

# ก้าวไปสู่ ... วัสดุที่ยั่งยืน

ณัฐกานต์ สร้อยกาบแก้ว และ ณัฐยา ต๊ะวิไชย

ในปีที่ผ่านมาทั่วโลกมีการนำทรัพยากรธรรมชาติมาใช้กว่า 9 หมื่นล้านตัน และมีแนวโน้มการใช้งานเพิ่มมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังมีการย้ายแหล่งการสกัดวัสดุจากยุโรปและอเมริกาเหนือสู่เอเชีย การสกัดและการแปรรูปวัสดุเหล่านี้ช่วยให้มาตรฐานการครองชีพในประเทศกำลังพัฒนาดีขึ้น แต่ก็นำไปสู่ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่กำลังเผชิญกันอยู่ เพราะหาแนวทางปฏิบัติทั่วไปสำหรับการผลิตและการใช้วัสดุ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในศตวรรษหลังจากยุคอุตสาหกรรมนั้น ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในเกือบทุกด้าน รวมถึงความหลากหลายทางชีวภาพของสายพันธุ์ การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน และผลกระทบต่อสภาพอากาศ การบรรเทาผลกระทบจากการใช้วัสดุเป็นเรื่องเร่งด่วนและซับซ้อน จึงจำเป็นต้องมีแนวทางในการแก้ปัญหาแบบสหวิทยาการ เนื่องจากวิธีการผลิต การใช้วัสดุ และการกำจัดขยะแบบที่ไม่คำนึงถึงผลที่จะตามมา นั้นทำให้เกิดปัญหามากมายที่สังคมกำลังเผชิญอยู่ ทั้งด้านมลภาวะและการทำลายทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญซึ่งเป็นแนวโน้มที่ไม่ยั่งยืน การใช้วัสดุที่ยั่งยืนนั้นจึงจัดว่าเป็นหนทางเดียวที่จะย้อนกลับการปฏิบัติในแนวทางที่ไม่ยั่งยืนที่ผ่านมาได้

**วัสดุที่ยั่งยืน (Sustainable materials) คืออะไร** อาจกล่าวได้ว่า วัสดุที่ยั่งยืนเป็นวัสดุที่ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพในปัจจุบัน และไม่ก่อให้เกิดปัญหาให้กับคนรุ่นหลังเพื่อนำไปใช้งานในอนาคต ซึ่งบางครั้งอาจเป็นเรื่องยากมากที่จะอธิบายว่าวัสดุที่ยั่งยืนคืออะไร บางทีวิธีที่ดีที่สุด คือการดูว่าวัสดุที่ยั่งยืนนั้นทำให้เกิดประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมซึ่งแตกต่างจากวัสดุอื่นๆ อย่างไร วัสดุที่ยั่งยืนมีลักษณะทั่วไปบางอย่างคล้ายคลึงกัน เช่น ความอุดมสมบูรณ์หรือมีอยู่มากตามธรรมชาติ ความง่ายในการสกัดเมื่อเทียบกับปริมาณพลังงานที่ใช้ และความสะอาดในการรีไซเคิล เป็นต้น การใช้วัสดุที่ยั่งยืนนั้นควรอยู่ภายใต้ระบบที่ยั่งยืน ซึ่งบางครั้งอาจจะสวนทางกับการเติมเต็มความเป็นอยู่ที่ดีของมนุษย์และสภาพแวดล้อมโดยทั่วไปด้วย

## ระบบวัสดุที่ยั่งยืน (Sustainable materials system) เป็นอย่างไร

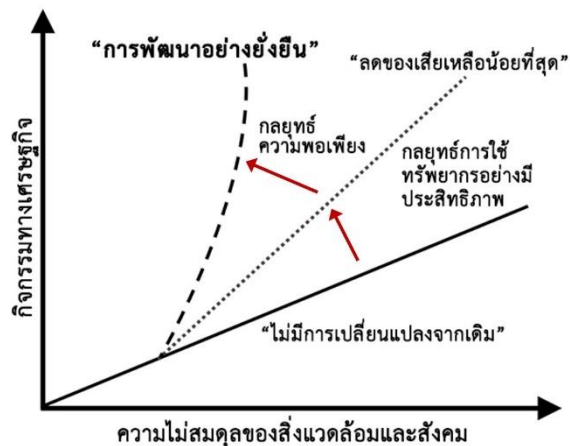
โดยทั่วไปมนุษย์เราไม่ได้ปราณขาดลวดเหล็กหรือท่อคาร์บอน สิ่งที่มีมนุษย์ต้องการคือบริการที่ได้จากการใช้งานวัสดุและผลิตภัณฑ์ มนุษย์จึงได้พัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและอุปกรณ์ (ที่อาจเรียกว่าคลังวัสดุ) เพื่อใช้ในการตอบสนองต่อกิจกรรมต่างๆ ทั้งในการดำรงชีพ ที่พักพิง การสื่อสาร และการศึกษา ระบบวัสดุที่ยั่งยืนสามารถสร้างและ

