

ภาวะโลกร้อน: ผลลัพธ์เชิงลบในโลกยุคอุตสาหกรรม

Global Warming: Negative Outcome in the Industrial World

มนนภา เทพสุด

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สำนักวิชาศึกษาทั่วไป มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: Monnapa.th@spu.ac.th

บทคัดย่อ

ภาวะโลกร้อนที่ทำให้สภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงไปในโลกยุคปัจจุบัน เป็นสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจากความไม่สมดุลของปริมาณก๊าซเรือนกระจก โดยเฉพาะคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มมากขึ้นในชั้นบรรยากาศ อันมีสาเหตุสำคัญมาจากปรากฏการณ์เรือนกระจกที่รุนแรง ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากผลการพึ่งพิงพลังงานกระแสหลักจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของโลกยุคอุตสาหกรรม ที่มีแหล่งปล่อยใหญ่มาจากภาคพลังงานและการขนส่ง รวมทั้งมีแรงเสริมจากการทำลายพื้นที่ป่าเพื่อปรับเปลี่ยนที่ดินมาใช้ขยายพื้นที่ต่าง ๆ ร่วมสมทบด้วยปัจจุบันภาวะโลกร้อนซึ่งเป็นปัญหาสะสมที่เกิดขึ้นมากกว่าศตวรรษ ได้ทวีความรุนแรง ทำลายคุณภาพสิ่งแวดล้อมทั้งในภาคพื้นดิน ผิวน้ำ และอากาศเพิ่มมากขึ้น จนทุกชีวิตต้องได้รับความเดือดร้อนจากผลกระทบที่ตามมามากมาย ทั้งจากการเผชิญกับสภาพภูมิอากาศที่รุนแรง การไหม้กระหน่ำของพืชไร่ที่ร้ายแรงจากคลื่นความร้อน ภัยแล้ง ไฟป่า และพายุอย่างบ่อยครั้งยิ่งขึ้น ตลอดจนถึงการเพิ่มสูงของระดับน้ำทะเล อันเนื่องมาจากการขยายตัวของน้ำทะเลผนวกกับการละลายตัวของน้ำแข็งทั่วโลก การแก้ปัญหาภาวะโลกร้อนด้วยการลดอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่ชั้นบรรยากาศ ร่วมกับการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากชั้นบรรยากาศ และการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาจากแหล่งผลิตก่อนขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ จึงถือเป็นสามแนวทางออกสำคัญที่จะช่วยขจัดไม่ให้อุณหภูมิโลกเพิ่มสูงขึ้นต่อไปกระทั่งก่อภัยพิบัติทำลายทุกชีวิตได้

คำสำคัญ: ภาวะโลกร้อน ก๊าซเรือนกระจก ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พลังงานทดแทน แหล่งกักเก็บคาร์บอน

ABSTRACT

The global warming that causes climate change in today world is a situation that arises from an imbalance in the amount of greenhouse gases, especially carbon dioxide that is increasing in the atmosphere, which is the cause of the severe greenhouse effect and which occurs due to the dependency on mainstream energy from fossil fuels that drive the economy of the industrial age world. The industrial age which has a large source of emission from the energy and transportation sector as well as having reinforcements from deforestation of the forest in order to change the land to be used to expand the various areas. Nowadays, global warming, which has accumulated problems that have occurred for over a century, has intensified. It has increased in destruction of environmental quality in the land, water and air sectors. Today all lives have suffered from many consequences,

both from facing the severe climate the raging of serious disasters from heat waves, drought, forest fires and storms more often. Throughout, including rising sea levels due to the expansion of sea water combined with the rapid melting of ice around the world. Therefore, it is considered that there are three important ways to stop the global temperature from rising until it can endanger every life, that is the reducing the rate of carbon dioxide emissions into the atmosphere together with the removal of carbon dioxide from the atmosphere and the removal of carbon dioxide gas released from the production source before reaching the atmosphere.

KEYWORDS: Global warming, Greenhouse gas, Carbon dioxide, Renewable energy, Carbon storage

1. บทนำ

ในขณะที่มนุษย์เรากำลังอยู่ท่ามกลางความเจริญ ที่พร้อมไปด้วยสิ่งอำนวยความสะดวกสบายและเทคโนโลยีต่างๆ ตลอดจนถึงการสัญจรที่เต็มไปด้วยรถยนต์ เรือยนต์ และเครื่องบิน สถานการณ์ความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศและการพังทลายของผืนน้ำแข็งหลายแห่งทั่วโลก ก็กำลังทวีความรุนแรงส่งผลกระทบต่อลูกหลานให้มนุษย์เราต้องเผชิญกับภัยพิบัติต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการเกิดคลื่นความร้อน ภัยแล้ง ไฟป่า พายุ และการเพิ่มสูงของระดับน้ำทะเล อันเป็นผลพวงมาจากภาวะโลกร้อน โดยมีมนุษย์เป็นผู้ร่วมกันก่อขึ้นจากการเพิ่มปริมาณก๊าซเรือนกระจกนานาชนิด โดยเฉพาะคาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่ชั้นบรรยากาศอย่างไม่หยุดยั้งในสังคมโลกยุคอุตสาหกรรม อันเป็นยุคแห่งการผลิตที่มีการขับเคลื่อนเศรษฐกิจอุตสาหกรรมบนฐานพลังงานของเชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งเป็นแหล่งปล่อยใหญ่สุดของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

แน่นอนว่า หากยังคงปล่อยให้การพัฒนาดำเนินไปในรูปแบบเดิมๆ โดยไม่มีการปรับเปลี่ยนแหล่งพลังงานภาวะโลกร้อนก็จะขยายขนาดความรุนแรงไปสู่จุดอันตรายอย่างยิ่งยวดขึ้นเรื่อยๆ จนถึงขั้นที่ทำให้ระบบนิเวศของโลกล่มสลายและอันตรายก็จะมาถึงมนุษย์เราได้ในท้ายสุด ดังนั้นการก้าวพ้นจากยุคพลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลไปสู่ยุคพลังงานทดแทน จึงเป็นทางออกอันสำคัญที่นำไปสู่การลดระดับความรุนแรงของภาวะโลกร้อน ไม่ให้รุกรืบกัดเซาะทำลายนะสร้างความเดือดร้อนได้มากยิ่งขึ้นไปกว่านี้ และเพื่อให้ทุกสรรพสิ่งมีโอกาสอยู่คู่โลกไปได้อีกยาวนานเท่านาน

