T-VER-S-METH-14-02

ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ
สำหรับ
การผลิตและประยุกต์ใช้ถ่านชีวภาพ
เพื่อการกักเก็บคาร์บอนอย่างยั่งยืน
(Production and Application of Biochar for Sustainable Carbon Sequestration)

ฉบับที่ 01

Scope: 05 - Chemical Industry

Scope: 13 - Waste Handling and Disposal

Scope: 15 - Agriculture

มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 19 มีนาคม 2569

1. ชื่อระเบียบวิธีฯ (Methodology)	**การผลิตและประยุกต์ใช้ถ่านชีวภาพเพื่อการกักเก็บคาร์บอนอย่างยั่งยืน** **Production and Application of Biochar for Sustainable Carbon Sequestration**
2. ประเภทโครงการ (Project Type)	การดักจับ กักเก็บ และ/หรือ การใช้ประโยชน์จากก๊าซเรือนกระจก
3. สาขาและขอบข่าย (Scope)	05 - อุตสาหกรรมเคมี หรือ 13 - การจัดการและการจัดของเสีย และ/หรือ 15 - การเกษตร (ถ้าเกี่ยวกับการนำถ่านชีวภาพไปใช้ประโยชน์ในดิน)
4. ลักษณะโครงการ (Project Outline)	โครงการที่มีการผลิตถ่านชีวภาพโดยใช้ชีวมวลเหลือทิ้งและมีการนำถ่านชีวภาพไปใช้ประโยชน์ในดิน (Soil) และวัสดุที่ไม่ใช่ดิน (Non-Soil) เพื่อการกักเก็บคาร์บอนระยะยาว ครอบคลุมตั้งแต่การจัดหาเศษชีวมวลเหลือทิ้ง การผลิต การขนส่ง ไปจนถึงการประยุกต์ใช้ถ่านชีวภาพในปลายทางที่มั่นคง
5. ลักษณะของกิจกรรมโครงการที่เข้าข่าย (Applicability)	กิจกรรมโครงการต้องประกอบด้วย 1. การนำชีวมวลเหลือทิ้งมาแปรรูปด้วยกระบวนการทางความร้อนเป็นถ่านชีวภาพ (Biochar) ที่มีความทนทานต่อกระบวนการย่อยสลายสูง แทนการนำไปทิ้งหรือเผาตามปกติ โดยถ่านชีวภาพต้องมีอัตราส่วนโดยโมลของไฮโดรเจนต่อคาร์บอนอินทรีย์ (H/Corg) น้อยกว่า 0.7 เพื่อยืนยันว่าถ่านชีวภาพที่ผลิตได้มีโครงสร้างคาร์บอนที่เสถียรและมีศักยภาพในการคงอยู่ระยะยาว 2. ถ่านชีวภาพที่ผลิตได้ต้องถูกนำไปใช้ในรูปแบบที่คงการกักเก็บคาร์บอนในระยะยาว เช่น ใช้ผสมดินหรือวัสดุก่อสร้าง หรือการใช้งานอื่นที่ทำให้เกิดการเก็บคาร์บอนอย่างยั่งยืน (ไม่รวมการใช้เพื่อพลังงาน) รูปแบบการใช้งานที่เข้าข่ายต้องเป็นไปตามรายการประเภทการใช้งานถ่านชีวภาพในภาคผนวก ข หรือมาตรฐานอื่นที่เกี่ยวข้อง ซึ่งครอบคลุมทั้งการใช้ประโยชน์ในดิน (Soil Applications) และการใช้ประโยชน์ในวัสดุที่ไม่ใช่ดิน (Non-soil Applications)
6. เงื่อนไขของกิจกรรมโครงการ (Project Conditions)	1. ถ่านชีวภาพต้องผลิตจากชีวมวลเหลือทิ้ง อาทิเช่น ของเสียทางการเกษตร เศษไม้ เศษอาหาร และอื่นๆ ประเภทชีวมวลเหลือทิ้งที่เข้าข่ายต้องเป็นไปตามรายการชีวมวลที่ควรใช้ในการผลิตถ่านชีวภาพในภาคผนวก ก หรือมาตรฐานอื่นที่เกี่ยวข้อง

	2. ถ่านชีวภาพที่ผลิตได้ต้องมีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานของหน่วยงานในประเทศไทยที่เกี่ยวข้อง เช่น มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) หรือมาตรฐานอื่นๆ ที่เทียบเท่า เช่น The European Biochar Certificate (EBC) เป็นต้น 3. การปรับปรุงคุณภาพชีวมวลเหลือทิ้งก่อนเข้ากระบวนการผลิตถ่านชีวภาพ ให้เฉพาะกระบวนการทางกล เช่น การบีบอัด การทำเป็นก้อน และการตัด เป็นต้น หรือ กระบวนการถ่ายเทความร้อนตามธรรมชาติและทางกล เช่น การตากแห้ง การอบแห้ง และการคั่ว เป็นต้น เท่านั้น 4. การผลิตถ่านชีวภาพในแต่ละรอบการผลิตต้องปฏิบัติงานตามเอกสารหรือคู่มือที่กำหนดวิธีการทำงาน (Standard Operating Procedure (SOP) ของกระบวนการผลิตถ่านชีวภาพไว้อย่างเป็นมาตรฐานเดียวกัน ซึ่งหัวข้อใน SOP อย่างน้อยต้องมีการกำหนดเรื่อง ประเภทวัตถุดิบ อัตราส่วนการผสมชีวมวล การควบคุมขนาดและความชื้นของชีวมวลที่ป้อนเข้า อุณหภูมิและระยะเวลาภายในห้องเผา และทดสอบอัตราส่วนโดยโมลไฮโดรเจนต่อคาร์บอนอินทรีย์ (H/Corg) ของถ่านชีวภาพในทุกชุดการผลิตอย่างน้อยปีละครั้ง 5. กระบวนการผลิตถ่านชีวภาพต้องมีหลักฐานยืนยันว่าอุณหภูมิภายในห้องเผาอยู่ในช่วงที่สอดคล้องกับขั้นตอนการปฏิบัติงาน เช่น การติดตั้งระบบตรวจวัดและบันทึกอุณหภูมิภายอัตโนมัติในห้องเผา หรือ ผลการทดสอบอุณหภูมิของเตา (Temperature profile) ที่ผ่านการพิสูจน์การเผาจริงสำหรับแต่ละชุดการผลิตถ่านชีวภาพ โดยสามารถใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล (ถ่านหิน น้ำมันเตา และก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น) เพื่อให้ความร้อนในช่วงเริ่มต้นของการเดินระบบได้ แต่ต้องไม่มีการเผาร่วม (Co-Combustion) ระหว่างเชื้อเพลิงฟอสซิลและชีวมวลระหว่างกระบวนการผลิต เนื่องจากอาจทำให้เกิดการปนเปื้อนของคาร์บอนฟอสซิลในถ่านชีวภาพและกระทบต่อการคำนวณการกักเก็บคาร์บอนของโครงการ 6. ก๊าซเชื้อเพลิงสังเคราะห์ (Syngas) ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตถ่านชีวภาพต้องได้รับการจัดการอย่างเหมาะสมเพื่อป้องกันการปล่อยก๊าซมีเทนสู่ชั้นบรรยากาศ ผ่านกระบวนการเผาไหม้ การใช้ประโยชน์โดยตรง หรือการควบคุมการเผาไหม้ภายในกระบวนการผลิตตามหลักวิชาการ ทั้งนี้ ก๊าซเชื้อเพลิงสังเคราะห์ และน้ำมันชีวภาพ (ผลิตภัณฑ์ที่

