T-VER-P-TOOL-01-13

การคำนวณปริมาณการลดการปล่อยก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าว

(Calculation for methane emission reduction by adjusted water management practice in rice cultivation)

ฉบับที่ 01

มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม 2566

1. บทนำ

เอกสารฉบับนี้เป็นเครื่องมือสำหรับการประเมินการลดการปล่อยก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าวของโครงการ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าวทั้งในส่วนของกรณีฐานและการดำเนินงานภายใต้กิจกรรมโครงการการจัดการน้ำในพื้นที่ปลูกข้าว

2. คำนิยามที่เกี่ยวข้อง

รายละเอียดดังภาคผนวกที่ 1

3. ลักษณะของกิจกรรมที่เข้าข่าย และเงื่อนไขการนำไปใช้

เครื่องมือนี้เหมาะสำหรับนำไปใช้คำนวณการลดการปล่อยก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าวในกรณีฐานและกรณีดำเนินโครงการของพื้นที่ที่มีลักษณะดังนี้:

1) พื้นที่ที่ใช้เครื่องมือนี้ได้ คือพื้นที่ที่มีการดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งต่อไปนี้
   (1) พื้นที่ปลูกข้าวที่มีการปรับเปลี่ยนจากการขังน้ำตลอดฤดูปลูก (Continuously flood condition) เป็นการขังน้ำเป็นช่วง (Intermittent flood condition) และ/หรือมีการลดระยะเวลาขังน้ำ
   (2) พื้นที่ปลูกข้าวที่มีการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง(Alternate wetting and drying) และการปลูกข้าวแอโรบิค (Aerobic rice cultivation)
   (3) พื้นที่ปลูกข้าวที่มีการปรับเปลี่ยนวิธีการปลูกจากนาดำ (Transplanting) เป็นนาหว่าน (Direct seeding)
2) กิจกรรมการของโครงการต้องเป็นไปตามสภาวะต่อไปนี้
   (1) พื้นที่ปลูกข้าวโครงการเป็นพื้นที่นาชลประทาน (Irrigated flooded fields) และไม่ครอบคลุมพื้นที่ปลูกข้าวแบบนาน้ำฝน (Rainfed) นาน้ำลึก (Deep water) หรือข้าวไร่ (Upland) ที่กำหนดจากการสำรวจพื้นที่ตามเขตภูมิศาสตร์ (Geographical region) ที่เสนอโดยผู้พัฒนาโครงการหรือโดยการใช้ข้อมูลประเทศ(National data) พร้อมให้รายละเอียดรูปแบบการขังน้ำก่อนฤดูปลูก (Pre-season water regime) และการใส่วัสดุอินทรีย์สำหรับการกำหนดกรณีฐาน
   (2) พื้นที่ปลูกข้าวของโครงการใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือในการควบคุมการนำน้ำเข้าและระบายน้ำ (Controlled irrigation and drainage) ที่ดำเนินการควบคุมน้ำได้ทั้งฤดูน้ำและฤดูแล้ง
   (3) กิจกรรมโครงการต้องไม่ทำให้ผลผลิตข้าวลดลงเกินกว่าข้อกำหนดของวิธีการและไม่จำเป็นต้องปรับเปลี่ยนพันธุ์ข้าวที่ปลูก

(4) โครงการต้องมีการจัดให้มีการฝึกอบรมและการสนับสนุนเชิงเทคนิคให้แก่เกษตรกรที่ดำเนินโครงการ โดยเฉพาะการเตรียมพื้นที่ การให้น้ำ การระบายน้ำ และการใช้ปุ๋ย พร้อมทั้งแสดงหลักฐานที่เป็นเอกสารของการดำเนินการ ทั้งนี้ ผู้พัฒนาโครงการต้องมีการดำเนินการที่มั่นใจได้ว่าเกษตรกรมีหลักเกณฑ์ในการประเมินปริมาณการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสม โดยใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ เช่น การใช้แผ่นเทียบสี (Leaf color chart) หรือข้อแนะนำจากหน่วยงานภาครัฐหรือเอกสารอ้างอิงที่เหมาะสม พร้อมแสดงหลักฐานประกอบ

(5) ผู้พัฒนาโครงการต้องแสดงว่ากิจกรรมการลดก๊าซมีเทนในพื้นที่ปลูกข้าวที่ดำเนินการไม่ได้เกิดจากข้อกำหนดของหน่วยงานภาครัฐหรือในท้องถิ่น

(6) หากดำเนินการประเมินโดยการใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าวที่เป็นการตรวจวัดจากพื้นที่ตัวแทนของโครงการ วิธีการตรวจวัดต้องใช้วิธีแบบกล่องปิด (Closed chamber method) และวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

3) กิจกรรมการของโครงการต้องมีการกำหนดรายละเอียดรูปแบบการปลูกข้าวสำหรับกรณีฐานและกรณีดำเนินโครงการ โดยสามารถจัดกลุ่มรูปแบบการปลูกดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1รายละเอียดรูปแบบการปลูกข้าวสำหรับกรณีฐานและกรณีดำเนินโครงการ

