อุณหภูมิโลกสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ตามมาด้วยผลกระทบร้ายแรงหลายรูปแบบ น้ำท่วมสลับกับภัยแล้ง ทวีความรุนแรงขึ้นเรื่อยๆ ผู้คนนับล้านอพยพข้ามประเทศเพราะปัญหาการเมืองและปัญหาเศรษฐกิจ โรคอุบัติใหม่ปรากฏขึ้นเป็นระยะๆ ส่งผลกระทบเป็นลูกโซ่ไปยังระบบเศรษฐกิจสังคมทั่วโลกอย่างที่ไม่เคยเป็นมาก่อน

การพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development) ที่ทุกคนพูดถึงและพยายามขับเคลื่อนอยู่ทุกวันนี้ ... หรือแท้จริงแล้วเป็นเพียง การพัฒนาเพื่อความอยู่รอด (Survival Development)

วิทยาศาสตร์ความยั่งยืน (Sustainability Science) ไม่ใช่เรื่องไกลตัวอีกต่อไป แต่เป็นเรื่องที่ทุกคนต้องพยายามเรียนรู้และทำความเข้าใจ เพื่อใช้เป็นหลักคิดในการเผชิญหน้า ตั้งรับ ปรับตัว และต่อสู้กับความไม่แน่นอนที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

LET'S MAKE A DEAL WITH SUSTAINABILITY

ทฤษฎี แนวคิด การประยุกต์ใช้
เพื่อสร้างกรอบความคิดใหม่
เพื่อการเป็นพลเมืองแห่งอนาคต
(Future Citizen)

วิทยาศาสตร์ความยั่งยืน
ISBN 978-616-593-934-8
C112
ราคา 360 บาท

SUSTAINABILITY SCIENCE วิทยาศาสตร์ความยั่งยืน

ฉัตรไชย รัตนไชย ณทัชชา วิชญธนินท์

THE CROSSROAD OF HUMANKIND

SUSTAINABILITY SCIENCE
วิทยาศาสตร์ความยั่งยืน

A MUST SCIENCE FOR FUTURE

ฉัตรไชย รัตนไชย ณทัชชา วิชญธนินท์

SUSTAINABILITY SCIENCE

วิทยาศาสตร์ความยั่งยืน

“การพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development)” ที่ทุกคนพูดถึงและพยายามขับเคลื่อนอยู่ทุกวันนี้ ... หรือแท้จริงแล้วเป็นเพียง “การพัฒนาเพื่อความอยู่รอด (Survival Development)”

วิทยาศาสตร์ความยั่งยืน (Sustainability Science)

รองศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรไชย รัตนไชย

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ

ฉัตรไชย รัตนไชย.

วิทยาศาสตร์ความยั่งยืน = Sustainability Science.-- สงขลา : ม.ป.พ., 2565.

290 หน้า.

1. วิทยาศาสตร์. I. ชื่อเรื่อง.

500

ISBN (e-book) 978-616-594-594-3

ราคา **288 บาท**

จัดทำโดย รองศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรไชย รัตนไชย

15 ถนนกาญจนวนิช ตำบลหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่

จังหวัดสงขลา 90110

โทร. 0815425737

e-mail: chatchai.ratanachai@gmail.com

ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2565 [CUP6511-168F]

สั่งซื้อได้ที่ ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

http://www.chulabook.com

โทร. 08-6323-3703-4

customer@cubook.chula.ac.th, info@cubook.chula.ac.th

Apps: CU-eBook Store

คำนำ

ทุกวันนี้ เรากำลังเผชิญกับสถานการณ์ ที่ในอดีตไม่เคยมีใครคาดคิดว่าจะเกิดขึ้นได้ ฝุ่นจิ๋ว PM-2.5 สามารถทะลุทะลวงเข้าไปถึงในเส้นเลือด ไมโครพลาสติกเข้าไปอยู่ในสัตว์น้ำ ในห่วงโซ่อาหาร และในร่างกายคน อุณหภูมิโลกที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ตามมาด้วยผลกระทบร้ายแรงหลายรูปแบบ น้ำแข็งขั้วโลกละลายเพิ่มมากขึ้นในทุกฤดูร้อน เหตุการณ์น้ำท่วมสลับกับภัยแล้งสุดโต่งทวีความรุนแรงขึ้นเรื่อยๆ ผู้คนนับล้านอพยพข้ามประเทศเพราะปัญหาการเมืองและปัญหาเศรษฐกิจ โรคอุบัติใหม่ปรากฏขึ้นเป็นระยะๆ ล่าสุด โรคระบาดไวรัสโคโรน่า (COVID-19) ได้ส่งผลกระทบไม่เพียงต่อระบบสาธารณสุข แต่ลุกลามเป็นลูกโซ่ไปยังระบบเศรษฐกิจสังคมทั่วโลกอย่างที่ไม่เคยเป็นมาก่อน เรื่องราวที่ไม่เคยคิดว่าจะเป็นไปได้เหล่านี้ นับวันจะรุนแรงขึ้นเรื่อยๆ และดูเหมือนว่าเราแทบจะหมดหนทางแก้ไข ที่ผ่านมาก็ได้แต่เพียงปรับตัวและรับมือกับปัญหาเพื่อให้ผลกระทบทุเลาลงบ้าง ต้นทุนทางธรรมชาติที่เคยอุดมสมบูรณ์ และควรจะรักษาไว้เพื่อส่งต่อให้คนรุ่นลูกหลาน ในสภาพที่เขาสามารถนำไปใช้เป็นต้นทุนรองรับการพัฒนาคุณภาพชีวิตของคนในรุ่นเขาได้ ปัจจุบันกลายเป็นเพียงตำนานหลายอย่างที่เคยได้ยินในอดีตหายไป วันนี้เราไม่มีป่าที่อุดมสมบูรณ์ ไม่มีแม่น้ำลำคลองที่ใสสะอาด ไม่มีอากาศบริสุทธิ์ ไม่มีเมืองที่ร่มรื่นปราศจากมลพิษ

มนุษย์ได้เดินทางมาถึงจุดที่เราต้องยอมรับสภาพ กับสถานการณ์เลวร้ายหลายอย่างที่เกิดขึ้น ที่แท้จริงแล้วส่วนใหญ่เป็นผลกระทบต่อเนื่องของการพัฒนาในอดีต พวกเราควรเริ่มถามตัวเองว่าเรากำลังทำอะไรอยู่ หรือได้ทำอะไรลงไป และสิ่งที่ทำนั้นกำลังพาเราไปสู่อะไร เริ่มมีการตั้งประเด็นเกี่ยวกับขีดจำกัดของการพัฒนา เริ่มมีคำถามว่าเผ่าพันธุ์มนุษย์จะดำรงอยู่ในโลกนี้ได้อีกนานแค่ไหน หากมนุษย์ยังคงพัฒนาไปตามวิถีเดิมๆ (Business-as-usual) และทำอย่างไรเราถึงจะเดินหน้าไปสู่เส้นทางของความยั่งยืนได้ หรือเราควรยอมรับความจริงว่า *การพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development)* ที่ทุกคนพูดถึงและพยายามขับเคลื่อนอยู่ทุกวันนี้ แท้จริงแล้วเป็นเพียง *การพัฒนาเพื่อความอยู่รอด (Survival Development)*

