



กรอบการพัฒนาระเบียบวิธีการประเมิน การกักเก็บคาร์บอนของไบโอชาร์



- >>> ความสำคัญของไบโอชาร์ต่อการกักเก็บคาร์บอน และ
การลดก๊าซเรือนกระจกเพื่อมุ่งสู่ NET ZERO EMISSION
- >>> ความพร้อมของระเบียบวิธีการประเมินการกักเก็บคาร์บอน
ของไบโอชาร์ทั้งในประเทศ และต่างประเทศ
- >>> แนวทางการพัฒนาระเบียบวิธีการประเมินการกักเก็บ
คาร์บอนของไบโอชาร์ของประเทศไทย

ประกายธรรม สุขสทิพย์

ผู้ช่วยวิจัยอาวุโส

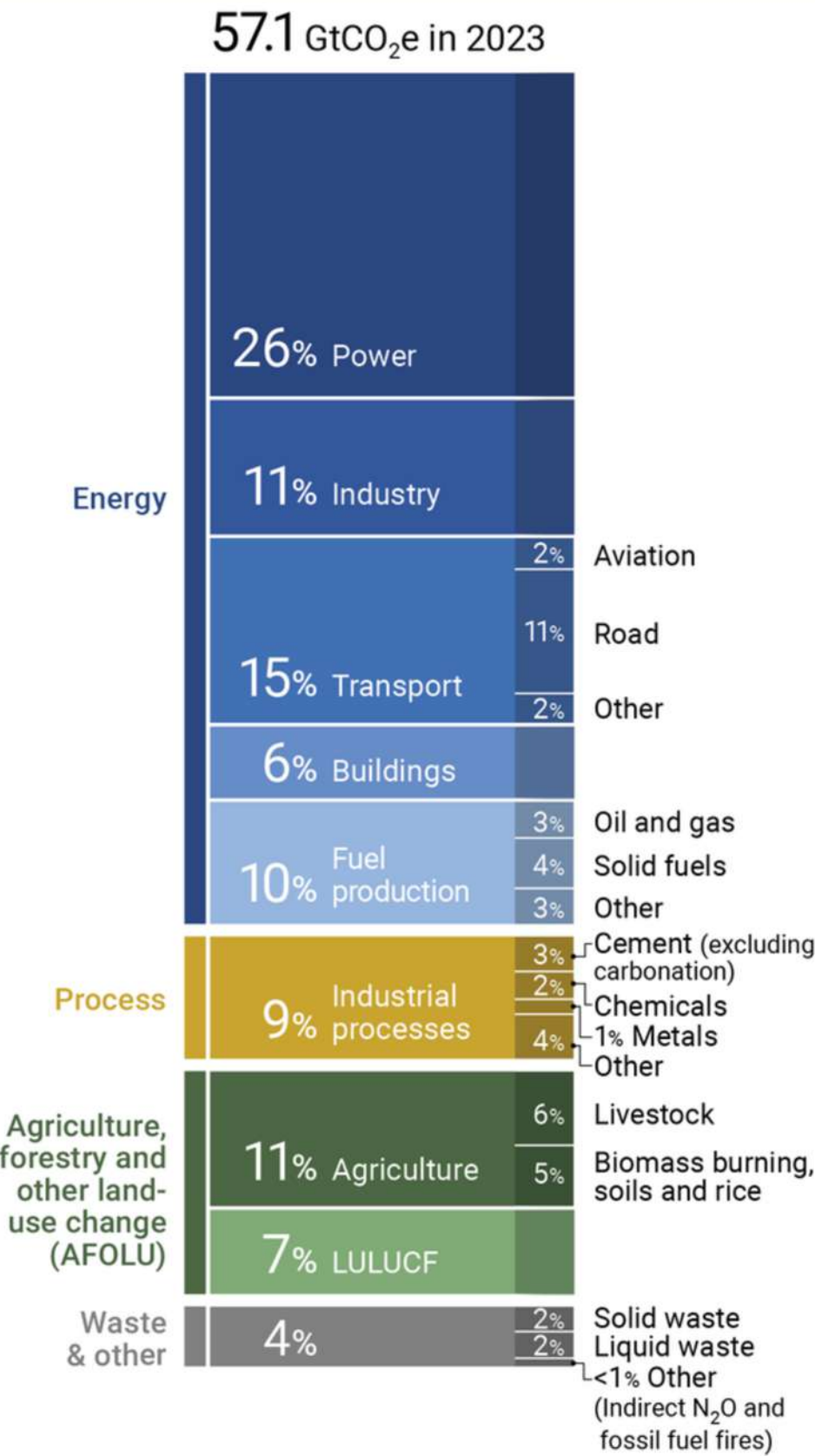
สถาบันเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน (TIIS)

