

T-VER-TOOL-WASTE-01

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน

(Calculation for Emissions from Solid Waste Disposal Sites)

ฉบับที่ 01

1. บทนำ

เอกสารฉบับนี้เป็นเครื่องมือสำหรับการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในขยะมูลฝอยชุมชนในหลุมฝังกลบภายใต้สภาวะไร้อากาศ เครื่องมือนี้สามารถนำไปใช้กับโครงการที่ต้องการประเมินปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการลดการฝังกลบขยะอินทรีย์

2. คำนิยามที่เกี่ยวข้อง

ขยะมูลฝอยชุมชน (municipal solid waste)

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

หลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน (solid waste disposal site)

สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยชุมชนโดยการฝังกลบและมีการบดอัดและกลบทับขยะมูลฝอยชุมชน โดยมีความลึกของหลุมตั้งแต่ 1.5 เมตร ขึ้นไปและภายในหลุมฝังกลบมีสภาวะไร้อากาศ

3. ลักษณะของกิจกรรมที่เข้าข่าย และเงื่อนไขการนำไปใช้

เครื่องมือนี้เหมาะสำหรับกิจกรรมที่ช่วยลดการนำขยะอินทรีย์ไปกำจัดโดยการฝังกลบ โดยสามารถใช้ในการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในขยะมูลฝอยในหลุมฝังกลบภายใต้สภาวะไร้อากาศ

4. การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน

การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนใช้สมการ First Order Decay (FOD) ซึ่งสะท้อนอัตราการย่อยสลายของขยะมูลฝอยชุมชนในหลุมฝังกลบสำหรับปฏิกิริยาแบบ first order โดยปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนที่ย่อยสลายเป็นสัดส่วนกับปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนที่สามารถย่อยสลายได้ไม่ว่าจะฝังกลบสารอินทรีย์คาร์บอนที่สามารถย่อยสลายได้เมื่อไรก็ตาม ดังนั้น เมื่อทราบปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนที่สามารถย่อยสลายได้ที่สะสมในหลุมฝังกลบและปริมาณของบิล่าสุดท้ายจะสามารถคำนวณปริมาณการเกิดก๊าซมีเทนได้โดยคิดว่าปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนที่สามารถย่อยสลายได้ของแต่ละปีเป็นปีที่ 1 ในการคำนวณแบบอนุกรมเวลา (time series) โดยกำหนดสมมติฐานว่าจะเริ่มเกิดก๊าซมีเทนจากขยะมูลฝอยชุมชนที่นำมาฝังกลบในวันแรกของปีถัดไป เนื่องจากในช่วงแรกการย่อยสลายจะเป็นแบบใช้อากาศ อย่างไรก็ตาม หากต้องการคิดปริมาณการเกิดก๊าซมีเทนจากการย่อยสลายแบบไร้อากาศก่อนครบ 1 ปี จะต้องแยกการคำนวณค่าสำหรับปีแรกออกต่างหาก โดย

ค่า default ที่ใช้ในการคำนวณได้จากข้อมูลเฉพาะขององค์ประกอบของขยะมูลฝอยชุมชน ลักษณะของหลุมฝังกลบ และสภาพภูมิอากาศ

การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนคิดเฉพาะการปล่อยก๊าซมีเทน (CH₄) ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของขยะอินทรีย์ในหลุมฝังกลบภายใต้สภาวะไร้อากาศ เฉพาะส่วนที่ไม่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับอากาศภายในชั้นวัสดุกลบทับ ขยะอินทรีย์ ประกอบด้วย ไม้ กระดาษ อาหาร สิ่งทอ กิ่งไม้/ใบไม้จากสวน

การปล่อยก๊าซมีเทน (CH₄) จากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 1 ดังนี้

$$BE_{CH_4,SWDS,y} = (\varphi_y \times (1-f_y) \times GWP_{CH_4} \times (1-OX) \times 16/12 \times F \times DOC_{f,y} \times MCF_y \times \sum_{x=1}^y \sum_j W_x \times p_j \times DOC_j \times e^{-kj(y-x)} \times (1-e^{-kj}) \quad \text{-- (สมการที่ 1)}$$

โดยที่

$BE_{CH_4,SWDS,y}$	=	ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทน(CH ₄) จากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน ในปี y (tCO ₂ e)
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	=	สัดส่วนของก๊าซมีเทนที่ถูกบังคับให้รวบรวมจากหลุมฝังกลบและนำไปเผาหึ่งผลิตพลังงานไฟฟ้า หรือใช้ประโยชน์อื่น ๆ ในปี y (กรณีที่ไม่มีการรวบรวม ค่าจะเท่ากับ 0)
$GWP_{CH_4,y}$	=	ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซมีเทน ในปี y (Default 25 tCO ₂ e/tCH ₄)
OX	=	ค่า Oxidation Factor (สัดส่วนของก๊าซมีเทนที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับอากาศภายในชั้นวัสดุกลบทับ) (Default 0.1)
16/12	=	ปรับค่าคาร์บอนให้เป็นมีเทน
F	=	สัดส่วนของก๊าซมีเทนในก๊าซทั้งหมดที่เกิดจากการฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน (สัดส่วนเชิงปริมาณ) (Default 0.5)
$DOC_{f,y}$	=	สัดส่วนของสารอินทรีย์คาร์บอนที่สามารถย่อยสลายได้ ในปี y (Default 0.5)
MCF_y	=	ค่าปรับแก้มีเทน (Methane Correction Factor) ในปี y มีค่าแตกต่างกันตามลักษณะของหลุมฝังกลบ (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 = สัดส่วนโดยน้ำหนักของขยะมูลฝอยชุมชน ประเภท j
 DOC_j = สัดส่วนของสารอินทรีย์คาร์บอนที่ย่อยสลายได้ (โดยน้ำหนักเปียก) ของขยะอินทรีย์ประเภท j (Default 0.15-0.43)
 k_j = อัตราการย่อยสลายของขยะอินทรีย์ประเภท j (1/ปี) (Default 0.035-0.17)

