TVER-TOOL-01-04

การคำนวณการเปลี่ยนแปลงปริมาณการสะสมคาร์บอนในดิน สำหรับกิจกรรมโครงการป่าไม้

(Calculation for change in soil organic carbon stocks in forest project activities)

(ฉบับที่ 01)

1. บทนำ

เอกสารฉบับนี้เป็นเครื่องมือสำหรับการประเมินการเปลี่ยนแปลงปริมาณการสะสมคาร์บอนในดินของพื้นที่โครงการ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการคำนวณปริมาณการกักเก็บทั้งในส่วนของกรณีฐานและการดำเนินงาน

2. คำนิยามที่เกี่ยวข้อง

รายละเอียดดังภาคผนวกที่ 1

3. ลักษณะของกิจกรรมที่เข้าข่าย และเงื่อนไขการนำไปใช้

เครื่องมือนี้เหมาะสำหรับนำไปใช้คำนวณการเปลี่ยนแปลงปริมาณการสะสมคาร์บอนในดินในกรณีฐานและกรณีดำเนินโครงการของพื้นที่ที่มีลักษณะดังนี้:

1) พื้นที่ที่ใช้เครื่องมือนี้ได้ คือ
   (1) ไม่เป็นพื้นที่ชุ่มน้ำ หรือ
   (2) ไม่เป็นดินอินทรีย์ (organic soils) ตามนิยามใน2006 IPCC Guidelines (Vol. 4 Chapter 3)
   (3) ต้องไม่เป็นพื้นที่ที่มีการจัดการที่ดินและการใส่วัสดุอินทรีย์ตามรายการในภาคผนวกที่ 2 ตารางที่ 1 และ 2 โดยเฉพาะกิจกรรมที่มีการสะสมคาร์บอนในดินที่สูง เช่น การไถพรวนการเติมวัสดุอินทรีย์ เป็นต้น
2) กิจกรรมการของโครงการป่าไม้ต้องเป็นไปตามสภาวะต่อไปนี้
   (1) เศษซากพืชต้องถูกทิ้งไว้ในพื้นที่และไม่ถูกนำออกในกิจกรรมของโครงการ และ
   (2) การรบกวนดินที่เป็นไปตามกิจกรรมของโครงการ (หากมี) คือ
      ก. สอดคล้องกับกิจกรรมที่อนุรักษ์ดินได้อย่างเหมาะสม เช่น การปลูกพืชตามแนวระดับ (land contour)
      ข. จำกัดการรบกวนดินจากการเตรียมพื้นที่ก่อนปลูก และต้องไม่รบกวนดินซ้ำเป็นเวลาอย่างน้อย 20 ปี

4. สมมติฐาน

เครื่องมือนี้มีข้อสมมติฐานเพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงปริมาณการสะสมคาร์บอนในดินดังนี้

1) การเตรียมพื้นที่และการปลูกต้นไม้มีการดำเนินการภายใน 1 ปี
2) การดำเนินโครงการทำให้พื้นที่มีปริมาณคาร์บอนในดินสะสมเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับปริมาณคาร์บอนในดินก่อนมีโครงการจนค่าปริมาณคาร์บอนในดินคงที่ (steady-state)
3) การเพิ่มขึ้นของคาร์บอนในดินในกรณีดำเนินโครงการมีอัตราคงที่ตลอดระยะเวลา 20 ปี นับจากปีที่ปลูก

5. การคำนวณการเปลี่ยนแปลงปริมาณการสะสมคาร์บอนในดิน

พื้นที่โครงการถูกจำแนกตามชั้นภูมิ (stratification) ที่เหมาะสมดังนี้

1) เขตภูมิอากาศและชนิดดิน (ภาคผนวกที่ 2 ตารางที่ 3)
2) การจัดการพื้นที่ก่อนมีโครงการสำหรับพื้นที่การเกษตรแสดงดังภาคผนวกที่ 2 ตารางที่ 4
3) การจัดการพื้นที่ก่อนมีโครงการสำหรับแหล่งทุ่งหญ้าแสดงดังภาคผนวกที่ 2 ตารางที่ 4

การเปลี่ยนแปลงปริมาณการสะสมคาร์บอนในดินจากการดำเนินโครงการ มีวิธีการประเมินดังนี้

ขั้นตอนที่ 1การคำนวณปริมาณการสะสมคาร์บอนในดินก่อนเริ่มกิจกรรมโครงการ โดยคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

ทางเลือกที่ 1ปริมาณคาร์บอนในดินของตัวอย่างที่เก็บจากแปลงตัวอย่าง

ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดิน เป็นการเก็บตัวอย่างดินและวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนในดินและความหนาแน่นรวมของดินจากพื้นที่โครงการโดยตรง รายละเอียดการคำนวณแสดงดังสมการต่อไปนี้

$$SOC_{0,sp,i} = SOC_{sample,sp,i} \; x \; BD_{sample,sp,i} \; x \; Dep_{sample,sp,i} \; x \; 0.16$$