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเทศไทย

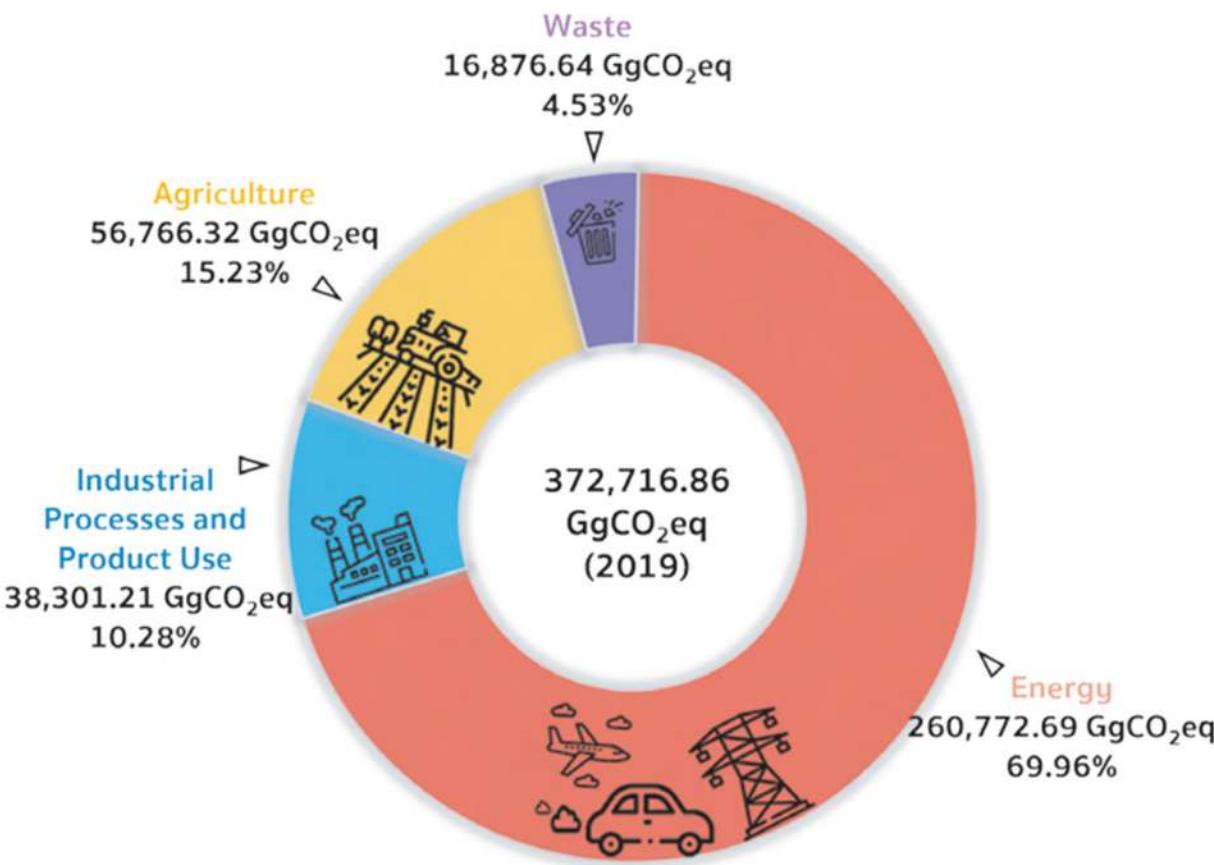


GLOBAL'S GREENHOUSE GAS EMISSIONS



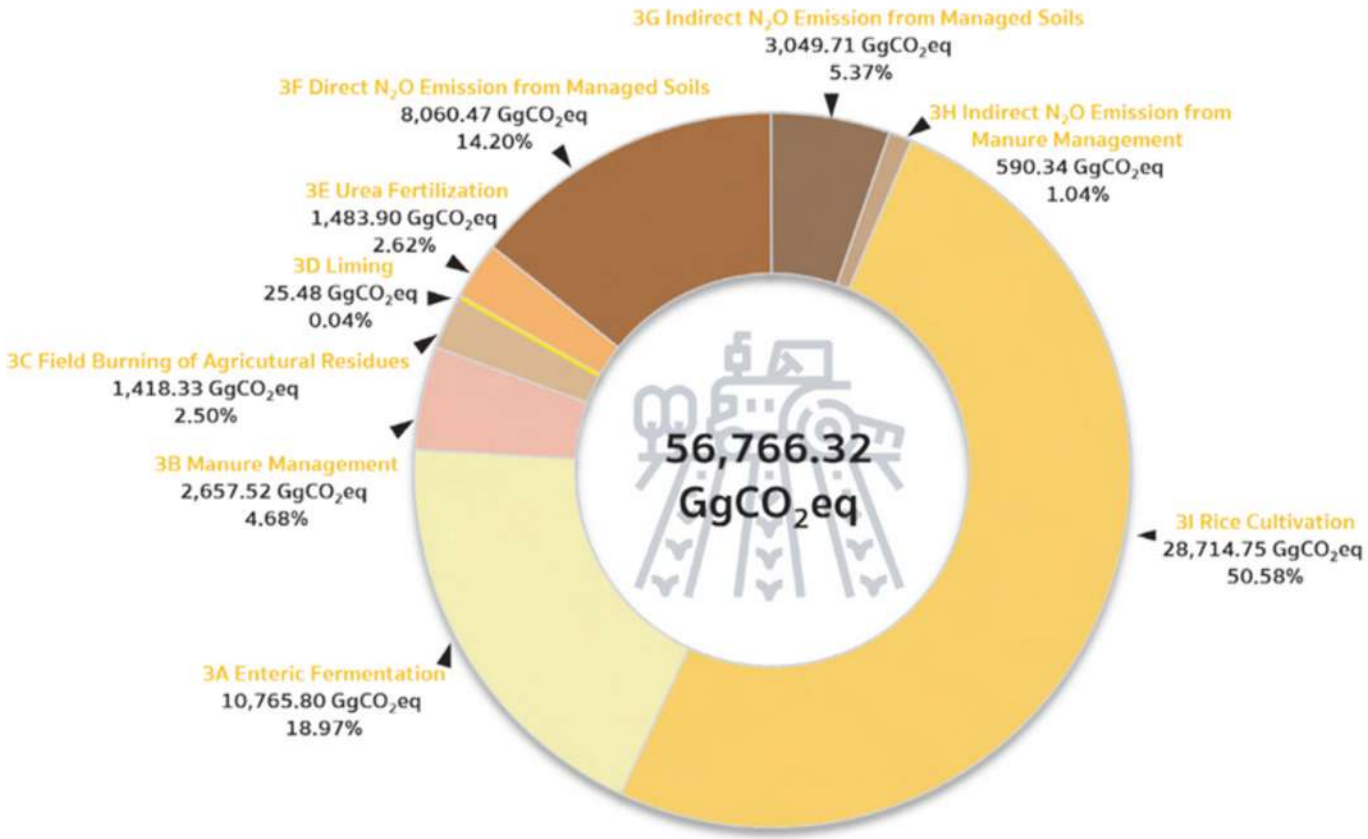
Source: Emissions Gap Report 2024, UNEP (2024)

THAILAND'S GREENHOUSE GAS EMISSIONS



Total GHG emissions by sector (excluding LULUCF), 2019

Source: Thailand's Fourth Biennial Update Report, ONEP



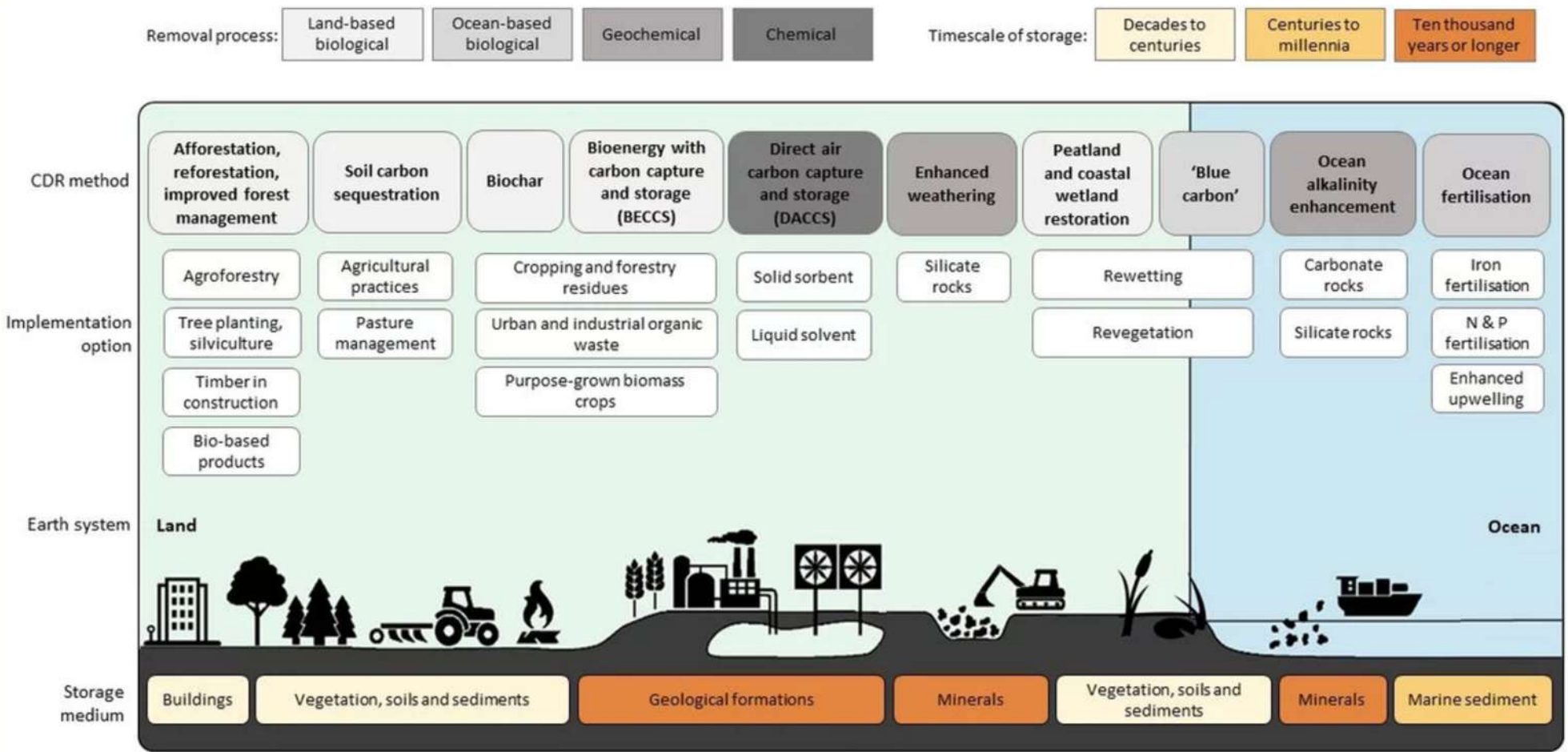
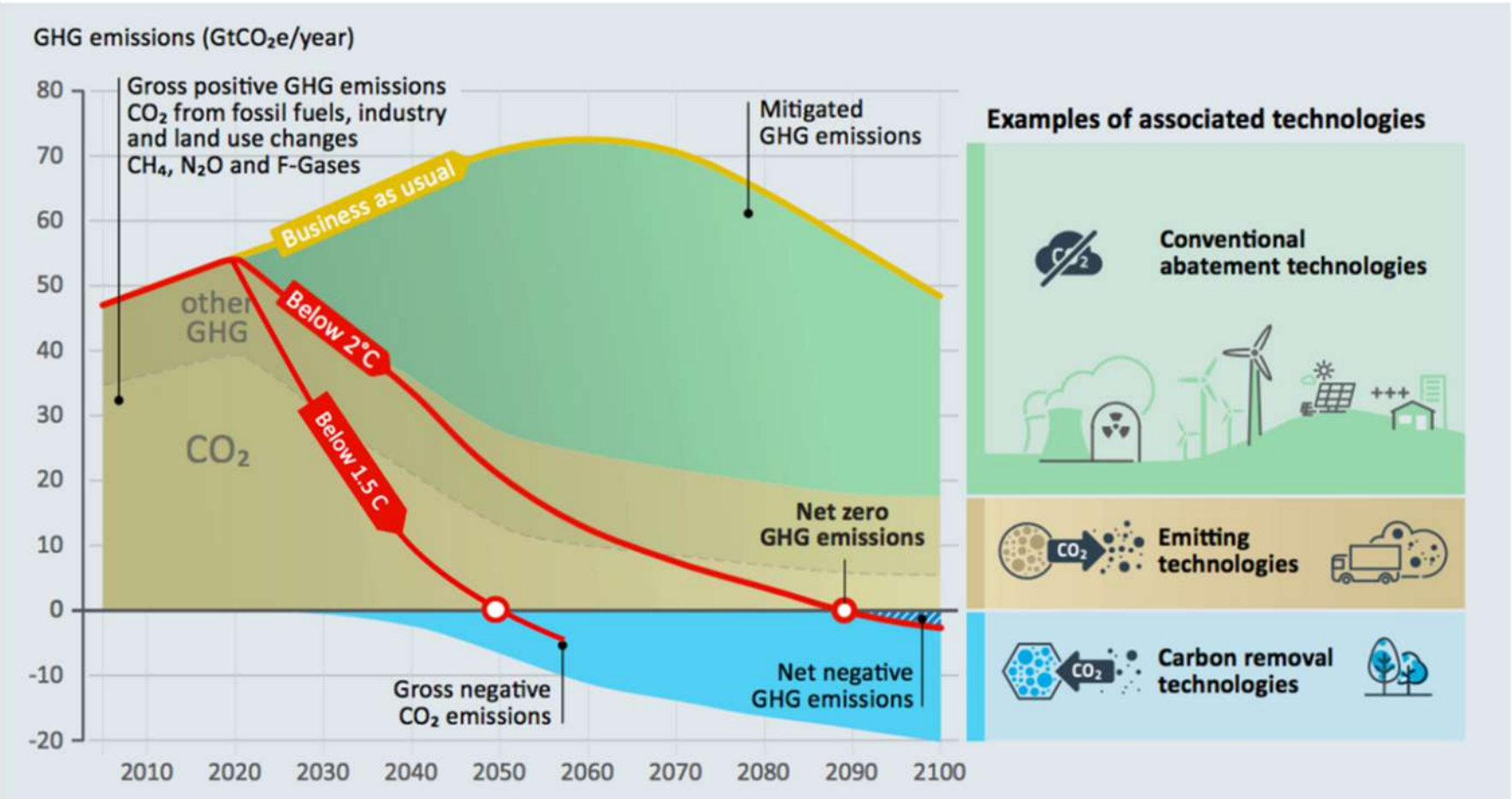
GHG emissions in Agriculture Sector, 2019

