T-VER-TOOL-WASTE-01

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน

(Calculation for Emissions from Solid Waste Disposal Sites)

ฉบับที่ 03

1. บทนำ

เอกสารฉบับนี้เป็นเครื่องมือสำหรับการประเมินปริมาณ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ใน ขยะมูลฝอยชุมชน ในหลุมฝังกลบภายใต้สภาวะไร้อากาศ เครื่องมือนี้สามารถนำไปใช้กับโครง การที่ต้องการประเมินปริมาณ การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการ ลดการฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน

2. คำนิยามที่เกี่ยวข้อง

ขยะมูลฝอยชุมชน (municipal solid waste)

หมายถึง เศษวัสดุที่ไม่มีผู้ใดต้องการ เช่น เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษพลาสติก เครื่องใช้ชำรุด เศษวัสดุจากการเกษตร การก่อสร้าง ตลอดจนกิ่งไม้ใบหญ้า หรือซากสัตว์ ที่เก็บรวบรวมและขนส่งมายังหลุมฝังกลบ

หลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน (solid waste disposal site)

สถานที่กำจัด ขยะมูลฝอยชุมชน โดยการฝังกลบและมีการ บดอัดและ กลบทับ ขยะมูลฝอยชุมชน โดยมีความลึกของหลุมตั้งแต่ 1.5 เมตร ขึ้นไปและภายในหลุมฝังกลบมีสภาวะไร้อากาศ

3. ลักษณะของกิจกรรมที่เข้าข่าย และเงื่อนไขการนำไปใช้

เครื่องมือนี้เหมาะสำหรับ กิจกรรมที่ช่วยลดการนำขยะอินทรีย์ไปกำจัดโดยการฝังกลบโดยสามารถ ใช้ในการ คำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในขยะมูลฝอยชุมชนในหลุมฝังกลบภายใต้สภาวะไร้อากาศ

4. การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบ ขยะมูลฝอยชุมชน

การจัดการขยะมูลฝอยชุมชน โดยการฝังกลบจะทำให้เกิดการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) ออกสู่บรรยากาศ ก๊าซมีเทนภายในหลุมฝังกลบ เกิดจากการย่อยสลายของขยะอินทรีย์ อาทิ อาหาร (เศษผักผลไม้) กิ่งไม้/ใบไม้ภายใต้สภาวะไร้อากาศ ปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดภายในหลุมฝังกลบขึ้นอยู่กับลักษณะของหลุมฝังกลบ หลุมฝังกลบที่มีระบบกันซึม มีการกลบทับและบดอัดจะทำให้เกิดสภาวะไร้อากาศมากกว่าการเทกอง อย่างไรก็ตาม ก๊าซมีเทนบางส่วนอาจ เกิดปฏิกิริยาอ๊อกซิเดชั่นกับอากาศภายในชั้นวัสดุกลบทับกลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก่อนออกสู่บรรยากาศ การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนมีรายละเอียด ดังนี้

4.1 ที่มาของการคำนวณ

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบ ขยะมูลฝอยชุมชน สามารถคำนวณได้จากสมการ First Order Decay (FOD) เมื่อทราบปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนที่สามารถย่อยสลายได้ที่สะสม

ในหลุมฝังกลบและปริมาณของปีล่าสุดจะสามารถคำนวณปริมาณการเกิดก๊าซมีเทนได้โดยคิดว่า ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนที่สามารถย่อยสลายได้ของแต่ละปีเป็นปีที่ 1 ในการคำนวณแบบอนุกรมเวลา (time series) โดยกำหนดสมมติฐานว่าจะเริ่มเกิดก๊าซมีเทนจาก ขยะมูลฝอยชุมชน ที่นำมาฝังกลบในวัน แรกของปีถัดไป เนื่องจากในช่วงแรกการย่อยสลายจะเป็นแบบใช้อากาศ อย่างไรก็ตาม หากต้องการคิดปริมาณการเกิดก๊าซมีเทนจากการย่อยสลายแบบไร้อากาศก่อนครบ 1 ปี จะต้องแยกการคำนวณค่าสำหรับปีแรกออกต่างหาก โดยค่า default ที่ใช้ในการคำนวณได้จากข้อมูลเฉพาะขององค์ประกอบของขยะมูลฝอยชุมชน ลักษณะของหลุมฝังกลบ และสภาพภูมิอากาศ

การคำนวณปริมาณการ ปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก การฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน คิดเฉพาะการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของขยะอินทรีย์ในหลุมฝังกลบภายใต้สภาวะไร้อากาศเฉพาะส่วนที่ไม่เกิดปฏิกิริยาอ๊อกซิเดชั่นกับอากาศภายในชั้นวัสดุกลบทับ ขยะอินทรีย์ ประกอบด้วย ไม้ กระดาษ อาหาร สิ่งทอ กิ่งไม้ใบไม้