ผู้เขียนหวังว่าหนังสือเล่มนี้จะเป็นส่วนหนึ่งที่จะตอบคำถามข้างต้นได้ จึงอยากเชิญชวนให้อ่านอย่างพินิจพิเคราะห์ แล้วพิจารณาพฤติกรรมของตัวเอง ทิศทางของการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม แผนและนโยบายของประเทศและของโลก แล้วมาร่วมกัน ช่วยกันออกแบบอนาคตเพื่อโลกที่ดีกว่า เพื่อความยั่งยืนของโลกของเรา

เริ่มจากบทที่ 1 ด้วยการชวนผู้อ่านไปร่วมหาคำตอบว่าวิทยาศาสตร์ความยั่งยืนคืออะไร และนำเสนอกรอบแนวคิดในการวิเคราะห์เกี่ยวกับความยั่งยืน ต่อด้วยเรื่องราวการต่อสู้ของมนุษยชาติบนเส้นทางสู่ความยั่งยืนในบทที่ 2 ซึ่งเริ่มจากวิถีชีวิตที่เรียบง่ายในอดีตจนถึงยุคปัจจุบันที่เต็มไปด้วยพลวัต ความซับซ้อน และปัญหาต่างๆ ที่ท้าทายความยั่งยืน ที่มีสาเหตุหลักจากการเพิ่มของประชากร ตามด้วยการพัฒนาที่ใช้ทรัพยากรจนใกล้ถึงขีดจำกัด นำไปสู่บทสรุปว่า การแก้ปัญหาที่ซับซ้อนเหล่านี้ จำเป็นที่ต้องอาศัยความร่วมมือทั้งระดับประเทศและระดับโลก ที่ต่อมาประชาคมโลกได้ร่วมกันประกาศเป็นเป้าหมายของการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) ซึ่งมีรายละเอียดในบทที่ 3 และในบทที่ 4 เป็นบทวิเคราะห์ประเด็น SDGs ที่ควรเป็นจุดเน้นของประเทศไทย บทที่ 5 นำเสนอแนวคิดและทฤษฎีต่างๆ ในการวิเคราะห์ปัญหาความยั่งยืน บทที่ 6 กล่าวถึงปัญหาหลักที่ท้าทายความยั่งยืนแห่งศตวรรษ “โลกร้อน” และเพื่อให้ง่ายต่อการติดตามทำความเข้าใจกับปัญหาต่างๆที่ท้าทายความยั่งยืนของโลกใบนี้ตลอดจนความพยายามในการแก้ไข ผู้เขียนได้สรุปเหตุการณ์สำคัญๆ บนเส้นทางสู่ความยั่งยืนทั้งหมดที่กล่าวถึงในทุกๆบทของหนังสือเล่มนี้ ไว้ใน Timeline ในบทที่ 2

ผู้เขียนมีเจตนารมณ์ให้หนังสือเล่มนี้สามารถเข้าถึงผู้อ่านได้อย่างกว้างขวาง จึงพยายามใช้ภาษาที่เรียบง่าย เพื่อให้เหมาะสำหรับทั้งนักเรียน นักศึกษา และผู้อ่านทั่วไป ขณะเดียวกันก็ได้บรรจุเนื้อหาสาระทางวิชาการ ข้อคิด รวมทั้งคำถามวิจัย (Research gaps) ประเด็นที่น่าสนใจควรค้นคว้าเพิ่มเติม จึงเหมาะสำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยและนักวิจัย และเนื่องจากความยั่งยืนคือเป้าหมายหลักของการพัฒนา จึงเหมาะสำหรับบุคลากรภาครัฐ ภาคเอกชน ภาคประชาสังคม และองค์กรพัฒนาเอกชนที่ทำงานในทุกมิติของการพัฒนา

ยิ่งไปกว่านั้น ผู้เขียนหวังว่าหนังสือเล่มนี้จะสามารถจุดประกายให้เยาวชน และประชาชนทุกเพศทุกวัย ทุกกลุ่มอาชีพ ได้หันมาให้ความสนใจด้านสิ่งแวดล้อมและการพัฒนาที่ยั่งยืนมากขึ้น ก่อให้เกิดความตระหนัก สามารถเป็นแรงผลักดัน ให้เกิดการขับเคลื่อนกิจกรรมที่จะนำไปสู่สังคมที่มีคุณภาพ สร้างสรรค์ Resilience และยั่งยืนได้

ฉัตรไชย รัตนไชย
ณทัชชา วิชญธนินท์

สารบัญ

หน้า

คำนำ (1)
สารบัญ (3)
คำย่อ (6)

บทที่

1 วิทยาศาสตร์ความยั่งยืนคืออะไร?
What is the Sustainability Science? 1

1.1 ปัญหาของโลกยุคปัจจุบันที่นับวันจะยิ่งซับซ้อน 1
1.2 “วิทยาศาสตร์ความยั่งยืน” (Sustainability Science) ศาสตร์ที่ต้องรู้ 5
1.3 กรอบแนวคิดในการวิเคราะห์เกี่ยวกับความยั่งยืน 9
1.4 บทสรุป 14
1.5 อ้างอิง 15

2 เส้นทางสู่ความยั่งยืน
Pathway to Sustainability 19

2.1 วิวัฒนาการของมนุษยชาติ 20
2.2 พลวัตประชากร 25
2.3 ยุคมนุษย์ครองโลก (Anthropocene) 27
2.4 ขีดจำกัดของการพัฒนา (Limits to Growth) 30
2.5 การประชุมสุดยอดที่ริโอ (Rio Earth Summit) 42
2.6 MDGs – SDGs - Rio+10 - Rio+20 44
2.7 ลำดับเวลา (Timeline) ของเหตุการณ์สำคัญ ๆ บนเส้นทางสู่ความยั่งยืน 51
2.8 บทสรุป 56
2.9 อ้างอิง 57

หน้า

3 เป้าหมายของการพัฒนาที่ยั่งยืน
Sustainable Development Goals (SDGs) 63

3.1 จาก MDGs สู่ SDGs 63
3.2 SDGs 17 เป้าหมาย (Goals) ของการพัฒนาที่ยั่งยืน 67
3.3 169 เป้าประสงค์ (Targets) 78
3.4 ความพยายามสู่การบรรลุ SDGs ในปี ค.ศ. 2030 111
3.5 บทสรุป 116
3.6 อ้างอิง 117