	ผลิตได้จาก Syngas) สามารถเก็บไว้เพื่อใช้เป็นพลังงานหมุนเวียนและวัสดุในภายหลังได้ 7. ถ่านชีวภาพที่ผลิตได้สามารถใช้ประโยชน์ได้เฉพาะในประเทศไทยเท่านั้น ตามประเภทการใช้งานในภาคผนวก ข และต้องไม่ถูกนำไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบการเผาไหม้เป็นเชื้อเพลิง 8. ผู้พัฒนาโครงการต้องจัดทำระบบติดตามและบันทึกห่วงโซ่การครอบครองของถ่านชีวภาพตั้งแต่การผลิต การขนส่ง จนถึงผู้ใช้งาน ปลายทาง (Chain of Custody Tracking) เพื่อตรวจสอบปริมาณถ่านชีวภาพที่ส่งถึงผู้ใช้งานจริง เพื่อให้ตรวจสอบย้อนกลับได้ตลอดระยะเวลาคิดคาร์บอนเครดิต 9. ถ่านชีวภาพสามารถนำไปใช้ในดินในพื้นที่ที่อยู่ภายใต้โครงการการลดดูดซับ และการกักเก็บก๊าซเรือนกระจกจากภาคป่าไม้และการเกษตรได้ หากสามารถพิสูจน์ได้อย่างชัดเจนว่าไม่มีการนับซ้ำระหว่างโครงการ
7. วันเริ่มดำเนินโครงการ (Project Starting Date)	วันที่โครงการมีการติดตั้งเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตถ่านชีวภาพแล้วเสร็จและผ่านการทดสอบระบบเต็มรูปแบบ รวมถึงต้องมีการนำถ่านชีวภาพที่ผลิตได้ไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบที่กำหนด และบันทึกข้อมูลกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจก
8. นิยามศัพท์	**ชีวมวลเหลือทิ้ง (Biomass Residue)** หมายถึง เศษวัสดุเหลือทิ้งจากการเก็บเกี่ยว การตัดแต่งกิ่งไม้ผล หรือจากการแปรรูปสินค้าทางการเกษตร เศษไม้ เศษอาหาร และวัสดุอื่นๆที่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ **ถ่านชีวภาพ (Biochar)** หมายถึงวัสดุที่อุดมด้วยคาร์บอน ผลิตจากชีวมวลเหลือทิ้งที่ผ่านกระบวนการแยกสลายด้วยความร้อนในสภาวะที่มีออกซิเจนจำกัด มีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานของหน่วยงานในประเทศไทยที่เกี่ยวข้อง หรือ มาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า **ชุดการผลิตถ่านชีวภาพ** หมายถึง ชุดการผลิตถ่านชีวภาพภายใต้เงื่อนไขการผลิตรูปแบบเดียวกันตาม SOP ที่กำหนดไว้ **การใช้ประโยชน์ในดิน (Soil Applications)** หมายถึง การใช้ถ่านชีวภาพไปใช้ประโยชน์ในดิน เช่น การผสมกับวัสดุอื่นแล้วใส่ลงดินเพื่อการเกษตร การฝังในดินเพื่อการปรับปรุงคุณภาพดิน เป็นต้น **การใช้ประโยชน์ในวัสดุที่ไม่ใช่ดิน (Non-Soil Applications)** หมายถึง การใช้ถ่านชีวภาพไปใช้ประโยชน์นอกเหนือจากการใช้ประโยชน์ในดิน เช่น การ ผสมเป็นวัสดุเสริมในผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการใช้งานยาวนาน ตัวอย่างเช่น

	คอนกรีต และยางมะตอย เป็นต้น หรือการฝังในพื้นที่เฉพาะเพื่อกักเก็บคาร์บอนไว้ใต้ดิน **การกักเก็บคาร์บอน (Carbon Sequestration)** คือกระบวนการดักจับและกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากชั้นบรรยากาศเพื่อนำไปเก็บอย่างถาวร โดยมีทั้งรูปแบบที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เช่น ในป่าไม้และมหาสมุทร และรูปแบบที่มนุษย์สร้างขึ้นเทคโนโลยีการดักจับและกักเก็บคาร์บอน (CCS)

รายละเอียดระเบียบวิธีลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจสำหรับ
การผลิตและประยุกต์ใช้ถ่านชีวภาพเพื่อการกักเก็บคาร์บอนอย่างยั่งยืน

1. ลักษณะและขอบเขตโครงการ (Scope of Project)

ลักษณะและขอบเขตโครงการสำหรับการเปลี่ยนชีวมวลเหลือทิ้งเป็นถ่านชีวภาพที่มีความทนทานต่อกระบวนการย่อยสลายสูงเมื่ออยู่ในสิ่งแวดล้อมต้องพิจารณาตั้งแต่ การจัดหา และการผลิตชีวมวลเหลือทิ้ง การผลิตถ่านชีวภาพ การนำถ่านชีวภาพไปใช้ประโยชน์ในพื้นที่ทั้งรูปแบบที่ใช้กับงานในดิน (Soil) และใช้ผสมกับวัสดุที่ไม่ใช่ดิน (Non-soil) และการกักเก็บคาร์บอนคาร์บอนไดออกไซด์คงทนโดยถ่านชีวภาพ

2. ข้อมูลกรณีฐาน (Baseline Scenario)

สถานการณ์พื้นฐานในกรณีที่ไม่มีกิจกรรมของโครงการ ชีวมวลเหลือทิ้งจะถูกปล่อยให้สลายตัวตามธรรมชาติหรือเผาไหม้เพื่อกำจัดทิ้ง ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวไม่ก่อให้เกิดการกักเก็บคาร์บอนถาวรในรูปของถ่านชีวภาพ กรณีฐานนี้ให้ถือว่ามีปริมาณก๊าซเรือนกระจกสุทธิเท่ากับศูนย์ โดยเป็นการกำหนดแบบอนุรักษ์นิยม เนื่องจากไม่ได้พิจารณาถึงการปล่อยก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการสลายตัวของมวลชีวภาพ

3. กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจก/การกักเก็บคาร์บอนที่นำมาใช้ในการคำนวณ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจก	แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก	ชนิดของก๊าซเรือนกระจก	รายละเอียดของกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
กรณีฐาน	ชีวมวลเหลือทิ้ง (Biomass residue)	CO_2	ชีวมวลเหลือทิ้งในพื้นที่โครงการจะถูกเผาไหม้ และปล่อยให้สลายตัวตามธรรมชาติ โดยปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกรณีฐานคิดแบบอนุรักษ์นิยมมีค่าเป็นศูนย์
การดำเนินโครงการ	การจัดหาและการผลิตชีวมวลเหลือทิ้ง	CO_2	การใช้พลังงาน (ไฟฟ้า และเชื้อเพลิงฟอสซิล) เช่น การเตรียมเศษชีวมวลเหลือทิ้ง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง รถตักชีวมวล ฯลฯ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจก	แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก	ชนิดของก๊าซเรือนกระจก	รายละเอียดของกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
	การผลิตถ่านชีวภาพ	CO_2	การใช้พลังงาน (ไฟฟ้า และเชื้อเพลิงฟอสซิล) สำหรับระบบผลิตถ่านชีวภาพ
		CH_4	ก๊าซเชื้อเพลิงสังเคราะห์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเคมีของกระบวนการแปรสภาพทางความร้อน
	การนำถ่านชีวภาพไปใช้ประโยชน์	CO_2	การใช้พลังงาน (ไฟฟ้า และเชื้อเพลิงฟอสซิล) สำหรับกระบวนการเชิงกลเพิ่มเติมก่อนการนำไปใช้ประโยชน์ในดิน หรือ ไม่ใช่ดินของถ่านชีวภาพ (เช่น การปรับขนาด การบด การร่อน การฝังในดิน) ไม่นับรวมกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ใช้ถ่านชีวภาพเป็นส่วนผสม
	การขนส่งถ่านชีวภาพ	CO_2	การขนส่งถ่านชีวภาพจากระบบผลิตไปยังกระบวนการแปรรูป และพื้นที่ใช้ประโยชน์
	การกักเก็บคาร์บอนคงทนในถ่านชีวภาพ	CO_2	ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่กักเก็บไว้ในถ่านชีวภาพตามจำนวนที่ผลิตได้ในช่วงเวลาการให้เครดิต
นอกขอบเขตโครงการ	การขนส่งชีวมวลเหลือทิ้ง	CO_2	การขนส่งชีวมวลเหลือทิ้งไปยังระบบผลิตถ่านชีวภาพที่มีระยะทางรวมทั้งไปและกลับมากกว่า 200 กิโลเมตร

4. การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (Baseline Emission)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานนั้นเป็นการคิดแบบอนุรักษ์นิยม โดยพิจารณาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีค่าเป็นศูนย์ เนื่องจากไม่ได้พิจารณาถึงการปล่อยก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากชีวมวลเหลือทิ้งที่ถูกปล่อยให้ย่อยสลายตามธรรมชาติ และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาชีวมวลเหลือทิ้งในที่โล่ง

5. การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (Project Emission)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ พิจารณาเฉพาะการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดหาและการผลิตชีวมวลเหลือทิ้ง การผลิตถ่านชีวภาพ การนำถ่านชีวภาพไปใช้ประโยชน์ การกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์คงทนโดยถ่านชีวภาพ และการขนส่งถ่านชีวภาพไปใช้ประโยชน์ โดยสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$PE_y = PE_{biomass} + PE_{production} + PE_{use} - PE_{store} \quad \text{สมการที่ (1)}$$

โดยที่

PE_y = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมจากการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2/year)

$PE_{biomass}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดหาและการผลิตชีวมวลเหลือทิ้ง จากการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2/year)

$PE_{production}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตถ่านชีวภาพ จากการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2/year)

PE_{use} = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการนำถ่านชีวภาพไปใช้ประโยชน์ จากการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2/year)

PE_{store} = ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอย่างถาวรในถ่านชีวภาพ จากการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2/year)

5.1 การจัดหาและการผลิตชีวมวลเหลือทิ้ง ($PE_{biomass}$)

วัตถุดิบชีวมวลที่ใช้เป็นวัสดุเหลือทิ้งที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตอื่นอยู่แล้วไม่ต้องรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปล่อยต้นทาง (Zero Burden Allocation) ดังนั้น จึงคำนวณเฉพาะการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานเพื่อรวบรวม/แปรรูป

$$PE_{biomass} = PE_{biomass,FF,y} + PE_{biomass,EC,y}$$

5.1.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ($PE_{biomass,FF,y}$)

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลที่เกิดจากการรวบรวม แปรรูป และปรับปรุงคุณภาพชีวมวลเหลือทิ้งเพื่อป้อนเข้าสู่ระบบการผลิตถ่านชีวภาพ โดยสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$PE_{biomass,FF,y} = \sum_j (FC_{biomass,PJ,j,y} \times NCV_j \times 10^{-6} \times EF_{CO2,j}) \times 10^{-3} \quad \text{สมการที่ (2)}$$

โดยที่

$PE_{biomass,FF,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการรวบรวม แปรรูป และปรับปรุงคุณภาพชีวมวลเหลือทิ้งในปี y (tCO_2/year)

$FC_{biomass,PJ,j,y}$ = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท j สำหรับการรวบรวม แปรรูป และปรับปรุงคุณภาพชีวมวลเหลือทิ้งในปี y (unit/year)

NCV_j = ค่าความร้อนสุทธิ (Net Calorific Value) ของเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท j (MJ/unit)

$EF_{CO2,j}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท j ($kgCO_2$/TJ)

j = ประเภทเชื้อเพลิงฟอสซิล

5.1.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า ($PE_{biomass,EC,y}$)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าจากระบบสายส่งสำหรับการรวบรวม แปรรูป และปรับปรุงคุณภาพชีวมวลเหลือทิ้งเพื่อป้อนเข้าสู่ระบบการผลิตถ่านชีวภาพ ให้คำนวณจากปริมาณการใช้ไฟฟ้าของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง และค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า ดังต่อไปนี้

$$PE_{biomass,EC,y} = EC_{biomass,PJ,y} \times 10^{-3} \times EF_{EC,y}$$ **สมการที่ (3)**

โดยที่

$PE_{biomass,EC,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าในการรวบรวม แปรรูป และปรับปรุงคุณภาพชีวมวลเหลือทิ้งในปี y (tCO_2/year)

$EC_{biomass,PJ,y}$ = ปริมาณการใช้ไฟฟ้าสำหรับการรวบรวม แปรรูป และปรับปรุงคุณภาพชีวมวลเหลือทิ้งในปี y (kWh/year)

$EF_{EC,y}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับการใช้ไฟฟ้า ในปี y (tCO_2/MWh)

5.2 การผลิตถ่านชีวภาพ ($PE_{production}$)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตถ่านชีวภาพจะพิจารณาเฉพาะการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล และการใช้ไฟฟ้าจากระบบสายส่งที่จ่ายให้กับเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสและอุปกรณ์หลังการไพโรไลซิส (เช่น ห้องเผาไหม้สำหรับก๊าซและน้ำมันไพโรไลซิส ระบบบำบัดก๊าซไอเสีย ระบบประมวลผล ระบบอื่นๆ) รวมถึงก๊าซเชื้อเพลิงสังเคราะห์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการแปรสภาพทางความร้อน โดยสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$PE_{production} = PE_{biochar,FF,y} + PE_{biochar,EC,y} + PE_{fugitive,y}$$

5.2.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ($PE_{biochar,FF,y}$)

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลที่เกิดจากการจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลที่ป้อนให้กับเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสและอุปกรณ์หลังการไพโรไลซิสในการผลิตถ่านชีวภาพ (เช่น ห้องเผาไหม้สำหรับก๊าซและน้ำมันไพโรไลซิส ระบบบำบัดก๊าซไอเสีย ระบบอื่นๆ) โดยสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$PE_{biochar,FF,y} = \sum_j (FC_{biochar,PJ,j,y} \times NCV_j \times 10^{-6} \times EF_{CO2,j}) \times 10^{-3} \quad \text{สมการที่ (4)}$$

โดยที่

$PE_{biochar,FF,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในในระบบการผลิตถ่านชีวภาพในปี y (tCO_2/year)

$FC_{biochar,PJ,j,y}$ = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท j ในระบบการผลิตถ่านชีวภาพในปี y (unit/year)

NCV_j = ค่าความร้อนสุทธิ (Net Calorific Value) ของเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท j (MJ/unit)

$EF_{CO2,j}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท j ($kgCO_2$/TJ)

j = ประเภทเชื้อเพลิงฟอสซิล

5.2.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า ($PE_{biochar,EC,y}$)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าจากระบบสายส่งที่จ่ายให้กับเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสและอุปกรณ์หลังการไพโรไลซิส (เช่น ระบบประมวลผล ระบบอื่นๆ) ให้คำนวณจากปริมาณการใช้ไฟฟ้าของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง และค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า ดังต่อไปนี้

$$PE_{biochar,EC,y} = EC_{biochar,PJ,y} \times 10^{-3} \times EF_{EC,y} \quad \text{สมการที่ (5)}$$

โดยที่

$PE_{biochar,EC,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าในระบบผลิตถ่านชีวภาพในปี y (tCO_2/year)

$EC_{biochar,PJ,y}$ = ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากระบบสายส่งในระบบผลิตถ่านชีวภาพในปี y (kWh/year)

$EF_{EC,y}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับการใช้ไฟฟ้า ในปี y (tCO_2/MWh)

5.2.3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการแปรสภาพทางความร้อนในระบบผลิตถ่านชีวภาพ ($PE_{fugitive,y}$)

การปล่อยก๊าซ CO_2 ระหว่างกระบวนการแปรสภาพทางความร้อนของชีวมวลจะไม่นำมาคำนวณในโครงการ เนื่องจากถือเป็นกลางทางคาร์บอนจากแหล่งชีวภาพ (Biogenic) ในส่วนของการคำนวนการปล่อยก๊าซมีเทนในก๊าซสังเคราะห์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการแปรสภาพทางความร้อนสามารถคำนวณได้ดังสมการด้านล่าง ยกเว้นกรณีที่สามารถแสดงหลักฐานว่ากระบวนการผลิต/เทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวภาพที่ได้ดำเนินการมีระบบควบคุมการปล่อยมลพิษที่สามารถเผาไหม้หรือดักจับก๊าซมีเทนได้

$$PE_{fugitive,y} = \Sigma\, Q_{biochar,i,y} \times EF_{TC} \times AF \times GWP_{CH4} \qquad \text{สมการที่ (6)}$$

