ชื่อการศึกษาค้นคว้าอิสระ แนวทางการนำแก๊สมีเทนที่เกิดจากหลุมฝังกลบขยะมาใช้ประโยชน์ในประเทศไทย

ผู้ศึกษา นางสาวจรัลรัตน์ เล็กรุ่งเรืองกิจ **ปริญญา** สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม) **อาจารย์ที่ปรึกษา** รองศาสตราจารย์สมทรง อินสว่าง **ปีการศึกษา** 2547

บทคัดย่อ

การกำจัดมูลฝอยโดยการฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาลก่อให้เกิดแก๊สมีเทนภายในหลุมฝังกลบ ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์เป็นพลังงานทดแทนได้ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา และรวบรวมข้อมูลในเรื่องการรวบรวมแก๊สจากการฝังกลบขยะมูลฝอยแบบสุขาภิบาล รวมทั้งศึกษา และรวบรวมแนวทางการใช้ประโยชน์จากแก๊สมีเทนที่เกิดจากการฝังกลบขยะมูลฝอย โดยศึกษาจากการตรวจสอบเอกสารทางวิชาการต่างๆ เพื่อหาข้อมูลพื้นฐานเบื้องต้น และสภาพปัจจุบันของระบบการจัดการขยะมูลฝอยของเทศบาลต่างๆ เพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการนำแก๊สมีเทนที่ได้มาใช้ประโยชน์ พร้อมทั้งกำหนดแนวทางในการศึกษาวิจัยนี้

จากการตรวจสอบเอกสารต่างๆ สรุปได้ว่า ปริมาณแก๊สจากการฝังกลบขยะมูลฝอยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึกของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย แก๊สชีวภาพนี้ประกอบด้วยแก๊สมีเทนร้อยละ 45-60 นอกนั้นเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และแก๊สอื่นๆ เล็กน้อย ปัจจัยที่มีผลกับปริมาณแก๊ส ได้แก่ องค์ประกอบของขยะมูลฝอย ความชื้น ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ ความหนาแน่นของการฝังกลบ ปริมาณสารอาหาร การปนเปื้อนของสารพิษ และขนาดของอนุภาค แก๊สมีเทนที่ได้สามารถเก็บรวบรวมนำไปใช้ประโยชน์เพื่อผลิตพลังงานความร้อน ผลิตพลังงานกล / ไฟฟ้า และผลิตพลังงานร่วม การปรับปรุงคุณภาพแก๊สทำได้โดยการแยกความชื้น แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออก และศึกษาขั้นตอนในการประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ถึงความเหมาะสมต่อการลงทุนเพื่อดำเนินงานในประเทศไทย

คำสำคัญ แก๊สชีวภาพ แก๊สมีเทน

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจากรองศาสตราจารย์สมทรง อินสว่าง อาจารย์ที่ปรึกษาค้นคว้าอิสระ ผู้กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษา ตรวจ และแก้ไขข้อบกพร่อง จนรายงานการค้นคว้าอิสระฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ นักศึกษาขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขณะเดียวกันต้องขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านของสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพที่ได้ให้ความรู้ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ และเพื่อนนักศึกษาที่ให้ความช่วยเหลือ และให้กำลังใจในการทำวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และญาติพี่น้องที่ให้กำลังใจ และสนับสนุนส่งเสริมช่วยเหลือในทุกๆ ด้านตลอดมา

ท้ายสุดนี้ หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้เขียนขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย หวังเป็นอย่างยิ่งว่าการศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้คงมีประโยชน์ต่อผู้อ่านบ้างไม่มากก็น้อย

จรัลรัตน์ เล็กรุ่งเรืองกิจ

พฤษภาคม 2548

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
กิตติกรรมประกาศ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ซ
สารบัญภาพ ..... ฌ
บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์ 2
ตัวแปรที่ศึกษา 2
กรอบแนวคิดทางทฤษฎี 3
ประเภทของการศึกษาค้นคว้าอิสระ 3
ประเด็นปัญหาที่ศึกษา 3
ขอบเขตการศึกษา 3
รูปแบบและวิธีการศึกษา 4
คำจำกัดความ 4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 6
2.1 การกำจัดขยะมูลฝอย 6
2.2 กระบวนการย่อยสลายทางชีววิทยา 23
2.3 ทฤษฎีการย่อยสลายแบบหมักของแก๊สมีเทน 25
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 29
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 36
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 38
4.1 องค์ประกอบของแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นภายในหลุมฝังกลบมูลฝอย 38
4.2 อัตราการเกิดแก๊สมีเทนและช่วงเวลาในการผลิตแก๊สมีเทนจากขยะ 40
4.3 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดแก๊สมีเทนในพื้นที่ฝังกลบ 45
4.4 ระบบรวบรวมแก๊สมีเทนจากหลุมฝังกลบขยะและ
การทำความสะอาดแก๊สมีเทนที่ได้จากหลุมฝังกลบขยะ 49

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.5 วิธีการนำแก๊สมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมาใช้ประโยชน์และ
การประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์ 68

บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 77
สรุปการวิจัย 77
อภิปรายผล 79
ข้อเสนอแนะ 80
บรรณานุกรม 82
ภาคผนวก 86
ประวัติผู้ศึกษา 99

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบแก๊สต่างๆ ที่เกิดจากการย่อยสลายมูลฝอย 38
ตารางที่ 4.2 องค์ประกอบแก๊สจากพื้นที่ฝังกลบขยะมูลฝอยโดยทั่วไป 39
ตารางที่ 4.3 ผลการศึกษาการประมาณปริมาณแก๊สมีเทนทางทฤษฎี 42
ตารางที่ 4.4 ปริมาณการเกิดแก๊สชีวภาพจากการฝังกลบขยะ และอัตราการเกิด
แก๊สชีวภาพจากการฝังกลบขยะที่มีผู้เคยศึกษาไว้ 43
ตารางที่ 4.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดแก๊สมีเทนในพื้นที่ฝังกลบ 47
ตารางที่ 4.6 การย่อยสลายสารอินทรีย์ในมูลฝอยชุมชน 48
ตารางที่ 4.7 เทคนิคการแยกแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์แบบต่างๆ 61
ตารางที่ 4.8 การเปรียบเทียบระบบชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า 70

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1 โครงสร้างของหลุมฝังกลบขยะที่ถูกหลักสุขาภิบาล 10
ภาพที่ 2.2 วิธีการฝังกลบแบบกลบฝังบนพื้นที่ (Area Method) 12
ภาพที่ 2.3 วิธีการฝังกลบแบบขุดเป็นร่อง (Trench Method) 13
ภาพที่ 2.4 ภาพตัดของหลุมฝังกลบมูลฝอยแบบถูกหลักสุขาภิบาล 14
ภาพที่ 2.5 ภาพตัดแสดงห้องเซลล์ (Cell) 14
ภาพที่ 2.6 ความเหมาะสมของดินที่ใช้กลบมูลฝอย 14
ภาพที่ 2.7 ระบบเก็บรวบรวมน้ำชะมูลฝอย 16
ภาพที่ 2.8 การติดตั้งท่อเพื่อควบคุมระบบแก๊สแบบแพสซีฟ (Passive Control) 17
ภาพที่ 2.9 การติดตั้งท่อเพื่อควบคุมระบบแก๊สแบบแอกทีฟ (Active Control) 18
ภาพที่ 2.10 การฝังกลบขยะตามขั้นตอนต่างๆ 22
ภาพที่ 2.11 การเกิดแก๊สมีเทนจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในหลุมฝังกลบ 27
ภาพที่ 2.12 การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในแหล่งฝังกลบตามระยะเวลาที่ผ่านไป 28
ภาพที่ 4.1 บ่อรวบรวมแก๊สมีเทนที่ได้จากหลุมฝังกลบขยะ 51
ภาพที่ 4.2 วิธีการนำแก๊สมีเทนไปใช้ประโยชน์ 53-54
ภาพที่ 4.3 กระบวนการกำจัดแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยถ่านกัมมันต์ 57
ภาพที่ 4.4 กระบวนการกำจัดแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยเศษสนิมเหล็ก 58
ภาพที่ 4.5 กระบวนการกำจัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยเทคนิค PSA 62
ภาพที่ 4.6 การนำแก๊สชีวภาพจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยไปใช้ประโยชน์ 64
ภาพที่ 4.7 ระบบรวบรวมแก๊ส 67
ภาพที่ 4.8 การทำความสะอาดแก๊สชีวภาพ 67
ภาพที่ 4.9 ขั้นตอนการนำแก๊สชีวภาพไปใช้ประโยชน์ 74
ภาพที่ 4.10 ขั้นตอนการประเมินผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการ 76

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันขยะมูลฝอยกำลังก่อให้เกิดปัญหาในเรื่องการจัดการ สำหรับพื้นที่หลายๆ แห่งในประเทศ โดยเฉพาะกรุงเทพมหานครและเมืองใหญ่ที่มีการขยายตัวของเมือง และเป็นแหล่งท่องเที่ยว ปริมาณขยะส่วนใหญ่มาจากครัวเรือน ตลาด ย่านธุรกิจการค้าและแหล่งบันเทิงต่างๆ ซึ่งปริมาณขยะจะมีจำนวนเพิ่มขึ้นตามการกระจายความเจริญทางเศรษฐกิจ และการเพิ่มจำนวนประชากร ซึ่งเฉลี่ยแล้วพบว่าคนๆ หนึ่งมีอัตราการผลิตขยะมูลฝอยสูงถึงวันละ 0.8-1.0 กิโลกรัม (กรมควบคุมมลพิษ 2540)

การกำจัดขยะมูลฝอยในประเทศไทย ส่วนใหญ่จะใช้วิธีการทำปุ๋ยหมัก การเผา และการฝังกลบ ซึ่งวิธีการดังกล่าวจะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งด้านคุณภาพอากาศ คุณภาพดิน และคุณภาพน้ำ และยังเป็นการแพร่กระจายเชื้อโรค และแหล่งเพาะพันธุ์ของแมลงที่เป็นพาหะนำโรค ซึ่งจากการจำแนกประเภทขยะตามลักษณะทางกายภาพ พบว่า ขยะชุมชนส่วนใหญ่เป็นขยะสดที่มีองค์ประกอบประเภทเศษอาหาร และเศษผักผลไม้ถึง 44.28 (สำนักรักษาความสะอาด, 2541) และขยะสดเป็นมูลฝอยที่มีความชื้นสูงจึงไม่เหมาะที่จะนำมากำจัดโดยวิธีการเผา และยังไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้

การกำจัดขยะด้วยวิธีการฝังกลบเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและลงทุนต่ำ (ดังภาคผนวก ข้อ 1.) แต่ก็ก่อให้เกิดแก๊สชีวภาพจากการฝังกลบ เนื่องจากกระบวนการการย่อยสลายของแบคทีเรียแบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic digestion) โดยมีองค์ประกอบหลักส่วนใหญ่ คือ แก๊สมีเทน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์รวมกันประมาณร้อยละ 99 ส่วนที่เหลือนอกนั้นเป็นแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน ไนโตรเจน และออกซิเจน แก๊สพวกนี้จะส่งกลิ่นรบกวนและแพร่กระจายไปตามบริเวณรอบๆ หากอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมอาจเกิดการลุกไม้ หรือระเบิดได้ นอกจากนี้แก๊สมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยแพร่สู่บรรยากาศสามารถสะสมในชั้นบรรยากาศโลก (Atmosphere) ก่อให้เกิดภาวะเรือนกระจก (Greenhouse effect) ซึ่งมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโลก (Climate change) และเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและการดำรงชีวิตของมนุษย์ (ดังภาคผนวก ข้อ 2.)

แนวทางหนึ่งในการลดปริมาณแก๊สเรือนกระจกที่ได้จากการฝังกลบขยะ ทำได้โดยการนำแก๊สชีวภาพที่ได้ไปใช้ประโยชน์ ซึ่งมีการวิจัยและพัฒนาเพื่อนำไปใช้จริงแล้วในประเทศต่างๆ ทั่วโลก ในบางประเทศได้มีการจัดตั้งองค์กร และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการดูแล และรับผิดชอบอย่างมีระบบ

ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าอิสระนี้เป็นการรวบรวมข้อมูลจากเอกสารทางวิชาการต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางในการนำแก๊สมีเทนที่เกิดขึ้นมาใช้ประโยชน์ เพื่อแก้ปัญหาอันตรายจากแก๊สมีเทนที่เกิดจากการฝังกลบขยะมูลฝอย

2. วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ของการค้นคว้าอิสระมีดังต่อไปนี้

2.1 เพื่อศึกษาและรวบรวมข้อมูลในเรื่องการรวบรวมแก๊สมีเทนจากการฝังกลบขยะมูลฝอยแบบสุขาภิบาล

2.2 เพื่อศึกษาและรวบรวมแนวทางการใช้ประโยชน์จากแก๊สมีเทนที่เกิดจากการฝังกลบขยะมูลฝอย

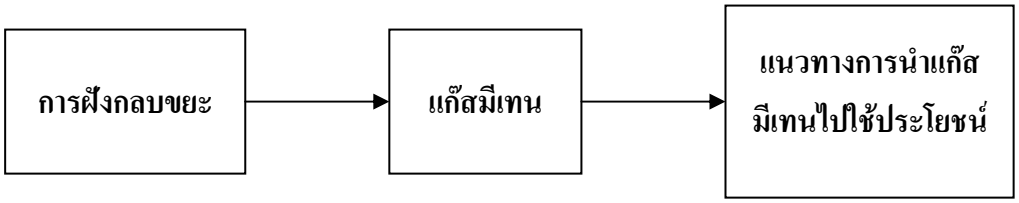
3. ตัวแปรที่ศึกษา

3.1 ตัวแปรต้น
- ปริมาณขยะ
- องค์ประกอบขยะ
- ความลึกของพื้นที่
- ระยะเวลา
- อุณหภูมิ
- ความชื้น
- ความเป็นกรด-ด่าง

3.2 ตัวแปรตาม
- แก๊สมีเทน

4. กรอบแนวคิดทางทฤษฎี

แนวความคิดในการค้นคว้าครั้งนี้มีกรอบความคิดดังต่อไปนี้



5. ประเภทของการศึกษาค้นคว้าอิสระ

เป็นการศึกษาประเภทการสังเคราะห์เอกสารทางวิชาการต่างๆ

6. ประเด็นปัญหาที่ศึกษา

6.1 องค์ประกอบของแก๊สชีวภาพที่เกิดจากหลุมฝังกลบขยะ

6.2 อัตราการเกิดแก๊สมีเทนและช่วงเวลาในการผลิตแก๊สมีเทน

6.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดแก๊สมีเทนในพื้นที่ฝังกลบขยะ

6.4 การรวบรวมแก๊สมีเทนและการทำแก๊สมีเทนให้บริสุทธิ์

6.5 แนวทางการเลือกใช้ประโยชน์จากแก๊สมีเทนจากการฝังกลบขยะตามหลักสุขาภิบาล

7. ขอบเขต

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้เป็นการศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากเอกสารทางวิชาการของแก๊สมีเทน ได้แก่ วิทยานิพนธ์ บทความ เวปไซต์ และเอกสารทางวิชาการที่มีในประเทศไทย และต่างประเทศ ดังนี้

7.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย อ้างอิงจากวิทยานิพนธ์ นายปรีชา พลอยภัทรภิญโญ (2532) นายมนูญ มาศนิยม (2541) นายชวลิต แซ่ลิ่ม (2543) นายวิจารณ์ อินทรกำแหง

(2543) และนายวิชัย อานันทนสกุล (2545) เอกสารทางวิชาการ สำนักรักษาความสะอาด (2539) และกรมควบคุมมลพิษ คพ 04-027 เล่มที่ 1/3 (2544)

7.2 ข้อมูลที่ใช้ในการสังเคราะห์ อ้างอิงจากวิทยานิพนธ์ นายเกียรติไกร อายุวัฒน์ (2539-2540) ศศิธร แถลงการณ์ (2541) นายวิจารณ์ อินทรกำแหง (2543) นายรัฐพงศ์ ภุมรินทร์ (2544) และนายวิชัย อานันทนสกุล (2545) และเอกสารทางวิชาการ กรมควบคุมมลพิษ คพ 04-027 เล่มที่ 1/3 (2544) เอกสารต่างประเทศ Degreare (1976) Schumacher, M.M., (1983) และ Tchobanoglous et.al., (1993)

8. รูปแบบและวิธีการศึกษา

8.1 ศึกษาเอกสารทางวิชาการต่างๆ เกี่ยวกับการรวบรวมแก๊สมีเทน และการทำให้แก๊สมีเทนบริสุทธิ์

8.1.1 องค์ประกอบของแก๊สมีเทนที่เกิดจากหลุมฝังกลบขยะ

8.1.2 อัตราการเกิดแก๊สมีเทน และช่วงเวลาในการผลิตแก๊ส

8.1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดแก๊สมีเทน

8.1.4 วิธีการรวบรวมแก๊สมีเทน

8.1.5 การทำให้แก๊สมีเทนบริสุทธิ์

8.2 ศึกษาเอกสารทางวิชาการต่างๆ เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์

8.2.1 ใช้เป็นแหล่งเชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงานความร้อน

8.2.2 ใช้ในการผลิตพลังงานกล/ไฟฟ้า

8.2.3 ใช้ในการผลิตพลังงานร่วม

8.2.4 การประเมินด้านเศรษฐศาสตร์

9. คำจำกัดความ

แก๊สชีวภาพ หมายถึง แก๊สมีเทน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์

10. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

10.1 ทราบถึงองค์ประกอบของแก๊สชีวภาพ และปัจจัยสภาพแวดล้อม รวมทั้งปริมาณและคุณภาพแก๊สชีวภาพที่เกิดจากการฝังกลบขยะมูลฝอย

10.2 ทราบถึงวิธีการรวบรวมแก๊สมีเทนที่เกิด และการทำให้แก๊สมีเทนบริสุทธิ์ก่อนการนำไปใช้งาน

10.3 เพื่อใช้เป็นแนวทางในการนำแก๊สมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยมาใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม และมีประสิทธิภาพ

10.4 สามารถเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยในขั้นต่อไป ในการเพิ่มประสิทธิภาพของการนำแก๊สมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยมาใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนในอนาคตของประเทศ

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากเอกสารทางวิชาการที่มีในประเทศไทย และต่างประเทศ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และการทบทวนงานวิจัยอ้างอิงจากรายงานการวิจัย ปรีชา พลอยภัทรภิญโญ (2532) เอกสารทางวิชาการ สำนักรักษาความสะอาด (2539) และกรมควบคุมมลพิษ คพ 04-027 เล่มที่ 1/3 (2544) วิทยานิพนธ์ นายนายมนูญ มาศนิยม (2541) นายชวลิต แซ่ลิ่ม (2543) นายวิจารณ์ อินทรกำแหง (2543) และนายวิชัย อานันทนสกุล (2545) เอกสารต่างประเทศ Dewalle, F.B. and Chian, E.S.K.(1978) Barlaz, M.A.et al.(1987) Kinman, R.N.et al.(1987) Moss (1991) Gradner, Manley และ Peason (1993) โดยได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีการกำจัดขยะมูลฝอย องค์ประกอบของแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นภายในหลุมฝังกลบมูลฝอย อัตราการเกิดแก๊สมีเทนและช่วงเวลาในการผลิตแก๊สมีเทนจากขยะ ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดแก๊สมีเทนในพื้นที่ฝังกลบ ระบบรวบรวมแก๊สมีเทนจากหลุมฝังกลบขยะและการทำความสะอาดแก๊สมีเทนที่ได้จากหลุมฝังกลบขยะ และวิธีการนำแก๊สมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมาใช้ประโยชน์และการประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์

1. การกำจัดขยะมูลฝอย (Solid Waste Disposal)

วิธีการกำจัดมูลฝอยที่ถือว่าถูกต้องตามหลักวิชาการ และได้รับการยอมรับทั่วไปว่ามีความเหมาะสม และมีประสิทธิภาพในการกำจัดมูลฝอยชุมชน รวมทั้งเป็นประโยชน์ในด้านการนำทรัพยากร หรือพลังงานกลับมาใช้ใหม่ (Resource or Energy Recovery) แบ่งได้ 3 วิธี ได้แก่ การทำปุ๋ยหมักจากมูลฝอย การเผาในเตาเผา และการฝังกลบขยะแบบสุขาภิบาล

1.1 การทำปุ๋ยหมักจากมูลฝอย (Composting of Solid Waste)

การทำปุ๋ยหมักจากมูลฝอยเป็นกระบวนการเปลี่ยนสารอินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของขยะมูลฝอย โดยพวกจุลินทรีย์ (Microorganisms) เช่น แบคทีเรีย (Bacteria) รา (Fungi) เป็นต้น ให้กลายเป็นสารคงตัวที่มีลักษณะคล้ายฮิวมัส เรียกว่า คอมโพส (Compost) ภายใต้สภาวะที่ถูกควบคุมให้อยู่ในสภาพสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมของจุลินทรีย์ เช่น การควบคุมความชื้นให้อยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 50-60 การเติมวัสดุ

เสริมเพื่อปรับค่าอัตราส่วนระหว่างคาร์บอน (C) กับไนโตรเจน (N) รวมทั้งมีการเติมอากาศช่วยในกระบวนการหมักแบบใช้อากาศ (Aerobic process) เป็นต้น ปุ๋ยหมักที่ได้จะมีลักษณะคล้ายดินมีสีดำ หรือสีน้ำตาลเข้ม มีความร่วนซุย สามารถนำไปใช้ในการปรับสภาพดินได้ดี แต่ยังถือว่าเป็นปุ๋ยที่มีคุณภาพไม่ดีนัก ต้องมีการปรับปรุงคุณภาพโดยการเพิ่มสัดส่วนของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมให้เพียงพอเหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน

1.2 การเผาในเตาเผา (Incineration)

การเผาในเตาเผาเป็นวิธีการกำจัดมูลฝอยที่ถือว่ามีประสิทธิภาพมากวิธีหนึ่ง สามารถลดปริมาตรมูลฝอยลงได้มากและรวดเร็ว ประมาณร้อยละ 80-90 ส่วนที่เหลือเป็นเถ้า (Ash) ประมาณร้อยละ 10-20 ซึ่งจำเป็นต้องนำไปกำจัดด้วยวิธีที่เหมาะสมต่อไป การเผาไหม้มูลฝอยจะเกิดขึ้นภายในห้องเผาไหม้ของเตาที่ได้รับการออกแบบเป็นอย่างดีที่ช่วงอุณหภูมิประมาณ 600-1,200 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถสันดาปได้ทั้งของเสียที่อยู่ในสภาพของแข็ง ของเหลว และแก๊ส การใช้ช่วงอุณหภูมิเผาไหม้ และเทคโนโลยีที่เหมาะสมจะช่วยลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากมลภาวะของแก๊สไอเสีย (Flue Gases) ที่ปล่อยออกมา นอกจากนั้นยังสามารถใช้เทคโนโลยีในการนำพลังงานความร้อนจากการเผาไหม้มูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์ (Energy Recovery) เช่น การ นำไปต้มน้ำให้กลายเป็นไอในหม้อไอน้ำ (Steam Boiler) เพื่อนำไอน้ำไปอบผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร หรือนำไปปั่นเครื่องกังหันไอน้ำ (Steam Turbine) สำหรับงานผลิตกระแสไฟฟ้า

1.3 การฝังกลบขยะแบบสุขาภิบาล (Sanitary Landfill)

การฝังกลบ คือ วิธีการทางวิศวกรรมที่ใช้ในการกำจัดขยะมูลฝอยที่พื้นดินอย่างถูกต้องตามหลักสุขาภิบาล โดยไม่ก่อให้เกิดเหตุรำคาญ และอันตรายต่อสุขภาพ และสภาพแวดล้อมด้วยการเทขยะมูลฝอยลงไป เกลี่ยให้กระจายบดทับให้แน่น แล้วใช้ดินหรือวัสดุอย่างอื่นที่มีดินปนอยู่ไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 กลบแล้วบดทับให้แน่นอีกครั้งหนึ่ง

วิธีการฝังกลบที่ถูกสุขลักษณะนั้น จะต้องไม่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษต่อสิ่งแวดล้อม รวมทั้งเหตุรำคาญอื่นๆ เช่น กลิ่น ควัน ฝุ่นละออง และการปลิวของกระดาษ พลาสติก และอื่นๆ ก็จะต้องควบคุมให้อยู่ภายในขอบเขตอันจำกัด ไม่ทำให้เกิดความเสื่อมเสีย

แก่ทัศนียภาพของพื้นที่ และบริเวณใกล้เคียง นอกจากนั้นยังมีมาตรการในการควบคุมดูแล ดังนี้

1) ต้องควบคุมมิให้มีการนำของเสียชนิดที่เป็นอันตราย (Hazardous Waste) มากำจัดที่บริเวณฝังกลบขยะ นอกจากจะได้มีมาตรการกำจัด โดยวิธีพิเศษตามลักษณะของของเสียนั้นๆ

2) ต้องควบคุมให้ขยะที่ฝังกลบถูกกำจัดอยู่เฉพาะภายในขอบเขตที่กำหนดไว้ทั้งบนผิวดินและใต้ดิน

3) ต้องมีการกำจัดน้ำเสียที่ออกจากกองขยะ (Leachate) อย่างถูกต้อง

4) ต้องมีการตรวจสอบโดยสม่ำเสมอ เช่น ตรวจสอบการปนเปื้อนของแหล่งน้ำใต้ดินในบริเวณใกล้เคียง

5) ต้องคำนึงถึงทัศนียภาพของพื้นที่และบริเวณใกล้เคียง เช่น การจัดให้มีที่กั้นกันการปลิวของขยะที่เป็นกระดาษ พลาสติก มีไม้ดอกไม้ประดับ เป็นต้น

การศึกษาเพื่อเลือกสถานที่ และวางแผนในการกำจัดขยะแบบฝังกลบ การเลือกสถานที่กำจัด และวางแผนในการกำจัดขยะแบบฝังกลบมีความสำคัญต่อระบบการจัดการขยะ การประเมินค่าใช้จ่ายในการลงทุน และการดำเนินงานซึ่งมีเกณฑ์ในการพิจารณาและศึกษาในประเด็นหลักๆ ดังนี้

1) ระยะห่างจากจุดกำเนิดขยะ

ระยะห่างของสถานที่กำจัดจากจุดกำเนิดขยะมีความสำคัญมาก เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการขนส่งขึ้นกับระยะทางโดยตรง ซึ่งพบว่ากว่าร้อยละ 80 เป็นค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ที่เหลือเป็นค่าดำเนินการ ได้แก่ ระบบเก็บ ขน และลำเลียง ดังนั้นสถานที่ในการกำจัดไม่ควรอยู่ห่างจากเมืองมากนัก ควรอยู่ในรัศมีไม่เกิน 15 กิโลเมตร นอกจากนี้ควรพิจารณาเส้นทางที่ใช้ในการลำเลียงว่ามีสภาพการจราจรอย่างไร เส้นทางที่มีปริมาณการจราจรต่ำ และสภาพดี ย่อมดีกว่าในแง่อุบัติเหตุ ประหยัดเวลาขนส่ง และลดการสึกหรอของเครื่องยนต์

2) ลักษณะของขยะ

การศึกษาองค์ประกอบขยะ ความหนาแน่นของขยะ และปริมาณขยะ เพื่อที่จะสามารถประเมินสัดส่วนการยุบตัวของขยะได้ว่าหลังจากทำการบดอัดแล้วปริมาตรจะลดลงเหลือเท่าไร ทั้งนี้จะมีผลถึงการพิจารณาขนาดของที่ดินที่เหมาะสม เพื่อใช้ฝังกลบในอนาคต ระยะยาว

3) ขนาดที่ดิน

ขนาดที่ดินควรจัดให้มีขนาดเพียงพอที่จะใช้งานได้ประมาณ 15-20 ปี เพื่อแก้ปัญหาระยะยาวได้ และช่วยทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการลงทุนก่อสร้างสิ่งอำนวยความสะดวกด้านต่างๆ ใน

บริเวณจำกัด โดยจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลอัตราผลิตขยะต่อหัวในอนาคตเป็นบรรทัดฐาน และข้อมูลการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร เพื่อใช้ในการประเมินขยะที่จะกำจัดภายใน 15-20 ปี ซึ่งจะนำไปสู่การคำนวณหาขนาดที่ดินที่เหมาะสมต่อไป

4) สภาพภูมิประเทศ

การศึกษาสภาพภูมิประเทศของพื้นที่มีจุดประสงค์ เพื่อให้ทราบถึงระดับความสูงต่ำของพื้นผิวดินว่ามีระดับสูงมากน้อยเพียงใด เมื่อเทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลาง และความแตกต่างของระดับผิวดินในพื้นที่ว่าเป็นที่ราบ หรือเป็นที่เนินลูกคลื่น ซึ่งจะนำไปใช้เป็นข้อมูลในการประเมินความเหมาะสม และความยากง่ายในการพัฒนาพื้นที่ ตลอดจนประมาณการค่าใช้จ่ายการลงทุนพัฒนาระบบต่างๆ

5) ลักษณะการระบายน้ำผิวดิน

เพื่อดูลักษณะการระบายน้ำว่ามีทิศทางการระบายน้ำอย่างไร มีสิ่งกีดขวางสิ่งใดบ้างทั้งนี้เพื่อป้องกันปัญหาน้ำท่วม

6) ลักษณะดิน

ควรศึกษาเบื้องต้นว่าเป็นดินชนิดใด หลีกเลี่ยงพื้นที่เป็นดินทราย หรือดินร่วน โดยทั่วไปควรเป็นดินเหนียว หรือมีคุณสมบัติอุ้มน้ำได้ดี นอกจากนี้ควรตรวจสอบความลึกของชั้นดินด้วยเพื่อประเมินว่า มีปริมาณดินมากน้อยเพียงพอในการนำมาใช้เป็นวัสดุในการฝังกลบขยะหรือไม่

7) ระดับน้ำใต้ดิน

เพื่อประเมินความลึกของหลุมฝังกลบไม่ให้ก่อปัญหาการปนเปื้อนของน้ำเสียต่อน้ำใต้ดินของบ่อน้ำตื้นที่มีอยู่ในบริเวณใกล้เคียง

8) สภาพแวดล้อมโดยรอบ

การศึกษาสภาพแวดล้อมโดยรอบมีความสำคัญอย่างมากในประเด็นที่เป็นผลกระทบต่อประชาชน หรือชุมชนที่อยู่ใกล้เคียง ควรทำความเข้าใจ และมีมาตรการป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้นที่มีผลกระทบต่อประชาชนได้ในอนาคต เช่น ปัญหากลิ่นรบกวน ปัญหาขยะปลิว ปัญหาจากฝุ่นจากการขนส่ง และปฏิบัติงาน ปัญหาน้ำเสียต่อแหล่งน้ำผิวดิน และใต้ดิน ปัญหาการระบายน้ำผิวดิน เพื่อป้องกันน้ำท่วมปัญหาต่อสุขภาพอนามัยชุมชน และผู้ปฏิบัติงาน ปัญหาเหตุรำคาญจากการดำเนินงาน เป็นต้น

