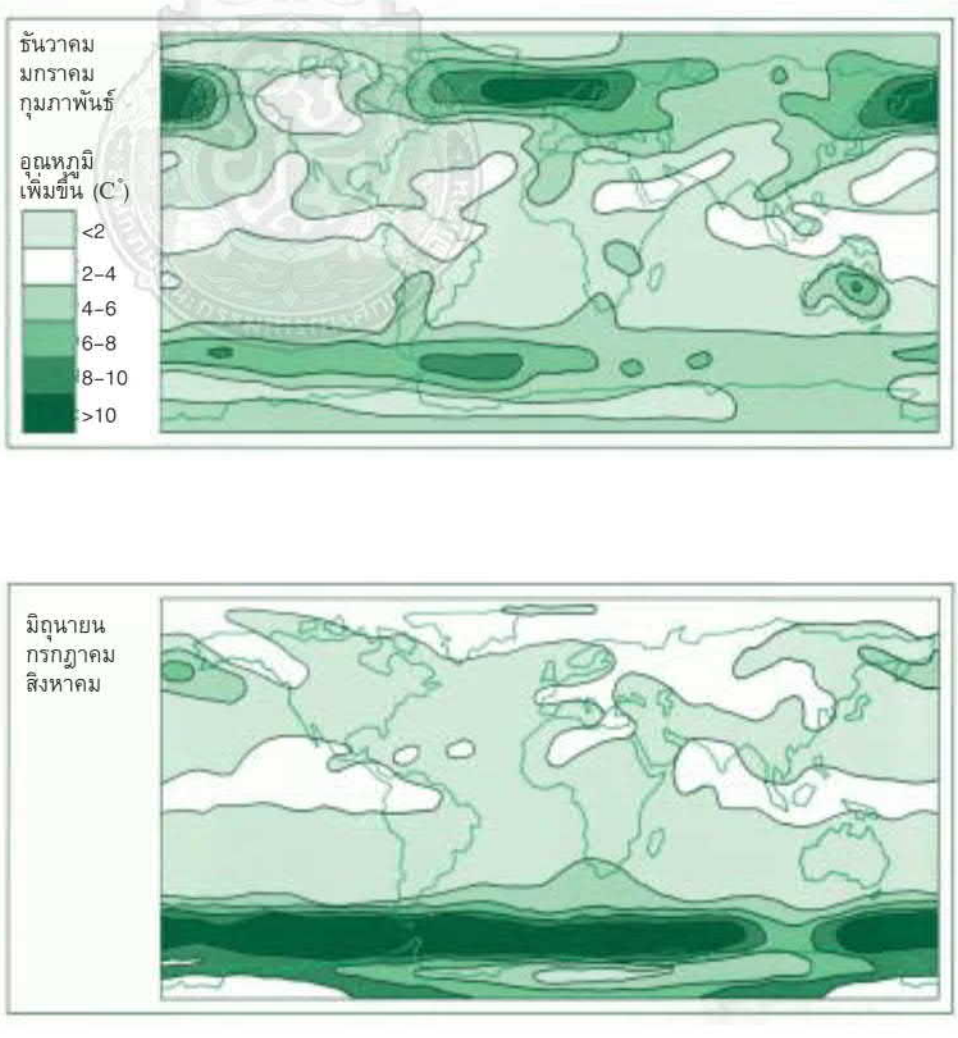
การทดลองที่ใช้แบบจำลองบรรยากาศส่วนใหญ่มุ่งศึกษาถึงผลที่เกิดจากความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าร่วมกับสภาพภูมิอากาศที่มาเกี่ยวข้อง ซึ่งไม่ถูกต้องนักที่จะรวมเอาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศดังกล่าวมาเป็นผลจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือก๊าซเรือนกระจกชนิดต่าง ๆ เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ซึ่งก่อให้เกิดการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ ผลการศึกษาที่คัดมานี้จะเป็นตัวบ่งชี้ว่า สิ่งที่เกิดขึ้นระหว่าง ค.ศ. 1960–2030 เป็นผลจากความเข้มข้นทั้งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซเรือนกระจกชนิดอื่น ๆ ที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 13 *การคาดคะเนใน ค.ศ. 2030 โลกจะร้อนขึ้นราว 3 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นครึ่งหนึ่งสืบเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และอีกครึ่งหนึ่งเกิดจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกชนิดต่าง ๆ*

เมื่อเป็นเช่นนี้แบบจำลองส่วนใหญ่ระบุว่า อุณหภูมิเฉลี่ยที่พื้นผิวโลกจะเพิ่มขึ้น 4 องศาเซลเซียส ที่จริงแล้วอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจะอยู่ระหว่าง 3.5 และ 4.2 องศาเซลเซียส ในละติจูดที่สูงขึ้นทางซีกโลกเหนืออุณหภูมิจะอุนขึ้นในฤดูหนาว ส่วนซีกโลกใต้อุณหภูมิจะอุนม่ากขึ้นบริเวณทวีปแอนตาร์กติกา แบบจำลองแบบหนึ่ง (ดูรูปที่ 14) ระบุว่าอุณหภูมิของอากาศในทวีปยุโรปและอเมริกาเหนือจะเพิ่มขึ้น 4 องศาเซลเซียสในทะเลทรายสะฮารา และบริเวณเหนือละติจูด 60 องศาขึ้นไป อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นประมาณ 5 องศาเซลเซียส

ยากที่จะอธิบายการเปลี่ยนแปลงอย่างอื่นจากแบบจำลองนี้เพราะการคาดคะเนยังเป็นที่โต้แย้งกันอยู่ โดยทั่วไปแล้วใช้แบบจำลองเหล่านี้คาดคะเนการละลายของน้ำแข็งในทะเล การลดการสะท้อนความร้อนของพื้นผิวโลก และปริมาณเมฆที่ลดลง ซึ่งบางแบบจำลองระบุว่า เมฆระดับต่ำจะเพิ่มมากขึ้นในละติจูดที่สูงขึ้นและจะมีเมฆระดับสูงเกิดขึ้นที่ละติจูดกลาง



รูปที่ 14 *แบบจำลองบรรยากาศแสดงถึงผลกระทบจากความร้อนที่เพิ่มขึ้นระหว่างเดือนธันวาคม–กุมภาพันธ์ (บน) และระหว่างเดือนมิถุนายน–สิงหาคม(ล่าง) อันเป็นผลมาจากความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ผลกระทบได้ปรากฏขึ้นระหว่างฤดูหนาวในเขตสแกนดิเนเวียซึ่งจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นถึง 10 องศาเซลเซียส โดยมีอุณหภูมิสูงกว่าในฤดูหนาวปกติ*

แบบจำลองหลายแบบยังได้พยากรณ์หยาดน้ำฟ้าและความชื้นของดิน ซึ่งมี 3 แบบจำลองที่พยากรณ์ระบุว่าหยาดน้ำฟ้าทั้งหมดจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 7 ถึง 11 การเปลี่ยนแปลงเช่นนี้มีโอกาสเกิดขึ้นในบริเวณละติจูด 30 องศาเหนือและละติจูด 30 องศาใต้ ทำให้มีฝนตกมากขึ้นในบริเวณเส้นศูนย์สูตรตลอดทั้งปี และบริเวณละติจูดที่ใกล้กันกลับมีฝนน้อยลงในฤดูร้อนของบางปี ผืนดินบริเวณละติจูดกลางในซีกโลกเหนือและละติจูดสูงขึ้นไปจะแห้งแล้ง

การเปลี่ยนแปลงนี้จะไม่เกิดขึ้นทันทีทันใดที่ระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ในทำนองเดียวกับน้ำจะไม่เดือดในทันทีที่เปิดสวิตช์กาต้มน้ำ ซึ่งจะต้องใช้ระยะเวลานานพอสมควรกว่าที่โลกและมหาสมุทรจะร้อนขึ้นได้

ในความเป็นจริงแล้ว ช่วงล้าของอุณหภูมิในมหาสมุทรนั้นกว้างมากกว่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ซึ่งคิดเป็นครึ่งหนึ่งของอุณหภูมิที่คาดการณ์ไว้โดยอุณหภูมิเพียงครึ่งเท่านั้นปรากฏผลขึ้นใน ค.ศ. 2030 ส่วนที่เหลืออีกครึ่งจะใช้เวลาอีกสองสามทศวรรษจึงจะปรากฏผลออกมา ก๊าซเรือนกระจกชนิดต่าง ๆ จะส่งผลร่วมกันก่อให้เกิดความร้อนเพิ่มขึ้นภายใน ค.ศ. 2030 ผลคือ อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้น 1–7 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิที่น่าจะเป็นคือ 1.5–4.5 องศาเซลเซียส ความร้อนบางระดับอาจจะไม่เกิดขึ้นในเวลาที่คาดไว้เพราะช่วงล้าความร้อนที่ช้าและระดับความร้อนที่เพิ่มขึ้น เช่น อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 0.5 องศาเซลเซียสอาจเกิดขึ้นแล้ว สถิติความร้อนในซีกโลกเหนือชี้ว่า อุณหภูมิโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 0.5 องศาเซลเซียส ในช่วงประมาณ 120 ปีที่ผ่านมา

ผลกระทบต่อสังคม

เมื่อภูมิอากาศเปลี่ยนไปสังคมก็จะเดือดร้อนตามไปด้วย ทั้งนี้เพราะสังคมจะต้องปรับตัวให้ดีที่สุดเพื่อที่จะสามารถดำรงอยู่ได้ในสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปกับสิ่งที่แปรเปลี่ยนที่เป็นไปโดยกำเนิดดังเช่น มีหลักฐานหลายอย่างที่แสดงให้เห็นว่า อิทธิพลความหนาวเย็น ช่วงเวลาที่ฝนตกบ้างร้อนบ้าง ความแห้งแล้ง ทำให้ปริมาณการผลิตธัญพืชตกต่ำ ดังนั้น เราจำเป็นต้องเลือกพืชที่จะเพาะปลูกและเลือกใช้เทคนิคในการดูแลเพื่อทำให้ได้ผลผลิตที่ดี ซึ่งเราสามารถเลือกให้เหมาะสมที่สุดได้ภายใต้สภาพภูมิอากาศเฉลี่ยนั้น ๆ หากสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนไปพืชที่เราเพาะปลูก เทคนิคการเพาะปลูกและธัญพืชที่เคยเพาะปลูกจะต้องเปลี่ยนไปด้วย

แน่นอนย่อมมีกรณีที่ยกเว้นไว้เช่นกัน อาทิ เกิดฝนตกหนักในซาเฮลในช่วงทศวรรษ 1970 และต้นทศวรรษ 1980 ทำให้สภาพที่นั่นดีขึ้นอย่างมาก แต่กรณีเช่นนี้มีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นเฉพาะในเขตที่สภาพภูมิประเทศไม่ปกติเท่านั้น และจะเกิดขึ้นกับที่อื่น ๆ ที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศใกล้เคียงกับบริเวณนี้ ซึ่งสภาพดังกล่าวต้องการการปรับตัวใหม่ให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม เทคโนโลยีใหม่ ๆ ตลอดจนความจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิต

ฉะนั้นจึงไม่ถูกต้องนักที่จะกล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะนำมาซึ่งการเปลี่ยนแปลงบางอย่างที่ถาวร ประโยชน์และความเสียหายที่เกิดขึ้นอื่น ๆ อย่างถาวร 'ประโยชน์' ที่ยกมาอย่างหนึ่งคือ เมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจะทำให้ได้ผลผลิตที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศเลย การทดลองชี้ให้เห็นว่า พืชที่ปลูกในบริเวณที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีความเข้มข้นสูงจะงอกงามได้ดีกว่าระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปกติ ภายใน ค.ศ. 2030 ปริมาณการผลิตของพืชที่เพาะปลูกหลายชนิดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหากอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนที่เปลี่ยนแปลงไปไม่ส่งผลกระทบให้เกิดความเสียหาย ในทางกลับกันถึงแม้ว่าปริมาณการผลิตในหลายพื้นที่จะได้ผลดี แต่ถ้าคิดว่าจะได้ผลในลักษณะเช่นนี้ทั่วโลกก็เป็นความคิดที่ผิด ตัวอย่างเช่น สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น และประเทศในประชาคมเศรษฐกิจยุโรป อย่างน้อยที่สุดต้องประสบปัญหาที่สำคัญทางการเกษตร คือ การได้ผลผลิตที่มากเกินไป หากผลผลิตที่เพิ่มขึ้นไม่เป็นไปตามธรรมชาติผลที่ตามมาทันทีคือ ราคาของพืชผลนั้นตกต่ำลง ผลผลิตจะเหลือมาก รายได้จากการทำเกษตรกรรมย่อมต่ำลงด้วย และการว่างงานกลับเพิ่มขึ้น

