

# 土壌による処分場浸出水の浄化

## — JICA 草の根技術協力事業： タイ王国における環境保全技術の構築 —

廃棄物管理担当 磯部友護

### 1 はじめに

タイ王国(タイ)は、インドシナ半島とマレー半島にまたがる位置にあるバンコクを首都とする王国です。日本とは古くから交流があり、政治的・経済的に緊密な関係にあります。タイでは経済発展がめざましく、近年では発展途上国から先進国へ移行しつつあります。日本からも数多くの企業が進出し、東南アジアにおける代表的な工業国となっています。

この急速な経済発展の一方で顕在化してきた環境問題に対応するため、1991年にタイ環境研究研修センター(ERTC: Environmental Research and Training Center)が設立されました。埼玉県環境科学国際センター(CESS: Center for Environmental Science in Saitama)との交流は1995年に始まりました。それまでの(独)国際協力機構(JICA: Japan International Cooperation Agency)のプロジェクトを通じた交流だけでなく、2000年8月にCESSとERTCの間で研究交流協定を締結しました。これまでにERTC研究員の研修受け入れや、CESS研究員の派遣を多数行っています<sup>1)</sup>。

ERTC 研究員と研究交流を重ねたところ、CESS の廃棄物管理担当が研究開発してきた土壌を用いた浄化技術を、タイの地域環境に適した環境保全技術として移転・活用する方向となりました。そこで、JICA の事業への応募を行った結果、2005年度に「地域土壌を利用した環境保全技術の構築」というテーマで JICA 草の根技術協力事業(地域提案型)に採択され、2006年度から3カ年の計画で事業を開始しました。

この事業は、タイの地域土壌を用いた浸透性反応層(PRB: Permeable Reactive Barrier)を用いて、廃棄物処分場から発生する汚水(浸出水)の固相浄化システムを設置し、その能力を評価することを主な目的としています。また、ERTC はタイ周辺国に対する研修機関としての機能も有しているため、この事業で習得した技術をタイ国内外へ普及させることが期待できます。PRB 技術の詳細については後述します。

### 2 タイにおける廃棄物処理の状況

世界銀行や日本国際協力銀行らが2003年に行ったタイの廃棄物情勢に関する調査結果によると<sup>2)</sup>、排出される固形廃棄物は2002年のデータで1人1日あたり0.65kgであり、リサイクル率は15%程度となっています。このリサイクルされる廃棄物のうち地方自治体などの公共関与による量は全体の1割程度であり、非公認の廃棄物収集が大部分を占めている状況です。これは生活費を得るために人が廃棄物の中から有価物を選別・収集し売却するシステムであり、発展途上国では多く見られる廃棄物のリサイクルシステムです。このような非公認のリサイクルシステムにおいては、非衛生的で危険な処分場で有価物が収集されています(写真1)。さらに、賃金だけでなく社会的地位も低い彼らに

対しての支援対策は、発展途上国全体での解決すべき課題であるといえます。

日本では家庭から排出される廃棄物の処理は、市町村や広域組合によって焼却炉で焼却し、その焼却灰が処分場に埋め立てられることが多いのですが、タイではそのまま焼却されず埋め立てられることがほとんどです。日本の管理型処分場では遮水シートによる汚水の漏洩対策だけでなく高度な水処理によって周辺環境への安全が確保された運営管理がなされています。しかし、タイの処分場では簡易な水処理(例えば空気を混合させる「ばっ気」など)のみ、あるいは未処理の場合が多く、環境汚染に対する対策は十分とは言えない状況にあります。



写真1 タイの処分場(サラブリー県)

### 3 PRBシステムによるタイ処分場の浸出水浄化

#### 3.1 PRBシステムについて

PRBは各種化学物質による地下水汚染の修復工法として、1990年代頃からアメリカ環境保護局(USEPA)で確立した技術です。鉄の腐食反応や微生物作用を用いて地下水中の汚濁物質を無害化、あるいは捕捉固定化する浄化システムとして利用されています。CESSの廃棄物管理担当では、以前より土壌が持つ浄化能力に着目し様々な研究を行ってきました。文部科学省の科学技術振興調整費プロジェクトへの参画を通じ、土壌をPRBの資材として利用した処分場の浸出水浄化システムの構築を行ってきました。これらの研究により、関東ローム層土壌に鉄管の製造工程で排出される鉄粉廃棄物と、廃棄物の溶融スラグをそれぞれ19:1:80(乾物重量比)で混合することにより調製したPRBが浸出水中に含まれる有機汚濁成分(COD成分、フェノール類など)だけでなく、銅、カドミウムや鉛などの重金属類を効果的に捕捉できることが明らかにされています。