1.3.1 โครงสร้างของหลุมฝังกลบขยะที่ถูกหลักสุขาภิบาล

ภาพที่ 2.1 โครงสร้างของหลุมฝังกลบขยะที่ถูกหลักสุขาภิบาล

1) ดินเหนียวอัดแน่น

เป็นชั้นแยกระหว่างน้ำใต้ดินกับบ่อฝังกลบขยะเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องมี เพื่อป้องกันการปนเปื้อนต่อน้ำใต้ดิน ชั้นดินเหนียวต้องมีความหนาไม่ต่ำกว่า 60 เซนติเมตร หากดินมีความหนาแน่นไม่ได้มาตรฐานก็จำเป็นต้องผสมสารเบนโทไนท์ให้มีความหนาแน่นสูงขึ้น

2) วัสดุกันซึม

ทำด้วยพลาสติกชนิดทนความหนาแน่นสูง เป็นชั้นรองพื้นป้องกันน้ำชะขยะไหลลงสู่น้ำใต้ดิน กรณีน้ำใต้ดินอยู่ลึกมาก และดินมีคุณสมบัติที่น้ำซึมผ่านได้น้อยก็ไม่จำเป็นต้องใช้

3) วัสดุรองพื้น

เป็นวัสดุเส้นใยสังเคราะห์คล้ายเสื่อปูรองพื้นป้องกันชั้นวัสดุกันซึมฉีกขาดจากเศษหินกรวด หากไม่ใช้วัสดุกันซึมไม่จำเป็นต้องใช้วัสดุรองพื้นนี้

4) ชั้นหินกรวด

น้ำชะขยะจะไหลผ่านชั้นหินกรวด ซึ่งง่ายต่อการไหลเข้าท่อรวบรวมสู่บ่อบำบัดน้ำเสีย

5) ท่อรวบรวมน้ำเสีย

เป็นท่อพีวีซีที่มีรูโดยรอบ เพื่อรับน้ำชะจากขยะที่ไหลผ่านชั้นหินกรวด

6) ชั้นดิน

ควรมีความหนา 12-18 นิ้ว ใช้กั้นระหว่างชั้นวัสดุรูพรุน กับชั้นแรกของเซลล์ฝังกลบขยะ

7) ท่อนำแก๊ส

เป็นท่อพีวีซีที่มีรูโดยรอบ เพื่อระบายแก๊สชีวภาพภายในหลุมฝังกลบ

1.3.2 รูปแบบการฝังกลบขยะแบบสุขาภิบาลมีอยู่ด้วยกัน 2 วิธี ได้แก่

1) วิธีการฝังกลบแบบกลบฝังบนพื้นที่ (Area Method)

เป็นวิธีการฝังกลบที่เริ่มจากระดับดินเดิม โดยการจัดทำคันดินรอบบริเวณเขตพื้นที่มีการเตรียมพื้นผิวด้วยวัสดุกันซึมที่เหมาะสม เช่น ดินเหนียว แผ่นยางสังเคราะห์ (HDPE) เพื่อป้องกันปัญหาการปนเปื้อนของน้ำชะมูลฝอยสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก จากนั้นจะดำเนินการเทกอง เกลี่ยมูลฝอย และทำการบดอัดมูลฝอยขึ้นเป็นชั้นๆ ให้ได้ความหนาตามที่กำหนด (โดยทั่วไปหนา ~ 2 เมตร) แล้วคลุมด้วยดินที่เหมาะสมจนเต็มพื้นที่ พร้อมจัดทำระบบเก็บรวบรวมน้ำชะมูลฝอย เพื่อนำไปบำบัด และจัดทำระบบระบายแก๊สจากหลุมฝังกลบ ความจำเป็นต้องเลือกใช้วิธีนี้ ในกรณีที่พื้นที่ฝังกลบเป็นที่ราบลุ่ม หรือมีระดับน้ำใต้ดินอยู่สูงใกล้ผิวดินเดิม (น้อยกว่า 1 เมตร) ทำให้ไม่สามารถขุดเป็นร่องเพื่อฝังกลบได้ เพราะอาจเกิดปัญหาการปนเปื้อนของน้ำชะมูลฝอยต่อแหล่งน้ำใต้ดินได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องจัดหาดินจากแหล่งอื่นมาใช้ในการทำคันดินและปกคลุมมูลฝอย ดังแสดงในภาพที่ 2.2

ภาพที่ 2.2 วิธีการฝังกลบแบบกลบฝังบนพื้นที่ (Area Method)

ที่มา : เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ (2539)

2) วิธีการฝังกลบแบบขุดเป็นร่อง (Trench Method)

เป็นวิธีการฝังกลบที่เริ่มจากระดับที่ต่ำกว่าระดับดินเดิม โดยทำการขุดดินลึกลงไปให้ได้ระดับที่กำหนด ให้อยู่เหนือระดับน้ำใต้ดินไม่น้อยกว่า 1 เมตร เตรียมพื้นผิวด้วยวัสดุกันซึมที่เหมาะสม เช่น แผ่นยางสังเคราะห์ (HDPE) เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของน้ำชะมูลฝอยสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก จากนั้นจะดำเนินการเทกอง และบดอัดมูลฝอยขึ้นเป็นชั้นๆ ให้ได้ความหนาตามที่กำหนด (โดยทั่วไปหนาประมาณ 2 เมตร) แล้วคลุมด้วยดินที่ขุดออกมาอีกครั้ง การกลบฝังด้วยวิธีนี้ไม่จำเป็นต้องทำคันดิน สามารถใช้ผนังร่องดินที่ขุดแทนทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายดินที่จะมาเป็นคันดิน และกลบฝังมูลฝอยดังแสดงในภาพที่ 2.3

ภาพที่ 2.3 วิธีการฝังกลบแบบขุดเป็นร่อง (Trench Method)

วิธีการฝังกลบมูลฝอยแบบถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill)

ที่มา : เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ (2539)

1.3.3 ลักษณะทางกายภาพและภาพตัดของหลุมฝังกลบมูลฝอยแบบถูกหลักสุขาภิบาล

หลุมฝังกลบมูลฝอยแบบถูกหลักสุขาภิบาลจะได้รับการออกแบบก่อสร้าง ให้มีการเทกลบมูลฝอยเป็นชั้นๆ สูงขึ้นมา เริ่มตั้งแต่ชั้นดินเดิมที่มีการปูด้วยชั้นดินเหนียวที่มีค่าความซึมผ่าน (K) สูงสุดเท่ากับ 1×10^{-7} ซม./วินาที หรือปูด้วยแผ่นวัสดุสังเคราะห์โพลีเอททีลีน ชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE) และมีชั้นรวบรวม และสูบน้ำชะมูลฝอยอยู่ด้านบน โดยแรงดันของน้ำชะมูลฝอย (Hydraulic Head) ต้องไม่เกิน 30 ซม. และมีชั้นดินปกคลุมเหนือชั้นรวบรวม และสูบน้ำชะมูลฝอยหนาอย่างน้อย 30 ซม. ก่อนที่จะมีการฝังกลบมูลฝอยลงไป รายละเอียดดัง ภาพที่ 2.4 มีการฝังกลบมูลฝอยเป็นชั้นมีความหนาชั้นละประมาณ 2 เมตร จำนวน 3-4 ชั้น มีลักษณะคล้ายห้องเซลล์ (Cell) ภาพที่ 2.5 แต่ละชั้น และบนสุดของชั้นสุดท้ายกลบด้วยดินที่มีคุณลักษณะเหมาะสม ดังแสดงในภาพที่ 2.6

วัสดุกันซึมแบบดินที่มีอัตราการไหลซึมต่ำ (Low Permeable Soil Liner)

ภาพที่ 2.4 ภาพตัดของหลุมฝังกลบมูลฝอยแบบถูกหลักสุขาภิบาล

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2542)

ภาพที่ 2.5 ภาพตัดแสดงห้องเซลล์ (Cell)

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2542)

ภาพที่ 2.6 ความเหมาะสมของดินที่ใช้กลบมูลฝอย

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2542)

นอกจากนั้นภายในหลุมฝังกลบมูลฝอยยังจำเป็นต้องออกแบบติดตั้ง

1) ระบบรวบรวมและสูบน้ำชะมูลฝอย (Leachate Collection and Removal Systems) ประกอบด้วย ท่อพรุน ทำจากท่อ PVC ขนาดไม่น้อยกว่า 4 นิ้ว กลบด้วยทรายหรือกรวดที่คละขนาดกัน มีค่าความซึมผ่านของน้ำ (Permeability) ต่ำสุด 1 x 10^{-3} เซนติเมตร/วินาที เพื่อรวบรวมน้ำชะมูลฝอยที่เกิดขึ้นส่งต่อไปยังระบบบำบัดน้ำเสีย ผ่านทางระบบปั๊มน้ำ หรือไหลด้วยแรงโน้มถ่วง ดังภาพที่ 2.7

ระบบรวบรวมน้ำชะมูลฝอย

ภาพที่ 2.7 ระบบเก็บรวบรวมน้ำชะมูลฝอย

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2542)

2) ระบบควบคุมแก๊สจากหลุมฝังกลบมูลฝอย (Landfill Gases Control Systems) มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวม และส่งแก๊สโดยเฉพาะแก๊สมีเทนไปกำจัดโดยการเผาทิ้ง (Flare) หรือนำไปเป็นพลังงานเชื้อเพลิง (Fuel) ในการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยมีการติดตั้งท่อทั้งในแนวราบ และแนวดิ่ง ดังภาพที่ 2.8 และภาพที่ 2.9 วิธีการควบคุมระบบแก๊สที่นิยมใช้กันมี 2 วิธี

1.3.4 วิธีการควบคุม

1) แบบแพสซีฟ (Passive Control)

เหมาะสำหรับหลุมฝังกลบที่มีปริมาณแก๊สมีเทนไม่มาก และสามารถแพร่กระจายด้วยแรงดันภายในหลุมฝังกลบเอง

ภาพที่ 2.8 การติดตั้งท่อเพื่อควบคุมระบบแก๊สแบบแพสซีฟ (Passive Control)

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2542)

2) แบบแอกทีฟ (Active Control)

ใช้ปั้มดูดแก๊สออกโดยตรง ทำให้มีประสิทธิภาพดีกว่า เหมาะสำหรับหลุมฝังกลบที่มีปริมาณแก๊สมีเทนมาก เพื่อนำแก๊สมีเทนไปใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงพลังงาน

ภาพที่ 2.9 การติดตั้งท่อเพื่อควบคุมระบบแก๊สแบบแอกทีฟ (Active Control)

ที่มา : U.S.Environmental Protection Agency (1996)

1.3.5 หลักเกณฑ์ในการออกแบบการกำจัดขยะมูลฝอยแบบฝังกลบ

การที่จะกำจัดขยะมูลฝอยแบบฝังกลบในพื้นที่ใด ต้องคำนึงถึงมาตรการในการป้องกันมิให้เกิดมลพิษต่อสภาพแวดล้อมในระยะยาว องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา (USEPA) ได้มีข้อกำหนดสำหรับการออกแบบฝังกลบขยะมูลฝอย ดังนี้

1) การเลือกพื้นที่

1. ไม่เป็นที่น้ำท่วม
2. ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสัตว์และพืชบริเวณใกล้เคียง
3. ไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนแก่แหล่งน้ำทั้งใต้ดินและผิวดิน
4. มาตรการในด้านความปลอดภัยและการแพร่กระจายของเชื้อโรค

2) ขั้นตอนของการออกแบบ

1. พิจารณาปริมาณของขยะมูลฝอยที่ต้องการฝังกลบในพื้นที่นั้น ได้แก่ ปริมาณที่มีอยู่ในปัจจุบัน ปริมาณที่จะต้องเพิ่มในอนาคตอย่างน้อย 10 ปี
2. หาข้อมูลเกี่ยวกับสถานที่และบริเวณใกล้เคียง เช่น สำรวจและรังวัดขอบเขต และลักษณะความสูงต่ำของพื้นที่ ทำแผนที่แสดงลักษณะของพื้นที่ และบริเวณตามที่เป็นอยู่เดิม เช่น แนวถนน
3. ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพของดิน ได้แก่ ลักษณะโครงสร้างของดิน ชั้นของน้ำใต้ดิน ความลึก และความหนาของชั้นดิน ลักษณะและชนิดของพืชคลุมดิน
4. ข้อมูลที่เกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศ เช่น ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ อัตราการระเหยของน้ำ ทิศทางลม เป็นต้น
5. กฎหมายระเบียบ และข้อบังคับที่เกี่ยวข้อง เช่น เกี่ยวกับข้อจำกัดของน้ำหนักรถบรรทุกบนทางหลวง ระเบียบและวิธีการขออนุญาตต่างๆ กฎระเบียบ ข้อบังคับเกี่ยวกับเหตุรำคาญ และสภาพแวดล้อม มาตรฐานหรือข้อกำหนดเกี่ยวกับการใช้ดินกลบ เช่น ต้องกลบทุกวัน หรือวันละกี่ครั้ง

3) ขั้นตอนในการฝังกลบขยะ

1. ใช้เครื่องจักรกลปรับพื้นที่ให้เรียบร้อย
2. ตักหรือขุดเอาหน้าดินออกไปกองไว้ ณ ที่ใดที่หนึ่ง และควรใช้ทำเป็นคันดินกันลม หรือกันการมองเห็นจากภายนอก
3. จัดทำรางระบายน้ำสำหรับระบายน้ำเสียที่ออกจากกองขยะ และบริเวณโดยรอบ
4. ขุดบริเวณที่ใช้ฝังกลบ ตื้น หรือลึก ตามลักษณะของพื้นที่ พร้อมทั้งเตรียมดินที่ใช้กลบ

5. จัดทำและติดตั้งอุปกรณ์ควบคุม และป้องกันการเกิดมลพิษต่อสภาพแวดล้อมตามความจำเป็น เช่น จัดทำบ่อบำบัดน้ำชะมูลฝอย (Leachate) การป้องกันน้ำชะมูลฝอย (Leachate) ซึมลงไปถึงชั้นน้ำใต้ดิน การเจาะบ่อไว้ตรวจสอบการกระจายของน้ำชะมูลฝอย (Leachate) การควบคุมแก๊สจากกองขยะ พร้อมทั้งมาตรการในการตรวจสอบ
6. ก่อสร้างอาคารสำนักงานเพื่อความสะดวกแก่การปฏิบัติงาน เช่น ที่ทำการของเจ้าหน้าที่และพนักงานควบคุมงาน พร้อมทั้งอุปกรณ์อำนวยความสะดวกตามความจำเป็น เครื่องชั่งรถขยะ ที่เก็บน้ำมันเชื้อเพลิงสำรอง
7. ติดตั้งอุปกรณ์อำนวยความสะดวกอื่นๆ เช่น ไฟฟ้า ประปา โทรศัพท์ เป็นต้น
8. ก่อสร้างส่วนประกอบอื่นๆ เช่น รั้วโดยรอบบริเวณ และรั้วยกไว้สำหรับกันขยะปลิวออกจากบริเวณที่ฝังกลบประจำวัน ถนนเข้าสู่สำนักงาน และบริเวณที่เทขยะแต่ละวัน ประตูทางเข้าพร้อมด้วยป้ายประกาศ หรือเครื่องหมายอื่นๆ

สิ่งที่ควรคำนึงถึงในการฝังกลบขยะ

1) การใช้ดินกลบต้องให้มีความหนาของชั้นดินที่กลบเพียงพอ โดยปกติคิดเป็นอัตราส่วนของความหนาของชั้นขยะต่อความหนาของชั้นดินที่กลบ ส่วนมากอยู่ระหว่าง 6:1 ถึง 3:1 ที่ใช้มากที่สุดคือ 4:1 ถ้าชั้นของขยะมูลฝอยมากขึ้นก็จะทำให้พื้นที่รับขยะได้มากขึ้น ก่อนใช้ดินกลบขยะมูลฝอยที่ใส่ลงไปไม่ว่าจะเป็นแบบถม หรือแบบร่อง ต้องบดอัดให้มีความหนาแน่นมากๆ โดยทั่วไปให้มีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 450-600 ปอนด์ต่อลูกบาศก์หลา แต่ก็สามารถบดอัดให้มีความหนาแน่นได้มากถึง 800-1,200 ปอนด์ต่อลูกบาศก์หลา แล้วแต่ลักษณะของพื้นที่ และเครื่องจักรกลที่ใช้ การบดอัดแน่นๆ ก็จะให้ใช้พื้นที่รับขยะมูลฝอยได้มาก และทำให้การยุบตัวของดินน้อย เมื่อถมที่เสร็จเรียบร้อยแล้ว

2) การป้องกันความเสื่อมเสียของสภาพแวดล้อมซึ่งอาจทำให้มีผลกระทบต่อสุขภาพของบุคคลและชุมชน ได้แก่

- ควบคุมน้ำเสียที่ออกจากกองขยะ (Leachate) เป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งที่จะต้องมีมาตรการป้องกัน และควบคุมให้ถูกต้องรัดกุม เนื่องจากน้ำเสียที่ผ่านออกจากกองขยะมีความสกปรกสูงมาก และเป็นตัวการที่สำคัญที่จะทำให้เกิดมลพิษแก่แหล่งน้ำทั้งใต้ดิน และผิวดิน ดังนั้นจะต้องมีวิธีการป้องกันไม่ให้ซึมลงไปยังชั้นน้ำใต้ดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการฝังกลบแบบร่องลึก พื้นล่างของร่องต้องบดอัดด้วย

ดินเหนียว หรืออาจใช้แผ่นพลาสติก หรือยางปูก่อนก็ได้ หรือออกแบบให้พื้นก้นบ่อมีความลาดเอียงไปด้านใดด้านหนึ่ง เพื่อรวมน้ำแล้วสูบออกไป สำหรับพื้นผิวดิน จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำเป็นสระสำหรับน้ำเสียที่ไหลออกจากกองขยะ และจัดให้มีวิธีการบำบัดตามวิธีการกำจัดน้ำเสียแล้วแต่ความเหมาะสม นอกจากนั้นยังอาจใช้น้ำเสียส่วนนี้มาใช้ในการปรับความชื้นในกองขยะได้ด้วย ในกรณีที่ใช้ขยะหมักทำปุ๋ย ส่วนน้ำเสียที่ผ่านขั้นตอนของการบำบัดแล้วก็อาจนำไปใช้ในการรดน้ำต้นไม้ สนามหญ้า และการปลูกพืชอื่นๆ ได้ด้วย

- การควบคุมแมลงวัน ยุง หนู รวมทั้งสุนัข และสัตว์อื่นๆ โดยการใช้ดินกลบ และทับทุกวัน เป็นการขจัดแหล่งอาหาร แหล่งเพาะพันธุ์ของแมลงวัน ยุง หนู และสัตว์อื่นๆ สระเก็บกัก และบำบัดน้ำเสียที่ออกจากกองขยะก็ต้องควบคุมดูแลให้ถูกต้อง ไม่ให้มีพืชขึ้นในสระ และขอบสระ
- การควบคุมกลิ่นและควัน การใช้ดินกลบ และบดอัดให้แน่นทุกวัน เป็นการทำให้ขจัดกลิ่นได้อย่างดี นอกจากนั้นการฝังกลบที่ได้มาตรฐานจะต้องไม่ให้มีการเผาขยะก่อนการฝังกลบด้วย
- การควบคุมแก๊สที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ของขยะที่ฝังกลบไว้แล้ว เนื่องจากองค์ประกอบของขยะส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ที่จะถูกย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน จึงทำให้มีแก๊สเกิดขึ้น ถ้าไม่มีวิธีการป้องกัน และควบคุมไว้ก่อนอาจทำให้เกิดระเบิด และเป็นอันตรายได้ ดังนั้นจึงควรจัดให้มีท่อระบายแก๊สไว้เป็นระยะๆ ด้วย
- ด้านความสะอาด ความเป็นระเบียบเรียบร้อยและความสวยงามของพื้นที่ เช่น ถนนที่เข้าสู่บริเวณการกำจัดขยะมูลฝอย ต้องทำความสะอาดอยู่เสมอ มีการปลูกดอกไม้ ไม้ประดับ ทำรั้วกั้นป้องกันการปลิวของขยะออกไปนอกบริเวณ ทำคันดิน หรือต้นไม้กั้นทางด้านที่มีที่พักอาศัย หรือด้านที่มองเห็นจากถนนใหญ่ เป็นต้น

การฝังกลบขยะมีการดำเนินงานดังนี้ คือ

1) นำขยะบรรทุกใส่รถลงไปเทกองภายในบ่อกำจัดที่ได้เตรียมเอาไว้ และปรับแต่งพื้นที่รองระบายน้ำ และหาทางขึ้นลงของรถไว้แล้ว

2) เมื่อเทขยะได้ตามจำนวนที่กำหนดไว้ในแต่ละบ่อแต่ละวันแล้ว ใช้รถแทรกเตอร์บดอัดขยะให้ขยะอัดแน่นตามแนวปฏิบัติที่ได้กำหนดไว้ จนขยะบดอัดแล้วมีความหนาแน่นประมาณร้อยละ 50

3) เมื่อทำการบดอัดขยะของแต่ละวันในแนวปฏิบัติงานเสร็จเรียบร้อยแล้ว ใช้ดินที่เตรียมไว้ฝังกลบขยะให้ดินหนาประมาณ 30 เซนติเมตร ดังภาพที่ 2.10

4) ขยะจะถูกนำมาเท บดอัด และฝังกลบเป็นประจำทุกวัน ลักษณะการฝังกลบขยะแต่ละวันเรียกว่า ขยะ 1 Cell ปฏิบัติการฝังกลบขยะจนเต็มพื้นที่บ่อปฏิบัติการที่กำหนด

5) ขยะที่จะกำจัดจะต้องปฏิบัติการฝังกลบจากขอบบ่อด้านใดด้านหนึ่งก่อน ตามแนวปฏิบัติงาน (Daily Operation) เมื่อขยะ Cell สุดท้ายได้รับการบดอัดบนแปลงปฏิบัติงานแล้ว Cell สุดท้ายของขยะถูกบดอัด และฝังกลบด้วยดินมีความหนาประมาณ 1.0 เมตร ทั้งนี้คาดว่าเมื่อขยะยุบตัวเนื่องจากเกิดการย่อยสลายในอนาคตแล้ว ระดับของดินบนบ่อปฏิบัติการจะลดระดับลงเท่ากับระดับดินไหล่ทางที่ได้กำหนดไว้

6) ระดับของหน้าดินที่ฝังกลบขยะ Cell สุดท้ายจะต้องมีความลาดเอียงไม่น้อยกว่า 2 % เพื่อประโยชน์ในการระบายน้ำฝนที่เกิดขึ้นไปสู่รางระบายน้ำขอบบ่อปฏิบัติการ และไปสู่บ่อพักน้ำ หรืออื่นๆ ต่อไป

7) วัตถุฝังกลบคือดินที่ได้จากการขุดออกไปจากบ่อปฏิบัติการ หรือนำดินมาจากที่อื่นก็ได้

ภาพที่ 2.10 การฝังกลบขยะตามขั้นตอนต่างๆ

ที่มา : ปรีดา แย้มเจริญวงศ์ (2531) การจัดการขยะมูลฝอย มหาวิทยาลัยขอนแก่น

1.3.6 กระบวนการสลายตัวของขยะมูลฝอยภายหลังการฝังกลบ

ขยะมูลฝอยทั่วไปประกอบด้วยวัสดุต่างๆ มากมายที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ แต่องค์ประกอบที่สำคัญที่สุด ได้แก่ สารอินทรีย์ (Organic Matter) กระบวนการสลายตัว (Decomposition Process) ของวัสดุต่างๆ ในขยะมูลฝอยมี 3 กระบวนการ ได้แก่ การสลายตัวทางชีววิทยา การสลายตัวทางเคมี และการสลายตัวทางฟิสิกส์

1) การสลายตัวทางชีววิทยา (Biological Decomposition) ได้แก่
การเปลี่ยนธาตุคาร์บอนในสารอินทรีย์ให้อยู่ในรูปของแก๊ส เช่น CO_2 และ CH_4 เป็นต้น การสลายตัวนี้นับว่ามีความสำคัญมากที่สุด เพราะขยะประกอบด้วยอินทรีย์วัตถุเป็นส่วนใหญ่

2) การสลายตัวทางเคมี (Chemical Decomposition) ได้แก่
ปฏิกิริยาของ Hydrolysis การดูดซึม การดูดซับ หรือปฏิกิริยา Ion Exchange ที่เกิดขึ้น ผลที่เกิดขึ้นจะทำให้น้ำในพื้นที่ฝังกลบขยะมีปริมาณของสารอนินทรีย์ เช่น ค่า pH ไฮดรอกไซด์ คาร์บอเนต หรือโลหะต่างๆ

3) การสลายตัวทางฟิสิกส์ (Physical Decomposition) ได้แก่
การที่สารต่างๆ ที่เกิดจากปฏิกิริยาทางชีววิทยา และฟิสิกส์ถูกเคลื่อนย้ายผ่าน หรือออกจากพื้นที่ฝังกลบขยะมูลฝอยโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่มีน้ำไหลผ่านในอัตราที่สูง

จะเห็นได้ว่าการสลายตัวทางชีววิทยามีความสำคัญมากที่สุด ซึ่งนอกจากเป็นปฏิกิริยาที่ก่อให้เกิดสารต่างๆ แล้ว ปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์นี้ยังเป็นตัวควบคุมค่า pH และควบคุมระดับการสลายตัวทางเคมีอีกด้วย

2. กระบวนการย่อยสลายทางชีววิทยา

การย่อยสลายทางชีววิทยา หรือชีวภาพ แบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอน โดยในแต่ละขั้นตอนจะมีความต้องการสภาวะแวดล้อม และสารอาหารที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ผลผลิตของแต่ละขั้นตอนก็มีคุณสมบัติที่เฉพาะตัว และสามารถก่อผลกระทบต่อกระบวนการย่อยสลายของขั้นตอนอื่นอีกด้วย กระบวนการย่อยสลายทั้ง 3 ขั้นตอนมีรายละเอียด ดังนี้

2.1 การย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจนอิสระ

ขบวนการย่อยสลายจะเริ่มเมื่อมีการทิ้งขยะลงสู่บริเวณที่ฝังกลบ โดยในช่วงแรกนี้ขยะที่ทิ้งทับถมกันยังมีออกซิเจนที่แบคทีเรียพวกใช้ออกซิเจนอิสระ จะสามารถใช้ทำปฏิกิริยาย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยให้ผลผลิตออกมาเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ

สารอินทรีย์ที่ย่อยสลายไม่สมบูรณ์ และความร้อน กระบวนการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจนอิสระมีคุณสมบัติในการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้เร็วกว่ากระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนอิสระ เนื่องจากแบคทีเรียกลุ่มนี้ในระหว่างปฏิกิริยาการย่อยสลายสามารถปลดปล่อยพลังงานความร้อนออกมา ซึ่งมีผลทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นถึง 35 – 40 องศาเซลเซียส นอกจากนี้คาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นผลผลิตที่สำคัญของกระบวนการ พบว่ามีปริมาณสูงถึงร้อยละ 90 ของแก๊สทั้งหมด และเนื่องจากแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งมีคุณสมบัติละลายน้ำได้ค่อนข้างดี ดังนั้นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์บางส่วนจึงละลายลงสู่น้ำ ซึ่งการละลายได้มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับสภาวะสมดุลกับชั้นแก๊ส (gaseous phase) และจากผลการละลายนี้ส่งผลให้น้ำในกองขยะมีฤทธิ์เป็นกรด สำหรับปริมาณแก๊สออกซิเจนพบว่ามีปริมาณลดลง ขณะที่แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้น ส่วนแก๊สไนโตรเจนนั้นทางทฤษฎีแล้วจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากแต่ละโมลของคาร์บอนไดออกไซด์จะได้มาจากการใช้ออกซิเจนไป 1 โมล

2.2 การย่อยสลายแบบหมักกรด

ขบวนการย่อยสลายนี้จะเริ่มเมื่อปริมาณออกซิเจนเริ่มขาดแคลน โดยแบคทีเรียพวกสร้างกรด (Acid Former) เริ่มเพิ่มจำนวนขึ้น และโดยที่แบคทีเรียกลุ่มนี้เป็นพวกแฟคเคาเตทีฟ (Facultative bacteria) ดังนั้นจึงไม่ต้องพึ่งพาแก๊สออกซิเจนมากนัก ส่วนคุณสมบัติของการย่อยสลายในขั้นตอนนี้ยังพบว่ามีการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาอย่างรวดเร็วพร้อมกับกรดอินทรีย์ และพลังงานความร้อนเล็กน้อย นอกจากนี้กรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นจากขบวนการย่อยสลายรวมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีผลทำให้สภาพความเป็นกรดของน้ำในกองขยะมีค่าสูงขึ้นมากกว่าในขั้นตอนการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจนอิสระ ดังนั้นในขั้นตอนนี้จะพบปริมาณสารอินทรีย์ละลายลงสู่น้ำจากกองขยะมาก

2.3 การย่อยสลายแบบหมักมีเทน

ขบวนการย่อยสลายเริ่มเมื่อปริมาณออกซิเจนถูกใช้ไปจนหมดแล้ว พร้อมกับเกิดสภาวะรีดิวซิ่ง (Reducing Condition) ซึ่งเอื้อต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกลุ่มสร้างแก๊สมีเทน (Methane Former) และโดยที่แบคทีเรียกลุ่มซึ่งเจริญเติบโตช้าแต่มีประสิทธิภาพสูง (Strictly Anaerobe) สำหรับผลผลิตที่ได้จากกระบวนการย่อยสลายนี้ประกอบด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ แก๊สมีเทน และพลังงานความร้อนเล็กน้อย นอกจากนั้นการที่แบคทีเรียกลุ่มนี้เจริญเติบโตอย่างช้าๆ โดยการย่อยสลายกรดอินทรีย์

มีผลทำให้ปริมาณกรดอินทรีย์ในน้ำของกองขยะลดลง ประกอบกับการลดลงของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ส่งผลให้ระดับ pH ของน้ำในกองขยะมีค่าสูงขึ้นพร้อมๆ กับปริมาณสารอนินทรีย์ที่ละลายน้ำลดลง

โดยทั่วไปแล้วปฏิกิริยาการย่อยสลายทางชีววิทยาที่เกิดในกองขยะจะเกิด 2 ขั้นตอนพร้อมกันเท่านั้น ตัวอย่างเช่นแบคทีเรียพวกสร้างมีเทนจะมีความสัมพันธ์กับแบคทีเรียพวกสร้างกรด แบบพึ่งพาอาศัยกัน (Symbiotic Relationship) ในขณะที่แบคทีเรียพวกใช้ออกซิเจนอิสระไม่สามารถอยู่ร่วมกับแบคทีเรียพวกสร้างมีเทน เป็นต้น นอกจากนั้นยังพบอีกว่าบริเวณกองขยะส่วนใกล้ผิวบนซึ่งมีโอกาสสัมผัสกับแก๊สออกซิเจนได้มากทั้งจากขบวนการแพร่ (Diffusion) และการเปลี่ยนแปลงความดัน (Barometric Change) และมีปฏิกิริยาการย่อยสลายแบบแฟคเคเตทีฟ (Facultative) ตลอดช่วงอายุของกองขยะในขณะที่ส่วนอื่นๆ ของกองขยะจะมีปฏิกิริยาการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน และยังพบอีกว่าในตำแหน่งที่ใกล้เคียงกันในกองขยะก็พบปฏิกิริยาการย่อยสลายที่แตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างกันขององค์ประกอบใน แต่ละตำแหน่งของกองขยะ

