ทุนส่งเสริม
การผลิตตำรา

# เคมีสำหรับวิศวกรสิ่งแวดล้อม
## CHEMISTRY FOR ENVIRONMENTAL ENGINEER


ไปรยา เฉยไสย
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

# เคมีสำหรับวิศวกรสิ่งแวดล้อม

รองศาสตราจารย์ไปรยา เฉยไสย
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ได้รับทุนสนับสนุนการผลิตตำรา มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ลำดับที่ 190
จัดพิมพ์โดยมหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ. 2564
ISBN 978-616-438-666-2

# เคมีสำหรับวิศวกรสิ่งแวดล้อม
## CHEMISTRY FOR ENVIRONMENTAL ENGINEER

ไปรยา เฉยไสย.

เคมีสำหรับวิศวกรสิ่งแวดล้อม / ไปรยา เฉยไสย. – พิมพ์ครั้งที่ 1. -- ขอนแก่น : สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2564.

496 หน้า : ภาพประกอบ

1. เคมีสภาวะแวดล้อม. 2. เคมี -- วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. (1) มหาวิทยาลัยขอนแก่น. คณะวิศวกรรมศาสตร์. สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. (2) ชื่อเรื่อง.

TD193 ป964

ISBN 978-616-438-666-2

พิมพ์ครั้งที่ 1
จำนวน 100 เล่ม
จัดทำโดย ศูนย์นวัตกรรมการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยขอนแก่น
พิมพ์ที่โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ. 2564
ราคา 650 บาท

# คำนำ

***วิชา "เคมีสำหรับวิศวกรสิ่งแวดล้อม" เป็นวิชาพื้นฐานสำคัญยิ่งสำหรับวิศวกรสิ่งแวดล้อม*** ซึ่งมีเป้าหมายการเรียนรู้รายวิชาเพื่อสร้างความเข้าใจหลักมูลเคมีที่เกี่ยวข้องกับงานของวิศวกรสิ่งแวดล้อมพื้นฐาน และเพื่อสร้างความเข้าใจ นิยามความหมาย และความสำคัญของดัชนีชี้วัดคุณภาพสำคัญในงานวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม แล้วสามารถนำความรู้ความเข้าใจที่ได้มาเชื่อมโยงกันเพื่อนำไปต่อยอดในการเรียนวิชาเฉพาะทางวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมได้ จึงทำให้เป็นประโยชน์กับทั้ง ***นักวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม และ นักวิชาการสาธารณสุขด้านสิ่งแวดล้อม*** เพื่อนำไปต่อยอดในการเรียนวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม หรือ สาธารณสุขสิ่งแวดล้อม หรือ การทำงานวิชาชีพด้านสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ต่อไปได้ เช่นกัน

ตำราเล่มนี้ได้ทำการรวบรวมและเรียบเรียงเนื้อหาขึ้นโดยอ้างอิงจากตำรา สื่อออนไลน์ ความรู้จากงานวิจัย รวมทั้งแหล่งความรู้อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งที่เป็นภาษาไทย ภาษาอังกฤษ และ ภาษาญี่ปุ่น ผ่านการกลั่นกรองจากประสบการณ์ที่ได้เรียนมา และจากการสอน และงานวิจัยของผู้เขียนในสาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม กว่า 2 ทศวรรษ

***ผู้ศึกษาตำรานี้ด้วยความเข้าใจอย่างถ่องแท้จะสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาและต่อยอดสร้างนวัตกรรมในวิชาชีพด้านสิ่งแวดล้อมได้*** ดังนั้นเพื่อให้ผู้สนใจศึกษาวิชานี้จากทุกสาขาวิชาชีพที่เกี่ยวข้องกับงานด้านสิ่งแวดล้อมได้ค้นคว้าเพิ่มเติมเพื่อความเข้าใจอย่างถ่องแท้ อีกทั้งได้เรียนรู้ตลอดชีวิตเพื่อพร้อมต่อการเปลี่ยนแปลง และเพื่อให้สอดคล้องกับบริบทของสังคมยุคดิจิทัล ตำราเล่มนี้จึงได้แนะนำตำราด้านเคมีสำหรับวิศวกรและนักวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมชั้นนำที่เป็นที่ยอมรับในระดับสากล ระดับประเทศ รวมทั้งเว็บไซต์ขององค์กรสำคัญที่มีบทบาทในการกำหนดกฎหมายข้อบังคับต่าง ๆ ด้านมาตรฐานสิ่งแวดล้อมทั้งในประเทศ และ ต่างประเทศระดับชั้นนำ เพื่อให้เป็นแนวทางในการค้นคว้าข้อมูลที่เป็นปัจจุบันจากฐานข้อมูลที่หลากหลายไว้ด้วย

โดยในตำรานี้ในประโยคอธิบายเขียนหน่วยและชื่อธาตุและสารประกอบด้วยคำเต็มภาษาไทยเพื่อสะดวกต่อการอ่าน และในการคำนวณในโจทย์ หรือ สูตร หรือ สมการใช้หน่วยและชื่อธาตุและสารประกอบด้วยตัวย่อและสัญลักษณ์ภาษาอังกฤษเพื่อง่ายต่อการสร้างความเข้าใจ และในการเขียนชื่อไอออนนั้นได้เขียนตามลำดับภาษาไทยไม่ได้เป็นการใช้คำภาษาไทยแบบทับศัพท์ซึ่งผู้ที่คุ้นเคยกับการเรียกแบบทับศัพท์อาจเกิดข้อสงสัยว่าควรเรียกแบบใด เช่น ภาษาอังกฤษ “Hydrogen Ion ($H^+$)” เมื่ออ่านทับศัพท์ในตำราไทยทั่วไปนิยมเขียนด้วย “ไฮโดรเจนไอออน” แต่ในตำรานี้ใช้รูปแบบการแปลจึงลำดับให้เป็นคำภาษาไทย โดยเขียนด้วย “ไอออนไฮโดรเจน” เป็นต้น  นอกจากนี้ผู้เขียนประสงค์ให้ผู้อ่านรู้จักคำศัพท์วิชาการในภาษาอังกฤษของคำที่มีความสำคัญและสามารถใช้เป็นคำเพื่อค้นหาความรู้เพิ่มเติมต่อไปได้จึงมีการกำกับคำภาษาอังกฤษในวงเล็บไว้ในแต่ละจุดสำคัญในแต่ละบทเรียนไว้ด้วย สำหรับภาพและตารางประกอบที่ไม่ได้เขียนอ้างอิงกำกับไว้นั้นเป็นภาพและตารางที่ถ่ายภาพและเขียนขึ้นใหม่โดยผู้เขียน

ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าตำราเล่มนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับนักศึกษาสาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมและผู้สนใจศึกษาพื้นฐานเคมีเพื่อต่อยอดในงานวิศวกรรมและงานวิชาชีพอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในงานด้านสิ่งแวดล้อมได้เป็นอย่างดี หากท่านผู้อ่านมีคำแนะนำเพิ่มเติมสามารถแจ้งผ่านผู้เขียนผ่านช่องทางอีเมล ajpairaya@gmail.com หรือ เฟซบุ๊กเมสเซนเจอร์ Aj Pairaya Choeisai ผู้เขียนยินดีน้อมรับเพื่อการปรับปรุงและพัฒนาในโอกาสต่อไป

รองศาสตราจารย์ ดร.ไปรยา เฉยไสย
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้เขียน
29 กรกฎาคม 2564

# สารบัญ

# สารบัญ (ต่อ)

# สารบัญ (ต่อ)

# สารบัญ (ต่อ)

# สารบัญ (ต่อ)

# สารบัญ (ต่อ)

# สารบัญ (ต่อ)

# สารบัญ (ต่อ)

# สารบัญ (ต่อ)

# บทที่ 1

# บทนำ

วิศวกรสิ่งแวดล้อม เป็นสาขาวิชาชีพที่เน้นการทำงานเพื่อการวางแผน ออกแบบ และควบคุมระบบสุขาภิบาล เช่น การผลิตน้ำประปา การบำบัดน้ำเสีย การระบายน้ำ การควบคุมมลพิษทางอากาศ การจัดการขยะและสารพิษอันตราย เพื่อสร้างสิ่งแวดล้อมที่ดีเคียงคู่ไปกับการพัฒนา นับว่าเป็นวิชาชีพที่สำคัญอันจะนำมาซึ่งความสะอาด ถูกสุขอนามัย ความสะดวกสบาย ความปลอดภัย ความเป็นอยู่ที่ดีของมนุษย์ และมีความสำคัญต่อเป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืน หรือ เอสดีจี (Sustainable Development Goals; SDGs) ที่องค์การสหประชาชาติได้กำหนดไว้เพื่อให้นานาประเทศขับเคลื่อนไปสู่การปรับเปลี่ยนโลกให้ดีขึ้นร่วมกันในทิศทางเดียวกัน ในระหว่างปี พ.ศ. 2558 – 2573 โดยได้กำหนดสัญลักษณ์เป็นไอคอนภาพ ดังแสดงในภาพที่ 1.1


**ภาพที่ 1.1** เป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืน สู่การขับเคลื่อนโลก (UN Country Team Thailand, 2020)

โดยเป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืน มีทั้งหมด 17 เป้าหมาย เพื่อเปลี่ยนโลก ได้แก่

| | |
|---|---|
| **เป้าหมายที่ 1** | ขจัดความยากจน (no poverty) |
| **เป้าหมายที่ 2** | ขจัดความหิวโหย (zero hunger) |
| **เป้าหมายที่ 3** | มีสุขภาพและความเป็นอยู่ที่ดี (good health and well-being) |
| **เป้าหมายที่ 4** | การศึกษาที่เท่าเทียม (quality education) |
| **เป้าหมายที่ 5** | ความเท่าเทียมทางเพศ (gender equality) |
| **เป้าหมายที่ 6** | การจัดการน้ำและสุขาภิบาล (clean water and sanitation) |
| **เป้าหมายที่ 7** | พลังงานสะอาดที่ทุกคนเข้าถึงได้ (affordable and clean energy) |
| **เป้าหมายที่ 8** | การจ้างงานที่มีคุณค่าและการเติบโตทางเศรษฐกิจ (decent work and economic growth) |
| **เป้าหมายที่ 9** | อุตสาหกรรม นวัตกรรม โครงสร้างพื้นฐาน (industry, innovation, and infrastructure) |
| **เป้าหมายที่ 10** | ลดความเหลื่อมล้ำ (reduced inequalities) |
| **เป้าหมายที่ 11** | เมืองและถิ่นฐานมนุษย์อย่างยั่งยืน (sustainable cities and communities) |
| **เป้าหมายที่ 12** | แผนการบริโภคและการผลิตที่ยั่งยืน (responsible consumption and production) |
| **เป้าหมายที่ 13** | การรับมือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (climate action) |
| **เป้าหมายที่ 14** | การใช้ประโยชน์จากมหาสมุทรและทรัพยากรทางทะเล (life below water) |
| **เป้าหมายที่ 15** | การใช้ประโยชน์จากระบบนิเวศทางบก (life on land) |
| **เป้าหมายที่ 16** | สังคมสงบสุข ยุติธรรม ไม่แบ่งแยก (peace, justice and strong institutions) |
| **เป้าหมายที่ 17** | ความร่วมมือเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน (partnerships for the goals) |

ซึ่งหากพิจารณาความสำคัญของงานของวิศวกรสิ่งแวดล้อมกับเป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืนจะเห็นได้ว่ามีความสำคัญในหลายหัวข้อ เช่น

