บทที่ 2

แนวคิด หลักการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 วิธีการฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล

วิธีการกำจัดมูลฝอยโดยการฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล หมายถึง การกำจัดโดยการบดอัดมูลฝอยด้วยเครื่องจักรกลเพื่อให้มูลฝอยยุบตัวและมีความหนาแน่นมากขึ้น แล้วทำการปิดทับด้วยวัสดุถมกลบ เช่น ดินที่อยู่บริเวณใกล้เคียง แล้วจึงบดทับให้แน่นอีกครั้ง เมื่อเวลาผ่านไปมูลฝอยประเภทสารอินทรีย์ (Organic Matter) เช่น เศษผัก, อาหาร, ผลไม้ จะเกิดการย่อยสลาย (Decomposition) ผลจากการย่อยสลายจะทำให้เกิดก๊าซและน้ำเสีย โดยก๊าซที่เกิดขึ้นนั้น ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, ก๊าซมีเทน, ก๊าซไนโตรเจน และก๊าซอื่นๆ ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของมูลฝอย ในส่วนของน้ำเสียที่เกิดขึ้นนั้นไม่ได้เกิดจากการย่อยสลายของมูลฝอยเท่านั้น แต่ยังรวมถึงน้ำฝนที่ตกในบริเวณพื้นที่ฝังกลบอีกด้วย หลักสำคัญในการฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาลนั้น จะต้องไม่ก่อให้เกิดเหตุเดือดร้อนรำคาญและเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณใกล้เคียงและไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วย ด้วยเหตุนี้น้ำเสียจากมูลฝอยซึ่งมีความเข้มข้นของสารอินทรีย์สูงจำเป็นจะต้องรวบรวมเพื่อนำไปบำบัดต่อไป

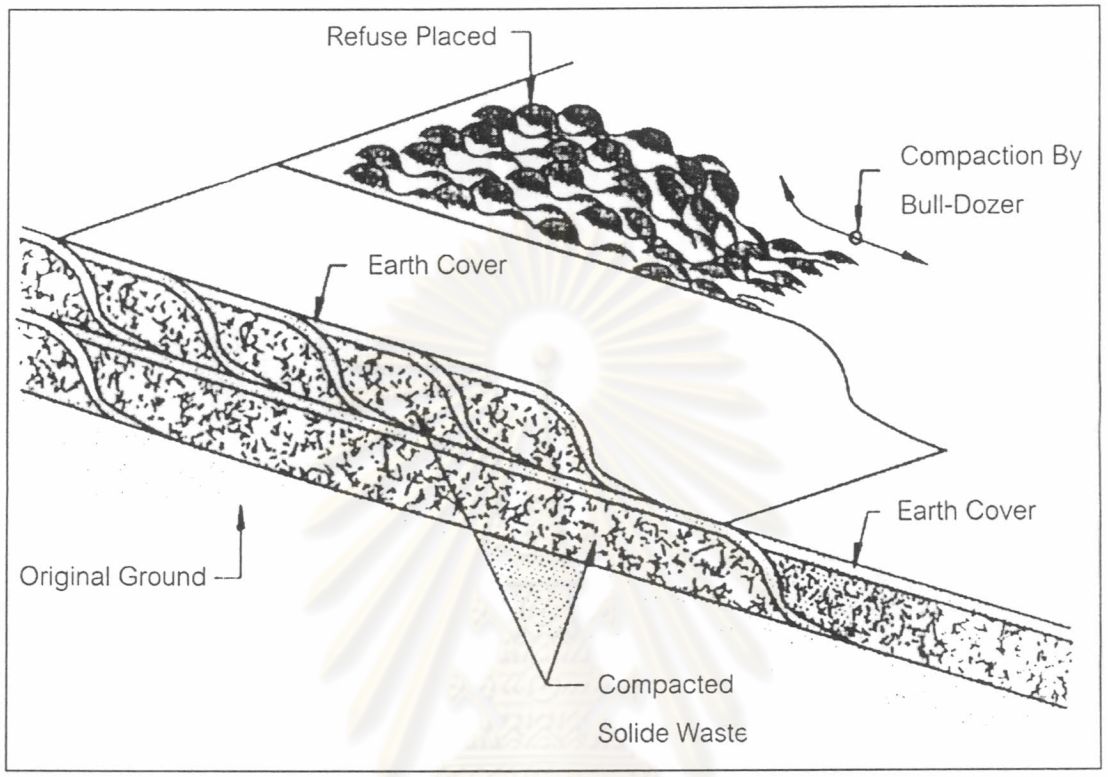
วิธีการฝังกลบมูลฝอยที่กระทำกัน โดยทั่วไปมี 3 วิธี ได้แก่

2.1.1 **การฝังกลบแบบกลบบนพื้นที่** (Area Method)

การฝังกลบแบบกลบบนพื้นที่ (Area Method) เป็นการฝังกลบมูลฝอยในพื้นที่ที่ไม่สามารถจะทำการขุดเป็นร่องได้หรือไม่เหมาะสมที่จะทำการขุดหลุมฝังกลบ การฝังกลบวิธีนี้กระทำได้โดยการเทมูลฝอยลงบนพื้นที่เป็นแนวยาวเป็นชั้นๆ แต่ละชั้นจะทำการบดอัดจนกระทั่งชั้นต่างๆ ที่เททับกันได้ความหนาของชั้นมีความสูง 1.5 – 3.0 เมตร เมื่อได้ความหนาของชั้นแล้ว ใช้วัสดุกลบทับด้านบนด้วยความหนา 0.3 เมตร โดยทั่วไปใช้ดินที่นำมาจากพื้นที่ใกล้เคียง การดำเนินการฝังกลบแบบนี้เริ่มด้วยการสร้างคันดินกั้นมูลฝอยแล้วเทเป็นชั้นๆ ทำการบดอัดไปพร้อมๆกัน การดำเนินการจะเปลี่ยนแปลงตามลักษณะของพื้นที่และจำนวนมูลฝอยในแต่ละวัน โดยปกติจะกำหนดความกว้างของชั้นมูลฝอยให้มีความกว้างประมาณ 2.5 – 6.0 เมตร ในแต่ละชั้น เมื่อกลบทับเสร็จแล้วทั้งวัสดุกลบทับ เรียกว่า ช่องฝังกลบ (Cell) ดังรูปที่ 2.1

การดำเนินการการฝังกลบจะต้องเป็นชั้นสูงขึ้นต่อเนื่องไปเรื่อยๆ จนถึงชั้นบนสุด ความยาวของการเทมูลฝอยจะต้องกำหนดให้เหมาะสมพอดีกับปริมาณมูลฝอยในแต่ละวัน เพื่อให้การบดอัดประจำวันได้ความหนาของชั้นตามที่ต้องการ ทำการปิดทับด้วยวัสดุกลบทับที่มีความหนาของดิน

กลบทับประมาณ 0.5 – 0.6 เมตร เป็นชั้นสุดท้าย เพื่อป้องกันแมลงวัน, สุนัข และหนูที่จะมาคุ้ยเขี่ยมูลฝอยให้เกิดความสกปรก รวมทั้งเพื่อความเป็นระเบียบเรียบร้อยของพื้นที่ฝังกลบอีกด้วย