โดยที่

$SOC_{0,sp,i}$	=	ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดินก่อนเริ่มโครงการในแปลงตัวอย่าง sp ชั้นภูมิที่ i ของพื้นที่โครงการ(ตันคาร์บอนต่อไร่)
$SOC_{sample,sp,i}$	=	ปริมาณคาร์บอนในดินของตัวอย่างที่เก็บจากแปลงตัวอย่าง sp ในชั้นภูมิที่ i (ค่าจากห้องปฏิบัติการในหน่วยกรัมของคาร์บอนสำหรับอนุภาคดินขนาด< 2 มิลลิเมตร)(กรัมคาร์บอนต่อดิน100 กรัม)
$BD_{sample,sp,i}$	=	ความหนาแน่นรวมของดินที่มีขนาดอนุภาค<2 มิลลิเมตร ในแปลงเก็บตัวอย่าง sp ในชั้นภูมิที่ i(ค่าจากห้องปฏิบัติการในหน่วยกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)
$Dep_{sample,sp,i}$	=	ความลึกดินที่เก็บจากแปลงตัวอย่าง sp ในชั้นภูมิที่ i(เซนติเมตร) (ไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร)
sp	=	แปลงตัวอย่างที่ 1, 2, 3, ...P_i ในชั้นภูมิที่ i
i	=	ชั้นภูมิที่ 1, 2, 3, ...
0.16	=	ค่าแปลงหน่วย (1 กรัม =10^{-6}ตัน และ 1 ไร่ =1.6 x 10^{7}ตารางเซนติเมตร)

$$SOC_{0,i} = \frac{\sum_{sp=1}^{Pi} (SOC_{0,sp,i})}{P_i}$$

โดยที่

$SOC_{0,i}$	=	ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดินก่อนเริ่มโครงการในชั้นภูมิที่ i ของพื้นที่โครงการ (ตันคาร์บอนต่อไร่)
$SOC_{0,sp,i}$	=	ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดินก่อนเริ่มโครงการในแปลงตัวอย่าง sp ชั้นภูมิที่ i ของพื้นที่โครงการ(ตันคาร์บอนต่อไร่)
P_i	=	จำนวนแปลงตัวอย่างที่เก็บข้อมูลในชั้นภูมิที่ i

sp = แปลงตัวอย่างที่ 1, 2, 3, ...P_i ในชั้นภูมิที่ i

i = ชั้นภูมิที่ 1, 2, 3, ...

ทางเลือกที่ 2ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดินอ้างอิง

$$SOC_{0,i} = SOC_{REF,0,i}\ x\ f_{LU,0,i}\ x\ f_{MG,0,i}\ x\ f_{I,0,i}$$

โดยที่

$SOC_{0,i}$ = ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดินก่อนเริ่มโครงการในชั้นภูมิที่ i ของพื้นที่โครงการ (ตันคาร์บอนต่อไร่)

$SOC_{REF,i}$ = ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดินอ้างอิงที่เป็นสภาพตามธรรมชาติ (เช่น พื้นที่ที่ไม่มีการปรับปรุง ไม่เสื่อมสภาพ และปกคลุมด้วยพืชพื้นถิ่น) ตามเขตภูมิอากาศและชนิดดินในชั้นภูมิ i ของพื้นที่ (ตันคาร์บอนต่อไร่)

$f_{LU,0,i}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนในดินตามประเภทการใช้ที่ดินก่อนเริ่มดำเนินโครงการในชั้นภูมิที่ i

$f_{MG,0,i}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนในดินตามวิธีการจัดการดินก่อนเริ่มดำเนินโครงการในชั้นภูมิที่ i

$f_{I,0,i}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนในดินตามระดับอินทรียวัตถุที่กลับคืนสู่ดิน ก่อนเริ่มดำเนินโครงการในชั้นภูมิที่ i

i = ชั้นภูมิที่ 1, 2, 3, ...

ขั้นตอนที่ 2การคำนวณการสูญเสียปริมาณการสะสมคาร์บอนในดิน เมื่อมีการรบกวนดินในพื้นที่โครงการ โดยที่ในแต่ละชั้นภูมิของพื้นที่ที่มีการรบกวนดินจากกิจกรรมโครงการและสำหรับพื้นที่ทั้งหมดที่ถูกรบกวนมีขนาดเกินกว่าพื้นที่ที่ถูกรบกวนตามเส้นฐาน (baseline) (หากมี) ที่มีค่าเกินกว่าร้อยละ 10 ของพื้นที่ในชั้นภูมิ การสูญเสียคาร์บอนในดินจะถูกประเมินดังสมการต่อไปนี้

$$SOC_{LOSS,i} = SOC_{0,i}\ x\ 0.1$$

ส่วนชั้นภูมิอื่นที่มีการรบกวนดินไม่เกินร้อยละ 10 ของพื้นที่ในชั้นภูมิ กำหนดว่าไม่มีการสูญเสียคาร์บอนในดินหรือ$SOC_{LOSS,i} = 0$

โดยที่

$SOC_{LOSS,i}$ = การสูญเสียคาร์บอนในดินจากการรบกวนดินที่เป็นผลจากกิจกรรมโครงการในชั้นภูมิที่ i ของพื้นที่โครงการ(ตันคาร์บอนต่อไร่)

0.1 = สัดส่วนโดยประมาณของคาร์บอนในดินที่สูญเสียจากการรบกวนดิน

i = ชั้นภูมิที่ 1, 2, 3, ...