2. วัตถุประสงค์

- (1) เพื่อเผยแพร่สาเหตุที่แท้จริงของการเกิดภาวะ โลกร้อนในยุคปัจจุบัน
- (2) เพื่อเผยแพร่ถึงผลกระทบและปัญหาที่ตามมาจากภาวะ โลกร้อน
- (3) เพื่อเผยแพร่แนวทางการแก้ปัญหาภาวะ โลกร้อน

3. สาเหตุการเกิดภาวะโลกร้อนในยุคปัจจุบัน

3.1 การผันแปรของสภาพภูมิอากาศตามธรรมชาติและภาวะโลกร้อนในยุคปัจจุบัน

ผลการวิเคราะห์สภาพภูมิอากาศโลกช่วงยุคดึกดำบรรพ์ จากฟองอากาศโบราณซึ่งถูกกักเก็บภายในแท่งน้ำแข็งระดับลึก ทั้งที่เกาะกรีนแลนด์และเขตวอสทอกในทวีปแอนตาร์กติกา ทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถศึกษาพบความสัมพันธ์ที่สอดคล้องกันระหว่างค่าอุณหภูมิบนพื้นผิวโลกและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ และพบว่าตลอดช่วงหนึ่งล้านปีที่ผ่านมาโลกประสบกับช่วงที่โลกร้อนขึ้นซึ่งเรียกว่า “ยุคน้ำแข็ง

ละลาย” สลับกับช่วงที่โลกเย็นลงซึ่งเรียกว่า “ยุคน้ำแข็ง” มาแล้วอย่างเป็นวัฏจักรประมาณ 7 – 8 รอบ ซึ่งแต่ละรอบมีคาบเวลายาวนานประมาณ 100,000-150,000 ปี โดยช่วงการเปลี่ยนจากยุคน้ำแข็งสู่ยุคโลกร้อนนั้นมีระยะเวลาประมาณ 20,000 ปี ส่วนช่วงที่โลกร้อนสูงสุดแล้วค่อยๆ เย็นตัวลงจนเข้าสู่ยุคน้ำแข็งมีระยะเวลานานราวกว่าแสนปี (สุวัฒน์ อัครไชยชาญ, 2551: 7) โดยมีตัวกำหนดอัตราการรอบคือการเปลี่ยนวงโคจรของโลก ที่รู้จักในชื่อ “วัฏจักรมิลานโควิช” (Milankovich cycle) และการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas) เป็นปัจจัยร่วมสำคัญ (ธนวัฒน์ จารุพงษ์สกุล, 2550: 19-21)

ด้วยข้อเท็จจริงที่ว่า โลกผ่านยุคโลกร้อนครั้งล่าสุดมาเมื่อประมาณ 6,000 ปีก่อน ดังนั้นหากเป็นไปตามวิถีแห่งธรรมชาติ โลกในยุคปัจจุบันต้องอยู่ในช่วงเวลาของการปรับสมดุลให้อุณหภูมิลดต่ำลงอย่างช้าๆ เพื่อเข้าสู่ยุคน้ำแข็งอีกครั้งตามแนวโน้มรอบวัฏจักร ซึ่งใช้ระยะเวลานานราวกว่าแสนปี หากแต่สิ่งที่ปรากฏกลับตรงข้ามด้วยนับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2404 เป็นต้นมา อุณหภูมิเฉลี่ยบนพื้นผิวโลกได้ขยับเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและรวดเร็วเกินกว่าค่าเฉลี่ยในเกณฑ์ปกติ (Dennis, 1993: 184) นักวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่จึงมีความเห็นว่า ภาวะโลกร้อนที่กำลังทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยบนพื้นผิวโลกเพิ่มสูงขึ้นแบบผิดปกตินี้ ไม่ได้เป็นการผันแปรของสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นตามวิถีธรรมชาติดังเช่นที่โลกเคยประสบมา

ทั้งเมื่อในปี พ.ศ. 2550 ทางคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หรือ “ไอพีซีซี” (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) ขององค์การสหประชาชาติ ยังได้นำเสนอรายงานการตรวจประเมินสภาพภูมิอากาศครั้งที่ 4 (Fourth Assessment Report: AR4) ที่ระบุยืนยันว่า มีความเป็นไปได้สูงถึงร้อยละ 90 ที่อุณหภูมิเฉลี่ยบนพื้นผิวโลกในยุคปัจจุบัน ซึ่งเพิ่มสูงอย่างผิดปกติโดยเฉพาะในตลอดช่วงระยะเวลากว่า 50 ปีที่ผ่านมา นั้น เกิดขึ้นจากผลการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ยุคอุตสาหกรรม ที่ร่วมกันปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกนานาชนิด โดยเฉพาะคาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่ชั้นบรรยากาศ จนมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นกว่าระดับความพอดีที่ธรรมชาติจะระบายออกไปได้ทัน (สืบค้นเมื่อ 29 ต.ค. 2562, จาก https://archive.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/faq-2-1.html)

3.2 ปรากฏการณ์เรือนกระจกที่รุนแรง: สาเหตุของภาวะโลกร้อน

ตามสภาพธรรมชาติแล้ว ภายในชั้นบรรยากาศใกล้ผิวโลกจะมีก๊าซเรือนกระจกชนิดต่างๆ อาทิ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) มีเทน (CH₄) ไนตรัสออกไซด์ (N₂O) ไอน้ำ (H₂O) และ โอโซน (O₃) ซึ่งมีคุณสมบัติกักเก็บความร้อนได้ดีแพร่กระจายอยู่ในปริมาณที่คงความสมดุล ทำให้ปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect) ซึ่งเป็นกลไกการควบคุมสมดุลอุณหภูมิโลกดำเนินไปอย่างปกติ

