



環境儀

NO. 24 APRIL 2007

国立環境研究所の研究情報誌

21世紀の廃棄物最終処分場 高規格最終処分システムの研究



独立行政法人

国立環境研究所

<http://www.nies.go.jp/>

21世紀、循環型社会における
廃棄物最終処分場のありべき姿が
求められています。
高規格最終処分システムの研究は
その姿を描き出すものです。





2000年3月、循環型社会形成推進基本法が制定され、発生抑制（リデュース）、再利用（リユース）、再生利用（リサイクル）のいわゆる3Rの基本原則が定められました。現在、廃棄物の排出量は横ばいですが、中間処理を経て最終処分される量は減ってきており、3Rの効果は着実に上がってきています。

一方解決すべき課題もまだあります。その一つが廃棄物が最後にたどり着く埋立処分場、つまり最終処分場の問題です。新規の処分場建設が思うに任せない状況の中、最終処分場の残余容量が逼迫し、残余年数も短くなってきています。また、自区内処理が原則の一般廃棄物の最終処分も地域的アンバランスが大きく、関東、中部地方では、域外にその処理を求めざるを得ない状況になっています。

国立環境研究所では、2001年4月に循環型社会・廃棄物研究センターを設立、資源化・処理処分技術研究室を中心に、こうした問題についても科学的解決に向けて研究を続けています。本号では、最終処分場問題の「今」を明らかにするとともに、“入れる物”（廃棄物）の質を制御する、“入れ（埋め）方”や“入れ物”（処分場）を工夫し、なるべく自然のパワーを使って安定化する、双方向対話によって地域と共生する、そのような処分場——高規格最終処分システム研究を紹介します。

C O N T E N T S



21世紀の廃棄物最終処分場

高規格最終処分システムの研究

Interview

研究者に聞く P4～P9

Summary

埋立廃棄物の安定化メカニズムの把握と科学的評価研究から P10～P11

研究をめぐって

埋立処分研究、世界の視点と動向
循環型社会への対応

..... P12～P13

「循環型社会に対応した廃棄物最終処分技術に関する研究」のあゆみ

..... P14

最終処分場は残余容量が逼迫しています。しかし、不法投棄による悪いイメージや環境汚染への住民の不安感などから新たな最終処分場確保が困難になっています。このような現状から、社会に受け入れられる最終処分場のモデルを提案することが急務です。「埋立廃棄物の品質並びに埋立構造改善による高規格最終処分システム」を中心に研究されている井上さんに、今後の最終処分場の姿などについてお聞きしました。



井上 雄三 / 循環型社会・廃棄物研究センター 副センター長

これからの廃棄物最終処分場の姿をとらえる

1: 研究者への道

Q: 最初に、研究者となったきっかけからお願いします。

井上: 今でこそ廃棄物に関わる研究を続けていますが、最初からこの分野の研究を手がけたわけではありません。大学では、土木工学を専攻していました。当時は「黒部の太陽」という映画が公開されヒットしたように、国土を造るというハード分野が成長著しい時代でした。土木分野の就職は引く手もあまただったのですが、私は土木よりも化学の方に興味を抱き、漠然と大学院進学を考えていました。その際、担任の先生は「これからは下水道の時代だ。ハードの技術も大切だ。だが、水処理などの環境分野の研究が大切になる」と折に触れて話されていました。私は、それに感銘を受けて下水道関係の卒論を書き、大学院へ進学しました。

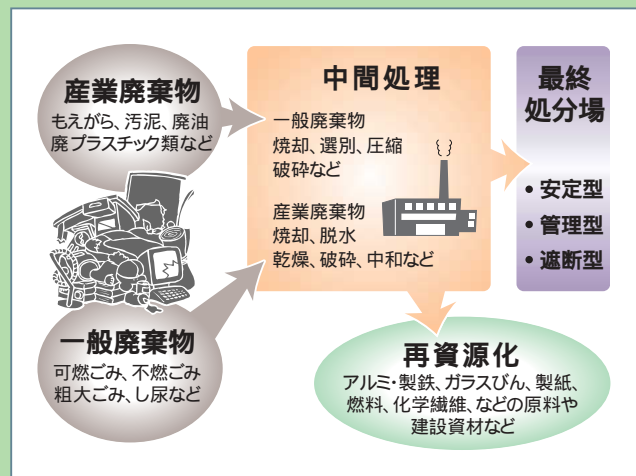
Q: 進路変更しなかったら、ダム技術者になっていたのかも知れませんね。

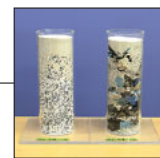
井上: そうかも知れません(笑)。大学院では衛生工学専攻で、下水道関係の研究を続けました。博士課程に進み5年近く経った頃、当時日本では数少ない清掃工学という廃棄物関係の講座が北海道大学に設けられることになり、大学時代の担任教授から「助手としてこないか」と誘われたのです。これが私と廃棄物の出会いです。そこでは、廃棄物はもちろんのことメタン発酵の研究やシベリア、アラスカのツンドラ地帯におけるメタンガスの特性や発生量、拡散など幅広い研究を行いました。

そうこうするうちに厚生省管轄機関である国立公衆衛生院に廃棄物工学部ができ、スタッフとして誘われました。1992年のことです。その後2001年に省庁再編に伴い廃棄物工学部が環境省へ移ることになり、

最終処分場と廃棄物の流れ

廃棄物は収集されると、まず無害化、減量化、安定化を図るため中間処理施設に運ばれます。一般廃棄物の場合、可燃ごみは焼却へ、粗大ごみ・不燃ごみは選別、圧縮、破碎などへ向かいます。一方、産業廃棄物では、汚泥などは脱水・乾燥、廃油は中和、廃プラスチックは破碎、廃酸・廃アルカリ物質は中和などの処理が行われます。こうした工程で処理された廃棄物は、最終処分場での埋立や再資源化へと向かいます。なお、最終処分場は昭和52年から3つのタイプが規定され、廃棄物の種類によって投入できる処分場が指定されています。





は高濃度の有機物やアンモニアを含むため悪臭を放ち、さらに感染症の恐れがあるので、これらを解決するために民間との共同研究で膜分離高負荷脱窒素技術を確立しました。膜分離により病原性ウイルスの除去も可能となり、非常にコンパクトで安全な世界最高の技術を確立することができました。

1990年代、埋め立てられた焼却灰や飛灰中のダイオキシン類への関心が高まり、ダイオキシン類の挙動も重要な研究課題となり、その中で高塩素ダイオキシン類の移動に溶存性フミン物質（DHM）が寄与していることを明らかにしました。

Q：幅の広い研究をされていたんですね。

井上：はい。一方、国立公衆衛生院は技術者の研修の場でもあり、私は教官でもありました。廃棄物工学部の研修生は、各地方自治体の廃棄物関係の管理者や地方環境研究所の担当者で廃棄物管理行政の最前線にいますから現場の目を持っています。最終処分場で何か問題が起これば（多くは住民からの通報、苦情）、直ちに立ち入って問題解決を図り、住民の不安を取り除かなければなりません。私たち教官は、研修生から現場解決型研究の重要性を痛感させられました。

