

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 5 日現在

機関番号：37111

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23404018

研究課題名(和文)福岡方式によるアジア諸国におけるコベネフィット型CDM技術開発に関する事例研究

研究課題名(英文)Case study on Co-benefit CDM technology development of landfill in Asian countries based on Fukuoka Method

研究代表者

松藤 康司(MATSUFUJI, Yasushi)

福岡大学・工学部・教授

研究者番号：40078663

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 10,000,000円、(間接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、アジア諸国における廃棄物最終処分場からの温暖化ガス放出量の削減を目的として行った事例研究である。特に降水量の多いアジア諸国では、有機物の可溶化期間における流出汚濁負荷量が十分解明されておらず、溶解性有機炭素(DOC)の寄与率は大きい。そこで福岡方式を基本とした温室効果ガスの削減効果と浸出水水質浄化効果を有するCo-benefit型CDMの有効性を明らかにするため、マレーシア、ベトナム、そして中国のモデルサイトで実証研究を行った。国情が異なった3カ国においても福岡方式によるCo-benefit型CDMの有効性を定性的かつ定量的(CO₂換算で5～20%削減)にも明らかにした。

研究成果の概要(英文)：This research is the case study with the purpose of clarification to reduce the GHGs emission from landfill site in Asian countries. The discharge amount of pollution load by organic matter during the leaching period is not well understood. Moreover, the dissolved organic carbon (DOC) has a large influence for this amount. We had the experimental studies in Malaysia, Vietnam and China to clarify the availability of "Co-benefit CDM technology" based on the Fukuoka method, which has the reduction effect of GHGs and the purification of leachate. Although the situations of all countries are different, the availability of Co-benefit CDM technology by Fukuoka method was proved from our results as qualitative and quantitative (GHGS reduction effect:5%to20% CO₂ based).Also, we carried out human capacity development in these countries.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木環境システム

キーワード：コベネフィットCDM 福岡方式 埋立地 メタン削減 浸出水汚濁負荷低減

1. 研究開始当初の背景

(1) 京都議定書が採択された気候変動枠組条約第3回締約国会議において、議長国であったわが国は、基準年(1990年)比でGHGs6%を削減することを約束しているが、2005年度における温室効果ガス排出量は、基準比+7.8%である。このことは、これまで行われてきた省エネルギーや森林保全の促進などの国内対策だけで目標を達成することは困難であり、クリーン開発メカニズム(CDM)や国際排出量取引などの京都メカニズムを活用した対策が必要であることを意味している。

このような背景の下で、廃棄物最終処分場からのメタンガス回収を目的としたCDMプロジェクトが実施されている。

(2) しかし、メタン回収は、回収施設の設置や運転管理費が高く、高度な運転管理技術も必要であり、経済力及び人材が不足する開発途上国では、大都市圏において適用可能としても地方へ展開することは極めて難しい。さらに、仮にメタン回収を実施したとしても、回収して発電できる期間は限られており、メタン回収後の最終処分場跡地の安定化と残存する温室効果ガスの発生抑制が必要である。

2. 研究の目的

(1) 本研究は、地球規模での温室効果ガスの削減に貢献することを目的として、1975年に筆者らと福岡市の共同で開発した「福岡方式(準好気性埋立システム)」による温室効果ガスの削減量を、様々な気候帯の実最終処分場で測定し定量化する。

(2) そして、現在CDM事業として実施されつつある最終処分場からのメタン回収のバ

ックアップ技術または、経済力及び人材が不足するアジア諸国での福岡方式のCDM技術としての有効性を明らかにするものである。

3. 研究の方法

(1) マレーシアにおける事例研究

マレーシア国アンパンジャジャ埋立地は、1996年に埋立が完了し、約10年が経過しており、嫌気性埋立区画のメタン濃度はメタン回収ができない濃度域である20%以下となっている。また、この埋立地の一部に福岡方式が建設されており、嫌気性埋立区画同様埋立終了約10年が経過している。このモデルサイトにおいて両区画の発生ガス調査を行うと同時に、嫌気性埋立区画に「鉛直ガス抜き管」を新たに設置し、福岡方式への転換による温室効果ガス量の削減効果及び浸出水の浄化能を調査した。

(2) ベトナムにおける事例研究

ベトナム国ティンブー埋立地は、水際にある海面埋立地で、典型的な嫌気性埋立構造で、臭気、メタンガス発生及び汚濁負荷の高い浸出水が漏れている非衛生理立場である。本埋立地の一角に、福岡方式を基にした「循環式準好気性埋立構造」のモデル埋立地を新規に建設すると共に、自然エネルギーを利用した「トルネード浄化装置」及び「ECO-FAN」を併用した簡易型の浸出水浄化装置を設置し、両埋立構造を対比する中で、福岡方式による温室効果ガスの削減効果及び浸出水浄化効果を定量的に明らかにした。平行して、オンサイトトレーニングを通して人材育成も行った。

