



# アジアのごみ処理研究

## -現場の問題解決から国際的な貢献まで

石垣智基

国立環境研究所 資源循環領域

# なぜアジアでゴミ研究？



そこにある問題を解決したい



地域の課題が、広くアジア全体・地球規模に影響を与えている



日本からの技術移転に協力できる

# アジアのごみの問題とは？

😞 きちんと集められず、街路や水路に投棄される



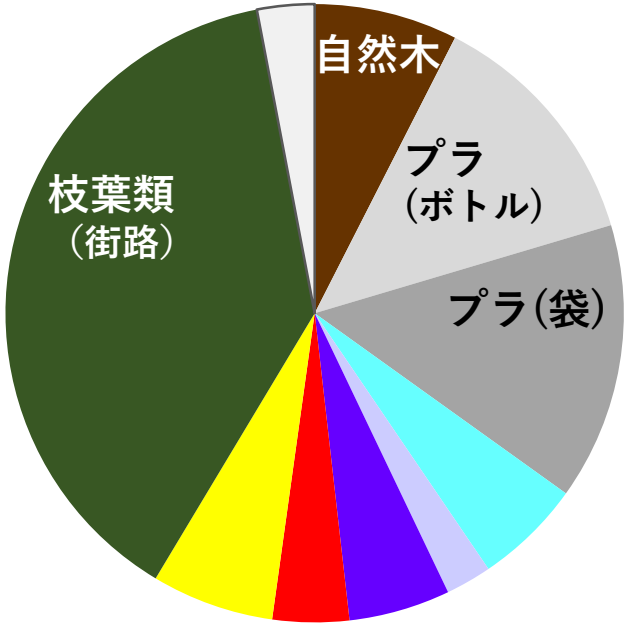
# 水路のごみを集める作業



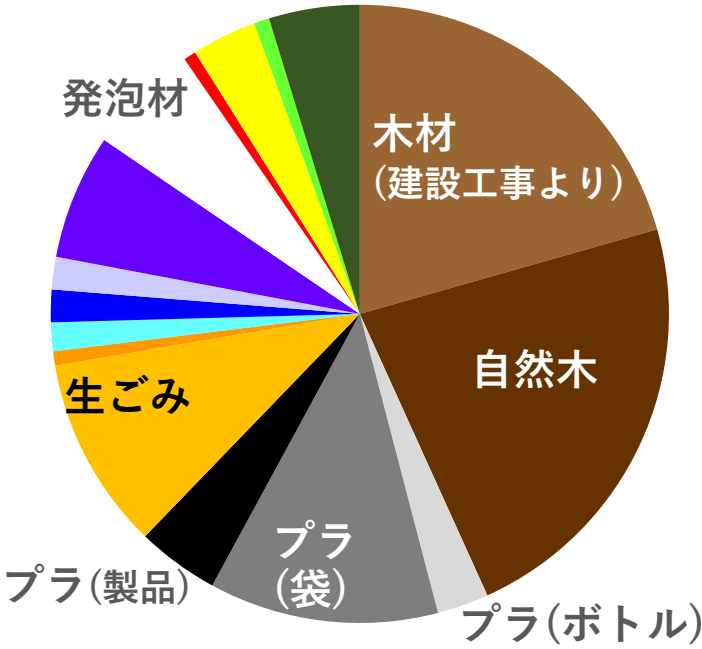
**ごみが柵に詰まり、周辺の浸水被害・洪水の原因に  
増水時にはごみが越流して下流・海洋へ**

