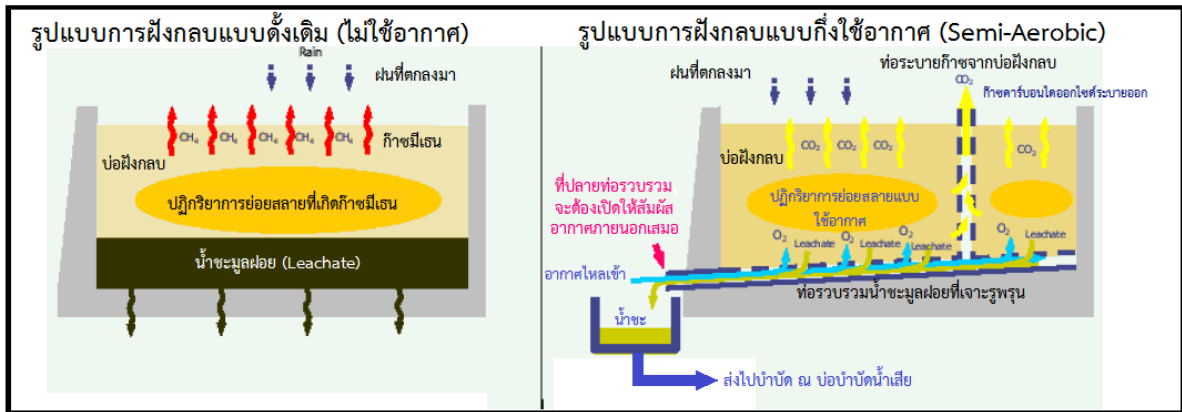


การกำจัดมูลฝอยโดยวิธีฝังกลบแบบกึ่งใช้อากาศ (Semi - Aerobic Landfill)

การฝังกลบมูลฝอยโดยวิธีฝังกลบแบบกึ่งใช้อากาศ (Semi - Aerobic Landfill) เป็นรูปแบบการฝังกลบมูลฝอยอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill) รูปแบบหนึ่งที่ได้มีการวิจัยและพัฒนามายาวนานโดยมหาวิทยาลัยแห่งจังหวัดฟูกูโอกะ (Fukuoka University) และเมืองฟูกูโอกะ (Fukuoka City) ในช่วงปี ค.ศ. 1970 - 1980 โดยได้มีการทดสอบและยืนยันผล ณ สถานที่ฝังกลบมูลฝอยชิน-คะมะตะ (Shin-Kamata Landfill) ซึ่งพบว่าได้ผลลัพธ์ที่ดีในการเกิดสภาวะการย่อยสลายแบบใช้อากาศร่วมด้วย ภายหลังรูปแบบนี้ได้รับการรับรองจากกระทรวงสุขภาพและสวัสดิการของญี่ปุ่น (Ministry of Health and Welfare) ให้เป็นเทคโนโลยีมาตรฐานระดับประเทศในด้านการกำจัดมูลฝอย (National Standard Technology for Solid Waste Disposal) และเป็นวิธีการฝังกลบที่ใช้กันในประเทศญี่ปุ่นและอีกหลายประเทศในโลก เช่น จีน อิหร่าน มาเลเซีย เกาหลีใต้ ฯลฯ รูปแบบการกำจัดมูลฝอยนี้เป็นการย่อยสลายมูลฝอยที่ถูกฝังกลบในบ่อที่ได้รับการติดตั้งท่อระบายก๊าซ เพื่อให้เกิดสภาพใช้อากาศ (Aerobic Process) มากเท่าที่จะมากได้ โดยจะแตกต่างจากระบบฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาลโดยทั่วไป ซึ่งจะเป็นลักษณะการฝังกลบแบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic Process) ก่อให้เกิดก๊าซมีเทน ก๊าซไข่เน่า และสารอินทรีย์ระเหยง่าย การย่อยสลายในบ่อฝังกลบมูลฝอยสำหรับระบบฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาลโดยทั่วไปที่เป็นรูปแบบการย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศจะเกิดในอัตราที่ช้า เนื่องจากอัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แบบไม่ใช้อากาศจะค่อนข้างต่ำ ส่งผลให้เกิดการยุบตัวของบ่อฝังกลบมูลฝอยเป็นไปค่อนข้างล่าช้า และยังส่งผลต่อคุณภาพของน้ำชะมูลฝอยที่ระบายออกจากบ่อฝังกลบซึ่งจะมีความสกปรกค่อนข้างสูง เนื่องจากปฏิกิริยาการย่อยสลายของจุลินทรีย์เกิดขึ้นในอัตราที่ช้ากว่าการย่อยสลายแบบกึ่งใช้อากาศ