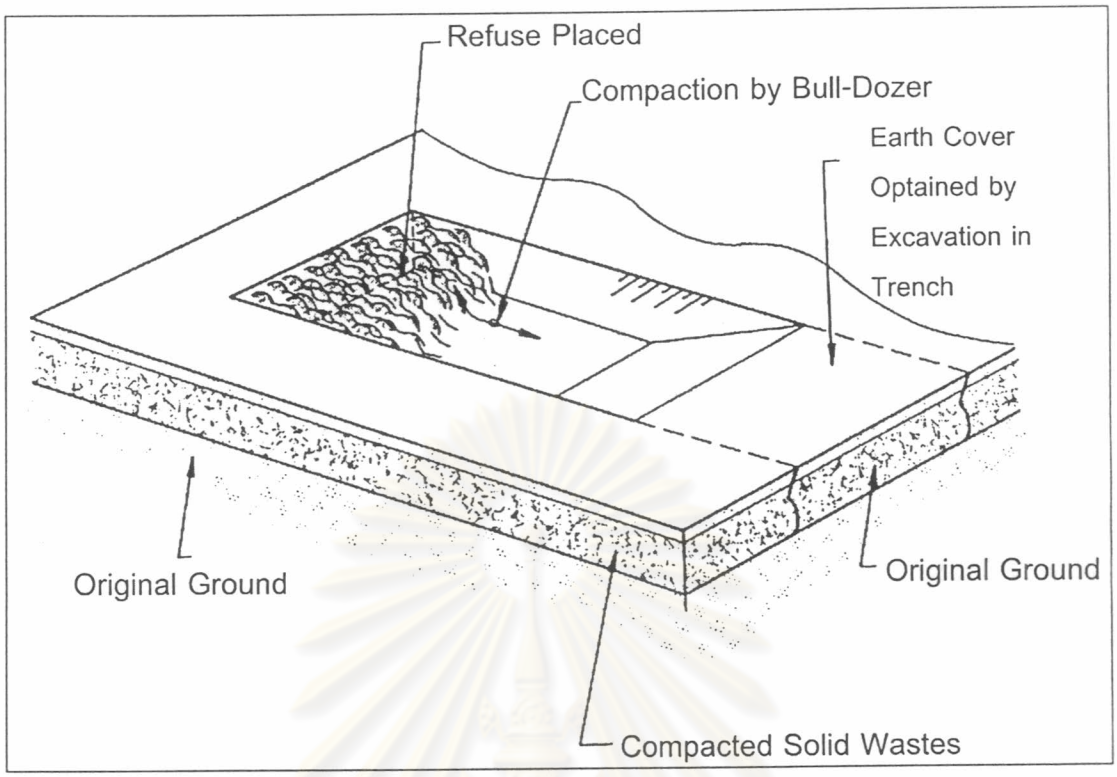
รูปที่ 2.1 การฝังกลบแบบกลบบนพื้นที่ (Area Method)
ที่มา: McBean, Rovers and Farquhar, 1995

2.1.2 การฝังกลบแบบขุดเป็นร่อง (Trench Method)

การฝังกลบแบบขุดเป็นร่อง (Trench Method) เป็นวิธีการกำจัดมูลฝอยที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ที่มีระดับน้ำใต้ดินอยู่ต่ำกว่าที่ดินมากๆ การขุดร่องจะต้องให้มีความกว้างอย่างน้อยประมาณ 2 เท่าของขนาดเครื่องจักรที่ใช้ เพื่อความสะดวกในการดำเนินการฝังกลบ ส่วนความลึกที่ขุดนั้นจะขึ้นอยู่กับระดับน้ำใต้ดิน โดยทั่วไปจะต้องขุดให้สูงกว่าระดับน้ำใต้ดินประมาณ 1 เมตร โดยจะอ้างอิงจากระดับน้ำในฤดูฝนเป็นเกณฑ์ (ขุดลึกประมาณ 2-3 เมตร) อีกทั้งจะต้องทำให้พื้นที่ลาดเอียงไปด้านใดด้านหนึ่ง ดินที่ขุดขึ้นมาสามารถใช้เป็นวัสดุกลบทับต่อไปได้ นอกจากนั้นยังสามารถใช้ทำเป็นคันดินสำหรับกั้นไม่ให้ลมพัดพามูลฝอยออกนอกบริเวณหลุมฝังกลบได้ด้วย ดังรูปที่ 2.2

การทำงานสำหรับการฝังกลบวิธีนี้ จะเริ่มด้วยการขุดร่องตามความกว้างและความลึกที่ได้ออกแบบไว้ จากนั้นเทมูลฝอยลงในร่อง แล้วจึงทำการบดอัดและดำเนินการอย่างต่อเนื่องกันไปจนถึงชั้นบนสุดตามที่กำหนดให้เท่ากับระดับพื้นดินเดิม

หอสมุดกลาง ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

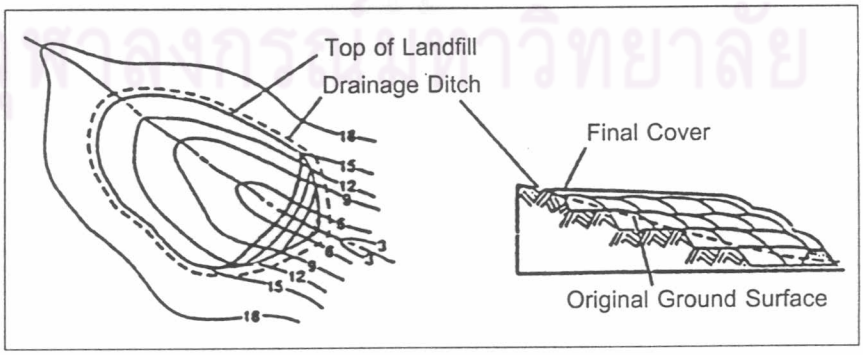


รูปที่ 2.2 การฝังกลบแบบขุดเป็นร่อง (Trench Method)

ที่มา: McBean, Rovers and Farquhar, 1995

2.1.3 การฝังกลบแบบกลบไปตามพื้นที่ลาดชัน (Canyon Method)

การฝังกลบแบบกลบไปตามพื้นที่ลาดชัน (Canyon Method) เป็นการฝังกลบมูลฝอยในพื้นที่ที่เป็นหลุมหรือเป็นพื้นที่ที่อยู่ในระดับต่ำอยู่แล้ว แต่ต้องการถมให้พื้นที่แห่งนั้นสูงขึ้นกว่าระดับพื้นดินเดิม เช่น บริเวณบ่อดินลูกรัง, เหมืองร้าง, ไหล่เขา หรือบริเวณที่ดินที่ถูกขุดมาใช้ประโยชน์อย่างอื่นมาก่อนแล้ว เป็นต้น การฝังกลบในพื้นที่เช่นนี้สามารถเทมูลฝอยลงไปได้เลย เกลี่ยมูลฝอยให้กระจายพร้อมกับบดทับให้แน่น ใช้ดินกลบทับและบดทับให้แน่นเป็นครั้งสุดท้าย ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การฝังกลบแบบกลบไปตามพื้นที่ลาดชัน (Canyon Method)

ที่มา: Tchobanoglous, Theisen and Vigil, 1993

2.2 ที่มาและชนิดของมูลฝอย

2.2.1 มูลฝอย (Solid Wastes)