4 การขับเคลื่อน SDGs ในประเทศไทย
Implementing SDGs in Thailand 119

4.1 เป้าหมาย “ความยั่งยืน” ของประเทศไทยคืออะไร 120
4.2 การขับเคลื่อน SDGs ในประเทศไทย 127
4.3 ปัญหาคอรัปชั่น (SDG-16.5) 129
4.4 ความยากจน ความเหลื่อมล้ำ (SDG-1, SDG-10) 137
4.5 ปัญหามลพิษ (SDG-11.6) 145
4.6 พลังงานหมุนเวียน (SDG-7) 157
4.7 สังคมผู้สูงอายุ (SDG-11.2, 11.7) 164
4.8 บทสรุป 173
4.9 อ้างอิง 174

5 แนวคิดในการแก้ปัญหาความยั่งยืน
Approaches to Tackle Sustainability Problems 181

5.1 ความซับซ้อน พลวัต และความไม่แน่นอนของปัญหา (Complexity, Dynamism and Uncertainty) กรณีศึกษา : การพัฒนาเชิงพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา 182
5.2 สหวิทยาการแบบข้ามศาสตร์ (Transdisciplinary Approach) 192
5.3 แนวคิดเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างความมั่นคงของน้ำ-พลังงาน-อาหาร (Water-Energy-Food (WEF) Security Nexus Approach) 197
5.4 แนวคิดเรื่องความสามารถในการฟื้นคืนสภาพ (Resilience Approach) 203
5.5 ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง (Sufficiency Economy) 209
5.6 บทสรุป 214
5.7 อ้างอิง 215

หน้า

6 โลกร้อน

Global Warming **219**

6.1 สาเหตุและลักษณะของปรากฏการณ์โลกร้อน 221
6.2 ผลกระทบ 224
6.3 โลกยังสามารถรับก๊าซเรือนกระจกได้อีกเท่าไหร่ 231
6.4 ความร่วมมือในระดับโลก 240
6.5 หนทางข้างหน้า: ทางเลือกที่ต้องตัดสินใจ 245
6.6 ไทยจัดการปัญหาโลกร้อนอย่างไร 252
6.7 บทสรุป 258
6.8 อ้างอิง 259

Endnotes **265**

คำย่อ

AD	Anno Domini (ค.ศ.) เขียนนำหน้าตัวเลขเช่น AD 1950
AI	Artificial Intelligence (ปัญญาประดิษฐ์)
BC	Before Christ (ก่อนคริสต์กาล) เขียนตามหลังตัวเลขเช่น 1500 BC
CFC	Chlorofluorocarbon
COP	Conferences of the Parties ดูรายละเอียดในหัวข้อ 6.4 บทที่ 6
COVID-19	Corona Virus Disease - 2019 (โรคระบาดไวรัสโคโรน่า ที่เริ่มแพร่ระบาดเมื่อปลายปี ค.ศ. 2019)
GHG	Greenhouse gases
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
NASA	National Aeronautics and Space Administration (องค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา)
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration (องค์การบริหารมหาสมุทรและชั้นบรรยากาศแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา)
UNEP	United Nations Environment Programme
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
WCED	World Commission on Environment and Development
WHO	World Health Organisation

1

วิทยาศาสตร์ความยั่งยืนคืออะไร

What is the Sustainability Science?

'We do not inherit the earth from our ancestors,
we borrow it from our children'
Chief Seattle (1780 – 1866)

1.1 ปัญหาของโลกยุคปัจจุบันที่นับวันจะยิ่งซับซ้อน

พวกเราหลายคนในยุคนี้มีความห่วงใย คอยตั้งคำถาม และพยายามแสวงหาคำตอบอยู่ตลอดมาว่า เผ่าพันธุ์มนุษย์จะดำรงอยู่ในโลกนี้ได้อีกนานแค่ไหน และจะอยู่ในสภาพใด จะมีน้ำสะอาด อากาศบริสุทธิ์ มีอาหารและพลังงานให้บริโภคอย่างอุดมสมบูรณ์ มีสิ่งอำนวยความสะดวกอื่นๆ เพื่อช่วยให้ดำรงชีวิตอย่างมีความสุขเหมือนดังเช่นในอดีต หรืออย่างน้อยเท่ากับในปัจจุบันได้หรือไม่

ในช่วงครึ่งศตวรรษที่ผ่านมา ได้มีเหตุการณ์และเรื่องราวต่างๆ ตลอดจนหลักฐานทางวิทยาศาสตร์มากมาย ที่ส่งผลกระทบร้ายแรง คุกคามต่อการดำรงอยู่ของมวลมนุษยชาติ ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของทรัพยากรธรรมชาติที่เสื่อมโทรม คุณภาพสิ่งแวดล้อมที่เลวร้ายลงอย่างรวดเร็วและอย่างที่ไม่เคยเกิดขึ้นมาก่อนในประวัติศาสตร์ เช่นการลดลงของความหลากหลาย

ทางชีวภาพในขั้นวิกฤตที่เกิดขึ้นในหลายพื้นที่ การจับสัตว์น้ำแบบทำลายล้างจนเกินขีดความสามารถในการรองรับของธรรมชาติ การปนเปื้อนของสารเคมีเป็นพิษในดินและน้ำ มลพิษทางอากาศ ฯลฯ (Diamond, 2005; Costanza *et al.,* 2007) ภัยพิบัติทางธรรมชาติที่นับวันจะทวีความรุนแรงขึ้น หลักฐานของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ รวมทั้งผลกระทบที่ชัดเจนขึ้น ไม่ว่าจะเป็นเรื่องการละลายของน้ำแข็งบริเวณขั้วโลกเหนือที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง[1] สภาพอากาศสุดโต่ง ปะการังฟอกขาว โรคอุบัติใหม่ ผลกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตร ฯลฯ (Hansen *et al.,* 2012; IPCC, 2014)