**เป้าหมายที่ 6 การจัดการระบบน้ำและสุขาภิบาล** ทั้งนี้เพื่อให้ประชาชนได้มีน้ำประปาที่สะอาดถูกสุขอนามัย ปลอดภัยไม่เกิดโรคติดต่อและเกิดโรคภัยไข้เจ็บจากการอุปโภคบริโภคน้ำประปา ได้อยู่สุขสบายโดยไม่ต้องทนอยู่กับกลิ่นเหม็นของน้ำเสีย ไม่ประสบปัญหาน้ำท่วม วิศวกรสิ่งแวดล้อมมีบทบาทสำคัญในการออกแบบและควบคุมระบบการผลิตน้ำประปา และการออกแบบการวางระบบท่อส่งจ่ายน้ำประปา การออกแบบระบบท่อระบายน้ำในเขตชุมชนเมือง การออกแบบระบบรวบรวมน้ำเสีย ออกแบบและควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียทั้งน้ำเสียชุมชนและน้ำเสียอุตสาหกรรม ทำให้แหล่งน้ำสะอาดไม่ปนเปื้อนสารพิษสารอันตรายและเชื้อโรคระบาด ซึ่งการจัดการแหล่งน้ำและการบำบัดน้ำเสียนั้นมีผลต่อการผลิตน้ำประปาที่สะอาดถูกสุขอนามัยด้วยเช่นกัน เนื่องจากหากชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรมปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะโดยไม่ทำการบำบัดตามหลักวิชาการจนกระทั่งได้น้ำที่สะอาดก่อนปล่อยลงแหล่งน้ำสาธารณะหรือกักเก็บในบ่อดินในพื้นที่ตนเองก็ตามนั้น แหล่งน้ำอาจเกิดการปนเปื้อนสารพิษสารอันตรายและเชื้อโรคระบาดและไม่สามารถนำน้ำในแหล่งน้ำนั้น ๆ มาผลิตน้ำประปาที่สะอาดปลอดภัยให้กับชุมชนได้ ดังนั้นหากได้รับการดูแลพัฒนาปรับปรุงการจัดการน้ำให้ถูกหลักวิชาการจากวิศวกรสิ่งแวดล้อมแล้วจะช่วยส่งเสริมให้ชุมชนได้มีแหล่งน้ำที่สะอาดเพื่อการอุปโภคบริโภคเป็นการพัฒนาอย่างยั่งยืนที่สำคัญยิ่งต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์

**เป้าหมายที่ 7 พลังงานสะอาดที่ทุกคนเข้าถึงได้** การใช้พลังงานทำให้มนุษย์เกิดความสะดวกสบาย ทั้งต่อการคมนาคม เครื่องใช้ไฟฟ้าที่อำนวยความสะดวกรอบตัว แต่การใช้พลังงานก็นำมาซึ่งการปนเปื้อนและผลกระทบสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะที่เด่นชัดคือ มลพิษทางอากาศ ปัจจุบันมนุษย์เผชิญกับปัญหาฝุ่นควันผู้คนเจ็บป่วยการมลพิษอากาศเป็นจำนวนมาก และปัญหาจากภาวะโลกร้อนหรือสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงที่ทำให้เกิดวิกฤตภัยธรรมชาติที่ส่งผลให้มนุษย์ใช้ชีวิตอย่างไม่เป็นสุข ดังนั้นการพัฒนาอย่างยั่งยืนในหัวข้อนี้จึงมีความสำคัญ และวิศวกรสิ่งแวดล้อมก็มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนานี้ โดยวิศวกรสิ่งแวดล้อมมีบทบาทสำคัญในการออกแบบและควบคุมระบบบำบัดมลพิษอากาศซึ่งเกิดจากการใช้พลังงานทั้งพลังงานจากฟอสซิลต่าง ๆ เช่น ถ่านหิน น้ำมันดิบ ก๊าซธรรมชาติ หรือ พลังงานทดแทนต่าง ๆ เช่น พลังงานจากชีวมวล รวมทั้งพลังงานก๊าซชีวภาพที่สามารถผลิตได้จากน้ำเสียและของเสีย เนื่องจากการใช้พลังงานนั้นมักก่อให้เกิดการปล่อยฝุ่นควันและมลพิษอากาศจากการเผาไหม้ และนอกเหนือจากงานออกแบบและควบคุมแล้ววิศวกรสิ่งแวดล้อมยังมีบทบาทในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการใช้

พลังงานเพื่อการเลือกใช้พลังงานสะอาดและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากที่สุดในการพัฒนาโครงการต่าง ๆ เช่น การสร้างโรงงานอุตสาหกรรม การสร้างโรงไฟฟ้า โดยมีบทบาทการเลือกใช้เทคโนโลยีและแนะนำเทคโนโลยีเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมอันจะนำมาซึ่งการพัฒนาอย่างยั่งยืนอีกทางหนึ่งด้วย

**เป้าหมายที่ 11 เมืองและถิ่นฐานมนุษย์อันยั่งยืน** การสร้างชุมชนและเมืองที่ยั่งยืน นับเป็นอีกหัวข้อสำคัญที่งานของวิศวกรสิ่งแวดล้อมมีบทบาทอย่างยิ่ง ชุมชนและเมืองที่ยั่งยืน คือ ชุมชนที่สะอาด สะดวกสบาย ปลอดภัยไร้มลพิษ วิศวกรสิ่งแวดล้อมที่ทำหน้าที่ควบคู่ไปกับวิศวกรโยธาในการออกแบบวางผังเมือง วางระบบท่อระบายน้ำ วางระบบขนถ่ายขยะ ระบบการจัดการ ระบบบำบัดน้ำเสีย และ ขยะ รวมทั้งของเสียอันตราย เพื่อรักษาสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อม ทำให้ชุมชนและเมืองบรรลุเป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืนในข้อนี้ได้

**เป้าหมายที่ 13 การรับมือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ** การวางแผนการใช้พลังงานและลดการปล่อยมลพิษ รวมทั้งการจัดการน้ำเสียและของเสียไม่ให้ปล่อยก๊าซเรือนกระจกขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศเป็นอีกงานหนึ่งซึ่งวิศวกรสิ่งแวดล้อมเข้ามามีบทบาทสำคัญช่วยให้ลดการเกิดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้

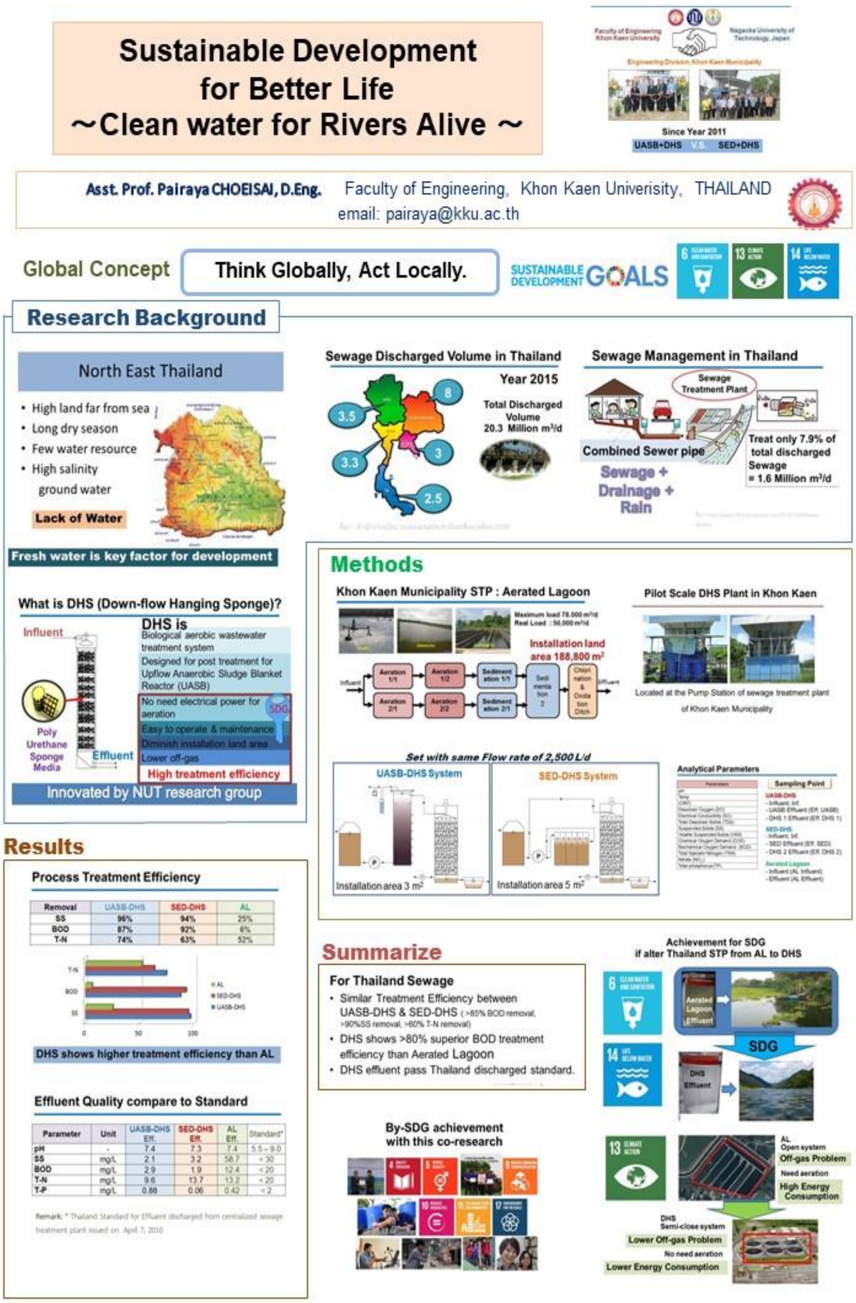
นอกจากนี้ผลพวงจากงานของวิศวกรสิ่งแวดล้อมยังส่งผลให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนใน **เป้าหมายที่ 14 การใช้ประโยชน์จากมหาสมุทร และ ทรัพยากรทางทะเล** และ **เป้าหมายที่ 15 การใช้ประโยชน์จากระบบนิเวศทางบก** ให้เกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์จากการป้องกันและจัดการมลพิษที่ดี ซึ่งจะทำให้ลดการเกิดพิษสะสมต่อสิ่งมีชีวิตทั้งบนบกและ ใต้น้ำ ได้

งานวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมล้วนมีบทบาทต่อการนำไปสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน รวมทั้งผลงานที่เกิดจากการศึกษาวิจัยในงานวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ยกตัวอย่างจากผลงานวิจัยของผู้เขียนในปี พ.ศ. 2560 ในการประชุมวิชาการในระดับนานาชาติ “ศาสตร์ของนวัตกรรมเทคโนโลยี ปี ค.ศ. 2017 (Science of Technology Innovation 2017)” จัดโดย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีนะกะโอกะ (Nagaoka University of Technology) ประเทศญี่ปุ่น ผู้เขียน ได้รับเชิญเป็นองค์ปาฐกถา โดยได้นำเสนอในหัวข้อ การพัฒนาที่ยั่งยืนเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดี – น้ำสะอาดเพื่อแม่น้ำมีชีวิต – (Choeisai, 2017) ดังภาพที่ 1.2 ซึ่งนำเสนอผลงานวิจัยการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนแบบโปรยกรองโดยใช้ฟองน้ำ

เป็นตัวกลาง โดยงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยร่วมกันระหว่างมหาวิทยาลัยขอนแก่น เทศบาลนครขอนแก่น และ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีนะกะโอกะ เพื่อการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียนวัตกรรมที่ไม่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการเติมอากาศ ระบบนวัตกรรมนี้สามารถลดการใช้พลังงานในการเดินระบบได้มากกว่าครึ่งหนึ่ง และ ด้วยการพัฒนาให้เป็นระบบปิด ทำให้ลดการปล่อยก๊าซมลพิษจากการบำบัดน้ำเสียได้อีกด้วย ซึ่งการวิจัยพัฒนานี้เป็นการวิจัยพัฒนาทำให้เกิดการพัฒนาที่จะนำมาซึ่งการบรรลุเป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืนในเป้าหมายที่ 6 13 และ 14 เป็นหลัก

โดยระบบบำบัดน้ำเสียนี้มีประสิทธิภาพการกำจัดค่าความสกปรกในน้ำและสารแขวนลอยในน้ำเสียชุมชนเทศบาลนครขอนแก่นได้มากกว่าร้อยละ 80 สามารถกำจัดไนโตรเจนซึ่งเป็นธาตุอาหารสำคัญของพืชน้ำที่นำมาซึ่งการเจริญเติบโตที่มากเกินไปของพืชน้ำและส่งผลกระทบให้เกิดน้ำเน่าเสียได้มากกว่าร้อยละ 60 จึงทำให้บรรลุผลในเป้าหมายที่ 6 เรื่องการจัดการน้ำและสุขาภิบาลได้ อีกทั้งระบบถูกพัฒนาให้เป็นระบบปิดทำให้ไม่เกิดการฟุ้งกระจายของละอองน้ำทำให้ลดการแพร่กระจายของเชื้อที่ก่อให้เกิดโรคติดต่อ และ สามารถติดตั้งระบบดักจับเพื่อการบำบัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกอันเกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้เมื่อเทียบกับระบบแบบดั้งเดิมที่มีการบำบัดน้ำเสียในที่เปิดโล่งแล้วนั้นระบบที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถช่วยลดผลกระทบในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการบำบัดน้ำเสียซึ่งส่งผลต่อการลดผลกระทบต่อปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การพัฒนานี้จึงช่วยทำให้บรรลุผลในเป้าหมายที่ 13 เรื่อง การรับมือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ได้ และเมื่อมีการนำระบบที่พัฒนาขึ้นใหม่นี้มาใช้จริงและทำให้แหล่งน้ำที่รับน้ำบำบัดแล้วมีความสะอาดขึ้น ทำให้สิ่งมีชีวิตในน้ำมีความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นแล้วนั้น นับว่าการพัฒนานี้สามารถทำให้บรรลุผลในเป้าหมายที่ 14 เรื่อง การใช้ประโยชน์จากมหาสมุทรและทรัพยากรทางทะเล ได้อีกทางหนึ่งด้วย