โดยที่

$PE_{fugitive,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการแปรสภาพทางความร้อนในระบบผลิตถ่านชีวภาพ ในปี y (tCO_2/year)

$Q_{biochar,i,y}$ = ปริมาณถ่านชีวภาพที่ผลิตได้ประเภท i จากการดำเนินโครงการในปี y (ton/year)

EF_{TC} = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากกระบวนการแปรสภาพทางความร้อนของการผลิตถ่านชีวภาพ (tCH_4/t biochar product)

AF = ค่าการปันส่วนโดยพลังงานของถ่านชีวภาพที่เกี่ยวข้องเฉพาะผลผลิตส่วนถ่านชีวภาพ ภายใต้โครงการเท่านั้น (%)

GWP_{CH4} = ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทน (tCO_2e/tCH_4)

5.3 การนำถ่านชีวภาพไปใช้ประโยชน์ (PE_{use})

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากนำถ่านชีวภาพไปใช้ประโยชน์ในงานเกี่ยวข้องกับดิน หรือใช้ประโยชน์ในวัสดุที่ไม่เกี่ยวข้องกับดิน จะพิจารณาเฉพาะการใช้พลังงาน (ไฟฟ้า และเชื้อเพลิงฟอสซิล) สำหรับกระบวนการเชิงกลเพิ่มเติมก่อนการนำไปใช้ประโยชน์ (เช่น การปรับขนาด การบด การร่อน การฝังในดิน) และการขนส่งถ่านชีวภาพไปยังผู้ใช้ปลายทาง ไม่นับรวมกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ใช้ถ่านชีวภาพเป็นส่วนผสม เพื่อหลีกเลี่ยงการประเมินซ้ำซ้อนกับกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปลายน้ำที่อยู่นอกขอบเขตการตรวจวัด โดยสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$PE_{use} = PE_{use,FF,y} + PE_{use,EC,y} + PE_{use,TR,y}$$

5.3.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ($PE_{use,FF,y}$)

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลที่เกิดจากการนำถ่านชีวภาพที่ผลิตได้จากเตาไปผ่านกระบวนการเพิ่มเติม (เช่น การปรับขนาด การบด การร่อน การฝังในดิน) ก่อนการนำไปใช้ประโยชน์ โดยสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$PE_{use,FF,y} = \sum_j (FC_{use,PJ,j,y} \times NCV_j \times 10^{-6} \times EF_{CO2,j}) \times 10^{-3} \quad \text{สมการที่ (7)}$$

โดยที่

$PE_{use,FF,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในกระบวนการแปรรูปถ่านชีวภาพเพิ่มเติมในปี y (tCO_2/year)

$FC_{use,PJ,j,y}$ = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท j ในกระบวนการแปรรูปถ่านชีวภาพเพิ่มเติมในปี y (unit/year)

$NCV_{j,y}$ = ค่าความร้อนสุทธิ (Net Calorific Value) ของเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท j (MJ/unit)

$EF_{CO2,j}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท j ($kgCO_2$/TJ)

j = ประเภทเชื้อเพลิงฟอสซิล

5.3.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า ($PE_{use,EC,y}$)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าจากระบบสายส่งที่เกิดจากการรวบรวม แปรรูป และปรับปรุงคุณภาพชีวมวลเหลือทิ้งเพื่อป้อนเข้าสู่ระบบการผลิตถ่านชีวภาพ ให้คำนวณจากปริมาณการใช้ไฟฟ้าของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง และค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า ดังต่อไปนี้

$$PE_{use,EC,y} = EC_{use,PJ,y} \times 10^{-3} \times EF_{EC,y} \quad \text{สมการที่ (8)}$$

โดยที่

$PE_{use,EC,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการแปรรูปถ่านชีวภาพเพิ่มเติมในปี y (tCO_2/year)

$EC_{use,PJ,y}$ = ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากระบบสายส่งในกระบวนการแปรรูปถ่านชีวภาพเพิ่มเติมในปี y (kWh/year)

$EF_{EC,y}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับการใช้ไฟฟ้า ในปี y (tCO_2/MWh)

5.3.3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งถ่านชีวภาพเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ ($PE_{use,TR,y}$)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งชีวภาพเพื่อนำไปใช้ประโยชน์คำนวณได้ดังนี้

$$PE_{use,TR,y} = \sum (D_{biochar,y} \times Q_{biochar,y} \times EF_{CO2,i} \times 10^{-6}) \quad \text{สมการที่ (9)}$$

โดยที่

$PE_{use,TR,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งถ่านชีวภาพเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในปี y (tCO_2/year)

$D_{biochar,y}$ = ระยะทางไป-กลับระหว่างต้นทางและปลายทางของกิจกรรมการขนส่งถ่านชีวภาพเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ ในปี y (km)

$Q_{biochar,y}$ = ปริมาณถ่านชีวภาพที่ถูกขนส่งในปี y (t biomass)

$EF_{CO2,i}$ = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ยานพาหนะประเภท i สำหรับการขนส่งถ่านชีวภาพ (gCO_2/t·km)

i = ระดับยานพาหนะ

5.4 การกักเก็บคาร์บอนอย่างถาวรในถ่านชีวภาพ (PE_{store})

การคำนวณปริมาณคาร์บอนที่ถูกกักเก็บระยะยาวจากกระบวนการผลิตและใช้ประโยชน์ถ่านชีวภาพสามารถพิจารณาจากชนิดของถ่านชีวภาพและลักษณะการใช้งานปลายทาง ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่กำหนดค่าความคงทนของคาร์บอนในระยะยาว ประเภทการใช้งานถ่านชีวภาพได้กำหนดไว้ในภาคผนวก ข จะระบุค่าปัจจัยความคงทนตามปลายทางการใช้งาน (Permanence Factor; PF_{enduse}) ซึ่งใช้ในการคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ในชีวมวลที่กระบวนการผ่านสภาพทางความร้อนในรูปของถ่านชีวภาพ โดยมีรายละเอียดดังนี้

$$PE_{store,y} = \sum W_{biochar,i,y} \times FOC_{i,y} \times PF_{enduse,y} \times 44/12 \quad \text{สมการที่ (10)}$$

โดยที่

$PE_{store,y}$ = ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์จากถ่านชีวภาพที่ผลิตได้ ในปี y (tCO_2/year)

$W_{biochar,i,y}$ = ปริมาณน้ำหนักแห้งของถ่านชีวภาพที่ผลิตได้ประเภท i ในปี y (ton/year)

$FOC_{i,y}$ = สัดส่วนสารคาร์บอนอินทรีย์ในถ่านชีวภาพที่ผลิตได้ประเภท i ในปี y (%)

$PF_{enduse,y}$ = ค่าปัจจัยความคงทนตามปลายทางการใช้งานของถ่านชีวภาพที่ผลิตได้ประเภท i ในปี y (%)

44/12 = มวลโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อคาร์บอน

6. การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการ (Leakage Emission)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการพิจารณาเฉพาะการขนส่งชีวมวลเหลือทิ้งไปยังระบบผลิตถ่านชีวภาพที่มีระยะทางรวมไปและกลับมากกว่า 200 กิโลเมตร ไม่นับรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการแปรรูปชีวมวล หรือจัดการชีวมวลที่มาจากนอกพื้นที่กิจกรรมโครงการเนื่องจากอนุญาตให้ใช้เฉพาะชีวมวลเหลือทิ้งที่ปกติจะถูกเผาหรือปล่อยให้ย่อยสลายตามธรรมชาติเท่านั้น โดยมีรายละเอียดดังนี้

$$LE_y = LE_{Biomass,TR}$$

6.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งเศษชีวมวลเหลือทิ้งไปยังระบบผลิตถ่านชีวภาพ ($LE_{Biomass,TR}$)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งเศษชีวมวลเหลือทิ้งเพื่อนำมาป้อนเข้าสู่ระบบการผลิตถ่านชีวภาพในพื้นที่ที่กำหนดไว้ในขอบเขตโครงการที่มีระยะรวมไปและกลับทางมากกว่า 200 กิโลเมตร คำนวณได้ดังนี้

$$LE_{Biomass,TR} = \sum(D_{biomass,y} \times Q_{biomass,y} \times EF_{CO2,i} \times 10^{-6}) \qquad \text{สมการที่ (11)}$$