# 水路のごみも都市によって違う

フエ（ベトナム）



バンコク（タイ）



共通：家庭・生活ごみが5割（プラが3割）



# なぜ水路にごみを捨てるの？住んでいる人への調査



水路に捨てててなんかいない！集めに来ないだけだ！



水路のごみが増水を招いているとは知らなかった



水路が不法投棄の場となっている！



# 市民啓発のための動画を作成

YouTube 国立環境研究所チャンネルで

水路ごみ



# アジアのごみの問題とは？

☹️ 集めたごみが適切に処分されず生命や健康が脅かされる



オープンダンプと呼ばれるごみ投棄場





# アジア（世界）でまず導入されるとよいとされる 埋立地管理方法：衛生埋立地

## ごみの表面を土で覆う



ごみの飛散・悪臭・害虫獣の発生防止

崩落の防止



ごみの分解が遅くなる

埋立地の  
断面図



## 汚水を集めて処理する



水環境の汚染防止



雨水が大量に浸透するため、排水不良となり汚水がたまる

地下浸透や未処理汚水の漏洩

水がたまって無酸素状態となり、メタンガスが大量に発生

# 日本で一般的に採用されている埋立地管理： 準好気性埋立地（自然に空気を導入する方式）

👉 水とガスを排出する管を直結