จากตัวอย่างผ่านการวิจัยพัฒนางานของวิศวกรสิ่งแวดล้อมที่กล่าวมาข้างต้นนั้นจะเห็นได้ว่า งานของวิศวกรสิ่งแวดล้อมมีความสำคัญต่อการพัฒนาอย่างยั่งยืนในโลกปัจจุบันที่ทั่วโลกกำหนดเป้าหมายความสำคัญไว้เป็นอย่างมาก นับได้ว่าเป็นผลงานที่ทำให้เกิดความภาคภูมิใจต่อตนเองและเป็นประโยชน์ต่อสังคม เป็นส่วนหนึ่งในการสร้างการพัฒนาอย่างยั่งยืนให้กับโลก จึงขอให้ผู้ที่กำลังศึกษางานวิชาชีพด้านสิ่งแวดล้อมและได้อ่านตำราเล่มนี้อยู่จงเชื่อมั่น และ ตั้งใจศึกษาศาสตร์สาขานี้อย่างภาคภูมิ




**ภาพที่ 1.2** *“การพัฒนาอย่างยั่งยืนเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดี – น้ำสะอาดเพื่อแม่น้ำมีชีวิต”* ผลงานวิจัยการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนแบบโปรยกรองโดยใช้ฟองน้ำเป็นตัวกลางกับการมุ่งสู่การพัฒนาบนเป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืนขององค์การสหประชาชาติ (Choeisai, 2017)

เมื่อก้าวเข้าสู่การศึกษาวิชาชีพเพื่อการปฏิบัติงานในฐานะวิศวกรสิ่งแวดล้อมที่เป็นผู้นำพามาซึ่งการพัฒนาอย่างยั่งยืนให้กับโลกนั้นลำดับแรกในการศึกษา คือ การสร้างความเข้าใจความรู้ทางเคมีวิทยาที่เกี่ยวข้องกับระบบสิ่งแวดล้อม ความหมาย ความสำคัญของดัชนีชี้วัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการคิดวิเคราะห์วางแผนออกแบบ สร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยีและสร้างวิธีการและมาตรการในการควบคุมคุณภาพสิ่งแวดล้อมอันจะนำไปสู่การแก้ไขและรักษาสิ่งแวดล้อมที่อยู่ในความสนใจได้ ดังนั้นในตำรานี้จึงมุ่งเน้นในการสร้างพื้นฐานความเข้าใจดังกล่าวเพื่อเป็นการปูพื้นฐานทางเคมีให้กับการเรียนวิชาชีพวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมต่อไป

## 1.1 วัตถุประสงค์การเรียนรู้

1) เพื่อสร้างความเข้าใจถึงความสำคัญของเป้าหมายของการพัฒนาอย่างยั่งยืนกับการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมในงานวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
2) เพื่อสร้างความตระหนักถึงความสำคัญของการตรวจวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อม ความหมายของค่าดัชนีชี้วัดคุณภาพสิ่งแวดล้อม กฎหมาย และ มาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม ในระดับชาติ และ ในระดับสากล
3) เพื่อสร้างความเข้าใจองค์ประกอบของเนื้อหาในรายวิชาและความสำคัญของรายวิชา

## 1.2 ปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตกับการพัฒนาอย่างยั่งยืน

เป็นที่ทราบกันดีว่า ปัจจัยสี่ คือ ปัจจัยพื้นฐานสำคัญที่จำเป็นสำหรับมนุษย์ประกอบด้วย อาหาร ที่อยู่อาศัย เครื่องนุ่งห่ม และ ยารักษาโรค อันเนื่องมาจากสิ่งมีชีวิตล้วนแล้วแต่ต้องการอาหารและน้ำที่สะอาดและปลอดภัย ต้องการอากาศที่บริสุทธิ์ ต้องการที่อยู่อาศัยหรือสิ่งแวดล้อมที่ดีที่เอื้อต่อการดำรงชีวิต แต่ปัจจุบันมนุษย์ต้องการมากกว่าปัจจัยสี่ทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมตามมาจากความต้องการที่มากเกินไปของมนุษย์

จากจุดเริ่มต้นจากการที่มนุษย์ต้องการเสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่มเพื่อรักษาอุณหภูมิของร่างกายให้อบอุ่น ต้องการวิทยาการทางการแพทย์และยาเพื่อรักษาและบรรเทาโรคภัยไข้เจ็บ ความต้องการและศักยภาพของมนุษย์ที่มีระดับเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ นั้นทำให้มนุษย์

เริ่มพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่ออำนวยความสะดวกสบายในการดำรงชีวิต และเมื่อการพัฒนามาถึงยุคปฏิวัติอุตสาหกรรม (ค.ศ. 1760 – 1850) เมื่อสามารถผลิตสิ่งทอได้ด้วยเครื่องจักร สามารถผลิตเหล็กกล้าและสามารถนำถ่านหินมาใช้เป็นพลังงานได้ จึงทำให้เพิ่มขีดความสามารถมาสู่การผลิตสินค้าได้ในระดับอุตสาหกรรม (วิกิพีเดีย, 2561) ทำให้รายได้และจำนวนประชากรโลกโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างก้าวกระโดด (ฉัตรทิพย์ นาถสุภา, 2539) แต่ในขณะเดียวกันเมื่อเกิดความสะดวกสบายที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้มีการบริโภคอุปโภคอย่างสิ้นเปลือง ทำให้ลืมเฝ้าระวังรักษาสมดุลของธรรมชาติ ทำให้มนุษย์ต้องประสบกับปัญหาสิ่งแวดล้อมอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ในปัจจุบัน เป็นผลให้ปัจจุบันแหล่งอาหาร แหล่งน้ำ รวมทั้งอากาศ เกิดการปนเปื้อนมลพิษ มนุษย์ต้องเผชิญกับโรคภัยไข้เจ็บและโรคระบาดที่เกิดขึ้นจากปัญหามลภาวะสิ่งแวดล้อมที่ตนสร้างขึ้นโดยไม่ตั้งใจ ต้องเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ อันนำมาสู่ปัญหาพิบัติภัยทางธรรมชาติ

จึงนำมาสู่การเปลี่ยนวิถีทางความคิดสำหรับการพัฒนาในปัจจุบัน ในระหว่างปี พ.ศ. 2558 – 2573 องค์การสหประชาชาติจึงมุ่งการพัฒนาไปยังเป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืนที่ได้กำหนดไว้เพื่อให้นานาประเทศขับเคลื่อนไปสู่การปรับเปลี่ยนโลกให้ดีขึ้นร่วมกันในทิศทางเดียวกัน และสำหรับประเทศไทยแล้วการพัฒนาอย่างยั่งยืนเป็นที่รู้จักมักคุ้นกันมาแต่เดิมแล้วตามแนวพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดชบรมนาถบพิตร และรัฐบาลได้นำมาสานต่อโดยประสานกับเป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืนเพื่อการขับเคลื่อนประเทศซึ่งเป็นที่รู้จักในชื่อว่า “ศาสตร์พระราชาสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน” โดย ศาสตร์พระราชา คือ การลงไปศึกษาเรียนรู้จากชุมชน ให้ชุมชนบอกว่าปัญหาคืออะไร ความต้องการของประชาชนคืออะไร โดยต้องคำนึงถึงความต่อเนื่องและยั่งยืน” ดังนั้นก่อนจะคิดริเริ่มพัฒนาจะต้องศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นก่อน (รัฐสภา, 2563) ซึ่งแนวความคิดของการพัฒนาอย่างยั่งยืนนี้มีความสำคัญมากสำหรับวิศวกรสิ่งแวดล้อมเพื่อนำมาซึ่งการแก้ปัญหาให้เกิดความยั่งยืนนั้นวิศวกรสิ่งแวดล้อมจำเป็นที่จะต้องศึกษาปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลกระทบกับท้องถิ่น หรือ ชุมชน อย่างจริงจัง ให้เกิดความเข้าใจถึงสาเหตุที่มาของปัญหา และความต้องการของท้องถิ่นและชุมชน คำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมระดับโลกโดยปฏิบัติงานอย่างจริงจังในท้องถิ่นของตน ตามวลีที่เป็นที่รู้จักอย่างกว้างขวางที่ว่า **“จงคิดในระดับโลกแต่กระทำในระดับท้องถิ่น (Think Globally, Act Locally ; TGAL)”**

## 1.3 ปัญหาสิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน

ในแต่ละปีแผนงานสหประชาชาติเพื่อพัฒนาสิ่งแวดล้อม หรือ โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ หรือ ยูเนป (United Nations Environment Programme ; UNEP) มีการรณรงค์การจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อมในประเด็นที่แตกต่างกันออกไป ในวันสิ่งแวดล้อมโลก ในวันที่ 5 มิถุนายน ของทุกปี เช่น

ในปี พ.ศ. 2561 มีการรณรงค์ให้ทั่วโลกตระหนักถึง "ปัญหาขยะพลาสติก" โดยมีชื่อโครงการการรณรงค์นี้เป็นภาษาอังกฤษ คือ "Beat Plastic Pollution" และใช้คำขวัญในการรณรงค์ในภาษาไทย ว่า "สู้กับปัญหาขยะพลาสติก : ถ้าเอามันกลับมาใช้ใหม่ไม่ได้ ก็จงปฏิเสธมันซะ" โดยใช้คำขวัญภาษาอังกฤษ ว่า "Beat Plastic Pollution : If you can't reuse it, refuse it" โดยพุ่งเป้าไปยังพลาสติกประเภทใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง ข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ระบุว่า ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมามีขยะพลาสติกเกิดขึ้นประมาณ 12% ของประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้น หรือประมาณปีละ 2 ล้านตัน แต่มีการนำขยะพลาสติกกลับไปใช้ประโยชน์เฉลี่ยประมาณปีละ 0.5 ล้านตัน ที่เหลืออีก 1.5 ล้านตันส่วนใหญ่เป็นเศษขยะถุงพลาสติกที่ปนเปื้อน อาทิ ถุงร้อน ถุงเย็นบรรจุอาหาร ถุงหูหิ้ว เป็นต้น นั่นหมายถึง ขยะพลาสติกประมาณ 80% หรือประมาณ 1.2 ล้านตัน ไม่สามารถนำมาใช้ซ้ำ ทั้งยังไม่สามารถขจัดทิ้งได้ในทันที ขณะที่ข้อมูลของโครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ ระบุว่า แต่ละปีทั่วโลกมีการใช้ถุงพลาสติกมากถึง 5 แสนล้านใบ ซึ่งครึ่งหนึ่งของพลาสติกที่ใช้อยู่ในอยู่ในปัจจุบัน คือ พลาสติกแบบใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง นอกจากนี้แต่ละปีมีปริมาณขยะพลาสติกกว่า 13 ล้านตันไหลลงสู่ทะเล ซึ่งส่งผลต่อระบบนิเวศทางทะเลและสัตว์ทะเล เช่น เต่าทะเล หรือปลาขนาดใหญ่ กินถุงพลาสติกเข้าไปในกระเพาะอาหาร ถุงพลาสติกไม่สามารถย่อยได้ ส่งผลทำให้สัตว์ทะเลเหล่านี้ตายได้ (ไทยรัฐฉบับพิมพ์, 5 มิถุนายน 2561) ยิ่งไปกว่านั้น คือ พลาสติกต้องใช้เวลานานในการย่อยสลาย โดยระยะเวลาในการย่อยสลายจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของพลาสติก โดยหากเป็นถุงพลาสติกใช้เวลาย่อยสลายถึง 10 - 20 ปี ในขณะที่ขวดพลาสติกและเอ็นตกปลาจะใช้เวลาย่อยสลายนานถึง 450 - 600 ปี เมื่อย่อยสลายแล้วมีขนาดเล็กลง เรียกว่า "ไมโครพลาสติก" ซึ่งรวมถึงเม็ดพลาสติกขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตร ที่ถูกผลิตขึ้นเพื่อใช้เป็นเม็ดสครับ (microbeads) ในเครื่องสำอาง หรือใช้เป็นใยผ้าสังเคราะห์ เมื่อไมโครพลาสติกปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำจะแพร่กระจาย สะสม ตกค้างในห่วงโซ่อาหารได้ โดยจากผลงานวิจัยพบว่า ไมโครพลาสติกตกค้างในสัตว์น้ำ ในดิน และ