รักษาคัลังวัสดุเหล่านี้ได้ ด้วยการลดการไหลเวียนของวัสดุและพลังงาน ตัวอย่างเช่น

- **เหล็ก:** การปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตเหล็ก โดยการถลุงเหล็กออกไซด์โดยตรง ควบคู่ไปกับการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ใช้พลังงานหมุนเวียนอย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่า โดยการผลิตเหล็กโดยตรงจากวัตถุดิบออกไซด์นี้ได้อาศัยความก้าวหน้าทางเคมีไฟฟ้าของโลหะที่หลอมเหลว และวิธีการนี้สามารถนำไปใช้กับโลหะอื่นๆ เช่น ทองแดง ได้อีกด้วย

- **คอนกรีต:** การปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญสำหรับการใช้คอนกรีต คือการลดปริมาณคาร์บอนที่ปลดปล่อยสู่บรรยากาศ หรือการพัฒนาตัวซีเมนต์ยึดประสานทางเลือกที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยลง ซึ่งกลยุทธ์ที่ใช้ได้ในแต่ละกรณีจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับว่า เป็นคอนกรีตเหล็กเสริมหรือไม่ และปริมาณวัตถุดิบทดแทนที่มีอยู่สามารถตอบสนองความต้องการได้หรือไม่

- **พอลิเมอร์:** แม้ว่ามวลของพอลิเมอร์จะไม่มากเท่ากับมวลของโลหะหรือคอนกรีต แต่กระนั้น ปริมาณขยะจำพวกพอลิเมอร์ที่เกิดขึ้นนับว่าเป็นสัดส่วนปริมาณที่มาก มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ไม่ย่อยสลายทางชีวภาพ และคงอยู่ในสภาพแวดล้อม จึงมีการคิดค้นนวัตกรรมวัสดุที่เกี่ยวข้อง เช่น การพัฒนาโมโนเมอร์ที่สามารถแยกออกจากกันภายหลังได้อย่างมีประสิทธิภาพ การรีไซเคิลทางเคมี การแปรรูปซ้ำของพอลิเมอร์แบบเทอร์โมเซต และการเพิ่มความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพของพอลิเมอร์ชนิดต่างๆ เป็นต้น



รูปที่ 1 แนวทางการเปลี่ยนแปลงไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน

### วัสดุและการพัฒนาที่ยั่งยืน

ในช่วงไม่กี่ทศวรรษที่ผ่านมา ข้อกำหนดด้านสิ่งแวดล้อมในการออกแบบและพัฒนาวัสดุและผลิตภัณฑ์กลายเป็นประเด็นสำคัญสำหรับวาระการพัฒนาที่ยั่งยืนทั้งในภาคสาธารณะและอุตสาหกรรม เศรษฐกิจโลกในปัจจุบันเป็นแบบอิงการใช้วัสดุและพลังงานอย่างเข้มข้น มนุษย์เรานำวัสดุมาใช้มากกว่า 10 ตันต่อคนในแต่ละปี และวัสดุเหล่านี้ส่วนใหญ่กว่า 94% กลายเป็นขยะอย่างรวดเร็ว ภายในไม่กี่เดือน เพียง 6% ของวัสดุที่ใช้งานนี้เป็นวัสดุคงทน แต่ด้วยทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่อย่างจำกัดและจำนวนประชากรโลกที่เพิ่มมากขึ้นทำให้ต้องมีจัดการทรัพยากรธรรมชาติและการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของวัสดุและเทคโนโลยีการผลิตที่ดีขึ้น วิธีที่เราผลิตสินค้าและบริการในปัจจุบันแบบเดิมที่ไม่ยั่งยืนนั้น ควรที่จะเปลี่ยนแปลงไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน ซึ่งการมุ่งเน้นใหม่เกี่ยวกับ