การควบคุมให้เกิดกระบวนการย่อยสลายแบบกึ่งใช้อากาศ (Semi-Aerobic Landfill) หรือวิธีการของฟูกูโอกะ (Fukuoka Method) จะอาศัยหลักการถ่ายเทอากาศที่เกิดขึ้นจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในบ่อฝังกลบมูลฝอยและอุณหภูมิภายนอกบ่อฝังกลบ ซึ่งพบว่าในบ่อฝังกลบมูลฝอยจะเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 50 - 70 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกบ่อฝังกลบมูลฝอย อากาศและก๊าซที่ร้อนกว่าที่อยู่ภายในบ่อฝังกลบมูลฝอยจะลอยตัวขึ้น และทำให้อากาศภายนอกที่มีออกซิเจนและมีอุณหภูมิต่ำกว่าไหลเข้ามาในบ่อฝังกลบมูลฝอย โดยวิธีนี้ จะมีการติดตั้งท่อรวบรวมและระบายน้ำชะมูลฝอยที่เจาะรูพุนและมีขนาดใหญ่กว่าท่อรวบรวมปกติ เพื่อป้องกันมิให้เกิดการไหลเต็มท่อ โดยจะทำให้อากาศและออกซิเจนจากภายนอกสามารถไหลเข้ามาแทนที่ก๊าซที่มีอุณหภูมิสูงกว่าที่อยู่ภายในบ่อซึ่งจะระบายออกสู่ภายนอก และทำให้จุลินทรีย์แบบใช้อากาศเติบโต เกิดการย่อยสลายแบบใช้อากาศ และพบว่าความสกปรก (ในรูป BOD และ COD) ของน้ำชะมูลฝอย และปริมาณก๊าซมีเทนซึ่งก่อให้เกิดสภาวะโลกร้อน มีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการฝังกลบมูลฝอยแบบไม่ใช้อากาศ



รูปที่ 1 การเปรียบเทียบปฏิกิริยาชีวเคมีระหว่างบ่อฝังกลบมูลฝอยแบบดั้งเดิมและแบบกึ่งใช้อากาศ (ที่มา Fukuoka City Environment Bureau, 1999 อ้างใน A Practical Guide to Landfill Management in Pacific Island Countries and Territories, SPREP and JICA, March 2010)

ข้อดีของการใช้ระบบฝังกลบมูลฝอยแบบกึ่งใช้อากาศเมื่อเทียบกับระบบฝังกลบมูลฝอยแบบดั้งเดิม (ไม่ใช้อากาศ)

1. น้ำชะมูลฝอยสามารถระบายออกจากบ่อฝังกลบตามแรงโน้มถ่วงได้รวดเร็วกว่า (โดยไม่ใช้เครื่องสูบน้ำ) เนื่องจากน้ำเสียจะมีความหนืดน้อยกว่า ส่งผลให้เกิดการไหลเข้าของอากาศจากภายนอกเพิ่มมากขึ้น และทำให้เกิดการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในสภาวะใช้อากาศ (Aerobic Microbial Decomposition) มากขึ้น
2. การย่อยสลายของสารอินทรีย์ในมูลฝอยเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยส่วนใหญ่แล้วจะเกิดภายในช่วง 3 ปีแรก ส่งผลให้เกิดเสถียรภาพจากการยุบตัวของชั้นมูลฝอยในบ่อฝังกลบมูลฝอยได้รวดเร็ว และเมื่อปิดสถานที่ฝังกลบมูลฝอยแล้วสามารถที่จะใช้ประโยชน์จากสถานที่ดังกล่าวเพื่อวัตถุประสงค์อื่น ๆ ได้ เช่น สวนสาธารณะ สนามเด็กเล่น ฯลฯ
3. แรงดันที่เกิดขึ้นจากความสูงของน้ำชะมูลฝอยในบ่อฝังกลบที่มีต่อชั้นวัสดุกันซึมมีน้อยกว่า (เนื่องจากน้ำชะมูลฝอยไหลออกจากท่อได้อย่างรวดเร็ว) ส่งผลให้เกิดการรั่วซึมที่เกิดจากแรงดันของน้ำชะมูลฝอยมีน้อยกว่าบ่อฝังกลบมูลฝอยแบบไม่ใช้อากาศ
4. ก๊าซที่เกิดขึ้นในบ่อฝังกลบแบบกึ่งใช้อากาศ มีอันตรายต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมน้อยกว่า
5. การใช้หินบดย่อยกรูบรอบท่อรวบรวมน้ำชะมูลฝอย จะช่วยเพิ่มความสามารถในการกระจายน้ำหนักของท่อในแนวนอน และยังเป็นทางระบายน้ำชะมูลฝอยที่เข้าสู่ท่อและให้อากาศจากภายนอกไหลออกจากท่อรวบรวมน้ำชะมูลฝอยได้ตลอดทั้งเส้น
6. การดูแลและบำรุงรักษาบ่อฝังกลบมูลฝอยนี้สามารถดำเนินงานได้ค่อนข้างง่าย
7. กลิ่นเหม็นต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจะมีน้อยกว่า เนื่องจากมีปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (ก๊าซไข่เน่า) และสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายที่เกิดขึ้นน้อยกว่าการฝังกลบมูลฝอยแบบไม่ใช้อากาศค่อนข้างมาก