สิ่งที่ดูเหมือนเป็นความโหดร้ายของธรรมชาติเหล่านี้ แท้จริงคือผลกระทบที่สะท้อนให้เห็นว่า ที่ผ่านมามนุษย์มีพฤติกรรมการดำรงชีวิตที่ไม่ยำเกรงต่อธรรมชาติ และนับวันจะเลือกเส้นทางที่สวนทางกับหลักการพัฒนาที่ยั่งยืนอย่างสิ้นเชิง แม้จะมีการส่งสัญญาณเตือนเป็นระยะๆ โดยนักวิทยาศาสตร์หลายท่าน ที่เตือนให้ตระหนักถึงปัญหาสิ่งแวดล้อมอันเป็นผลกระทบจากการพัฒนา ซึ่งหลายเรื่องอยู่ในขั้นวิกฤต Rachel Carson (1962) ได้ตีพิมพ์หนังสือ **“Silent Spring”** เพื่อเตือนชาวโลกเกี่ยวกับการเริ่มใช้สารเคมีทางการเกษตรอย่างแพร่หลาย และส่วนหนึ่งเหลือตกค้างอยู่ในสิ่งแวดล้อม ทำให้นก แมลง และสิ่งมีชีวิตอื่นล้มตายเป็นจำนวนมาก Al Gore (2006) ได้ออกมาเตือนเกี่ยวกับผลกระทบจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ที่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และผลกระทบต่อเนื่องที่ร้ายแรงอื่นๆอีกมาก นอกจากนี้ ยังมีผลกระทบจากการใช้ Chlorofluorocarbon (CFC) ซึ่งเป็นสารทำความเย็น ที่ใช้กันทั่วโลกตั้งแต่ประมาณปี ค.ศ. 1930 (พ.ศ. 2473) ต่อมาประมาณช่วงทศวรรษ 1970s จึงพบว่าสารดังกล่าวเป็นสารที่มีฤทธิ์ทำลายโอโซน (Ozone depleting agent) โดยขึ้นไปทำลายชั้นโอโซนในบรรยากาศ ทำให้รังสี UV ผ่านลงสู่พื้นโลกเป็นอันตรายต่อมนุษย์ ตั้งแต่ทำให้ผิวหนังไหม้ ไปจนถึงทำให้เกิดมะเร็งผิวหนัง (Andersen and Sarma, 2002)

Rockstrom *et al.* (2009) ได้นำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับ **“ขีดจำกัดของโลก”** (Planetary boundaries) ที่มนุษย์ไม่ควรล่วงเกิน หากต้องการให้โลกใบนี้สามารถพัฒนาได้อย่างยั่งยืน ประกอบด้วยกระบวนการทางธรรมชาติต่างๆ ที่คอยโอบอุ้มและควบคุมการดำรงอยู่ของโลกและสิ่งมีชีวิตบนโลก 9 กระบวนการ (ดูกรอบคำอธิบายที่ 1) และเตือนว่าขณะนี้มีอย่างน้อย 3 กระบวนการ ที่ถูกคุกคามอย่างต่อเนื่องและรุนแรงจนถึงระดับที่ถือว่าได้ล้ำเส้น

ธรรมชาติจนเกินขีดความสามารถในการรองรับของโลกไปแล้ว หรืออีกนัยหนึ่งคือเกินระดับวิกฤต (Threshold)[2] ไปแล้ว ได้แก่ (1) การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (2) การสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ และ (3) การรบกวนวัฏจักรของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ซึ่งล้วนแต่เป็นผลกระทบจากการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของมนุษยชาติ ที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วมากในช่วงประมาณครึ่งศตวรรษที่ผ่านมา

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เกิดจากก๊าซเรือนกระจก[3]ซึ่งเป็นผลกระทบจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลเพื่อผลิตพลังงาน ซึ่งในปัจจุบันได้กลายเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ **การสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ** เป็นผลจากการที่มนุษย์บุกรุกธรรมชาติทั้งบนบกและในทะเล บนบกได้แก่การเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ที่ดินขนาดมหาศาลและอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะการเปลี่ยนพื้นที่ป่าไปเป็นพื้นที่อยู่อาศัยและพื้นที่เกษตรกรรม ในทะเลได้แก่การทำประมงแบบทำลายล้างที่มุ่งแต่กำไรโดยไม่คำนึงถึงผลกระทบต่อระบบนิเวศในน้ำ **การรบกวนวัฏจักรของไนโตรเจน** เกิดจาก 2 กระบวนการหลัก คือการผลิตปุ๋ยโดยการใช้ไนโตรเจน (N_2) จากบรรยากาศ และการเผาเชื้อเพลิงฟอสซิลซึ่งทำให้ N_2 เปลี่ยนเป็นไนตริกออกไซด์ (NO) (Hastings *et al.,* 2009)

กรอบคำอธิบายที่ 1 : ขีดจำกัดของโลก (Planetary boundaries)

ขีดจำกัดของโลก 9 กระบวนการ ได้แก่

1) การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
2) การสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ
3) การปนเปื้อนของสารมลพิษทางเคมี
4) การเพิ่มความเป็นกรดของมหาสมุทร
5) การเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ที่ดิน
6) การรบกวนแหล่งน้ำจืดและระบบอุทกวิทยาของโลก
7) การลดขนาดของชั้นโอโซน
8) การรบกวนวัฏจักรของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส
9) การเพิ่มของละอองลอยในอากาศ (Aerosol)

(Rockstrom *et al.,* 2009)

อันที่จริง ในช่วงทศวรรษที่ 1980s การลดขนาดของชั้นโอโซน ซึ่งเป็นผลกระทบจากการใช้สาร CFC มากเกินไป ก็เป็นอีกกระบวนการหนึ่งที่มนุษย์ได้ล้ำเส้นธรรมชาติ ส่งผลให้ชั้นโอโซนถูกทำลายจนเกินระดับวิกฤต (Farman *et al.,* 1985) ทำให้เกิดการวิตกกันทั่วโลก จนทำให้มีการตื่นตัวเพื่อสร้างความร่วมมือกันในระดับโลก และประสบความสำเร็จโดยการบรรลุพิธีสารมอนทรีออล (Montreal Protocol)[4] ที่กำหนดให้ประเทศภาคีสมาชิกค่อยๆลดการใช้สาร CFC ทำให้ชั้นโอโซนฟื้นคืนสภาพจนเข้าสู่ระดับที่ปลอดภัยเมื่อปี ค.ศ. 2018 (UNEP, 2021) นับเป็นความสำเร็จที่พิสูจน์ว่า มนุษยชาติสามารถร่วมมือกันแก้ปัญหายิ่งใหญ่ระดับโลกได้ หากทุกฝ่ายเข้าใจและตระหนักร่วมกันถึงความเสี่ยงที่จะส่งผลกระทบร้ายแรงต่อสุขภาพและชีวิตของมนุษย์ทั่วโลก

นอกจากผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ ที่มีผลต่อโลกตามที่กล่าวมาข้างต้น จะมีขนาดและความรุนแรงที่น่ากลัวแล้ว นักวิชาการหลายท่านให้ความเห็นว่าประเด็นปัญหาต่างๆที่กำลังท้าทายการดำรงอยู่ของโลก ส่วนใหญ่เป็นเรื่องค่อนข้างซับซ้อน แต่ที่ผ่านมามนุษย์ใช้วิธีจัดการกับปัญหาเหล่านี้อย่างผิวเผิน เพื่อแก้ปัญหาเฉพาะหน้า เพียงแค่พอให้สามารถควบคุมสถานการณ์ได้ชั่วคราว แต่มิได้แก้ไขต้นเหตุของปัญหา เสมือนเป็นการซุกปัญหาใหญ่ไว้ใต้พรม ทำให้ปัญหายิ่งซับซ้อน ถูกสะสมและทวีความรุนแรงมากขึ้นเป็นลำดับจนยากที่จะแก้ไขหรือแม้เพียงแต่จะควบคุมได้อีกต่อไป