ขั้นตอนที่ 3การคำนวณปริมาณการสะสมคาร์บอนในดินกรณีดำเนินโครงการ โดยคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$SOC_{t,i} = SOC_{REF,i} \; x \; f_{LU,t,i} \; x \; f_{MG,t,i} \; x \; f_{I,t,i}$$

โดยที่

$SOC_{t,i}$	=	ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดินเมื่อดำเนินโครงการในชั้นภูมิที่ i ของพื้นที่โครงการ (ตันคาร์บอนต่อไร่)
$SOC_{REF,i}$	=	ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดินอ้างอิงที่เป็นสภาพตามธรรมชาติ (เช่น พื้นที่ที่ไม่มีการปรับปรุง ไม่เสื่อมสภาพ และปกคลุมด้วยพืชพื้นถิ่น) ตามเขตภูมิอากาศและชนิดดินในชั้นภูมิ i ของพื้นที่ (ตันคาร์บอนต่อไร่)
$f_{LU,t,i}$	=	ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนในดินตามประเภทการใช้ที่ดินเมื่อดำเนินโครงการในชั้นภูมิที่ i (กำหนดค่าที่ใช้ คือ 1) *อ้างอิง 2019 refinement to the 2006 ipcc guidelines for national greenhouse gas inventories: Volume 4*
$f_{MG,t,i}$	=	ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนในดินตามวิธีการจัดการดินเมื่อดำเนินโครงการในชั้นภูมิที่ i (กำหนดค่าที่ใช้ คือ 1) *อ้างอิง 2019 refinement to the 2006 ipcc guidelines for national greenhouse gas inventories: Volume 4*
$f_{I,t,i}$	=	ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนในดินตามระดับอินทรียวัตถุที่กลับคืนสู่ดิน เมื่อดำเนินโครงการในชั้นภูมิที่ i (กำหนดค่าที่ใช้ คือ 1)*อ้างอิง 2019 refinement to the 2006 ipcc guidelines for national greenhouse gas inventories: Volume 4*
i	=	ชั้นภูมิที่ 1, 2, 3, ...

ขั้นตอนที่ 4การคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณการสะสมคาร์บอนในดินกรณีดำเนินโครงการ โดยเป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงในกรณีดำเนินโครงการจนกระทั่งปริมาณคาร์บอนในดินคงที่รายละเอียดการประเมินแสดงดังนี้

ช่วงปีก่อนมีการเตรียมพื้นที่และรบกวนดิน ($t < t_{PREP}$)

$$dSOC_{t,i} = 0 \text{ สำหรับ } t < t_{PREP,i}$$

ปีที่มีการเตรียมพื้นที่และรบกวนดิน ($t = t_{PREP}$)

$$dSOC_{t,i} = -\frac{SOC_{LOSS,i}}{1\ year} \text{ สำหรับ } t = t_{PREP,i}$$

ช่วงปีที่หลังการดำเนินโครงการ และไม่มีการเตรียมพื้นที่และรบกวนดินเป็นเวลาอย่างน้อย 20 ปี ($t_{PREP} < t \leq t_{PREP}+20$)

$$dSOC_{t,i} = \frac{SOC_{t,i} - (SOC_{0,i} - SOC_{LOSS,i})}{20\ years} \text{ สำหรับ } t_{PREP,i} < t \leq t_{PREP,i} + 20$$

โดยที่

$dSOC_{t,i}$	=	อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณการสะสมคาร์บอนในดินในชั้นภูมิที่ i ของพื้นที่โครงการในปีที่ t (ตันคาร์บอนต่อไร่ต่อปี)
$t_{PREP,i}$	=	ปีที่มีการรบกวนดินเป็นครั้งแรกในชั้นภูมิที่ i ของพื้นที่โครงการ
$SOC_{LOSS,i}$	=	การสูญเสียคาร์บอนในดินจากการรบกวนดินที่เป็นผลจากกิจกรรมโครงการในชั้นภูมิที่ i ของพื้นที่โครงการ(ตันคาร์บอนต่อไร่)
$SOC_{t,i}$	=	ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดิน เมื่อดำเนินโครงการในชั้นภูมิที่ i ของพื้นที่โครงการ (ตันคาร์บอนต่อไร่) หรือมีค่าเท่ากับ$SOC_{REF,i}$สำหรับโครงการป่าไม้
$SOC_{0,i}$	=	ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดินก่อนเริ่มโครงการในชั้นภูมิที่ i ของพื้นที่โครงการ (ตันคาร์บอนต่อไร่)
$SOC_{REF,i}$	=	ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดินอ้างอิงที่เป็นสภาพตามธรรมชาติ (เช่น พื้นที่ที่ไม่มีการปรับปรุง ไม่เสื่อมสภาพ และปกคลุมด้วยพืชพื้นถิ่น) ตามเขตภูมิอากาศและชนิดดินในชั้นภูมิ i ของพื้นที่ (ตันคาร์บอนต่อไร่)
i	=	ชั้นภูมิที่ 1, 2, 3, ...
t	=	1, 2, 3, ... ปีตั้งแต่เริ่มดำเนินโครงการ

