

3-6 アジア諸国の廃棄物の

適正な埋め立てへ向けた廃棄物中炭素モデルの開発

岡山大学大学院環境学研究科・資源循環学専攻

岩田 徹

1. 研究概要

21世紀に入ってから急速に発展するアジア諸国においては、生産活動の増加とともに消費活動も活発化することで、廃棄物量が爆発的に増加している。高温多湿な気候の下で、適正に処理されないままの埋め立て地には、多量の生分解性有機物を含んだ廃棄物が投入されており、そこからの温室効果ガス（とくにメタン）の排出が地球大気に与える影響は未解明である。今後さらに発展し続けるアジア諸国において適正な埋め立て処理を進めるためには、処分場埋立地における廃棄物中有機物炭素の分解過程を理解した上で、その動態を将来にわたって定量的に評価する必要がある。本課題では、埋立地の廃棄物中の炭素および発生するメタンガスに関するモデル構築とその手法を提案する。

2. 研究報告

(1) 緒言

アジアの発展途上国においては、廃棄物処分場の管理が不十分なため、地下水や集水域への汚染物質溶出や温室効果ガスの大量発生懸念がもたれる。適正管理へ向けては状況把握のための基礎資料となるバックグラウンドデータが不可欠であるが、現状では十分なデータがない恐れがあると同時に、モニタリング手法も統一的に決まっていない。

図1は、日本の最近20年間における産業分野別のメタンガス排出量の経年推移を示している。約70%は農業分野からの排出であり、20%が廃棄物分野（埋立地および排水処理過程）からのものである。廃棄物分野のメタンガス排出量は年々減少する傾向にあり、現在では、20年前の約6割程度にまで削減が達成されている。図2は、最近20年間における日本の廃棄物分野の温室効果ガス排出量の経年推移であるが、埋立地からのメタン放出量の割合は、16~30%に相当している。しかしながら、日本においては、廃棄物分野における全温室効果ガス成分は、近年の適正な廃棄物の中間処理等により、著しい単調減少傾向にあることが見て取れる。

埋立地からの温室効果ガス排出は抑制されなければいけないし、それらの動態を知るためには、まず周辺環境のデータが不可欠である。そこで、本研究においては、適正な管理へ向けた廃棄物中の炭素の標準的なモニタリングとモデル開発手法を提案することを目的とした。

(2) 研究方法

埋立地からのガス放出量を推定する上で、どのような情報が必要であるかを考えてみる。地中へ埋め立てられた廃棄物は、何週間、何ヶ月、何年の歳月を経て、生分解性の有機物炭素は土壌中において分解される。それらの一部は土壌水に溶解し、雨水によって地中深

くに向かって溶出される。溶解しない分は炭素を含むガスとして、大気中へ放出される。排出されるガスの主成分は、二酸化炭素、一酸化炭素、メタン、非メタン炭化水素類の4種である。さらに何年かが経過すると、土中の有機炭素はさらに分解されてゆくことになる。

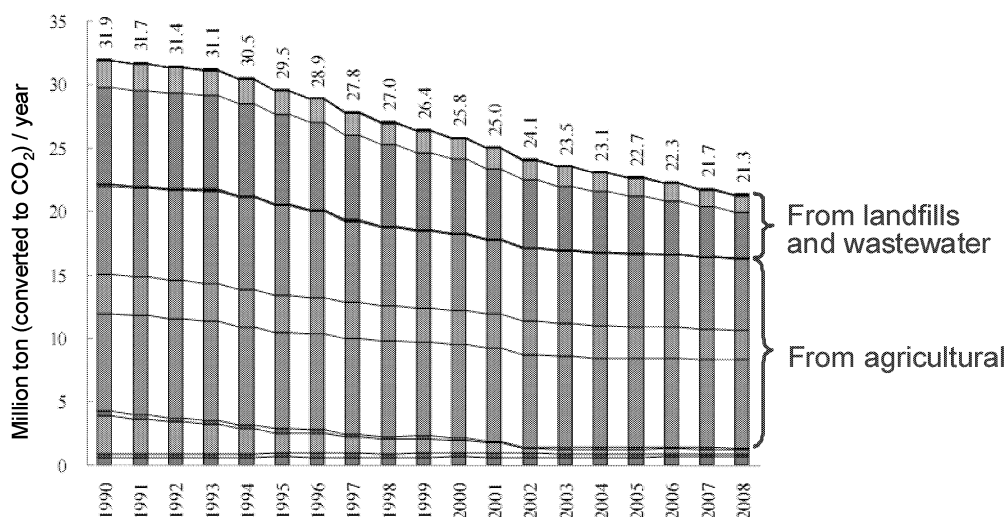


図1 日本のメタンガス排出量の分野別の経年推移 (CGER-1094-2010)

