**T-VER-TOOL-FOR/AGR-01**

**การคำนวณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้**

**(Calculation for Carbon Sequestration)**

**1. บทนำ**

 เอกสารฉบับนี้เป็นเครื่องมือสำหรับการประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินและใต้ดินของต้นไม้ในพื้นที่โครงการ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการคำนวณปริมาณการกักเก็บทั้งในส่วนของกรณีฐานและการดำเนินงานภายใต้กิจกรรมโครงการ อีกทั้งเครื่องมือฉบับนี้สามารถนำไปใช้กับโครงการที่ต้องการประเมินปริมาณการกักเก็บก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการที่เกี่ยวข้องกับด้านป่าไม้ และ/หรือโครงการที่ต้องการประเมินการกักเก็บคาร์บอนจากต้นไม้ที่ปลูกหรือขึ้นตามธรรมชาติภายในพื้นที่โครงการ

**2. คำนิยามที่เกี่ยวข้อง**

 **เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอก (Diameter at Breath Height; DBH)**

 เส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้วัดที่ระดับความสูง 1.30 เมตรจากพื้นดิน

 **ต้นไม้ (Tree)**

 ต้นไม้ที่มีเนื้อไม้ มีลำต้นหลักลำต้นเดียว เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอกเต็มที่ไม่น้อยกว่า 10 เซนติเมตร มีความสูงเมื่อโตเต็มที่อย่างน้อย 3 เมตร

 ต้นไม้ที่มีความสูงเกิน 1.30 เมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตร ตั้งแต่ 4.50 เซนติเมตรขึ้นไป

 **ไม้หนุ่ม (Sapling)**

 ต้นไม้ที่เป็นไปตามคำจำกัดความของต้นไม้ ซึ่งมีความสูงเกิน 1.30 เมตร แต่มีเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตร น้อยกว่า 4.50 เซนติเมตร

 **มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน** (Aboveground Biomass)

 น้ำหนักแห้งของทุกส่วนของต้นไม้ที่อยู่เหนือพื้นดิน ได้แก่ ลำต้น กิ่ง ใบ ดอก และผล รวมทั้งไม้หนุ่ม (sapling) และไผ่

 **มวลชีวภาพใต้ดิน** (Belowground Biomass)

 น้ำหนักแห้งของส่วนของต้นไม้ที่อยู่ใต้ดิน

 **สมการแอลโลเมตรี**

 สมการแอลโลเมตรี คือ สมการความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตร และความสูงทั้งหมดของต้นไม้ ซึ่งใช้คำนวณน้ำหนักแห้งของต้นไม้

**3. ลักษณะของกิจกรรมที่เข้าข่าย และเงื่อนไขการนำไปใช้**

 เครื่องมือนี้เหมาะสำหรับนำไปใช้คำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ โดยจะรวมการคำนวณทั้งการกักเก็บเหนือพื้นดินและใต้ดิน ซึ่งอาจนำไปใช้ในการคำนวณในพื้นที่ที่มีการสำรวจทั้งพื้นที่ (100%) หรือ การสุ่มวางแปลงตัวอย่างก็ได้

**4. การคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอน**

 การคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่สะสมในรูปเนื้อไม้ นั้นสามารถคำนวณได้จากการคำนวณมวลชีวภาพของต้นไม้ สามารถแบ่งการคำนวณออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วยมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Aboveground Biomass; ABG) และมวลชีวภาพใต้ดิน (Belowground Biomass; BLG) โดยมีรายละเอียดการคำนวณดังนี้

 **ส่วนที่ 1** การคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนจากมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Aboveground Biomass; ABG)

 ขั้นตอนที่ 1 วางแปลงตัวอย่างสำรวจและจดบันทึกชนิดและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตร และความสูงทั้งหมดของต้นไม้ในพื้นที่ของโครงการ โดยข้อกำหนดในการวางแปลงสำรวจให้เป็นไปตามที่ อบก. กำหนด เพื่อนำข้อมูลเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงที่ได้ไปคำนวณปริมาณมวลชีวภาพของต้นไม้ในพื้นที่ต่อไป

 ขั้นตอนที่ 2 ทำการคำนวณมวลชีวภาพโดยเลือกสมการแอลโลเมตรี (allometric equation) ที่เหมาะสมกับพื้นที่โครงการจากสมการที่ อบก. แนะนำ (สมการแยกตามประเภทป่าของประเทศไทย) หรือสมการอื่นที่มีการศึกษาและตีพิมพ์ในบทความทางวิชาการและสามารถระบุได้ว่าเหมาะสมกับพื้นที่โครงการ หรือ พัฒนาสมการสำหรับพื้นที่ที่ดำเนินโครงการเอง โดยจำเป็นต้องจัดส่งข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาสมการดังกล่าวมายัง อบก. เพื่อตรวจสอบอีกครั้ง และนำไปคำนวณหามวลชีวภาพโดยใช้ข้อมูลจากขั้นตอนที่ 1