Source: Thailand's Fourth Biennial Update Report, ONEP

เกษตรกรรม (Agriculture) : กิจกรรมที่ใช้ในการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มาจากการทำการเกษตร การทำปศุสัตว์ ดินที่ใช้ในการเกษตร การเผาพื้นที่เกษตร และการเผาเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในพื้นที่โล่ง

ของเสีย (Waste) : กิจกรรมที่ใช้ในการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มาจากของเสียที่เกิดจากอุตสาหกรรมเกษตร และอาหาร (food loss) ของเสียจากอุตสาหกรรมอื่นๆ ขยะทั่วไป (รวมถึง ขยะจากการตัดแต่งกิ่งไม้) ขยะอาหาร (food waste) ขยะอันตราย รวมถึงปัจจัยการปล่อยมลพิษอื่นๆ เช่น น้ำเสีย

เทคโนโลยีการกำจัดคาร์บอน (CARBON REMOVAL TECHNOLOGIES)

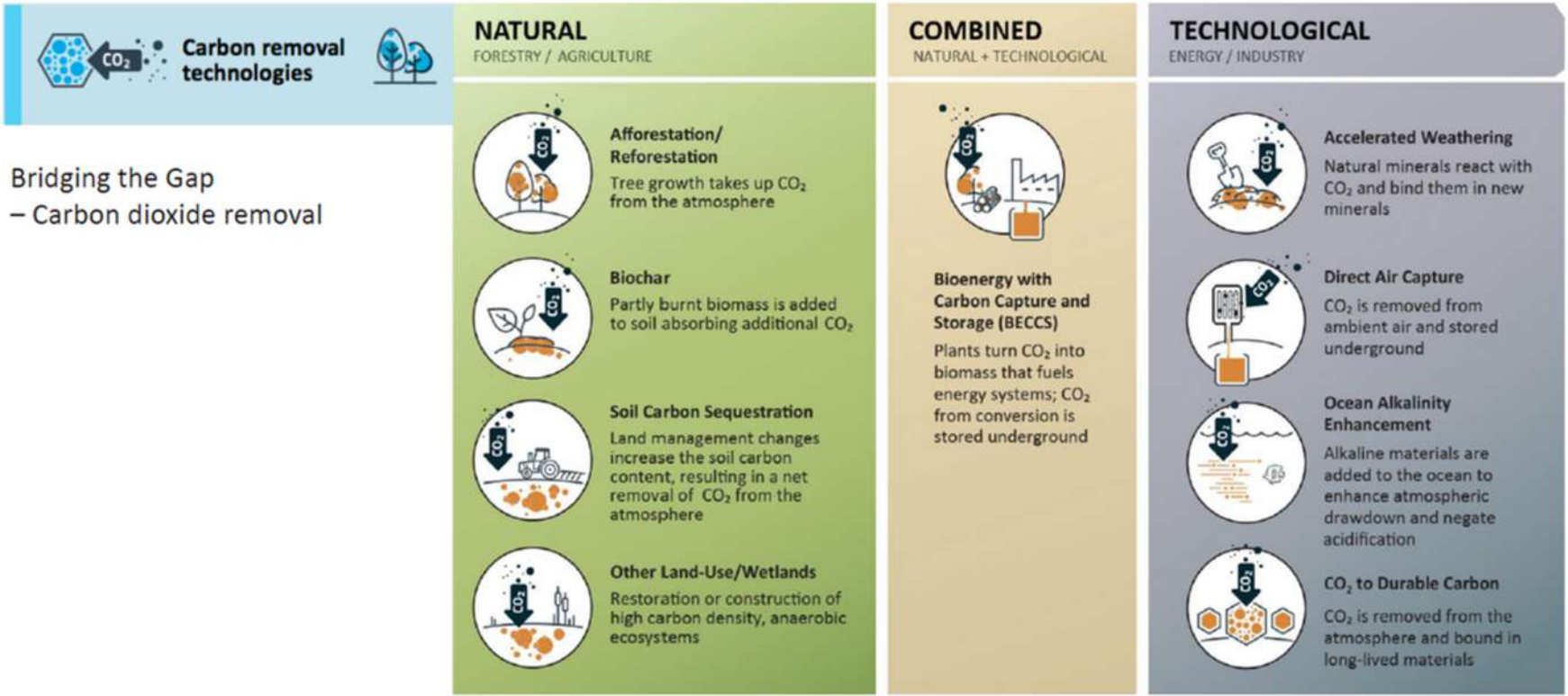


Source: Schematic overview of CDR options (Climate Change 2022 - Working Group III contribution to AR6, IPCC).

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero) คือ แนวคิดในการจัดการเพื่อทำให้การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมหรือผลิตภัณฑ์เป็นศูนย์ โดยการกำจัดก๊าซเรือนกระจกออกจากบรรยากาศโดยกระบวนการกำจัดคาร์บอน (Carbon Removal)

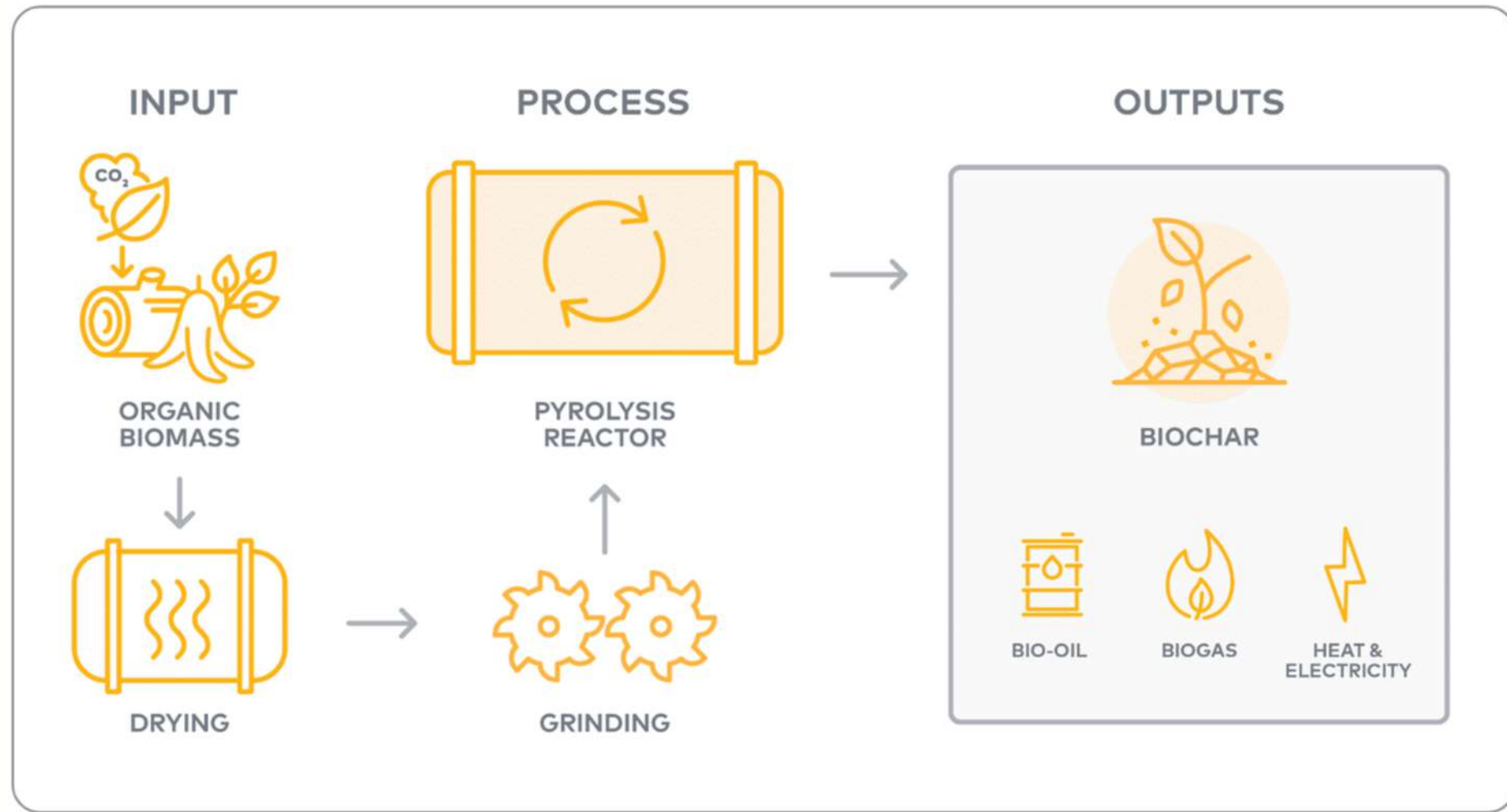
Carbon Dioxide Removal (CDR) หมายถึง การดูดกลับคาร์บอนไดออกไซด์ที่อยู่ในชั้นบรรยากาศไปกักเก็บไว้ในแหล่งกักเก็บก๊าซเรือนกระจกทั้งทางชีวภาพ (Biological sinks) และทางวิศวกรรมเคมี (Chemical engineering) เพื่อดูดซับและกักเก็บในระยะยาว