โดยที่

$LE_{Biomass,TR}$	=	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งเศษชีวมวลเหลือทิ้งเพื่อนำมาผลิตถ่านชีวภาพในปี y (tCO2/year)
$D_{biomass,y}$	=	ระยะทางไป-กลับระหว่างต้นทางและปลายทางของกิจกรรมการขนส่งเศษชีวมวลเหลือทิ้งเพื่อนำมาผลิตถ่านชีวภาพในปี y (km)
$Q_{biomass,y}$	=	ปริมาณเศษชีวมวลเหลือทิ้งที่ถูกขนส่งในปี y (t biomass)
$EF_{CO2,i}$	=	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ยานพาหนะประเภท i สำหรับการขนส่งเศษชีวมวลเหลือทิ้งเพื่อนำมาผลิตถ่านชีวภาพ (g CO_2/t·km)
i	=	ระดับยานพาหนะ

7. การคำนวณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (Emission Reduction)

การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (ค่าการกักเก็บคาร์บอน) สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$ER_y = BE_y - PE_y - LE_y \qquad \text{สมการที่ (12)}$$

โดยที่

ER_y = การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2e/year)

BE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐานในปี y (tCO_2e/year)

PE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการในปี y (tCO_2e/year)

LE_y = การปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกขอบเขตโครงการในปี y (tCO_2e/year)

8. การติดตามผลการดำเนินโครงการ (Monitoring Plan)

ข้อมูลและพารามิเตอร์ที่ต้องมีการติดตามผลรวมถึงวิธีการตรวจวัด และการประเมิน ตามข้อกำหนดของ อบก.

8.1 พารามิเตอร์ที่ไม่ต้องติดตามผล

พารามิเตอร์	EF_{TC}
หน่วย	t_{CH4}/t biochar
ความหมาย	ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากกระบวนการผลิตถ่านชีวภาพ
แหล่งข้อมูล	**ทางเลือกที่ 1** ตรวจวัดจริง **ทางเลือกที่ 2** ใช้ค่าเท่ากับ 0.03 (อ้างอิง 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2, Chapter 4, page 4.103)

พารามิเตอร์	$EF_{CO2,i}$
หน่วย	tCO_2/t km
ความหมาย	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท i
แหล่งข้อมูล	**ทางเลือกที่ 1** ตรวจวัดจากการสิ้นเปลื้องเชื้อเพลิงฟอสซิล **ทางเลือกที่ 2** ใช้ค่าคงที่
หมายเหตุ	กรณีเลือกแหล่งที่มาของข้อมูลที่ 2 ให้ใช้ค่า ดังนี้ • กรณีขนส่งโดยรถขนาดเล็กใช้ค่า 245 (gCO_2/t km) • กรณีขนส่งโดยรถขนาดใหญ่ใช้ค่า 129 (gCO_2/t km)

พารามิเตอร์	$EF_{CO2,j}$
หน่วย	$kgCO_2$/TJ
ความหมาย	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท j
แหล่งข้อมูล	ตารางที่ 1.4 2006 IPCC Guidelines for National GHG Inventories

พารามิเตอร์	NCV_j
หน่วย	MJ/Unit
ความหมาย	ค่าความร้อนสุทธิ (Net Calorific Value) ของเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภท j

แหล่งข้อมูล	ทางเลือกที่ 1	ค่าความร้อนสุทธิของเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ระบุในใบแจ้งหนี้ (Invoice) จากผู้ผลิตเชื้อเพลิง (Fuel Supplier)
	ทางเลือกที่ 2	จากการตรวจวัด
	ทางเลือกที่ 3	รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

8.2 พารามิเตอร์ที่ต้องติดตามผล

พารามิเตอร์	$FC_{biomass,PJ,y}$ และ $FC_{biochar,PJ,y}$
หน่วย	unit/year
ความหมาย	ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการดำเนินโครงการ ในปี y
แหล่งข้อมูล	รายงานการตรวจวัดหรือบันทึกปริมาณการใช้เชื้อเพลิง ในรูปแบบเอกสารแบบฟอร์มของหน่วยงาน หรือ Digital Platform
วิธีการติดตามผล	**ทางเลือกที่ 1** จากการชั่งตวงวัด **ทางเลือกที่ 2** คำนวณจากอัตราการใช้พลังงานของอุปกรณ์ และบันทึกชั่วโมงการทำงานของอุปกรณ์ หรือบันทึกปริมาณการใช้เชื้อเพลิง
หมายเหตุ	การตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง และการบันทึกอย่างน้อยควรเป็นรายเดือน

พารามิเตอร์	$EC_{biomass,PJ,y}$ และ $EC_{biochar,PJ,y}$
หน่วย	kWh/year
ความหมาย	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในการดำเนินโครงการ ในปี y
แหล่งข้อมูล	รายงานการตรวจวัด
วิธีการติดตามผล	**ทางเลือกที่ 1** ตรวจวัดโดย kWh Meter และตรวจวัดต่อเนื่องตลอดช่วงของการติดตามผล โดยรายงานข้อมูลที่มีความละเอียดเป็นรายเดือน **ทางเลือกที่ 2** คำนวณจากค่าพิกัดกำลังไฟฟ้าจากผู้ผลิตอุปกรณ์ และบันทึกชั่วโมงการทำงานของอุปกรณ์
หมายเหตุ	การตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง และการบันทึกอย่างน้อยควรเป็นรายเดือน

พารามิเตอร์	$EF_{EC,y}$
หน่วย	tCO_2/MWh
ความหมาย	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับการใช้ไฟฟ้า ในปี y
แหล่งข้อมูล	รายงานค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิต/การใช้ไฟฟ้า (Emission Factor) สำหรับโครงการและกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจกที่ประกาศโดย อบก.
วิธีการติดตามผล	**สำหรับการจัดทำเอกสารข้อเสนอโครงการ** ให้ใช้ค่าล่าสุดที่ อบก. ประกาศ **สำหรับการติดตามผลการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก** ให้ใช้ค่าที่ อบก. ประกาศตามปี พ.ศ. ของช่วงระยะเวลาที่ขอรับรองคาร์บอนเครดิต ทั้งนี้ กรณีที่ปี พ.ศ. ของช่วงระยะเวลาที่ขอรับรองคาร์บอนเครดิตนั้นยังไม่มีค่า ให้ใช้ค่าล่าสุดที่ อบก. ประกาศแทนในปีนั้น

พารามิเตอร์	$Q_{biochar,i,y}$
หน่วย	ton/year
ความหมาย	ปริมาณถ่านชีวภาพที่ผลิตได้ประเภท i จากการดำเนินโครงการในปี y
แหล่งข้อมูล	บันทึกปริมาณถ่านชีวภาพที่ผลิตได้จากโครงการในรูปแบบเอกสารแบบฟอร์มของหน่วยงาน หรือ Digital Platform
วิธีการติดตามผล	ตรวจวัดโดยเครื่องชั่งน้ำหนัก
หมายเหตุ	การตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง และการบันทึกรายเดือนเป็นอย่างน้อย