กล่าวคือ เมื่อรังสีจากดวงอาทิตย์ส่องผ่านชั้นบรรยากาศมายังพื้นผิวโลก รังสีส่วนใหญ่ซึ่งเป็นรังสีความยาวคลื่นสั้น (Short-Wave Radiation) ในช่วงที่แสงมองเห็น (Visible Light) จะสะท้อนและกระจายความร้อนออกสู่อวกาศในทันทีร้อยละ 30 โดยกลุ่มเมฆและอนุภาคสารต่างๆ ในบรรยากาศ และโดยสารชนิดต่างๆ เช่น ทราย ก้อนหิน หิมะ น้ำแข็ง และวัตถุสะท้อนอื่นๆ บนพื้นผิวโลก และส่วนที่เหลือร้อยละ 70 นั้น ส่วนหนึ่ง (ร้อยละ 20) จะถูกดูดกลืนไว้โดยกลุ่มเมฆ ฝุ่นละออง และก๊าซชนิดต่างๆ และอีกส่วน (ร้อยละ 50) จะเดินทางเข้ามาตกกระทบบนพื้นผิวโลก จนเมื่อพื้นผิวโลกได้รับความอบอุ่นเพียงพอแล้ว พื้นผิวโลกจะแผ่ความร้อนส่วนที่เหลือในรูปร่างอินฟราเรด ซึ่งเป็นรังสีคลื่นยาว (Long-Wave Radiation) ออกสู่บรรยากาศอย่างช้าๆ ร้อยละ 20 ซึ่งมีเพียงส่วนน้อยที่อยู่ในช่วงความยาวคลื่น 8-13 ไมครอนเท่านั้นที่เคลื่อนที่ผ่านออกไปสู่อวกาศได้ทันที

(ร้อยละ 6) แต่อีกส่วน (ร้อยละ 14) จะถูกกลุ่มเมฆและก๊าซเรือนกระจกชนิดต่างๆ ร่วมกันดูดกลืนไว้ ต่อจากนั้น ก๊าซเรือนกระจกจะแผ่รังสีความร้อนปล่อยกระจายกลับคืนสู่บรรยากาศและพื้นผิวโลกอีกครั้งอย่างต่อเนื่อง (บรรจบ คิดเลิศล้ำ, 2547: 61; ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ และมานิจ ทองประเสริฐ, 2549: 70) ส่งผลให้พื้นผิวโลกมีความอบอุ่นอยู่ที่ประมาณ 15 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นระดับอุณหภูมิที่มีคุณประโยชน์ต่อการกำเนิดและดำรงอยู่ของชีวิต (ดอว์ และดาว์นิง, 2551: 30)

หากแต่หลังจากที่โลกเข้าสู่ยุคอุตสาหกรรม ภายในชั้นบรรยากาศได้มีปริมาณการแพร่กระจายของก๊าซเรือนกระจกเพิ่มมากขึ้นจนเกินระดับความสมดุลทางธรรมชาติ ปรากฏการณ์เรือนกระจกจึงดำเนินไปในทิศทางที่รุนแรง กระทั่งส่งผลให้ความร้อนถูกเก็บสะสมไว้บนพื้นผิวโลกและในชั้นบรรยากาศเหนือโลกได้มากเกินไปเกิดอุณหภูมิเฉลี่ยบนพื้นผิวโลกจึงเพิ่มสูงขึ้นตามมาอย่างผิดธรรมชาติ แล้วเกิดเป็นภาวะโลกร้อน (Global Warming) ที่ส่งผลกระทบต่ออันร้ายแรงให้สภาพภูมิอากาศโลกต้องเปลี่ยนแปลงไป (Climate Change) ดังเช่นที่ได้ปรากฏอยู่ในทุกวันนี้

3.3 คาร์บอนไดออกไซด์ : ก๊าซเรือนกระจกตัวการหลักแห่งปัญหาภาวะโลกร้อน

แม้ภายในชั้นบรรยากาศเหนือโลกจะมีก๊าซเรือนกระจกเป็นองค์ประกอบอยู่นานชนิด หากแต่ก๊าซเรือนกระจกตัวการหลักที่มีอิทธิพลต่อปัญหาภาวะโลกร้อนมากที่สุดคือคาร์บอน ไดออกไซด์ เนื่องจากเป็นก๊าซที่สามารถกักเก็บความร้อนได้มากที่สุดและนานสุดเมื่อเทียบกับก๊าซเรือนกระจกชนิดอื่น เหตุเพราะมีปริมาณการสะสมตัวอยู่ในชั้นบรรยากาศมากกว่าก๊าซเรือนกระจกชนิดอื่นด้วยสัดส่วนถึงเกือบสองในสาม อีกทั้งแต่ละโมเลกุลของก๊าซยังมีช่วงเวลาคงอยู่ในชั้นบรรยากาศ 200-450 ปี ซึ่งนับว่านานยิ่งกว่าก๊าซเรือนกระจกชนิดอื่น ถึงแม้ว่าจะมีศักยภาพก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential : GWP) น้อยกว่าก๊าซเรือนกระจกชนิดอื่นก็ตาม (ธนวัฒน์ จารุพงษ์สกุล, 2550: 58-59)

3.4 ต้นเหตุที่ทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้นในชั้นบรรยากาศ

การเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ ซึ่งก่อตัวมาตั้งแต่ที่สังคมโลกเข้าสู่ยุคของการปฏิวัติอุตสาหกรรมจนถึงปัจจุบันนี้ มีต้นเหตุหลักมาจากการพัฒนาเศรษฐกิจอุตสาหกรรมบนฐานพลังงานของเชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งเป็นแหล่งปล่อยใหญ่ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เหตุเพราะการเผาผลาญเชื้อเพลิงฟอสซิลอันได้แก่ ถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติกันอย่างมหาศาลในนานาประเทศ เพื่อผลิตพลังงานมาใช้ดำเนินกิจกรรมต่างๆ ทั้งในภาคอุตสาหกรรม เกษตรกรรม การคมนาคมขนส่ง และการผลิตไฟฟ้านั้น จะส่งผลข้างเคียงให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถูกผลิตแล้วปล่อยออกมาสู่ชั้นบรรยากาศอย่างไม่หยุดยั้ง