จากการประเมินระบบนิเวศในช่วงที่โลกก้าวสู่สหัสวรรษใหม่ สหประชาชาติ (UN) ได้สรุปว่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่มีอยู่ในโลกใบนี้ ส่วนใหญ่ได้ถูกทำลายล้างลงไปในระดับที่รุนแรงมาก (Millennium Ecosystem Assessment, 2005) โดยเฉพาะในช่วงครึ่งหลังของศตวรรษที่ 20 ระบบนิเวศในโลกได้เผชิญกับการเปลี่ยนแปลงอย่างรุนแรงในระดับที่ไม่เคยเป็นมาก่อนในประวัติศาสตร์ของมนุษยชาติ กระบวนการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวมีแนวโน้มที่รุนแรงขึ้นเรื่อยๆ ในขณะที่ความต้องการของมนุษย์ในอันที่จะนำทรัพยากรธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ก็เพิ่มขึ้นเรื่อยๆอย่างไม่มีที่สิ้นสุด รายงานดังกล่าวยังได้เตือนไว้อีกด้วยว่า **ผลกระทบต่อเนื่องของการทำลายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจะทวีความรุนแรงขึ้นในช่วงครึ่งแรกของศตวรรษที่ 21 และจะกลายเป็นอุปสรรคสำคัญต่อความพยายามในอันที่จะแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่โลกกำลังจะเผชิญในอนาคต**

1.2 “วิทยาศาสตร์ความยั่งยืน” (Suatainability Science) ศาสตร์ที่ต้องรู้

ปัญหาต่างๆ ที่รุมเร้าโลกใบนี้ มีลักษณะที่คล้ายคลึงกันอยู่ 2 ประการ **ประการแรก** ปัญหาส่วนใหญ่เป็นผลจากรูปแบบการดำเนินชีวิต (Lifestyle) ของมนุษย์ที่สวนทางกับหลักการของการพัฒนาที่ยั่งยืน เพราะมนุษย์ต้องการสิ่งอำนวยความสะดวก การพัฒนาเศรษฐกิจ และการสะสมความมั่งคั่ง (Wealth) อย่างไม่มีที่สิ้นสุด ทำให้ต้องแสวงหาทรัพยากรธรรมชาติมาสนองความต้องการอย่างไม่มีขีดจำกัด ไม่คำนึงถึงขีดความสามารถของธรรมชาติ ส่งผลกระทบให้ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรมอย่างต่อเนื่อง

ประการที่สอง ปัญหาเหล่านี้แทบทั้งหมด เป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับธรรมชาติ (Human - Environment interaction) ไม่ว่าจะเป็นปัญหาน้ำท่วม ไฟป่า โรคระบาด การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ฯลฯ ลักษณะสำคัญของปัญหาส่วนใหญ่คือ มีความไม่แน่นอน มีพลวัตสูง เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ทั้งในมิติของเวลา สถานที่ และความรุนแรง ปัญหาเหล่านี้เกี่ยวข้องกับหลายปัจจัย ทั้งที่เป็นสาเหตุและผลกระทบ แต่ละปัจจัยมีความเชื่อมโยงกันอย่างสลับซับซ้อน คาดว่าปัญหาต่างๆ ที่เรากำลังเผชิญอยู่ในปัจจุบันและที่จะเผชิญในอนาคตจะทวีความรุนแรง ความซับซ้อน และที่สำคัญคือมีแนวโน้มที่จะส่งผลกระทบเป็นลูกโซ่ต่อระบบเศรษฐกิจและสังคมในมิติอื่นๆเป็นวงกว้าง

บรรดาผู้รู้ นักคิด นักวิชาการต่างๆ ที่พยายามแสวงหาคำตอบของปัญหาที่ซับซ้อนดังกล่าว เพื่อที่จะช่วยนำพามนุษยชาติไปสู่เส้นทางของการพัฒนาที่ยั่งยืน ต่างเห็นพ้องกันว่าการวิเคราะห์ปัญหาเหล่านี้ เกี่ยวข้องเชื่อมโยงกับข้อมูลและองค์ความรู้หลากหลายสาขา ยากที่จะค้นหาคำตอบโดยใช้ศาสตร์หนึ่งศาสตร์ใดเพียงลำพังได้ แต่ต้องใช้องค์ความรู้ใหม่ที่เป็นการบูรณาการศาสตร์หลายๆสาขา ทั้งด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี เศรษฐศาสตร์ สังคม นโยบาย และอื่นๆ ในลักษณะที่เป็น **สหวิทยาการแบบข้ามศาสตร์ (Transdisciplinary)** อีกทั้งต้องใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบใหม่ (ที่เป็นการคิดนอกกรอบ) ในการจัดการกับปัญหาลักษณะนี้ (Max-Neef, 2005; Costanza *et al.,* 2007; Komiyama *et al.,* 2011)

ผู้รู้และนักคิดหลายท่านจึงได้ร่วมกันพัฒนาศาสตร์แขนงใหม่ โดยเริ่มปรากฏชัดขึ้นในต้นศตวรรษที่ 21 เรียกว่า **“วิทยาศาสตร์ความยั่งยืน (Sustainability Science)” ซึ่งหมายถึง กลุ่มของศาสตร์หลากหลายสาขา รวมทั้งนวัตกรรมหลายรูปแบบ ที่สามารถ**

นำมาใช้อธิบายและแก้ปัญหาที่เกี่ยวกับปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับธรรมชาติ ตลอดจนผลกระทบของปฏิสัมพันธ์เหล่านั้นที่อาจเป็นปัญหาท้าทายความยั่งยืน เพื่อเป็นแนวทางที่จะนำพามนุษยชาติไปสู่สังคมที่ยั่งยืน (Kates, 2011; Komiyama *et al.,* 2011) โดยการหาสมดุลที่เหมาะสมระหว่างการพัฒนาทางเศรษฐกิจสังคมและคุณภาพชีวิต กับขีดจำกัดของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นระบบสนับสนุนการดำรงชีวิต (Life supporting system)[5] ของมนุษย์ในระยะยาว (Clark and Dickson, 2003; Clark and Harley, 2019)