8. คุณสมบัติของน้ำชะมูลฝอยที่ออกจากบ่อฝังกลบแบบกึ่งใช้อากาศพบว่า จะมีค่าความสกปรกของสารอินทรีย์ลดลง ทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียมีขนาดเล็ก และประหยัดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน

9. การฝังกลบแบบกึ่งใช้อากาศนี้ มีประสิทธิภาพและง่ายในการก่อสร้างและดำเนินการ นอกจากนี้ยังมีความยืดหยุ่นในการใช้วัสดุต่าง ๆ ที่มีอยู่ในท้องถิ่นเพื่อใช้ก่อสร้างเป็นท่อรวบรวมและระบายน้ำชะมูลฝอยและก๊าซ

10. ประสิทธิภาพของระบบโดยรวม ขึ้นอยู่กับความต่อเนื่องในการติดตามตรวจสอบการดำเนินงานฝังกลบมูลฝอย ทั้งในเรื่อง การติดตามตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำชะมูลฝอย ก๊าซ การยุบตัวของบ่อ ฯลฯ ข้อมูลที่เกิดจากการติดตามตรวจสอบนี้จะบ่งบอกว่าการดำเนินการฝังกลบเป็นไปตามข้อกำหนดหรือมาตรฐานในการดำเนินงานหรือไม่ รวมทั้งเป็นข้อมูลในการปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการที่ถูกต้องในอนาคตต่อไป

ปฏิกิริยาการย่อยสลายทางชีวเคมีแบบใช้อากาศ (Aerobic Decomposition)

สารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่มีอยู่ในมูลฝอย เช่น คาร์โบไฮเดรต และไขมัน จะแตกตัวออกเป็นโมเลกุลเล็ก ๆ โดยปฏิกิริยาการย่อยสลายแบบใช้อากาศ กลายเป็นกรดไขมันและแอลกอฮอล์ ซึ่งกระบวนการนี้คล้ายกับกระบวนการหายใจระดับเซลล์ในพืชและสัตว์ นอกจากนี้ ยังพบว่าสารอินทรีย์ไนโตรเจนจะถูกย่อยสลายเป็นแอมโมเนีย โดยจะเปลี่ยนรูปไปเป็นไนไตรท์ และไนเตรท ในสภาวะใช้อากาศผ่านปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน (Nitrification) โดยจุลินทรีย์กลุ่มไนตริฟายเออร์ส (Nitrifiers)

