

2013/05/17

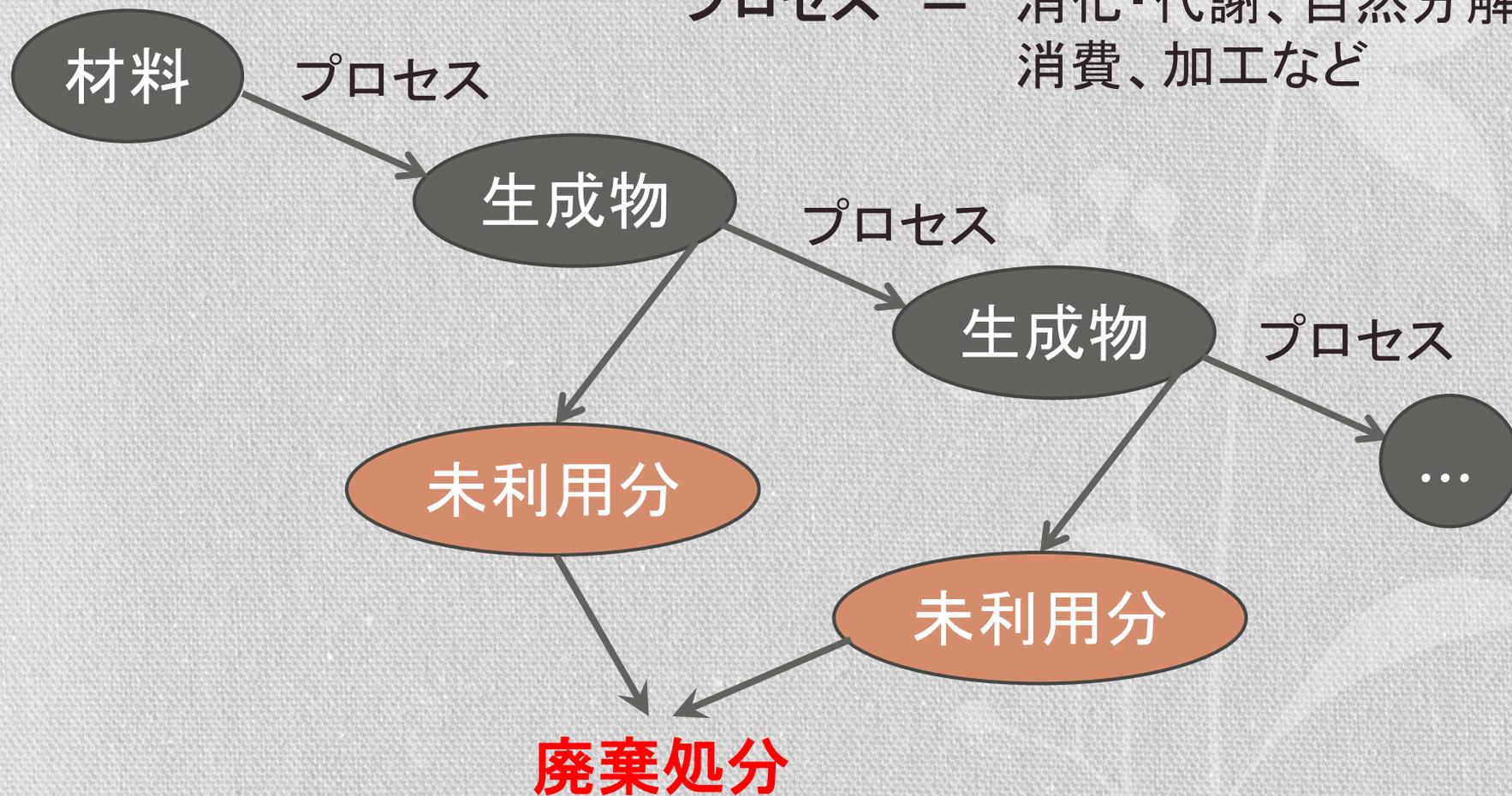
地域廃棄物の有効利用： 災害産物による水質改善

SALIM CHRIS



廃棄物の発生

プロセス = 消化・代謝、自然分解、消費、加工など



人間活動によって発生する廃棄物

~~廃棄物 = ゴミ → 処分~~

持続的な循環型社会

廃棄物：回収・有効利用できる部分 = 資源
→ 再利用

回収・有効利用できない部分 = ゴミ
→ 処分

技術の発達および社会の意識によって
回収・有効利用できる割合が増加する

廃棄物の有効利用に関する難点・問題点

- 回収方法
(分別・収集・運搬など)
- 処理方法
(有用物への転換方法、不純物からの分離方法など)
- 用途
(新規利用目的の確立、代替品としての品質など)