พารามิเตอร์	$W_{biochar,i,y}$
หน่วย	ton/year
ความหมาย	ปริมาณน้ำหนักแห้งของถ่านชีวภาพที่ผลิตได้ประเภท i จากการดำเนินโครงการในปี y
แหล่งข้อมูล	บันทึกปริมาณน้ำหนักแห้งของถ่านชีวภาพที่ผลิตได้จากโครงการในรูปแบบเอกสารแบบฟอร์มของหน่วยงาน หรือ Digital Platform
วิธีการติดตามผล	**ทางเลือกที่ 1** ตรวจวัดโดยเครื่องชั่งน้ำหนักถ่านชีวภาพแห้ง **ทางเลือกที่ 2** คำนวณได้จากค่า $Q_{ccpi,y}$ หักลบค่าความชื้นของถ่านชีวภาพ
หมายเหตุ	การตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง และการบันทึกอย่างน้อยควรเป็นรายเดือน

พารามิเตอร์	อุณหภูมิภายในห้องเผาถ่านชีวภาพ
หน่วย	องศาเซลเซียส
ความหมาย	อุณหภูมิในระบบผลิตถ่านชีวภาพจากการดำเนินโครงการ
แหล่งข้อมูล	บันทึกอุณหภูมิในระบบผลิตถ่านชีวภาพจากโครงการ หรือ การบันทึกข้อมูลอุณหภูมิอัตโนมัติในรูปแบบเอกสารแบบฟอร์มของหน่วยงาน หรือ Digital Platform
วิธีการติดตามผล	• ตรวจวัดโดยใช้เซนเซอร์วัดอุณหภูมิที่ติดตั้งในห้องเผา • การตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง และการบันทึกผลการทดสอบอุณหภูมิของเตา (Temperature profile) อย่างน้อยปีละหนึ่งครั้ง

พารามิเตอร์	GWP_{CH4}
หน่วย	t CO_2e / t CH_4
ความหมาย	ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทน
แหล่งข้อมูล	ใช้ข้อมูลจากรายงานประเมินสถานการณ์ด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC Assessment Report) ที่จัดทำโดยคณะกรรมาธิการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change หรือ IPCC ที่ประกาศ โดย อบก.
วิธีการติดตามผล	**สำหรับการติดตามผลการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก** ใช้ค่า GWP ของมีเทน (CH_4) ล่าสุดตามที่ อบก. ประกาศ **สำหรับการติดตามผลการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก** ใช้ค่า GWPมีเทน (CH_4) ตามที่ อบก. สำหรับประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกตามช่วงระยะเวลา คิดเครดิต (Crediting Period) ที่ขอรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจก

พารามิเตอร์	$Q_{biochar,y}$
หน่วย	t biochar
ความหมาย	ปริมาณถ่านชีวภาพที่ถูกขนส่งในปี y
แหล่งข้อมูล	บันทึกปริมาณถ่านชีวภาพที่ถูกขนส่งในรูปแบบเอกสารแบบฟอร์มของหน่วยงาน หรือ Digital Platform
วิธีการติดตามผล	**ทางเลือกที่ 1** ตรวจวัดโดยเครื่องชั่งน้ำหนัก **ทางเลือกที่ 2** ประเมินจากปริมาตรบรรทุกของรถที่ใช้ในการขนส่งถ่านชีวภาพ หรือปริมาตรบรรจุของภาชนะ ความหนาแน่น และจำนวนเที่ยวรถ/ภาชนะบรรจุ

พารามิเตอร์	$Q_{biomass,y}$
หน่วย	t biomass
ความหมาย	ปริมาณเศษชีวมวลเหลือทิ้งที่ถูกขนส่งในปี y
แหล่งข้อมูล	บันทึกปริมาณเศษชีวมวลเหลือทิ้งที่ถูกขนส่งในรูปแบบเอกสารแบบฟอร์มของหน่วยงาน หรือ Digital Platform
วิธีการติดตามผล	**ทางเลือกที่ 1** ตรวจวัดโดยเครื่องชั่งน้ำหนัก **ทางเลือกที่ 2** ประเมินจากปริมาตรบรรทุกของรถที่ใช้ในการขนส่งปริมาณเศษชีวมวลเหลือทิ้ง หรือปริมาตรบรรจุของภาชนะ ความหนาแน่น และจำนวนเที่ยวรถ/ภาชนะบรรจุ

พารามิเตอร์	$D_{biochar,y}$
หน่วย	km
ความหมาย	ระยะทางไปกลับระหว่างต้นทางและปลายทางของกิจกรรมการขนส่งถ่านชีวภาพเพื่อนำใช้ประโยชน์ในปี y
แหล่งข้อมูล	บันทึกข้อมูลในรูปแบบเอกสารแบบฟอร์มของหน่วยงาน หรือ Digital Platform **ทางเลือกที่ 1** ข้อมูลระยะทางจริงจากระบบ GPS Tracking ของยานพาหนะขนส่ง (หากมี) **ทางเลือกที่ 2** ข้อมูลประมาณการระยะทางจากระบบแผนที่ดิจิทัล (เช่น Google Maps หรือ ระบบ GIS)
วิธีการติดตามผล	• รายงานบันทึกระยะทางการขนส่งถ่านชีวภาพของโครงการ • การตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง และการบันทึกรายเดือนเป็นอย่างน้อย

พารามิเตอร์	$D_{biomass,y}$
หน่วย	km
ความหมาย	ระยะทางไปกลับระหว่างต้นทางและปลายทางของกิจกรรมการขนส่งเศษชีวมวลเหลือทิ้งเพื่อนำมาผลิตถ่านชีวภาพในปี y
แหล่งข้อมูล	บันทึกข้อมูลในรูปแบบเอกสารแบบฟอร์มของหน่วยงาน หรือ Digital Platform **ทางเลือกที่ 1** ข้อมูลระยะทางจริงจากระบบ GPS Tracking ของยานพาหนะขนส่ง (หากมี) **ทางเลือกที่ 2** ข้อมูลประมาณการระยะทางจากระบบแผนที่ดิจิทัล (เช่น Google Maps หรือ ระบบ GIS)

วิธีการติดตามผล	• รายงานบันทึกระยะทางการขนส่งเศษชีวมวลเหลือทิ้งของโครงการ • การตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง และการบันทึกรายเดือนเป็นอย่างน้อย

พารามิเตอร์	$FOC_{i,y}$
หน่วย	%
ความหมาย	สัดส่วนสารคาร์บอนอินทรีย์ในถ่านชีวภาพที่ผลิตได้ประเภท i จากการดำเนินโครงการในปี y
แหล่งข้อมูล	บันทึกสัดส่วนสารคาร์บอนอินทรีย์ในถ่านชีวภาพจากโครงการในรูปแบบเอกสารแบบฟอร์มของหน่วยงาน หรือ Digital Platform
วิธีการติดตามผล	• ตรวจวัดสัดส่วนสารคาร์บอนอินทรีย์ในถ่านชีวภาพในห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรองหรือน่าเชื่อถืออย่างน้อยในทุกชุดการผลิตถ่านชีวภาพภายใต้เงื่อนไขการผลิตรูปแบบเดียวกัน • ตรวจสอบและบันทึกข้อมูลในทุกชุดการผลิตอย่างน้อยปีละครั้ง

พารามิเตอร์	H/C_{org}
หน่วย	-
ความหมาย	สัดส่วนโดยโมลของปริมาณไฮโดรเจนและปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในถ่านชีวภาพของแต่ละชุดการผลิตถ่านชีวภาพ
แหล่งข้อมูล	บันทึกสัดส่วนโดยโมลของไฮโดรเจนและคาร์บอนอินทรีย์ในถ่านชีวภาพจากโครงการในรูปแบบเอกสารแบบฟอร์มของหน่วยงาน หรือ Digital Platform
วิธีการติดตามผล	• ตรวจวัดสัดส่วนโดยโมลของไฮโดรเจนและคาร์บอนอินทรีย์ของถ่านชีวภาพจากโครงการในห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรอง • ตรวจสอบและบันทึกข้อมูลในทุกชุดการผลิตอย่างน้อยปีละครั้ง

