

アジアメガシティの大規模廃棄物処分場における 環境モニタリングのための現地植生調査

石崎 俊夫¹・小宮 哲平²・中山 裕文³・島岡 隆行⁴
久保市 浩右⁵・眞鍋 和俊⁵・大野 博之⁶

¹学生会員 九州大学大学院 工学府都市環境システム工学専攻 (〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1)

E-mail:t-ishizaki@ies.kyushu-u.ac.jp

²学生会員 修(工) 九州大学大学院 工学府都市環境システム工学専攻 (同上)

³正会員 博(工) 九州大学大学院助手 工学研究院環境都市部門 (同上)

⁴正会員 工博 九州大学大学院教授 工学研究院環境都市部門 (同上)

⁵応用地質株式会社 九州支社環境計画部 (〒811-1302 福岡市南区井尻 2-21-36)

⁶正会員 工博 長崎大学助教授 工学部社会開発工学科 (〒852-8521 長崎市文教町 1-14)

広大な面積を有するアジアメガシティの大規模廃棄物処分場を効率的にモニタリングするシステムの構築を目指し、その基礎調査として上海市の老港廃棄物処置場において現地調査を実施した。具体的には、埋立地表層の植生状況に関する調査結果を埋立地の安定化指標として活用できるかを検討するため、埋立完了からの経過時間の異なる4区画において、埋立地表層の植生状況と埋立ガス等の安定化指標との関係について調査した。その結果、埋立完了後最初に植物が出現するのは、覆土が比較的厚く保水性が高い場所であったこと、埋立完了後2年の区画では、被植地において埋立ガスフラックスが大きかったこと、埋立完了からの時間経過とともに、被植地では埋立ガス濃度が減少していた一方、裸地では埋立ガス濃度は高い値を維持していたこと、および、老港廃棄物処置場における植生遷移系列の特徴、を確認した。植生情報は、埋立区画内の相対的な安定化度の違いを評価するための指標としての利用可能性があることを述べた。

Key Words : large-scale landfill site, environmental monitoring, degree of stabilization, vegetation survey, soil analysis

1. はじめに

廃棄物の埋立処分における第一の目的は、生活環境の保全上支障が生じない方法で、廃棄物を適切に貯留し、自然界の代謝機能を利用して廃棄物を安定化(土壌還元)、無害化することである¹⁾。一方で、埋立処分には土地造成行為という側面もあるが、廃棄物埋立地では、土砂の埋立地とは異なり、埋立てられた廃棄物の微生物分解等により、浸出水やガスの発生、地盤沈下等が生じ、かつ長期間に渡って続くため、埋立地閉鎖後の維持管理および埋立地の跡地利用を行うにあたり、埋立地の安定化度を把握・評価することは重要である。環境省の『廃棄物最終処分場安定化監視マニュアル』²⁾には、有機物主体の廃棄物埋立地の安定化度を把握するための指標として、①埋立廃棄物の性状、②浸出水、③埋立ガス、④廃棄物層内の温度、⑤埋立地表層の状

況(沈下量、植生等)が挙げられている。このうち、①の埋立廃棄物の性状は直接的に安定化度を把握するための指標となりうるが、埋立廃棄物の性状が不均質である場合には、埋立地の状況を代表する試料を採取するのが困難であることや、埋立方法等によっては調査そのものが困難であること等の理由から、多くの場合、間接的な指標である②～⑤の4つの指標が用いられている³⁾。しかし、このような安定化調査を数百haもの広大な面積を有する大規模な廃棄物処分場で行う場合、多大な時間、労力、コストを要し、定期的な調査を行うことは困難である。また、現行の調査では、モニタリング井戸やガス抜き管等の廃棄物処分場内のある特定の観測点においてなされるが、埋立地内の状況は場所によって大きく異なるため、現行の手法では埋立地内全体の安定化の状況を把握できないという課題が残されている。

近年、中国の北京や上海といった人口1,000万人を超

えるアジアメガシティでは、大規模な廃棄物処分場が建設・整備されつつある。このような処分場のモニタリング手法として、筆者らは、広域的かつ周期的に環境情報を取得することが可能な衛星リモートセンシングを用いた手法について検討してきた^{4), 5)}。

衛星リモートセンシングでは、直接的に埋立ガスや浸出水等の状況を観測することはできないが、衛星画像より得られる正規化植生指標 (NDVI; Normalized Difference Vegetation Index) を用いることにより、埋立地内の植物の分布状況や活性度等を把握することが可能である。前述の『廃棄物最終処分場安定化監視マニュアル』でも述べられているように、植物には、土壌中の重金属含有量やメタンガス濃度といった生育地の環境を強く反映する「指標植物」が存在することが知られている^{6), 7)}。例えば、長野⁷⁾ は、メタンガス等の指標植物として、セイタカアワダチソウやクズ等を挙げている。埋立地跡地に繁茂する植物群落は、埋立地から発生する埋立ガスや覆土の土壌成分 (水分、栄養塩類、重金属等)、地温等の影響を受けていると考えられるので、現地の植生の特徴からある程度、埋立地の安定化度を把握することが可能であると考えられる。また、大気と廃棄物層との間のガス交換には覆土の透気性が影響するが、この値は、植物がある場所と無い場所では異なるものと予想される。以上のことから、現地の植生の特徴と衛星画像から得られる植生の情報を組み合わせることにより、衛星リモートセンシングを用いて、間接的に埋立地の安定化度を把握することが可能になると考えられる。