↑
技術的な面
社会的な面
経済的な面

産出地域への有効利用

- ・回収問題などの軽減
- ・社会の意識向上
- ・地域産業の活性化

廃棄物の有効利用：用途

- コンポスト ← 有機系
- 燃料 ← 炭素系
- 材料合成の原料 / 添加剤



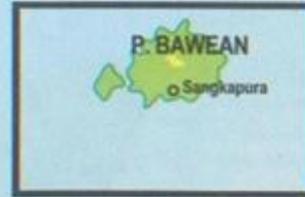
- 建設材 (セメント・コンクリート・レンガ)
- 土壌改良剤
- 充填材
- 電気・電子部品
- 化学薬品
- 吸着剤
- 触媒など

東ジャワの泥噴出災害(2006年)



2006年8月

LAUT JAWA



PROPINSI
JAWA TENGAH

SURABAYA
SIDOARJO



SKALA 1 : 1.444.500

- TINGGINYA LEBIH DARI 1500 M
- TINGGINYA ANTARA 1000 DAN 1500 M
- TINGGINYA DARI 400 SAMPAI 1000 M
- TINGGINYA ANTARA 200 DAN 400 M
- TINGGINYA DARI 0 SAMPAI 200 M
- DALAMNYA ANTARA 0 - 200 M
- DALAMNYA ANTARA 200 DAN 3000 M
- DALAMNYA LEBIH DALAM DARI 3000 M

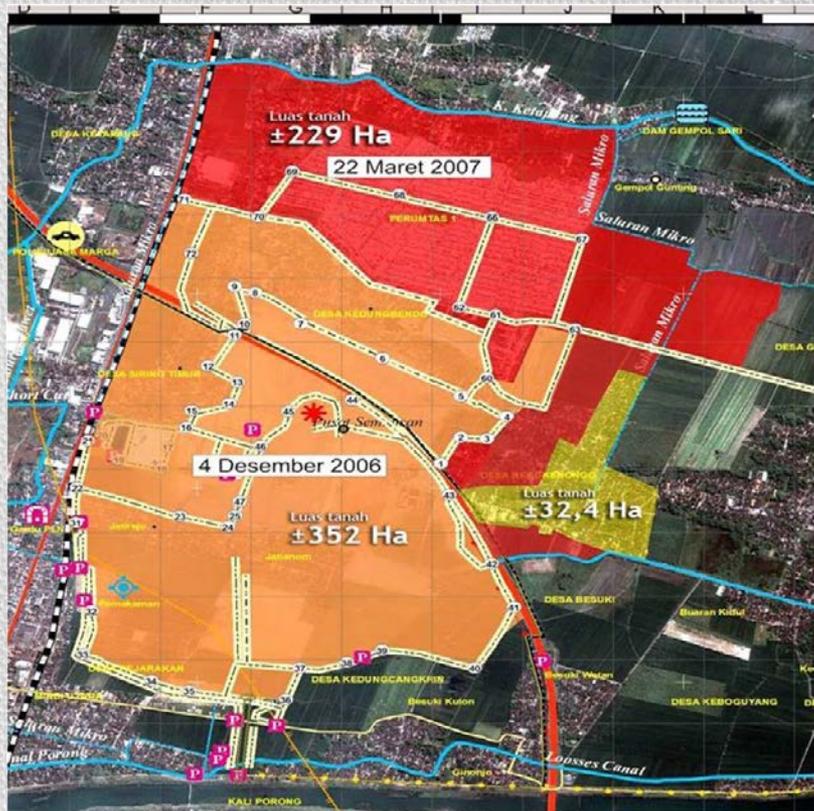
SAMUDERA INDONESIA

東ジャワの泥噴出災害

- 発生地：シドアルジョ市
- 発生日：2006年5月29日
- 原因：ガス井戸の試掘中の人為的なミス
- 噴出速度：

2006年5月	50,000 m ³ /day
2006年12月	180,000 m ³ /day
2007年9月	100,000 m ³ /day
2010年6月	30,000 m ³ /day
2013年3月	10,000 m ³ /day