การปล่อยก๊าซมีเทน(CH_4) จากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 1 ดังนี้

$$BE_{CH4,SWDS,y}=\varphi_y x (1-f_y) \times GWP_{CH4} \times (1-OX) \times 16/12 \times F \times DOC_{f,y} \times MCF_y \times \sum_{x=1}^{y}.\sum_j W_x x p_j x DOC_j \times e^{-kj(y-x)} x(1-e^{-kj}) \quad \text{-- (สมการที่ 1)}$$

โดยที่

$BE_{CH4,SWDS,y}$	=	ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทน(CH_4) จากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนในปี y (tCO_2e)
y	=	ปีที่คำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
x	=	ปีที่ทำการคำนวณ นับจากปีแรกที่ทำการฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน(x = 1) ถึงปีที่ทำการคำนวณ (x = y)
j	=	ประเภทขององค์ประกอบของขยะมูลฝอยชุมชน
φ_y	=	ค่าปรับแก้ความไม่แน่นอนของสมการคำนวณ (Model correction factor)ในปี y (Default 0.85)
f_y	=	สัดส่วนของก๊าซมีเทนที่ถูกบังคับให้รวบรวมจากหลุมฝังกลบและนำไปเผาทิ้ง ผลิตพลังงานไฟฟ้า หรือใช้ประโยชน์อื่น ๆ ในปี y(กรณีที่ไม่มีการรวบรวม ค่าจะเท่ากับ 0)
GWP_{CH4}	=	ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทน(Default 25tCO_2e/tCH_4)
OX	=	ค่า Oxidation Factor(สัดส่วนของก๊าซมีเทนที่เกิดปฏิกิริยาอ๊อกซิเดชั่นกับอากาศภายในชั้นวัสดุกลบทับ) (Default 0.1)
16/12	=	ปรับค่าคาร์บอนให้เป็นมีเทน
F	=	สัดส่วนของก๊าซมีเทนในก๊าซทั้งหมดที่เกิดจากการฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน (สัดส่วนเชิงปริมาณ) (Default 0.5)
$DOC_{f,y}$	=	สัดส่วนของสารอินทรีย์คาร์บอนที่สามารถย่อยสลายได้ ในปี y(Default 0.5)

MCF_y = ค่าMethane Correction Factorมีค่าแตกต่างกันตามลักษณะของหลุมฝังกลบ ในปี y (Default 0.4 - 1.0)

ประเภทของหลุมฝังกลบ	ค่า MCF
มีระบบจัดการ การกลบทับ และระบบกันซึม	1.0
ไม่มีระบบจัดการ (ลึกมากกว่า 5 เมตร)	0.8
แบบกึ่งใช้ออกซิเจน (semi-aerobic)*	0.5
ไม่มีระบบจัดการ (ลึกน้อยกว่า 5 เมตร)	0.4

ที่มา: ตารางที่ 3.1 หน้า 3.14 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 5: Waste

* ลักษณะสำคัญของหลุมฝังกลบแบบกึ่งใช้ออกซิเจน ได้แก่ อากาศสามารถซึมผ่านวัสดุกลบทับได้ มีระบบระบายน้ำชะขยะมูลฝอยชุมชน มีการรักษาความจุของหลุมฝังกลบ มีระบบระบายก๊าซจากหลุมฝังกลบ

W_x = ปริมาณขยะมูลฝอยชุมชน ในปี x (t น้ำหนักเปียก)

p_j = สัดส่วนโดยน้ำหนักของขยะมูลฝอยชุมชนประเภท j

DOC_j = สัดส่วนของสารอินทรีย์คาร์บอนที่ย่อยสลายได้ (โดยน้ำหนักเปียก) ของขยะอินทรีย์ประเภท j (Default 0.15-0.43)

k_j = อัตราการย่อยสลายของขยะอินทรีย์ประเภท j (1/ปี) (Default 0.035-0.40)

ประเภทของขยะมูลฝอยชุมชน	ค่า DOC*	ค่า k
ไม้	0.43	0.035
กระดาษ	0.40	0.07
อาหาร	0.15	0.40
สิ่งทอ	0.24	0.07
กิ่งไม้/ใบไม้	0.20	0.17

ที่มา: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 5: Waste ตารางที่ 2.4 หน้า 2.14 และ ตารางที่ 3.3 หน้า 3.17

* ค่าสัดส่วนในขยะสด (น้ำหนักเปียก)