 ขั้นตอนที่ 3 การคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของต้นไม้ในพื้นที่โครงการและปรับหน่วยให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการ

$$C\_{ABG}= \sum\_{i=1}^{n}C\_{ABG,i}$$

$$C\_{ABG,i} = \left(\sum\_{j=1}^{n}M\_{j} ×CF × \frac{44}{12}\right)× \frac{A}{a}$$

|  |  |
| --- | --- |
|  **เมื่อ** |  |
| $C\_{ABG}$ | *=* ปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บเหนือพื้นดินทั้งหมดของพื้นที่โครงการ(ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า) |
| $C\_{ABG,i}$ | = ปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บเหนือพื้นดินของชั้นภูมิที่ $l$ (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า) |
| $$M$$ | = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นไม้ในพื้นที่แปลงตัวอย่างที่คำนวณได้จากสมการแอลโลเมตรี (ตันน้ำหนักแห้งต่อไร่) |
| $$i$$ | = ชั้นภูมิ 1, 2, 3,...n |
| $$j$$ | = ชนิดไม้ 1, 2, 3,...n |
| $$A$$ | = พื้นที่ทั้งหมดในชั้นภูมินั้นๆ (ไร่) |
| $$a$$ | = พื้นที่แปลงตัวอย่างในชั้นภูมินั้นๆ (ไร่) |
| $$CF$$ | = สัดส่วนปริมาณคาร์บอนในเนื้อไม้ |

**ส่วนที่ 2** การคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนจากมวลชีวภาพใต้ดิน (Belowground Biomass; BLG)

 ขั้นตอนที่ 1 คำนวณปริมาณมวลชีวภาพของส่วนใต้พื้นดินของต้นไม้โดยใช้สัดส่วนน้ำหนักแห้งของต้นต่อรากของต้นไม้แต่ละชนิด โดยสามารถใช้ค่าสัดส่วนที่ อบก. แนะนำหรือค่าอื่นที่ๆ ที่มีการศึกษาและตีพิมพ์ในบทความทางวิชาการและสามารถระบุได้ว่าเหมาะสมกับพื้นที่โครงการ หรือ พัฒนาค่าสัดส่วนต้นต่อรากสำหรับพื้นที่ที่ดำเนินโครงการเอง โดยจำเป็นต้องจัดส่งข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาสมการดังกล่าวมายัง อบก. เพื่อตรวจสอบอีกครั้ง และนำมาคำนวณโดยใช้สมการ

$$C\_{BLG}=\sum\_{i=1}^{n}C\_{BLG,i}$$

$$C\_{BLG,i} = C\_{ABG,i} × R$$

 เมื่อ $C\_{BLG}$ = ปริมาณคาร์บอนใต้ดินที่กักเก็บของต้นไม้ทั้งหมดของพื้นที่โครงการ
(ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี)

 $C\_{BLG,i}$ = ปริมาณคาร์บอนใต้ดินที่กักเก็บในชั้นภมิที่ $i$
(ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี)

 $C\_{ABG,i}$ = ปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินที่กักเก็บในชั้นภมิที่ $i$
(ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี)

 $R$ = สัดส่วนน้ำหนักแห้งของรากต่อต้นของต้นไม้

$i$ = ชั้นภูมิ 1, 2, 3,... n

**ส่วนที่ 3** การคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนรวมของการดำเนินโครงการ

 เมื่อทำการคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งเหนือพื้นดินและใต้ดินแล้ว นำมาหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ในพื้นที่ได้จากสมการ

$$C\_{TT} = C\_{ABG}+ C\_{BLG}$$

เมื่อ $C\_{TT}$= ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ในพื้นที่โครงการ
 (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

$C\_{ABG}$= ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของต้นไม้

(ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

$C\_{BLG}$= ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนใต้ดินของต้นไม้

(ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

กำหนดให้ปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บของต้นไม้ในแต่ละปี มีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง

$$C\_{TT,t} = \frac{C\_{TT,t1}-C\_{TT,t2}}{T} ×1 year$$

เมื่อ $C\_{TT,t}$= ปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บของต้นไม้ในช่วงระยะเวลา T

$C\_{TT,t1}$ = ปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บของต้นไม้ ณ ปีเริ่มต้นของช่วงเวลาที่ติดตามผล

 $ C\_{TT,t2} $= ปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บของต้นไม้ ณ ปีสุดท้ายของช่วงเวลาที่ติดตามผล

 $ T $= ระยะเวลาที่ติดตามผล ตั้งแต่ t1 ถึง t2 (T = t2-t1) (ปี) เช่น ระยะเวลาติดตาม ผล 4 ปี 5 เดือน T=4.417 ปี

**หมายเหตุ:** ช่วงระยะเวลาให้พิจารณาจากวันสุดท้ายของการเก็บข้อมูล ณ พื้นที่โครงการ **5. พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง**