เมื่อพิจารณาความไม่แน่นอน (uncertainty) และขีดจำกัดตามธรรมชาติ (inherent limitation) สำหรับความแม่นยำของการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้ในเครื่องมือนี้กำหนดให้อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณการสะสมคาร์บอนในดินมีค่าไม่เกินกว่า 0.8 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ต่อปี หรือ 0.128 ตันคาร์บอนต่อไร่ต่อปี

ดังนั้น หากประเมิน$dSOC_{t,i}$ >0.128 ตันคาร์บอนต่อไร่ต่อปีกำหนดให้$dSOC_{t,i}$ =0.128 ตันคาร์บอนต่อไร่ต่อปี

ขั้นตอนที่ 5การเปลี่ยนแปลงปริมาณการสะสมคาร์บอนในดินสำหรับทุกชั้นภูมิของพื้นที่โครงการในปีที่ t ประเมินได้ดังนี้

$$\Delta SOC_{AL,t} = \sum_i^n A_i \, x \, dSOC_{t,i} \, x \, \frac{44}{12} \, x \, 1 \, year$$

โดยที่

$\Delta SOC_{AL,t}$	=	การเปลี่ยนแปลงปริมาณการสะสมคาร์บอนในดินสำหรับทุกชั้นภูมิของพื้นที่โครงการในปีที่ t (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี)
A_i	=	พื้นที่โครงการในชั้นภูมิที่ i (ไร่)
$dSOC_{t,i}$	=	อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณการสะสมคาร์บอนในดินในชั้นภูมิที่ i ของพื้นที่โครงการในปีที่ t (ตันคาร์บอนต่อไร่ต่อปี)
i	=	ชั้นภูมิที่ 1, 2, 3, ...
44/12	=	สัดส่วนมวลโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อคาร์บอน

6. พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง

6.1 พารามิเตอร์ที่ไม่ต้องติดตามผล

พารามิเตอร์	$SOC_{REF,i}$
หน่วย	ตันคาร์บอนต่อไร่
ความหมาย	ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดินอ้างอิง
แหล่งของข้อมูล	ทางเลือกที่ 1 2019 refinement to the 2006 ipcc guidelines for national greenhouse gas inventories: Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use ทางเลือกที่ 2 ตามที่ อบก. กำหนด ในคู่มืออ้างอิงการพัฒนาโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย สาขาป่าไม้และการเกษตร ทางเลือกที่ 3 ค่าที่ได้จากงานวิจัยที่มีการตีพิมพ์ในบทความทางวิชาการที่ได้รับการยอมรับและสามารถระบุได้ว่าเหมาะสมกับพื้นที่ดำเนินโครงการ
หมายเหตุ	-

พารามิเตอร์	F_{LU}
หน่วย	-

ความหมาย	ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนในดินตามประเภทการใช้ที่ดิน
แหล่งของข้อมูล	ทางเลือกที่ 1 2019 refinement to the 2006 ipcc guidelines for national greenhouse gas inventories: Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use (ยกเว้นค่าสัมประสิทธิ์สำหรับกิจกรรมที่มีการสะสมคาร์บอนในดินที่สูง) ทางเลือกที่ 2 ค่าที่ได้จากงานวิจัยที่มีการตีพิมพ์ในบทความทางวิชาการที่ได้รับการยอมรับและสามารถระบุได้ว่าเหมาะสมกับพื้นที่ดำเนินโครงการ ทางเลือกที่ 3 เก็บตัวอย่างจากพื้นที่โครงการเพื่อพัฒนาค่าตามที่ อบก. กำหนด
หมายเหตุ	-

พารามิเตอร์	F_{MG}
หน่วย	-
ความหมาย	ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนในดินตามวิธีการจัดการดิน
แหล่งของข้อมูล	ทางเลือกที่ 1 2019 refinement to the 2006 ipcc guidelines for national greenhouse gas inventories: Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use (ยกเว้นค่าสัมประสิทธิ์สำหรับกิจกรรมที่มีการสะสมคาร์บอนในดินที่สูง) ทางเลือกที่ 2 ค่าที่ได้จากงานวิจัยที่มีการตีพิมพ์ในบทความทางวิชาการที่ได้รับการยอมรับและสามารถระบุได้ว่าเหมาะสมกับพื้นที่ดำเนินโครงการ ทางเลือกที่ 3 เก็บตัวอย่างจากพื้นที่โครงการเพื่อพัฒนาค่าตามที่ อบก. กำหนด
หมายเหตุ	-

พารามิเตอร์	F_I
หน่วย	-
ความหมาย	ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงการสะสมคาร์บอนในดินตามระดับอินทรียวัตถุที่กลับคืนสู่ดิน
แหล่งของข้อมูล	ทางเลือกที่ 1 2019 refinement to the 2006 ipcc guidelines for national greenhouse gas inventories: Volume 4

