マレーシアにおけるボーキサイト残渣投棄サイトに対する持続可能な浄化法の合意形成

早稲田大学理工学術院 所千晴研究室/マレーシア工科大学/マレーシア・パハン大学/環境ロドリゲス/EcoKnights

研究背景

マレーシアにおけるボーキサイト残渣投棄現場

・広域にわたって赤茶色の微粒子が舞う
・道路一面を微粒子が覆い河川に至るまで着色

⇒地元住民から健康被害に対する懸念の声が挙がり、緊急の改善要望が出ている

参考:http://kl.coconuts.co/2016/01/05/malaysia-seeks-suspend-bauxite-mining-after-environmental-scare

日本国内の歴史

ボーキサイト残渣:中和処理を行なうことによって人的被害は防止可能だが、環境保護団体等からの強い要請を受け自主的に国内工場を撤去した歴史がある

ステークホルダーが合意形成し、持続可能な解決策を試みる必要がある

本年度の目標:
行政への"持続可能なボーキサイト開発に関する合意形成案"の提出

現地の合意形成を図るための協力団体

持続可能な技術の開発と現地住民の合意のため下記団体が協力している。

早稲田大学 WASEDA University	多くの持続可能な廃水処理法を提案しており、高度固体分析やシミュレーション技術を有している。除去技術の提案を行なうことが可能である。
UTM	バイオマス等を使った低コストの重金属類除去法を有しており、マレーシア事情にマッチした廃水処理技術が提案可能である。
Universiti Malaysia PAHANG	ボーキサイト採掘現場近くの環境状況を定期的にモニタリングしており本プロジェクトの効果検証を行なうことが可能である。
環境ロドリゲス	様々な環境問題に対し早稲田大学や商店街等、ステークホルダーと協議・連携しており地元住民との合意形成を円滑にすることが期待される。
EcoKnights	現地の環境問題を解決すべく、ステークホルダーと共に行政への政策提言など、共同で様々なプロジェクトを行っており、学術的研究と市民活動の両立が期待できる。

研究・活動方法 / 活動成果

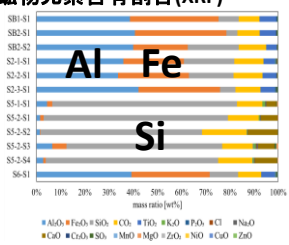
1. サンプリング場所

合計9ヵ所の場所を設け、サンプリングを行った。

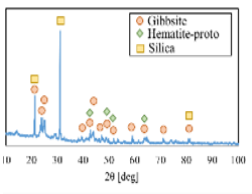
2. 科学的な現状把握

開発一時禁止中である2016年8月に各地点で得られた土壌及び河川水に対し、XRF分析及びXRD分析、ICP-MS分析を用いて定量・定性評価を行った。水質結果については、ボーキサイト開発前、開発後の結果と比較した。

・鉱物元素含有割合(XRF)

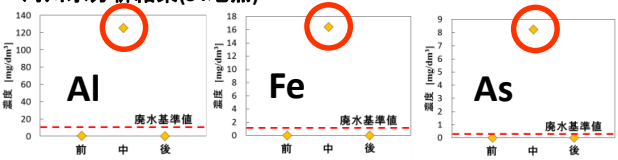


・含有鉱物種(XRD)(SB2地点)



XRD分析、XRF分析より各地点での鉱物割合は異なるものの、いずれも天然に存在しうる物質であった。ボーキサイト採掘禁止期間であったため、**有害重金属に関して顕著に存在するエリアは確認されなかった。**しかし、ボーキサイト開発が再開した際に有害重金属によって土壌が汚染される可能性は否定できない。

・河川水分析結果(S4地点)



⇒開発中にのみ、**基準値を超えている**ことが確認された

3. 社会的な現状把握(アンケート調査)

問題解決方法の合意形成に必要な情報を集めるためEcoKnightsと協力し調査を実施した

■サンプル概要

実施期間:2017年1月13日－2月12日
実施地域:全国(直接調査はPahang州)
質問数:53、有効回答数:419

■アンケート結果(情報源に関して)