4.2การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน

ในกรณีที่กิจกรรมของโครงการนำขยะมูลฝอยชุมชนไปกำจัดโดยวิธีการอื่นแทนวิธี การฝังกลบ เช่น การนำไปเผาเพื่อผลิตพลังงาน การทำปุ๋ยหมัก การหมักแบบไร้อากาศเพื่อนำก๊าซมีเทนที่ได้มาใช้ประโยชน์ในด้านพลังงาน ซึ่งไม่ทำให้สารอินทรีย์ในขยะมูลฝอยชุมชนเกิดการย่อยสลาย ภายใต้สภาวะไร้อากาศและเกิดการปล่อยก๊าซมีเทนออกสู่บรรยากาศอีก ดังเช่นที่เกิดในหลุมฝังกลบ ให้คำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากหลุมฝังกลบซึ่งโครงการสามารถหลีกเลี่ยงได้ โดยคิดระยะเวลาการย่อยสลาย

ของสารอินทรีย์ในหลุมฝังกลบเป็นเวลา100 ปีโดยใช้สมการที่ 2 ซึ่งเป็นสมการอย่างง่ายที่ได้จากสมการที่ 1 ในการคำนวณดังนี้

$$BE_{CH4,SWDS,y} = W_y \times (p_{ไม้,y} \times 4.02 + p_{กระดาษ,y} \times 3.72 + p_{อาหาร,y} \times 1.00 + p_{สิ่งทอ,y} \times 2.23 + p_{กิ่งไม้และใบไม้,y} \times 1.68) \times CF \times 0.1 \quad \text{-- (สมการที่ 2)}$$

โดยที่

$BE_{CH4,SWDS,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทน(CH_4) จากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนในปี y (tCO_2e)

W_y = ปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนที่นำไปกำจัดโดยวิธีการอื่นแทนวิธีการฝังกลบในปี y (t น้ำหนักเปียก)

$p_{ไม้,y}$ = สัดส่วนโดยน้ำหนักของขยะมูลฝอยชุมชนประเภทไม้ในปี y

$p_{กระดาษ,y}$ = สัดส่วนโดยน้ำหนักของขยะมูลฝอยชุมชนประเภทกระดาษในปี y

$p_{อาหาร,y}$ = สัดส่วนโดยน้ำหนักของขยะมูลฝอยชุมชนประเภทอาหารในปี y

$P_{สิ่งทอ,y}$ = สัดส่วนโดยน้ำหนักของขยะมูลฝอยชุมชนประเภทสิ่งทอในปี y

$p_{กิ่งไม้และใบไม้,y}$ = สัดส่วนโดยน้ำหนักของขยะมูลฝอยชุมชนประเภทกิ่งไม้และใบไม้ในปี y

CF = แฟคเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณ ซึ่งมีค่าต่างกันตามค่า MCF ดังนี้

ประเภทของหลุมฝังกลบ	ค่าMCF	CF
มีระบบจัดการ การกลบทับ และระบบกันซึม	1	6.38
ไม่มีระบบจัดการ (ลึกมากกว่า 5 เมตร)	0.8	5.10
แบบกึ่งใช้ออกซิเจน (semi-aerobic)	0.5	3.19
ไม่มีระบบจัดการ (ลึกน้อยกว่า 5 เมตร)	0.4	2.55

5. พารามิเตอร์ที่ต้องติดตามผล

พารามิเตอร์	W_y
หน่วย	t (น้ำหนักเปียก)
ความหมาย	ปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนที่นำไปกำจัดโดยวิธีการอื่นแทนวิธีการฝังกลบในปี y (t น้ำหนักเปียก)
แหล่งข้อมูล	รายงานการตรวจวัด
วิธีการติดตามผล	ทางเลือกที่ 1 ตรวจวัดน้ำหนักขยะมูลฝอยชุมชนที่ถูกกำจัดด้วยวิธีการอื่นแทนการฝังกลบตลอดช่วงของการติดตามผล โดยรายงานข้อมูลที่มีความละเอียดเป็นรายเดือน ทางเลือกที่ 2 ประเมินจากปริมาตรบรรทุกของรถที่ใช้ในการขนส่งขยะมูลฝอยชุมชน หรือปริมาตรบรรจุของภาชนะ ความหนาแน่น และจำนวนเที่ยวรถ/ภาชนะบรรจุโดยรายงานข้อมูลที่มีความละเอียดเป็นรายเดือน