โดยสรุปแล้วถึงแม้ว่าจะมีปฏิกิริยาการย่อยสลายเกิดขึ้นพร้อมๆ กันหลายกระบวนการ แต่จะมีปฏิกิริยาเดียวที่แสดงบทบาทเด่นในช่วงเวลาหนึ่ง และกระบวนการที่เหลือจะมีบทบาทในระดับต่ำ การตรวจวัดกองขยะจะทราบเฉพาะกระบวนการย่อยสลายที่มีบทบาทเด่นในช่วงเวลานั้นเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากปฏิกิริยาการย่อยสลายเป็นปฏิกิริยาแบบไดนามิกโกรท (Dynamic Growth)

3. ทฤษฎีการย่อยสลายแบบหมักของแก๊สมีเทน

การย่อยสลายแบบหมักมีเทนเป็นกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยมีแบคทีเรีย 3 กลุ่มมาทำงานร่วมกัน คือ แบคทีเรียกลุ่มหมักกรด (Acid former), แบคทีเรียกลุ่มอะซิโตจีนิก (Acetogenic) และแบคทีเรียกลุ่มหมักมีเทน (Methane former) ดังภาพที่ 2.11 และ 2.12

3.1 แบคทีเรียกลุ่มหมักกรด

ทำหน้าที่ย่อยสลายสารคาร์โบไฮเดรต, ไขมัน, โปรตีน เป็นกรดอินทรีย์ซึ่งมีกรดน้ำส้ม (Acetic Acids) เป็นองค์ประกอบหลัก และสารอื่นๆ อันประกอบด้วยแอลกอฮอล์, แก๊สไฮโดรเจน, แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์, แอมโมเนีย และซัลไฟด์ นอกจากนี้แบคทีเรียกลุ่มนี้ยังประกอบด้วยแบคทีเรียกลุ่มซึ่งเจริญเติบโตช้าแต่มีประสิทธิภาพสูง (Strict Anaerobes) และแฟคเคาเตทีฟ (Facultatives) ดังนั้นโดยภาพรวมแล้วแบคทีเรีย

กลุ่มนี้จึงสามารถมีบทบาทในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ทั้งในขั้นตอน Facultative และหมักมีเทน

3.2 แบคทีเรียกลุ่มอะซิโตจีนิก (Acetogenic)

ทำหน้าที่ออกซิไดซ์กรดอินทรีย์ที่มีโมเลกุลใหญ่ และสารกลุ่มเป้าหมาย (แอลกอฮอล์) ไปเป็นอะซิเตต และไฮโดรเจน ซึ่งปฏิกิริยาทั้งหมดในปัจจุบันยังไม่สามารถจำแนกได้อย่างชัดเจน ยกเว้นปฏิกิริยาการเปลี่ยนเอทานอล (ethanol) ไปเป็นกรดน้ำส้ม ดังสมการที่ 1

$$CH_3CH_2OH + H_2O \longrightarrow CH_3COOH + H_2 \qquad (1)$$

3.3 แบคทีเรียกลุ่มหมักมีเทน (Methane formers)

ใช้แก๊สไฮโดรเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นสารตั้งต้นในการผลิตแก๊สมีเทน ดังสมการที่ 2

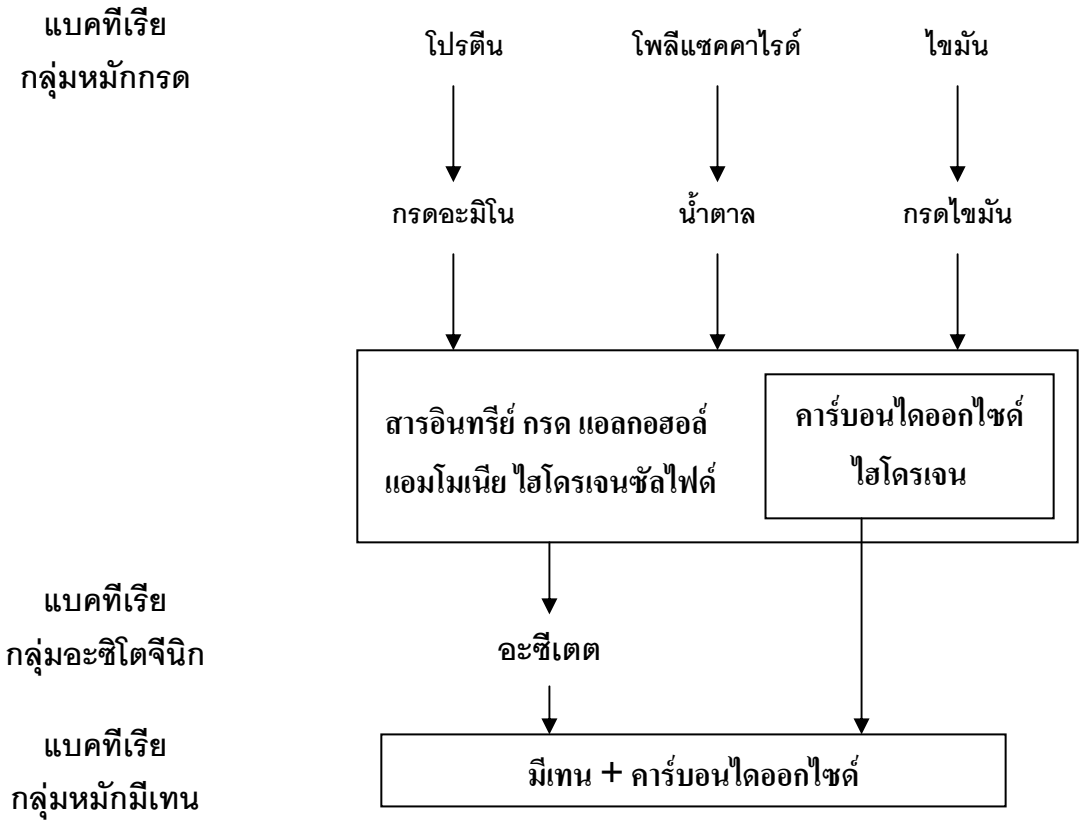
$$4H_2 + CO_2 \longrightarrow CH_4 + 2\,H_2O \qquad (2)$$

และยังสามารถใช้ฟอร์เมต (Formate), อะซิเตต (Acetate) และบิวทิเรต (Butyrate) เป็นสารตั้งต้นในการผลิตแก๊สมีเทน โดยในระหว่างการสร้างแก๊สมีเทนจะพบอะซิเตตในปริมาณสูง ซึ่งการเปลี่ยนอะซิเตตเป็นแก๊สมีเทนแสดงในสมการที่ 3

$$CH_3COOH \longrightarrow CH_4 + CO_2 \qquad (3)$$

นอกจากนี้แบคทีเรียกลุ่มนี้ยังสามารถใช้แอมโมเนียเป็นแหล่งของไนโตรเจน และใช้ซัลไฟด์ และซัลเฟอร์รูปอื่นๆ รวมถึงซัลเฟตเป็นแหล่งของซัลเฟอร์ในการนำมาใช้ เพื่อการเจริญเติบโต สำหรับแก๊สออกซิเจนนั้นสามารถฆ่าแบคทีเรียกลุ่มหมักมีเทน (Methane Former) ได้ และโดยทั่วไปแบคทีเรียพวกนี้ต้องการสภาวะการรีดิวซ์ (Reducing Conditions) ซึ่งพิจารณาในเทอม Oxidation – Reduction Potentials โดยมีค่าที่เหมาะ –200 ถึง –300 MV

ฉะนั้นเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างกันของการย่อยสลายสารอินทรีย์ เพื่อให้ได้แก๊สมีเทน จะพบว่าเป็นกระบวนการที่สลับซับซ้อน และมีแบคทีเรียมากมายหลายชนิดเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยแต่ละชนิดของแบคทีเรียก็ต้องการสารอาหารเสริม และสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับตัวเอง



ภาพที่ 2.11 การเกิดแก๊สมีเทนจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในหลุมฝังกลบ

ที่มา : Schumacher, M.M. (1983). “Landfill methane recovery”. New Jersey. Noyes data corporation. 557 p.

ภาพที่ 2.12 การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในแหล่งฝังกลบตามระยะเวลาที่ผ่านไป

ที่มา : ปรีดา แย้มเจริญวงศ์ (2531) การจัดการขยะมูลฝอย มหาวิทยาลัยขอนแก่น

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษางานวิจัย และเอกสารวิชาการต่างๆ ที่ผ่านมา การปลดปล่อยแก๊สชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะที่ผ่านมาได้ทำกันอย่างแพร่หลายในหลายประเทศ ทั้งในแง่ของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องมาจากปริมาณแก๊สเรือนกระจก และในแง่ของการควบคุม และนำแก๊สมีเทนที่ได้มาใช้เป็นพลังงานทดแทน ซึ่งมีดังนี้

ปรีชา พลอยภัทรภิญโญ (2532) ได้ตรวจสอบเอกสารสรุปได้ว่า อัตราการเกิดแก๊สจากการฝังกลบขยะมูลฝอยที่ยอมรับทั่วไปมีค่า 0.01 $ม^3$/กก./ปี (ที่สภาวะมาตรฐานและน้ำหนักขยะเปียก) แก๊สนี้ประกอบด้วยมีเทนร้อยละ 45-55 นอกนั้นเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และแก๊สอื่นๆ เล็กน้อย อัตราการเกิดแก๊สมีค่าสูงสุดภายหลังจากการกลบฝัง 1-5 ปี และจะเกิดแก๊สในอัตราที่สูงได้อีก 6-10 ปี หลังจากนั้นอัตราการเกิดแก๊สจะลดลงเรื่อยๆ อีกประมาณ 30-100 ปี ในการนำแก๊สมาใช้ประโยชน์ พบว่าขนาดต่ำสุดของพื้นที่ฝังกลบมีค่า 200 ไร่ สำหรับชั้นขยะลึก 15.2 เมตร และพื้นที่จะลดเป็น 70 ไร่ ถ้าชั้นขยะลึก 45.7 เมตร แก๊สที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรง แต่ต้องใช้ที่บริเวณฝังกลบเท่านั้น การปรับปรุงคุณภาพแก๊สทำได้โดยการแยกแก๊สอื่นๆ ออก หรือเติมโพรเพนเพื่อเพิ่มค่าความร้อน การผลิตกระแสไฟฟ้าจากแก๊สมี 3 วิธี คือ การใช้เครื่องกังหันไอน้ำ เครื่องกังหันความร้อน หรือเครื่องสันดาปภายใน ซึ่งทั้ง 3 วิธีพบว่ามีความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ และจากการสำรวจด้วยแบบสอบถาม พบว่ามีเทศบาล 31 แห่ง ใช้วิธีฝังกลบในการกำจัดขยะมูลฝอย แต่ส่วนใหญ่ไม่ได้กลบทุกวัน เนื่องจากไม่มีเครื่องจักรกลของตนเอง ต้องใช้วิธีจ้างเหมาเป็นครั้งคราวไป โดยชั้นขยะที่ฝังกลบมีความลึกในช่วง 1-6 เมตร ในการประเมินความเป็นไปได้ของการนำแก๊สมาใช้ประโยชน์ของเทศบาลต่างๆ ได้กำหนดหลักเกณฑ์ขั้นต่ำดังนี้ ขนาดของพื้นที่ฝังกลบไม่ต่ำกว่า 100 ไร่ ความลึกชั้นขยะไม่ต่ำกว่า 10 เมตร และประชากรที่ผลิตขยะไม่ต่ำกว่า 165,000 คน

ปริทัศน์ ชมเชย (2537) ได้ศึกษาลักษณะสมบัติทางกายภาพของมูลฝอยชุมชนภายในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ พบว่ามูลฝอยมีความชื้นร้อยละ 59.3 ความหนาแน่น 230 กก./ลบ.ม. และจากการศึกษาองค์ประกอบมูลฝอยเป็นร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง พบว่ามีเศษอาหารมากที่สุดร้อยละ 15.6 รองลงมาคือแก้วร้อยละ 12.3 เศษใบไม้ กิ่งไม้จากการทำสวนร้อยละ 12.2 กระดาษร้อยละ 11 เซรามิค หินร้อยละ 9.6 พลาสติกร้อยละ 9 เศษไม้ร้อยละ 4.6 กระดูก เปลือกหอยร้อยละ 3.5 โลหะ

ร้อยละ 3 เศษผ้าร้อยละ 2.1 หนัง และยางร้อยละ 0.03 และองค์ประกอบอื่นๆ ที่มีขนาดเล็กกว่า 10 มม. ร้อยละ 17

เกียรติไกร อายุวัฒน์ (2539-2540) จากศูนย์ปฏิบัติการวิศวกรรมพลังงาน และสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้ประสบความสำเร็จในการกักเก็บแก๊สชีวภาพที่ปะปนออกมากับน้ำเสียในแหล่งฝังกลบขยะที่อำเภอกำแพงแสน จ.นครปฐม แล้วนำมาทำความสะอาด โดยการแยกน้ำ และแก๊สไข่เน่าออกด้วยกระบวนการแยกแบบหยาบๆ จากนั้นจึงทำการทดลองนำแก๊สที่ได้ไปขับเครื่องยนต์ปั่นไฟ โดยใช้มอเตอร์ซิงโคนัส ขนาด 20 แรงม้า ซึ่งนำมาใช้เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอัลเทอร์เนเตอร์ จากโรงไฟฟ้าทดลองขนาดเล็กที่สร้างขึ้น สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 15 กิโลวัตต์ คิดเป็นมูลค่าไฟฟ้าประมาณ 4,500 บาทต่อเดือน เริ่มใช้งานจริงเมื่อกลางปี 2536

มนูญ มาศนิยม (2541) ได้ทำการศึกษาศักยภาพการเกิดแก๊สมีเทนจากแหล่งฝังกลบขยะ โดยเลือกศึกษาในเขตเทศบาล จำนวน 21 เทศบาล ใน 16 จังหวัด คิดเป็นร้อยละ 14.7 ของเทศบาลทั้งหมด เพื่อประเมินหาค่าการปลดปล่อยแก๊สมีเทนจากแหล่งฝังกลบ โดยใช้โมเดล LAEEM (ซึ่งมีปัจจัยที่สำคัญในการพิจารณาคือ ค่าการเกิดแก๊สมีเทนจากขยะ (L_0) และค่าคงที่ของการสลายตัวของแก๊สมีเทน (k) โดยค่า L_0 และ k ของ USEPA กำหนดไว้เท่ากับ 169.9 m^3/ton และ 0.05 l/yr ตามลำดับ) ของ USEPA เปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณได้จากการวัดการปลดปล่อยแก๊สมีเทนจากแหล่งฝังกลบจริง พบว่าปริมาณแก๊สมีเทนมีปล่อยจากแหล่งฝังกลบจากทั้ง 21 เทศบาล ที่ได้จากการประเมินด้วยโมเดล LAEEM ในปี ค.ศ.1990, 1994 และ 2010 มีค่าเท่ากับ 22.8, 36.3 และ 138.5 Gg ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่า เมื่อเทียบกับปริมาณแก๊สมีเทนที่ได้จากการวัดจริงถึงร้อยละ 29.2, 29.3 และ 29.5 ตามลำดับ

ศศิธร แถลงการณ์ (2541) จากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ศึกษาอัตราการเกิดแก๊สชีวภาพ และการย่อยสลายสารอินทรีย์ของมูลฝอยชุมชนในถังจำลองการฝังกลบแบบเดิมครั้งเดียว พบว่าองค์ประกอบแก๊สที่เกิดจากการฝังกลบมูลฝอยในช่วงเวลาต่างๆ กัน พบว่าที่ช่วงเวลาฝังกลบ 183 วัน สภาพการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายในถังจำลองอยู่ในระยะการเกิดกรด ผลจากการย่อยสลายเกิด CO_2 63 % เกิด CH_4 18 % และความเข้มข้นของมลสารในน้ำชะมูลฝอยส่วนใหญ่มีค่าสูง สภาพการย่อยสลายสารอินทรีย์ในระยะการเกิดมีเทน ผลจากการย่อยสลายได้ CO_2 45 % เกิด CH_4 45 % และความเข้มข้นของมลสารในน้ำชะมูลฝอยส่วนใหญ่มีค่าลดลง โดยอัตราเกิดแก๊สชีวภาพแปรผัน

โดยตรงกับอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ และช่วงเวลาฝังกลบมูลฝอย และแก๊สชีวภาพสามารถนำไปใช้ประโยชน์ เช่น ใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรง หรือนำไปผลิตกระแสไฟฟ้าได้

วิจารณ์ อินทรกำแหง (2543) ได้ศึกษาวิจัยอัตราการผลิตแก๊สชีวภาพจากหลุมฝังกลบมูลฝอยชุมชนเทศบาลเมืองนครปฐม โดยศึกษาปริมาณ และองค์ประกอบของแก๊สชีวภาพที่ระบายผ่านท่อระบายแก๊สที่ระดับความลึกต่างๆ กันคือ 1.5, 3, 4.5 และ 6 เมตร และประเมินอัตราการผลิตแก๊สชีวภาพของตัวอย่างมูลฝอยที่นำมาจากที่ระดับความลึกต่างๆ ดังกล่าวโดยการทดลองในห้องปฏิบัติการ รวมทั้งยังทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของแก๊สที่แพร่ระบายผ่านชั้นดินกลบทับมูลฝอยที่ระดับความลึกต่างๆ กันคือ 1.2, 0.9, 0.6 และ 0 (ผิวดิน) เมตร เพื่อประเมินหาอัตราการแพร่ระบายของแก๊สมีเทนจากหลุมฝังกลบมูลฝอยฝ่ายชั้นดินกลบทับมูลฝอยออกสู่บรรยากาศ สรุปผลการทดลองได้ดังนี้ การตรวจวัดปริมาณและองค์ประกอบของแก๊สชีวภาพที่ระดับความลึกต่างๆ ของพื้นที่ฝังกลบ พบว่า ปริมาณแก๊สชีวภาพมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึกของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย โดยมีปริมาณแก๊สชีวภาพเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.9 ลบ.ม./วัน ที่ระดับความลึก 6 เมตร ส่วนแก๊สชีวภาพที่ความลึก 4.5, 3 และ 1.5 เมตร มีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 4.3, 2.8 และ 0.08 ลบ.ม./วัน องค์ประกอบของแก๊สชีวภาพมีการเปลี่ยนแปลงตามระดับความลึกเช่นกัน โดยแก๊สชีวภาพที่ระดับความลึก 3, 4.5 และ 0 เมตร มีปริมาณแก๊สมีเทนใกล้เคียงกันอยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 60.5 ถึง 64.0 ส่วนที่ระดับความลึก 1.5 เมตร มีปริมาณแก๊สมีเทนต่ำที่สุด คือ 53.7

กรมควบคุมมลพิษ, คพ.04-027 เล่มที่ 3/3 (2544) ได้ศึกษาอัตราการเกิดแก๊สชีวภาพโดยใช้ถังจำลอง จำนวน 5 ถัง เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0 เมตร ฝังกลบมูลฝอยจากเทศบาลนครเชียงใหม่ สูง 2.0 เมตร ใช้เวลาศึกษารวม 44 เดือน สามารถหาอัตราการเกิดแก๊สมีเทน และแก๊สชีวภาพต่อปีได้รวม 4 ปี จากการทดลองใช้โปรแกรมมีข้อสังเกตดังต่อไปนี้

1) ในการเลือกจำนวนปีฝังกลบค่าเดียวกัน แต่มีจำนวนชั้นฝังกลบต่างกันจะต้องการพื้นที่ต่างกันแต่ได้ปริมาณแก๊สชีวภาพที่ใช้ได้เท่ากัน
2) ในการฝังกลบมูลฝอย 20 ปี ถ้าจำนวนหลุมฝังกลบมีมากที่สุด (ตามโปรแกรมนี้ คือ 5 หลุม) จะให้ปริมาณแก๊สชีวภาพที่ใช้ได้รวมมากที่สุด
3) หลุมฝังกลบที่มีอายุการใช้งานเท่ากันทุกหลุมมีแนวโน้มจะให้ปริมาณแก๊สชีวภาพที่ใช้ได้รวมสูงสุด
4) จำนวนหลุมฝังกลบรวมมีผลต่อปริมาณแก๊สชีวภาพที่ใช้ได้มากกว่าจำนวนปีที่ฝังกลบในแต่ละหลุม การที่จำนวนปีในการฝังกลบแต่ละหลุมต่างกัน เช่น ใช้หลุมฝังกลบ

5 หลุม มีระยะเวลาฝังกลบหลุมละ 4 ปี ปริมาณแก๊สรวมจะแตกต่างจากมีระยะฝังกลบหลุมที่ 1-5 เป็น 5, 4, 4, 4 และ 3 ปี ตามลำดับไม่มากนัก (0.2-0.3 %)

รัฐพงศ์ ภุมรินทร์ (2544) ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพแก๊สมีเทนจากบริเวณพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยอำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม พบว่าสมบัติของมูลฝอยด้านกายภาพและเคมีเหมาะสมต่อการย่อยสลายของจุลินทรีย์แบบไร้ออกซิเจน โดยมีปริมาณสารอินทรีย์เฉลี่ย 14.67 %, ความชื้น 50.84 %, คาร์บอน 15.44 %, ไนโตรเจน 0.83 %, ซัลเฟอร์ 0.03 % โดยน้ำหนัก และสัดส่วนสารอาหาร C/N ratio 1:18 ส่วนสมบัติน้ำชะมูลฝอยด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ พบว่ามีอุณหภูมิเฉลี่ย 42.69 ^{o}C, ปริมาณน้ำชะมูลฝอยเฉลี่ย 2.88 ลบ.ม./วัน, pH เฉลี่ย 7.56, ปริมาณความเป็นต่าง (Alkalinity) เฉลี่ย 16,675 มก./ล., ปริมาณโลหะหนัก < 0.014 มก./ล., ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 8.46 x 10^{18} CFU/ml. และไม่พบโคลิฟอร์ม และฟิคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย สำหรับสมบัติของดิน พบว่าเนื้อดินเป็นดินร่วนจนถึงดินร่วนปนดินเหนียว มีความหนาแน่นรวมเฉลี่ยเท่ากับ 1.42 ก./ลบ.ซม. มีความซึมซาบน้ำค่อนข้างช้า (Ks = 0.65 ซม./ชม.) ส่วนปริมาณแก๊สในฤดูร้อน ฝน และหนาวมีค่า 62.96, 58.84 และ 35.65 ลบม./ชม. ตามลำดับ เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสภาพแวดล้อม และสมบัติน้ำชะมูลฝอยกับปริมาณ และคุณภาพแก๊สในรอบปี โดยวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเปียร์สัน (r) พบว่าปัจจัยที่มีผลโดยตรงกับปริมาณแก๊ส คือ อุณหภูมิอากาศ (r = 0.33), ปริมาณน้ำชะมูลฝอย (r = 0.43) และอุณหภูมิของน้ำชะมูลฝอย (r = 0.60) โดยปัจจัยที่มีผลผกผันกับปริมาณแก๊ส คือ ความดันบรรยากาศ (r = -0.46) และคุณภาพแก๊ส (r = - 0.63) ส่วนปัจจัยที่มีผลโดยตรงกับคุณภาพแก๊ส คือ pH (r = 0.28) และความดันบรรยากาศ (r = 0.55)

วิชัย อานันทนสกุล (2545) จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้ศึกษาการใช้ประโยชน์แก๊สจากหลุมฝังกลบมูลฝอยแบบถูกหลักสุขาภิบาล เพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งยังไม่มีการศึกษาวิเคราะห์ความเหมาะสมของโครงการที่ชัดเจน โดยการวิเคราะห์ถึงปัจจัยตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อการพิจารณาความเหมาะสมต่อการนำแก๊สมีเทนจากหลุมฝังกลบมูลฝอยอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill) มาใช้ประโยชน์เป็นพลังงานสำหรับเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า (Generator Set) ได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และคุ้มค่า (Optimization) ทั้งปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณ และองค์ประกอบของแก๊สมีเทนในแก๊สจากหลุมฝังกลบมูลฝอย ได้แก่ ขนาดของหลุมฝังกลบ หรือปริมาณมูลฝอย คุณลักษณะมูลฝอย ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาด และลักษณะของมูลฝอยจากแต่ละชุมชน ซึ่งคาดว่าจะเป็น

ประโยชน์ และช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของโลก อันเนื่องจากการปล่อยแก๊สมีเทนสู่บรรยากาศ จะเร่งให้เกิดปฏิกิริยาเรือนกระจก ส่งผลให้บรรยากาศโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น

อุไรภรณ์ โลหิตหาญ (2546) จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีได้ศึกษาเพื่อทำการประเมินศักยภาพการผลิตแก๊สชีวภาพจากขยะ ซึ่งแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นนี้สามารถนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนแหล่งพลังงานที่ใช้แล้วหมดสิ้นไปในปี 2544 มีการใช้พลังงานสูญสิ้นในประเทศถึงร้อยละ 83 (41,099 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ) ของการใช้พลังงานทั้งประเทศ และมีการใช้พลังงานหมุนเวียนเพียงร้อยละ 17 (8,443 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ) การศึกษาในครั้งนี้เป็นการรวบรวมข้อมูลปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนในประเทศไทย และดำเนินการประเมินศักยภาพการผลิตแก๊สชีวภาพจากขยะ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าในปี 2544 มีปริมาณขยะมูลฝอยที่รวบรวมได้ประมาณ 14 ล้านตัน ซึ่งจะสามารถผลิตแก๊สมีเทนได้ 8.19×10^{8} ลบ.ม. คิดเป็นค่าความร้อน 16.4×10^{9} MJ คิดเป็นพลังงาน 387.83 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ และในส่วนของปริมาณขยะที่คาดว่าจะเกิดขึ้นทั้งหมดในปี 2544 รวมทั้งขยะส่วนที่ไม่สามารถเก็บรวบรวมได้ทั้งหมดประมาณ 27 ล้านตัน จะสามารถผลิตแก๊สมีเทนได้ 1.55×10^{9} ลบ.ม. คิดเป็นค่าความร้อน 31×10^{9} MJ คิดเป็นพลังงาน 736.18 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ซึ่งขยะดังกล่าวถ้านำมาผลิตเป็นพลังงานจะสามารถเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานหมุนเวียนทั้งหมดจากร้อยละ 17 เป็นร้อยละ 18.5 ซึ่งคิดเป็นพลังงาน 9,179.18 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ซึ่งจากการศึกษาดังกล่าว พบว่าการนำขยะมาผลิตพลังงาน นอกจากจะได้พลังงานทดแทนเกิดขึ้นแล้ว ยังเป็นการจัดการขยะมูลฝอยที่มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น อีกทั้งยังลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่มีผลมาจากขยะมูลฝอยด้วย

Karnchanawong, S. et al. (1990) ได้ศึกษาลักษณะสมบัติทางกายภาพของมูลฝอยจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ได้แก่ แหล่งพาณิชยกรรม แหล่งที่อยู่อาศัยรายได้สูง และรายได้ต่ำ ศูนย์การค้า ตลาด คอนโดมิเนียม และโรงแรม ภายในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ โดยมีการเก็บตัวอย่างมูลฝอยตลอดทั้งปี พบว่ามูลฝอยมีความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 43-70 ความหนาแน่นอยู่ในช่วง 122-297 กก./ลบ.ม. ในส่วนของสารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Solid) และขี้เถ้า (Ash) ในมูลฝอยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 20-35 และร้อยละ 9-21 ตามลำดับ และจากการศึกษาองค์ประกอบของมูลฝอยเป็นร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง พบว่ามีเศษอาหารมากที่สุดอยู่ในช่วงร้อยละ 8.3-34.5 รองลงมา คือ กระดาษอยู่ในช่วงร้อยละ 7.5-28.9 พลาสติกอยู่ในช่วงร้อยละ 7.2-21.2 เศษกิ่งไม้ ใบไม้ จากการทำสวนอยู่ในช่วงร้อยละ 2-32 แก้วอยู่ในช่วงร้อยละ 2-15 เซรามิค หินอยู่ในช่วงร้อยละ 2-12 โลหะอยู่ในช่วงร้อยละ 2-6 กระดูก เปลือกหอย เศษผ้า เศษไม้อยู่ในช่วงร้อยละ 2-4 หนัง และ

ยางอยู่ในช่วงร้อยละ 0-2.6 องค์ประกอบอื่นๆ ที่มีขนาดเล็กกว่า 10 มม. อยู่ในช่วงร้อยละ 8.2-17.5 องค์ประกอบที่เป็นเศษอาหาร และเศษกิ่งไม้ ใบไม้จากการทำสวนเป็นองค์ประกอบที่แปรเปลี่ยนตามฤดูกาลอย่างเห็นได้ชัด โดยเศษอาหารในช่วงฤดูฝนที่มีผลไม้ออกมากจะมีปริมาณมากกว่าฤดูกาลอื่นๆ ส่วนเศษกิ่งไม้ ใบไม้จากการทำสวนมีปริมาณมากในช่วงฤดูแล้ง และกลางฤดูฝน

DeWalle, F.B. and Chian, E.S.K. (1978) ได้ทำการศึกษาอัตราการเกิดแก๊สที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายของมูลฝอยในถังจำลอง ปริมาณแก๊สทั้งหมดที่สามารถผลิตได้ รวมทั้งศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่ออัตราการเกิดแก๊ส เช่น ความหนาแน่นในมูลฝอย ปริมาณความชื้น อุณหภูมิ และขนาดของมูลฝอย โดยใช้ถังจำลองที่ทำด้วยเหล็ก ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.57 เมตร สูง 0.80 เมตร มีปริมาตร 208 ลิตร จำนวน 18 ใบ แต่ละถังบรรจุมูลฝอยจากชุมชนที่ผ่านการบดให้มีขนาดเล็กลงประมาณ 55-80 กิโลกรัม ระยะเวลาการทดลอง 300 วัน จากการศึกษาพบว่า อัตราการเกิดแก๊สอยู่ในช่วง 0.29-18.1 มล./กก.-วัน โดยที่ปริมาณแก๊สที่ผลิตได้ 300 วันแรกอยู่ในช่วง 0.08-5.40 ลิตร/กก. ซึ่งมีแก๊สมีเทนอยู่ในช่วงร้อยละ 5-50 การเพิ่มความชื้น อุณหภูมิ และการลดขนาดของมูลฝอยทำให้อัตราการเกิดแก๊สเพิ่มขึ้น การเพิ่มความหนาแน่นในชั้นมูลฝอยจะลดอัตราการเกิดแก๊ส

Barlaz, M.A.et al.(1987) ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดแก๊สในถังจำลองการฝังกลบมูลฝอย อัตราการเกิดแก๊สที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายของมูลฝอยในถังจำลอง ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา เช่น การใช้มูลฝอยเก่าที่ถูกย่อยสลายแล้วมาผสมกับมูลฝอยใหม่ การเติมกากตะกอน การเติม acetate การเติมสารบัฟเฟอร์ (Na_2CO_3) โดยถังจำลองทำด้วยเหล็กมีขนาด 208 ลิตร จำนวน 19 ถัง แต่ละถังบรรจุมูลฝอยจากชุมชนที่ผ่านการบดให้มีขนาดเล็กลง ระยะเวลาในการทดลอง 2 ปี จากการศึกษาพบว่าการใช้มูลฝอยเก่าที่ถูกย่อยสลายแล้วมาผสมกับมูลฝอยใหม่ การเติมสารบัฟเฟอร์ (Na_2CO_3) จะช่วยเร่งการเกิดแก๊สมีเทน โดยมีปริมาณแก๊สมีเทนที่ผลิตได้ใน 2 ปี อยู่ในช่วง 50-90 ลิตร/กก. อัตราการเกิดแก๊สอยู่ในช่วง 0.10-0.20 ลิตร/กก.-วัน ในขณะที่การเติมกากตะกอนและการเติม acetate จะช่วยเร่งการเกิดแก๊สมีเทนน้อยมากเมื่อเทียบกับการใช้มูลฝอยเก่าที่ถูกย่อยสลายแล้วมาผสมกับมูลฝอยใหม่และการเติมสารบัฟเฟอร์