แม้การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับผลผลิตทางการเกษตรจะเป็นเรื่องที่เล็กน้อยและไม่ซับซ้อน แต่ผลกระทบต่อสังคมมีแนวโน้มสูงมาก ซึ่งยากต่อการคาดคะเน ในการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนั้นจะยิ่งมีผลกระทบมากกว่าเรื่องของผลผลิตด้านการเกษตร เพราะยังมีผลกระทบไปถึงระบบการผลิตชีวภาพทั้งหมด เป็นต้นว่า ป่าไม้ ที่ดินทำ

การเกษตร ที่อยู่อาศัยของสัตว์ การประมง ตลอดจนเรื่องอุปสงค์อุปทานในด้านน้ำใช้และพลังงาน สภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปทำให้ปัญหาที่มีอยู่แล้วรุนแรงยิ่งขึ้น เช่น ปัญหาความแห้งแล้ง พื้นดินที่กลายเป็นทะเลทรายและการสึกกร่อนของดิน เมื่อเกิดบ่อยครั้งเข้าทำให้นิเวศวิทยาเปลี่ยนแปลงไปก่อให้เกิดอันตราย เช่น เกิดภัยน้ำท่วม พายุไฟป่า เกิดโรคระบาดในพืช สัตว์และมนุษย์ อุณหภูมิสูงขึ้น และเกิดฝนตกหนักในฤดูหนาวในเขตอบอุน ' ทำให้ศัตรูพืชมีชีวิตอยู่รอดได้ในฤดูหนาวและเพิ่มจำนวนมากกว่าในปัจจุบัน

นครใหญ่ ๆ อาจจะได้รับผลจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้น เป็นต้นว่า อุณหภูมิในกรุงวอชิงตัน ดี.ซี. ปัจจุ ันมีอุณหภูมิสูงกว่า 38 องศาเซลเซียสโดยเฉลี่ย 1 วันต่อปี และสูงกว่า 32 องศาเซลเซียสประมาณ 35 วันในทุก ๆ ปี แต่เมื่อถึงกลางศตวรรษหน้าตัวเลขนี้อาจเปลี่ยนไป เป็น 12 วัน และ 85 วันต่อปี โดยอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจะมีผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ในกรุงวอชิงตัน ดี.ซี. และเมืองอื่น ๆ ทั่วโลกที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน ซึ่งเป็นเรื่องยากที่จะคาดคะเนได้ สิ่งหนึ่งที่จะเกิดขึ้นโดยไม่ต้องสงสัยเลย นั่นคือ ความเครียดอันเกิดจากความร้อนในเมืองซึ่งจะคร่าชีวิตผู้คนเป็นจำนวนมาก

ขณะที่อุณหภูมิในชั้นบรรยากาศสูงขึ้น ชั้นบรรยากาศจะสามารถรองรับไอน้ำโดยอุมไอน้ำที่เพิ่มขึ้น ความชื้นบนพื้นผิวโลกและดุลยภาวะทางอุทกศาสตร์จะก่อให้เกิดฝนตก ส่วนหนึ่งส่งผลต่อปริมาณการผลิตทางการเกษตรในแต่ละปีอีกด้วย ดังนั้นความเปลี่ยนแปลงดังกล่าวอาจจะนำมาใช้แก้ไขเพื่อวางแผนซึ่งนำมาใช้ปฏิบัติได้ในปัจจุบัน จะเห็นได้จากน้ำประปาและไฟฟ้าในรูปของพลังน้ำโดยอาศัยโครงสร้างพื้นฐานหลัก เช่น เขื่อนและอ่างเก็บน้ำที่ประมาณว่าจะมีอายุการใช้งานอย่างน้อยที่สุด 40 ปี โดยการออกแบบก่อสร้างเขื่อนและอ่างเก็บน้ำต่าง ๆ มีสมมุติฐานว่าปริมาณหยาดน้ำฟ้าและอัตราการระเหยของน้ำไม่เปลี่ยนแปลงตลอดอายุการใช้งาน ซึ่งเมื่อพบว่าสมมุ ิฐานที่ตั้งขึ้นนั้นผิดพลาดเพราะสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงไป กระบวนการวางแผนปฏิบัติงานนั้นย่อมจะยุงยากกว่าที่เคยทำ

ความเร็วของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นก็สำคัญเช่นกัน การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วจะทำให้สิ่งมีชีวิตปรับตัวเข้ากับการเปลี่ยนแปลงได้ยาก และยังสร้างความเสียหายให้กับสิ่งที่สังคมมนุษย์ได้สร้างไว้เพื่อสนองตอบต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น เช่น การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่เกิดจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มความเข้มข้นเป็นสองเท่าก็จะมีขึ้นได้ง่ายในระยะเวลากว่า 100 ปี เป็นไปได้ว่าระยะเวลาอาจจะสั้นกว่า 50 ปี แต่ก็ได้สร้างปัญหาที่ใหญ่หลวงให้แก่โลกแล้วในระยะเวลา 5-10 ปี หรือไม่ก็เปลี่ยนแปลงแผ่ขยายไปยังบริเวณต่าง ๆ ในโลก ดังได้กล่าวมาแล้วว่า ระบบ

น้ำท่วมเกาะชวาใน ค.ศ. 1982 เป็นภัยร้ายแรงอันเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ประเทศกำลังพัฒนาซึ่งตั้งอยู่ในที่ราบลุ่มต้องเผชิญ

ภูมิอากาศโลกมีความแตกต่างกันไปในขณะที่พื้นที่บางแห่งจะได้รับผลกระทบเพียงเล็กน้อย แต่พื้นที่ส่วนอื่น ๆ รวมทั้งพื้นที่ที่มีผลผลิตธัญพืชดีอาจจะต้องเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน และความชื้นบนพื้นผิวอย่างมากมาย

เมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น การคาดคะเนผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อสังคมตามมาเป็นเรื่องที่ยาก เนื่องจากมีผลกระทบ 2 ประการเข้ามาเกี่ยวข้อง ได้แก่ การที่พืชเจริญได้ดีเนื่องจากระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มสูงขึ้น และผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเอง

พืชเจริญเติบโตได้ดี

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นปุ๋ยชนิดหนึ่งที่มีความจำเป็นที่ช่วยในการเสริมสร้างให้ระดับคาร์โบไฮเดรตในพืชชนิดต่าง ๆ เพิ่มขึ้น แม้ว่าเกษตรกรที่ประสบความสำเร็จในการเพาะปลูกจะไม่เคยนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่การเกษตรก็ตาม ในประเทศอุตสาหกรรมซึ่งมีจำนวนการใช้เชื้อเพลิงดึกดำบรรพ์เพิ่มมากขึ้นเป็นผลผลักดันให้เกษตรกรทั้งหลายตัดสินใจใช้ปุ๋ยเคมีกับผลิตผลที่ปลูก หากระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าเป็นไปได้ว่าปริมาณการผลิตจากพืชผลชนิดต่าง ๆ ที่เราปลูกรวมทั้งวัชพืชก็จะเพิ่มขึ้นประมาณหนึ่งถึงสามเท่า

การเจริญเติบโตของพืชในห้องค้นคว้าวิจัยภายใต้ระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงประมาณ 1,000 ppmv พบว่า พืชส่วนใหญ่ที่ปลูกเจริญเติบโตได้ดีมีผลผลิตเพิ่มขึ้น เนื่องจากอัตราการหายใจของพืชลดลง พืชใช้น้ำเพื่อการเจริญเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

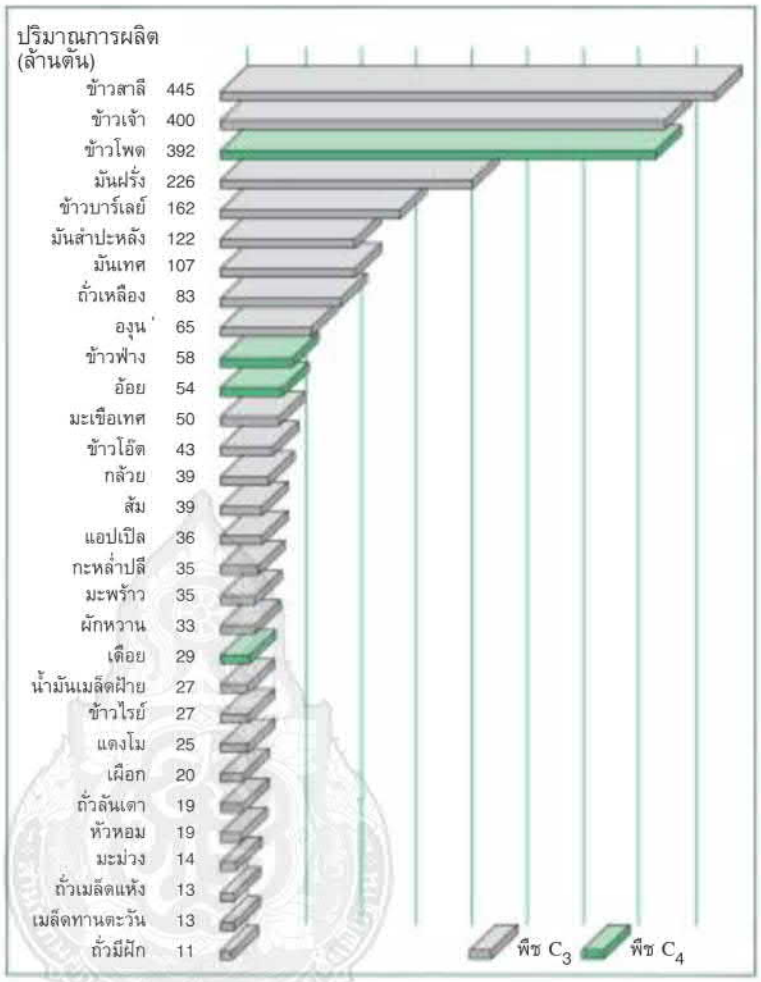
มากขึ้น ในเรื่องนี้เห็นได้ชัดกับบรรดาพืชที่ถูกกีดขวางการเจริญเติบโตจากการขาดน้ำ การเจริญเติบโตที่เร็วขึ้นนั้นไม่ได้จำกัดอยู่เฉพาะพืชที่มีประโยชน์เท่านั้น วัชพืชจะเจริญได้ดีด้วยเช่นกัน หรือเจริญเติบโตได้ดีกว่าพืชที่เราปลูกเสียอีก การคาดคะเนผลของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นนั้นไม่ง่ายเพราะพืชชนิดต่าง ๆ จะสนองตอบต่อการเพิ่มขึ้นของก๊าซชนิดนี้แตกต่างกันไป บางชนิดอาจเจริญเพิ่มขึ้นสองเท่า แต่บางชนิดอาจไม่ได้รับผลกระทบเลย