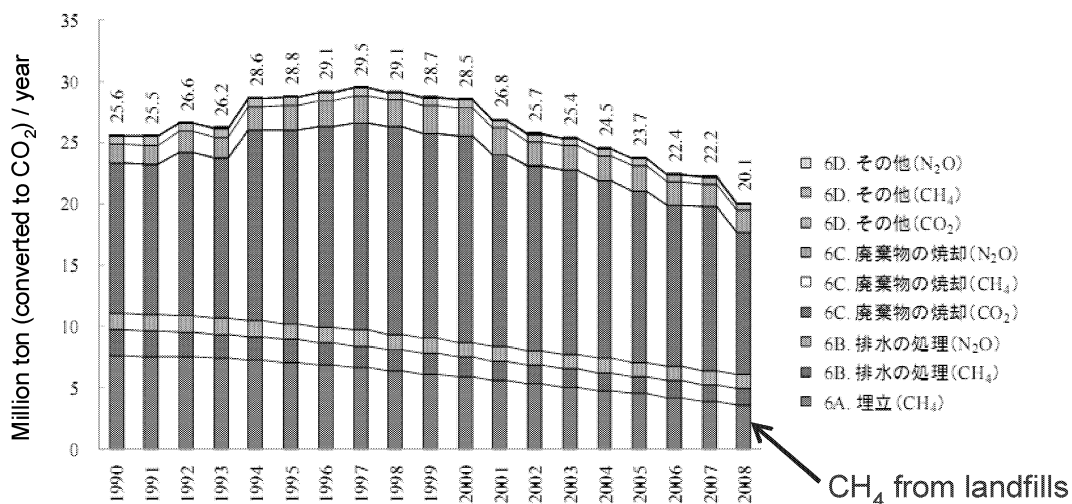


図2 日本の廃棄物分野における温室効果ガス排出量の経年推移 (CGER-1094-2010)

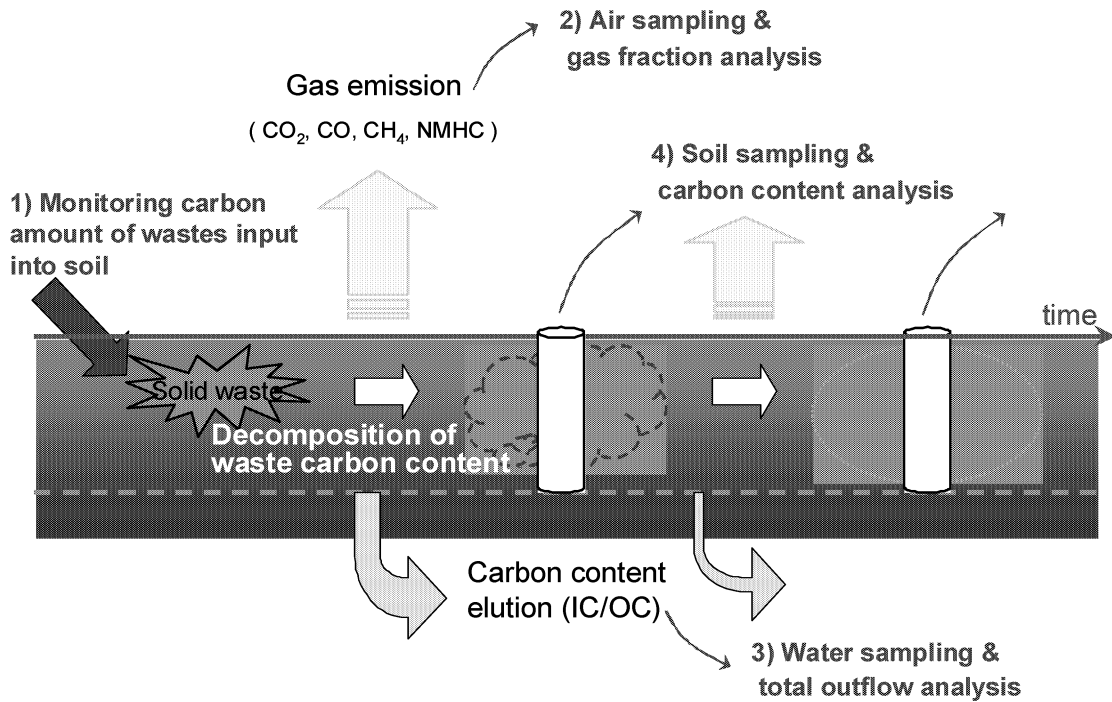


図3 埋立地に投入された廃棄物の分解過程および基礎データ収集手法についての模式図

このような過程における炭素の分解過程の理解と定量的な推定のためには、土中の炭素量、大気中のガス濃度、溶出水中の炭素濃度を定期的な試料採取によってモニタリングする必要がある。そのためには、以下の4つのサンプリングと分析を行う必要がある。