การเก็บกักคาร์บอน (Carbon Sequestration) หมายถึง กระบวนการที่ทำให้คาร์บอนถูกเก็บรักษาไว้ และไม่ปล่อยเข้าสู่บรรยากาศเป็นเวลานาน โดยสามารถทำได้ทั้งในธรรมชาติ และมนุษย์เป็นผู้กระทำ



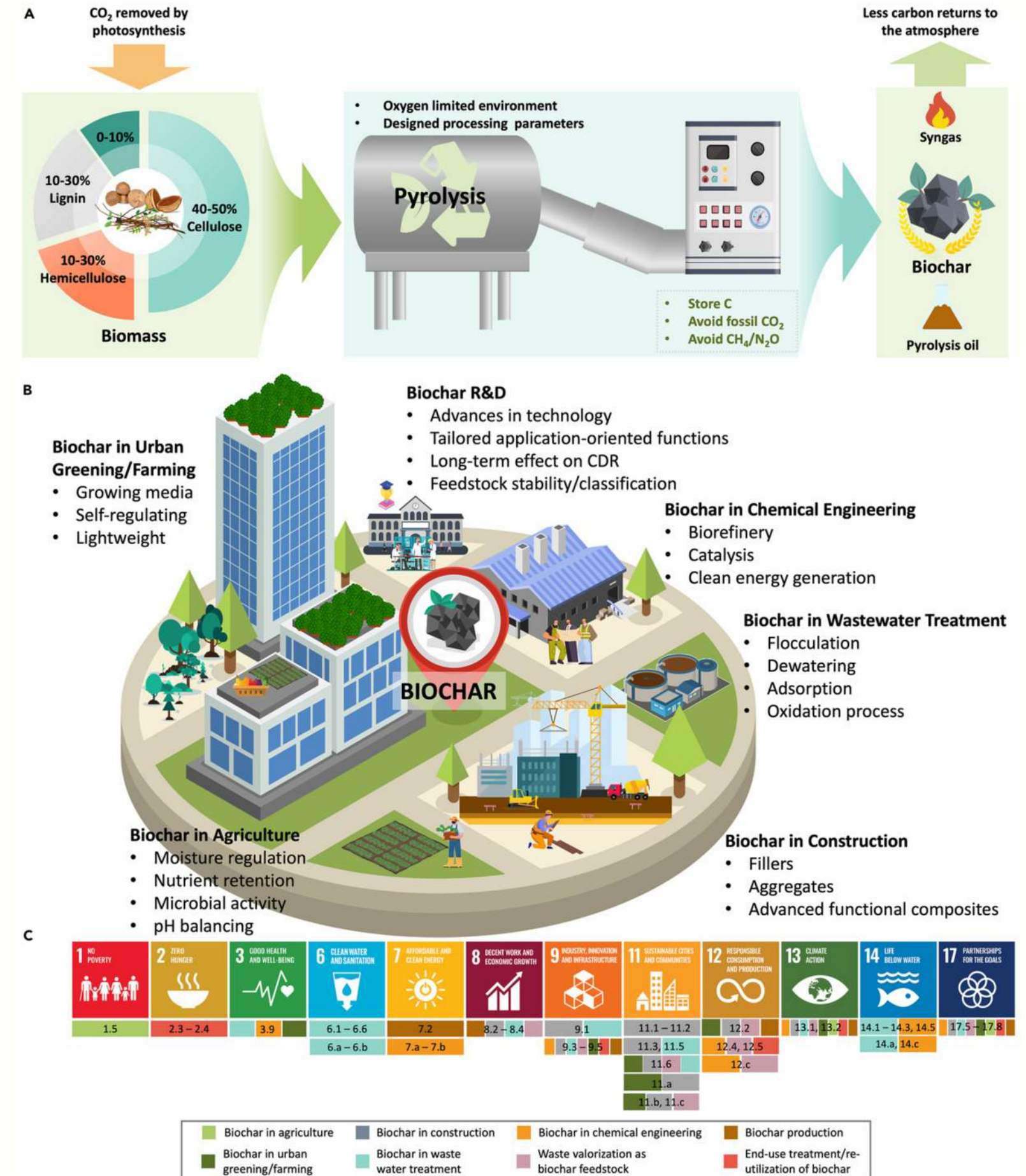
Source: UNEP (2017)

BIOCHAR กับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs)



ไบโอชาร์ กับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) นอกเหนือจากการกักเก็บคาร์บอนแล้ว การใช้งานไบโอชาร์ยังสอดคล้องกับเป้าหมายด้านความยั่งยืน ซึ่งการใช้ไบโอชาร์ยังมีส่วนสนับสนุนเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนของสหประชาชาติ 12 จาก 17 เป้าหมาย เช่น

- SDG 2.4 : สร้างหลักประกันว่าจะมีระบบการผลิตอาหารที่ยั่งยืนและดำเนินการตามแนวปฏิบัติทางการเกษตรมีภูมิคุ้มกันที่จะเพิ่มผลิตภาพและการผลิตฯ ซึ่งการใช้ประโยชน์ของไบโอชาร์ในพื้นที่การเกษตรจะสามารถส่งเสริม SDG 2.4 นี้ได้
- SDG 6 : สร้างหลักประกันเรื่องน้ำและการสุขาภิบาล ให้มีการจัดการอย่างยั่งยืนและมีสภาพพร้อมใช้สำหรับทุกคน โดยการนำไบโอชาร์ไปใช้ประโยชน์ในการบำบัดน้ำจะช่วยสนับสนุนด้านนี้ได้
- SDG 13.2 : บูรณาการมาตรการด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในนโยบาย ยุทธศาสตร์ และการวางแผนระดับชาติ ซึ่งการใช้ประโยชน์ของไบโอชาร์ในหลายๆ ด้านจะสามารถส่งเสริมยุทธศาสตร์และการวางแผนระดับชาติได้



ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไบโอชาร์



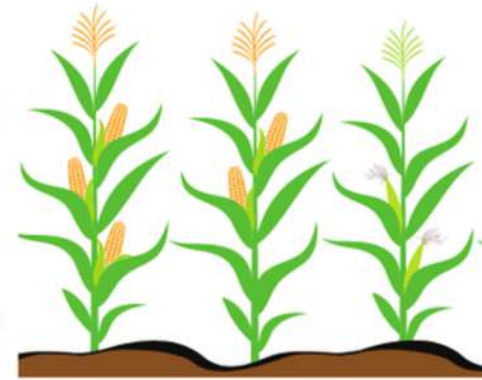
Compost Production



Compost is made from organic waste like food, plant, and animal waste



This waste is decomposed by microorganisms under high temperatures to create compost



Compost and biochar can be applied as a soil amendment to provide environmental benefits

Biochar Production



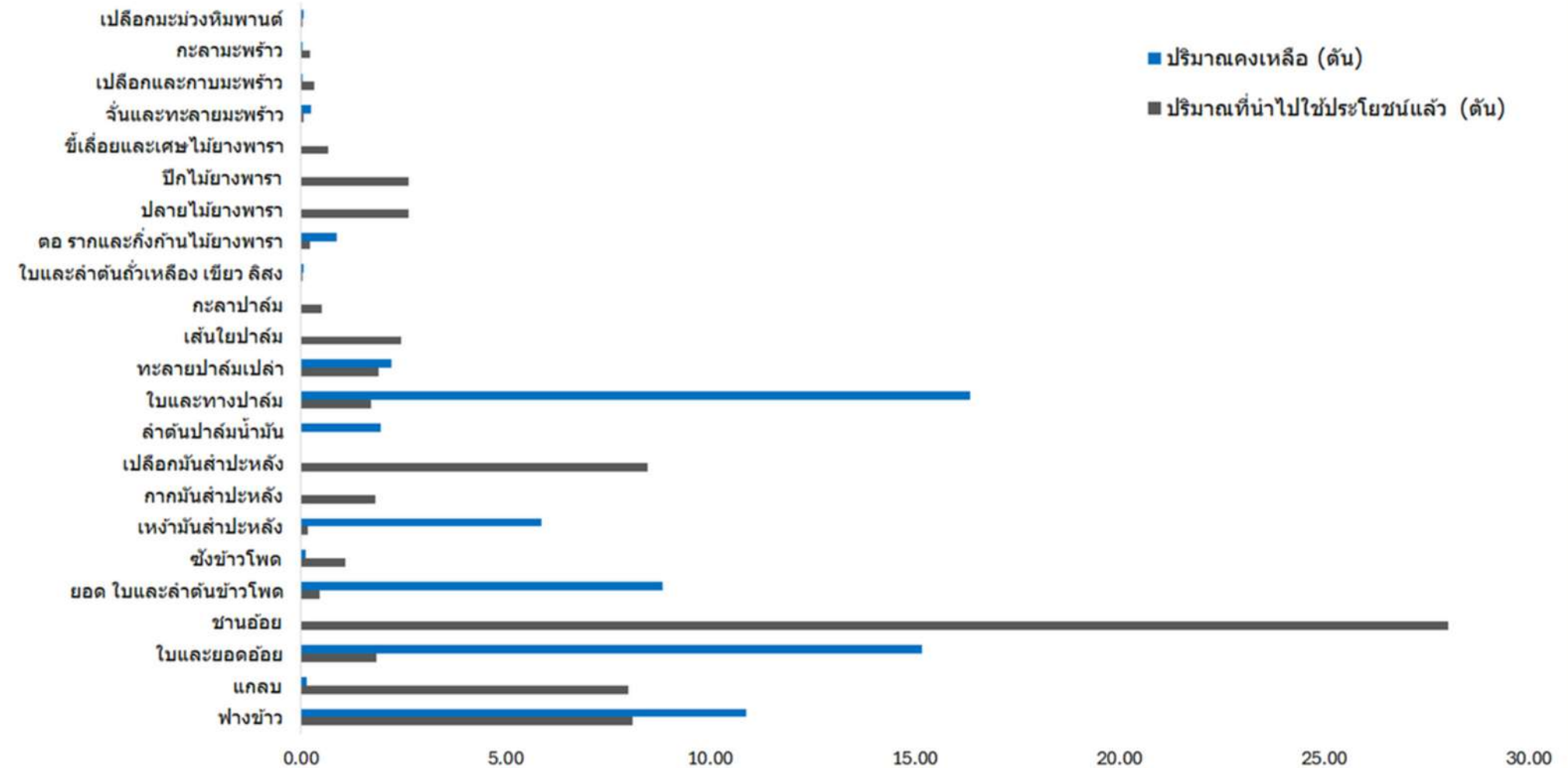
Biochar is made from plant or animal waste like wood, husks, and manure