	Agriculture, Forestry and Other Land Use (ยกเว้นค่าสัมประสิทธิ์สำหรับกิจกรรมที่มีการสะสมคาร์บอนในดินที่สูง) ทางเลือกที่ 2 ค่าที่ได้จากงานวิจัยที่มีการตีพิมพ์ในบทความทางวิชาการที่ได้รับการยอมรับและสามารถระบุได้ว่าเหมาะสมกับพื้นที่ดำเนินโครงการ ทางเลือกที่ 3 เก็บตัวอย่างจากพื้นที่โครงการเพื่อพัฒนาค่าตามที่ อบก. กำหนด
หมายเหตุ	-

พารามิเตอร์	44/12
หน่วย	-
รายละเอียด	มวลโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อคาร์บอน เพื่อแปลงหน่วยจากตันคาร์บอนเป็นตันคาร์บอนไดออกไซด์
แหล่งของข้อมูล	IPCC Guideline
หมายเหตุ	-

6.2 พารามิเตอร์ที่ต้องติดตามผล

พารามิเตอร์	A
หน่วย	ไร่
ความหมาย	พื้นที่ทั้งหมดของโครงการ
แหล่งของข้อมูล	- สำรวจในพื้นที่ - ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม/ภาพถ่ายทางอากาศ
ความถี่ในการติดตาม	ตามรอบของการประเมินติดตามผลเพื่อขอการรับรอง
หมายเหตุ	-

พารามิเตอร์	$SOC_{sample,sp,i}$
หน่วย	กรัมคาร์บอนต่อดิน 100 กรัม (อนุภาคดิน< 2 มิลลิเมตร)
ความหมาย	ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ของตัวอย่างดินที่เก็บและรายงานในหน่วยกรัมคาร์บอนต่อดิน 100 กรัม
แหล่งของข้อมูล	เก็บตัวอย่างจากพื้นที่โครงการนำไปวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนในดินใน

	ห้องปฏิบัติการ เพื่อกำหนดเป็นปริมาณการสะสมคาร์บอนในดินก่อนเริ่มโครงการ($SOC_{0,i}$)
ความถี่ในการติดตาม	ตามรอบของการประเมินติดตามผลเพื่อขอการรับรอง
หมายเหตุ	-

พารามิเตอร์	$BD_{sample,sp,i}$
หน่วย	กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
ความหมาย	ความหนาแน่นรวมของดินที่มีขนาดอนุภาค< 2 มิลลิเมตรต่อหน่วยปริมาตร และกำหนดให้รายงานค่าโดยน้ำหนักแห้ง
แหล่งของข้อมูล	เก็บตัวอย่างจากพื้นที่โครงการนำไปวิเคราะห์หาความหนาแน่นรวมของดินในห้องปฏิบัติการ เพื่อกำหนดเป็นปริมาณการสะสมคาร์บอนในดินก่อนเริ่มโครงการ($SOC_{0,i}$)
ความถี่ในการติดตาม	ตามรอบของการประเมินติดตามผลเพื่อขอการรับรอง
หมายเหตุ	-

พารามิเตอร์	$Dep_{sample,sp,i}$
หน่วย	เซนติเมตร
ความหมาย	ความลึกดิน
แหล่งของข้อมูล	เก็บข้อมูลจากพื้นที่โครงการ เพื่อกำหนดเป็นปริมาณการสะสมคาร์บอนในดินก่อนเริ่มโครงการ($SOC_{0,i}$)
ความถี่ในการติดตาม	ตามรอบของการประเมินติดตามผลเพื่อขอการรับรอง
หมายเหตุ	-

7. เอกสารอ้างอิง

1. Clean Development Mechanism (CDM)
   Tool for estimation of change in soil organic carbon stocks due to the implementation of A/R CDM project activities (Version 01.1.0)
2. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use