本研究では、埋立地の安定化指標のうち、埋立地表層の植生状況に着目し、中国の大規模廃棄物処分場に

おける埋立地の安定化度モニタリングのための基礎的調査として、中国上海市の老港廃棄物処置場を対象に、2004年8月10日に現地調査を行った。埋立完了からの経過時間が異なる4区画において、植生、埋立ガス (廃棄物層内および地表面)、覆土中温度、覆土厚さ、覆土材の性状に関して調査し、埋立地表層の植生状況と埋立ガス等の安定化指標との関連性について考察した。

2. 調査対象および方法

(1) 上海市の気候

上海市の気候は、夏季が高温多湿な温暖湿潤気候で、最近10年間 (1994～2003年) の年平均気温は16.9℃、年平均降水量は1215.6mmであった⁸⁾。日本では、瀬戸内海沿岸東部の地域において、年平均気温と年平均降水量⁹⁾ が上海市の値と近く、気候が類似していると考えられる。

(2) 老港廃棄物処置場の概要

本研究の対象である上海市老港廃棄物処置場は、1989年に長江河口域の湿地帯に建設された、埋立面積約300haの中国最大規模の廃棄物処分場である。埋立構造は嫌気性埋立で、主として都市生活ごみが未焼却で直接埋立てられており、埋立処分されるごみの組成は、有機物が約45%、無機物が約45%、不燃物が約10%となっていた。埋立方法として、1つの埋立区画 (5～10ha) の埋立高さが4～8mになるまで埋立てられ、その後20～60cm程度の最終覆土がなされた。1区画

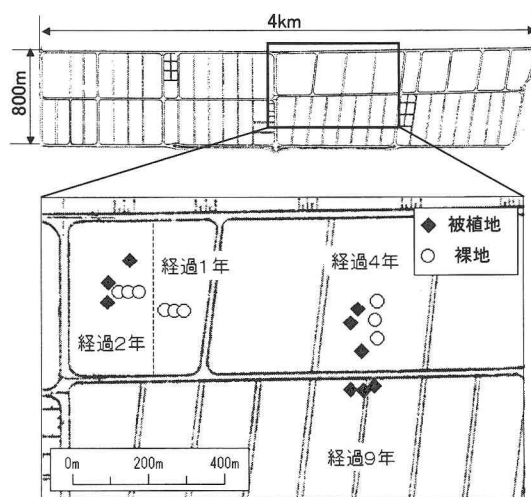


図-1 調査地点

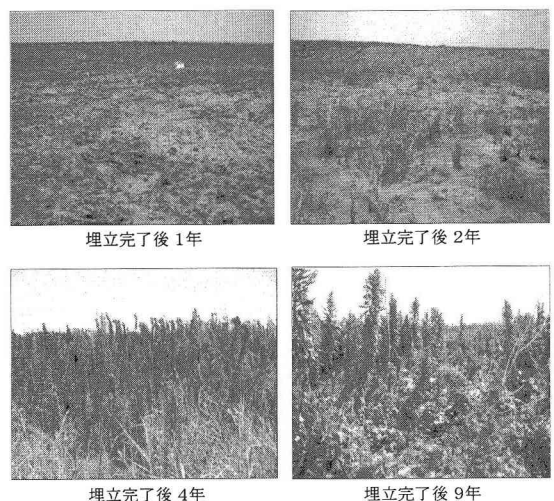


写真-1 調査した各区画の植生状況

の埋立てが完了するまでの期間は約1年であった。

(3) 調査地点

調査地点を図-1に示す。調査は、埋立完了からの経過期間が1年、2年、4年、9年の埋立区画において実施した。各埋立区画では、区画内に植生がある場所（以下、被植地という）と、植生が全くない場所（以下、裸地という）がある。植生の有無と廃棄物の安定化の度合には関連性があると考え、各区画において被植地および裸地を選定し、それぞれについて調査した。ただし、経過1年の区画は、全面的に裸地であり、逆に経過9年の区画は全面的に被植地であった。経過2年および4年の区画では、被植地と裸地の両方で調査を実施した。写真-1は、調査した各区画における植生状況を示している。

(4) 調査方法

a) 安定化度の調査

埋立区画における廃棄物の安定化度を調査するため、被植地および裸地において、覆土中温度、廃棄物層内のガス組成、覆土表面からのガスフラックスを測定した。

覆土中温度については、深さ25cm～30cmにて接触式温度計で測定した。覆土中のガス組成については、ボーリングバーで覆土を0.8～1.0m穿孔した後、採取管を挿入し、原位置ガス調査器(GA2000, Geotechnical