มูลฝอย (Solid Wastes) หมายถึง เศษสิ่งของวัสดุที่ไม่มีใครต้องการ เช่น เศษอาหาร, สิ่งของ, เครื่องใช้, วัสดุจากการเกษตร, วัสดุจากอุตสาหกรรม หรือแม้แต่ซากพืชซากสัตว์ ที่ถูกทิ้งตามที่สาธารณะก็จัดว่าเป็นมูลฝอยเช่นกัน มูลฝอยบางประเภทที่ถูกทิ้งยังคงมีประโยชน์อยู่ โดยที่อาจจะเป็นสิ่งของที่บุคคลกลุ่มอื่นต้องการ เช่น เสื้อผ้าเก่า, พลาสติกเก่า, ขวดแก้วและโลหะต่างๆ เป็นต้น มูลฝอยที่ถูกกองทิ้งตามที่สาธารณะสามารถส่งผลกระทบทางด้านลบต่อสภาวะแวดล้อม หากขาดการจัดการมูลฝอยที่เหมาะสมถูกวิธี

2.2.2 แหล่งกำเนิดของมูลฝอย (Sources of Solid Wastes)

แหล่งกำเนิดของมูลฝอย (Sources of Solid Wastes) แบ่งออกได้เป็น 5 ประเภท คือ

1. มูลฝอยจากที่พักอาศัย
2. มูลฝอยจากย่านธุรกิจการค้า ตลาดสด
3. มูลฝอยจากย่านอุตสาหกรรม
4. มูลฝอยจากสถานที่ราชการ สถาบันการศึกษา
5. มูลฝอยจากเกษตรกรรม

โดยที่แหล่งกำเนิดแต่ละประเภท จะก่อให้เกิดมูลฝอยที่มีลักษณะแตกต่างกันออกไป โดยชนิดของมูลฝอยที่เกิดขึ้นนั้น จะขึ้นอยู่กับกิจกรรมในแต่ละแหล่งกำเนิด

2.2.3 ชนิดของมูลฝอย (Types of Solid Wastes)

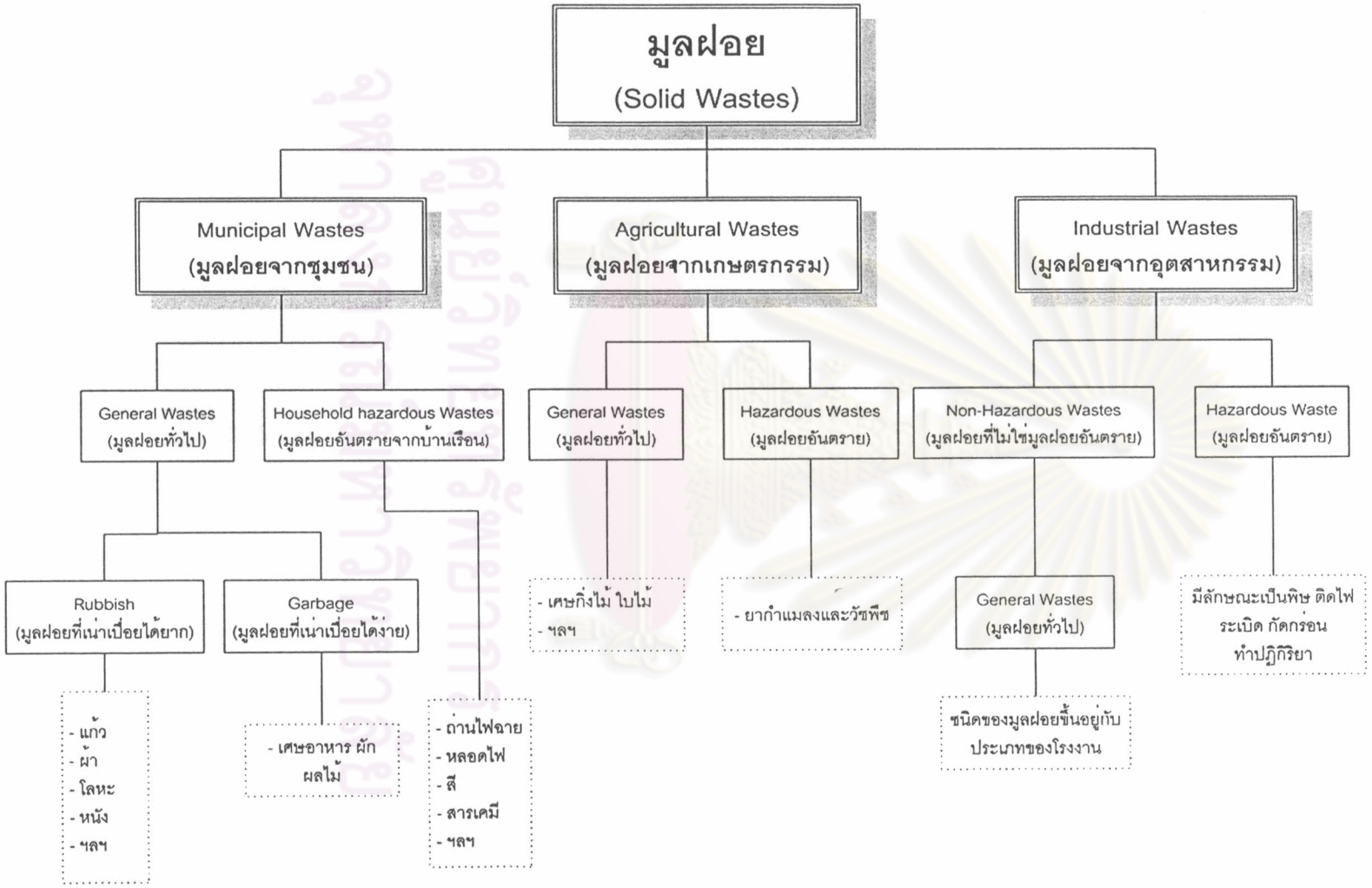
ชนิดของมูลฝอย (Types of Solid Wastes) สามารถจะจำแนกได้หลายวิธีการ ขึ้นอยู่กับว่าจะใช้ปัจจัยใดเป็นเกณฑ์ในการจำแนก ดังนี้

จำแนกตามลักษณะของมูลฝอย แบ่งเป็น 3 ประเภท คือ

1. มูลฝอยทั่วไป
   - มูลฝอยที่เน่าเปื่อยได้ง่าย (Food Waste or Garbage)
   - มูลฝอยที่เน่าเปื่อยได้ยากหรือไม่ได้เลย (Rubbish)
2. มูลฝอยอันตรายหรือสารเคมี (Hazardous Waste or Chemical Waste)

โดยแหล่งกำเนิดมูลฝอยได้จัดแบ่งเป็น 3 แหล่งใหญ่ๆ แต่ละแหล่ง จะให้มูลฝอยที่แตกต่างกันออกไป ดังรูปที่ 2.4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.4 ตารางการจำแนกประเภทของมูลฝอย

ที่มา: ธเรศ ศรีสถิตย์, 2545

2.2.4 **ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะและปริมาณของมูลฝอย** (Factors that Affect Characteristic and Quantity of Solid Wastes)

ในแต่ละพื้นที่หรือแต่ละชุมชนจะมีปริมาณมูลฝอยที่แตกต่างกันออกไป และในแต่ละพื้นที่มูลฝอยก็ยังมีองค์ประกอบที่แตกต่างกันออกไปอีกด้วย เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยที่ทำให้เกิดความแตกต่างเหล่านั้น สามารถแบ่งเป็นปัจจัยต่างๆ ได้ ดังนี้