ภาคผนวก

ภาคผนวกที่ 1 นิยามที่เกี่ยวข้อง

การรบกวนดิน (soil disturbance)	กิจกรรมของมนุษย์ที่เป็นผลให้เกิดการปลดปล่อยคาร์บอนที่สะสมในรูปอินทรีย์ในดินไปสู่บรรยากาศ เช่น การไถพรวน การขุด การคราด การทำร่อง การระบายน้ำ เป็นต้น
คาร์บอนในดิน (soil carbon)	การสลายตัวของอินทรียวัตถุ (organic matter) ที่สะสมในดินในรูปของอินทรีย์คาร์บอน (organic carbon)
ดิน (soil)	เทหวัตถุธรรมชาติที่ปกคลุมผิวโลกอยู่บาง ๆ เกิดขึ้นจากผลของการแปรสภาพหรือผุพังของหินและแร่ และอินทรียวัตถุผสมคลุกเคล้ากัน โดยมีส่วนประกอบดังนี้ อนินทรียวัตถุ (mineral matter) คือ ส่วนของแร่ธาตุต่าง ๆ ภายในหิน ซึ่งผุพังสึกกร่อนเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อย โดยวิธีทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ อินทรียวัตถุ (organic matter) คือ ส่วนที่เกิดจากการเน่าเปื่อยผุพังหรือสลายตัวของซากพืช ซากสัตว์ที่ทับถมกัน น้ำ คือ น้ำในสารละลาย ซึ่งพบอยู่ในช่องระหว่างเม็ดดิน (aggregate) หรืออนุภาคดิน (particle) อากาศ คือ ก๊าซที่อยู่ในที่ว่างระหว่างเม็ดดินหรืออนุภาคดิน ก๊าซส่วนใหญ่ที่พบทั่วไปในดิน ได้แก่ ก๊าซไนโตรเจน ก๊าซออกซิเจน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
ดินอินทรีย์ (organic soils)	ดินอินทรีย์คือ ดินที่มีลักษณะต่าง ๆ ตามกำหนดของ FAO โดยต้องมีลักษณะในข้อ 1 และ 2 หรือ ข้อ 1 และ 3 ดังนี้ (1) มีความหนาตั้งแต่ 10 เซนติเมตรขึ้นไป ชั้นดินมีความหนา <20 เซนติเมตร ต้องมีคาร์บอนอินทรีย์ในดินตั้งแต่ 12% ขึ้นไป เมื่อเกิดการผสมดินถึงระดับความลึกที่ 20 เซนติเมตร (2) กรณีดินไม่เคยอิ่มตัวด้วยน้ำนานกว่า 2-3 วัน และมีคาร์บอนอินทรีย์ในดิน >20% โดยน้ำหนัก (มีอินทรียวัตถุในดินประมาณ 35%) (3) กรณีดินมีสภาวะที่อิ่มตัวด้วยน้ำและ (i) มีคาร์บอนอินทรีย์ในดินอย่างน้อย 12% โดยน้ำหนัก (มีอินทรียวัตถุในดินประมาณ 20%) ถ้าไม่มีแร่ดินเหนียว หรือ (ii) มีคาร์บอนอินทรีย์ในดินอย่างน้อย 18% โดยน้ำหนัก (มีอินทรียวัตถุในดินประมาณ 30%) ถ้ามีแร่ดินเหนียวตั้งแต่ 60% ขึ้นไป หรือ (iii) มีคาร์บอนอินทรีย์ในดินในระดับปานกลางสำหรับแร่ดินเหนียวที่มีระดับปานกลาง ข้อมูลพื้นที่ควรมีการจำแนกตามเขตภูมิอากาศ คือ เขตอบอุ่นและเขตร้อนชื้น และจำแนกตามความอุดมสมบูรณ์ของดินสำหรับพื้นที่ป่าไม้เขตอบอุ่น ข้อมูลพื้นที่ดินอินทรีย์

	อาจรวบรวมจากข้อมูลสถิติที่เป็นทางการของประเทศ หรือพื้นที่ดินอินทรีย์ของแต่ละประเทศที่รายงานโดย FAO (http://faostat.fao.org/) แหล่งข้อมูล: 2006 IPCC Guidelines (Vol. 4 Chapter 3)
พื้นที่ชุ่มน้ำ (Wetlands)	ตามอนุสัญญาแรมซาร์ (Ramsar Convention) หรืออนุสัญญาว่าด้วยพื้นที่ชุ่มน้ำ (ในมาตรา 1.1 และมาตรา 2.1 ของอนุสัญญาได้ให้คำนิยามพื้นที่ชุ่มน้ำไว้ว่า "พื้นที่ชุ่มน้ำ (Wetlands) หมายถึง ที่ลุ่ม ที่ราบลุ่ม ที่ชื้นแฉะ พรุ แหล่งน้ำ ทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้น ทั้งที่มีน้ำขังหรือ น้ำท่วมอยู่ถาวรและชั่วครั้งชั่วคราว ทั้งที่เป็นแหล่งน้ำนิ่งและน้ำไหล ทั้งที่เป็นน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม รวมไปถึงชายฝั่งทะเลและที่ในทะเลในบริเวณซึ่งเมื่อน้ำลดลงต่ำสุด มีความลึกของระดับน้ำไม่เกิน 6 เมตร"

ภาคผนวกที่ 2 การจัดการดิน

ตารางที่ 1_พื้นที่ที่มีการจัดการที่ดิน

Table 1: Baseline cropland management practices under which the tool is not applicable

Temperature / Moisture Regime	Land use	Management	Inputs
Boreal	Long-term cultivated cropland	Full tillage	High with manure
		Reduced tillage	High with manure
		No-till	High without manure High with manure
	Short-term or set aside cropland	Full tillage	High with manure
		Reduced tillage	High with manure
		No-till	High without manure High with manure
Temperate, cold, dry	Long-term cultivated cropland	Full tillage	High with manure
		Reduced tillage	High with manure
		No-till	High with manure
	Short-term or set aside cropland	Full tillage	High with manure
		Reduced tillage	High with manure
		No-till	Medium High without manure
Temperate, cold, moist	Long-term cultivated cropland	Reduced tillage	High with manure
		No-till	High with manure
	Short-term or set aside cropland	Full tillage	High with manure
		Reduced tillage	High with manure
		No-till	High without manure High with manure
Temperate, warm, dry	Long-term cultivated cropland	Full tillage	High with manure
		Reduced tillage	High with manure
		No-till	High with manure
	Short-term or set aside cropland	Full tillage	High with manure
		Reduced tillage	High with manure
		No-till	Medium High without manure
Temperate, warm, moist	Long-term cultivated cropland	Reduced tillage	High with manure
		No-till	High with manure
	Short-term or set aside cropland	Full tillage	High with manure
		Reduced tillage	High with manure
		No-till	High without manure High with manure
Tropical, dry	Short-term or set aside cropland	Full tillage	High with manure
		Reduced tillage	Medium High without manure High with manure
		No-till	All cases
Tropical, moist	Short-term or set aside cropland	Full tillage	High with manure
		Reduced tillage	High without manure High with manure