พารามิเตอร์	ชนิด[a]	ประเภท/ค่า	แหล่งข้อมูล/วิธีการ
รูปแบบการจัดการน้ำ (ในฤดูปลูก)	มีพลวัติ (Dynamic)	การขังน้ำตลอดฤดูปลูก การระบายน้ำ1 ครั้ง การระบายน้ำหลายครั้ง	กรณีฐาน: ข้อมูลจากเกษตรกร กรณีดำเนินโครงการ: ข้อมูลจากการติดตามผล
รูปแบบการจัดการน้ำ (ก่อนฤดูปลูก)	มีพลวัติ (Dynamic)	มีการขังน้ำ มีการระบายน้ำเป็นเวลาน้อยกว่า 180 วัน มีการระบายน้ำเป็นเวลามากกว่า 180 วัน	กรณีฐาน: ข้อมูลจากเกษตรกร กรณีดำเนินโครงการ: ข้อมูลจากการติดตามผล
วัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดิน	มีพลวัติ (Dynamic)	การใส่ฟางข้าวก่อนการปลูก[b] การใส่ฟางข้าวนอกการปลูก[b] ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ไม่มีการใส่วัสดุอินทรีย์	กรณีฐาน: ข้อมูลจากเกษตรกร กรณีดำเนินโครงการ: ข้อมูลจากการติดตามผล
ความเป็นกรดด่าง	คงที่ (Static)	<4.5	ฐานข้อมูลคุณลักษณะดินของ

พารามิเตอร์	ชนิด[a]	ประเภท/ค่า	แหล่งข้อมูล/วิธีการ
ของดิน		4.5-5.5 >5.5	ISRIC-WISE หรือข้อมูลประเทศ
คาร์บอนอินทรีย์ในดิน (SOC)	คงที่ (Static)	<1% 1-3% >3%	ฐานข้อมูลคุณลักษณะดินของ ISRIC-WISE หรือข้อมูลประเทศ
ภูมิอากาศ (Climate)	คงที่ (Static)	เขตนิเวศเกษตร (Agroecological zones: AEZ)	ข้อมูลตาม Rice Almanac (2002) หรือ HarvestChoice หรือตามการจำแนกพื้นที่ที่ได้รับการยอมรับในประเทศ

หมายเหตุ:

[a]สภาวะที่มีพลวัติ (Dynamic conditions) คือ มีความเชื่อมโยงกับกิจกรรมในแปลง จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงตามเวลา และจำเป็นต้องติดตามผล ส่วนสภาวะคงที่ (Static conditions) คือ พารามิเตอร์ที่จำเพาะกับพื้นที่ในการกำหนดคุณลักษณะดิน และไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา จึงตรวจวัดหรือรายงานค่าเพียงครั้งเดียว

[b]การใส่ฟางข้าวก่อนการปลูก (Straw on-season) เป็นการที่ฟางข้าวที่ถูกทิ้งไว้ในหน้าดินและที่ถูกไถกลบเข้าไปในดินและทำการปลูกข้าวตามทันที โดยดำเนินการภายใน 30 วันก่อนปลูกข้าว ส่วนการใส่ฟางนอกฤดู (Straw off-season) เป็นการใส่ฟางข้าวในฤดูปลูกก่อนหน้า โดยดำเนินการนานกว่า 30 วันก่อนการปลูกข้าว

ทั้งนี้ ผู้พัฒนาโครงการต้องบันทึกรายละเอียดทั่วไปของเกษตรกรและพื้นที่ปลูกข้าวที่ร่วมโครงการ รวมถึงรายงานรายละเอียดการดำเนินกิจกรรมการปลูกต่าง ๆ ได้แก่ วันที่ปลูกข้าว วันที่และปริมาณการใส่ปุ๋ยและวัสดุอินทรีย์ วันที่และปริมาณการใส่สารควบคุมศัตรูพืช วันที่มีการจัดการน้ำ และผลผลิตข้าว โดยอ้างอิงตามรูปแบบการรายงานที่เป็นมาตรฐาน เป็นต้น

4. การคำนวณการลดการปล่อยก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าว

การลดการปล่อยก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าวจากการดำเนินโครงการ มีวิธีการประเมินตามทางเลือกการใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าวดังนี้

ทางเลือกที่ 1: ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าวเป็นค่าจากการตรวจวัดจริงในพื้นที่ที่เป็นตัวแทนของโครงการ

ขั้นตอนที่ 1การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าวในกรณีฐาน โดยคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$CH_4soil_{BSL,t} = \sum_{s} CH_4soil_{BSL,s}$$

$$CH_4soil_{BSL,s} = \sum_{g=1}^{G} EF_{BSL,s,g} \; x \; A_{s,g} \; x \; 10^{-3} \; x \; GWP_{CH4}$$

โดยที่:

$CH_4soil_{BSL,t}$	ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าวในกรณีฐานในปีที่ t (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)
$CH_4soil_{BSL,s}$	ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าวในกรณีฐานสำหรับฤดูปลูก s (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)
$EF_{BSL,s,g}$	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าวในกรณีฐานของรูปแบบ g สำหรับฤดูปลูก s (กิโลกรัมก๊าซมีเทนต่อไร่ต่อฤดูปลูก)โดยเป็นค่าที่ได้จากการตรวจวัดในพื้นที่ตัวแทนของโครงการด้วยวิธีแบบกล่องปิด (Closed chamber) ตลอดฤดูปลูกข้าว มีอย่างน้อย 3 ซ้ำสำหรับแต่ละรูปแบบการปลูก(ตารางที่ 1) และค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนที่ใช้เป็นค่าเฉลี่ยของจำนวนซ้ำที่ตรวจวัด
$A_{s,g}$	พื้นที่ปลูกข้าวของโครงการในรูปแบบ gสำหรับฤดูปลูก s (ไร่)
GWP_{CH4}	ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทน
g	รูปแบบการปลูก1,2,3,... โดยต้องครอบคลุมพื้นที่นาข้าวทั้งหมด
s	ฤดูปลูก

<u>ขั้นตอนที่ 2</u>การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าวในกรณีดำเนินโครงการ โดยคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$CH_4soil_{PROJ,t} = \sum_{s} CH_4soil_{PROJ,s}$$

$$CH_4soil_{PROJ,s} = \sum_{g=1}^{G} EF_{PROJ,s,g} \; x \; A_{s,g} \; x \; 10^{-3} \; x \; GWP_{CH4}$$

โดยที่:

$CH_4soil_{PROJ,t}$	ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าวในกรณีดำเนินโครงการในปีที่ t (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)
$CH_4soil_{PROJ,s}$	ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าวในกรณีดำเนินโครงการสำหรับฤดูปลูก s (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

$EF_{PROJ,s,g}$	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าวในกรณีดำเนินโครงการของรูปแบบ gสำหรับฤดูปลูก s (กิโลกรัมก๊าซมีเทนต่อไร่ต่อฤดูปลูก) โดยเป็นค่าที่ได้จากการตรวจวัดในพื้นที่ตัวแทนของโครงการด้วยวิธีแบบกล่องปิด (Closed chamber) ตลอดฤดูปลูกข้าว มีอย่างน้อย 3 ซ้ำสำหรับแต่ละรูปแบบการปลูก และค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนที่ใช้เป็นค่าเฉลี่ยของจำนวนซ้ำที่ตรวจวัด
$A_{s,g}$	พื้นที่ปลูกข้าวของโครงการในรูปแบบ gสำหรับฤดูปลูก s (ไร่)
GWP_{CH4}	ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทน
g	รูปแบบการปลูก 1,2,3,... โดยต้องครอบคลุมพื้นที่นาข้าวทั้งหมด
s	ฤดูปลูก

ขั้นตอนที่ 3การคำนวณปริมาณการลดการปล่อยก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าวจากการดำเนินโครงการโดยคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$CH_4soil_{ER,t} = CH_4soil_{BSL,t} - CH_4soil_{PROJ,t}$$

โดยที่:

$CH_4soil_{ER,t}$	ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซมีเทนของโครงการในปีที่ t (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)
$CH_4soil_{BSL,t}$	ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าวในกรณีฐานในปีที่ t (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)
$CH_4soil_{PROJ,t}$	ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าวในกรณีดำเนินโครงการในปีที่ t (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

ทางเลือกที่2: ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าวเป็นค่าแนะนำ

$$CH_4soil_{ER,t} = EF_{ER} \; x \; A_t \; x \; L_t \; x \; 10^{-3} \; x \; GWP_{CH4}$$

$$EF_{ER} = EF_{BSL} - EF_{PROJ}$$

กรณีใส่วัสดุอินทรีย์

$$EF_{BSL} = EF_{BSL,c} \; x \; SF_{BSL,w} x \; SF_{BSL,p} \; x \; SF_{BSL,o}$$

$$EF_{PROJ} = EF_{BSL,c} \, x \, SF_{PROJ,w} x \, SF_{PROJ,p} \, x \, SF_{PROJ,o}$$

<u>กรณีไม่ใส่วัสดุอินทรีย์</u>

$$EF_{BSL} = EF_{BSL,c} \, x \, SF_{BSL,w} x \, SF_{BSL,p}$$

$$EF_{PROJ} = EF_{BSL,c} \, x \, SF_{PROJ,w} x \, SF_{PROJ,p}$$

โดยที่:

$CH_4soil_{ER,t}$	ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซมีเทนของโครงการในปีที่ t (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)
EF_{ER}	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าวที่ลดลงจากการดำเนินโครงการ (กิโลกรัมก๊าซมีเทนต่อไร่ต่อวัน หรือ กิโลกรัมก๊าซมีเทนต่อไร่ต่อฤดูปลูก)
EF_{BSL}	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าวในกรณีฐาน (กิโลกรัมก๊าซมีเทนต่อไร่ต่อวัน หรือ กิโลกรัมก๊าซมีเทนต่อไร่ต่อฤดูปลูก)
EF_{PROJ}	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าวในกรณีดำเนินโครงการ (กิโลกรัมก๊าซมีเทนต่อไร่ต่อวัน หรือ กิโลกรัมก๊าซมีเทนต่อไร่ต่อฤดูปลูก)
$EF_{BSL,c}$	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าวแบบขังน้ำตลอดฤดูปลูกและไม่ใส่วัสดุอินทรีย์ในกรณีฐาน (กิโลกรัมก๊าซมีเทนต่อไร่ต่อวัน หรือ กิโลกรัมก๊าซมีเทนต่อไร่ต่อฤดูปลูก)โดยมีทางเลือกการใช้ค่า 2 กรณี คือ (1) เป็นค่าที่ได้จากการตรวจวัดในพื้นที่ตัวแทนของโครงการด้วยวิธีแบบกล่องปิด (Closed chamber) ตลอดฤดูปลูกข้าว มีอย่างน้อย 3 ซ้ำสำหรับแต่ละรูปแบบการปลูก และค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนที่ใช้เป็นค่าเฉลี่ยของจำนวนซ้ำที่ตรวจวัด และ (2) เป็นค่าแนะนำตามคู่มือ IPCC(ภาคผนวกที่ 2)
$SF_{BSL,w}$หรือ$SF_{PROJ,w}$	ตัวปรับค่าตามรูปแบบการจัดการน้ำช่วงฤดูปลูกในพื้นที่ปลูกข้าวในกรณีฐานหรือกรณีดำเนินโครงการ(ภาคผนวกที่ 2)
$SF_{BSL,p}$หรือ$SF_{PROJ,p}$	ตัวปรับค่าตามรูปแบบการขังน้ำก่อนฤดูในพื้นที่ปลูกข้าวในกรณีฐานหรือกรณีดำเนินโครงการ(ภาคผนวกที่ 2)
$SF_{BSL,o}$หรือ$SF_{PROJ,o}$	ตัวปรับค่าตามการใส่วัสดุอินทรีย์ในพื้นที่ปลูกข้าวในกรณีฐานหรือกรณีดำเนินโครงการโดยคำนวณจากสมการต่อไปนี้

$$SF_o = \left(1 + \sum_i ROA_i \; x \; CFOA_i\right)^{0.59}$$

โดยที่

ROA_i ปริมาณวัสดุอินทรีย์ชนิด i ที่ใส่ (ตันต่อไร่ โดยน้ำหนักแห้งสำหรับฟาง และโดยน้ำหนักสดสำหรับวัสดุชนิดอื่น)

$CFOA_i$ ตัวแปลงค่าสำหรับวัสดุอินทรีย์ชนิด i ที่ใส่ (เทียบกับการใส่ฟางเป็นเวลาสั้นๆ ก่อนปลูก)(ภาคผนวกที่ 2)

A_t พื้นที่ปลูกข้าวของโครงการในปีที่ t (ไร่)

L_t ระยะเวลาปลูกข้าวของโครงการในปีที่ t (วัน) (ใช้เฉพาะค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนที่เป็นหน่วยวัน)

GWP_{CH4} ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทน

5. พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง

5.1 พารามิเตอร์ที่ไม่ต้องติดตามผล

พารามิเตอร์	$SF_{BSL,w}$ หรือ $SF_{PROJ,w}$
หน่วย	-
ความหมาย	ตัวปรับค่าตามรูปแบบการจัดการน้ำช่วงฤดูปลูกในพื้นที่ปลูกข้าวในกรณีฐานหรือกรณีดำเนินโครงการ
แหล่งของข้อมูล	ค่าแนะนำตาม IPCC (ภาคผนวก 2)
หมายเหตุ	-

พารามิเตอร์	$SF_{BSL,p}$ หรือ $SF_{PROJ,p}$
หน่วย	-
ความหมาย	ตัวปรับค่าตามรูปแบบการจัดการน้ำก่อนฤดูในพื้นที่ปลูกข้าวในกรณีฐานหรือกรณีดำเนินโครงการ
แหล่งของข้อมูล	ค่าแนะนำตาม IPCC (ภาคผนวก 2)
หมายเหตุ	-

พารามิเตอร์	$CFOA$
หน่วย	-
ความหมาย	ตัวแปลงค่าสำหรับวัสดุอินทรีย์ที่ใส่ (เทียบกับการใส่ฟางเป็นเวลาสั้นๆ ก่อนปลูก)
แหล่งของข้อมูล	ค่าแนะนำตาม IPCC (ภาคผนวก 2)
หมายเหตุ	-

5.2 พารามิเตอร์ที่ต้องติดตามผล

ทางเลือกที่ 1: ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าวที่ได้จากการตรวจวัดโดยตรง

พารามิเตอร์	$EF_{BSL,s,g}$
หน่วย	กิโลกรัมก๊าซมีเทนต่อไร่ต่อฤดูปลูก
ความหมาย	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนในกรณีฐาน
แหล่งของข้อมูล	เก็บตัวอย่างก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าวของโครงการด้วยวิธีการตาม IPCC
ความถี่ในการติดตาม	เก็บตัวอย่างด้วยวิธีแบบกล่องปิดและรายงานปริมาณการปล่อยต่อฤดูปลูก
หมายเหตุ	-

พารามิเตอร์	$EF_{PROJ,s,g}$
หน่วย	กิโลกรัมก๊าซมีเทนต่อไร่ต่อฤดูปลูก
ความหมาย	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนในกรณีดำเนินโครงการ
แหล่งของข้อมูล	เก็บตัวอย่างก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าวของโครงการด้วยวิธีการตาม IPCC
ความถี่ในการติดตาม	เก็บตัวอย่างด้วยวิธีแบบกล่องปิดและรายงานปริมาณการปล่อยต่อฤดูปลูก
หมายเหตุ	-