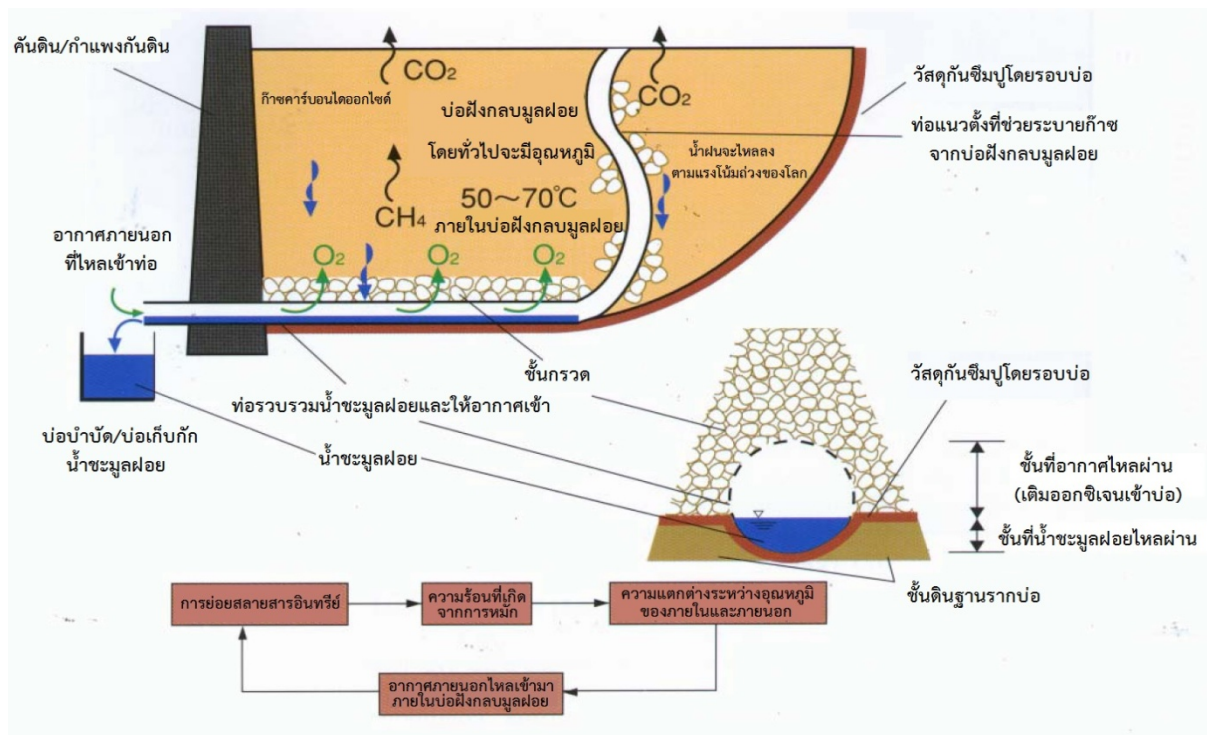
โดยทั่วไปแล้ว การย่อยสลายมูลฝอยแบบใช้อากาศพบว่า จะมีอัตราเร็วมากกว่าการย่อยสลายมูลฝอยแบบไม่ใช้อากาศ และผลผลิตที่ได้จากการย่อยสลายแบบใช้อากาศจะเป็นสารที่ไม่มีกลิ่นเหม็น เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และไนเตรท ส่วนผลผลิตที่เกิดขึ้นจากกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศ จะมีผลผลิตที่มีมลพิษสูงกว่า อาทิ ค่าความสกปรกในรูป BOD ก๊าซต่าง ๆ ที่ติดไฟ เช่น ก๊าซมีเทน และก๊าซที่มีกลิ่นเหม็น เช่น ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์

การรวบรวมน้ำชะมูลฝอยและการไหลเข้าของอากาศจากภายนอกในบ่อฝังกลบ

น้ำชะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในบ่อฝังกลบจะถูกรวบรวมและระบายออกไปยังบ่อรวบรวมน้ำชะมูลฝอย โดยท่อรวบรวมและระบายน้ำชะมูลฝอยที่มีการเจาะรูในรัศมีที่เหมาะสม และมีการโรยกรวดบนท่อรวบรวมในแนวนอน และการวางหินโดยรอบท่อสำหรับท่อรวบรวมในแนวตั้ง อย่างไรก็ตาม สำหรับปลายทางออกของท่อรวมน้ำชะมูลฝอยจะต้องเปิดออกสู่บรรยากาศเสมอ เพื่อให้อากาศภายนอกสามารถไหลเข้าไปในบ่อฝังกลบและเข้าไปยังชั้นมูลฝอย กระบวนการนี้ทำให้เกิดกระบวนการย่อยสลายแบบใช้อากาศตลอดทั้งแนวยาวของท่อรวมน้ำชะมูลฝอย โดยน้ำชะมูลฝอยที่เกิดขึ้นจะถูกระบายออกจากบ่อฝังกลบได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นการปนเปื้อนน้ำชะมูลฝอยไปยังน้ำใต้ดินก็จะมีโอกาสเกิดขึ้นได้น้อยกว่า

