

再生と利用

2011 Vol. 35

No. 133

主要目次

- 口絵 下水道展'11東京・「下水汚泥の有効利用」のパンフレット発刊・放射性物質の問題に対する(社)日本下水道協会の対応を紹介
- 巻頭言 汚泥肥料の品質管理に期待する 吉羽 雅昭
- 論説 資源循環と低炭素社会の実現へ向けた課題と新潮流 金谷 年展

特集 下水汚泥緑農地利用の現状について

- 解説 下水汚泥緑農地利用の現状について 大谷 佳史
下水汚泥系肥料等の製造に対する放射性物質問題の影響について 大谷 佳史
汚泥肥料中の重金属管理手引書—その成果と課題— 大谷 佳史
下水汚泥系肥料のイメージアップについて 「再生と利用」編集委員会事務局
土壌洗浄分級工法を用いた重金属汚染土壌の修復について DOWAエコシステム(株)ジオテック事業部
- Q&A 放射能とは何? 田村有希博
- 現場からの声 民間活力を利用した下水汚泥の有効利用の取組 山本 英生
- 文献紹介 有機物と結合した金属の分子サイズ別の可給性について—流動場分離・ICP質量分析法による安定同位体交換法の適用— 川崎 晃
嫌気性混合消化による相乗効果と経済性 水田健太郎
- 講座 バイオガス有効利用技術の概要 阿部真由美
- 特別報告 「下水汚泥緑農地利用の現状と課題について」座談会 茅野 充男/広瀬 祐/古畑 哲/島田 正夫/奥出 晃一/大谷 佳史
- コラム メタロファイト(金属集積性植物)と資源回収 水野 隆文
- 報告 野菜類の生育収量と有機質肥料の窒素形態別画分との関連性 古畑 哲・五十嵐孝典
- ニューススポット 「平成23年度 南佐久浄化センターラベンダーまつり『下水道フェア』」について 高見澤 茂
「平成23年度下水道の日県内式典」について 崎山 成子
- 資料 おしらせ(投稿のご案内、広告掲載依頼)、汚泥再資源化活動、日誌・次号予告・編集委員会委員名簿、編集後記

口
絵

下水道展'11東京・「下水汚泥の有効利用」のパンフレット発刊・放射性物質の問題に対する(社)日本下水道協会の対応を紹介

巻
頭
言

汚泥肥料の品質管理に期待する 吉羽 雅昭..... (5)

論
説

資源循環と低炭素社会の実現へ向けた課題と新潮流 金谷 年展..... (6)

特集 下水汚泥緑農地利用の現状について

解
説

下水汚泥緑農地利用の現状について 大谷 佳史..... (14)
下水汚泥系肥料等の製造に対する放射性物質問題の影響について 大谷 佳史..... (20)
汚泥肥料中の重金属管理手引書ーその成果と課題ー 大谷 佳史..... (25)
下水汚泥系肥料のイメージアップについて 「再生と利用」編集委員会事務局..... (31)
土壌洗浄分級工法を用いた重金属汚染土壌の修復について
..... DOWAエコシステム(株)ジオテック事業部..... (37)

Q
&
A

放射能とは何? 田村有希博..... (43)

現
場
か
ら
の
声

民間活力を利用した下水汚泥の有効利用の取組 山本 英生..... (46)

文
献
紹
介

有機物と結合した金属の分子サイズ別の可給性について
ー流動場分離・ICP質量分析法による安定同位体交換法の適用ー 川崎 晃..... (50)
嫌気性混合消化による相乗効果と経済性 水田健太郎..... (51)

講座

バイオガス有効利用技術の概要	阿部真由美..... (52)
----------------------	-----------------

特別報告

「下水汚泥緑農地利用の現状と課題について」座談会茅野 充男／広瀬 祐／古畑 哲／島田 正夫／奥出 晃一／大谷 佳史.....	(57)
---	------

コラム

メタロファイト（金属集積性植物）と資源回収	水野 隆文..... (67)
-----------------------------	-----------------

報告

野菜類の生育収量と有機質肥料の窒素形態別画分との関連性	古畑 哲・五十嵐孝典..... (68)
-----------------------------------	----------------------

ニューススポット

「平成23年度 南佐久浄化センターラベンダーまつり『下水道フェア』」について高見澤 茂.....	(76)
「平成23年度下水道の日県内式典」について.....	崎山 成子..... (78)

資料

お知らせ（投稿のご案内、広告掲載依頼）.....	(81)
汚泥再資源化活動	(85)
日誌・次号予告・編集委員会委員名簿	(86)
編集後記	(88)

下水汚泥の有効利用をテーマとした展示

— 下水道展 '11 東京 —

於：東京ビッグサイト 2011.7.26～29



下水汚泥有効利用のパネルと展示物

今年度は、(社)日本下水道協会ブースの中で「下水汚泥有効利用」の展示を行いました。昨年までは、パブリックゾーンで主婦や子どもに下水汚泥有効利用の意義を説明しましたが、今回から技術者、特に海外からの来場者に下水汚泥有効利用の意義や技術を紹介するよう心がけました。下水道展のサブタイトルが、「世界に誇る技術の祭典」であることを意識したものです。

上の写真は、韓国からの来場者と下水汚泥の緑農地利用について議論している写真です。その他、主にアジア諸国からの来場者に日本の優れた技術と考え方をアピールしました。

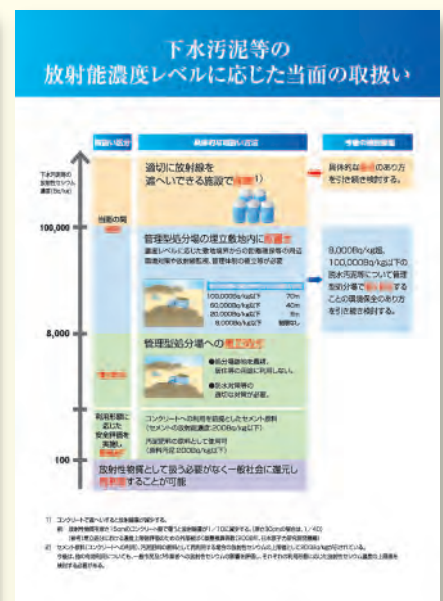
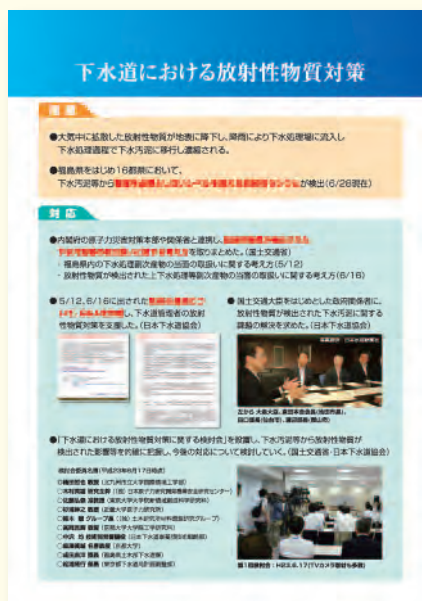
「下水汚泥の有効利用」のパンフレット発刊



(社)日本下水道協会では、国土交通省水管理・国土保全局下水道部にアドバイスをいただき、「下水汚泥の有効利用」のパンフレットを作成しました。海外に我が国の下水汚泥有効利用の意義と技術をアピールするため、日本語と外国語の併記とし、英語、中国語、韓国語及びベトナム語版を作成しました。すでに、下水道に関するJICA研修等を実施されている機関に送付させていただきましたが、海外からの視察受入の際にも説明用にご活用いただければと思います。

放射性物質の問題に対する(社)日本下水道協会の対応を紹介

下水道における放射性物質の問題に関して、(社)日本下水道協会では、いくつかの取り組みを実施しています。倉田会長をはじめ幹部による様々な関連提言活動や、国交省下水道部等と合同で実施している「下水道における放射性物質対策に関する検討会」、また、(社)日本下水道協会ホームページに掲載している関連Q&Aについて紹介しています。



巻 頭 言

汚泥肥料の品質管理に期待する

(独) 農林水産消費安全技術センター理事長

吉 羽 雅 昭



平成21年のわが国の肥料価格を平成17年農家の購入価格と比較すると、尿素が1.5倍、過リン酸石灰が1.7倍、高度化成(15:15:15)が1.7倍といずれも大幅に上昇しています(農業物価統計)。ご承知のようにわが国で使用される肥料原料の大部分は輸入に頼っております。そのため世界の肥料原料の高騰がわが国の肥料価格に直接影響してきます。そのような状況の中で下水汚泥等は肥料成分と有機物を含む有用な肥料資源であり、平成20年の汚泥肥料生産量は肥料生産量(普通肥料と特殊肥料の合計)の約8%を占めています(硫酸アンモニアと同程度)。しかし、下水の処理物という性格から、他の普通肥料に比べカドミウムのような有害成分が含有する恐れがあります。私もFAMICが農林水産省の指示で平成17年度から平成21年度の間に立ち入り検査で収去し分析した汚泥肥料1069点の内22件が許容値を超えました。その内容を見ますと水銀が10点、カドミウムが7点で、鉛、ニッケル、ひ素も含まれております。ここに示した件数を多いと見るか少ないと見るかの議論は別として、この間に汚泥肥料を除く普通肥料には許容値を超えたものは検出されていませんので、汚泥肥料を通して農地に有害物質が負荷される可能性のあることは否定できません。

当初、汚泥を原料とした肥料は特殊肥料に分類されていました。しかし、有害成分を含有する恐れがあることから、平成11年7月から汚泥を原料とした肥料類を汚泥肥料として普通肥料の範疇に入れて登録制度の対象にすることと、窒素、りん酸、カリウム等の肥料成分含有量が安定しないことから、主成分含有量の最小量を規定しないで(ただし、主要な成分の含有量を記載することは義務付けられている)、有害成分の最大含有許容量を規制する新たな公定規格が定められました。さらに平成15年には肥料取締法の第1条目的に今までの「農業生産力の維持増進に寄与する」ことに加えて、「国民の健康の保護に資する」ことが追加され、農作物の生育を確保するために施用される肥料で人の健康に悪影響を及ぼすことを防ぐ安全性の確保が強調されました。

このように異物混入防止から始まった肥料取締法は、登録制度、保証成分の確保、表示の信頼性、有害成分の規格化等と、肥料の品質保全へとシフトしてきました。

そして、今まで食品、添加物等の規格基準で米の中のカドミウム及びカドミウム化合物の含有量が1.0mg/kg以下(農林水産省の指導で0.4mg/kg以上1.0mg/kg未満は非食用で処理)でしたが、平成23年からは0.4mg/kg以下に改正されました。さらに、食品の国際規格であるCodex規格が決まっている他の穀物類や野菜類についても基準値の設定が検討されています。その意味から汚泥肥料の重金属管理は食の安全・安心の上から大変重要な課題であります。

そこで、農林水産省は、汚泥肥料生産業者による自主的な品質管理により重金属含有量を管理し、安全な肥料を供給し農家等が安心して有用な肥料資源を利用できるようにするために、汚泥肥料中の重金属管理手引書を発行しました。この手引書はコストを抑えつつ汚泥肥料中の重金属の含有量の精度の高い検査を行う方法が記載されております。

汚泥肥料は有用な有機物資源・肥料資源であります。しかしながら汚泥の緑農地利用はドライベースでここ数年約14%程度と必ずしも増加傾向にはありません。使用者は汚泥という言葉の持つイメージと、有害な成分の含有量が高いのではないかと不安感を持っています。汚泥のネーミングを変えることは現状では簡単ではありませんが、重金属含有量の少ない安全な汚泥肥料の生産は、汚泥排出事業者及び汚泥を原料とする肥料生産事業者の責務であります。特にこれまで汚泥肥料の有害成分の違反事例のほとんどは、汚染原因が特定できてはいません。そのため再発防止策の作成には多大の労力を要しています。このようなことを回避する意味でも汚泥肥料生産事業者は品質管理の徹底をはかり、規格に違反することなく安全で安定した生産を継続・流通させることで、汚泥肥料は有害な物質を含んでいるとの不安あるいは風評を払拭することになると確信しております。汚泥肥料の品質保全への積極的な取り組みに期待するものであります。

最後にこの原稿は8月上旬に執筆しています。この時期は福島第一原子力発電所から飛散した放射性物資に汚染された飼料用稲わらの給餌による牛肉への放射能汚染が報じられています。また、肥料に対しての暫定許容値が設定されました。汚泥肥料は、生活排水、工場排水、雨水など各方面からの流入があり、流入源を制御することが難しいことから、原料汚泥への放射性物質による汚染の終息には時間を要することが予測されます。この点についても汚泥肥料の品質管理に万全を期していただくことを切望いたします。

論 説

資源循環と低炭素社会の実現へ向けた 課題と新潮流

慶應義塾大学大学院 政策メディア研究科 教授（エネルギー・環境政策） 金 谷 年 展

キーワード：シェールガス、BTL、ディーゼル、コージェネレーション、トリジェネレーション、スマートコミュニティ

■資源循環と低炭素社会実現のキーワード 「クール・ソリューション」

未曾有の被害をもたらした東日本大震災は、私たちの暮らしのあり方を一変させた。また、原発問題によって日本のエネルギー政策は根本的な見直しを迫られている。そんな中、資源循環と低炭素社会の実現へ向けてのロードマップもこうした時だからこそ再考する必要があると考えている。

いま、日本では電気自動車やプラグインハイブリッド自動車、太陽光や風力などの再生可能エネルギー、スマートグリッドなどが注目を集めている。いずれも開発者の長年の研鑽によってブレイクした重要な製品・技術だが、これらは目新しいものとしてマスコミで頻繁に取り上げられることが多く、一時的なブームになりやすい。それだけに私たちは、それがベストな解決策であるかのような錯覚に陥ってしまいがちだ。そのため、それらが成立するために必要な問題解決への最良のプロセス、コストパフォーマンス、日本経済やものづくりへの影響については、華やかな部分の裏に隠れ、あまり考慮されなくなる。

こうしたものを私は「ホット・ソリューション」と呼んでいる。「ホット」には「暑い・熱い」のほか、「激しい・興奮した、熱心な、最新の」といった意味合いがあるからだ。

一方で、目新しさや派手さがいないために過去の技術・解決策と見なされ注目を集めることはないが、そ

の実力は実証済みで、イノベーションも確実に進んでいる技術がある。例えばそれは、クリーンディーゼル車や天然ガス車、コージェネレーションシステム、リジェネレティブ・バーナーなどである。メタン発酵や熱分解炉、バイオマスの多くの技術もこれに入るだろう。そのどれもがCO₂削減効果が高いことはもちろん、実用性や安定性、コストパフォーマンス、さらに日本経済やものづくり力の成長といった観点から見ても、積極的に活用すべき有効なソリューションだといえる。

こうしたものを私は「クール・ソリューション」と呼んでいる。「クール」には「冷静に、落ち着いて」という意味のほか、「It's cool」（すばらしい、カッコいい）という時に使われる。さらには“ホット”な地球を“クール”にするという意味も込めている。

いま、世界で進行している次の二つの大きな事態を考えた時に、ホット・ソリューションだけに日本の将来を託すのは非常に危険だといえる。私がクール・ソリューションに光を当てようと思った理由はそこにある。

■世界を席卷する「シェールガス革命」

資源がないと言われる日本は、その多くを海外からの輸入に頼っている。エネルギーの面では、原油や天然ガス、原子力発電の燃料となるウランなど、その依存率は90%を超えている。特に近年、世界的に注目さ

れているのが「シェールガス」だ。これは世界のエネルギーバランスを一変させつつある非在来型の天然ガスである。

シェールガスは世界各地の頁岩（シェール）層に広く分布し、見つけるのは比較的に簡単だ。しかし、頁岩層は非常に硬く、ガスの濃度も薄いため、採掘には複雑な作業が求められる。シェールガスは採掘コストの高さから、長い間商業化が困難な天然資源だった。

しかし、ここにきて米国で新たな採掘技術が確立されたことで採掘可能なシェールガス量が一気に増大した（図1）。従来は天然ガスの28%を輸入に頼っていた米国は、一転して天然ガス輸出国へと変貌し、中国でもCO₂排出量の大幅な削減を目指し、非在来型天然ガスの開発が積極的に進められている。

こうした影響から、世界で取引される天然ガスの価格も今後は低下すると見られている。

日本は現在、エネルギーの約48%を石油に依存し、その約9割が中東からの輸入だ。こうしたエネルギーの偏りをなくすためにも供給源の多様化が不可避であり、他の一次エネルギーに比べてCO₂排出量の少ない天然ガスは、日本でも今後大きな役割を担っていくと

考えられる。

■資源の獲得競争が始まった

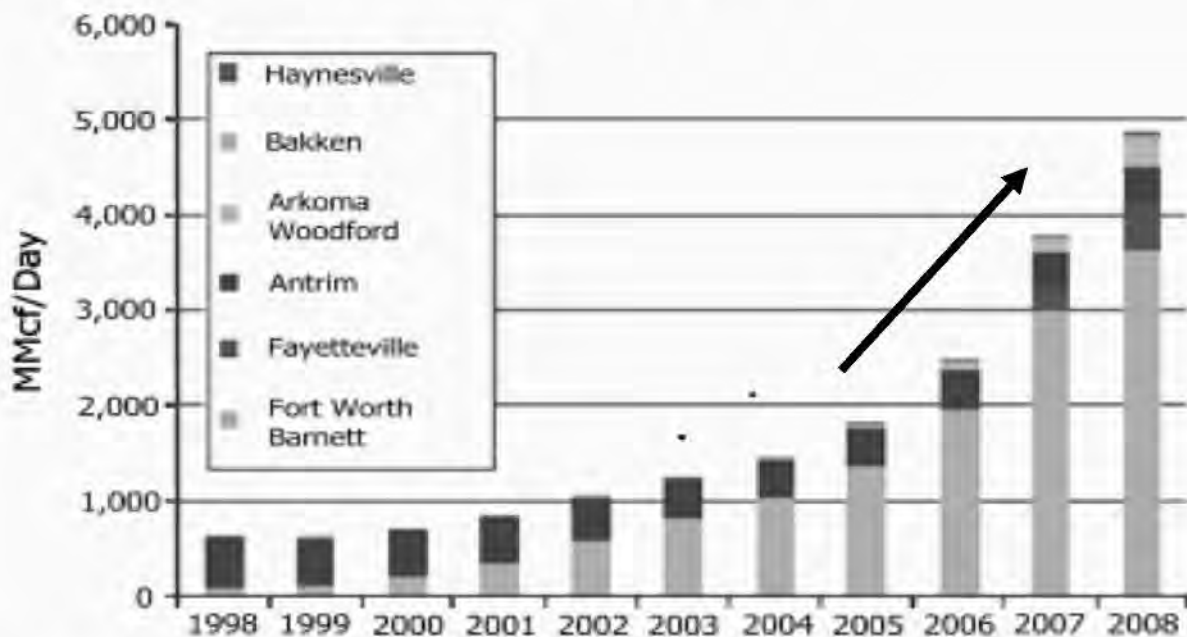
資源に関するもう一つの問題は、世界の国々を巻き込んだ「レアメタル（希少金属）」「レアアース（希土類）」の獲得競争が活発化していることだ。

例えば、環境・エネルギー技術の要となるリチウムイオンで電池はすでに様々な形で生活の中に浸透しているが、ノートパソコンや携帯電話に使われる量が数g～10数g程度なのに対し、電気自動車では一台につき15～30kgと桁違いの量が必要になる。希少金属であるリチウムの埋蔵量は、現在のペースであれば約500年分はあるとされているが、世界的に電気自動車や蓄電池などの普及が進めば、資源の枯渇や価格高騰と言ったリスクは避けられない。電気自動車に不可欠なモーターもまた今はレアアースがなければ成り立たない。

各国の政治・外交的な思惑も含め、世界のあらゆる場所でいま、資源獲得競争が行われている。こうしたことを踏まえ、私たちは“ホット”な製品・技術への

シェールガス革命

■アメリカにおけるシェールガス生産量の伸び



Modified from Navigant 2008

図-1

偏重を回避し、日本のものづくりを“クール”に考えていく必要があるのだ。

日本は今後、他国の資源に頼らないで済む代替技術の開発を進めながら、それと同時に、日本がこれまで積み重ねてきた他国が真似できない内燃機関のような技術力に立脚したものづくりを、低炭素社会実現の切り札として積極的に活用していかなければならない。

■自動車の未来を考える

こうしたことを踏まえ、一つの例として、未来の自動車業界を予測すると、今後は個々の特性によって市場での棲み分けが進んでいくと考えられる。(図2)

例えば、自動車を乗用車と、業務用のバス・トラックに大別すると、前者では市街地などの通勤や買い物に適した電気自動車やプラグインハイブリッド車、遠距離のドライブにはガソリン車やディーゼル車などの高効率の内燃機関の車が主となる。一方、後者では、天然ガス車を中心に、市街地ではハイブリッド車を活用し、将来的には燃料電池車が両者を横断する役割を

担うようになる。

中でも、ディーゼル車を持つ本当の能力は、残念ながら日本人にあまり知られていない。ディーゼルエンジンはもともと、ガソリンに比べて燃費がよく、CO₂の排出量も少ないが、NO_x(窒素酸化物)やPM(粒子状物質)の問題があり、日本では長く悪者扱いされてきた。しかし、技術の向上によってこうした問題はほぼ解決され、欧州では21世紀に入って以降、10年足らずの間にディーゼル車が乗用車市場の半数を占めるまでに拡大している。

また、業務用車両では今後、天然ガストラックの役割も重要になる。天然ガストラックはディーゼルトラックに比べて約20%もCO₂排出量が少ないため、現在使われている業務用車両を天然ガストラックに替えるだけでも大きな削減効果が得られる。同時にそれは、企業の物流部門のCO₂削減にも貢献するものとなる。前述したシェールガス革命に伴い、世界的に天然ガス化の潮流が加速してきている。こうした燃料の多様化の観点からも天然ガストラックは大きな役割を担うようになるだろう。

モビリティの棲み分け

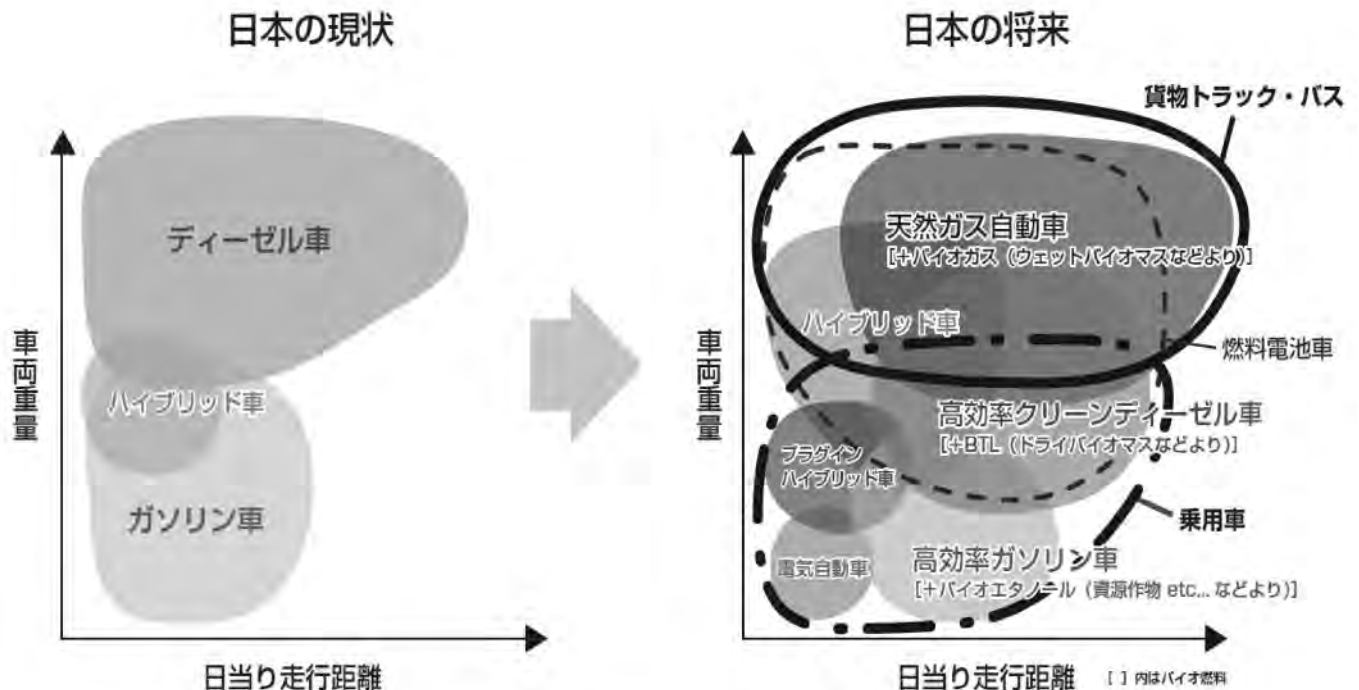


図-2

内燃機関の技術も近年急速に進歩してきており、ハイブリッド車を超える燃費のガソリン車も登場してきた。従来からある自動車の製造技術の中にもまだまだ日本のものづくり力が活かせる余地があることがわかる。

■ バイオマス・トゥ・リキッド (BTL) というソリューション

こうしたモビリティロードマップを見すえて、持続可能な燃料はどうなっていくのか、という答えも見直していく必要がある。

図3には、バイオマスの変換形態と液体燃料の全体図を表した。

興味深いのは、図4である自動車燃料のライフサイクルCO₂を示したものだ。

これまでバイオ燃料ならなんでもCO₂削減につながると思われてきたところが多かったが、実際には何からどのような方向で、とくにバイオ燃料を作るのかで、ライフサイクルCO₂排出量は大きく異なってくる。

。とうもろこしからのバイオエタノールなどは、バイオ燃料であるにも関わらず、ライフサイクルCO₂では、実は軽油で走るディーゼル車とほとんど変わらない。こうしたバイオ燃料の中で、CO₂削減と言う意味で、日本におけるバイオマス活用として、今後非常に大きな期待がきるのがBTLだ。

BTLとは、木質バイオマスなどを熱分解ガス化し、それを液体合成してつくられる。合成軽油や合成灯油のことだ。ライフサイクルCO₂排出ではバイオマス燃料の中で最も少ないのに加え、資源作物ではなく、日本のバイオマス資源として、ポテンシャルが高い木質系バイオマスをベースに活用できる。さらに稲わらなど、日本に多い未利用資源や一般ごみの燃焼設備などの代質としても利用できるというように、比較的日本のバイオマス活用には適しているとも言える。すでにドイツやオーストラリアでは大型の実証プラントでの生産が始まっている。日本でも四国電力の関連会社の四電エンジニアリング社が木材や廃材を原料にした、BTLの実証プラントを徳島県那賀町に建設し、昨年よりプラントが稼働している。

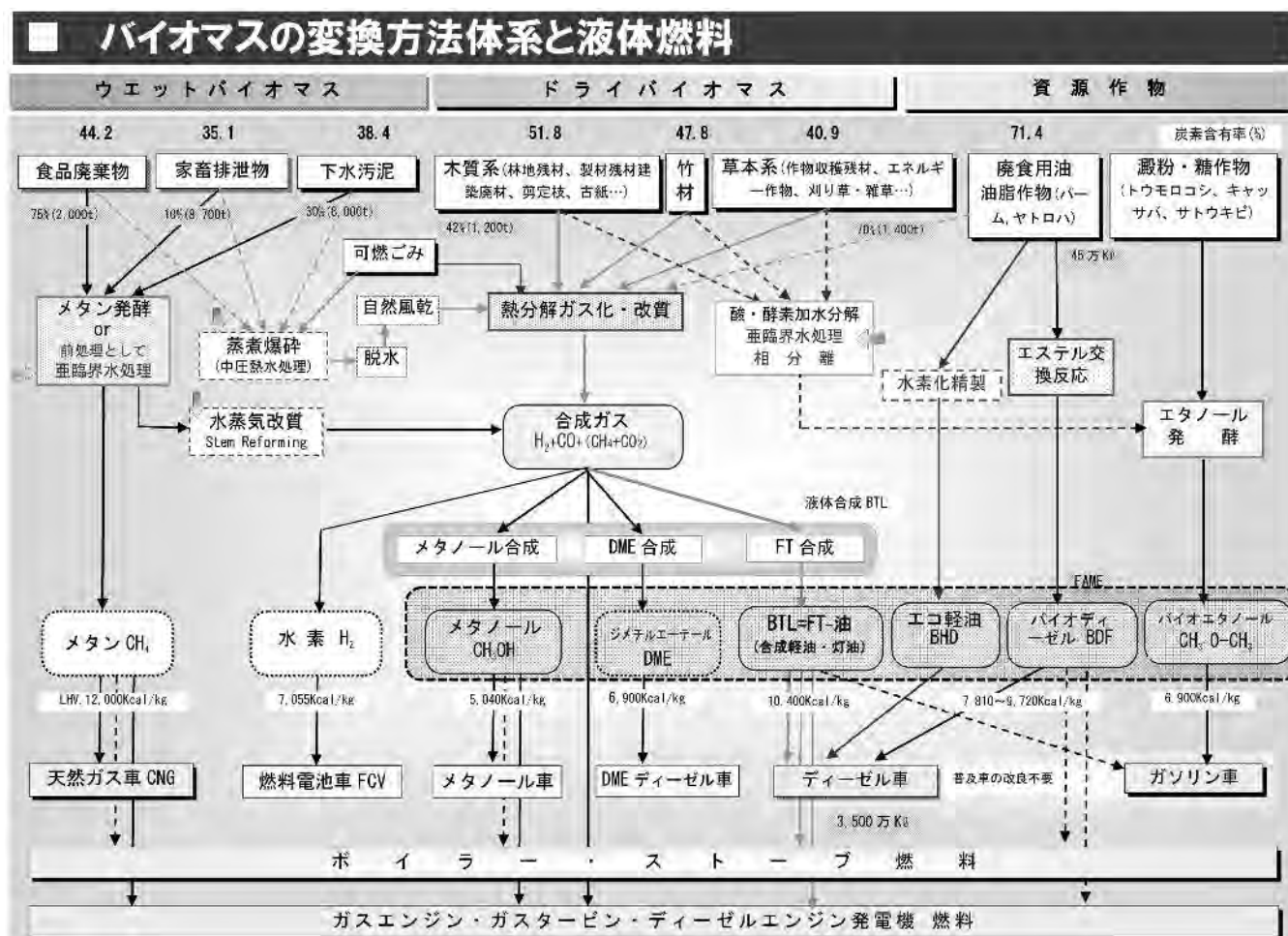
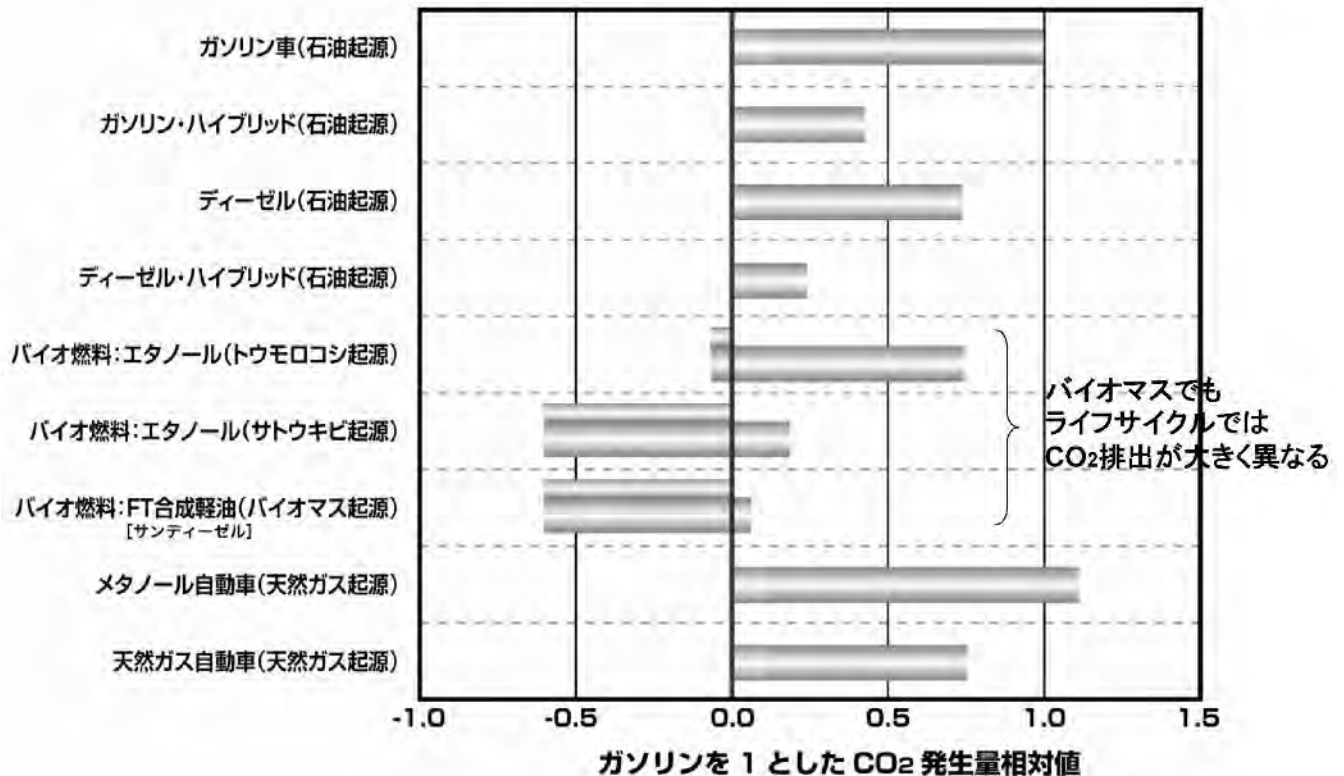


図-3

自動車燃料とライフサイクルのCO₂排出量

10・15モード走行時



みずほ情報総研調査より

図-4

今後は、こうした木質バイオマスのようなドライバイオマスのみではなく、最近注目されている、水熱反応と爆砕処理を組み合わせ、生ごみなどウェットバイオマスを効率よく自然乾燥、粉碎する技術により、ウェットバイオマスからもBTLをつくることのできる道筋も見え始めてきている。今後のモビリティビジョンにおける、ディーゼル車の位置付けとともにBTLも注目されていくだろう。

■震災以後の低炭素戦略

今後さらに、企業や地域のカーボンマネジメントを考えていく上で重要なことがもう一つある。それは、今回の震災で原発が停止し、これまで主に電力ピーク時に稼働していた火力発電が代役を担うことになったため、企業における「CO₂原単位」が劇的に変化することだ。極端に思えるかもしれないが、例えば前年と同じくらい省エネに努力しても、逆にCO₂排出量が増えてしまった、ということも今後はあり得るだろう。

そうなれば、自社の環境対策やエネルギー戦略を根

本から見直していかなければならない。石油、天然ガス、再生可能エネルギーなど様々なエネルギーがある中で、環境性、コストパフォーマンス、自給率、現実性、将来性などを踏まえ、何をどのように使っていくのが、今後の企業の将来を左右していくのである。また、震災によって日本のエネルギー政策の見直しが叫ばれる中で、特に従来の大規模・集中型の電力システムから、小規模・分散型のシステムに変更する「発送電分離」の議論は避けられないものとなっている。将来的には日本の総電力需要のうち、3、4割は分散型電源に移行すると思われるが、そのうち3割を再生可能エネルギーが担い、残り7割を天然ガスやLPガスを利用したガスタービンなどの発電装置、コージェネレーションシステムでことになると私は考えている。

なぜなら、今後の日本でも再生可能エネルギーを大幅に増やしていく政策がとられていくことになるが、実は太陽光や風力には、太陽まかせ、風まかせで、実際には発電されない時のために同量のバックアップ電源機能、ないし蓄電機能が必要となる。再生可能エネ

■ BTLとは

ドライバイオマスのエネルギー変換方法

Biomass To Liquid (合成軽油・灯油)

GTL (天然ガス由来液体燃料) CTL(石炭由来液体燃料)

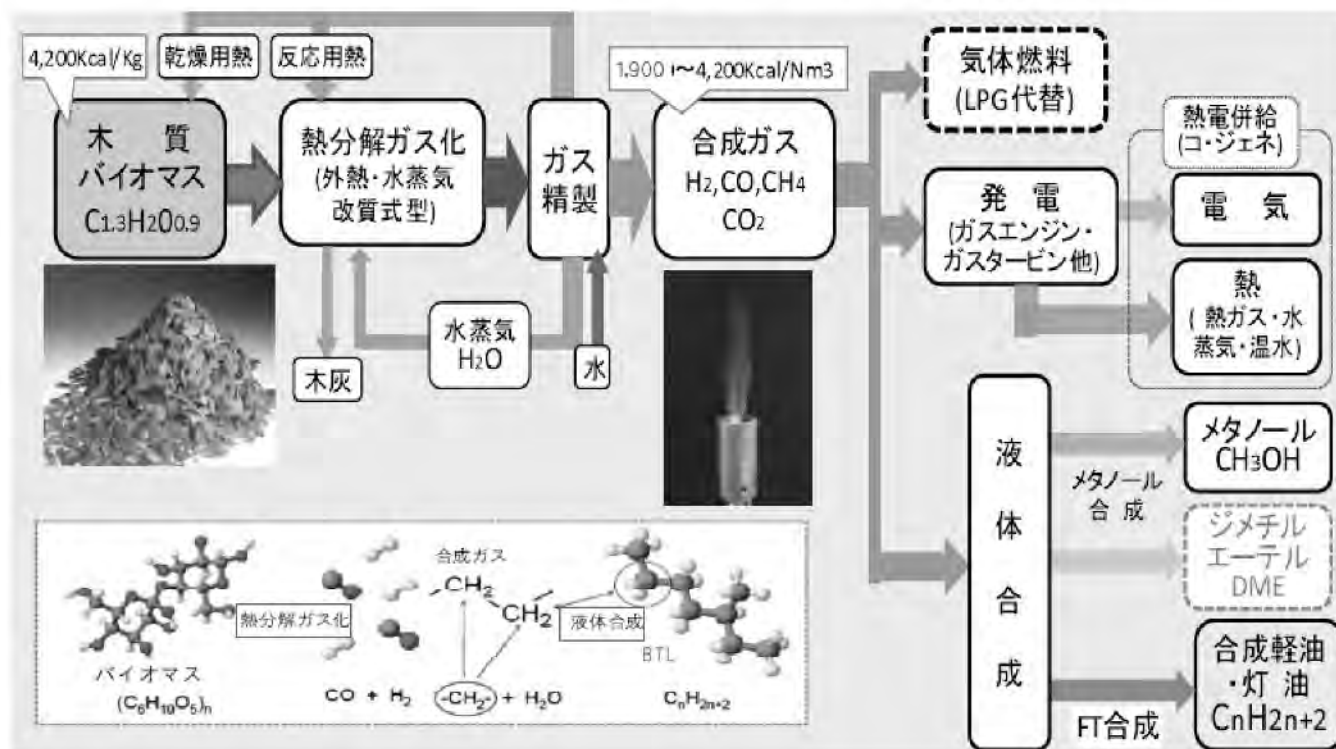


図-5

ルギーはそれだけでもコストの高いのに加え、莫大な費用がかかることになる。そのため、地中熱やバイオマスなど天候に左右されない再生可能エネルギーの普及は大事なことであろう。

■ コージェネレーション、そしてトリジェネレーションへ

このように日本の国産、そして実はこの蓄電機能も担いながら、CO₂削減や社会的な節電の要望にも応えられ、かつコストが安いために経済を犠牲にしないものがある。それは、コージェネレーションだ。

現在、震災を見すえて、エネルギー基本計画を見直すときがきている。この中では、コージェネレーションや再生可能エネルギーを軸とした、分散型のエネルギーシステムの実現を軸に据えるべきだろう。分散型エネルギーシステムを実現するには、再生可能エネルギーよりも、天然ガスやLPガスを活用したコージェネレーションシステムの普及をまず重視すべきだ。天然ガスは化石燃料の中では最もCO₂を出さず、世界に

広く分布している。前述したように非在来ガスであるシェールガスの登場で価格も低下傾向にある。

コージェネレーションは化石燃料やバイオマス燃料をめいっぱい効率的に使う節電のエースのはずだ。普及しないのは、熱主体で稼働した場合、余った電力を買い取る制度がないから。背景には、電力会社とガス会社の対立構造がある。コージェネレーションを家庭や工場に普及させるには、こうした不毛な対立構造を正す必要がある。

コージェネレーションが再生可能エネルギーと違うのは、必要なときに電力を生み出せるところだ。今夏のように国内電力需要が足りないときは、家庭や工場のコージェネ設備で電力を生みだしてもらおう。生みだした電力は電力会社が割高で買い取ればいい。今後、再生可能エネルギーの導入拡大の議論が進むだろう。ただ、「コストが高い」「手間がかかる」など、現在の体制維持のための論拠に使われ、思い切った改革にまでつながらない可能性がある。抜本改革を迫る鍵となるのがコージェネレーションになる。

コージェネレーションの普及はバイオマスの活用促

コージェネ・燃料電池にて再生可能エネルギーの負荷変動を調整

コージェネ・燃料電池を導入し、今後拡大していく再生可能エネルギーによる熱と電気の負荷変動を最小コストで調整

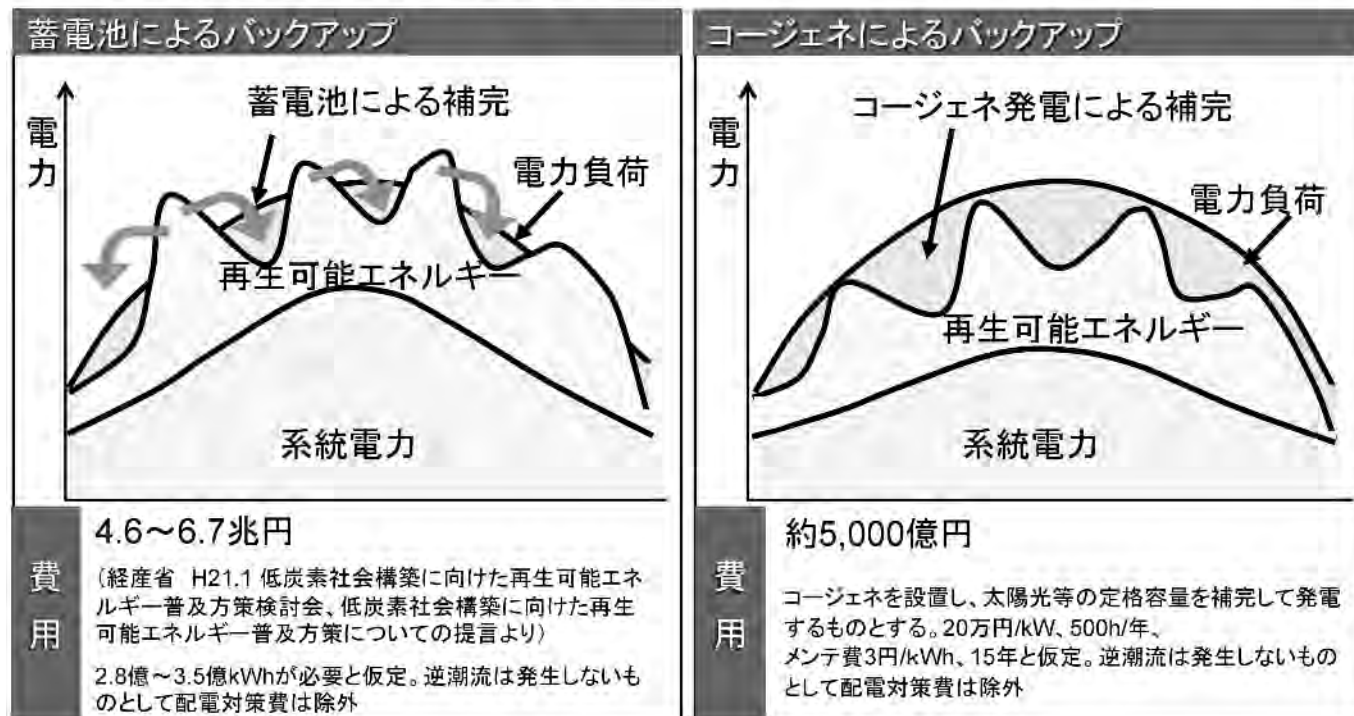


図-6

進にも大きく貢献することが期待できる。

さらに、図6に示したように、現在蓄電池はまだコストが非常に高く、それに対しコージェネレーションに蓄電池の役割を担わせるという考え方でいけば、社会的にはコストを大幅に削減できることになる。

今後、電気自動車の技術進歩によって、電気自動車を家やコミュニティの蓄電池として活用するビークルトゥグリッドが実現すれば、コージェネレーションと電気自動車が再生可能エネルギーの欠点を補充していくことでスマートコミュニケーションが形成されてい

くとなると考えられる(図7)

加えて、コージェネレーションの発電時に排出したCO₂を活用する「トリジェネレーション」(図8)の開発も進めるべきだろう。排出したCO₂をトマト栽培の成長促進に使ったり、ユーグレナ(ミドリムシ)に吸収させたりして機能性食品の製造に役立ててもいい。実現すれば、間違いなく世界に誇れる国産技術になる。こうしたことを踏まえ、資源循環と低炭素社会の実現を日本の産業や経済を逼迫せずに達成するベストソリューションを見つけていくことが必要と考える。

スマートコミュニティ

再生可能・未利用エネを最大限に取り込み、熱と電気をエリア間で融通し省エネ・省CO₂を実現。燃料電池自動車、電気自動車などの交通システムを都市エネルギーネットワークと組合せたスマートコミュニティの構築



図-7

「トリジェネレーション」

電気と熱に加えてCO₂を取り出し経済価値を高める「トリジェネレーション」
さらにバイオガスを活用すればCO₂マイナス

トリジェネレーション ① 「CO₂を農業に有効利用」

電気・熱の利用に加え、排ガスからCO₂を取り出し光合成を促進。
施設園芸の低炭素化と高付加価値化



- 人工照明 ●加温 ●光合成
- ポンプ ●冷却 促進

(農林水産省「施設園芸脱石油イノベーション」推進事業)

■ トマト・ハウス栽培へのCO₂施用



■ トリジェネレーションハウス



図-8

特集：下水汚泥緑農地利用の現状について

解 説

下水汚泥緑農地利用の現状について

(社) 日本下水道協会技術研究部資源利用研究課長

大 谷 佳 史

キーワード：バイオマス、緑農地利用、下水汚泥リサイクル率、コンポスト

1. はじめに

我が国における下水道事業の発展や社会ニーズの変化とともに、下水汚泥の主要な処分方法は、海洋投棄、埋立処分、有効利用と大きく変化してきました。また、最近では、下水汚泥の持つエネルギー価値が注目され、下水汚泥の有効利用に関する技術開発は、エネルギー利用に集中していると言っても過言ではありません。

し尿等を肥料として利用する取り組みは、我が国では古くから実施されています。江戸時代には、し尿が売買されており、有機質資源の循環利用システムが確立していました。また、東京都では、化学肥料が安価で手に入るようになる1960年代前半まで、天日乾燥汚泥を肥料として販売していた時期がありました¹⁾。このように、数ある下水汚泥の有効利用の中でも、緑農地利用は、最も古くから実施されているものです。

その後、昭和52年度から下水汚泥有効利用施設の建設が国庫補助対象となったことにより、地方公共団体によるコンポスト施設の建設が増えました。地方公共団体直営の下水汚泥コンポスト施設で比較的大規模な、札幌市、山形市、福岡市及び鹿児島市の施設は、すべて昭和50年代に供用開始されました。しかしな

がら、それ以降、下水汚泥の緑農地利用率は大きく伸びず、発生する下水汚泥の60%以上を農地利用している英国や米国と比較して著しく低いと言わざるを得ません²⁾。

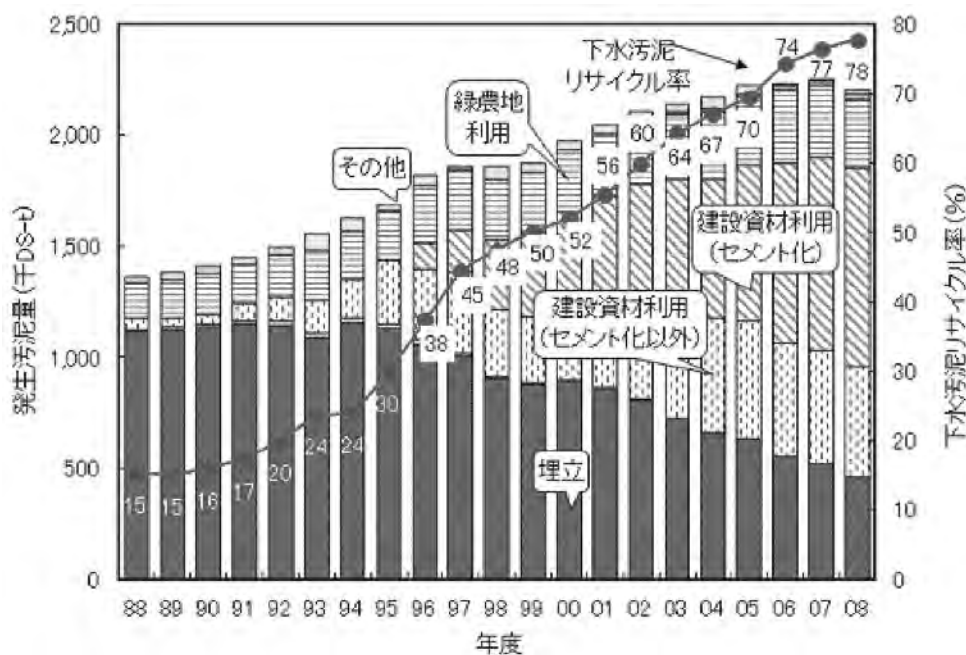
ここでは、下水汚泥の緑農地利用量や利用率の経過について、統計データを整理するとともに、いくつかの地方公共団体直営の下水汚泥緑農地利用の取り組みについて、その特徴をまとめました。今後、下水処理場を根幹とした地域のバイオマス利活用を検討する上で参考になると考えます。

2. 下水汚泥緑農地利用の現状について

(1) 他の有効利用用途との比較

最近の下水汚泥の処分及び有効利用量の推移や下水汚泥リサイクル率の変化を図-1に示します。

1990年代前半までは、主要な下水汚泥有効利用用途は緑農地利用で、下水汚泥の大半は、埋立処分されていました。この時期には、発生する産業廃棄物量が急激に増加し、産廃処分場の延命化の必要性が検討されていました。下水道分野においても、1996年に下水道法を一部改正し、下水道事業者が発生汚泥等を減量する努力義務規定が追加されました。これを機に急激に



図－1 下水汚泥有効利用の推移（平成20年度国土交通省調査）

増加したのが、下水汚泥のセメント原料としての利用です。

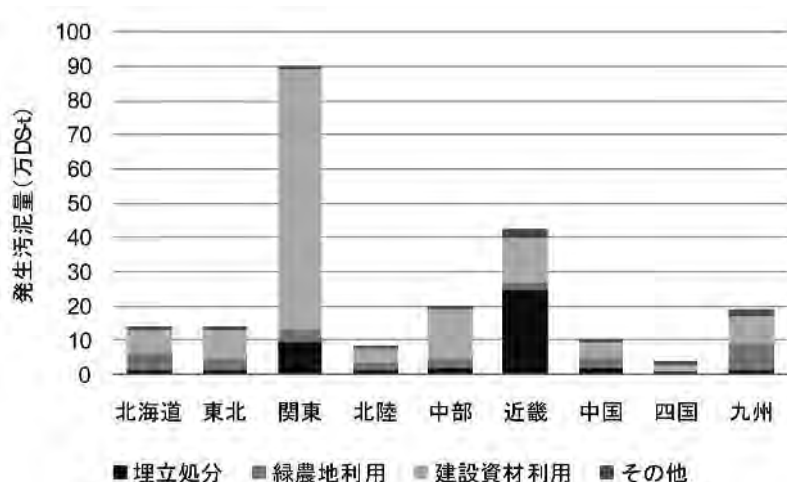
平成20年度には、セメント原料としての利用量は、発生固形物ベースで、約89万トンに上り、発生する汚泥量の実に約40%がセメント原料として有効利用されています。一方、緑農地利用量は、約31万トンで、大きく伸びておらず、発生汚泥量の約14%に過ぎません。

1990年代から急激に上昇し、平成20年度に約78%に達した下水汚泥リサイクル率の上昇は、セメント原料化量の急激な増加に寄るところが大きいと言えます。

(2) 下水汚泥有効利用の地域的な特徴

次に、平成20年度の下水汚泥の処分及び有効利用量を地域別に整理したものを図－2に示します。

図－2から、いくつかの地域の特徴が分かります。まず、近畿地方は、他の地方に比較して埋立処分率が高いことが分かります。これは、大阪湾広域臨海環境整備事業計画（大阪湾フェニックス計画）の影響が大きいためです。近畿圏では、概ね平成33年度まで、比較的安価に下水汚泥焼却灰を埋立処分できる目処が立っているためです。これと比較して、関東地方では、

図－2 下水汚泥処分・有効利用の地域的特徴
(参考：平成20年度国土交通省調査)

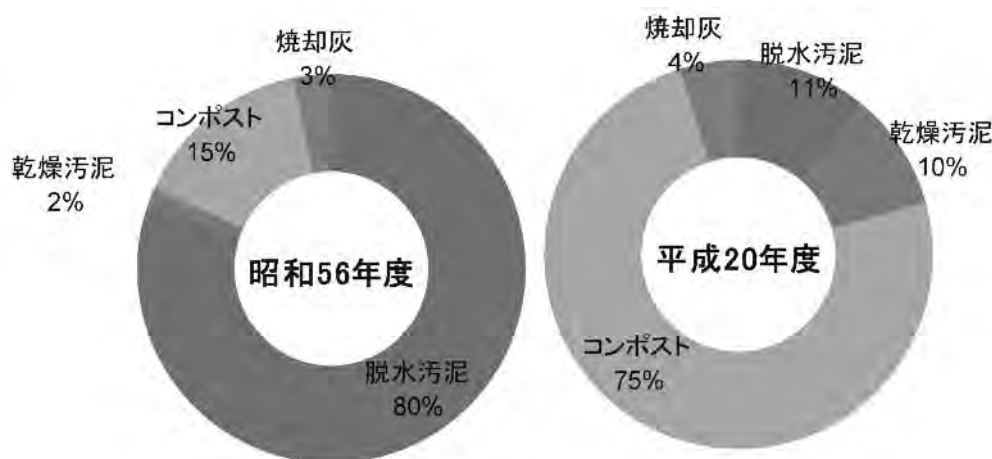


図-3 下水汚泥緑農地利用形態の推移
(昭和58年度「日本の下水道」・平成20年度国土交通省調査より)

建設資材利用量及び率とも高い値を示しており、埋立処分場の不足から、主にセメント原料化に頼っている実態が分かります。

一方、北海道、九州、中国地方では、緑農地利用の占める割合が、他の地方よりも高いと言えます。

(3) 下水汚泥緑農地利用の形態について

昭和50年代においては、下水汚泥の緑農地利用は、脱水汚泥を農地等に直接散布する方式が主流でしたが、経年的にコンポスト化される割合が増えてきた結果、平成20年度においては、緑農地利用の75%がコンポスト製造により行われています。また、乾燥汚泥肥料や炭化汚泥肥料も製造されており、昭和50年代と比較して増加しています。

一方、脱水汚泥の直接散布は、大きく減少していますが、現在でも北海道を中心に実施されており、苫小牧市では、苫小牧市及び近隣町の農家が「苫小牧市汚泥利用組合」を結成しており、脱水汚泥が無償提供されています。³⁾

このように、下水汚泥緑農地利用の形態は、農家が受け入れた脱水汚泥を自ら発酵する、または農地で長時間をかけて分解する形から、下水道事業者等が、有機質肥料を提供する形に変わってきました。

(4) 緑農地利用の地方公共団体直営及び民間の内訳

現状の下水汚泥の緑農地利用は、大きく分けて、地方公共団体がコンポスト施設等を建設し製造するケースと、地方公共団体が、脱水汚泥等を民間に有償で処分委託し、受託した民間事業者が保有する施設等でコンポストを製造し、肥料として流通するケースがあります。平成20年度の実績では、緑農地利用量(約306,000トン)の内、約59,000トンが、地方公共団体もしくはその監理団体(下水道公社等)で最終製品まで製造されている量であり、残りの約246,000トンが、

民間事業者により最終製品まで製造されている量です。また、地方公共団体が製造したコンポストを民間事業者が購入して肥料原料等に行っているケースもあります。したがって、緑農地利用においても民間事業者の関与が大きく、セメント事業者に負うところの大きい建設資材利用と似ています。

(5) 地方公共団体直営のコンポスト事業について

平成12～20年度の下水道統計コンポスト化設備調査結果をまとめたものを表-1に整理しました。コンポスト施設を有する下水処理場数は、ここ数年60前後で推移しています。また、それら施設の汚泥受入量も、35,000～37,000DS-t/年程度で大きな変化はありません。

また、コンポスト施設の規模について表-2に整理しました。平成20年度の実績では、全57下水処理場の内、コンポスト施設が1,000DS-t/年以上の汚泥を受け入れているのは5施設しかなく、この5施設の受入量は、全体の約75%を占めています。

(6) コンポスト施設の供用開始時期について

下水道統計や、日本下水道協会が過去に作成した下水汚泥資材一覧データを参考に、国庫補助により建設された下水汚泥コンポスト施設数の推移を整理しました。施設数には、既に廃止された施設も含まれています。

昭和52年度から、下水汚泥有効利用施設の建設が国庫補助対象となり、昭和期後半に多くのコンポスト施設が建設されたことが分かります。平成に入ってから、北海道を中心にコンポスト施設が建設されています。平成に入ってから、北海道で建設された施設の多くが、堆積型自然通気式のコンポスト施設で、建設費、維持管理費が比較的安価な施設が選択的に導入されていることがうかがえます。

表－1 日本のコンポスト施設を有する下水処理場数とコンポスト施設受入汚泥量の推移（下水道統計より）

年度	コンポスト施設を有する下水処理場数	受入汚泥量(DS-t/年)
H12	54	35,903
H13	55	37,444
H14	59	35,995
H15	57	34,777
H16	59	35,708
H17	60	37,260
H18	61	37,612
H19	59	37,530
H20	57	35,200

表－2 コンポスト施設の規模について（平成20年度下水道統計より）

受入汚泥量(DS-t/年)	処理場数
10,000以上	1
5,000～9,999	2
1,000～4,999	2
500～999	6
100～499	13
99以下	29
データなし	4
合計	57

表－3 国庫補助により建設された下水汚泥コンポスト施設数の推移（平成20年度下水道統計と平成20年度下水汚泥資材一覧データのまとめ）

供用開始時期	施設数	北海道内の施設(内数)
S.52～S.63	26	2
H.1～10	11	7
H.11～20	16	10

3. 地方公共団体のコンポスト等製造の事例について

(1) 鹿児島市下水汚泥堆肥化工場（大規模コンポスト事業の例）

平成20年度下水道統計より、鹿児島市では、錦江処理場、南部処理場をはじめ、5処理場が稼働中（2号用地処理場は休止中）であり、晴天時平均流入水量合計は、約174,000m³/日に上ります。それぞれの処理場で発生する汚泥は、南部処理場及び1号用地処理場で脱水され、脱水ケーキは、下水汚泥肥料化工場（昭和56年から稼働）で全量コンポスト化（製品名：サツマソイル）されています。脱水助剤として消石灰を使用していることから、サツマソイルは、酸性土壌改良剤としての効果があります。

堆肥化工場の受入汚泥量は、国内最大規模で、約39,000トン/年（平均含水率67.3%）、製品コンポスト量は、約11,500トン/年（含水率約24%）になり、受入量、生産量ともここ10年程度安定しています。

平成12年の実績では、コンポスト製品の約95%が、産廃処分業者や肥料製造業者等の大口需要者に販売さ

れており、食品残さや畜産廃棄物の発酵促進助剤、水分調整資材として、ブレンド・均一化され販売されています。販売量は、県内が55%、県外が45%となっています。この傾向は、現在でも大きく変わっていません。また、サツマソイルの製造単価は、販売収益も含め、12,370円であり、脱水汚泥の処分委託単価と同等の水準にあります^{4) 5)}。

(2) 札幌市厚別下水汚泥コンポスト工場（大規模コンポスト事業の例）

厚別下水汚泥コンポスト工場では、厚別水再生プラザから発生する脱水汚泥約15,000トン/年（含水率約65%）から、コンポスト（名称：札幌コンポスト）を約3,700トン/年（含水率約12%）製造しています。札幌コンポストの製造は、昭和56年から開始されていますが、平成初期のピーク時には、製造量が9,000トン/年を超えた年もありました。平成4年度には、ゴルフ場に約2,900トンが販売されましたが、現在は、ゴルフ場への販売量が激減しました。しかしながら、農家の需要は、近年、微増が横ばい傾向にあり、札幌コンポストの根強い人気うかがえます。札幌コンポストもサツマソイル同様、石灰系汚泥を原料としていることから、酸性土壌改良剤としての効果があります。

札幌コンポストは、市民に対しては、ホームセンター等の量販店とホクレン経由による農協の各販売店で販売されています。また、ゴルフ場や造園業、公共事業等へは、事業を実施している（財）札幌市下水道資源公社から直接販売されています。

当初は、粒度1mm以下の粉状で販売していましたが、臭気対策や散布機での詰まり防止を求める利用者からの要望により、平成3年に粒状化施設を建設し、現在では粒状コンポストが主流を占めています。

札幌市では、西部及び東部スラッジプラントにおける下水汚泥焼却、焼却灰の下水道再生土やセメント原料としての利用が、下水汚泥処分・有効利用の大半を占めています。コストを比較すると焼却の方が有利なこともあり、将来的なコンポスト施設の更新費用についても考慮し、札幌コンポスト製造からの撤退が検討されています⁹⁾。

福岡市においても、（財）福岡市下水道資源センターにおいて、平成20年度時点でコンポスト約1,100トン／年（含水率約25%）を製造していますが、平成23年度末でのコンポスト事業の廃止が公表されています。住宅が近接してきたことによる脱臭に係る経費の増加や焼却処理とのコスト比較など、札幌市と共通した状況があったと推察されます。

(3) 山形市のコンポスト事業（中規模下水処理場におけるバイオマス利活用）

平成20年度下水道統計より、山形市浄化センターの平均晴天時流入水量は、約39,000m³／日であり、ここで発生する汚泥の約1／3が、前明石ケーキ処理場内のコンポスト製造施設で処理されます。受入汚泥量は、約3,100トン／年（平均含水率66.7%）で、コンポスト（名称：山形コンポスト）製造量は、1,126トン／年（平均含水率約28%）です。コンポスト製造施設は、昭和54年に供用開始され、現存する下水汚泥コンポスト施設で最も古いものとなります。山形市では、供用

開始当初から、山形コンポストの製造販売を一貫して民間委託しています⁷⁾。

また、山形市の特徴としては、嫌気性消化汚泥のコンポスト化を行っている点です。表－4に示したように平成20年度時点で、下水汚泥コンポスト化施設を有している57処理場の内、嫌気性消化汚泥をコンポスト化している処理場は13箇所あります。嫌気性消化工程の後段に焼却炉等がある場合は、発生した消化ガスのほとんどが、消化槽の加温と焼却炉の補助燃料として消費されますが、山形市では、加温用補助燃料として使用する以外の消化ガスを利用して、ガスエンジンや燃料電池を利用した消化ガス発電を行っており、処理場で使用する電力の約半分を賄っています。

佐賀市では、平成21年10月から、DBI方式により建設したコンポスト施設の包括民間委託がスタートし、また、平成23年2月から消化ガス発電施設が稼働しています。嫌気性消化汚泥のコンポスト化を実施している点、コンポストの製造販売に民間のノウハウを利用している点、消化ガス発電事業により消費電力のかなりの部分を賄っている点が、山形市と非常に似ています。中規模下水処理場における理想的なバイオマス利活用の取り組みであると言えます⁸⁾。

(4) 珠洲市（小規模処理場におけるバイオマス利活用）

石川県珠洲市では、「珠洲市・バイオマスエネルギー推進プラン」として、地域の下水汚泥、農業集落排水汚泥、浄化槽汚泥、し尿及び生ごみの5種類のバイオマスを一括処理する複合バイオメタン発酵施設を平成19年8月より本格稼働しています⁹⁾。嫌気性消化により発生する消化ガスを後段の乾燥工程の熱源として利用し、発酵残さは、ペレット化後に乾燥され、乾燥汚泥肥料「為五郎」として地域で無償配布されています。「為五郎」の製造が需要に追いつかない状態であり、大人気とのことです。

表－4に示したとおり、下水処理場内に設置した

表－4 コンポスト施設と機械乾燥施設の消化汚泥受入状況

		生汚泥受入	消化汚泥受入	合計
下水汚泥コンポスト施設	処理場数	44	13	57
	受入汚泥量 (DS-t／年)	30,029	5,171	35,200
機械乾燥施設 (乾燥汚泥肥料製造)	処理場数	15	8	23
	受入汚泥量 (DS-t／年)	7,700	11,178	18,878

平成20年度下水道統計及び国土交通省調査参照

機械乾燥施設により乾燥肥料を製造している処理場は、平成20年度において23箇所あり、その内、珠洲市を含めた8箇所が、嫌気性消化汚泥を乾燥肥料としています。嫌気性消化を経ていることで好気性発酵を行っていなくても、比較的臭気が少ないと思われます。珠洲市と同様に、北海道北広島市においても消化ガスを乾燥工程の熱源として利用し、乾燥汚泥肥料を製造しています¹⁰⁾。処理場規模が小さく、消化ガス発電導入のメリットが出にくい場合のバイオマス利活用の優れた例であると言えます。

4. まとめ

今後の下水汚泥の緑農地利用の内、有機質資材としての利用は、コンポスト及び嫌気性消化汚泥の乾燥汚泥肥料が中心になると思います。新しくバイオマス利活用を検討される場合は、その計画段階から住民や周辺農家の方に、事業の目的や地方公共団体及び住民へのメリット等を説明することにより、いわゆる「汚泥肥料」に対する悪いイメージにより製造する肥料が広く利用されないケースは避けることができると思います。実際に、珠洲市や佐賀市において、このことは、ある程度証明されています。

昨今、国際肥料価格の乱高下により、下水汚泥中の特に「りん」が注目されており、農政関係者の下水汚泥への期待を感じます。しかし、何らかの方法で「りんのみを取り出す」ことに期待しているだけで、有機質資材としての期待は、まだまだ小さいと言わざるを

得ません。現在の状況から、大規模なコンポスト施設の建設は、周辺居住地への臭気対策等を考慮すると困難であると思われます。中小規模の下水処理場において、嫌気性消化工程によるエネルギー回収も視野に入れながら、最終的に残った下水汚泥を有機質資材（肥料）として地域に還元することをご検討いただければと考えます。

<参考文献>

- (1) 日本下水道史 (社) 日本下水道協会
- (2) 「再生と利用」NO.129 「下水汚泥有効利用における重金属等安全評価基準の課題について」
- (3) 「再生と利用」NO.131 「苫小牧市の下水汚泥有効利用の取り組みについて」
- (4) 「再生と利用」NO.93 「鹿児島市における下水汚泥コンポストの現状と将来」
- (5) 「再生と利用」NO.115 「鹿児島市における下水汚泥有効利用の現状と将来展望について」
- (6) 「再生と利用」NO.131 「札幌市における下水汚泥の有効利用と今後の課題について」
- (7) 「再生と利用」NO.113 「わが町の農地・緑地利用について」
- (8) 平成23年度下水汚泥のリサイクル推進に関する講演会講義資料 (社) 日本下水道協会
- (9) 「再生と利用」NO.131 「複合バイオマスメタン発酵施設の導入」
- (10) 「再生と利用」NO.131 「北広島市における下水汚泥の有効利用の取り組み」

特集：下水汚泥緑農地利用の現状について

解 説

下水汚泥系肥料等の製造に対する
放射性物質問題の影響について

(社) 日本下水道協会技術研究部資源利用研究課長

大 谷 佳 史

キーワード：緑農地利用、放射性セシウム、汚泥肥料

1. はじめに

福島第一原子力発電所における事故の影響で、下水汚泥や浄水汚泥等から放射性物質が検出され、資源有効利用に大きな悪影響を及ぼしています。下水汚泥については、セメント原料としての有効利用が多大な影響を受け、マスコミ等にも大きく取り上げられています。また、セメント原料等の建設資材としての有効利用のみならず、下水汚泥の有効利用として最も歴史のある緑農地利用についても多大な影響が出ており、農林水産省から、その取扱い等について通知が出されています。

ここでは、下水汚泥の緑農地利用分野に限定し、下水汚泥の利用用途及び関係する政府通知や報道等で取り上げられた事象を整理し、下水汚泥系肥料等の製造に対する放射性物質問題の影響を再確認し、そのポイントについて筆者の私見を述べたいと思います。

2. 肥料と土壤改良資材の区分

近年は、全国の下水処理場で発生する汚泥の約14%が、汚泥肥料や土壤改良資材として緑農地分野で有効

利用されています。ここでは、汚泥肥料や土壤改良資材の法的な位置づけを整理したいと思います。

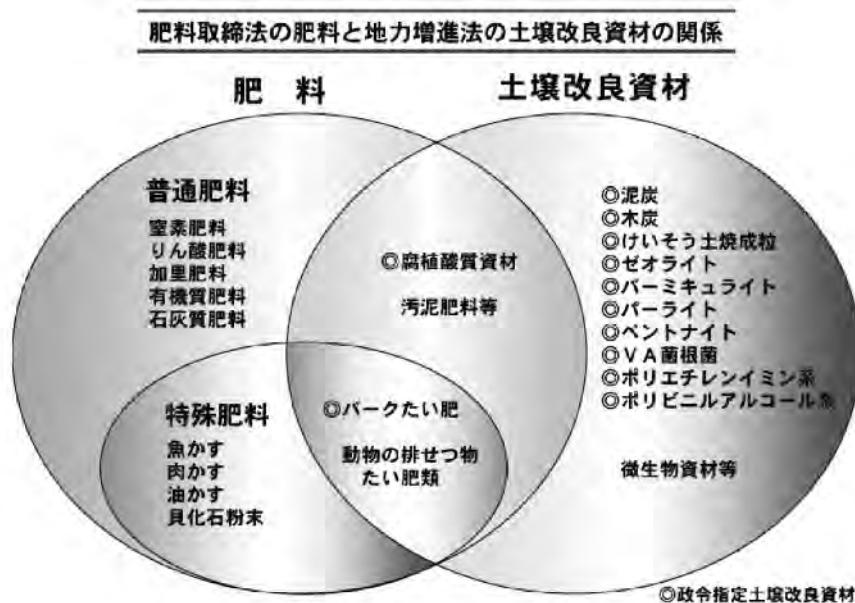
(1) 汚泥肥料

汚泥肥料には、下水汚泥肥料、し尿汚泥肥料、工業汚泥肥料、混合汚泥肥料、焼成汚泥肥料及び汚泥発酵肥料があり、いずれも普通肥料としての公定規格があり、肥料取締法において、これらの肥料を製造しようとする者は、農林水産大臣から登録を受けなければならないと規定されています¹⁾。下水汚泥が原料となる可能性があるのは、下水汚泥肥料、混合汚泥肥料、焼成汚泥肥料及び汚泥発酵肥料です。

(2) 土壤改良資材

土壤改良資材の施用効果としては、土壤改良資材の種類によって異なりますが、土壤の膨軟化、保水性の改善、透水性の改善、保肥力の改善、水田の漏水防止、リン酸供給能の改善、団粒形成の促進等があります。

地力増進法の第11条に、土壤改良資材が規定されており、「植物の栽培に資するため土壤の性質に変化をもたらすことを目的として土地に施される物」を示します。また、普通肥料の中でも、「植物の栄養に供すること又は植物の栽培に資するため土壤に化学的变化をもたらすことと併せて土壤に化学的变化以外の変化をもたらすことを目的として土地に施される物」は、



図－１ 肥料と土壤改良資材の分類（全国土壤改良資材協議会ホームページ²⁾ 参照）

土壤改良資材と位置づけられます。一般的に有機質肥料は、植物の栄養素となる窒素、リン等の補給以外に、土壤の硬度等を調整する機能も持っており、家畜ふん尿堆肥や汚泥肥料も土壤改良資材と考えることができます。

また、同条において、地力の増進上その品質を識別することが特に必要であるためその品質に関する表示の適正化を図る必要があるものとして政令で定められており、泥炭、パーク堆肥等が該当し、これらは政令指定土壤改良資材と位置づけられます。さらに、普通肥料にも、パーク堆肥のように政令指定土壤改良資材にも該当しない土壤改良資材には、培土や腐葉土等が含まれています。

したがって、下水汚泥は、下水汚泥肥料、混合汚泥肥料、焼成汚泥肥料及び汚泥発酵肥料の原料となる以外に、いわゆる培土の原料になっている場合があると考えられます。脱水汚泥をコンポスト事業者等に処分委託している場合は、搬出された脱水ケーキが最終的にどのような製品になっているか把握しておく必要があります。