- ที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่นั้นๆ
- ฤดูกาล เช่น ในฤดูฝนลักษณะของมูลฝอยจะมีความชื้นสูงกว่าในฤดูร้อน เป็นต้น
- รายได้ของประชาชน พบว่า ในพื้นที่ที่ประชากรมีรายได้สูง จะมีอัตราการเกิดมูลฝอยต่อคนสูงกว่าพื้นที่ที่ประชากรมีรายได้ต่ำกว่า
- โครงสร้างของครอบครัว
- พฤติกรรมในการบริโภคสินค้าและอาหารของประชาชนในพื้นที่ เช่น สำหรับผู้ที่ประกอบอาหารรับประทานเอง จะมีมูลฝอยประเภทผัก, เศษอาหารเกิดขึ้นมาก ในขณะที่ผู้ที่นิยมซื้ออาหารสำเร็จรูปมารับประทาน มูลฝอยที่เกิดขึ้นจะเป็นพวกพลาสติกหรือโฟมที่ใช้บรรจุอาหารมา เป็นต้น
- รูปแบบของการดำเนินชีวิตประจำวัน
- กฎหมายข้อบังคับ เช่น การคืนขวดสินค้า มีส่วนทำให้ปริมาณมูลฝอยลดลงได้

2.2.5 **ลักษณะสมบัติของมูลฝอย** (Properties of Solid Wastes)

2.2.5.1. **ลักษณะทางกายภาพ** (Physical Characteristics) (ธเรศ ศรีสถิตย์, 2545) ได้แยกลักษณะสมบัติของมูลฝอยไว้ ดังนี้

- *องค์ประกอบทางกายภาพ (Physical Composition)*
  - มูลฝอยที่สามารถติดไฟได้ (Combustible) ได้แก่
    - เศษผัก, อาหาร (Garbage)
    - กระดาษ (Paper)
    - พลาสติก (Plastic)
    - ยาง (Rubber)
    - หนัง (Leather)
    - ผ้า, สิ่งทอ (Textile)
    - ไม้, ใบไม้ (wood and Leaf)
  - มูลฝอยที่ไม่ติดไฟ (Non-Combustible) ได้แก่
    - แก้ว (Glass)
    - โลหะ (Metal)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- หิน, กระเบื้อง (Rock and Ceramic)

- อื่นๆ (Others)

- *ความหนาแน่น (Density)*

ความหนาแน่น (Density) คือ ค่ามวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของมูลฝอย โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ประเภท

- ความหนาแน่นปกติ (Bulk Density) คือ ความหนาแน่นปกติโดยไม่มีการบีบอัดหรือบีบมูลฝอยให้ผิดไปจากธรรมดา

- ความหนาแน่นในขณะขนส่ง (Transported Density) คือ ความหนาแน่นของมูลฝอยในรถเก็บมูลฝอยในขณะขนส่ง ซึ่งปกติมูลฝอยจะถูกทำให้แน่นขึ้น เนื่องจากการสั่นสะเทือนและการกดอัดของเจ้าหน้าที่เก็บขนหรือน้ำหนักของมูลฝอยเอง

2.2.5.2 **ลักษณะทางเคมี** (Chemical Characteristics) ได้แก่

- *ความชื้น (Moisture Content)* หมายถึง ปริมาณน้ำที่อยู่ในมูลฝอยโดยทั่วไปแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

- น้ำที่อยู่ภายในมูลฝอยเอง (Inherent Water) เช่น น้ำที่อยู่ในพืชผัก, เศษอาหาร, ซึ่งมีประมาณ 1/2 ถึง 2/3 ของปริมาณน้ำทั้งหมด

- น้ำที่ติดอยู่ภายนอก (Attached Water) เช่น น้ำฝนที่ออกมาจากเศษอาหาร ซึ่งมีประมาณ 1/3 ถึง 2/3 ของปริมาณน้ำทั้งหมด

- *ปริมาณของแข็งรวม (Total Solids)* คือ ปริมาณมูลฝอยแห้งที่เหลือจากการเอาน้ำออกไปจนหมดแล้ว โดยทั่วไปจะนำมูลฝอยไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักของมูลฝอยคงที่

- *ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ (Volatile Solids)* คือ ส่วนของมูลฝอยที่จะสามารถติดไฟหรือเผาไหม้ที่ความร้อนสูงให้หมดไป โดยที่จะแปรสภาพไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ

- *ปริมาณเถ้า (Ash)* คือ กากของมูลฝอยที่เหลือจากการเผาไหม้สมบูรณ์

- *ค่าความร้อน (Calorific Value)* คือ ปริมาณความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้มูลฝอย ซึ่งจะนำไปใช้ในการพิจารณาเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการกำจัดมูลฝอย (สุณี ปิยะพันธุ์พงศ์, 2535)

2.2.5.3 **ลักษณะทางชีวภาพ** (Biological Characteristics)

- เชื้อโรคหรือพยาธิต่างๆ (Pathogenic Bacteria)

- แบคทีเรียที่ย่อยสลาย (Decomposition Bacteria)

2.3 น้ำชะมูลฝอย (Leachate)

น้ำชะมูลฝอย (Leachate) คือ น้ำที่เกิดจากปฏิกิริยาการย่อยสลายของมูลฝอยทางชีวภาพ รวมทั้งน้ำที่ไหลออกมาจากมูลฝอยด้วย องค์ประกอบของน้ำชะมูลฝอยจะประกอบด้วยสารละลาย และสารแขวนลอยรวมทั้งจุลชีพจากมูลฝอยที่ฝังกลบ (Metry and Cross, 1976)

2.3.1 องค์ประกอบและความผันแปรของน้ำชะมูลฝอย (Composition and Variation of Leachate)

องค์ประกอบของน้ำชะมูลฝอยจะผันแปรไปไม่แน่นอน (ตารางที่ 2.1) ขึ้นอยู่กับอายุของหลุมฝังกลบและช่วงเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยมาศึกษา เช่น หากทำการเก็บตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยในระยะการสร้างกรดอินทรีย์ของกระบวนการย่อยสลายของมูลฝอย ค่าพีเอชที่วัดได้มีค่าประมาณ 4 - 5 แต่ค่าบีโอดี, ซีโอดี, ทีโอซี, สารอาหารและโลหะหนักนั้นจะมีความเข้มข้นสูง แต่หากทำการเก็บตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยในระยะสร้างก๊าซมีเทนของกระบวนการย่อยสลายมูลฝอย ค่าพีเอชที่วัดได้มีค่าประมาณ 6.5 - 7.5 สำหรับค่าบีโอดี, ซีโอดี, ทีโอซี, สารอาหารและโลหะหนักจะมีความเข้มข้นต่ำกว่าในระยะการสร้างกรดอินทรีย์ของกระบวนการย่อยสลายมูลฝอย ค่าพีเอชที่ผันแปรของน้ำชะมูลฝอยนั้น ไม่ได้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของกรดอินทรีย์เท่านั้น หากแต่ยังได้รับอิทธิพลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นอีกด้วย

นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆที่มีอิทธิพลต่อองค์ประกอบของน้ำชะมูลฝอย ได้แก่

- องค์ประกอบของมูลฝอย (Solid Waste Composition)
- อายุของมูลฝอยภายในหลุมฝังกลบ (Age of the Refuse)
- การจัดการของหลุมฝังกลบ (Operation of the Landfill)
- ภูมิอากาศ (Climate)
- สภาพอุทกธรณีวิทยาของหลุมฝังกลบมูลฝอย (Hydrogeology Conditions)
- สภาวะภายในหลุมฝังกลบมูลฝอย (Conditions within Landfill) เช่น ปฏิกิริยาทางเคมี, ปฏิกิริยาทางชีวภาพ, ความชื้น, อุณหภูมิและพีเอชภายในหลุมฝังกลบ (McBean, Rovers and Farquhar, 1995)