ปรากฏการณ์ดังกล่าวส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับธรรมชาติของปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสงของพืชแต่ละชนิด ซึ่งในกระบวนการเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์เป็นคาร์โบไฮเดรตในพืชแต่ละชนิดจะผลิตสารประกอบที่เป็นตัวกลางต่าง ๆ กันไปมากมาย เช่น พืช C_3 สารประกอบตัวกลางดังกล่าวจะมีอะตอมของคาร์บอน 3 อะตอม ส่วนพืช C_4 สารประกอบตัวกลางนั้นมีอะตอมของคาร์บอน 4 อะตอม ปรากฏว่า พืช C_3 จะตอบสนองต่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นได้ดีกว่าพืช C_4 เมื่อความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า พืช C_3 มีแนวโน้มที่จะเจริญเติบโตและให้ผลผลิตถึงร้อยละ 10–50 ขณะที่พืช C_4 จะให้ผลผลิตเพียงร้อยละ 0–10 เท่านั้น

ประเด็นนี้สำคัญมากเพราะในบรรดาพืชผลที่เป็นอาหารสำคัญในโลก 20 ชนิด มี 16 ชนิด เป็นพืช C_3 (ดูรูปที่ 15) และในบรรดาวัชพืชที่เลวร้ายที่สุด 18 ชนิด มีวัชพืชจำนวน 14 ชนิดที่เป็นพืช C_4 ซึ่งน่าจะเดาได้ว่าวัชพืชดังกล่าวจะตอบสนองตอบต่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ไม่ดีเท่ากับพืชผล 16 ชนิดที่ใช้เป็นอาหาร ในอีกแง่หนึ่งพบว่าพืชผลที่ใช้เป็นอาหารซึ่งเป็นพืช C_4 มี 4 ชนิด ได้แก่ ข้าวโพด ข้าวฟ่าง อ้อย และเดือย คงจะต้องแก่งแย่งกับวัชพืชซึ่งเป็นพืช C_3 มากขึ้น นี่คือสิ่งที่ไม่น่าสบายใจเลยสำหรับพื้นที่ส่วนใหญ่ที่อยู่ในเขตกึ่งทะเลทรายสะฮาราในทวีปแอฟริกาซึ่งบริโภคข้าวโพด เดือย และข้าวฟ่างเป็นอาหารหลัก พืชผลเหล่านี้คงไม่ได้รับประโยชน์อะไรมากจากปุ๋ยที่เป็นผลมาจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น ดังเช่นข้าวและพืชผลที่เป็นอาหารหลักชนิดอื่น ๆ ที่อยู่ในเขตอบอุ่นทั้งต้องแก่งแย่งกันอย่างมากกับวัชพืชที่เป็น C_3 อีกด้วย

ทั้งหมดนี้เป็นเรื่องซับซ้อนเนื่องจากอิทธิพลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะขึ้นอยู่กับความสามารถของพืชชนิดนั้น ๆ ในการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แต่ยังมีหลักฐานบางอย่างที่แสดงว่า วัชพืชโดยทั่วไปจะสนองตอบต่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มสูงขึ้นได้ดีกว่าพืชผลที่เป็นอาหารไม่ว่าพืชเหล่านั้นจะใช้ปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสงแบบใดก็ตาม

จำเป็นต้องศึกษาวิจัยเพิ่มขึ้นมากกว่านี้ก่อนที่จะกล่าวอย่างแน่ชัดว่า ผลผลิตจะเพิ่มขึ้นเท่าใดเมื่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น แต่โดยหลักทั่วไปแล้วการเจริญเติบโตของพืชจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.5–2.0 ทุก ๆ ความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น 10 ppmv นี่แสดงว่านับตั้งแต่ยุคก่อนอุตสาหกรรมเป็นต้นมาระดับก๊าซ



รูปที่ 15 *ในบรรดาพืชผลที่เป็นอาหารหลักที่สำคัญของโลก 30 ชนิด มีพืชเพียง 4 ชนิด เท่านั้นที่เป็นพืช C_4 ในจำนวนนี้มีเพียง 3 ชนิด เท่านั้นที่เป็นพืชอาหารหลักของประเทศที่อยู่ในเขตกึ่งทะเลทรายสะฮาราในแอฟริกา ส่วนผลผลิตของพืชชนิดอื่น ๆ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากระดับของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้นในชั้นบรรยากาศ*

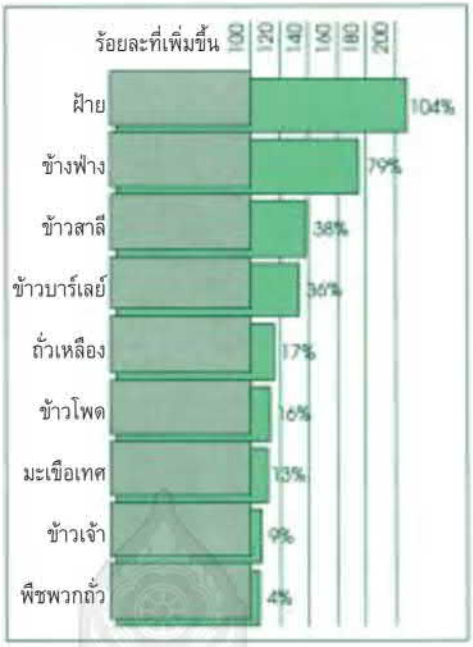
คาร์บอนไดออกไซด์ที่มีความเข้มข้นประมาณ 75 ppmv ซึ่งมีระดับต่ำกว่าปัจจุบัน การเจริญเติบโตของพืชนั้นควรเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยร้อยละ3.75–15 และการที่ผลผลิตของพืชเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อไม่นานมานี้ส่วนหนึ่งอาจเป็นเพราะระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในอากาศนั่นเอง ตัวอย่างเช่น คาดกันว่าผลผลิตถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้นมาร้อยละ 15 ตั้งแต่ประมาณ ค.ศ. 1700 มีสาเหตุมาจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศนั่นเอง

มีการทดลองในพืชผลที่ใช้เป็นอาหารในห้องค้นคว้าวิจัยเกือบ 800 รายการใน ค.ศ. 1982 ซึ่งต่างก็ยืนยันผลดังกล่าวข้างต้น เช่น หากเพิ่มความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็น 2 เท่า ผลผลิตของพืชแต่ละชนิดจะเพิ่มขึ้นดังที่คาดคะเนไว้ด้วยปริมาณที่แตกต่างกันอย่างมาก (ดูรูปที่ 16)

อย่างไรก็ดีคุณภาพของอาหารที่ผลิตมีแนวโน้มที่ด้อยลงขณะที่ระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นและในขณะที่ใบของพืชอุดมไปด้วยธาตุคาร์บอน แต่จำนวนธาตุไนโตรเจนจะลดลง โดยสังเกตได้จากแมลงที่กินใบถั่วเหลืองซึ่งจะกินในปริมาณที่

มากขึ้นเพื่อให้ได้ไนโตรเจนซึ่งเป็นธาตุอาหารประกอบของโปรตีนในระดับที่ต้องการ นี่เป็นเครื่องชี้ให้เห็นว่าศัตรูพืชจะก่อความเสียหายเพิ่มขึ้นในสภาพแวดล้อมที่มีคาร์บอนจำนวนมาก

เกษตรกรอาจต้องต่อสู้กับผลกระทบที่มีมากอีกด้านหนึ่งจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นั่นคือ เมื่อพืชเจริญเติบโตเร็วขึ้น พืชเหล่านี้จำเป็นต้องได้ปุ๋ยมากขึ้นด้วย นอกจากจะเป็นพืชตระกูลถั่วที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้เองอีกทั้งยังมีส่วนช่วยเพิ่มไนโตรเจนให้แก่ดิน ซึ่งทำได้โดยการปลูกพืชตระกูลถั่วแซมลงไปในพื้นที่ที่ปลูกในสภาพแวดล้อมที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น การใช้ปุ๋ยวิทยาศาสตร์อาจสิ้นเปลืองแต่มีความจำเป็นหากดินนั้นได้สูญเสียธาตุอาหารไป



รูปที่ 16 *ปริมาณการผลิตพืชผลหลัก 9 ชนิด ที่คาดว่าจะเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มความเข้มข้นขึ้นเป็น 2 เท่า*

ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ระดับของอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนที่เปลี่ยนไปย่อมส่งผลกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตรและยากต่อการคาดคะเนได้ สภาพอากาศที่อบอุ่นขึ้นและปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้นอาจมองดูว่าเป็นผลดีแต่ก็ไม่แน่นอนเสมอไป ปริมาณการผลิตทางการเกษตรมักจะตกต่ำเนื่องจากดินโชกไปด้วยน้ำจนยากต่อการเก็บเกี่ยว หรือสภาวะชื้นและอบอ้าวจะช่วยสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการระบาดของศัตรูพืชและโรคพืชชนิดต่าง ๆ

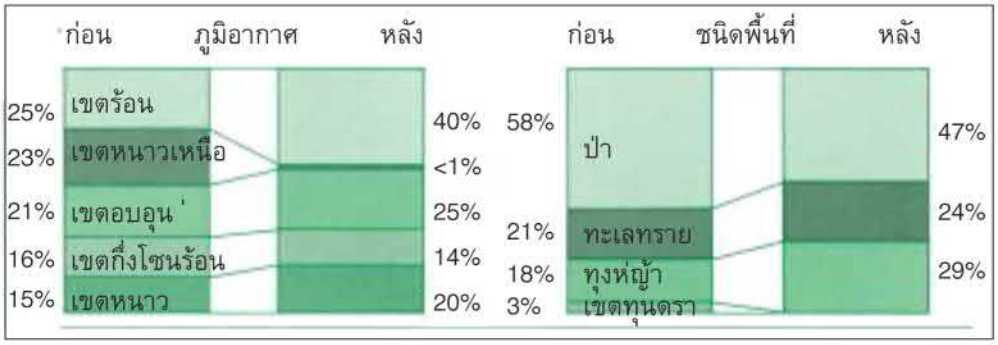
สภาพแวดล้อมที่อุ่นขึ้นยังเปลี่ยนแปลงพื้นที่ให้เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูกอีกด้วย โดยมีแนวโน้มผลักดันให้พื้นที่เหล่านี้เลื่อนขึ้นไปทางขั้วโลก ตัวอย่างเช่น ในซีกโลกเหนือ ข้าวสาลี (และในส่วนของป่าไม้) อาจจะเจริญงอกงามขึ้นไปทางเหนือได้ดียิ่งกว่า แม้ว่าสิ่งนี้จะเป็นผลดีต่อเกษตรกรในปัจจุบันแต่ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับลักษณะของดินในแหล่งเพาะปลูกใหม่ด้วย ถ้าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายแหล่งเพาะปลูกไปสู่บริเวณพื้นที่ที่มีดินเลวลงกว่าเดิมผลผลิตอาจลดลงตามไปด้วย หรือค่าใช้จ่ายในการผลิตอาจจะสูงกว่าเดิมเพราะต้องใช้ปุ๋ยเพิ่มมากขึ้น

แนวคิดหลักในการประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ คือ ความอ่อนไหวของระบบการเกษตรต่อการผันแปรทางสภาพภูมิอากาศ ซึ่งแตกต่างกันอย่างชัดเจนทั่วโลก อย่างไรก็ตามพืชพันธุ์ที่สำมารถเจริญเติบโตได้มีจำนวนจำกัดโดยมีอยู่เพียง 30 ชนิดเท่านั้นที่ให้ผลผลิตต่อปีมากกว่า 10 ล้านตัน และธัญพืชสามารถเจริญเติบโตได้ในพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกมากกว่าครึ่งหนึ่งของพื้นที่ใช้ในการเพาะปลูกในโลก ในบรรดาธัญพืชดังกล่าวมีเพียง 3 ชนิดที่ปลูกกัน ได้แก่ ข้าวสาลี ข้าวโพด และข้าว ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 80 ของปริมาณการผลิตทั้งหมด โดยข้าวเป็นอาหารหลักของประชากรร้อยละ 60 ของโลก ซึ่งเนื้อวัวและเนื้อหมูที่ผลิตรวมกันได้ประมาณ 3 ใน 4 ส่วนของปริมาณการผลิตจากสัตว์