東ジャワの泥噴出災害



<http://rcm-lusi.blogspot.jp/2012/02/peta-area-terdampak.html> 参照

東ジャワの泥噴出災害



Porong 川

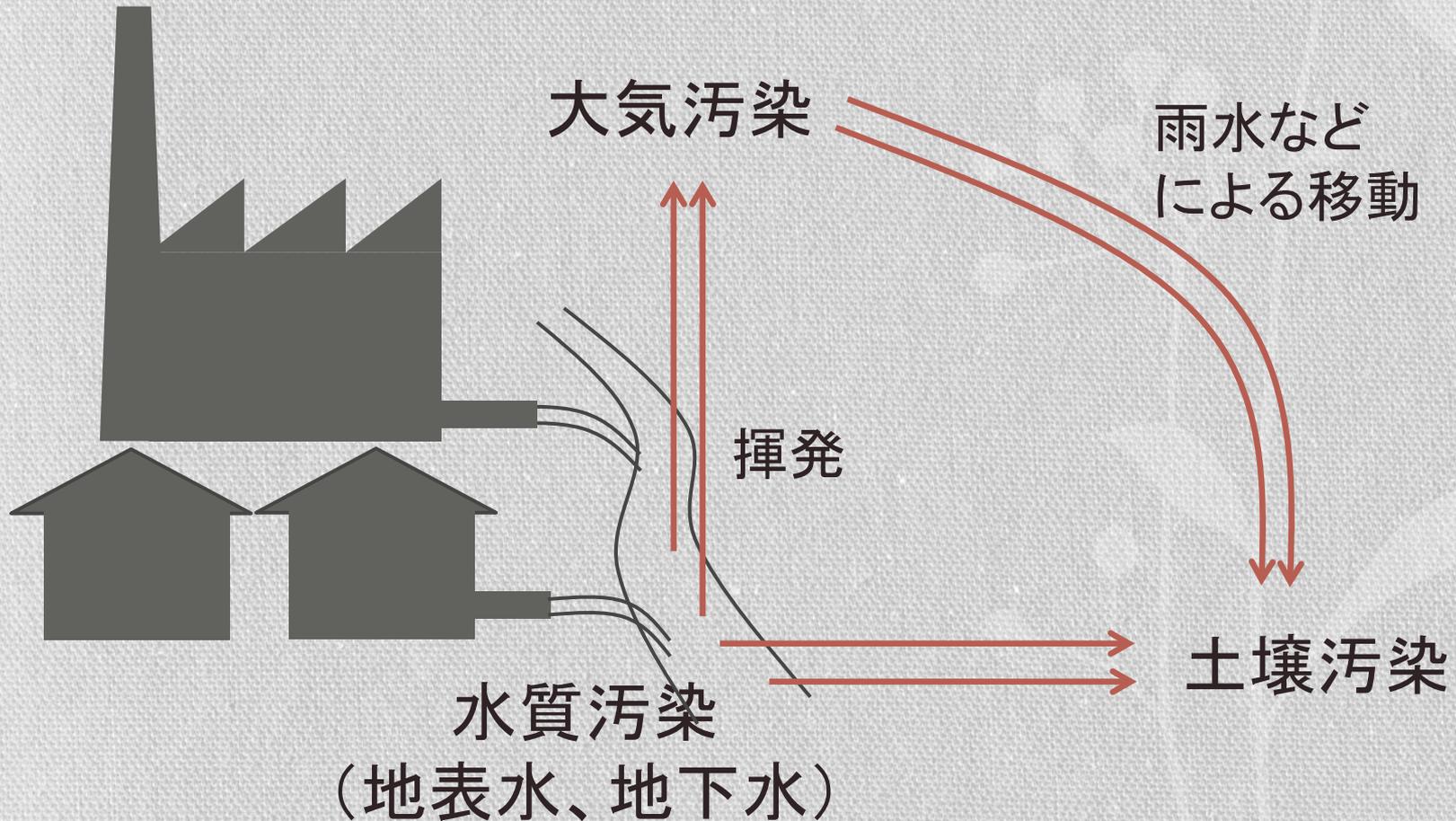
下: Porong 川に汚泥を流している様子
(2012年12月)



<http://rcm-lusi.blogspot.jp/2012/02/peta-area-terdampak.html>
<http://www.tempo.co/read/news/2013/01/11/058453694/BPLS-Lembur-Buang-Lumpur-ke-Kali-Porong> 参照