These materials are heated under low oxygen conditions to produce biochar

Source: USDA California Climate Hub

Graphic by: Emma Johnson



Source : https://biomass.dede.go.th/biomass_web/index.html (DEDE,2566)

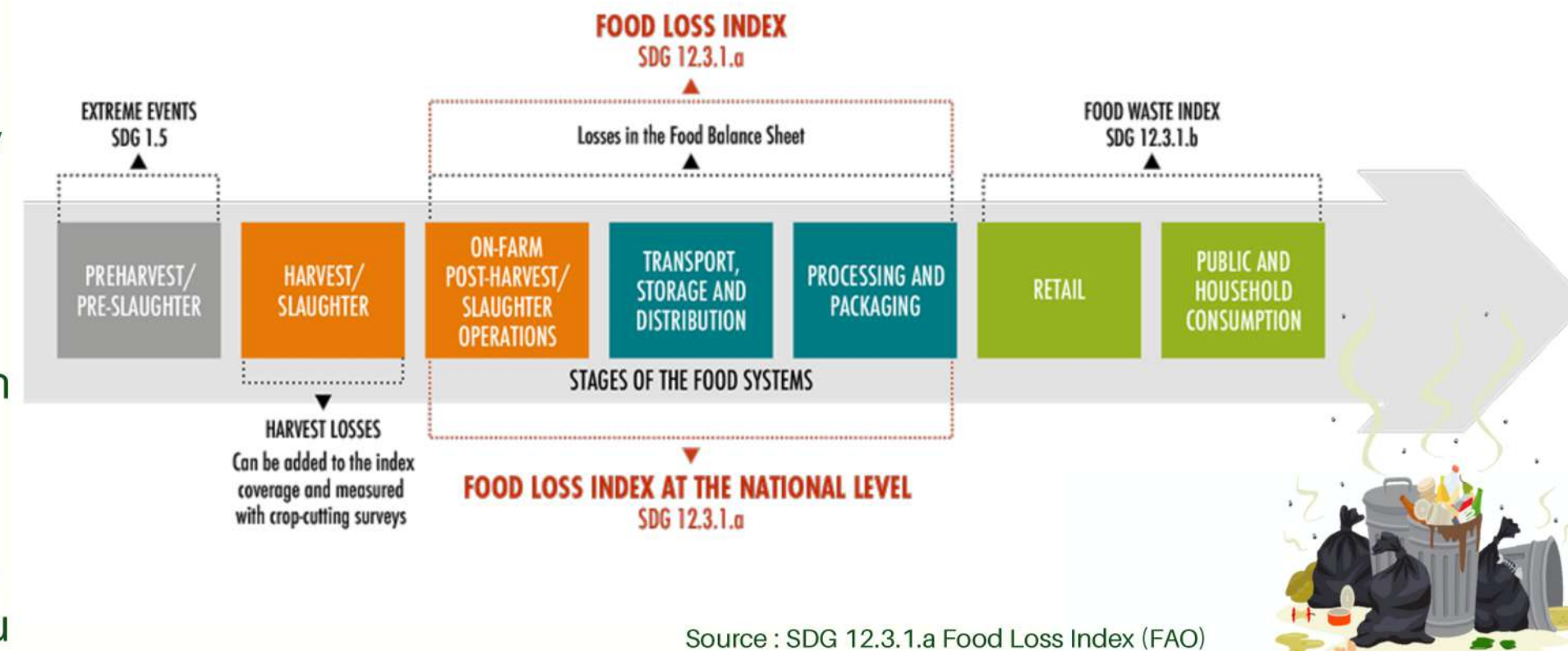
ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไบโอชาร์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัสดุในการผลิตไบโอชาร์

เช่น เศษเหลือทิ้งจากการเกษตร เศษกิ่งไม้จากการตัดแต่งกิ่งในแปลง/สวน ขยะอาหาร โดยจะนำมาอบไล่ความชื้น บดย่อย ก่อนนำเข้าสู่กระบวนการเผาแบบ Pyrolysis (Low technology และ High technology) เพื่อได้เป็นผลิตภัณฑ์ Bio-char Bio-oil และ Syngas (Bio-gas)

การผลิต และประยุกต์ใช้ไบโอชาร์จะทำให้เกิดการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแปลงเกษตร

ลดการฝังกลบขยะอาหาร นอกจากนี้ การนำไบโอชาร์ไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่เกษตรจะสามารถกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินได้อย่างยาวนานอีกด้วย

ข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษในปี 2560 ขยะอาหารคิดเป็น 64% ของปริมาณทั้งหมด หรือ 254 กิโลกรัมต่อคนต่อปี แต่ไทยมีการนำขยะอาหารไปใช้ประโยชน์น้อยเนื่องจากเทศบาลส่วนมากไม่มีการแยกขยะ และในส่วนของ กทม. สามารถรีไซเคิลขยะอาหารได้เพียง 2 % เท่านั้น



Source : SDG 12.3.1.a Food Loss Index (FAO)

KEY PLAYER IN CARBON MARKETS



Key Players in Carbon Markets

Carbon markets are complex with many players who work to move credits through the system and offer payment to producers. This is an evolving marketplace, as new companies, organizations and regulating bodies emerge.

Producers

Biochar companies

Farmers who make biochar

Producers sell the credits, while also selling the biochar they produce.

Carbon financiers

(optional)

Standards and Verifiers

Puro.earth

Carbon Futures

Verified Carbon Standard

Brokers

(optional)

Buyers

Microsoft

Barclays

New Belgium

Shopify

Photo by Marcus Kauffman, Oregon Dept. of Forestry

ความพร้อมระเบียบวิธีการประเมินการกักเก็บคาร์บอนของไบโอชาร์ของประเทศไทย ● ● ● ● ●



โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย
(Thailand Voluntary Emission Reduction Program: T-VER)

ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระดับโครงการ เพื่อสนับสนุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศ



สามารถนำคาร์บอนเครดิตไปใช้รายงานผลการดำเนินงาน และนำไปชดเชยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้



สนับสนุนองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับชุมชน นำไปสู่สังคมคาร์บอนต่ำ



 Renewable Energy (1) พลังงานหมุนเวียนหรือพลังงานที่ใช้ทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล (2) การเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้า และการผลิตความร้อน	 Factory (7) การปรับเปลี่ยนสารทำความเย็นธรรมชาติ (8) การใช้วัสดุทดแทนปูนเม็ด
 Transport (3) การใช้ระบบขนส่งสาธารณะ (4) การใช้ยานพาหนะไฟฟ้า (5) การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องยนต์	 Waste (9) การจัดการขยะมูลฝอย (10) การจัดการน้ำเสียชุมชน (11) การนำก๊าซมีเทนกลับมาใช้ประโยชน์ (12) การจัดการน้ำเสียอุตสาหกรรม
 Energy Efficiency (6) การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารและโรงงานและในครัวเรือน	 Land Use (Agriculture & Forestry) (13) การลด คัดขั้ และ/หรือ การกักเก็บก๊าซเรือนกระจกจากภาคป่าไม้ และการเกษตร
 CCUS (14) การดักจับ กักเก็บ และ/หรือ การใช้ประโยชน์จากก๊าซเรือนกระจก	



Standard T-VER คือ โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย ซึ่งเป็นกลไกที่มีในการส่งเสริมให้ทุกภาคส่วนมีส่วนร่วมลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ผลิตและใช้พลังงานหมุนเวียน ภาคอุตสาหกรรมที่มีกิจกรรมการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน การจัดการของเสีย

Premium T-VER คือ โครงการ T-VER มาตรฐานขั้นสูง (Premium T-VER) ต้องเป็นกิจกรรมที่ตั้งอยู่ประเทศไทยที่สามารถตรวจวัดการลดก๊าซเรือนกระจกได้จริง (real) และถาวร (permanent) มีการดำเนินงานเพิ่มเติมจากการดำเนินงานตามปกติ (additional) ไม่มีการนับซ้ำ (double counting) สนับสนุนให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืน และมีการป้องกันผลกระทบด้านลบ (safeguards) ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านลบ (do-no-net harm) ซึ่งปัจจุบัน TGO ยังไม่มีมาตรฐานด้านการกักเก็บคาร์บอนอย่างถาวรของไบโอชาร์