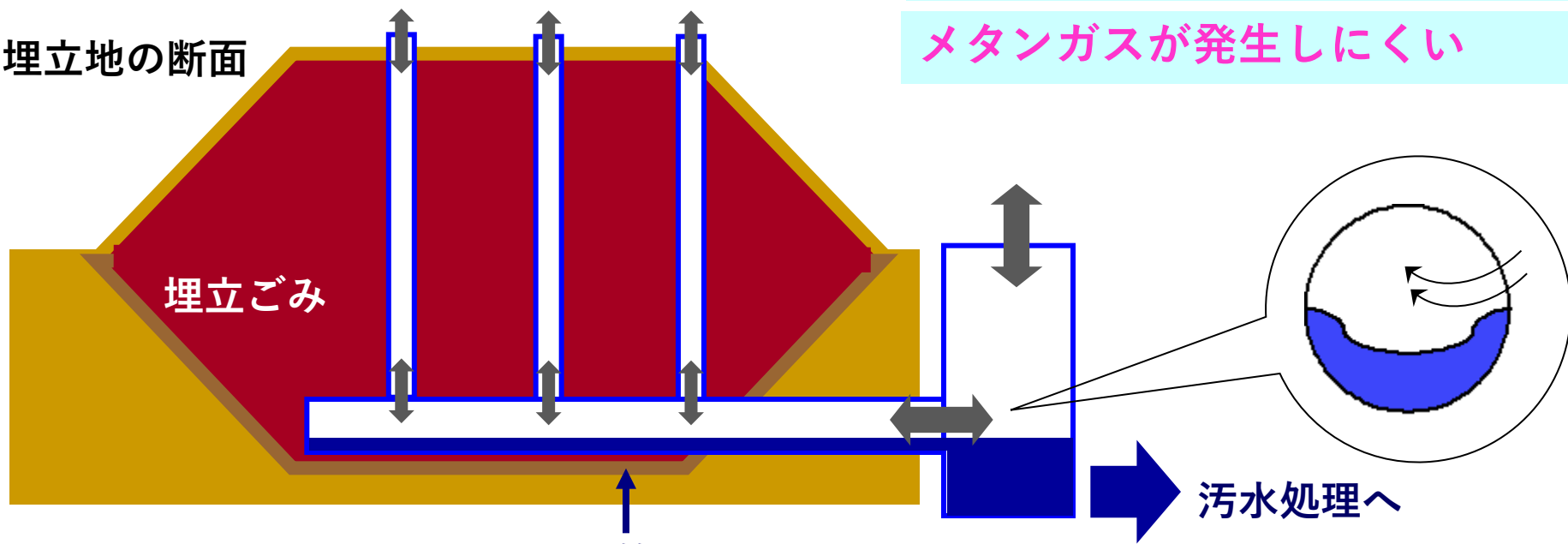
管を經由して内部に空気が供給される

酸素を使ってごみの分解が速く進む

メタンガスが発生しにくい



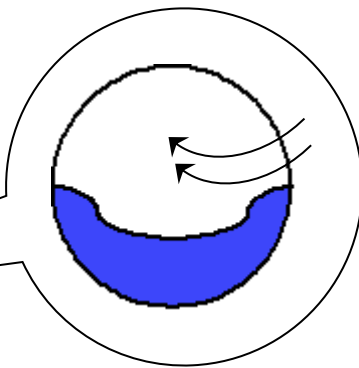
埋立地の断面



埋立ごみ

排水管

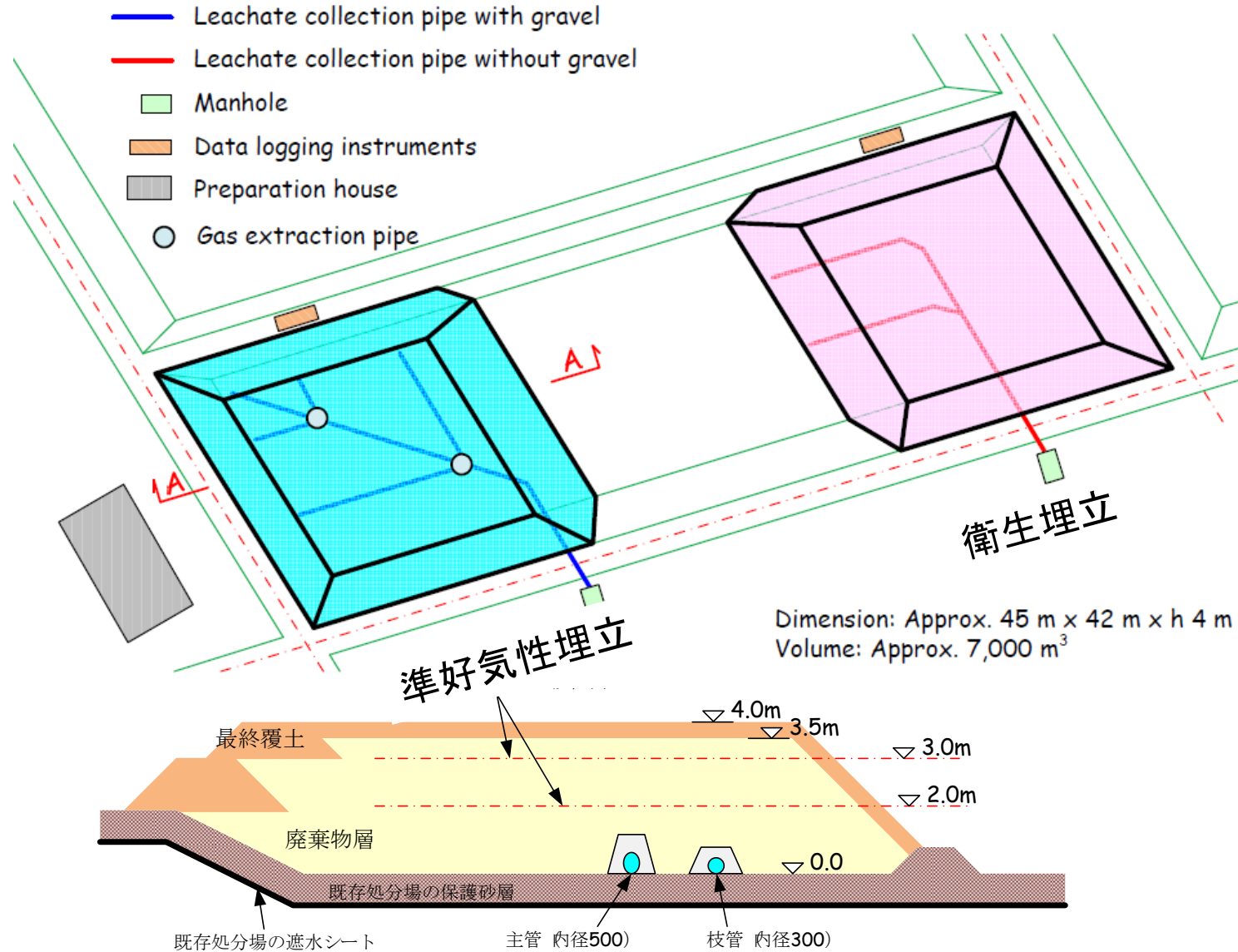
汚水処理へ



排水管を通じて  
外気が導入される

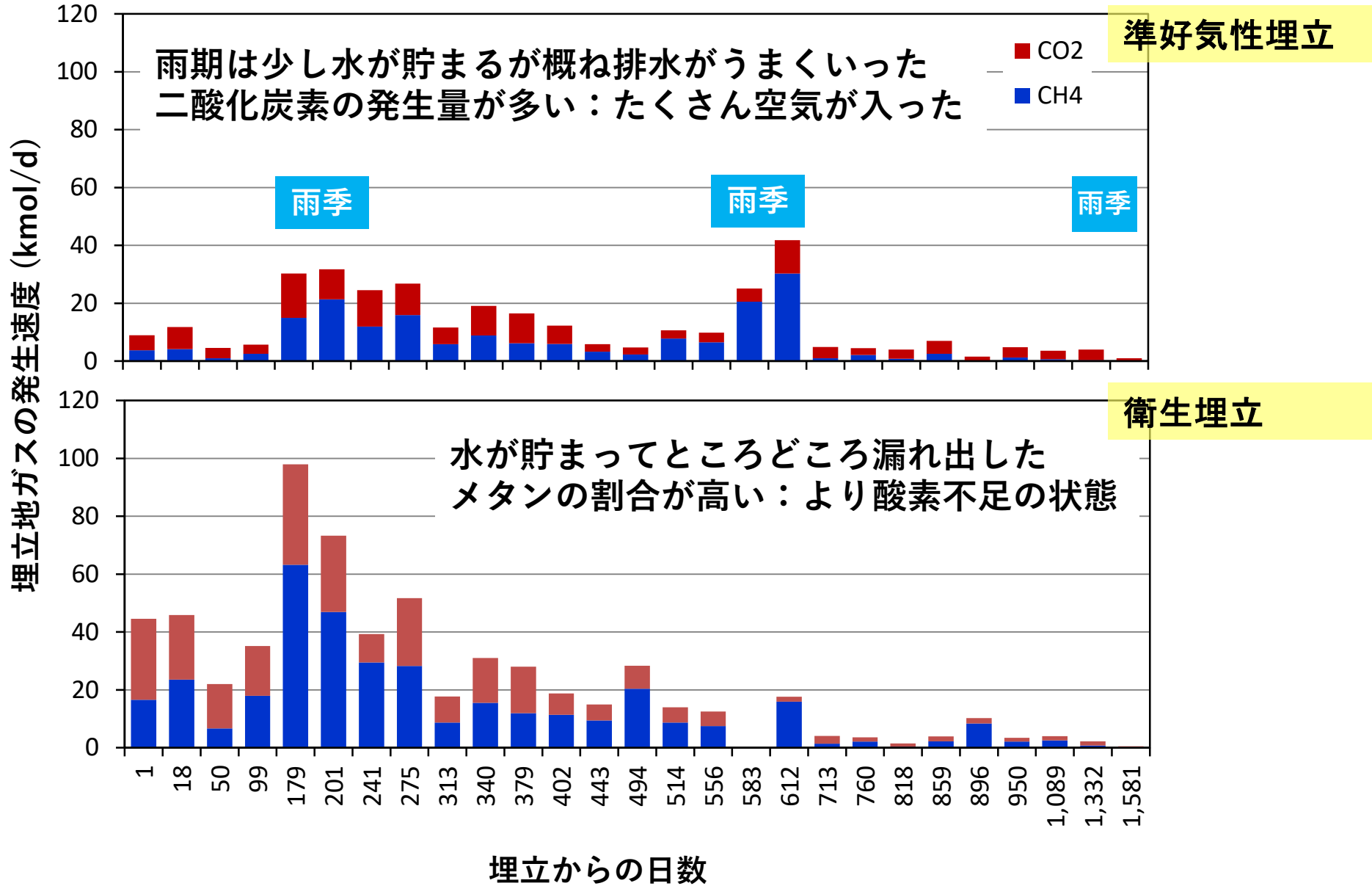
お金をかけずにごみの分解を速くできる  
管が水没しないよう水位を低く保つ必要

# タイで準好気性埋立やってみた



- ❓ ごみと管の割合
- ❓ 管の太さ
- ❓ 管の間隔
- ❓ 管周囲の敷設物

# 埋立地からのガス排出状況 ■二酸化炭素, ■メタン



# クリーン開発メカニズム

(途上国と協力して温室効果ガス排出量を削減する事業)

準好気性管理の導入による埋立地からの温室効果ガス排出量削減の検討  
(マレーシア)



# IPCC温室効果ガスインベントリ算定ガイドライン(2006)にも反映されました

Type of Site	Methane Correction Factor (MCF) Default Values
Managed – anaerobic <sup>1</sup>	1.0
Managed – semi-aerobic <sup>2</sup>	0.5
Unmanaged <sup>3</sup> – deep (>5 m waste) and /or high water table	0.8
Unmanaged <sup>4</sup> – shallow (<5 m waste)	0.4
Uncategorised SWDS <sup>5</sup>	0.6

<sup>1</sup> **Anaerobic managed solid waste disposal sites:** These must have controlled placement of waste (i.e., waste directed to specific deposition areas, a degree of control of scavenging and a degree of control of fires) and will include at least one of the following: (i) cover material; (ii) mechanical compacting; or (iii) levelling of the waste.