この研修で知り合った多くの知己は、まさに現場対応が必要な廃棄物研究を行う上で非常に大切な財産になっています。

国立環境研究所へきたわけです。

2：廃棄物研究に本腰を入れる

Q：流転的な道程を歩まれたそうですね。廃棄物に関する研究はいつからですか。

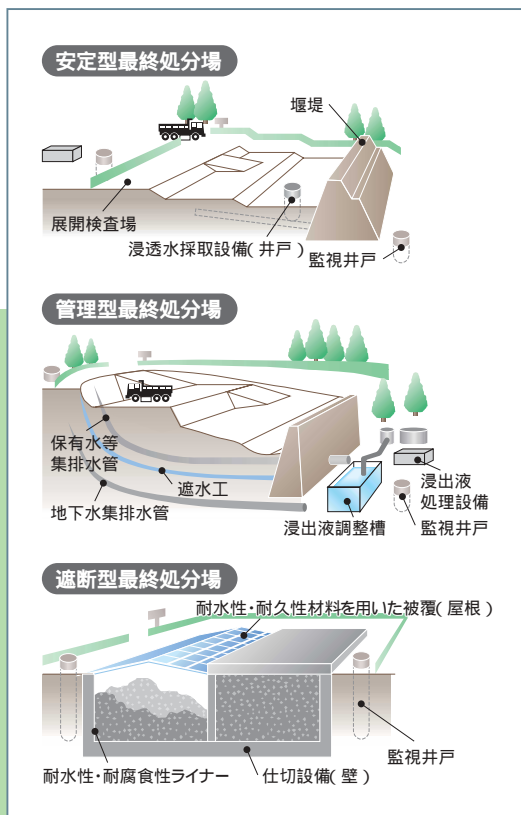
井上：本格的に取り組み始めたのは国立公衆衛生院からです。当時、国の研究機関で本格的に廃棄物の研究を行っているところにはありませんでした。パイオニア的な役割と国家レベルで大局的な研究に取り組めると考えました。

公衆衛生院では処理困難物として当時大きな課題であったし尿処理が重要な研究課題の一つでした。し尿

3：最終処分場の問題 - 維持管理期間の長さ

Q：国立環境研究所へ移られて、最終処分場の研究はどのように進んでいったのですか。

井上：一言で説明するのは難しいですね（笑）。まず、当時の状況を説明しましょう。私が入所する1年前に、



最終処分場の分類

安定型最終処分場：安定5品目(廃プラスチック類、ゴムくず、金属くず、ガラスくず・陶器くず、建設廃材で有機物の付着がないもの)のみが対象。周囲の囲い、塚堤などの設備ですむ簡便な処分場です。

管理型最終処分場：家庭から出る廃棄物や焼却灰や、産業廃棄物における污泥や燃えがら、シュレッダーダストなど(いずれも一定量以上の有害物質を含まないもの)が対象。地下水汚染や土壌汚染を防止するため、底にシートを張るなど遮水が図られており、また、内部から出る汚水を集め排水処理できる設備も設置されています。

遮断型最終処分場：有害な重金属などを含む産業廃棄物が対象。屋根付きで、内部は間仕切りされたコンクリート壁と蓋によって、有害なごみは、一切遮断され漏出ししない構造になっています。

循環基本法が制定され3Rが推進されました。その結果、ごみの排出量こそ変わらないもののリサイクルなどが進んだため、最終処分場へ持ち込まれる廃棄物は減ってきています。2003年度の産業廃棄物を例にすると、前年度に比べ約2割減です。最終処分場へ持ち込まれる廃棄物は、2010年には1996年の1/2に、そして2050年には1/10にするという長期ビジョンも出されています。それだけ聞けば「何だ、もう心配しなくてもいいじゃないか」と思うでしょうが、実際は深刻です。毎年排出された廃棄物のうち、3Rできないものは最後は最終処分場へ持ち込まれますから、次第に満杯となります。その残余年数(2003年度)は、全国平均で産業廃棄物では6.1年、一般廃棄物で13.2年です(表1)。一見、まだ余裕がありそうですが、地域によりバランスが大きく異なり、関東での産業廃棄物では2.3年、山梨県での一般廃棄物の残余年数は、なんと1.2年しかありません。早急に処分場の確保が必要になっています。

Q: かなり深刻な状況ですね。

井上: そうです。しかしながら、現実には最終処分場の建設は困難な状況です。迷惑施設でいやがられると

表1 産業廃棄物の最終処分場の残存容量と残余年数(平成16年4月1日現在)

区分	最終処分量(万t)	残存容量(万m ³)	残余年数(年)
全国	3,000 (4,000)	18,418 (18,178)	6.1 (4.5)
首都圏	807 (1,104)	1,878 (1,838)	2.3 (1.7)
近畿圏	432 (528)	1,839 (1,901)	4.3 (3.6)

平成15年度の最終処分量および平成16年4月1日現在の最終処分場の残存容量から推計。()内は前年度の調査結果。



実験用埋立セル(区画)中へのモニタリングセンサー敷設作業

はいえ、何とかならないものかと、手始めに聞き取り調査を行いました。すると、悪臭や汚染水の漏洩など不適切な処理による生活環境への影響と、住民に対する行政や業者のコミュニケーション不足を指摘する意見がもっとも大きく、原因は「迷惑施設」とは別のところにもあったのです。

つまり、しっかりした施設の整備、維持管理や住民とのコミュニケーションを十分行い、速やかな対応をとることで社会的に受け入れられる最終処分場をつくることができると確信しました。

Q: 研究は、管理型の最終処分場についてですね。その辺を少し詳しくお話しいただけますか。

井上: 管理型最終処分場は、埋立が終了したら終わりというものではありません。埋立地からは浸出液が浸み出しますが、この中には有機汚染物質やアンモニアなどが含まれ、この水質が長期間にわたって放流水基準をクリアできないため、埋立後も維持管理が必要になります。モニタリングや埋立地から浸み出してくる浸出液の処理などです。大きな処分場ですと年間の維持管理を含めた処理費用は1億円を超えてしまいます。それはかなり長期間続きます。10年なら10億円、20年なら20億円になります。埋立時は排出業者からお金が入りますが、満杯になって維持管理だけの期間になると収入はありません。今は維持管理積立金制度ができましたが、最終的にはコストに反映します

ごみの歴史

ごみの歴史は都市化と密接に関わっています。支配者が代わったり、代替わりの際、新たな地への遷都が行われたのは、政治的な意味合いもありましたが、都市のごみ問題が限界に達したため、余儀なくされた面もあるようです。とはいえ、当時のごみ問題を紹介できるほど整理されたものはなく、具体的対策が多く記録されているのは江戸時代からのようです。