2.3.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดน้ำชะมูลฝอย (Factors Affect Leachate Generation)

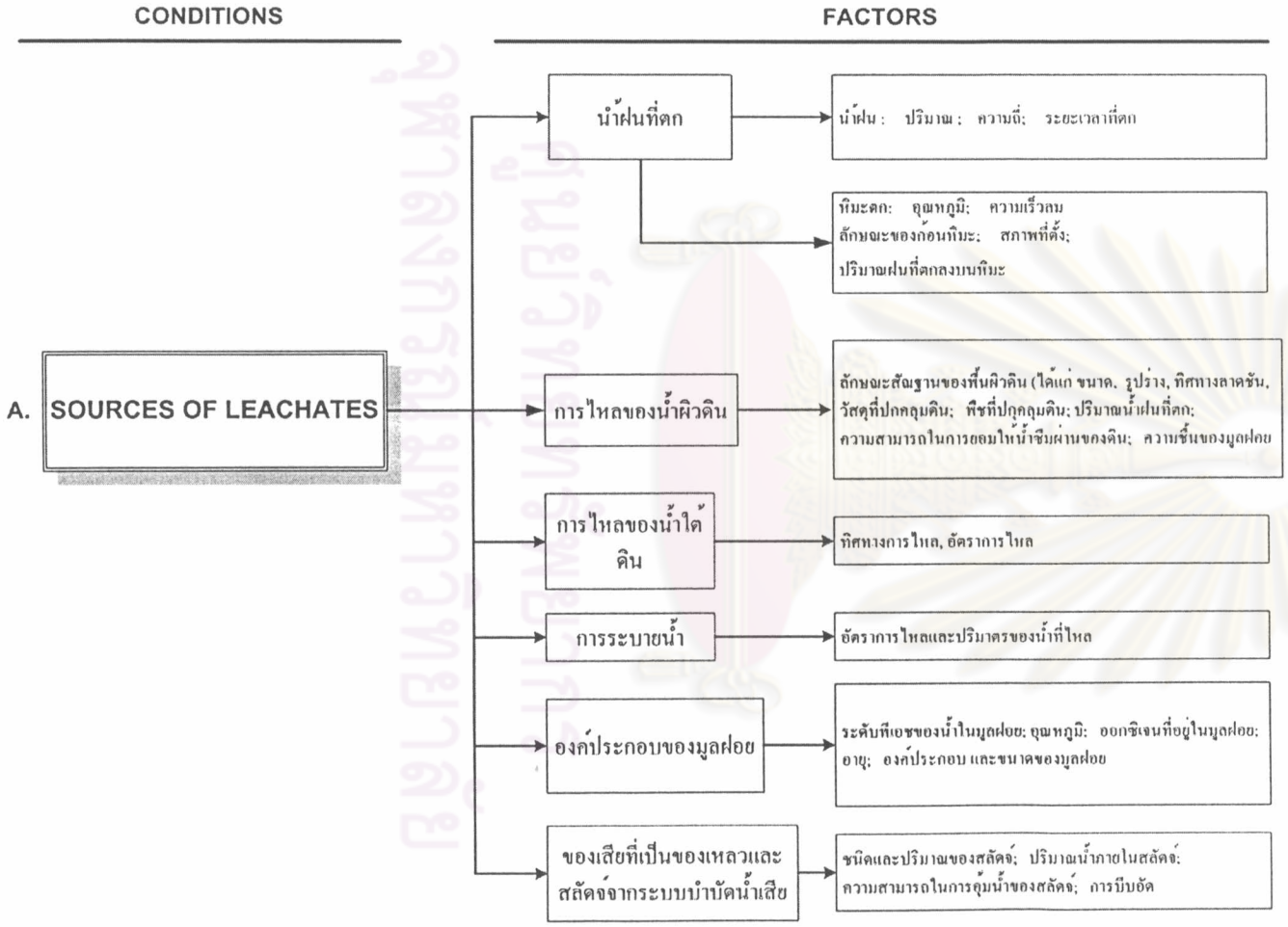
น้ำที่ไหลผ่านชั้นของมูลฝอยภายในหลุมฝังกลบมูลฝอย จะเป็นตัวพาสารละลายและสารแขวนลอยต่างๆไปด้วย โดยทั่วไปแล้วหากน้ำที่ไหลผ่านชั้นของมูลฝอยมีปริมาณมาก จะก่อให้เกิดมลภาวะที่เกิดจากน้ำชะมูลฝอยรุนแรงมากตามมา (Qasim and Chiang, 1994) นอกจากนี้ยังมีปัจจัยที่ที่มีอิทธิพลต่อการเกิดน้ำชะมูลฝอย ดังรูปที่ 2.5

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลทั่วไปขององค์ประกอบน้ำชะมูลฝอยจากหลุมฝังกลบใหม่และหลุมฝังกลบเก่า

องค์ประกอบ	Value, mg/L		
	New landfill (Less than 2 years)		Mature landfill (greater than 10 years
	Range	Typical	
BOD_5 (5-day biochemical oxygen demand)	2,000 - 30,000	10,000	100 - 200
TOC (total organic carbon)	1,500 - 20,000	6,000	80 - 160
COD (chemical oxygen demand)	3,000 - 60,000	18,000	100 - 500
Total suspended solids	200 - 2,000	500	100 - 400
Organic nitrogen	10 - 800	200	80 - 120
Ammonia nitrogen	10 - 800	200	20 - 40
Nitrate	5 - 40	25	5 - 10
Total phosphorus	5 - 100	30	5 - 10
Ortho phosphorus	4 - 80	20	4 - 8
Alkalinity as $CaCO_3$	1,000 - 10,000	3,000	200 - 1,000
pH (pH Unit)	4.5 - 7.5	6	6.6 - 7.5
Total hardness as $CaCO_3$	300 - 10,000	3,500	200 - 500
Calcium	200 - 3,000	1,000	100 - 400
Magnesium	50 - 1,500	250	50 - 200
Potassium	200 - 1,000	300	50 - 400
Sodium	200 - 2,500	500	100 - 200
Chloride	200 - 3,000	500	100 - 400
Sulfate	50 - 1,000	300	20 - 50
Total iron	50 - 1,200	60	20 - 200