Sources	Mean	Rank
Online	2.13	1
TV/Radio/Printing Media	2.29	2
Friends/Family	2.48	3

1: Strongly Agree ⇔ 5: Strongly Disagree


アンケート用紙

✓回答者は**Online**から主に情報を得ており、更なる情報公開を望んでいることが示唆

■アンケート結果(影響評価に関して)

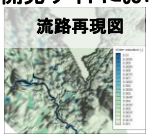
Aspect	Issue	Impact
Economy	Gross Domestic Income	Positive
	State Economy	Positive
	Employment	Positive
	Development of Small Industries	Negative
	Fisheries	Negative
Social	Human Health & Safety	Negative
	Local Community & Livelihood	Negative
	Community Development Efforts	Negative
	Transportation & Infrastructure	Negative

Aspect	Issue	Impact
Environment	Air Quality	Negative
	Water Quality	Negative
	Land Quality	Negative
	Ecosystem (Flora & Fauna)	Negative

✓経済的な影響を除いて**ネガティブな影響**が大きいととらえている人が多い。

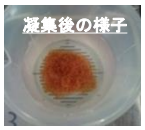
4. 持続可能なボーキサイト開発に向けた技術開発

・開発サイトにおける水の質と量に関するシミュレーション



✓Bukit Goh周辺における河川の3次元移流解析シミュレーションを用いて**流路を再現できることを確認**した
✓浮遊物質は鉱山からの流入が主だが、飛散を考慮した結果が観測結果に近づいた。このことより、ボーキサイトによる汚染には、直接流入だけでなく**飛散が大きく影響**していることが示唆された。

・バイオマスによる浮遊物質処理方法の検討



✓複数の**火山灰(自然)由来の凝集剤**を用いて、赤水中に含まれる浮遊物質を処理する方法を検討
✓水中の**浮遊物質が除去**されることを確認

5.社会への情報発信

朝日新聞での掲載

日本及びマレーシアにて、本活動結果を発信する取り組みを行った。

✓**早稲田大学でのW-bridgeシンポジウム「マレーシアと日本における環境対策と市民活動」(日本)**
⇒60名の参加者への啓発。朝日新聞掲載およびオルタナSでの広報。
✓**ボーキサイト問題に関係するステークホルダーとの報告会(マレーシア)**
⇒30名の参加者への啓発を通じて肯定的な反応を得ると共に、各メディアでの報道に至る。
✓**州政府へ報告書の提出 (マレーシア)**
⇒調査結果に対して肯定的な反応を得る。**天然資源・環境省(MNRE)のウェブ上で情報公開が決定**。各メディアでの報道。

結言

✓ **科学的な現状把握:**
開発を中止すれば水質汚染はほとんど認められない⇒簡単な環境対策で持続可能な開発可能であることを示唆している。
✓ **社会的な現状把握:**
現地アンケート調査より、現地住民に適切な情報が行き渡っていないことを確認した。
✓ **持続可能なボーキサイト開発に向けた技術開発:**
火山灰由来の凝集剤で浮遊物質を除去検討/シミュレーションによる浮遊物質の挙動再現

持続可能なボーキサイト開発に関する合意形成案を作成し、行政へ提出。その様子はW-bridgeモデルとして多くのメディアで報道された。

課題

✓**市民の知識不足**:ボーキサイト開発に関して市民が正しい判断ができる情報開示が必要
✓**企業の不参画**:企業を交えたステークホルダー会議の実施
ボーキサイトの飛散防止策の共同検討
✓**環境へ影響の少ない開発方法の未整備**:環境影響が少ないボーキサイト開発の方法を共同で整備
✓**学術的成果の公表**:火山灰凝集剤による浮遊物質の処理法や
海藻抽出物ゲルによるPbおよびZnの処理能力を論文執筆等によって公表