**พารามิเตอร์ที่ไม่ต้องติดตามผล**

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | CF  |
| หน่วย | - |
| ความหมาย | สัดส่วนคาร์บอนในเนื้อไม้ |
| แหล่งของข้อมูล | ทางเลือกที่ 1 IPCC Guideline (2006)ทางเลือกที่ 2 ตามที่ อบก. กำหนด ในคู่มืออ้างอิงการพัฒนาโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย สาขาป่าไม้และการเกษตรทางเลือกที่ 3 ค่าที่ได้จากงานวิจัยที่มีการตีพิมพ์ในบทความทางวิชาการที่ได้รับการยอมรับและสามารถระบุได้ว่าเหมาะสมกับพื้นที่ดำเนินโครงการทางเลือกที่ 4 ค่าสัดส่วนน้ำหนักแห้งของรากต่อต้นที่พัฒนาขึ้นสำหรับพื้นที่ดำเนินโครงการ\*  |
| หมายเหตุ | ผู้พัฒนาโครงการจำเป็นต้องจัดส่งข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาสมการดังกล่าวมายัง อบก. เพื่อตรวจสอบอีกครั้ง |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | R |
| หน่วย | - |
| ความหมาย | สัดส่วนน้ำหนักแห้งของรากต่อต้นของต้นไม้ |
| แหล่งของข้อมูล | ทางเลือกที่ 1 IPCC Guideline (2006)ทางเลือกที่ 2 ตามที่ อบก. กำหนด ในคู่มืออ้างอิงการพัฒนา โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย สาขาป่าไม้และการเกษตรทางเลือกที่ 3 ค่าที่ได้จากงานวิจัยที่มีการตีพิมพ์ในบทความทางวิชาการที่ได้รับการยอมรับและสามารถระบุได้ว่าเหมาะสมกับพื้นที่ดำเนินโครงการทางเลือกที่ 4 ค่าสัดส่วนน้ำหนักแห้งของรากต่อต้นที่พัฒนาขึ้นสำหรับพื้นที่ดำเนินโครงการ\* |
| หมายเหตุ | \* ผู้พัฒนาโครงการจำเป็นต้องจัดส่งข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาสมการดังกล่าวมายัง อบก. เพื่อตรวจสอบอีกครั้ง |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | 44/12 |
| หน่วย | - |
| ความหมาย | มวลโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อคาร์บอนเพื่อแปลงหน่วยจากตันคาร์บอนเป็นตันคาร์บอนไดออกไซด์ |
| แหล่งของข้อมูล |  IPCC Guideline |
| หมายเหตุ | - |

 **พารามิเตอร์ที่ต้องติดตามผล**

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | A |
| หน่วย | ไร่ |
| ความหมาย | พื้นที่โครงการทั้งหมด |
| แหล่งของข้อมูล | - สำรวจในพื้นที่- ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม/ภาพถ่ายทางอากาศ |
| หมายเหตุ | - |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | a |
| หน่วย | ไร่ |
| ความหมาย | พื้นที่แปลงตัวอย่างที่ทำการสำรวจข้อมูลข้อมูลตัวอย่างเพื่อใช้ในการประเมินปริมาณการเก็บกักคาร์บอน |
| แหล่งของข้อมูล | - การกำหนดขนาดพื้นที่แปลงตัวอย่างของโครงการ- ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม/ภาพถ่ายทางอากาศ |
| หมายเหตุ | ข้อกำหนดในการวางแปลงสำรวจให้เป็นไปตามที่ อบก. กำหนดในคู่มืออ้างอิงการพัฒนาโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ ตามมาตรฐานของประเทศไทย |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | DBH |
| หน่วย | เซนติเมตร |
| ความหมาย | เส้นผ่านศูนย์กลางต้นไม้ ที่ระดับความสูง 1.30 ม. |
| แหล่งของข้อมูล | ตรวจวัดในพื้นที่ |
| หมายเหตุ | ข้อมูลจากการวางแปลงตัวอย่าง |

|  |  |
| --- | --- |
| พารามิเตอร์ | H |
| หน่วย | เมตร |
| ความหมาย | ความสูงทั้งหมดของต้นไม้ |
| แหล่งของข้อมูล | ตรวจวัดในพื้นที่ |
| หมายเหตุ | ข้อมูลจากการวางแปลงตัวอย่าง |

**6. เอกสารอ้างอิง**

**Clean Development Mechanism (CDM)**

Estimation of carbon stocks and change in carbon stocks of trees and shrubs in A/R CDM project activities (AR-TOOL14 Version 04.2)

|  |
| --- |
| **บันทึกการแก้ไข T-VER-TOOL-FOR/AGR-01** |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ฉบับที่** | **แก้ไขครั้งที่** | **วันที่บังคับใช้** | **รายการแก้ไข** |
| 02 | 1 | 28 กันยายน 2559 | - แก้ไขสมการ การคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของต้นไม้ในพื้นที่โครงการให้- แก้ไขสมการการคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนจากมวลชีวภาพใต้ดิน - ปรับปรุงและเพิ่มเติมรายละเอียดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง |
| 01 | - | 27 มิถุนายน 2557 |  |