#### 3.2 PRBシステムの設置

PRBシステムの設置にあたり、バンコク市から北西に約100km離れた地方都市であるサラブリー県の処分場を対象としました。サラブリー処分場は、地方都市でよく見られるタイプの処分場です。ガス抜き管や浸出水の集水管が設置されていますが、浸出水はほとんど未処理のまま調整池(写真2)で貯水されている状況です。ERTCの研究者やサラブリー県の処分場担当者と協議を行いながら、サラブリー処分場に適したPRBシステムについて検討を行いました。このPRBシステムでは、サラブリー県内に普遍的に存在している赤色の土壌をPRBの資材として用いました。この赤色土壌はアルティソル(Ultisol)と呼ばれる赤色系ポトソル化土壌であり、熱帯土壌として東南アジアに広く分布している土壌です。この土壌と鉄粉廃棄物、砂を25:5:10(体積



写真2 処分場の浸出水

比)で混合しPRB 資材としました。実験室レベルから徐々にスケールアップし、2007年12月に写真3、図1に示すようなパイロットスケールのPRBシステムの設置を行いました。浸出水ピットよりくみ上げた浸出水は、ばっ気処理(粉碎した貝殻や砂を活用)およびろ過処理を経て、PRB槽で処理されます。PRB槽は全部で3槽あり、各槽にPRBが約170L充てんされています。処理量は約100L/日となるように通水しました。

このシステムの特徴の一つとして、電気エネルギーの使用を極力少なくしている、ということが挙げられます。一般的に水処理施設では凝集沈殿やばっ気処理などのために、化学薬品や電力を消費しますが、このシステムでは浸出水をくみ上げるためのポンプを1~2回/日作動させるだけの電力しか使用していません。さらに、浸出水の移動は各処理槽の高低差を利用した自然流下システムを採用しています。

処分場の浸出水は数年

~数十年の長期間にわたり処理を続ける必要があるため、このPRBシステムのように低コストで運転が可能な処理システムを検討することは発展途上国への技術移転・普及において非常に重要な課題であるといえます。

### 3.3 PRBシステムの効果

サラブリー県に設置したPRBシステムは水道水による通水試験を行った後に、浸出水の通水を2008年2月2日より開始しました。しかしながら、5月には処理ラインの一部で漏れの発生などのトラブルが確認されたため、通水を一時中断し修復作業の後、9月に再び通水を開始しました。

PRBシステムによる浸出水の浄化能力を把握するため、ERTC 研究員によってシステム通過前後の水試料を適宜サンプリングし、COD、BODといった有機性の汚濁成分やナトリウムイオンや塩化物イオンといった無機イオン成分の化学分析を行いました。結果の一例として、BODの値と、塩化物イオン濃度の経時変化をそれぞれ図2(a)、(b)に示します。通水の一時中断前におけるBODの値を見ると、PRBシステムを通過する前に579~1,960mg/Lであったのに対し通過後は4~208mg/Lと大幅に低減しており、PRBシステムによるBODの除去率は平均90%という非常に高いことがわかりました。これより、PRBシステムは有機汚濁成分の除去に効果的であり、浸出水の水質浄化に有効であることがわかりました。



写真3 設置したPRBシステム

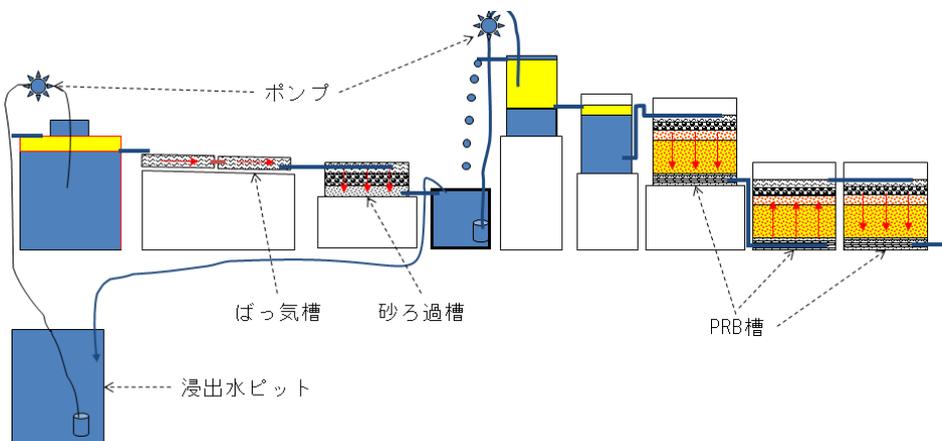


図1 PRBシステム設計断面図

一方、廃棄物中に多量に存在する塩化物イオン濃度を見ると、PRB システム通過前後の濃度変化は小さく、PRB 処理の効果が小さいことがわかりました。塩化物イオンは汚濁成分ではありませんが、一般的に浸出水には塩化物イオンをはじめとするさまざまな塩類が含まれており、廃棄物の質と浸出水の水質の関係を監視するための指標として重要であると考えられます。通水の一時中断後の水質を見ると BOD 値、塩化物イオン濃度ともに低い値で推移していることがわかります。これは熱帯気候であるタイでは 5~10 月頃が雨期となり、8~10 月頃に特に降雨による廃棄物の洗い出しの効果があるためです。