Instruments社)を用いて、 CH_4 、 CO_2 、 O_2 および H_2S のガス組成割合を測定した。また、埋立完了後2年および4年の区画で、チャンバー法により CH_4 および CO_2 の覆土表面からのガスフラックスを測定した。

b) 植生調査

植生調査では、まず、各区画内を踏査し、区画全体の植被率を把握した。次に、各区画において、相観により優占している群落を選定し、その群落の代表地点において、3カ所の調査方形区(コドラート)を設定した。調査には、Braun-Blanquetの全推定法¹⁰⁾を用いた。コドラートの大きさは、そこに成立している群落の植生高を参考に、おおむね5m×5mに設定した。その後、海拔高や地形等のコドラートの立地条件について記録し、設定したコドラートにおいて植生の階層構造を把握した。対象区画はいずれも草本層のみであった。続いて、植被率および植生高を目測により把握した。そして、出現種を記録し、目測により被度・群度および各種の最大自然高を観察、記録した。ここで、被度とはコドラート内における各種の地表面に対する被覆度を、群度とは各種の集合度を、最大自然高とは各種の地表面から最高点までの垂直高さをいう。

c) 覆土材の性状調査

植物の生育に及ぼす覆土の影響を調べるために、植生調査と合わせて、調査地点の表層から10～15cmの覆土を採取し、分析した。サンプルは、被植地につい

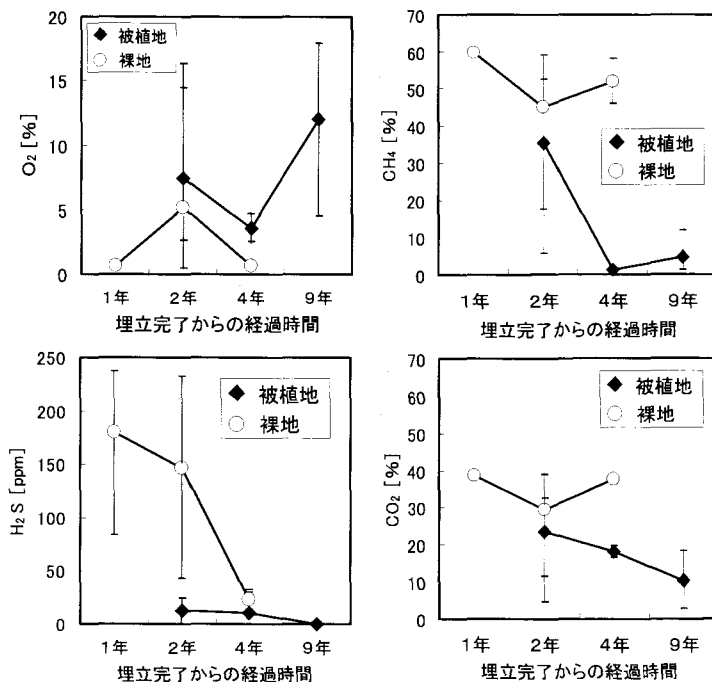


図-2 廃棄物層内の埋立ガス組成

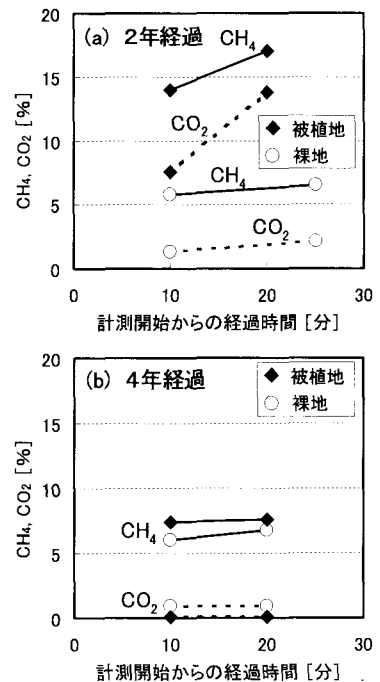


図-3 覆土表面からのガスフラックス

ては埋立完了後2年、4年、9年の区画から、裸地については埋立完了後1年、2年、4年の区画からの計6カ所から採取した。同時に、採取地点の覆土厚さを測定した。覆土厚さは、廃棄物層が見えるまで覆土を掘削し、その深さを測定した。

覆土材の性状に関する分析項目は、含水比、強熱減量、土壤懸濁液の土壤pH(H₂O)および電気伝導度(EC)の4項目である。

含水比については、試料を105℃の乾燥器で24時間乾燥させ測定した。強熱減量については、試料を800℃の電気炉で2時間強熱し測定した。土壤pHについては、試料と純水を1:2.5で混合した懸濁液を作成し、攪拌して30分間静置した後、pH計で測定した。ECについては、試料と純水を1:5で混合した懸濁液を作成し、60分間振とうした後、EC計で測定した^{11), 12)}。