นอกจากนี้การทำลายป่า เพื่อปรับเปลี่ยนที่ดิน มาใช้ในการเกษตร การทำฟาร์มปศุสัตว์ การขยายพื้นที่เมือง และอื่นๆ เพื่อรองรับจำนวนประชากรโลกที่เพิ่มมากขึ้นในทุกๆ ปี ก็เป็นอีกต้นเหตุของการเพิ่มเติมปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศด้วย ทั้งนี้เพราะเมื่อต้นไม้ถูกตัดทำลายตายลง ธาตุคาร์บอนที่ถูกต้นไม้กักเก็บไว้ในรูปมวลชีวภาพ ทั้งที่อยู่ในเนื้อไม้และตามส่วนต่างๆ ของต้นไม้ จะเกิดการย่อยสลายทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถูกผลิตสู่ชั้นบรรยากาศได้เป็นจำนวนมาก ส่วนการเผาป่าก็ทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถูกผลิตออกสู่ชั้นบรรยากาศด้วยเช่นกัน โดยการเผาป่าที่ไม่มีมีการปลูกป่าทดแทนนั้น จะมีผลทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศเพิ่มขึ้นได้ถึงร้อยละ 30 ของจำนวนที่ถูกผลิตออกมาทั่วโลก (วัลยา วิริยเสนกุล, 2550: 67)

ที่สำคัญอีกประการคือ การทำลายป่ายังเป็นการบั่นทอนศักยภาพการตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากชั้นบรรยากาศได้อีกด้วย เหตุเพราะโดยธรรมชาติแล้วต้นไม้จะมีกลไกการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากชั้นบรรยากาศโดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) เพื่อนำมาสร้างสารอาหารในระหว่างการเจริญเติบโต แล้วสะสมคาร์บอนไว้ในรูปเนื้อไม้ ดังนั้นเมื่อไม่มีต้นไม้เป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอน ก็จะส่งผลให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมตัวในชั้นบรรยากาศมากขึ้นได้ โดยทาง IPCC ได้ระบุว่า การทำลายป่าเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกถึงราวร้อยละ 20 เมื่อเทียบกับปริมาณการปล่อยทั้งหมด (พิพัฒน์ พัฒนผลไพบุลย์ และศศิธร พ่วงปาน, 2558: 113)

3.5 แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ

ตลอดช่วงเวลาราว 10,000 ปี ก่อนยุคการปฏิวัติอุตสาหกรรม ความสมดุลระหว่างการปลดปล่อยและการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งดำเนินไปตามวิถีแห่งธรรมชาติ ได้ส่งผลสะท้อนให้ภายในชั้นบรรยากาศมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมอยู่ในระดับความเข้มข้นที่ค่อนข้างมีเสถียรภาพที่ 280 ส่วนในล้านส่วน (ppm)

หากแต่เมื่อโลกเข้าสู่ยุคอุตสาหกรรม การขับเคลื่อนเศรษฐกิจบนฐานเชื้อเพลิงฟอสซิลและการทำลายป่าได้ส่งผลร่วมกันผลักดันให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีปริมาณการสะสมตัวเพิ่มมากขึ้นในชั้นบรรยากาศ โดยเพิ่มสูงถึงระดับ 351.57 ppm เมื่อในปี พ.ศ. 2531 ซึ่งนับว่าสูงเกินระดับความปลอดภัยที่ถูกกำหนดไว้ที่ 350 ppm เป็นครั้งแรก และถึงระดับ 400.83 ppm ในปี พ.ศ. 2558 ในขณะที่ขีดเริ่มต้นของการเข้าสู่หายนะของสภาพภูมิอากาศถูกกำหนดไว้ที่ 400 ppm และเพิ่มสูงอยู่ที่ระดับ 415.09 ppm แล้วในปัจจุบัน (สืบค้นเมื่อ 29 ต.ค. 2562, จาก <https://th.co2.earth/daily-co2>) ซึ่งนับว่าเพิ่มสูงขึ้นถึงร้อยละ 48.2 เมื่อเทียบจากระดับก่อนยุคการปฏิวัติอุตสาหกรรม ทั้งที่ตลอดช่วงเวลา 800,000 ปี ที่ผ่านมา ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศได้ปรากฏค่าความเข้มข้นระดับสูงสุดที่ 300 ppm เท่านั้น (สืบค้นเมื่อ 29 ต.ค. 2562, จาก <https://www.rereef.co/single-post/CO2-415-ppm>)

4. ผลกระทบที่ตามมาจากภาวะโลกร้อน

การสะสมตัวที่เพิ่มมากขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในชั้นบรรยากาศ จากฝีมือมนุษย์ทั้งโลกที่ร่วมกันก่อขึ้นมา ได้ส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยบนพื้นผิวโลกเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมีรายงานจากองค์การอุตุนิยมวิทยาโลก (World Meteorological Organization; WMO) ระบุว่า อุณหภูมิเฉลี่ยบนพื้นผิวโลกมีความร้อนสูงสุดในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2558-2562) นับตั้งแต่ที่เริ่มมีการบันทึกสถิติในปี พ.ศ. 2393 และมีอุณหภูมิเพิ่มสูงจากช่วงก่อนการปฏิวัติยุคอุตสาหกรรมถึง 1.1 องศาเซลเซียสแล้วในปัจจุบัน (สืบค้นเมื่อ 29 ต.ค. 2562, จาก <https://www.posttoday.com/world/601532>)

ทั้งยังมีรายงานการวิจัยจากทีมนักวิทยาศาสตร์ด้วยว่า ปัจจุบันภาวะโลกร้อนได้ขยายขนาดความรุนแรงจนครอบคลุมพื้นที่ทั่วโลกไปกว่าร้อยละ 98 แล้ว ในขณะที่ยังไม่เคยมีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศครั้งใดๆ ที่ส่งผลกระทบต่อร้อยละ 50 ของพื้นที่โลกเลย (สืบค้นเมื่อ 24 ก.ย. 2562, จาก http://www.onep.go.th/env_data/2019)

สำหรับผลกระทบจากภาวะโลกร้อนนั้น นอกจากจะทำให้อุณหภูมิบนพื้นผิวโลกเพิ่มสูงขึ้น จนสภาพภูมิอากาศโลกเกิดการเปลี่ยนแปลง ดังเห็นได้ชัดจากความแปรปรวนของฤดูกาลที่ปรากฏช่วงฤดูร้อนที่ร้อนขึ้นอย่างยาวนานและฤดูหนาวที่สั้นลง อีกทั้งฝนก็ไม่ตกตามรูปแบบที่เคยเป็น โดยบางพื้นที่ต้องประสบกับฝนตกหนักจนเกิดปัญหาน้ำท่วมใหญ่ หากแต่บางพื้นที่กลับแทบไม่มีฝนตกจนเกิดปัญหาภัยแล้งและไฟป่าตามมาแล้ว ความรุนแรงของสภาพภูมิอากาศและการละลายตัวอย่างผิดปกติของน้ำแข็งขั้วโลก ก็เป็นอีกสองวิกฤตการณ์อันตรายที่กำลังรุกคืบเข้าสร้างความเสียหายอย่างเห็นได้ชัด