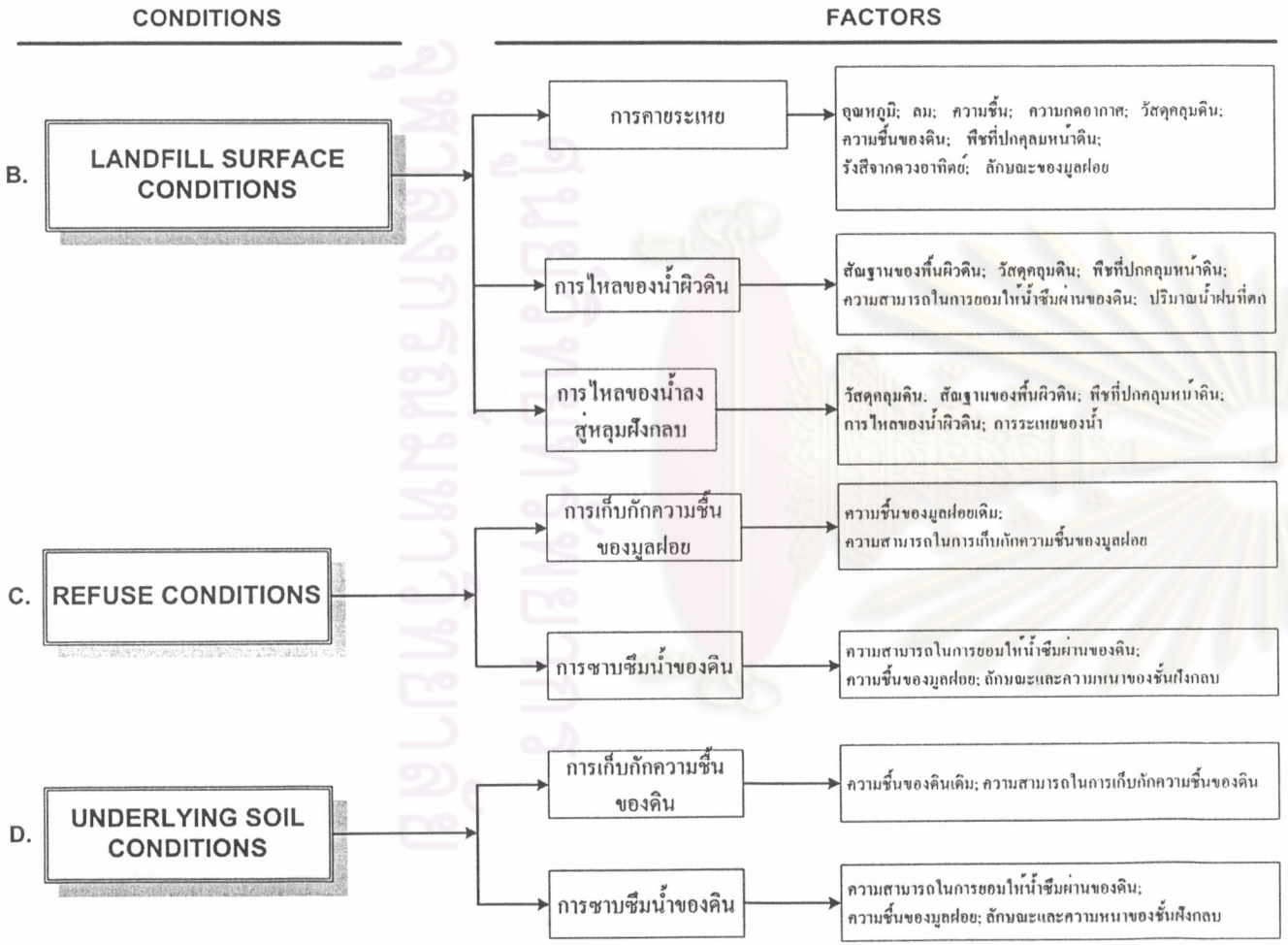
ที่มา: Tchobanoglous, Theisen and Vigil, 1993.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.5 องค์ประกอบทางกายภาพที่มีอิธิพลต่อการเกิดของน้ำชะมูลฝอย

ที่มา: Lu, Morrison and Sterns,1981



รูปที่ 2.5 องค์ประกอบทางกายภาพที่มีอิทธิพลต่อการเกิดของน้ำชะมูลฝอย(ต่อ)

ที่มา: Lu, Morrison and Sterns,1981

2.3.3 **กระบวนการย่อยสลายของมูลฝอยภายในหลุมฝังกลบ** (Solid Waste Decomposition Process within Landfill)

กระบวนการย่อยสลายของมูลฝอยภายในหลุมฝังกลบ แบ่งเป็น 3 ระยะ ได้แก่

2.3.3.1 **กระบวนการย่อยสลายโดยใช้ออกซิเจน** (Aerobic Decomposition Process)

กระบวนการย่อยสลายโดยใช้ก๊าซออกซิเจน จะเกิดขึ้นในระยะเริ่มต้นของการนำมูลฝอยลงสู่หลุมฝังกลบ กระบวนการนี้เกิดขึ้นเป็นระยะเวลาสั้นๆ เนื่องจากปริมาณก๊าซออกซิเจนที่มีอยู่อย่างจำกัดภายในหลุมฝังกลบ เป็นปัจจัยกำหนดปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ปฏิกิริยาการย่อยสลายจะเกิดบริเวณมูลฝอยที่รอการฝังกลบ รวมทั้งมูลฝอยที่ถูกฝังกลบไปแล้ว โดยจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนจะทำหน้าที่ในการย่อยสลายสารอินทรีย์และเปลี่ยนสารอินทรีย์ไปเป็นไปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, น้ำ, สารอินทรีย์โมเลกุลเล็กๆ และความร้อน แสดงการเกิดปฏิกิริยาได้ ดังสมการที่ 2.1

$$\text{Degradable Waste} + O_2 \xrightarrow{\text{Microorganism}} CO_2 + H_2O + \text{Heat} + \text{Biomass} + \text{Partially Degraded Materials} \quad \ldots (2.1)$$

จุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายมูลฝอย จะผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปริมาณสูงถึง 60 เปอร์เซ็นต์ ขององค์ประกอบของก๊าซทั้งหมดที่เกิดขึ้นภายในหลุมฝังกลบ ผลจากปฏิกิริยาการย่อยสลายทำให้อุณหภูมิภายในหลุมฝังกลบสูงถึง 70 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ การเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีผลทำให้ระดับของพีเอชของน้ำชะมูลฝอยสูงขึ้นตามมาด้วย แสดงการเกิดปฏิกิริยาได้ ดังสมการ 2.2

$$CO_2 + H_2O \longrightarrow H_2CO_3 \text{ (Carbonic Acid)} \quad \ldots . (2.2)$$

โดยปกติน้ำชะมูลฝอยไม่ได้เกิดขึ้นในปฏิกิริยาการย่อยสลายขั้นนี้ น้ำชะมูลฝอยที่เกิดขึ้นนั้น จะเกิดจากน้ำและความชื้นที่แทรกอยู่ตามช่องว่างของมูลฝอย รวมทั้งน้ำและความชื้นที่มูลฝอยดูดซับเอาไว้แล้วปลดปล่อยออกมา

2.3.3.2 **กระบวนการย่อยสลายโดยไม่ใช้ออกซิเจน ระยะสร้างกรดอินทรีย์** (Anaerobic Decomposition – Acid Phase, Non-Methanogenic)

กระบวนการย่อยสลายโดยไม่ใช้ออกซิเจน ระยะสร้างกรดอินทรีย์นี้เกิดขึ้นโดยแบคทีเรียพวกแฟคัลเททีฟ (Facultative Bacteria) โดยที่แบคทีเรียกลุ่มนี้จะเริ่มสร้างกรดอินทรีย์ขึ้นมา เมื่อออกซิเจนถูกใช้หมดไปในปฏิกิริยาการย่อยสลายโดยใช้ออกซิเจน

กรดอินทรีย์ที่แบคทีเรียกลุ่มนี้สร้างขึ้น ได้แก่ กรดอะซิติกซึ่งมีความเข้มข้นสูง กรดอะซิติกที่เกิดขึ้นนี้ มีอิทธิพลทำให้ค่าซีโอดีของน้ำชะมูลฝอยสูงขึ้น นอกจากกรดอะซิติกที่เกิดขึ้นแล้วยังมีสารอนินทรีย์อื่นเกิดขึ้นอีกด้วย ได้แก่ ก๊าซแอมโมเนียม, น้ำ, ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซไฮโดรเจน แสดงการเกิดปฏิกิริยาได้ ดังสมการที่ 2.3

$$\text{Degradable Waste} \xrightarrow{\text{Facultative Bacteria}} CO_2 + H_2O + \text{Organic Growth} + \text{Partially Degraded Organic} \quad \ldots (2.3)$$