3. 調査結果および考察

(1) 埋立ガスの発生状況と植生の有無

図-2に廃棄物層内の埋立ガス組成を示す。廃棄物層内の埋立ガス組成は、その上が裸地であるか被植地であるかで異なっていた。まず、裸地においては、CH₄およびCO₂のガス組成割合が高く、O₂の割合が低かった(CH₄:45~60%, CO₂:30~39%)。これらのガス濃度は、埋立完了からの経過期間別にみて、大きな変化は見られなかった。一方、被植地でのガス組成をみると、埋立完了後2年の区画では、CH₄、CO₂はともに高い値を示していたが(CH₄:39%, CO₂:24%)、埋立完了後4年、9年と時間を経るとともに低下した(埋立完了

後9年では、CH₄:4.8%, CO₂:10.5%)。

図-3に、埋立完了後2年および4年の区画における覆土表面からのCH₄、CO₂のガスフラックス測定結果を示す。埋立完了後2年の区画では(図-3(a))、裸地と比べて被植地の方がフラックスは大きかった。なお、この区画における廃棄物層内のガス濃度は、裸地と被植地で大きな差はない(図-2)。埋立完了後4年が経過した区画では(図-3(b))、被植地のガスフラックスは、裸地と同程度であった。しかしながら、この区画の廃棄物層内では、被植地における埋立ガス濃度(CH₄:3%, CO₂:20%)は、裸地の値(CH₄:53%, CO₂:38%)よりもかなり低い値であった(図-2)。これらの結果から、裸地よりも被植地のほうが通気性が高かったものと考えられる。この理由として、植物の成長に伴い根沿いにガスの抜け道ができたことや、枯死した植物の根が分解された後に空洞ができたことが推測された。この埋立地の覆土厚さは、20~60cmとそれほど厚くないため、植物の根の影響は大きいものと考えられる。なお、中国の基準では、廃棄物埋立地の覆土厚さは50cm程度と定められている¹³⁾。

表-1 埋立完了からの経過時間の異なる区画全体の植被率

埋立完了からの経過時間	植被率 [%]
1年	0
2年	10
4年	60
9年	90

表-2 植生調査結果^{14), 15)}

埋立完了からの経過時間		2年			4年			9年		
調査地点		2A	2B	2C	4A	4B	4C	9A	9B	9C
植生高 [m]		0.8	1.0	0.8	2.0	2.0	1.8	2.2	2.2	2.2
植被率 [%]		40	20	50	30	40	30	70	80	90
出現種数 [種]		4	3	5	6	8	7	5	7	4
種名(科名)	生活型									
ヒメホタルイ(カヤツリグサ科)	多年草	1・1	+	+						
シロザ(アカザ科)	一年草	1・1	1・1	1・1°		+	+			
ヨシ(イネ科)	多年草	3・3	3・3	3・3	+	2・2	1・1°			
オオアレチノギク(キク科)	越年草				2・2	2・2	2・2°	+	+	
セイタカアワダチソウ(キク科)	多年草				2・2	2・2	2・2°	3・3	2・2	2・2
カナムグラ(クワ科)	一年草							2・2	4・4	5・5
クサネム(マメ科)	一年草							1・1	2・2	
イヌビエ(イネ科)	一年草			+	+	+	+			+
キク科の一種	不明	+		+	1・1	+	+		+	
イネ科の一種	不明				+	+	+	+	+	+
エゾノギシギシ(タデ科)	多年草					+				
タデ科の一種	不明								+	

(注) 被度および群度の表記は、「被度・群度」の順で表記し、被度が「+」で群度が「1」の場合は、群度の「1」を省略して「+」と表記した。右肩に○印があるものは活性が低かったことを表す。また、生活型は、Raunkiariaの生活型¹⁶⁾を表す。

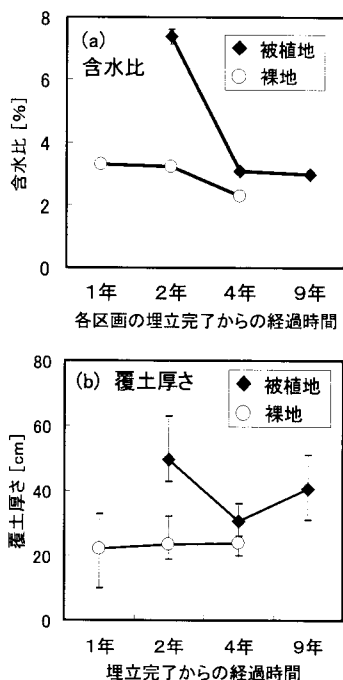


図-4 含水比および覆土厚さの測定結果

以上をまとめると、裸地においては廃棄物層内のガス組成が大きく変化していなかった一方、被植地の直下における廃棄物層内の CH_4 、 CO_2 濃度は時間とともに減少していた。裸地と比較して、被植地では、通気性が高いために大気と廃棄物層との間のガス交換が活発であり、廃棄物層内の廃棄物が分解されやすい好気的な条件となっていたものと推察された。