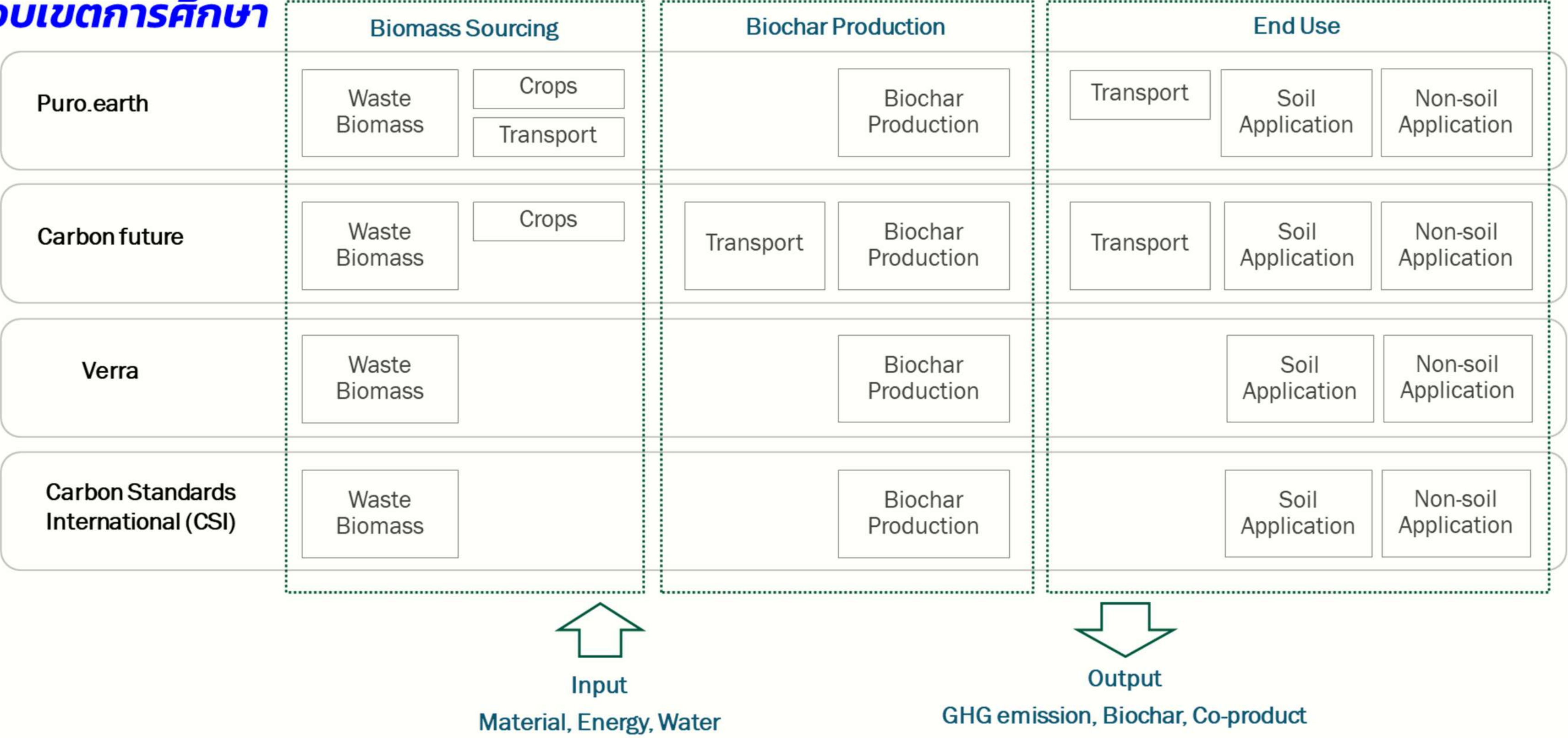
ความพร้อมระเบียบวิธีการประเมินการกักเก็บคาร์บอนของไบโอชาร์ของต่างประเทศ ● ● ● ● ●

ปัจจัยเปรียบเทียบ	Puro.earth 	Carbon Standards International (CSI) 	Verra (VCS VM0044) 	Gold Standard 
1. ขอบเขตการประเมิน (System Boundaries)	ครอบคลุมวงจรชีวิตไบโอชาร์ตั้งแต่กระบวนการผลิตไปจนถึงการใช้งาน (cradle-to-grave)	เน้นเสถียรภาพของไบโอชาร์ และการใช้งานในดิน	ใช้วิธีประเมินที่รวมถึงวัฏจักรชีวิตของไบโอชาร์และผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม	มุ่งเน้นที่การสร้างผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่ดี (co-benefits) รวมถึงทางสังคม
2.วิธีการประเมินเสถียรภาพของคาร์บอน (Carbon Stability Assessment)	ใช้การทดลองทางเคมีและการคำนวณอัตราการย่อยสลายของไบโอชาร์ภายใต้สภาพแวดล้อมต่าง ๆ	อิงตามองค์ประกอบของไบโอชาร์ (เช่น H/C ratio) และการศึกษาทางวิชาการที่เกี่ยวข้อง	ใช้โมเดลชีวธรณีเคมี (biogeochemical models) และข้อมูลจากการทดสอบภาคสนาม	อิงจากการศึกษาเฉพาะกรณี (case-by-case)
3.ระยะเวลาการกักเก็บที่ยอมรับ (Permanence)	100–1,000 ปี (ขึ้นอยู่กับประเภทของไบโอชาร์ และสภาวะแวดล้อม)	100 ปีขึ้นไป (ใช้ค่าประมาณตามสัดส่วน H/C ของไบโอชาร์)	100–1,000 ปี (ตามผลการศึกษาและการวิเคราะห์อัตราการย่อยสลายของไบโอชาร์)	100 ปีขึ้นไป แต่ขึ้นกับโครงการ
4. วิธีการคำนวณปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บ (Carbon Accounting)	ใช้สมการที่อิงตามองค์ประกอบของไบโอชาร์และการทดลองการย่อยสลาย	คำนวณตาม H/C ratio และปัจจัยการคงอยู่ของคาร์บอน (Carbon Retention Factor)	ใช้การวิเคราะห์วงจรชีวิต (LCA) และการทดลองเชิงปฏิบัติการ	รวมการคำนวณ co-benefits เช่น การปรับปรุงดิน
5. การตรวจสอบและการรับรอง (Monitoring & Verification)	ตรวจสอบจากโรงงานผลิต และวิเคราะห์ตัวอย่างไบโอชาร์โดยหน่วยงานอิสระ	ข้อมูลจากผู้ผลิตและการตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์	มีการตรวจสอบเป็นระยะโดยผู้ตรวจสอบภายนอก (third-party verification)	ต้องแสดงผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อม

Source: * <https://puro.earth/>
** <https://www.carbon-standards.com/en/home>
*** <https://verra.org/methodologies/vm0044-methodology-for-biochar-utilization-in-soil-and-non-soil-applications/>
**** <https://www.goldstandard.org/>

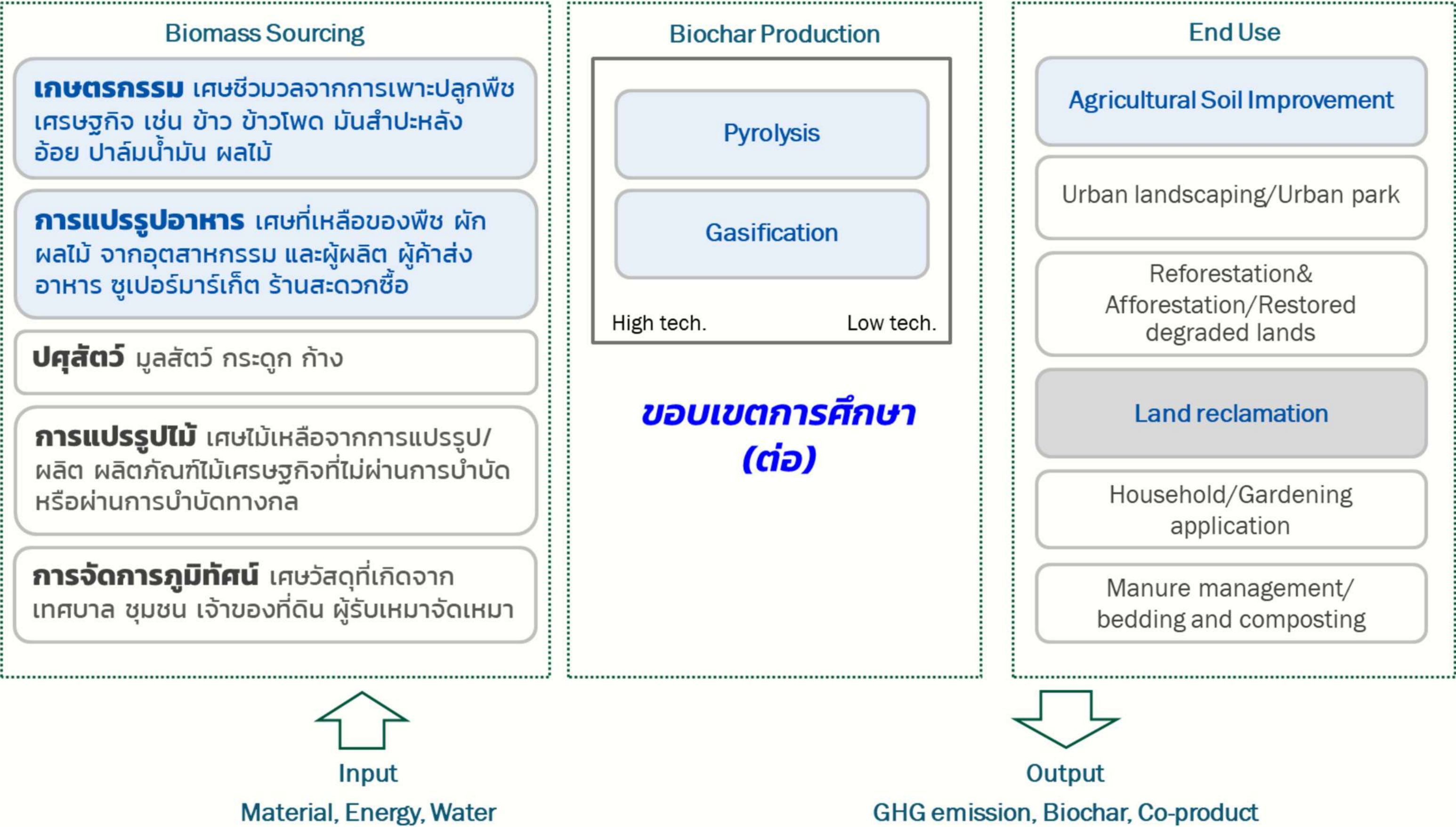
แนวทางการพัฒนาระเบียบวิธีการประเมินการกักเก็บคาร์บอนอย่างถาวรของ ถ่านชีวภาพระดับอาเซียนเพื่อผลักดันธุรกิจไทยมุ่งสู่ตลาดคาร์บอนเครดิต