พารามิเตอร์	$A_{s,g}$
หน่วย	ไร่
ความหมาย	ผลรวมของพื้นที่โครงการในฤดูปลูก s รูปแบบ g
แหล่งของข้อมูล	- สำรวจในพื้นที่ เช่น การใช้ GPS

	- ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม/ภาพถ่ายทางอากาศ
ความถี่ในการติดตาม	รายงานทุกฤดูปลูก
หมายเหตุ	-

ทางเลือกที่ 2: ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าวที่เป็นค่าแนะนำ

พารามิเตอร์	$EF_{BSL,c}$
หน่วย	กิโลกรัมก๊าซมีเทนต่อไร่ต่อวัน หรือ กิโลกรัมก๊าซมีเทนต่อไร่ต่อฤดูปลูก
ความหมาย	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนสำหรับการปลูกข้าวแบบขังน้ำตลอดและไม่ใส่วัสดุอินทรีย์
แหล่งของข้อมูล	ทางเลือกที่ 1เก็บตัวอย่างก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าวของโครงการด้วยวิธีการตาม IPCC ทางเลือกที่ 2การใช้ค่าแนะนำตาม IPCC
ความถี่ในการติดตาม	คำนวณค่าก่อนดำเนินโครงการ หรือการติดตามผลรายปี
หมายเหตุ	-

พารามิเตอร์	A_t
หน่วย	ไร่
ความหมาย	พื้นที่โครงการในปีที่t
แหล่งของข้อมูล	- สำรวจในพื้นที่ เช่น การใช้ GPS - ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม/ภาพถ่ายทางอากาศ
ความถี่ในการติดตาม	รายงานทุกปี
หมายเหตุ	-

พารามิเตอร์	L_t
หน่วย	วัน

ความหมาย	ระยะเวลาปลูกข้าวของโครงการในปีที่ t
แหล่งของข้อมูล	- สำรวจในพื้นที่ เช่น สมุดบันทึกการปลูกข้าว
ความถี่ในการติดตาม	รายงานทุกปี
หมายเหตุ	ใช้ร่วมกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าวที่เป็นหน่วยฤดูปลูก

6. เอกสารอ้างอิง

1) Clean Development Mechanism (CDM)Small-scale methodology: AMS-III.AU. Methane emission reduction by adjusted water management practice in rice cultivation (Version 04.0), 2014.
2) 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use
3) 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

ภาคผนวก

ภาคผนวกที่ 1 นิยามที่เกี่ยวข้อง

คำศัพท์	นิยาม
คาร์บอนในดิน(soil carbon)	การสลายตัวของอินทรียวัตถุ (organic matter) ที่สะสมในดินในรูปของอินทรีย์คาร์บอน (organic carbon)
ข้าวนาดำ (Transplanted rice)	การปลูกข้าวที่มีการเพาะเมล็ดในแปลงเพาะกล้าประมาณ 20-30 วัน จากนั้นนำต้นกล้าไปปักดำในแปลงปลูกข้าวที่ขังน้ำ
ข้าวนาหว่าน (Direct seeded rice)	การปลูกข้าวที่หว่านเมล็ดข้าวหรือเมล็ดข้าวงอก (Pre-germinated) โดยตรงในแปลงปลูกทั้งในสภาวะขังน้ำหรือแห้ง
กิจกรรมการเกษตรของโครงการ (PROJect cultivation practice)	เป็นกิจกรรมตามข้อกำหนดของเครื่องมือ โดยให้ความสำคัญกับการจัดการน้ำในพื้นที่ปลูกข้าว ส่วนการเตรียมพื้นที่ การใส่ปุ๋ย และการจัดการศัตรูพืช เป็นทางเลือกของการดำเนินการ
ระบอบน้ำ (Water regime)	เป็นรูปแบบการปลูกข้าวที่พิจารณาทั้งตามนิเวศ (Ecosystem type) เช่น นาชลประทาน นาน้ำฝน และตามสภาวะการขังน้ำ (Flooding pattern) เช่น การขังน้ำตลอดฤดู การขังน้ำเป็นช่วง
ข้าวไร่ (Upland rice)	การปลูกข้าวที่ไม่มีการขังน้ำเป็นหลัก
นาชลประทาน (Irrigated rice)	การปลูกข้าวที่มีการขังน้ำเป็นหลัก และมีระบบหรือการจัดการควบคุมน้ำในแปลง
นาน้ำฝนและนาน้ำลึก (Rainfed and deep water rice)	การปลูกข้าวที่มีการขังน้ำเป็นหลัก และระบอบน้ำของพื้นที่ขึ้นกับน้ำฝนเท่านั้น

ภาคผนวกที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าวเวลาปลูกข้าว และตัวปรับค่าต่าง ๆ

อ้างอิงตามคู่มือ 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

2.1 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าวแบบขังน้ำตลอดฤดูปลูกและไม่ใส่วัสดุอินทรีย์ ($EF_{bsl,c}$)