今後の展望・計画

✓浮遊物質除去/有害元素除去に関する学術論文などを通じた社会発信
✓**市民や行政、民間やメディア(MNREのサイト含む)を巻き込んだ情報発信**
✓より広い層を対象とした追加の社会的把握(アンケート調査)の実施
✓**シンポジウム情報交換の機会創出**

市民の認識向上のための社会的発信・環境啓蒙活動が特に必要

W-BRIDGE

Consensus Building of Sustainable Solution for Purification of Bauxite Residue at Disposal Sites in Malaysia

Waseda University Student Environmental NPO "Environment Rodorigues"
Malaysian NPO "EcoKnights"

Background

Bauxite Disposal Sites in Malaysia

- Fine reddish-brown particles in the air over wide area
- Fine particles cover roads and even color the rivers

→ **Local residents are concerned about health impact and immediate improvement is required.**

History in Japan

Bauxite Residue: Detoxification can be achieved by neutralization. Nonetheless, factories in Japan closed due to strong demands from environmental protection groups.

Goal for this fiscal year:
Submission of "Proposal on Reaching Consensus on Sustainable Bauxite Development" to the administrative authorities

Organizations Cooperating in the Building of On-Site Consensus

Listed below are the organizations cooperating in the building of consensus among local residents to develop sustainable solutions.

- 早稲田大学 WASEDA University: Proposes numerous sustainable methods for treating wastewater, and has advanced solid state analysis and simulation technologies. Also capable of providing purification technologies.
- UTM: Has knowledge on low-cost removal of heavy metals using, e.g., biomass, and is capable of providing wastewater treatment technologies that match the conditions in Malaysia.
- Universiti Malaysia PAHANG: Carries out regular monitoring of environmental conditions around bauxite mining sites, enabling it to examine the effectiveness of this project.
- 環境ロドリゲス: Negotiates and cooperates with stakeholders, including Waseda University and shopping centers, to address a variety of environmental issues. Contribution to smooth consensus building with local residents is expected.
- EcoKnights INSPIRING SUSTAINABLE LIVING: Implements a variety of projects to address local environmental problems in collaboration with stakeholders by, e.g., presenting policy recommendations to the government. Contribution to academic research and civic activities are expected.

Research/Activity methods, and outcome of activities

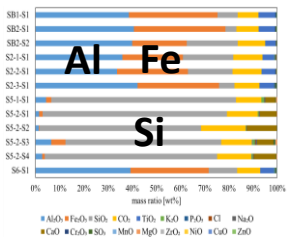
1. Sampling location

Sampling was carried out in nine locations in total.

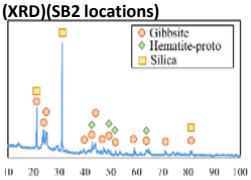
2. Capturing the current scientific conditions

Quantitative and qualitative evaluations were conducted using XRF analysis and XRD analysis, as well as ICP-MS analysis, on soil and river water obtained at the respective locations in August 2016 when development was temporarily prohibited. With regard to the results of water quality, a comparison was made between the results before and after bauxite development.

▪Content ratio of mineral elements (XRF)



▪Types of mineral element contents (XRD)(SB2 locations)



Although the proportion of minerals at each location were different based on XRD and XRF analyses, all were substances that can exist naturally. As bauxite mining was prohibited during the period, no areas were confirmed to have significant presence of hazardous heavy metals. However, there is an undeniable possibility that the soil can be contaminated by hazardous metals when bauxite development is resumed.

▪Results of river water analysis (S4 locations)

⇒Values exceeded the reference values only during development.

3. Capturing the current social conditions (questionnaire)

A survey was conducted in cooperation with EcoKnights to collect the information necessary for reaching consensus on the method of issue resolution.

■ Overview of samples

Period: 13 Jan – 12 Feb 2017
Target region: Nationwide (State of Pahang for direct survey)
No. of questions: 53/ No. of valid responses: 419

■ Survey results (About information sources)

Sources	Mean	Rank
Online	2.13	1
TV/Radio/Printing Media	2.29	2
Friends/Family	2.43	3

1: Strongly Agree↔5: Strongly Disagree


Questionnaire

✓Respondents mainly obtain information online, suggesting that further information disclosure would be ideal.