鎖国が続いたその時代、ものを大事にし、リサイクルが定着していた時代でしたが、それでもごみ問題はありました。当時江戸では「会所地」と呼ばれる空き地が各地にあり、そこにごみを捨てていたのですが、近隣住民は悪臭やハエや蚊の発生に悩まされました。そのため、奉行所は町ぶれを出し、会所地にごみを捨てることを禁止しました。これは、慶安2年(1649年)のことで三代将軍徳川家光の時代です。明暦2年(1655年)には、永大浦(現在の江東区)をごみ捨て場に指定しました。その後、次々に海辺の低湿地を中心にごみ捨て場が造られました。



四谷大木戸(部分拡大)

出典: 四谷大木戸「江戸名所図会」新宿歴史博物館所蔵
図中央、背に肥桶を積んだ馬が描かれています。



から、安全を念頭に維持管理期間を少しでも短くしていく必要があります。

Q: どのような方法で行うのですか。

井上: 埋立地中の廃棄物に含まれる有機物は、空気のある環境では好気性の微生物により炭酸ガスなどに分解され、悪臭はあまり出ません。ところが埋立層に空気が入らない環境中では、嫌気性微生物により可燃性のメタンガスや硫化水素などが発生して周辺に悪影響を及ぼします。したがって、埋立地中を好気的な環境にすることが大切です。しかも、好気性の方が微生物の活性が高く廃棄物の安定化が早いので、維持管理期間は短くなります。そのためには、埋立層内の空気や水の通りをよくすることが必要です。

4：最終処分場の問題 - 廃止の条件

Q: 維持管理期間が終わるとどうなるのですか

井上: 「廃止」つまり、更地として使えるようになります。もっともこれには、1)保有水が水処理をしなくてもよい水質になっている、2)内部の温度が周辺の温度に比べて異常に高くない(20 以下)、3)ガスが出ない、の3つの条件を2年間クリアしなければなりません。制度上はその通りですが、このことと実際に「処分場が安定している」かは別問題です。国が決めた廃止条件は、「第1段階の安定化」です。そこを

明治に入り、文明開化に伴って生活も変化し、ごみの量も増えてきましたが、処理については江戸時代と大差なく、その衛生事情が悪くなってきました。衛生のためにごみの焼却という概念が生まれたのは明治33年(1900年)に「汚物掃除法」が公布されてからです。東京では翌年に深川区平久町の埋立予



8号地処理場のごみ揚陸状況(昭和25~27年頃)

再開しようとして掘り返すと、反応が起こり汚水が発生するかもしれません。このような事態を避けるためには維持管理期間中に科学的な内部監視を行い、定量的な評価を行うことが必要になります。

既存の最終処分場によっては他にも問題があるものがあります。重金属類やアスベストなどの分解できないものやダイオキシン類などの有害物質が大量に埋立処分されている所です。これではいくら土壌が安定しても、将来にわたって安全を保障することはできず、周辺環境への影響をなくすための修復が必要になります。

5：好気性条件の確立

Q: お話をお聞きしていると、「維持管理期間」が最終処分場の安全性や廃止後の活用における最大のキーワードですね。

井上: そうです。維持管理期間を短くするためには好

廃棄物の安定化

埋立廃棄物は生物・物理・化学的に反応し、液状、ガス状の汚濁物質を排出しますが、その量は時間とともに減少し、いずれは処理をしなくても周辺に影響を及ぼさないレベルまで低下します。このことを安定化といいます。ところが実際の埋立処分場では廃棄物が均一に埋め立てられていないため安定化は均等に進まず、掘り返すと再び分解反応が起こることがあります。このため、現在、安定化は2つに分けて定義しています。

第一段階の安定化: 外乱を与えない限り外部に影響を及ぼさない状態

最終安定化: 生物・物理・化学的に何の変化も起こすことのない状態、すなわち外乱を与えても外部環境に影響を及ぼさない状態

Memo

定地における露天焼却が最初でした。燃やすとたいへんな煙が出たようです。その後、昭和4年に深川塵芥処理場工場ができ、昭和10年には、収集ごみの50%の焼却率まで達しました。

話は戦後に移ります。昭和38年(1963年)厚生省(当時)が補助金を出すようになってから徐々に焼却工場が建てられました。ただし、東京では、海岸沿いの埋め立て処理が主体で、焼却施設ができるのは遅れました。その埋立地周辺では、昭和40年代前半に八工の大発生が起き、悪臭防止を兼ねた覆土という手法が生まれました。

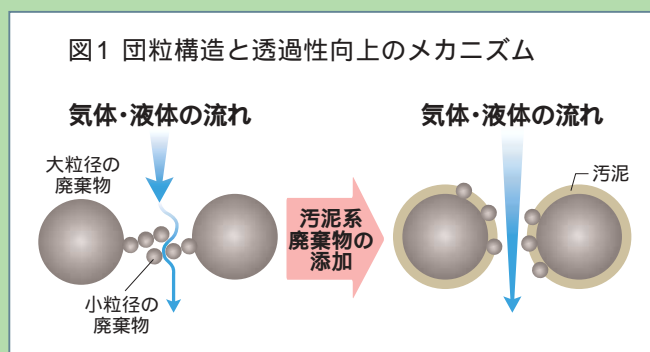
高度成長時代に入ると、最終処分場の確保が困難になってきました。焼却の目的もごみの処理から減量化へと変わり、焼却技術の進歩もあり、最終処分場に運ばれるものは、生ごみや半生のごみよりも焼却残渣(灰)が増えました。一方、排出されるごみの質も変わり、プラスチック類や家電製品、またペットボトルなどが増えてきました。こうした流れを経て廃棄物問題は循環の時代を迎えるのです。

気的な環境をつくるのが大切です。実施例は少ないのですが、埋立地にパイプを入れ高圧で空気を吹き込んだり、浸出液を集めて埋立地へ戻し循環させる方式などが試みられています。もちろんこれも有効な方法ですが、私たちは廃棄物という素材に注目しました。素材同士の組み合わせや、埋め方を工夫することで、好気的な環境をつくれなかと考えたのです。埋立地は、できるだけ水が均等に流れ、空気も出入りしやすい砂地のような状態が理想ですが、実際の埋立地はさまざまな廃棄物と即日・中間覆土のセル/サンドイッチ構造になっています。中でも、汚泥はとくに空気や水を通しにくいのです(10頁の参考図)。そこで、管理型処分場に多く持ち込まれる建設汚泥と、透気・透水性のよいスラグや建設系混合廃棄物(木くず、紙くず、繊維くずなど)を混合し透気・透水性について調べました。すると、スラグでは13%、建設系混合廃棄物では29%の汚泥(乾燥重量割合)を添加しても、透気・透水性は大きく低下しませんでした。

Q: つまり、泥を多少混ぜても空気は充分通るといことですか。

井上: そうなります。面白いことにスラグの場合は、汚泥を5%混ぜたときの方が混ぜないときに比べ、逆に透気性が上がったのです。スラグはふるいにかけて16ミリ以下のものを使いましたが、大きさはバラバラです。目視では、汚泥なしのときは小粒径のものが大粒径同士の隙間を塞いでいました。そこに少量の汚泥が混じったことにより、小粒径のものが団粒化してまとめ、隙間ができたようです(図1)。