4.1 ความรุนแรงของสภาพภูมิอากาศ

ขณะนี้ภาวะโลกร้อนได้ทวีความรุนแรง ถึงขั้นทำให้หลายพื้นที่โลกเผชิญกับเหตุการณ์ “สภาพภูมิอากาศสุดขั้ว” หรือที่รู้จักกันในชื่อ “Extreme Weather Event” โดยที่เพิ่งผ่านไปในปี พ.ศ. 2561 มีดังเช่นกรณีที่ประเทศสหรัฐอเมริกาต้องเผชิญกับสภาพอากาศหนาวเหน็บ จากอุณหภูมิที่ลดต่ำลงอย่างรวดเร็วจนติดลบ อันเนื่องมาจากอิทธิพลของพายุฤดูหนาวกำลังแรง ในขณะที่ประเทศออสเตรเลียกลับถูกคลื่นความร้อนเข้าแผ่ปกคลุมสามรัฐใหญ่ จนทำให้นครซิดนีย์มีสภาพอากาศร้อนจัดที่สุดในรอบ 79 ปี เนื่องจากมีอุณหภูมิเฉลี่ยในวันที่ 7 มค. 2561 สูงถึง 47.3 องศาเซลเซียส

อีกทั้งในปีพ.ศ. 2562 ประเทศสหรัฐอเมริกาก็เผชิญกับความหนาวจัดราวกับอยู่ในเมืองแช่แข็งกว่าหนึ่งสัปดาห์ จากอิทธิพลของปรากฏการณ์ “ลมวนขั้วโลก” ส่วนประเทศออสเตรเลียก็เผชิญกับคลื่นความร้อนครั้งรุนแรง จนอุณหภูมิเฉลี่ยทั่วประเทศตลอดช่วงเวลานี้สูงเกินกว่า 35 องศาเซลเซียส

นอกจากนี้ ภัยพิบัติทางอากาศยังเพิ่มความถี่และความรุนแรงเหนือธรรมชาติยิ่งขึ้น สำหรับกรณีที่สร้างความเสียหายอย่างหนัก มีดังเช่น

- ปี พ.ศ. 2546 เกิดคลื่นความร้อนแถบทวีปยุโรป จนคร่าชีวิตผู้คนกว่า 30,000 ราย
- ปี พ.ศ. 2548 เกิดพายุเฮอริเคน “แคทรินา” ซึ่งมีกำลังแรงสูงสุดถึงระดับ 5 พัดถล่มทำลายเมืองนิวออร์ลีอันส์ ประเทศสหรัฐอเมริกา จนมีผู้เสียชีวิตถึง 1,300 คน
- ปี พ.ศ. 2550 เกิดอุทกภัยครั้งใหญ่ในรอบ 60 ปีที่ประเทศอังกฤษ
- ปี พ.ศ. 2551 เกิดพายุไซโคลน “นาร์กิส” พัดถล่มประเทศพม่าจนมีผู้เสียชีวิตนับแสนคน
- ปี พ.ศ. 2561 เกิดไฟป่าลูกความรุนแรงที่สุดในรอบ 10 ปี ที่รัฐแคลิฟอร์เนีย

4.2 การละลายตัวอย่างรวดเร็วของน้ำแข็งขั้วโลก

การละลายตัวอย่างรวดเร็วของน้ำแข็งทุกแห่งทั่วโลก เป็นทั้งผลกระทบและหลักฐานสำคัญที่ยืนยันได้ว่าโลกกำลังร้อนยิ่งขึ้นในทุกขณะแล้ว โดยทีมนักวิทยาศาสตร์ของศูนย์ข้อมูลน้ำแข็งและหิมะแห่งชาติ (National Snow and Data Center-NSIDC) ได้เปิดเผยว่า แผ่นน้ำแข็งที่ปกคลุมผืนโลกบริเวณมหาสมุทรอาร์กติก ซึ่งมีขนาดเฉลี่ย 7.7 ล้านตารางกิโลเมตรในฤดูร้อนของปี พ.ศ. 2522-2543 (สืบค้นเมื่อ 29 ต.ค. 2562, จาก <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/6944401.stm>) ได้เกิดการละลายตัวมากขึ้นและเร็วขึ้น จนมีความหนาบางลงและมีขนาดพื้นที่เล็กลงเหลือเพียง 4.15 ล้านตารางกิโลเมตร เมื่อในฤดูร้อนของปี พ.ศ. 2562 ซึ่งแม้จะไม่ใช่มินิมั่มต่ำสุดที่มีพื้นที่เหลือเพียง 3.39 ล้านตารางกิโลเมตรดังที่เคยเกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2555 หากแต่น้อยกว่าในรอบปีที่ผ่านมาของเดือนเดียวกันถึง 0.51 ล้านตารางกิโลเมตร (สืบค้นเมื่อ 29 ต.ค. 2562, จาก <https://nsidc.org/arcticseaicenews/2019/09/arctic-sea-ice-reaches-second-lowest-minimum-in-satellite-record/>)

ที่เป็นเช่นนี้เพราะ อุณหภูมิที่เพิ่มสูงอย่างต่อเนื่องได้ส่งผลอันตรายให้น้ำในมหาสมุทรมีความร้อนสะสมเพิ่มขึ้น จนน้ำแข็งขั้วโลกละลายตัวมากขึ้นและเร็วขึ้น น้ำแข็งส่วนที่เหลือนั้นจะสะท้อนรังสีความร้อนกลับสู่อวกาศได้น้อยลง ในขณะที่ปริมาณน้ำในมหาสมุทรที่เพิ่มขึ้นจากการละลายของผืนน้ำแข็ง จะดูดเก็บรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ไว้ได้มากขึ้น น้ำในมหาสมุทรที่อุ่นขึ้นจึงปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศได้มากขึ้น อุณหภูมิโลกจึงเพิ่มสูงขึ้นแล้วป้อนกลับมาเร่งการละลายตัวของผืนน้ำแข็งให้เพิ่มขึ้นได้เรื่อยๆ