(3) 中国における事例研究

中国雲南省蒙自県の埋立地は、中国清華

大学と共同で建設した典型的な福岡方式を有する埋立地である。しかし、財政及び人材不足で、十分な維持管理がなされず、福岡方式の十分な効果が発揮されていない。幸いにして適切な豎型ガス抜き装置が設置されており、温室効果ガスの制御はなされているものの、浸出水の水質悪化が生じている。そこで「ECO-FAN」を設置し、ECO-FAN による浸出水の生物処理と化学処理の浄化効果を明らかにした。

4. 研究成果

(1) マレーシアにおける事例研究

簡易なガス抜き管及びガス抜き管設置位置
 簡易なガス抜き管は、筆者が JICA の長期専門家時代（1988～1990）初めてマレーシアで紹介した廃ドラム缶を利用した極めて簡易な鉛直ガス抜き管である。構造と写真を図-1 に示す。

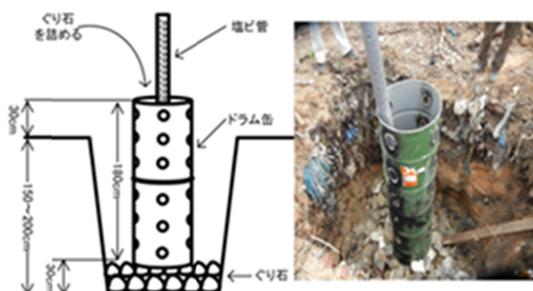


図-1 簡易なガス抜き管の構造及び写真

本装置のメタン削減効果は、ガス抜き管設置によって、これまで蓄積している層内のメタンガスを排除すると共に表層から空気が層内に流入することで徐々に埋立層内の微生物環境を嫌気性から好気性に変換するものである。即ち、廃棄物中の有機物の微生物分解を好気性分解へ移行させ、結果的にはメタンガスや硫化水素の発生抑制を計るもので、「準好気性埋立構造」の概念を応用した装置である。

使用材料は、途上国の状況に合わせて基本的には現地で購入できる材料を利用し、デザインも重機がなくても施工できるものから高度なレベルまで選択できるガス抜き管である。



図-2 ガス抜き管位置図

ガス抜き設置前後の CH₄ 経時変化

過去 10 年に亘る埋立地モデル改善事業によるメタンガス削減効果についての結果を図-3 に示す。(本事業は、JICA 及び文部科学省の支援を得て実現しているもので、予算上の制約もあり、10 年間に亘って連続的に調査を実施することは困難であった。)

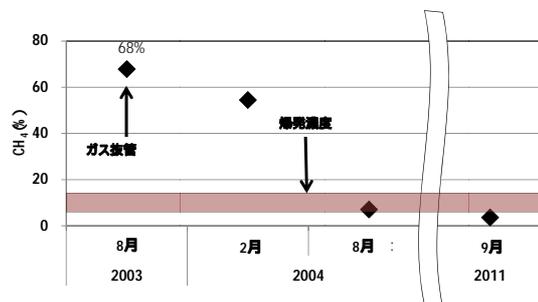


図3 No.10 地点における CH₄ 濃度の経時変化

まず、No.10 地点では 2003 年 8 月の時点で CH₄ : CO₂ = 68:32 で、ガス抜き管を設置して 1 年後には CH₄ : CO₂ = 16:7 まで減少し

た。一方、2011年9月での分析結果は、CH₄ : 3.6%で約 1/20 まで減少し、メタンの爆発濃度限界値以下まで減少している。また、当該埋立地の中央部に位置する NO.6 ~ NO.8 地点 (図-4) では2011年9月に CH₄ : 6.5 ~ 2.5% が確認され、低濃度ながらメタンの発生が認められた。

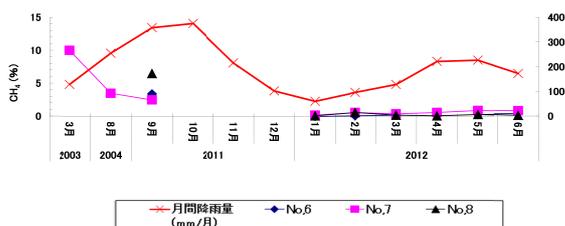


図-4 No.6,7,8 地点における CH₄ 濃度の経時変化 (2003 ~ 2012 年)