ในสิ่งแวดล้อมทั่วโลกรวมทั้งประเทศไทยแล้ว โดยตรวจพบการปนเปื้อนสารประกอบไมโครพลาสติกจำพวกต่าง ๆ ที่เป็นสารพิษก่อให้เกิดมะเร็งได้ เช่น โพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (PAHs) โพลีคลอริเนตไบฟีนิล (PCBs) ดีดีที (DDT) และ ไดออกซิน (Dioxins) (สุดา อิทธิสุภรณ์รัตน์, 2559, p.21 -24)

ในปี พ.ศ. 2562 มีการรณรงค์ให้ทั่วโลกตระหนักถึง “ปัญหามลพิษอากาศ” โดยมีชื่อโครงการการรณรงค์ คือ “Beat Air Pollution : หยุดหมอกควันและ อากาศพิษเพื่อคุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อม” เนื่องจากมลพิษอากาศส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชากรทั่วโลก เช่น ก่อให้เกิดกลุ่มโรคระบบหัวใจ โรคทางเดินหายใจเรื้อรัง มะเร็งปอด และ เสี่ยงต่อโรคสมองเสื่อม รวมทั้งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งจากข้อมูลของยูเนป พบว่า 9 ใน 10 ของประชากรโลกหายใจเอาอากาศที่ปนเปื้อนมลพิษเข้าไป ทำให้แต่ละปีมีผู้เสียชีวิตก่อนวัยอันควรราว 7 ล้านคน ซึ่งเกินกว่าครึ่งของผู้ได้รับผลกระทบนี้หรือกว่า 4 ล้านคนนั้นเป็นประชากรโลกที่อาศัยอยู่ในแถบเอเชีย-แปซิฟิก เมื่อคิดเป็นมูลค่าความเสียหายทางเศรษฐกิจในระดับโลกแล้วคิดเป็นมูลค่าถึง 5 ล้านล้านเหรียญสหรัฐต่อปี สำหรับประเทศไทยนั้นเราได้มีความพยายามในการแก้ไขปัญหามลพิษอากาศด้วยมาตรการต่าง ๆ เช่น กำกับดูแลการปล่อยมลพิษทางอากาศของสถานประกอบการ โรงงานและนิคมอุตสาหกรรม การตรวจวัดฝุ่นควันจากท่อไอเสียรถยนต์การป้องกันและแก้ไขปัญหาหมอกควันในภาคเหนือ และลดการเผาในที่โล่ง รวมทั้งขยายความร่วมมือกับประเทศในภูมิภาคอาเซียนเพื่อแก้ปัญหามลพิษหมอกควันข้ามพรมแดนอย่างยั่งยืน (ไทยโพสต์, ฉบับพิมพ์ 30 พฤษภาคม 2562)

ในปี พ.ศ. 2563 ทั่วโลกเผชิญกับสถานการณ์โรคติดเชื้อจากไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 หรือ โควิด-19 ทำให้การรณรงค์เพื่อการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมเกิดขึ้นน้อยเมื่อเทียบกับปีที่ผ่านมา โดยมีคำขวัญประจำวันสิ่งแวดล้อมโลก คือ “Time for Future : ได้เวลาคืนลมหายใจให้กับโลก” ซึ่งเน้นการสร้างแรงบันดาลใจ และ ความตระหนักรู้ในการเปลี่ยนแปลงของโลก สถานการณ์ไฟป่าในหลายทวีป การระบาดของตั๊กแตนทั่วแอฟริกาตะวันออกในรอบ 70 ปี รวมถึงการแพร่ระบาดของโควิด-19 (พีพีทีวีออนไลน์, เผยแพร่ 5 มิถุนายน 2563, ปรับปรุงล่าสุด 18 พ.ย. 2563)

ล่าสุด ในปี พ.ศ. 2564 นั้นยูเนปได้กำหนดคำขวัญในวันสิ่งแวดล้อมโลก คือ “Reimagine Recreate Restore : ปลุกจินตนาการ ปรับแนวคิด ปกป้องสิ่งแวดล้อม” เป็นการรณรงค์เพื่อเป็นจุดเริ่มต้นที่ดีในการเชิญชวนให้มนุษยชาติปรับเปลี่ยนแนวความคิด

ในการดำเนินชีวิต เช่น ลดการใช้ทรัพยากรอย่างสิ้นเปลือง โดยให้ตระหนักถึงสิ่งแวดล้อม คำนึงถึงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ร่วมมือกันฟื้นฟูและรักษาสมดุลของระบบนิเวศและธรรมชาติ ใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า นำทรัพยากรที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ ลดการปล่อยคาร์บอน ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ขับเคลื่อนเศรษฐกิจด้วยแนวความคิดการพัฒนาเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และ เศรษฐกิจสีเขียว (Bio Economy Circular Economy Green Economy : BCG Model) (มติชนออนไลน์, เผยแพร่ 5 มิถุนายน 2564)

จากการรณรงค์การจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อมในวันสิ่งแวดล้อมโลกที่กล่าวมาข้างต้นนั้นเห็นได้ว่า ปัญหาสิ่งแวดล้อมนั้นเปลี่ยนแปลงไปตามพฤติกรรมการใช้ชีวิตของมนุษย์ ในการดำรงชีวิตนั้นจึงเป็นสิ่งที่มนุษย์ทุกคนควรตระหนักถึงการร่วมรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมเพื่อร่วมสร้างคุณภาพชีวิตที่ดีที่จะไม่เกิดภัยอันตรายกลับคืนสู่ตนเอง ดังนั้นในการพัฒนาคุณภาพชีวิตมนุษย์จึงต้องตระหนักถึงประเด็นการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก เป็นเหตุให้องค์การสหประชาชาติได้ตั้งเป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืนเพื่อการขับเคลื่อนโลกในปัจจุบัน ซึ่งหากสนใจปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ถูกหยิบยกมาเป็นประเด็นในวันสิ่งแวดล้อมโลกที่เป็นปัจจุบันนั้นสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้ดัง ตารางที่ 1.1

**ตารางที่ 1.1** ข้อมูลปัญหาสิ่งแวดล้อมในวันสิ่งแวดล้อมโลกที่เป็นปัจจุบัน

| ข้อมูล | โดย | ลิงก์และคิวอาร์โค้ด |
|---|---|---|
| วันสิ่งแวดล้อมโลก (World Environment Day) | แผนงานสหประชาชาติเพื่อพัฒนาสิ่งแวดล้อม | https://www.worldenvironmentday.global/ |

การที่วิศวกรสิ่งแวดล้อมจะต้องรู้เท่าทันสถานการณ์ปัญหา ที่มาของปัญหาแล้วคิดค้นหาทางแก้ไข และ พัฒนานวัตกรรมใหม่ ๆ เพื่อบรรเทาและขจัดปัญหาเหล่านี้ย้ำเสมอว่าล้วนต้องอาศัยความเข้าใจพื้นฐานทางเคมีทั้งสิ้น (Sawyer *et al*., 2003, p.3) ยิ่งโลกมีการพัฒนาเทคโนโลยีก้าวหน้าล้ำสมัย ปัญหาสิ่งแวดล้อมปัจจุบันจึงยิ่งมีความซับซ้อนแตกต่างจากอดีตมากยิ่งขึ้น ซึ่งหากนำปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันและปัญหา

ที่สะสมเรื่อยมาตั้งแต่อดีตจัดแยกเป็นประเด็นหลัก ๆ แล้วจะเห็นการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ดังนี้

### 1.3.1 มลพิษน้ำและน้ำเสีย (Water and wastewater pollution)

เมื่อประมาณ 150 ปีที่ผ่านมา มีการพิสูจน์ชัดถึงการระบาดของโรคติดเชื้อที่เกิดขึ้นจากการใช้แหล่งน้ำที่ปนเปื้อน ทำให้เกิดความตระหนักถึงปัญหาการปนปื้อนของโรคติดเชื้อลงสู่แหล่งน้ำ และหลังจากนั้นได้มีการคิดค้นระบบประปาขึ้นเพื่อเป็นกระบวนการในการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้สะอาดปราศจากเชื้อโรคก่อนนำมาอุปโภคบริโภค โดยประเทศไทยได้ตั้งกรมสุขาภิบาลขึ้น ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2440 เพื่อการการจัดการน้ำและการทำน้ำประปาเพื่อแก้ปัญหาโรคระบาดในพระนคร ตามพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวจากที่ได้เสด็จประพาสยุโรปและได้ทรงทอดพระเนตรวิทยาการการผลิตและการจำหน่ายน้ำ (การประปาส่วนภูมิภาค, 2564) แต่ด้วยการพัฒนาอุตสาหกรรมทำให้ประชากรเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว แหล่งน้ำจึงถูกปนเปื้อนจากแหล่งชุมชน และจากทั้งภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม โดยมีสารเคมีเข้ามาเกี่ยวข้องในการปนเปื้อนมากขึ้น จึงทำให้ปัญหาในการจัดหาแหล่งน้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภคอย่างปลอดภัยเพื่อให้มีสำรองใช้อย่างเพียงพอโดยน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคนั้นต้องคิดให้ครอบคลุมปัญหากว้างขึ้น คือ นอกเหนือจากจะต้องปราศจากเชื้อโรคแล้วยังจะต้องปลอดภัย ปราศจาก สี กลิ่น รส ปราศจากไนเตรท ไอออนโลหะอันตราย และสารเคมีอินทรีย์ เช่น ยาฆ่าแมลง (pesticides) และ ตัวทำละลายกลุ่มคลอรีน (chlorinated solvents) สารเคมีที่ก่อให้เกิดมะเร็ง สารเคมีที่ทำให้เกิดความพิการแต่กำเนิด สารเคมีที่ทำให้เกิดโรคหัวใจ สารเคมีที่ทำให้เกิดความผิดปกติของการสั่งการของสมองส่วนกลาง และสารเคมีที่รบกวนการทำงานของระบบต่อมไร้ท่อ อีกด้วย ดังนั้นเพื่อลดการปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำให้มากที่สุดนั้น จึงทำให้เกิดความตระหนักและให้ความสำคัญกับการบำบัด น้ำเสียที่จุดกำเนิดต้นทางมากยิ่งขึ้น และ การบำบัดน้ำเสียก็ต้องพิจารณาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียให้มีความสามารถในการกำจัดสิ่งสกปรกมากขึ้นไปกว่าความสกปรกอินทรีย์ทั่วไป แต่ต้องพิจารณาครอบคลุมไปถึง สี และ สารเคมีอันตราย หรือ สารเคมีที่ส่งผลทำให้เกิดปัญหาสุขภาพต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย จึงทำให้วิศวกรสิ่งแวดล้อมจะต้องทำการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียที่มี

ความซับซ้อน มีหลายขั้นตอนมากขึ้นกว่าในอดีต ที่ใช้เพียงธรรมชาติบำบัดในยุคที่มนุษย์ยังไม่รู้จักการใช้สารเคมีในชีวิตประจำวัน

### 1.3.2 ขยะอุตสาหกรรมและขยะอันตราย (Industrial and Hazardous Wastes)

จากการเพิ่มขึ้นของประชากรนำมาซึ่งปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนที่เพิ่มมากขึ้น ในอดีตที่ยังไม่มีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ขยะมูลฝอยชุมชนอาจมีเพียงแต่เศษอาหาร ใบไม้กิ่งไม้ เศษแก้วแตก เศษกระดาษ แต่ด้วยปัจจุบันในชีวิตประจำวันมนุษย์ใช้พลาสติก สารเคมี และ อุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เป็นจำนวนมาก ทำให้สิ่งเหล่านี้ถูกทิ้งรวมกับขยะที่ไม่ได้ทำการคัดแยกก่อนทิ้ง ขยะมูลฝอยจากชุมชนในปัจจุบันจึงมีอันตรายแฝงอยู่ เนื่องจากมีขยะพลาสติก สารเคมีในชีวิตประจำวัน และขยะอิเล็กทรอนิกส์ปะปนรวมมาด้วย เมื่อเกิดขยะอันตรายจากชุมชนเป็นจำนวนมากและขาดการจัดการขยะอย่างระมัดระวัง เช่น การวางกองบนพื้นดินโดยไม่ได้ดำเนินการฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล เมื่อฝนตกชะกองขยะจึงทำให้เกิดการปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำ ทั้งน้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน รวมทั้งเกิดการปนเปื้อนลงดินได้  ซึ่งหากเกิดขึ้นจะทำให้เกิดการกระจายของมลพิษในบริเวณกว้างและยากต่อการบำบัด และนับเป็นปัญหาที่ท้าทายการทำงานของวิศวกรสิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน

นอกจากนั้น ในปัญหาในการกำจัดขยะอุตสาหกรรมซึ่งมีความหลากหลายอันเนื่องมาจากกระบวนการผลิตมีการพัฒนาใหม่อยู่ตลอดเวลา ทำให้ต้องการวิธีการในการบำบัด และกำจัด ที่แตกต่างกันออกไป และต้องอาศัยความรู้ทางเคมีมากขึ้น จึงเป็นปัญหาที่ยากและท้าทาย ทำให้ต้องการผู้เชี่ยวชาญในการกำจัดขยะอุตสาหกรรมที่มีความเฉพาะทางเพิ่มมากขึ้นและต้องมีการบูรณาการศาสตร์สาขาที่เกี่ยวข้องที่มีความเข้าใจกระบวนการผลิตและความเป็นพิษจากนวัตกรรมการผลิตและวัสดุนวัตกรรมซึ่งมีความหลากหลายเหล่านั้น เข้ามาร่วมในการคิดพัฒนาวิธีการในการบำบัดและกำจัดขยะอุตสาหกรรมด้วย

### 1.3.3 มลพิษอากาศ (Air Pollution)

ในปี ค.ศ. 2016 ประชากรโลกประมาณ 4.2 ล้านคน ตายก่อนถึงเวลาอันควรด้วยสาเหตุจากมลพิษทางอากาศ (WHO, 2018)   มลพิษทางอากาศ คือ อากาศปนเปื้อนมลพิษที่เกิดจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ เช่น รถยนต์ โรงงาน โรงไฟฟ้า การเผาในที่โล่งจาก

การทำเกษตรกรรม เป็นต้น ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีทำให้เกิดมลพิษทางอากาศจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น ถ่านหิน และ น้ำมันดีเซล ฯ จากการเผาไหม้ชีวมวล เช่น แกลบ ซังข้าวโพด เศษไม้ ฯ เนื่องจากความก้าวหน้าทางเศรษฐกิจ และ เทคโนโลยี ทำให้มีการเผาไหม้เพื่อผลิตพลังงานในการผลิต และ การคมนาคมขนส่งเป็นปริมาณมาก มลพิษเหล่านี้ก่อให้เกิดโรคมะเร็ง หรือ ผลกระทบต่อสุขภาพร้ายแรงอื่น ๆ ก่อให้เกิดโรคทางเดินหายใจ โรคที่เกิดจากความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน เช่น โรคภูมิแพ้ โรคหอบหืด เป็นต้น นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดโรคทางระบบสืบพันธุ์ โรคพิการแต่กำเนิด และโรคอื่น ๆ (Sawyer *et al*., 2013, p.8) (WHO, Thailand, 2564) โดยมลพิษอากาศสำคัญที่ต้องควบคุม ได้แก่ ฝุ่นละออง ซึ่งประกอบด้วยฝุ่นละอองขนาดเล็กซึ่งมีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมโครเมตร หรือ ที่รู้จักทั่วไป คือ ฝุ่นพีเอ็ม 2.5 (particulate matter 2.5 ; PM2.5) และ ฝุ่นพีเอ็ม 10 ซึ่งเป็นฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ก๊าซโอโซน ($O_3$) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ ($NO_2$) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$) ซึ่งสำหรับประเทศไทยมีการควบคุมและรายงานคุณภาพอากาศโดย กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ แต่นอกเหนือจากนี้แล้วด้วยวิทยาการที่ก้าวหน้า มลพิษทางอากาศที่อาจเกิดการปนเปื้อนและก่อปัญหาต่อสุขภาพในปัจจุบันนั้นครอบคลุมไปถึง สารประกอบอินทรีย์ระเหย หรือ สารวีโอซี เช่น เบนซิน โทลูอีน ฯ สารประกอบฮาโลเจน เช่น เตรตระคลอโรอีเทน ไดคลอโรมีเทน และ ไดออกซิน ฯ โลหะหนัก เช่น แคดเมียม ปรอท และ ตะกั่ว ฯ สารประกอบที่เป็นพิษอื่น ๆ เช่น แร่ใยหิน เป็นต้น อีกด้วย

### 1.3.4 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change)

โดยปกติ ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gases ; GHGs) ซึ่งมีอยู่ตามธรรมชาติ คือ ไอน้ำ และ โอโซน รวมทั้ง คาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$) มีเทน ($CH_4$) และ ไนตรัส-ออกไซด์ ที่มีอยู่ในปริมาณที่พอเหมาะในชั้นบรรยากาศจะทำหน้าที่ดูดซับคลื่นความร้อนจากรังสีอินฟราเรดความร้อน (thermal infrared หรือ thermal IR) ที่ถูกปล่อยจากวัตถุบนผิวโลกกลับสู่นอกชั้นบรรยากาศไว้ ทำให้โลกอบอุ่นและเหมาะกับการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต แต่เมื่อหลังจากการปฏิวัติอุตสาหกรรมตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1760 มนุษย์พัฒนาความสามารถในการผลิตสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ อาหาร และ เครื่องนุ่งห่มได้ในระดับอุตสาหกรรม ทำให้เศรษฐกิจโลกขยายตัว และจำนวนประชากรโลกเพิ่มขึ้น ดังได้กล่าวแล้วข้างต้นในหัวข้อ 1.3 การดำรงชีวิตของประชากรมนุษย์ที่มีจำนวนมาก และ

การพัฒนาอุตสาหกรรม และ เทคโนโลยี การใช้ชีวิตที่ทันสมัย การใช้รถยนต์ส่วนตัว เครื่องใช้ไฟฟ้า และ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน ไนตรัสออกไซด์ ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) คลอโรฟลูออโรคาร์บอน (CFCs) และ ซัลเฟอร์เฮกซะ-ฟลูออไรด์ ($SF_6$) ด้วยปริมาณที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ความเข้มข้นสะสมของก๊าซเรือนกระจกซึ่งมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซหลักในชั้นบรรยากาศเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับยุคก่อนปฏิวัติอุตสาหกรรม

ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากความสามารถในการพัฒนาทางอุตสาหกรรมของมนุษย์นี้จึงมีการสะสมตัวในชั้นบรรยากาศด้วยปริมาณความเข้มข้นที่มากขึ้น ทำให้อุณหภูมิโลกเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นกว่าค่าอุณหภูมิโลกเฉลี่ยก่อนยุคปฏิวัติอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็วด้วยเช่นกัน เป็นที่รู้จักในนามปรากฏการณ์ “ภาวะโลกร้อน (Global warming)” อันนำมาสู่ปัญหา “การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ” เมื่ออุณหภูมิโลกโดยเฉลี่ยสูงขึ้นน้ำแข็งขั้วโลกเกิดการละลายทำให้ระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้นจึงทำให้พื้นดินบริเวณชายฝั่งได้เกิดน้ำท่วมทำให้พื้นที่ชายฝั่งมีขนาดลดลงกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและผู้คนที่อาศัยอยู่บริเวณชายฝั่งทะเล อีกทั้งการละลายของน้ำแข็งขั้วโลกทำให้อุณหภูมิน้ำทะเลลดลงส่งผลต่อกระแสน้ำร้อนและน้ำเย็นในมหาสมุทรเกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณและทิศทางการไหลทำให้เกิดสภาพอากาศแปรปรวนเกิดขึ้น นำมาสู่ภัยพิบัติต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นปัญหาภัยแล้งซึ่งการเกิดความแห้งแล้งทำให้เกิดปัญหาไฟไหม้ป่าเป็นบริเวณกว้างตามมา หรือการเกิดปัญหาน้ำท่วมหนักเนื่องจากการเกิดฝนตกหนักฉับพลัน เมื่อเกิดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทำให้ฝนไม่ตกตามฤดูกาล ฝนตกผิดปรกติ แล้งหนัก น้ำท่วมหนัก ส่งผลกระทบต่อการเกษตรกรรมและการเพาะปลูก และตามมาด้วยการเกิดปัญหาการขาดแคลนอาหารเนื่องจากผลผลิตทางการเกษตรลดน้อยลง และ สำหรับวิศวกรสิ่งแวดล้อมแล้ว การรับมือกับปัญหาเหล่านี้ที่จะต้องเตรียมแหล่งน้ำให้เพียงพอต่อการผลิตน้ำประปาในภาวะแล้ง การระบายน้ำจากฝนตกหนักเฉียบพลัน จึงเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ทำให้ต้องตระหนักในการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้อย่างจริงจัง

## 1.4 กฎหมาย และ มาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม

การที่จะแก้ปัญหามลพิษได้นั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีกฎหมายควบคุมที่เข้มงวดเพื่อติดตาม ตรวจสอบ กำหนดนโยบาย กำหนดมาตรฐาน และควบคุมการจัดการมลพิษจากแหล่งต่าง ๆ ภายในรัฐ หรือ ประเทศนั้น ๆ โดยสำหรับประเทศไทยหน่วยงานหลักของประเทศไทยที่ทำหน้าที่ติดตาม ตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อม เสนอความคิดเห็นในการจัดทำนโยบาย กำหนดมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมและจัดทำรายงานสถานการณ์มลพิษ คือ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ดังนั้นหากต้องการสืบค้นข้อมูล พระราชบัญญัติ กฎหมาย และ มาตรฐานที่เกี่ยวกับการควบคุมมลพิษของประเทศไทยนั้น สามารถสืบค้นข้อมูลได้จากเว็บไซต์ ข้อมูลและบริการ ของกรมควบคุมมลพิษได้เป็นหลัก หรือ หากต้องการสืบค้นข้อมูลอื่น ๆ เช่น ข้อมูลกฎหมายข้อบังคับด้านสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย สามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากเว็บไซต์ของกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และหากต้องการสืบค้นข้อมูลกฎหมายด้านสิ่งแวดล้อมประจำโรงงาน สามารถสืบค้นได้จากเว็บไซต์ของกรมโรงงาน กระทรวงอุตสาหกรรม เป็นต้น

ในกรณีที่สนใจอ้างอิงข้อมูลกฎหมายทางสิ่งแวดล้อมของประเทศสหรัฐอเมริกานั้นสามารถติดตามได้จากเว็บไซต์กฎหมายและข้อบังคับ (Laws and Regulations) ขององค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา หรือ ยูเอสอีพีเอ (United States Environmental Protection Agency ; US EPA)

ทั้งนี้ผู้เขียนได้รวบรวมเว็บไซต์ที่แนะนำในการสืบค้นที่กล่าวไว้ข้างต้นไว้ในตารางที่ 1.2 ผู้อ่านสามารถใช้ลิงก์หรือสแกนคิวอาร์โค้ดเพื่อเข้าสู่เว็บไซต์ได้

**ตารางที่ 1.2** ข้อมูลกฎหมายและมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม

| ข้อมูล | รวบรวมโดย | ลิงก์และคิวอาร์โค้ด |
|---|---|---|
| พระราชบัญญัติ กฎหมาย และ มาตรฐานที่เกี่ยวกับการควบคุมมลพิษ | กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม | https://www.pcd.go.th/laws/ |

**ตารางที่ 1.2** ข้อมูลกฎหมายและมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม (ต่อ)

| ข้อมูล | รวบรวมโดย | ลิงก์และคิวอาร์โค้ด |
|---|---|---|
| กฎหมายข้อบังคับด้านสิ่งแวดล้อม | กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม | https://www.deqp.go.th/?page_id=3043 |
| กฎหมายด้านสิ่งแวดล้อมประจำโรงงาน | กรมโรงงาน กระทรวงอุตสาหกรรม | https://www.diw.go.th/hawk/law/env/laws.html |
| กฎหมายและข้อบังคับ | องค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา | https://www.epa.gov/laws-regulations |