"ความยั่งยืน" ในที่นี้มีความหมายในภาพกว้าง หลายมิติ และหลายรูปแบบ โดยครอบคลุมทั้งความยั่งยืนของระบบทรัพยากรธรรมชาติสิ่งแวดล้อม ระบบเศรษฐกิจ และระบบสังคม แต่ละระบบมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันอย่างแนบแน่น ซับซ้อน ละเอียดอ่อน และเนื่องจากเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับวิถีชีวิตและความเป็นความตายของคนทั้งโลก จึงเป็นประเด็นที่ถูกนำไปถกเถียงกันในเวทีระดับโลกเพื่อหาทางออกร่วมกันบ่อยครั้ง อันที่จริงแล้วเรื่อง "การพัฒนากับสิ่งแวดล้อม" หรือ "การพัฒนาที่ยั่งยืน" เป็นเรื่องเดียวที่ถูกนำเข้าสู่วาระการประชุมสุดยอดระดับโลก (Earth Summit) มาแล้วถึง 3 ครั้ง ในรอบ 3 ทศวรรษที่ผ่านมา คือในปี ค.ศ. 1992 2002 และ 2012 (ดูรายละเอียดในบทที่ 2) ทั้งนี้ยังไม่นับการประชุมสัมมนาย่อยๆ ตลอดจนงานวิจัยอื่นๆ ที่สืบเนื่องจากการประชุมสุดยอดทั้งสาม ผลจากการประชุมต่างๆ ตอกย้ำว่านอกเหนือจากการรักษาระบบนิเวศของโลก บริบทของความยั่งยืนจะต้องครอบคลุมประเด็นอื่นๆ อีกหลายประเด็น อาทิ ความยากจน การศึกษา ความเหลื่อมล้ำทางเพศ ความเหลื่อมล้ำทางเศรษฐกิจ-สังคม ทั้งในระดับประเทศและในระดับโลก

ในช่วง 2 ทศวรรษที่ผ่านมา **"วิทยาศาสตร์ความยั่งยืน"** ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อจัดการกับปัญหาข้างต้น และค่อยๆวิวัฒนาการมาจนมีลักษณะเฉพาะตัว ต่างจากศาสตร์อื่นๆ อย่างชัดเจน (Kates, 2011) Clark and Dickson (2003) ให้ความเห็นว่า "วิทยาศาสตร์ความยั่งยืน" เป็นศาสตร์ที่เหมาะสมสำหรับใช้จัดการกับปัญหาที่มีลักษณะพิเศษ 3 ประการ ดังนี้

1) เกี่ยวกับปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับธรรมชาติ (Human-environment interaction) วิทยาศาสตร์ความยั่งยืนมุ่งที่จะแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวกับปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับธรรมชาติและผลของปฏิสัมพันธ์ดังกล่าวต่อความยั่งยืน นั่นคือเพื่อให้โลกดำรงไว้ซึ่งความสามารถในการรองรับความต้องการในการพัฒนาของคนรุ่นต่อๆไปได้ (WCED, 1987) ตัวอย่างของปัญหาลักษณะนี้ได้แก่ปัญหาโลกร้อนที่กล่าวถึงข้างต้น ที่เชื่อกันว่าเกิดจาก

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์ (การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล) กับระบบโลก (การเพิ่มปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศ) ส่งผลให้อุณหภูมิโลกสูงขึ้น และผลกระทบต่อเนื่องอื่นๆ ที่ล้วนแต่เป็นเรื่องที่ท้าทายต่อความยั่งยืนของโลกและมนุษยชาติ (Komiyama *et al.,* 2011)

2) ยึดประเด็นปัญหาเป็นศูนย์กลาง (Problem-based) การแก้ปัญหาของศาสตร์อื่นๆ เช่นฟิสิกส์ เคมี หรือสังคมวิทยา จะเน้นที่ตัวศาสตร์นั้นๆ โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยของแต่ละศาสตร์ แต่การแก้ปัญหาของวิทยาศาสตร์ความยั่งยืน ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นประเด็นที่ท้าทายต่อการก้าวไปสู่ความมั่นคงและยั่งยืนในระยะยาวของมนุษย์ เช่นปัญหาโลกร้อน การขาดแคลนน้ำ ความเหลื่อมล้ำทางสังคม เป็นต้น จะเริ่มต้นที่ตัวปัญหา โดยยึดเอาประเด็นปัญหาเป็นศูนย์กลาง เป็นตัวกำหนดองค์ประกอบขององค์ความรู้ที่จะนำมาใช้แก้ปัญหา ตลอดจนกำหนดระเบียบวิธีวิจัย โดยจะให้ความสำคัญกับปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับธรรมชาติ (Clark & Dickson, 2003; Barrow, 2007; Jerneck *et al.,* 2011)

3) เป็นเรื่องจำเพาะของพื้นที่ (Place-based) ประเด็นปัญหาในวิทยาศาสตร์ความยั่งยืนส่วนใหญ่จะเป็นเรื่องจำเพาะของแต่ละพื้นที่ ไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่อื่นได้ทันที เพราะแต่ละพื้นที่อาจมีรายละเอียดด้านกายภาพ นิเวศ และสังคม ที่แตกต่างกัน ตลอดจนรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับธรรมชาติในแต่ละพื้นที่ ที่ซับซ้อน ละเอียดอ่อน แต่เราอาจถ่ายทอดบทเรียนและประสบการณ์ต่างๆเพื่อนำไปประยุกต์ใช้กันได้ โดยอาจต้องปรับแก้ในบางประเด็น เช่นวัตถุประสงค์ เงื่อนไข ขีดจำกัด เป็นต้น ตามความเหมาะสม (Kates *et al*., 2001) เช่นการแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำ ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ อุทกวิทยา สภาพเศรษฐกิจ-สังคม-การเมือง รูปแบบการแก้ปัญหาที่ประสบความสำเร็จที่ลุ่มน้ำ Murray-Darling ในประเทศออสเตรเลีย ไม่สามารถนำไปใช้กับลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาในประเทศไทยได้ทันที แต่อาจใช้เป็นตัวแบบ (Model) ได้ในบางประเด็น เป็นต้น

ประเด็นปัญหาที่ต้องอาศัยวิทยาศาสตร์ความยั่งยืน ส่วนใหญ่เป็นปัญหาเชิงระบบที่ซับซ้อน มีหลายประเด็น หลายมิติ การวิเคราะห์และการแก้ปัญหาจะต้องใช้การบูรณาการองค์ความรู้หลายสาขาวิชา**แบบข้ามศาสตร์ (Transdisciplinary)** เพื่อทำความเข้าใจกับความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนระหว่างมนุษย์กับมิติต่างๆ ของสังคมเศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม และโดยที่ปัญหาเหล่านี้มักมีผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (Stakeholders) และผู้รับผลกระทบจำนวนมาก