環境保護：廃水処理の重要性

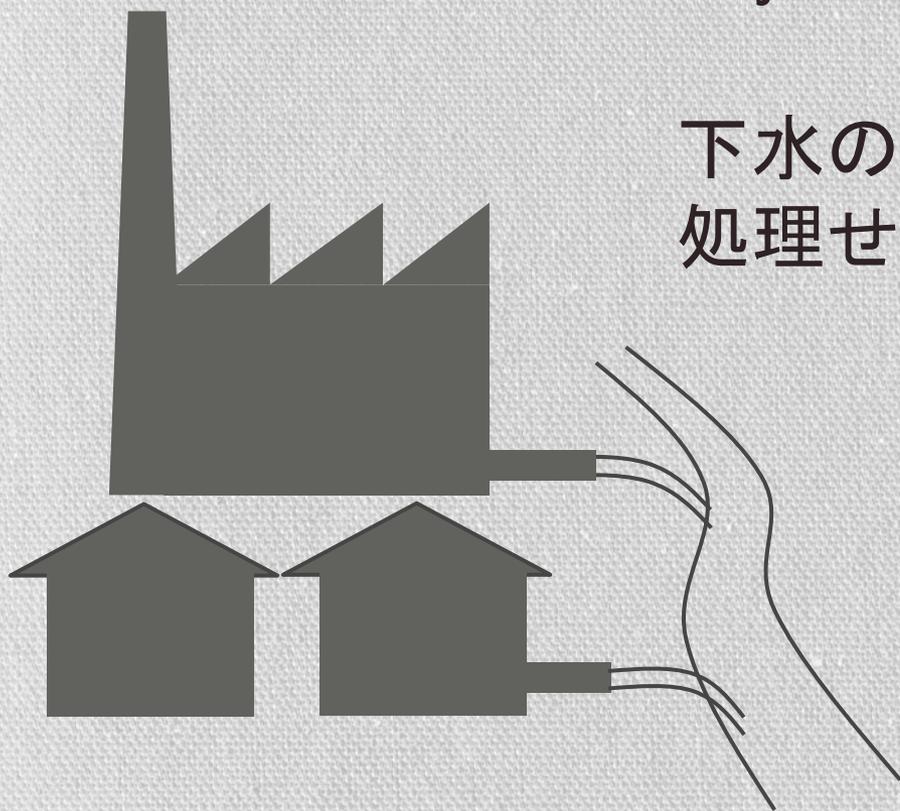
不適切な廃水処理による環境問題：



開発途上国における廃水処理の現状

Millenium Ecosystem Assessment (2005年)