การมุงเน้นการเกษตรเฉพาะพืชไม่กี่ชนิดทำให้พืชชนิดนั้น ๆ อ่อนแอลง เมื่อสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงจริงหรือไม่นั้น ความคิดเห็นในเรื่องนี้มีแตกต่างกันออกไป ด้านหนึ่งเห็นชัดว่าพืชบางชนิดอาจถูกทำลายได้ง่าย เช่น การผลิตข้าวมีแนวโน้มจะประสบปัญหาในสภาวะอากาศโลกที่แห้งแล้งเพิ่มขึ้นและนั่นย่อมส่งผลกระทบต่อประชากรจำนวนมากกว่าครึ่งโลก ในอีกแง่หนึ่งเห็นว่า การเกษตรมุงเน้นเฉพาะพืชบางชนิดจะทำให้จำนวนความหลากหลายของพืชพันธุ์มีก์ารพัฒนาไปอย่างมากและพืชพันธุ์เหล่านั้นจะสามารถปรับตัวให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตในสภาพอากาศต่าง ๆ กันได้ในช่วงกว้างจึงทำให้ง่ายยิ่งขึ้นในการปรับตัวให้เข้ากับสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป

สิ่งที่เห็นได้ชัดเจนก็คือ เกษตรกรรมมีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในแต่ละเขตมากน้อยแตกต่างกันไป ปริมาณการเก็บเกี่ยวและการผลิตในประเทศที่กำลังพัฒนาหลายประเทศมีระดับต่ำและมีการผลิตที่ไม่แน่นอน ปริมาณอาหารที่สำรองไว้มีน้อยและมีขีดจำกัดในการนำเข้าอาหาร ยิ่งกว่านั้นผู้ส่งออกและผู้นำเข้าด้านธัญพืชส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในเขตอบอุน ปัจจัยเหล่านี้จึงเพิ่มความอ่อนไหวให้แก่ประเทศที่อยู่ในเขตร้อนและกึ่งเขตร้อนซึ่งได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ในเขตร้อนและกึ่งแห้งแล้งซึ่งมีเนื้อที่ร้อยละ 13 ของโลก การผลิตถูกปรับเปลี่ยนให้เข้ากับปริมาณน้ำฝนได้เป็นอย่างดี ปริมาณน้ำฝนความผันแปรเพียงเล็กน้อยที่อาจก่อให้เกิดความเปลี่ยนแปลงอย่างมากในการผลิต ยิ่งกว่านั้นทรัพยากรของเกษตรกรนั้นมีอย่างจำกัดซึ่งง่ายต่อการยืดขยาย กระจายออกไป ถ้าเกิดความแห้งแล้งขึ้นเพียงไม่กี่ปีติดต่อกันก็อาจจะเกิดผลที่รุนแรงตามมา ดังกรณีการขาดแคลนอาหารในแอฟริกาช่วงต้นทศวรรษ 1980 ส่วนในเขตร้อนการผลิตอาหารมีความสัมพันธ์กับฤดูมรสุม ถ้าช่วงจังหวะเวลาผันแปรไปหรือเกิดความแห้งแล้งอย่างรุนแรงก็ย่อมส่งผลกระทบอย่างมากต่อการผลิต การเกษตรทั้งในเขตร้อนและกึ่งเขตร้อนจะมีความอ่อนไหวมากขึ้นหากพื้นที่ที่เพาะปลูกนั้นอยู่ในเขตที่ไม่อุดมสมบูรณ์



รูปที่ 17 *การคาดคะเนการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และธัญพืชเมื่อชั้นบรรยากาศมีระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มเป็น 2 เท่า ผลกระทบส่วนใหญ่ทำให้เกิดทุ่งหญ้า และทะเลทรายเพิ่มมากขึ้น*

การคาดคะเนถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างละเอียดว่าจะมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงการผลิตอย่างไรนั้นไม่อาจทำได้โดยง่าย ด้วยข้อเท็จจริงที่ว่าความรู้เรื่องภาวะที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชที่มีการพัฒนาไปไกลเกินกว่าความสามารถในการคาดคะเนได้ของแบบจำลองภูมิอากาศ พูดได้อีกประเด็นหนึ่งนั้นคือหากแบบจำลองบอกเราได้อย่างแม่นยำยิ่งขึ้นว่าสภาพภูมิอากาศใดจะเกิดขึ้นบริเวณไหน การคาดคะเนที่ดีย่อมส่งผลดีให้กับการเปลี่ยนแปลงด้านการเกษตรอีกต่อ ๆ ไป หากยังไม่มีการปรับปรุงแบบจำลองให้ดีขึ้นสิ่งที่ทำได้ในขณะนี้ คือ การตรวจสอบผลที่เป็นไปได้ที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งเป็นเพียงข้อสมมุติฐานที่เกิดขึ้นเท่านั้น

ตัวอย่างเช่น นักวิทยาศาสตร์ที่ปฏิบัติงานในสถาบันวิเคราะห์และประยุกต์ระบบในประเทศออสเตรียได้ค้นคว้าวิธีการประมาณค่าผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อสังคม วิธีที่นักวิทยาศาสตร์เหล่านี้ใช้คือการแทนค่าอุณหภูมิ ปริมาณเมฆ และปริมาณน้ำฝนในพื้นที่เฉพาะแห่งแล้วคาดคะเนด้วยแบบจำลองภูมิอากาศที่สร้างขึ้นมาเมื่อความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า จากนั้นใช้แบบจำลองชุดที่ 2 ศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณการผลิต และใช้แบบจำลองชุดที่สามคาดคะเนผลการเปลี่ยนแปลงทางการผลิตที่มีต่อปัจจัยอื่น ๆ ทางเศรษฐกิจ ผลที่ได้คือไม่สามารถที่จะคาดคะเนได้ว่าอะไรจะเกิดขึ้นบ้างในอนาคต แต่เป็นการพยายามที่จะพัฒนาเทคนิคที่ใช้ประเมินผลกระทบที่มีต่อสังคม อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ทั้งนี้เพื่อปรับปรุงแบบจำลองบรรยากาศดังกล่าว แต่อย่างไรก็ดี ผลที่ได้ชี้ให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับธรรมชาติ

มีการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ของสหภาพโซเวียตที่อยู่ในทวีปยุโรปตอนกลาง ทั้งนี้เนื่องจากมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1.5 องศาเซลเซียส ซึ่งทำให้ปริมาณการผลิตข้าวสาลีเพิ่มขึ้นร้อยละ 30 และยังเพิ่มพื้นที่ที่เหมาะต่อการปลูกข้าวสาลีอีกร้อยละ 26 ทำให้การผลิตข้าวสาลีเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 64

แบบจำลองบรรยากาศคาดคะเนว่า อุณหภูมิในประเทศไอซ์แลนด์จะสูงขึ้น 3.9 องศาเซลเซียส และปริมาณหยาดน้ำฟ้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 15 ซึ่งทำให้เกิดผลดี คือ จำนวน

หญ้าที่ใช้เลี้ยงสัตว์เพิ่มขึ้น ทุ่งหญ้าและพื้นที่เลี้ยงปศุสัตว์มีมากขึ้น นอกจากนี้ยังลดความต้องการด้านปุ๋ยและอาหารสัตว์ลงได้อีกด้วย ผลดีอีกประการหนึ่งคือ ทำให้น้ำหนักของแกะเนื้อเพิ่มอีกประมาณร้อยละ 11

ส่วนผลที่เกิดในประเทศฟินแลนด์นั้นผันแปรไม่แน่นอน โดยในฤดูใบไม้ผลิมีปริมาณการผลิตข้าวสาลีในภาคใต้เพิ่มขึ้น แต่ปริมาณการผลิตข้าวบาร์เลย์ลดลง และในภาคเหนือมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 5-5.5 องศาเซลเซียส และปริมาณหยาดน้ำฟ้าเพิ่มขึ้น 2 เท่า ทำให้มีปริมาณการผลิตข้าวบาร์เลย์เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

ในรัฐเซาท์เทิร์นซัสคาซาวันประเทศแคนาดาคาดว่า อุณหภูมิจะสูงขึ้น 3.4 องศาเซลเซียส และปริมาณหยาดน้ำฟ้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 18 ทำให้ปริมาณการผลิตข้าวสาลีลดลงร้อยละ 25 เกิดการชะงักงันทางเศรษฐกิจเพราะรายได้จากการเกษตรลดลงร้อยละ 26 การมีงานทำลดลงร้อยละ 1.9 และรายได้ประชาชาติลดลงร้อยละ 12

แน่นอนว่าผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นเหล่านี้สามารถสรุปได้ว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนั้นไม่สามารถที่จะหลีกเลี่ยงได้ ที่จริงแล้วกระบวนการที่เกิดขึ้นจะเป็นไปอย่างช้า ๆ ซึ่งจะทำให้เกษตรกรมีเวลาปรับตัว ตัวอย่างเช่น การปรับเปลี่ยนการเพาะปลูกชนิดของพืชที่เพาะปลูก และเทคนิคในการเพาะปลูก ซึ่งเป็นการบรรเทาภัยที่เกิดจากผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

ผลกระทบต่อระบบนิเวศ

ผลกระทบที่เกิดจากเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่วนใหญ่เกิดกับระบบนิเวศ คือ ทำให้ระบบนิเวศเปลี่ยนแปลงไปในด้านพื้นที่ ดังในเขตละติจูดที่สูงขึ้นไปทางซีกโลกเหนือ ตัวอย่างเช่น ป่าไม้ในเขตเหนือจะถูกจำกัดให้ถอยร่นไปทางขั้วโลกและเขตเพาะปลูกธัญพืชจะถูกจำกัดตามไปด้วย รูปที่ 17 แสดงให้เห็นถึงแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ซึ่งคาดคะเนการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนพื้นที่ส่วนใหญ่ในโลก

สิ่งที่เข้าใจกันน้อยที่สุดอย่างหนึ่งในเรื่องพื้นที่ก็คือ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทำให้สัดส่วนของพืชและสัตว์ในระบบนิเวศธรรมชาติเปลี่ยนแปลงไปโดยไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ นั่นคือ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทำให้สัตว์และพืชพันธุ์ต่อบสนองต่อระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น อุณหภูมิอุนขึ้น หรือปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้นจะมีลักษณะที่โดดเด่นกว่าสัตว์และพืชพันธุ์อื่น ๆ การเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องกับชนิดพันธุ์เช่นนี้จะส่งผลต่อประชากรสัตว์กินพืชในชุมชนนั้นด้วย เช่น การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในพื้นที่ที่ใช้เลี้ยงปศุสัตว์ทำให้พืชที่ไวต่อปริมาณน้ำฝนมีความโดดเด่นกว่าพืชชนิดอื่น ๆ โดยพืชชนิดอื่นจะมีจำนวนลดน้อยลงหรือสูญพันธุ์ไปเลย นอกจากนี้วงจรชีวิตของพืชจะ

เร่งเร็วขึ้น มีการผลิดอกออกผลคลาดเคลื่อนไปจากช่วงเวลาเดิม ทำให้สัตว์ และพืชที่อาศัยเกสร หรือกินพืชเหล่านี้เป็นอาหารประสบความยากลำบากมากขึ้น และถ้าพืชเร่งการเจริญเติบโตมาก ๆ จะทำให้ดินเสื่อมคุณภาพเร็วขึ้นเพราะพืชจะดูดเอาแร่ธาตุจากดินมาเก็บไว้เพื่อ เพิ่มชีวมวลในตัวเอง

ในเขตกึ่งแห้งแล้งการเจริญของพืชจะถูกควบคุมด้วยการปะทุจากไฟป่า ตัวอย่างเช่น ป่าไม้พุมแซแปร์รัล เนื่องจากมีการสะสมของเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงทำให้เกิดไฟไหม้ป่าบ่อยครั้ง คาดกันว่าวงจรของไฟป่าในเมืองซานดิเอโกประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเคยมีระยะห่างการเกิด 30-40 ปี จะร่นลงเหลือเพียง 5-10 ปี นอกจากนี้ต้นไม้ที่โตเร็วและมีลำต้นสูง ๆ จะถูกลมพัดทำลายล้มได้ง่าย

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนำมาสู่การไม่ปรากฏของพันธุสัตว์ชนิดที่หายาก ซึ่งสัตว์ที่หายากและสัตว์ที่ใกล้สูญพันธุจะพบได้ในเขตอุทยานในพื้นที่ที่อยู่ในเขตแห้งแล้ง หากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะทำให้เกิดการไม่เหมาะสมระหว่างพื้นที่และสัตว์ เป็นไปได้ว่าที่อยู่อาศัยของสัตว์เหล่านี้พบได้ยากขึ้น

ระดับน้ำทะเลจะสูงขึ้นหรือ?