ผู้เกี่ยวข้องในการแก้ปัญหาจึงไม่ควรจำกัดเฉพาะนักวิชาการ แต่ต้องดึงเอาผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกภาคส่วนเข้ามามีส่วนร่วมในการแก้ปัญหา ต้องใช้ข้อมูลที่เชื่อถือได้และศาสตร์ต่างๆเข้ามาประกอบอย่างมีเหตุผล มีวิธีการและขั้นตอนที่มีประสิทธิภาพ รวมทั้งต้องมีกระบวนการมีส่วนร่วมที่เหมาะสม เป็นที่ยอมรับของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียด้วย (Rotmans, 2005)

ตัวอย่างที่คุ้นเคยกันได้แก่ปัญหาโลกร้อน เราไม่สามารถแก้ปัญหาโดยใช้ศาสตร์หนึ่งศาสตร์ใดเพียงลำพัง แนวทางแก้ไขที่ยอมรับกันก็คือการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และการเตรียมมาตรการปรับตัวและรับมือกับผลกระทบ ซึ่งต้องอาศัยทั้ง **แบบจำลองคณิตศาสตร์** เพื่อให้ทราบถึงแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโลก ตลอดจนผลกระทบอื่นๆที่อาจเกิดขึ้น **วิทยาศาสตร์ระบบโลก** เพื่อให้เข้าใจถึงผลกระทบ ที่อาจเกิดขึ้นกับระบบอื่นๆของโลก **วิศวกรรมศาสตร์** เพื่อพัฒนานวัตกรรมที่จะดูดซับก๊าซเรือนกระจก และเพื่อหาพลังงานทดแทนที่เหมาะสม **สังคมศึกษา** เพื่อหาวิธีสร้างจิตสำนึกต่อสิ่งแวดล้อม วิธีปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการบริโภคของมนุษย์ ฯลฯ และที่สำคัญคือต้องมี **การมีส่วนร่วม** ของทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง เพราะแนวทางแก้ไขปัญหาอาจมีทั้งการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี ระเบียบสังคม (เช่นจิตสำนึก กฎหมาย) พฤติกรรมมนุษย์ และกลไกทางภาษี ซึ่งหากต้องการให้เกิดผลสัมฤทธิ์ จะต้องเป็นสิ่งที่ทุกฝ่ายยอมรับ โดยผ่านกระบวนการมีส่วนร่วมที่ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียได้ร่วมกันคิด ร่วมตัดสินใจ บนพื้นฐานของข้อมูลที่โปร่งใส ถูกต้อง มีเหตุผล เชื่อถือได้ และครอบคลุมประเด็นมากพอที่จะนำมาใช้ในการตัดสินใจ

Komiyama *et al.* (2011) แนะนำว่าการนำวิทยาศาสตร์ความยั่งยืนไปประยุกต์ใช้ควรใช้วิธีการเชิงระบบ โดยแบ่งเป็น 3 ระบบ 3 ระดับ ประกอบด้วย **ระบบโลก** เช่น สภาพภูมิอากาศ ทรัพยากรน้ำ ระบบนิเวศ **ระบบสังคม** เช่น ชุมชน เศรษฐกิจ การเมือง อุตสาหกรรม และ**ระบบมนุษย์** เช่น วิถีชีวิต สุขภาพ คุณค่า การวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้วิทยาศาสตร์ความยั่งยืน จะต้องพิจารณาองค์ประกอบของระบบย่อยที่เกี่ยวข้องและความเชื่อมโยงระหว่างระบบ เช่นปัญหาขยะ เป็นตัวอย่างปัญหาที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างระบบสังคมกับระบบมนุษย์ ตัวอย่างปัญหาที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างระบบมนุษย์กับระบบโลก ได้แก่การที่ชั้นโอโซนในบรรยากาศถูกทำลายโดยสารทำลายโอโซน ทำให้รังสี UV ผ่านลงสู่พื้นโลกจนเป็นอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์ ปัญหาโลกร้อนที่กล่าวข้างต้นเป็นตัวอย่างปัญหาที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นจากทั้งระบบมนุษย์ ระบบสังคม และระบบโลก เป็นต้น

1.3 กรอบแนวคิดในการวิเคราะห์เกี่ยวกับความยั่งยืน

แนวคิดเกี่ยวกับ **“ความยั่งยืน”** มิใช่เรื่องใหม่ แต่ได้เริ่มขึ้นตั้งแต่ช่วงปฏิวัติอุตสาหกรรม (ประมาณปี ค.ศ. 1750) ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ประชากรเริ่มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ความต้องการในการบริโภคและการผลิตอาหาร ตลอดจนปัจจัยอื่นๆที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิต เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ทรัพยากรธรรมชาติและพลังงานถูกนำมาใช้อย่างมากและรวดเร็ว จนเริ่มมีการตั้งข้อสังเกตเกี่ยวกับขีดจำกัดของทรัพยากร ที่อาจมีผลต่อการดำรงอยู่ของเผ่าพันธุ์มนุษย์ โดยในปลายศตวรรษที่ 18 Malthus (1798) นักประชากรศาสตร์ชาวอังกฤษ ได้ตีพิมพ์หนังสือเรื่อง **“An Essay on the Principle of Population” (หลักการของประชากรศาสตร์)** แสดงความห่วงใยว่าในระยะยาว การเพิ่มของประชากรซึ่งเพิ่มแบบอนุกรมเรขาคณิต จะล้ำหน้าความสามารถในการผลิตอาหาร ซึ่งเพิ่มแบบอนุกรมเลขคณิต เป็นการจุดชนวนความคิดว่า ปัจจัยสำคัญที่ท้าทายความยั่งยืนของเผ่าพันธ์มนุษย์ เริ่มที่ความต้องการ (Demand) ในการบริโภคของมนุษย์ ที่เพิ่มขึ้นตามจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วนั่นเอง โดยเริ่มจากความต้องการบริโภคอาหาร และทรัพยากรธรรมชาติ เพื่อสนองความต้องการปัจจัยพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิต เช่นเครื่องนุ่งห่ม ที่อยู่อาศัย ยารักษาโรค และต่อมาได้พัฒนาเป็นความต้องการสิ่งอำนวยความสะดวกอื่นๆ เช่นยานพาหนะ อุปกรณ์สื่อสาร เทคโนโลยี การบริการ ฯลฯ