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/ใบไม้จากสวน	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)

ในกรณีที่กิจกรรมของโครงการนำขยะมูลฝอยชุมชนไปกำจัดโดยวิธีการอื่นแทนวิธีการฝังกลบ เช่น การเผาด้วยเตาเผา การทำปุ๋ยหมักซึ่งเป็นการกำจัดขยะมูลฝอยชุมชนโดยไม่ทำให้สารอินทรีย์ในขยะมูลฝอยชุมชนเกิดการย่อยสลายภายใต้สภาวะไร้อากาศและเกิดก๊าซมีเทน ให้คำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชนซึ่งโครงการสามารถหลีกเลี่ยงได้โดยคิดระยะเวลาการย่อยสลายของสารอินทรีย์เป็นเวลา 100 ปี สามารถใช้สมการที่ 2 ซึ่งเป็นสมการอย่างง่ายที่ได้จากสมการที่ 1 ในการคำนวณ ดังนี้

$$\begin{aligned}
 BE_{CH_4,SWDS,y} &= W_y \times (p_{\text{ไม้}} \times 4.02 + p_{\text{กระดาษ}} \times 3.72 + p_{\text{อาหาร}} \times 1.00 + p_{\text{สิ่งทอ}} \\
 &\quad \times 2.23 + p_{\text{กิ่งไม้และใบไม้}} \times 1.68) \times CF \times 10^{-3} \quad \text{-- (สมการที่ 2)}
 \end{aligned}$$

โดยที่

$BE_{CH_4,SWDS,y}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) จากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยชุมชน ในปี y (tCO_2e)

W_y = ปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนที่นำไปกำจัดโดยวิธีการอื่นแทนวิธีการฝังกลบ ในปี y (t น้ำหนักเปียก)

$p_{ไม้,y}$ = สัดส่วนร้อยละโดยน้ำหนักของขยะมูลฝอยชุมชนประเภทไม้ ในปี y

$p_{กระดาษ,y}$ = สัดส่วนร้อยละโดยน้ำหนักของขยะมูลฝอยชุมชนประเภทกระดาษ ในปี y

$p_{อาหาร,y}$ = สัดส่วนร้อยละโดยน้ำหนักของขยะมูลฝอยชุมชนประเภทอาหาร ในปี y

$P_{สิ่งทอ,y}$ = สัดส่วนร้อยละโดยน้ำหนักของขยะมูลฝอยชุมชนประเภทสิ่งทอ ในปี y

$p_{กิ่งไม้และใบไม้,y}$ = สัดส่วนร้อยละโดยน้ำหนักของขยะมูลฝอยชุมชนประเภทกิ่งไม้และใบไม้ ในปี y

CF = แฟกเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณ ซึ่งมีค่าต่างกันตามค่า MCF ดังนี้

ประเภทของหลุมฝังกลบ	ค่า MCF	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. พารามิเตอร์ที่ต้องตรวจวัด

พารามิเตอร์	W_y
หน่วย	t (น้ำหนักเปียก)
ความหมาย	ปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนทั้งหมด ในปี y
แหล่งข้อมูล	รายงานการตรวจวัด
วิธีการตรวจวัด	ตรวจวัดน้ำหนักขยะมูลฝอยชุมชนที่ถูกกำจัดด้วยวิธีการอื่นแทนการฝังกลบ ตลอดช่วงของการติดตามผล โดยรายงานข้อมูลที่มีความละเอียดเป็นรายเดือน

พารามิเตอร์	$p_{j,y}$
หน่วย	-
ความหมาย	สัดส่วนโดยน้ำหนักของขยะมูลฝอยชุมชน ประเภท j ในปี y
แหล่งข้อมูล	การสุ่มตัวอย่างขยะมูลฝอยชุมชนที่ถูกกำจัดด้วยวิธีการอื่นแทนการฝังกลบ เพื่อหาองค์ประกอบของขยะมูลฝอยชุมชน ปีละ 2 ครั้ง ครอบคลุมทั้งช่วงหน้าแล้ง และช่วงหน้าฝน
วิธีการตรวจวัด	สุ่มตัวอย่างขยะมูลฝอยชุมชนที่ถูกกำจัดด้วยวิธีการอื่นแทนการฝังกลบ เพื่อหาองค์ประกอบทางกายภาพ การสุ่มเก็บแต่ละตัวอย่างควรทำ 5-7 วันต่อเนื่อง

	<p>ครอบคลุมทั้งวันธรรมดาและวันหยุด ควรเก็บตัวอย่างอย่างน้อย 1 ครั้งต่อวัน เช่น ช่วงเช้า จำนวนครั้งที่เก็บตัวอย่างในแต่ละวันขึ้นอยู่กับปริมาณขยะมูลฝอยชุมชน (หากปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนมากกว่า 50 ตันต่อวัน ควรสุ่มตัวอย่างอย่างน้อย 3 ครั้งต่อวัน) การสุ่มตัวอย่างควรทำ ณ สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยชุมชน วิธีการดังนี้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. สุ่มตัวอย่างโดยตักขยะมูลฝอยชุมชนจากหลาย ๆ กองมาประมาณ 1-2 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/ใบไม้จากสวน (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

ลำดับที่	ฉบับที่	แก้ไขครั้งที่	วันที่บังคับใช้	รายการแก้ไข