ผลกระทบของอุณหภูมิเฉลี่ยที่เพิ่มสูงขึ้นดูเหมือนว่าจะเห็นได้ชัดในเขตละติจูดที่สูงมากกว่าพื้นที่บริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตร ทั้งนี้เพราะพื้นที่ใกล้ขั้วโลกนั้นปกคลุมไปด้วยหิมะและน้ำแข็ง เมื่อโลกร้อนขึ้นหิมะและน้ำแข็งจะละลายเพิ่มขึ้นดังนั้นพื้นที่บริเวณนี้ จะสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ได้น้อยลงและมีอุณหภูมิสูงขึ้น

หากการเปลี่ยนแปลงพื้นที่บริเวณขั้วโลกเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วก็จะเกิดภัยพิบัติอย่างแน่นอน มหาสมุทรอาร์กติกปกคลุมไปด้วยน้ำแข็งหนา 2-3 เมตร น้ำแข็งที่นี่ไม่เคยละลายมาก่อนยกเว้นบริเวณขอบที่อยู่ใกล้ชายฝั่ง ซึ่งใต้น้ำแข็งนี้มีน้ำทะเลไหลเวียนอยู่ ถ้าความร้อนที่ขั้วโลกเพิ่มขึ้นมากพอที่จะละลายน้ำแข็งในเขตขั้วโลกเหนือได้ เป็นไปได้ว่าน้ำที่ละลายจากน้ำแข็งในเขตขั้วโลกเหนือจะไหลลงไปผสมกับน้ำอุนที่อยู่ลึกลงไป ซึ่งสภาพดังกล่าวจะเปลี่ยนแปลงรูปแบบน้ำแข็งที่เกิดในเขตขั้วโลกเหนืออย่างมากชนิดที่ไม่เคยเกิดขึ้นมาก่อน ไม่มีใครรู้ว่าจะก่อให้เกิดผลกระทบใดเมื่อภูมิอากาศในซีกโลกเหนือเปลี่ยนแปลงทั้งหมดเช่นนี้ การละลายของน้ำแข็งในเขตขั้วโลกเหนืออาจจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเชิงยุทธศาสตร์และเศรษฐกิจเพราะจะมีเส้นทางเดินเรือใหม่เกิดขึ้น

มวลที่เป็นพื้นดินในเขตขั้วโลกใต้มีมากกว่า 13 ล้านตารางกิโลเมตร ซึ่งถูกปกคลุมไปด้วยน้ำแข็งหนานับพันเมตร ผลกระทบที่เกิดกับขั้วโลกใต้มีผลเล็กน้อยกว่าผลกระทบที่เกิดในเขตขั้วโลกเหนือเพราะแผ่นน้ำแข็งที่ล้อมรอบเขตขั้วโลกใต้อยู่นั้นมีการแตกร้าว

รูปที่ 18 *ระดับน้ำทะเลที่สูงขึ้นเพียง 50 เซนติเมตร จะทำให้น้ำท่วมพื้นที่ส่วนใหญ่ในประเทศบังกลาเทศ หากระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น 2.0–2.5 เมตร จะทำให้น้ำท่วมเมืองธากาเมืองหลวงของบังกลาเทศได้*

ในทุก ๆ ฤดูร้อนของปี อย่างไรก็ตามหากน้ำแข็งในเขตขั้วโลกใต้ละลายระดับน้ำทะเลจะเพิ่มขึ้นประมาณ 80 เซนติเมตร เป็นเหตุให้เกิดน้ำท่วมในเมืองใหญ่ ๆ หลายเมือง รวมถึงเมืองท่าต่าง ๆ ด้วย ผลที่เกิดขึ้นตามมาอย่างฉับพลันหากธารน้ำแข็งของภูเขาทางตะวันตกในเขตขั้วโลกใต้เลื่อนลงสู่ทะเลและละลายจะทำให้ระดับน้ำทะเลเพิ่มขึ้นประมาณ 6 เมตร ซึ่งจะเกิดน้ำท่วมตามเมืองชายฝั่งและพื้นที่เกษตรกรรมต่าง ๆ แต่เหตุการณ์เหล่านี้จะไม่เกิดขึ้นในอนาคตอันใกล้นี้เพราะต้องมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 20 องศาเซลเซียส จึงจะทำให้น้ำแข็งในเขตขั้วโลกใต้ละลายได้ในศตวรรษนี้ พิสูจน์ได้โดยใช้แบบจำลองภูมิอากาศ โดยแบบจำลองทั้งหมดระบุว่าน้ำแข็งในเขตขั้วโลกเหนือจะไม่มีการละลายแม้ว่าแผ่นน้ำแข็งนั้นจะบางลงก็ตาม มีเหตุผลหลายประการที่ทำให้เชื่อเช่นนั้น อาทิ ผลกระทบจากสภาวะเรือนกระจกที่มีน้อยมากและข้อเท็จจริงที่ว่าปริมาตรน้ำแข็งในเขตขั้วโลกใต้ได้เพิ่มขึ้น

พืดน้ำแข็งในเขตขั้วโลกใต้ร้อยละ 90 เป็นน้ำแข็งบนผืนดินที่อยู่ในโลก จากปริมาตรที่มีอยู่หากน้ำแข็งเพียงร้อยละ 1 ละลายไป ระดับน้ำทะเลจะสูงขึ้นอีกประมาณ 80 เซนติเมตร อย่างไรก็ตามแบบจำลองภูมิอากาศหลายชุดระบุ ว่าเป็นไปได้ที่ความร้อน

ในโลกที่เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาตรน้ำแข็งเพิ่มขึ้นมากกว่าที่จะลดลง เพราะการเพิ่มขึ้นของหยาดน้ำฟ้าในเขตขั้วโลกใต้ซึ่งเกิดจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นจึงเป็นผลให้หิมะตกมากขึ้น ดังนั้น ถ้าอุณหภูมิเพิ่มเป็น 3 องศาเซลเซียส และปริมาณหยาดน้ำฟ้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 24 ปริมาตรของน้ำแข็งในเขตขั้วโลกใต้จึงเพิ่มขึ้นแม้ว่าจะไม่ถึงร้อยละ 1 ก็จะทำให้ระดับน้ำทะเลเพิ่มขึ้น 50 เซนติเมตร สิ่งที่กล่าวมานี้ยังไกลเกินกว่าที่จะทำให้กระจ่างได้เพราะแบบจำลองภูมิอากาศในปัจจุบันยังไม่สามารถที่จะคาดคะเนถึงเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นที่ขั้วโลกได้อย่างแม่นยำ

อย่างไรก็ตามเราสามารถคาดคะเนได้ว่า ระดับน้ำทะเลจะเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ตามกระบวนการความร้อนที่เพิ่มขึ้นจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นน้ำในมหาสมุทรจะขยายตัว หากโลกมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1.5–5.5 องศาเซลเซียส จะทำให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น 20–165 เซนติเมตร ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นประมาณ 3 องศาเซลเซียส จะทำให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้นอีก 80 เซนติเมตร ซึ่งในขณะที่ประชากรประมาณ 1 ใน 3 อาศัยอยู่ในรัศมี 60 กิโลเมตรจากแนวชายฝั่ง เมื่อระดับน้ำทะเลเพิ่มขึ้นเพียง 1 เมตร จะส่งผลกระทบที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ต่อรูปแบบการดำรงชีวิตของมนุษย์ นั่นคือ จะทำให้มีการย้ายถิ่นไปจากที่ราบลุ่ม การเปลี่ยนแปลงที่ว่านี้เกิดขึ้นแล้วเพราะระดับน้ำทะเลได้เพิ่มขึ้นประมาณปีละ 1 มิลลิเมตร หรือศตวรรษละ 10 เซนติเมตร

การกำหนดนโยบาย

หลากหลายความคิดที่ต้องการแก้ปัญหาสภาวะเรือนกระจก ประเด็นที่สำคัญประเด็นหนึ่งคือ การเผาไหม้เชื้อเพลิงดึกดำบรรพ์ ซึ่งปัจจุบันนำมาใช้เป็นพลังงานในโลกถึงร้อยละ 80 ปัญหานี้สามารถแก้ไขได้ด้วยตัวของมันเองเพราะการใช้เชื้อเพลิงชนิดนี้มีอยู่อย่างจำกัด แต่ถ้าปล่อยให้เชื้อเพลิงดึกดำบรรพ์ถูกเผาผลาญจนหมดไปจากโลกเมื่อใด ภาวะโลกร้อนคงเป็นปัญหายิ่งใหญ่เกินกว่าที่จะนำมาอธิบายในหนังสือเล่มนี้ได้

แนวทางที่เป็นไปได้ในการแก้ไขปัญหามี 4 ประการ คือ

ลดอัตราการเผาไหม้เชื้อเพลิงดึกดำบรรพ์ (และจากกระบวนการทางอุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจก)

กรองก๊าซเรือนกระจกออกระหว่างการผลิตในอุตสาหกรรมและกำจัดทิ้งในที่อื่นก่อนปล่อยออกสู่ชั้นบรรยากาศ

เปลี่ยนก๊าซเรือนกระจกให้อยู่ในรูปอื่นแล้วปล่อยออกสู่ชั้นบรรยากาศ หรือนำไปกำจัดทิ้ง

ยอมรับในสภาพแวดล้อมที่กำลังเปลี่ยนแปลงและปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นนั้น

การลดการผลิต

วิธีการลดปัญหาภาวะเรือนกระจกที่ดีที่สุด คือ ใช้พลังงานให้น้อยลง ในทศวรรษที่ผ่านมาผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่เห็นว่า วิธีนี้ยังไม่บังเกิดผลในทางปฏิบัติ นับตั้งแต่การขึ้นราคาน้ำมันครั้งใหญ่ที่เกิดขึ้นทั้ง 2 ครั้ง ซึ่งมีผลต่อการบริโภคพลังงานในโลกอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เพราะการบริโภคพลังงานเป็นสิ่งที่จำเป็นไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ โดยมีตัวเลขชี้ว่าการบริโภคพลังงานในโลกได้เพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 4 ต่อปี อันที่จริงการเผาไหม้เชื้อเพลิงดึกดำบรรพ์ให้น้อยลงไม่ได้หมายความว่าเป็นการใช้พลังงานน้อยลงตามไปด้วย พลังงานควรนำมาใช้ให้มีประสิทธิภาพมากกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน อาทิ ความพยายามในการนำความร้อนที่ได้จากการกำจัดขยะในปัจจุบันนำกลับมาใช้ประโยชน์ค่อนข้างน้อยมาก อาคารส่วนใหญ่ควรมีฉนวนกันความร้อน และการประหยัดพลังงานแทบจะไม่ได้กำหนดไว้ในนโยบายและแผนงานหลักต่าง ๆ กล่าวคือ เป็นแผนงานหนึ่งในอนาคต หากมีการนำแผนงานที่มีการอนุรักษ์พลังงานมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้จริง อีกเพียงไม่กี่สิบปีการแพร่กระจายของคาร์บอนในปัจจุบันคงจะลดลงจาก 5 จิกะตัน เหลือเพียง 1 จิกะตัน ทั้งนี้ไม่ทำให้การพัฒนาล่าช้าลงหรือเป็นสาเหตุให้เกิดการขาดแคลนพลังงานที่สำคัญไปขณะที่การประเมินนี้ทำในลักษณะการมองโลกในแง่ดีว่าเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ซึ่งสัมพันธ์กับทางเลือกในนโยบายที่ให้