<sup>2</sup> **Semi-aerobic managed solid waste disposal sites:** These must have controlled placement of waste and will include all of the following structures for introducing air to waste layer: (i) permeable cover material; (ii) leachate drainage system; (iii) regulating pondage; and (iv) gas ventilation system.

<sup>3</sup> **Unmanaged solid waste disposal sites – deep and/or with high water table:** All SWDS not meeting the criteria of managed SWDS and which have depths of greater than or equal to 5 metres and/or high water table at near ground level. Latter situation corresponds to filling inland water, such as pond, river or wetland, by waste.

<sup>4</sup> **Unmanaged shallow solid waste disposal sites;** All SWDS not meeting the criteria of managed SWDS and which have depths of less than 5 metres.

<sup>5</sup> **Uncategorised solid waste disposal sites:** Only if countries cannot categorise their SWDS into above four categories of managed and unmanaged SWDS, the MCF for this category can be used.

Sources: IPCC (2000); Matsufuji *et al.* (1996)

# 同2019改訂版ではさらに詳しく

Type of Site	Methane Correction Factor (MCF) Default Values	Remarks
Managed – anaerobic	1.0 <sup>a</sup>	These must have controlled placement of waste (i.e., waste directed to specific deposition areas, a degree of control of scavenging and a degree of control of fires) and will include at least one of the following: (i) cover material; (ii) mechanical compacting; or (iii) levelling of the waste.
Managed well – semi-aerobic	0.5 <sup>b</sup>	When semi-aerobic managed SWDS type is managed under one of the following condition, it is regarded as well management ; (i) permeable cover material; (ii) leachate drainage system without sunk; (iii) regulating pondage; and (iv) gas ventilation system without cap, (v) connection of leachate drainage system and gas ventilation system.
Managed poorly – semi-aerobic	0.7 <sup>c</sup>	When semi-aerobic managed SWDS type is managed under one of the following condition, it is regarded as poor management; (i) condition of sunk of leachate drainage system; (ii) closing of valve of drainage or atmosphere-unopening of drainage exit; (iii) capping of gas ventilation exit.
Managed well – active-aeration	0.4 <sup>d,e,f</sup>	Active aeration of managed landfills includes the technology of in-situ low pressure aeration, air sparging, bioventing, passive ventilation with extraction (suction). These must have controlled placement of waste and will include leachate drainage system to avoid the blockage of air penetration, and (i) cover material; (ii) air injection or gas extraction system without drying of waste.
Managed poorly – active-aeration	0.7 <sup>g,h</sup>	When SWDS, that is equipped as well as active aeration of managed SWDS, is managed under one of the following condition, it is judged as poor management; (i) blockage of aeration system due to failure of drainage; (ii) lack of available moisture for microorganisms due to high- pressure aeration.
Unmanaged – deep (>5 m waste) and	0.5	All SWDS not meeting the criteria of managed SWDS and which have depths of greater than or equal to 5 metres and/or high water table at near

# 埋めずにごみをなんとかする方法： 廃棄物のエネルギー利用

- 廃棄物専用炉での焼却発電は技術・経済面でハードルが高い
- 地場の産業炉で使える燃料がよい
- 分別排出して高品質の燃料を作るのは実現可能性が低い

→ 混合ごみの固形燃料化・産業利用



# ごみからつくられた固形燃料：SRF (Solid Recovered Fuel:固形回収物燃料)

- 生活系混合ごみの燃料化
  - 多様な性状のごみから安定した品質の燃料を製造する
  - 原料中の分解性有機物成分が少ないと有利
  - 生ごみや剪定枝などリサイクルされやすいごみは除かれることも
- 機械選別・生物処理(MBT)による生産