下水の90%、工業廃水の70%
処理せずに地表水に流している

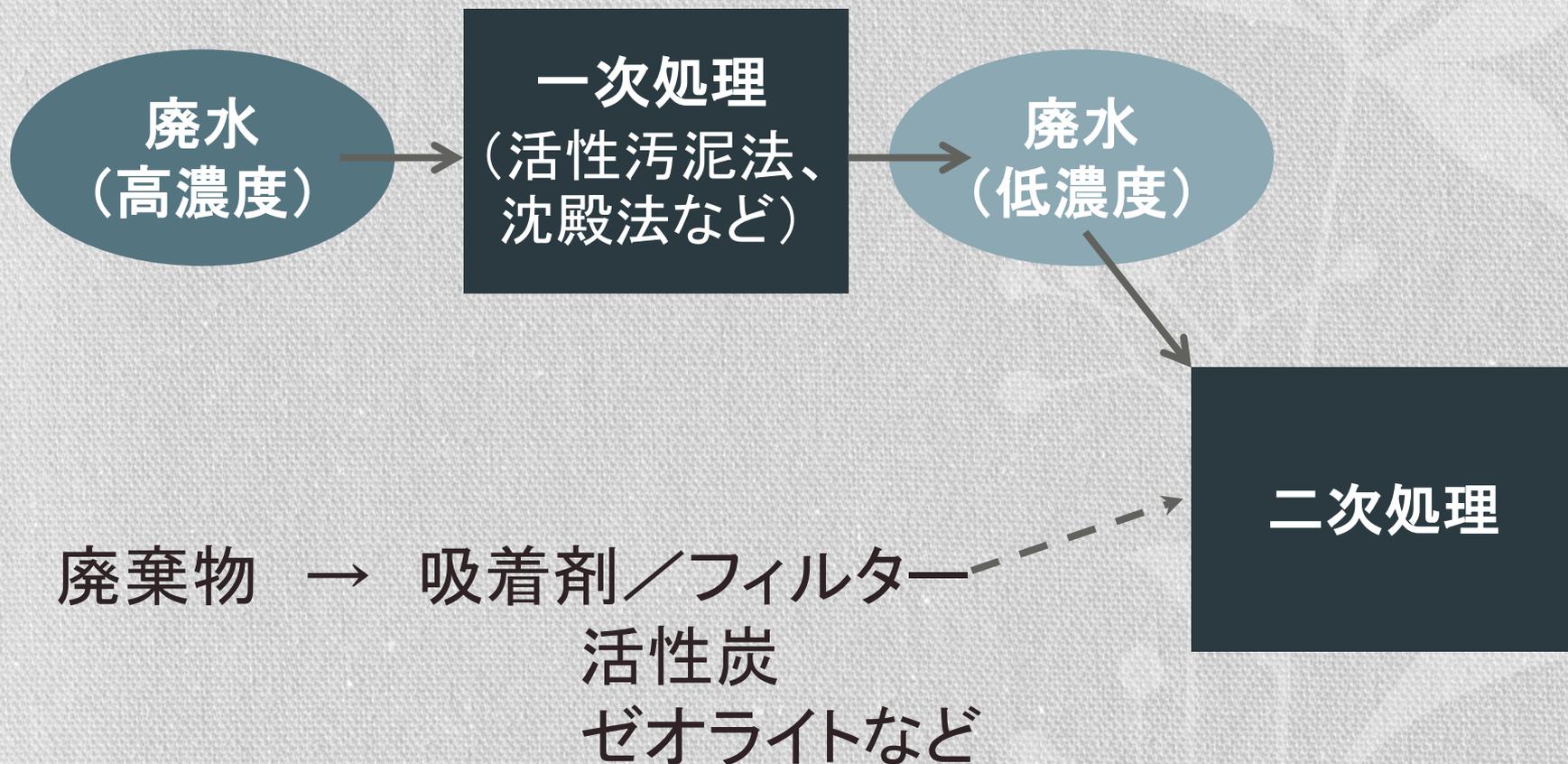


水質汚染の現状：インドネシア

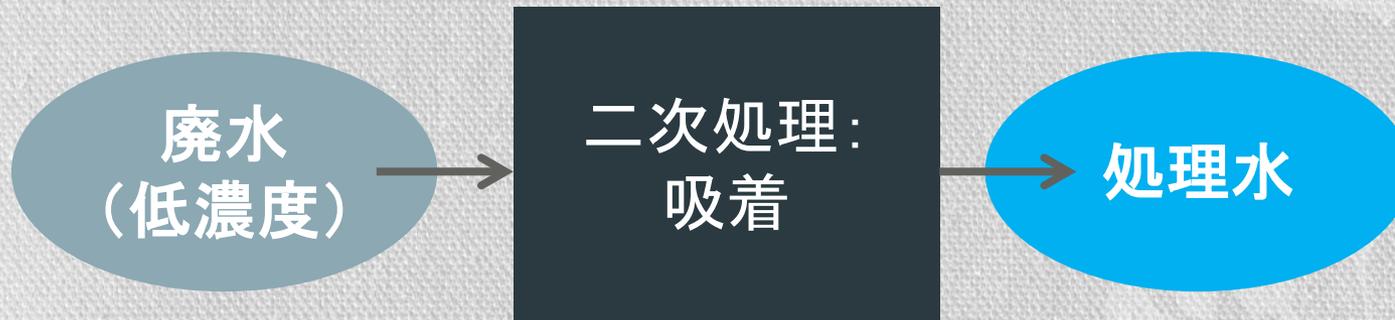
- インドネシアの411本の河川に対する環境省の調査によると75%程度がひどく汚染されている。(2013年)
- ADBの調査によるとインドネシアの水質汚染によって生じた損失が45兆ルピアに相当する。(2008年)
- 汚染源：生活排水、工業廃水、固体ゴミ



廃棄物の有効利用：工業廃水処理



廃棄物の有効利用：工業廃水処理



- 汚染物質が吸着剤に濃縮される
- 汚染物質含有吸着剤の処理：
 - 再生
 - 燃焼
 - 固定化

水質汚染の現状：インドネシアの東ジャワ

Sungai Brantas (ブランチス川)

- 東ジャワにおいて長さ(320 km)および流域面積(11,800 km²)で最大、ジャワ島全体において2番目。
- 東ジャワの1400万人の生活を支えている。
- 1054個の工場。一日当たり330トンの廃水を排出する40個の工場が川の汚染源となっている可能性が高い。(2013年の調査)
- 中流および下流では工業廃水による水質汚染が確認された。(2013年の調査)