私たちの研究センターには模擬埋立実験槽(ライシメータ)があり、そこでさまざまな実験を行っていて、これもその成果です。



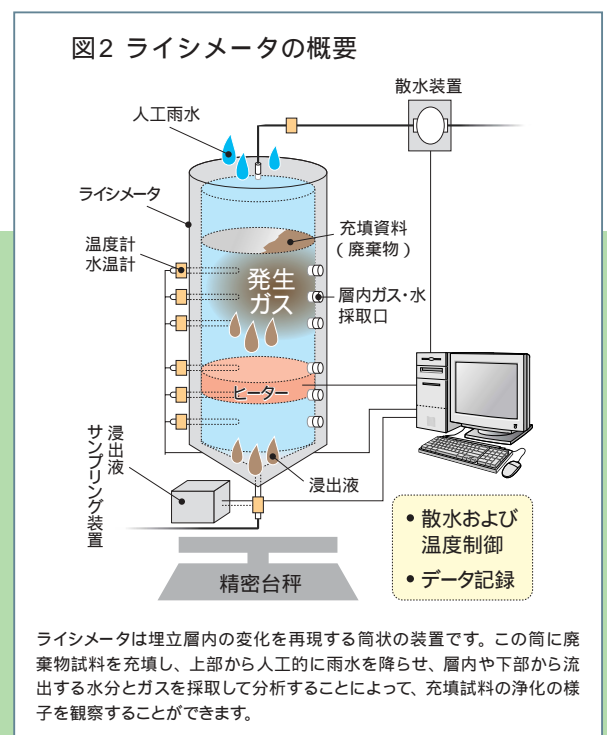
新しいコンセプトで建設された山間の最終処分場

この装置は、埋立層内の変化を再現できるだけでなく、中でどのような変化が起きているのかが分かります。覆土の種類、素材の品質を均一にした場合、そのまま不揃いにした場合などさまざまな組み合わせから、安定化に最適な埋立て方法を探しています。多分こうしたアプローチで研究を行っているのは世界的に見ても、私たちが初めてでしょう(図2)。

具体的な成果をもう一つ紹介しましょう。2000年に福岡県筑紫野市の産業廃棄物安定型処分場の排水ピット内で、浸透水採取中の事業所作業員が硫化水素中毒が原因で死亡する事故が起きました。その原因を探る研究をこのライシメータを使って行い、石膏ボードに使用される糊が硫化水素発生に關与している可能性を指摘しました。この結果は廃棄物として処分される廃石膏ボードの規制強化につながりました。

6: 高規格最終処分システムをめざす

Q: 研究成果が具体的な施策などにつながる、研究者冥利につきると思いますが、井上さんが今の研究の先





に見ているものは何ですか。

井上: 私たちがめざしているのは、先ほど少し触れた、社会的に受け入れられるような最終処分場なのです。これを、高規格最終処分システムと呼んでいます。

これまでの最終処分場の設計は、遮水構造、埋立の順序、一番上にどのような覆土でどのくらい被うのか、といった構造基準しか条件に与えられていません。廃棄物の埋立てについての管理も標準化されたものはないのです。また即日覆土も、種類や品質、そして量などは、構造の条件に入っていません。こうしたことが相まって、現実の埋立処分場では廃棄物の組み合わせやその埋め方もばらばらになってしまう場合もあります。これでは、全体を好気性の環境にするのは不可能です。同様に、これまでの最終処分場は処分場の中でしかものが考えられませんでした。つまり、運ばれる廃棄物の種類、品質、形状などには手を付けられず、与えられた条件下で何とかやりくりしながらの埋立施工管理でした。そうではなく、廃棄物の流れでいうと川上にあたる中間処理施設に対して提案してもよいはず。たとえば、埋立ての条件に合わせて廃棄物の

粒径をもっと均一にする、あるいは有害物質の少ない品質の提案や廃棄物の分類別や最適な組み合わせで運んでもらう物流の提案です。高規格最終処分システムとは維持管理期間を1世代(30年程度)以内とし、科学的に確実な「廃止」へとつなげるために川上への提案や埋立研究を行い、安心できる最終処分場づくりをめざすものです。そして地域に対しては、科学的根拠を踏まえた情報を発信するなど双方向対話の充実も図っていくものです。つまり、“入れる物(廃棄物)の質を制御する、“入れ(埋め)方”や“入れ物(処分場)を工夫し、なるべく自然のパワーを使って安定化する、そして双方向対話によって地域と共生する - これがめざす21世紀の廃棄物最終処分場の姿なのです。(図3)