TABLE 5.11 (UPDATED)
DEFAULT CH_4 BASELINE EMISSION FACTOR ASSUMING NO FLOODING FOR LESS THAN 180 DAYS PRIOR TO RICE CULTIVATION, AND CONTINUOUSLY FLOODED DURING RICE CULTIVATION WITHOUT ORGANIC AMENDMENTS

World		Regional		
Emission factor (kg CH_4 ha^{-1} d^{-1})	**Error range (kg CH_4 ha^{-1} d^{-1})**	**Region**	**Emission factor (kg CH_4 ha^{-1} d^{-1})**	**Error range (kg CH_4 ha^{-1} d^{-1})**
1.19	0.80 – 1.76	Africa [1]	1.19	0.80 – 1.76
		East Asia	1.32	0.89 – 1.96
		Southeast Asia	1.22	0.83 – 1.81
		South Asia	0.85	0.58 – 1.26
		Europe	1.56	1.06 – 2.31
		North America	0.65	0.44 – 0.96
		South America	1.27	0.86 – 1.88

Note: Emission factors and error ranges were estimated based on 95% confidence interval, using statistical model with updated database; See Annex 5A.2 for more information.

[1] For Africa, the global estimate is used due to lack of data.

หมายเหตุ การนำค่าไปใช้ให้แปลงหน่วยเป็น กิโลกรัมก๊าซมีเทนต่อไร่ต่อวัน โดยที่ 1 เฮกตาร์เท่ากับ 6.25 ไร่

2.2ตัวปรับค่าตามรูปแบบการจัดการน้ำช่วงฤดูปลูกในพื้นที่ปลูกข้าว ($SF_{bsl,w}$หรือ$SF_{proj,w}$)

TABLE 5.12 (UPDATED)
DEFAULT CH_4 EMISSION SCALING FACTORS FOR WATER REGIMES DURING THE CULTIVATION PERIOD RELATIVE TO CONTINUOUSLY FLOODED FIELDS

Water regime		Aggregated case		Disaggregated case	
		Scaling factor)SFw(	Error range	Scaling factor)SFw(	Error range
Upland [a]		0	-	0	–
Irrigated [b]	Continuously flooded	0.60	0.44 – 0.78	1.00	0.73 – 1.27
	Single drainage period			0.71	0.53 – 0.94
	Multiple drainage periods			0.55	0.41 – 0.72
Rainfed and deep water [c]	Regular rainfed	0.45	0.32 – 0.62	0.54	0.39 – 0.74
	Drought prone			0.16	0.11 – 0.24
	Deep water	0.06	0.03 – 0.12	0.06	0.03 – 0.12

Source: Scaling factors and error ranges (based on 95% confidential interval) were determined using statistical model and updated database; see Annex 5A.2 for more information.

Notes:

[a] Fields are never flooded for a significant period of time.

[b] Fields are flooded for a significant period of time and the water regime is fully controlled.

• Continuously flooded: Fields have standing water throughout the rice growing season and may only dry out for harvest)end-season drainage(.

• Single drainage period: Fields have a single drainage event and period during the cropping season at any growth stage, in addition to the end of season drainage.

• Multiple drainage periods: Fields have more than one drainage event and period of time without flooded conditions during the cropping season, in addition to an end of season drainage, including alternate wetting and drying (AWD).

[c] Fields are flooded for a significant period of time with water regimes that depend solely on precipitation.

• Regular rainfed: The water level may rise up to 50 cm during the cropping season.

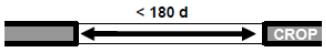
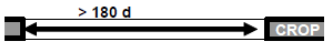
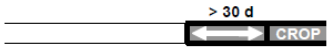
• Drought prone: Drought periods occur during every cropping season.

• Deep-water rice: Water level rises to more than 50 cm above the soil for a significant period of time during the cropping season.

Other rice ecosystem categories, like swamps and inland, saline or tidal wetlands may be discriminated within each sub-category.

2.3ตัวปรับค่าตามรูปแบบการจัดการน้ำก่อนฤดูปลูกในพื้นที่ปลูกข้าว ($SF_{bsl,p}$หรือ$SF_{proj,p}$)

TABLE 5.13 (UPDATED)
DEFAULT CH_4 EMISSION SCALING FACTORS FOR WATER REGIMES BEFORE THE CULTIVATION PERIOD

Water regime prior to rice cultivation (schematic presentation showing flooded periods as shaded)	Aggregated case		Disaggregated case	
	Scaling factor (SF_p)	Error range	Scaling factor (SF_p)	Error range
Non flooded pre-season <180 d 	1.22	1.08 – 1.37	1.00	0.88 – 1.12
Non flooded pre-season >180 d 			0.89	0.80 – 0.99
Flooded pre-season (>30 d)[a,b] 			2.41	2.13 – 2.73
Non-flooded pre-season >365 d [c]			0.59	0.41 – 0.84

Source: Scaling factors and error ranges (based on 95% confidential interval) were determined using statistical model and updated database; see Annex 5A.2 for more information.

[a] Short pre-season flooding periods of less than 30 d are not considered in selection of SFp

[b] For calculation of pre-season emission see below (section on completeness)

[c] Refers to "upland crop - paddy rotation" or fallow without flooding in previous year.