■Survey results (About impact assessment)

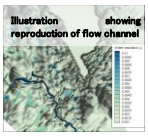
Aspect	Issue	Impact
Economy	Gross Domestic Income	Positive
	State Economy	Positive
	Employment	Positive
	Development of Small Industries	Negative
	Fisheries	Negative
Social	Human Health & Safety	Negative
	Local Community & Livelihood	Negative
	Community Development Efforts	Negative
	Transportation & Infrastructure	Negative

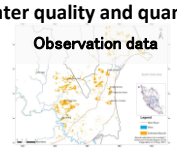
Aspect	Issue	Impact
Environment	Air Quality	Negative
	Water Quality	Negative
	Land Quality	Negative
	Ecosystem (Flora & Fauna)	Negative

✓With the exception of economic impact, many respondents perceived significant negative impact.

4. Technological development toward sustainable bauxite development

▪Simulation of water quality and quantity on the development sites





✓Using 3D advection analysis simulation of the rivers in the Bukit Goh region, it was confirmed that the flow channels can be reproduced.
✓While suspended matter flows in mainly from the mines, the result that took scattering into consideration came close to the observation result. This suggested that in addition to direct inflow, scattering also has a significant impact on bauxite contamination.

▪Review of method of treating suspended matter through biomass

✓ The use of a coagulant made from volcanic ash (natural) from several volcanoes was considered as a method for treating suspended matter contained in the red water.
✓The removal of suspended matter from the water was confirmed.

Publication in Asahi Shimbun

5. Disseminating information to society

Steps were taken to disseminate information about the results of this activity in Japan and Malaysia.

✓**W-Bridge Symposium at Waseda University: "Countermeasures and Civic Actions for Environmental Issues in Malaysia and Japan" (Japan)**
⇒Raising awareness among 60 participants. Publication in Asahi Shimbun and publicity through the alternas portal.
✓**Report to stakeholders related to the bauxite problem (Malaysia)**
⇒In addition to obtaining a positive response through raising awareness among 30 participants, it was also covered by various media.
✓**Submission of report to the state government (Malaysia)**
⇒The results of the study drew positive response. It was covered by various media, and a decision was made to publish the information on the website of the Ministry of New and Renewable Energy (MNRE).


Scene from stakeholder report session


Scene from administrative report session

Reports by local media

Summary

✓ **Capturing the current scientific conditions:**
Water contamination was mostly undetected when development was suspended⇒Suggests that sustainable development is possible through simple environmental measures.
✓ **Capturing the current social conditions:**
Through a questionnaire conducted locally, it was found that appropriate information is not communicated to the local residents.
✓ **Technological development toward sustainable bauxite development:**
Review of method for removing suspended matter using coagulant made from volcanic ash/Reproduction of the behavior of suspended matter through simulations

A proposal for reaching consensus on sustainable bauxite development was drawn up and submitted to the administrative authorities. This was covered by many press organizations as a W-Bridge model.

Challenges

✓**Inadequate knowledge among citizens:** Need for information disclosure on bauxite development to help citizens make the correct judgement.
✓**Lack of involvement of corporations:** Implementation of stakeholder conferences involving corporations
Joint review of measures to prevent bauxite scattering
✓**Development methods that have little impact on environment not established:** Joint establishment of bauxite development methods that have little impact on the environment.
✓**Publication of academic results:** Publication through writing papers, etc. about the method for treating suspended matter using volcanic ash coagulant, treatment capabilities of Pb and Zn through seaweed extract gel, etc.

Future outlook/Plans

✓Dissemination of information to society through academic papers on the removal of suspended matter/hazardous elements, etc.
✓**Information dissemination that involves citizens, administration authorities, private sector, and media (including the MNRE website)**
✓Implementation of additional measures to capture social conditions (questionnaire) targeting a wider group of samples
✓**Creation of opportunities for information exchange at symposiums**
Particular need for environmental awareness-raising activities and dissemination of information to society in order to improve awareness among citizens