一方、2011年9月に新規に設置した NO.1 ~ NO.5 では全て検出されなかった。2012年1月からは1回/月の頻度で10地点においてガス分析を行った。月間降雨量と CH₄ 濃度を見ると図-5 のように降水時若干メタンの発生量が増加するものの、CH₄ 濃度 5% 以下で推移し、経時的にはメタン削減効果が認められた。

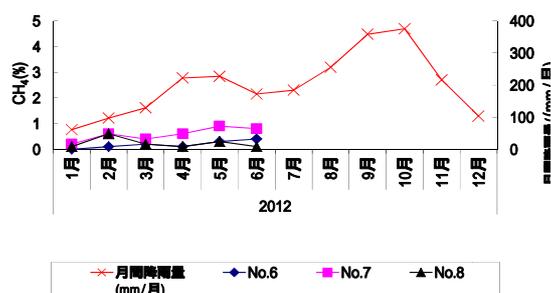


図-5 No.6,7,8 地点における CH₄ 濃度の経時変化 (2012 年)

図-6 に示す月間降雨量とメタンの関係より、雨期においても爆発濃度 (CH₄ : 5 ~ 15%) までメタンが増加する可能性は低い事が推測された。

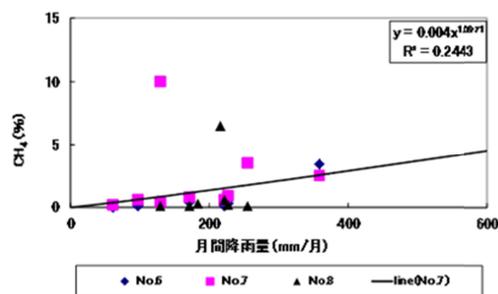


図-6 月間降雨量と CH₄ 濃度の関係

以上の長期モニタリング結果から判断すると、当該埋立地では図-7 に示すように NO.6 ~ NO.8 の中央部が、やや嫌氣的条件下にあるものの、埋立地全般から判断すると、分解は準好気性雰囲気中で分解しており、メタンの爆発濃度限界値以下で推移し安定化傾向を示していると言える。今後、NO.6 ~ NO.8 付近に更に簡易なガス抜き管を 2 ~ 3 本設置する事で、更にメタンの発生抑制と爆発リスクが軽減可能となり、かつ跡地利用も容易になると判断できよう。

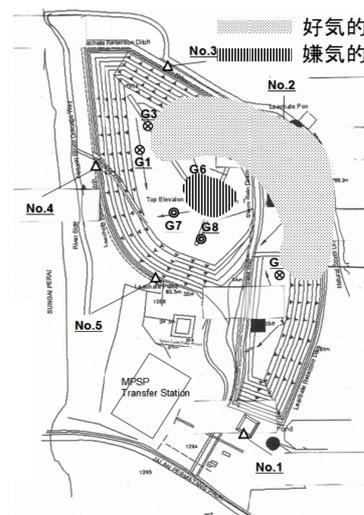


図-7 埋立地内の好気性/嫌気性埋立分布

(2) ベトナムにおける事例研究

トルネード法浄化装置の空気供給能

ベトナム国ハイフォン市テインブー埋立地の装置位置図を図 1 に示す。

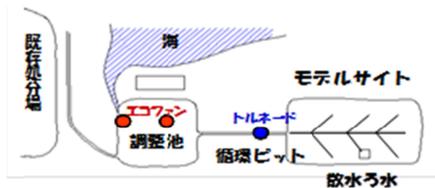


図-1 装置の設置箇所

トルネード法浄化装置を設置した循環槽は、晴天時と雨天時において空気供給能を測定した。その結果晴天時では、13mmの左側単独、雨天時は20mm、13mmの併設が有効であった。



写真 トルネード設置状況

エコファン (ECO-FAN) とは・・・
ECO-Friendly Aeration Nippon
 廃自転車のリム・廃扇風機の羽根・廃ゴミベールなど・
 廃品を利用。サボニウス型風車による**直接攪拌装置**



モデルサイトにおける浸出水水質浄化効果
 今回設置した「トルネード法浄化装置」のエアレーション効果による DO 濃度の上昇を確認するため、DO メータを用いて気泡発生地点と周辺の DO 濃度を比較した。また、既存処分場流入水路：A、調整池内：B 及び C、集排水管出口：E 及び調整池流入口：F の 5 箇所です簡易水質キット (SIBATA Type-COD) を用いて COD の測定を行った (図-2)。