2.4ตัวแปลงค่าสำหรับวัสดุอินทรีย์ที่ใส่ (CFOA)

TABLE 5.14 (UPDATED)
DEFAULT CONVERSION FACTORS FOR DIFFERENT TYPES OF ORGANIC AMENDMENTS

Organic amendment	Conversion factor (CFOA)	Error range
Straw incorporated shortly (<30 days) before cultivation[a]	1.00	0.85 – 1.17
Straw incorporated long (>30 days) before cultivation[a]	0.19	0.11 – 0.28
Compost	0.17	0.09 – 0.29
Farm yard manure	0.21	0.15 – 0.28
Green manure	0.45	0.36 – 0.57

Source: Conversion factors and error ranges (based on 95% confidential interval) were determined using statistical model and updated database; see Annex 5A.2 for more information.

[a] Straw application means that straws are incorporated into the soil. It does not include cases where straws are just placed on soil surface, and straws that were burnt on the field.

ภาคผนวกที่ 3แนวทางการตรวจวัดการปล่อยก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าว

ข้อกำหนดการดำเนินการ

- การตรวจวัดการปล่อยก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าวต้องอยู่ภายใต้การควบคุมหรือการให้คำปรึกษาโดยผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์เก็บตัวอย่างก๊าซในภาคสนามหรือผู้ที่ได้รับการฝึกอบรม
- ผู้พัฒนาโครงการต้องจัดทำแผนและรายละเอียดการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเพื่อให้ได้มาซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าวก่อนฤดูปลูก โดยมีเนื้อหาที่สำคัญ ได้แก่ การกำหนดพื้นที่ตัวแทนการปลูกข้าวของโครงการ ซึ่งครอบคลุมภูมิอากาศ ชนิดดิน การจัดการน้ำ พันธุ์ข้าวและพืชอื่น และการใส่ปุ๋ยและวัสดุอินทรีย์ ตารางเวลาการปลูกข้าวและการเก็บตัวอย่างก๊าซ รวมถึงการวิเคราะห์ตัวอย่าง เป็นต้น
- รายละเอียดการดำเนินการติดตั้งกล่องเก็บตัวอย่างก๊าซแสดงดังต่อไปนี้

หัวข้อ	**รายละเอียด**	
วัสดุที่ใช้ทำกล่องเก็บตัวอย่าง	ทางเลือกที่ 1: การใช้วัสดุทึบแสง ● ทำจากพลาสติกแบบ PVC หรือจากวัสดุจากโรงงาน เช่น เหล็กกัลวาไนซ์หรือเหล็กชุบสังกะสี ● ทำสีขาวหรือสารที่ช่วยสะท้อนแสง ● เหมาะสำหรับการเก็บตัวอย่างระยะสั้น โดยทั่วไปประมาณ 30 นาที	ทางเลือกที่ 2: การใช้วัสดุโปร่งแสง ● ทำจากวัสดุที่เป็นอะคริลิก ● ข้อดีของกล่องโปร่งแสง คือ หากมีฝาที่เปิดปิดได้ สามารถวางกล่องทิ้งไว้ในแปลงได้นานกว่า
การติดตั้งในดิน	ทางเลือกที่ 1: ฐานที่ตรึงกับพื้นที่ ● ฐานทำจากวัสดุที่ไม่เป็นสนิมและสามารถทิ้งไว้ในแปลงได้ตลอดฤดูปลูก ● ต้องปิดสนิมกับกล่อง และไม่ให้อากาศเข้าออกได้ ● เจาะรูที่ฐานเพื่อให้เกิดการ	ทางเลือกที่ 2: ไม่มีฐาน ● กล่องเก็บก๊าซวางบนดิน และทำการเปิดฝากล่องเพื่อระบายอากาศ

หัวข้อ	รายละเอียด	
	แลกเปลี่ยนน้ำในบริเวณภายในและภายนอกฐานได้ ● ต้องติดตั้งก่อนการเก็บตัวอย่างก๊าซครั้งแรก ไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง	
วัสดุเสริม	● ติดตั้งเครื่องหรืออุปกรณ์วัดอุณหภูมิอากาศภายในกล่องจุดเก็บตัวอย่างก๊าซ โดยใช้จุกยางในการเปิดปิดจุดเก็บตัวอย่าง	
รูปทรงของฐาน	รูปทรงกลมหรือทรงสี่เหลี่ยมที่ต้องครอบคลุมพื้นที่อย่างน้อยต้นข้าว 4 กอ หรืออย่างน้อยขนาด 0.1 ตารางเมตร	
ความสูงกล่อง	ทางเลือกที่ 1: ความสูงคงที่ ● ไม่น้อยกว่าความสูงต้นข้าว	ทางเลือกที่ 2: ความสูงที่ปรับเปลี่ยนได้ ● ปรับความสูงตามต้นข้าวได้ ● มีกล่องตามความสูงต่าง ๆ