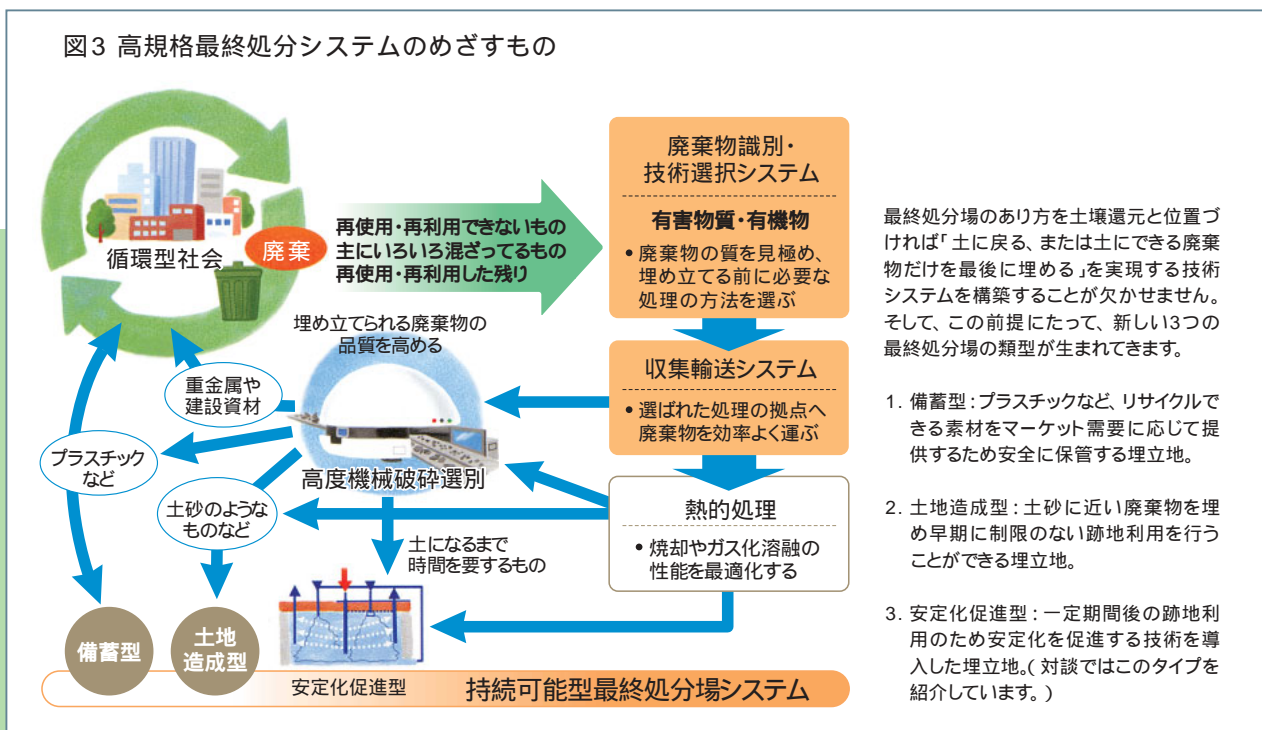
7：最後に

Q: 維持管理期間を1世代以内に短縮することが、実はそこだけではなく循環型社会という大きな枠の中で連携して川上や地域も巻き込んでいくことまで考えているのです。実にスケールの大きな研究ですね。

井上: そうです。わたしたちは将来の最終処分場について「土に戻る、または土にできるごみだけを最後に埋める」を念頭に置いています。そのための技術システムを構築するために国立環境研究所の第2期中期計画に沿って研究を続けています。

今後が楽しみです。ありがとうございました。

図3 高規格最終処分システムのめざすもの



埋立廃棄物の安定化メカニズム

これまで多くの既存処分場の実態を調査し、また実際の埋立処分場にテストセルを建設し、実際の廃棄物を用いた埋立実験や国立環境研究所に設置したしたライシメータを用いた埋立研究を行い、安定化に影響を与えるさまざまな因子の特性を解明してきました。ここではそのうちのいくつかを紹介します。

最終処分場の維持管理期間を長引かせる要因

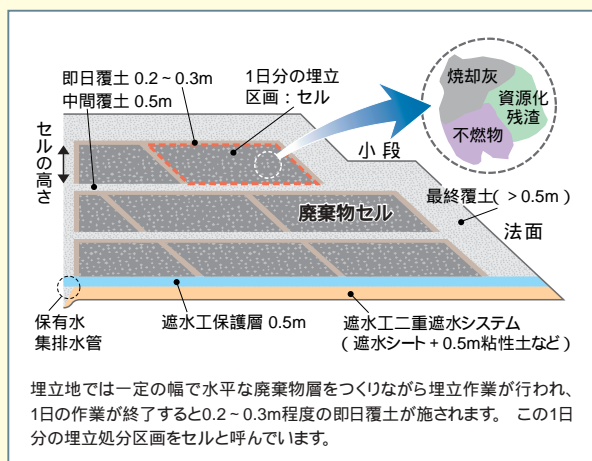
実際の埋立地に埋立られる廃棄物は焼却灰、不燃ごみ、污泥、建設廃棄物や破砕残渣などさまざまなものがほとんど無計画に埋立てられます。さらにその日ごとに廃棄物から悪臭やほこりの放散防止やハエやネズミなどの衛生生物が発生しないように覆土が施され、その層が終了すると強度保持等のために50cm程度の

中間覆土が行われます(参考)。

埋立地はこのような構造をしているので、いくら集排水施設を工夫して作ったとしても、浸透水が均等に流れ、空気が浸透し、廃棄物分解反応が効果的に促進するとは限りません。遮水工が機能しているうちに安定化が可能かどうかは断言できないのです。

問題はさらにあります。埋立廃棄物の安定化について定義はされていますが、具体的な評価法が決まっていないのです。国際的にも国内的にも学会における統一の見解はありません。そのためでもあるのですが、埋立処分場の廃止時期も予測できないのです。要するにいつ、そして具体的にどのような状態になったら廃止できるのかがわかりません。これは、埋立構造を考慮した安定化が理論的にも実験的にも定式化されていないことにも原因があります。

廃棄物最終処分場における埋立廃棄物の安定化のメカニズムを把握する方法と「安定化」の客観的評価をめざし、以下のような研究を進めています。



参考 埋立地の構造

評価サンプル採取地点の選定手法の確立

研究では、まず高密度電気探査法を用いて最終処分場の安定化が遅れた廃棄物の空間分布など地下構造を明らかにしました。また、表面温度計測装置(サーモカメラ)等による温度計測とレーザーメタン計測装置を組み合わせ、現場におけるチャンパー法による地表面からのメタンフラックス計測の精度を高めました。そこで温度とメタンフラックスから埋立地表面において安定化のレベルを数段階程度に領域分けし、ボーリング等による埋立廃棄物のコアサンプル採取地点を選

図4 高密度電気探査による埋立処分場の廃棄物の存在分布推定

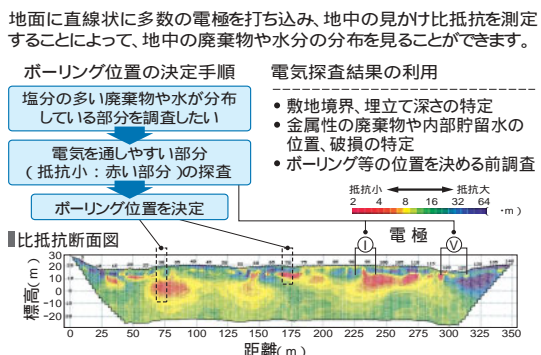
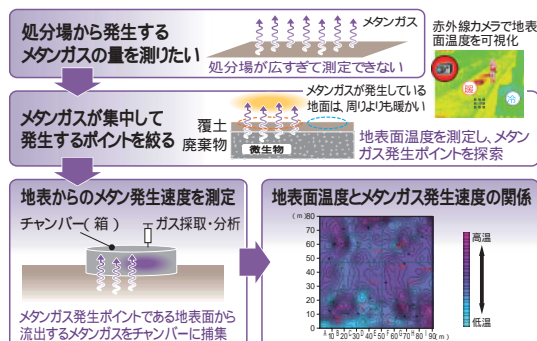


図5 サーモカメラやレーザーメタン計による温度やメタン放散フラックスの高いホットスポットの検知





ムの把握と科学的評価研究から

定しました。

本研究では安定化が遅れているポイントでボーリングを行い、コアサンプルを採取すると同時に観測井として自動温度検層、自動ガス濃度測定を進めています。調査中の最終処分場は、陸上4カ所、海面3カ所です。

図4は実際の最終処分場(処分違反事例)のボーリング位置を選定するために測定された高密度電気探査の解析例です。有限要素法によって解析された比抵抗値を基に等比抵抗分布が色分けされて描かれています。実際には1mの深さの温度と比抵抗分布を使ってボーリング位置を選定しました。

さらにサーモカメラやレーザーメタン計により温度やメタン放散フラックスの高いホットスポットを検知しました(図5)。また、地表面メタンフラックスおよび10mグリッド上メタンフラックスから求められた埋立地のメタン放散フラックス分布を作成しました。この分布図よりメタンフラックスの大きな領域が安定化の遅れた領域として選定され、評価地点として選定されました。