<http://regional.kompas.com/read/2013/04/13/18095352/Sahabat.Sungai.Susuri.Sungai.Brantas>参照

水質汚染の現状

工場の種類と廃水中に含まれる重金属

- 製紙工場 : Cr, Cu, Hg, Pb, Ni, Zn
- 肥料工場 : Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Ni, Zn
- ガラス・セラミック工場 : Cr
- セメント工場 : Cr
- 繊維工場 : Cr
- 皮革工場 : Cr
- など

シドアルジョ汚泥の有効利用

シドアルジョ汚泥

- 主な成分: Si, Al, Fe
- 主な化合物 (XRD): SiO_2
- 他の化合物 (XRD): Muscovite ($\text{KAl}_2\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_2$),
Albite ($\text{Na}(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_8$),
Kaolinite ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$)

シドアルジョ汚泥の有効利用

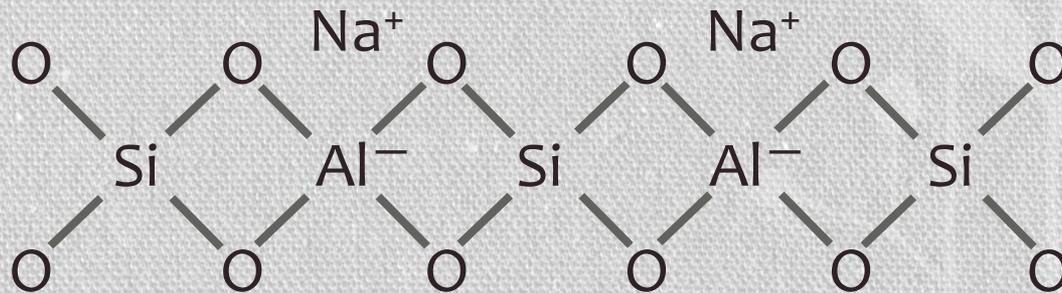
ゼオライト

- アルミノケイ酸塩
- 一般的な化学式:



- 天然の鉱物として存在する

(analcime, chabazite, clinoptilolite など)

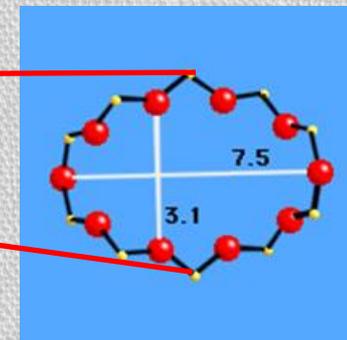
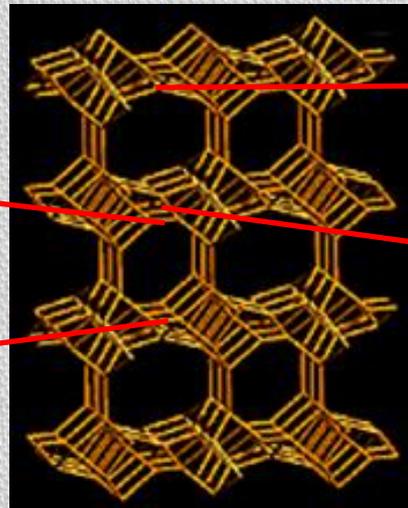
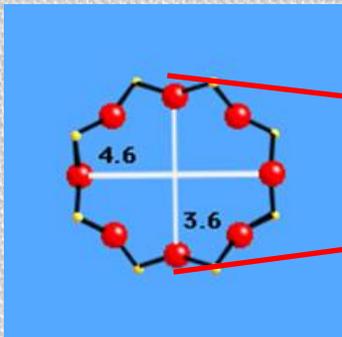
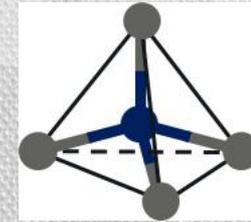


国際ゼオライト学会、日本ゼオライト学会参照

シドアルジョ汚泥の有効利用

ゼオライト

- 基本構造: SiO_4 or AlO_4^- (四面体)
- 四面体構造が三次元方向に連なって結晶を形成する
- 多孔質、細孔直径: 0.2~1.0 nm 程度
- 用途: 分子ふるい、固体酸、イオン交換剤、触媒、吸着剤など



例: clinoptilolite (HEU)