ขอบเขตการศึกษา



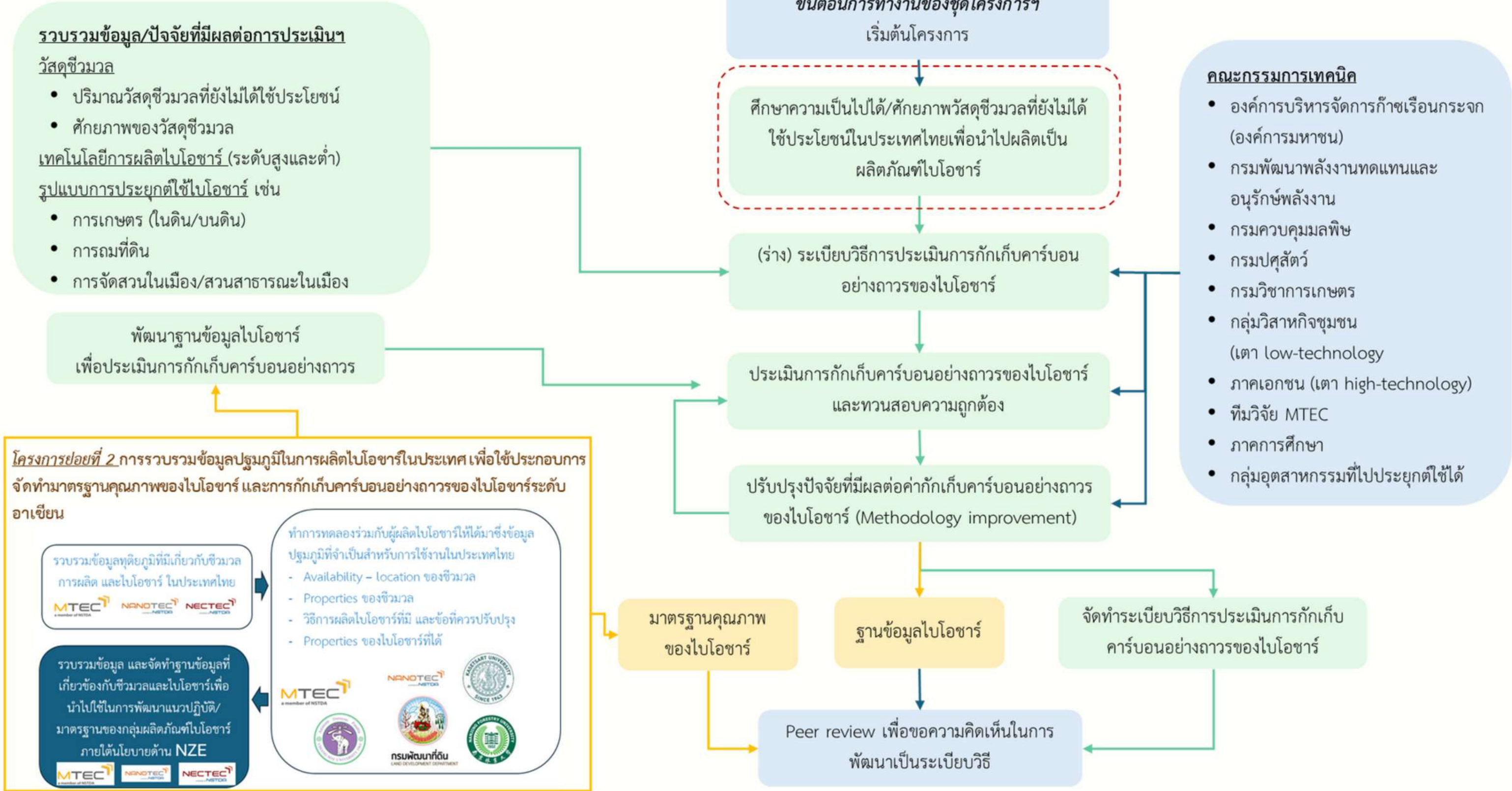
Ref; Modified from Kyung-Hwa H. et. Al. (2023), A Review on International Carbon Credit Certification Methodologies for Biochar as a Soil Amendment (Korea)

แนวทางการพัฒนาระเบียบวิธีกำกับการประเมินการกักเก็บคาร์บอนอย่างถาวรของ ถ่านชีวภาพระดับอำเภอเพื่อผลักดันธุรกิจไทยมุ่งสู่ตลาดคาร์บอนเครดิต



แนวทางการพัฒนาระเบียบวิธีการประเมินการกักเก็บคาร์บอนอย่างถาวรของ ถ่านชีวภาพระดับอาเซียนเพื่อผลักดันธุรกิจไทยมุ่งสู่ตลาดคาร์บอนเครดิต

โครงการย่อยที่ 1 การพัฒนาระเบียบวิธีการประเมินการกักเก็บคาร์บอนอย่างถาวร
ของถ่านชีวภาพระดับอาเซียนเพื่อผลักดันธุรกิจไทยมุ่งสู่ตลาดคาร์บอนเครดิต



จากการศึกษาเบื้องต้น ปัจจัยที่มีผลต่อการกักเก็บคาร์บอนของ Biochar ● ● ● ● ●

- อัตราส่วน H:Corg และ O:Corg ที่มีผลต่อความเสถียรของ Biochar

H:Corg ที่มีผลต่อโครงสร้างอะโรมาติก

- หาก H:Corg มีค่า <0.7 แสดงถึงโครงสร้างอะโรมาติก (carbonization สูง)
- หาก H:Corg มีค่า <0.4 เสถียรสูง เหมาะสำหรับ C sequestration

O:Corg ที่มีผลต่อความเสถียรของไบโอชาร์ (Biochar Stability)

- หาก O:Corg มีค่า <0.2 มีค่าครึ่งชีวิต >1,000 ปี
- หาก O:Corg มีค่า 0.2-0.6 มีค่าครึ่งชีวิต 100-1,000 ปี
- หาก O:Corg มีค่า > 0.6 มีค่าครึ่งชีวิต <100 ปี