Kinman, R.N.et al. (1987) ได้ทำการศึกษาเทคนิคในการเร่งการเกิดแก๊สมีเทนในถังจำลองการฝังกลบมูลฝอย เทคนิคที่ใช้ได้แก่ การเพิ่มความชื้นในมูลฝอย การหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอย การเติมสารบัฟเฟอร์ ($CaCO_3$) การเติมสารอาหาร ($(NH_4)_2HPO_4$) การเพิ่มอุณหภูมิ และการเติมกากตะกอน โดยใช้ถังจำลองที่ทำด้วยเหล็กมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.90 เมตร สูง 1.80 เมตร จำนวน 16 ถัง

แต่ละถังบรรจุมูลฝอยจากชุมชนที่ผ่านการบดให้มีขนาดเล็กลงประมาณ 380 กิโลกรัม ระยะเวลาการทดลอง 5 ปี โดยดัชนีที่แสดงถึงการเร่งการเกิดแก๊สมีเทน ได้แก่ องค์ประกอบของแก๊สที่เป็นแก๊สมีเทน และอัตราการเกิดแก๊สที่เพิ่มขึ้น จากการศึกษา พบว่าในช่วง 2 ปีแรก อัตราการเกิดแก๊สไม่เกิน 7.5 ลิตร/กก.-ปี ในทุกๆ ถัง การเติมกากตะกอนจากการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) การเติมบัฟเฟอร์และสารอาหารทำให้อัตราการเกิดแก๊สเพิ่มสูงถึง 30-92 ลิตร/กก.-ปี (ในปีที่ 5) ในขณะที่การหมุนเวียนน้ำชะมูลฝอย ซึ่งเชื่อว่าจะนำจุลินทรีย์ สารอาหาร และความชื้น กลับสู่ชั้นมูลฝอยจะช่วยเร่งการเกิดแก๊สมีเทน

Moss (1991) ได้ศึกษาการใช้แก๊สฝังกลบจากสถานที่ฝังกลบในประเทศอังกฤษ เพื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งได้เริ่มต้นการใช้งานตั้งแต่ปี 1981 เมื่อเทียบกับการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงแล้วเท่ากับ 160,000 ตันต่อปี ดังนั้นจึงมีการศึกษากันอย่างจริงจังในการนำแก๊สจากหลุมฝังกลบขยะไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า เพื่อเป็นพลังงานทดแทนจากการใช้ถ่านหิน และน้ำมัน ซึ่งนับวันจะมีปริมาณลดลงเรื่อยๆ นอกจากนี้ยังลดปัญหาการแพร่กระจายแก๊สมีเทน ที่เป็นแก๊สเรือนกระจกออกไปในบริเวณรอบๆ สถานที่ฝังกลบขยะซึ่งจะมีผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม และยังทำให้แก๊สที่ได้จากหลุมฝังกลบขยะมีคุณค่าในเชิงพาณิชย์อีกด้วย

Gradner, Manley และ Pearson (1993) พบว่าแก๊สมีเทนที่ปลดปล่อยออกจากหลุมฝังกลบขยะในประเทศอังกฤษ มีความสัมพันธ์กับการปล่อยแก๊สมีเทนสู่บรรยากาศ และส่งผลกระทบต่อโลกร้อน เช่น เดียวกับแก๊สเรือนกระจกอื่นๆ จากการสำรวจ และศึกษาตัวแปรต่างๆ จากสถานที่ฝังกลบจริงได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการทำนายแก๊สมีเทนที่เกิดขึ้น และพบว่าตัวแปรหนึ่งที่สำคัญที่มีผลต่อการเกิดแก๊สมีเทนคือปริมาณการออกซิไดซ์ของดิน

บทที่ 3
วิธีดำเนินการศึกษา

วิธีการศึกษา : ศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากวิทยานิพนธ์ที่มีอยู่ในประเทศไทย โดยค้นคว้าจากห้องสมุดสภาวิจัย เอกสารทางวิชาการต่างๆ จากหน่วยงานราชการ และเวปไซต์ เอกสารต่างประเทศผ่านทางห้องสมุดสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ซึ่งจากข้อมูลที่ได้มาจากวิทยานิพนธ์ และเอกสารทางวิชาการต่างๆ จำนวน 11 เล่ม และเอกสารต่างประเทศ จำนวน 6 ฉบับ โดยใช้เกณฑ์ดำเนินการศึกษา 5 ข้อ ดังนี้

1. ข้อมูลด้านองค์ประกอบของแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นภายในหลุมฝังกลบมูลฝอย

1.1 ค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลองค์ประกอบของแก๊สในหลุมฝังกลบมูลฝอย แหล่งที่มาของข้อมูล คือ เอกสารสิ่งพิมพ์ และงานวิจัยต่างๆ

1.2 นำเสนอข้อมูลองค์ประกอบแก๊สชีวภาพในหลุมฝังกลบมูลฝอย นำเสนอข้อมูลในรูปแบบตาราง

2. ข้อมูลด้านอัตราการเกิดแก๊สมีเทน และช่วงเวลาในการผลิตแก๊สมีเทนจากขยะ

2.1 ค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลการบำบัดสารอินทรีย์ในขยะมูลฝอยด้วยวิธีการฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล แหล่งที่มาของข้อมูล คือ เอกสารสิ่งพิมพ์, เวบไซต์เผยแพร่ข้อมูลด้านการจัดการมลพิษ และงานวิจัยต่างๆ

2.2 ประเมินอัตราการเกิดแก๊ส และช่วงเวลาในการผลิตแก๊สจากการบำบัดสารอินทรีย์ในขยะโดยอาศัยทฤษฎี หรือหลักการที่ได้มีการศึกษาวิจัยไว้แล้ว

2.3 นำเสนอข้อมูลองค์ประกอบเฉลี่ยของขยะมูลฝอยโดยศึกษาข้อมูลจากองค์ประกอบ

3. ข้อมูลด้านปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดแก๊สมีเทนในพื้นที่ฝังกลบ

3.1 ค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดแก๊สมีเทนในพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย แหล่งที่มาของข้อมูล คือ เอกสารสิ่งพิมพ์ และงานวิจัยต่างๆ

3.2 ประมวลผล และเรียบเรียงข้อมูล เพื่อนำเสนอปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดแก๊สในรูปแบบตาราง

4. ข้อมูลด้านระบบการรวบรวมแก๊สมีเทนจากหลุมฝังกลบขยะ

4.1 ค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลระบบการรวบรวมแก๊สชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะ, การทำความสะอาดแก๊สชีวภาพที่ได้จากหลุมฝังกลบขยะโดยใช้เทคนิคต่างๆ แหล่งที่มาของข้อมูล คือ เอกสารสิ่งพิมพ์ และงานวิจัยต่างๆ

4.2 ประมวลผล และเรียบเรียงข้อมูล เพื่อนำเสนอระบบการรวบรวมแก๊สชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะ และการทำความสะอาดแก๊สชีวภาพที่ได้จากหลุมฝังกลบขยะโดยใช้เทคนิคต่างๆ

5. ข้อมูลด้านการนำแก๊สมีเทนที่ได้ไปใช้ประโยชน์ และการประเมินด้านเศรษฐศาสตร์

5.1 ค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลการนำแก๊สมีเทนที่ได้ไปใช้ประโยชน์ และการประเมินด้านเศรษฐศาสตร์ แหล่งที่มาของข้อมูล คือ เอกสารสิ่งพิมพ์ และงานวิจัยต่างๆ

5.2 ประมวลผล และเรียบเรียงข้อมูล เพื่อนำเสนอการนำแก๊สมีเทนที่ได้ไปใช้ประโยชน์ ในด้านต่างๆ และการประเมินด้านเศรษฐศาสตร์

บทที่ 4
ผลการสังเคราะห์

1. องค์ประกอบของแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นภายในหลุมฝังกลบมูลฝอย

Degreare (1976) พบว่าแก๊สที่เกิดจากการฝังกลบมูลฝอยจะประกอบด้วยแก๊สต่างๆ ดังตารางที่ 4.1 โดยองค์ประกอบของแก๊สดังกล่าวจะเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลา กล่าวคือปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จะลดลงในขณะที่ปริมาณแก๊สมีเทนจะเพิ่มมากขึ้น โดยสามารถตรวจวัดองค์ประกอบของแก๊สที่ได้จากหลุมฝังกลบมูลฝอยที่มีอายุ 4 ปี ได้ดังนี้ คือ มีเทน 56 % โดยปริมาตร คาร์บอนไดออกไซด์ 28 % โดยปริมาตร ไนโตรเจน 15 % โดยปริมาตร และแก๊สอื่นๆ 1 % โดยปริมาตร

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบแก๊สต่างๆ ที่เกิดจากการย่อยสลายมูลฝอย

แก๊สองค์ประกอบที่เกิดจากมูลฝอย	ร้อยละโดยปริมาตร
คาร์บอนไดออกไซด์	20 – 90
มีเทน	0 – 65
ไนโตรเจน	0 – 70
ออกซิเจน	< 1 - 20
ไฮโดรเจนซัลไฟด์	< 1
แอมโมเนีย	< 1
ไฮโดรเจน	< 1

ที่มา : Degeare, Ir, P.E.T.V. (1976). “Environmental effect of improper disposal of solid waste on land.” In 3rd United States-Japan Conf.of Solid Waste Manage. Tokyo. Japan. pp.119-126.

Tchobanoglaus, et al. (1993) พบว่าแก๊สที่เกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในพื้นที่ฝังกลบ โดยแก๊สหลักที่พบได้แก่ มีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ แอมโมเนีย ไฮโดรเจน ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ไนโตรเจน และออกซิเจน ดังตารางที่ 4.2 แสดงให้ถึงองค์ประกอบ และลักษณะของแก๊สที่พบจากพื้นที่ฝังกลบ

นอกจากนี้ยังพบแก๊สอื่นๆ ได้แก่ Volatile organic compounds (VOCs) แต่ปริมาณที่พบมีค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับแก๊สหลักดังกล่าวข้างต้น

ตารางที่ 4.2 องค์ประกอบแก๊สจากพื้นที่ฝังกลบขยะมูลฝอยโดยทั่วไป

องค์ประกอบแก๊ส	**ร้อยละ (โดยปริมาตรแห้ง)**
มีเทน	45 – 60
คาร์บอนไดออกไซด์	40 – 50
ไนโตรเจน	2 – 5
ออกซิเจน	0.1 – 1.0
ไฮโดรเจนซัลไฟด์	0 – 1.0
แอมโมเนีย	0 – 0.2
ไฮโดรเจน	0 – 0.2
คาร์บอนมอนอกไซด์	0 – 0.2
แก๊สอื่นๆ	0.01 – 0.06

ที่มา : Tchobanoglous, G., H. Theisen and S.A.Vigil. (1993). Integrated Solid Waste Management : Engineering Principles and Management Issues. McGraw Hill Inc. New York. 87 p.

จากการศึกษางานวิจัยต่างๆ สามารถกล่าวโดยสรุปแก๊สหลักในพื้นที่ฝังกลบขยะมูลฝอย ได้แก่ CO_2, CH_4, H_2, N_2 และ O_2 สำหรับลักษณะที่สำคัญของแก๊สเหล่านี้

- แก๊ส CO_2 เป็นแก๊สไม่มีพิษ หนักกว่าอากาศ CO_2 เกิดจากกระบวนการย่อยสลายทางชีววิทยา ในสภาพมีออกซิเจน และไร้ออกซิเจน ความเข้มข้นของ CO_2 จากการย่อยสลายมีค่าประมาณร้อยละ 40 และอาจสูงถึงร้อยละ 90 ได้ ในกระบวนการย่อยสลายแบบมีออกซิเจนมักจะพบ CO_2 ในบริเวณด้านล่างของพื้นที่ฝังกลบ เนื่องจาก CO_2 หนักกว่าอากาศ

- แก๊สมีเทนเป็นแก๊สไม่มีพิษ เบากว่าอากาศ ในกระบวนการย่อยสลายทางชีววิทยาในสภาพมีออกซิเจนจะพบ CH_4 ในปริมาณที่น้อยมาก สำหรับการย่อยสลายในสภาพไร้ออกซิเจนจะพบ CH_4 ในช่วงหลัง โดยปริมาณที่พบอาจสูงถึงร้อยละ 65 แต่มักจะอยู่ในช่วงร้อยละ 45-60 CH_4 สามารถติดไฟได้เมื่อมีความเข้มข้นในอากาศร้อยละ 5-15 และอาจเกิดระเบิดได้เมื่อ CH_4 ถูกกักไว้ในที่อับ การทำท่อระบายแก๊สในพื้นที่ฝังกลบโดยระบายสู่บรรยากาศจะไม่ก่อให้เกิดการระเบิดแต่อาจติดไฟได้

- แก๊สไนโตรเจนเป็นแก๊สไม่มีพิษ และเฉื่อยต่อการเกิดปฏิกิริยา พบในพื้นที่ฝังกลบเนื่องจากการผสมตัวของอากาศจากบรรยากาศ และอาจเกิดจากปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชั่นของกระบวนการย่อยสลาย

- แก๊สออกซิเจนเป็นแก๊สไม่มีพิษ พบในพื้นที่ฝังกลบช่วงแรก เนื่องมาจากการผสมตัวของอากาศจากบรรยากาศ การเติม O_2 ในช่วงหลังของการฝังกลบอาจก่อให้เกิดอันตรายได้จากการติดไฟของ CH_4 ได้

- แก๊สไฮโดรเจนเป็นแก๊สที่ไม่เป็นพิษ เบากว่าอากาศ เกิดจากการย่อยสลายในพื้นที่ฝังกลบ ช่วงแรกๆ โดยในช่วงนี้อาจมี H_2 สูงถึงร้อยละ 20 ของแก๊สที่เกิดจากการฝังกลบได้ ในกรณีที่แก๊ส H_2 ผสมกับอากาศโดยมีปริมาณร้อยละ 4.1-75 ในอากาศอาจติดไฟได้

2. อัตราการเกิดแก๊สมีเทนและช่วงเวลาในการผลิตแก๊สมีเทนจากขยะ

ปริมาณแก๊สมีเทนที่เกิดจากการฝังกลบ

วิธีการในการประมาณปริมาณแก๊สมีเทนที่เกิดจากการฝังกลบมูลฝอยในทางทฤษฎีมีหลักการอยู่ 2 วิธีคือ คำนวณจากค่าปริมาณมวลสารสัมพันธ์ (stoichometry) ของกระบวนการย่อยสลาย และคำนวณจากประสิทธิภาพของการย่อยสลาย ตารางที่ 4.3 แสดงให้เห็นถึงวิธีการประมาณปริมาณแก๊สมีเทนที่เกิดจากการฝังกลบในทางทฤษฎีจากเอกสารอ้างอิงต่างๆ จากตารางจะเห็นได้ว่า ปริมาณของแก๊สมีเทนที่เกิดขึ้นอยู่ในช่วง 47 ถึง 270 l CH_4/kg มูลฝอยเปียก และตารางที่ 4.4 แสดงให้เห็นถึงปริมาณการเกิดแก๊สและอัตราการเกิดแก๊สที่มีการรายงานไว้ ซึ่งพบว่าอัตราการเกิดแก๊สจากพื้นที่ฝังกลบมีค่าอยู่ในช่วง 20-500 m^3/t มูลฝอย และอัตราการเกิดแก๊สมีเทนอยู่ในช่วง 1.22-130 m^3/t มูลฝอย-ปี

Towprayoon, et al. (1995) ได้ประมาณปริมาณแก๊สมีเทนที่เกิดขึ้นจากการฝังกลบมูลฝอยในประเทศไทย วิธีการคำนวณ ซึ่งตั้งสมมติฐานว่าอัตราการทิ้งมูลฝอยเป็น 0.925 กก. / (คน-วัน) มีการนำมูลฝอยไปยังสถานที่ฝังกลบมูลฝอยร้อยละ 60 มูลฝอยที่สามารถย่อยสลายได้มี

สัดส่วนร้อยละ 43 มูลฝอยส่วนที่ย่อยสลายได้ถูกย่อยสลายได้จริงร้อยละ 0.77 และสัดส่วนของคาร์บอนในมูลฝอยที่ถูกย่อยสลายนี้จะกลายเป็นแก๊สมีเทนร้อยละ 55 จะได้ว่าแก๊สมีเทนที่เกิดจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยในกรุงเทพมหานครจะมีค่า 0.319 Tg/y (Teragram/year, 1 Tg = 10^{15} gram) และจากการคำนวณปริมาณแก๊สมีเทนที่เกิดขึ้นจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย ทั่วทั้งประเทศพบว่าจะเกิดแก๊สมีเทน 2.921 Tg/y และจากข้อมูลแก๊สที่เกิดจากพื้นที่ฝังกลบของกรุงเทพมหานครที่กำแพงแสน จังหวัดนครปฐม พบว่าแก๊สที่เกิดมีค่าพลังงานความร้อน 580 บีทียู/ลบ.ฟ. ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

Zimmerman, et al, (1984) ได้ให้หลักเกณฑ์ต่ำสุดของพื้นที่ฝังกลบในการนำแก๊สจากพื้นที่ฝังกลบมาใช้ประโยชน์ไว้ดังนี้

- ปริมาณมูลฝอยที่ถูกฝังกลบมีไม่น้อยกว่า 2 ล้านตัน
- ปริมาณมูลฝอยที่ถูกฝังกลบในแต่ละวันมีไม่น้อยกว่าวันละ 150-400 ตัน / วัน
- พื้นที่ฝังกลบต่ำสุด 16 ตารางกิโลเมตร
- ความลึกของมูลฝอยที่ถูกฝังกลบมากกว่า 12 เมตร

วิจารณ์ อินทรกำแหง (2543) ได้ศึกษาวิจัยอัตราการผลิตแก๊สชีวภาพจากหลุมฝังกลบมูลฝอยชุมชนเทศบาลเมืองนครปฐม โดยศึกษาปริมาณ และองค์ประกอบของแก๊สชีวภาพที่ระบายผ่านท่อระบายแก๊สที่ระดับความลึกต่างๆ กันคือ 1.5, 3, 4.5 และ 6 เมตร และประเมินอัตราการผลิตแก๊สชีวภาพของตัวอย่างมูลฝอยที่นำมาจากที่ระดับความลึกต่างๆ ดังกล่าวโดยการทดลองในห้องปฏิบัติการ รวมทั้งยังทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของแก๊สที่แพร่ระบายผ่านชั้นดินกลบทับมูลฝอยที่ระดับความลึกต่างๆ กันคือ 1.2, 0.9, 0.6 และ 0 (ผิวดิน) เมตร เพื่อประเมินหาอัตราการแพร่ระบายของแก๊สมีเทนจากหลุมฝังกลบมูลฝอยฝ่ายชั้นดินกลบทับมูลฝอยออกสู่บรรยากาศ สรุปผลการทดลองได้ดังนี้ การตรวจวัดปริมาณและองค์ประกอบของแก๊สชีวภาพที่ระดับความลึกต่างๆ ของพื้นที่ฝังกลบ พบว่า ปริมาณแก๊สชีวภาพมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึกของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย โดยมีปริมาณแก๊สชีวภาพเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.9 ลบ.ม./วัน ที่ระดับความลึก 6 เมตร ส่วนแก๊สชีวภาพที่ความลึก 4.5, 3 และ 1.5 เมตร มีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 4.3, 2.8 และ 0.08 ลบ.ม./วัน องค์ประกอบของแก๊สชีวภาพมีการเปลี่ยนแปลงตามระดับความลึกเช่นกัน โดยแก๊สชีวภาพที่ระดับความลึก 3, 4.5 และ 0 เมตร มีปริมาณแก๊สมีเทนใกล้เคียงกันอยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 60.5 ถึง 64.0 ส่วนที่ระดับความลึก 1.5 เมตร มีปริมาณแก๊สมีเทนต่ำที่สุด คือ 53.7

ตารางที่ 4.3 ผลการศึกษาการประมาณปริมาณแก๊สมีเทนทางทฤษฎี

วิธีการประมาณ	ปริมาณที่ประเมิน l CH_4/kg มูลฝอยเปียก	สมมติฐานที่ใช้	เอกสารอ้างอิง
สมการทางเคมี	230-270	องค์ประกอบทางเคมีของมูลฝอย, $C_{99}H_{149}O_{59}N$, กระดาษ ($C_{203}H_{334}O_{138}N$) และเศษอาหาร ($C_{16}H_{27}O_8N$)	Leckie, 1974
การย่อยสลายได้ของสารประกอบ (Biodegradability of Materials)	62-230 47 โดยเฉลี่ย	สมมติฐาน 1.5 kg.COD ที่ถูกย่อยสลายได้ / kg volatile solids และ 351 l/kg.COD ที่ถูกย่อยสลายได้	Leckie, 1974
การย่อยสลายได้ของสารประกอบ (Biodegradability of Materials)	47 โดยเฉลี่ย	มูลฝอยเปียกประกอบด้วยสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ร้อยละ 50, สารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้เป็นสาร volatile matter ร้อยละ 50, อัตราการเกิดแก๊ส 375 lgas/kg volatile matter และร้อยละ 50 ของแก๊สเป็นแก๊สมีเทน	Schwegler and Ronal, 1973
การย่อยสลายได้ของสารประกอบ (Biodegradability of Materials)	120	มูลฝอยเปียกประกอบด้วยสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ร้อยละ 70, สารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้นี้ถูกเปลี่ยนเป็นแก๊สร้อยละ 70, อัตราการเกิดแก๊ส 690 lgas/kg volatile matter สารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายได้, ความชื้นร้อยละ 50 และร้อยละ 50 ของแก๊สเป็นแก๊สมีเทน	Pfeffer, 1974
องค์ประกอบของสารอินทรีย์ทั้งหมด (Total Organic Content)	190-270	1 โมล organic carbon ก่อให้เกิดแก๊ส 1 โมล, ร้อยละ 50 ของแก๊สเป็นแก๊สมีเทน และร้อยละ 100 ของ organic carbon ถูกเปลี่ยนไปเป็นแก๊ส	Bowermann, et al., 1977 Los Angies, City of, 1976 Blanchet, et al., 1977

ตารางที่ 4.4 ปริมาณการเกิดแก๊สชีวภาพจากการฝังกลบขยะ และอัตราการเกิดแก๊สชีวภาพจากการฝังกลบขยะที่มีผู้เคยศึกษาไว้ (ปรับปรุงจาก Gendebien, 1992)

แหล่ง	ปริมาณการเกิด LFG (l / kg)	อัตราการเกิด LFG (l / kg-yr)
Rhyne (1974)	437	
EMCON (1976)		1.22 (methane)
Tabasaran (1976)	60-180	
Rasch (1976)	300-500	
Augenstein et al. (1976)	128	
Bowermann et al. (1977)	40-50	
Rovers et al. (1977)		12-22
Dewalle and Chian (1978)	5.4 l/kg TS	0.181 l/kg TS d^{-1}
Rettenberger (1978)	200	
Stegmann (1978)	250	
Ham (1979)	440	16
	120-310	
Pacey (1981)	55-225	
EMCON (1981)		9.6
Beker (1981)	250	
Hoeks and Oosthoek (1981)	200	10 m^3/yr m^3
Bogardus (1983)		2-8
Hoeks (1983)	20	
Stegmann (1983)	120-150	
Campbell (1985)	100-400	
Stegmann (1986)	186-235 (USA)	12.8 (Palos Verdes)
	120-150 (Germany)	18.6 (Fresh Kills)
Wise et al. (1987)	100-400	3.9-130
AFRC (1988)	400	
Rae (1988)	400	
Willumsen (1988)		2-5
Richards (1989)	135-400	

หมายเหตุ LFG = Landfill gas (แก๊สชีวภาพจากการฝังกลบขยะ)

ดังแปลงจากตารางที่ 4.4 ได้ดังนี้

ค่าทางสถิติ	ปริมาณการเกิด LFG (l/kg)	อัตราการเกิด LFG (l/kg-yr)
Max.	500	130
Min.	5.4	1.22
Average	222.66	14.62

หมายเหตุ LFG = Landfill gas (การฝังกลบเพื่อผลิตแก๊สชีวภาพจากขยะ)

จากตารางสรุปได้ว่าปริมาณการเกิดแก๊สมีเทนจากการฝังกลบเฉลี่ย 222.66 l/kg (จากทฤษฎีในตารางที่ 4.3 ปริมาณแก๊สมีเทนที่เกิดขึ้นอยู่ในช่วง 47-270 l/kg-yr) และมีอัตราการเกิดแก๊สจากการฝังกลบ 14.62 l/kg-yr

จากข้อมูลจากเอกสารงานวิจัยต่างๆ ข้างต้นสามารถสรุปได้ดังนี้

- ปริมาณการเกิดแก๊สมีเทนจากการฝังกลบเฉลี่ย 222.66 l/kg (ทฤษฎี - ปริมาณแก๊สมีเทนที่เกิดขึ้นอยู่ในช่วง 47-270 l/kg-yr) และมีอัตราการเกิดแก๊สจากการฝังกลบ 14.62 l/kg-yr
- ปริมาณแก๊สชีวภาพมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึกของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย
- หลักเกณฑ์ต่ำสุดของพื้นที่ฝังกลบในการนำแก๊สจากพื้นที่ฝังกลบมาใช้ประโยชน์ในต่างประเทศ ดังนี้

1. ปริมาณมูลฝอยที่ถูกฝังกลบมีไม่น้อยกว่า 2 ล้านตัน
2. ปริมาณมูลฝอยที่ถูกฝังกลบในแต่ละวันมีไม่น้อยกว่าวันละ 150-400 ตัน/วัน
3. พื้นที่ฝังกลบต่ำสุด 16 ตารางกิโลเมตร
4. ความลึกของมูลฝอยที่ถูกฝังกลบมากกว่า 12 เมตร

3. ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดแก๊สมีเทนในพื้นที่ฝังกลบ

วิชัย อานันทนสกุล (2545) ทำการวิเคราะห์ความเหมาะสมของการใช้ประโยชน์แก๊สจากหลุมฝังกลบมูลฝอยเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดแก๊สมีเทน ได้แก่

1) ปริมาณ ขนาด และองค์ประกอบของมูลฝอย โดยขนาดของมูลฝอยเป็นชิ้นเล็กๆ และมีสารอินทรีย์ในปริมาณสูงจะทำให้ได้แก๊สมีเทนเพิ่มขึ้น
2) ความชื้นในมูลฝอย ปริมาณร้อยละ 60-80 จะทำให้อัตราการเกิดแก๊สสูงสุด
3) อุณหภูมิภายในหลุมฝังกลบมูลฝอยที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 30-55 องศาเซลเซียส
4) ค่า pH ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 6.7-7.2
5) ปริมาณสารอาหารและธาตุอาหารควรมีอย่างเพียงพอ
6) การปนเปื้อนของสารพิษและโลหะหนักที่เป็นพิษต่อจุลินทรีย์

ศศิธร แถลงการณ์ (2541) ทำการศึกษาอัตราการเกิดแก๊สชีวภาพและการย่อยสลายสารอินทรีย์ของมูลฝอยชุมชนในถังจำลองการฝังกลบแบบเติมครั้งเดียว พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดแก๊สมีเทน ได้แก่

1) องค์ประกอบของมูลฝอย
2) ความชื้น โดยแก๊สมีเทนจะเกิดขึ้นได้มูลฝอย ต้องมีความชื้น $\geq$ 10 %
3) pH ควรอยู่ในช่วง 6-8
4) อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 20-60 องศาเซลเซียส
5) ความหนาแน่นของการฝังกลบ

รัฐพงศ์ ภุมรินทร์ (2544) ทำการศึกษาปัจจัยที่มีต่อปริมาณและคุณภาพแก๊สมีเทนจากบริเวณพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดแก๊สมีเทน ได้แก่

1) ขนาดและองค์ประกอบของมูลฝอย
2) อายุของมูลฝอย มูลฝอยที่ถูกทิ้งไว้นานจะมีอัตราการเกิดแก๊สลดลง
3) ความชื้นในชั้นมูลฝอยที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 60-80 %
4) อุณหภูมิภายในบ่อมูลฝอยที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 30-55 องศาเซลเซียส
5) ปริมาณและคุณภาพของสารอาหาร
6) ค่า pH ที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 6.7-7.2

7) การปนเปื้อนของธาตุโลหะหนักในมูลฝอย

สมยศ เอื้ออภิสิทธิ์วงศ์ (2536) สรุปปัจจัยที่มีผลต่อระบบไร้ออกซิเจนในการย่อยสลายมูลฝอยสดโดยกระบวนการไร้ออกซิเจนแบบสองขั้นตอน ได้แก่

1) อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 45-55 องศาเซลเซียส
2) pH ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 6.5-7.2
3) สารอาหาร
4) ความชื้นที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 60-78 %
5) โลหะหนัก

วิจารณ์ อินทรกำแหง (2543) ทำการประเมินอัตราการผลิตแก๊สชีวภาพจากหลุมฝังกลบมูลฝอยชุมชน พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดแก๊สมีเทน ได้แก่

1) pH ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 6.6-7.6
2) อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 35-40 องศาเซลเซียส
3) ความชื้นที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 60-80 %
4) ขนาดของอนุภาค
5) อาหารเสริม
6) สารพิษ

กรมควบคุมมลพิษ, คพ 04-027 เล่มที่ 1/3 (2544) ศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์แก๊สชีวภาพจากการฝังกลบมูลฝอย พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดแก๊สมีเทน ได้แก่

1) องค์ประกอบของมูลฝอย
2) ความชื้นที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 60-80 %
3) pH ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 6.5-8.0
4) อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 20-60 องศาเซลเซียส
5) ความหนาแน่นของการฝังกลบ

ตารางที่ 4.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดแก๊สมีเทนในพื้นที่ฝังกลบ

ปัจจัยที่มีผล	ผลงานวิจัย					
	วิชัย อานันทนสกุล	ศศิธร แถลงการณ์	รัฐพงศ์ ภุมรินทร์	สมยศ เอื้ออภิสิทธิ์วงษ์	วิจารณ์ อินทรกำแหง	กรมควบคุมมลพิษ
1. องค์ประกอบของมูลฝอย	√	√	√	-	-	√
2. ความชื้น	60-80 %	60-80 %	60-80 %	60-78 %	60-80 %	60-80 %
3. อุณหภูมิ	30-55องศาเซลเซียส	20-60องศาเซลเซียส	30-55องศาเซลเซียส	45-55องศาเซลเซียส	35-40องศาเซลเซียส	20-60องศาเซลเซียส
4. pH	6.7-7.2	6.0-8.0	6.7-7.2	6.5-7.6	6.6-7.6	6.5-8.0
5. ปริมาณสารอาหาร	√	-	√	√	√	-
6. การปนเปื้อนของสารพิษและโลหะหนัก	√	-	√	√	√	-
7. ความหนาแน่นของการฝังกลบ	-	√	-	-	-	√
8. ขนาดของอนุภาค	√	-	√	-	√	-

จากตารางที่ 4.5 สามารถสรุปปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดแก๊สมีเทน ดังนี้

1) องค์ประกอบของขยะมูลฝอย

ประเทศไทยมีอัตราการผลิตมูลฝอย 1.18 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน องค์ประกอบของมูลฝอยส่วนใหญ่เป็นเศษหลัก เศษอาหาร และเปลือกผลไม้ ร้อยละ 29.86 รองลงมาเป็นพลาสติก และกระดาษร้อยละ 12.35 และ 11.29 ตามลำดับ ส่วนมูลฝอยประเภทอื่น ได้แก่ ใบไม้ กิ่งไม้ แก้ว หิน กระเบื้อง เศษผ้า โลหะ และยางมีเป็นส่วนน้อยมาก (กรมควบคุมมลพิษ, 2544)

ถ้ามูลฝอยมีสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายได้ง่ายเป็นสัดส่วนสูงก็จะเกิดแก๊สมีเทนได้มาก ผลจากการศึกษาจากงานวิจัยของ Barlaz, et al., (1987) และ Tchobanoglous, G. et al., (1993) พบว่าอัตราการเกิดแก๊สจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณสารอินทรีย์ในมูลฝอยมีมากขึ้น ดังตารางที่ 4.6 และ combs, et al., (1988) ได้ศึกษาผลของการแยกมูลฝอยแต่ละประเภทต่อพลังงานที่ได้จากแก๊สที่เกิดจากการหมักมูลฝอย พบว่ามูลฝอยที่ประกอบด้วยองค์ประกอบที่เน่าเปื่อยได้ง่ายจะทำให้อัตราการเกิดแก๊สมีเทนมากขึ้น และมีผลให้ได้พลังงานเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.6 การย่อยสลายสารอินทรีย์ในมูลฝอยชุมชน

องค์ประกอบของมูลฝอย	ย่อยสลายได้เร็ว	ย่อยสลายได้ช้า
เศษอาหาร	/	
หนังสือพิมพ์	/	
เศษกระดาษ	/	
เศษไม้	/	
พลาสติก[1/]		
เศษผ้า		/
เศษหนัง		/
ยาง		/

[1/]พลาสติกโดยทั่วไปไม่สามารถย่อยสลายได้

ที่มา : Tchobanoglous, G., H. Theisen and S.A.Vigil. (1993). Integrated Solid Waste Management : Engineering Principles and Management Issues. McGraw Hill Inc. New York. 87 p.