ในบ่อฝังกลบแบบกึ่งใช้อากาศ ระบบรวบรวมน้ำชะมูลฝอยจะประกอบด้วย ท่อหลัก และท่อแขนง ซึ่งจะต้องมีการออกแบบการติดตั้งในระยะห่างที่เหมาะสม โดยแต่ละท่อจะมีการเจาะรูที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 นิ้ว ตลอดแนวท่อ เพื่อให้ น้ำชะมูลฝอยสามารถไหลเข้าและอากาศสามารถไหลออกจากท่อ เพื่อสัมผัสกับชั้นมูลฝอยได้อย่างทั่วถึง โดยจะมีการวางชั้นหินย่อย (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 10 – 25 เซนติเมตร) บนแนวท่อ เพื่อเป็นชั้นกรองและกระจายน้ำหนักรวมมูลฝอย มิให้ท่อรวบรวมน้ำได้รับความเสียหาย โดยน้ำชะมูลฝอยในเส้นท่อจะถูกออกแบบไว้ให้มีความสูงในระยะ 1 ใน 3 ของเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นท่อ ส่วนที่เหลือจะเป็นปริมาตรที่อากาศไหลผ่านไปยังชั้นมูลฝอยในบ่อฝังกลบโดยผ่านท่อในแนวตั้งและท่อในแนวนอน

ความร้อนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาชีวเคมีในบ่อฝังกลบมูลฝอย จะทำให้อุณหภูมิในบ่อฝังกลบเพิ่มสูงขึ้น และจะทำให้เกิดกระบวนการพาความร้อน โดยที่ความร้อนในบ่อฝังกลบจะทำให้ก๊าซไหลขึ้นด้านบน และอากาศภายนอกซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าจะไหลเข้ามาแทนที่ผ่านท่อรวบรวมน้ำชะมูลฝอยที่ติดตั้งไว้ ซึ่งจะเกิดการไหลเวียนของอากาศและทำให้เกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายแบบใช้อากาศในบ่อฝังกลบมูลฝอย



รูปที่ 2 แผนภาพของระบบฝังกลบแบบกึ่งใช้อากาศ

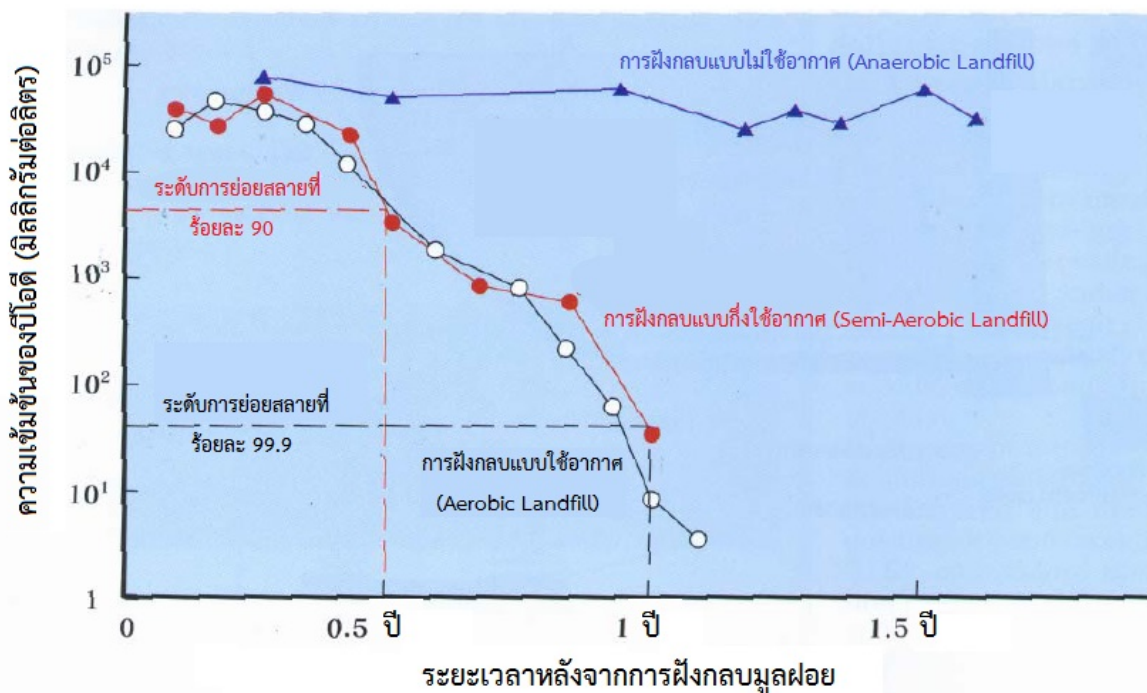
(ที่มา Fukuoka City Environment Bureau, 1999 อ้างใน A Practical Guide to Landfill Management in Pacific Island Countries and Territories, SPREP and JICA, March 2010)