採取したコアサンプルの安定化の評価

次は選定されたサンプリング地点の埋立廃棄物の安定化のレベルの評価です。有害廃棄物の判定基準として van der Sloot 等の溶出法による評価法がありますが、生物分解の進行状態を的確に把握できるものになっていません。そこで本研究で提案した評価法は、廃水処理の処理性評価法として周知の方法で、pH7.0付近における回分溶出DOC(溶存性の有機炭素濃度mg/L)をE260(紫外部260nm/cmの吸光度)で除した値(DOC/E260)を使うものです。この評価法は一般に

DOC/E260の値が50以下ですと生物難分解性を示します。すなわち、埋立廃棄物は安定化していると解釈できます。逆にこの値が100を超えると生物分解性が高いことを示し、まだ安定化していないと解釈できます。

この改良法が安定化促進の評価をできるかどうか、実規模の埋立サンプルを使って検討を行いました。サンプルは埋立現場に設置した実規模のテストセル埋立実験(国立環境研究所、埼玉県、大成建設(株)との共同実験)を行ったときのもので、好気性(A:通気+浸出液循環)、嫌気+浸出液循環(AN)、現場条件(C:嫌気性、浸出液の無循環)の3つと、比較のために一般的な土壌を使いました。その結果、好気性条件下で安定化が著しく促進されることを本安定化評価手法により明らかにすることができました(図6)。同時に私たちの安定化評価法は、現場周辺土壌と好気性埋立廃棄物との安定化の違いを明確に示すことができ、より正確な安定化評価が可能になると考えられます。

安定化期間の定式化

これまでに日本や欧米の研究者によって安定化期間の定式化が行われてきましたが、単一槽モデル(埋立地は多層セル構造)であり、実際の処分場への適用可能な中長期的モデルは皆無です。そこで既存モデルが持っている問題点を整理し、底部集排水、中間覆土、最終覆土、ガス抜き管および1層3mの多層構造を表現できる新たなモデルを構築しています。研究は進行中ですが、これまで覆土の流体移動特性が安定化反応に大きな影響を与えていることを簡易モデルにより明らかにしました(図7)。

図6 van der Sloot法(左)とDOC/E260評価法(右)による埋立廃棄物の安定化評価

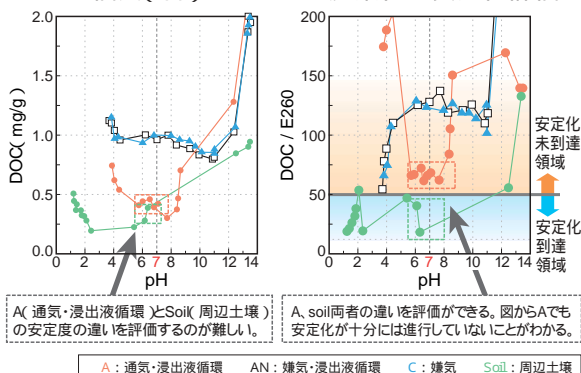
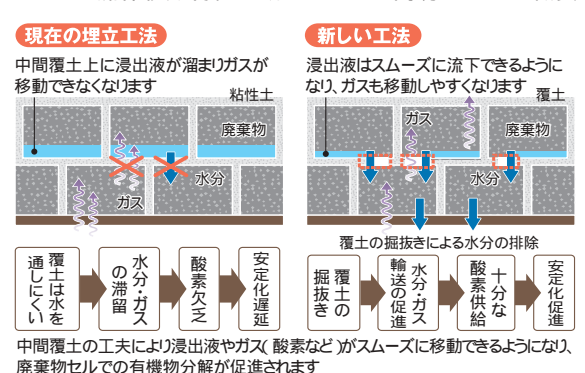


図7 安定化反応に大きな影響を与えている覆土の流体移動特性を明らかにした簡易モデルの概要



〈埋立処分研究、世界の視点と

廃棄物の最終処分としての埋立処分技術は世界的に見てこれまでになく質の高い最終処分場が求められています。安全・安心を前提にした



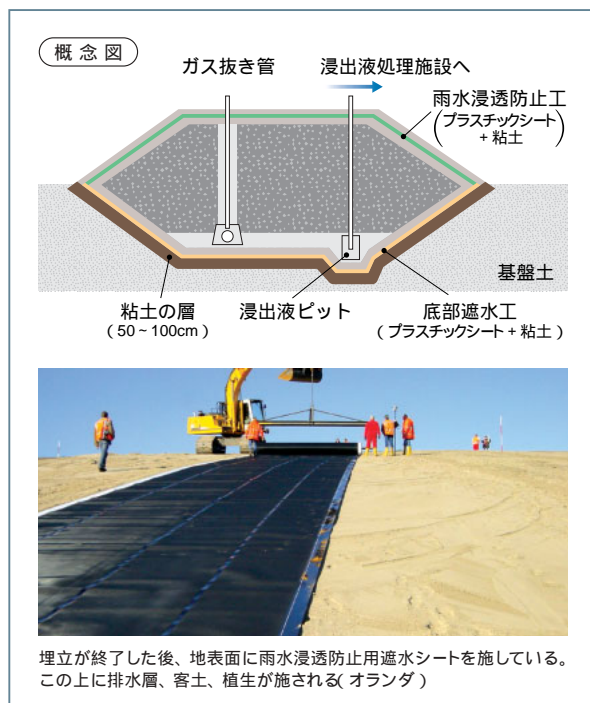
世界では

廃棄物処理の中心が焼却・減容化・埋立てという流れの日本に比べ、焼却せず埋立て中心の欧米では、1970年代、浸出液による地下水汚染が起きたことを契機に、埋立処分場の構造基準や管理基準を制定しました。水道水の80%以上を地下水に頼る欧米では、浸出液による汚染を極端に嫌い、これを防ぐため、下図のように逆さ台形状に掘り込んだ地面に粘土とプラスチックシートの目張り(遮水工)をした“封じ込め”の設計思想(コンセプト)ができあがっていきます。1990年代になるとこのコンセプトは徹底され、最終処分場の底部は二重遮水工、上部は雨水浸透を防止するキャッピングシステム(写真)が義務化されました。

欧米の最終処分概念の根幹にはこのように地下水汚染防止のためのリスク管理がありますが、“封じ込め”

には大きな弱点がありました。水分の一切の浸入・漏水を許さないシステムは、浸出液の発生量を最小にすることは成功しましたが、水分補給のない埋立地は、一方では埋立層内部が乾燥し、他方では有機物が多いために高濃度有機酸の蓄積と低pH化が起こり、メタン発酵が著しく阻害されることがわかってきました。