ตารางที่ 1_พื้นที่ที่มีการจัดการที่ดิน (ต่อ)

Temperature / Moisture Regime	Land use	Management	Inputs
		No-till	High without manure High with manure
Tropical, montane	Long-term cultivated cropland	No-till	High with manure
	Short-term or set aside cropland	Full tillage	High with manure
		Reduced tillage	High without manure High with manure
		No-till	Medium High without manure High with manure
Tropical, wet	Short-term or set aside cropland	Full tillage	High with manure
		Reduced tillage	High without manure High with manure
		No-till	High without manure High with manure

ตารางที่ 2 พื้นที่ที่มีการใส่วัสดุอินทรีย์ตามรายการ

Table 2: Baseline grassland management practices under which the tool is not applicable

Temperature / Moisture Regime	Management	Inputs
Boreal	Improved	All
	Non-degraded	All
	Moderately degraded	High
Temperate, cold, dry	Improved	All
	Non-degraded	All
	Moderately degraded	High
Temperate, cold, moist	Improved	All
	Non-degraded	All
	Moderately degraded	High
Temperate, warm, dry	Improved	All
	Non-degraded	All
	Moderately degraded	High
Temperate, warm, moist	Improved	All
	Non-degraded	All
	Moderately degraded	High
Tropical, dry	Improved	All
	Non-degraded	All
Tropical, moist	Improved	All
	Non-degraded	All
	Moderately degraded	High
Tropical, montane	Improved	All
	Non-degraded	All
	Moderately degraded	High
Tropical, wet	Improved	All
	Non-degraded	High
	Moderately degraded	High

ตารางที่ 3_ SOC จำแนกตามเขตภูมิอากาศและชนิดดิน

TABLE 2.3 (UPDATED)
DEFAULT REFERENCE CONDITION SOIL ORGANIC CARBON STOCKS (SOC_{REF}) FOR MINERAL SOILS (TONNES C HA^{-1} IN 0-30 CM DEPTH) [1,2]

IPCC Climate Zone [5]	IPCC soil class [6]		
	High activity clay soils (HAC) [7]	**Low activity clay soils (LAC) [8]**	**Sandy soils (SAN) [9]**
Polar Moist/Dry (Px - undiff)[13]	59 ± 41% (24)	NA	27 ± 67% (18)
Boreal Moist/Dry (Bx - undiff)[13]	63 ± 18% (35)	NA	10 ± 90% [4]
Cool temperate dry (C2)	43 ± 8% (177)	33 ± 90% [3]	13 ± 33% (10)
Cool temperate moist (C1)	81 ± 5% (334)	76 ± 51% (6)	51 ± 13% (126)
Warm temperate dry (W2)	24 ± 5% (781)	19 ± 16% (41)	10 ± 5% (338)
Warm temperate moist (W1)	64 ± 5% (489)	55 ± 8% (183)	36 ± 23% (39)
Tropical dry (T4)	21 ± 5% (554)	19 ± 10% (135)	9 ± 9% (164)
Tropical moist (T3)	40 ± 7% (226)	38 ± 5% (326)	27 ± 12% (76)
Tropical wet (T2)	60 ± 8% (137)	52 ± 6% (271)	46 ± 20% (43)
Tropical montane (T1)	51 ± 10% (114)	44 ± 11% (84)	52 ± 34% (11)
	Spodic soils (POD) [10]	**Volcanic soils (VOL) [11]**	**Wetland soils (WET) [12]**
Polar Moist/Dry (Px - undiff)[13]	NO	NA	NA
Boreal Moist/Dry (Bx - undiff)[13]	117 ± 90% [3]	20 ± 90% [4]	116 ± 65% (6)
Cool temperate dry (C2)	NO	20 ± 90% [4]	87 ± 90% [3]
Cool temperate moist (C1)	128 ± 14% (45)	136 ± 14% (28)	128 ± 13% (42)
Warm temperate dry (W2)	NO	84 ± 65% (10)	74 ± 17% (49)
Warm temperate moist (W1)	143 ± 30% (9)	138 ± 12% (42)	135 ± 28% (28)
Tropical dry (T4)	NA	50 ± 90% [4]	22 ± 17% (32)
Tropical moist (T3)	NA	70 ± 90% [4]	68 ± 17% (55)
Tropical wet (T2)	NA	77 ± 27% (14)	49 ± 19% (33)
Tropical montane (T1)	NA	96 ± 31% (10)	82 ± 50% (12)

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

Chapter 2: Generic Methodologies Applicable to Multiple Land-Use Categories

ตารางที่ 4 การจัดการพื้นที่เกษตร

TABLE 5.5 (UPDATED)
RELATIVE CARBON STOCK CHANGE FACTORS (F_{LU}, F_{MG}, AND F_I) (OVER 20 YEARS) FOR MANAGEMENT ACTIVITIES ON CROPLAND