จากสมการการเกิดปฏิกิริยาพบว่า ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งมีความดันย่อยสูง และกรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นมีปริมาณและความเข้มข้นสูง จะมีอิทธิพลทำให้ระดับพีเอชของน้ำชะมูลฝอยลดลงอยู่ในช่วง 4 - 5 ซึ่งระดับพีเอชในช่วงนี้เอง เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์เกิดการละลายได้ดีขึ้น มีผลทำให้น้ำชะมูลฝอยมีคุณสมบัติการนำไฟฟ้าได้ดีขึ้นตามมา

2.3.3.3 **กระบวนการย่อยสลายโดยไม่ใช้ออกซิเจน ระยะสร้างก๊าซมีเทน** (Anaerobic Decomposition – Methane Formation Phase)

เมื่อกระบวนการย่อยสลายดำเนินไป ก๊าซออกซิเจนจะถูกจุลินทรีย์ใช้ไปจนหมด ค่าศักย์ของรีดอกซ์ (Redox Potential) จะลดลง ในระยะนี้แบคทีเรียพวกที่สร้างก๊าซมีเทน (Methanogenic Bacteria) จะทำหน้าที่ในการย่อยสลายมูลฝอยต่อไป ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาการย่อยสลายในระยะนี้ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, ก๊าซมีเทน, น้ำและความร้อน ลักษณะเฉพาะในการย่อยสลายของแบคทีเรียกลุ่มนี้ จะย่อยสลายมูลฝอยอย่างช้าๆ แต่มีประสิทธิภาพสูง เป็นระยะเวลาติดต่อกันนานหลายปี จนกระทั่งสารอินทรีย์ภายในหลุมฝังกลบลดลงจนเกือบหมด

แบคทีเรียพวกที่สร้างก๊าซมีเทน (Methanogenic Bacteria) จะใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาการย่อยสลายในระยะสร้างกรดอินทรีย์ (Acid Phase) เช่น ก๊าซไฮโดรเจนและกรดอะซิติกเป็นสารตั้งต้นในการสร้างก๊าซมีเทน แสดงการเกิดปฏิกิริยาได้ ดังสมการที่ 2.4 และ 2.5 ตามลำดับ

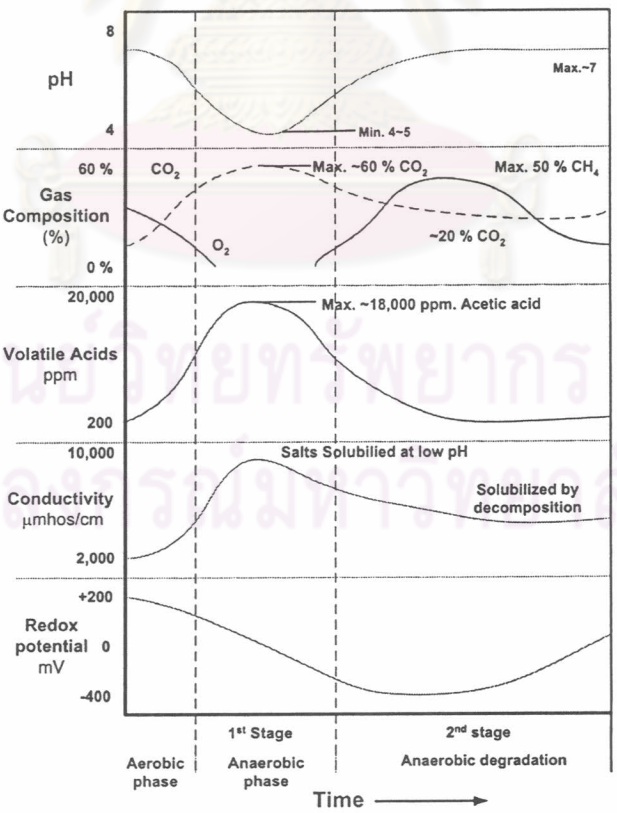
$$4H_2 + CO_2 \xrightarrow{\text{Methanogenic Bacteria}} CH_4 + 2H_2O \quad \ldots\ldots (2.4)$$

$$CH_3COOH \xrightarrow{\text{Methanogenic Bacteria}} CH_4 + CO_2 \quad \ldots\ldots (2.5)$$

จากปฏิกิริยาที่แบคทีเรียพวกที่สร้างก๊าซมีเทน (Methanogenic Bacteria) ได้นำกรดอะซิติกไปใช้เป็นสารตั้งต้นในปฏิกิริยาการย่อยสลายมูลฝอย มีผลทำให้ระดับพีเอชของน้ำชะมูลฝอยสูงขึ้น โดยพีเอชจะมีค่าอยู่ในช่วง 6.6 – 7.3 ผลที่เกิดขึ้นตามมาทำให้ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำชะมูลฝอยลดลง (McBean, Rovers and Farquhar, 1995)

เมื่อปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นภายในหลุมฝังกลบมูลฝอยดำเนินมาถึงช่วงสุดท้าย อัตราการย่อยสลายโดยแบคทีเรียจะลดลง ในช่วงนี้เองพื้นที่บางส่วนภายในหลุมฝังกลบจะเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายโดยใช้ออกซิเจนขึ้นอีกครั้ง เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำที่ซาบซึมลงสู่หลุมฝังกลบมูลฝอย (Qasim and Chiang, 1995)

Qasim และ Chiang (1994) พัฒนาแผนภาพแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นภายในหลุมฝังกลบ โดยแสดงถึงการผันแปรของค่าพีเอช, ก๊าซออกซิเจน, ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, ก๊าซมีเทน, กรดอะซิติก, เกลือที่ละลายน้ำได้และปฏิกิริยารีดอกซ์ที่เกิดขึ้น ดังรูปที่ 2.6 อัตราการเกิด ปฏิกิกิริยาจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น การเคลื่อนที่ของน้ำลงสู่หลุมฝังกลบ,พีเอช, อุณหภูมิ, การบดอัดมูลฝอย, อายุของหลุมฝังกลบ และองค์ประกอบของมูลฝอย เป็นต้น



รูปที่ 2.6 การเปลี่ยนแปลงของปัจจัยต่างภายในหลุมฝังกลบระหว่างกระบวนการย่อยสลาย

ที่มา: Qasim and Chiang, 1994

2.4 ทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Pattamapirat (1989) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับลักษณะของน้ำชะมูลฝอยบริเวณสถานีกำจัดมูลฝอยอ่อนนุช ได้ผลการศึกษาดังนี้

Parameter		Range
BOD_5 Days	(mg/L)	178.2 - 1,881.1
COD	(mg/L)	980.7 - 9,214.6
pH	-	7.0 - 8.6
SS	(mg/L)	81.9 - 2,732.0
TS	(mg/L)	3,275 - 21,541.6
Mercury	(mg/L)	3.8 - 4.7

Sheu Jenn-Hung (1988) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับลักษณะของน้ำชะมูลฝอยบริเวณสถานีกำจัดมูลฝอยอ่อนนุช ได้ผลการศึกษาดังนี้

Parameter		Range	Typical value
BOD_5 Days	(mg/L)	105 - 140	120
COD	(mg/L)	1,442 - 1,866	1640
pH	-	7.6 - 8.2	8.2
DO	(mg/L)	0.1 - 0.2	0.10
Alkalinity	(mg/L)	2110 - 3370	2540