その結果、90年代になって最終処分場の持続可能性が議論される中、維持管理終了(日本の最終処分場廃止に相当)までの期間が「数百年にも達する」との研究論文も報告され、多くの議論が巻き起こりました。漏水リスクだけでなく維持管理コストを抑えるためにも維持管理期間の短縮は大きな課題となったのです。その結果は“封じ込め”型から早期安定化(生物反応促進)型へのドラスティックなコンセプト変更です。アメリカは廃棄物を選別や焼却等の前処理なしで丸ごと埋立て、埋立地での通気方式による生物反応促進へ、欧州は前処理過程で生物処理を行い有機物をあらかじめ安定化させる生物反応促進です。欧州では前処理技術選択肢としてMBP(埋立前に廃プラスチック・金属類を選別し、残りの有機物は簡易生物処理)が導入されました。ドイツではMBP施設設置が義務化されましたが、有機物削減の効果について疑問視する見方もあり、焼却への繋ぎの技術システムとも見られています。



欧米の封じ込め型最終処分場

日本では

日本は今でこそ焼却・減容化、準好気式埋立手法により欧州より一歩先に進んでいるといわれていますが、以前は「最終処分についての戦略がない」と技術、政策は酷評されていました。事実、最終処分場からは浸出液による水域汚染が大きな課題でした。

最終処分技術を大きく変えたのは、花嶋正孝福岡大学名誉教授と故田中信壽北海道大学大学院教授でした。花嶋が開発し、田中が定式化した準好気性埋立方式です。この方式は埋立槽底部浸出液集水ピット出口

動向 循環型社会への対応

も試行錯誤の繰り返しでした。循環型社会に向かう今、
新たな価値を持つ最終処分場の実現をめざして、実践的研究が進められています。



を大気に開放することで、埋立層内部に空気を供給し、微生物分解を促進するものです。実証規模の模擬埋立槽による実際の都市ごみを使った埋立実験は1975年に成功し、すぐに福岡市の埋立処分場で実施され、以後全国に普及していきました。焼却を中心とした日本のごみ処理体系は、その後埋立ごみが焼却灰と不燃物主体の低有機分・高塩分化へと変化します。それが準好気性、浸透性覆土方式にマッチしたのです。当時、欧米で封じ込め型嫌気性衛生埋立が技術的確立に向かっていったときですから、日本の技術がいかに独自の道を歩んでいたかがわかります。

一方、最終処分場では雨水を積極的に排除しなければ地下水汚染リスクは高くなります。この問題を解消するために最近、民間企業を中心に処分場への屋根の設置、人工的な散水による汚濁物質の洗出しなどにより、安定化を速める最終処分場が提案・開発され、好成績を収めています。とはいえ、これらの流れはあくまでも最終処分場が受け身の立場で、中間処理など上

流側からきた廃棄物を受け入れることを前提としています。次世代の最終処分場開発へは、もう一つ、越えるべきハードルがあります。

国立環境研究所では

循環型社会・廃棄物研究センターでは、このハードルを越えるため、21世紀にふさわしい最終処分システム、高規格最終処分システム作りを中心に研究を進めています。現在力点を置いて進めている研究とその成果は、埋立廃棄物の適正品質化とそのための中間処理など川上への提案、埋立廃棄物の最適な混合を行うための輸送・運搬ツールの開発、安定化促進型埋立構造の提案、埋立構造を表現できる新しいモデルによる長期の安定化現象の解明、などです。さらに、海面最終処分場の安定化促進、不適正処分場の適正な修復技術を選定する手法の開発、最終処分場の再生利用に関する研究などを行っています。

安心・安全な廃棄物最終処分をめざして

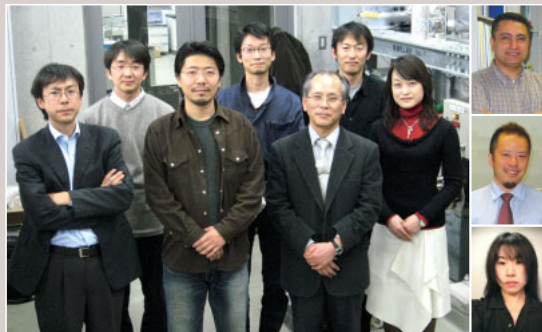
循環型社会・廃棄物研究センターで安全・安心な廃棄物最終処分に関する研究を行っているスタッフと主な研究を紹介します。

山田正人：最終処分場からのメタンエミッションの評価、最終処分場リスク管理ツール開発、アジア地域の適正な廃棄物管理の技術移転。
遠藤和人：数値工学モデルによる最終処分場の安定化現象の解析、海面最終処分場における物質移動解析と早期安定化工法開発。
朝倉 宏：高濃度硫化水素発生機構と対策および高規格最終処分システムの構築。
阿部 誠：固形廃棄物のリスク評価のための昆虫等を利用した直接バイオアッセイ手法の開発。
坂内 修：既存最終処分場の安全性評価のための地理情報GISによる周辺環境質の数値評価手法の開発。
山田亜矢：既存最終処分場に埋め立てられた廃棄物の安定化評価手法の開発。

(旧スタッフ)

ブレント・イナンチ(Bulent Inanc)：強制通気法による既存最終処分場の早期安定化技術開発。(2002.10～2005.12)
石垣智基：分子生物学的手法による最終処分場の安定化指標の構築。(2001.4～2005.3)

毛利紫乃：バイオアッセイ評価法の確立と最終処分場における化学物質リスクの早期警戒システムの構築。(2001.8～2004.3)



左から山田(正人)、坂内、遠藤、朝倉、井上、阿部、山田(亜矢)
右上からイナンチ、石垣、毛利

「循環型社会に対応した 廃棄物最終処分技術に関する研究」のあゆみ

本研究を含む「廃棄物管理の着実な実践のための調査・研究」は循環型社会・廃棄物研究センター発足（2001年4月）以来、以下の課題について実施されています。

課題1

「最終処分場容量増加技術開発および適地選定手法の確立に関する研究」

（平成13～18年度）

サブテーマ1: 最終処分場の容量増加技術(再生)の開発
サブテーマ2: 地理情報を用いた廃棄物最終処分場の適地選定

既存処分場を再生する場合の環境影響について事前評価と事後評価を行い、その手法開発を行いました。また生活環境に対して与える恐れのあるリスクを地図上で順位付けを行い最終処分場の適地選定を行う手法を開発しました。

課題2

「海面最終処分場に関する研究」(平成13～22年度予定)

サブテーマ1: 海面最終処分場戦略に関する研究
サブテーマ2: 海面最終処分場の安定化モニタリングおよび安定化促進

海面・陸上最終処分場のLCI解析や保有水流動解析により、大規模海面処分場の環境負荷特性および安定化特性を明らかにしてきました。さらに、大規模海面処分場の立地促進や安定化技術の開発を進めています。

課題3

「最終処分場安定化促進・リスク削減技術の開発と評価手法の確立に関する研究」

（平成13～22年度予定）

サブテーマ1: 安定型処分場における高濃度硫化水素発生機構および対策
サブテーマ2: 最終処分場における安定化機構解明
サブテーマ3: 安定化促進技術の開発

安定型処分場における高濃度硫化水素発生機構を明らかにし、対策を提案しました。強制通気等による安定化促進技術を開発してきました。現在、微生物や化学的特性を用いたいくつかの安定化診断指標を開発しています。