3. 下水汚泥系肥料等の製造に関係する政府通知の時系列整理

(1) 放射能汚染された食品の取り扱いについて

(H.23.3.17 厚生労働省医薬食品安全部長通知)

「放射能汚染された食品の取り扱いについて」は、飲食物摂取制限に関する指標、いわば飲食に供することができる放射能濃度の上限を示したものです。下水

汚泥系肥料に含まれている放射性物質が、最終的に農産物に移行することが想定されることから、重要な通知であると言えます。本通知では、穀類と野菜の摂取制限に関する指標は、放射性セシウムでは、500Bq/kgと規定されています。

(参照) <http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000001558e.html>

(2) 稲の作付けに関する考え方 (H.23.4.8 原子力災害対策本部)

「稲の作付けに関する考え方」は、水田土壤中の放射性セシウム放射能濃度が高い場合に、それが生育する米に移行し、生産した米（玄米）が食品衛生法上の暫定規制値を超える可能性があることから、米の作付け制限を行う判断基準を示したものです。この考え方では、水田の土壤から玄米への放射性セシウムの移行係数を0.1としており、暫定規制値（500Bq/kg）を超えないためには、土壤中の放射性セシウム放射能濃度が、5,000Bq/kgを超える場合、水稻の作付けを制限することとなっています。

(参照) http://www.maff.go.jp/j/kanbo/joho/saigai/ine_sakutuke.html

(3) 福島県内の下水処理副次産物の当面の取扱いに関する考え方について (H.23.5.12 原子力災害対策本部)

この考え方は、4月末に福島県内の下水処理場の脱水汚泥等から、高濃度の放射性セシウムが検出されたことを受け、福島県内の下水汚泥等の当面の取扱いに関する考え方を示したものです。この考え方には、「下水汚泥のコンポスト（肥料）としての利用につい

て、多様な農地及び作物に関して短期間に十分に評価することができないため、当面自粛することが適切である」とあり、当面の間は、福島県内の下水汚泥を肥料原料として利用することができなくなりました。

なお、同時期に福島県以外でも、脱水汚泥等の放射性物質核種分析が実施され、放射性セシウム等の放射能濃度が高いことが把握されており、本通知の内容を参考にして、脱水汚泥等の出荷自粛等の措置が取られていました。

(4) 放射性物質が検出された上下水処理等副次産物の当面の取扱いに関する考え方 (H.23.6.16 原子力災害対策本部)

(3) が、福島県のみに通知されたのに対し、(4) は、下水汚泥、浄水汚泥、農業集落排水汚泥等から放射性物質が検出され、公表した13都県に通知されたものです。H.23.6.16以降に、通知された3県を合わせ、現在16都県（岩手、秋田、山形、宮城、福島、茨城、栃木、群馬、埼玉、千葉、東京、神奈川、長野、山梨、静岡、新潟）が通知の対象となっています。ここでも、(3) と同様に、「再利用に関する評価が定められていない園芸用土等の製品については、当面、製品の出荷を自粛することが適切である。今後、当該製品の利用形態に応じ、関係府省において安全性を評価した上で、出荷を再開する。」と記載されており、この時点では、下水汚泥の肥料原料としての利用の安全性等について、明確な考え方は示されていませんでした。

(参照) http://www.mlit.go.jp/report/press/city13_hh_000131.html

(5) 汚泥肥料中に含まれる放射性セシウムの取扱いについて (H.23.6.24 農水省)

本通知には、「原料汚泥中の放射性セシウム放射能濃度が、200Bq/kg以下である汚泥肥料は、流通させても差し支えない。」と記載されており、下水汚泥を肥料原料として利用して差し支えないかどうかの判断基準がはじめて示されました。また、平成24年度末までの特別措置として、「汚泥の排出者が自ら汚泥肥料の生産・販売を行っており、かつ、し尿の収集や排水の集水区域内に肥料を施用する場合に、原料汚泥の放射性セシウム濃度が施用する農地土壌以下であり、かつ、1,000 ベクレル/kg以下であれば、汚泥肥料の原料として使用できる。」と示されており、水稻の作付け制限（5,000Bq/kg）よりも低いが、農用地土壌自体が、相当程度汚染されている地域において、地産地消方式で汚泥肥料を製造する場合の特例措置も合わせて示されました。

その他、原料汚泥の管理に関する帳票の作成や地方農政局への報告、汚泥の引き渡しの際に産業廃棄物管理票（マニフェスト）等に放射性セシウム放射能濃度

を記載すること等が指導されています。

なお、農林水産省では、汚泥肥料に関する基礎知識とQ&A（一般向け）をホームページに掲載しており、200Bq/kgという数値の設定根拠などを説明しています。その中では、原発事故前の農用地土壌中の放射性セシウム濃度の全国平均が、約20Bq/kg（最大値140Bq/kg）であり、汚泥肥料を長期間連用しても農用地土壌中の放射性セシウム濃度が、過去の変動範囲に収まるレベルとして、原料汚泥中の放射性セシウム濃度の上限値200Bq/kgが設定されたことが記載されています。

また、200Bq/kg程度の下水汚泥を農地に施用したとしても、その農地で収穫される水稻（玄米）に移行する放射性セシウムは、低く、施用された汚泥肥料に起因するのは、高い場合でも0.5Bq/kgと試算されています。これは、穀類の摂取制限に関する放射性セシウムの指標500Bq/kgの1/1000です。外部及び内部被ばくリスクを評価するという観点からは、200Bq/kgという数値は、かなり安全を見込んだ数値であると考ええます。

(参照)

http://www.maff.go.jp/j/syouan/nouan/kome/k_hiryo/caesium/index.html

http://www.maff.go.jp/j/kanbo/joho/saigai/odei_qa.html

(6) 高濃度の放射性セシウムが含まれる可能性のある堆肥等の施用・生産・流通の自粛について (H.23.7.25 農水省)

(5) の通知先に青森県を加えた17都県に対しての通知であり、堆肥中の放射性セシウムの基準を作成するまでの間、17都県で発生した堆肥原料及びこれらを原料とする堆肥について、農地土壌への施用を自粛するよう要請するものです。

これは、後述するように、稲わらや腐葉土から高濃度の放射性セシウムが検出されたことから、堆肥中の放射性セシウム許容値を規定するまでの間の措置として通知されたものです。

(参照) <http://www.maff.go.jp/j/kanbo/joho/saigai/syouhi/110725.html>

(7) 放射性セシウムを含む肥料・土壌改良資材・培土及び飼料の暫定許容値の設定について (H.23.8.1 農水省)

本通知は、全国の都道府県知事に出されたもので、放射性物質の影響を受けていると考えられる都県に対して出された他の通知と異なります。放射性セシウムにより汚染された稲わら等が、既に広い地域に拡散されたためであると考えます。

本通知では、新たに、肥料・土壌改良資材・培土中

の放射性セシウム放射能濃度の暫定許容値として、400Bq/kg（製品重量）が示されました。ただし、堆肥原料及び堆肥が当該地域で循環利用され、放射性セシウムが拡散される恐れのない場合は、この暫定許容値は適用されません。

400Bq/kgという数値については、以下に示すとおり、(5) で示した200Bq/kg（原料汚泥重量）と整合性が取れています。

原料汚泥の放射性セシウム許容値の200Bq/kgは、農地10アールあたりに原料汚泥として4t/年で長期施用されると想定して、原発事故前の農地土壌の放射性セシウムの濃度範囲を超過しない値として、計算されたものです。

製品としての肥料の放射性セシウム許容値は、農地10アールあたりに肥料製品として2t/年で長期施用されると想定しており、好気性発酵工程で現物重量が半分程度になることから、両者には整合性があります。

ただし、図－2に示したように、現状では、いわゆる汚泥肥料についてのみ、原料と製品の両方の許容値が示されている一方、家畜ふん尿堆肥等については、製品のみしか許容値が示されておらず、(5) と (7) の通知の取扱いについて、今後、どのような整理が図られるのか注視したいと思います。

(参照) <http://www.maff.go.jp/j/syouan/soumu/saigai/shizai.html>

4. その他関連した出来事や通知の整理（時系列）

(1) 原子力発電所事故を踏まえた家畜の飼養管理について（H.23.3.19 農水省）

大気中の放射線量が通常より高いレベルで検出された地域においては、原発事故前に刈り取り・保管された乾牧草（サイレージを含む）のみを使用することや放牧を当面行わないこと等の留意すべき点について、

生産者に周知・指導されました。

ただし、新聞報道等では、この通知が末端の飼料供給者まで浸透しておらず、結果として、原発事故時に屋外に放置されていた稲わらを飼料として提供し、それを給餌された肉牛が出荷され、食品衛生法上の暫定規制値を超過した事例が多数発生しました。

(参照) http://www.maff.go.jp/j/kanbo/joho/saigai/pdf/seisan_110321.pdf

(2) 原子力発電所事故を踏まえた粗飼料中の放射性物質の暫定許容値の設定等について（H.23.4.14 農水省）

これは、乳用牛や肥育牛に給与される粗飼料中の放射性セシウム暫定許容値として300Bq/kgが示されたものです。

(参照) <http://www.maff.go.jp/j/syouan/pdf/5-10.pdf>

(3) 原子力発電所事故を踏まえた家畜の飼養管理に係る技術指導の再周知について（H.23.7.14 農水省）

食肉として出荷された牛から暫定規制値を超える放射性セシウムが検出されたことを踏まえ、これまでに牧草等の利用制限が行われた県に対して、関連通知の周知状況等について確認し、報告を徴収することとしたものです。

(参照) http://www.maff.go.jp/j/press/seisan/c_sinko/pdf/110714-04.pdf

(4) 腐葉土の問題

7/25に秋田県のホームセンターで販売していた腐葉土から高濃度の放射性セシウムが検出されたのをはじめ、全国のホームセンターで同様な事態が相次いでいる。原因は、放射能濃度が飛散した地域で集めた落ち葉等を原料としているためと考えられています。

5. 汚泥肥料生産者への影響について

上述したように、関東及び東北を中心とした広範囲

		6/16	6/24	7/25	8/1	
脱水汚泥等	関係16都県	使用自粛		原料基準(200Bq/kg以下)適用		原料基準の 許容値
	16都県以外	特に制限なし		製品基準適用(400Bq/kg)		
家畜ふん尿や稲わらを原料とした堆肥等		特に制限なし		17都県のみ使用自粛		

図－2 主な堆肥等の原料及び製品の放射性セシウム放射能濃度基準値（6/16～）

において、汚泥肥料生産者は、下水道事業者による直営事業場、民間事業場にかかわらず、汚泥肥料の製造・出荷自粛と、下水汚泥中の放射性セシウム放射能濃度が低くなってからの製造・出荷の再開を経験しています。ただし、様々な理由で、未だに製造を再開できていない事業場も多くあると思います。これから秋にかけて、例年では有機質資材の使用量が増加しますが、一度、製造・出荷が自粛された製品に対し、利用者（農家の方）がどのような反応を示すのか、今後、注視していく必要があると考えます。

下水汚泥と食品廃棄物等の他の廃棄物を受け入れてコンポストを製造している事業場においては、現在でも下水汚泥の受入を停止している状態であるとのこと。関係機関の指導により、本来は放射性物質が検出されないと考えられる、食品廃棄物の搬入先にも放射性物質の核種検査を依頼し、自らの製品についても当然ながら核種分析を実施し、放射性物質が検出されなかったことから、ようやく顧客にご安心いただいた状態のようです。

一方、造園や法面緑化で汚泥系肥料が使用されている場合は、利用者から放射性セシウムの核種分析結果の提示を求められる点は同じですが、汚泥肥料等製品の許容限度値である400Bq/kg以内にあることを確認するために使われています。

このように、情報量としては少ないですが、汚泥系肥料に対する利用者の反応がまちまちであるという実態が確認できました。今後、より詳細な実態把握を行い、(社)日本下水道協会として、どのような対応ができるか検討したいと考えます。

6. まとめ

放射性物質の問題に関連した出来事やその対処としての政府の通知を時系列に整理すると、福島第一原発の事故で飛散した放射性物質が、非常に広範囲の、しかも身近なものに地着しており、これが下水汚泥をはじめとした有機質資材の緑農地利用に大きな支障を来していることが浮き彫りになりました。そもそも、放射性物質が、農地土壌にかなり沈着していることもあり、今後、長期間に渡って注視すべき問題であると改

めて認識しております。

また、汚泥肥料も含めた、いわゆる堆肥の大部分が、放射能濃度の影響を受けている実態が明らかになっています。まず、下水汚泥や集落排水汚泥が、放射能濃度を含んでいることが分かり、6/24に出された農水省の通知では、これらの汚泥に限定して、汚泥肥料の原料としての許容値が示されました。しかしながら、稲わらや腐葉土等が高濃度の放射性セシウムを含有している事実が明らかになり、家畜ふん尿も含めた他の堆肥原料や土壌改良資材も放射性物質に汚染される危険性を考慮し、8/1に肥料・土壌改良資材・培土中の製品に対する放射性セシウムの暫定許容値（400Bq/kg）が示されました。このような経過があり、汚泥肥料のみ原料の許容値（200Bq/kg）と製品の許容値（400Bq/kg）が適用されています。

放射性物質の問題で、一番対応が困難なのは、住民等の放射性物質に対する不安です。流通して差し支えない放射能濃度レベルである汚泥肥料でも、利用者が敬遠する可能性があります。科学的な安全性評価について、利用者や住民に根気よく説明する必要があると感じます。

特に、上記の原料許容値及び製品許容値は、長期施用によっても農用地土壌中の放射性セシウム濃度が現状の変動範囲内に止まるような限度から算定されており、実際に農作物中に移行する放射性セシウムは、非常に低レベルにあると試算されています。すでに、かなり安全サイドに立って設定した許容値であることを丁寧に説明していき、関係者が協力して、「流通できるものは、流通させる」努力が必要であると思います。

<参考文献>

- 1) 「再生と利用」NO.125 「汚泥肥料の規制のあり方に関する懇談会について」
- 2) 全国土壌改良資材協議会ホームページ
<http://japan-soil.net/DOKAI/>
- 3) (社)日本下水道協会ホームページ「放射性物質が検出された上下水処理等副次産物の当面の取扱いに関する考え方（平成23年6月16日 原子力災害対策本部）」についての解説
<http://www.jswwa.jp/recycle/news/news04.html>

特集：下水汚泥緑農地利用の現状について

解 説

汚泥肥料中の重金属管理手引書 －その成果と課題－

(社) 日本下水道協会技術研究部資源利用研究課長

大 谷 佳 史

キーワード：汚泥肥料、重金属、最大含有許容量、サンプリング

1. はじめに

平成11年に肥料取締法が改正され、汚泥肥料について普通肥料としての新たな公定規格（下水汚泥肥料、し尿汚泥肥料、工業汚泥肥料、混合汚泥肥料、焼成汚泥肥料及び汚泥発酵肥料）を設け、有害成分の最大含有許容量や原料汚泥の金属等の溶出基準が設定されました。汚泥肥料の肥料登録及び更新時に汚泥肥料中の重金属含有量について分析証明書の添付が求められており、肥料取締法に基づく肥料生産業者への立入検査の際に、重金属含有量等の分析が実施されています。

農林水産省によると、立入検査時に汚泥肥料中の重金属の最大含有許容量を超過する事例が確認されており、平成15～21年度まで検査された1,069点の試料（汚泥肥料）の内、22点で超過が認められました¹⁾。

このような状況があり、農林水産省では、平成20年度に「汚泥肥料の規制のあり方に関する懇談会」を開催し、学識経験者、汚泥肥料製造業界、消費者団体等の関係者を委員として、農林水産省の担当部署も加わって議論し、汚泥肥料生産者による品質管理を進めることが適当であるとの一定の方向性が得られました²⁾。これを受けて、平成20～21年度に有害重金属管

理のための汚泥肥料のサンプリング手法を開発する事業が実施され、この成果を利用して平成22年8月に汚泥肥料中の重金属管理手引書が作成されました。

ここでは、汚泥肥料中の重金属管理手引書の概要を改めて説明するとともに、汚泥肥料生産者による重金属管理を強化するための対応や課題について述べたいと思います。

2. 下水汚泥を原料とした汚泥肥料中の重金属含有量の把握について

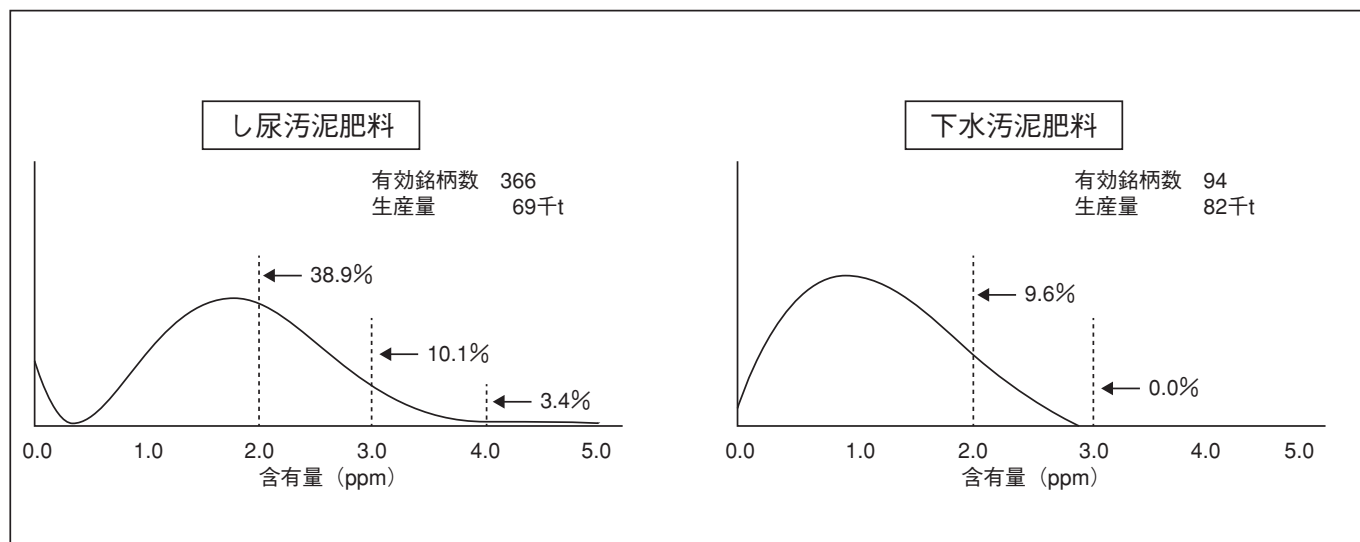
(1) 下水汚泥由来肥料と他の汚泥肥料との比較

表－1に示すように、一般的に、下水汚泥を原料としている汚泥肥料は、下水汚泥肥料、混合汚泥肥料、焼成汚泥肥料及び汚泥発酵肥料です。ほとんどが、下水汚泥肥料もしくは汚泥発酵肥料として登録されています。図－1に示すように、過去の立入検査における汚泥肥料中のカドミウム濃度分布は、工場排水を全く受け入れていないし尿汚泥肥料の方が、下水汚泥肥料より高い傾向にあります。これは、汚泥中のカドミウムの起源が、工場排水由来よりも、むしろ生活排水由来であることを示しており、工場排水が、汚泥中の重金属の起源であるとの認識が、必ずしも正しくないことを示しています³⁾。

表－１ 汚泥肥料の公定規格²⁾

汚 泥 肥 料 の 種 類	含有を許される有害成分の最大量 (%)	登録 銘柄数
下水汚泥肥料 一 下水道の終末処理場から生じる汚泥を濃縮、消化、脱水又は乾燥したもの 二 一に掲げる下水汚泥肥料に植物質若しくは動物質の原料を混合したもの又はこれを乾燥したもの 三 一若しくは二に掲げる下水汚泥肥料を混合したもの又はこれを乾燥したもの	ヒ素 0.005 カドミウム 0.0005 水銀 0.0002 ニッケル 0.03 クロム 0.05 鉛 0.01	9 4
し尿汚泥肥料 一 し尿処理施設、集落排水処理施設若しくは浄化槽から生じた汚泥又はこれらを混合したものを濃縮、消化、脱水又は乾燥したもの 二 し尿又は動物の排せつ物に凝集を促進する材料又は悪臭を防止する材料を混合し、脱水又は乾燥したもの 三 一若しくは二に掲げるし尿汚泥肥料に植物質若しくは動物質の原料を混合したもの又はこれを乾燥したもの 四 一、二若しくは三に掲げるし尿汚泥肥料を混合したもの又はこれを乾燥したもの	ヒ素 0.005 カドミウム 0.0005 水銀 0.0002 ニッケル 0.03 クロム 0.05 鉛 0.01	3 2 2
工業汚泥肥料 一 工場若しくは事業場の排水処理施設から生じた汚泥を濃縮、消化、脱水又は乾燥したもの 二 一に掲げる工業汚泥肥料に植物質若しくは動物質の原料を混合したもの又はこれを乾燥したもの 三 一若しくは二に掲げる工業汚泥肥料を混合したもの又はこれを乾燥したもの	ヒ素 0.005 カドミウム 0.0005 水銀 0.0002 ニッケル 0.03 クロム 0.05 鉛 0.01	1 4 3
混合汚泥肥料 一 下水汚泥肥料、し尿汚泥肥料若しくは工業汚泥肥料のいずれか二以上を混合したもの又はこれを乾燥したもの 二 一に掲げる混合汚泥肥料に植物質若しくは動物質の原料を混合したもの又はこれを乾燥したもの 三 一若しくは二に掲げる混合汚泥肥料を混合したもの又はこれを乾燥したもの	ヒ素 0.005 カドミウム 0.0005 水銀 0.0002 ニッケル 0.03 クロム 0.05 鉛 0.01	2 0
焼成汚泥肥料 下水汚泥肥料、し尿汚泥肥料、工業汚泥肥料又は混合汚泥肥料を焼成したもの	ヒ素 0.005 カドミウム 0.0005 水銀 0.0002 ニッケル 0.03 クロム 0.05 鉛 0.01	6 0
汚泥発酵肥料 一 下水汚泥肥料、し尿汚泥肥料、工業汚泥肥料又は混合汚泥肥料をたい積又は攪拌し、腐熟させたもの 二 一に掲げる汚泥発酵肥料に植物質若しくは動物質の原料又は焼成汚泥肥料を混合したものをたい積又は攪拌し、腐熟させたもの	ヒ素 0.005 カドミウム 0.0005 水銀 0.0002 ニッケル 0.03 クロム 0.05 鉛 0.01	9 2 4

備考：登録銘柄数は、平成 21 年 3 月 25 日現在

図－１ し尿汚泥肥料と下水汚泥肥料中のカドミウム含有量の比較³⁾

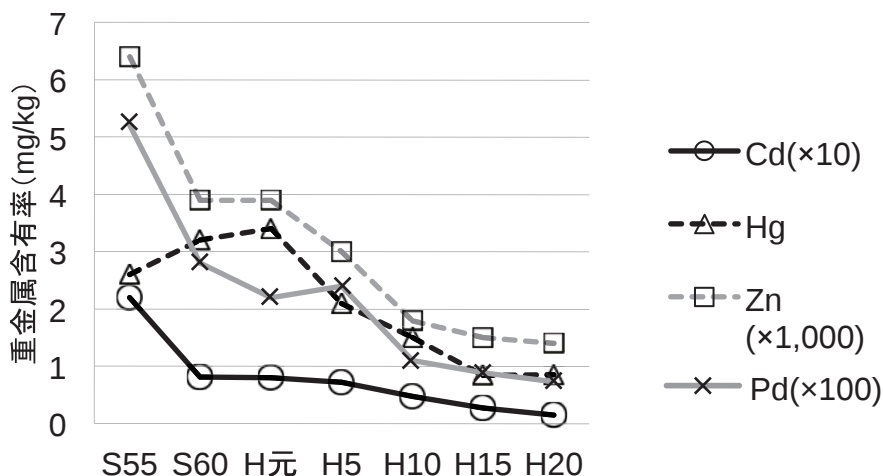
(2) 近年の下水汚泥中の重金属含有量の傾向

下水汚泥中の重金属の起源は、基本的には、生活排水由来と工場排水由来と考えられます。近年、工場排水指導の成果や工場側の努力により、下水処理場への流入重金属負荷は、かなり減少していると考えられます。図－２に、大阪市のN処理場における脱水汚泥中の各重金属含有率の経年変化を示しました。昭和55年から平成20年に至るまで、各重金属含有量が低下し、汚泥肥料の有害成分の許容量より低い値で推移しています。処理区域に金属めっき工場等が多く位置しているため、亜鉛含有量は、1,000mg/kg-DSを超えています。脱水汚泥中の重金属濃度は、汚泥肥料の最大含有許容量より低いレベルであると考えます。

(3) 製造する汚泥肥料中の重金属含有量の把握

汚泥肥料製造者が、自ら製造する汚泥肥料の重金属含有量を管理する上で最も重要なことは、各重金属含有量の通常の変動範囲（季節変動等）を把握することです。

例えば、平成20年度のN下水処理場の脱水汚泥（嫌気性消化汚泥）をコンポスト化すると仮定した場合、好気性発酵により固形物量が仮に4割減少すれば、製品中のカドミウム、水銀及び鉛の含有率は、それぞれ、0.00025%（最大含有許容率0.0005%）、0.00014%（最大含有許容率0.0002%）、0.012%（最大含有許容率0.01%）となり、カドミウムと水銀は許容範囲にありますが、鉛が最大含有許容率を超えることになります。した



図－２ N下水処理場における脱水汚泥中重金属含有率の経年変化（大阪市提供）

がって、N下水処理場の脱水汚泥は、コンポスト原料としては適していないことになります。一般的に下水道への鉛の流入源は、電気めっき業等の金属製品製造業であると考えられることから、安定したコンポスト事業を行うためには、鉛の排出負荷量の多い事業場を把握し、必要な対策を講ずる必要があります。

上記の例は、あくまでも一例ですが、このように、原料となる脱水汚泥または製品の汚泥肥料中の通常における重金属含有量を把握することが大切です。

3. 汚泥肥料中の重金属管理手引書の概要

本手引書の構成は、大きく分けて、汚泥肥料中の重金属管理の目的や原則、重金属管理の基礎となるサンプリング検査計画書の例示、及びサンプリングと分析の精度管理についての検討の3つから成ります。

(1) 汚泥肥料中の重金属管理の原則

汚泥肥料中の重金属管理の原則は、下の6項目から成ります。

- ①サンプリング検査計画書の作成
- ②検査計画に基づく検査
- ③不適合が発生した場合の製品の出荷停止・回収措置
- ④実施された検査の自己点検
- ⑤検査計画の見直し
- ⑥必要なら重金属含有量を低減できるよう改善する

効率的に、生産する汚泥肥料の現状（重金属含有量等）を把握するため、サンプリング検査計画書を作成し、重金属含有量の自主検査により、不適合な製品の出荷を予防しつつ、状況に応じて検査計画書を見直していくことが重要です。

下水処理場からの放流水には、水質汚濁防止法に関連した様々な排水基準が適用され、下水道法により最低限必要な分析頻度も規定されています。したがって、放流水質の適正管理のために必要な事項や業務を汚泥肥料の製造にまで広げることができれば、地方公共団体直営の下水汚泥肥料製造に関して、重金属管理の原則を踏まえた対応を行うことは困難ではありません。一方、民間の汚泥肥料製造者については、定期的な汚泥肥料中の重金属含有量等の分析を実施していなければ、上の原則に則った対応が必要となります。

(2) サンプリング検査計画書の例示

効率的な重金属管理を行うためには、サンプリング検査計画書の作成及び見直しの定着が必要となります。手引書には、サンプリング検査計画書の事例が2つ示されており、主に以下の事項について記載することを勧めています。

- ・品質管理責任者の指名
- ・年間の検査回数

- ・サンプリング法とサンプリング場所の選定
- ・自主管理基準値の設定
- ・不適合時の措置
- ・検査計画の見直し

(3) サンプリングと分析の精度管理について

汚泥肥料の試料採取は、JIS K 0060「産業廃棄物のサンプリング方法」に規定されている層別サンプリング法により実施する必要がありますが、汚泥肥料製造者が、層別サンプリング法を熟知されている可能性は低く、サンプリング作業も複雑に成る可能性があり、自主管理を定着させるためには、何らかの対応が必要でした。平成20～21年度に有害重金属管理のための汚泥肥料のサンプリング手法を開発する事業では、サンプリング作業の負担軽減のため、簡易的なサンプリング方法が検討され、簡易トップサンプリング法と簡易コンベアサンプリング法が開発されました。手引書には、2つの簡易サンプリング法が紹介されており、これらの使用が勧められています。

ただし、手引書では、簡易サンプリング法を使用することによる誤差分を許容限度値から差し引いて自主管理基準値を設定することを提案しており、カドミウムの自主管理基準値として、許容限度値の5 mg/kgから0.6mg/kg少ない4.4mg/kgが示されています。例示されたサンプリング検査計画書には、自主管理基準値を超過した場合に、自主的な出荷停止等を行うよう示されています。

また、重金属分析時における分析誤差の考え方、分析所の技能の評価手法なども掲載されています。

4. 現状の重金属管理状態に適したサンプリング検査計画書

「汚泥肥料中の重金属管理手引書」は、汚泥肥料製造者による自主的な重金属管理の目的や考え方、肥料製造者の負担を軽減するための簡易サンプリング手法や精度管理の基本等を分かりやすく解説しており、また、例示されているサンプリング検査計画書を基本として、汚泥肥料製造者自らが、自らの製造実態等に適したサンプリング検査計画書を作成することが勧められています。

ここでは、製造実態や重金属管理状態に適したサンプリング検査計画書について提案します。

(1) 重金属含有量の変動範囲が把握できているか？

まず、重金属含有量の変動範囲が把握できているかどうか重要です。過去に実施した汚泥肥料中の重金属含有量分析により、重金属含有量の変動範囲を把握しておれば、適切な分析頻度を設定することは容易です。

例えば、重金属含有量の変動範囲が、最大含有許容量より十分低ければ、分析頻度は、1回／年で十分であるという判断も可能であると考えます。通常は、分解や発酵が進みやすい夏期に重金属含有量が高くなる傾向がありますので、夏期に分析を行うのが妥当であると考えます。

一方、重金属含有量の変動範囲が、最大含有許容量に近ければ、より詳細に季節変動等を把握するため、分析頻度は、4回／年とする方が無難であると考えます。詳細なデータを取得し、最大含有許容量を超過する危険性があるなら、問題となる重金属の流入源を調査・把握し、工程改善による重金属含有量低下や汚泥肥料製造の中止も検討する必要があると考えます。また、地方公共団体においては、当該下水処理区域の事業場排水指導により対応することも可能であると考えます。

次に、重金属含有量の変動範囲を把握していない場合は、出来るかぎり4回／年の分析実施が望ましいと考えます。ただし、分析費用を抑制する必要があるれば、少なくとも1年間、季節変動を把握するため4回／年の分析を行い、次年度以降は、重金属含有量が最も高いと思われる時期を選んで、最低1回／年の分析を行う必要があると考えます。

(2) 異常値の判断基準について

通常の重金属含有量の変動範囲が把握できれば、その変動範囲を逸脱する場合を「異常な状態」と見なし、直ちにその原因を調査することが可能です。つまり、通常の変動範囲を把握できていないと、分析したデータが正常かどうかの判断ができないことになります。

通常の変動範囲は、統計的な手法により設定するの

が一般的です。過去の分析結果の平均値（ m ）とその標準偏差（ σ ）を用い、以下のとおり設定する方法があります。

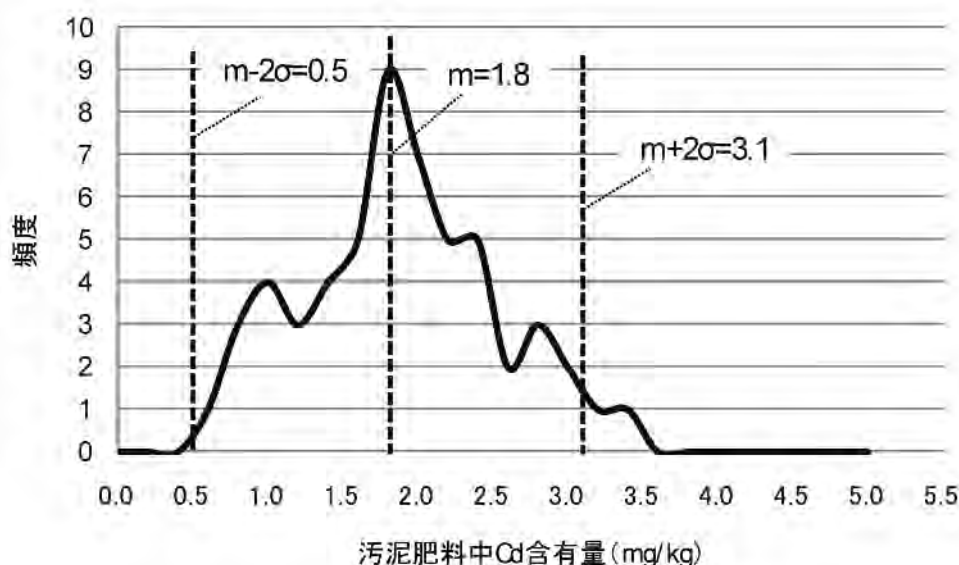
図－3に通常の変動範囲の設定イメージを示しました。汚泥肥料Aのカドミウム含有量分析結果について、含有量をX軸に各濃度の出現頻度をY軸に整理したところ、全データの平均 m は、1.8mg/kgとなり、標準偏差 σ は、0.64mg/kgとなりました。通常の変動範囲を $m-2\sigma$ から $m+2\sigma$ とすると、図－3のように、分析データが0.5～3.1mg/kgの範囲である場合は、変動範囲内であると判断することができます。データが変動範囲を逸脱した場合は、まずはサンプリングや分析に異常がなかったかどうか確認し、異常がなければ、下水処理場への異常流入の可能性も含めた調査が必要です。ただし、調査を行っても異常原因が特定できない可能性もあります。

なお、標準偏差の何倍を通常の変動範囲と見るのかは、それぞれの汚泥肥料生産者が、判断すべきと考えます。また、異常値かどうかの判断基準は定期的に見直す必要があります。

(3) 自主管理基準値の取扱い

(2)に示すような適切な異常値の判断基準を有し、異常時の原因調査等を実施している場合は、手引書に記載された自主管理基準値は、あまり意味を持ちません。したがって、自主管理基準値の設定を行う必要はありません。

(2)に例示されているように、汚泥肥料中のカドミウム含有量について、異常値であるかどうかの判断基準として3.1mg/kgを用い、さらに4.4mg/kgを自主管理基準値として設定するのは、効率的な自主管理と



図－3 汚泥肥料Aの通常の変動範囲の設定イメージ

言えるか疑問です。仮に、簡易サンプリング法を採用して分析データが、最大含有許容量を超過した場合、当該ロットが残っていれば、正式な層別サンプリング法により試料採取を行い、再分析を行うという方法もあり、自主管理基準値の設定にこだわる必要はありません。

最大含有許容量を超過した汚泥肥料が流通する可能性を少なくするためには、自主管理基準値の設定は有効であると考えますが、まず、自ら製造する汚泥肥料中の重金属含有量の通常の変動範囲を的確に把握し、統計的手法を用いて、分析データの異常（サンプリングや分析における異常と異常流入等による異常の両方を指す）を判断することを定着できるよう努力する必要があります。

5 まとめ

「汚泥肥料中の重金属管理手引書」の最も大事な点は、立入検査により、不適正な汚泥肥料の流通を防止するのではなく、汚泥肥料生産者による自主管理能力を強化し、不適正な汚泥肥料が生産される可能性を低くし、かつ不適正な汚泥肥料の流通を防ぐことにあり

ます。このような活動が定着し、汚泥肥料の顧客に重金属管理に取り組んでいることを説明することにより、最終的には、農産物の消費者の安心を獲得することができると考えます。

重金属の自主管理をいかに効率的に負担の受容内で行うかが重要であり、定期的な見直しの度に、サンプリング検査計画書が、より汚泥肥料の製造実態や重金属含有量の現状に合致した適切なものになっていく必要があります。手引書に記載されている内容の背景にある目的を考慮しつつ、重金属管理能力を強化していただくことを願います。

<参考文献>

- 1) 「汚泥肥料中の重金属管理手引書」平成22年8月
農林水産省
http://www.maff.go.jp/j/syouan/nouan/kome/k_hiryo/tebikiso.html
- 2) 「再生と利用」NO.125「汚泥肥料の規制のあり方に関する懇談会について」
- 3) 「再生と利用」NO.129「下水汚泥有効利用における重金属等安全性評価基準の課題について」

特集：下水汚泥緑農地利用の現状について

解 説

下水汚泥系肥料のイメージアップ
について

「再生と利用」編集委員会事務局

キーワード：コンポスト、臭気、肥効

1. はじめに

「再生と利用」は、昭和52年度のNO.1号発行から30年以上の歴史があり、今回、NO.133号が発行されます。「再生と利用」は、下水汚泥資源利用協議会（平成22年度末解散→日本下水道協会に業務移管）の歴史であり、下水汚泥の緑農地利用を推進する立場から考えれば、「下水汚泥系肥料の負のイメージ」との格闘の歴史でもあります。

本号で報告されている「野菜類の生育収量と有機質肥料の窒素形態別画分との関連性」をご一読いただければ分かりますが、下水汚泥系肥料の特徴をよく理解して施用すれば、農家の方にその優れた面をご理解いただけるものと考えます。ここでは、過去のアンケート等から、農家の方が、下水汚泥系肥料をどのように評価されているか、また、下水汚泥系肥料のイメージアップ活動について簡単に紹介したいと思います。

2. 平成21年度下水汚泥を原料とした汚泥肥料に関するアンケート調査結果¹⁾

本アンケートでは、地方公共団体や民間の下水汚泥

系肥料の製造者に対し、製造や都道府県のリサイクル製品認定制度の活用状況に加え、ユーザーの評価についても質問しました。

まず、ユーザーの評価については、326事業場に対し質問を行い、有効回答数は、139件（有効回答率：43%）でした。ユーザーが、汚泥肥料製品を「良好」または「概ね良好」と評価しているとの回答が66%であり、「あまり良くない」または「悪い」と評価しているとの回答（2%）を大きく上回りました。

「良好」または「概ね良好」との評価の理由としては、「肥効が良い」が50%程度を占めています。また、「取り扱い性」を評価している意見が20%程度あり、ペレット化等の工夫が功を奏していると考えられます。

一方、悪い評価の主な理由としては、臭気（32%）、取り扱い性が悪い（23%）、イメージが悪い（25%）となっています。これらのデメリットは、以前から認識されているとおりであると考えます。

3. 最近の地方公共団体の取り組み

下水汚泥系肥料の利用促進にとって最大の敵は、「下水→工場排水→重金属→有害なもの」という負の



乾燥汚泥肥料「為五郎」

イメージの連鎖です。特に、過去に大きな鉱毒事件を経験している北陸地方においては、農政当局が下水汚泥系肥料を施用しないよう指導している場合があります、このような状況を打開し、下水汚泥系肥料の利用を促進するのは非常に難しいものがあります。しかしながら、最近では、循環型社会の構築や地球温暖化対策の観点から、下水汚泥が有用なバイオマスであると注目されており、これを上手く利用して下水汚泥系肥料のイメージアップに成功した事例も少なからずあります。ここでは、珠洲市と佐賀市の事例を紹介します。

(1) 珠洲市の事例

① 混合バイオメタン発酵施設の供用開始

珠洲市では、国土交通省と環境省の補助を活用して、下水汚泥、農業集落排水汚泥、浄化槽汚泥、し尿及び生ごみの5種類のバイオマスの混合による混合バイオメタン発酵施設が、平成19年7月に供用開始されました。混合バイオメタン発酵施設は、珠洲市のバイオマスタウン構想や地球温暖化対策実行計画において重要な施設であり、下水汚泥は有害なものであるという負のイメージが、払拭されたと推察します。

② 為五郎

混合バイオメタン発酵施設の残さである汚泥は、ペレット化され、発生したバイオガスを熱源として乾燥処理され、乾燥肥料として地域で利用されています。乾燥肥料の名称が公募され、「為五郎」と名付けられました。“5”種類のバイオマスを利用して地域の“為”になるものができたという意味を持っているそうです²⁾。地元農家の方の評判は上々で、製造量が需要に追いつかない状態が続いて



試験栽培場全景（珠洲市）

いると聞いています。この「為五郎」というネーミングも乾燥汚泥肥料のイメージアップに大きく貢献していると考えます。

(2) 佐賀市の事例

佐賀市では、平成21年10月から、下水汚泥堆肥化事業の運営を開始しており、また、平成23年2月からは、消化ガス発電設備が稼働しており、浄化センターで使用する電力の約半分を自家発電で賄っています。下水道事業を所管する環境下水道部では、他にも市民やNPOの生ごみ堆肥化事業をサポートするなど、当市の資源を循環しようとする姿勢が、市民にも広く浸透しているのではと推察します。

さらに、下水汚泥堆肥化事業の準備段階において、他都市の堆肥化事業の見学会を開催し、多くの市民（特に農家の方）が参加されたとのことで、準備段階で培った下水汚泥コンポストの良好なイメージを平成22年度末までのコンポスト無料配布期間で熟成されたのではないかと考えます³⁾。



堆肥の配布状況（佐賀市）



フレコンバックで運搬（佐賀市）

4. 山形市コンポストモニター制度について

下水汚泥系肥料のイメージアップの取り組みの「お手本」の一つとして、平成13年度から実施されている、山形市コンポストモニター制度があります。毎年、公募により選出された市民が、コンポストモニターとして委嘱されます。コンポストモニターは、コンポスト製造施設の見学、浄化センターが管理している山形コンポスト施用畑の見学、研修会への参加を通して、製造から、効果的な施用方法に至るまで、山形コンポストの理解を深め、最後にはアンケート調査にご協力いただくものです。山形市から、平成21年度のコンポストモニター感想文をご提供いただいております。モニターの生の声をご一読ください。

平成21年度コンポストモニター受講者の感想文（山形市提供）

40代女性

土が良くなったのが踏んで分かり、野菜作りがますます楽しくなる春～夏でした。

野菜では、昨年とは比べものにならない程の収穫量があり（ズッキーニ50個や、スイカ、かぼちゃなど）、たくさんとれた物を干したり、冷凍したりと、保存の楽しみも満喫できました。

また、土がやせていて花が咲かなかった花水木に今秋花芽がついたのもコンポストのおかげかと思います。くるみの木なども、倍の大きさになりました。

近所の人々にも、今年は凄いとほめて頂け、我が地区での知名度は上々です。

研修会が午前中で、子供の帰り時間を気にしなくてよいのであれば、モニターになりたいという友人も多々おりました。

有意義な経験をさせて頂き、ありがとうございました。

60代女性

昨年からはじめました。宅地を求め土を50cm位（全体）掘り取って畑土、山土半々入れ、肥料はいっさい使用しないまま昨年半分（キュウリ、ミニトマト、オクラ、モロヘイヤ）植えました。少々食べられた位であまり収穫がありませんでした。

ガーデニングの花も葉があまり良くありませんでした。

今年度から本格的にと思っていた時コンポストモニ

ターの募集がありましたので応募しました。初心者のも私も使用しやすく植付の時は必ずコンポストを入れて植付していました。土がすごく固く雨が降るとベタバタと水はけも悪い状態でしたが、少々柔らかくなったかなと思っています。

今秋、何も作らず、土作りと思い土を購入しました。コンポストと消石灰を混ぜ冬を越し、来年こそは立派な野菜と美しい花を咲かせたいと思っています。

60代女性

今年春3月に田の土をもらいました。乾くと石のように硬くなりました。コンポストを使ってから徐々に砕けるようになり、畑の土として使えるようになり、耕すにも楽になりました。

作物の成長が肥料と共に成長を促しているように思われます。

ナス等は比較的にやわらかく、おいしさが増しているようです。

果実も今年は実がつきやすくてたくさんなり過ぎて摘果しないと大きくなりすぎないくらいです。

種類によっては種子を分解してしまう場合があるように思われます。

大変有難うございました。

60代男性

二年間続けてモニターしましたが、一昨年より昨年と、年々畑の土は変化したことは確かです。春に20kg

化学肥料を余してもナス、オクラ、白菜の出来は大変良い、となりの専業農家からは素人芸とは見えないと、ほめられています。これもコンポストの効果だと思っていますところす。

コンポストの効果について一言言わせて頂くと、人間の胃腸が弱いところに栄養分をいくら多くとっても効力がないのと一緒に、土作りも微生物豊富な土壌には少しの肥料でも十分な作物が出来る、先ずは土作りが一番。

秋野菜も順調に生育しております。大根、白菜、青菜、これから玉ねぎの移植です。
二年間有難うございました。

60代男性

私は60年近く住んでおりました寒河江市から4年前退職と同時に勤めなれていた山形に土地を求め、家を建て、少々余地を畑にして楽しもうとしておりました。

ところが、建設会社から畑として利用するための土を購入しましたら、山砂80%ぐらいの土を持って来たので、大ゲンカ、やり直しをさせ、これでよいのでしょうかと上山地区から持って来て、小生しぶしぶ承諾して、耕作していました。それでも不満なので元の家畑（寒河江）から少し運び、混ぜて作ってありましたところコンポストモニターにさせて頂き、今年とはとにかくにも土の改良（収穫は別として）を第一義的に考えて、沢山頂戴して改善に努力いたしました。その結果、アンケート1～11までのとおりです。大変よくなっているように思います。コンポストの堆肥はよく効くのではないかと感謝しているところす。

ただこの前の研修会で、講師の方はコンポストを袋に入れておかないで間にまいておかないと効果ないと言われました。土は良くなるでしょうが、種をまくときに来年一緒にすき込み植えればよいのではと思っていました。効果の賞味期限が分かりません。

来年もう一度モニターとなって勉強したいので、よろしく願い申し上げます。今年度長い間、関係者の皆さん、本当に有難うございました。お世話になりました。お礼申し上げます。

70代女性

コンポストの出来る様子を見学させてもらい御苦労を知りました。講師のお話や研修生の話等又、畑の見学等大変楽しかったし大変勉強になりました。今年は夢中で使いましたが、来年が楽しみです（ニンニク、ラッキョウ）。ありがとうございました。1年ではわからないので続けて2年モニターになりたいです。

70代男性

野菜作りは、私にとって、何よりの趣味で畑に行く色々な野菜達が待っています。野菜の成長は、人の足音を聞いて成長するのかなと思います。これは何よりの健康法で今回、モニターに選ばれて、家族共々喜んで協力してくれると言っています。嬉しかったです。

山形コンポストは土を作るためで、肥料ではない、土壌を作るためで、コンポストと化成肥料を混ぜて使用すると良いと教えられました。

野菜の成長を写真に残して参考にしたいと思います。今年一番成績が良かったのは何といっても、キュウリでした。阿部講師に習って、実行した賜物だと感謝しております。

コンポストは僕の友達みたいな存在です。今年一年で結果は出そうありませんが、でも、確実に成果は出ると思います。

<もってのほか（菊）の成長、記録>

春先に移植する時に、コンポストと堆肥と一緒に混ぜて、その上に根が腐れない様にオルトラン剤を入れてみた。最初は成長が悪かったけれど、1ヶ月過ぎる頃からやっと芽立ちしたので一安心する。そして成長を見ながら、少しずつ、コンポストと成長肥料を併行しながら与えてみた。

9月初めの頃になって丈が伸びたので、倒れない様に支柱を立てて、保護する。その間に2回ほどスミチオン剤で消毒する。

10月に入り初めての摘み取り、心うきうきこれほどに立派に育った「もってのほか」に感謝しながら、涙を流し、家族で喜んで手を叩きながら頂きました。

コンポスト君ありがとう。また来年も会いましょうね。約束だよ。

追伸 今年1年、コンポスト君にお世話になり、なにか感謝状でもあげたい気持ちです。

スタッフの皆様、ありがとうございました。

70代男性

又来年もやってみたいので指導して下さい。（O B 会もあっても良いと思います。）

70代男性

- ・サラリーマン退職後3年、趣味の野菜づくりに取り組み畑づくりからコンポスト年間4袋位の購入で野菜をつくり続けていました。

- ・コンポスト価格について

先日のテレビで山形県の水道料金が全国一高いと放映されていました。その高い水道料の料金比率で下水道料金も決定されていると思慮する時、その下水道料金の負担している山形市民と他市町村購入者と

の二重価格が納得性があるのではないかと思います。

- ・コンポスト研修会参加で微生物を活かし土づくりのためにコンポストを活用との阿部先生の講話により私が思っていたのと同じ、いかに土づくりが大切か知りました。
- ・6～7月にかけコンポストを大量に搬入しました。秋野菜の畑づくり時の耕作の土が全然見違えるようにホクホクと鉤が通るようになり土質が改良されたことを知りました。そして秋野菜の生育が素晴らしく収穫が楽しみです。ありがとうございました。来年からは購入して利用させていただきます。

60代女性

6月にだだちゃ豆をまきました。なぜか地上に芽を出すことはありませんでした。(土の中では芽をだしているのもありました。) 虫かな? 石灰かな? と思っていましたが、コンポストのせいとは思っていませんでした。

モニターの話し合いで、小川さんから、豆をまくときにはコンポストを使わないで後でまいた方がよいという話があったとき、なぜか解けました。

7月、ポットに秘伝豆をまいて、苗を地植えしたのはうまく成長して、おいしく食べることができました。

豆の他にコンポストによって芽が出にくいものはあるのでしょうか。これから、ぼかし肥について詳しく知りたい。そして、使いたいと思っています。材料、分量だけでなく、微生物が働きやすくする条件を知りたいです。温度・水分etc…

そして効果的な使い方も知りたいです。

60代女性

作物の違い等、元々素人なのだから分らないのは当たり前だと思いますし、コンポストの使用もおそろおそろでした。秋野菜が終わったら、土が見えなくなるくらいまいて来年の土を楽しみにしてみたいと思います。

60代男性

春のモニター委嘱依頼、大きな効果を期待しながら施肥してきましたが、まず土の団塊化が進んでいることについてはどの圃場でも見られたこと、但し、土壌とその環境(乾湿)により効果がどうなのかについては確認出来なかった。

60代女性

野菜作りを初めて6年位になりますが、毎日の様に畑に行っても時間が足りない程手間のかかるものと驚きと感謝です。それでも野菜が虫に食べられているの

を見る毎に農薬をどれ程使っているのかこわいです。(売り物)

今の畑は水田だったという事ですぐにかたまってしまい固くて大分苦勞をしました。先生がコンポストはたくさん使ってもいいものであるというので利用しましたが、おかげで土質もよくなったせいかやわらかく野菜もよく育っています。

センター奥に畑があるとの事ですすが利用ができたと思います。よろしくお願いします。

研修会がもう一度だけとなってしまいましたが、とても楽しく先日は畑見学で枝豆をごちそうになりとても美味しかったです。皆様方の話もとても楽しいバスでの移動でした。

これからもずっと野菜作りに楽しみを感じていきたいと思わせていただけたモニターでの研修会でした。機会があればもう一度モニターをと思っています。ありがとうございました。

60代女性

モニターになって、実際にコンポストを試してみて、本当に良かったと思います。山形に引っ越して新しい畑を作り始めましたが、一年目は、土の固さと、石が混じっていることに閉口し、ふよう土などを入れても3年以上はかかるだろうと思っていました。ところが、先生に教えていただいたとおりに石灰→コンポストとするうちに、土がだんだんやわらかくなっていることが実感できました。

ただ、肥料ではないと言われても、初めてで、使い過ぎると焼けたり負けたりするのかなと思って怖々使っていたというのが正直です。これからは、もっと多めに入れてみたいと思います。

研修会ですが、もう2回ぐらい多いと、もう少し、モニター同志でコンポストについての情報交換をしたり、先生からご指導をうける畑の実習も増えたのかと思います。

そして、まずは、私の周りの畑を楽しみ、花づくりを楽しんでる友達に、コンポストの存在と、良さを広めていくつもりです。

60代男性

7ヶ月に渡りワクワクした気持で農作業を行う事が出来ました。特に50袋のコンポストを使用できるという豊かな心が続き楽しい日々を過ごす事が出来ました。

使用に際し、悪い点はないものかと質問や使用時の状態を観察しましたが、見受けられず、あとは使用者側の方法や工夫により進歩するものと結論に至っております。

私なりに感激を表わしたく別添のレポートを提出し、御礼の気持ちとさせていただきます。

誠に有難うございました。

できますれば来年も選んで頂き、通年使用により土

壌の状態変化やコンポストの使用方法があるならばそれらを観察したいと思います。

その際は良い点、悪い点を含めたモデル家庭菜園として見学して頂きたいと思うこの頃です。

5 まとめ

上述しましたとおり、下水汚泥系肥料には、「重金属が入っている」などの負のイメージがあり、これが利用促進の障害になっている場合があります。しかしながら、それを払拭するだけのイメージアップが可能であることは、ご紹介させていただいた地方公共団体の活動内容からもご理解いただけたと思います。これら地方公共団体のご努力に改めて敬意を表したいと存じます。また、本報告をご参考にしていただき、同様な取り組みを行う事業者が増えることを期待したいと思います。

<参考文献>

- 1) 「再生と利用」NO.129 平成21年度下水汚泥を原料とした汚泥肥料に関するアンケート調査結果
- 2) 「再生と利用」NO.131 複合バイオマスメタン発酵施設の導入
- 3) 平成22年度下水汚泥のリサイクル推進に関する講演会「佐賀市の下水汚泥有効利用の取り組み～下水汚泥堆肥化事業～」

特集：下水汚泥緑農地利用の現状について

解 説

土壌洗浄分級工法を用いた 重金属汚染土壌の修復について

DOWAエコシステム(株)
ジオテック事業部

キーワード：土壌汚染、重金属、土壌洗浄分級

1. はじめに

DOWAエコシステム(株)は100年以上前から培ってきた鉱石からの有価金属回収技術（選鉱技術）を応用して、汚染土壌の浄化処理事業を秋田県大館市にて実施している。近年では土壌洗浄プラントを現地に持ち込

み、処理を実施する現地洗浄処理も開始し、処理コストの低減、CO₂削減による環境負荷の低減にも寄与している。

汚染サイトで発生する相当複雑な土壌汚染の場合、難処理土壌は場外処理で、軽度の汚染土は現地処理という組み合わせにより、柔軟に土壌汚染対策が実施可能になっている。（写真－1 エコシステム花岡洗



写真－1 エコシステム花岡(株)土壌洗浄施設全景

浄プラント)

2. 土壌洗浄分級法の概要

(1) 土壌洗浄分級法の原理

土壌洗浄処理とは洗浄・分級・磁力選別・泡沫浮上・抽出等の技術を組み合わせた土壌処理プロセスの総称である。これらの技術はいずれも当社が永年にわたり営んできた鉱山業において、鉱石から有価鉱物を濃縮回収するプロセス、いわゆる「選鉱」の技術を応用したものである。

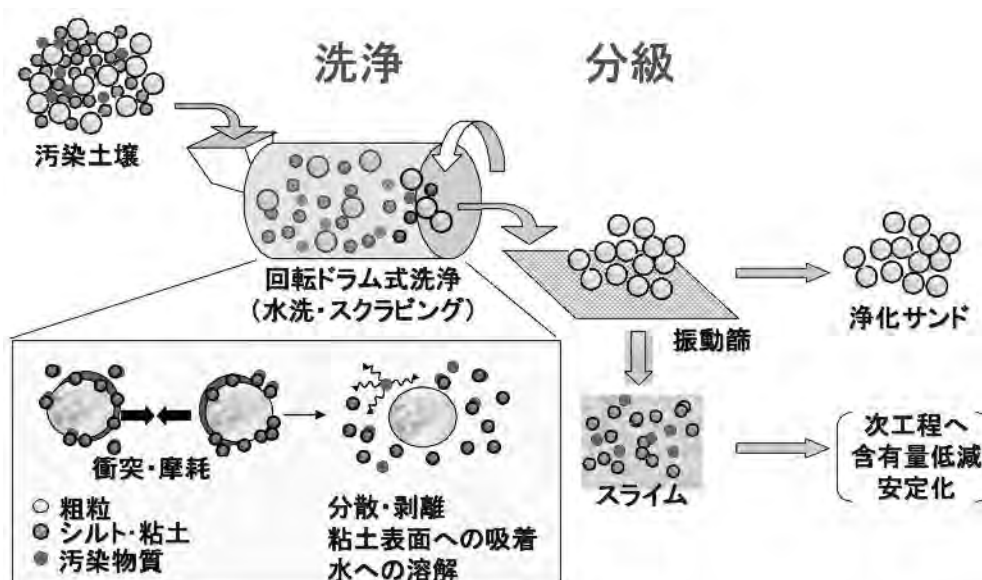
一般に汚染土壌中の汚染物質は土壌粒子表面に存在すると考えられ、特に、粘土鉱物である土粒子の多くはイオン交換能が大きく、汚染物質を粒子表面に吸

着保持する機能を有するため、汚染物質含有量は土壌粒径が小さくなるほど大きい傾向を示す。土壌洗浄処理はこの性質に基づいて、土壌中の可溶性汚染物質を水（あるいは他の溶媒）で洗浄抽出した後、分級により清浄な粒度区分（粗粒区分）と汚染物質の濃縮した粒度区分（細粒区分）とに分離し、それぞれに最適な処理を実施する処理方法である。（図－1 洗浄処理の原理）。

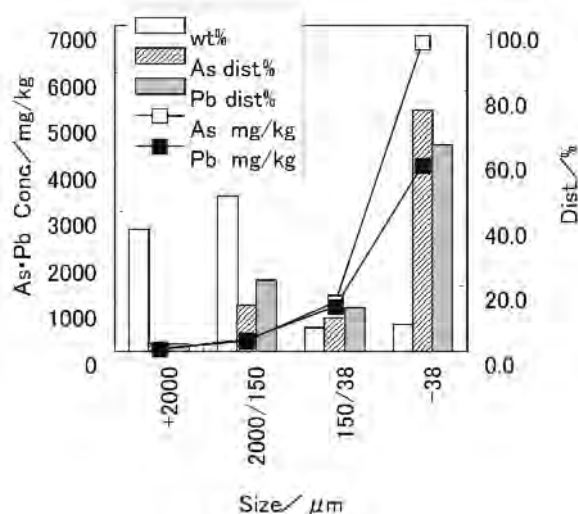
(2) 土壌洗浄分級法の適用事例

図－2 および 3 は、実際に浄化処理を実施した鉛・砒素汚染土壌の分級結果の例を示す。

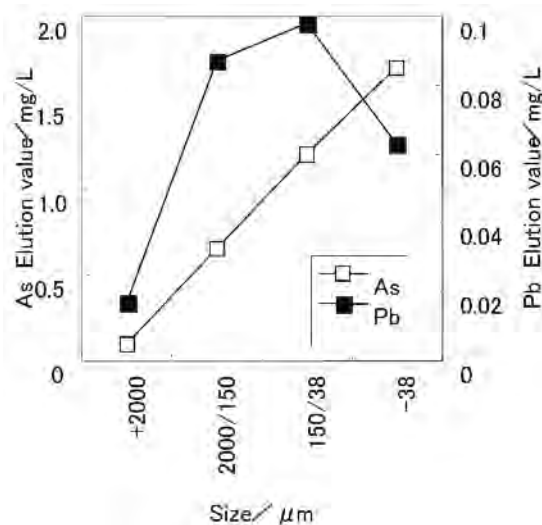
図－2 は、粒径と鉛（Pb）、砒素（As）含有量（折れ線グラフ）および重量分布率（白抜き棒グラフ）、濃度分布率（斜線棒グラフ）を示す。



図－1 土壌洗浄分級法の原理図



図－2 粒度分布と含有量



図－3 粒度分布と溶出量

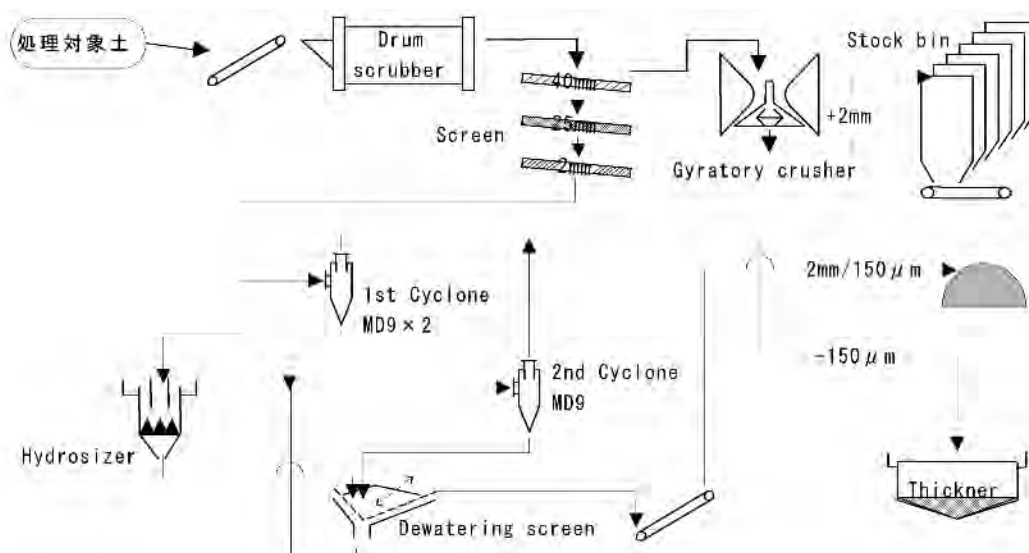


図-4 洗浄分級システム図

図-3 は、粒径と鉛、砒素溶出量（折れ線グラフ）を示す。

図-2 および 3 をみると分級産物の粒径が小さくなるほど砒素・鉛の含有量および溶出値がいずれも増加する傾向を示している。一方、図-2 の重量分布率では、土壌全体の占める重量は比較的小さい。そのため、たとえば $38\mu\text{m}$ 粒径で分級した場合、含有溶出量基準を満たす土壌（清浄土）の割合を多く確保でき、細粒の濃縮土の重量は少なくできる。このように、土壌中の汚染物質含有量・溶出値の性質の事例が多くあり、場合によっては分級のみで環境基準を満たす土壌（清

浄土）が得られる。また、そうでない場合においても各分級土壌毎に最適な処理法の選定することにより浄化効率および経済性を高めることが可能である。

土壤洗浄法は土壤粒径毎の分離を原理とするため、最適の分級点での高い分離精度が要求される。実際の操業処理においては汚染土壌の性状に応じて、振動スクリーン、脱水スクリーン、サイクロン、ハイドロサイザーといった分級機を選択、駆使してそれぞれの土壌に適した系統を構築し、分離精度を高めている。図-4 は図-2 および 3 に示した砒素・鉛汚染土壌の浄化処理において実際に採用した分級系統である。

(1) 世界トップレベルの複雑鉱処理技術 (2) 鉛弾から砒素とアンチモン (Sb) を分離

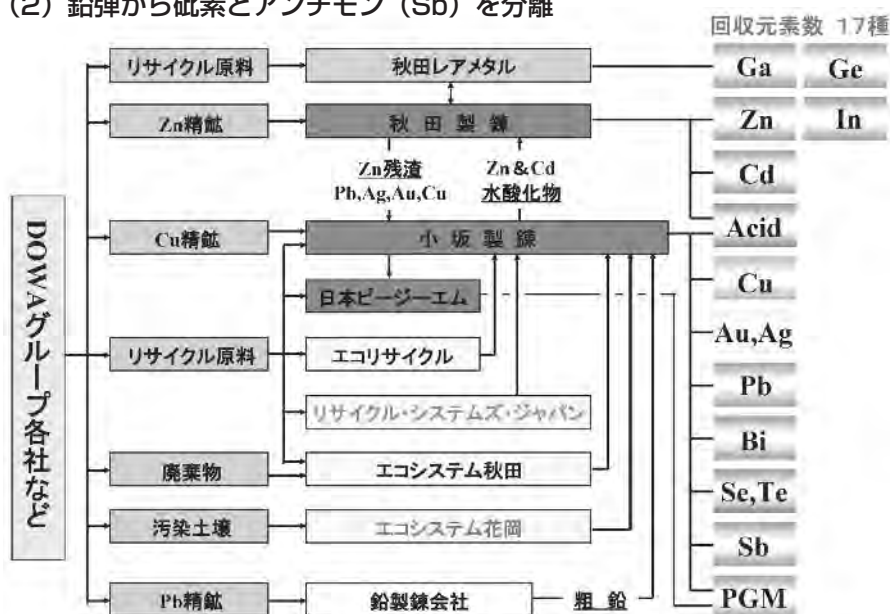
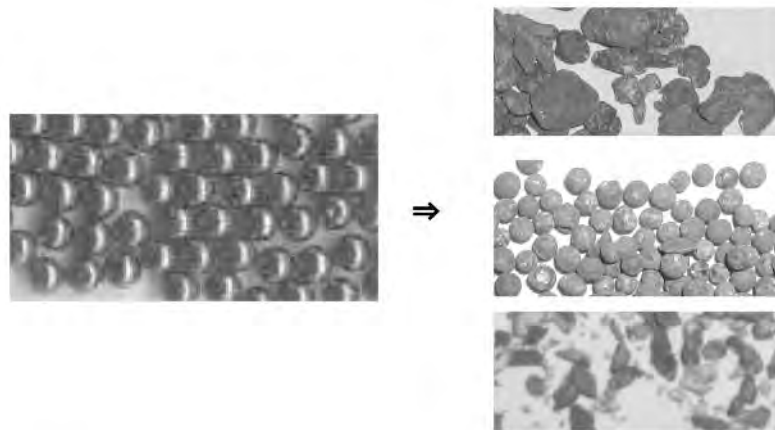


図-5 資源リサイクルネットワーク (DOWA)



鉛弾(新品 1.6~2.4mm)

回収鉛弾

図ー6 射撃場土壤に含まれる鉛弾

3. 場外処理施設による土壤浄化

DOWAエコシステム(株)では、傘下のエコシステム花岡(株)の汚染土壤処理許可施設において、重金属汚染土壤を中心に、重金属とVOC類、油類の複合汚染土壤の処理や鉱山インフラを生かした有価回収物システムを備え、あらゆる汚染土壤に対応した土壤処理が可能である。

一例としては、クレー射撃場の鉛汚染土壤では、汚染土壤に含まれる鉛弾（サイズ1.5~24mm程度）を独自の手法で回収し、製錬事業を行うDOWAグループの小坂製錬(株)にて再資源化を行っている。

4. 現地処理ニーズの増加

(1) 現地洗浄の必要性

近年では土壤汚染対策件数の増加と共に、コスト低減や環境対策のための現地処理のニーズが増加している。そのようなニーズを受けて現地で汚染土壤を処理できる技術の一つとして、今まで蓄積してきたノウハウを生かして現地土壤洗浄処理を開発した。(写真ー2 現地土壤洗浄プラント)

2 現地土壤洗浄プラント

現地洗浄処理は汚染土壤が存在する場内に洗浄プラント、水処理プラント等を設置することによって、場外に汚染土壤を搬出することなく、現地にて汚染土壤



写真ー2 現地洗浄設備

DOWA現地洗浄プラント（処理能力 20t/Hr）

現場で組み立て、対策終了後は解体して搬出することが可能

を処理する仕組みとなっている。ただし、一部の汚染濃縮土壌あるいは汚泥は場外の処理施設にて適正処理を行う。現地洗浄処理により回収した浄化土は場内の埋め戻し土として再利用する。これにより場外処理に比べて土壌の運搬費および購入土の費用を削減することが可能となっている。

(2) 現地洗浄処理の適用例

現地洗浄処理を導入できる現場（サイト）はある程度大きな規模の現場で、土壌の濃度も比較的低い現場が対象となる。これは掘削範囲以外に現地洗浄のプラントを設置するスペースが必要になることと、高濃度汚染土壌の浄化には時間がかかり、処理速度が大きく落ち込んでしまうためである。

一般的な土壌汚染のサイトでは一部の高濃度汚染部分を汚染源として、平面および深度方向へ濃度が薄まりながら拡散していくケースが多くある。このような場合、高濃度部分は場外搬出し、低濃度部分を現地処理することによって効率的な土壌汚染対策が実施できる。

5. 場外処理と現地処理の組合せによる処理対応

現地洗浄処理はコスト低減が可能な一方で、プラントの設置スペースや現地工事期間の制限等を受け、高濃度の汚染土壌への対応が難しい等の課題が残されている。また、汚染土壌処理ではコストのみでなく、その処理方法の合理性が担保されなければ、周辺住民や関係者に理解を得ることができない。そこで現地処理を確実に実施し、工事全体の負荷を低減させるために、高濃度汚染土壌部分は場外へ搬出し、比較的低濃度の低

い汚染土壌に対して現地処理を実施するといった処理方法の組合せが、最終的なコストの低減、汚染土壌処理の信頼性向上につながると考えられる。

また、埋設廃棄物による土壌汚染にも場外搬出と組み合わせることによって、現地洗浄処理が非常に有効的な手段となると考えている（図－7 オンサイトとオフサイトの組合せイメージ）。DOWAエコシステム(株)ではグループ内に廃棄物の中間処理、最終処分、金属リサイクルを行う会社も有しており、汚染土壌の処理のみでなく、工事の中で発生した廃棄物、リサイクル原料に対しても総合的な対応を実施することが可能である。

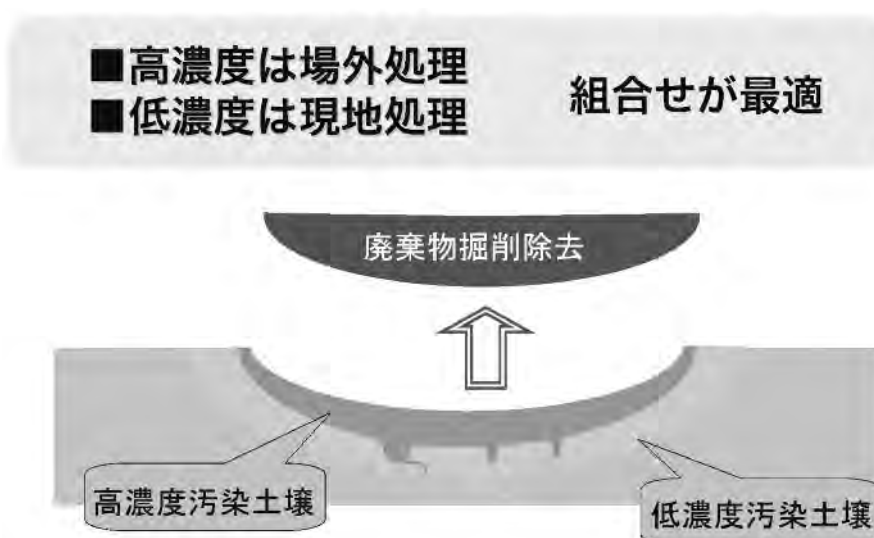
6. 環境に配慮した土壌汚染対策

土壌汚染の処理は、その工事自体が環境修復工事となりますが、さらに低炭素社会の構築を目指して、様々な取り組みを行っている。処理方法では現地洗浄処理を取り入れることによって、場外施設への土壌の運搬を削減している。これにより場外施設へ土壌を運搬した場合に比べて、CO₂発生量を約4分の1に抑えることができる。

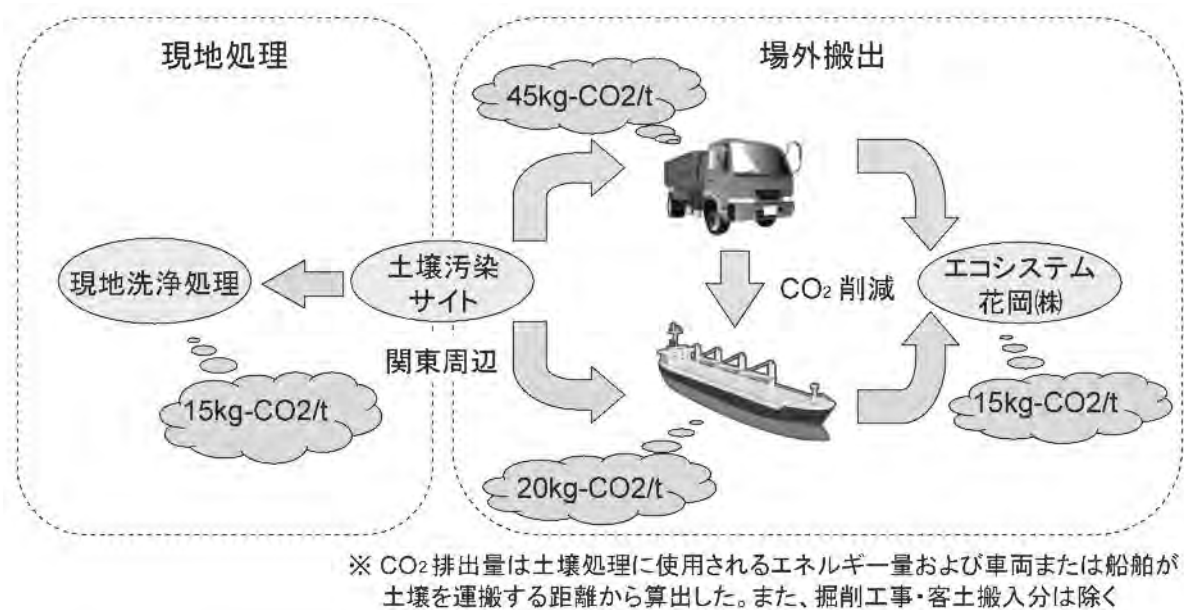
また、場外施設への土壌の運搬に関しても、船舶輸送、貨物輸送を積極的に取り入れることによって、CO₂の削減に寄与する。環境対策工事だからこそ、工事の際も環境に配慮した設計を行わなければならない（図－8 CO₂削減イメージ）。