อัตราส่วน O:Corg และ H:Corg จะเป็นตัวบ่งชี้ระดับการคาร์บอนไนซ์

ซึ่งมีผลต่อความเสถียรของ biochar โดยสัดส่วนที่เหมาะสม คือ

- อัตราส่วน O:C < 0.4
- อัตราส่วน H:C < 0.6

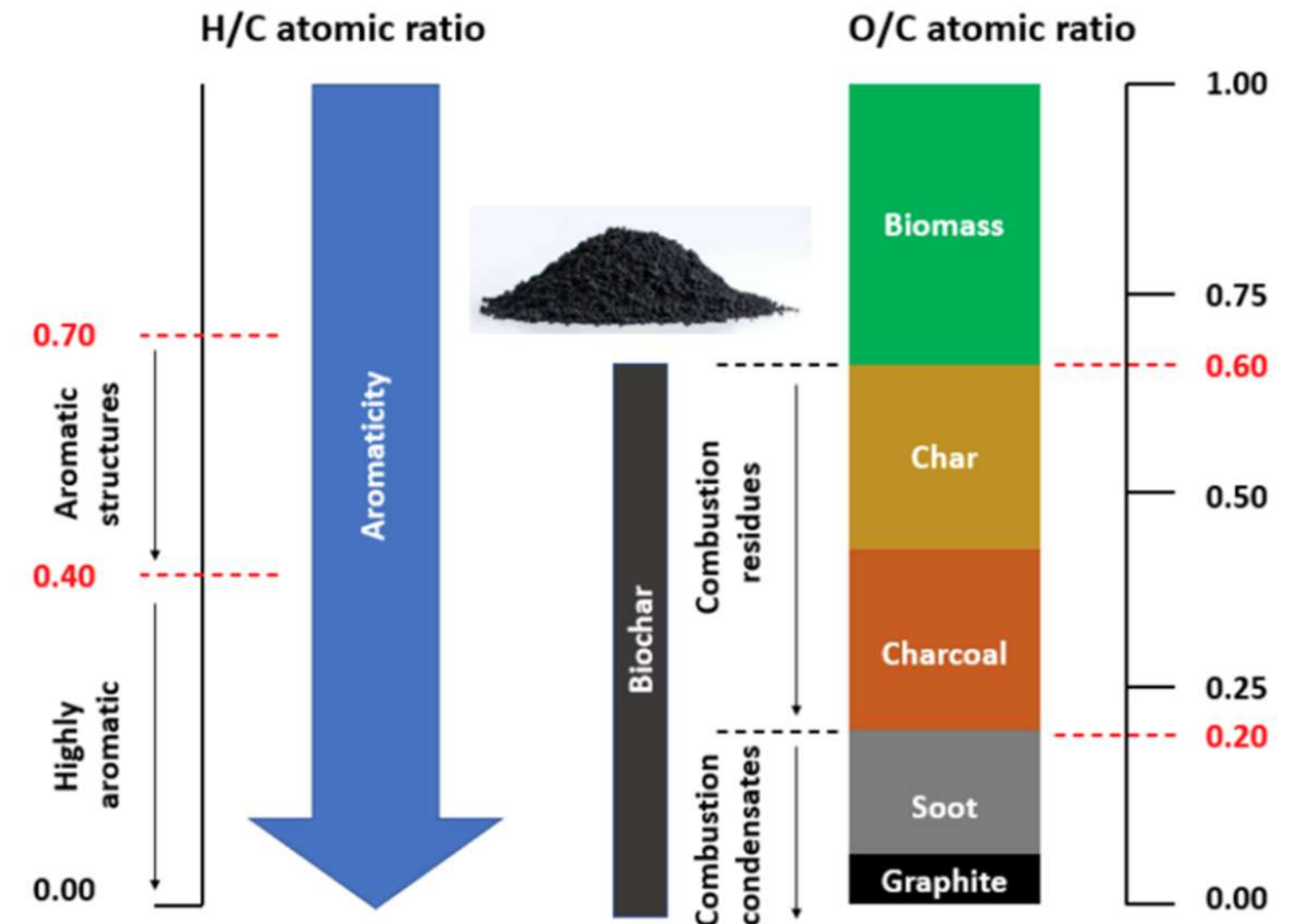


Figure 1. Spectrum and aromaticity of thermochemical biomass conversion products based on H/C and O/C atomic ratios.

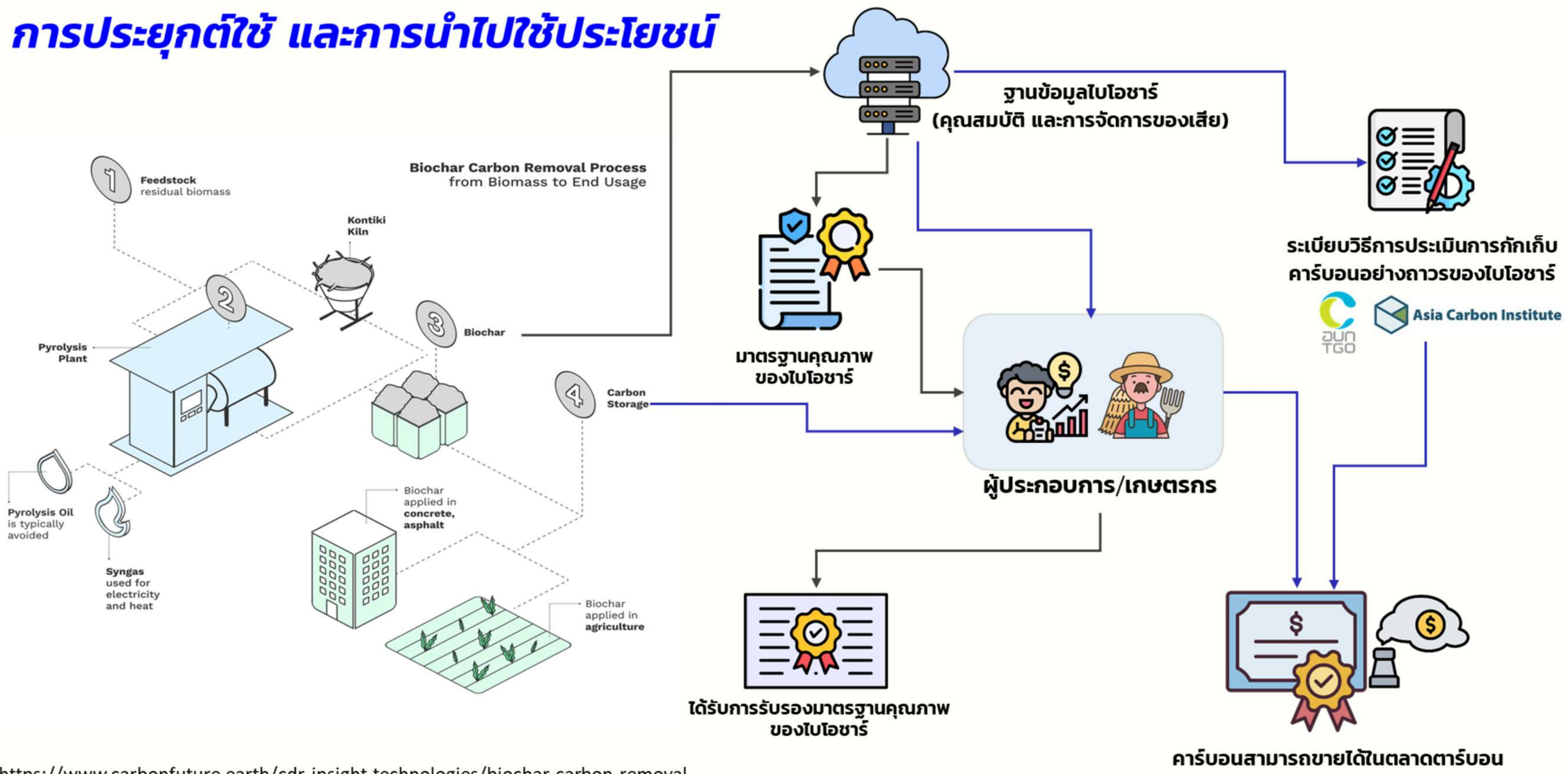
จากการศึกษาเบื้องต้น ปัจจัยที่มีผลต่อการกักเก็บคาร์บอนของ Biochar ● ● ● ● ●

- ค่า **Fixed carbon content** ยิ่งมีคาร์บอนที่เหลืออยู่ในรูปแบบที่ไม่สามารถระเหยได้ และมีความทนทานสูงสุดต่อการสลายตัวจะยิ่งส่งผลดีต่อการกักเก็บคาร์บอน
- อุณหภูมิ อัตราการให้ความร้อน และเวลาเผาในกระบวนการ **Pyrolysis** ที่มีผลต่อ **Yield** และ **Fixed Carbon Content**
- ความทนทานต่อการสลายตัว (**Biochar carbon recalcitrance**) บ่งชี้ถึงความเสถียรของไบโอชาร์เมื่อเปรียบเทียบกับแกรไฟต์ (graphite) ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ใช้สำหรับการวัดความทนทาน ไบโอชาร์จากการเผาอุณหภูมิสูง จะมีความทนทานสูงและสามารถทนต่อการสลายตัวได้ดี ทำให้สามารถเก็บคาร์บอนในดินได้ยาวนาน ทำให้ค่า CS (การกักเก็บคาร์บอน) สูง



แนวทางการพัฒนาระเบียบวิธีกำกับการประเมินการกักเก็บคาร์บอนอย่างถาวรของ ผ่านชีวภาพระดับอาเซียนเพื่อผลักดันธุรกิจไทยมุ่งสู่ตลาดคาร์บอนเครดิต

การประยุกต์ใช้ และการนำไปใช้ประโยชน์



Ref; <https://www.carbonfuture.earth/cdr-insight-technologies/biochar-carbon-removal>



ปัญหาในการประเมินการกักเก็บคาร์บอน ถาวรของไบโอชาร์ทั่วโลก



- *การนำมาตรฐานสากลมาใช้ในประเทศไทยอาจเผชิญกับความท้าทาย เช่น ความซับซ้อนของกระบวนการรับรอง ต้นทุนที่สูง และความจำเป็นในการปรับให้เข้ากับบริบทท้องถิ่น* ดังนั้น การพัฒนามาตรฐานที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมและเศรษฐกิจของประเทศไทยจึงเป็นสิ่งสำคัญ
- *ความไม่แน่นอนของอายุการกักเก็บคาร์บอน* แม้ว่าการศึกษาหลายฉบับระบุว่าไบโอชาร์สามารถกักเก็บคาร์บอนได้นานกว่า 100-1,000 ปี แต่ปัจจัยต่าง ๆ เช่น เชื้อราในดินและสภาพแวดล้อม การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ และคุณภาพของกระบวนการผลิต อาจส่งผลต่อระยะเวลาการกักเก็บคาร์บอนจริง
- *แม้ว่าในประเทศไทยยังไม่มีมาตรฐานเฉพาะสำหรับการประเมินการกักเก็บคาร์บอนถาวรของไบโอชาร์ แต่การนำมาตรฐานสากลมาใช้ และการพัฒนามาตรฐานท้องถิ่นจะเป็นแนวทางที่ช่วยให้โครงการไบโอชาร์ในประเทศไทยสามารถก้าวสู่ตลาดคาร์บอนเครดิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ*
- *ความท้าทายด้านการตรวจสอบและการรับรอง:* การตรวจสอบความเสถียรของคาร์บอนและการติดตามผลในระยะยาวมีต้นทุนสูง และต้องใช้ผู้ตรวจสอบภายนอก ซึ่งอาจเป็นอุปสรรคสำหรับโครงการขนาดเล็ก



THANK YOU!

ประกายธรรม สุขสฤตย์ (ผู้ช่วยวิจัยอาวุโส)

อีเมล : prakayts@mtec.or.th

เบอร์โทรศัพท์ : 02 564 6500 ต่อ 4773, 081 171 6690