เนื่องจากการขยายตัวของน้ำทะเลที่อุ่นขึ้นและการละลายตัวของน้ำแข็งที่ขั้วโลก จะส่งผลร่วมกันทำให้น้ำทะเลมีระดับเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นจึงมีการคาดการณ์จากนักวิทยาศาสตร์ว่า หากน้ำทะเลมีระดับเพิ่มสูงขึ้น 1 เมตร อันตรายจะเกิดกับพื้นที่ชายฝั่งของประเทศต่างๆ โดยประเทศอุรุกวัย เนเธอร์แลนด์ และบังกลาเทศ จะมีพื้นที่สูญหายไปร้อยละ 0.05, 6 และ 17.5 ตามลำดับ (ชนวิวัฒน์ จารุพงษ์สกุล, 2558: 154)

โดยล่าสุดนี้มีการคาดการณ์จากรายงานด้านสิ่งแวดล้อมว่า ระดับน้ำทะเลอาจเพิ่มสูงขึ้นกว่า 2 เมตร ภายในศตวรรษนี้ หรือภายในปี 2100 ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อครั้งใหญ่ต่อมนุษยชาติ เพราะจะทำให้ที่ดินกว่า 1.79 ล้านตารางกิโลเมตรได้รับความเสียหาย ประชากรโลกกว่า 187 ล้านคนไร้ที่อยู่อาศัย โดยเฉพาะดินแดนและประเทศในแถบมหาสมุทรแปซิฟิก (สืบค้นเมื่อ 29 ต.ค. 2562, จาก <https://thestandard.co/2-metre-sea-level-rise-plausible-by-2100/>)

5. ปัญหาที่ตามมาจากภาวะโลกร้อน

เป็นที่ชัดเจนว่า ภาวะโลกร้อนกำลังส่งผลให้ธรรมชาติสิ่งแวดล้อมมีความเสื่อมทรุดลง และก่อให้เกิดปัญหาหลากหลายตามหลายด้านมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นปัญหาความมั่นคงทางอาหาร การลี้ภัยเนื่องจากสิ่งแวดล้อม สุขภาพอนามัยเสื่อมโทรม การแพร่ระบาดของภูมิแพ้และโรคติดต่อต่างๆ และการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพที่น่าห่วงยิ่งคือ หากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ยังคงทวีจำนวนเพิ่มสูงขึ้นถึง 450 ppm อุณหภูมิบนพื้นผิวโลกก็จะเพิ่มสูงขึ้นตามมาได้ถึง 2 องศาเซลเซียส ซึ่งนั่นจะเป็นจุดเริ่มของเหตุหายนะที่นำไปสู่การสูญพันธุ์ครั้งใหญ่ได้ (สืบค้นเมื่อ 29 ต.ค. 2562, จาก https://www.greenpeace.or.th/report/endcoal_factsheet/owards-climate-catastrophe.pdf)

ที่เป็นเช่นนี้เพราะ อุณหภูมิที่เพิ่มสูงถึงระดับนี้จะเป็นปัจจัยเร่งให้ชั้นดินเยือกแข็งคงตัว (Permafrost) ซึ่งเป็นแหล่งดูดซับคาร์บอนตามธรรมชาติและมีเป็นจำนวนมากละลายมากขึ้น จนทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และมีเทน (ศักยภาพก่อโลกร้อนมากกว่าคาร์บอนไดออกไซด์ 21 เท่า) ซึ่งถูกกักเก็บไว้นานาน รั่วไหลออกสู่ชั้นบรรยากาศได้อย่างมหาศาล โลกจึงร้อนยิ่งขึ้น แล้วเวียนกลับเข้ามากระตุ้นให้ชั้นดินเยือกแข็งคงตัวส่วนที่เหลือละลายเร็วขึ้นและมากขึ้นต่อไปได้อีก ภาวะโลกร้อนก็จะยิ่งทวีความรุนแรง เพิ่มอำนาจการทำลายล้างเข้าสู่ความธรรมชาติสิ่งแวดล้อมให้เสื่อมทรุดลงอย่างหนัก และโลกก็จะเข้าสู่ระยะวิกฤติโดยไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้

6. แนวทางการแก้ปัญหาภาวะโลกร้อน

แม้ความเคลื่อนไหวต่อการแก้ปัญหาภาวะโลกร้อนจากนานาชาติที่เริ่มมีมาตั้งแต่พิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) จนถึงความตกลงปารีส (Paris Agreement) จะดำเนินมาว่าทศวรรษแล้ว หากแต่ความพยายามแก้ปัญหาภาวะโลกร้อนจากนานาชาตินั้นยังประสบความสำเร็จล้มเหลวอยู่มาก เหตุเพราะต้องเผชิญกับอุปสรรค

หลายด้าน ทั้งจาก 1) การสวนกระแสกับสังคมโลกที่วางโครงสร้างพื้นฐานทางพลังงานบนฐานเชื้อเพลิงฟอสซิล 2) การไม่ได้รับความร่วมมือจากประเทศสหรัฐอเมริกา เพราะอยู่ในสถานะการถอนตัวทั้งจาก “พิธีสารเกียวโต” และ “ความตกลงปารีส” ทั้งที่ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากเป็นอันดับสองรองจากจีน และ 3) ปัจจัยเร่งจาก ไฟป่าและมหาสมุทรที่อุ่นขึ้น ซึ่งสามารถย้อนกลับมาเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ โลกจึงร้อนยิ่งขึ้นสืบไปได้เรื่อยๆ