พารามิเตอร์	$PF_{enduse,y}$
หน่วย	%
ความหมาย	ค่าปัจจัยความคงทนตามปลายทางการใช้งานในการดำเนินโครงการในปี y
แหล่งข้อมูล	ระบบติดตามและบันทึกห่วงโซ่การครอบครองของถ่านชีวภาพผ่านกระบวนการทำงาน หรือ Digital Platform ตั้งแต่การผลิต การขนส่ง จนถึงผู้ใช้งานจริง (chain of custody tracking)
วิธีการติดตามผล	**ทางเลือกที่ 1** ใช้ค่าตามภาคผนวก ข โดยค่าที่นำมาใช้ต้องสัมพันธ์กับปลายทางของการใช้งานถ่านชีวภาพ **ทางเลือกที่ 2** เอกสารอ้างอิงที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

พารามิเตอร์	AF
หน่วย	%
ความหมาย	สัดส่วนที่นำมาประกอบกับเทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวภาพ
แหล่งข้อมูล	**ทางเลือกที่ 1** คำนวนจากสมการการปันส่วน (Allocation) ดังนี้ $AF = \frac{\text{พลังงานสมมูลรวมของถ่านชีวภาพที่ผลิตได้}}{\text{พลังงานสมมูลรวมของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดจากกระบวนการผลิต}}$

	ทางเลือกที่ 2 จากเอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
วิธีการติดตามผล	**ทางเลือกที่ 1** ค่าที่คำนวนจากการปันส่วน **ทางเลือกที่ 2** ในกรณีที่ข้อมูลไม่เพียงพอสำหรับการคำนวณให้ใช้สัดส่วน 100%
หมายเหตุ	กรณีที่กระบวนการผลิตถ่านชีวภาพมีผลิตภัณฑ์ร่วม (Co-products) เช่น น้ำมันชีวภาพ ก๊าซสังเคราะห์ หรือไฟฟ้า ให้ใช้ค่า AF (Adjustment Factor) เพื่อปันส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามสัดส่วนพลังงานของผลผลิต เพื่อให้การคำนวณการกักเก็บคาร์บอนสะท้อนเฉพาะส่วนของถ่านชีวภาพเท่านั้น

9. เอกสารอ้างอิง

- ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพลังงานความร้อน (T-VER-S-METH-02-02) ฉบับที่ 01
- VCS Methodology: Methodology for biochar utilization in soil and non-soil applications
- 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Appendix 4 Method for Estimating the Change in Mineral Soil Organic Carbon Stocks from Biochar Amendments: Basis for Future Methodological Development
- Puro earth; Biochar Methodology for CO_2 Removal Edition 2025 V1
- Clean Development Mechanism (CDM), Methodological tool: Project and leakage emissions from transportation of freight Version 01.1.0
- U.S. and Canada Biochar Protocol Version 1.0, March 2024

ภาคผนวก ก

รายการชีวมวลที่ใช้สำหรับการผลิตถ่านชีวภาพ ควรเป็นไปดังแสดงไว้ในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 รายการชีวมวลและแหล่งที่มาของชีวมวลที่ใช้สำหรับการผลิตถ่านชีวภาพ

กลุ่มที่	รายการชีวมวล	แหล่งที่มาของชีวมวล
1	การเกษตร	เศษชีวมวลทางการเกษตร การตัดแต่งกิ่งไม้ผลรวมถึงผลผลิตทางการเกษตรส่วนเกินจากตลาด และชีวมวลที่ปลูกเพื่อใช้เป็นพลังงานหรือวัสดุชีวมวลโดยเฉพาะ
2	การจัดการภูมิทัศน์	เศษชีวมวลจากกิจกรรมจัดการภูมิทัศน์หรือพื้นที่สีเขียว สวนสาธารณะ โดยหน่วยงานภาครัฐ เอกชน หน่วยงานด้านอนุรักษ์ธรรมชาติ หรืออื่นๆ
3	การจัดการสวนป่าและวนเกษตร	เศษชีวมวลจากการตัดแต่งไม้และจัดการแปลงปลูก การตัดสางขยายระยะเปลือกไม้ และรากไม้จากการขุดถอน
4	การจัดการดูแลรักษาสภาพแหล่งน้ำ	ชีวมวลที่ได้จากกิจกรรมดูแลรักษาสภาพแหล่งน้ำและระบบนิเวศทั้งน้ำจืด น้ำทะเลหรือชายฝั่ง เพื่อให้สภาพแหล่งน้ำมีคุณภาพดี ลดการเสื่อมโทรม
5	การแปรรูปไม้	เศษไม้เหลือจากการแปรรูป/ผลิต ผลิตภัณฑ์ไม้เศรษฐกิจที่ผ่านการแปรรูปทางกลและไม่ผ่านการบำบัดทางเคมี
6	การแปรรูปอาหาร	เศษเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปอาหารที่มาจากพืช โดยมีแหล่งที่มาจากภาคอุตสาหกรรมการผลิต ผู้ขายส่ง ซุปเปอร์มาเก็ต ร้านสะดวกซื้อ หรืออื่นๆ
7	ขยะเศษอาหาร	เศษอาหารเหลือทิ้งจากการเตรียมหรือให้บริการด้านอาหารจากห้องครัว โรงอาหาร ร้านอาหาร หรืออื่นๆ
8	ปศุสัตว์	มูลสัตว์ กระดูก ก้าง
9	ของเสียชีวมวลจากกระบวนการผลิตอุตสาหกรรม	ของเสียชีวมวลที่มีแหล่งที่มาชัดเจนจากกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมและไม่มีการปนเปื้อนของสารเคมีอันตรายหรือสิ่งสังเคราะห์ที่ไม่ย่อยสลายทางชีวภาพ
10	ชีวมวลจากกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic digestion)	กากหมัก (digestate) หรือของเสียชีวมวลจากกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน ที่ต้องมีแหล่งกำเนิดที่ชัดเจนและไม่ปนเปื้อนสารอันตราย ครอบคลุมการหมักของเสียจากพืช อาหาร มูลสัตว์ หรืออื่นๆ
11	ตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย (sludge)	ตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย (sludge) ทั้งจากระบบบัดบัดน้ำเสียชุมชนหรือระบบบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรม ที่ต้องมีแหล่งกำเนิดที่ชัดเจนและไม่ปนเปื้อนสารอันตราย

ภาคผนวก ข
รายการประเภทการใช้งานถ่านชีวภาพเป็นไปดังแสดงไว้ในตารางต่อไปนี้

การใช้งานถ่านชีวภาพทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับโครงการต้องปฏิบัติตามกฎหมายและข้อบังคับด้านสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องสำหรับแต่ละประเภทการใช้งานที่ดำเนินการ

ตารางที่ 2 รายการประเภทการใช้งานถ่านชีวภาพ[1]

<table>
<tr><th>กลุ่มของการใช้งาน</th><th>ประเภทของการใช้งาน</th><th>ค่าปัจจัยความคงทน (ร้อยละ,%)
(Permanence factor, PF)</th></tr>
<tr><td>การใช้งานทางการเกษตร
สวนสาธารณะ หรือ
การป่าไม้</td><td>• การปรับปรุงดินโดยตรง (Direct soil amendment)
• สารเติมในกระบวนการทำปุ๋ยหมัก (Compost additive)
• วัสดุปลูกพืชสวน (Horticultural growth media)
• วัสดุปูรองสัตว์ซึ่งภายหลังจะถูกนำไปใช้ในแปลงเกษตร (Animal bedding)
• การกรองน้ำทางการเกษตรซึ่งภายหลังจะถูกนำไปใช้ในแปลงเกษตร (Agricultural water filtration)</td><td>สำหรับการใช้งานในดิน การคำนวณอ้างอิงจาก Woolf et al. (2021) ดังสมการนี้
PF* = Chc – mhc x (H/C_{org} ratio)
โดยที่
• ค่า Chc และ mhc = สัมประสิทธิ์ค่าคงที่ (Coefficients) ซึ่งขึ้นกับอุณหภูมิดินเฉลี่ยรายปี (Mean annual temperature)
• ค่า H/Corg ratio = อัตราส่วนโดยโมลของไฮโดรเจนต่อคาร์บอน ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ
• สัมประสิทธิ์ค่าคงที่ของอุณหภูมิดิน ณ สถานที่ใช้งานปลายทาง พิจารณาตามตารางด้านล่างนี้ สำหรับประเทศไทย กรณีที่ไม่สามารถระบุอุณหภูมิดินของสถานที่ใช้งานปลายทางได้ให้ใช้ค่าที่ Mean annual temperature ≥ 20.1 (°C) ซึ่งเป็นค่าอุณหภูมิที่อนุรักษ์นิยมที่สุด
<table>
<tr><th>Mean annual temp (°C)</th><th>Chc</th><th>mhc</th></tr>
<tr><td>≤5</td><td>1.13</td><td>0.46</td></tr>
<tr><td>5.1-10.0</td><td>1.10</td><td>0.59</td></tr>
<tr><td>10.1-15.0</td><td>1.04</td><td>0.64</td></tr>
<tr><td>15.1-20.0</td><td>1.01</td><td>0.65</td></tr>
<tr><td>≥20.1</td><td>0.98</td><td>0.66</td></tr>
</table>
หมายเหตุ: *อ้างอิงตามเอกสาร U.S. and Canada biochar protocol</td></tr>
<tr><td>วัสดุก่อสร้าง หรือ
วัสดุวิศวกรรม</td><td>• สารเติมแต่งในซีเมนต์ (Cement additive)</td><td>ร้อยละ 100</td></tr>
</table>