El-Fadel, M. *et al.* (2002) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของลักษณะน้ำชะมูลฝอยที่ไม่ได้ถูกคัดแยกประเภทก่อนและไม่ได้ถูกทำให้เป็นเศษชิ้นเล็กๆ ที่ รัฐแคลิฟอเนียร์ พร้อมทั้งศึกษาปริมาณสารอินทรีย์และความชื้นภายในหลุมฝังกลบ โดยศึกษาผลกระทบที่เกิดจากองค์ประกอบทางกายภาพของมูลฝอยชุมชน ลักษณะเฉพาะของการดำเนินการฝังกลบที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพของสารอินทรีย์และลักษณะของน้ำชะมูลฝอยภายในหลุมฝังกลบ โดยการ

ตรวจติดตามแหล่งกำจัดมูลฝอยชุมชนและศึกษาอัตราการเกิดน้ำชะมูลฝอย เพื่อเก็บตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยมาศึกษาโดยทำการศึกษาภายในระยะ 18 เดือน นับตั้งแต่ได้เริ่มต้นฝังกลบมูลฝอย นอกจากนี้ได้ทำการวิเคราะห์ทางเคมีเพื่อหาค่าพีเอช , บีโอดี, ซีโอดี, ทีโอซี, ของแข็งละลายทั้งหมด , คลอไรด์, ซัลเฟต, ออโธฟอสเฟต, ไนเตรต, แอมโมเนีย-ไนโตรเจน, ความกระด้างและโลหะหนักของน้ำชะมูลฝอย จากการศึกษาพบว่าระดับความเข้มข้นทางเคมีของพารามิเตอร์เหล่านี้ สัมพันธ์กับกิจกรรมทางชีวภาพภายในหลุมฝังกลบ ในส่วนปริมาณสารอินทรีย์และความชื้นภายในหลุมฝังกลบเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้น้ำชะมูลฝอยมีความเข้มข้นสูง วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อศึกษากระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพของสารอินทรีย์ในน้ำชะมูลฝอย เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาไปใช้ในการบำบัดน้ำชะมูลฝอย

Blight, G. E. *et al.* (2000) ศึกษาผลกระทบของสภาพภูมิอากาศและองค์ประกอบของมูลฝอยชุมชนที่มีผลต่อลักษณะของน้ำชะมูลฝอยและก๊าซที่เกิดขึ้น โดยจำแนกแหล่งที่มาของมูลฝอยที่ทำการศึกษาจาก 2 แห่ง คือ มูลฝอยจากชุมชนที่มีรายได้ต่ำจากเมือง Wattville และมูลฝอยจากชุมชนที่มีรายได้ปานกลางจากเมือง Benoni ประเทศสาธารณรัฐแอฟริกาใต้ โดยได้ทำการคัดแยกมูลฝอยชุมชนออกเป็นประเภทต่างๆ คือ ขี้เถ้า, วัสดุที่ย่อยสลายได้, อโลหะ, โลหะ, แก้ว, สิ่งทอ, กระดาษและพลาสติก ในส่วนของการศึกษาลักษณะของน้ำชะมูลฝอยนั้น จะแบ่งการศึกษาเป็น 2 ขนาด คือ ขนาดเล็กจะเป็นการศึกษาโดยออกแบบไลซิมิเตอร์ ขนาดพื้นที่ 3.3 ลูกบาศก์เมตร สูง 1.06 เมตร ออกแบบโครงสร้างภายในให้มีลักษณะคล้ายคลึงกับโครงสร้างของหลุมฝังกลบมูลฝอยชุมชนแบบถูกหลักสุขาภิบาล ส่วนขนาดใหญ่จะเป็นการศึกษาหลุมฝังกลบมูลฝอยชุมชนแบบถูกหลักสุขาภิบาลที่เมือง Weltevreder โดยนำมูลฝอยชุมชนจากทั้ง 2 เมืองมาฝังกลบในช่องฝังกลบโดยแบ่งเป็น 2 ช่องๆแรกเป็นมูลฝอยชุมชนที่ได้มาจากเมือง Wattville ส่วนช่องที่สองเป็นมูลฝอยชุมชนที่ได้มาจากเมือง Benoni ศึกษาองค์ประกอบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับน้ำชะมูลฝอย ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงในพื้นที่ฝังกลบ, ค่าพีเอช, ค่าการนำไฟฟ้า, ค่าซีโอดี , ค่าบีโอดี, แอมโมเนีย, คลอไรด์, โปแตสเซียมและนิเกิ้ล

Ragle, N. *et al.* (1995) ศึกษาน้ำชะมูลฝอยจากหลุมฝังกลบมูลฝอยชุมชนบริเวณใกล้กับเมืองซีแอทเทิ้ลและรัฐวอชิงตัน โดยทดสอบความแตกต่างขององค์ประกอบของมูลฝอยและอัตราการเกิดน้ำชะมูลฝอยระหว่างหลุมฝังกลบมูลฝอยเก่ากับหลุมฝังกลบมูลฝอยใหม่ ศึกษาความผันแปรของอัตราการไหล, ของแข็งละลายทั้งหมด, ค่าซีโอดี, ทีโอซี, เหล็กและแมงกานีส โดยทำการตรวจติดตามเป็นระยะเวลามากกว่า 3 เดือน ในช่วงฤดูหนาว-ฤดูใบไม้ผลิปี ค.ศ. 1992 พบว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำฝนที่ตกลงสู่หลุมฝังกลบมูลฝอยชุมชน เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ปริมาณน้ำชะมูลฝอยที่เกิดขึ้นมีปริมาณมากขึ้น นอกจากนั้นอัตราการเกิดน้ำชะมูลฝอยจะขึ้นอยู่กับอัตราการฝังกลบมูลฝอยใหม่ที่เพิ่มขึ้นด้วย

Wall, D. K. and Zeiss C. (1995) ศึกษาความเร็วที่เพิ่มขึ้นของการย่อยสลายสารอินทรีย์เพื่อลดเวลาที่มูลฝอยชุมชนภายในหลุมฝังกลบจะเข้าเกิดการคงสภาพ วิธีการศึกษาจะทดสอบโดยการสร้างช่องฝังกลบฝังกลบมูลฝอยภายในหลุมฝังกลบจำนวน 6 ช่อง โดยที่ 3 ช่อง กำหนดให้เป็นช่องฝังกลบที่สามารถปลูกสร้างสิ่งก่อสร้างบนหลุมฝังกลบมูลฝอย (เป็นช่องฝังกลบที่มูลฝอยเกิดการคงสภาพแล้ว) ส่วนอีก 3 ช่องจะเป็นช่องฝังกลบที่มูลฝอยยังเกิดการย่อยสลายอยู่

Chian, E. S. K. And DeWalle F. B. (1976) ศึกษาลักษณะของน้ำชะมูลฝอยและการบำบัดน้ำชะมูลฝอยได้ผลการศึกษาดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ลักษณะสมบัติของน้ำชะมูลฝอย

พารามิเตอร์	อายุของหลุมฝังกลบ		
	1 ปี	5 ปี	16 ปี
ค่าบีโอดี BOD (mg/L)	7,500 - 28,000	4,000	80
ค่าซีโอดี COD (mg/L)	10,000 -40,000	8,000	400
ความเป็นกรด-ด่าง, pH (pH Unit)	5.2-6.4	6.3	-
ของแข็งละลายน้ำ, TDS (mg/L)	10,000 -14,000	6,794	1,200
ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด,TSS (mg/L)	100 -700	-	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย