

[重点研究の報告]

廃棄物の燃焼や埋立等に伴う環境汚染とその対策に関する研究

廃棄物管理担当 大気環境担当

1 はじめに

日本における廃棄物処理は、歴史的には伝染病感染の予防のため焼却処理が中心に行われてきた。現在、一般廃棄物として排出される廃棄物の78%が焼却され続けていることから焼却処理は今後も重要な廃棄物処理として位置づけられるであろう。また、産業廃棄物についても廃棄物の減容化を目的に焼却処理が盛んに行われている。しかしながら、廃棄物を焼却処理する場合に多種類の焼却生成物質が発生することが知られており、施設周辺の環境を汚染するリスクが常に存在している。

現実に起こった大きな社会問題として、埼玉県内三富地区の産業廃棄物焼却施設周辺がダイオキシン類により汚染された事例がある。環境汚染と焼却施設との関連が指摘されたこの問題を契機に国はダイオキシン類対策として焼却施設の構造基準並びに維持管理基準を強化してきた。その後、焼却施設のみならず一般環境に対しても様々なダイオキシン類の基準値が設定された。

他方、埋立地は廃棄物の最終処分先としての位置づけとして重要である。一般的に埋立廃棄物は再利用できないものであり、様々な有害汚染物質が含まれている可能性がある。廃棄物は、その種類や溶出試験あるいはダイオキシン類の含有量試験による有害性判定結果によりタイプの異なる埋立地に埋め立てられる。安定5品目を埋め立てる安定型最終処分場は構造的には遮水機能を有しないため、周辺環境の汚染を引き起こす可能性がある。管理型処分場は浸出水を浄化する水処理施設を有するものの、水処理工程で除去が困難な化学物質による環境汚染が発生すると懸念されている。また、遮水機能の劣化により地下環境を汚染する等の事例も発生しており、埋立地が環境汚染源になりうる場合もある。

埋立地では、廃棄物の分解過程でメタンや二酸化炭素等の地球温暖化ガスが発生することから、環境への影響は決して無視することはできない。また、埋立地の特質として埋立廃棄物が嫌気性条件に曝されることにより硫化水素が発生する事例が多く報告されている。硫化水素は非常に有害であり、それにより現場作業員が死亡した事例も報告されている。

このように、焼却処理や埋立処分という廃棄物処理・処分を行うための施設から有害な化学物質が発生し、周辺環境に影響を与える可能性があることから、それを防止するための関係法令の改正も行われてきた。

2 重点研究「廃棄物の燃焼や埋立等に伴う環境汚染とその対策に関する研究」の目的

埼玉県の人口は平成16年10月現在で706万人に達し、焼却される一般廃棄物の量は年間215万トンにも及ぶ。また、埼玉県は隣接する都県から中間処理目的のために搬入される産業廃棄物も多く、当然焼却施設も多く存在する。そのため、廃棄物燃焼に伴い発生する燃焼生成物質の種類や濃度を把握し、環境への負荷量を低減化させる燃焼条件を把握することが環境保全上重要と考えられた。焼却に関連する研究では、未規制物質も含めて廃棄物焼却により環境へ放出される化学物質の現状を把握することを始めとし、焼却施設や焼却条件による排出濃度の違いを明らかにすることを目的とした。

埋立処分に関しては、最も緊急性のある問題として硫化水素対策が挙げられる。これは日本国内の処分場のみならず、廃棄物が堆積している場合にも見られる最も重要な問題である。本研究の中では如何に硫化水素の発生を未然に防ぐかその埋立地の在り方を発生抑制資材の開発も併せて行い、環境負荷量の低減化を図ることを目的とした。

また、埋立処分でも問題となる浸出水中の汚濁物質や埋立地発生ガスについても焦点を当て、埋立地の早期安定化の必要性についても検討を行った。

3 研究課題の構成

この重点研究に属する個々の研究は、表1に示したように焼却処理に関連する2件の研究と埋立処分に関連する3件の研究の併せて5件の研究から構成されている。これら研究の時期・期間はそれぞれ異なるが、平成12～15年度の間に行了されたものである。さらに発展した形で研究が現在も継続しているものもあるが、この研究報告では15年度までに行われたものについてのみ紹介した。

表1 重点研究「廃棄物の燃焼や埋立等に伴う環境汚染とその対策に関する研究」の構成・年次計画

研究の構成	研究目標	研究課題名及び研究年次計画
I 焼却処理 (1) 実焼却施設における燃焼生成物質のモニタリング (2) 燃焼生成物質の検索と発生に関する研究	焼却炉における燃焼生成物質の現状とその排出量低減の条件を明らかにする。	①廃棄物焼却炉における化学物質の排出特性 (H12～14) ②焼却処理に関する研究 (H12～15)
II 埋立処分 (1) 埋立地からの環境負荷量低減化に関する研究 (2) 廃棄物安定化に伴い発生する物質に関する研究	有害化学物質の発生条件を求め、その発生の低減化について研究する。 埋立地廃止に向けて必要な条件について研究する。	③廃石膏ボードの埋立における環境影響 (H12～15) ④埋立地内における廃棄物層の生物的安定化機構の解明 (H13～15) ⑤埋立終了後における発生ガスの移動メカニズム (H13～15)

4 成果の概要

4.1 焼却処理

日本におけるダイオキシン類の環境負荷量は廃棄物の焼却処理によるものが最も多いことが国の作成したダイオキシン類排出インベントリーにより明らかにされている。当センターが行った焼却処理に関連する研究では、ダイオキシン類に焦点を合わせつつも法律に規制されていない他の燃焼生成物質も研究対象にした。

ダイオキシン類の低減化に向けて設定された焼却施設の施設基準や運転管理条件が他の未規制物質に対しても有効に機能しているのであろうか。特に平成14年12月にダイオキシン類の焼却施設の排ガスに対する基準値が正式に適用されたが、適用以前とは排ガス中燃焼生成物質のパターンが異なるのではないのかという疑問がある。

この疑問を解くために実際の焼却施設でのモニタリングを行ってきたが、燃焼室温度が800℃以上である場合揮発性有機化合物に関しては排ガス中濃度が低下することが判明した。このことは現在稼働している焼却施設からの燃焼生成物質の排出量はダイオキシン類対策が講じられた以前と比べて低下していることを意味し、モニタリングすることにより現在の運転管理条件の有効性がある程度確認できた。今後は、異なるタイプの焼却炉について環境負荷量の一層の低減化をもたらす焼却条件があるのか、また燃焼室温度が高まったことにより新たな環境汚染物質の排出が見られるのかをモニタリングする必要がある。そのため、実炉では発生することが報告されていない燃焼生成物質を検索することも必要とされる。当重点研究では、埼玉県内で特に産業廃棄物として焼却量の多い木くずに焦点を当て、室内実験により発生

が報告されていなかった燃焼生成物質を含む様々な化学物質の発生について知見を得た。

4.2 埋立処分

日本の最終処分場の類型は、安定型、管理型及び遮断型の3つに分類されており、安定型最終処分場は不活性な廃棄物(安定型廃棄物)を埋め立てるため、簡易な構造物となっている。また、管理型処分場は、汚濁成分を含むものや有害成分を含まない廃棄物が埋め立てられており、二重の遮水工が施されるとともに水処理施設が併設されていることから管理型最終処分場と言われている。さらに、遮断型最終処分場は有害成分を含む廃棄物の保管的な役割を持っており、厚いコンクリート壁等で覆われた強固な施設となっている。

このように、廃棄物の種類や特性に応じた廃棄物の選定がなされ、入れ物である構造物も廃棄物の種類に応じて強固な構造物へと進化を遂げてきている。このため、排出される廃棄物の種類の選別や最終処分場の構造物は、「廃棄物処理法の維持管理基準や構造基準」等の見直しが毎年のように行われている。それでも住民からは、最終処分場からの化学物質による周辺環境への汚染の恐れがあるとの指摘を受けてきており、特に「最終処分場の安心・安全」が強く望まれている。このような状況の中では、新しい最終処分場の概念が必要となってきた。

当センターでは、固相浄化システムを導入した最終処分場内浄化システムの構築に向けて研究を行ってきた。このシステムは、米国環境保護庁(USEPA)で開発中の地下水汚染防止技術として発達してきているPRB(Permeable Reactive Barrier: 浸透反応壁)の考え方を導入した中間覆土や底部

覆土へ応用したものである。しかし、このPRBシステムは、アメリカ型とは異なり地域土壌を主材料としたもので、主に鉄粉廃棄物を混合して改良を行い、重金属類や有機物あるいは硫化物イオン等の捕捉システムを構築することにある。このシステムは、物理化学的及び生物化学的な反応を組み入れた低コスト・省資源型の最終処分場設計を目指している。このように、周辺環境への影響を抑えた省資源型の処分システムの構築が必要な時期にきている。

さらに、循環型社会においては、排出される廃棄物の種類により分類するだけでなく、同一種類の廃棄物であっても組成に応じて分類し選別できるシステムを構築することが重要である。そのため、廃棄物の種類のみならずこの廃棄物の組成や付着物の化学組成情報を整理することが必要である。一方、これらの詳細情報を乗せた廃棄物の物流システムを作り上げるため、当センターでは国立環境研究所との共同研究を始めたところである。現在のところ廃棄物の種類や量の物流システムができつつあり、将来はこのシステムに化学物質情報を乗せられるように検討中である。

このように、埋立処分技術だけでなく、社会科学的な物流システムを構築し、技術と社会科学との両輪により、より安全で安心できる最終処分の建設を目指している。

5 研究課題別報告

5.1 廃棄物の焼却処理に関する研究

①廃棄物焼却炉における化学物質の排出特性

唐牛聖文、米持真一、竹内庸夫(大気環境担当)

概要：埼玉県における固定発生源の問題として近年注目されたのが、平成8年、三富地区にある産業廃棄物焼却炉の周辺土壌から高濃度ダイオキシン類が検出された時である。以来、県では、大気、水質、土壌等のダイオキシン類調査を行い、規制の強化を行った。その結果、現在はダイオキシン類の年間排出量はかなり低減したが、未規制化学物質についての排出実態については、依然として分からない部分が多い。本研究では、これら未規制物質のうち、ダイオキシン類の生成と深い関連があるとされるクロロベンゼン類と、燃焼状態により発生状況が大きく変わると考えられる揮発性有機化合物を調査した。対象施設は、県内の産業廃棄物焼却炉を中心とした20以上の施設である。

クロロベンゼン類は、揮発性等の物性が異なる12種の同族体が存在するが、その中で揮発性の特に高いモノクロロベンゼン、ジクロロベンゼンの濃度が高く、揮発性の低いペンタクロロベンゼン、ヘキサクロロベンゼンの濃度は低かった。ダイオキシン類濃度との関連で見ると、塩素数4以上のダイオキシン類と、ペンタクロロベンゼンとの間に高い相関関係が見られることがわかり、前駆体としての位置づけが実際の焼却炉に於いて確認された。また、揮発性有機化合物の濃度

は燃焼室の温度が低いと濃度が高くなるケースが多くなり、800℃以上では、非常に低くなることがわかった。

提言等：今回対象としたクロロベンゼン類と揮発性有機化合物の排出濃度を他のパラメータとの関連で検討した結果、燃焼室の温度を800℃以上にしてその状態をできる限り維持することが排出量の低減につながるということがわかった。これらの対策はダイオキシン類の排出量低減にも有効であるため、化学物質のさらなる環境負荷量低減のために焼却炉の適正な管理が今後さらに重要になると思われた。

②焼却処理に関する研究

倉田泰人(廃棄物管理担当)

概要：国内で排出量の多い廃木材の有効利用を推進することは、「建設リサイクル法」が施行されたように循環型社会を構築する上で重要な課題である。国としては廃木材はマテリアルリサイクルによる再利用を最重要視し、従来から行われてきた焼却による縮減の割合を低下させることとしている。しかしながら、建築向け木材は家屋の寿命を長らえる目的で防腐処理されることが一般的であり、マテリアルリサイクルを行うことによりそれら薬剤の拡散や環境汚染等の問題が将来的に起こりうると懸念されている。

そのため、本研究では現在排出されている廃木材中に含まれる有機系木材保存剤の現状を調査することから始めた。現在の家屋平均寿命はおおよそ30年であることから、現時点で解体されている家屋は1970年代中頃に建設されたものが比較的多いと推定された。この家屋解体系廃木材に含まれるペンタクロロフェノールを始めとするハロフェノール類やクロルデン類に注意する必要があることが分かった。特に、クロルデン類は1986年までにシロアリ駆除の目的で大量に使用されたことから、マテリアルリサイクルを行うことにより製品に残留する可能性があるものと考えられた。

焼却処理がこれら木材保存剤を含む廃木材の無害化処理の手段として位置づけることが可能と考えられるが、その反面、焼却に伴って発生する有害な燃焼生成物質が焼却施設の周辺環境を汚染する可能性も考えられた。そのため、焼却施設から大気環境へ有害物質がどの程度排出されるのかを把握する必要がある。

これらの情報を入手する目的で、実験室内規模での燃焼実験装置を使用し、廃木材の燃焼生成物質に関する知見を収集した。木材の燃焼生成物は多種類確認されたが、特に芳香族炭化水素類、多環芳香族炭化水素類(PAHs)、フェノール類、アルデヒド類、アザアレーン類の発生が見られた。この実験により、主となる燃焼生成物質の種類を把握するとともに発生量の量的な把握を行った。

中間処理施設では、一般的に焼却処理される廃木材は接着剤が使用されたもの、汚れのひどいもの、塗料の付いたもの等が多いとされる。この内、廃木材や接着剤が含まれた

数種類の木質ボードを焼却することにより、それまで発生が報告されていなかったアザアレーン類が発生することが明らかになった。

提言等：この研究で得られた廃木材中の有機系木材保存剤に関する情報は、廃木材の再資源化の方向性を検討するのに必要な基礎資料として利用できる。また、室内実験により得られた焼却生成物質に関する情報は実際の焼却施設における排ガスモニタリングを行う時に必要であり、環境汚染を評価する場合の基礎情報として使用することができる。

5.2 埋立処分に関する研究

③ 廃石膏ボードの埋立における環境影響

小野雄策、成岡朋弘(廃棄物管理担当)

概要：廃棄物最終処分場における問題として、硫化水素が原因とされる「黒い水」や「イオウによる悪臭」が現場で取り上げられてきた。その原因は、廃棄物中に含まれる有機成分の分解産物である有機酸を栄養源とし、自然界に存在する硫酸塩還元菌が嫌気性状態下で硫酸イオンを還元することにより硫化物イオンを発生させることにある。

日本の安定型最終処分場は汚濁成分の流出を防止する観点から埋立有機物量を削減する方向にあるが、大都市圏で多量に発生する建設廃棄物中には有機物を多量に含むものがある。特に、建設混合廃棄物が安定型最終処分場に埋め立てられている事例が多く、とりわけ廃石膏ボードの破碎選別物である石膏部分に有機成分(紙類)が混入して硫化水素が発生しやすくなっている。

そこで、この破碎選別された廃石膏や建設混合廃棄物の埋立により硫化水素が発生するかどうかを確認するため、嫌気性培養実験を行った。その結果、端材として発生する廃石膏ボードや建設混合廃棄物では、埋立時の有機成分規制である熱灼減量5%以下という基準値を遵守すれば硫化水素の発生を防止することが出来ることが判明した。しかし、解体物の廃石膏に対しては熱灼減量を4%以下に規制する必要性が認められた。さらに、共通基準として、廃棄物溶出試験の溶出液TOC濃度を30mg/L未満に規制すれば、硫化水素ガスの発生を防止できることが分かった。

これらの他、安定型処分場での硫化水素ガスや硫化物イオンの発生を防止するためには、鉄粉を1%以上混合して埋め立てると、硫化水素の発生を防止することが出来ることも分かった。また、埋め立てられた状態での防止技術についても検討を行った結果、浸透水やガスが発生しやすい場所に鉄分を多く含む火山灰土壌(関東ローム)、あるいはこの土壌に鉄粉を1%以上混合した覆土を鉛直方向や水平方向に施工することにより周辺環境への影響を防止できることも判明した(図1)。

提言等：環境庁告示第13号による溶出試験液のTOCを測定したところ、30mg/L以下の廃棄物は硫化水素ガスが発生しにくいことが判明した。このことから、汚濁度の高い廃棄物

の選別に利用できる。また、硫化水素ガスが発生しやすい廃棄物が埋め立てられている現場の修復に含鉄土壌(関東ローム層土壌)や鉄粉廃棄物を用いる施工法を開発し、現場に提供している。

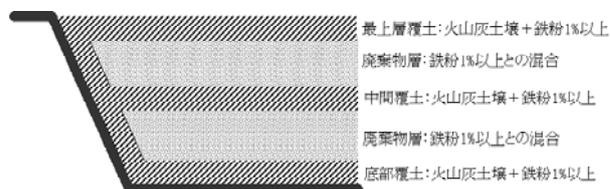


図1 硫化水素抑制工法

④ 埋立地内における廃棄物層の生物的安定化機構の解明

川寄幹生、木持謙、長森正尚、小野雄策(廃棄物管理担当)

概要：現在埋立地が抱えている問題の一つとして、埋立終了後も浸出水中の汚濁物質濃度が基準値を下回らず、かつ、埋立地ガスを放出するといった安定化の遅延がある。埋立地の安定化遅延は維持管理費の増大をもたらすばかりでなく、埋立地の跡地利用を遅らせることになる。そのため、埋立地の安定化機構や安定化促進について研究することはこれらの問題を解決するばかりでなく、地域住民に社会基盤としての埋立地に対する理解を得るために重要である。

本研究は、生物的作用ばかりでなく、物理・化学的作用による安定化機構の解明及び促進のための基礎的知見を得ることを目的として行った。

小型カラム及び模擬埋立地を用いて埋め立てた有機性廃棄物の形状の差異が廃棄物安定化の機構に及ぼす影響について、流出液の溶存有機炭素及び溶存窒素成分濃度の観点から検討を行った。その結果、粒径の小さい廃棄物の方が溶存有機炭素の流出速度が大きかった。他方、全窒素濃度及び硝酸性窒素に関しては、粒径の小さい廃棄物の方が窒素成分の流出速度が遅く、かつ、全窒素量に対する硝酸性窒素の割合が小さかった。これらの結果から、粒径の小さい廃棄物の方が微生物分解がより効率的に進行していることが分かった。

また、有機成分の安定化の解析手法として、埋立地浸出水処理施設における処理効果及び覆土中の有機成分の捕捉挙動について分子量分布を用いて検討を行った。各処理工程において、水処理に伴う溶存有機成分の低分子化及び土壌による捕捉分子量分布特性を確認し、安定化評価手法として位置づけを示した。

さらに、早期安定化の試みとして運転操作の異なる3種類(好気性・嫌気性・対照)の模擬埋立地(テストセル)を建設し、テストセルから採取した浸出水の汚濁成分の経時変化について観察し、生物学的安定化について検討を行った。テストセル内部に空気を送気し好気性にした場合、浸出水中の有機汚濁成分濃度の急速な減少が観察された。また、嫌

気性セル及び対照セル内部に貯留した水をセル外へ排出を行った場合においても有機汚濁成分濃度の急激な減少が観察された。これらの結果から、埋立地内部への送気が好気性微生物の活性化をもたらし、早期安定化につながる手段として有効であることを確認した。

提言等：埋立地内部を好気性に導くこと及び埋立廃棄物の粒径を小さくすることが埋立地の安定化を促進する上で必要不可欠である。また、安定化の評価法として、浸出水や埋立地内部保有水中溶存有機物の分子量分布について経時変化を観察することが有効な手法であると考えられた。

⑤埋立終了後における発生ガスの移動メカニズム

長森正尚、木持謙、小野雄策(廃棄物管理担当)

概要：廃棄物最終処分場は、埋め立てが終了した後に廃棄物の安定化を立証し、安全性を確認してから廃止されることになる。平成9年から処分場の廃止時期についての法規制が進みつつあるが、実質的な安定化指標や詳細な基準値の設定には到っていない。当センターでは、処分場から排出される各種ガス成分のモニタリング手法の開発を目指しながら、他方では室内実験により多量ガス成分であるメタン(CH₄)及び二酸化炭素(CO₂)について埋立廃棄物層及び覆土層における捕捉等の効果を確認してきた。

埋立地ガス中のCH₄とCO₂の濃度比は一般的に約50:50とも言われているが、県内の産業廃棄物最終処分場においてガス抜き管内のガスを調査したところ、CH₄の割合が約90%と非常に高いことが分かった。さらに、開発した層内ガス採取装置を廃棄物層内に深度ごとに設置し、調査をしたところ層内ガスの酸素量は少なく、窒素及びCH₄が大部分を占めていた。ただし、覆土層では二酸化炭素ガスが約4%含まれていた。このことから、アルカリ性を示す層内保有水中にCO₂が捕捉された可能性があり、ガス抜き管等からの放出ガス組成だけから処分場を評価することは難しいことが分かった。

上記のフィールド調査事例を立証するため、開発したGas Fluxカラム装置内に土壌あるいは廃棄物を充填し、CH₄・CO₂混合ガスを通気させたところ、CH₄の捕捉効果は全く認められなかった。酸性土壌である黒ボク土については、CO₂がそのまま土壌を通過してしまい、含水比の上昇によりわずかにCO₂が捕捉されるにとどまった。さらに、Ca(OH)₂を土壌に添加し実験したところ、ほとんどのCO₂が試料中のCa(OH)₂と反応してCaCO₃として固相内に捕捉され、さらに含水比を上げた場合、CO₂とCa(OH)₂の反応時間は長くなる傾向にあった。また、実試料(焼却飛灰)についても同様な結果が得られたことから、層内の廃棄物の種類、水分量及び保有水のpHがガス捕捉能力を左右していることが分かった。

他方、埋立地表面からのメタンフラックスの分布を調査したところ、0.1~417mL/min/m²と極めて不均一であり、硬度の高い最終覆土周辺の僅かに弱い部分から大きいメタンフラックスが観察されることが分かった。また、土壌電気伝導率

とも同じような関係があった。これらのことから、最終覆土の埋立工法によっても周辺環境への影響を変えられることが分かった。

提言等：最終処分場の安定化や廃止に関する具体的な指標や数値はすぐに明らかにできるものではなく、今後も浸出水及び層内保有水中のガスを併せてモニタリングする必要がある。しかし、処分場におけるガス調査は人力により行われているのが実情であり、今後は連続モニタリングや簡易モニタリング手法を確立することが必要である。

6 研究業績

6.1 論文

Y. Kurata, Y. Watanabe, Y. Ono and K. Kawamura(2005)Concentrations of organic wood preservatives in wood chips produced from wood wastes, Journal of Material Cycles and Waste Management, 7, 38-47.

小野雄策, 田中信壽(2003)建設廃棄物埋立における硫化水素ガス発生の可能性と管理法に関する考察, 廃棄物学会論文誌, Vol.14, No.5, 248-257.

成岡朋弘, 小野雄策(2004)廃棄物最終処分場における硫化水素対策—含鉄資材による硫化水素の発生抑制—, 全国環境研会誌, Vol.29, No.4, 202-207.

6.2 口頭発表

唐牛聖文, 竹内庸夫, 米持真一(2002)廃棄物焼却炉から排出されるクロロベンゼン類の特性, 第43回大気環境学会年会講演要旨集, 330.

倉田泰人, 小野雄策, 河村清史(2001)建設廃木材の焼却生成物質(第1報), 第12回廃棄物学会研究発表会講演論文集, 628-630.

Y. Kurata, Y. Watanabe, Y. Ono and K. Kawamura(2001)Concentration of wood preservatives in construction waste woods, The 10th Pacific Basin Conference on Hazardous Waste, 394-399.

倉田泰人, 渡辺洋一, 河村清史(2002)建設廃木材中の化学物質(第2報), 第13回廃棄物学会研究発表会講演論文集, 476-478.

倉田泰人, 川崎幹生, 渡辺洋一, 河村清史(2003)建設廃木材の焼却生成物質(第2報), 第14回廃棄物学会研究発表会講演論文集, 674-676.

小野雄策, 河村清史, 田中信壽(2001)廃石膏ボードの埋立による硫化水素の発生, 第12回廃棄物学会研究発表会講演論文集, 1028-1030.

小野雄策, 康躍恵, 高橋清文, 河村清史, 松山道太, 白石継生, 佐藤茂雄(2002)最終処分場における硫化水素対策—含鉄土壌による覆土—, 第13回廃棄物学会研究発表会講演論文集, 954-956.

松山道太, 佐藤茂雄, 成岡朋弘, 康躍恵, 小野雄策(2004)最終処分場における硫化水素対策—鉄系廃棄物の硫化水素抑制機構—, 第25回全国都市清掃研究・事例発表会講演論文集, 327-

329.

康躍恵, 成岡朋弘, 小野雄策, 松山道太, 佐藤茂雄(2004)含鉄資材による硫化水素発生防止手法の開発－覆土としての含鉄土壌および含鉄廃棄物との混合処理－, 第25回全国都市清掃研究・事例発表会講演論文集, 333-335.

成岡朋弘, 康躍恵, 小野雄策, 松山道太, 佐藤茂雄(2004)廃棄物最終処分場における硫化水素対策、平成15年度廃棄物研究発表会全国環境研協議会企画部会廃棄物小委員会資料集, 15-18.

T. Naruoka, Y. Ono, M. Matsuyama and S. Sato(2004)Control measures against hydrogen sulfide production in landfill sites, Proceedings of the 3rd Asian-Pacific Landfill Symposium, 395-402.

成岡朋弘, 小野雄策, 河村清史, 針谷隆史(2004) X線回折分析による硫化水素発生抑制資材の検索および性能試験手法の構築, 第15回廃棄物学会研究発表会講演論文集, 1221-1223.

針谷隆史, 成岡朋弘, 磯部友護, 川寄幹生, 小野雄策, 河村清史

(2005)廃棄物層内における透水性反応層としての中間・底部覆土の開発(その1)－鶴ヶ島土壌における重金属および有機成分の流出削減効果－, 第26回全国都市清掃研究・事例発表会講演論文集, 287-289.

木持謙, 加名生良介, 常田聡, 長森正尚, 小野雄策(2002)埋立廃棄物の生分解機構に関する基礎的検討, 第23回全国都市清掃研究・事例発表会講演論文集, 379-381.

長森正尚, 渡辺洋一, 木持謙, 小野雄策, 河村清史, 山田正人, 石垣智基, 井上雄三(2002)管理型最終処分場の廃止基準に関する考察(1), 第13回廃棄物学会研究発表会講演論文集, 972-974.

長森正尚, 小野雄策, 山田正人, 石垣智基, 井上雄三(2003)管理型最終処分場の廃止基準に関する考察(2), 第14回廃棄物学会研究発表会講演論文集, 1085-1087.

長森正尚, 川寄幹生, 成岡朋弘, 小野雄策, 山田正人, 石垣智基, 井上雄三(2004)管理型最終処分場の廃止基準に関する考察(3), 第15回廃棄物学会研究発表会講演論文集, 1249-1251.