พารามิเตอร์	$p_{j,y}$
หน่วย	-
ความหมาย	สัดส่วนโดยน้ำหนักของขยะมูลฝอยชุมชนประเภท j ในปี y
แหล่งข้อมูล	รายงานผลการสุ่มตัวอย่างขยะมูลฝอยชุมชนที่ถูกกำจัดด้วยวิธีการอื่นแทนการฝังกลบ เพื่อหาองค์ประกอบของขยะมูลฝอยชุมชน ปีละ 2 ครั้ง ครอบคลุมทั้งช่วงหน้าแล้งและช่วงหน้าฝน หมายเหตุ: ในขั้นตอนการจัดทำเอกสารข้อเสนอโครงการเพื่อขอขึ้นทะเบียนเป็นโครงการ T-VER สามารถอ้างอิงค่าจากรายงานผลการศึกษาของพื้นที่อื่นในประเทศไทยที่มีลักษณะใกล้เคียงกันที่สามารถระบุแหล่งข้อมูลอ้างอิงได้อย่างชัดเจน
วิธีการติดตามผล	สุ่มตัวอย่างขยะมูลฝอยชุมชนที่ถูกกำจัดด้วยวิธีการอื่นแทนการฝังกลบ เพื่อหาองค์ประกอบทางกายภาพ การสุ่มเก็บตัวอย่างควรทำ ณ สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยชุมชน โดยเก็บตัวอย่างอย่างน้อยวันละ 1 ครั้ง ต่อเนื่องกัน 3 วัน ครอบคลุมทั้งวันธรรมดาและวันหยุด ขั้นตอนการสุ่มตัวอย่าง มีรายละเอียด ดังนี้ 1. สุ่มตัวอย่างโดยตักขยะมูลฝอยชุมชนจากหลาย ๆ กองมาประมาณ 1 ลูกบาศก์เมตร 2. กรณีที่ขยะมูลฝอยชุมชนมีขนาดใหญ่ควรตัดให้มีขนาดเล็กลง 3. คลุกขยะมูลฝอยชุมชนให้เข้ากัน และแบ่งออกเป็น 4 ส่วน (quartering) และเลือกสุ่ม 2 กอง ที่อยู่ด้านตรงข้ามมารวมกัน แล้วคลุกให้เข้ากัน แบ่งออกเป็น 4 ส่วน และเลือกสุ่ม 2 กอง ที่อยู่ด้านตรงข้ามมารวมกัน ทำซ้ำไปเรื่อย ๆ จนเหลือขยะมูลฝอยชุมชนประมาณ 0.05 ลูกบาศก์เมตร (50 ลิตร) 4. คัดแยกองค์ประกอบของขยะมูลฝอยชุมชน ได้แก่ (1) ไม้ (2) กระดาษ (3) อาหาร (4) สิ่งทอ (5) กิ่งไม้/ใบไม้ (6) ยาง/หนัง (7) พลาสติก/โฟม (8) ผ้าอ้อม/ผ้าอนามัย (9) อื่นๆ เช่น แก้ว โลหะ หิน กระเบื้อง 5. ชั่งน้ำหนักขยะมูลฝอยชุมชนแต่ละประเภท โดยให้รายงานองค์ประกอบขยะมูลฝอยชุมชนแต่ละประเภทเป็นค่าสัดส่วนโดยน้ำหนัก

เอกสารอ้างอิง

1. CDM Methodological tool: Emissions from solid waste disposal sites
2. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 5 Waste

3. คู่มือการกรอกแบบสำรวจข้อมูลการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น/สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ

บันทึกการแก้ไข T-VER-TOOL-WASTE-01

ฉบับที่	แก้ไขครั้งที่	วันที่บังคับใช้	รายการแก้ไข
03	2	4 กันยายน 2560	- ปรับแก้ไขความหมายและวิธีการติดตามผลของพารามิเตอร์ W_y - ปรับแก้ไขแหล่งข้อมูลและวิธีการติดตามผลของพารามิเตอร์ $p_{j,y}$
02	1	22 เมษายน 2559	- หน้า 4 ปรับแก้ไขข้อความจาก “โดยไม่ทำให้สารอินทรีย์ในขยะมูลฝอยชุมชนเกิดการย่อยสลายภายใต้สภาวะไร้อากาศและเกิดก๊าซมีเทน” เป็น “โดยไม่ทำให้สารอินทรีย์ในขยะมูลฝอยชุมชนเกิดการย่อยสลายภายใต้สภาวะไร้อากาศและเกิดการปล่อยก๊าซมีเทนออกสู่บรรยากาศอีกดังเช่นที่เกิดในหลุมฝังกลบ” - ปรับแก้ไขสัญลักษณ์และความหมายของพารามิเตอร์ที่ใช้ในสมการที่ 2 - ปรับแก้ไขวิธีการตรวจวัดพารามิเตอร์ W_y - ปรับแก้ไขแหล่งข้อมูลและวิธีการตรวจวัดพารามิเตอร์ $p_{j,y}$
01	-	25 มีนาคม 2558	-