7. 終わりに

土壌汚染対策法が平成22年4月に改正され、それを



図－7 複合汚染の組み合わせイメージ

図－8 CO₂削減イメージ

契機に、汚染土壌対策への関心が一段と高まっている。法律の改正を受けて、現地処理に対するニーズもさらに増えており、より一層の処理技術の向上が必要となってきた。

DOWAエコシステム(株)では現地処理技術は現地洗浄以外にも『バイオレメディエーション（微生物による汚染物質分解）』や、自社が独自開発をした『特殊鉄粉を使った浄化（特殊鉄粉による汚染物質分解）』など、豊富な処理技術を開発し幅広いニーズに対応している。

今後、土壌処理技術の向上に合わせて、現地処理、

場外処理の特性を良く理解し、各処理方法の利点を生かした組合せを考え、安価で合理的な土壌浄化に貢献していきたいと考えています。

参考文献

- 1) 田淵健太・松浦健一・川上智・白鳥寿一・斉藤武士（1997）：重金属で汚染された土壌の分級洗浄処理とリサイクル、資源と素材、Vol.113 p.1115-1120
- 2) 友口 勝・吉 俊輔 Journal of MMIJ Vol.26 (2010) No.6 P203

Q & A

放射能とは何？

キーワード：放射性物質、放射能汚染、身体的リスク

平成23年3月11日に発生したマグニチュード9の東北地方太平洋沖地震によって引き起こされた大津波により、東京電力福島第一原発の原子炉冷却システムが破壊され、炉心溶融や水素爆破等によって、大量の放射性物質が東北・関東地方一円と中部地方の一部に飛散した結果、放射能汚染地域を流域にもつ下水処理場に雨水等に混じった放射性物質が集積し、下水汚泥中の濃度が高まり問題となりました。政府は、暫定基準値を定めると共に、その取扱についての指針を定めました。これについては、関係省庁のHP等に示されると共に日本下水道協会のHP等にQ & Aが掲載されていますので、其方に譲るとして、そもそも放射能とは何といった今さら聞けないお話を極々噛み砕いて（核反応は複雑なので、一部正確で無い部分もありますが、ご容赦ください。）お話しします。

Q1 放射能と放射線はどう違うの。

A1 よく電球（放射能（正しくは放射性物質、放射能とは放射線を発する能力）と光（放射線）に例えられますが、一発限りの火縄銃（放射性物質）と鉄砲玉（放射線）に例える方が実態を表していると思います。すなわち、1個の放射性物質は1回だけ放射線を発射して他の物質に分解（核分裂）ないし変化（崩壊）しますので、1個の放射性物質が連続して放射線を放出することはありません。ただし、生成した物質が放射性物質で、これが放射線を出す場合も有ります。そもそも光は物を破壊しませんが、鉄砲玉は物（遺伝子等）を破壊します。さらに鉄砲玉が大きければ、破壊力も増します。

Q2 何故、放射性物質があるの。

A2 物質は原子から成り立っています。原子の構造は、プラスの電荷を持つ原子核を中心に、その周りをマイナスの電荷を持つ電子が雲状に取り巻いています。電子は、それぞれ異なる軌道（軌道毎に二つの部屋が有ります）上の部屋に1個づつ入っている

るので、反発し合うことはありませんが、陽子は原子核という1つの部屋に押し込められることになります。プラス同士の陽子は反発し合いますので、部屋に閉じ込めておくための力（核力）が必要です。陽子は電氣的に反発し合う力と共に、引き合う「核力」も持っていますが、それだけでは不十分なため、助っ人が必要です。そこへ登場するのが、「核力」は持つが反発し合う電荷を持たない中性子です。中性子が陽子同士の中に入って安定化するのです。ところが、安定的に存在しうる陽子と中性子の割合には一定の範囲があって、中性子の数が少なくても多すぎても不安定になります。不安定な物質は核分裂や崩壊して余分な粒子やエネルギーを放出します。この不安定な物質が放射性物質です。

Q3 放射線って何ですか。

A3 不安定な物質から放出された粒子やエネルギーですが、主に4種類有ります。 α 線（陽子2個と中性子2個から成るヘリウム原子核）、 β 線（電子）、 γ 線（電磁波）および中性子線です。それぞれ、どんな不安定物質が核分裂或いは崩壊したかで放出される放射線（種類やエネルギー）が異なります。例えば、ウラン238（陽子92個+中性子146個）が α 崩壊してトリウム234（陽子90個+中性子144個）に成ると、余った陽子2個と中性子2個から成る α 線が放出されます。見方を変えたとウラン238がトリウム234とヘリウム4に核分裂したとも言えます。また、最近問題になっているセシウム137（陽子55個+中性子82個）は、中性子が余っていますので、余った中性子が不安定になり、電子1個（同時にニュートリノ1個も）を放出し、陽子に変わります。そうするとセシウム137は、中性子1個が減り、陽子1個が増えますので、全く別の原子であるバリウム137（陽子56個+中性子81個）に変わります。この時、余った電子が放射線（ β 線）として放出されます。ところが、生成したバリウム137にはまだ余分なエネルギーがあって不安定なため、余分なエネルギーを電磁波（ γ 線）として放出し

て安定なバリウム137となります。この不安定なバリウム137の半減期は非常に短い（2.55分）ので、セシウム137が有ると β 線と γ 線が検出されます。

Q4 半減期とは何ですか。

A4 例えば、セシウム137原子1個を思い浮かべて下さい。これが何時崩壊して β 線を放出するかについては、1秒後かもしれませんし、100年後かもしれません。要するに予測できないと言うしかありません。しかし、我々が検知出来るくらいの量までに原子の数が多くなると、統計的にどのくらいの割合で崩壊が起こるかが分かるようになります。よって、集団としてのセシウム137原子の数が崩壊して半分になる時間が分かるわけです。これが半減期です。セシウム137の場合、30年と言われています。よって、セシウム137の量は、30年で1/2、その後30年でさらに1/2、すなわち、60年で1/4、さらに90年で1/8となるわけです。

Q5 セシウム以外の放射性物質は問題にならないのですか。

A5 原発からは、その他にもストロンチウム90やヨウ素133等が放出されています。この内、ストロンチウム90は、揮発性化合物を作りにくいので、遠くに飛散しません。半径10km圏外へはほとんど出ないと言われています。また、ヨウ素は、気体や微粒子の形態で遠方まで飛散し、体内に取り込まれ、甲状腺に集積しますので、特に幼少期の子供たちの甲状腺癌のリスクを高めると言われています。しかし、半減期が8日と短いため、2ヶ月余りで1/250程度まで減ってしまっています。しかし、セシウムは、微粒子として遠方まで飛散し、半減期も長く、人体に取り込まれて全身に分布します。一時的な取り込みであれば、尿等に排出され（日本人成人の生物学的半減期は90日程度）ますが、恒常的に摂取する状況では、リスクが高まる可能性もあります。そこで、水や食品の暫定規制値を定めることによって年間の積算被曝量を制限する措置が取られているわけです。

Q6 拡散したセシウムはどうなりますか。

A6 拡散したセシウムは物体に当たればその表面に沈着します。大地や構造物、動植物の表面に沈着します。よって、表面積が大きい森林等の放射線量が多くなる傾向があります。また、水に接触すれば水に溶けます。よって、雲や雨滴に溶けて地上に降下します。そのため、たまたまセシウム飛散と雨

が重なると降下量が多くなり、いわゆるホットスポット形成の一因とも言われています。大地に降下したセシウムは、土壌中のある種の粘土の構造中の隙間に入り込み、固く結合しますので、土壌中を余り移動しなくなります。よって、いつまでも土壌中に残留しますが、逆に、地下水を汚染したり、植物に吸収されにくくなります。作物による土壌からのセシウム吸収割合を移行率と言って、現在、これまでの研究結果をまとめたものが公開されています。汚染された表面の土が舞い上がって吸い込まれ、内部被曝する恐れがありますので、表土を取り除く方法がありますが、取り除いた土を何処に持っていくかが課題となります。汚染表土を地中に埋めてしまうのも一つの方法です。これによって、土による遮蔽効果と汚染土の再拡散防止効果が期待されます。

Q7 ベクレル、シーベルトって何ですか。

A7 1秒間に1回の放射線を放出する放射性物質量を1ベクレル（Bq）と言います。例えば、5,000Bqとは、放射性物質から1秒当たり5,000回放射線が出たことを意味します。

シーベルトとは、放射線が人体に与える影響の指標です。シーベルトを説明する前にグレイについて説明する必要があります。放射線が物質に当たった場合、物質は放射線からエネルギーを受け取りますが、その量をグレイと言います。線種が違えば人体の受けるダメージが異なります。鉄砲球より大砲の球の方が破壊力が大きいと言ったイメージで、質量の大きい α 線の方が β 線より人体への影響が約20倍大きいので、 α 線を被曝した人体の影響を評価する場合、グレイに20を掛けた値であるシーベルトを用います。 β 線と γ 線については、グレイとシーベルトは同じ値と考えて差し支えありません。

ちなみに、ベクレルをシーベルトに換算できないかと言った質問が有るかと思いますが、ベクレルは数で有り、シーベルトはエネルギーなので、理論的には換算できないとお答えするしか有りません。ただし、核種、摂取経路および対象者（年齢）が分かっている場合、内部被曝についてのシーベルトは、条件毎に定められている実効換算係数をベクレルに掛けて求められます。

Q8 我々は、放射能をどのくらい心配すればよいのですか。

A8 我々は常に放射線に曝されています。大地や構造物、空からは宇宙線も降ってきます。人間の身体からも放射線が出ています。試しに自分の

身体にサーベーターを向けると測定値が上がります。何故、人体から放射線が出ているかと言えば、カリウム40や炭素14等の放射性物質が、我々の身体を構成する炭素やカリウムに一定量必ず含まれているからです。すなわち、我々は、栄養素として取り込んだ放射性物質によって常に内部被曝しているとも言えるわけです。これらの生活環境に常に存在する放射線を自然放射線と言います。今回、原発から放出された放射性物質からの放射線を人工放射線と言います。もちろん、自然放射線と人工放射線のどちらがリスクが高いかと言えば、区別できないと言うのが正しいでしょう。何が問題かという言えば、自然放射線に人工放射線が上積みされ、リスクがどのくらい上がったかと言うことです。

現在が異常事態であることは間違いありません。原発は絶対安全だと言っていた政府や専門家が安全だと言っても安心できない人が居られるのも確かです。仕事上放射線障害防止について勉強した私でも有るべきでない物が有るとなると気持ちが悪いものです。しかし、現状が、心配するほど危険ではないと言える根拠を幾つか御紹介します。

広島や長崎、過去の原水爆実験、チェルノブイリ原発事故等から、国際放射線防護委員会は、100ミリシーベルト被曝すると0.5%発癌リスクが増えるとしています。0.5%が取るに足らないと思う人も居れば、1,000人の内、5人が癌になり、その5人に自分が入るのではないかと心配する人も居られるかもしれません。

先に述べた自然放射線による年間被曝は、世界の平均で、2.5ミリシーベルトとされています。今回の原発事故前の日本の平均は1.5ミリシーベルトで、世界の中では、低い方でした。世界には、6ミリシーベルト以上の自然放射線を常に浴びている人々が何万人も居ます。彼らが他の地域より、短命であったり、奇

形や先天異常が多いことは認められていません。最近（6月下旬から7月上旬）測定した空間線量が、東京都で0.15マイクロシーベルト／時、関東地方で最も高いところで0.5マイクロシーベルト／時との測定結果が公表されています。これは自然放射線と人工放射線を込みにした値で有り、年間被曝に換算するとそれぞれ、1.3ミリシーベルトと4.4ミリシーベルトと成ります。すなわち、汚染されているはずの東京での値は、世界の自然放射線の平均より低いことから、少なくとも東京都内に住んでいる人が海外に脱出すると被曝量が多くなる確率が高いと言えます。

国立がんセンターによると、100～200ミリシーベルトの被曝で、発癌リスクが1.08倍になるのに対し、喫煙では、1.6倍、肺癌に限れば4～5倍、夫が喫煙する喫煙しない妻の受動喫煙による肺癌発症リスクは1.3～1.5倍とされています。また、肥満で1.22倍、痩せすぎで1.29倍、酒の飲み過ぎで1.4～1.6倍、野菜不足で1.06、運動不足で1.15～1.19、塩分過多で1.11～1.15倍とされています。

飲料水や食品の暫定基準値は、今後も問題となるセシウムの年間被曝量を5ミリシーベルト以下になるように設定されています。また、内閣府の食品安全委員会の作業部会で自然放射線及び医療用放射線を除いた（原発事故による上澄み分）生涯積算放射線量を100ミリシーベルト以下にするとの合意が得られています（内閣府HP）。すなわち、一般人が100ミリシーベルト以上の放射線被曝を受けることは無いことになります。現状で、放射線の影響が他のリスクに比べ、如何ほどかを考えていただければ、良いと思います。

チェルノブイリ原発事故後の調査で、身体的リスクより精神的リスクの方が高かったとの報告もあります。現状を正しく認識して過度に心配しないことが大切だと思います。

（農研機構東北農業研究センター 畑作園芸研究領域長 田村有希博）

現場からの

声

民間活力を利用した下水汚泥の有効利用の取組

キーワード：官民連携、創意工夫

1. はじめに

大阪市は明治時代のコレラの流行を契機として、明治27年に近代的な下水道事業を開始した。その後、急激な市勢の発展と、人口集中、工業の発達等に伴い下水水量が増加し河川等の水質汚濁を招いたため、下水を処理する必要が生じた。そのため、下水処理装置を建設して下水の処理の研究・実験を開始し、これらのデータを基に津守、海老江下水処理場の建設に着手し、昭和15年に通水した。その後、数次にわたる下水道整備計画により10箇所の下水処理場を通水し、昭和57年には全下水処理場の高級処理を達成した。

汚泥の減量化、性状の安定化を目的として消化施設の整備を合わせて進めた。消化の過程で発生する消化ガスは、メタンがその成分の約6割を占め都市ガスの半分程度の熱量を保有している。また、生物由来のバイオガスであるため、燃焼して発生する二酸化炭素は温室効果ガスに算入されないカーボンニュートラルの特性を合わせて持っている。この消化ガスについて、消化槽の加温の熱源や焼却炉の補助燃料等として有効利用を図ってきたが、汚泥集中処理施設の舞洲スラッジセンターの段階整備に伴い、津守下水処理場の老朽化した焼却炉を廃止することになった。そのため、焼却炉の補助燃料として利用していた消化ガスが余剰となることから、PFI手法にて消化ガス発電施設を整備した。順調な運営状況であるが、消化ガスの全量を利用しておらず、余剰ガスが発生していた。この余剰ガスを活用することで発電量の増加は可能であるが、PFI事業者の費用負担も増加する。これを解決した上で発電量を増加させるために、平成22年度からインセ

大阪市建設局下水道河川部

水環境課担当係長 山本 英生

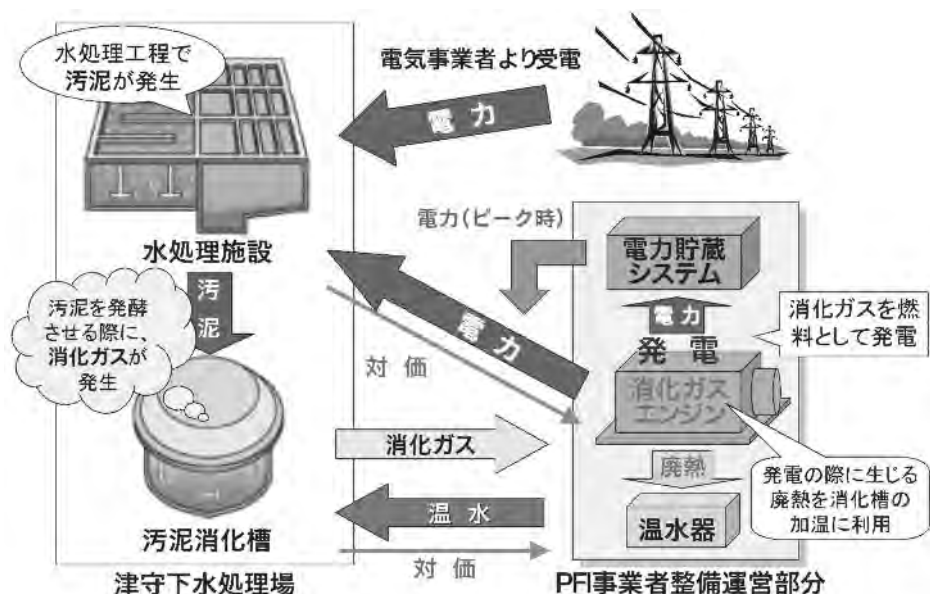
ンティブ料金制度を導入することとした。

また、本市は、老朽化した焼却炉については順次改築を行ってきた。平野下水処理場焼却炉の改築に際して、焼却灰の処分場の逼迫した状況と資源の有効利用の観点から、最終生成物の全量を再利用する民間発案を募集し、平成21年11月に優秀提案を選定した。その後、優秀提案を基にした事業化の検討を行い、平成23年4月にPFI事業者と事業契約を交わした。

本稿では、津守下水処理場消化ガス発電事業で導入したインセンティブ料金制度の効果と平野下水処理場焼却炉改築事業の概要について報告する。

2. 消化ガス発電事業でのインセンティブ料金について

津守下水処理場での消化ガス発電事業については、契約書に基づき当該年度の前年度にPFI事業者が電力供給計画を立案し、その計画に沿った運営を行っている。平成19年度から運営を開始して以来、年間計画の供給電力量を達成しており、順調な成果が得られている。しかし、年度末の3月はそれまでのペースでの運転が可能でありながら、発電量を調整しながらの運転を行っていた。この調整運転は、機器の運転時間が延長することにより、維持管理費が嵩むことを避けるための対応であった。しかし、本市としては、利用でき



図－１ 大阪市津守下水処理場消化ガス発電事業 概要図

る消化ガスが発生していながら、消化ガス発電より高額な電力を電気事業者から購入していることとなり、事業効果上の改善の余地が残っていた。これまでの年間と３月の運転状況を表－１と表－２に示す。

そこで、PFI事業者と本市は協議を行い、毎年度の発電供給計画を上回った電力量については、インセンティブ料金を新たに設定した。これは、PFI事業者は事業収入が増加すること、本市は電気事業者よりも安価な消化ガス発電から電力の供給を受けることで、官民ともに利益をうけることと事業効果の向上を狙ったもので、平成22年度から導入した。

表－１のとおり、運営開始から３年間は年間の発電

量は計画値を満足しているが、３月の発電量は計画値を下回っている。インセンティブ料金制度を導入した平成22年度は表－２のとおり、年間、３月ともに供給電力量の実績量が計画値を上回り、インセンティブ料金制度の成果が発現している。これについては、官民各々が明確な役割と責任を果たし、その結果については両者が享受することで、官民は対等なパートナーシップであるPFIの理念に合致している。

３． 固形燃料化事業について

本市平野下水処理場では、昭和56年から稼働して老

表－１ 消化ガス発電事業 年間供給電力量（万kWh/年）

	平成 19 年度	平成 20 年度	平成 21 年度	平成 22 年度
実績量①	713	1,330	1,370	1,410
計画量②	665	1,300	1,300	1,300
割合①/②	1.07	1.02	1.05	1.08

※平成 19 年度は 10 月以降

表－２ 消化ガス発電事業 ３月供給電力量（万kWh/月）

	平成 19 年度	平成 20 年度	平成 21 年度	平成 22 年度
実績量①	106	105	119	137
計画量②	121	127	127	126
割合①/②	0.88	0.83	0.94	1.09

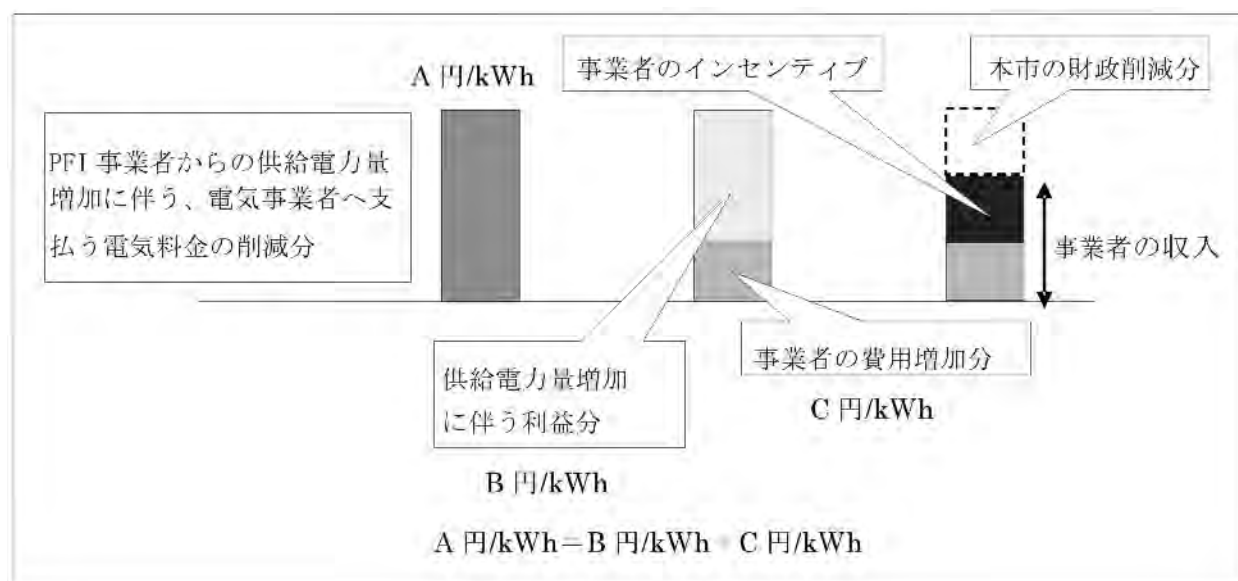


図-2 インセンティブ料金制度 概念図

朽化が進んでいる汚泥焼却炉の改築を実施することとした。これまで、本市では汚泥焼却炉の改築に際して、最終処分場の延命化と資源の有効利用の観点から、焼却灰より減容化でき、重金属の安定化が可能なスラグが最終生成物となる汚泥熔融炉を採用してきた。しかし、近年は民間による汚泥処理技術の開発が進んでいるため、事業の企画立案時から民間の技術を最大限活用するために、PFI手法の導入と最終生成物の全量有効利用を条件に民間発案を募集した。

この募集に関する有益な提案の中から、汚泥固形燃料化事業が優秀提案に選定され、優秀提案を基に、事業実施を行った。事業概要はサービス購入型のPFI事業で、下水汚泥を石炭代替燃料として全量有効利用を図るものである。具体的には、PFI事業者が炭化燃料化施設を民間資金にて設計・建設し、施設の所有権を市に引き渡したのち、維持管理及び運営までを一括し

て行い、最終生成物として発生する全量の炭化燃料化物を、石炭火力発電所において石炭代替燃料として有効利用を図る。本市はPFI事業者に建設に係る費用及び汚泥処理費用をサービス対価として支払い、その事業期間は20年を予定している。事業スキーム上の特徴としては、最終生成物の全量有効利用まで事業に組み込んでいることであり、複数の火力発電所を有効利用先として計画していることで、火力発電所の定期点検時のバックアップや、不測の事態への対応が可能となり、長期に亘る事業期間において事業の安定化が図られている。また技術的な特徴としては、従来の炭化温度より低い温度領域（250～350℃）で低酸素状態のもと、蒸し焼きにすることで最終生成物の保有熱量を高めて燃料価値を高めていることや、燃料化物をペレット状に造粒することで輸送効率の向上を図り、下水処理場から火力発電所への運搬車両台数を削減すること

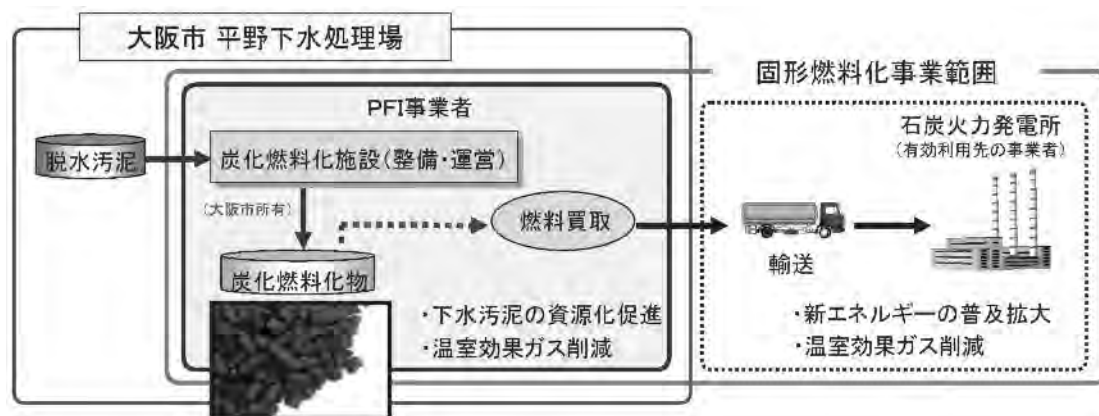


図-3 大阪市平野下水処理場汚泥固形燃料化事業 概念図

文献紹介

有機物と結合した金属の分子サイズ別の可給性について －流動場分離・ICP質量分析法による安定同位体交換法の適用－

Study of the size-based environmental availability of metals associated to natural organic matter by stable isotope exchange and quadrupole inductively coupled plasma mass spectrometry coupled to asymmetrical flow field flow fractionation

F. Laborda, S. Ruiz-Beguería, E. Bolea, J.R. Castillo

Journal of Chromatography A, 1218, 4199-4205 (2011)

生物可給性 (bioavailability) は、「土壤中に存在する化学物質が人や生態系の受容体によって吸収または代謝される、あるいは生物との相互作用に利用される度合い」と定義される (ISO11074)。土壌、汚泥、コンポスト中の金属の可給性評価法として一般的な手法は、中性塩やキレート剤による抽出法であるが、潜在的な可給性プールを求める方法として同位体交換法も注目される。この方法では、土壌の液相と固相間で同位体交換する金属の総量 (E値) が評価できるが、添加した同位体がコロイド等と結合し不可給化すると、評価値が過大になるという欠点がある。また、土壌中の金属は様々な分子サイズの有機物と結合しており、分子サイズにより可給性が異なることも想定される。そこで本論文の著者らは、コンポスト中の銅と鉛の可給性評価に流動場分離装置による分級を適用し、分子サイズ別の同位体交換による可給性評価を行った。

流動場分離では、分離サイズの異なる2通り、すなわち、50 kDaまでの高分子を分級する手順1と、1 μ mまでのコロイドを分級する手順2を実施した。それぞれ、分子サイズは分離装置の保持時間に比例し、UV検出器出力の時間変化 (フラクトグラム) から解析できる。保持時間と分子サイズの関係は、ポリスチレン標準物質で校正した。

試料としてコンポストを2種類使用した。試料40gに10倍量の水を加えて24時間良くかき混ぜ、 ^{65}Cu もしくは ^{206}Pb を全含量の約1%相当量添加し、さらに24時間かき混ぜた。懸濁液の上澄みを遠沈管に移し4000 rpmで30分間分離した。分離液を流動場分離装置に入れ、手順1もしくは手順2で分級し、それを直接ICP質量分析装置に導入して $^{63}\text{Cu}/^{65}\text{Cu}$ または $^{206}\text{Pb}/^{208}\text{Pb}$ を測定した。サイズ別に分級しない場合の $^{63}\text{Cu}/^{65}\text{Cu}$ 、

$^{206}\text{Pb}/^{208}\text{Pb}$ も測定した。

流動場分離・ICP質量分析法では、過渡的な信号から効率的に同位体比を求める必要があるため、質量数あたりの測定時間を5 msとし、100回スキャンすることでプラズマに起因する変動を最小限に抑えるように条件設定した。この測定を繰り返し、銅、または鉛のシグナルが得られている間の測定値を平均して同位体比とした。この条件で100 $\mu\text{g L}^{-1}$ のCu標準液100 μL 注入したときの同位体比測定精度は、相対標準偏差で0.5%であった。

コンポストAの銅は、<5 kDa、>50 kDa、<40 nm、40~60 nm、60~115 nmの画分に存在し、それぞれの画分の $^{63}\text{Cu}/^{65}\text{Cu}$ は2.01~2.04、流動場分離を行わなかったときの $^{63}\text{Cu}/^{65}\text{Cu}$ は1.998であった。すなわち、分子サイズ別の $^{63}\text{Cu}/^{65}\text{Cu}$ に有意な差が認められず、分離しなかったときの $^{63}\text{Cu}/^{65}\text{Cu}$ とも差が認められなかった。コンポストBの銅は、<10 kDa、>50 kDa、<60 nm、60~115 nmの画分に存在したが、分子サイズ別の $^{63}\text{Cu}/^{65}\text{Cu}$ に有意な差が認められず、分離しなかったときの $^{63}\text{Cu}/^{65}\text{Cu}$ とも差が認められなかった。安定同位体をスパイクしなかったときの $^{63}\text{Cu}/^{65}\text{Cu}$ とは有意な差が認められたことから、同位体的に交換しない形態は含まれていないと考えられた。

コンポストAとコンポストBの鉛は、どちらも<5 kDa、>50 kDa、<60 nm、60~115 nmの画分に存在し、分子サイズ別の $^{206}\text{Pb}/^{208}\text{Pb}$ に有意な差が認められず、分離しなかったときの $^{206}\text{Pb}/^{208}\text{Pb}$ とも差が認められなかった。鉛についても安定同位体をスパイクしなかったときの $^{206}\text{Pb}/^{208}\text{Pb}$ とは有意な差が認められたことから、同位体的に交換しない形態は含まれていないと考えられた。

同位体比から可給性金属のプール (E値) を計算すると、コンポストAとBの銅は、それぞれ103.9、96.8 mg/kg、コンポストAとBの鉛は、それぞれ12.1、26.7 mg/kgであった。全含量に対するE値の割合は、銅が22~30%、鉛が11~16%であった。

以上の結果より本論文の著者らは、液相中の1 kDa~1 μm のサイズの有機物と錯体を形成している銅、鉛に関し、同位体的に交換しない形態は含まれていないことが明らかになり、液相の同位体比から信頼できるE値が求められるとしている。

(農業環境技術研究所 川崎 晃)

文献紹介

嫌気性混合消化による相乗効果と経済性

Blending anaerobic co-digestates: synergism and economics

N. Navaneethan, P. Topczewski, S. Royer and D. Zitomer

Water Science & Technology, Volume 63
Number 12, 2011, 2916-2922

嫌気性消化プロセスは通常、一種類の基質を対象としている。しかしながら、近年では、複数の基質を対象とした嫌気性消化の検討が進められている。これにより、投入有機物量が増えるため、メタンガス発生量の増加、再生可能エネルギーの利用による温室効果ガス排出量の削減が期待できると言われている。これまでに混合消化に係る研究は多数行われているものの、基質毎の消化に比べて、相乗効果によるガス発生量が増加するかどうかまで明らかにされていない。更に、メタンガス生成については、投入VS当たり、投入固形物当たりのメタンガス発生率、長時間の嫌気性消化による限界メタンガス発生量等様々な指標があり、これらを明確に定義する必要がある。一般的に、混合消化によるメタンガス発生量の相乗効果は高濃度有機物含有基質と低濃度有機物含有基質を混合した際に起こるとされている。しかしながら、基質の混合条件（例：有害物質含有基質と易生物分解性有機物含有基質）によっては、混合消化によるメタンガス発生量の抑制効果があるとも言われている。また、混合消化に係るコストも明らかにされていない。

そこで本研究では下水処理場における混合消化の導入可能性を評価するため、下水汚泥と外部基質による混合消化実験により、混合消化の（1）潜在価値、（2）相乗効果、抑制効果、（3）経済性について評価した。

市場調査はミルウォーキー州にある下水処理場を対象とし、半径160km内にある有機性廃棄物発生箇所に対して混合消化の可能性に関するアンケート調査し、混合消化の可能性のある有機性廃棄物（クッキー、ボイラー洗浄水、アルコール蒸留廃液等）を採取し、生物化学的メタン潜在量（BMP）試験、嫌気的有毒性評価（ATA）試験を行った。更にこれらのサンプルを基質としてベンチスケールの混合消化実験を行った。BMP試験では65mg-CODの各基質と30mLの種汚泥を混合し、35℃、1atmの条件で投入COD当たりの

メタンガス発生量を求めた。ATA試験では、酢酸カルシウム（10g/L）と50mLの種汚泥および投入量を変えた12g COD/L以下の基質を混合させてメタンガス発生量を測定した。ここで、回帰曲線により求めたメタンガス発生率から50%減少した時点でのメタンガス発生率を IC_{50} と定義し、基質添加率の違いによる IC_{50} を求めた。ベンチスケールの混合消化実験では、4.5Lの容器を用い、消化日数15日、消化温度35℃で3系統準備した。対象系には初沈汚泥（TS：2.9%、VS：2.4%）を、実験系1には初沈汚泥と各有機物（飲料水缶等残留物、食用肉加工廃液、アルコール蒸留廃液、調味料、乳清酸）との混合基質を、実験系2については初沈汚泥と調味料の混合基質を投入した。コスト試算は費用関数を用いて現況の処理プロセスと混合消化を採用した際の比較を行った。

各有機性廃棄物を基質としたBMP試験の結果、クッキー、調味料、アルコール蒸留廃液、食用肉加工廃液、飲料水缶等残留物、乳清酸においてメタンガス発生率が高く、金属加工廃液、ボイラー洗浄水においてメタンガス発生率が低かった。また、ATA試験の結果、食用肉加工廃液、乳清酸については、メタンガス発生率変化は確認されなかったものの、アルコール蒸留水廃液、調味料、飲料水缶等残留物は添加率の増加によりメタンガス発生率の増加が確認され、ボイラー洗浄水、クッキー、金属加工廃水については添加率の増加によりメタンガス発生率の低下が確認された。コスト試算の結果、クッキー以外は導入効果が見込めるという試算結果となった。これはクッキー排出工場が処理場から153km離れており、運搬距離が影響したものと考えられる。但し、本試算においては混合消化によるメタンガス発生率抑制に関する要因は加味されていないため、更なる調査が必要である。ベンチスケールの混合消化実験の結果、実験系1と実験系2のメタンガス発生率は対照系に比べて高くなった。BMP試験を基に算出したメタンガス発生率の理論値と比較しても、実験系1、実験系2の双方ともメタンガス発生率は高くなった。このことから、混合消化については、メタンガス発生率を増加させる相乗効果が働いており、混合消化が再生可能エネルギー生産量の増加に寄与できる可能性があるものと考えられる。

（日本下水道事業団 水田 健太郎）

講座

バイオガス有効利用技術の概要

(財) 下水道新技術推進機構
資源循環研究部 阿部 真由美

キーワード：バイオガス、発電、導管注入、ガス運搬

1. はじめに

東日本大震災に起因する電力不足が予想される中、自然エネルギー利用の重要性が高まっており、下水道事業においても一層の省エネ・創エネ対策に取り組む必要があります。下水処理の過程で発生する下水汚泥中の固形物は、約8割が有機物で占められており、炭化汚泥やバイオガス等によるエネルギーとしての活用が可能です。

再生と利用NO.132号で講座「下水汚泥のエネルギー利用」が開設され、前号では下水汚泥の持つポテンシャルについて解説されています。本稿では、下水汚泥の嫌気性消化によって発生したバイオガスの有効利用技術について、その概要を紹介します。

2. バイオガス有効利用技術

現在、導入及び実証試験で評価されているバイオガス有効利用技術として、①バイオガスを燃料とした発

電、燃料電池、②バイオガスを精製して自動車燃料として利用する技術、③バイオガスを精製して都市ガス原料として供給する技術、④バイオガスを都市ガスレベルまで精製してガス導管に直接注入する技術、⑤バイオガスを利用先まで運搬する技術があります。

各技術の導入実績と概要を表-1に示します。バイオガスはその成分の約6割がメタン、4割が二酸化炭素であり、都市ガスと比較すると熱量が低いこと、微量な不純物として硫化水素、シロキサンを含み、機器を損傷・劣化させる原因となります。さらに、利用技術によっては、熱量の調整、微量成分の除去が必要となります。

(1) バイオガス発電・燃料電池

バイオガスを燃料としてガスエンジンあるいはマイクロガスタービンの回転により発電機を駆動して電力供給をすると同時に、排ガスや冷却水から排熱を蒸気や温水の形態で回収します。バイオガスを燃料とするガス発電設備では、バイオガス中の硫化水素によるガスエンジンの腐食、微量不純物成分（シロキサン）がエンジン内で燃焼してシリカになり、エンジン部品の

表－１ バイオガス有効利用技術の導入事例と概要¹⁾

技術分類	バイオガス発電		バイオガス自動車燃料	都市ガス・燃料利用技術			
	内燃機関	燃料電池		ガス導管直接注入	都市ガス供給	都市ガス原料供給	ガス運搬
導入実績	東京都 横浜市ほか 27 施設	山形市 熊本県	神戸市 上田市	神戸市	金沢市	長岡市	(山鹿市における 供給の実証実験)
除去 が必要 な成分	シロキサン 硫化水素	シロキサン 硫化水素 酸素、窒素	シロキサン 硫化水素	硫化水素 酸素、窒素 二酸化炭素	シロキサン 硫化水素 アンモニア 二酸化炭素	硫化水素 二酸化炭素	シロキサン 硫化水素 酸素、窒素 二酸化炭素
要求 品質 (事例)	発熱量： 19.7MJ/Nm ³ (変動幅± 5%以下) 硫化水素： 10ppm 以下 シロキサン： 25mg/Nm ³ 以下	酸素：0.2% 窒素：0.8% メタン： 55%以上	メタン：97% 以上 シロキサン： 1mg/Nm ³ 以下 硫化水素： 0.1ppm 以下 酸素：4%以下 臭気濃度： 2,000 以上 (安全対策)	発熱量： 45MJ/Nm ³ 硫化水素： 1mg/Nm ³ 以下 酸素： 0.01Vol%以下 窒素： 1.0Vol%以下 二酸化炭素： 0.5Vol%以下	発熱量：46± 1MJ/Nm ³ 二酸化炭素： 3.6%以下 全硫黄含有量： 0.01g/Nm ³ 未満 硫化水素： 検出されないこと アンモニア：検出 されないこと	発熱量： 35.58MJ/Nm ³ 以上 硫化水素： 2ppm 以下 二酸化炭素： 1.0vol%以下	メタン：85%以上 二酸化炭素： 15%以下 酸素：1%以下 硫化水素： 10ppm 以下 窒素：1%以下 一酸化炭素： 1ppm 以下 露点：-60℃以下 (バイオガスストレージ入口 の管理基準)
主な 必要 設備	シロキサン除去 装置 脱硫装置 ガスエンジン	シロキサン除去 装置 脱硫装置 燃料電池	高度精製設備 (シロキサン除去 装置、脱硫装 置、ガス精製設 備) CNG ステーション	高度精製設備 (シロキサン除去 装置、脱硫装 置、ガス精製設 備) 熱量調整設備 酸素除去設備 ガス管敷設	シロキサン除去装 置 脱硫装置 ガス精製設備 熱量調整設 備	脱硫装置 精製設備 圧送設備	シロキサン除去装置 ガス精製設備 ガスホルダー 圧縮機 バイオガスストレージ(バイオ ガスを高圧充填し た容器を搭載する トレーラー)

損傷が予想されるため、前処理装置で硫化水素及びシロキサンを除去する必要があります。一般に、ガスエンジンの発電効率は25～35%、排熱効率は40～55%に達し、総合効率としては約80%です。

バイオガス発電は、全国29箇所の処理場で導入されています（H22年度末現在）。東京都の森ヶ崎水再生センターでは、近年、出力3,200kWのガスエンジン発電機を導入し、PFI事業によりガス発電を行っており、バイオマス発電による「環境価値」を、第三者認証を経て証書化しています。¹⁾ また、最近では、バイオガス発生量の季節変動に追従できるように、小型発電機を複数台導入している事例もあり、佐賀市では25kW×16台の発電設備が導入され、H23年2月から運用が開始されています。本施設における年間の発電量は317万kWhであり、場内の使用電力のほぼ半分を賄うことが可能となります。²⁾

燃料電池は、「水の電気分解」と逆の原理で、バイオガスから取り出した水素と空気中にある酸素を電気化学的に反応させて発電するものであり、山形市及び熊本県にて採用されています。山形市では、バイオガ

スを燃料電池発電、ガスエンジン発電に利用し、発電排熱も消化槽加温・暖房で利用する、コージェネレーション（熱電供給）システムで運転を行っており、処理場総電力の48.7%（H21年）を自給しています。¹⁾

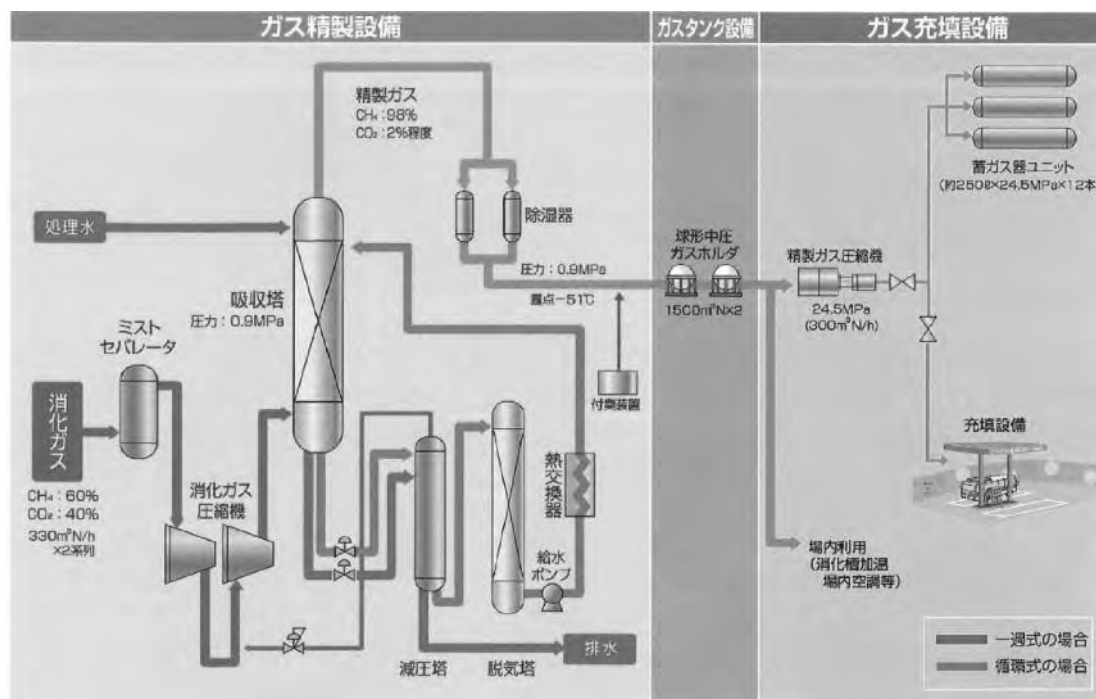
(2) 自動車燃料利用技術

バイオガスを精製し、天然ガス自動車の燃料として利用する技術であり、神戸市及び上田市で導入されています。

神戸市では、バイオガスを昇圧させて下水処理水と接触させる高圧水吸収法を用いて、バイオガスを都市ガス12A相当まで高度精製し（不純物を除去し、メタン濃度を97%以上としています）、天然ガス自動車の燃料として供給しています。これにより、天然ガス自動車燃料として395,457Nm³述べ12,552台に供給（H21年）しており、化石燃料の削減、温室効果ガスの削減に貢献しています。¹⁾

(3) ガス導管直接注入技術

神戸市で導入されており、前述の（2）技術により精製したバイオガスを都市ガス化設備にて、都市ガス13Aと同等レベルに調整し、ガス導管に直接注入し、

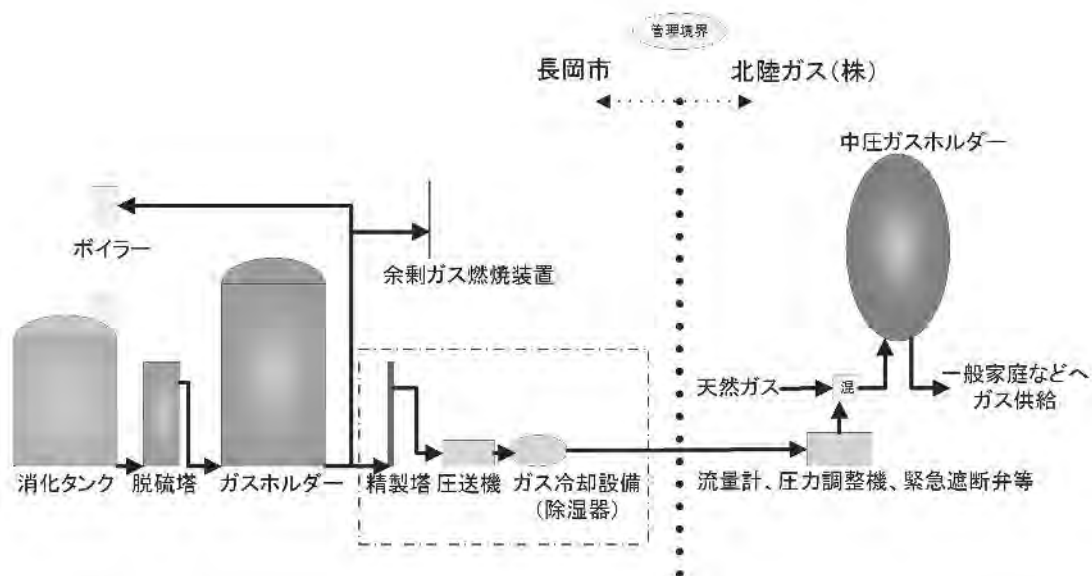
図ー１ 自動車燃焼利用技術 システムフロー（神戸市の事例）¹⁾

都市ガスの需要家に供給します。直接ガス導管に注入することで、都市ガスの製造所との距離に制約を受けない点もメリットとなります。

導管注入に当たっては、都市ガス会社で定められたバイオガス購入要領に示されている基準値までバイオガスを調整する必要がありますが、神戸市では、微量成分除去（酸素、二酸化炭素濃度等を購入ガス会社が定める

基準値以下に低減します）、熱量調整（ガス会社が供給する都市ガスと熱量を合わせるためにプロパンガスを添加します）、付臭（ガス漏れ検知用に付臭剤を添加します）を行っています。神戸市における都市ガス導管注入量は、当初約80万m³/年、約2,000戸の家庭が1年間に使うガス量に相当し、これによるCO₂削減量は約1,200t-CO₂/年となります。¹⁾

図ー２ ガス導管直接注入技術 システムフロー（神戸市の事例）¹⁾

図－3 都市ガス原料供給技術 システムフロー（長岡市の事例）¹⁾

(4) 都市ガス供給、都市ガス原料供給技術

バイオガスを都市ガスレベルまで調整して都市ガス工場に供給する、都市ガスに近い成分に精製して都市ガス会社に供給する技術であり、金沢市、長岡市で導入されています。

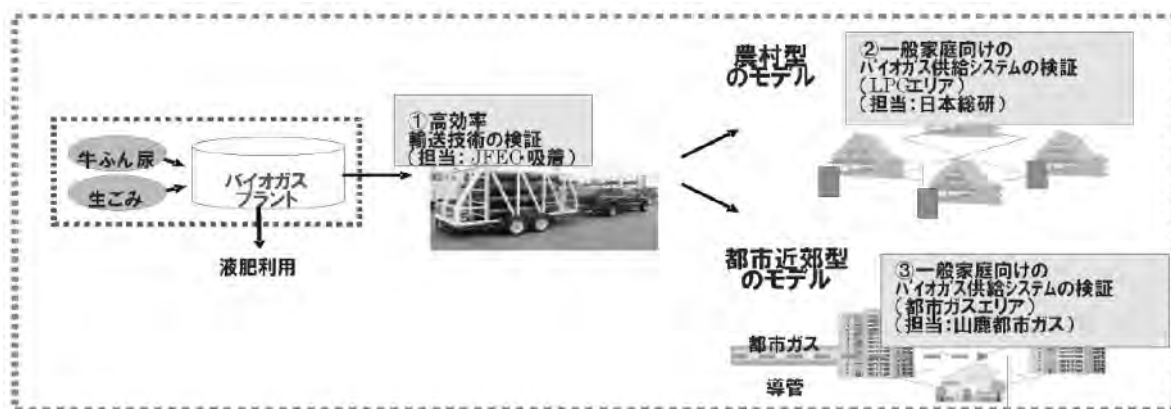
金沢市では、バイオガスを精製する都市ガス製造プラントを設け、下水処理場に隣接する市営都市ガス工場に精製バイオガスを供給しています。都市ガス製造プラントでは、気液接触法による精製を行ってメタン濃度を約90%まで高め、圧縮、除湿を行った後、都市ガスレベルまで増熱するためプロパンガスを添加し、都市ガス工場へ供給しています。温室効果ガスの削減効果に加え、将来的には、市全体の都市ガス製造量の2%程度をバイオガスで賄う計画となっています。¹⁾

長岡市では、気液接触法にてバイオガスを都市ガスに近い成分に精製し、約750m先の都市ガス会社に供給

しています。これにより、約900世帯分の都市ガスがバイオガスで賄われています。¹⁾

(5) ガス運搬技術

精製したバイオガスを搬送用容器に高压充填し、トレーラーでバイオガス利用先へ輸送する技術です。これにより、都市ガス配管が接続していない地域（プロパンガス利用世帯等）にも、バイオガスを供給することが可能となります。本技術の設備は、バイオガスをトレーラー入り側の管理基準になるよう精製するための精製装置、ガスホルダ、高压充填するための圧縮機、カーボン容器を搭載するトレーラーから構成されます。従来、搬送用容器には、鋼製容器が用いられてきましたが、約1/3に軽量化されたカーボン容器の開発により大幅な輸送コストの低減が見込まれています。一般家庭燃料向けバイオガス供給システムとしては、九州経済産業局による「バイオガスの精製・輸送・貯

図－4 ガス運搬技術 フロー（山鹿市の実証実験の事例）^{1) 3)}

蔵技術を用いた家庭向けの精製メタンガス供給モデル事業」で、精製後のバイオガスを高圧充填するカーボン容器を搭載した軽量トレーラーにより、ガス会社までの5 kmを搬送する実証実験が実施されています。市内約3,000世帯に都市ガスを供給するガス会社が、市全域の家畜糞尿等をバイオガス化して供給する場合、全世帯の約1/2のエネルギーが賄えると試算されています。⁴⁾

3. おわりに

上記で紹介したバイオガス有効利用技術の詳細については、「下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン(案)」として、国土交通省のホームページに公開されています。本ガイドラインには、バイオガス有効利用技術、下水汚泥の固形燃料化技術、ガス化技術に関する基礎的情報、導入検討の考え方、コストデータ、検討事例等が整理されています。バイオガス利用技術については、バイオガス発電、導管注入、ガス運搬を導入した場合の試算例も提示されていますので、導入検討時の参考に活用していただきたい。

また、有効利用できるバイオガスを増大させる技術として、下水処理場の消化槽に生ごみ等のバイオマスを受け入れ、混合消化する事例が近年増えつつあります。一般に、下水処理場の消化槽は、難分解性の下水

汚泥を対象としており、有機物負荷は低く運転されているため、消化槽を増設することなく生ごみ等のバイオマスを受け入れることができ、バイオガス発生量は2～3倍となります。⁵⁾

下水汚泥エネルギー化技術やバイオマス受け入れ技術を組み合わせることで、エネルギー自立型の下水処理場が実現する可能性もあり、今後のバイオマス活用推進に繋がることを期待したい。

<出典>

- 1) 下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン(案)
(平成23年3月 国土交通省 都市・地域整備局 下水道部)
- 2) コージェネ消化ガス発電設備が稼動 佐賀市(再生と利用NO.132)
- 3) Cool Kyushu Project STAGE 2008～2009 報告書(平成22年3月 経済産業省 九州経済産業局)
- 4) 一般家庭向けのバイオガスの精製、運搬、供給システムの開発について(2010年3月1日 山鹿都市ガス株式会社、JFEコンテナ株式会社、吸着技術工業株式会社、国立大学法人鹿児島大学)
- 5) 下水処理場へのバイオマス(生ごみ等)受け入れマニュアル(2011年3月(財)下水道新技術推進機構)

特別報告

下水汚泥緑農地利用の現状と課題について

座 談 会



座談会参加者

東京大学名誉教授

茅野 充男

(社)日本有機資源協会事務局幹事

広瀬 祐

下水汚泥由来肥料の利用促進連絡会委員長

(財)日本土壌協会参与)

古畑 哲

「再生と利用」編集委員

(地方共同法人日本下水道事業団技術戦略部戸田技術開発分室長代理)

島田 正夫

「再生と利用」編集委員

(山形市上下水道部浄化センター所長)

奥出 晃一

<進行>

「再生と利用」編集委員会事務局

(社)日本下水道協会技術研究部資源利用研究課長)

大谷 佳史

(平成23年6月24日)

1. 開会

<大谷>

皆様、お忙しいところ、座談会「下水汚泥緑農地利用の現状と課題について」にご出席いただき、ありがとうございます。本日の進行を務めさせていただきます。日本下水道協会技術研究部資源利用研究課の大谷です。座談会に先立ちまして、座談会を開催させてい

ただこうと考えた経緯を説明させていただきます。

日本下水道協会における下水汚泥有効利用に関する活動は、昭和52年12月に発足した「下水汚泥資源利用協議会」(以下、汚泥協とする)の事務局としてスタートしたことは、皆様をご承知のことと思います。その汚泥協を昨年度末に解散させていただき、関連業務は日本下水道協会が引き継ぎ実施しております。いわば、本会の下水汚泥有効利用活動の一つの節目でありますので、この分野の大先輩にご足労いただきまし

て、協会またはご自身の関連活動を振り返っていただき、思い出話を語っていただきたいと思います。きっと、若い世代にとって貴重な内容になると思っています。

また、今回の東日本大震災で、津波による塩害、あるいは農家の大黒柱が、お亡くなりになるなど、東日本の農業が大きな打撃を受けましたし、放射能汚染の問題もあります。このような状況で、下水汚泥の緑農地利用分野において、どのような貢献ができるか、少し広くエネルギーとしての利用を含めても構わないと思いますが、ご参加のみなさまの忌憚のないご意見をお伺いし、提言とか大それたものではありませんが、「再生と利用」の誌面の中でご披露させていただきたいと考えております。

続きまして、事務局から、本日ご参加いただいた方のご紹介をさせていただきます（略）。

2. 事務局からの情報提供¹⁾

事務局から、下水汚泥緑農地利用の現状説明として、主に以下の内容について説明しました。また、下水汚泥等からの放射性セシウムの検出状況について地方公共団体の公表データ等を報告しました。

- ・平成20年度（2008年度）の下水汚泥発生量（濃縮汚泥乾固形物量）は、約221万トンであり、緑農地利用量は、約306,000トン（約14%）であった。
- ・緑農地利用量の内、約59,000トンが、地方公共団体もしくはその監理団体（下水道公社等）で、最終製品まで製造されている量であり、残りの約246,000トンが、地方公共団体から、脱水汚泥等の処分を受託した民間事業者により最終製品まで製造されている量であった。
- ・昭和56年の下水汚泥緑農地利用量の80%が脱水汚泥の農地への直接散布であり、平成19年度には、脱水汚泥直接散布が11%に減少し、コンポストの形態での利用が75%に増加し、緑農地利用の形態変化が確認できる。
- ・最近では、地方公共団体が製造したコンポストの販売を商社やコンポスト製造メーカーに委託する取り組みや、地方公共団体が建設したコンポスト施設の管理・運営を包括民間委託するケースも増えている。

3. 意見交換

(1) 下水汚泥資源利用協議会活動を振り返って

<大谷>

下水汚泥リサイクル率が80%まで手の届くところに

来ており、汚泥協の果たした役割は大きいと思っています。また、その業務を引き継いでいく日本下水道協会の責任は重いと思っています。茅野先生は、30年以上にわたり、汚泥協の活動に関わってこられたが、振り返ってみて、印象に残っていること、あるいは思い出などあればお聞かせください。

<茅野名誉教授>

昭和52年に汚泥協が発足する前から、活動していると記憶しています。当時、日本下水道事業団の三木氏、森氏が、下水汚泥を堆肥化する研究を行っており、私のところに協力要請に來られました。その情熱に負けたのが、私が下水汚泥資源化に係わったきっかけです。

当時は、社会全体が、大量生産・大量消費・大量廃棄を行っており、また、海洋埋立が禁止されたこともあり、廃棄物処理ではなく、リサイクルを検討しなければならぬという気運がありました。実は、都市ごみの堆肥化の方が先行しており、いくつか実用化された例がありましたが、ごみ分別の問題がクリアできず、成功しなかったという記憶があります。

一方、下水汚泥は都市ごみよりも有機物が豊富であることから成功すると考え、最初は、都市ごみ堆肥化の勉強から開始しました。勉強を進めて行く内に、下水汚泥と都市ごみでは、大きく性質が異なり、下水汚泥は、有機物として均一でありC/N比が小さく、また水分が多く、これをどのように堆肥化すべきか検討するため、「堆肥化研究会」をはじめました。

これと同時期に、日本下水道事業団の久保理事長（当時）が、(社)日本下水道協会理事長に就任され、(財)日本土壌協会の川江専務理事（当時）や熊澤先生たちと下水汚泥の堆肥化の気運を盛り上げようとしてご尽力くださり、当初は有志で行っていた「堆肥化研究会」が、



茅野氏

(社)日本下水道協会の正式な委員会に位置づけられたと記憶しています。

その時期に、下水汚泥の堆肥利用の気運を盛り上げるため、国際シンポジウムを開催しようということになり、第1回ISOLAS (International Symposium on Land Application of Sewage Sludge) を開催しました。このシンポジウムが、汚泥協の設立の母体になったと思います。

<大谷>

ご苦勞なされたことはありますか？

<茅野名誉教授>

「堆肥とは何か?」、「どうやって堆肥を作るか?」からスタートしたので、苦勞はいろいろありました。特に、堆肥の「腐熟度」をどう定義するかで苦勞しました。単純な指標では困難であり、統計学の先生にも加わっていただき、多変量解析で腐熟度指数を定めました。当時は、農家の方に製品を提供する立場から、製品評価としての「腐熟度」は非常に重要であると認識していましたが、今から考えると、田畑に散布した後に熟成させるという方法もあるので、そんなにこだわる必要がなかったのかなという感があります。

<大谷>

日本下水道事業団においては、何年ごろから下水汚泥の堆肥化についての研究を開始されたのでしょうか？

<島田室長代理>

現在の戸田分室における技術開発業務が開始されたのが、昭和50年8月なので、その少し前から、三木さん、森さん、成田さん達を中心となって、国からの補助もいただきながら盛んに研究を行っていました。東松山市で実証実験等も行っていました。

(2) コンポスト技術開発を振り返って

<大谷>

その当時、民間企業では下水汚泥の堆肥化の研究は行っていなかったと考えますが、都市ごみ堆肥化の研究状況はどうでしたか？

<広瀬幹事>

当時は、都市ごみの堆肥化事業がうまく行かず、いくつもの都市ごみ堆肥化のプラントが残っていたに過ぎません。一方、下水道事業が急速に発展している時期であり、飛躍的に下水汚泥発生量が増加することが目に見えていたので、民間においては、主に欧州からの技術導入を計画したり、自社開発・国内での提携をおこないながら下水汚泥の堆肥化に乗り出そうとしていた時期でした。昭和54年に下水汚泥堆肥化施設の最初である天童市の施設が供用されました。天童市の施設の基本設計は、おそらく昭和51年頃であると思いま



広瀬氏

すので、昭和49年頃から下水汚泥の堆肥化の研究等を当時のメーカー各社が本格的に実施した頃と思います。

また、同時期に福岡において、民間のコンポスト事業者が大規模に操業を行っていたと記憶しています。

<大谷>

広瀬さんは、海外のコンポスト施設もかなり視察されたと伺っていますが、印象に残ったことは、特に日本と比較しての相違点、日本が学ぶべき点はありましたか？

<広瀬幹事>

海外視察に行くようになったきっかけは、(財)クリーンジャパンセンターの海外視察に同行したことです。アメリカからヨーロッパを回り、数多くのコンポスト施設を視察し、装置型コンポスト施設の弱点やフィールド型コンポスト施設のメリットについて、知識としては理解していましたが、それを実際に見ることができ、大いに参考になりました。それ以降、休暇を取って海外の施設や展示会の視察に行くようになりました。

<大谷>

特に印象に残った施設や技術はありますか？

<広瀬幹事>

アメリカのオンタリオ州ハミルトンの下水処理場におけるコンポスト施設が記憶に残っています。脱臭装置として、大きな酸アルカリ洗浄活性炭の施設がありましたが、それを使用せず、大量のウッドチップを3m程積み上げて、それで脱臭していました。そのウッドチップは、コンポストの副資材として使用されるものでした。できるだけ維持管理経費を抑制するために考え出されたと推察されました。

また、メリーランド州のベルツビルにおけるウィンドロー（畝溝型又はパイル型）コンポスト施設や、フロリダ州オーランドのディズニーマーワールドにおいて、生ごみと下水汚泥を対象とした、吸引方式の好気性発酵コンポスト施設も印象に残っています。吸引方式なので、臭気が非常に少ないですが、凝縮水の処理に難点であると考えられました。そこには、縦型サイロ方式のコンポスト施設がありましたが、訪問した時には使用されておりました。

以上の視察等から、当時の国内で計画されていたコンポスト施設は、建屋も含めトン当たり1億円前後必要であると言われていたので、それを1/5から1/10に圧縮しないとコンポスト施設の普及は難しいと考えました。このような考え方から、当時、海外で見た施設と同じ方式のフィールドコンポスト方式を北海道で十数年前に下水道施設として導入しましたが、現在も稼働しており、良質な製品を市民に提供していることに対しては、感慨深いものがあります。

私は、企業にいた人間ですが、当時の企業の論理としては、「重厚長大」が重要でありましたが、下水汚泥の緑農地利用を促進するためには、よりコストのかからない施設・設備の開発が必要であったと思います。

<古畑参与>

広瀬さんがおられた、西原鹿追試験場には、自走式の切り返し機がありましたが、それは当時の海外視察により導入したものでですか？

<広瀬幹事>

視察で見てきたものではなく、当時、「バイオサイクル」というアメリカのコンポストに関する専門誌（昭和47年に入社した時には既に会社の資料室にありました。また、現在でも有機性廃棄物のエネルギー利用技術やコンポスト技術に関する論文・情報の提供やシンポジウムを行っています）に、フィールドコンポスト装置が数多く紹介されており、その中で見たものです。ただ、取り扱っている商社等がなく、輸入する手段がありませんでした。まず、家畜糞尿用の簡易型でトラクター牽引式の切り返し機を農機具メーカーから借りてテストしました。しかし、下水汚泥の粘性が高く、牽引式ではうまく切り返しができず、自走式の切り返し機が必要であると考えていましたら、翌年、オーストリアから自走式の切り返し機を輸入してくれました。運転やメンテナンスに慣れるまで少々時間がかかりましたが思いの外発酵が順調にできました。

また、当時は、土木研究所との共同研究を5.6年程度継続しており、下水汚泥と様々な副資材を混合してのコンポスト化試験をフィールドコンポスト方式で行いました。振り返ると大変面白い時代であったと思

います。

<大谷>

広瀬さんは、元メーカーの方なので、地方公共団体における数多くのコンポスト施設の導入に係わられたと思いますが、具体的にどのような業務が多かったですか？

<広瀬幹事>

昭和47年に入社したので、それ以降のコンポスト施設については、設計、運転管理など何らかの形で参画していると思いますが、特にソフト部分を受け持ったことが多かったと思います。つまり、茅野先生が、先ほど言われた腐熟度や、重金属、臭気の問題への対応などです。

堆肥化の対象は、畜産系廃棄物、生ごみ、下水汚泥等あり、それぞれ素材としての特徴がありますが、それらをまとめてシンプルに混合・攪拌できないかと考えていました。例えば、下水汚泥は、窒素、リンが豊富であるが、カリウムが少なく、場合によっては窒素が多過ぎて支障が出ます。いろいろ研究していくと、C/N比を15～20くらいに調整すべきであることが分かってきました。C/N比調整のため、おがくず等を副資材として加えると、これが水分とかかさ比重の調整にも役立ち、特にかさ比重が適正に調整されれば、好気性を保つことができ臭気も抑えることができます。このバランスについて、長年工夫をしていましたが、それを現場で実践するのは、なかなか大変なものであり、やはり経験則という世界でありました。

先生方が、論文等にご書いてくださった知見を現場仕様に工夫して取り入れていました。当時は、最大で年間2,000トンの脱水ケーキを私どもの試験農場で取り扱っており、大量のケーキの取り扱い（運搬・散布）、発酵、臭気抑制等をうまく行うためにはどうすればいいかということが、一番の悩みでありました。

<茅野名誉教授>

先ほど、苦労した点として腐熟度の問題を挙げましたが、「消臭」も重要な課題でした。消臭のために縦型式、横型スクープ式などを考え、ウィンドロー方式は欧米で使用されていましたが消臭という点であきらめていました。北海道の西原鹿追農場で初めて導入されたのは日本のバイオニアであり賞賛したいと思います。

(3) 自治体における下水汚泥肥料化事業の経過

<大谷>

先ほど、昭和50年代、60年代に、地方公共団体においてコンポスト施設の建設が盛んに行われたことをお話しました。しかしながら、もはや廃止された施設も多く、また、今後、複数の地方公共団体直営のコン



奥出氏

ポスト事業が廃止されるとも聞いています。その中で、山形市さんのコンポスト事業は、成功例の1つであると思います。おそらく、事業開始当初から、すべて順調に行ったのではなく、ご苦勞を重ねられて現在に至っていると思います。その点について、奥出所長からお話いただければと思います。

<奥出所長>

下水道事業体には、常に「下水汚泥をどのように処理・処分するか？」という課題があり、その1つの選択肢として下水汚泥のコンポスト化があります。山形市においては、周辺に埋立処分場の確保が困難であり、焼却施設の建設予定もなかったため、コンポスト化を選択しました。コンポスト製造の方法については、副資材添加による水分調整という方法もありますが、副資材をストックしておく手間やコストを考慮し、原料としては下水汚泥のみでコンポスト化する方法を検討しました。その場合、発酵施設に入れる段階である程度含水率を下げておく必要があります。したがって、まず、脱水汚泥を全量コンポスト化することを決定し、コンポストを製造するのに適した脱水方法や脱水機（フィルタープレス）の選定を行ったという経緯があります。

コンポストの販売については、昭和55年の事業開始当初は苦勞したと聞いています。下水汚泥を原料としているため、「何が入っているか分からない」や「重金属は、大丈夫か？」などのご意見があり、一般にはなかなか普及しませんでした。また、当時は、農協が独自に堆肥を製造していたことから、農協ルートでの販売は困難であり、当初から民間の堆肥製造メーカーに、製造と販売を委託しており、何とか在庫を抱えず販売できました。

地方公共団体が、下水汚泥コンポスト化事業を行う上で、ネックとなるのが、臭気対策と販売です。住居に近い立地で事業を行う場合、臭気対策に係る経費の占める割合が高くなり、民間では山奥などに立地する場合も多いです。また、地方公共団体職員にとっては、コンポストを製造することはできるが、自らの地方公共団体の枠を超えて販路を求めていくことは困難であり、販売においては民間の関与が重要です。

<大谷>

やはり、販売がネックになるということですね。先ほど説明しましたように、佐賀市では、地元の農家がアレルギーなく佐賀市の下水道施設で製造したコンポストを使っていたしており、販売にご苦勞されているという状態ではありません。一方、農家が、下水汚泥を原料としたコンポストに強いアレルギーを示す場合もあります。つまり、下水汚泥コンポストの販売が、比較的容易な地域と困難な地域があると思います。例を挙げると北海道などは、比較的販売が容易な地域であると思います。

島田室長代理は、数多くの下水汚泥コンポスト化事業を見てこられたと思いますが、この点について、何か傾向または相違がありますでしょうか？

<島田室長代理>

全国のいろいろな地方公共団体の関係者とお話ししたり、農家の方との意見交換会にも出席したことがありますが、下水汚泥コンポストへの対応が、地域により両極端に分かれるようです。つまり、下水汚泥コンポストと聞いただけで使いませんという地域と、下水汚泥コンポストを使って、「こんなに良いものだとは知らなかった、素晴らしい」と言って、その後、愛用してくれる地域があるということです。都道府県の農



島田氏

政担当者や農協の下水汚泥コンポストへの理解が、大きく関係していると思います。北海道では、札幌市で製造したコンポストをホクレンが取り扱ってくれていますし、山形市においても最近、農協が取り扱ってくれるようになったと聞いています。しかし、下水汚泥コンポストを使ってはいけないと考えている農政担当者も多いのが現状です。

その一因は、「農用地における土壤中の重金属等の蓄積防止に係る管理基準（昭和59年11月8日 環境庁水質保全局長通知）」で農用地土壤中のZn濃度の上限値として、120mg/kg-DSが示されたことにあると考えます。下水汚泥中にはZnが比較的高濃度で検出されることから、下水汚泥コンポストを使用すると、すぐに120mg/kg-DSという上限値を超えてしまうと理解され、多くの農業普及員が、下水汚泥コンポストを使用しないようにと指導したのではないかと思います。この点については、茅野先生が過去に「再生と利用」で解説されています²⁾。私も、いろいろな講演会等で、農用地土壤の重金属管理基準の考え方の問題点などを説明しています。

<茅野名誉教授>

亜鉛が有害ではなく、この基準値を基に施用すれば日本で排出される通常の汚泥は農地に施用できるという計算もありましたが、いつのまにか規制値のような使われ方になっていました。当時の衆議院農林委員会における質疑応答³⁾を確認しても、この基準が、規制値のような形で利用され、汚泥等の有効利用の支障になることは本意ではないことなどが答弁されています。

<島田室長代理>

また、下水汚泥は、法的には産業廃棄物であり、一般廃棄物である浄化槽汚泥やし尿汚泥よりも有害なものであるという理解をされている方が以外に多いと思います。汚泥中の重金属のほとんどが、生活排水由来であることから、むしろ浄化槽汚泥やし尿汚泥中の重金属濃度の方が高い傾向にあります。このような、悪いイメージを何とか払拭したいと思っています。

下水汚泥コンポストは、実際使っていただけると、その良さを理解していただけるものです。最近、循環型社会の構築という大きな目標があり、下水汚泥は、貴重なバイオマスであるとの理解も広まっており、アレルギーが解消されつつあります。実際に、かなりの地域で下水汚泥コンポストの製造量が需要に追いつかないという例が出てきています。このような例を全国に広めることができればと考えます。

(4) 下水汚泥由来肥料を使う立場からのご意見

<大谷>

先ほど、奥出委員や島田委員からも、下水汚泥コン

ポストの優れた点についてお話しがありました。古畑さんには、下水汚泥由来肥料の利用促進連絡会の委員長をお願いしており、下水汚泥由来肥料の窒素施用試験にも継続して係わっていただいております。下水汚泥コンポストを使う立場から、改めて、どの点が優れており、どの点が改善すべきと考えますか？

<古畑参与>

下水汚泥コンポストと他の有機質資材を原料としたコンポストを作物収量と品質という観点から比較した場合、下水汚泥コンポストは、生育期間の短い葉菜類（ホウレンソウ、コマツナなど）に非常に適しています。その理由は、下水汚泥コンポストは、他と比較して土壌への栄養素の放出、特に窒素の放出が速いことにあります⁴⁾。

また、肥料の三大栄養素（窒素、リン酸、カリウム）の内、下水汚泥コンポストは、カリウムが少なく、場合によっては、カリウムを他の資材や化学肥料により施肥する必要がある、デメリットの1つとされてきました。しかし、最近、特に牛ふんや鶏ふん資材を施肥した土壌において、カリウム過剰が確認されています。カリウムが過剰に存在すると、マグネシウム欠乏を引き起こします。したがって、下水汚泥コンポストの特徴を理解した上で、また、作物の種類や土壌状態を考慮した上で施用すれば、カリウム含有量が少ないこともメリットとすることができます。

その他、ホウレンソウへの硝酸性窒素の集積が問題になっており、硝酸性窒素濃度が、5,000ppmを超えると取り扱わないという事例も聞いています。食物中の過剰な硝酸性窒素が人体に悪影響があると言われていたからです。施肥する窒素量が同じなら、化学肥料を施肥するより、下水汚泥コンポストを含めた堆肥の