แต่เนื่องด้วยสิ่งที่จะต้องเฝ้าระวังคือ การสกัดกั้นไม่ให้อุณหภูมิบนพื้นผิวโลกเพิ่มสูงเกินจุดพลิกผันที่ 2 องศาเซลเซียส ดังนั้นการหลีกเลี่ยงหายนะจากสถานการณ์ดังกล่าวจึงเป็นสิ่งสำคัญ ที่ทุกประเทศจะต้องร่วมมือกัน ต่อต้านการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อย่างจริงจังและเร่งด่วน เพื่อปกป้องไม่ให้อุณหภูมิบนพื้นผิวโลกเพิ่มสูงขึ้นถึง 2 องศาเซลเซียสภายในปี พ.ศ. 2643 ตามเป้าหมายของ “ความตกลงปารีส” ให้ได้ โดยทางองค์การ อนุสัญญาวิทยาศาสตร์โลกได้ออกมาระบุว่า การจะบรรลุเป้าหมายตามความตกลงปารีส เพื่อควบคุมไม่ให้ภูมิอากาศเพิ่มสูงขึ้นถึง 2 องศาเซลเซียส และ 1.5 องศาเซลเซียสได้นั้น นานาประเทศทั่วโลกจะต้องเพิ่มความพยายามขึ้นเป็น 3 เท่า และ 5 เท่าตามลำดับ (สืบค้นเมื่อ 24 ก.ย. 2562, จาก http://www.onep.go.th/env_data/2019)

สำหรับแนวทางการแก้ปัญหาภาวะโลกร้อนให้ได้ผล สามารถดำเนินการได้บน 3 แนวทางหลักดังนี้

1) การลดอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่ชั้นบรรยากาศ

โดยลดการใช้พลังงานจากฐานเชื้อเพลิงฟอสซิล ด้วยการอนุรักษ์พลังงานทั้งการนำผลิตภัณฑ์ที่ใช้แล้ว กลับมาผลิตใหม่ (Recycle) ลดการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่เกินความจำเป็น (Reduce) การนำผลิตภัณฑ์ที่ใช้แล้วที่มี ประสิทธิภาพดีมาหมุนเวียนใช้ใหม่ (Reuse) และการซ่อมแซมเครื่องใช้ที่สึกหรอให้ใช้ประโยชน์ได้ (Repair)

ที่สำคัญยิ่งคือ ความพยายามยุติการพึ่งพิงพลังงานจากฐานเชื้อเพลิงฟอสซิล แล้วหันมาให้ความสำคัญ และส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทน (เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ) เพื่อหยุดการปล่อยก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์

2) การกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากชั้นบรรยากาศ

โดยการเพิ่มแหล่งดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เช่น การเพิ่มพื้นที่ป่า เนื่องจากป่ามีกระบวนการ สังเคราะห์แสงเป็นกลไกทางธรรมชาติที่ดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากชั้นบรรยากาศที่ดียิ่ง มีการ คำนวณจากนักวิทยาศาสตร์ว่า หากต้องการให้ป่าดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้ได้ร้อยละ 10 ของก๊าซที่ เกิดขึ้นทั่วโลกได้นั้น จำเป็นต้องปลูกป่าอย่างน้อย 700,000 ตารางกิโลเมตร (สุพัตรา แซ่ลิ้ม, 2550: 159)

อีกทั้งยังมีข้อมูลสนับสนุนจากงานวิจัยของ ดร.โทมัส ครอว์เธอร์ นักวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมชาว อเมริกันด้วยว่า หากทั่วโลกร่วมกันปลูกต้นไม้จำนวน 1.2 ล้านล้านต้น จะสามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ถูกปล่อยออกมาในรอบ 10 ปีที่ผ่านมาได้ (สืบค้นเมื่อ 24 ก.ย. 2562, จาก https://www.khaosod.co.th /sci-tech/ news_2224199)

3) การกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาจากแหล่งผลิต

โดยการเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้อยู่ในรูปของสารประกอบชนิดอื่น ด้วยกระบวนการทาง ชีวภาพ เช่น การใช้จุลินทรีย์ (กษิตติศ หนูทอง และประเสริฐ ภาวสันต์, 2551: 22-36) และ/หรือด้วยกระบวนการ ทางเคมี เช่น การเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้อยู่ในรูปของแอมโมเนียมคาร์บอเนตหรือไบคาร์บอเนตซึ่งมีความ คงทนมากกว่า (วราภรณ์ สาม โภศศ, 2546: 58)

รวมถึงการดักจับและกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ออกจากแหล่งผลิต (CO₂ Capture and Storage: CCS) มาอัดฝังเก็บไว้ใต้พื้นดินระดับลึก เช่น แหล่งน้ำมัน ซึ่งต้องคำนึงถึงระยะเวลาและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับมนุษย์และสิ่งแวดล้อมด้วย เพราะแหล่งกักเก็บนั้นสามารถรั่วรัวตามมาได้ หากมีภัยพิบัติทางธรรมชาติเกิดขึ้น

7. สรุป

การพัฒนาาระบบเศรษฐกิจบนฐานเชื้อเพลิงฟอสซิลในโลกยุคอุตสาหกรรม คือต้นเหตุสำคัญที่ทำให้ภายในชั้นบรรยากาศมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกตัวการหลักเพิ่มสูงขึ้นอย่างผิดธรรมชาติ จนส่งผลกระทบต่อปัญหาภาวะโลกร้อนที่มีความรุนแรงมากพอ ที่จะทำให้สภาพภูมิอากาศโลกต้องเปลี่ยนแปลงไปและน้ำแข็งทั่วโลกละลายตัวมากยิ่งขึ้น จนส่งผลกระทบต่อวิถีชีวิตต้องเผชิญกับผลกระทบต่างๆ ที่รุกไล่ตามมาอย่างเป็นลูกโซ่

การปรับเปลี่ยนวิถีทางการพัฒนาสู่สังคมคาร์บอนต่ำ เพื่อลด-ละ-เลิกการพึ่งพิงพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล พร้อมกับก้าวไปสู่อนาคตแห่งพลังงานทดแทนโดยเร็ว จะเป็นทางออกสำคัญที่ทำให้ทุกชีวิตมีโอกาสรอดพ้นจากสถานการณ์อันเลวร้ายได้ แต่หากยังคงดำเนินการแก้ปัญหาอย่างล่าช้าและยังคงมีการพัฒนาบนวิถีทางเดิมภายในบรรยากาศก็จะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมตัวหนาแน่นขึ้นเรื่อยๆ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศครั้งใหญ่ก็จะเกิดขึ้นและคงอยู่สืบไปอีกหลายศตวรรษ และทุกชีวิตก็ต้องเผชิญกับภาวะวิกฤตแบบสุดวิฤตอย่างไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้

8. ข้อเสนอแนะ

การแก้ปัญหาภาวะโลกร้อนจะประสบผลสำเร็จได้ จำเป็นต้องอาศัยวิธีผสมผสานกันทั้งการลดอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่ชั้นบรรยากาศ การกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากชั้นบรรยากาศ และการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาจากแหล่งผลิต

9. เอกสารอ้างอิง

กษิดิศ หนูทอง และประเสริฐ ภวสันต์, 2551. “ทางเลือกในการลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จากแหล่งผลิตเพื่อบรรเทาภาวะโลกร้อน.” วารสารสิ่งแวดล้อม ปีที่ 12 ฉบับที่ 1: 22-36.