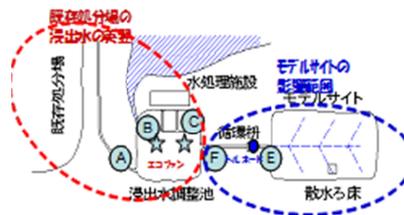


図-2 モニタリング箇所及び浸出水影響範囲

気泡発生地点と周辺の DO 濃度に優位差が見られなかった。これは、循環槽が 2.5m 四方と狭小であることや、設置時の豪雨による曝気の影響しているものと考えられる。このため、晴天時におけるデータを収集し、評価を行う必要がある。次に、COD 濃度についてみると、循環を開始した 8 月以降において、既存処分場側の A~C とモデルサイトの E 及び F の COD 濃度に 5,000mg/L の大きな差が見られた。また、モデルサイト内の E と F の COD 濃度にも差が見られ、トルネード装置を設置した循環槽の濃度が 500mg/L ~ 1,000mg/L 低い値で推移した。これらのことから、循環槽に設置したトルネード法浄化装置の効果が現れているものと考えられる (図-3)。一方、ECO-FAN による水質浄化効果については、図-2 に示すとおり、ECO-FAN が設置された調整池の浸出水 B 及び C の濃度は原水 A の濃度に比べて低いものの、この傾向は設置 (8 月) 前から見られていることや B 及び C の濃度が上昇していることから、現時点では ECO-FAN の効果は確認されなかった。既存処分場 (モデルサイトの約 100 倍の容積) からの COD 濃度の高い浸出水が大量に流入していることに加え、ECO-FAN の回転数が 20rpm 程度の場合、攪拌可能範囲は直径 4m 程度であることから、現況の設置数では攪拌の効果が十分に現れなかったためと思われる。現在現地スタッフによって追加設置が行われており、その効果が期待される。

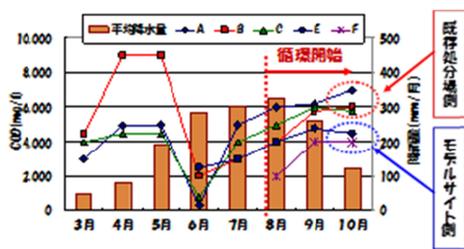


図-3 簡易モニタリング結果

(3) 中国における事例研究

浸出水の初期値 CODMn 濃度は 526mg/l であったが、消石灰 3000mg/l での凝集沈殿後の処理水の濃度は 402mg/l で、除去率約 25%、消石灰 6500mg/l の濃度は 244mg/l、消石灰 8000mg/l の濃度は 212mg/l で除去率約 60%と、現地風速での攪拌によって凝集効果があることが確認された(表-1)。

表-1 添加量別の外観と水質変化

消石灰添加量 (mg/l)	0	3000	6000	8000
COD 濃度 (mg/l)	526	402	244	211
除去率 (%)	0	25	60	60

しかし、現地においてペットボトルを用いて凝集剤と浸出水を混合攪拌した場合の COD 除去率(3000mg/l で 40%)と比べて、ECO-FAN を用いた場合の除去率は低かった。このことから ECO-FAN は、機械攪拌とは異なり、攪拌スピードを制御できないため、凝集剤と浸出水との反応が悪いこと、このため添加量を最適濃度よりも高めに設定する必要があることがわかった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

Osamu.Hirata, Yasushi.Matsufuji, Ayako.Tachifuji, Ryuuji.Yanase
Waste Stabilization mechanism by a

recirculatory semi-aerobic landfill with the aeration system

Journal of Material Cycles and Waste Management, 査読有, Vol.14, 2012, pp.47-51

〔学会発表〕(計 15 件)

平田修、廃棄物処理システムと埋立構造の違いによる温室効果ガスの排出量予測に関する研究 ベトナムハイフォン市の事例研究、平成 25 年度第 35 回全国都市清掃研究、2014 年 1 月 22 日、いわて県民情報交流センター 他 14 件

〔図書〕(計 1 件)

Yasushi Matsufuji,
Fukuoka Environment Foundation Japan,
A Road to Sanitary Landfill Vol.3, 2013, 93

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松藤 康司 (MATSUFUJI Yasushi)
福岡大学・工学部・教授
研究者番号：40078663

(2) 研究分担者

立藤 綾子 (TACHIFUJI Ayako)
福岡大学・工学部・教授
研究者番号：10131830

柳瀬 龍二 (YANASE Ryuuji)
福岡大学・環境保全センター・教授
研究者番号：20131849

平田 修 (HIRATA Osamu)
福岡大学・環境保全センター・助教
研究者番号：00461509