古畑氏

方が、作物中の硝酸性窒素濃度が低くなることが分かっています。

下水汚泥コンポストは、他の堆肥と比較して取り扱いやすいものが多いと思います。最近、粒状のコンポストが増えてきており、また、先ほどから話しのあった技術的指導の成果か、腐熟度も問題ないものがほとんどです。また、品質的に非常に安定しているという点もあります。島田さんの言われたように、重金属に関する誤ったイメージの影響があって期待以上に使用されていないのであらうと思いますが、農家が使用する堆肥としては、優れていると実感しています。

(5) 臭気対策について

<大谷>

古畑さんのお話をうかがって、下水汚泥コンポストは、優れた有機質肥料であることをもっとアピールしていく必要があると改めて感じました。

その一方で、製造する立場から考えると、いかにローコストで優れた製品を製造するかという点が大切であると思います。島田さんに、再度お聞きしますが、やはり脱臭に関連するコストが大きなネックになっているのでしょうか？

<島田室長代理>

アンモニア臭気の脱臭は、大きな問題で、脱臭設備整備のためにイニシャルコストが相当高くなる傾向があります。イニシャルコストが高額になれば、それに追随し点検や補修等の維持管理コストも高くなります。特に、下水道事業においては、建設費の半分程度を国庫補助で補うケースが多く、かなりしっかりした施設を建設することになります。民間のコンポスト事業者では、チップ等を利用した生物脱臭等を導入し、ローコストの脱臭を意識しているのと対照的な面があります。

<広瀬幹事>

そもそもコンポスト施設を建設する場所を考えなければなりません。これは、40年間コンポスト事業に係わってきた実感です。コンポスト施設を下水処理場の中に建設しようと、場合によっては、町の中や住宅に比較的近い場所に建設することになり、脱臭施設に相当の投資をすることになります。他の地方公共団体の担当者が、このような施設を視察した際、「こんな大規模な施設は、うちでは建設できない」と思い、そこでコンポスト事業の導入や採用が途絶えてしまうのを数多く経験致しました。

そもそも下水汚泥コンポストを製造する過程で大量のアンモニアが発生するのは当然であり、それを外に出さない工夫が必要です。発酵棟内の臭気を活性炭吸着等で脱臭しようとする、大がかりな設備になりま

す。長野県で実施している例では、使わなくなったキノコの廃菌床を1週間ほどの一次発酵処理をして加えることにより臭気が抑制されました。このことは、一次発酵処理をした廃菌床が臭気を吸着してくれると同時に堆積物の物性を改善してくれて好気性発酵を促進してくれたと考えます。発生した臭気を物理化学的に処理するばかりではなく、いかに臭気の発生を抑制するかという観点からの副資材の選択や前処理方法の検討が重要であると考えます。

(6) 下水汚泥由来肥料を震災復興や将来的な日本の農業でどのように役立てるか？

<大谷>

この度の東日本大震災で多くの方がお亡くなりになり、また、未だに行方不明の方も多くおられます。また、地震や液状化による地盤沈下の影響等により、農地や給排水路等が大きな被害を受けたり、津波による塩害など、被害を受けた地域の農業が大きな打撃を受けました。

こうした中、下水汚泥由来肥料あるいは下水汚泥に限らず有機質資材を何らかの形で農地復興に役立てることができるのでしょうか？

<茅野名誉教授>

汚泥有機質肥料の特徴（効果）から、以下のメリットが考えられます。

- ・汚泥は水溶性イオン含有量が低いので化学肥料や畜ふん、生ごみより電気伝導度を高めない（塩類障害対策となる）。
- ・アンモニウムイオン濃度を高めないでセシウム吸収量が少ない。茶葉から相当量の放射性セシウムが検出されたのは、茶栽培の土壌が酸性であり、土壌にアンモニウムを相当量添加しており、アンモニウムイオンには、土壌に固定されているセシウムを追い出す効果があり、結果として茶木が吸収する放射性セシウム量が増えたためと考えられる。
- ・表土を除去した農地では有機物少なくなるので熟度の高い汚泥堆肥は有機物効果が認められる。
- ・石灰汚泥は土壌pHを高めまた鉄が添加される効果が考えられる。土壌pHを高めるとセシウムやストロンチウムの植物吸収が抑えられると言われている。

<大谷>

先日、農業系学識経験者や技術者の講演会を聴講した際、環太平洋戦略的経済連携協定（以下、TPPとする）に対応するためには、日本の農地の大区画化、農家の大型化が必要であるとの話を聞きました。また、今回の震災で、被災地の農地は、いずれ復興するとしても、実際に農業をされる方達が、本当に立ち直って、



＜進行＞大谷

再び農業を続けられるのか、「人の復興」の方が、もっと困難であるとお話を聞きました。TPPの絡みもあり、いずれ被災地域の農地区画や農家の大型化が図られるとしたら、「嵩張り、重く、高齢者が取扱しにくい」と言われている下水汚泥コンポスト等も北海道のように大区画化された農地では、比較的使っていただけるのではないかと考えたりします。この点いかがお考えですか？

＜茅野名誉教授＞

基本的に、農家の大型化が進めば経営コストに占める肥料コストの割合が高くなり、肥料について考える農家が増えると思います。農地が1ha以下の小規模農家では、肥料代が高くても安くてもあまり考慮しない傾向がありますが、100ha規模になると経営上、非常に大きなウェイトを占めます。特に、石油価格が上昇していることから、化学肥料価格も上昇しており、下水汚泥は、一番身近で貴重な有機質資源（肥料原料）であることを再認識すべきです。量的には、家畜ふん尿の方が多いですが、地域的に偏りがあり、地域間の運搬が必要という点を考えれば、下水汚泥の利用を考えるべきです。

＜広瀬幹事＞

最近では、下水汚泥あるいはバイオマスが、エネルギー資源として注目されていますが、堆肥製造に長く関わってきた技術者としては、やはり、マテリアル（堆肥）資源として考えたいと思います。昨今、レアメタルの例にもあるように資源調達の国際環境が厳しくなっています。カリウムについては、現在確認されている埋蔵量の約77%はカナダとロシアの2カ国に握られており、ベラルーシとドイツを加えると85%以上になります。また、肥料需要が増加しており、国

際的な肥料価格も徐々に上昇しています。

特にリーマンショック前後の肥料価格の高騰時には、堆肥需要が一気に高まったこともあり、各地で家畜糞尿の利用が進みました。もう少し時間軸を延ばして考えてみると、肥・飼料や食物として海外から輸入された有機物の残ったもの（汚泥、食品残さ、家畜ふん尿など）を農業生産に活かすことを本格的に考える必要があります。

先ほど農地の大型化の話が出ましたが、大型の機械を購入したり、それを牽引するトラクターも購入するなど大型化には、相当な投資が必要となります。本州にも、100～200kg単位で肥料を散布できる小型の機械があるので、これらの機械を利用できるような性状の製品（下水汚泥コンポスト）を製造すればよいのであり、農地が大型化されなければ、下水汚泥コンポストの使用量が増えないというものではありません。

むしろ、重要な点は、農家の高齢化により、コンポスト散布作業の担い手が不足しており、IターンやUターンにより農家の働き手が多少増えていますが、とても追いつかない状態です。このような状況では、「コントラクター」として中間で散布等の作業を代行する組織が必要になってきます。約20年以上前、北海道の鹿追町にいた頃に「コントラクター組織」が立ち上がってきて、経営規模の拡大とともに農業の分業化が始まり、現在では農作業にとって必要不可欠の存在となっています。本州でもここ数年の間に農作業の受託組織が増えてきており、農作業の重要な担い手となりつつあります。下水汚泥コンポストの利用促進を図るという点では、TPPの流れをうまく利用するというよりも、農作業の受託組織とうまくタイアップしていくことと品質向上が重要であると考えます。

＜島田室長代理＞

最近では、農水省あるいは農家の方も、環境保全型農業を広げようという意識があります。福岡県大木町では、浄化槽汚泥や生ごみの混合メタン発酵を行っており、その残さを液肥として全量（年間6,000トン）有効利用しています。注目すべき点は、大木町が専用の散布機を2台所有しており、10アールあたり1,000円程度で散布も行っていることです。粒状コンポストについても、コンポストメーカー等が、散布機を保有して散布まで実施していただければ、需要がもっと伸びると思います。

＜古畑参与＞

家畜ふん尿堆肥において、製造グループと散布グループが別組織になっており、それを市町村や農協が応援しているというやり方もあります。

＜広瀬幹事＞

鹿追町には、年間の家畜糞尿の受け入れ量が約

35,000m³規模の嫌気性消化（バイオガス）プラントがあり、残さを液肥として利用していますが、発生量が需要に追いつかない状態で、プラントの増設を計画しています（2012年に約82,000m³/年の施設建設）。液肥の散布作業とその他の関連作業を行う受託組織（民間会社）ができており、必要な機器も保有しています。また、このような会社には、若い世代の人がどんどん入ってきており、地域の人口増加にもつながっています。この他に、若い世代でなくてもまだまだ元気なシルバー世代が、これらの業務を担うことも可能であり、地域における農作業分担やワークシェアリングのような位置づけで進めていくことが可能となってきました。

（7）エネルギー利用と緑農地利用の組み合わせ

<茅野名誉教授>

エネルギー利用と緑農地利用は両立できるものです。エネルギー源になるのは、炭素（C）、水素（H）、酸素（O）であり、緑農地利用源は、窒素（N）、リン（P）です。

<古畑参与>

珠洲市における取り組みが、エネルギー利用と緑農地利用の組み合わせの典型的な例であると思います。

<島田室長代理>

山形市も同様です。下水汚泥は、腐敗しやすいもの

です。腐敗しやすいということは、嫌気性消化しやすいということであり、まず、下水汚泥中の有機物の約半分を嫌気性消化によりバイオガス化し、残った比較的安定した有機物を緑農地利用するのが理想的な下水汚泥有効利用の形態であると考えています。しかしながら、緑農地利用の将来的な需要が少ないと考えているのか、乾燥固形燃料化してボイラー燃料とするという意識を持っておられる方も多いと思います。

<奥出所長>

下水道事業体の立場から考えると、下水汚泥の緑農地利用の評価をどのようにするか考える必要があります。下水汚泥の処理・処分の1つの選択肢という側面があるので、他の方法と比較していろいろな面で優れているという説明が議会等から求められます。例えば、緑農地利用にかかるコストが他の方法と比較して同等以下なのか、将来的な汚泥コンポストの需要（将来性）はどうか？ などの分析が必要です。

現実的に、緑農地利用率がこの20年程度横ばい状態であり、コンポスト事業から撤退する地方公共団体も多くなっていることも考慮しなければなりません。

<島田室長代理>

コストの側面から考えれば、地域差はあるものの、セメント原料化が安価な傾向があります。しかしながら、下水汚泥の持っている価値を最大限、循環型社会の構築に役立てるという大義を考えれば、先ほど申し



上げたようにエネルギー利用と緑農地利用の組み合わせが最適であると考えます。

＜広瀬幹事＞

下水道施設は、多くの予算を投入して建設してきた大切な社会資本ストックであり、これを各地域の循環型社会構築の基幹施設として大いに有効活用していく必要があります。デスポーザーの導入には、賛否両面の意見がありますが、下水管により地域バイオマスを一括して回収できるという考え方もあります。これは、極端な例であると思いますが、今後、下水道施設は、地域の有機資源を集積し有効利用して行くためのキーステーションになる必要があると思います。

先ほどお話しにあった下水汚泥の緑農地利用率は、確かに伸びていませんが、よく横ばい状態を維持できているなという面もあります。都市部における緑農地利用率が、以前より減少しており、その分を地方における緑農地利用の増加が補っていると考えられます。このような地方部の資源循環の取り組みをうまく伸ばしていくよう、下水道界全体で考えていかなければならないと思います。

そのためには、重厚長大な施設整備ではなく、また、水処理、汚泥処理を経て出てきた下水汚泥をどのように有効利用するかという発想ではなく、エンドユーザーがどのような製品を求めているかからスタートして、そのためには、どのような水処理、汚泥処理が必要か考えてほしいと思います。下水汚泥コンポストを例にとると、下水道事業者が製造する製品と農家等が求める堆肥との間にギャップがあったことは否めません。メーカーの中で汚泥を用いて実際に広大な農場経営を行った者として、循環型社会が成熟していくためには、下水道事業において行政とメーカーが、エンドユーザーを意識した逆転の発想を求めていると思います。

＜茅野名誉教授＞

日本は肥料に関してゆとりがあるので貴重な汚泥資源をセメントなどに回しています。この状態が継続することは日本の豊かさを示すものですが、世界的に肥料資源の枯渇、値段の高騰に伴い、身近な肥料資源としての下水汚泥の価値は見直される時が来るように日本経済も農業システムも変化すると予測します。

4. 閉会

＜大谷＞

下水汚泥の緑農地分野においては、コンポスト等の製造、利用促進等に係わった下水道技術者は、それなりにいると思いますが、もう少し遡って、コンポスト施設建設、技術開発に係わった技術者の多くが、一線を退かれたと聞いています。そういう意味では、大先輩方の貴重な体験談を聞かせていただき、さらに、これからの課題についてもアドバイスいただけたことは、日本下水道協会としても貴重でしたし、一人の下水道技術者としてもありがたかったと思っています。また、将来の下水汚泥有効利用がどのようにあるべきかなど、少し未来を描くような議論もできたと思います。

それでは、座談会「下水汚泥緑農地利用の現状と課題について」を終えさせていただきます。本日は、お忙しいところ、まことにありがとうございました。

参考文献

- 1) 「再生と利用」NO.133号「下水汚泥の緑農地利用の現状」
- 2) 「再生と利用」NO.125号「下水汚泥の亜鉛許容濃度について」
- 3) 102回衆議院決算委員会－3号 昭和60年4月
- 4) 「再生と利用」NO.133号「野菜類の生育収量と有機質肥料の窒素形態別画分との関連性」

コ ラ ム

メタロファイト（金属集積性植物）と資源回収

メタロファイトという言葉をご存じだろうか。特定の金属を大量に蓄積する植物を指す学術用語で、以前は鉱山周辺などに見られる特殊な植物という扱いであったが、植物で環境中の有害元素を除去する、いわゆるファイトレメディエーションという技術に利用されるようになり、最近では一般にも広く知られるようになった。これまでニッケルを集積するものが多く見つかっているが、中にはカドミウムや鉛、ヒ素といった毒性の高い元素を集積する変わり者も存在し、また貴金属類やレアメタルなどを体内に濃縮できる種類も存在する。これらは植物自体を代用鉱物として利用することが可能で、例えばヒョウタンゴケという苔の一種は、乾燥重量あたり最大10%もの金を蓄積できることから、産業廃液からの貴金属回収に利用されている。

筆者らの研究室では植物における無機栄養吸収のモデルとして、いくつかのメタロファイトを扱っているが、その一つにマンガンを大量に集積するコシアブラという樹木が存在する。北海道から九州まで広く分布し、天ぷらの材料として人気があることから、山菜好きの方はご存じかと思われるが、この植物を燃やした灰からは高純度のマンガン簡単に取り出すことができる。マンガンは国家で備蓄が義務づけられているレアメタルの一つであることから、筆者も資源を回収して一財産と目論んだものの、マンガンの市場価格は金属資源の中でも特に安く、とても利益が出るようなものではないことが判明。商売のネタとはそうそう転がっていないと反省した次第である。

今年7月、イタリアで行われたメタロファイトの研究者があつまる国際学会で、コシアブラからのマンガン資源回収について講演を行った。少々の自戒を込め、「残念ながらマンガンの市場価格が低いので、この研究ではお金持ちになれません」といった話をしたところ、アメリカの研究者から、「マンガン欠乏症の土地に使える有機肥料として売ったらいい」とのご指摘。なるほど、アイデアとはこのようなものかと感心した次第である。

下水汚泥もコシアブラ同様、優れた肥料としての用途のみならず、多くの貴金属類を含むことが知られている。メタロファイトによるレアメタルや貴金属類の回収は、おそらく下水汚泥を対象としても可能であろう。使用する植物の探索や資源回収の条件検討など、クリアしなくてはならない課題も存在するが、ファイトマイニングと呼ばれるこの技術は、レアメタルやレアアースの資源獲得に翻弄されている日本において、下水汚泥の資源としての重要性を高めてくれるものと思われる。今後の技術発展を大いに期待したい。

三重大学 准教授 水野隆文

報 告

野菜類の生育収量と有機質肥料の窒素形態別画分との関連性

(財) 日本土壌協会

古畑 哲・五十嵐孝典

キーワード：窒素形態別画分、有機質肥料、フダンソウ、ハクサイ、ナス

はしがき

肥料成分としての窒素は一般に作物の収量を大きく左右することが知られている。有機質肥料の窒素化合物組成は原料、副資材、それらの混合割合、製法、貯蔵期間などにより多種多様であり、それらに影響されて、作物に対する窒素の肥効性についても、速効性から遅効性までの窒素化合物画分の割合も千差万別と考えられる。

小柳ら¹⁾は牛ふん堆肥と豚ふん堆肥を対象に、分解される炭素の分解量を飼料の繊維成分の分析に使われるデタージェント分析によって検討し、酸性デタージェント(AD)可溶有機物量は、土壌に混和して1か月目の有機質資材の炭素分解量と有意の高い相関を示し、酸性デタージェント繊維(ADF)量は土壌に混和した3か月後に残存していた炭素量と有意の相関を示すことを確認した。また、1か月間および3か月間窒素分解量とAD可溶窒素含量との関係についても検討し、両者とも高い相関関係が見られ、特に3か月間窒素分解量との関係は高い相関関係にあった。松村・佐藤²⁾は6種の有機質資材について、非ADF-Nの割合(AD可溶Nと同じ)とポットで15週間栽培したトマトの窒素利用率との間に高い相関を認め、窒素無機化の評価には非ADF-Nの割合が有用な指標になることを示唆している。

筆者ら³⁾は前報において、下水汚泥コンポストなど各種コンポストについて、植物体窒素化合物の粗分画法⁴⁾に準拠して、窒素化合物を「A：非タンパク態窒素」、「B：可溶性タンパク質」、「C：膜結合性蛋白質」、「D：細胞壁構成タンパク質」の4形態に分画し、コンポストの種類によって各画分の割合が大きく異なることを報告した。すなわち、「非タンパク」は下水汚泥コンポストが20%以上と多く、他方バーク堆肥は2%以下と少なく、「可溶性」は牛ふん堆肥で高く、次いで下水汚泥コンポストであり、「膜結合性」は生ごみ堆肥で高く、次いで融合生ごみコンポストで高く、「細胞壁構成」はバーク堆肥および融合剪定枝コンポストでは60%前後と高く、その他のコンポストでは50%以下であった。

これら下水汚泥コンポストなど有機質肥料の窒素化合物画分とともに、野菜類の生育収量への関連について検討を行っているが、本報では圃場においてフダンソウ、ハクサイ、ナスを供試作物として栽培した試験結果について報告する。

1. 試験圃場および供試有機質肥料

千葉県白井市富塚および前原の圃場において、下水汚泥コンポストなどの有機質肥料を作物に施用し、その収量などの調査を行った。圃場試験は表1に示すように、作物の生育期間を考慮し、圃場試験Ⅰでは短期

のフダンソウに7種類の有機質肥料、同じくⅡでは中期のハクサイに6種類の有機質肥料、同じくⅢでは長期のナスに4種類の有機質肥料を用いた。各試験においては化学肥料施用区を対照区としている。(ア)と(エ)の後に②をつけているが、これは以前使用したものと区別するためである。

供試した有機質肥料の内容について表2に示す。(ア)と(イ)は下水汚泥コンポストであり、(ア)では高分子凝集剤、(イ)では石灰系凝集剤を使用している。(ウ)と(エ)はいわゆる融合コンポストであり、主要原材料として(ウ)では汚泥発酵肥料に乳牛ふんを、(エ)では牛ふんが主体で、次いで木くずが多く、生ごみと汚泥ケーキが添加されている。(オ)は下水などの汚泥、し尿、生ごみを集約混合処理してメタン醗酵を行い、残渣を乾燥して肥料としたものである。そのほか、(カ)は生ごみにおがくずを混合した牛ふん尿ともみがらを原材料とした生ごみ堆肥、(キ)はバーク堆肥、(ク)は牛ふん堆肥である。

供試有機質肥料の水分率および現物当りの三要素含有率について表3に示す。窒素の含有率は、大部分の有機質肥料がおおよそ2%かそれ以下であるが、(オ)が4.71%と際立って高く、最も低いのが(キ)の0.64%である。リン酸の含有率は、窒素の含有率と比較して、(イ)では2.74倍、次いで(ウ)では1.74倍、(ク)では1.41倍と高く、一方、(ア)では0.68倍と低く、(エ)、(オ)、(カ)、(キ)では隔たりが小さい。カリの含有率は、下水汚泥を主要な原材料とする(ア)、(イ)、(オ)では窒素とリン酸に比べて極めて低く、窒素含有率の1/10以下に過ぎない。一方、牛ふんを主原料とする(カ)と(ク)ではカリ含有率が三要素の中で最も高い。両試験圃場とも千葉県北部の両総台地と呼ばれ、表面が火山灰層に覆われている洪積台地上に位置する。両圃場の作土は壤土質の土性で、軽しゅうであり、透水性、通気性がほぼ良好である。作土の化学性を表4に示す。リン酸吸収係数は富塚の作土では2060、前原では2390で、典型的なクロボク土である

ことを示し、淡色クロボク土に分類される。また、富塚では前原と比較して、pH、腐植含量、全窒素、陽イオン交換容量、交換性塩基類、塩基飽和度、可給態リン酸が高くなっている。

2. 野菜類の収量調査および有機質肥料窒素画分との関係

圃場試験Ⅰ：フダンソウ（09年春作）

<試験方法>

圃場試験の規模は1区画2.5m×3m、化学肥料を加えた8種類の施用区、2連で行った。三要素の施用量は20-20-20とし、窒素施用量の1/2を有機質肥料から、残り1/2を硫酸で施用した。有機質肥料施用量中のリン酸とカリを計算し、不足分を過石、硫酸で補給した。有機質肥料および化学肥料はいずれも播種の前日に作条施用して、フダンソウ（品種：白茎ふだん草）を09年6月19日に播種した。7月15日に間引きして栽植密度を60cm×15cm、1区画当り80株に揃えた。8月12日に収量調査を実施した後に作物の窒素含有率を分析した。また、汁液のろ液を用いて糖度をポケット糖度計（ATAGO製）により、硝酸態窒素をコンパクト硝酸イオンメータ（HORIBA製）により測定した。栽培期間中の降水量は6月では平年に比べて25mm多く、7月には逆に25mm少なく、合計雨量ではほぼ平年並みであった。

<試験結果>

フダンソウの収量調査結果を表5に示す。株当り収量は化学肥料区で最も高く、(ア)、(イ)、(ウ)が次いでいるが、(キ)および(カ)では化学肥料区の半分以下と低かった。硝酸態窒素含量は化学肥料区では510ppmと高かったが、有機質肥料の各区では140～210ppmと低かった。糖度は5.5～7.5%の範囲に分布していたが、一定の傾向が認められなかった。

使用した有機質肥料の窒素画分比率を図1に示した。フダンソウの収量と有機質肥料の窒素画分との関

表1 圃場試験の概要

圃場試験 区分	試験地	年次	作物	生育期間	窒素吸収 パターン	供試有機質肥料
I	富塚	09年春作	フダンソウ	短期	直線的	(ア)② (イ) (ウ) (エ)② (オ) (カ) (キ)
Ⅱ	富塚	09年春作	ハクサイ	中期	直線的	(ア)② (ウ) (エ)② (オ) (カ) (キ)
Ⅲ	前原	07年春作	ナス	長期	直線的	(ク) (カ) (キ) (イ)

表2 供試有機質肥料の肥料名、原材料、製法の特徴

地名	肥料名	主要原材料(含有比率)及び製法の特徴
(ア)	汚泥発酵肥料、下水汚泥コンポスト	高分子系汚泥ケーキ(57%)、おがくず(43%) 一次:縦型密閉攪拌方式 14日 二次:堆積発酵 60日
(イ)	汚泥発酵肥料、下水汚泥コンポスト	石灰系汚泥ケーキ(40%)、種汚泥(60%) 一次:堆積発酵 20日(夏季)~27日(冬季)
(ウ)	汚泥発酵肥料、融合コンポスト	汚泥発酵肥料(20%)、乳牛ふん(50%) 戻し堆肥(30%) 一次:堆積発酵 35日 二次:堆積発酵 15日
(エ)	汚泥発酵肥料、融合コンポスト	汚泥ケーキ(3%)、生ごみ(7%)、牛ふん(65%) 木くず(25%) 一次:横型攪拌槽 ロータリ式 27日 二次:堆積発酵 65日
(オ)	混合汚泥肥料	下水汚泥(49%)、集排汚泥(2%)、浄化槽汚泥(26%) し尿(21%)、生ごみ(2%) メタン発酵施設においてメタンを回収、残渣を乾燥し ペレット化して肥料とする
(カ)	特殊肥料、生ごみ堆肥	生ごみ(23%)、牛ふん尿・おがくず・もみがら(60%)、 戻し堆肥(17%) 一次:横型攪拌槽 ロータリ式 25日 二次:堆積発酵 80日~110日
(キ)	特殊肥料、バーク堆肥	バーク(80%)、コーヒー粕(20%)、鶏ふん少量 一次:堆積発酵 1.5年 二次:堆積発酵 0.5年
(ク)	特殊肥料、牛ふん堆肥	肉牛ふん・おがくず(100%) 一次:堆積発酵 14日

表3 供試有機質肥料の三要素含有

肥料	水分率 %	(現物当り)		
		窒素	リン酸	カリ
			%	
(ア)②	46.1	2.00	1.36	0.10
(イ)	34.0	1.86	5.10	0.14
(ウ)	25.6	2.21	3.85	0.97
(エ)②	39.0	1.81	1.85	1.14
(オ)	11.6	4.71	4.19	0.21
(カ)	38.7	1.43	1.19	2.03
(キ)	62.3	0.64	0.81	0.32
(ク)	24.4	1.97	2.79	2.86

表4 試験圃場の圃場作土の化学性

項目	富塚	前原
pH	6.8	6.5
腐植 (%)	4.78	3.92
全窒素 (%)	0.35	0.28
陽イオン交換容量 (me/100g)	29.08	16.96
交換性Ca (me/100g)	22.24	4.95
交換性Mg (me/100g)	4.02	0.54
交換性K (me/100g)	0.92	0.43
塩基飽和度 (%)	93.5	34.9
リン酸吸収係数	2060	2390
可給態リン酸 (mg/100g)	8.4	1.7

係については図2に示すように、非タンパク（A）あるいは非タンパク+可溶性タンパク（A+B）の高いほど、収量が高い傾向が認められた。しかし、可溶性タンパク+膜結合性タンパク（B+C）あるいは細胞壁構成タンパク（D）などとの関係は明瞭でなかった。また、窒素吸収量と窒素画分との関係は図3に示すように収量と同様の関係が認められた。このことはフダンソウのように、生育期間が短く生育の早い作物では、有効化の速い画分の多い肥料ほど効果的であり、その画分とはAないしBであることが示唆された。

圃場試験Ⅱ：ハクサイ（09年秋作）

<試験方法>

圃場試験の規模は1区画2.5m×3m、化学肥料を加えた7種類の施用区、2連で行った。三要素の施用量は20-20-20とし、窒素施用量の1/2を有機質肥料から、残り1/2を硫酸で施用した。有機質肥料施用量中のリン酸とカリを計算し、不足分を過石、硫酸で補充した。

有機質肥料および化学肥料はいずれも苗定植の前日に作条施用した。ハクサイ（品種：黄ごころ85）の苗を9月15日に栽植密度60cm×50cmで1区画当り24株を定植した。栽培期間中の降水量は定植後2週間では著しく少なく、干ばつ気味であり、かん水を行って対処した。その後収穫期までは平年を上回り、全期間としては平年に比べて1割ほど多かった。農薬は9月14日にオンコルマイクロカプセル粉剤、9月24日にアフーム300倍液、10月5日にボルドーZ液、10月12日にオンコルマイクロカプセル粉剤、10月16日にアフーム300倍液を散布した。ハクサイの栽培期間中には病害虫の被害がほとんどなく、順調に生育した。11月27日に1区画につき12株を調査対象とし、株ごとに全重および結球重を測定し、区画毎の平均重に近い株を選び、結球株について窒素の含有率、糖度、硝酸態窒素、断面の黄色部比率を測定した。

<試験結果>

収量調査結果を表6に示した。外葉と結球を合わせ

表5 フダンソウの収量調査結果

肥 料	平均収量 g/株	糖度 %	NO ₃ -N ppm	窒素吸収量 mg/株
(ア)② 汚泥コンポスト	197	6.9	180	796
(イ) 汚泥コンポスト	163	6.6	140	595
(ウ) 融合コンポスト	158	5.5	210	490
(エ)② 融合コンポスト	111	7.5	170	396
(オ) 混合汚泥肥料	137	5.9	140	441
(カ) 生ごみ堆肥	92	5.7	150	238
(キ) バーク堆肥	80	5.8	210	327
化学肥料	210	6.0	510	1178

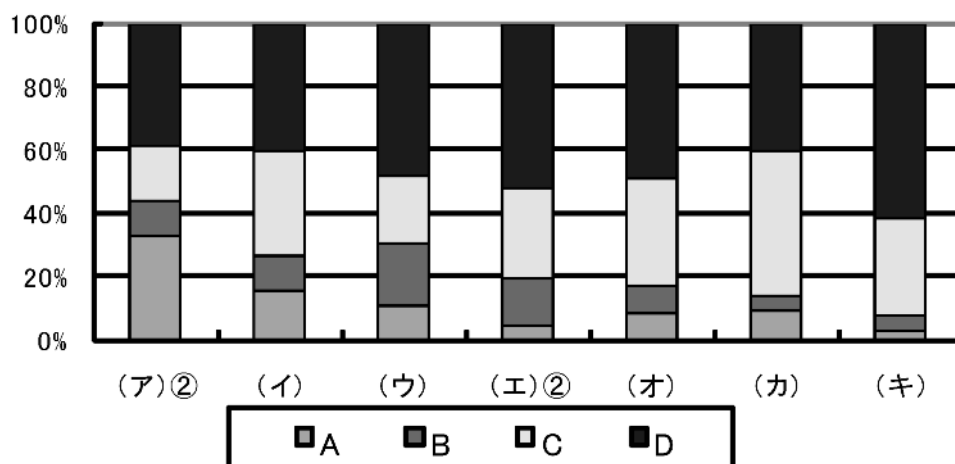


図1 使用有機質肥料の窒素画分

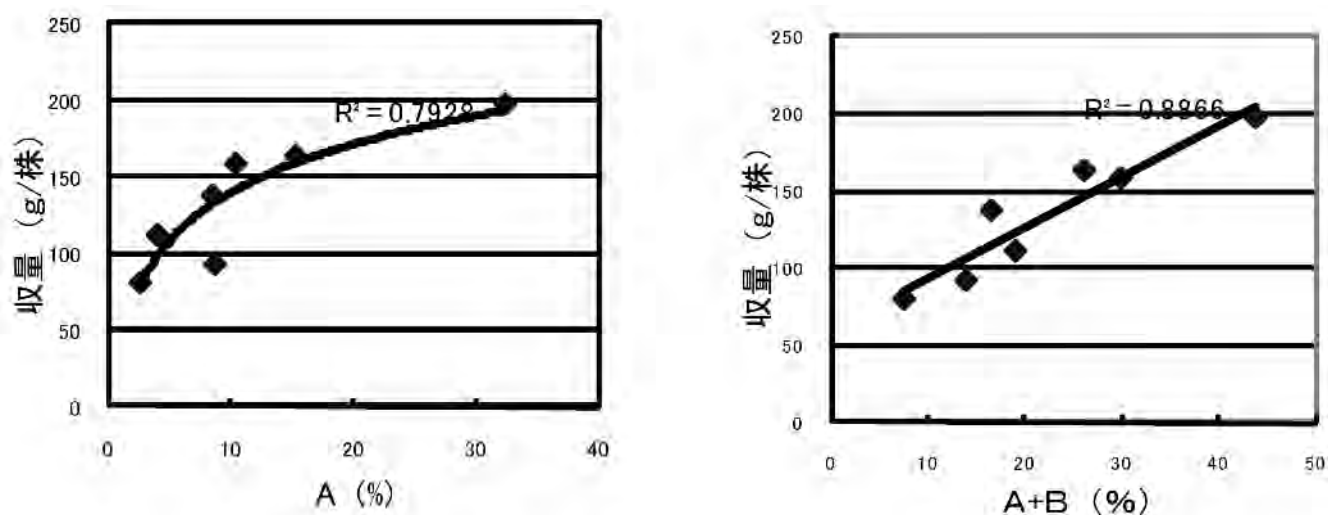


図2 フダンソウ収量と有機質肥料窒素画分との関係

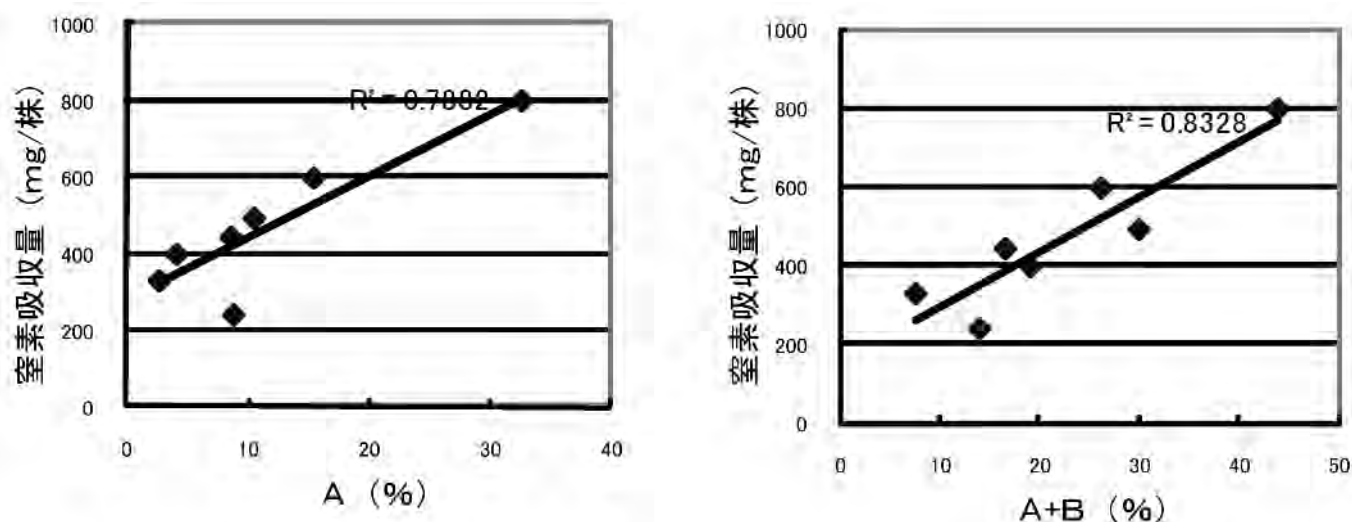


図3 フダンソウ窒素吸収量と有機質肥料窒素画分との関係

た株当りの平均全重は各区とも3 kg以上と大きかった。平均結球重は(ア)が最も高く、ついで(オ)、(ウ)、化学肥料、(カ)で、(エ)、(キ)が低かった。結球中の硝酸態窒素は化学肥料では725ppmであったが、他の肥料では300~400ppmの範囲にあり、化学肥料で高いことが目立った。糖度は化学肥料が最も低く3.9%であったが、各有機質資材では4.0~4.7%の範囲にあり、硝酸態窒素との関係は特に認められなかった。黄色部比率は化学肥料、(キ)、(カ)では42~44%と低く、その他の区では50%前後であり、図4に示すように、黄色部比率が高いと糖度も高い傾向が伺われた。

使用した有機質肥料の窒素画分比率を図5に示す。ハクサイ結球重と有機質肥料の窒素画分との関係については、図6に示すように、ハクサイ結球重は非タンパク+可溶性タンパク+膜結合性タンパク (A+B+C)

あるいは非タンパク+可溶性タンパク (A+B) と関係の深いことが認められた。結球窒素吸収量と窒素画分との関係では、図7に示すように、窒素吸収量はA+B+Cの間では結球重と同様の深い関係が認められたが、A+Bの間では関係が薄くなっていた。ハクサイのように生育期間が2、3か月であっても、苗定植後まもなく生体重や窒素吸収量が直線的に増大する作物では、AやBの画分をいち早く利用する必要がある、さらにCの画分も取り込んでいることが伺われる。