ここで、埋立完了後4年の区画の被植地では、立ち枯れたセイタカアワダチソウが多く見られた。埋立ガス濃度が低かった埋立完了後9年の区画においてもセイタカアワダチソウが観察されたが、立ち枯れたものがほとんど無かったことから、埋立完了後4年の区画では、メタンガスによる生育阻害等の影響があったものと推測された(例えば、埋立跡地内で CH_4 濃度が10%以上の場所では、セイタカアワダチソウやクズ等のメタンガス濃度に敏感に反応する植物は生育しにくいという報告⁷⁾がある)。

(2) 植生調査

a) 区画全体の植被率

各調査区画における区画全体の植被率を表-1に示す。これより、埋立完了からの時間の経過に伴って、植生面積は拡大していた。

b) 種組成

埋立完了からの経過時間の異なる区画別に植生調査の結果を整理し、群落組成表にまとめたものを表-2に示す。全9調査区に出現した種数は、計12種であった。

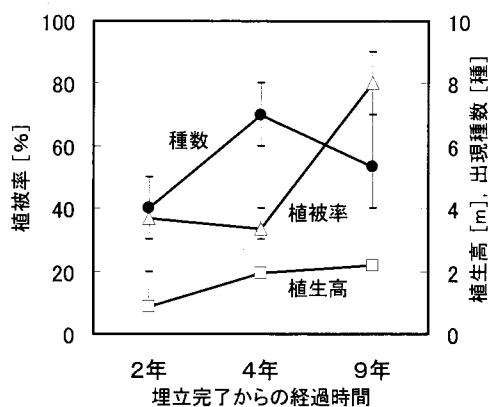


図-5 各群落の植被率、植生高、出現種数の平均値

表-3 被度階級¹⁶⁾

被度階級	階級値 [%]	中央値 [%]
5	75~100	87.5
4	50~75	62.5
3	25~50	37.5
2	10~25	17.5
1	1~10	5
+	1以下	0.1

表-4 各区画の優占種 (上位3種)

埋立完了からの経過時間	順位	種名	生活型	積算優占度 [%]
2年	1	ヨシ	多年草	96.7
	2	シロザ	一年草	41.7
	3	キク科の一種	不明	16.8
4年	1	オオアレチノギク	越年草	100.0
	1	セイタカアワダチソウ	多年草	100.0
	3	ヨシ	多年草	71.5
9年	1	セイタカアワダチソウ	多年草	74.7
	2	カナムグラ	一年草	52.5
	3	クサネム	一年草	19.0

埋立完了後1年の区画では、植生が見られなかったため、表-2には埋立完了後2年、4年、9年の区画における調査結果のみ記載した。

埋立完了後2年の区画は、大部分が裸地であったが、局所的に被植地が分布していた。被植地(地点2A~2C)では、ヨシが被度3で優占しており、植生高が0.8~1.0m、コードラート内の植被率は20~50%であった。他の主な出現種はヒメホタルイとシロザであった。裸地においては、覆土中にヨシのものと考えられる根茎の遺体が多くみられた。埋立地に用いられていた覆土は、処分場建設時に掘り返した土であり、建設以前は湿地帯であったため、根茎が覆土に含まれていたものと考えられた。ヨシ、ヒメホタルイは根茎による栄養繁殖が可能な種であるため、覆土中にもともと存在していた根茎から発芽したものと考えられた。また、ヨシ、ヒメホタルイは多年草で土壌が湿潤な立地に生育する種であることから、このよう

な種が局所的に分布していた場所は、含水量が高かったものと考えられた。図-4に含水比および覆土厚さの測定結果を示す。これによると、被植地は裸地と比較して含水比が高く、覆土が厚かった。覆土の下に埋立てられている廃棄物はプラスチック等が多く含まれている未焼却廃棄物であり、透水性は覆土に比べて非常に高い。覆土厚さが薄い場所では、雨水が廃棄物層内に移行しやすいため、保水性が低くなり、植物が成長するのに適さなかったものと考えられた。

埋立完了後4年の区画は、区画全体の平均植被率が6割程度であったが、立ち枯れが目立つ場所や、所々に植生が全くない直径20～30mの円形の裸地が点在していた。被植地（地点4A～4C）では、植生高が1.8～2.0m、コードラート内の植被率が30～40%で、造成地などに侵入するオオアレチノギク、セイタカアワダチソウが被度2で優占していた。

