

平成30年度定時総会
平成30年6月8日(金)13:25~14:10
ホテルメトロポリタンエドモント

廃棄物処理研究のこれまでと今後の展開



九州大学大学院工学研究院
環境社会部門
教授 島岡 隆行

1

講演内容

- ◆ 廃棄物埋立地の現状
- ◆ 廃棄物処理研究のこれまで
- ◆ 廃棄物質の変遷
- ◆ 循環型社会の構築に向けて
- ◆ 廃棄物処理研究の今後の展開

2

廃棄物埋立地の現状

3

1970年代のごみ埋立地



福岡市東区

4

50年後、現在のごみ埋立地



福岡市西区

5

アジア諸国の埋立地の現状



6



 Dacca, Bangladeshi, 2014.3.14


7



 Colombo, Sri Lanka, 2011.7.8

8



 Ho Chi Minh City, Vietnam, 2012.4.1

9



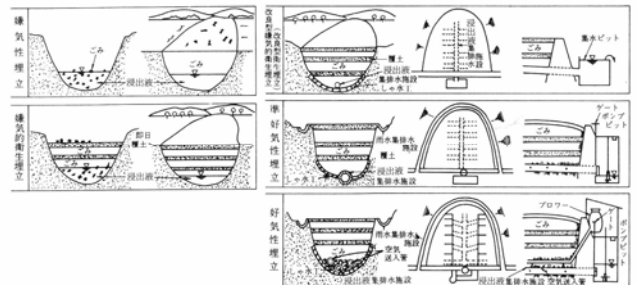
 Jakarta, Indonesia, 2012.2.14

10

廃棄物処理研究のこれまで

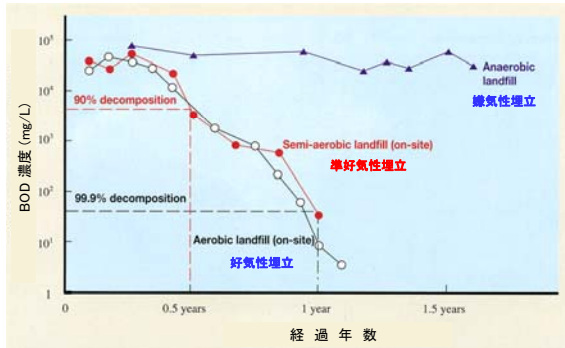
11

埋立構造



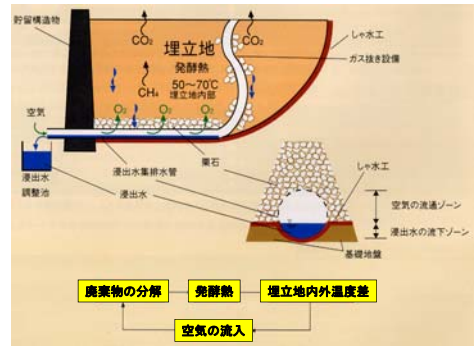
12

埋立地浸出水の速やかな水質改善



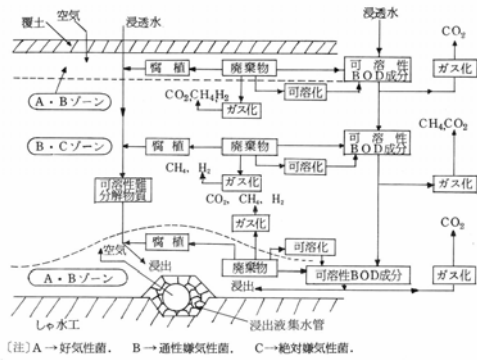
13

準好気性埋立の機構



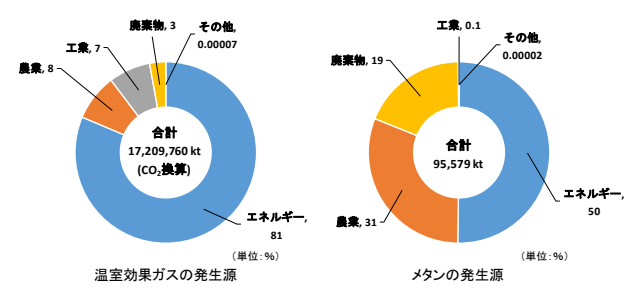
出所:福岡市ハムレット

14



15

温室効果ガス排出に占める廃棄物の割合



出所: UNFCCC, Greenhouse Gas Inventory Data 2015. http://di.unfccc.int/detailed_data_by_party

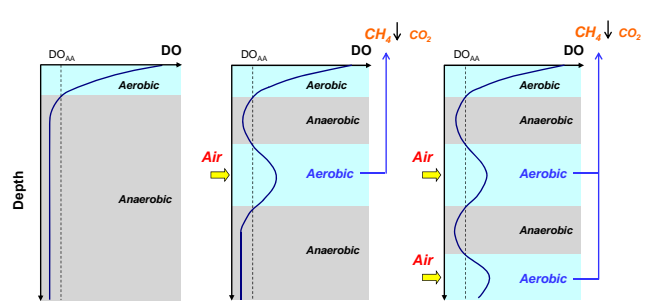
16

好気・嫌気化埋立工法の開発

アジアの多様な気候、文化に対応できる、①浸出水の水質改善、②メタンガスの発生抑制、③ごみの早期安定化を可能とする埋立工法

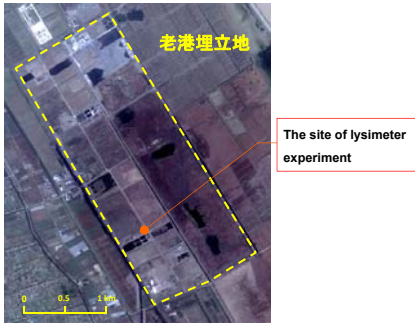
17

好気・嫌気化埋立工法の概念



18

中国、上海市における埋立実験



19

大型埋立模型槽



20

廃棄物埋立層への送気システム



Gas injection system

(1) Compressor → (2) Gas regulator →
(3) Flow meter → (4) Air hose

Perforated gas injection pipes were installed at three different depth.

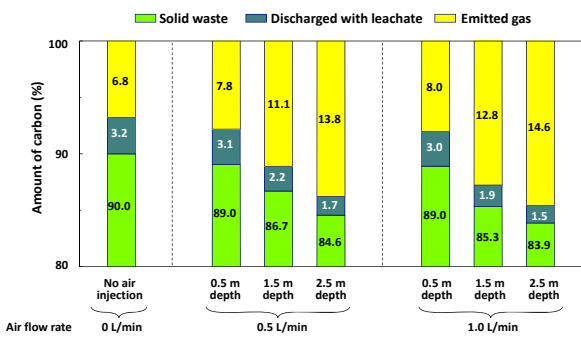
21

大型埋立模型槽に充填した埋立廃棄物



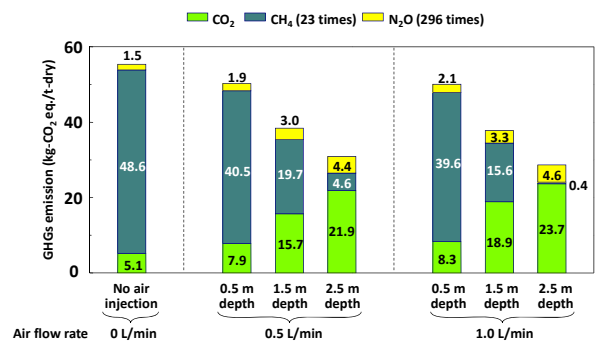
22

有機炭素の物質収支(5年間)



23

温室効果ガスの排出量(5年間)

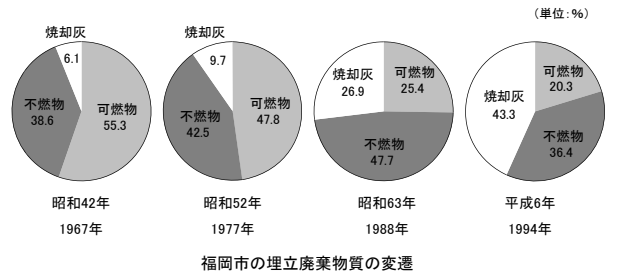


24

埋立廃棄物質の変遷

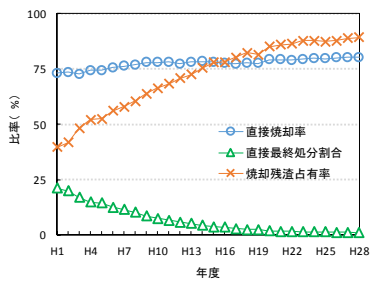
25

埋立廃棄物質は無機化して来た！



26

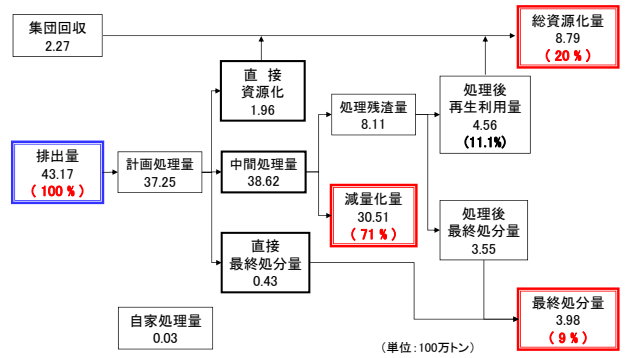
焼却残渣が埋立地を占有！



出所: 環境省, 一般廃棄物処理実態調査結果, 日本の廃棄物処理平成10年度版, 経済産業省, 3R政策「統計資料」一般廃棄物

27

一般廃棄物処理フロー (平成28年度)



出所: 環境省, 一般廃棄物処理事業実態調査の結果(平成28年度)について

28

我が国の近年の埋立地



福岡市西区

29

循環型社会の構築に向けて

30

物質フロー分析に基づく3つの指標

「循環型社会形成推進基本計画」では、物質フロー分析に基づく3つの指標について、数値目標を定めている。

入口：資源生産性 = GDP/資源投入量

循環：循環利用率 = 循環資源量/資源投入量

出口：最終処分量

焼却灰の骨材としての資源化

- 道路路盤材としての有効利用事例
- 埋立焼却灰の風化に伴う安定化現象

道路下層路盤材としての有効利用事例

湿式物理選別処理装置



処理能力: 8 t/hr

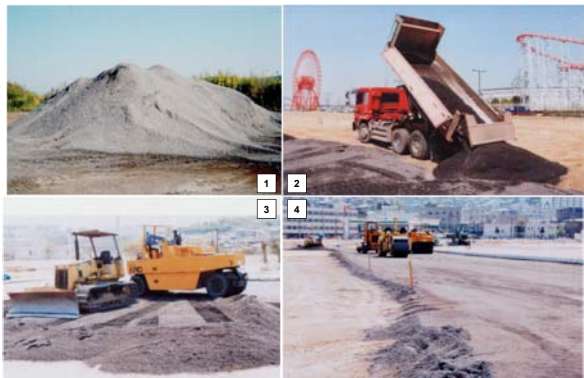


原料焼却灰



処理焼却灰 (d < 13mm)

我が国初の利用事例：北九州博覧際2001

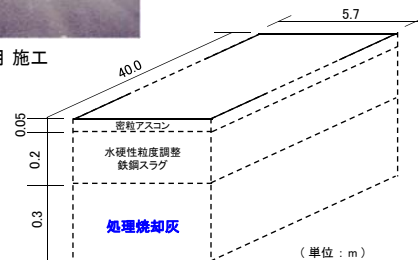


1: 埋立地でのエイジング, 2: 搬入, 3: 巻き出し(層厚 25 cm), 4: 転圧

焼却灰の道路下層路盤材の施工状況



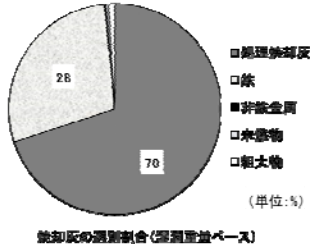
1999年7月 施工



(単位: m)

焼却灰の物理選別割合

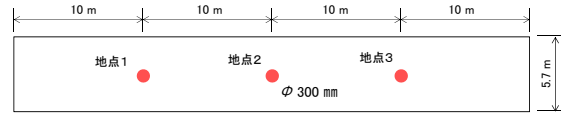
稼働:
1998年3月
形式:
全連続ストーク炉
能力:
270 t/day × 3炉
採取日:
1999年 4~6月
採取量:
170 wet-t



焼却灰の選別割合(湿重量基準)

平尾孝典・内田敏仁・島岡隆行: 一般廃棄物焼却灰を有効利用した道路路盤材の長期安定性. 第12回環境地盤工学シンポジウム発表論文集. pp.173-176. 2017

焼却灰の道路下層路盤材の採取状況



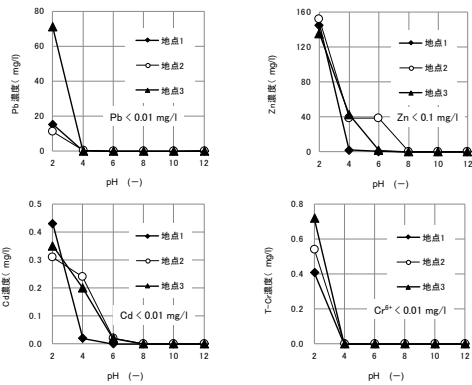
コア掘削位置(3地点)



2017年1月, コア採取状況(φ 300 mm × d 30 cm)

環境安全性

※ 図中の濃度は、環境庁告示46号試験



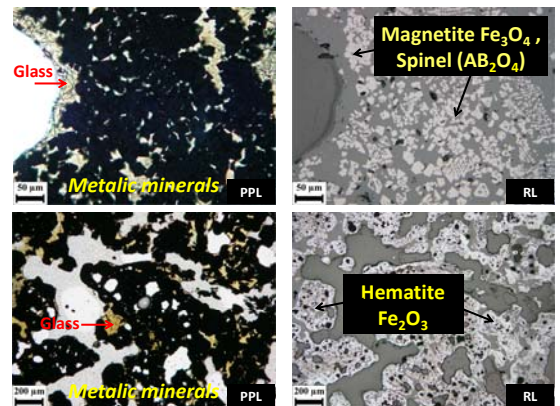
17年経過した焼却灰のpH依存性試験

埋立焼却灰の風化に伴う安定化現象

1. 新鮮な焼却灰中の鉄含有一次生成物
2. 埋立地で風化作用を受けた焼却灰中の鉄含有二次生成物
3. 鉄を含有する二次鉱物と重金属の相互作用

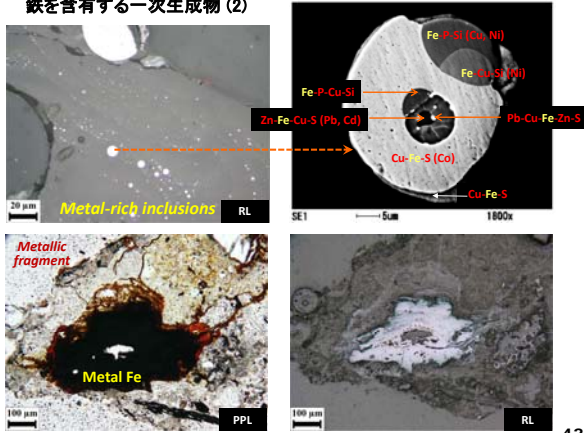
1. 新鮮な焼却灰中の鉄含有一次生成物

鉄を含有する一次生成物 (1)



PPL: Plane Polarized Light mode, RL: Reflected Light mode

鉄を含有する一次生成物 (2)



PPL: Plane Polarized Light mode, RL: Reflected Light mode

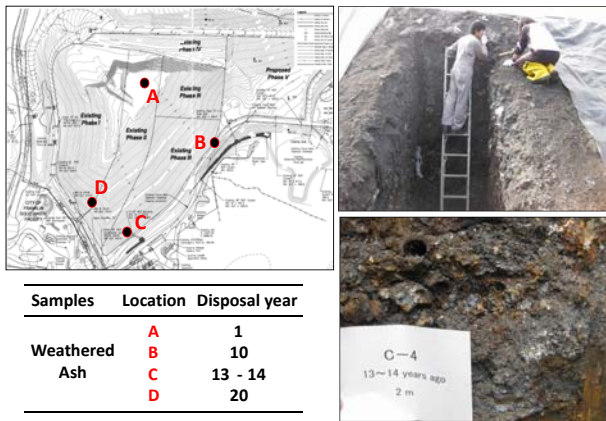
43

2. 埋立地で風化作用を受けた焼却灰中の鉄含有二次生成物の鉄含有二次生成物

44

埋立焼却灰の採取, Mono-landfill, アメリカ

45



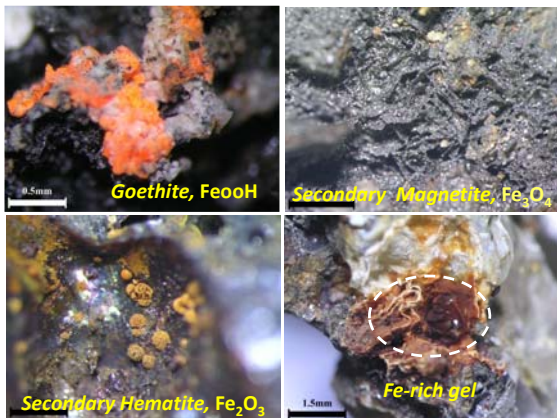
| Samples | Location | Disposal year |
|---------------|----------|---------------|
| Weathered Ash | A | 1 |
| | B | 10 |
| | C | 13 - 14 |
| | D | 20 |

埋立焼却灰中の二次鉱物種

- Carbonates
 - Calcite CaCO_3
- Ca-Al-Si-Cl phases (hydrate)
 - Portlandite Ca(OH)_2
 - Gypsum $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
 - Hydrocalumite $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{O}_6\text{Cl}_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
 - Ettringite $\text{Ca}_6\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{12} \cdot 26\text{H}_2\text{O}$
 - Gibbsite/Bayerite Al(OH)_3
 - Calcium silicate hydrate $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$
 - Calcium silicate $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$
 - Al-rich amorphous precipitates
- Iron oxide/hydroxide phases
 - Goethite $\alpha\text{-FeO} \cdot \text{OH}$
 - Lepidocrocite $\gamma\text{-FeO} \cdot \text{OH}$
 - Magnetite Fe_3O_4
 - Hematite Fe_2O_3
 - Wüstite FeO
 - Fe-rich amorphous (gel) phases
- Glass alteration products
- Metal-rich phases
 - Cuprite Cu_2S
 - Chalcocite Cu_2O
 - Fe-Cu rich phases

46

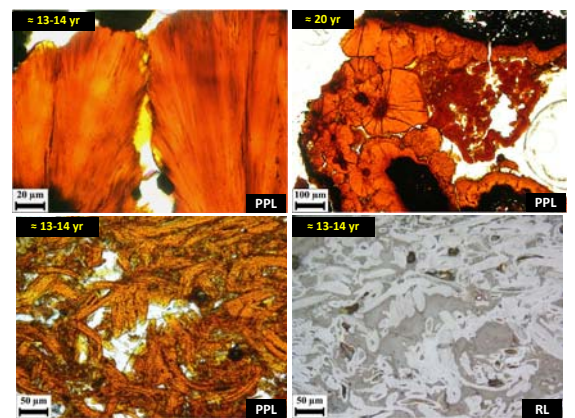
鉄を含有する二次鉱物 (1)



All from location C : = 13-14 yr

47

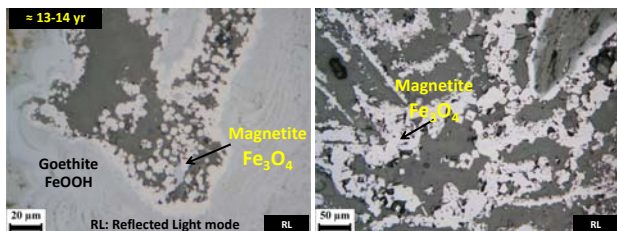
鉄を含有する二次鉱物 (2) Goethite FeOOH



PPL: Plane Polarized Light mode, RL: Reflected Light mode

48

鉄を多く含む二次鉱物 (2)

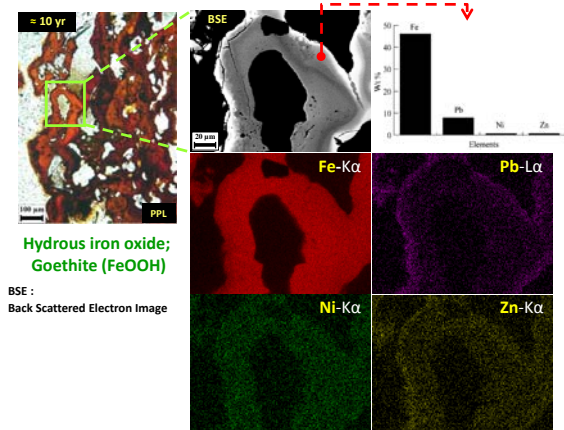


49

3. 鉄を含有する二次鉱物と
重金属の相互作用

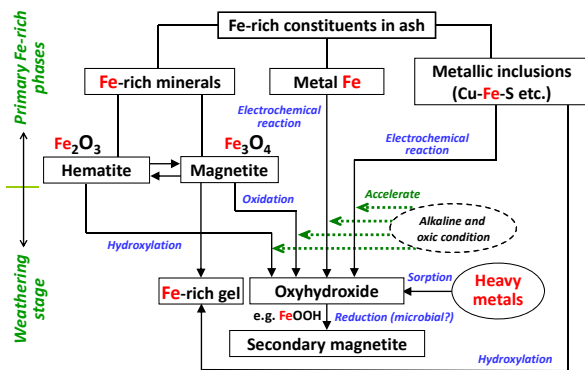
50

二次鉱物による重金属の吸着



51

埋立地における鉄含有鉱物種の相互変換



Revised from Wei, Shimaoka, Saffarzadeh and Takahashi, 2011

52

廃棄物処理研究の今後の展開

54

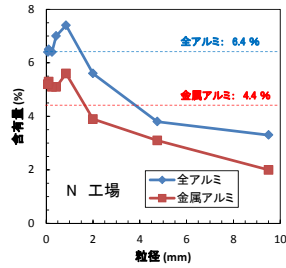
再生可能エネルギー、水素ガスの
焼却灰からの回収

54

全アルミニウム及び金属アルミニウムの含有量

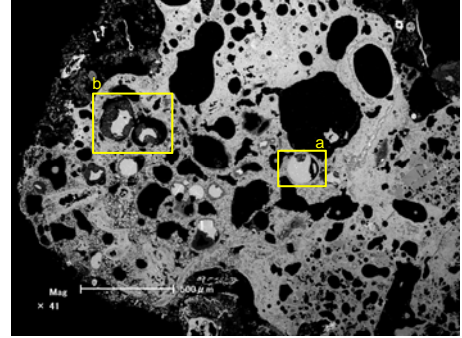


焼却灰(湿灰)



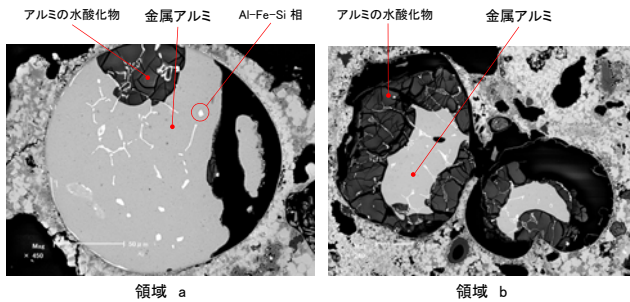
55

全アルミニウム及び金属アルミニウムの存在部位及び化学形態 (1)



56

全アルミニウム及び金属アルミニウムの存在部位及び化学形態 (2)

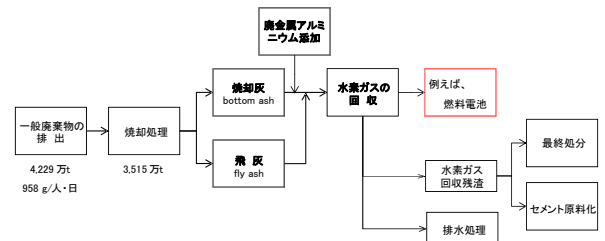


領域 a

領域 b

57

研究開発の概要

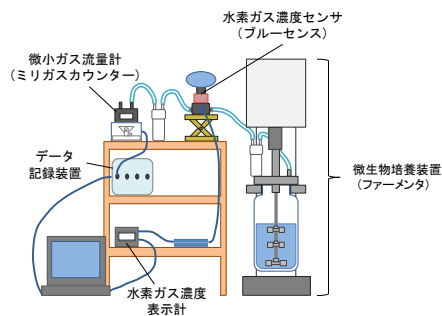


注) 数値は、平成25年度実績

58

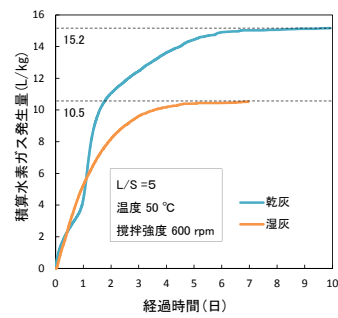
水素ガス発生量の測定

焼却灰(湿灰及び乾灰、粒径9.5mm以下)を風乾し、実験に供した。



59

焼却灰からの積算水素ガス発生量



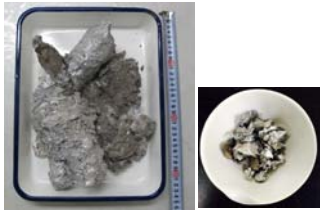
・乾灰では湿灰より約1.4倍の水素ガスが発生した。

・湿灰は水冷中に水と反応し、既に、ある程度、水素ガスが発生したと考えられる。

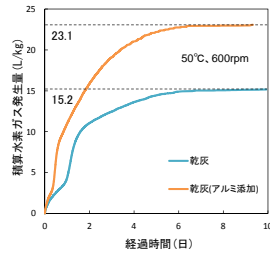
60

廃棄物由来の金属アルミニウム添加による 水素ガス発生促進

- ・ ストーカー下につらら状に付着していたアルミ塊を採取した。
- ・ 焼却灰(乾灰)に対して重量割合5%のアルミ塊を添加し、実験を行った。



採取したアルミ塊
ストーカー下から採取したアルミ塊



積算水素ガス発生量

落じん灰中のAu, Agの含有量

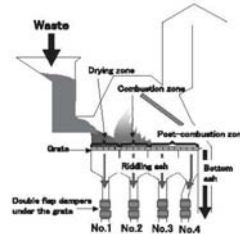


Fig. 3 The scheme of double flap dampers under the grate in stoker-type incinerator

Table 4 Chemical composition of Au and Ag of riddling in C plant

| Unit: mg/kg | | |
|--|-----|-----|
| The double flap damper under grate No. | Au | Ag |
| No.1 | 34 | 93 |
| No.2 | 6.8 | 62 |
| No.3 | 6.9 | 150 |
| No.4 | 4.8 | 41 |
| Total | 6.6 | 55 |

鉱山での含有量：
Au 4~6 g/t (露天掘), 8~10 g/t (地下鉱山).
Ag 110~140 g/t

山本浩ら：一般廃棄物焼却プロセスにおける有価金属の落じん灰への移行挙動の解明。
 廃棄物学会論文誌, Vol.18, No.5, pp.314-324, 2007, 図表抜粋

おわりに

今後求められる廃棄物処理研究とは？

- ・ アジア途上国においては、3R政策の推進と生活環境保全、地球環境のための埋立処分に関する研究
- ・ 我が国においては、廃棄物処理施設を資源循環化基地とし、資源、エネルギーの回収に関する研究

ご清聴、ありがとうございました。