2) ความชื้น

ความชื้นที่เหมาะสมต่อการเกิดแก๊สมีเทนจะอยู่ในช่วงร้อยละ 60-80 ที่ทำให้อัตราการเกิดแก๊สมีเทนเพิ่มมากขึ้น

3) อุณหภูมิ

อัตราการเกิดแก๊สมีเทนจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนอยู่ในช่วง 20-60 องศาเซลเซียส

4) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

pH ที่เหมาะสมต่อการเกิดแก๊สมีเทนจะอยู่ในช่วง 6-8 จะทำให้อัตราการเกิดแก๊สมีเทนเพิ่มขึ้น

5) ความหนาแน่นของการฝังกลบ

การเพิ่มความหนาแน่นในชั้นมูลฝอยจะทำให้อัตราการเกิดแก๊สน้อยลง

6) ปริมาณสารอาหาร

ปริมาณสารอาหารและธาตุอาหารควรมีอย่างเพียงพอต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์จนได้แก๊สมีเทน สัดส่วนที่เหมาะสมของปริมาณสารอาหารคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C : N) มีค่าเท่ากับ 20 : 1 ถึง 40 : 1 (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2535; ชัยยศ, 2537)

7) การปนเปื้อนของสารพิษและโลหะหนัก

การปนเปื้อนของสารพิษและโลหะหนักที่เป็นพิษต่อจุลินทรีย์มีผลต่อปริมาณของจุลินทรีย์ในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์จนได้แก๊สมีเทน

8) ขนาดของอนุภาค

ขนาดของอนุภาค ถ้ามีขนาดเล็กจะทำให้ได้แก๊สมีเทนเพิ่มขึ้น

4. ระบบรวบรวมแก๊สมีเทนและการทำความสะอาดแก๊สมีเทน

ชวลิต แซ่ลิ่ม (2543) ได้ทำการศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์แก๊สชีวภาพที่ได้จากหลุมฝังกลบขยะในประเทศไทย พบว่าระบบรวบรวมแก๊สชีวภาพและการทำความสะอาดแก๊สชีวภาพจากหลุมฝังกลบสามารถสรุปได้ดังนี้

4.1 ระบบการรวบรวมแก๊ส

ระบบรวบรวมแก๊สมีความสำคัญต่อการนำแก๊สมีเทนที่ได้จากการฝังกลบขยะไปใช้ประโยชน์ ถ้ามีการออกแบบระบบรวบรวมแก๊สที่มีประสิทธิภาพ และเหมาะสมกับพื้นที่แล้ว ปริมาณแก๊สมีเทนที่ได้ก็จะมีปริมาณมากตามไปด้วย โดยปกติแก๊สมีเทนเป็นแก๊สที่สามารถติดไฟ และระเบิดได้เมื่อมีความเข้มของแก๊สในอากาศร้อยละ 5-15 มีน้ำหนักเบากว่าอากาศ การเคลื่อนที่ของแก๊สเป็นไปในสองลักษณะ คือ การแพร่ และการพา นอกจากนี้ขนาดของโมเลกุลของแก๊สมีเทนซึ่งมีขนาดเล็กจึงสามารถแทรกซึมไปตามชั้นดิน และหินได้อย่างสะดวก ดังนั้นถ้าจำกัดขอบเขตการเคลื่อนตัวของแก๊สมีเทนอย่างเหมาะสม ก็จะสามารถรวบรวมแก๊สมีเทนที่เกิดขึ้นได้

4.1.1 บ่อรวบรวมแก๊ส (Landfill gas recovery well)

โดยทั่วไปการรวบรวมแก๊สจากหลุมฝังกลบขยะสามารถทำได้โดยการสร้างบ่อรวบรวมแก๊ส (Landfill gas recovery well) ซึ่งมีลักษณะเป็นบ่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง 1-3 ฟุต ความลึกขึ้นอยู่กับความลึกของขยะที่ถูกฝังกลบ ภายในบ่อประกอบด้วยท่อพีวีซีที่มีรูพรุนสำหรับรวบรวมแก๊สมีขนาดอยู่ในช่วง 3-8 นิ้ว และท่อยืดหยุ่น (Slip Pipe) เพื่อป้องกันท่อที่อาจเสียหายได้ เนื่องจากการทรุดตัวของดิน หลังจากนั้นบ่อจะถูกกลบด้วยหินกรวด (Gravel) เพื่อความสะดวกในการระบายแก๊สจนกระทั่งเหลือความลึกของบ่อประมาณ 2-4 ฟุต หลังจากนั้นทำการเทคอนกรีตความหนาประมาณ 2 นิ้ว เพื่อป้องกันอากาศจากภายนอก ซึ่งเป็นพิษต่อแบคทีเรียที่ผลิตแก๊สมีเทนแทรกซึมเข้าไปในบ่อ และทำการกลบบ่อด้วยดินละเอียดอีกครั้ง ดังภาพที่ 4.1

ภาพที่ 4.1 บ่อรวบรวมแก๊สมีเทนที่ได้จากหลุมฝังกลบขยะ

ที่มา : Schumacher, M.M. (1983). “Landfill methane recovery.” New Jersey. Noyes data corporation. 557 p.

ปริมาณแก๊สมีเทนที่ได้จากแต่ละบ่อขึ้นอยู่กับจำนวนบ่อที่อยู่โดยรอบ ขนาดของบ่อ และตำแหน่งที่ตั้งของแต่ละบ่อ ถ้ามีจำนวนบ่อโดยรอบมาก ปริมาณแก๊สก็จะมีจำนวนน้อยลง ขนาดบ่อที่ใหญ่ก็ไม่จำเป็นที่จะต้องมีปริมาณแก๊สที่มากขึ้นตาม และโดยปกติแล้วบ่อที่อยู่บริเวณขอบรอบๆ หลุมฝังกลบจะให้สัดส่วนแก๊สมีเทนที่น้อยกว่าบริเวณบ่อที่อยู่บริเวณส่วนกลางของหลุมฝังกลบ ดังนั้นจะต้องมีการทดสอบดูดแก๊สในแต่ละบริเวณโดยการสุ่ม เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการออกแบบ และคำนวณขนาด จำนวนบ่อ และระยะห่างของแต่ละบ่อที่เหมาะสมต่อไป

4.1.2 ท่อรวมแก๊ส (Gas Collection Header)

ท่อรวมแก๊สมีหน้าที่ในการรวมแก๊สที่ได้จากแต่ละบ่อที่มีการขุดเจาะ เพื่อลำเลียงไปสู่ส่วนที่จะนำแก๊สที่ได้ไปใช้ประโยชน์ และมีขนาดตามแต่ปริมาณแก๊สที่ผลิตได้ เนื่องจากแก๊สที่ได้จากหลุมฝังกลบขยะจะมีอุณหภูมิที่สูงกว่าอากาศเหนือหลุมฝังกลบ และมักจะมีไอน้ำอิ่มตัวติดมาด้วย เมื่อไอน้ำอิ่มตัวมีอุณหภูมิลดลงจะกลั่นตัวเป็นน้ำ ซึ่งจะขัดขวางการเคลื่อนที่ของแก๊ส และอาจสร้างปัญหาให้กับกระบวนการนำแก๊สที่ได้ไปใช้ประโยชน์ ดังนั้นจึงควรออกแบบท่อรวมแก๊สให้มีลักษณะเอียงลาด เพื่อทำการระบายไอน้ำอิ่มตัวที่ติดมากับแก๊สเป็นระยะๆ ทุกๆ 200-700 ฟุต โดยใช้อุปกรณ์ดักจับ (Trap)

4.1.3 พัดลม (Blower)

พัดลมมีหน้าที่ในการดูดแก๊สที่รวบรวมได้จากท่อรวมแก๊ส เพื่อส่งต่อไปยังส่วนที่เปลี่ยนแก๊สไปเป็นพลังงาน โดยขนาด ชนิด และจำนวนที่ใช้ ขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของแก๊ส

การนำแก๊สมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมาใช้ประโยชน์

วิธีการในการนำแก๊สมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมาใช้ประโยชน์ อาจใช้วิธีการต่อไปนี้

- วิธีการฝังท่อดูดแก๊สในหลุมแนวดิ่ง (Vertical gas extraction wells) วิธีการนี้ได้แสดงไว้ในภาพที่ 4.2 ในกรณีของพื้นที่ฝังกลบที่ทันสมัย ซึ่งใช้ในประเทศพัฒนาแล้วบางแห่ง ผิวบนของพื้นที่ฝังกลบจะปูด้วยจีโอเมมเบรน (geomem-brane) ท่อที่จะใช้ดึงแก๊สมาใช้ประโยชน์จะอยู่ห่างกันประมาณ 45-60 เมตร ในขณะที่พื้นที่ฝังกลบที่กลบผิวบนด้วยดิน ระยะห่างของท่อควรจะอยู่ในช่วง 30 เมตร เพื่อลดปัญหาการดูดแก๊สออกซิเจนจากบรรยากาศเข้าสู่ท่อ อันอาจจะก่อให้เกิดอันตรายจากการติดไฟของแก๊สมีเทนในพื้นที่ฝังกลบได้ โดยทั่วไปการติดตั้งท่อรวบรวมแก๊สนี้อาจทำระหว่างการฝังกลบ หรือหลังจากที่มีการฝังกลบมูลฝอยจนถึงชั้นสูงสุดแล้ว

ก. การนำแก๊สมีเทนมาใช้ประโยชน์โดยการใช้หลุมแนวดิ่ง (Vertical Wells)

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2544) การจัดการขยะมูลฝอยชุมชนอย่างครบวงจร
กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

ข. การนำแก๊สมีเทนมาใช้ประโยชน์โดยการใช้หลุมแนวนอน (Horizontal Wells)

ภาพที่ 4.2 วิธีการนำแก๊สมีเทนไปใช้ประโยชน์

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2544) การจัดการขยะมูลฝอยชุมชนอย่างครบวงจร
กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

- วิธีการฝังท่อดูดแก๊สในหลุมแนวนอน (Horizontal gas extraction wells) วิธีการนี้ได้แสดงไว้ในภาพที่ 4.2 การทำบ่อแยก (extraction well) นี้ จะทำเมื่อมีการฝังกลบมูลฝอยไปแล้ว 2 ชั้น หรือมากกว่า

อนึ่งเพื่อลดอันตรายจากการปั๊มแก๊สมากเกินไปจนอาจทำให้เกิดการปั๊มอากาศจากบรรยากาศเข้าสู่ระบบท่อได้ จึงมีการตรวจเช็คระดับ O_2 ในท่อที่ปั๊มแก๊สจากพื้นที่ฝังกลบไม่ให้เกินร้อยละ 2 ถ้าเกินก็จะหยุดปั๊มแก๊สเพื่อลดอันตรายจากการระเบิด

เกียรติไกร อายุวัฒน์ (2539-3540) ได้ทำการทดสอบและประเมินผลระบบรวบรวมแก๊สในหลุมแนวดิ่ง (Vertical Wells) และหลุมแนวนอน (Horizontal Wells) พบว่าปริมาณแก๊สมีเทนที่เกิดขึ้นในหลุมแนวดิ่งมีค่าเท่ากับ 45 % ทั้งนี้เนื่องมาจากปริมาณน้ำชะล้างขยะมีอยู่สูง ส่วนปริมาณแก๊สมีเทนในหลุมแนวนอนมีค่าเท่ากับ 50 %

4.2 การทำความสะอาดแก๊สชีวภาพที่ได้จากหลุมฝังกลบขยะ

โดยปกติแก๊สชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะจะประกอบด้วย แก๊สมีเทน (CH_4) แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ความชื้น (H_2O) และแก๊สอื่นๆ ในปริมาณแตกต่างกัน ทั้งนี้สัดส่วนองค์ประกอบ และชนิดของแก๊สที่ได้จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับหลุมฝังกลบขยะแต่ละแห่ง ซึ่งตามปกติแก๊สที่ไม่ต้องการ ควรจะแยกออกจากแก๊สชีวภาพ ตามปกติมีอยู่ด้วยกัน 3 ชนิด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแนวทางการใช้ประโยชน์แก๊สที่แตกต่างกัน ดังนี้

- ความชื้น (H_2O)
- แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)
- แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

4.2.1 เทคนิคการแยกน้ำ (Water Removal)

น้ำหรือความชื้นเป็นตัวเร่งสำคัญที่กัดกร่อนอุปกรณ์ที่นำแก๊สชีวภาพมาใช้ เนื่องจากการรวมตัวของความชื้นกับแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้เกิดไอกรดที่มีฤทธิ์ในการกัดกร่อนสูง ซึ่งแก๊สชีวภาพที่ได้จากหลุมฝังกลบขยะมักจะมีความชื้นติดมาด้วยเสมอ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการกำจัดออกจากแก๊สชีวภาพก่อนนำไปใช้ประโยชน์ วิธีการกำจัดที่ใช้กันแพร่หลายมี 2 วิธี คือ

1. วิธีควบแน่น (Condensation Method)

อาศัยหลักการควบแน่นของไอน้ำที่อุณหภูมิต่ำลง โดยปกติอุณหภูมิของแก๊สชีวภาพภายในหลุมฝังกลบจะมีอุณหภูมิ และความดันสูงกว่าบรรยากาศภายนอก ดังนั้นเมื่อมีการนำขึ้นมาใช้ประโยชน์ จะทำให้อุณหภูมิ และความดันของแก๊สชีวภาพที่ได้มีค่าลดลง ซึ่งส่งผลให้ความชื้นในแก๊สชีวภาพเกิดการควบแน่น และกลั่นตัวเป็นหยดน้ำที่สามารถแยกออกได้ด้วยอุปกรณ์ธรรมดาต่างๆ เช่น อุปกรณ์ดักจับน้ำ (water trap) หรือตะแกรง เป็นต้น

2. วิธีการทำให้แห้ง (Drying Method) สามารถแบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ

1. วิธีการทำให้แก๊สเย็นลง (Cool Dryer Methods) สามารถทำได้โดยการลดอุณหภูมิของแก๊สชีวภาพที่ได้ลงเหลือ 2-20 องศาเซลเซียส และให้ไหลผ่านตะแกรงที่มีรูขนาดเล็ก ความชื้นที่กลั่นตัวที่อุณหภูมิต่ำจะติดอยู่ที่ตะแกรง ในขณะที่แก๊สที่ต้องการสามารถไหลผ่านตะแกรงออกไปได้

2. วิธีการทำให้แห้งด้วยการดูดซับด้วยของแข็ง เช่น ซิลิกาเจล (Silica Gel) หรือ แอคทิเวเตดอลูมินา (Activated alumina) โดยการผ่านแก๊สชีวภาพไปยังซิลิกาเจล (Silica Gel) ที่บรรจุอยู่ภายในคอลัมน์ ซึ่งมีคุณสมบัติในการดูดความชื้น และน้ำได้ดี โดยปกติจะออกแบบให้ทำงานในลักษณะ 2 คอลัมน์สลับกัน โดยขณะที่คอลัมน์แรกมีการดูดซับความชื้น อีกคอลัมน์ก็จะมีการกำจัดน้ำที่ได้จากการดูดซับออกจากซิลิกาเจล (Silica Gel) ด้วยการให้ความร้อน เพื่อระเหยน้ำออกจากซิลิกาเจล (Silica Gel) ทำให้สามารถนำซิลิกาเจล (Silica Gel) ที่ระเหยน้ำแล้วกลับมาใช้ได้อีกครั้ง การเลือกใช้วิธีการแยกน้ำออกจากแก๊สชีวภาพ โดยทั่วไปจะขึ้นอยู่กับลักษณะการนำไปใช้ประโยชน์ และคุณภาพของแก๊สที่ต้องการ ซึ่งในกรณีของการนำไปใช้เผาไหม้โดยตรง และการนำไปผลิตกระแสไฟฟ้า การแยกน้ำด้วยวิธีการควบแน่นก็เพียงพอแล้วในขณะที่แนวทางการนำแก๊ส ชีวภาพไปปรับปรุงให้มีคุณภาพเหมือนแก๊สธรรมชาติ วิธีการทำให้แห้งจะเป็นวิธีที่เหมาะสมกว่า

4.2.2 เทคนิคการแยกแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S Removal)

แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ เป็นแก๊สที่มีฤทธิ์การกัดกร่อนสูง โดยเฉพาะต่อโลหะ เช่น ทองแดง หรือ เหล็ก เนื่องจากเมื่อรวมตัวกับน้ำแล้วจะถูกออกซิไดซ์ไปเป็นกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) ดังนั้นภาชนะที่บรรจุ หรืออุปกรณ์ต่างๆ ที่เป็นโลหะจะถูกกัดกร่อน และได้รับความเสียหาย มีผลทำให้เกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจ นอกจากนี้จะได้แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) เป็นผลผลิต เมื่อนำไปเผาไหม้ ซึ่งแก๊สดังกล่าวเป็นแก๊สที่มีพิษต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้ความจำเป็นในการกำจัดแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์จะขึ้นอยู่กับปริมาณแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ในแก๊สชีวภาพ และความสามารถในการทนต่อการกัดกร่อนของวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ ซึ่งเทคนิคการแยกแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ออกจากแก๊สชีวภาพสามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่

1. การใช้ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon)

ปกติความสามารถในการดูดซับแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) โดยตรงจะไม่ดีนัก ดังนั้นจึงต้องอาศัยแก๊สออกซิเจนเป็นตัวช่วย โดยแก๊สออกซิเจนจะรวมตัวกับแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ ได้ผลิตผลเป็นซัลเฟอร์ และน้ำซึ่งถูกดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) ได้ ทำให้สามารถลดปริมาณแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ลงต่ำกว่า 1 ppm

ในทางปฏิบัติถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) ที่ใช้ไม่ควรมีความชื้นเกินกว่าร้อยละ 20-30 โดยน้ำหนัก อุณหภูมิที่ใช้ในการทำงานควรอยู่ที่ ประมาณ 100 องศาเซลเซียส เพื่อระเหยน้ำที่เกิดขึ้น และควรใช้ปริมาณออกซิเจนที่พอเหมาะไม่ควรมีปริมาณมากหรือน้อยเกินไป นอกจากนี้มักไม่มีกระบวนการนำถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) กลับมาใช้ใหม่ (Regeneration) เนื่องจากมีความยุ่งยาก และประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) จะลดลง และเสียค่าใช้จ่ายสูง แต่สามารถทำได้ กรณีที่เป็นโรงงานขนาดใหญ่ และมีสัดส่วนของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ในแก๊สชีวภาพมากๆ โดยการผ่านไอน้ำที่อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส หรือแก๊สเฉื่อยที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ในปัจจุบันเทคนิคนี้ยังไม่เป็นที่แพร่หลายนักในการนำมาใช้ในการทำความสะอาดแก๊สที่ได้จากหลุมฝังกลบขยะ เนื่องจากลงทุนสูง และความยุ่งยากในการจัดการ

ภาพที่ 4.3 กระบวนการกำจัดแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon)

ที่มา : ชวลิต แซ่ลิ่ม (พ.ศ.2543) “แนวทางการใช้ประโยชน์ก๊าซชีวภาพที่ได้จากหลุมฝังกลบขยะในประเทศไทย” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

2. การใช้เศษสนิมเหล็ก (Iron Oxides)

การใช้เศษสนิมเหล็กสามารถทำได้โดยการนำเอาแก๊สชีวภาพที่มีแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ไปสัมผัสกับไฮเดรตเฟอร์ริกออกไซด์ (Hydrated Ferric oxide) หรือสนิมเหล็กเกิดปฏิกิริยาได้ผลผลิตเป็นเฟอร์ริกซัลไฟด์ (Ferric Sulfide) ซึ่งสามารถนำเศษสนิมเหล็กกลับมาใช้ใหม่ (Regenerated) ได้เมื่อออกซิไดส์ด้วยอากาศ หรือออกซิเจนได้ผลผลิตเป็นซัลเฟอร์ และ Ferric Oxide ที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ ทั้งนี้สามารถ Regenerated ได้หลายครั้ง จนกระทั่งซัลเฟอร์ปกคลุมพื้นผิวของอนุภาคของออกไซด์จนเกือบหมดดังภาพที่ 4.4 ซึ่งปฏิกิริยาต่างๆ สามารถแสดงได้ ดังสมการ

สมการการกำจัดไฮโดรเจนซัลไฟด์

$$2\ Fe_2O_3 + 6H_2S \longrightarrow 2Fe_2S_3 + 6H_2O$$

สมการการ Regenerated

$$2\ Fe_2S_3 + 3O_2 \longrightarrow 2Fe_2O_3 + 6S$$

สมการรวม

$$2\ H_2S + O_2 \longrightarrow 2S + 2H_2O$$

ภาพที่ 4.4 กระบวนการกำจัดแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยเศษสนิมเหล็ก

ที่มา : ชวลิต แซ่ลิ่ม (พ.ศ.2543) “แนวทางการใช้ประโยชน์ก๊าซชีวภาพที่ได้จากหลุมฝังกลบขยะในประเทศไทย” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

จะเห็นว่าลักษณะการออกแบบจะประกอบไปด้วยคอลัมน์บรรจุสนิมเหล็ก จำนวนสองคอลัมน์ หรืออาจมีมากถึงสี่คอลัมน์ คอลัมน์หนึ่งจะทำหน้าที่กำจัดแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ ในขณะที่อีกคอลัมน์หนึ่งจะทำหน้าที่นำสนิมเหล็กกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งการนำกลับมาใช้ (Regenerated) จะทำเป็นช่วงๆ โดยระบบจะทำงานจนกระทั่งผิวหน้าของเศษสนิมเหล็ก (Ferric Oxide) ถูกเปลี่ยนเป็นเฟอร์ริกซัลไฟด์ (Ferric Sulfide) จนเกือบหมดจึงปิดระบบ แล้วผ่านอากาศเพื่อทำการนำกลับมาใช้ใหม่ หลังจากนั้นจึงใช้น้ำในการชะซัลเฟอร์ที่ได้จากการนำกลับมาใช้ (Regenerated) ออกจากเฟอร์ริกออกไซด์ (Ferric Oxide)

การใช้เศษสนิมเหล็กในการกำจัดแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์เป็นวิธีที่แพร่หลาย ประสิทธิภาพสูง ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา และการลงทุนต่ำ อีกทั้งยังสามารถนำกลับมาใช้ (Regenerated) และ เดินระบบ (Operate) ได้ง่าย เหมาะสำหรับการทำความสะอาดแก๊สชีวภาพที่มีปริมาณแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่ำถึงปานกลาง แต่ก็มีข้อเสียต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบ เนื่องจากปฏิกิริยาระหว่างการนำกลับมาใช้ (Regenerated) เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน ทำให้เกิดความร้อนสูง ซึ่งอาจส่งผลทำให้เกิดการติดไฟได้ ดังนั้นควรมีความระมัดระวัง และควบคุมการทำงานอย่างรอบคอบ

3. การใช้สารละลายเบส (Caustic Scrubber)

แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์สามารถทำปฏิกิริยากับสารละลายเบสบางชนิด เช่น สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ได้ผลผลิตเป็นสารละลายที่ไม่เป็นพิษ ดังสมการ

$$NaOH + H_2S \longrightarrow NaHS + H_2O$$

วิธีการทำความสะอาดสามารถทำได้โดยออกแบบให้แก๊สชีวภาพที่มีองค์ประกอบของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ไหลแบบสวนทาง (Counter Current) กับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยจะทำการพ่นละอองของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จากส่วนบนของคอลัมน์และผ่านแก๊สชีวภาพที่ต้องการทำความสะอาดจากส่วนล่างของคอลัมน์ แก๊สชีวภาพที่ปราศจากแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์จะเคลื่อนที่ออกทางด้านบนของคอลัมน์ ในขณะที่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และโซเดียมไบซัลไฟด์ จะถูกนำออกทางด้านล่าง

เทคนิคนี้มีข้อจำกัดที่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์สามารถทำปฏิกิริยากับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของแก๊สชีวภาพ ทำให้ประสิทธิภาพในการทำความสะอาดลดลง ดังสมการ

$$NaOH + CO_2 \longrightarrow NaHCO_3$$

ดังนั้นในกรณีที่ไม่มีความจำเป็นต้องกำจัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เช่น การนำแก๊สชีวภาพไปใช้ในเครื่องยนต์สันดาปภายในจะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ลดลง และทำให้มีค่าใช้จ่ายสูงขึ้น เนื่องจากต้องใช้ปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มากขึ้น

การทำความสะอาดด้วยวิธีนี้เหมาะสมสำหรับแก๊สชีวภาพที่มีสัดส่วนของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่ำ และโรงงานที่มีศักยภาพในการผลิตแก๊สชีวภาพสูง เนื่องจากต้องเสียค่าใช้จ่าย และการลงทุนสูง เพราะไม่สามารถนำกลับมาใช้ (Regenerated) สารละลายเบสที่ใช้ได้

4. การใช้แผ่นเยื่อ (Membrane)

แผ่นเยื่อเป็นวัสดุประเภทโพลิเมอร์ที่มีคุณสมบัติเฉพาะที่สามารถยอมให้แก๊สบางชนิดผ่านชั้นเยื่อไปได้ด้วยคุณสมบัติที่เรียกว่าอัตราการซึมผ่านแก๊ส (Gas Permeation Rate, P_g) ซึ่งมีค่าขึ้นอยู่กับตัวแปร 2 ชนิดของแก๊สที่มีต่อแผ่นเยื่อชนิดนั้นๆ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การละลาย (Solubility Coefficient, S_g) และค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ (Diffusion Coefficient, D_g) โดยสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการ $P_g = S_g \times D_g$ ด้วยคุณสมบัติของอัตราการซึมผ่านแก๊ส (Gas Permeation Rate) ที่ต่างกัน 10-20 เท่า ระหว่างแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจนซัลไฟด์ กับแก๊สมีเทน ในขณะที่น้ำมีค่าสูงกว่าแก๊สมีเทนถึง 200 เท่า จึงสามารถกำจัดได้ทั้งแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจนซัลไฟด์

ข้อดีในการทำความสะอาดแก๊สชีวภาพด้วยแผ่นเยื่อ คือ การดูแลบำรุงรักษาง่าย สะดวกไม่ยุ่งยาก สามารถปรับเปลี่ยนลักษณะการใช้ได้ง่าย ไม่ต้องมีกระบวนการนำกลับมาใช้ (Regeneration) ไม่มีผลของการกัดกร่อน และไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมรอบข้าง แต่การเลือกใช้แผ่นเยื่อจะต้องพิจารณาถึงความคุ้มค่า เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการลงทุนเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ และยังต้องการความดันสูงในการทำงาน (20-35 bar) ทำให้ต้องใช้คอมเพรสเซอร์ (Compressor) ขนาดใหญ่ นอกจากนี้

ประสิทธิภาพในการทำความสะอาดไม่สูงนักอยู่ในช่วงร้อยละ 73-83 ซึ่งการใช้แผ่นเยื่อในการทำความสะอาดในปัจจุบันยังอยู่ในขั้นของการทดลองใช้ และวิจัยเพื่อพัฒนาให้ประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

จากเทคนิคการกำจัดแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ได้กล่าวข้างต้นสามารถสรุปความแตกต่างของแต่ละวิธีได้ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 เทคนิคการแยกแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์แบบต่างๆ

เทคนิค	Activated carbon	Iron Oxide	Caustic Scrubber	Membrane
1. สัดส่วน H_2S ในแก๊สชีวภาพ	สูง	ต่ำ – ปานกลาง	ต่ำ	ไม่จำกัด
2. โรงงานขนาดใหญ่	ดี	ดี	ดี	อยู่ในขั้นทดลอง
3. โรงงานขนาดเล็ก	ไม่ดีนัก	ดี	ไม่ดีนัก	อยู่ในขั้นทดลอง
4. เงินลงทุน	ปานกลาง	ต่ำ	ปานกลาง	สูง
5. การบำรุงและดูแลรักษา	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	สูง
6. ผลกระทบสิ่งแวดล้อม	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	สูง

ที่มา : ชวลิต แซ่ลิ่ม (พ.ศ.2543) “แนวทางการใช้ประโยชน์ก๊าซชีวภาพที่ได้จากหลุมฝังกลบขยะในประเทศไทย” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

จากตารางที่ 4.7 จะเห็นว่าเทคนิคที่จะพิจารณานำมาใช้ คือ การใช้เศษสนิมเหล็ก (Iron Oxide) ในการกำจัดแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ เนื่องจากปริมาณสัดส่วนของแก๊สไฮโดรเจนในแก๊สชีวภาพอยู่ในช่วงกว้าง คือ ต่ำถึงปานกลาง สามารถใช้ได้ทั้งในกรณีที่โรงงานมีกำลังการผลิตแก๊สชีวภาพสูงและต่ำ ในขณะที่เงินลงทุนต่ำ เนื่องจากเศษสนิมเหล็กสามารถหาได้โดยทั่วไป ราคาถูก เมื่อเทียบกับถ่านกัมมันต์ (Activated carbon) สารละลายเบส และแผ่นเยื่อ อีกทั้งยังสามารถนำกลับมาใช้ได้ (Regenerated) ได้โดยไม่ยุ่งยาก

4.2.3 เทคนิคการแยกแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2 Removal)

แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นองค์ประกอบหลักในแก๊สชีวภาพ ซึ่งจะทำให้ค่าความร้อนของแก๊สชีวภาพมีค่าลดลง ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องกำจัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ในกรณีการปรับปรุงแก๊สชีวภาพให้มีสมบัติเหมือนแก๊สธรรมชาติเท่านั้น โดยเทคนิคการกำจัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากแก๊สชีวภาพสามารถทำได้ดังนี้

1) การดูดซับที่ความดันต่างกัน (Pressure Swing Adsorption, PSA)

เป็นเทคนิคการกำจัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ โดยอาศัยหลักความแตกต่างของการดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยแอกทีฟ คาร์บอน (Active Carbon) ที่ความดันต่างกัน ดังภาพที่ 4.5

ภาพที่ 4.5 กระบวนการกำจัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยเทคนิค PSA

ที่มา : ชวลิต แซ่ลิ่ม (พ.ศ.2543) “แนวทางการใช้ประโยชน์ก๊าซชีวภาพที่ได้จากหลุมฝังกลบขยะในประเทศไทย” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

แอกทีฟ คาร์บอน (Active Carbon) จะสามารถดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ได้ที่ความดันที่เหมาะสม และไม่สามารถดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ได้เมื่อความดันมีค่าเปลี่ยนไป โดยขั้นตอนการกำจัดจะใช้เวลาประมาณ 20-60 นาทีต่อหนึ่งวัฏจักร สามารถแบ่งออกได้ 4 ขั้นตอนใน 1 วัฏจักร ดังนี้

ก. ขั้นการดูดซับ (Adsorption) ทำการผ่านแก๊สชีวภาพที่ต้องการแยกแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปในคอลัมน์ที่ความดัน 3-4 บาร์ (bar) ในขั้นนี้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จะถูก ดูดซับไว้ที่แอกทีฟคาร์บอน (Active Carbon) ในขณะที่แก๊สมีเทนจะผ่านคอลัมน์ออกไป

ข. ขั้นลดความดัน (Depressurization) ลดความดันของคอลัมน์ จนกระทั่งความดันภายในคอลัมน์มีค่าเท่ากับความดันบรรยากาศ ซึ่งเป็นการระบายแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกดูดซับไว้ด้วยแอกทีฟคาร์บอน (Active Carbon) ออกมา ระหว่างนี้สามารถนำแก๊สชีวภาพที่ยังคงมีส่วนผสมของแก๊สมีเทนเล็กน้อยซึ่งระบายออกจากคอลัมน์ไม่หมด กับคาร์บอนไดออกไซด์ กลับสู่กระบวนการลดความดัน

ค. ขั้นกำจัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (Evacuation) ลดความดันจนกระทั่งความดันภายในคอลัมน์เป็นสุญญากาศประมาณ 50-100 มิลลิบาร์ (mbar) เพื่อระบายแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากการลดความดันออก

ง. ขั้นการเพิ่มความดัน (Pressure Build Up) หลังจากขั้นตอนที่สาม จะเป็นการเพิ่มความดันอีกครั้งหนึ่ง เพื่อที่จะเข้าสู่ขั้นตอนการดูดซับอีกครั้ง

การดูดซับที่ความดันต่างกัน (PSA) เป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพสูงสามารถแยกแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากแก๊ส ชีวภาพได้ถึงร้อยละ 98 ซึ่งเพียงพอที่จะทำให้แก๊สชีวภาพมีคุณสมบัติเหมือนแก๊สธรรมชาติ แต่การเลือกใช้เทคนิคนี้จะต้องคำนึงถึงความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากค่าใช้จ่าย และการลงทุนสูงในส่วนของอุปกรณ์ และระบบควบคุม ดังนั้นมักจะนำเทคนิคนี้มาใช้กับหลุมฝังกลบที่มีศักยภาพในการผลิตแก๊สชีวภาพสูงๆ

2) การใช้แผ่นเยื่อ (Membrane)

สำหรับการใช้แผ่นเยื่อสามารถทำได้เช่นเดียวกันกับกรณีการกำจัดแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ซึ่งได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น

รายงานฉบับสมบูรณ์ “การศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์แก๊สชีวภาพจากการฝังกลบมูลฝอย กรมควบคุมมลพิษ คพ 04-027 เล่มที่ 1/3 (2544) ศึกษาพบว่า เนื่องจากหลุมฝังกลบมูลฝอยมีพื้นที่หน้าตัดที่ค่อนข้างกว้าง และลึกพอสมควร อีกทั้งสภาพหลุมฝังกลบที่ใช้ประโยชน์โดยทั่วๆไปมิได้คำนึงถึงการวางแผนการนำแก๊สชีวภาพที่จะเกิดขึ้นในหลุมมูลฝอยขึ้นมาใช้ประโยชน์ตั้งแต่แรกของการออกแบบหลุมฝังกลบ ดังนั้นการดำเนินงาน เพื่อการนำแก๊สชีวภาพขึ้นมาใช้ประโยชน์นั้น จึงจำเป็นจะต้องมีการปรับปรุงหลุมฝังกลบ และต้องมีความระมัดระวัง

ที่จะไม่ทำให้เกิดการดูดแก๊สชีวภาพขึ้นมาจากหลุมมากเกินกว่าแก๊สชีวภาพที่ผลิตได้ และควรที่จะพัฒนาวิธีการดึงแก๊สชีวภาพขึ้นมาให้ได้อย่างทั่วถึงจากทุกพื้นที่ของหลุมมูลฝอยด้วย อีกทั้งการปรับปรุงคุณภาพของแก๊สชีวภาพที่ผลิตได้จากหลุมให้มีคุณภาพที่ดีขึ้นนั้น อาจจะมีความจำเป็นหากคุณภาพของแก๊สชีวภาพที่ผลิตยังมีความเหมาะสมในการใช้งานไม่เพียงพอ ซึ่งขั้นตอนการนำแก๊สชีวภาพมาใช้ประโยชน์โดยทั่วๆ ไปนั้น ควรมีส่วนประกอบของระบบต่างๆ ดังปรากฏในภาพที่ 4.6

ภาพที่ 4.6 การนำแก๊สชีวภาพจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยไปใช้ประโยชน์

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ คพ 04-027 เล่มที่ 3/3 (2544) การศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์ก๊าซชีวภาพจากการฝังกลบมูลฝอย กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

จากภาพที่ 4.6 การนำแก๊สชีวภาพจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยไปใช้ประโยชน์มีรายละเอียดดังนี้

1) การส่งและรวบรวมแก๊สชีวภาพขึ้นมาจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย

การดึงแก๊สจากพื้นที่ฝังกลบโดยทั่วๆ ไปจะนิยมใช้วิธีฝังท่อดูดแก๊สในหลุมแนวดิ่ง (Vertical gas extraction wells) ซึ่งจำเป็นที่จะต้องปิดส่วนบนของพื้นที่ฝังกลบให้ดี เพื่อลดหรือป้องกันไม่ให้อากาศ และน้ำจากภายนอกเข้าสู่พื้นที่ฝังกลบมูลฝอย ท่อที่จะดึงแก๊สมาใช้ประโยชน์ควรจะอยู่ห่างกันประมาณ 30 เมตร โดยทั่วไปการติดตั้งระบบท่อส่งแก๊สจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยนี้อาจทำระหว่างการฝังกลบ หรือหลังจากที่มีการฝังกลบมูลฝอยจนถึงชั้นสูงสุดแล้วท่อแยก (Extraction wells) แต่ละจุดจะถูกต่อเชื่อมเข้าท่อย่อย (Sub-manifold) แต่ละตัว 8-10 จุด และท่อย่อย (Sub-manifold) จะถูกต่อเชื่อมเข้ากับท่อหลัก (Main-manifold) เพื่อรวบรวมแก๊สชีวภาพจากทุกจุดจากหลุมฝังกลบมูลฝอย เพื่อต่อเข้าอุปกรณ์ชุดต่อไป

2) การปรับปรุงคุณภาพแก๊สชีวภาพ (Gas Purification)

แก๊สชีวภาพจากพื้นที่ฝังกลบที่ถูกรวบรวมจากท่อหลัก (Main-manifold) จะถูกส่งผ่านเข้าชุดปรับปรุงคุณภาพแก๊สชีวภาพ (Gas Purifier) ซึ่งควรจะประกอบไปด้วย

- ชุดไซโคลน (Cyclone) สำหรับดัก – ลดสิ่งแปลกปลอม / ความชื้น และน้ำในแก๊สชีวภาพ ปกติแล้วแก๊สชีวภาพที่ได้มักจะมีความชื้นสูงเกือบถึงจุดอิ่มตัว ท่อส่งแก๊สที่วางตัวอยู่ในดินมักจะทำให้ความชื้น (ไอน้ำ) ในแก๊สชีวภาพกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ และสะสมจนอาจเกิดเป็นอุปสรรคในการส่งแก๊สไปตามท่อได้ การเดินท่อแก๊สควรจะให้มีความลาดเอียง (Slope) ประมาณ 0.5-1 % ลงไปหาจุดดักน้ำที่สามารถระบายน้ำออกจากท่อส่งแก๊สได้ ซึ่งการวางท่อส่งแก๊สดังกล่าวจะช่วยลดปริมาณน้ำที่ค้างอยู่ในท่อส่งแก๊สลงได้จำนวนหนึ่ง ส่วนที่เหลือที่ยังปะปนมากับแก๊สชีวภาพก็จะถูกแยกน้ำ และสิ่งแปลกปลอมภายในชุดไซโคลน (Cyclone) นี้
- ชุดปรับลดปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ใช้สำหรับปรับลดปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นจากขบวนการหมักย่อยกากสารอินทรีย์แบบไม่ใช้อากาศในหลุมมูลฝอย ซึ่งแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ดังกล่าวนี้ไม่เป็นประโยชน์ต่อการเผาไหม้ และไม่มีค่าความร้อนใดๆ ซึ่งการปรับลดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากแก๊สชีวภาพนี้จะปฏิบัติก็ต่อเมื่อมีความจำเป็น เช่น ในกรณีที่แก๊สชีวภาพที่ได้มีปริมาณสัดส่วนของแก๊สมีเทน (CH_2) ต่ำมากจนอยู่ในระดับที่จุดไฟติดยาก หรือมีผลทำให้ผลการผลิตพลังงานของอุปกรณ์ลดต่ำลงมากๆ การลดปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากแก๊สชีวภาพจะมีผลทำให้ค่าความร้อนของแก๊สชีวภาพต่อหน่วยปริมาตรที่ส่งเข้าสู่อุปกรณ์ผลิตพลังงานนั้นสูงมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม

วิธีการปรับลดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ออกจากแก๊สชีวภาพนี้จะมีค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการลงทุน และเดินระบบมากเช่นกัน

- ชุดปรับลดแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ปริมาณแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ในแก๊สชีวภาพนั้นจะขึ้นอยู่กับสภาพของสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายด้วยกระบวนการหมักแบบไร้ออกซิเจน (Anaerobic process) แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ที่ปนเปื้อนในแก๊สชีวภาพนั้นมีคุณสมบัติเป็นแก๊สพิษ และเมื่อสัมผัสกับน้ำ หรือไอน้ำจะเปลี่ยนสภาพเป็นกรดซัลฟุริก ซึ่งเป็นสาเหตุของฝนกรด หรือไอกรดที่สามารถกัดกร่อนโลหะ และวัสดุอุปกรณ์ได้ ดังนั้นการลดปริมาณแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ในแก๊สชีวภาพก่อนการนำไปใช้ประโยชน์นั้น จะเป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อมโดยทั่วไป และจะช่วยยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ใช้แก๊สด้วย ซึ่งขบวนการลดแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) นั้น จำเป็นที่จะต้องลงทุนในการติดตั้งอุปกรณ์ และมีค่าบำรุงรักษาด้วย อย่างไรก็ตามเครื่องยนต์แก๊ส (Gas Engine) สำหรับผลิตพลังงานไฟฟ้าที่ออกแบบโดยทั่วๆ ไปนั้นมักจะยอมรับให้สามารถใช้แก๊สชีวภาพที่มีการปนเปื้อนของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) อยู่ในระดับปริมาณไม่เกิน 500 ppm

3) พัดลมดูด-ส่งแก๊ส (Gas Blower)

สำหรับดึงแก๊สชีวภาพจากหลุมฝังกลบมูลฝอย โดยแก๊สที่ดูดขึ้นมาจะต้องผ่านชุดปรับปรุงคุณภาพแก๊ส (Gas Purifier) ก่อนที่จะผ่านตัวพัดลม เพื่อป้องกันความเสียหายต่อพัดลมที่อาจจะเกิดจากน้ำ และแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) แก๊สชีวภาพที่ผ่านพัดลมจะมีแรงดันสูงขึ้นเพื่อจะได้ส่งแก๊สจำนวนมากๆ ไปได้ในระยะทางไกลๆ

4) ชุดกระจายแก๊สชีวภาพ (Gas Header)

แก๊สชีวภาพที่ส่งมาโดยพัดลม (Gas Blower) หากมีอุปกรณ์ที่ต้องการใช้แก๊สชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงมากกว่า 1 อุปกรณ์ ควรจะมีชุดกระจายแก๊สชีวภาพ (Gas Header) เพื่อแบ่งแก๊สชีวภาพไปเข้าตัวปรับความดัน (Pressure Regulator) เพื่อทำการปรับแรงดันแก๊สชีวภาพให้เหมาะสมกับความต้องการของการใช้กับอุปกรณ์นั้นๆ ต่อไป

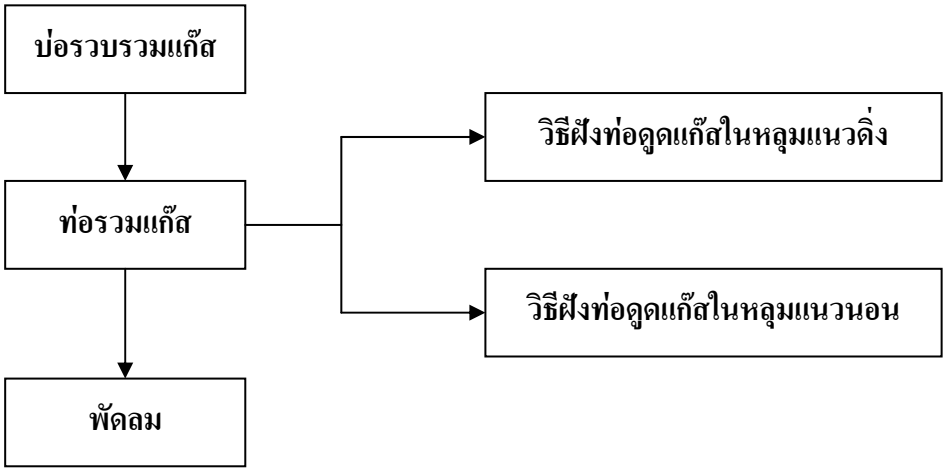
5) การตรวจวัดความเข้มข้นของแก๊ส

แก๊สชีวภาพที่ได้มาก่อนที่จะจ่ายเข้าสู่อุปกรณ์ผลิตพลังงานจากแก๊สชีวภาพนั้น ควรจะต้องมีการตรวจวัด (Monitoring) ความเข้มข้นของแก๊ส CH_4, O_2, H_2S ในแก๊สชีวภาพ อุณหภูมิ (Temperature) และอัตราการไหลของแก๊สชีวภาพ (Flow rate) ด้วย

แก๊สชีวภาพที่ผลิตได้มากเกินความต้องการที่เหมาะสม ควรจะต้องมีระบบเผาแก๊สทิ้ง (Flare) เพื่อเผาแก๊สชีวภาพก่อนที่ปล่อยทิ้งออกสู่บรรยากาศ

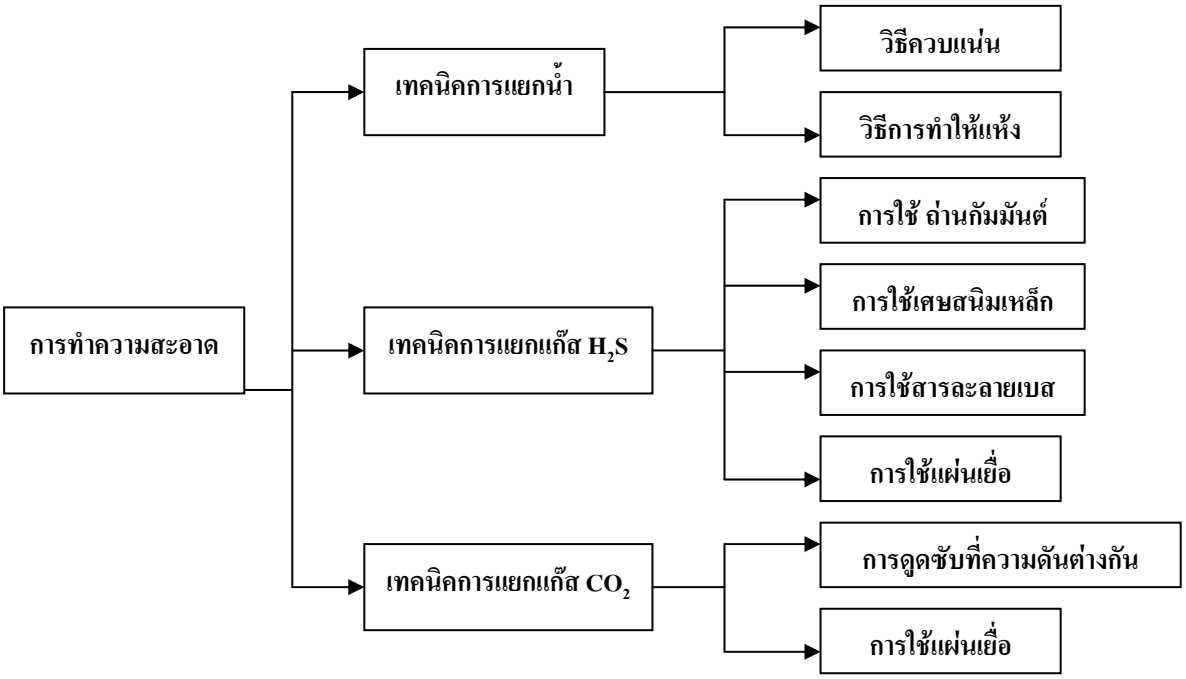
จากภาพที่ 4.7 และ 4.8 แสดงการรวบรวมแก๊สชีวภาพ และการทำความสะอาดแก๊สชีวภาพจากหลุมฝังกลบ

ระบบรวบรวมแก๊ส



ภาพที่ 4.7 ระบบรวบรวมแก๊ส

การทำความสะอาดแก๊สชีวภาพที่ได้จากหลุมฝังกลบขยะ



ภาพที่ 4.8 การทำความสะอาดแก๊สชีวภาพ

ความเป็นไปได้ในการปรับปรุงแก๊สชีวภาพให้มีคุณสมบัติเหมือนแก๊สธรรมชาติ นอกจากความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิคที่ได้กล่าวไปแล้ว ยังต้องศึกษาในส่วนของความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ด้วย ทั้งนี้การที่จะต้องนำแก๊สชีวภาพไปกำจัดแก๊ส และความชื้นที่ไม่ต้องการให้อยู่ในระดับต่ำ และเป็นมาตรฐานเดียวกันกับแก๊สธรรมชาติภายในท่อ ย่อมมีผลทำให้ค่าใช้จ่ายสูงขึ้น และความยุ่งยากในการควบคุมคุณภาพของแก๊ส ซึ่งมีผลต่อการตกลงซื้อขายแก๊สกับการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย อีกทั้งไม่สามารถใช้ประโยชน์จากแก๊สชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะได้สูงสุด เนื่องจากย่อมมีการสูญเสียแก๊สในแต่ละขั้นตอน การปรับปรุงที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของสถานที่ตั้งของหลุมฝังกลบที่ควรอยู่ใกล้เคียงกับแนวท่อส่งแก๊สธรรมชาติ และหากกรณีที่หลุมฝังกลบที่ไม่ได้อยู่ในบริเวณแนวท่อส่งแก๊สธรรมชาติ อาจพิจารณาในเรื่อง ความปลอดภัย การขนส่ง และปริมาณความต้องการใช้ มีผลทำให้มีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น

5. การนำแก๊สมีเทนที่ได้ไปใช้ประโยชน์และการประเมินด้านเศรษฐศาสตร์

5.1 การนำแก๊สมีเทนที่ได้ไปใช้ประโยชน์เป็นพลังงานทดแทน

สิ่งที่สำคัญที่สุดของการใช้ประโยชน์จากแก๊สชีวภาพที่ได้จากหลุมฝังกลบขยะ คือ แนวทาง หรือรูปแบบของการนำแก๊สที่รวบรวมมาได้ไปใช้ประโยชน์ โดยการแปลงแก๊สชีวภาพที่ได้ให้อยู่ในรูปของพลังงาน หรือวัตถุดิบที่สามารถนำไปใช้ได้ไม่ว่าจะเป็นการแปลงให้เป็นไฟฟ้าหรือความร้อน จำเป็นที่จะต้องมีการศึกษาถึงความเหมาะสมของแต่ละแนวทาง เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น จำนวนเงินลงทุน เทคโนโลยีที่ใช้ และผลตอบแทน เป็นต้น ซึ่งแนวทางการใช้ประโยชน์จากแก๊สชีวภาพที่ได้จากหลุมฝังกลบขยะที่นิยมโดยทั่วไปมีอยู่ 3 ลักษณะ (ตามรายงานฉบับสมบูรณ์ ‘‘การศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์แก๊สชีวภาพจากการฝังกลบมูลฝอย’’, กรมควบคุมมลพิษ, คพ 04-027, เล่มที่ 1-3) คือ

5.1.1 การนำแก๊สมีเทนไปใช้เป็นแหล่งเชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงานความร้อน

การนำแก๊สชีวภาพไปเผาไหม้ให้ความร้อนโดยตรงนั้น จะได้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนใช้งานได้สูง เช่น ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อต้มไอน้ำในโรงงานอุตสาหกรรม ใช้เป็นเชื้อเพลิงในการอบแห้ง เตาเผา ฯลฯ อย่างไรก็ตามการนำแก๊สชีวภาพไปใช้นั้นควรคำนึงถึงวิธีการส่งลำเลียงแก๊สชีวภาพด้วย โดยปกติจะส่งลำเลียงแก๊สชีวภาพไปตามท่อโดยอาศัยพัดลม หรือปั๊มช่วยเพิ่มแรงดัน และระยะทางไม่ควรไกลจนเกินไป

5.1.2 การใช้แก๊สมีเทนในการผลิตพลังงานกล / ไฟฟ้า

การนำไปผลิตกระแสไฟฟ้าเป็นแนวทางการใช้ประโยชน์ที่แพร่หลายมากที่สุด โดยเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าจากแก๊สชีวภาพที่ได้จากการฝังกลบขยะ มีการออกแบบและเลือกใช้อุปกรณ์สำหรับผลิตพลังงานกล / ไฟฟ้า โดยใช้แก๊สชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงนั้นมีอยู่หลายรูปแบบ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

- การใช้ชุดเครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engine) ร่วมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) เพื่อการผลิตพลังงานไฟฟ้า แก๊สชีวภาพจะถูกนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการขับเคลื่อนเครื่องจักรกลแบบสันดาปภายใน และให้กำลังออกมาทางเพลา เพื่อขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในการผลิตพลังงานไฟฟ้าส่งออกทางสายส่งไฟฟ้าหลัก
- การใช้ชุดกังหันไอน้ำ (Steam Turbine) ร่วมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) แก๊สชีวภาพจะถูกนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงกับหม้อต้มไอน้ำ (Steam Boiler) เพื่อผลิตไอน้ำที่มีความดันสูง ส่งเข้ากังหันไอน้ำ เพื่อถ่ายทอดกำลังออกทางแกนเพลา และใช้ขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าผลิตพลังงานไฟฟ้าส่งออกทางสายไฟฟ้าหลัก
- การใช้ชุดกังหันแก๊ส (Gas Turbine) ร่วมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) แก๊สชีวภาพจะถูกนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเผาไหม้ให้เกิดอากาศร้อนขยายตัว และพุ่งออกไปหมุนกังหันแก๊ส และถ่ายทอดกำลังออกทางแกนเพลาของกังหันแก๊ส เพื่อใช้ขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าผลิตพลังงานไฟฟ้าส่งออกทางสายไฟฟ้าหลัก

สำหรับการเลือกใช้ชนิดของเครื่องจักรกลสำหรับผลิตพลังงานไฟฟ้านั้น ในกรณีที่กำลังผลิตไฟฟ้าสูงมากกว่า 3 เม็กกะวัตต์ (MW) มักจะเลือกใช้เครื่องต้นกำลังเป็นแบบกังหัน และสำหรับระบบที่มีกำลังผลิตต่ำกว่า 3 เม็กกะวัตต์ (MW) มักจะเลือกใช้เครื่องยนต์สันดาปภายในเป็นเครื่องต้นกำลังสำหรับการผลิตพลังงานไฟฟ้า

แต่จากการศึกษาของนายชวลิต แซ่ลิ่ม (2543) พบว่าแก๊สชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะ นอกจากจะนำไปใช้ประโยชน์ดัง 3 รูปแบบข้างต้นแล้ว ยังนำไปใช้เป็นเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cell)

- เซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cell) เป็นเทคโนโลยีการผลิตกระแสไฟฟ้าที่อาศัยขบวนการทางปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีระหว่างเชื้อเพลิงไฮโดรเจนกับออกซิเจน และสารตัวกลางที่เรียกว่าสารพาประจุ ซึ่งจะทำให้เกิดความต่างศักย์และเกิดอิเล็กตรอนไหลผ่านระหว่างขั้วแอโนดและแคโทดเกิดเป็นไฟฟ้ากระแสตรงขึ้น และผลจากการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรเจนจะรวมตัวกับออกซิเจนเป็นน้ำที่มีอุณหภูมิสูง โดยไฮโดรเจนที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงส่วนมากจะแปลงมา

จากเชื้อเพลิงหลายชนิด เช่น แก๊สธรรมชาติ เมทานอล และแก๊สที่ได้จากถ่านหิน สำหรับการใช้แก๊สชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะเป็นเชื้อเพลิงจะต้องนำมาผ่านกระบวนการที่เรียกว่า สตรีม มีเทน รีฟอร์มมิ่ง (Steam Methane Reforming, SMR) ซึ่งเป็นกระบวนการผลิตแก๊สไฮโดรเจนชนิดหนึ่งจากมีเทนโดยใช้แก๊สมีเทน และนิเกิลต่ออลูมินาออกไซด์ (Ni / Al_2O_3) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

เซลล์เชื้อเพลิงยังเป็นเทคโนโลยีที่ค่อนข้างใหม่ ทำให้ราคาโรงไฟฟ้ายังมีค่าสูงเมื่อเทียบกับโรงงานไฟฟ้าทั่วไป โดยปัจจุบันการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้ตกลงร่วมมือกับองค์การเพื่อการพัฒนาเทคโนโลยีด้านอุตสาหกรรมใหม่จากประเทศญี่ปุ่น ในโครงการสาธิตการผลิตไฟฟ้าโดยเซลล์เชื้อเพลิงแบบที่ใช้แก๊สธรรมชาติเป็นพลังงานขนาด 50 กิโลวัตต์ โดยขณะนี้ได้ติดตั้งระบบเซลล์เชื้อเพลิงแบบที่ใช้กรดฟอสฟอริคที่โรงงานไฟฟ้าบางปะกง จ.ฉะเชิงเทรา ทั้งนี้เพื่อทดลอง และศึกษาความเป็นไปได้ในการนำมาใช้ในอนาคต

จากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปข้อดีข้อเสียของระบบผลิตกระแสไฟฟ้าประเภทต่างๆ ได้ดังตาราง 4.8

ตาราง 4.8 การเปรียบเทียบระบบชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า

รายการ / ประเภทเครื่อง	**เครื่องยนต์สันดาปภายใน**	**กังหันแก๊ส**	**กังหันไอน้ำ**
1. ขนาด	ไม่เกิน 6 MW	> 3 MW	> 8 MW
2. การบำรุงรักษาและการใช้งาน	ง่าย	ค่อนข้างง่าย	ยุ่งยาก
3. อัตราการสึกหรอ	มาก	น้อย	น้อย
4. การสตาร์ทและดับเครื่อง	รวดเร็ว	รวดเร็ว	ใช้เวลานาน
5. การลงทุน (ต่อเมกะวัตต์)	ต่ำ	ปานกลาง	สูง

ที่มา : ชวลิต แซ่ลิ่ม (พ.ศ.2543) “แนวทางการใช้ประโยชน์ก๊าซชีวภาพที่ได้จากหลุมฝังกลบขยะในประเทศไทย” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

จากตารางพบว่าการเลือกใช้ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าขึ้นอยู่กับปริมาณไฟฟ้าที่ต้องการผลิตซึ่งจะต้องสอดคล้องกับปริมาณแก๊สชีวภาพที่สามารถผลิตได้ โดยในประเทศไทยปริมาณแก๊สชีวภาพที่ได้จากหลุมฝังกลบขยะยังมีปริมาณน้อย เนื่องจากหลุมฝังกลบยังมีขนาดเล็ก และยังอยู่ในระยะเริ่มทดลองใช้ทำให้กระแสไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้มีปริมาณน้อย (< 3 MW) ดังนั้นจึงควรพิจารณาเลือกใช้เครื่องยนต์สันดาปภายในในการผลิตกระแสไฟฟ้า เนื่องจากมีขนาดให้เลือกใช้ขนาดเล็กหลายขนาด การบำรุงรักษา และการใช้งานง่าย การสตาร์ทและการดับเครื่องมีความรวดเร็ว ลงทุนต่ำ โดยในส่วนของการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์เชื้อเพลิงนั้นคงจะต้องใช้ระยะเวลาในการพัฒนาเทคโนโลยี เพื่อให้มีการนำมาใช้ประโยชน์ในประเทศไทยมากยิ่งขึ้น ปัจจุบันยังคงมีปัญหาในเรื่องของราคาตัวโรงไฟฟ้าที่สูง และการพัฒนาเทคโนโลยีของเซลล์เชื้อเพลิงในเชิงพาณิชย์

5.1.3 ผลิตพลังงานร่วม (Cogeneratiion System)

การผลิตพลังงานร่วม หมายถึง การผลิตพลังงานกล / ไฟฟ้า และความร้อนร่วมกัน ซึ่งเป็นระบบที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการใช้เชื้อเพลิงให้มีค่าสูงขึ้นมากกว่าการใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าอย่างเดียว ซึ่งรูปแบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าร่วมกับความร้อนนี้อาศัยหลักการนำความร้อนทิ้งที่เกิดขึ้นจากระบบการผลิตพลังงานกล / ไฟฟ้ากลับมาผลิตเป็นพลังงานความร้อนเพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป เช่น การใช้เครื่องยนต์สันดาปภายใน เป็นเครื่องต้นกำลังสำหรับสิทธิเชิงความร้อนของเครื่องยนต์สันดาปภายในจะอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 30-40 และความร้อนเชื้อเพลิงที่ใช้ทั้งหมด การนำเอาความร้อนทิ้งเหล่านี้กับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ จะมีผลทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมของการใช้พลังงานจากแก๊สชีวภาพดังกล่าวเพิ่มขึ้น