## 1.5 ความสำคัญและวิธีมาตรฐานในการตรวจวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อม

การที่ภาครัฐจะทำการควบคุมคุณภาพสิ่งแวดล้อมให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน รวมทั้งการควบคุมการปล่อยมลพิษออกสู่สิ่งแวดล้อมเพื่อให้เป็นไปตามกฎหมายนั้น มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องกำหนดดัชนีชี้วัดคุณภาพทางสิ่งแวดล้อมให้ชัดเจนตามหลักวิชาการเป็นค่าตัวเลขซึ่งสามารถนำมาเปรียบเทียบอ้างอิงได้จึงจำเป็นที่จะต้องกำหนดวิธีการตรวจวิเคราะห์ที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน มีมาตรฐานของวิธีการตรวจวิเคราะห์ที่จะใช้ในการควบคุมเพื่อการพิจารณาประเมินคุณภาพสิ่งแวดล้อม ซึ่งถ้าหากจะพิจารณาเพียงว่าสิ่งแวดล้อมที่เราสนใจนั้นมีคุณภาพในเกณฑ์ดี (good) หรือ ทรุดโทรม (poor) โดยคาดคะเนจากความรู้สึกนั้นทำให้เกิดความไม่เป็นธรรมได้ จึงต้องมีการตรวจวิเคราะห์โดยวิธีที่กำหนดให้ใช้เป็นมาตรฐานเพื่ออธิบายสภาวะ (conditions) หรือ ลักษณะสมบัติ (characteristics) ของสิ่งแวดล้อมที่อยู่ในความสนใจ ซึ่งการพัฒนาของวิธีการตรวจ

วิเคราะห์ทางเคมีและเครื่องมือในการตรวจวิเคราะห์ทางเคมีชั้นสูงส่งผลต่อความสะดวกในการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางสิ่งแวดล้อม ทำให้วิศวกรสิ่งแวดล้อมสามารถศึกษาและทำความเข้าใจกับสภาวการณ์สิ่งแวดล้อมที่สนใจโดยมีดัชนีชี้วัดบ่งบอกระดับการปนเปื้อนอย่างละเอียดชัดเจน ทำให้สามารถวินิจฉัยปัญหาและออกแบบกระบวนการบำบัดต่าง ๆ แนวทางการจัดการมลพิษ ฯ เพื่อนำมาแก้ไขปัญหาได้

ดังนั้นการตรวจวิเคราะห์จึงจำเป็นต้องมีวิธีตรวจวิเคราะห์ที่กำหนดให้ใช้เป็นมาตรฐาน เพื่อสามารถนำมาพิจารณาประเมินเปรียบเทียบคุณภาพได้อย่างมีบรรทัดฐานทั้งในระดับประเทศและในระดับสากล เนื่องจากการควบคุมคุณภาพสิ่งแวดล้อมนั้นถูกควบคุมโดยกฎหมายของแต่ละประเทศ และมีแนวทางในการกำหนดค่าควบคุมที่เป็นมาตรฐานสากลโดยองค์กรของสหประชาชาติ เช่น องค์การอนามัยโลก เป็นผู้ให้แนวทางซึ่งในการกำหนดค่ามาตรฐานรวมทั้งวิธีการตรวจวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อมจึงจำเป็นต้องมีคู่มือตรวจวิเคราะห์ที่เป็นมาตรฐานสากล หรือ มาตรฐานของประเทศนั้นเพื่อการออกกฎหมายควบคุมมาตรฐานต่าง ๆ ทางสิ่งแวดล้อมที่ชัดเจนและเป็นหนึ่งเดียว

เนื่องจากน้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญที่สุดสำหรับการดำรงชีวิตของมนุษย์ วิศวกรสิ่งแวดล้อมจึงให้ความสนใจและมีการศึกษาพัฒนาการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำและน้ำเสีย ทำให้มีการกำหนดมาตรฐานสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวกับน้ำด้วยดัชนีชี้วัดคุณภาพต่าง ๆ รวมทั้งวิธีการในการวิเคราะห์ไว้อย่างเป็นมาตรฐานสากลที่ใช้อ้างอิงเป็นมาตรฐานเดียวกันทั่วโลกที่นิยมและนำมาใช้ในกฎหมายควบคุมคุณภาพสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย คือ วิธีการมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater) ซึ่งรวบรวมขึ้นโดย สมาคมสาธารณสุขแห่งอเมริกา (The American Public Health Association ; APHA) สมาคมประปาแห่งอเมริกา (The American Water Works Association ; AWWA) และ สหพันธ์สิ่งแวดล้อมทางน้ำ (The Water Environment Federation ; WEF) ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1905 และฉบับล่าสุดได้จัดพิมพ์เป็นครั้งที่ 23 เป็น เมื่อปี ค.ศ. 2017 นิยมเรียกกันด้วยชื่อสั้นทับศัพท์ว่า “สแตนดาร์ดเมธอด” วิศวกรสิ่งแวดล้อมจำเป็นที่จะต้องศึกษานิยามความสำคัญ วีธีการเก็บตัวอย่าง วิธีการเก็บรักษาตัวอย่าง และวิธีการวิเคราะห์ดัชนีชี้วัดคุณภาพตัวอย่างน้ำและน้ำเสียจากคู่มือฉบับนี้เป็นหลัก

สำหรับการตรวจวิเคราะห์คุณภาพดินและอากาศนั้นเนื่องจากปัญหามลพิษทางดินและอากาศที่เกิดขึ้นในอดีตยังไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ได้ชัดเจนจึงได้รับความ

สนใจในการศึกษาวิจัยพัฒนาล่าช้ากว่าการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ทำให้การกำหนดวิธีการมาตรฐานในการตรวจวัดหรือตรวจวิเคราะห์เกิดขึ้นช้ากว่าการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ โดยจากที่สืบค้นได้นั้นปัจจุบันได้มีการรวบรวมคู่มือวิเคราะห์ขึ้นจากหลากหลายผู้แต่งและสำนักพิมพ์ เช่น หนังสือชุดลำดับที่ 5 โดยสมาคมปฐพีศาสตร์อเมริกา วิธีการวิเคราะห์ดินตอนที่ 3 วิธีการทางเคมี (Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods (Soil Science Society of America Book Series, No. 5) ตีพิมพ์ครั้งแรกในปี ค.ศ. 1996 และ วิธีการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์อากาศ (Methods of Air Sampling and Analysis) พิมพ์ครั้งที่ 3 โดยสำนักพิมพ์ซีอาร์ซี (CRC Press) ในปี ค.ศ. 1988 เป็นต้น

ดังนั้นวิศวกรสิ่งแวดล้อมจำเป็นต้องศึกษาคู่มือเหล่านี้โดยละเอียดก่อนการลงมือเก็บข้อมูล เพื่อทำการวางแผนเก็บตัวอย่าง การเก็บตัวอย่างด้วยปริมาณหรือปริมาตรที่เหมาะสม วิธีการที่ถูกต้องในการเก็บรักษาตัวอย่าง และขั้นตอนการวิเคราะห์ตัวอย่างและข้อควรระวังเพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องแม่นยำเชื่อถือได้โดยทำการวิเคราะห์โดยวิธีการที่เป็นไปตามที่ได้กำหนดไว้โดยกฎหมาย โดยเมื่อต้องปฏิบัติงานด้านสิ่งแวดล้อมที่มีการควบคุมโดยกฎหมายแล้วนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องเรียนรู้กฎหมายทางสิ่งแวดล้อมที่ถูกบังคับใช้ควบคู่ไปด้วย ซึ่งกฎหมายข้อบังคับรวมทั้งวิธีการตรวจวิเคราะห์มาตรฐานนั้นมีการเปลี่ยนแปลงเสมอ จึงขอแนะนำให้ผู้อ่านทำการศึกษากฎหมายข้อบังคับที่เป็นปัจจุบันอย่างสม่ำเสมอ

## 1.6 เป้าหมายพื้นฐานของวิศวกรสิ่งแวดล้อมและความสำคัญของรายวิชา

เป้าหมายพื้นฐานของวิศวกรสิ่งแวดล้อม คือ การจัดการระบบสุขาภิบาลที่ดีนำมาซึ่งความสะอาด สะดวกสบาย และ ความเป็นอยู่ที่ดีของมนุษย์ (Jerry, 2000) ซึ่งประกอบด้วย

1) การปกป้องคุ้มครองสุขภาพของประชาชน (Public Health Protection) เพื่อป้องกันการติดต่อของโรคระบาดในสิ่งมีชีวิต เพื่อสร้างคุณภาพชีวิตที่ดีทั้งทางกายภาพ จิตใจ และ สังคม
2) การปกป้องคุ้มครองสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อม (Environmental Health Protection) เพื่อรักษาคุณภาพของสิ่งแวดล้อม อันได้แก่ น้ำ ดิน อากาศ พืช และ สัตว์ เพื่อเกื้อกูลต่อการดำรงชีวิต

โดยในการเรียนวิชาชีพวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมนั้นเน้นการออกแบบ วางแผนก่อสร้าง และควบคุมติดตามการเดินระบบสุขาภิบาลอันประกอบด้วย ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำประปา ระบบท่อส่งน้ำประปา ระบบท่อระบายน้ำเสีย ระบบบำบัดน้ำเสีย การจัดการขยะและของเสียอันตราย การควบคุมมลพิษอากาศ เป็นหลัก วิศวกรสิ่งแวดล้อมจำเป็นต้องมีความรู้ทางเคมีวิทยาที่เกี่ยวข้องกับงานของวิศวกรสิ่งแวดล้อมเพื่อเข้าใจการเกิดขึ้นของปัญหาสิ่งแวดล้อม รวมทั้งต้องทำความเข้าใจกับความหมาย ความสำคัญ ของดัชนีชี้วัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เพื่อสามารถพิจารณาค่าดัชนีชี้วัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมเพื่อทำการประเมินและนำมาสู่การออกแบบพัฒนาระบบสิ่งแวดล้อมต่อไป จึงเป็นที่มาของการเรียนในรายวิชานี้เป็นอันดับแรกในรายวิชาพื้นฐานของวิชาชีพทางวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

## 1.7 เนื้อหาตำราและรายวิชา

ปัจจุบันรายวิชาและรายละเอียดในรายวิชาในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์นั้นไม่ถูกบังคับโดยสภาวิศวกรกำหนดแล้ว แต่เมื่อครั้งที่สภาวิศวกรเป็นผู้กำหนดรายละเอียดรายวิชาและรายวิชาบังคับที่ต้องมีในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์ในครั้งสุดท้ายนั้น รายวิชาเคมีสำหรับวิศวกรสิ่งแวดล้อมถูกกำหนดโดย “ระเบียบคณะกรรมการสภาวิศวกร ว่าด้วยวิชาพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ วิชาพื้นฐานทางวิศวกรรม และวิชาเฉพาะทางวิศวกรรมที่สภาวิศวกรจะให้การรับรองปริญญา ประกาศนียบัตร และวุฒิบัตร ในการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม พ.ศ. 2558” (2558, 8 ตุลาคม) ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 132 ตอนพิเศษ 246 ง หน้า 1, 46 – 52. ให้เป็นวิชาพื้นฐานบังคับที่ต้องมีในหลักสูตรของสาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม และให้ประกอบด้วยเนื้อหาดังนี้ คือ “Chemical and physical characteristics of water and wastewater, methods for determination and application of data to environmental engineering practice; sample collection and preservation; laboratory analysis of water; determinations of solids, DO, BOD, COD, nitrogen, phosphorus.” เมื่อแปลเป็น ภาษาไทย คือ “ลักษณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของน้ำและน้ำเสีย วิธีการสำหรับการตรวจวิเคราะห์และประยุกต์ใช้ข้อมูลเพื่องานปฏิบัติทางวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม การเก็บและการเก็บรักษาตัวอย่าง ปฏิบัติการการวิเคราะห์น้ำ การตรวจวิเคราะห์ของแข็ง ดีโอ บีโอดี ซีโอดี ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส”

ด้วย พระราชบัญญัติการอุดมศึกษา พ.ศ. 2562 (2562, 1 พฤษภาคม) ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 136 ตอนที่ 57 ก หน้า 59, 54 – 78. ส่วนที่ 4 หัวข้อหลักความเป็นอิสระ มาตรา 16 ระบุว่า "สภาวิชาชีพจะออกข้อบังคับหรือหลักเกณฑ์เพื่อจัดระเบียบการประกอบอาชีพ โดยมีลักษณะเป็นการเลือกปฏิบัติหรือก้าวก่ายการจัดการศึกษาของสถาบันอุดมศึกษามิได้" ดังนั้นในหลักสูตรปรับปรุงหลังจากการมีพระราชบัญญัติการอุดมศึกษานี้ จึงไม่ต้องกำหนดหลักสูตรตามที่สภาวิศวกรกำหนด แต่เมื่อสำเร็จการศึกษาแล้วหากประสงค์ยื่นขอรับใบอนุญาตผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมสาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ซึ่งเริ่มต้นจากระดับภาคีจากสภาวิศวกรแล้วนั้น สภาวิศวกรได้กำหนดองค์ความรู้ที่วิศวกรสิ่งแวดล้อมต้องมีเพื่อการทดสอบที่เกี่ยวข้องกับวิชาเคมี คือ พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์เคมี และ พื้นฐานทางวิศวกรรมสมดุลเคมี

สำหรับตำราเล่มนี้ ได้กำหนดเนื้อหาสอดคล้องกับเนื้อหาที่สภาวิศวกรกำหนดไว้เดิม ซึ่งผู้เขียนพิจารณาว่าการกำหนดโดยสภาวิศวกรที่ผ่านมาล้วนผ่านการพิจารณาจากผู้มากประสบการณ์ในสาขาวิชาชีพวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมจึงได้นำมาเป็นหลักในการกำหนดเนื้อหาในรายวิชา และเพื่อให้ทันกับยุคสมัยปัจจุบันที่เทคโนโลยีเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วและการเรียนรู้สามารถค้นคว้าได้จากแหล่งข้อมูลหลากหลายใกล้ตัวผ่านระบบอินเทอร์เน็ตจึงมีการเสริมแหล่งข้อมูลที่ผู้อ่านสามารถเรียนรู้ศึกษาเพิ่มเติมได้ด้วยตนเองเพื่อให้ทันต่อความรู้และวิทยาการที่เปลี่ยนแปลงไปตลอดเวลาไว้ประกอบกัน โดยตำรานี้เน้นเนื้อหาพื้นฐานเคมีที่นำมาประยุกต์ใช้สำหรับวิศวกรสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีเนื้อหารายวิชาประกอบไปด้วย แนวคิดพื้นฐานเคมีทั่วไป ลักษณะสมบัติของน้ำและน้ำเสียทางเคมีและกายภาพ เคมีกายภาพ เคมีสมดุล เคมีอินทรีย์ เทอร์โมไดนามิกส์ และ ดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำและน้ำเสียที่ใช้ในการออกแบบระบบหลัก ๆ ได้แก่ พีเอช สี ความขุ่น ความกระด้าง สภาพกรด สภาพด่าง คลอไรด์ ซัลเฟต ดีโอ บีโอดี ซีโอดี ของแข็ง ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส เป็นต้น สอดแทรกอยู่ในเนื้อหาในแต่ละบทเรียน โดยตำราเริ่มเข้าสู่เนื้อหาบทเรียนตั้งแต่บทที่ 2 ถึงบทที่ 11 ดังนี้

| | |
|---|---|
| บทที่ 2 | เคมีพื้นฐาน |
| บทที่ 3 | สมบัติของน้ำ และ ไฟฟ้าเคมี |
| บทที่ 4 | เคมีสมดุล กรด เบส และ ลักษณะสมบัติทางเคมี |
| บทที่ 5 | สารอนินทรีย์ในน้ำ และ ปฏิกิริยารีดอกซ์ |
| บทที่ 6 | คอลลอยด์ และ ลักษณะสมบัติทางกายภาพ |

| | |
|---|---|
| บทที่ 7 | เคมีอินทรีย์ |
| บทที่ 8 | ออกซิเจนละลาย และ ความต้องการออกซิเจน |
| บทที่ 9 | การตรวจวิเคราะห์ของแข็ง |
| บทที่ 10 | ไนโตรเจน และ ฟอสฟอรัส |
| บทที่ 11 | เทอร์โมไดนามิกส์ |

ในทุกบทเรียนมีวัตถุประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน การประยุกต์ใช้ในงานวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มีหัวข้อทบทวนบทเรียน มีคำถามท้ายบทและเฉลย เพื่อให้ผู้อ่านได้เริ่มต้นการเรียนรู้จากการรู้ถึงจุดมุ่งหมาย หรือ วัตถุประสงค์ในการเรียน ทราบถึงการนำไปใช้เพื่อให้เห็นความสำคัญในการเรียน สามารถทบทวนความเข้าใจในสาระสำคัญของแต่ละบทเรียนเมื่ออ่านจบ และสามารถค้นคว้าเพิ่มเติมได้จากเว็บไซต์ หนังสือและตำราที่ได้อ้างอิงไว้ จากเอกสารอ้างอิงซึ่งมีกำกับไว้ในแต่ละบท และ ในบรรณานุกรมท้ายเล่มด้วย

ด้วยรายวิชานี้มีเนื้อหาและรายละเอียดมาก ผู้เขียนแนะนำให้ผู้อ่าน อ่านและทำการจดบันทึกสรุปด้วยตนเอง และทำแบบฝึกหัด รวมทั้งค้นคว้าเพิ่มเติมจากเว็บไซต์ในเรื่องที่ได้แนะนำไว้ เพื่อให้สามารถจดจำรายละเอียดต่าง ๆ ได้ เนื่องจากรายวิชานี้มีความสำคัญยิ่งต่อการเรียนในวิชาชีพจึงควรทำความเข้าใจและจดจำให้ได้เพื่อการนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างคล่องแคล่วและแม่นยำ เกิดประโยชน์ในวิชาชีพต่อไป

## 1.8 ทบทวนบทเรียน

ในบทนำนี้ได้แนะนำการพัฒนาอย่างยั่งยืนซึ่งเป็นเป้าหมายการพัฒนาของประชาคมโลกในระหว่างปี พ.ศ. 2558 - 2573 และบทบาทของวิศวกรสิ่งแวดล้อมต่อการพัฒนาอย่างยั่งยืนนี้ ปัญหาสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ในปัจจุบัน และ การสืบค้น กฎหมายและมาตรฐานทางสิ่งแวดล้อม ความสำคัญและวิธีมาตรฐานในการตรวจวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อม และ ความเชื่อมโยงของเป้าหมายของวิชาชีพวิศวกรสิ่งแวดล้อมและเนื้อหาในรายวิชาและในตำรานี้ เพื่อสร้างความเข้าใจก่อนเข้าสู่บทเรียนในบทต่อไป ดังนั้นเมื่อจบบทเรียนนี้ ความสามารถที่ได้รับการพัฒนามีดังนี้

1. รู้จักเป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืนและความสำคัญ
2. รู้จักปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญในปัจจุบันและการสืบค้น
3. รู้จักการสืบค้นพระราชบัญญัติ กฎหมายและมาตรฐานทางสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย

4. รู้จักการสืบค้นวิธีมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อม
5. เข้าใจเป้าหมายพื้นฐานของวิชาชีพวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมและความสำคัญของรายวิชาต่อวิชาชีพวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
6. ทราบเนื้อหาในรายวิชาและตำราเล่มนี้

## ? คำถามท้ายบทที่ 1

1.1 เป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืนมีชื่อเรียกโดยย่อทับศัพท์ภาษาอังกฤษว่าอะไร

1.2 องค์การสหประชาชาติกำหนดให้ประชาคมโลกใช้เป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืน เพื่ออะไร และ กำหนดใช้ในระหว่างปี พ.ศ. ใด

1.3 วิชาเคมีสำหรับวิศวกรสิ่งแวดล้อมมีความสำคัญอย่างไรต่อวิชาชีพวิศวกรสิ่งแวดล้อม

1.4 จากเป้าหมายพื้นฐานของวิศวกรสิ่งแวดล้อมนั้นวิศวกรสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้อง อย่างไรกับปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตและการพัฒนาอย่างยั่งยืน

1.5 จงยกตัวอย่างปัญหาสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันที่ถูกหยิบยกขึ้นมากล่าวถึงมากในประเทศ ไทย

1.6 จงบอกชื่อคู่มือวิเคราะห์น้ำและน้ำเสียซึ่งกำหนดวิธีการในการวิเคราะห์ไว้อย่างเป็น มาตรฐาน สากล ที่ใช้อ้างอิงเป็นมาตรฐานในประเทศไทย และ ในระดับสากล ทั้งชื่อ ที่นิยมเรียกกันทั่วไป และ ชื่อเต็มเป็นภาษาอังกฤษ

1.7 หากต้องการทราบมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย ต้องศึกษาจาก เว็บไซต์ของหน่วยงานใดเป็นหลัก

1.8 เพื่อให้นักศึกษาได้ทดลองเข้าระบบเพื่อค้นคว้ามาตรฐานสิ่งแวดล้อม กฎหมาย และ ข้อบังคับของ ประเทศไทย และ สหรัฐอเมริกา ให้สืบค้นข้อมูล มาตรฐาน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภคของประเทศไทย ที่ปรากฏในเว็บไซต์ข้อมูลและ บริการของกรมควบคุมมลพิษ มาเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำดื่มขั้นปฐมภูมิของ สหรัฐอเมริกา (National Primary Drinking Water Regulations) จากเว็บไซต์ของ ยูเอสอีพีเอ แล้ว จงบรรยายความแตกต่างระหว่าง มาตรฐานดังกล่าวของประเทศ ไทยกับมาตรฐานน้ำดื่มขั้นปฐมภูมิของสหรัฐอเมริกา

## เฉลยคำถามท้ายบทที่ 1

**เฉลย 1.1**

เอสดีจี

**เฉลย 1.2**

องค์การสหประชาชาติได้กำหนดไว้เพื่อให้นานาประเทศขับเคลื่อนไปสู่การปรับเปลี่ยนโลกให้ดีขึ้นร่วมกันในทิศทางเดียวกัน ในระหว่างปี พ.ศ. 2558 – 2573

**เฉลย 1.3**

เป็นวิชาพื้นฐานสำคัญที่จะทำให้เข้าใจปฏิกิริยาทางเคมีของระบบสิ่งแวดล้อม เพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับวัฏจักรระบบนิเวศน์สิ่งแวดล้อม และการเกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมต่างๆ ทำให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการพิจารณาคุณภาพสิ่งแวดล้อมด้วยดัชนีชี้วัดคุณภาพสิ่งแวดล้อม เพื่อนำไปใช้ในการเรียนวิชาชีพวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม และการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมต่อไป

**เฉลย 1.4**

ปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตที่ขาดไม่ได้สำหรับสิ่งมีชีวิต คือ น้ำ อาหารที่ปลอดภัย และ อากาศที่บริสุทธิ์ ซึ่งจากเป้าหมายพื้นฐานในวิชาชีพวิศวกรสิ่งแวดล้อมที่จะพยายามรักษาปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์ให้สะอาด ปลอดภัย เหมาะกับการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิตโดยการวางแผน ออกแบบ และควบคุม ระบบสุขาภิบาล วิศวกรสิ่งแวดล้อมจึงจำเป็นที่จะต้องทำความเข้าใจต่อปัญหาสิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน และ หาหนทางแก้ไขพัฒนาอย่างยั่งยืน เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบเชิงลบย้อนคืนสู่มนุษย์อีก

**เฉลย 1.5**

ปัญหาขยะพลาสติก และ ปัญหามลพิษอากาศ

**เฉลย 1.6**

ชื่อเรียกทั่วไป Standard Methods

ชื่อเต็มว่า Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

**<u>เฉลย 1.7</u>**

กรมควบคุมมลพิษกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม www.pcd.go.th

**<u>เฉลย 1.8</u>**

เมื่อศึกษาเปรียบเทียบมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภคของประเทศไทยกับมาตรฐานน้ำดื่มของสหรัฐอเมริกาพบว่าความแตกต่างที่เห็นได้ชัด คือ ประเทศสหรัฐอเมริกามีมาตรฐานเกี่ยวกับสารเคมีอินทรีย์หลายรายการ เช่น เบนซีน คาร์โบฟูราน ไดคลอรอเบนซีน เป็นต้น แต่มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภคของประเทศไทยในหมวดของคุณลักษณะทางเคมีซึ่งเป็นสารเคมีอินทรีย์ยังคงมีเพียงอัลคิลเบนซิล-ซัลโฟเนต และ ฟีโนลิกซับสแตนซ์ เท่านั้น

## 🕮เอกสารอ้างอิงบทที่ 1


- กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2564. ข้อมูลและบริการ [อินเทอร์เน็ต]. สืบค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2564 จาก: http://pcd.go.th/info_serv/service.html
- การประปาส่วนภูมิภาค, 2564. ประวัติการประปาส่วนภูมิภาค [อินเทอร์เน็ต]. สืบค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2564 จาก: https://www.pwa.co.th/contents/about/history
- ฉัตรทิพย์ นาถสุภา. ประวัติศาสตร์การปฏิวัติอุตสาหกรรมเปรียบเทียบ. พิมพ์ครั้งที่ 2. สร้างสรรค์, กรุงเทพฯ, 2539. ISBN: 9747375958
- ไทยโพสต์ฉบับพิมพ์, 30 พฤษภาคม 2562. วันสิ่งแวดล้อมโลก 5 มิ.ย. ยกปัญหา 'หมอกควัน-ฝุ่นพิษ' คุกคามชีวิตและสิ่งแวดล้อม [อินเทอร์เน็ต]. สืบค้นเมื่อ 15 พฤษภาคม 2563 จาก: https://www.thaipost.net/main/detail/37229
- ไทยรัฐฉบับพิมพ์, 5 มิถุนายน 2561. ปลุกสำนึกคนไทยใช้ฤกษ์ดีวันสิ่งแวดล้อมโลกสู้ปัญหา "ขยะพลาสติก" : ขจัดมรดกบาป! [อินเทอร์เน็ต]. สืบค้นเมื่อ 10 กรกฎาคม 2561 จาก: https://www.thairath.co.th/content/1298932
- พีพีทีวี ออนไลน์, 5 มิถุนายน 2563, ปรับปรุงล่าสุด 18 พ.ย. 2563. วันสิ่งแวดล้อมโลก 5 มิ.ย. 63 TIME FOR NATURE ได้เวลาคืนลมหายใจให้โลก [อินเทอร์เน็ต]. สืบค้นเมื่อ 12 มีนาคม 2564 จาก: https://www.pptvhd36.com/news/ประเด็นร้อน/126707
- “พระราชบัญญัติการอุดมศึกษา พ.ศ. 2562” (2562, 1 พฤษภาคม) ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 136 ตอนที่ 57 ก หน้า 59, 54 – 78. [อินเทอร์เน็ต]. สืบค้นเมื่อ พฤษภาคม 2563 จาก: http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2562/A/057/T_0054.PDF
- เพิ่มศักดิ์ บำรุงโลก, 2561. บทความวิชาการเรื่อง ภาวะโลกร้อน” [อินเทอร์เน็ต]. สืบค้นเมื่อ 14 สิงหาคม 2561 จาก: https://www.dek-d.com/board/knowledge/3050671/

- มติชน ออนไลน์, เผยแพร่ 5 มิถุนายน 2564. “ทส. ชวนคนไทยปลุกจินตนาการ ปรับแนวคิด ปกป้องสิ่งแวดล้อม วันสิ่งแวดล้อมโลก” [อินเทอร์เน็ต]. สืบค้นเมื่อ 7 กรกฎาคม 2564 จาก: https://www.matichon.co.th/local/quality-life/news_2760038
- รัฐสภา, 2563. ศาสตร์พระราชาสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน [อินเทอร์เน็ต]. สืบค้นเมื่อ 5 พฤษภาคม 2563 จาก: https://www.parliament.go.th/ewtadmin/ewt/parliament_parcy/ewt_dl_link.php?nid=55704&filename=dyouth
- “ระเบียบคณะกรรมการสภาวิศวกร ว่าด้วยวิชาพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ วิชาพื้นฐานทางวิศวกรรม และวิชาเฉพาะทางวิศวกรรมที่สภาวิศวกรจะให้การรับรองปริญญา ประกาศนียบัตร และวุฒิบัตร ในการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม พ.ศ. 2558” (2558, 8 ตุลาคม) ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 132 ตอนพิเศษ 246 ง หน้า 1, 46 – 52. [อินเทอร์เน็ต]. สืบค้นเมื่อ 14 สิงหาคม 2561 จาก: http://www.coe.or.th/coe-2/download/manual271058-03.pdf
- วิกิพีเดีย, 2561. การปฏิวัติอุตสาหกรรม [อินเทอร์เน็ต]. สืบค้นเมื่อ 15 สิงหาคม 2561] จาก: https://th.wikipedia.org/wiki/การปฏิวัติอุตสาหกรรม
- สุดา อิทธิสุภรณ์รัตน์. 2559. “ไมโครพลาสติกในทะเล”, Green Research ปีที่ 13 ฉบับที่ 33 พฤษภาคม 2559, ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและเทคโนโลยี ปทุมธานี, หน้า 21 – 24.
- APHA, AWWA, and WEF, editors. Standard methods for the examination of water and wastewater. 23rd edition. American Water Works Assn, Washington DC, USA, 2017. ISBN 9780875532875.
- Choeisai P. 2017. “Sustainable Development for Better Life --Clean water for Rivers Alive--”, Proceeding of International Conference of “Science of Technology Innovation” 2017. Nagaoka University of Technology, Japan, A-3.
- James P. L. Methods of Air Sampling and Analysis. 3rd edition. CRC Press, 1988. ISBN: 0873711416

- Jerry A. Nathanson. Basic environmental technology: water supply, waste management, and pollution control. 3rd edition. Prentice-Hall, New Jersey, USA, 2000. ISBN: 0-13-082626-X. pp.1-2.
- Soil Science Society of America and America Society of Agronomy. Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods. Soil Science Society of America Book Series, No. 5, 1996.
- UN Country Team Thailand, 2020. ภาพสัญลักษณ์เป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืน [อินเทอร์เน็ต]. สืบค้นเมื่อ 5 พฤษภาคม 2563 จาก: http://www.un.or.th/sdgs/
- United States Environmental Protection Agency (US EPA), 2018. Laws and Regulations [Internet]. [cited 2018 Aug 14]. Available from: https://www.epa.gov/laws-regulations
- World Health Organization (WHO), 2018. Ambient (outdoor) air pollution [Internet]. [cited 2020 May 5] Available from: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health
- World Health Organization Thailand (WHO Thailand), 2564. มลพิษทางอากาศและสุขภาพ [อินเทอร์เน็ต]. สืบค้นเมื่อ 10 มีนาคม 2564 จาก: https://www.who.int/docs/default-source/searo/wsh-och-searo/01-th-air-pollution-get-fold-leaflet-web.pdf?sfvrsn=1b7437f8_2

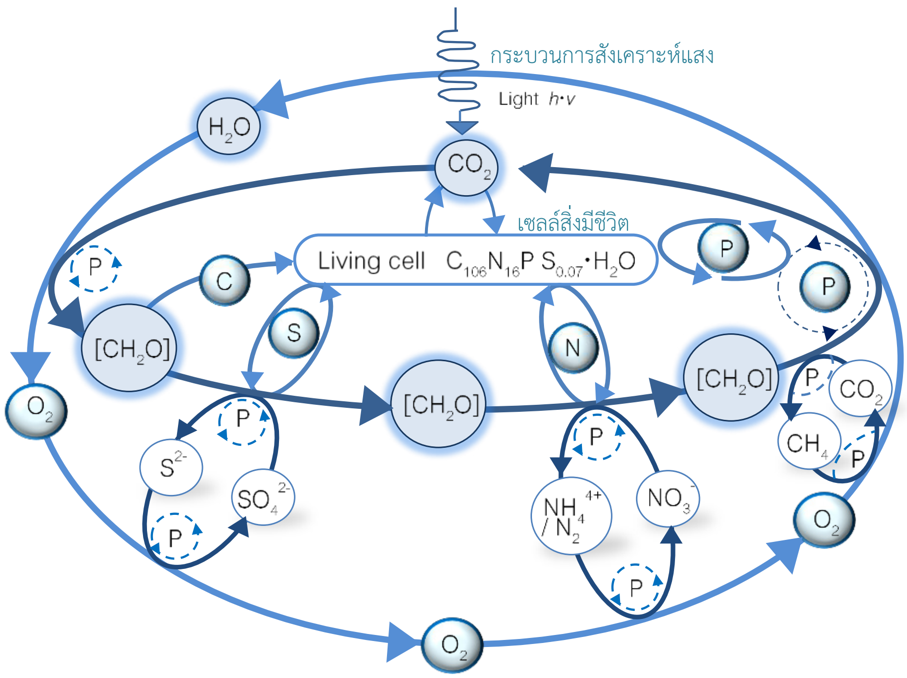
# บทที่ 2

# เคมีพื้นฐาน

วิศวกรจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีความเข้าใจในพื้นฐานของเคมีวิทยา รู้จักธาตุสำคัญที่พบมากในสิ่งแวดล้อม ความแตกต่างระหว่างธาตุและสารประกอบ ความหมายของอะตอม โครงสร้างอะตอม ความหมายของโมเลกุล พันธะเคมี สูตรเคมี การเรียกชื่อสารประกอบสำคัญในงานวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม เขียนสมการเคมีปฏิกิริยาเคมี เข้าใจหน่วยความเข้มข้นของสารที่ใช้ในการตรวจประเมินคุณภาพสิ่งแวดล้อม และสามารถแปลงหน่วยได้ เนื่องด้วยเป็นพื้นฐานความรู้สำคัญในการพิจารณาปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สนใจ เพราะปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาทางวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมล้วนมีพื้นฐานมาจากการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีในระบบต่างๆ ในงานวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมที่วิศวกรให้ความสนใจ

ยกตัวอย่างเช่น การพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างธาตุในสิ่งแวดล้อม ซึ่งประกอบด้วยวัฏจักรของคาร์บอน (C) ซัลเฟอร์ (S) ฟอสฟอรัส (P) ไนโตรเจน (N) และออกซิเจน (O) ดังแสดงในภาพที่ 2.1 (Schwedt G., 2001) ด้วยธาตุหลักสำคัญ (principal elements) ที่ใช้ในการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทั้งหลายบนโลก คือ คาร์บอน ไฮโดรเจน (H) ออกซิเจน และ ไนโตรเจน และ ธาตุที่เป็นสารอาหารจำเป็นที่ต้องใช้ในปริมาณมาก (macro elements) ในการดำรงชีวิต ได้แก่ ฟอสฟอรัส ซัลเฟอร์ โซเดียม (Na) โพแทสเซียม (K) แมกเนเซียม (Mg) แคลเซียม (Ca) เหล็ก (Fe) ซิลิกา (Si) อะลูมิเนียม (Al) และ คลอไรด์ (Cl) ซึ่งเมื่อเกิดปฏิกิริยาขึ้นโดยกระบวนการทางเคมี และ กระบวนการทางชีวเคมี จากการเกิดกระบวนการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) ที่ใช้คาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$) และปล่อยออกซิเจน ($O_2$) ผ่านการหายใจโดยเซลล์ของสิ่งมีชีวิต (Living cell; $C_{106}N_{16}PS_{0.07}\,H_2O$) แล้วนั้น คาร์บอนไดออกไซด์จะถูกเปลี่ยนเป็นสารอินทรีย์ (แสดงรูปทั่วไปของสารอินทรีย์ด้วยคาร์โบไฮเดรต โดยเขียนแทนด้วยสูตรเคมีสารประกอบ คือ $CH_2O$) ส่วน ไนโตรเจน ซัลเฟอร์ และ ฟอสฟอรัส จะถูกใช้เพื่อสร้างกรดอะมิโน กรดนิวคลีอิก เป็นต้น ส่วนสารอินทรีย์และออกซิเจน จะถูกนำมาใช้ในแต่ละวัฏจักรของธาตุคาร์บอน ไนโตรเจน และ ซัลเฟอร์ โดยมีฟอสฟอรัสเข้ามาร่วมในการเกิดปฏิกิริยาในรูปของเอดีพี หรือ อะดีโนซีนไดฟอสเฟต (ADP : Adenosine diphosphate) ที่เป็น

สารประกอบที่ให้พลังงานกับสิ่งมีชีวิตในการทำกิจกรรมต่างๆ ในการดำรงชีพ จากความสัมพันธ์ในการเกิดปฏิกิริยาที่คาบเกี่ยวกันนี้ทำให้การเปลี่ยนแปลงในแต่ละวัฏจักรส่งผลกับอีกวัฏจักรในระยะยาว ซึ่งหากไม่มีความรู้พื้นฐานเคมีแล้วคงไม่สามารถทำความเข้าใจ สัญลักษณ์ธาตุและสารประกอบที่เขียนไว้และไม่เข้าใจการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ ดังนั้นในบทเรียนนี้รวบรวมเนื้อหาพื้นฐานเคมีเฉพาะส่วนที่มีความสำคัญกับวิศวกรสิ่งแวดล้อมเป็นหลักเพื่อสร้างความเข้าใจเคมีพื้นฐานในก้าวแรกของการเข้าสู่เส้นทางวิศวกรสิ่งแวดล้อม




**ภาพที่ 2.1** ความสัมพันธ์ระหว่างวัฏจักรธาตุคาร์บอน (C) ซัลเฟอร์ (S) ฟอสฟอรัส (P) ไนโตรเจน (N) และ ออกซิเจน (O)
(เขียนขึ้นใหม่โดยอ้างจาก Schwedt G., 2001)

ศูนย์นวัตกรรมการเรียนการสอน
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
http://ltic.kku.ac.th e-Mail : ltic.edu@kku.ac.th
โทรศัพท์/โทรสาร 0-4320-2899
โทรศัพท์ภายใน 42509
ISBN 978-616-438-666-2

LTIC
Learning and Teaching Innovation Center

ราคา 650 บาท

9 786164 386662