- ① 投入される廃棄物中の炭素量の把握
- ② ガスサンプリングとガス中のメタン濃度比率の分析
- ③ 溶出水（または土壤水）の採取と有機・無機炭素量の分析
- ④ 土壌のサンプリングと炭素量測定

以上のデータの分析結果から、次の式を用いて、埋立地から放出されるメタンガスの量を理論的には推定することが可能である。

$$F_{CH_4} = \frac{\chi_{CH_4} \left(C_{soil}(t_0) - C_{soil}(t_1) - \sum_t C_{water} \right)}{t_1 - t_0} \quad \dots (1)$$

右辺第1項は初期投入時における炭素量、第2項は次のサンプリング時点における炭素量である。第3項は、初期投入から次の土壌採取の間に土壤水へ溶出する炭素の積算量を表す。ここで、 χ_{CH_4} は全炭素ガスに占めるメタンガスの割合（炭素比）を意味し、次の式で与えられる。

$$\chi_{CH_4} = \frac{C_{CH_4}}{C_{CO_2} + C_{CO} + C_{CH_4} + C_{NMHC}}$$

しかしながら、式(1)における溶出する炭素の積分量を測定・推定することは、現実には極

めて困難である。実際には、日本の廃棄物分野におけるメタンガス発生量は IPCC ガイドライン (2006) によって与えられた、次式によって推定されている。

$$F_{CH_4} = \sum_i c_i \cdot g_i \cdot \chi_i \cdot \left[W_i(t_0) - W_i(t_0) \cdot e^{-\frac{\ln(2)}{H_i}} \right] \quad \dots (2)$$

C_i : 廃棄物 i 中の炭素含有量

G_i : 廃棄物 i のガス化係数(日本では 0.5 に固定)

C_i : 廃棄物 i の炭素ガス中のメタンガス比(日本では 0.5 に固定)

W_i : 土壌中の廃棄物 i の量

H_i : 廃棄物 i の半減期間

G_i と C_i については、日本での計算の値としては、0.5 が用いられている。しかしながら、この値は非常に粗いパラメータであり、他のアジアの国において適用可能かどうかは、十分に検討する余地があるといえる。

表 1 は、日本のいくつかの生分解性廃棄物について炭素含有率をまとめたものである。基本的には、材質により多少の違いはあるが、セルロース ($C_6H_{12}O_6$) 中の炭素含有率に近い値の 40~45% であるものがほとんどであり、この値については、基本的に他の国々においても共通で適用が可能であると考えられる。

表 1 日本における生分解性廃棄物中の炭素 (C) 含有率 [単位 : %]

Kitchen waste (食物くず)	43.4
Paper (紙くず)	40.9
Wood (木くず)	45.2
natural fabric (天然繊維くず)	45.0
water purifying sludge (浄水汚泥)	6.0
Polluted sludge (汚泥)	30.0~45.0
Manure from livestock (家畜ふん尿)	40.0

表 2 日本における生分解性廃棄物の発生量の経年推移

unit : kt(dry)/yr	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Kitchen waste (食物くず)	501	483	297	110	98	50	52
Paper (紙くず)	1,179	868	611	290	247	82	71
natural fabric (天然繊維くず)	59	48	31	20	13	7	5
Wood (木くず)	652	476	221	152	142	76	39
Polluted sludge (汚泥)	697	441	260	148	105	80	77
water purifying sludge (浄水汚泥)	199	166	146	66	62	67	67
Manure from livestock (家畜ふん尿)	12	12	11	11	11	11	12
total	3,299	2,494	1,577	797	678	373	323

生分解性廃棄物の発生量（土壌への投入量）が、推定モデルにおいて、最も重要なモニタリングパラメータである。幸い、日本においては、これらの量は全国的に適正にデータ蓄積がなされており、年々減少傾向にある。現在ではこれらの量は20年前に比べて、およそ10分の1にまで減少している（表2）。

（3） 結語

土壌や地面からのガス放出量は、基本的には場所に固有の量であり、筆者がこれまで行ってきたような微気象学的手法によって直接的に測定する手法を、標準化手法として適用することは、適切ではない。また、埋立地における土中での降水等への炭素溶出量を積分値として推定することも、極めて困難であるといえる。しかしながら、現在 IPCC ガイドラインで推奨されているメタンガス発生量の推定手法は極めて荒い手法であり、いくつかのパラメータは、日本以外の高温多湿のアジア諸国において適用することはかなり不適當であると、推察される。

3. 今後の計画

今回提案した簡素化した廃棄物中の炭素分解モデルについて、現地でのモニタリング試験の適用とともに、改良へ向けた連携・協力体制を確率したい。