อย่างไรก็ตามการออกแบบระบบการใช้แก๊สชีวภาพที่เกิดจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย เพื่อเป็นพลังงานทดแทนทั้งในรูปของผลิตพลังงานความร้อน และ / หรือผลิตพลังงานไฟฟ้านั้นจำเป็นต้องพิจารณาทั้งอัตรา และปริมาณการผลิตแก๊สชีวภาพที่สามารถนำไปใช้งานได้จากพื้นที่ฝังกลบควบคู่ไปกับความเหมาะสมของกิจกรรมที่จะนำมาประยุกต์ เพื่อใช้ประโยชน์จากแก๊สชีวภาพ รวมถึงเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการใช้งานด้วย ซึ่งในที่นี้จะนำเสนอรูปแบบของการนำแก๊สชีวภาพไปใช้ประโยชน์เป็นพลังงานทดแทน เพื่อการผลิตพลังงานไฟฟ้าซึ่งสามารถพิจารณาตามขนาด และรูปแบบของชุมชนต่างๆ ได้ดังปรากฏในหัวข้อต่อไป

ระบบรวบรวมแก๊ส (Gas Collection System) เป็นระบบที่เริ่มตั้งแต่การสำรวจ (Surveying) การเจาะหลุมรวบรวมแก๊ส (Drilling wells) การก่อสร้างระบบเก็บรวบรวมแก๊ส ซึ่งประกอบด้วยการวางท่อรวบรวมแก๊ส การติดตั้งเครื่องดูดแก๊ส และระบบเผาแก๊สทิ้ง โดยดำเนินการออกแบบรายละเอียดในเบื้องต้น เพื่อใช้เป็นข้อมูลประมาณการค่าใช้จ่ายในการลงทุน

(Capital costs) โดยมีการประมาณการวัดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการต่อปีจะมีค่าอยู่ที่ 10 เปอร์เซ็นต์ของค่าใช้จ่ายในการติดตั้งตอนเริ่มต้น (U.S. Environmental Protection Agency, 1996)

ระบบเผาทิ้ง (Flaring System) เป็นส่วนหนึ่งของระบบการนำแก๊สมีเทนกลับมาใช้ประโยชน์ มีหน้าที่กำจัดแก๊สมีเทนส่วนที่เหลือ ในกรณีที่ไม่สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงพลังงานได้หมด เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จากการแพร่กระจายของแก๊สมีเทนสู่บรรยากาศ

ระบบทำความสะอาดแก๊ส (Gas Cleaning System) เป็นระบบที่มีความจำเป็นในการปรับปรุงคุณภาพของแก๊สประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ อุปกรณ์แยกความชื้นออกจากระบบและอุปกรณ์การกรอง เพื่อแยกสิ่งปนเปื้อนออกจากแก๊ส อาจจะพิจารณาติดตั้งตามความจำเป็น และเหมาะสมเพราะมีราคาค่อนข้างแพง

ระบบผลิตกระแสไฟฟ้า (Electricity Generating System) เป็นระบบหลัก ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นเครื่องยนต์ต้นกำลัง (Prime mover) ซึ่งอาจเป็นเครื่องยนต์สันดาปภายใน หรือเครื่องยนต์กังหันแก๊ส ทำหน้าที่ขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยใช้แก๊สมีเทนเป็นพลังงานเชื้อเพลิง อีกส่วนหนึ่งจะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) ทำหน้าที่ผลิตกระแสไฟฟ้าออกมาใช้งาน ประกอบด้วย

1.) งานออกแบบก่อสร้างอาคารและโรงเรือนระบบผลิตกระแสไฟฟ้า
2.) งานออกแบบและติดตั้งชุดเครื่องยนต์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้เหมาะสมกับปริมาณและคุณภาพของแก๊สมีเทน
3.) งานออกแบบและติดตั้งระบบท่อสำหรับป้อนเชื้อเพลิงแก๊สมีเทน

ระบบสายส่งไฟฟ้า (Transmission Line System) เป็นระบบที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อ หรือส่งผ่านกระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้าสู่ระบบจำหน่ายไฟฟ้ารวม (Power grid) มีส่วนประกอบสำคัญ ดังนี้

1.) งานออกแบบและติดตั้งระบบสายไฟแรงสูงหุ้มฉนวนพร้อมอุปกรณ์
2.) งานออกแบบและติดตั้งหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้า เลือกขนาดที่เหมาะสม
3.) งานออกแบบและติดตั้งระบบสายไฟแรงต่ำและตู้ Main Switch Board

5.2 การประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์

การศึกษาแนวทางในการใช้ประโยชน์แก๊สมีเทนจากหลุมฝังกลบขยะในประเทศไทยจำเป็นต้องมีการประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์เสียก่อน เพื่อให้ได้ศักยภาพที่ถูกต้องและชัดเจนก่อนที่จะนำไปสู่การกำหนดแนวนโยบายที่เหมาะสม ตลอดจนมาตรการสนับสนุนต่างๆ ในการ

ประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์ การพิจารณาจะครอบคลุมตั้งแต่การผลิตแก๊สจนกระทั่งถึงการนำไปใช้ ดังนี้

ขั้นตอนการนำแก๊สชีวภาพมาใช้ประโยชน์ มี 4 ขั้นตอน ได้แก่

1) ขั้นตอนการรวบรวมขยะ

ขยะชุมชนต่างๆ จะถูกรวบรวมไว้ที่สถานีขนถ่ายขยะมูลฝอยก่อนที่จะนำไปฝังกลบ กรณีระยะทางขนส่งจากชุมชนถึงหลุมฝังกลบมากกว่า 15 กิโลเมตร ทั้งนี้เพื่อลดค่าใช้จ่าย หากระยะทางจากแหล่งชุมชนไปยังพื้นที่ฝังกลบขยะมีระยะทางไม่เกิน 15 กิโลเมตร ก็ไม่จำเป็นต้องมีสถานีขนถ่ายขยะมูลฝอย สามารถนำขยะที่รวบรวมได้ไปฝังที่พื้นที่ฝังกลบได้โดยตรง โดยเป็นหน้าที่ของหน่วยงานราชการของแต่ละท้องถิ่น ได้แก่ เทศบาล สุขาภิบาล อบต. หรือ สำนักรักษาความสะอาดสำหรับกรุงเทพมหานคร

2) ขั้นตอนการฝังกลบขยะ

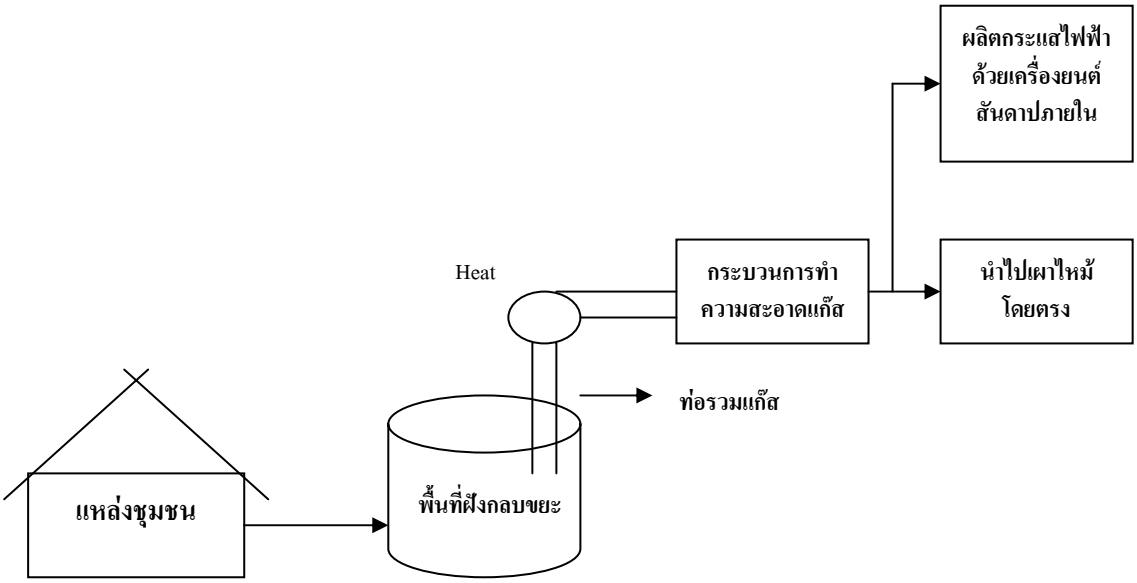
ขยะจากสถานีขนถ่ายขยะมูลฝอยจะถูกนำไปฝังกลบ ณ สถานที่ฝังกลบขยะของแต่ละท้องที่ที่หน่วยราชการนั้นๆ เป็นผู้รับผิดชอบ โดยอาจจะมีการว่าจ้างเอกชนในการฝังกลบ หรืออาจจะใช้เจ้าหน้าที่ของกรมโยธาธิการ ในการดำเนินงาน

3) ขั้นตอนการรวบรวมแก๊สชีวภาพและการทำความสะอาด

ขยะจะถูกฝังกลบจนกระทั่งเต็มพื้นที่ และเมื่อปรากฏจากการตรวจวัดว่ามีปริมาณแก๊สชีวภาพเกิดขึ้นสม่ำเสมอ และมากพอที่จะรวบรวมได้ ก็จะทำการติดตั้งระบบรวบรวมแก๊ส ซึ่งประกอบด้วย บ่อรวบรวมแก๊ส ท่อรวบรวมแก๊ส และพัดลมดูด หลังจากนั้นจะเป็นขั้นตอนของการทำความสะอาดแก๊ส กล่าวคือ การกำจัดความชื้น และแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ก่อนที่จะนำแก๊สชีวภาพที่ได้ไปใช้ประโยชน์

4) ขั้นตอนการนำไปใช้

แก๊สชีวภาพที่ผ่านกระบวนการทำความสะอาดแล้วจะเข้าสู่ขั้นตอนของการนำไปใช้ตามแนวทางที่จะทำการศึกษาในงานวิจัยนี้ คือ การนำไปผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์สันดาปภายใน และการนำไปเผาไหม้โดยตรง ดังภาพที่ 4.9



ภาพที่ 4.9 ขั้นตอนการนำแก๊สชีวภาพไปใช้ประโยชน์

ที่มา : ชวลิต แซ่ลิ่ม (พ.ศ.2543) "แนวทางการใช้ประโยชน์ก๊าซชีวภาพที่ได้จากหลุมฝังกลบขยะในประเทศไทย" วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

หน่วยงานที่มีชื่อว่าองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา (USEPA) ภายใต้โครงการวิจัยแก๊สมีเทนจากการฝังกลบขยะ (LMOP : Landfill Methane Outreach Program) ได้กำหนดแนววิธีการประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ไว้ 2 แนวทาง ดังนี้

1) แบบโครงการรวม (Total Project) หมายถึง กรณีที่หลุมฝังกลบขยะที่ได้ทำการฝังกลบขยะเต็มพื้นที่ โดยยังไม่มีบ่อรวบรวมแก๊ส และระบบการนำแก๊สชีวภาพที่ได้ไปใช้ ดังนั้นจะต้องทำการพิจารณาค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด ตั้งแต่ขั้นตอนการรวบรวมแก๊สชีวภาพ การทำความสะอาด และขั้นตอนการนำแก๊สที่ได้ไปใช้

2) แบบโครงการนำพลังงานกลับมาใช้ (Energy Recovery Project) หมายถึง กรณีที่เป็นหลุมฝังกลบที่มีการฝังกลบเต็มพื้นที่ และติดตั้งระบบรวบรวมแก๊สเรียบร้อยแล้ว เช่น หลุมฝังกลบที่กำลังดำเนินการนำแก๊สชีวภาพที่ได้ไปใช้ในการเผาไหม้ โดยตรงในบริเวณใกล้เคียงพื้นที่โครงการ และมีความต้องการที่จะขยาย หรือเปลี่ยนแนวทางการนำแก๊สไปใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า หรือแนวทางอื่นๆ ที่เหมาะสม ซึ่งในกรณีนี้ไม่จำเป็นที่จะต้องนำค่าใช้จ่ายในขั้นตอน

การรวบรวมแก๊สชีวภาพ และการทำความสะอาดมาคิด โดยจะพิจารณาค่าใช้จ่ายเฉพาะระบบการนำแก๊สไปใช้ประโยชน์เท่านั้น

เนื่องจากหลุมฝังกลบในประเทศไทยยังไม่ได้มีการจัดการเพื่อการนำแก๊สที่ได้จากการฝังกลบมาใช้ประโยชน์ ดังนั้นหลุมฝังกลบของประเทศไทยที่มีอยู่ทั้งหมดจึงยังไม่มีการติดตั้งระบบรวบรวมแก๊ส ซึ่งทำให้การประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ในงานวิจัยนี้เป็นไปในแบบโครงการรวม (Total Project) ทั้งหมด

กระบวนการประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์

กระบวนการประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ของโครงการประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ซึ่งจะกล่าวในรายละเอียดในหัวข้อต่อไป ดังนี้คือ

ขั้นที่ 1 การประเมินรายรับของโครงการ

รายรับของโครงการจะได้มาจากการขายพลังงานที่ได้จากแก๊สชีวภาพ ไม่ว่าจะเป็นในรูปแบบของกระแสไฟฟ้า ไอน้ำ หรือ แก๊ส ให้กับตลาดที่มีความต้องการพลังงานในรูปแบบต่างๆ ซึ่งการประเมินรายรับของโครงการ สามารถทำได้จากปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นต่อระยะเวลา และราคาพลังงานในรูปแบบต่างๆ ที่ได้ทำสัญญาซื้อขายไว้กับผู้ซื้อ

ขั้นที่ 2 การประเมินเงินลงทุน และค่าใช้จ่ายของโครงการ

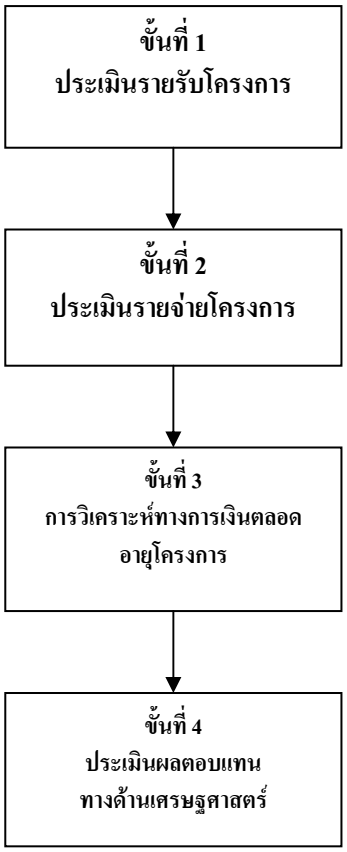
ประกอบด้วยเงินลงทุนซึ่งอาจได้มาจากการกู้ยืมค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ และบำรุงรักษาต่างๆ ทั้งนี้รวมถึง ค่าติดตั้งระบบและดอกเบี้ย ซึ่งจะช่วยให้สามารถประเมินหาต้นทุนแก๊ส หรือพลังงานที่ผลิตได้

ขั้นที่ 3 การวิเคราะห์ทางการเงินตลอดอายุโครงการ

ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการนำรายรับ และค่าใช้จ่ายจากการประเมินในสองขั้นตอนแรกมาทำการประเมินผลทางด้านการเงินปีต่อปีตลอดอายุโครงการในรูปของงบกำไรขาดทุน หรือกระแสเงินสด

ขั้นที่ 4 การประเมินผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ทางด้านการเงินของโครงการ ทำให้สามารถประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ของโครงการจากเกณฑ์การตัดสินใจ เพื่อการลงทุนในรูปของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value หรือ NPV) อัตราผลตอบแทนของโครงการ (Internal Rate of Return หรือ IRR) และระยะคืนทุน (Payback Period หรือ PP)



ภาพที่ 4.10 ขั้นตอนการประเมินผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการ

ที่มา : ชวลิต แซ่ลิ่ม (พ.ศ.2543) "แนวทางการใช้ประโยชน์ก๊าซชีวภาพที่ได้จากหลุมฝังกลบขยะในประเทศไทย" วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ในการศึกษาผลทางด้านเศรษฐศาสตร์จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลทางด้านการจัดการ และแผนการดำเนินงานที่มีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการฝังกลบที่ถูกหลักวิชาการ หากหลุมฝังกลบมีการฝังกลบที่ไม่ถูกต้องอาจส่งผลทำให้ปริมาณแก๊สชีวภาพเกิดขึ้นน้อยลง หรืออาจทำให้แก๊สที่ผลิตได้มีคุณภาพต่ำ ซึ่งควรมีการส่งเสริมทั้งทางด้านงบประมาณและความรู้แก่เจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องให้มากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ควรวางแผนให้เทศบาลที่มีปริมาณขยะน้อยที่อยู่ใกล้เคียงกันฝังกลบขยะร่วมกันจะทำให้ได้ปริมาณขยะที่ทำการฝังกลบมากขึ้น และจะมีผลต่อปริมาณแก๊สที่สามารถผลิตได้มีปริมาณมากขึ้น ซึ่งสิ่งต่างๆ เหล่านี้ควรที่จะทำการศึกษาเพิ่มเติมถึงแนวทางการจัดการ แผนดำเนินงาน และแนวนโยบายของรัฐบาลที่จะสนับสนุนให้โครงการดังกล่าวสำเร็จไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

รายงานนี้ได้ศึกษาแนวทางการนำแก๊สมีเทนที่เกิดจากหลุมฝังกลบขยะมาใช้ประโยชน์ในประเทศไทย จากเอกสารทางวิชาการต่างๆ และงานวิจัย ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่า

1. ผลของการฝังกลบทำให้เกิดแก๊สฝังกลบส่วนใหญ่ประกอบด้วย แก๊สมีเทน 45-60 % แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 40-50 % แก๊สไนโตรเจน 2-5 % ออกซิเจน 0.1-1.0 % ไฮโดรเจนซัลไฟด์ 0-1.0 % แอมโมเนีย 0-0.2 % คาร์บอนมอนอกไซด์ 0-0.2 % ไฮโดรเจน 0-0.2 % และแก๊สอื่นๆ 0.01-0.06 %
2. ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณ และคุณภาพแก๊สมีเทนจากบริเวณพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย ได้แก่ องค์ประกอบของขยะมูลฝอย ความชื้น pH อุณหภูมิ และความหนาแน่นของการฝังกลบโดย

2.1 ถ้ามูลฝอยมีสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายได้ง่ายเป็นสัดส่วนสูง ก็จะเกิดแก๊สมีเทนได้มาก

2.2 การเพิ่มความชื้นในมูลฝอยทำให้อัตราการเกิดแก๊สมีเทนเพิ่มมากขึ้น

2.3 pH ที่เหมาะสมต่อการเกิดแก๊สมีเทนจะอยู่ในช่วง 6-8 และ buffer solution ผลทำให้อัตราการเกิดแก๊สมีเทนเพิ่มขึ้น

2.4 อัตราการเกิดแก๊สมีเทนจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

2.5 การเพิ่มความหนาแน่นในชั้นมูลฝอยจะทำให้อัตราการเกิดแก๊สน้อยลง

2.6 ปริมาณสารอาหารควรมีอย่างเพียงพอต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์จนได้แก๊สมีเทน

2.7 การปนเปื้อนของสารพิษและโลหะหนัก

2.8 ขนาดของอนุภาค ถ้ามีขนาดเล็กจะทำให้ได้แก๊สมีเทนเพิ่มขึ้น

3. ปริมาณการเกิดแก๊สมีเทนจากการฝังกลบเฉลี่ย 222.66 l/kg (จากทฤษฎีปริมาณแก๊สมีเทนที่เกิดจะอยู่ในช่วง 47-270 l/kg) โดยมีอัตราการเกิดแก๊สจากการฝังกลบ 14.62 l/kg-yr

4. ผลจากการศึกษาหลักเกณฑ์ต่ำสุดของพื้นที่ฝังกลบในการนำแก๊สจากพื้นที่ฝังกลบมาใช้ประโยชน์ในต่างประเทศมีหลักเกณฑ์ดังนี้

4.1 ปริมาณมูลฝอยที่ถูกฝังกลบไม่น้อยกว่า 2 ล้านตัน

4.2 ปริมาณมูลฝอยที่ถูกฝังกลบในแต่ละวันมีไม่น้อยกว่าวันละ 150-400 ตัน / วัน

4.3 พื้นที่ฝังกลบต่ำสุด 16 ตารางกิโลเมตร

4.4 ความลึกของมูลฝอยที่ถูกฝังกลบ > 12 เมตร

ส่วนการศึกษาและรวบรวมข้อมูลต่างๆ ในประเทศไทยนั้นยังไม่มีผู้ที่ทำการศึกษาถึงหลักเกณฑ์ต่ำสุดของพื้นที่ฝังกลบในการนำแก๊สจากพื้นที่ฝังกลบมาใช้ประโยชน์ในพื้นที่หลุมฝังกลบจริง มีแต่เพียงการทดลองในห้องปฏิบัติการ ซึ่งพบว่าปริมาณแก๊สชีวภาพมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึกของพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย

5. ระบบรวบรวมแก๊สชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะประกอบด้วย บ่อรวบรวมแก๊ส ท่อรวมแก๊ส และพัดลม ซึ่งระบบรวบรวมแก๊สมีความสำคัญต่อการนำแก๊สมีเทนที่ได้จากการฝังกลบขยะไปใช้ประโยชน์ ถ้ามีการออกแบบระบบรวบรวมแก๊สที่มีประสิทธิภาพ และเหมาะสมกับพื้นที่แล้วปริมาณแก๊สมีเทนที่ได้ก็จะมีปริมาณมากตามไปด้วย

6. ในการทำความสะอาดแก๊สชีวภาพที่ได้จากหลุมฝังกลบขยะด้วยเทคนิคต่างๆ ซึ่งจะเป็นเทคนิคที่ใช้ในการกำจัดความชื้น แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ โดยแต่ละเทคนิคจะมีทั้งข้อดี และข้อเสียที่แตกต่างกัน ซึ่งในการเลือกใช้เทคนิคใดเทคนิคหนึ่งนั้นต้องคำนึงถึงความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากค่าใช้จ่าย และการลงทุนสูงในส่วนของอุปกรณ์ และระบบควบคุม

7. แนวทางการใช้ประโยชน์จากแก๊สมีเทนที่ได้จากหลุมฝังกลบขยะมีอยู่ด้วยกัน 3 ลักษณะ ได้แก่ ใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงานความร้อน ใช้ในการผลิตพลังงานกล/ไฟฟ้า และ ใช้ผลิตพลังงานร่วม ซึ่งในการเลือกใช้ประโยชน์จากแก๊สชีวภาพจำเป็นที่จะต้องมีการประเมินผลด้านเศรษฐศาสตร์ และความเป็นไปได้ในการลงทุนเพื่อดำเนินงานในประเทศไทย

อภิปรายผล

จากข้อมูลต่างๆที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าและรวบรวมเอกสารทางวิชาการต่างๆ ทั้งภายในประเทศและต่างประเทศถึงแนวทางการนำแก๊สที่เกิดจากหลุมฝังกลบขยะมาใช้ประโยชน์ในประเทศไทย พบว่ามีความเป็นไปได้ในการนำแก๊สมีเทนที่เกิดจากหลุมฝังกลบขยะมาใช้ประโยชน์ โดยข้อมูลบางส่วน เช่น ปริมาณการเกิดแก๊สมีเทน หลักเกณฑ์ต่ำสุดของพื้นที่ฝังกลบ เป็นต้น เป็นข้อมูลที่ได้จากต่างประเทศ ดังนั้นในการที่จะนำมาใช้ในประเทศไทย ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงองค์ประกอบของขยะที่มีในขยะต่างประเทศ และองค์ประกอบของขยะที่มีในขยะประเทศไทย ว่ามีปริมาณสารอินทรีย์ใกล้เคียงกันหรือไม่ และเนื่องจากอุณหภูมิในต่างประเทศแตกต่างจากประเทศไทย ซึ่งอาจทำให้ระยะเวลาในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในต่างประเทศและในประเทศไทยนั้นไม่เท่ากัน การศึกษาวิเคราะห์โครงการถ้าต้องการให้มีความถูกต้องน่าเชื่อถือ จำเป็นต้องศึกษาในภาคสนาม และสถานที่โครงการจริง โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างละเอียดเป็นระบบมีการทวนสอบยืนยันข้อมูล ซึ่งต้องใช้ทรัพยากร และเวลาค่อนข้างมาก

นอกจากนี้ควรจะศึกษาวิเคราะห์ต้นทุน ค่าใช้จ่าย และรายรับของโครงการ (Project Cost Analysis) โดยละเอียด เพื่อวิเคราะห์ความเหมาะสมของการลงทุนในประเทศไทย

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อมูลปริมาณขยะมูลฝอยที่รวบรวมไว้ เป็นเพียงส่วนหนึ่งของปริมาณขยะที่เกิดขึ้น ยังมิใช่ปริมาณทั้งหมดที่เกิดขึ้นจริง เนื่องจากจะมีปริมาณขยะบางส่วนที่ยังไม่สามารถเก็บรวบรวมได้ อาจจะมาจากสาเหตุความห่างไกลของพื้นที่ ทำให้ไม่สามารถจัดเก็บขนได้ จึงไม่มีการรวบรวมข้อมูลไว้
2. ค่าที่ได้จากการประเมินปริมาณแก๊สจากหลุมฝังกลบขยะมีค่าเป็นการประเมิน ซึ่งอาศัยข้อมูลบางส่วนที่มีการศึกษาวิจัยไว้แล้ว ซึ่งอาจจะไม่ใช่ค่าที่แท้จริง เนื่องจากอัตราการเกิดแก๊สนั้นจะแตกต่างกันไปตามแต่สถานที่ และสภาพของหลุมฝังกลบขยะ
3. การวิจัยจะสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นถ้าหากได้มีการศึกษาถึงปริมาณจุลินทรีย์กลุ่มผลิตแก๊สมีเทนภายใต้การย่อยสลายในสภาวะไร้ออกซิเจน ตลอดจนได้มีการศึกษาสมบัติน้ำชะมูลฝอยอื่นๆ เช่น ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity, Salinity), สารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Carbon, VOC) และบีโอดีต่อซีโอดี (BOD_5 / COD) กับปริมาณ และคุณภาพแก๊สในระยะเวลาเดียวกัน จะสามารถทราบถึงอัตราการผลิตแก๊สทั้งในแง่ปริมาณและคุณภาพได้ถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น
4. ควรมีการศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการเกิดแก๊สมีเทนในพื้นที่จริง จึงจะสามารถนำไปใช้ในการประเมินแก๊สในพื้นที่ฝังกลบ และสามารถกำหนดวิธีการที่จะนำแก๊สมาใช้ประโยชน์ รวมทั้งออกแบบพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย (Landfill) ให้มีความเหมาะสมต่อการผลิตแก๊สมีเทน
5. จากการประเมินศักยภาพ การเกิดแก๊สมีเทนจากการฝังกลบขยะโดยภาพรวมทั้งประเทศ จะเห็นว่าบางพื้นที่ที่สามารถนำแก๊สมีเทนมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าในอนาคตได้ แต่ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับการวางแผนการจัดการเกี่ยวกับการฝังกลบขยะของแต่ละเทศบาลให้ถูกต้องตามหลักวิชาการมากที่สุด เพราะในปัจจุบันผู้ปฏิบัติการในการฝังกลบขยะค่อนข้างมีความรู้น้อย ขาดประสบการณ์ และงบประมาณในการทำงาน ซึ่งจะมีผลกระทบต่อการเกิดแก๊สฝังกลบโดยตรง
6. ศึกษาวิเคราะห์ต้นทุนค่าใช้จ่ายและรายรับของโครงการ (Project Cost Analysis) แต่ละแห่งโดยละเอียด เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือในการศึกษาวิเคราะห์ความเหมาะสมการลงทุน และพัฒนาโครงการทุกขนาด
7. จากปริมาณขยะที่มีจำนวนเพิ่มขึ้นทุกๆ ปี ทำให้มีปัญหาในการหาสถานที่เพื่อฝังกลบขยะซึ่งมักถูกต่อต้านจากประชากร ดังนั้นควรมีการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำจัดขยะแบบฝังกลบอย่างถูกสุขลักษณะควบคู่ไปกับการกำจัดแบบการเผาในเตาเผาขยะ โดยการนำแก๊สชีวภาพที่

ได้จากหลุมฝังกลบขยะ เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเตาเผาขยะ ทั้งนี้นอกจากจะช่วย ลดปริมาณขยะที่นำไปฝังกลบขยะแล้ว หากความร้อนที่ได้จากการเผาขยะมากพอ อาจสามารถนำความร้อนที่ได้จากการเผาขยะไปใช้ประโยชน์ได้อีกทางหนึ่ง

8. การศึกษาการใช้ประโยชน์แก๊สจากหลุมฝังกลบมูลฝอยชุมชนแบบถูกหลักสุขาภิบาล เพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าภายในประเทศไทย มีข้อมูลอ้างอิงค่อนข้างน้อย เนื่องจากมีการพัฒนาโครงการลักษณะดังกล่าวน้อยมาก เป็นเพียงขั้นทดลองต้นแบบ
9. การศึกษาวิเคราะห์โครงการลักษณะดังกล่าว ถ้าต้องการให้มีความถูกต้องน่าเชื่อถือจำเป็นต้องศึกษาในภาคสนาม และสถานที่พัฒนาโครงการจริง โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างละเอียดเป็นระบบ มีการทวนสอบยืนยันข้อมูล ซึ่งต้องใช้ทรัพยากร และเวลาค่อนข้างมาก ดังนั้นในการศึกษาสังเคราะห์วิจัยครั้งนี้ จึงเป็นเพียงการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น เป็นการสรุปภาพรวมของการศึกษาการใช้ประโยชน์แก๊สจากหลุมฝังกลบมูลฝอยแบบถูกหลักสุขาภิบาลภายในประเทศไทยเท่านั้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กรมควบคุมมลพิษ (2541) รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย พ.ศ.2539 หน้า 6.1-6.3 8.1 12.1-12.3 13.1-13.2

กรมควบคุมมลพิษ (2544) การจัดการขยะมูลฝอยชุมชนอย่างครบวงจร กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

กรมควบคุมมลพิษ คพ 04-027 เล่มที่ 1/3 (2544) การศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์ก๊าซชีวภาพจากการฝังกลบมูลฝอย กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

กรมควบคุมมลพิษ คพ 04-027 เล่มที่ 3/3 (2544) การศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์ก๊าซชีวภาพจากการฝังกลบมูลฝอย กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

กรุงเทพมหานคร สำนักรักษาความสะอาด (2539) การฝังกลบขยะมูลฝอยอย่างถูกหลักสุขาภิบาล

เกียรติไกร อายุวัฒน์ (พ.ศ.2539-2540) “การทดสอบและประเมินผลระบบรวบรวมแก๊ส ระบบการผลิตและระบบจ่ายกระแสไฟฟ้าสำหรับโครงการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแก๊สหลุมขยะขนาด 650 Kw” รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชวลิต แซ่ลิ่ม (พ.ศ.2543) “แนวทางการใช้ประโยชน์ก๊าซชีวภาพที่ได้จากหลุมฝังกลบขยะในประเทศไทย” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เทคโนโลยีชีวภาพเปลี่ยนขยะให้เป็นพลังงาน ‘รักษ์พลังงาน ปีที่ 13 เดือนพฤศจิกายน 2547 หน้า 6-8

มนูญ มาศนิยม (พ.ศ.2541) “การศึกษาศักยภาพการเกิดและการใช้ประโยชน์ก๊าซมีเทนจากแหล่งฝังกลบขยะชุมชนในประเทศไทย” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สายวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ปริทัศน์ ชมเชย (2537) “การเปรียบเทียบลักษณะของน้ำชะขยะจากการฝังกลบขยะด้วยวิธีไร้ออกซิเจนและกึ่งออกซิเจน” ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ปรีชา พลอยภัทรภิญโญ และคณะ (2532) “แนวทางการใช้ประโยชน์จากแก๊สที่เกิดจากการฝังกลบขยะมูลฝอยในประเทศไทย” สาขาวิจัยสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

ปรีดา แย้มเจริญวงศ์ (2531) *การจัดการขยะมูลฝอย* มหาวิทยาลัยขอนแก่น

รัฐพงศ์ ภุมรินทร์ (พ.ศ.2544) “ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพก๊าซมีเทนจากบริเวณพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยอำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิตสาขาวิชาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อมมหาวิทยาลัยมหิดล

วิจารณ์ อินทรกำแหง (2543) “การประเมินอัตราการผลิตแก๊สชีวภาพจากหลุมฝังกลบมูลฝอยชุมชน” ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิชัย อานันทนสกุล (พ.ศ.2545) “การวิเคราะห์ความเหมาะสมของการใช้ประโยชน์ก๊าซจากหลุมฝังกลบมูลฝอยเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศูนย์ปฏิบัติการวิศวกรรมพลังงานและสิ่งแวดล้อม (2539) การศึกษาความเหมาะสมการผลิตก๊าซมีเทนจากขยะชุมชนเพื่อเป็นเชื้อเพลิงพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร

ศศิธร แถลงการณ์ (พ.ศ.2541) “อัตราการเกิดก๊าซชีวภาพและการย่อยสลายสารอินทรีย์ของมูลฝอยชุมชนในถังจำลองการฝังกลบแบบเติมครั้งเดียว” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

อุไรภรณ์ โลหิตหาญ (2546) “ศักยภาพการผลิตแก๊สชีวภาพจากขยะ” ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

Barlaz, M.A., Milke, M.W. and Ham, R.K. (1987). “Gas Production Parameters in Sanitary Landfill Simulators.” Waste Management & Research. Vol.5, pp.27-39.