ทางเลือกที่สอง คือ การลดปริมาณการเผาไหม้เชื้อเพลิงดึกดำบรรพ์และหาแหล่งพลังงานที่ไม่ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แทน ซึ่งแหล่งทดแทนที่สำคัญเหล่านี้ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลมและพลังงานคลื่น พลังงานนิวเคลียร์ฟิชชันและพลังงานนิวเคลียร์ฟิวชัน และในบรรดาพลังงานที่กล่าวมามีเพียงพลังงานนิวเคลียร์ฟิชชันเท่านั้นที่คาดว่าจะเป็นพลังงานที่สำคัญใช้ทดแทนพลังงานอื่นได้ในไม่ช้า

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นข้อเสนอที่คาดว่าจะใช้ได้ดีในระยะยาว แต่มีข้อจำกัดที่ยังขาดงบประมาณสนับสนุนและยังไม่คุมทุน นอกจากนี้ถึงจะพัฒนาพลังงานชนิดนี้เร็วเพียงใดก็ยังสนองตอบต่อประเทศต่าง ๆ ที่ต้องการใช้พลังงานชนิดนี้ได้เพียงบางส่วนเท่านั้น พลังงานแสงอาทิตย์นี้สามารถสนองความต้องการพลังงานในอนาคตได้ แต่พัฒนาการการใช้พลังงานชนิดนี้ยังช้าเกินกว่าผลกระทบจากภาวะโลกร้อนซึ่งปรากฏขึ้นในช่วงเวลา 2-3 ทศวรรษนี้

จนกระทั่งปลายทศวรรษ 1960 พลังงานนิวเคลียร์ฟิชชันเป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวางว่า เป็นทางออกในการแก้ไขปัญหาในเรื่องของพลังงานได้โดยเริ่มขึ้นในทศวรรษ 1970 อย่างไรก็ตามเกิดข้อสงสัยขึ้นมากมายเกี่ยวกับความคุมค้าด้านค่าใช้จ่ายและความปลอดภัยในโครงการการใช้พลังงานชนิดนี้ การคำนึงถึงสิ่งแวดล้อมในประเทศสหรัฐอเมริกาทำให้การจัดซื้อเตาปฏิกรณ์นิวเคลียร์ใหม่ต้องยุติลงด้วยอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นบนเกาะทรีไมล์ ศูนย์การใช้พลังงานนิวเคลียร์ที่เมืองเชลลาฟิลด์ประเทศสหราชอาณาจักรและเมืองเชอร์โนบิวประเทศสหภาพโซเวียต ซึ่งได้ทำลายความเชื่อมั่นของสาธารณชน

พลังงานแสงอาทิตย์
เป็นการลงทุนที่ไม่คุมทุนและการพัฒนาเพื่อใช้พลังงานชนิดนี้ยังช้ามาก

ต่อการใช้พลังงานนิวเคลียร์ออกไปอีก ไม่ว่าพลังงานนิวเคลียร์จะเป็นสิ่งที่ถูกหรือผิดก็ตาม หลายคนในปัจจุบันเห็นว่าการใช้พลังงานนิวเคลียร์ในอนาคตมีศักยภาพที่ทำอันตรายให้ยิ่งกว่าการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงดึกดำบรรพ์เดิมเสียอีก ทั้ง ๆ ที่พลังงานจากเชื้อเพลิงดึกดำบรรพ์ยังเสี่ยงต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ดังนั้นการที่จะเห็นอุตสาหกรรมในปัจจุบันได้ใช้พลังงานนิวเคลียร์ปรากฏขึ้นและขยายตัวออกไปอย่างรวดเร็วนั้นเป็นความหวังที่ยังห่างไกลอยู่มาก

ความหวังที่จะควบคุมพลังงานนิวเคลียร์ฟิวชันโดยการดึงพลังงานจากการระเบิดของไฮโดรเจนในเตาปฏิกรณ์นิวเคลียร์ยังคงอีกยาวไกล การทดลองการผลิตเตาปฏิกรณ์นิวเคลียร์ฟิวชันครั้งแรกที่จะเอาพลังงานจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันมาใช้ประโยชน์ยังไม่สามารถดำเนินการสร้างได้ในขณะนี้ โดยคาดว่าจะดำเนินการสร้างได้ในต้นศตวรรษ 21 เป็นอย่างเร็วที่สุด

แม้ว่าจะมีการผสมผสานการใช้เชื้อเพลิงแบบต่าง ๆ เพื่อสนองตอบการใช้พลังงานที่แปรเปลี่ยนไปในอนาคต ซึ่งไม่น่าจะเปลี่ยนแปลงให้มีขนาดและความเร็วพอที่จะแก้ปัญหาส่วนใหญ่ที่เกิดจากผลกระทบจากสภาวะเรือนกระจกใน ค.ศ. 2030 ได้ ทางเลือกในนโยบายต่าง ๆ ในปัญหานี้ต้องมีการประเมินข้อคิดเห็นเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับปัญหาภาวะเรือนกระจก และทางเลือกในนโยบายการเปลี่ยนแปลงในแหล่งพลังงานหลัก ๆ ซึ่งต้องใช้เวลาหลายทศวรรษในการปฏิบัติ และเมื่อถึงเวลานั้นคลื่นลูกแรกจากภาวะเรือนกระจกได้ก่อตัวขึ้นแล้ว

พลังงานนิวเคลียร์
เป็นทางเลือกที่อันตรายจริงหรือ?

อย่างไรก็ตามการลดปัญหาจากภาวะเรือนกระจกสามารถบรรลุผลสำเร็จได้ โดยจัดการให้เกิดความสมดุลระหว่างการใช้เชื้อเพลิงดึกดำบรรพ์ชนิดต่าง ๆ พลังงานจำนวนหนึ่งที่ใช้ในการผลิตได้จากการเผาไหม้ก๊าซธรรมชาติ ซึ่งทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณร้อยละ 60 และการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงและถ่านหินทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณร้อยละ 80 เชื้อเพลิงสังเคราะห์ต่าง ๆ เช่น เมทานอลทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าเชื้อเพลิงจากถ่านหินถึง 1.5 เท่า (นอกจากเป็นถ่านหินที่ผลิตจากแหล่งพลังงานที่ไม่ใช่เชื้อเพลิงดึกดำบรรพ์) กล่าวโดยรวมได้ว่ายิ่งเราอาศัยก๊าซธรรมชาติมากขึ้น ลดการใช้น้ำมันลง ลดการพึ่งพาถ่านหินตลอดจนใช้เชื้อเพลิงสังเคราะห์ให้น้อยลง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะเกิดช้าลงตามไปด้วย

อีกประมาณ 50 ปีจากนี้ไปข้อเสนอแนะการลดปัญหาภาวะเรือนกระจกจะมีผลต่อการแก้ปัญหาภาวะโลกร้อนได้แค่เพียงครึ่งหนึ่งเท่านั้น ส่วนอีกครึ่งหนึ่งที่เกิดขึ้นจากก๊าซชนิดอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดูเหมือนว่าจะเป็นผลิตภัณ ์จากสาร CFC และน่าจะมีการจำกัดการใช้สารชนิดนี้ได้ในทศวรรษหน้า ซึ่งการกระทำดังกล่าวทำได้ง่ายมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อพิจารณาถึงผลกระทบจากการทำลายชั้นโอโซนจากสาร CFC จนบัดนี้ยังก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศโลก ยังไม่มีความชัดเจนว่าจะทำเช่นไรกับระดับก๊าซไนตรัสออกไซด์และก๊าซมีเทนในอนาคตทั้งนี้เพราะยังไม่เข้าใจถึงเหตุผลที่ก๊าซเหล่านี้มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นในชั้นบรรยากาศและเมื่อเข้าใจเพิ่มขึ้นแล้ว ก็เป็นไปได้ว่าจะสามารถแยกแก้ไขปัญหาก๊าซเหล่านี้ที่เพิ่มขึ้นและลดลงได้

การกรองก๊าซเรือนกระจก

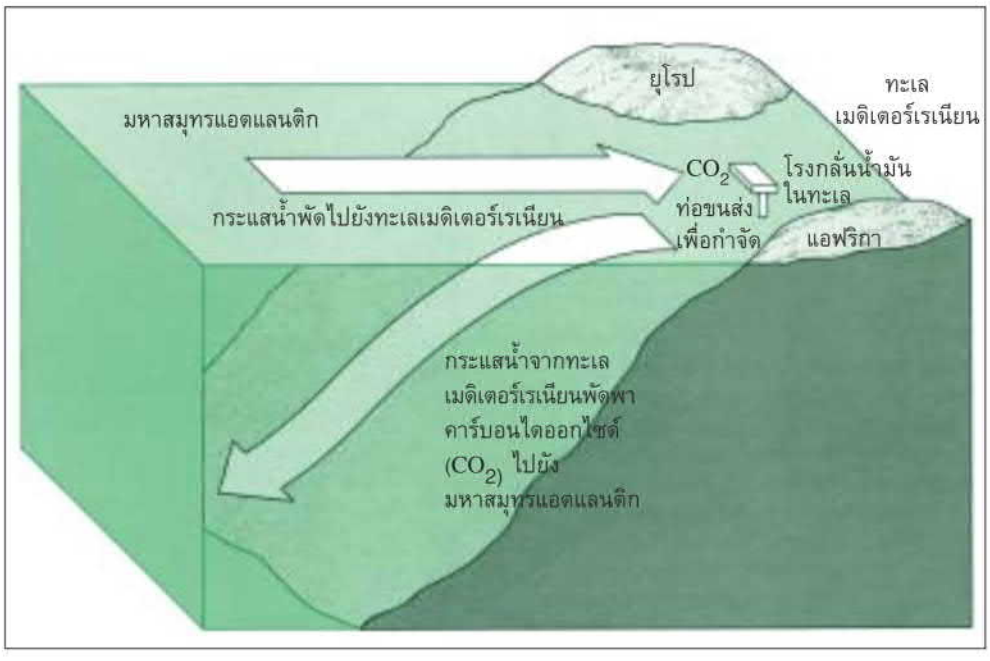
มีหลายโครงการที่เสนอให้ป้องกันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่แพร่กระจายขึ้นไปสู่ชั้นบรรยากาศอย่างสิ้นเชิง โดยทางเทคนิคแล้วมีทางเป็นไปได้ซึ่งมีอยู่โครงการหนึ่งเสนอว่าน่าจะสามารถกรองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกได้ในขณะที่ปล่อยออกมาจากโรงไฟฟ้า และเปลี่ยนให้เป็นสารประกอบคาร์บอนแล้วขนถ่ายบรรทุกด้วยเรือไปยังช่องแคบยิบรอลตาร์จากนั้นสูบลงสู่ใต้พื้นท้องทะเล การหมุนเวียนของกระแสน้ำจากทะเลเมดิ-เตอร์เรเนียนไปยังมหาสมุทรแอตแลนติกจะแตกตัวสารประกอบดังกล่าวให้เป็นคาร์บอนโดยคาร์บอนเหล่านี้จะละลายปะปนอยู่ในมหาสมุทร (ดูรูปที่ 19)

ขณะที่ขีดความสามารถของมหาสมุทรในการดูดซับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (รวมทั้งบ่อน้ำมันและบ่อก๊าซที่ถูกใช้ไปตลอดจนโพรงเกลือ) ทำให้ต้นทุนค่าใช้จ่ายของโครงการสูงเกินกว่าที่จะตระหนักถึงอันตรายอันจะเกิดขึ้นจากภาวะโลกร้อนขึ้นได้

ไม่ว่าความคิดเห็นข้างต้นจะถูกต้องหรือไม่ก็ตาม ในทางปฏิบัติแล้วโครงการเช่นนี้มีโอกาสน้อยที่จะประสบความสำเร็จเพราะราคาต้นทุนค่าใช้จ่าย จากการศึกษาของประเทศสหรัฐอเมริกาประมาณการว่า การดึงเอาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาจากโรงไฟฟ้าร้อยละ 90 ไปกักเก็บไว้จะต้องใช้งบประมาณเป็น 2 เท่าของราคาต้นทุนค่าใช้จ่ายของโรงไฟฟ้า และต้องจ่ายค่าไฟฟ้าเพิ่มอีก 1.5-2 เท่า ซึ่งเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้โครงการนี้ยากที่จะประสบผลสำเร็จ นอกจากนั้นร้อยละ 10-20 ของสิ่งที่ออกมาจากโรงไฟฟ้ายังจำเป็นต้องมีกระบวนการทำความสะอาดอีกด้วย

หากไม่คำนึงถึงต้นทุนค่าใช้จ่ายแล้วการนำเอาโครงการดังกล่าวมาใช้เพื่อแก้ปัญหาภาวะโลกร้อนขึ้นนี้อาจต้องอาศัยเวลานานหลายทศวรรษ และทำได้แค่เพียงปกป้องโลกจากภาวะโลกร้อนโดยการคาดการณ์ล่วงหน้าไป 2-3 ทศวรรษเท่านั้น อย่างไรก็ตามโครงการที่เกิดขึ้นอาจปรับเข้ากับสถานการณ์ภายหลังในทศวรรษถัดไปได้

การกรองก๊าซเรือนกระจกชนิดอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออก แท้จริงแล้วทำได้ยากเพราะก๊าซเหล่านี้ไม่ได้แพร่กระจายมาจากแหล่งกำเนิดขนาดใหญ่เพียงอย่างเดียว แต่ได้แพร่กระจายมาจากแหล่งกำเนิดขนาดเล็ก ๆ หลาย ๆ แหล่งซึ่งเทียบได้กับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปริมาณครึ่งหนึ่งที่ปล่อยออกมาจากโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่แล้วแพร่กระจายขึ้นไปสู่ชั้นบรรยากาศ



รูปที่ 19 *ข้อเสนอหนึ่งในการแก้ไขปัญหาเพื่อกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยการกรองก๊าซดังกล่าวที่ปล่อยออกมาจากโรงไฟฟ้าและขนถ่ายทางเรือไปยังช่องแคบยิบรอลตาร์ และสูบลงสู่ใต้พื้นท้องทะเลเพื่อให้กระแสน้ำพัดพาไปยังมหาสมุทรแอตแลนติก*

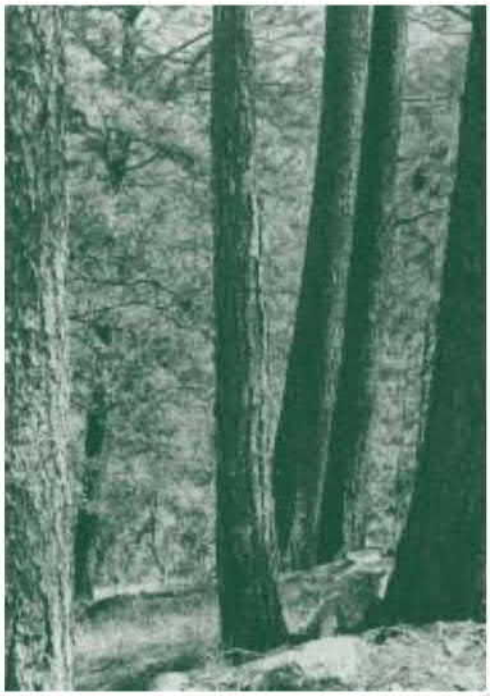
การเปลี่ยนรูปก๊าซเรือนกระจก

ตามทฤษฎีแล้วความคิดในเรื่องการเปลี่ยนรูปก๊าซเรือนกระจกไม่ใช่เรื่องที่เป็นไปไม่ได้ ระหว่างทศวรรษ 1970 นักวิทยาศาสตร์จำนวนหนึ่งเสนอความคิดให้เพิ่มป่าไม้ในโลกควบคู่ไปกับการเปลี่ยนแปลงเพื่อการใช้ไม้เชิงเศรษฐศาสตร์ มีการนำวัตถุประเภทคอนกรีต อะลูมิเนียม และพลาสติกมาใช้แทนไม้ ซึ่งเป็นการขยายแหล่งรองรับคาร์บอนชีวภาพรวมทั้งเป็นผลให้สัดส่วนของคาร์บอนเพิ่มมากขึ้น ซึ่งวัฏจักรคาร์บอนพบได้ในชีวมวลมากกว่าในชั้นบรรยากาศ แบบแผนวัฏจักรคาร์บอนเช่นนี้มีประโยชน์อย่างเด่นชัดต่อสิ่งแวดล้อมนอกเหนือจากการลดภัยคุกคามจากภาวะโลกร้อน

เป็นที่น่าเศร้าใจแม้อัตราการดำเนินงานปลูกป่าทดแทนดูเหมือนจะเพิ่มขึ้นทั้งในประเทศพัฒนาแล้วและประเทศกำลังพัฒนากว่าสองสามทศวรรษ ซึ่งในการดำเนินการแล้วไม่น่าเป็นไปได้ที่จะก่อผลกระทบส่วนใหญ่ต่อภาวะเรือนกระจก การปลูกต้นไม้มีค่าใช้จ่ายที่สูงและเจริญเติบโตช้า (ตรงกันข้ามกับการตัดต้นไม้มีค่าใช้จ่ายถูกและดำเนินการได้รวดเร็วกว่า) ซึ่งต้องใช้ระยะเวลาหนึ่งเพื่อให้ต้นไม้ที่ปลูกใหม่เจริญเติบโตเต็มที่ กระนั้นเองคลื่นลูกแรกจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ปรากฏขึ้นแล้ว

นอกจากนั้นแล้วระดับการดำเนินการปลูกป่าทดแทนที่เป็นอยู่ในปัจจุบันยากจะดำเนินการได้ อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ป่ามาเป็นพื้นที่ทำเกษตรกรรมเป็นสาเหตุให้ระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น ปัจจุ ันสันนิษฐานว่า การปลูกป่าทดแทนนี้กำลังลดความสำคัญลงไปเมื่อเปรียบเทียบกับการเผาไหม้เชื้อเพลิงดึกดำบรรพ์ ระดับการทำลายสภาพป่าในปัจจุบันสันนิษฐานว่าไม้ที่ถูกเผาไหม้ไปทั้งหมดจะก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพียงหนึ่งในห้าเมื่อเทียบกับการเผาไหม้เชื้อเพลิงดึกดำบรรพ์ หากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการทำลายป่าปะปนอยู่ในชั้นบรรยากาศมากเท่ากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงดึกดำบรรพ์แล้วเนื้อที่ของป่าที่ถูกทำลายในแต่ละปีคงมีขนาดใหญ่เท่ากับขนาดของประเทศฝรั่งเศส ผลที่เกิดขึ้นตามมาคือ ต้องมีการปลูกป่าทดแทนให้มีพื้นที่ใหญ่กว่าขนาดของประเทศฝรั่งเศสในทุก ๆ ปี ทั้งนี้เพื่อ 'กำจัด' ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงดึกดำบรรพ์ (เพราะต้นไม้ใช้เวลานานหลายทศวรรษจึงจะโตเต็มที่) ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องปลูกต้นไม้เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าเพื่อชดเชยระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าด้วยเช่นกัน

ที่กล่าวมานี้แน่นอนว่าไม่ใช่การโต้แย้งมิให้ขยายพื้นที่ปลูกป่าทดแทน โดยความเชื่อพื้นฐานทางการเมืองและทางวิทยาศาสตร์แล้ว การปลูกป่าทดแทนในอัตราที่เหมาะสมไม่สามารถดำเนินการได้ทันเวลา เพราะผลของการปลูกป่าทดแทนเป็นเพียงเพื่อไปลดความร้อนในโลกบางส่วนเท่านั้นมากกว่าจะเป็นการขจัดปัญหาให้หมดสิ้นไป อันที่จริง



จำนวนป่าไม้ที่เพิ่มขึ้นจะช่วยให้ชั้นบรรยากาศสะอาดปราศจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แต่เนื้อที่สำหรับการปลูกป่าต้องมีขนาดใหญ่กว่าขนาดของประเทศฝรั่งเศสมาก จึงจะสามารถทดแทนอัตราการเผาไหม้เชื้อเพลิงดึกดำบรรพ์ในปัจจุบันได้

การแก้ปัญหาโดยการปลูกป่าทดแทนได้รับการเสนอให้ดำเนินการก่อนก๊าซเรือนกระจกที่นอกเหนือไปจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะก่อตัวขึ้นในชั้นบรรยากาศเสียอีก ทั้งนี้เพราะก๊าซเรือนกระจกเหล่านี้ดูเหมือนจะไปทำให้โลกร้อนขึ้นได้พอ ๆ กับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ฉะนั้นการปลูกป่าเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวจึงมีประสิทธิผลได้แค่เพียงครึ่งหนึ่งเท่านั้น

หากไม่มีที่ว่างพอที่จะจัดให้คาร์บอนในชั้นบรรยากาศบนพื้นดินอยู่ที่พื้นผิวโลกได้แล้วก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกกวาดลงไปแทนที่ในมหาสมุทรได้หรือไม่ ซึ่งตามทฤษฎีแล้วเป็นไปได้ วิธีการหนึ่งกระทำได้โดยการเร่งอัตราการดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสิ่งมีชีวิตจากอากาศแล้วเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของคาร์บอเนตในมหาสมุทร ซึ่งตัวการหลักในการดูดคาร์บอนไดออกไซด์ที่สำคัญ ได้แก่ แพลงก์ตอนทะเล โดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้เป็นสารประกอบชนิดต่าง ๆ ที่สามารถจมลงสู่พื้นมหาสมุทรเมื่อแพลงก์ตอนตายไปได้ ดังนั้นจึงทำให้เกิดความอุดมสมบูรณ์ในมหาสมุทร อย่างรวดเร็ว แต่ในกระบวนการที่เกิดขึ้นนี้ ยังมีสิ่งที่เราไม่รู้ ได้แก่ ต้องใช้เงินจำนวนเท่าใด ประสิทธิผลเป็นอย่างไร และมีผลกระทบข้างเคียงระดับใหญ่อย่างไรบ้าง ซึ่งทางเลือกในนโยบายนี้ยังคงเป็นนิยายทางวิทยาศาสตร์อยู่ แต่โดยแท้จริงแล้วการกระทำดังกล่าวก็มีส่วนสัมพันธ์กับการเป็นไปได้ที่จะทำให้สภาพภูมิอากาศที่คาดว่าจะร้อนขึ้นให้เย็นลงได้

การปรับตัวให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลง

การอธิบายถึงผลกระทบอันเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศบ่อยครั้งมีข้อสรุปว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนั้นมาถึงอย่างรวดเร็วมาก มีผู้ให้ความเห็นว่าหากอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างทันทีทันใด 2 องศาเซลเซียส อาจทำให้ปริมาณการผลิตพืชประเภทข้าวในแถบอบอุ่นทางเหนือลดลงมากถึงร้อยละ 17 การคาดการณ์ดังกล่าวอาจจะผิดพลาดไปอย่างมากทั้งนี้เพราะการเกษตรสามารถปรับตัวให้เข้ากับการแปรเปลี่ยนของภูมิอากาศได้อย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว ตัวอย่างในเรื่องนี้ ได้แก่ การใช้เวลาเพียงหนึ่งทศวรรษพัฒนาและการนำเข้าพืชผลทางการเกษตรพันธุใหม่ ๆ ที่หลากหลาย

ภาวะโลกร้อนขึ้นเนื่องมาจากก๊าซเรือนกระจกจะมาถึงอย่างช้า ๆ และอันที่จริงอาจจะเริ่มขึ้นแล้ว โดยปัจจุบันมีอุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 1 หรือ 2 องศาเซลเซียส การเกษตรจะปรับตัวให้เข้ากับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นเช่นนี้ได้ พืชพันธุชน์ดต่าง ๆ เทคนิค