การพัฒนาที่ยั่งยืนต้องใช้วิธีคิดและกลยุทธ์ใหม่  
ดังแสดงในรูปที่ 1

กลยุทธ์ 5 แบบ

เพื่อลดผลกระทบของวัสดุให้น้อยที่สุด

การปฏิวัติรูปแบบธุรกิจหรือเทคโนโลยีให้เป็นมิตร  
ต่อสิ่งแวดล้อมและการปรับใช้นั้น แน่แน่นอนว่าต้องใช้

เวลา ดังนั้นกลยุทธ์เร่งด่วนที่สามารถดำเนินการได้  
เลย แต่ละกลยุทธ์เหล่านี้ต้องได้รับการประเมิน  
ร่วมกันทั้งในทางปฏิบัติและจากมุมมองวงจรชีวิต  
เนื่องจากประสิทธิภาพในมิติหนึ่งอาจสัมพันธ์กับการ  
เปลี่ยนแปลงในมิติอื่น (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 กลยุทธ์สู่ความยั่งยืน มุ่งดึงคุณค่าของวัสดุกลับมาใช้มากขึ้น ในขณะที่ลดการสกัดและการไหลของเสียตลอดวงจรชีวิต แต่การปรับปรุงในขั้นตอนใดๆ นั้น ต้องมีการประเมิน เพราะการปรับปรุงในขั้นตอนหนึ่งอาจส่งผลกระทบและนำไปสู่ภาวะที่เพิ่มขึ้นที่อื่น

### 1. การลดปริมาณการใช้วัสดุ

(Dematerialization)

การออกแบบระบบที่มีประสิทธิภาพสามารถช่วยลด  
การใช้วัสดุได้ ตัวอย่างเช่น พาหนะยานยนต์ที่มี  
น้ำหนักลดลง จากการใช้โลหะที่มีความแข็งแรงสูง  
อลูมิเนียมอัลลอยด์ และคอมโพสิต ซึ่งทำให้ปริมาณ  
และน้ำหนักของวัสดุต่อชิ้นส่วนลดลง กลยุทธ์นี้ยัง  
นำไปสู่การประหยัดเชื้อเพลิงอีกด้วย การพัฒนา

อย่างต่อเนื่องในด้านโลหะผสมที่ให้อายุการใช้งาน  
แข็งแรงและความเหนียวที่สูงขึ้น จะช่วยทำให้การ  
ลดปริมาณการใช้วัสดุในอุตสาหกรรมนี้ได้อีกมากใน  
อนาคต

### 2. การแทนที่ (Substitution)

ระบบที่ยั่งยืนจะใช้วัสดุที่มีผลกระทบน้อยที่สุด  
ดังนั้นการแทนที่โดยวัสดุที่มีผลกระทบต่อ  
สิ่งแวดล้อมน้อยกว่า จึงถือเป็นกลยุทธ์อย่างหนึ่ง

โดยการแทนที่นี้อาจจะเป็นการแทนที่แบบสมบูรณ์หรือแทนที่บางส่วนก็ได้ โดยทั่วไปเป้าหมายในการพัฒนาวัสดุทดแทน คือ เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพทางเทคนิค ลดการใช้วัสดุที่เป็นพิษ หรือลดวัสดุที่ยากต่อการจัดหา มากกว่าจะสนใจเรื่องผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นจึงควรมีการทำงานวิจัยชีวิตและการประเมินความเสี่ยงของวัสดุที่เกิดขึ้นใหม่ โดยบูรณาการการวิจัยเชิงทดลองและตรวจสอบกับข้อมูลระดับการผลิตอย่างใกล้ชิด

### 3. การผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ

#### (Manufacturing efficiency)

การเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตมักจะทำควบคู่ไปกับการลดต้นทุน อย่างไรก็ตามในปัจจุบันยังมีการสูญเสียเกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิตอยู่มาก ตัวอย่างเช่น การผลิตเหล็กและอะลูมิเนียมจะมีเศษเหล็กประมาณ 25% และเศษอะลูมิเนียมประมาณ 40% หายไประหว่างขั้นตอนการหล่อ การขึ้นรูปและการประกอบ ซึ่งจากตัวเลขนี้จะเห็นได้ว่าหากมีเทคโนโลยีการผลิตที่มีประสิทธิภาพจะช่วยลดการสูญเสียจากกระบวนการผลิตได้อีกมาก