Constant, M., Naveau, H., Ferrcro, G.L. and Nyns, E.J. (1989). “Biogas End-use in The European Community.” London, Elsevier Science Publishers. pp.1-50.

Coombs, J. and Coombs, Y.R. (1988). “The Potential for Recovery of Energy from Solid Wastes in the UK Using Anaerobic Digestion in Fabricated Reactors.” Preceedings of the Landfill Gas and Anaerobic Digestion of Solid Wastes conference. Chester.

Degeare, Ir, P.E.T.V. (1976). “Environmental effect of improper disposal of solid waste on land.” In 3rd United States-Japan Conf.of Solid Waste Manage. Tokyo. Japan. pp.119-126.

Gardner, N., Manley, B.J.W. and Pearson, J.M. (1993). “Gas Emission from Landfill and their Contributions to Global Warming.” Applied Energy. Vol. 44, pp. 165-174.

Hartz, K.E. and Ham, R.K. (1983). "Moisture Level and Movement Effects on Methane Production Rates in Landfill Samples." Waste Management & Research. Vol.10, pp.139-145.

Kinman, R.N. et al. (1987). "Gas Enhancement Techniques in Landfill Simulators." Waste Management & Research. Vol.5, pp.13-25.

Moss, H.D.T. (1991). "The Commercial Use of Landfill Gas in the United Kingdom." Proceeding of the Institution of Mechnical Engineering for Profit from Waste. European Conference. April 15-17, 1991. pp.91-95.

Retrieved November 13, 2004, from http ://www.pcd.go.th/info_serv/waste_garbage.html.

Schumacher, M.M. (1983). "Landfill methane recovery." New Jersey. Noyes data corporation. 557 p.

Tchobanoglous, G., H. Theisen and S.A.Vigil. (1993). Integrated Solid Waste Management : Engineering Principles and Management Issues. McGraw Hill Inc. New York. 87 p.

ภาคผนวก

ภาคผนวก

1. สรุปข้อเปรียบเทียบวิธีการกำจัดขยะมูลฝอย

เมื่อพิจารณาปัญหาการจัดการขยะมูลฝอยแล้ว จะเห็นว่าการเก็บ และการขนสามารถดำเนินการได้โดยไม่ต้องใช้เทคโนโลยีที่ซับซ้อน ซึ่งหน่วยงานที่รับผิดชอบสามารถดำเนินการได้เอง หากได้รับงบประมาณที่เพียงพอ แต่การกำจัด หรือทำลายทิ้งไปจะต้องใช้เทคโนโลยีเข้าเสริมด้วย จากการค้นคว้าของนักศึกษาที่ผ่านมา สรุปได้ว่าเทคโนโลยีการกำจัดขยะมีอยู่ 3 วิธีใหญ่ด้วยกัน ซึ่งแต่ละวิธีจะมีข้อดี ข้อเสียแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ราคาที่ดิน การขนส่ง สภาพแวดล้อม และองค์ประกอบของขยะมูลฝอยที่จะกำจัด เป็นต้น ดังรายละเอียดสรุปไว้ในตารางภาคผนวก 1

ตารางภาคผนวก 1 แสดงสรุปข้อเปรียบเทียบวิธีการกำจัดขยะมูลฝอย

ข้อพิจารณา	วิธีการกำจัดมูลฝอย		
	การเผา	**การหมักปุ๋ย**	**การฝังกลบ**
1. ด้านเทคนิค 1.1 ความยากง่ายในการดำเนินการและซ่อมบำรุง	ข้อดี - ใช้เทคโนโลยีค่อนข้างสูง การเดินเครื่องยุ่งยาก	ข้อดี - ใช้เทคโนโลยีไม่สูง	ข้อดี - ใช้เทคโนโลยีไม่สูงนัก
	ข้อเสีย - เจ้าหน้าที่ควบคุมต้องมีความชำนาญสูง	ข้อเสีย - เจ้าหน้าที่ควบคุมต้องมีระดับความรู้สูงพอควร	ข้อดี - เจ้าหน้าที่ควบคุมระดับความรู้ธรรมดา
1.2 ประสิทธิภาพในการกำจัด - ปริมาณมูลฝอยที่กำจัดได้	ข้อดี - ลดปริมาตรได้สูงขึ้น 60-65 % ที่เหลือต้องนำไปฝังกลบ	ข้อดี - ลดปริมาตรได้ 30-35 % ที่เหลือต้องนำไปฝังกลบหรือเผา	ข้อดี - สามารถกำจัดได้ 100 %
- ความสามารถในการฆ่าเชื้อโรค	- กำจัดได้ 100 %	-กำจัดได้ 70 %	- กำจัดได้เพียงเล็กน้อย
1.3 ความยืดหยุ่นของระบบ	ข้อเสีย - หากเกิดปัญหาเครื่องจักรกลชำรุดจะไม่สามารถปฏิบัติการได้	ข้อเสีย - ตำหากเครื่องจักรกลชำรุดไม่สามารถปฏิบัติการได้	ข้อดี - สูงแม้ว่าเครื่องจักรกลจะชำรุดยังสามารถกำจัด หรือรอการกำจัดได้
1.4 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม - น้ำผิวดิน	- ไม่มี	- อาจมีได้	- มีความเป็นไปได้สูง
-น้ำใต้ดิน	- ไม่มี	- อาจมีได้	- มีความเป็นไปได้สูง
- อากาศ	- มี	- ไม่มี	- อาจมีได้
- กลิ่น แมลง พาหะนำโรค	- ไม่มี	- อาจมีได้	- มี
1.5 ลักษณะสมบัติของมูลฝอย	ข้อเสีย - ต้องเป็นสารที่เผาไหม้ได้มีค่าความร้อนไม่ต่ำกว่า 4,500 kl/kg และความชื้นไม่มากกว่า 40%	ข้อเสีย - ต้องเป็นสารที่ย่อยสลายได้มีความชื้น 50-70 %	ข้อดี - รับมูลฝอยได้เกือบทุกประเภท ยกเว้นมูลฝอยติดเชื้อ หรือสารพิษ
1.6 ขนาดที่ดิน	ข้อดี - ใช้เนื้อที่น้อย	ข้อดี - ใช้เนื้อที่ปานกลาง	ข้อเสีย - ใช้เนื้อที่มาก
2. ด้านเศรษฐกิจ 2.1 เงินลงทุนในการก่อสร้าง	ข้อด้อย - สูงมาก	ข้อด้อย - ค่อนข้างสูง	ข้อดี - ค่อนข้างต่ำ
2.2 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและซ่อมบำรุง	ข้อเสีย - สูง	ข้อเสีย - ค่อนข้างสูง	ข้อดี - ค่อนข้างต่ำ
2.3 ผลพลอยได้จากการกำจัด	ข้อดี - ได้พลังงานความร้อนจากการเผา	ข้อดี - ปุ๋ยอินทรีย์จากการหมัก และพวกโลหะที่แยกก่อนหมัก	ข้อดี - ได้แก๊สมีเทนเป็นเชื้อเพลิง - ปรับพื้นที่เป็นสวนสาธารณะ

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2536) การศึกษาเปรียบเทียบความเหมาะสมของวิธีการกำจัดมูลฝอย

2. ปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse effect) และการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลก (Global warming)

ปรากฏการณ์เรือนกระจกก่อผลกระทบทำให้เกิดอุณหภูมิโลกสูงขึ้น เป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องร่วมกันตระหนักในการป้องกันและร่วมกันแก้ไข และสิ่งหนึ่งที่สามารถควบคุมผลกระทบดังกล่าว ได้แก่ การแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย

เป็นที่ยอมรับร่วมกันในหมู่นักวิทยาศาสตร์ถึงการเปลี่ยนแปลง และการเพิ่มความเข้มข้นของแก๊สเรือนกระจก (Greenhouse gas) อันประกอบด้วย แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สมีเทน สารประกอบจำพวกคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (Cholrofluocarbon, CFCs) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) และอื่นๆ มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลก แก๊สดังกล่าวมีผลต่อการปิดกั้นการคายความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์สู่บรรยากาศเป็นไปด้วยความยากลำบาก แต่ในขณะเดียวกันความร้อนดังกล่าว สะท้อนกลับลงมาสู่โลก ทำให้อุณหภูมิโลกสูงขึ้น การเพิ่มขึ้นของแก๊สเหล่านี้เป็นพื้นฐานของการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก การเปลี่ยนแปลงดังกล่าว มีผลที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ เป็นการยากที่จะทำนายสิ่งที่เกิดขึ้น อย่างไรก็ตามองค์การป้องกันผลกระทบสิ่งแวดล้อมสหรัฐอเมริกา (United State Environmental Protection Agency : USEPA) ได้ทำนายว่าหากปล่อยให้มีการแพร่กระจายของแก๊สเหล่านี้เกิดขึ้น โดยไม่มีการป้องกันใดๆ จะทำให้อุณหภูมิโลกสูงขึ้น 10 องศาเซลเซียส ในปี ค.ศ.2010 จากรายงานดังกล่าวก่อให้เกิดความตระหนักถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่จะเกิดขึ้นตามมามากมาย เช่น การเปลี่ยนแปลงสภาพป่าไม้ การเปลี่ยนแปลงของมหาสมุทร ฯลฯ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลกระทบต่างๆ ต่อระบบนิเวศ ซึ่งมีผลต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

กิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ที่ทำให้เกิดการแพร่กระจายของแก๊สเรือนกระจก (Greenhouse gas) และเกิดการสะสมในชั้นบรรยากาศโลก แก๊สที่สำคัญ ได้แก่

CO_2	49 %
CH_4	18 %
CFCs	14 %
N_2O	6 %
อื่นๆ	13 %

คาร์บอนไดออกไซด์เกิดจากการเผาไหม้ของฟอสซิล (Fossil fuels) เช่น ถ่านหิน น้ำมัน แก๊ส รวมทั้งการตัดไม้ทำลายป่า แหล่งกำเนิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่สำคัญ ได้แก่ การย่อยสลายผุผังเน่าเปื่อยของอินทรีย์วัตถุ ปฏิกิริยาทางเคมีของอุตสาหกรรมต่างๆ

แหล่งเกิดการแพร่ของแก๊สมีเทนสู่บรรยากาศที่สำคัญ ได้แก่ แหล่งธรรมชาติ การปลูกข้าว มูลสัตว์ ฟอสซิล การเผาไหม้ และแหล่งฝังกลบมูลฝอย โดย USEPA ได้ประมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากแหล่งต่างๆ สู่ชั้นบรรยากาศ ดังนี้ (ตารางภาคผนวก 2)

ตารางภาคผนวก 2 แหล่งแพร่แก๊สมีเทนสู่บรรยากาศที่สำคัญ

แหล่งแพร่	**ปริมาณ (ล้านตัน)**	**สัดส่วน (%)**
Natural Source	130 – 382	32
Rice Production	67 – 191	20
Domestic Animals	73 – 112	15
Fossil Fuel Production	56 – 107	15
Biomass Burning	56 – 112	10
Landfills	34 – 79	8

ที่มา : Benrenyi, E.B. 1994.

แหล่งกำเนิดแก๊สมีเทนที่สำคัญตามธรรมชาติ ได้แก่ การย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุของพื้นที่ป่าพรุ รองลงมา ได้แก่ การเพาะปลูกข้าวซึ่งเกิดจากการแช่ขังของน้ำ ทำให้เกิดการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุแบบไร้ออกซิเจน สัตว์เลี้ยงต่างๆ ฝูงปศุสัตว์ ก่อให้เกิดจากกระบวนการหมักของมูลสัตว์ พืชอาหารสัตว์ต่างๆ ซากพืชสัตว์กลายเป็นแหล่งเชื้อเพลิงต่างๆ ได้แก่ ถ่านหิน น้ำมัน การเผาไหม้ของไบโอแมส (Biomass) ต่างๆ เช่น ไฟไหม้ป่า การเผาฟางข้าว หรือผลิตผลทางการเกษตร รวมทั้งการเผาถ่าน ดังภาพภาคผนวก 1

ภาพภาคผนวก 1 แหล่งกำเนิดแก๊สมีเทนที่แพร่กระจายในชั้นบรรยากาศ

ที่มา : Khalil, M.A. 1993.

พื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเกิดการย่อยสลายอินทรียวัตถุ โดยเฉพาะพวกซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ โดย USEPA ได้มีการทำนายว่ามีการเพิ่มขึ้นของแก๊สมีเทนอย่างรวดเร็วในประเทศอเมริกา และประเทศกำลังพัฒนาต่างๆ การแพร่กระจายของแก๊สมีเทนจากแหล่งฝังกลบมูลฝอย มีการวิจัย และประมาณการว่าจะมีการแพร่กระจายระหว่าง 14-32 ล้านตันต่อปี การแพร่กระจายของแก๊สมีเทนจากพื้นที่ฝังกลบถือว่าเป็นแหล่งกำเนิดของแก๊สมีเทนมากที่สุดในกระบวนการเกิดแก๊สจากการกระทำของประชากรโลก และสามารถนำแก๊สมีเทนดังกล่าวปรับเปลี่ยนเป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจได้ และถูกหยิบยกมาเป็นประเด็นสำคัญในการประชุมร่วมกันขององค์กรระหว่างประเทศที่เกี่ยวกับการลดการแพร่กระจายของแก๊สที่ก่อให้เกิดอุณหภูมิโลกที่ร้อนขึ้น

การแพร่กระจายของแก๊สมีเทน

จากการประชุมร่วมกันของกลุ่มสมาชิกตลาดร่วมยุโรป ได้ตั้งเป้าหมายในการลดการแพร่กระจายของแก๊สมีเทน โดยในปี 2000 ให้มีอัตราการแพร่กระจายไม่เกินการแพร่กระจายในปี 1990 ซึ่งแก๊สมีเทนมีความสำคัญ รองจากแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ โดย USEPA ได้มีการประเมิน

แหล่งแพร่ และความรุนแรงของแก๊สที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลก (Global warming effect)

ได้มีการกำหนดแนวทางร่วมกันเกี่ยวกับกลยุทธ์ที่จะหาวิธีการลดการแพร่กระจายของแก๊สมีเทนของอินทรียวัตถุจากการเกษตร โดยรองลงมาจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอย ปัจจุบันได้มีการสนับสนุนการดำเนินงานรวมทั้งการเผยแพร่เทคโนโลยีในการควบคุม และรวบรวมแก๊สจากพื้นที่

3. สถานการณ์การฝังกลบขยะมูลฝอยในประเทศไทย

ปริมาณขยะมูลฝอยในประเทศไทย

ใน ค.ศ.1996 ชุมชนทั่วประเทศผลิตมูลฝอยประมาณ วันละ 36,000 ตัน แบ่งเป็นมูลฝอยที่เกิดขึ้นในเขตกรุงเทพมหานครประมาณวันละ 8,100 ตัน คิดเป็นร้อยละ 22.5 ของมูลฝอยทั่วประเทศ ในเขตเทศบาลทั่วประเทศและเมืองพัทยา มีมูลฝอยเกิดขึ้นนอกเขตเทศบาล และสุขาภิบาลประมาณวันละ 16,400 ตัน (ร้อยละ 45.6 ของมูลฝอยทั่วประเทศ)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณมูลฝอยในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา (ระหว่างปี ค.ศ.1992-1996) พบว่าปริมาณมูลฝอยเพิ่มขึ้นเฉลี่ยประมาณร้อยละ 4.4 ต่อปี โดยมูลฝอยที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เป็นมูลฝอยที่เกิดขึ้นในเขตเทศบาลทั่วประเทศ สาเหตุหลักของการเพิ่มขึ้นของมูลฝอยในเขตเทศบาลต่างๆ คือ มีการขยายตัวของเขตเมืองมากขึ้น ประกอบกับค่านิยมในการบริโภคสินค้ามีหีบห่อบรรจุภัณฑ์หลายชั้น ทำให้การผลิตมูลฝอยต่อคนต่อวันมากขึ้น ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งปริมาณขยะดังแสดงในตารางที่ 0.1 จะหาปริมาณขยะมูลฝอยได้ดังนี้

1. ปริมาณมูลฝอยในเขตเทศบาล พยากรณ์จากจำนวนประชากร โดยใช้ฐานจำนวนประชากร ปี ค.ศ.1994 จากแบบสำรวจข้อมูลเทศบาลทั่วประเทศ โดยกรมควบคุมมลพิษ และใช้อัตราการเพิ่มประชากรแผนพัฒนาเศรษฐกิจ และสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 7 (ปี ค.ศ.1992-1996) โดยใช้อัตราการเพิ่มประชากรร้อยละ 1.4 ต่อปี
2. อัตราการผลิตมูลฝอยในเขตเทศบาลได้จากแบบสำรวจข้อมูลเทศบาลทั่วประเทศ
3. ปริมาณมูลฝอยในเขตสุขาภิบาล และนอกเขต พยากรณ์จากจำนวนประชากร โดยใช้ฐานจำนวนประชากร ปี ค.ศ.1994 จากกรมการปกครอง และใช้อัตราการเพิ่มประชากรแผนพัฒนาเศรษฐกิจ และสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 7 (ปี ค.ศ.1992-1996) โดยใช้อัตราการเพิ่มประชากรร้อยละ 1.4 ต่อปี
4. อัตราการผลิตมูลฝอยในเขตสุขาภิบาลทั่วประเทศ 0.6 กิโลกรัม/คน/วัน ยกเว้นสุขาภิบาลในภาคกลาง และชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก อัตราการผลิตมูลฝอย 0.65 กิโลกรัม/คน/วัน
5. อัตราการผลิตมูลฝอยนอกเขตเทศบาล และสุขาภิบาล 0.4 กิโลกรัม/คน/วัน

ตารางภาคผนวก 3 การเปรียบเทียบปริมาณมูลฝอยระหว่างปี ค.ศ.1992-1996

พื้นที่	ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้น (ตันต่อวัน)				
	1992	**1993**	**1994**	**1995**	**1996**
1. กรุงเทพมหานคร	6,000	7,050	7,000	7,192	8,098
2. เขตเทศบาลเมืองรวมเมืองพัทยา	3,180	3,422	5,618	6,311	6,658
2.1 ภาคกลางและชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก		1,284	2,419	2,675	2,990
2.2 ภาคเหนือ		540	876	1,010	1,018
2.3 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ		818	1,137	1,268	1,287
2.4 ภาคใต้		780	1,186	1,358	1,363
3. เขตสุขาภิบาล	4,440	4,138	4,184	4,655	4,895
3.1 ภาคกลางและชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก		1,614	1,632	1,703	1,857
3.2 ภาคเหนือ		923	933	1,053	1,084
3.3 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ		1,229	1,243	1,420	1,461
3.4 ภาคใต้		372	376	479	493
4. นอกเขตเทศบาล/สุขาภิบาล	15,920	16,030	16,206	16,334	16,378
รวมทั้งเทศบาล	29,504	30,640	33,008	34,492	36,029

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ

ตารางภาคผนวก 4 การคาดคะเนปริมาณขยะที่เกิดขึ้น พ.ศ.2534 2539 2544 2549 และ 2554

ตัน/วัน

ภาค/จังหวัด	2534	2539	2544	2549	2554
กรุงเทพมหานคร	**6,471**	**8,953**	**11,936**	**15,066**	**...**
ภาคกลาง					
ชลบุรี	40	54	69	86	107
พัทยา	124	184	235	322	411
นครปฐม	56	68	81	95	111
ราชบุรี	40	49	59	70	81
อยุธยา	40	52	66	82	100
ปทุมธานี	18	23	30	37	46
รวม	318	430	540	692	856
ภาคเหนือ					
เชียงใหม่	200	237	274	311	353
พิษณุโลก	49	58	66	75	83
ลำปาง	75	90	92	110	113
นครสวรรค์	90	101	133	158	183
รวม	414	486	565	654	732
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ					
นครราชสีมา	95	101	120	143	165
ขอนแก่น	100	106	122	138	154
อุบลราชธานี	150	182	217	255	296
อุดรธานี	125	150	178	206	237
รวม	470	539	637	742	852
ภาคใต้					
หาดใหญ่	200	257	324	402	492
นครศรีธรรมราช	103	127	153	180	210
ภูเก็ต	100	125	130	158	165
สุราษฎร์ธานี	36	43	52	63	75
รวม	439	552	659	803	942

ที่มา : ดัดแปลงจากกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม

มูลฝอยในเขตกรุงเทพมหานคร

ใน ค.ศ.1996 กรุงเทพมหานครสามารถเก็บขนมูลฝอยได้ 2.9 ล้านตัน หรือประมาณร้อยละ 99 ของมูลฝอยที่เกิดขึ้นจากชุมชนในกรุงเทพมหานคร ดังแสดงในตารางที่ 0.2 เพิ่มขึ้นจากปี ค.ศ.1995 ประมาณร้อยละ 12.6 เนื่องจากในปี ค.ศ.1996 มีการจัดซื้อรถเก็บขยะมูลฝอย และเรือออกแบบสำหรับการเก็บขนมูลฝอย สำหรับชุมชนที่อาศัยอยู่ริมแม่น้ำมากขึ้น รวมทั้งมีการเข้มงวดกวดขันให้ประชาชนทิ้งมูลฝอยในถังรองรับตามจุดรองรับตามจุดต่างๆ ที่กรุงเทพมหานครกำหนดให้ กรุงเทพมหานครรายงานว่า ปัจจุบันสามารถให้บริการเก็บมูลฝอยในเขตชุมชนได้ครบทุกเขต

มูลฝอยที่เก็บขนได้ประมาณ 0.56 ล้านตัน จะนำไปที่โรงงานกำจัดมูลฝอยหนองแขม ซึ่งกรุงเทพมหานครได้ว่าจ้างเอกชนส่งนำไปฝังกลบที่อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม มูลฝอยอีกส่วนหนึ่งจะถูกนำไปที่โรงงานกำจัดมูลฝอยที่อ่อนนุช แล้วทำการกำจัดด้วยวิธีการหมักทำปุ๋ย ประมาณ 0.35 ล้านตัน ส่วนที่เหลือจ้างเหมาเอกชนขนส่งนำไปฝังกลบที่ลาดกระบัง มูลฝอยที่เหลืออีกประมาณ 0.69 ล้านตัน จะถูกนำไปที่สถานีขนถ่ายมูลฝอยท่าแร้ง และจ้างเหมาเอกชนขนส่งไปฝังกลบที่อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

ประมาณร้อยละ 96.4 ของมูลฝอยที่เก็บขนมาได้ทั้งหมดจะได้รับการกำจัดโดยวิธีฝังกลบ และที่เหลือประมาณร้อยละ 3.6 จะได้รับการกำจัดโดยวิธีหมักทำปุ๋ย

ตารางภาคผนวก 5 การกำจัดมูลฝอยของกรุงเทพมหานคร ในปี ค.ศ.1996

โรงงานกำจัดมูลฝอย	**ปริมาณมูลฝอย (ตัน)**[1/]			
	ที่ส่งมากำจัด	**ขนส่งไปฝังกลบ**	**หมักทำปุ๋ย**	**กองทิ้งไว้กลางแจ้ง**
1. โรงงานหนองแขม	564,886 [2/]	564,886	-	-
2. โรงงานอ่อนนุช	1,674,466	1,570,283	104,183 [3/]	-
3. สถานีขนส่งขยะมูลฝอย แขวงท่าแร้ง	687,059	687,059	-	-
รวม	2,926,411	2,822,288	104,183	-
ร้อยละ	100	96.44	3.56	-

ที่มา : 1. กองโรงงานกำจัดมูลฝอย สำนักรักษาความสะอาด กรุงเทพมหานคร

2. โรงงานหนองแขม ขนส่งไปฝังกลบที่อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

3. โรงงานอ่อนนุช ขนส่งไปฝังกลบที่เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

4. สถานีขนถ่ายมูลฝอยแขวงท่าแร้ง ขนส่งไปฝังกลบที่อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

5. กองวิชาการและเผยแพร่ สำนักรักษาความสะอาด กรุงเทพมหานคร

หมายเหตุ

[1/] ข้อมูลมูลฝอยปัจจุบันได้จากสถิติการชั่งน้ำหนักของรถเก็บมูลฝอยที่ขนส่งไปกำจัดที่สถานีกำจัดมูลฝอย

[2/] ปี ค.ศ.1996 ได้มีการขนส่งมูลฝอยเก่าจากหนองแขมไปฝังกลบด้วย จำนวน 184,997 ตัน ซึ่งทำให้จำนวนมูลฝอยที่ขนส่งไปฝังกลบจากโรงงานกำจัดมูลฝอยหนองแขมมีรวมทั้งสิ้น 749,883 ตัน

[3/] มีการนำมูลฝอยจากโรงงานกำจัดมูลฝอยอ่อนนุช เพื่อเข้าโรงงานหมักทำปุ๋ย 347,277 ตัน และได้ปุ๋ยหมัก 104,183 ตัน ส่วนเศษวัสดุที่เหลือส่งกลับไปฝังกลบที่เขตลาดกระบัง

ตารางภาคผนวก 6 การบำบัดของเสียของกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล จำแนกตามวิธีการกำจัด พ.ศ.2535 – 2543

1,000 ตัน

วิธีการกำจัด	2535	2536	2537	2538	2539	2540	2541	2542	2543
เผาขยะติดเชื้อ	2.3	3.1	2.5	4.0	4.0	3.2	3.0	3.2	3.4
การบำบัดทางเคมีและกายภาพ	106.4	133.8	...	...	...	...	...	...	...
ทิ้งรวมหรือทิ้งกลางแจ้ง	...	1,321.2	324.0	302.4	...	...	...	...	...
การฝังกลบอย่างถูกหลักสุขลักษณะ	...	720.0	1,692.0	1,880.9	2,822.2	3,231.5	3,071.5	3,248.5	3,300.0
หมักทำปุ๋ย	...	30.0	396.0	365.3	347.3	7.1	-	-	-
คัดแยกไปทำประโยชน์	...	154.8	849.6	849.6	1,400.0	1,500.0	1,600.0	1,800.0	2,000.0

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

มูลฝอยในจังหวัดปริมณฑล

ใน ค.ศ.1996 มูลฝอยที่เกิดขึ้นในจังหวัดปริมณฑล ซึ่งได้แก่ จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรปราการ นครปฐม นนทบุรี และปทุมธานี มีประมาณวันละ 2,500 ตัน หรือร้อยละ 8.1 ของมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั่วประเทศ โดยแบ่งเป็นมูลฝอยที่เกิดขึ้นในเขตเทศบาลประมาณวันละ 1,300 ตัน ในเขตสุขาภิบาลประมาณวันละ 900 ตัน และจากพื้นที่นอกเขตเทศบาล และสุขาภิบาลประมาณวันละ 700 ตัน

มูลฝอยที่เก็บขนได้ประมาณร้อยละ 80-90 ของที่เกิดขึ้นทั้งหมดจะถูกนำไปกำจัดยังสถานที่กำจัดมูลฝอยของเทศบาล และสุขาภิบาล แต่ในด้านการกำจัดมูลฝอยส่วนใหญ่ พบว่ายังคงใช้วิธีกำจัดที่ไม่ถูกหลักสุขาภิบาล เพื่อเป็นการแก้ไขปัญหา ในปี ค.ศ.1995 ได้ประกาศให้จังหวัดในปริมณฑลเป็นเขตควบคุมมลพิษ ซึ่งต่อมาหน่วยงานท้องถิ่นได้จัดทำแผนปฏิบัติการ เพื่อลดและขจัดมลพิษเสนอขอความเห็นชอบจากคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ และได้รับการจัดสรรงบประมาณ เพื่อดำเนินโครงการแก้ไขปัญหาด้านมูลฝอย ในปี ค.ศ.1996-1998 ได้มุ่งเน้นการจัดตั้งสถานที่กำจัดมูลฝอยรวมของแต่ละจังหวัดการเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บขนมูลฝอยในแต่ละท้องถิ่น และการปรับปรุงหรือฟื้นฟูสถานที่กำจัดมูลฝอยเดิม ดังนั้น จึงคาดว่าเมื่อแต่ละโครงการแล้วเสร็จจะสามารถดำเนินการจัดการมูลฝอยได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

มูลฝอยในเขตเมือง

ใน ค.ศ.1996 มูลฝอยที่เกิดขึ้นในเขตเมือง ซึ่งได้แก่ เทศบาลและสุขาภิบาลต่างๆ มีประมาณวันละ 11,500 ตัน (คิดเป็นร้อยละ 31.9 ของมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั่วประเทศ) โดยเป็นมูลฝอยที่เกิดขึ้นในเขตเทศบาล และเมืองพัทยา ประมาณ 6,600 ตัน เกิดขึ้นในเขตสุขาภิบาล 4,900 ตัน

ปัจจุบันหน่วยราชการท้องถิ่นสามารถทำการเก็บรวบรวมมูลฝอยนำไปกำจัดได้ประมาณร้อยละ 80-90 แต่ส่วนใหญ่ยังคงมีการกำจัดที่ไม่ถูกหลักสุขาภิบาล กล่าวคือ ประมาณร้อยละ 58 ของเทศบาลทั่วประเทศ ยังคงใช้วิธีการกำจัดแบบเทกองและเผากลางแจ้ง

ประวัติผู้ศึกษา

ชื่อ	นางสาวจรัลรัตน์ เล็กรุ่งเรืองกิจ
วัน เดือน ปี	2 ตุลาคม 2515
สถานที่เกิด	อำเภออู่ทอง จ.สุพรรณบุรี
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี (วท.บ.เคมี) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
สถานที่ทำงาน	สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 196 ถ.พหลโยธิน ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
ตำแหน่ง	นักวิชาการ 5