埋立完了後9年の区画は、区画全体の平均植被率が9割程度ではほぼ完全に植生に覆われており、植物の活性は高く、立ち枯れしている植物は少なかった。この区画の調査地点（地点9A～9C）は、植生高が2.2m、コードラート内の植被率が70～90%であり、セイタカアワダチソウ、カナムグラが被度3～5で優占していた。セイタカアワダチソウは多年草、カナムグラ是一年草である。埋立完了後2年や4年の区画において見られた越年草（オオアレチノギク）がここでは見られなかった理由は、一年草が優占したことにより、生育立地がなくなったためと考えられた。

図-5に各群落の植被率、植生高、出現種数の平均値を示す。これより、時間の経過に伴って、植生高は増加し、植被率が増加していることが分かった。

c) 優占種および生活型組成

次に、得られた植生調査結果をもとに、以下の式(1)を用いて、積算優占度(SDR_2)¹⁶⁾を算出し、優占種を把握した。

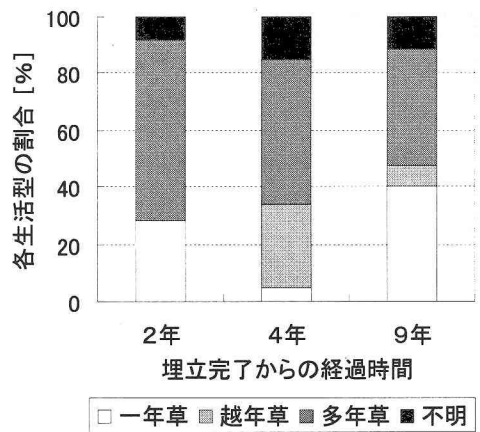


図-6 生活型組成

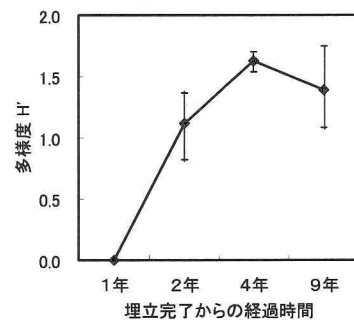


図-7 多様度

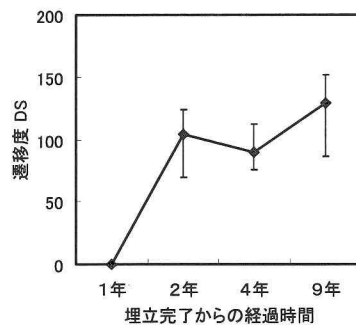


図-8 遷移度

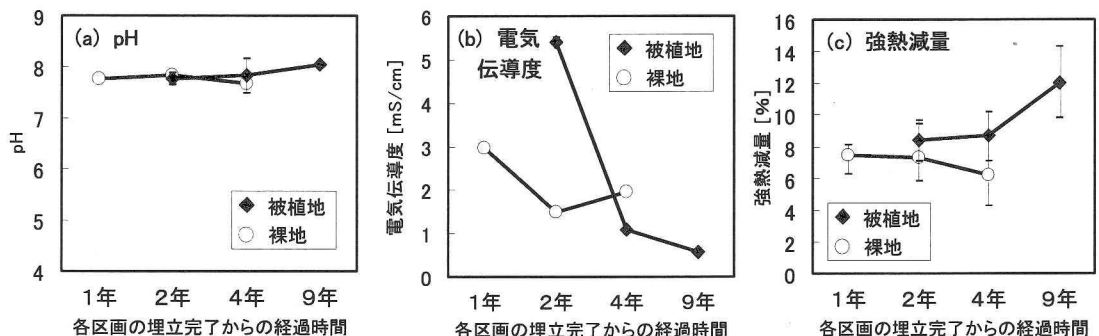


図-9 覆土の土壌分析結果

$$SDR_{2i} = \frac{C_i/C_{\max} + H_i/H_{\max}}{2} \times 100 \quad (1)$$

ここで、 $C_i/C_{\max}$ は最も被度の大きい種の被度 $C_{\max}$ と i 種の被度 C_i との比 (被度比)、 $H_i/H_{\max}$ は、最も自然高の大きい種の自然高 $H_{\max}$ と i 種の自然高 H_i との比 (自然高比) である。なお、被度比の算出には、調査で得られた被度をそれぞれ表-3の中央値に換算して用いた。

表-4に各区画の優占種を示す。

また、式(2)に示す積算優占度 SDR_2 の総和に対する i 種の積算優占度の割合 p_i を相対優占度とし、生活型組成^{16), 17)}を算出した。

$$p_i = \frac{SDR_{2i}}{\sum_{i=1}^n SDR_{2i}} \quad (2)$$

図-6に結果を示す。これによると、埋立完了後2年の区画では、多年草が優占していたが、これは、多年草のヨシが繁茂したためである。埋立完了からの時間の経過に伴って、多年草の割合は減少していた。これは、一年草から多年草に遷移するという一般的な二次遷移の形態¹⁶⁾とは異なっていた。

d) 種多様性

種多様性を評価するため、各区画の多様度指数を算出した。多様度指数には、以下の式(3)に示す Shannon-Wiener 関数 H' ^{17), 18)}を用いた。