- รายละเอียดการเก็บตัวอย่างก๊าซ

หัวข้อ	รายละเอียด
จำนวนซ้ำต่อแปลง	มีจำนวนซ้ำอย่างน้อย 3 กล่องต่อแปลง
จำนวนตัวอย่างก๊าซต่อกล่องต่อครั้งการตรวจวัด	มีจำนวนอย่างน้อย 3 ตัวอย่างต่อกล่องต่อครั้ง
ระยะเวลาเก็บตัวอย่าง	30 นาที
ช่วงเวลาการเก็บตัวอย่าง	ช่วงเช้า
ความถี่ในการเก็บตัวอย่าง	อย่างน้อยสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ตลอดฤดูปลูกข้าว (เริ่มปลูกข้าวจนถึงก่อนเก็บเกี่ยวข้าว)
หลอดเก็บก๊าซ	อยู่ในสภาพที่เหมาะสมในการใช้งาน คือ เก็บตัวอย่างได้ดีและไม่รั่ว ทั้งนี้ต้องตรวจสอบสภาพก่อนใช้งาน และใช้อุปกรณ์ที่ควบคุมการเก็บก๊าซ เพื่อความสะดวกในการใช้งาน
การเก็บรักษาตัวอย่าง	● การวิเคราะห์ตัวอย่างภายใน 24 ชั่วโมง สามารถเก็บตัวอย่างไว้ในหลอดเก็บก๊าซได้ ● การวิเคราะห์ตัวอย่างเกินกว่า 24 ชั่วโมง ต้องเก็บตัวอย่างก๊าซในขวดที่

หัวข้อ	รายละเอียด
	เป็นสุญญากาศและเก็บในที่มีความดันสูงกว่าปกติเล็กน้อย (slight overpressure)

- รายละเอียดการวิเคราะห์ตัวอย่างก๊าซ

หัวข้อ	รายละเอียด
วิธีการตรวจวัด	เครื่อง Gas Chromatograph และใช้ Flame ionization detector (FID) เป็นอุปกรณ์ตรวจวัด
การฉีดก๊าซ	การฉีดโดยตรงหรือใช้ Multi-port valve และ Sample loop
คอลัมน์	คอลัมน์แบบ Packed หรือแบบ Capillary
การปรับเทียบ	วิเคราะห์ตัวอย่างก๊าซมาตรฐานก่อนและหลังการวิเคราะห์ตัวอย่างในแต่ละวัน

- วิธีคำนวณอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าว แสดงดังสมการต่อไปนี้

$$m_{CH4,t} = C_{CH4,t} \; x \; V_{chamber} \; x \; M_{CH4} \; x \; \frac{1 \; atm}{R \; x \; T_t \; x \; 1000}$$

$$s = \frac{\Delta m_{CH4}}{\Delta t}$$

$$RE_{ch} = s \; x \; \frac{60 \; min}{A_{chamber}}$$

$$RE_{plot} = \frac{\sum RE_{ch}}{N_{ch}}$$

โดยที่:

$m_{CH4,t}$ มวลของก๊าซมีเทนในกล่องเก็บก๊าซที่เวลา t (มิลลิกรัม)

t เวลาเก็บก๊าซ (เช่น 0, 15, 30 นาที)

$C_{CH4,t}$	ความเข้มข้นของก๊าซมีเทนในกล่องเก็บก๊าซที่เวลา t จากการวิเคราะห์ตัวอย่าง (ส่วนในล้านส่วน)
$V_{chamber}$	ปริมาตรกล่องเก็บก๊าซ (ลิตร)
M_{CH4}	มวลโมเลกุลของก๊าซมีเทน (16 กรัมต่อโมล)
$1\ atm$	ความดันบรรยากาศ (กำหนดให้มีค่าคงที่ที่ 1 บรรยากาศ หรือมีอุปกรณ์ตรวจวัดติดตั้งภายในกล่อง)
R	ค่าคงที่ก๊าซ (กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0.08206 ลิตรต่อเคลวินต่อโมล)
T_t	อุณหภูมิที่เวลา t (เคลวิล)
s	ความชันของกราฟเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นของก๊าซและเวลา (ค่าจากการคำนวณ)
RE_{ch}	อัตราการปล่อยก๊าซจากกล่องเก็บตัวอย่าง (มิลลิกรัมต่อความสูงต่อตารางเมตร)
ch	กล่องเก็บตัวอย่างที่1, 2, 3,.... ในแปลง
$A_{chamber}$	พื้นที่หน้าตัดของกล่องเก็บตัวอย่าง (ตารางเมตร)
RE_{plot}	ค่าเฉลี่ยอัตราการปล่อยก๊าซของแปลง (มิลลิกรัมต่อความสูงต่อตารางเมตร)
N_{ch}	จำนวนกล่องเก็บตัวอย่างในแปลง

- เมื่อได้ค่าเฉลี่ยอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนต่อพื้นที่ปลูกข้าวแล้ว ทำการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนตลอดฤดูปลูกข้าว โดยการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซในแต่ละช่วงของการเก็บตัวอย่างคำนวณหาผลรวมปริมาณการปล่อยก๊าซตลอดฤดูปลูก และรายงานในหน่วยมิลลิกรัมต่อตารางเมตรหรือหน่วยกิโลกรัมต่อไ ร่

บันทึกการแก้ไข

ฉบับที่	แก้ไขครั้งที่	วันที่บังคับใช้	รายการแก้ไข
01	-	1 มีนาคม 2566	ปรับแก้ไขจาก TVER-TOOL-01-13