現在も水質のモニタリングは継続しており、浸出水の水質変動を調査していくとともに、日本とは異なる気象条件に適したシステムの設置方法や運転方法を検討していくことが今後の課題です。

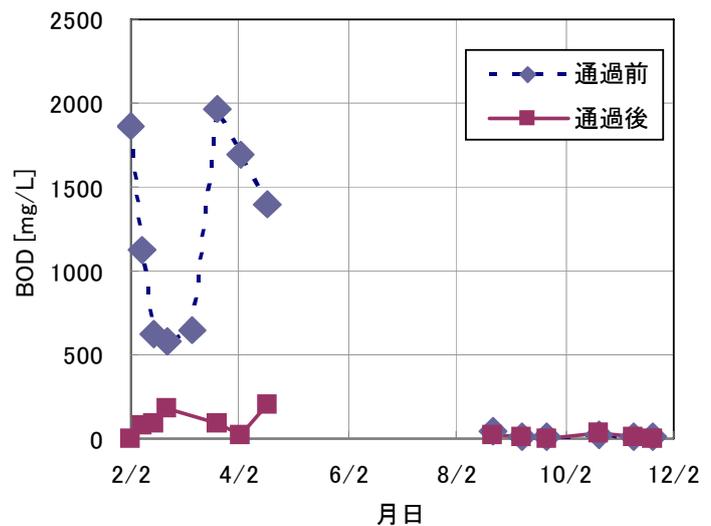
#### 4. おわりに

JICA 草の根技術協力事業を活用し、タイの処分場において地域土壌を用いて調製した PRB による浸出水の処理システムを考案、設置しました。その結果、有機汚濁成分について効果的に除去できることが確認され、PRB システムの有効性が示されました。現在は重金属類なども含めた汚濁物質の除去率向上のため、PRB 資材や通水方法などの改善を行っています。水質のモニタリングや改善対策などについては、現地の状況をよく知る ERTC 研究員を中心に実施されており、埼玉県で開発してきた技術の移転が、タイの気候風土により適した新たなシステムの開発のきっかけになりました。また、2009 年 1 月にはタイの地方自治体の処分場担当者を対象としたセミナーを開催し、CESS 研究員、ERTC 研究員やサラブリー県の処分場担当者などが事業活動の報告などを通じ PRB 技術の普及を行っており、今後のさらなる普及・活用が期待されます。

#### 参考文献

- 1) 河村清史、環境科学国際センターの国際貢献・交流活動：埼玉県環境科学国際センター報、Vol. 8、pp. 61-94、2008
- 2) JBIC, The World Bank, et. al., Thailand Environment Monitor 2003

(a) BOD



(b) 塩化物イオン

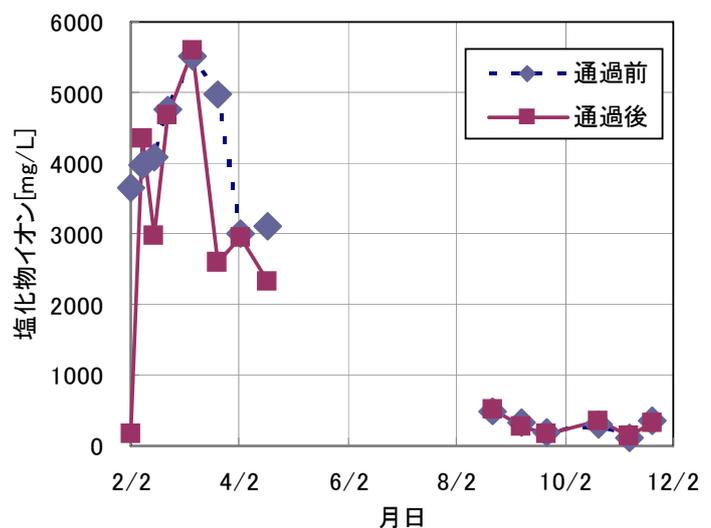


図 2 PRB システム通過前後における水質の経時変化