国際ゼオライト学会、日本ゼオライト学会参照

シドアルジョ汚泥の有効利用

シドアルジョ汚泥由来ゼオライトによる廃水処理

- 主な成分: Si, Al, Fe

アルカリ水熱合成

ゼオライト → 吸着剤としての性能評価

吸着剤を利用した実用的なプロセス・装置の設計

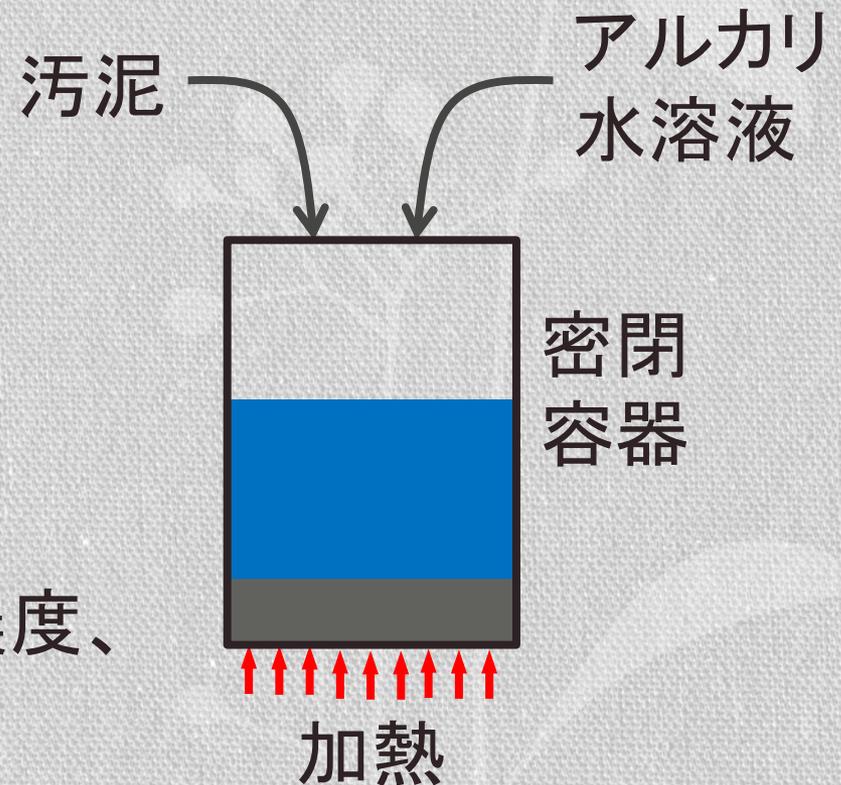
シドアルジヨ汚泥の有効利用

汚泥のアルカリ水熱合成

- 温度、圧力 ↑
- 汚泥成分 (Si、Al) の溶解
- 溶液中にSi、Alが反応し、ゼオライト結晶を形成する

条件:

加熱温度、アルカリ水溶液濃度、
汚泥の組成 (Si/Al)、
原料・溶液の量など



シドアルジョ汚泥の有効利用

汚泥のアルカリ水熱合成

汚泥 1 g
2M NaOH 水溶液 10 ml

24 h 混合

混合物

24 h、120°C 反応(水熱合成)