$$H' = -\sum_{i=1}^n p_i \cdot \ln p_i \quad (3)$$

ここで、 p_i には、式(2)の相対優占度を用いた。

図-7に結果を示す。これによると、時間の経過とともに、多様性はやや増加しているがそれほど大きな変化はなかった。

e) 遷移度

遷移の進行状況を把握するために、以下の式(4)を用いて、遷移度 DS ¹⁶⁾を算出した。

$$DS = \frac{\sum_{i=1}^n l_i \cdot d_i}{n} \cdot v \quad (4)$$

ここで、 l_i は生存年限を表し、生活型に対応して一年草および越年草は1、多年草は10とした。 d_i は式(1)の積算優先度 (SDR_2)、 n は種数、 v は表-2中の各群落の植被率 ($0 \leq v \leq 1$) である。

図-8に結果を示す。通常、時間の経過とともに、一

年草から多年草に遷移していくため、遷移度を計算すると、 l_i の値が大きい多年草の増加に伴い遷移度は上昇する。しかしながら、調査対象埋立地においては、埋立完了からの時間の経過とともに多年草の割合が減少しており、遷移度は大きく変化しなかった。

(3) 覆土材の性状

図-9に、各区画の覆土について、土壌 pH、電気伝導度 (EC)、強熱減量を測定した結果を示す。

図-9(a)に pH についての結果を示す。pH の値は、どの区画も 7.7 ~ 8.0 程度で弱アルカリ性であった。一般的な作物の最適 pH は 5.0 ~ 7.0 の範囲^{19), 20)}が多いが、植生の有無と pH との間には関連性はみられなかった。

図-9(b)に EC についての結果を示す。EC の値は、被植地では比較的低かったが、埋立完了後2年の区画の被植地のみ約 5.4 mS/cm と顕著だった。EC は土壌溶液中の塩類濃度や硝酸態窒素濃度とある程度相関があることが知られている¹⁹⁾。植物の生育に対する塩類濃度の影響は、土壌や植物の種類等によって異なるが、埋立完了後2年の区画の EC は、一般的な作物の塩類障害の目安²⁰⁾である 2 mS/cm を大きく超過していた。この区画にはヨシが優占していたが、ヨシは耐塩性のある植物であるのでこのような環境でも生育できたと考えられる。

図-9(c)に強熱減量についての結果を示す。強熱減量の値は、被植地では、埋立完了からの経過時間が長いほど増加する傾向がみられた。これは、埋立完了からの経過時間が長い区画ほど枯死した植物等が多く堆積し、その結果、覆土中の有機物含有量が増加したためだと考えられる。

4. まとめ

本研究では、アジアメガシティの大規模廃棄物処分場における環境モニタリングシステムを構築するための基礎的調査として、上海市の老港廃棄物処置場において、現地調査を実施した。埋立完了からの経過時間の異なる4区画において、埋立ガス等の埋立地の安定化指標と埋立地表層の植生との関係について分析した。

得られた結果から、埋立地の安定化の度合と植生の状況との関連性についてまとめると、以下のようになる。

- (1) 埋立完了後、2年程度経過した区画では、局所的に植物が生育した場所があらわれる。植物が最初に生える場所は、覆土が比較的厚いことで保水性が高くなっている場所と考えられた。初期の植生は、ヨシが中心であった。
- (2) 被植地では、植物の根の影響等により通気性が高くなり、大気と廃棄物層との間のガス交換が活発化し、廃棄物層内は有機物が分解しやすい好気的な条件とな

る。このため、被植地では時間の経過とともに廃棄物層内の埋立ガス（ CH_4 、 CO_2 等）の濃度が次第に減少する。これと比較して、裸地では、廃棄物層内が嫌氣的であり、埋立ガス濃度が下がりにくい。

- (3)埋立完了からの時間の経過に伴って植生域は拡大し、廃棄物層内の埋立ガスの状況も変化する。植生の遷移系列は、ヨシ群落→オオアレチノギク→セイタカアワダチソウ群落→セイタカアワダチソウ→カナムグラ群落であった。生活型組成は、多年草がまず優占し、後に一年草の組成が増加するという遷移形態を示した。これは、一般的な二次遷移の形態とは異なっていた。ただし、初期に多年草であるヨシ群落が優占したのは、老港廃棄物処置場の覆土には湿地帯の土が用いられており、その中にもともとヨシの根茎が含まれていたことが原因の1つであると考えられた。

以上の結果から、大規模廃棄物処分場の環境モニタリング指標として、植生に関する調査結果の利用可能性を検討すると、次のようになる。

- ・埋立完了後初期の植物群落の出現状況を利用した、相対的な覆土の厚さや保水性等の違いの評価
- ・植生の有無や、植物活性度の差を利用した、相対的な埋立ガス濃度の評価