課題4

「バイオアッセイによる循環資源・廃棄物の包括モニタリングに関する研究」

（平成13～17年度）

サブテーマ: 最終処分場における早期警戒システムの開発

複数のバイオアッセイ法による有害物質群を特定する手法を示し、最適な組み合わせを選ぶ方法、リスク管理対策を発動する予防的かつ合理的な基準値を設定する方法を示しました。

課題5

「21世紀の新しい最終処分システムに関する研究」(平成16～22年度予定)

サブテーマ: 高規格最終処分技術システムの開発に関する研究

最終処分量の最少化に対応した21世紀に相応しい最終処分場のあり方、安定化促進を実現できる最終処分場の設計、長期挙動予測のための埋立層反応モデルを開発しています。

これらの研究は以下の組織・スタッフにより実施されてきました。

< 研究担当者・当時 >

循環型社会・廃棄物研究センター

井上 雄三、山田 正人、遠藤 和人、朝倉 宏、阿部 誠、坂内 修、山田 亜矢、

Bulent Inanc（現 Botas International Ltd.）、石垣 智基（現 龍谷大学）、毛利 紫乃（現 岡山大学大学院）

< 関連アドレス >

循環型社会形成推進・廃棄物管理に関する調査・研究(終了報告)平成13～17年度
<http://www.nies.go.jp/kanko/tokubetu/sr75/sr75.pdf>

循環型社会形成推進・廃棄物管理に関する調査・研究(中間報告)平成13～14年度
<http://www.nies.go.jp/kanko/tokubetu/sr60/sr60.pdf>

安定型最終処分場における高濃度硫化水素発生機構の解明ならびにその環境汚染防止対策に関する研究
<http://www.nies.go.jp/kanko/kenkyu/pdf/r-188-2005.pdf>



私たちにとって、廃棄物との付き合いは環境問題の原点ともいえるものです。経済成長や生活様式の変化に伴い、廃棄物は質的に変化しながら量的に増加を続けてきました。一方で、廃棄物に対する考え方は大きく変わり、3R(リデュース、リユース、リサイクル)の推進や循環型社会の形成が、環境問題の解決に向けた重要な切り札と認識されるようになってきました。

しかしながら、それ以上の再使用(リユース)や再生利用(リサイクル)できない廃棄物は、最終処分場に持ち込まれ埋め立てられます。最終処分場の目標は廃棄物を完全に安定な状態にすることですが、廃棄物の素材は実にさまざまですし、何十年あるいは百年を超えるような期間に、埋め立てられた廃棄物は物理的・化学的・生物的なプロセスにしたがって複雑に変化します。国立環境研究所は、処分現場での調査と研究所内での模擬実験を組み合わせ、世界的にもユニークな研究を展開してきました。その成果を活かし、新たなコンセプトに基づき提案しているのが高規格最終処分システムです。

循環型社会を実現しようとするとき、廃棄物の処理はその根幹に位置しています。本号で紹介する、最終処分場に関する研究の最前線を通して、廃棄物との新たな付き合い方の理解が進むことを期待しています。

2007年4月
理事長 大塚柳太郎

環境儀 No.24

— 国立環境研究所の研究情報誌 —

2007年4月30日発行

編集 国立環境研究所編集委員会

(担当WG: 大迫 政浩、井上 雄三、吉田 勝彦、西川 雅高
植弘 崇嗣、岸部 和美)

発行 独立行政法人 国立環境研究所

〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2

問合せ先 (出版物の入手) 国立環境研究所情報企画室 029(850)2343

(出版物の内容) // 広報・国際室 029(850)2310

環境儀は国立環境研究所のホームページでもご覧になれます。

<http://www.nies.go.jp/kanko/kankyogi/index.html>

編集協力 社団法人国際環境研究協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-1-13

『環境儀』既刊の紹介

NO.1	環境中の「ホルモン様化学物質」の生殖・発生影響に関する研究	2001年 7月
NO.2	地球温暖化の影響と対策 - AIM: アジア太平洋地域における温暖化対策統合評価モデル	2001年 10月
NO.3	干潟・浅海域 - 生物による水質浄化に関する研究	2002年 1月
NO.4	熱帯林 - 持続可能な森林管理をめざして	2002年 4月
NO.5	VOC - 揮発性有機化合物による都市大気汚染	2002年 7月
NO.6	海の呼吸 - 北太平洋海洋表層のCO ₂ 吸収に関する研究	2002年 10月
NO.7	バイオ・エコエンジニアリング - 開発途上国の水環境改善をめざして	2003年 1月
NO.8	黄砂研究最前線 - 科学的観測手法で黄砂の流れを遡る	2003年 4月
NO.9	湖沼のエコシステム - 持続可能な利用と保全をめざして	2003年 7月
NO.10	オゾン層変動の機構解明 - 宇宙から探る 地球の大気を探る	2003年 10月
NO.11	持続可能な交通への道 - 環境負荷の少ない乗り物の普及をめざして	2004年 1月
NO.12	東アジアの広域大気汚染 - 国境を越える酸性雨	2004年 4月
NO.13	難分解性溶存有機物 - 湖沼環境研究の新展開	2004年 7月
NO.14	マテリアルフロー分析 - モノの流れから循環型社会・経済を考える	2004年 10月
NO.15	干潟の生態系 - その機能評価と類型化	2005年 1月
NO.16	長江流域で検証する「流域圏環境管理」のあり方	2005年 4月
NO.17	有機スズと生殖異常 - 海産巻貝に及ぼす内分泌かく乱化学物質の影響	2005年 7月
NO.18	外来生物による生物多様性への影響を探る	2005年 10月
NO.19	最先端の気候モデルで予測する「地球温暖化」	2006年 1月
NO.20	地球環境保全に向けた国際合意をめざして - 温暖化対策における社会科学的アプローチ	2006年 4月
NO.21	中国の都市大気汚染と健康影響	2006年 7月
NO.22	微小粒子の健康影響 - アレルギーと循環機能	2006年 10月
NO.23	地球規模の海洋汚染 - 観測と実態	2007年 1月

『環境儀』

地球儀が地球上の自分の位置を知るための道具であるように、『環境儀』という命名には、われわれを取り巻く多様な環境問題の中で、われわれは今どこに位置するのか、どこに向かおうとしているのか、それを明確に指し示すべしという意図が込められています。『環境儀』に正確な地図・行路を書き込んでいくことが、環境研究に携わる者の任務であると考えています。

2001年 7月
合志 陽一

(環境儀第1号「発刊に当たって」より抜粋)



本誌は再生紙を使用しております



このロゴマークは国立環境研究所の英語文字N.I.E.Sで構成されています。
N=波(大気と水)、I=木(生命)、E・Sで構成される○で地球(世界)を表現しています。
ロゴマーク全体が風を切って左側に進むように動きます。研究所の躍動性・進歩・向上・発展を表現しています。