กลุ่มของการใช้งาน	ประเภทของการใช้งาน	ค่าปัจจัยความคงทน (ร้อยละ,%) (Permanence factor, PF)
	• สารเติมแต่งในยิปซัม (Gypsum additive) • สารเติมในปูนปลาสเตอร์ (Mineral plaster additive) • สารเติมในดินเหนียว (Clay additive)	
	• สารเติมในยางมะตอย (เฉพาะการใช้งานแบบผสมเย็นกับส่วนผสมยางมะตอยเท่านั้น)	ร้อยละ 20 หรือ คำนวณโดยอิงจากค่าต่ำสุดของช่วงอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ เมื่อเปรียบเทียบกับอายุอ้างอิง 100 ปี เช่น หากอายุการใช้งาน 20 ปี คิดเป็นร้อยละ 20
	• วัสดุเชิงประกอบไม้-พอลิเมอร์ (Wood polymer composites)	ร้อยละ 30 หรือ คำนวณโดยอิงจากค่าต่ำสุดของช่วงอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์
การฟื้นฟูและทำให้สิ่งแวดล้อมมีเสถียรภาพ	• การบำบัดน้ำทิ้ง (Effluent polishing) • การควบคุมการชะล้างพังทลายของดิน (Erosion control) • การฟื้นฟูดินปนเปื้อน (Soil remediation) • การจัดการน้ำฝน (Stormwater management)	เหมือนกับการใช้งานทางการเกษตร **แต่หลังการใช้งานแล้วต้องนำไปเก็บในโครงสร้างกักเก็บถาวร**
โครงสร้างจัดเก็บถาวร หรือ โครงสร้างสำหรับการกักเก็บระยะยาว	• การกำจัดในหลุมฝังกลบ ซึ่งรวมถึงการใช้เป็น วัสดุปิดหน้าหลุมฝังกลบประจำวัน (Alternative daily cover) และการทำให้ของเสียในหลุมฝังกลบมีเสถียรภาพ (Solidification/Stabilization) • การฟื้นฟูเหมืองใต้ดิน (Subsurface mine remediation)	ร้อยละ 100 ยกเว้น ในกรณีที่ถ่านชีวภาพถูกนำไปใช้ในรูปแบบการใช้งานอื่นๆ ก่อนที่จะถูกนำไปเก็บในโครงสร้างกักเก็บถาวร ซึ่งในกรณีนั้นต้องใช้ ค่าปัจจัยความคงทนของการใช้งานทางการเกษตรในการคำนวณ

หมายเหตุ: [1] อ้างอิง: U.S. and Canada Biochar Protocol, Version 1.0, Eligible Biochar End Uses List, March 2024

ภาคผนวก ค
แนวทางการติดตามตรวจสอบเส้นทางการครอบครอง (Chain of Custody Tracking)

พิจารณาจากการติดตามห่วงโซ่การครอบครอง (Chain of Custody) ซึ่งเป็นกระบวนการตรวจสอบและบันทึกเส้นทางของถ่านชีวภาพตั้งแต่การจัดหาชีวมวล การผลิต การขนส่ง จนถึงการใช้งานปลายทาง (ผู้ใช้งานจริง) เพื่อให้มั่นใจได้ว่าคาร์บอนที่กักเก็บสามารถตรวจสอบย้อนกลับได้อย่างโปร่งใสและเชื่อถือได้

ตารางที่ 3 แนวทางการติดตามตรวจสอบเส้นทางการครอบครอง (Chain of Custody tracking)[1]

ขั้นตอน	รายละเอียดของห่วงโซ่
การจัดหาชีวมวล	• ชื่อ ที่อยู่ และข้อมูลติดต่อ (เบอร์โทรศัพท์ อีเมล) ของทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง • ชนิดของวัตถุดิบ • สถานที่ตั้ง/แหล่งที่มาของแหล่งวัตถุดิบ (ต้องอยู่ในรายการชีวมวลที่ควรใช้ในการผลิตถ่านชีวภาพ ภาคผนวก ก) • วันที่ได้จัดหาชีวมวลเข้ามา • ปริมาณชีวมวลที่จัดหา
การผลิตถ่านชีวภาพ	• ชื่อ ที่อยู่ และข้อมูลติดต่อ (เบอร์โทรศัพท์ อีเมล) ของทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง • สถานที่ผลิต • วันที่และปริมาณที่รับชีวมวลเข้ามา • วันที่และปริมาณที่ผลิตถ่านชีวภาพ • วันที่ขนส่งถ่านชีวภาพออกจากโรงผลิต
การใช้งานถ่านชีวภาพที่ปลายทาง	• ชื่อ ที่อยู่ และข้อมูลติดต่อ (เบอร์โทรศัพท์ อีเมล) ของทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง • ปริมาณถ่านชีวภาพที่ได้รับ • ประเภท/ลักษณะการใช้งานปลายทาง (ต้องอยู่ในรายการประเภทการใช้งานถ่านชีวภาพ ภาคผนวก ข) • พิกัดหรือสถานที่ใช้งาน หากไม่ทราบลักษณะพื้นที่ใช้งานปลายทางของถ่านชีวภาพอย่างแน่ชัดต้องใช้ค่าปัจจัยความคงทน (permanence factor) ที่ระมัดระวังสูงสุด (conservative values)
การครอบครองชั่วคราวระหว่างขั้นตอน เช่น การขนส่งหรือการจัดเก็บ	• ชื่อ ที่อยู่ และข้อมูลติดต่อ (เบอร์โทรศัพท์ อีเมล) ของทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง • สถานที่จัดเก็บระหว่างทาง • วันที่รับและส่งต่อชีวมวลหรือถ่านชีวภาพ

หมายเหตุ: [1] ในกรณีที่โครงการได้จำหน่าย/ส่งต่อถ่านชีวภาพให้กับหน่วยงานตัวกลาง (Intermediary entity) ซึ่งจะนำถ่านชีวภาพไปจำหน่ายหรือกระจายต่อให้ผู้ใช้งานปลายทาง การติดตามเส้นทางการครอบครอง (Chain of custody tracking) จำเป็นเฉพาะถึงขั้นตอนของหน่วยงานตัวกลางเท่านั้น โดยการรายงานการใช้งานปลายทางสามารถอ้างอิง/สันนิษฐานอย่างมีเหตุผล จากหลักฐานสนับสนุน เช่น เอกสารทางการตลาดของผู้ใช้ปลายทาง เป็นต้น

บันทึกการแก้ไข T-VER-S-METH-14-02			
ฉบับที่	**แก้ไขครั้งที่**	**วันที่บังคับใช้**	**รายการแก้ไข**
01	-	19 มีนาคม 2569	การเริ่มใช้ครั้งแรก