# 混合都市ごみ（MBT搬入を前提）の性状の比較

ドイツ



厨芥等の生分解性成分が分別されている  
比較的乾燥していて、**分解性成分が少ない**

分解性画分  
47 mg/g

日本（可燃ごみ）



熱処理を前提として、  
熱量を維持する分別区分となっている

74 mg/g

タイ



厨芥・果皮等の水分が多い  
**分解性成分は多いが、熱量は少ない**

118 mg/g

# タイでの廃棄物固形燃料化

水分  
60-70%

6000kJ/kg

厨芥・果皮等の水分が多い  
分解性成分は多いが、熱量は少ない

118 mg/g

ごみ：含水率が高く分解性成分が多い  
お金：できるだけ費用を抑制したい  
資源：SRF利用先が限定

現状ではセメントのみの受け入れ  
固型化せず、梱包で出荷  
受け入れ側でのリジェクト率も高い (20%)

燃料の品質が心配

大丈夫かな



# 固形燃料製造設備（機械選別・生物処理）

処理前の収集ごみ



生物乾燥（天日・通気9ヶ月）



微生物反応で分解成分を減らし  
その際の熱で水分を蒸発させる

粒径・比重差選別



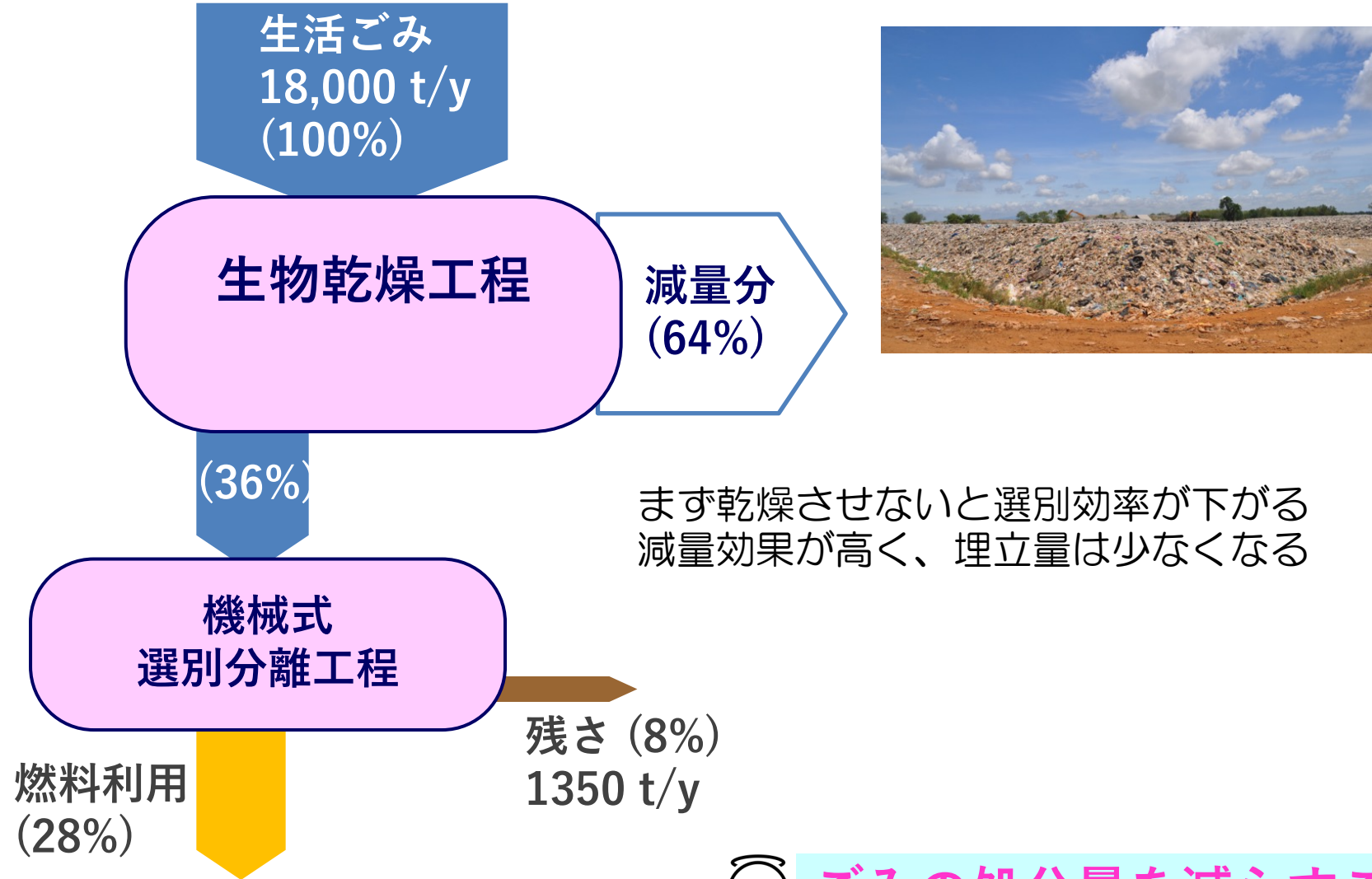
燃料(セメントキルン)



残さ (投棄)



# 固形燃料製造にかかる物質収支



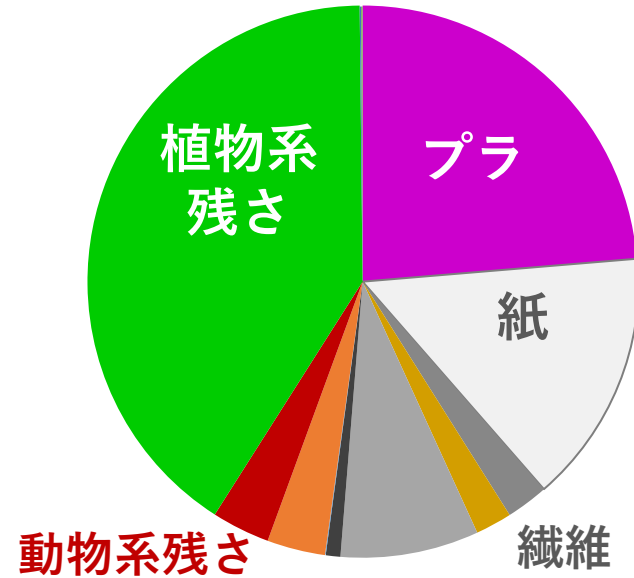
まず乾燥させないと選別効率が下がる  
減量効果が高く、埋立量は少なくなる



ごみの処分量を減らすことができる

# 廃棄物から製造された燃料の性状：利用者側の基準を満たす

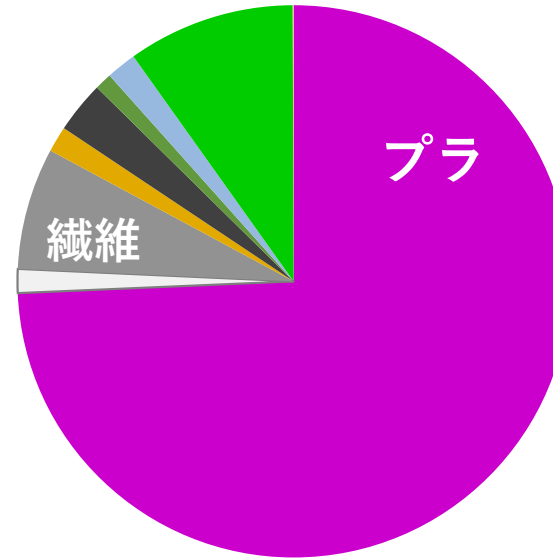
処理前の廃棄物



発熱量：5.2 MJ/kg



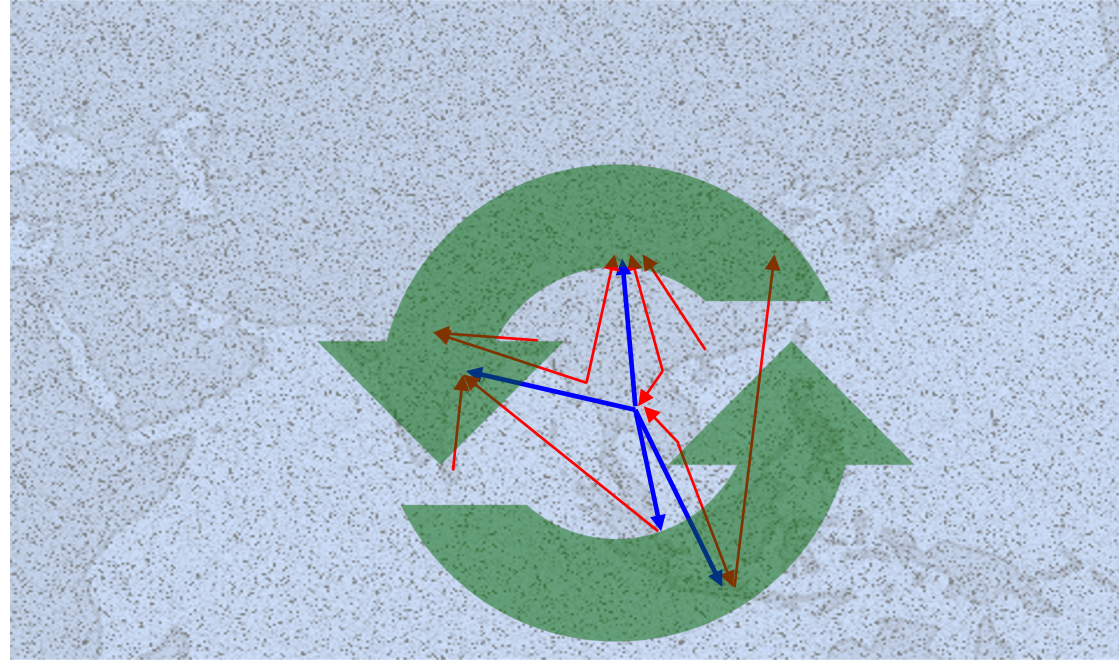
廃棄物由来燃料



発熱量：12.4 MJ/kg



# 固形回収物燃料のユーザー産業の多くは アジア全土に工場を有する多国籍企業



それぞれの国・地域で安定した品質の燃料を調達  
する必要性：共通の規格 **「国際標準」**

# ISO(国際標準化機構)における標準化

## 技術委員会TC300: 固形回収物燃料(SRF)の国際標準の開発

### TC300のスコープ:

廃棄物焼却や工業プロセスでのエネルギー回収目的で利用される、非有害廃棄物から調製されるSRFに関する規格の開発。  
無機成分のセメント材料としての利用、化学成分のリサイクルについては固形回収物材料(SRM)として規格を整備する。