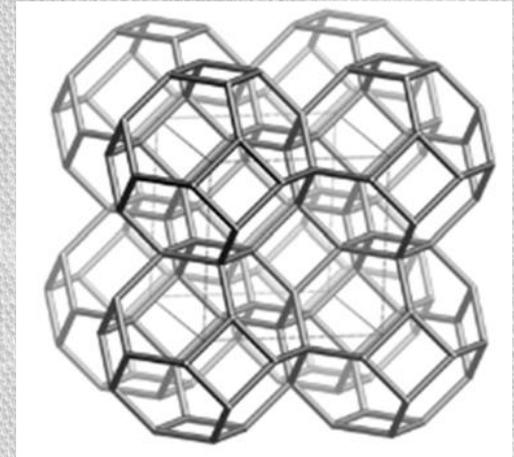
生成物



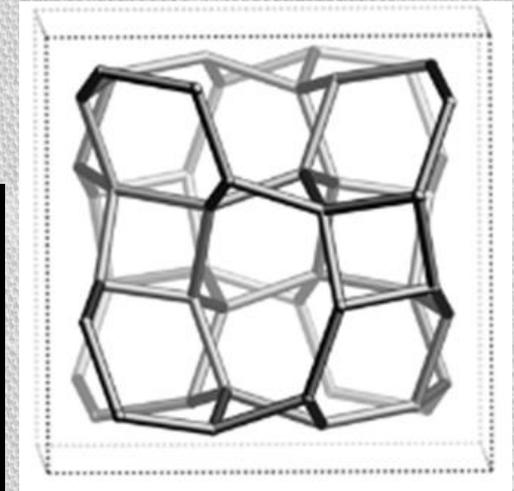
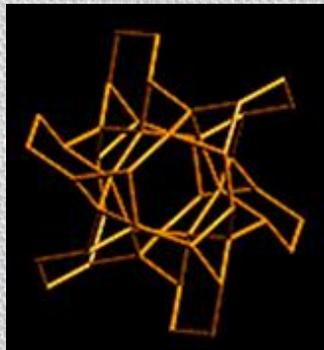
シドアルジヨ汚泥の有効利用

生成物のX線回折パターン:

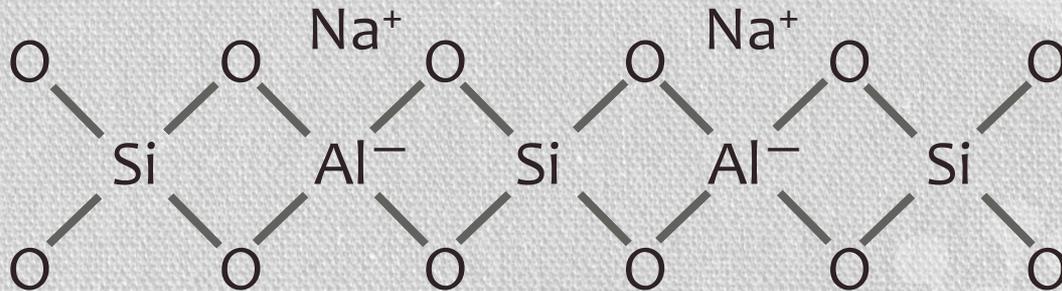
Hydroxy Sodalite $\text{Na}_6(\text{AlSiO}_4)_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
(Framework Type Code: SOD)



Analcime-C $\text{Na}(\text{Si}_2\text{Al})\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$
(Framework Type Code: ANA)



シドアルジヨ汚泥の有効利用



調製したゼオライトのイオン交換能力の評価：
Cation Exchange Capacity (陽イオン交換容量)

原理(酢酸ナトリウム法)：

1. ゼオライトを酢酸ナトリウム溶液と接触させ、ゼオライトのイオン交換サイトをすべてナトリウムで置換させる。
2. 次に、酢酸アンモニウムと接触させることによってナトリウムイオンが溶液に抽出される。
3. 溶液中のナトリウムイオンの量 → CEC値

シドアルジヨ汚泥の有効利用

陽イオン交換容量(既往の研究参照):

$$\text{CEC}_{\text{Hydroxy Sodalite}} = 328 \text{ meq}/100 \text{ g}$$

$$\text{CEC}_{\text{Analcime-C}} = 223 \text{ meq}/100 \text{ g}$$

meq: milliequivalents

一価のイオン: $1 \text{ meq}/100 \text{ g} = 1 \text{ mmol}/100 \text{ g}$

二価のイオン: $1 \text{ meq}/100 \text{ g} = 0.5 \text{ mmol}/100 \text{ g}$

Pb²⁺に対するイオン交換能力(CEC換算値)

Hydroxy Sodalite: $34 \text{ g Pb}^{2+}/100 \text{ g zeolite}$

Analcime-C: $23 \text{ g Pb}^{2+} / 100 \text{ g zeolite}$

シドアルジヨ汚泥の有効利用

アルカリ水熱合成法によってシドアルジヨ汚泥からゼオライトが合成できる

今後の課題

技術的な面:

- 合成条件 → ゼオライトの種類
- 安価かつ容易な合成プロセスの確立
- 廃水処理プロセスのイオン交換剤またはフィルターとしての利用(実用品の設計など)
- 使用済みのイオン交換剤・フィルターの再生・再利用・処分

社会的・経済的な面:

- 地域住民の理解および地域工業への適用
- 政府の支援

廃棄物の有効利用に関する研究 (日野出研究室)

- 湖沼汚泥の有効利用
吸着剤合成(活性炭、ゼオライト)
- バガスフライアッシュの有効利用
吸着剤合成(活性炭、ゼオライト、コンポジット材)、
多孔質シリカ合成、酸性触媒合成
- みかんの皮の有効利用
吸着剤合成
- 粃殻の有効利用
吸着剤合成(活性炭、ゼオライト)

ご清聴ありがとうございました。