Factor value type	Level	Temperature regime	Moisture regime[1]	IPCC defaults	Error [2,3]	Description
Land use[5] (F_{LU})	Long-term cultivated	Cool Temperate/ Boreal	Dry	0.77	±14%	Represents area that has been converted from native conditions and continuously managed for predominantly annual crops over 50 yrs. Land-use factor has been estimated under a baseline condition of full tillage and nominal ("medium") carbon input levels. Input and tillage factors are also applied to estimate carbon stock changes, which includes changes from full tillage and medium input.
			Moist	0.70	±12%	
		Warm Temperate	Dry	0.76	±12%	
			Moist	0.69	±16%	
		Tropical	Dry	0.92	±13%	
			Moist/Wet	0.83	±11%	
Land use[6] (F_{LU})	Paddy rice	All	Dry and Moist/Wet	1.35	±4%	Long-term (> 20 year) annual cropping of wetlands (paddy rice). Can include double-cropping with non-flooded crops. For paddy rice, tillage and input factors are not used.
Land use[5] (F_{LU})	Perennial/ Tree Crop	Temperate/ Boreal	Dry and Moist	0.72	±22%	Long-term perennial tree crops such as fruit and nut trees, coffee and cacao.
		Tropical	Dry and Moist/Wet	1.01	±25%	
Land use (F_{LU})	Set aside (< 20 yrs)	Temperate/ Boreal and Tropical	Dry	0.93	±11%	Represents temporary set aside of annually cropland (e.g., conservation reserves) or other idle cropland that has been revegetated with perennial grasses.
			Moist/Wet	0.82	±17%	
		Tropical montane[44]	n/a	0.88	±50%	
Tillage (F_{MG})	Full	All	Dry and Moist/Wet	1.00	n/a	Substantial soil disturbance with full inversion and/or frequent (within year) tillage operations. At planting time, little (e.g., <30%) of the surface is covered by residues.
Tillage[7] (F_{MG})	Re-duced	Cool Temperate/ Boreal	Dry	0.98	±5%	Primary and/or secondary tillage but with reduced soil disturbance (usually shallow and without full soil inversion). Normally leaves surface with >30% coverage by residues at planting.
			Moist	1.04	±4%	
		Warm Temperate	Dry	0.99	±3%	
			Moist	1.05	±4%	
		Tropical	Dry	0.99	±7%	
			Moist/Wet	1.04	±7%	
Tillage[7] (F_{MG})	No-till	Cool Temperate/ Boreal	Dry	1.03	±4%	Direct seeding without primary tillage, with only minimal soil disturbance in the seeding zone. Herbicides are typically used for weed control.
			Moist	1.09	±4%	
		Warm Temperate	Dry	1.04	±3%	
			Moist	1.10	±4%	
		Tropical	Dry	1.04	±7%	
			Moist/Wet	1.10	±5%	

ตารางที่ 4 การจัดการพื้นที่เกษตร (ต่อ)

TABLE 5.5 (UPDATED) (CONTINUED)
RELATIVE CARBON STOCK CHANGE FACTORS (F_{LU}, F_{MG}, AND F_I) (OVER 20 YEARS) FOR MANAGEMENT ACTIVITIES ON CROPLAND

Factor value type	Level	Temperature regime	Moisture regime[1]	IPCC defaults	Error [2,3]	Description
Input (F_I)	Low	Tem-perate/ Boreal	Dry	0.95	±13%	Low residue return occurs when there is removal of residues (via collection or burning), frequent bare-fallowing, production of crops yielding low residues (e.g., vegetables, tobacco, cotton), no mineral fertilization or N-fixing crops.
			Moist	0.92	±14%	
		Tropical	Dry	0.95	±13%	
			Moist/ Wet	0.92	±14%	
		Tropical montane[4]	n/a	0.94	±50%	
Input (F_I)	Mediu m	All	Dry and Moist/ Wet	1.00	n/a	Representative for annual cropping with cereals where all crop residues are returned to the field. If residues are removed then supplemental organic matter (e.g., manure) is added. Also requires mineral fertilization or N-fixing crop in rotation.
Input (F_I)	High without manure	Tem-perate/ Boreal and Tropical	Dry	1.04	±13%	Represents significantly greater crop residue inputs over medium C input cropping systems due to additional practices, such as production of high residue yielding crops, use of green manures, cover crops, improved vegetated fallows, irrigation, frequent use of perennial grasses in annual crop rotations, but without manure applied (see row below).
			Moist/ Wet	1.11	±10%	
		Tropical montane[4]	n/a	1.08	±50%	
Input (F_I)	High – with manure	Tem-perate/ Boreal and Tropical	Dry	1.37	±12%	Represents significantly higher C input over medium C input cropping systems due to an additional practice of regular addition of animal manure.
			Moist/ Wet	1.44	±13%	
		Tropical montane[4]	n/a	1.41	±50%	

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

Chapter 5: Clopland

บันทึกการแก้ไข

ฉบับที่	แก้ไขครั้งที่	วันที่บังคับใช้	รายการแก้ไข
01	-	25 พฤษภาคม 2565	