ในปี 1968 Hardin (1968) นักนิเวศวิทยาชาวอเมริกัน ได้ออกมาเตือนย้ำชาวโลกผ่านบทความ **“The Tragedy of the Commons” (โศกนาฏกรรมของสาธารณสมบัติ)** ถึงเรื่องผลกระทบของการแย่งชิงทรัพยากรที่มีแนวโน้มว่าจะทวีความรุนแรงขึ้น อันเนื่องมาจากการเพิ่มของประชากร โดยเน้นถึงความสามารถในการรองรับของระบบนิเวศที่มีขีดจำกัด และในช่วงเวลาที่ไล่เลี่ยกัน นักวิจัยจาก Massachusetts Institute of Technology (MIT) (Meadows *et al.,* 1972) ได้ตีพิมพ์หนังสือเรื่อง **“The Limits to Growth” (ขีดจำกัดของการพัฒนา)** เตือนเกี่ยวกับขีดจำกัดของทรัพยากรที่จะรองรับการพัฒนา โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ทำนายฉากทัศน์ (Scenarios) ของโลกอนาคต ภายใต้กรณีสมมุติต่างๆ เริ่มจาก **กรณีแรก** ที่สมมุติให้โลกพัฒนาไปตามวิถีเดิมๆ **(Business-as-Usual: BAU)** ซึ่งหมายถึงมนุษย์ดำเนินชีวิตในรูปแบบ (Lifestyle) เดิมๆ ประชากรเพิ่มขึ้นในอัตราเท่าเดิม มี

พฤติกรรมการบริโภคทรัพยากรแบบเดิมๆ เปรียบเทียบกับอีก 2 กรณี คือ**กรณีที่ 2** สมมุติให้มีการนำเทคโนโลยีทันสมัยมาสนับสนุนการพัฒนาอย่างเต็มที่ และ**กรณีที่ 3** สมมุติให้มีการควบคุมจำนวนประชากรและแนวทางการพัฒนา โดยพยายามให้เกิดดุลยภาพระหว่างมนุษย์กับทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม **และสรุปว่าปัญหาหลักที่ท้าทายความยั่งยืนของมนุษย์ก็คือการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของประชากรและการบริโภค** โดยคาดการณ์ว่าหากปล่อยให้โลกใบนี้พัฒนาไปตามวิถีเดิมๆ (BAU) ภายในไม่เกินปี ค.ศ. 2100 (พ.ศ. 2643) มนุษยชาติจะพบกับจุดล่มสลาย[6] และสรุปว่าทางออกเดียวที่เป็นไปได้คือต้องควบคุมจำนวนประชากร เพื่อให้สามารถควบคุมการบริโภคของมนุษย์ (ดูรายละเอียดในหัวข้อ 2.4 บทที่ 2)

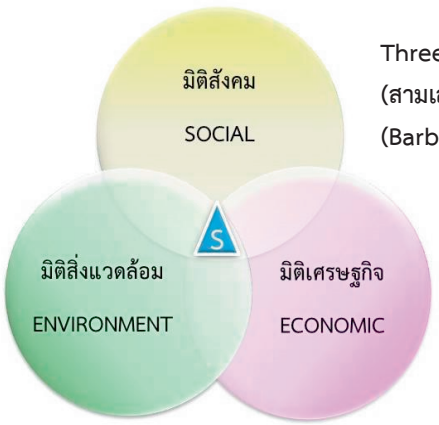
ในปี ค.ศ.1987 Gro Harlem Brundtland นายกรัฐมนตรีประเทศนอรเวย์ และนักเคลื่อนไหวด้านสิ่งแวดล้อมคนสำคัญของโลกในยุคปัจจุบัน ได้เสนอแนวคิด **“การพัฒนาที่ยั่งยืน” เรียกร้องให้ควบคุมการพัฒนาของคนยุคปัจจุบันมิให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจนทำให้ขีดความสามารถในการพัฒนาของคนยุคต่อไปลดลง** (WCED, 1987) ซึ่งต่อมาได้มีการกำหนดเป้าหมายของการพัฒนาที่ยั่งยืนให้ชัดเจนขึ้นโดยให้ประกอบด้วยมิติสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคม (Barbier, 1987; Purvis *et al.,* 2019) กรอบแนวคิดดังกล่าวได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง ทั้งนักวิชาการ ผู้กำหนดนโยบาย ผู้ปฏิบัติ และประชาชนทั่วไป จนเรียกกันว่าเป็น **“สามเสาหลักของความยั่งยืน (Three Pillars of Sustainability)”** ที่ทุกฝ่ายเห็นพ้องกันว่าจะต้องเดินหน้าไปพร้อมๆ กันอย่างสมดุล

ต่อมาในต้นศตวรรษที่ 21 สหประชาชาติ (UN, 2021) ได้สรุปว่าในภาพรวมของโลกเป้าหมายของการพัฒนาที่ยั่งยืน **(Sustainable Development Goals: SDGs)** หรือเป้าหมายของโลก (Global Goals) ควรประกอบด้วย 17 เป้าหมายหลัก อาทิ การขจัดความยากจน การขจัดความหิวโหย การทำให้ทุกคนมีสุขภาพที่ดี การจัดให้มีการศึกษาที่มีคุณภาพ การขจัดปัญหาความเหลื่อมล้ำทางเพศ การลดความเหลื่อมล้ำทางเศรษฐกิจและสังคม การจัดให้มีสุขาภิบาลที่ดี การจัดการกับผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เป็นต้น (ดูรายละเอียดในบทที่ 3) รูปที่ 1 แสดงลำดับเวลา (Timeline) ของการพัฒนาแนวคิดเรื่องการพัฒนาที่ยั่งยืน เริ่มจากแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาที่ยั่งยืนของ Brundtland ในปี ค.ศ. 1987 นำไปสู่สามเสาหลักของความยั่งยืนในปีเดียวกัน และไปสู่ความพยายามในการบรรลุเป้าหมายของการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) ในปี ค.ศ. 2016 – 2030

แนวคิดของ Brundtland เกี่ยวกับการพัฒนาที่ยั่งยืน (WCED, 1987)

"... meets the needs of present generations without compromising the ability of future generations to meet their own needs"

"(คือการพัฒนา) . . . ที่ตอบสนองความต้องการของคนรุ่นปัจจุบัน โดยไม่ทำให้ขีดความสามารถของคนรุ่นหลัง ในอันที่จะพัฒนาเพื่อตอบสนองความต้องการของตนเอง ต้องลดลง"



Three Pillars of Sustainability
(สามเสาหลักของความยั่งยืน)
(Barbier, 1987; Purvis *et al.,* 2019)

ยั่งยืน
SUSTAINABLE

Sustainable Development Goals (เป้าหมายของการพัฒนาที่ยั่งยืน) (UN, 2021)

รูปที่ 1 ลำดับเวลา (Timeline) ของการพัฒนาแนวคิดเรื่องการพัฒนาที่ยั่งยืน:
จากแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาที่ยั่งยืน ⇨ สามเสาหลักของความยั่งยืน ⇨ SDGs

ที่มา: WCED, 1987; Barbier, 1987; Purvis *et al.,* 2019; UN, 2021