การทำไร่นาที่หลากหลายสามารถรับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงนี้ได้ ซึ่งในระบบการค้าทั้งประเทศที่ส่งออกและประเทศที่นำเข้าผลผลิตทางการเกษตรสามารถปรับตัวให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวได้ แต่อาจสร้างปัญหาเกี่ยวกับพื้นที่ผลิตอาหารในบริเวณที่อ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างมาก ซึ่งเทคโนโลยีทางการเกษตรในประเทศที่มีพื้นที่เช่นนี้นั้นจะพัฒนาช้ามากจนตามการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นไม่ทัน ในทำนองเดียวกันมนุษย์น่าจะสามารถปรับตัวได้ดีกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ ดังเช่นตัวอย่างของการควบคุมอากาศจุลภาคในตัวอาคาร มนุษย์สามารถปรับตัวได้ถึงแม้ว่าต้องเผชิญอยู่กับการเปลี่ยนแปลงระดับความสูงของน้ำทะเลที่เพิ่มขึ้น ดังที่ชาวดัตช์อาศัยอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำทะเล 5 เมตร เป็นเวลานานหลายศตวรรษภายใต้ระบบการป้องกันน้ำทะเลด้วยการสร้างกำแพงกั้น แต่ปัญหานี้ไม่สามารถแก้ไขได้ในประเทศบังกลาเทศ ซึ่งเป็นประเทศกำลังพัฒนาและประสบปัญหาน้ำท่วมมาเป็นระยะเวลานาน

การประเมินนโยบายในทางปฏิบัติ

ขอบเขตของทางเลือกที่ผู้กำหนดนโยบายเปิดโอกาสให้เลือกปฏิบัตินั้นมีความชัดเจนอยู่แล้ว อย่างไรก็ตามยังมีสิ่งที่ยังคลุมเครืออยู่ ซึ่งได้แก่ ทางเลือกเหล่านี้จะมีประสิทธิผลเพียงใด มีต้นทุนค่าใช้จ่ายและมีผลข้างเคียงใดบ้าง ทั้งนี้อาจจะต้องมีการศึกษาอย่างเป็นระบบถึงความเสี่ยงต่าง ๆ ที่ซ่อนเร้นอยู่ ตัวอย่างเช่น นักวิทยาศาสตร์ได้ประมาณปริมาณความร้อนที่เพิ่มขึ้นในโลกโดยกำหนดให้เป็นวันใดวันหนึ่ง ซึ่งจะมีประโยชน์ในทางศึกษาถึงสิ่งที่เป็นความเสี่ยงเมื่อความร้อนที่เกิดเพิ่มมากขึ้น การประเมินนี้สามารถนำไปสร้างความสมดุลระหว่างความเสี่ยงที่เกิดขึ้นกับราคาต้นทุนค่าใช้จ่ายของทางเลือกในนโยบายเหล่านั้นที่จะนำมาใช้ ตัวอย่างเช่น ต้นทุนค่าใช้จ่ายของโครงการพลังงานนิวเคลียร์ หรือการลดการผลิตสาร CFC

การต่อสู้กับปัญหาภาวะเรือนกระจกในขณะนี้ทำได้ 2 ขั้นตอน ขั้นแรก คือ การประเมินค่าใช้จ่ายในความเสี่ยงต่าง ๆ และผลกระทบข้างเคียงที่จะเกิดขึ้นในทางเลือกต่าง ๆ ขั้นที่สอง ตัดสินใจเลือกทางที่เหมาะสมเพื่อสร้างเป็นมาตรการระหว่างประเทศในการบรรเทาอันตรายที่จะเกิดขึ้นโดยสามารถนำไปปฏิบัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการศึกษาทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งแรกที่จะต้องกระทำในขั้นตอนเหล่านี้ก่อนที่จะมีการกำหนดนโยบายหรือรับหลักการ และต้องมีการอภิปรายกันอย่างกว้างขวางในระดับนานาชาติโดยผู้กำหนดนโยบายการปฏิบัติเพื่อแก้ไขปัญหาระดับโลก อาทิ ผลกระทบจากภาวะเรือนกระจกไม่สามารถที่จะดำเนินการแก้ไขได้โดยประเทศใดประเทศหนึ่งหรือโดยกลุ่มประเทศใดกลุ่มประเทศหนึ่ง

กระบวนการดำเนินงานระหว่างประเทศนั้นได้เห็นพ้องร่วมกันที่ต้องเอาจริงเอาจังกับปัญหาที่เกิดจากผลกระทบจากภาวะโลกร้อน ซึ่งไม่น่าจะแก้ไขปัญหาได้ในอนาคตอันใกล้นี้ การดำเนินงานนั้นจะเป็นการทำข้อตกลงร่วมกันเพื่อเสนอวิธีการแก้ปัญหา รวมถึงข้อโต้แย้ง 'เหนือ-ใต้' จึงทำให้เกิดสถานการณ์ที่มีการคุมเชิงในประเด็นปัญหาต่าง ๆ ของโลกมาตั้งแต่ครั้งอดีต เช่น ประเทศพัฒนาแล้วอาจจะมีความตั้งใจที่จะจำกัดการใช้เชื้อเพลิงในอนาคต ในขณะที่กลุ่มประเทศกำลังพัฒนาซึ่งบริโภคเชื้อเพลิงน้อยกว่าไม่สู้จะเห็นด้วยกับข้อตกลงที่ว่านี้ นอกจากนี้ตัวแทนของประเทศกำลังพัฒนาบางประเทศได้สรุปบนพื้นฐานความรู้ในปัจจุบันว่า บางทีที่อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นเพียงเล็กน้อยในบริเวณเขตร้อนและกึ่งเขตร้อนและการเพิ่มขึ้นของปริมาณหยาดน้ำฟ้า เนื่องจากภาวะโลกร้อนอาจจะเกิดประโยชน์แก่พื้นที่กำลังพัฒนาอีกหลายแห่ง

กลไกต่าง ๆ ที่อภิปรายไว้สามารถใช้ในการตัดสินใจเริ่มต้นได้ดีที่สุด อย่างไรก็ตาม โชคดีที่มีรูปแบบองค์กร/หน่วยงานที่มีประสิทธิผล โดยเป็นที่ทราบกันในชื่อคณะกรรมการประสานงานชั้นโอโซนที่ UNEP ก่อตั้งขึ้นในทศวรรษ 1970 เพื่อกระตุนก้าวิจัยแนวโน้มการทำลายชั้นโอโซนและผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการทำลายชั้นโอโซนต่อสังคมในอนาคต หน่วยงานนี้มีบทบาทสำคัญในการเตรียมการ/ร่างอนุสัญญาว่าด้วยการพิทักษ์ชั้นโอโซน โดยให้คำแนะนำทางวิทยาศาสตร์แก่กลุมผู้เชี่ยวชาญด้านกฎหมายและเทคนิค ซึ่งแต่งตั้งโดย UNEP ทั้งนี้เพื่อร่างอนุสัญญาอย่างละเอียด อนุสัญญานี้ได้รับการลงนามแล้วในเดือนมีนาคม ค.ศ. 1985 ในอนุสัญญาได้กำหนดให้เพิ่มข้อบังคับว่าด้วยการแพร่กระจายและ/หรือการผลิตสารคลอโรฟลูออโรคาร์บอนไว้ด้วย โดยหวังไว้ว่าการจัดตั้งคณะกรรมการประสานงานว่าด้วยภูมิอากาศโลกนี้จะบรรลุผลสำเร็จเช่นเดียวกัน

สิ่งที่กล่าวมานี้เป็นประเด็นสำหรับวาระการประชุมในอนาคต แต่ถ้าวาระนี้ได้รับการอภิปรายและสามารถนำมาปฏิบัติได้ทันเวลา จำเป็นต้องอาศัยข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำมาเป็นพื้นฐานในการตัดสินใจให้เร็วขึ้น ปัจจุบันนี้เรารู้เรื่องผลกระทบจากภาวะเรือนกระจกและผลต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกว่าทศวรรษที่แล้วมาก ดังนั้นการประเมินการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ต่าง ๆ อย่างละเอียดในอีกสองสามปีข้างหน้า เราคงมีความรู้เพียงพอที่จะผลักดันให้เคลื่อนย้ายศูนย์กลางการปฏิบัติงานออกจากห้องวิจัยไปสู่โต๊ะทำงานของผู้ที่ร่างนโยบายได้

แหล่งอ้างอิง

Breuer, G. *Air in Danger : ecological perspectives of the atmosphere.* Cambridge, Cambridge University Press, 1980.

Health Council of the Netherlands. *Part one report on the CO_2 problem.* The Hague, Government Publishing Office, 1984.

Inadvertent Climate Modification. Cambridge, Massachusetts, MIT Press, 1971, Report of the Study of Man's Impact on Climate.

International Council of Scientific Unions, United Nations Environment Programme and World Meteorological Organization. *Report of the International Conference on the Assessment of the Role of Carbon Dioxzide and of other Greenhouse gases in Climate Variations and Associated Impacts.* Villach, Austria, 9-15 October 1985." Geneva, WMO, 1986.

Kates, Robert W., with Ausubel, Jesse H., and Berberian, Mimi (eds.) *Climate Impact Assessment.* London, John Wiley, 1985 (SCOPE 27).

MacCracken, Michael C., and Luther, Frederick M. (eds.). *The Potential Climatic Effects of Increasing Carbon Dioxide.* Washington D.C., US Department of Energy, 1985 (DOE/ER-0237).

Seidel, S., Tirpak, D., and Hoffman, J. S. *Potential health and environmental effects of ozone depletion and climate change.* Paper prepared for UNEP workshop on Protecting the Stratospheric Ozone Layer. Leesburg, Virginia, September 8-12, 1986.

Strain, Boyd R., and Cure, Jennifer D. *Direct effects of increasing carbon dioxide on vegetation.* Washington D.C., US Department of Energy, 1985 (DOE/ER-0238).

Titus, James G. (ed). *Effects of changes in stratospheric ozone and global climate: Volume 1, Overview.* Proceedings of the International Conference on Health and Environmental Effects of Ozone Modification and Climate Change, 16-20 June 1986. Nairobi and Washington D.C., United Nations Environment Programme and United States Environmental Protection Agency, 1986.

Trabalka, John R. *Atmospheric carbon dioxide and the global carbon cycle.* Washington D.C., US Department of Energy, 1985 (DOE/ER-0239).

Tromp, S. W. *Biometeorology: the impact of the weather and climate on humans and their environment.* London, Heyden, 1980.

United Nations Environment Programme. *Possible Effects of Man's Activities on the Ozone Layer and Climate.* Nairobi, UNEP, 1986, UNEP Policy Support Document.

Watson, R. T., Geller, M. A., Stolarski, R. S., and Hampson, R.F. *Present state of Knowledge of the Upper Atmosphere: Processes that control ozone and other climatically Important trace gases.* NASA, Washington D.C., 1986, NASA Reference Publication 1162.

ผู้จัดทำ

ผู้แปล

1. นายประหยัด ชิดทอง
2. นางสาวจินตนา ดิษฐแย้ม
3. นายปราโมทย์ พิณพิมาย
4. นายชนินทร์ ยาระณะ
5. นางสังวาลย์ สาโยธา
6. นางสาวจุรีรัตน์ ธีรพิตร

ผู้ตรวจ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วนิดา จีนศาสตร์

บรรณาธิการที่ปรึกษา นางสาวจินตนา ใบกาซูยี
บรรณาธิการอำนวยการ นางสาวอุษณีย์ วัฒนพันธ์
บรรณาธิการ นางสาวมะลิ เกือบสันเทียะ

พิมพ์ที่โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว นายวิชัย พยัคฆโส ผู้พิมพ์และผู้โฆษณา พ.ศ. 2544

ผู้แปล

1 ปราโมทย์ พิณพิมาย
2 ประหยัด ชิดทอง
3 ชนินทร์ ยาระณะ
4 จุ๋รัตน์ ธีรพิตร
5 สังวาลย์ สาโยธา
6 จินตนา ดิษฐแย้ม

หนังสือชุดสิ่งแวดล้อมของ UNEP/GEMS