衛星リモートセンシング等により植生情報を効率的に把握することができれば、上記のような埋立区画内の相対的な安定化度評価は、詳細調査の前段階のスクリーニングツールとして利用できる。特に、広大な面積を有する大規模廃棄物処分場においては、適切なスクリーニングにより測定地点を絞り込むことは重要であり、この点において本手法は貢献できるものと考えられる。

今後は、今回の調査で得られた現地の植生の特徴と人工衛星から得られる面的な植生の分布状況や植物活性度等の情報を組み合わせて、衛星リモートセンシングによる大規模廃棄物処分場の環境モニタリング手法を改良する予定である。また、今後もデータの蓄積とともにさらなる検討が必要である。本研究は1つの大規模廃棄物処分場を対象として行ったものであるため、本研究で得られた知見が他の大規模廃棄物処分場にも適用可能であるか確認していく必要がある。

謝辞：本研究を進めるにあたり、中国同済大学の趙有才教授には、研究全般を通じて多大なるご協力を得た。ここに、感謝の意を表する。また、本研究は、科学研究費補助金基盤研究「アジアメガシティの大規模廃棄物処分場環境モニタリングシステム構築のための現地調査」（代表：島岡隆行、研究課題番号15404019）の補助を受けて行った成果の一部である。記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 全国都市清掃会議：廃棄物最終処分場指針解説-1989年版-, 全国都市清掃会議, 1989
- 2) 環境庁水質保全企画課海洋汚染・廃棄物対策室：廃棄物最終処分場安定化監視マニュアル, 全国都市清掃会議, 1989
- 3) 田中信壽：環境安全な廃棄物埋立処分場の建設と管理, 技報堂出版, 2000
- 4) 石崎俊夫, 島岡隆行, 中山裕文, 小宮哲平, 眞鍋和俊：衛星リモートセンシングによる大規模廃棄物処分場管理手法に関する研究, 環境システム研究論文集, Vol.32, pp.311-318, 2004
- 5) 大野博之, 小宮哲平, 中山裕文, 島岡隆行, 眞鍋和俊, 八村智明：廃棄物埋立地表層の広域的な環境地盤工学特性のモニタリング, 第5回環境地盤工学シンポジウム発表論文集, pp.11-16, 2003
- 6) 日本生態学会環境問題専門委員会：環境と生物指標1-陸上編-, 共立出版, 1975
- 7) 長野修治, 花嶋正孝, 松藤康司, 柳瀬龍二：埋立地の安定化指標に関する研究, 廃棄物処理対策全国協議会第39回全国大会講演集, pp.164-167, 1988
- 8) 中国国家统计局：中国統計年鑑1995-2004年版, 中国統計出版社, 1995-2004
- 9) 気象庁電子閲覧室ホームページ
(<http://www.data.kishou.go.jp/index.htm>)
- 10) J.Braun-Blanquet (鈴木時夫訳)：植物社会学I, 朝倉書店, 1971
- 11) 土壤養分測定法委員会：土壤養分測定法, 養賢堂, 1970
- 12) 中野政詩, 宮崎毅, 塩沢昌, 西村拓：土壤物理環境測定法, 東京大学出版社, 1995
- 13) 中国標準出版社第二編集室：生活ごみ埋立て汚染の規制基準, 中国環境保護標準集-環境品質と汚染物排出, pp.530-535, 中国標準出版社, 2000
- 14) 沼田真, 吉沢長人：新版・日本原色雑草図鑑, 全国農村教育協会, 1975
- 15) 廣田伸七：ミニ雑草図鑑, 全国農村教育協会, 1996
- 16) 沼田真：図説植物生態学, 朝倉書店, 1969
- 17) 谷本茂, 中越信和, 根平邦人：都市中小河川における多自然型水際植生の初期二次遷移, 環境システム研究論文集, Vol.28, pp.241-246, 2000
- 18) 伊藤秀三：群落の組成と構造, 朝倉書店, 1977
- 19) 藤原俊六郎, 安西徹郎, 加藤哲郎：土壌診断の方法と活用, 農山漁村文化協会, 1996
- 20) 松坂泰明, 栗原淳：土壌・植物栄養・環境事典, 博友社, 1994

VEGETATION SURVEY FOR ENVIRONMENTAL MONITORING ON A LARGE-SCALE LANDFILL

**Toshio ISHIZAKI, Teppei KOMIYA, Hirofumi NAKAYAMA, Takayuki SHIMAOKA,
Kousuke KUBOICHI, Kazutoshi MANABE and Hiroyuki OHNO**

In order to develop an effective environmental monitoring method for large-scale landfill sites, the authors carried out landfill gas monitoring, cover soil sampling and vegetation survey at the Laogang Landfill in Shanghai, China. The relationship between the degree of landfilled waste stability and the vegetation characteristics were tried to find out. Results indicated as follows; (1) after the landfill completion, vegetation began to grow where water content of cover soil was high, (2) the landfill gas concentration decreased where vegetation existed and permeability of air was high because of the effect of roots, and (3) the transition of the plant species was unique compared with normal land.