- 品質による燃料等級・仕様の規格
  - [発熱量/有害性/維持管理性/自己発熱性]
- 試験方法の規格
- 品質検査・品質管理
- 製造・貯蔵・輸送にかかる安全管理





# すでに発行された標準規格

## ISO21637:2020 SRFの用語と定義

日本のRDF・RPFの情報、アジアの廃棄物由来燃料の状況を反映

## ISO21640:2021 仕様と等級

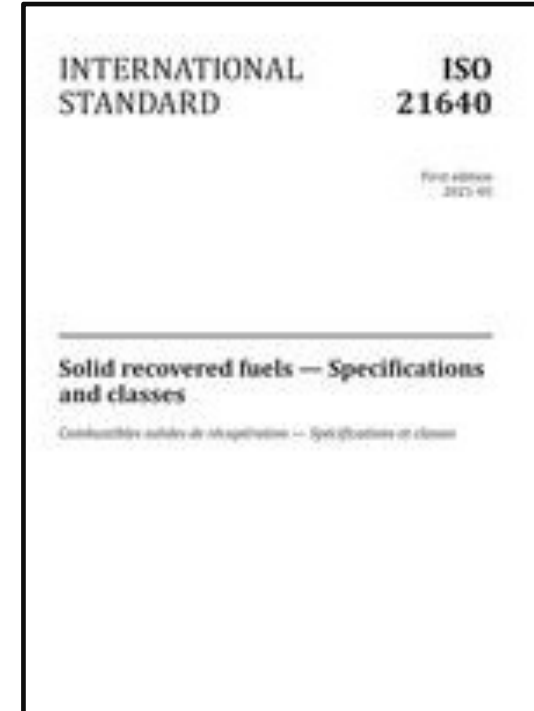
等級区分・基準についてJIS規格、燃料利用状況を踏まえた提言

## ISO21912:2021 安全な保管と取り扱い

我が国のRDFおよびRPFの安全管理状況の追加

## ISO21644:2021 バイオマス含有量の定量方法

アジアの再生可能エネルギー拡大状況も加味して、合理的な試験方法と信頼性評価を反映



# まとめ

- アジアのごみ問題へのとりくみは、地域の環境改善につながるだけでなく、世界的な懸念や、地球規模の問題解決にも貢献している
- 調査や研究の成果を、国際的な枠組を通じて、世の中に還元している
- 日本の技術を広めていくうえで、現地の状況を知り、それにあわせてアレンジする重要性も助言している