### 4. การยืดอายุการใช้งาน (Lifetime extension)

การลดความต้องการในการใช้วัสดุสามารถทำได้โดยให้วัสดุต่างๆ มีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น หรือการเพิ่มความทนทานผ่านการบำรุงรักษา และการใช้ประโยชน์จากสต่อวัสดุที่มีอยู่ สิ่งปนเปื้อนหรือตำหนิในวัสดุสามารถนำไปสู่การย่อยสลายของวัสดุลดศักยภาพการทำงาน และลดอายุการใช้งานได้ นักวิจัยจึงควรทดสอบวัสดุและอุปกรณ์ทั้งในสภาวะการใช้งานจริงและสภาวะเร่ง ซึ่งหน่วยงานให้ทุน

ต่างๆ ควรให้ความสำคัญเร่งด่วนกับงานวิจัยด้านนี้ด้วย

### 5. การกู้คืน (Recovery)

เนื่องจากวัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากแหล่งที่ไม่ได้ใช้งาน โดยทั่วไปต้องการพลังงานในการผลิตน้อยกว่าวัสดุที่มาจากแหล่งตั้งต้น กลยุทธ์นี้ คือ การกู้คืน (รวมถึงการใช้ซ้ำหรือการรีไซเคิล) แต่ความสามารถในการคงคุณค่าและผลลัพธ์ที่ได้จะแตกต่างกันไปตามวัสดุ อย่างไรก็ตามการใช้ซ้ำและการซ่อมแซมชิ้นส่วนมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นผลมาจากความซับซ้อนของผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้นและวงจรชีวิตที่สั้นลงนั่นเอง การกู้คืนวัสดุจากผลิตภัณฑ์จะง่ายขึ้นเมื่อผลิตภัณฑ์มีความซับซ้อนน้อยหรือมีความบริสุทธิ์สูง อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์จำนวนมากที่ใช้ในปัจจุบันมีการผสมกัน ทำให้วัสดุที่มีมูลค่าต่ำลงและใช้พลังงานมากในการรีไซเคิล สำหรับพลาสติกผสม การนำกลับมาใช้ใหม่อาจเป็นวิธีการที่ดีที่สุด เนื่องจากสมบัติที่ลดลงของวัสดุในแต่ละรอบการกู้คืน รวมถึงพลังงานที่จะต้องใช้ในการคัดแยกและการขนส่งที่เพิ่มขึ้น สำหรับโลหะ ประสิทธิภาพของการรีไซเคิลจะถูกจำกัดโดยขั้นตอนการผลิตและการแทนที่วัสดุหลักด้วยวัสดุรีไซเคิล ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของโลหะผสมที่ต้องการและความต้องการของตลาดโดยรวม

กลยุทธ์ที่น่าเสนอนี้ไม่ใช่เรื่องแปลกใหม่ เราสามารถใช้วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ลดผลกระทบตลอดทั้งวงจรชีวิต เพื่อก้าวไปสู่การใช้วัสดุที่ยั่งยืนอย่างแท้จริง นอกเหนือจากมุมมองและการขับเคลื่อน

ด้านธุรกิจแล้ว การกำกับดูแลและการมีส่วนร่วมก็มีความจำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากกลยุทธ์ส่วนใหญ่ที่กล่าวมาในข้างต้นต้องการนโยบายเพื่อสนับสนุนการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี ส่วนด้านนักวิจัยก็ควรประเมินเทคโนโลยีที่คิดค้นได้ในหลายมิติและสื่อสารสิ่งที่ค้นพบในแบบที่ผู้กำหนดนโยบายสามารถดำเนินการได้ เพื่อร่วมกันขับเคลื่อนวัสดุที่ยั่งยืนไปข้างหน้าและกำหนดอนาคตของมนุษยชาติ

#### **แหล่งอ้างอิง**

1. Koltun, P. (2010). Materials and sustainable development. *Progress in Natural Science: Materials International*, 20, 16-29.
2. Olivetti, E. A., & Cullen, J. M. (2018). Toward a sustainable materials system. *Science*, 360(6396), 1396-1398.