ดอว์, คริสติน และควีนิง, อี โทมัส. 2551. การเปลี่ยนแปลงภาวะอากาศ ความอยู่รอดของมวลมนุษย.

กรุงเทพฯ: ปาเจรา.

ชนวัฒน์ จารุพงษ์สกุล, 2558: “สภาพภูมิอากาศแปรเปลี่ยนและผลกระทบต่อประเทศไทย” เมื่อโลกร้อนขึ้น.

กรุงเทพฯ: กรุงเทพเวชสาร

_____. 2550. โลกร้อนสุดขีด วิกฤตอนาคตประเทศไทย. กรุงเทพฯ: ฐานบุคส์.

บรรจบ คิตติคัล้า. 2547. “ปรากฏการณ์เรือนกระจก กับดัชนีความร้อนที่มนุษย์สร้างไว้ข้ามมนุษย์.” วารสารโลกพลังงาน ปีที่ 7, ฉบับที่ 24: 59-61.

พิพัฒน์ พัฒนผลไพบุลย์ และศศิธร พ่วงปาน, 2558: “ป่าไม้กับปัญหาโลกร้อน” เมื่อโลกร้อนขึ้น. กรุงเทพฯ:

กรุงเทพเวชสาร.

- เล็ก มอญเจริญ, 2550. “มาตรา 3.4 (additional Human Induce) ในพิธีสารเกียวโตกับการเก็บกักอินทรีย์คาร์บอนในดิน เพื่อบรรเทาปัญหาโลกร้อน.” วารสารอนุรักษ์ดินและน้ำ ปีที่ 22, ฉบับที่ 2: 44-51.
- วารกรณ์ สามโกเศศ. 2546. “เก็บ CO₂ ไม่ให้เป็นก๊าซเรือนกระจก.” นิตยสารโลกสีเขียว ปีที่ 12 ฉบับที่ 4: 58.
- วัลยา วิรัชเสนกุล. 2550. “เศรษฐกิจพอเพียงกับปัญหาโลกร้อน.” วารสารสังคมพัฒนา ปีที่ 35, ฉบับที่ 3: 65-71.
- ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ และมานิจ ทองประเสริฐ. 2549. “การลดก๊าซเรือนกระจก : จากนโยบายสู่ภาคปฏิบัติ (ตอนที่ 1).” วารสาร **Engineering Today** ปีที่ 4, ฉบับที่ 44: 68-71.
- สุพัตรา แซ่ถิ่ม. 2550. **มหันตภัยโลกร้อน GLOBAL WARMING เรื่องจริงที่คุณต้องรู้**. กรุงเทพฯ: ฟ้าริมาขด์.
- สุวัฒน์ อัสวไชยชาย. 2551. **50 เรื่องต้องรู้เกี่ยวกับโลกร้อน**. กรุงเทพฯ: สารคดี.
- สุรินทร์ เหล่าสุขสถิตย์, 2551. “ภาวะเรือนกระจกหรือภาวะโลกร้อนคืออะไร...?” วารสารพัฒนาเทคนิคศึกษา ปีที่ 20 ฉบับที่ 65: 22-28.
- “ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศระดับ 415 ppm แล้ว” สืบค้นเมื่อวันที่ 29 ตุลาคม 2562, จาก <https://www.rereef.co/single-post/CO2-415-ppm>
- “นักวิทยาศาสตร์เตือน! ผู้โลกร้อนไม่ช่วยกันทำได้ทันที ปลูกต้นไม้แค่หนึ่งล้านต้น” สืบค้นเมื่อวันที่ 29 ตุลาคม 2562, จาก https://www.khaosod.co.th/sci-tech/news_2224199
- “ยูเอ็นเผย 5 ปีที่ผ่านมาโลกร้อนที่สุดเป็นประวัติการณ์” สืบค้นเมื่อวันที่ 29 ตุลาคม 2562, จาก <https://www.posttoday.com/world/601532>
- “รายงานเผยระดับน้ำทะเลอาจเพิ่มสูงขึ้นกว่า 2 เมตร ภายในปี 2100 ประชาชน 187 ล้านคนไร้ที่อยู่อาศัย” สืบค้นเมื่อวันที่ 29 ตุลาคม 2562, จาก <https://thestandard.co/2-metre-sea-level-rise-plausible-by-2100/>
- “สูญหายของสภาพภูมิอากาศ ถ่านหินก่อวิกฤตสภาพภูมิอากาศ” สืบค้นเมื่อวันที่ 29 ตุลาคม 2562, จาก https://www.greenpeace.or.th/report/endcoal_factsheet/owards-climate-catastrophe.pdf
- “‘อูคูโลก’ระบุโลกร้อนขึ้น 1.1 องศาเซลเซียส ‘ยูเอ็น’เรียกร้องผู้นำโลกแก้ปัญหาเป็นรูปธรรม” สืบค้นเมื่อวันที่ 29 ตุลาคม 2562, จาก http://www.onep.go.th/env_data/2019
- “Arctic sea ice reaches second lowest minimum in satellite record” สืบค้นเมื่อวันที่ 29 ตุลาคม 2562, จาก <https://nsidc.org/arcticseaicenews/2019/09/arctic-sea-ice-reaches-second-lowest-minimum-in-satellite-record/>
- “Arctic sea ice set to hit new low” สืบค้นเมื่อวันที่ 29 ตุลาคม 2562, จาก <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/6944401.stm>
- “Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis” สืบค้นเมื่อวันที่ 29 ตุลาคม 2562, จาก https://archive.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/faq-2-1.html
- “CO₂, Earth Are we stabilizing yet?” สืบค้นเมื่อวันที่ 29 ตุลาคม 2562, จาก <https://th.co2.earth/daily-co2>
- Dennis, R.L.H.. 1993. **Butterflies and Climate Change**. London: Manchester University Press.