ทอรวบรวมน้ำชะมูลฝอยในระบบฝังกลบแบบกึ่งใช้อากาศ มีข้อดี ดังนี้

1. ช่วยระบายน้ำชะมูลฝอยออกจากบ่อฝังกลบได้อย่างรวดเร็ว ป้องกันการเกิดกลิ่นเหม็นจากการหมักของมูลฝอย และให้อากาศจากภายนอกไหลเข้าสู่บ่อฝังกลบมูลฝอย ทำให้เกิดสภาวะใช้อากาศ (Aerobic Condition) ที่เหมาะสมกับการเติบโตของจุลินทรีย์แบบใช้อากาศในบ่อฝังกลบ
2. เกิดการย่อยสลายมูลฝอยโดยจุลินทรีย์ที่ใช้อากาศมากขึ้น
3. หินที่วางรอบท่อ (สำหรับท่อในแนวตั้ง) และหินที่วางบนท่อ (สำหรับท่อในแนวนอน) จะช่วยป้องกันการอุดตันจากสิ่งสกปรกและมูลฝอยที่จะสร้างความเสียหายต่อเส้นท่อ
4. ลดการปนเปื้อนของน้ำชะมูลฝอยออกสู่ภายนอก เนื่องจากน้ำชะมูลฝอยจะสามารถระบายออกได้อย่างรวดเร็ว (เนื่องจากเป็นการไหลแบบไม่เต็มท่อ)

คุณสมบัติของน้ำชะมูลฝอย

ในระบบฝังกลบแบบกึ่งใช้อากาศ จะพบว่าคุณสมบัติของน้ำชะมูลฝอยจะมีค่าความสกปรกต่ำกว่าระบบฝังกลบแบบไม่ใช้อากาศ และทำให้ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำชะมูลฝอยต่ำกว่าระบบฝังกลบแบบไม่ใช้อากาศ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การเปรียบเทียบประเภทของบ่อฝังกลบและการเปลี่ยนแปลงค่าความสกปรกในรูปบีโอดี ตลอดระยะเวลาหลังจากการฝังกลบมูลฝอย

(ที่มา Fukuoka City Environment Bureau, 1999 อ้างใน A Practical Guide to Landfill Management in Pacific Island Countries and Territories, SPREP and JICA, March 2010)

เสถียรภาพที่เกิดจากการยุบตัวของบ่อฝังกลบมูลฝอยแบบกึ่งใช้อากาศจะเกิดได้รวดเร็วกว่า เนื่องจาก

1. อัตราการเกิดก๊าซมีเทนน้อย และจะส่งผลให้เกิดสภาวะโลกร้อนน้อยกว่าบ่อฝังกลบแบบไม่ใช้อากาศ

2. การยุบตัวของบ่อฝังกลบเกิดขึ้นเร็ว โดยหลังจากการยุบตัวของบ่อฝังกลบจะทำให้พื้นที่ดังกล่าวมีเสถียรภาพและสามารถใช้ประโยชน์พื้นที่ดังกล่าวเพื่อใช้เป็นสวนสาธารณะ สนามเด็กเล่น ได้

อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพการใช้งานของบ่อฝังกลบแบบกึ่งใช้อากาศ จะขึ้นกับข้อมูลในการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำชะมูลฝอยอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะ BOD COD pH สี สารแขวนลอย ฯลฯ รวมทั้งการติดตามตรวจสอบก๊าซที่เกิดขึ้น และการยุบตัวของบ่อ เป็นต้น

การปลดปล่อยก๊าซจากบ่อฝังกลบและการเกิดสภาวะโลกร้อน

ก๊าซที่เกิดขึ้นในบ่อฝังกลบ ประกอบด้วย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และอื่น ๆ โดยที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซมีเทน เป็นก๊าซที่ก่อให้เกิดสภาวะโลกร้อน อย่างไรก็ตามศักยภาพของก๊าซมีเทนที่ทำให้เกิดสภาวะโลกร้อนจะมีมากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 21 เท่า ซึ่งการฝังกลบแบบกึ่งใช้อากาศนี้จะช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซมีเทนออกสู่ภายนอกได้ถึงร้อยละ 40 เมื่อเปรียบเทียบกับบ่อฝังกลบแบบไม่ใช้อากาศ