圃場試験Ⅲ：ナス (07年春作)

<試験方法>

品種千両2号、栽植密度1 m×1 m、1区画に9株、化学肥料区の三要素施用量は10a当たり基肥10-10-10、

表6 ハクサイの収量調査結果(09年)

肥 料	平均全重 kg/株	平均結球重 kg/株	結球窒素 含有率%	窒素吸収量 g/株	黄色部 比率%	糖度 %	NO ₃ -N ppm
(ア)② 汚泥コンポスト	3.32	2.21	0.147	3.25	46.4	4.0	410
(ウ) 融合コンポスト	3.33	2.05	0.161	3.30	56.9	4.3	485
(エ)② 融合コンポスト	3.06	1.83	0.169	3.09	50.8	4.3	385
(オ) 混合汚泥肥料	3.31	2.11	0.169	2.57	53.9	4.7	510
(カ) 生ごみ堆肥	3.19	1.99	0.180	3.58	44.2	4.3	340
(キ) パーク堆肥	3.00	1.85	0.146	2.70	43.8	4.1	515
化学肥料	3.26	2.05	0.208	4.26	42.4	3.9	725

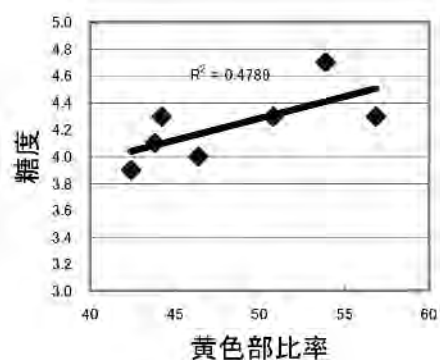


図4 黄色部比率と糖度の関係

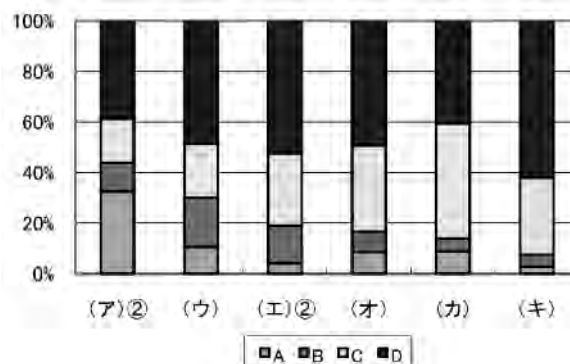


図5 使用有機質肥料の窒素画分

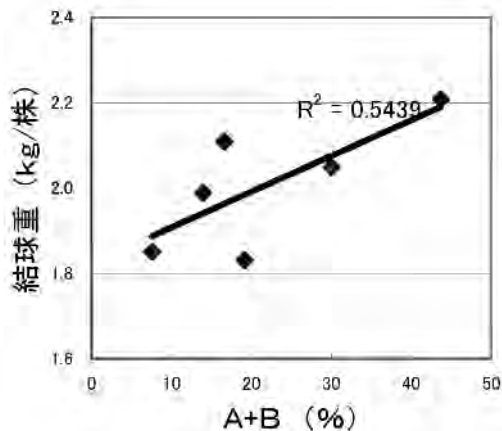
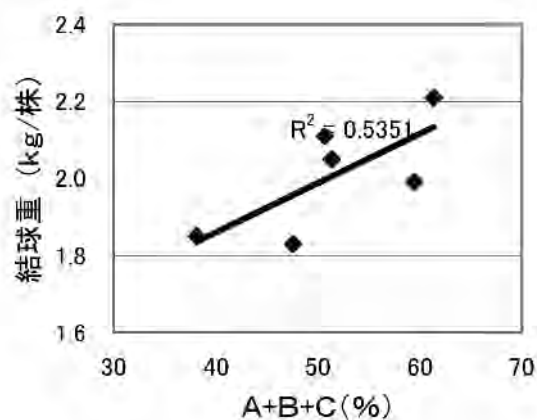


図6 結球量と有機質肥料窒素画分との関係

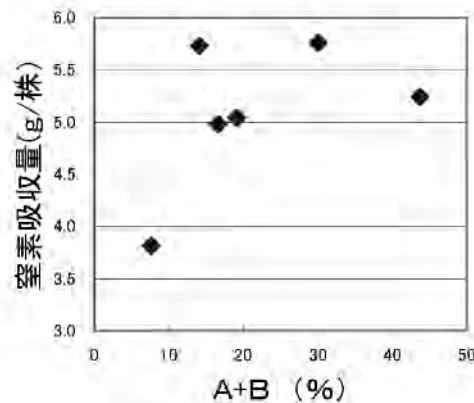
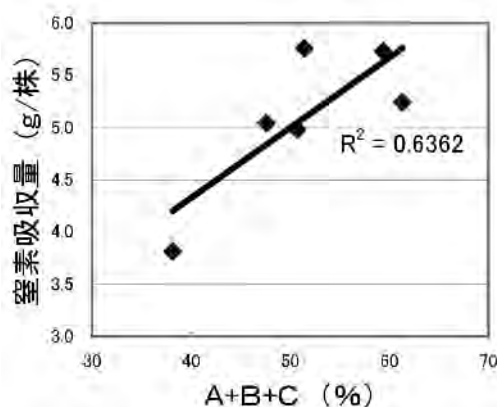


図7 結球窒素吸収量と有機質肥料窒素画分との関係

追肥20-20-20、計30-30-30kg、窒素は全量を有機質肥料からとし、リン酸とカリの過不足分は特に調整していない。基肥と定植を5月9日、追肥を6月5日、摘果開始6月27日、摘果終了11月7日である。栽培期間の降水量は期間全体では平年値の865mmに対して、857mmでほとんど差がなかったが、月別では平年値に比べて5月と7月が多め、6月と8月が少なめに経過した。

<試験結果>

ナスの累積収量曲線および収量調査結果を図8、表7に示す。ナスの摘果は6月下旬から11月上旬の長期にわたったが、8月上旬から下旬にかけて累積収量が著しく増大し、その後も直線的に増加した。最終の累積収量は(カ)で最も高く、次いで(イ)が高く、一方、(キ)が低かった。ナスの果実を長期間成熟させるためには、有機質肥料から一定量以上の養分を持続的に供給できることが必要であり、その供給力の差が反映したと見られる。使用した有機質肥料の窒素分画比率を図9に示した。最終の累積収量と有機質肥料窒素分画との関係をみると、図10に示すように、非

タンパク+可溶性タンパク+膜結合性タンパク(A+B+C)との相関性が高く、これよりも可溶性タンパク+膜結合性タンパク(B+C)との関係が低かった。

ナスは苗定植後6か月の長い栽培期間を要したが、定植直後から窒素の吸収量が直線的に増加するタイプの作物である。したがって、生育初期にはA画分を、次いでB画分、C画分と吸収利用していったとみられる。しかし、D画分の利用には至っていない。

表7 ナスの収量調査結果

肥 料	累積収量 g/株	累積数量 個/株
(ク) 牛ふん堆肥	4871	360
(カ) 生ごみ堆肥	5566	466
(キ) パーク堆肥	4347	386
(イ) 汚泥コンポスト	5380	426
化学肥料	5048	399

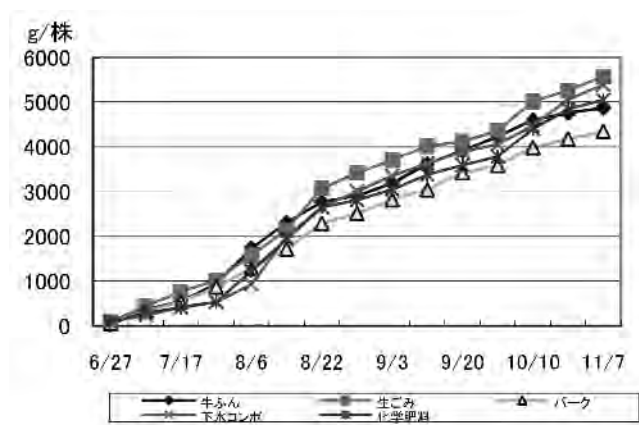


図8 ナスの累積収量曲線

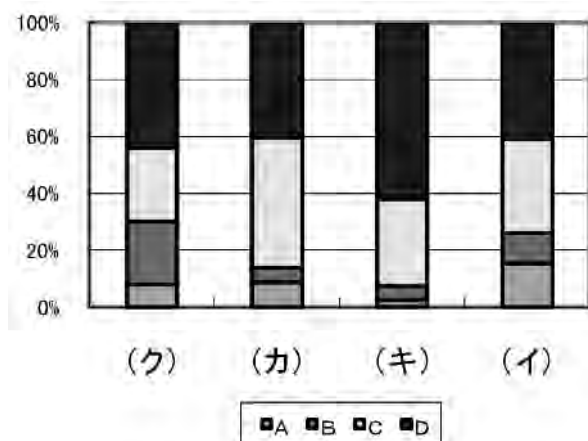


図9 使用有機質肥料の窒素画分

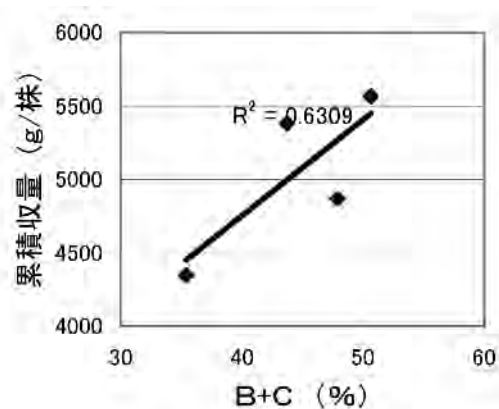
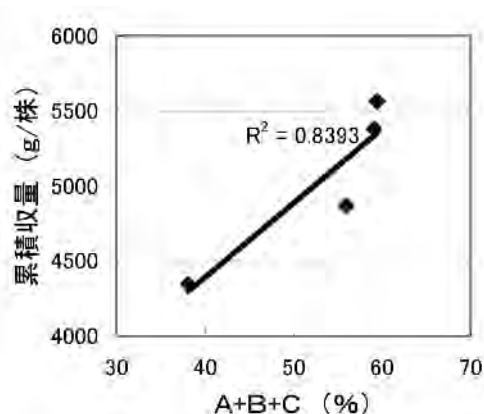


図10 ナス累積収量と有機質肥料窒素画分との関係

考 察

今回取り上げた3種類の野菜類の生育日数はフダンソウでは播種後55日、ハクサイでは苗定植後74日、ナスでは苗定植後183日であり、それぞれ異なっていた。しかし、これらの野菜類は生育パターンや窒素の吸収パターンが初期生育から直線的に増大するタイプの作物であり、収量と有機質肥料の窒素形態別画分との関連で、フダンソウではA+B、ハクサイではA+B+C、ナスではA+B+Cとの関連が最も深かった。A画分がどの作物にも関連していることは、生育初期から積極的に窒素が吸収されていることを示している。生育期間の短いフダンソウではC画分を吸収するまでもなかったとみられる。

窒素形態別画分は野菜類の収量や窒素吸収量と関連することが認められた。A画分は作物にとって速効性であり、生育の初期に利用されやすいが、大雨に遭遇すると溶脱して利用されない場合もあると考えられる。B画分も生育初期に利用され、A画分に比べて溶脱しにくく、生育期間の短い野菜類にとっては利用性の高い画分とみなせる。C画分は緩効性で、生育期間が2ヶ月以上の作物にとっては生育後半に吸収される画分とみなされる。D画分は少なくとも1年以内には利用され難い画分で、リグニンやセルロースが主体と推定される。

作物の窒素の吸収パターンとしては、直線タイプのほかに、生育初期の生長は緩やかで、生育半ば頃から急激に増大していく指数タイプの作物もあれば、中途までは指数タイプに似ているが、生育後半には頭うちになる対数タイプの作物もある。指数タイプや対数タイプの作物では、A画分やB画分がどのような関わりを持つのか確かめる必要があり、今後検討したい。

要 約

下水汚泥コンポストなどの有機質肥料の窒素形態別画分とフダンソウ、ハクサイ、ナスの生育収量との関連性について検討した。

- 1) フダンソウの場合には、非タンパク (A) あるいは非タンパク+可溶性タンパク (A+B) の高いほど、収量が高かった。
- 2) ハクサイの場合には、非タンパク+可溶性タンパク+膜結合性タンパク (A+B+C) が高いほど、結球重の収量が高い傾向が認められた。
- 3) ナスの場合も、ハクサイと同様にA+B+Cが高いほど、累積収量が高い傾向がみられた。
- 4) 供試作物はいずれも初期生育から窒素をほぼ直線的に積極的に吸収する野菜類であり、収量にA画分が関連していることが示唆された。

文 献

- 1) 小柳 渉・安藤義昭・棚橋寿彦：有機質資材の分解特性とその指標、土肥誌、78、407～410 (2007)
- 2) 松村昭治・佐藤拓也：有機質資材窒素の無機化特性評価項目としての酸性デタージェント繊維の有用性、土肥誌、76、645～648 (2005)
- 3) 五十嵐孝典・古畑 哲：窒素化合物の粗分画法による各種コンポストの形態別組成、再生と利用、Vol.34, No. 129. 72～78 (2010)
- 4) 大崎 満：各種有機物成分の分析法、植物栄養分析法、p.204～217、博友社 (1990)

ニュース・スポット

関係団体の動き

「平成23年度 南佐久浄化センターラベンダーまつり『下水道フェア』」について

南佐久環境衛生組合 南佐久浄化センター
管理兼建設係長 高見澤 茂

イベント名称：平成23年度 南佐久浄化センター
ラベンダーまつり『下水道フェア』
日 時：平成23年 7 月 2 日（土）
午前 9 時～午後 3 時
場 所：南佐久浄化センター
（長野県南佐久郡佐久穂町大字宿岩306）
主 催：南佐久環境衛生組合
主なイベント：・ラベンダーの摘み取り
・施設見学会
・下水処理施設模型・啓発用パネルの
展示
・ラベンダースティック・ポプリの作
り方講習
・催し物 トートバック・肥料サンプ
ルの無料配布、金魚すくい、ヨー
ヨーつり、風船、ポップコーン、わ
たあめ、飲み物
来 場 者 数：約1,000人

南佐久環境衛生組合では、下水道施設を広く地域の皆さんに知っていただくとともに、地域の憩いの場となるよう、南佐久浄化センター内に果樹やラベンダーを栽培しています。そのラベンダーが満開を迎える時期に当イベントを毎年開催しております。平成14年から実施し、今年で10回目となりました。運営には職員だけでは手が足りないため、南佐久下水道指定工事店や関係業者のご協力をいただいています。

当日は開始前から大勢の方が来場され、駐車場も満車状態が続きました。金魚すくいやわたあめなどは子供たちに人気で、午前中にはなくなってしまいました。ラベンダースティック・ポプリの作り方講習も盛況で、自分で摘み取ったラベンダーをスタッフに教わりながら楽しく作っていました。

また、施設見学会では、下水処理のしくみや水をきれいにしてくれる微生物を顕微鏡で観察するなど、日頃は見ることができない施設の中を熱心に見学していました。

イベント後の7月4日から8日にはラベンダー畑の一般開放を行いました。こちらも大勢の方がラベンダーを摘んでいかれました。

今後も地域に親しまれる処理場を目指していきたいと思います。



会場風景



肥料サンプル配布



ラベンダー畑



ラベンダー摘み取り



ラベンダースティック作り①



ラベンダースティック作り②



金魚すくい



施設見学会

ニュース・スポット

関係団体の動き

「平成23年度下水道の日県内式典」について

沖縄県土木建築部下水道課
主任 崎山 成子

イベント名称：平成23年度「下水道の日」
県内式典

日 時：平成23年 9 月 5 日（月）
午後 4 時～午後 5 時

場 所：沖縄県庁前県民広場

主 催：沖縄県土木建築部下水道課
内閣府沖縄総合事務局
沖縄県各市町村

協 賛：沖縄県下水道協会

内 容：・県内式典
・打ち水（再生水利用）
・パッション屋良さん司会によるミニコーナー
・パネル展

配 布 物：普及啓発用団扇
花の苗・種子
野菜の種子
リーフレット
下水汚泥配合バガス肥料

目 的：①下水道に対する認識の高揚
②下水道の普及及び接続の促進
③下水道未着手町村の解消
④下水道施設・資源の有効利用促進

1. はじめに

沖縄県は、周囲を青い海に囲まれた島国で、その海はとても重要な観光資源となっております。そのため、下水道の果たす役割はかなり重要なものとなっております。

県には、中部流域下水道那覇処理区及び伊佐浜処理区、中城湾流域下水道志川処理区、中城湾南部流域

下水道西原処理区の 3 流域 4 区を擁しており、また、県内の 41 市町村中 26 市町村が下水道事業を行っております。

2. 下水道の日県内式典について

今年は、9 月 5 日（月）から 9 日（金）を「下水道週間」と定め、初日の県内式典をかわきりに市町村においても様々な活動が実施されました。

平成23年度の県内式典は、県庁前県民広場で午後 4 時より主催者あいさつで始まりしました。今回は、式典時に再生水を使った打ち水を初めて行いました。当日の天気は朝から晴天でしたが、打ち水をする事でしばしの間、涼を感じることが出来ました。また、アトラクションとしてお笑い芸人のパッション屋良さんをお呼びし、桶を使ったコントや、下水道に関するクイズコーナーなどを開催したので、県民の皆様は下水道に対する興味を持っていただけたのではないかと思います。しかもクイズでは、上位 3 人の方に、パッション屋良さんサイン入り打ち水セットや、下水道課職員お手製のマンホール型クッションといった豪華景品も授与されました。

式典と同時に行われているパネル展では、下水道の役割や、下水道資源の有効利用状況、東日本震災の被災状況を展示しました。また、顕微鏡にて処理場で働いている微生物達の姿や、汚水のきれいになる流れをメスシリンダーを用いて分かりやすく展示したので、下水道の事を理解しやすかったかと思います。

式典開始前に行っている下水道広報グッズの配布では、沖縄県のマンホールをモチーフにした団扇や、下水汚泥を配合したバガス肥料と花の苗・種子をセットにして配布しました。式典開始前には、すべての配布物がなくなる程でした。

今回の式典は、打ち水や芸人によるアトラクションなど初めての企画が目白押しでした。また、会場が観光名所である国際通りの入り口ということもあり、観光客の方にもクイズに参加してもらい、県内、県外の

方と問わずに楽しんで頂くことができ、下水道を身近に感じていただけたのではないかと思います。

3. 終わりに

沖縄県の下水道普及率は、平成22年度で66.5%と全国（岩手県、宮城県、福島県の3県を除く）平均の75.1%にはまだまだ届いておらず、低い水準となっています。これからも引き続き整備の促進を図る必要があります。

下水道資源の有効利用では、県的那覇浄化センターにおいては、発生する下水汚泥の堆肥化は100%、再

生水については新都心地区を始め、大型施設ではトイレ洗浄用水や散水用水として利用されております。また、浄化センターの使用電力の約3割をバイオガスを使用した電力で賄っており、下水道の資源循環という新しい役割を果たしているのでは、と考えております。

最後になりましたが、この「下水道の日」県内式典を契機に県民の皆様にご協力とご理解を深めていただき、これからも下水道の普及促進のため、職員一同で頑張っていきたいと思っております。



お手製クッションの授与式



バガス肥料と花の種セット配布



県内市町村 下水道の日広報パレード出発式



再生水になるまで



きれいどころ4人組



みんなで打ち水



パッション屋良さんと下水道博士



管路のなかを調査してくれます



沖縄県下水道課のキャラクターたち

おしらせ

民間企業の投稿のご案内

「再生と利用」（社団法人 日本下水道協会 発行）は会員並びに関連団体に向けて、下水汚泥の有効利用に関する技術や事例等幅広い情報を発信し、一層の利用促進に寄与することを目的に発行しています。

近年、民間企業による調査研究等が積極的に行われ、先進的かつ有用な成果が多数見受けられます。そこで、これらの情報を掲載するため、投稿要領を次のとおり決めましたので、積極的な投稿をお待ちします。

投稿要領

（資格）

1. 本誌への投稿は、原則として下水汚泥の有効利用に携わる民間企業のうち社団法人 日本下水道協会の会員に限ります。ただし、共同執筆（4企業以内）の場合は、同上会員以外の団体を含むことができますが、主たる執筆者は会員団体でなければなりません。

（原稿掲載の取扱い）

2. 原稿掲載の適否は、「再生と利用」編集委員会が決定します。

（掲載可否の判断基準）

3. 掲載適否の主な判断基準は、次の3.1、3.2、3.3、3.4によります。
 - 3.1 単に汚泥処理に関する投稿文でなく、下水汚泥の有効利用の促進に資するものであること。
 - 3.2 特定の団体、製品、工法、新技術等を宣伝することを目的とした投稿文（客観的、合理的な根拠を示すことなく、優秀性、優位性、有効性等について具体名を挙げて記述）でないこと。
ただし、次の場合は除く。
 - ①特定の団体、製品、工法、新技術等の紹介が目的であっても、優秀性、優位性、有効性等の客観性かつ合理的な根拠を明確にし、下水汚泥の有効利用の促進に資すると認められるもの。
 - ②特定の団体、製品、工法、新技術等の名称を記述しているが、単に論文の主旨をわかりやすく伝えるために用いており、投稿文の趣旨とは直接関係のない場合。
 - 3.3 特定の団体、製品、工法、新技術等を誹謗中傷する内容を含む投稿文でないこと。
 - 3.4 その他編集委員会が適当と考える事項について適合していること。

（原稿の作成、部数、送付先等）

4. 原稿の作成は、次のとおりとします。
 - 4.1 査読用 複写原稿2部（図表、写真を含みます）
 - 4.2 事務用 複写原稿1部（図表、写真を含みます）
5. 原稿の送付先は、下記の担当に送付して下さい。

（校正）

6. 印刷時の著者校正は、1回とし、著者校正時の大幅な原稿の変更は認めません。

（著作権等）

7. 掲載した原稿の著作権は著者が保有し、編集著作権は、本会が所有します。

原稿登載区分

登載区分	原稿量（刷上り頁）	内容
研究紹介	8頁程度（原稿制限頁数はA4判により1頁2,300文字（1行24文字横2段））	独創性があり、かつ理論的または実証的な研究の成果
報告	6頁程度（原稿制限頁数は、同上）	技術導入や経営等に関する検討・実施

担当：社団法人 日本下水道協会 技術研究部資源利用研究課

住所 〒101-0047 東京都千代田区内神田2-10-12（内神田すいすいビル6階）

電話 03-6206-0679（直） FAX 03-6206-0796（直）

おしらせ

「再生と利用」への広告掲載方依頼について

日本下水道協会では、下水汚泥発生量の増加、埋立処分地の確保、循環型社会の構築等の課題に対して、地方自治体における下水汚泥の効率的な処理、有効利用を推進する観点から、「再生と利用」を発行しており、下水汚泥の有効利用に関する専門情報誌として、各方面から高い評価を得ています。本誌は地方公共団体を始めとする多くの下水道関係者のみならず、緑農地関係者にも愛読されていることから、広告掲載は情報発信として非常に効果的であると思われます。

つきましては、本誌に広告を掲載して頂きたい、下記のとおり広告掲載の募集を行います。

記

1 発行誌の概要

発行誌名	再生と利用
仕 様	A4判、本文・広告オフセット印刷
総 頁 数	本文 約100頁
発行形態	年 4 回発行（創刊 昭和53年）
発行部数	1,500部
配布対象	地方自治体 関係官庁（国交省、農水省等） 研究機関 関連団体（下水道、農業等）

2 広告掲載料・広告寸法等

掲載場所	サイズ	刷色	広告寸法	紙質	広告掲載料 （1 回当り）
表 3	1 頁	4 色	縦255×横180	アート紙	150,000円
後付	1 頁	1 色	縦255×横180	金マリ菊/46.5kg	40,000円
後付	1/2頁	1 色	縦120×横180	金マリ菊/46.5kg	25,000円

※ 表 3 は指定頁になります。原則として 2 回以上の継続掲載とします。

※ 広告掲載料は、消費税込みの金額です。

3 広告申込方法及び留意事項

- (1) 広告掲載は、本誌の内容に沿った広告に限り行います。
- (2) 広告掲載のお申込みは、掲載月の40日前（1 月末発行号に掲載希望の場合は、12月20日）までに別紙「広告掲載申込書」に広告原稿又は流用広告原稿の写しを添付して、次の 5 に表示の申込先宛にお申し込み下さい。
- (3) 原稿をデータで提出する場合は、データ制作環境（使用OS、アプリケーション、フォント等）を明記のうえ、出力見本を必ず添付して下さい。
- (4) 広告原稿の新規作成又は流用広告原稿の一部修正を依頼する場合は、別紙「広告掲載申込書」にレイアウト案、又は修正指示（流用広告原稿の写しに修正箇所等を明記）をそれぞれ添付して下さい。その際、書体、文字の大

きを指定する等、原稿作成又は修正に必要な事項を明記して下さい。

- (5) 広告原稿の新規作成及び流用広告原稿の一部修正費（デザイン、修正料等）は、広告掲載料とは別に実費をご負担いただきます。
- (6) 本会発行の図書等に掲載した広告に限り、その原稿を流用して掲載することができます。その場合は、別紙「広告掲載申込書」に当該図書名、掲載年月、掲載号等を明記のうえ、原稿の写しを必ず添付して下さい。
- (7) 広告掲載場所は、指定頁以外は原則として申し込み順とさせていただきます。
- (8) 広告申込掲載期間終了後は、その旨通知いたしますが、それ以降の掲載についてご連絡ない場合、または広告申込掲載期間中でも広告掲載料の支払いが滞った場合には、掲載を中止させていただきます。

4 お支払方法等

本誌発行後、広告掲載誌をお送りするとともに、「広告掲載料」及び「広告原稿作成費（広告原稿新規作成及び修正等の場合）」を請求させていただきますので、請求後、1箇月以内にお支払い願います。

なお、送金（振込）手数料は、貴社負担にてお願いします。

5 申込み先及び問合わせ先

広告掲載のお申込み及びお問い合わせ先は、下記の広告業務委託先までお願い致します。

広告業務委託先 (株)LSプランニング（担当：「再生と利用」広告係）
〒135-0046 東京都江東区牡丹2-2-3-105
TEL. 03-5621-7850 (代) FAX. 03-5621-7851
Mail : info@lsweb.co.jp

（参考）

「再生と利用」特集企画予定

- 第134号（平成24年1月発行予定）
次世代型のエネルギー利用
- 第135号（平成24年4月発行予定）
第24回下水汚泥の有効利用に関するセミナー特集

「再生と利用」（134号～135号）広告掲載申込書

社団法人 日本下水道協会 御中

（該当箇所に御記入及び○印を付けて下さい。）

掲 載 希 望 号	134号・135号
掲載場所・サイズ	表3・後付1頁・後付1/2頁
掲 載 料 金	円／回（消費税込み）
広 告 原 稿	完全原稿（データ、版下、フィルム） ・ 新規作成依頼・流用（一部修正含む）
	※広告原稿を流用（一部修正含む）できる媒体は、次の本会発行の図書等に限ります。 「下水道協会誌」（ 年 月号） 「下水道協会会員名簿」（ 年度） 「下水道展ガイドブック」（ 年度） 「下水道研究発表会講演集」（ 回 年度）
掲載料納入方法	該当月納入 ・ 一括前納
備 考	

上記のとおり申し込みます。

平成 年 月 日

会 社 （ 団 体 ） 名 ㊟

住 所 〒

担当者所属・職・氏名 ㊟

TEL
FAX

[広告代理店経由の場合に記入]

広 告 代 理 店 名 ㊟

住 所 〒

担当者所属・職・氏名 ㊟

TEL
FAX

汚泥再資源化活動

第125回「再生と利用」編集委員会

日 時：平成23年 6 月 3 日（金）

場 所：本会第 1・第 2 会議室

出席者：野池委員長、尾崎、姫野、岡本、島田、田村、川崎、粕谷、横山、奥出、中村、北折、山本、福田の各委員

議 題：①平成23年度「再生と利用」編集体制について
②平成23年度「再生と利用」送付部数について
③第132号編集内容について
④第133号編集方針（案）について

概 要：①平成23年度「再生と利用」編集体制②平成23年度「再生と利用」送付部数③第132号編集内容について、事務局から報告を行った。④第133号編集方針（案）について、口絵は事務局案のとおり了承された。巻頭言は事務局案を基本とした。論説及び特別寄稿は下水汚泥緑農地利用にこだわらず、農業系バイオマスのエネルギー利用等も含め、広く人選することとした。解説の下水汚泥緑農地利用の現状について、山形市コンポストモニター制度のアンケート結果を掲載することとした。研究紹介は「白石市における液肥利用の取り組み」について、田村委員から問い合わせをすることとした。Q&Aは田村委員、現場からの声は山本委員がそれぞれ担当し、講座のバイオガス有効利用技術は推進機構に依頼し、コラムは日本ヘルス工業（株）森山理事から次の方を紹介していただくこととした。また、座談会「下水汚泥緑農地利用の現状と課題」について事務局から説明を行った。

第 8 回下水汚泥エネルギー利用調査委員会

日 時：平成23年 6 月 9 日（木）

場 所：本会第 1 会議室

出席者：片山委員長、岡本、落、村井、福田の各委員と宮内、阪口の各代理

議 題：①過年度までの活動経過と今後の予定
②平成21年度までの成果について
③平成22年度業務計画、成果について
④平成23年度業務成果について

概 要：平成22年までの活動実績を報告し、嫌気性消化プロセスを導入する下水処理場の増加を目的とした“嫌気性消化プロセス導入支援ツール”の説明・審議を行った。平成23年度は、委員から頂いた意見をツールに反映し改良するとともに、下水道協会ホームページの「下水汚泥のエネルギー利用」の内容拡充とツール掲載を行う方針を決定した。

座談会「下水汚泥緑農地利用の現状と課題について」

日 時：平成23年 6 月24日（金）

場 所：本会中会議室

別紙掲載

第134号「再生と利用」編集担当者的会議

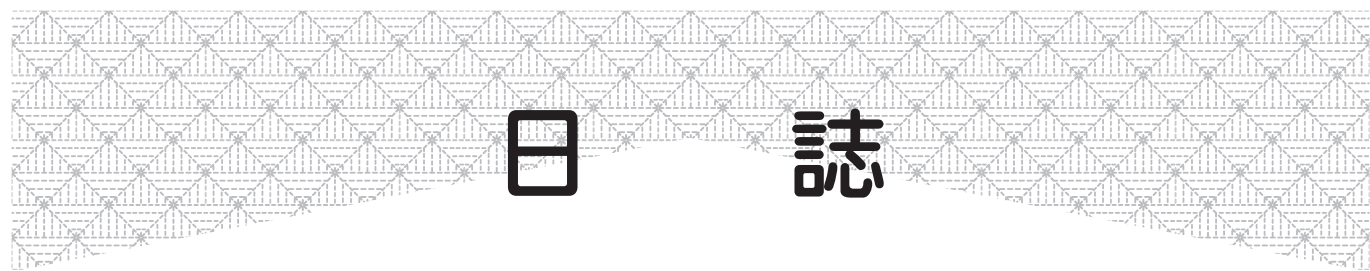
日 時：平成23年 8 月24日（水）

場 所：本会第 2 会議室

出席者：尾崎、島田、田村、横山、中村、北折、福田の各委員

議 題：①第133号「再生と利用」編集内容について
②第134号「再生と利用」編集方針（案）について

概 要：①第133号「再生と利用」編集内容について、一部方針を変更して「下水汚泥系肥料等の製造に対する放射性物質問題の影響について」を追加し、これまでの下水汚泥に関連した時系列の整理と解説をおこない、民間汚泥肥料製造者の声を紹介することとした。②第134号「再生と利用」編集方針（案）について、特集テーマは「下水汚泥等のエネルギー利用における創意工夫」としているが、より適切なタイトルがないか、代替案を検討することとした。130号の特集「地球温暖化対策としての有効利用」はエネルギー利用を全般的に取り上げているので、134号は、特に一工夫した技術や取り組みを紹介することとした。論説は特集のテーマに沿って執筆出来る方をお願いし、各委員から推薦していただくこととした。その他、田村委員に「下水汚泥の悪臭対策と重金属不溶化に使えるマグネシウム資材」の情報確認をお願いした。



日誌

平成23年 6 月 3 日	第125回「再生と利用」編集委員会	本会第1・第2会議室
平成23年 6 月 9 日	第8回下水汚泥エネルギー利用調査委員会	本会第1会議室
平成23年 6 月24日	座談会「下水汚泥緑農地利用の現状と課題について」	本会中会議室
平成23年 8 月24日	第134号「再生と利用」編集担当者会議	本会第2会議室

次号予告

（題名は執筆依頼の標題ですので
変更が生じることもあります）

特集：次世代型のエネルギー利用

講座：汚泥燃料化技術について

研究紹介：①液肥利用の取り組み

②銀イオンと土壌物質との反応性の研究

文献紹介：2編

報告：①エネルギー利用調査委員会報告（嫌気性消化プロセス導入支援ツール等）

②JICA集団研修「下水道維持管理・都市排水コース」における講義

③10月開催のIWA ASPIRE国際会議報告

その他：会報、行事報告、次号予告、関係団体の動き

「再生と利用」編集委員会委員名簿

（順不同・敬称略）

（23.8.31現在）

委員長	日本大学大学院教授・東北大学名誉教授	野池達也
委員	秋田県立大学生物資源学部教授	尾崎保夫
委員	長岡技術科学大学准教授	姫野修司
委員	国土交通省水管理・国土保全局下水道部下水道企画課資源利用係長	西迫里恵
委員	独立行政法人土木研究所材料地盤研究グループ上席研究員（リサイクルチーム）	岡本誠一郎
委員	日本下水道事業団技術戦略部戸田技術開発分室長代理	島田正夫
委員	独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 東北農業研究センター畑作園芸研究領域長	田村有希博
委員	独立行政法人農業環境技術研究所土壌環境研究領域主任研究員	川崎晃
委員	財団法人 日本土壌協会参与土壌部長兼広報部	仲谷紀男
委員	東京都下水道局計画調整部技術開発課技術開発主査（課長補佐）	粕谷誠
委員	札幌市建設局下水道施設部豊平川水処理センター管理係長	横山博司
委員	山形市上下水道部浄化センター所長	奥出晃一
委員	横浜市環境創造局下水道計画調整部下水道事業推進課長	中村永秀
委員	名古屋市上下水道局技術本部計画部技術管理課主査（技術開発）	北折康德
委員	大阪市建設局下水道河川部水環境課担当係長	山本英生
委員	広島市下水道局管理部管理課水質管理担当課長	福田佳之
委員	福岡市道路下水道局下水道施設部施設管理課長	鈴木幸夫

図書案内

下水汚泥分析方法—2007年版—

—下水汚泥の緑農地利用における良質な製品の提供・円滑な流通を図るため—

2008.1 発行 A 4 版 (270頁) 価格5,500円 会員価格4,500円

本書は、下水汚泥を緑農地利用するに際し、品質管理のための分析方法をまとめた1996年版を改訂したものです。関連する肥料取締法、廃棄物の処理および清掃に関する法律および下水道法等の法改正や分析装置を含む分析方法の進歩等をふまえ、分析項目および分析方法の見直しや充実に努めています。

主な改訂を目次（追加項目を下線）にて示すと、以下のとおりです。

目 次

- | | | |
|-------------------|--------------------|--------------------|
| 1. 通則 | 8.1 バックグラウンド | 9.25.2 水素化合物発生 |
| 1.1 適用範囲 | 8.2 干渉 | ICP発光分光分析法 |
| 1.2 原子量 | 8.3 ICP発光分光分析法準備操作 | 9.26 セレン |
| 1.3 質量及び体積 | 8.4 ICP発光分光分析法測定操作 | 9.26.3 水素化合物発生ICP発 |
| 1.4 温度 | 付 ICP質量分析法 | 光分光分析法 |
| 1.5 試薬 | 9. 各成分定量法 | 9.27 ケイ素 |
| 1.6 機器分析法 | 9.1 アルミニウム | 9.28 スズ |
| 1.7 試料 | 9.2 ヒ素 | 9.28.1 原子吸光法 |
| 1.8 結果の表示 | 9.2.3 水素化合物発生 | 9.28.2 ICP発光分光分析法 |
| 1.9 用語 | ICP発光分光分析法 | 9.29 バナジウム |
| 2. 試料の採取と調製 | 9.3 ホウ素 | 9.30 亜鉛 |
| 2.1 試料の採取 | 9.4 炭素 | 10. 人為起源物質 |
| 2.2 調製法 | 9.5 カルシウム | 10.1 PCB |
| 3. 水分 | 9.6 カドミウム | 10.1.1 ガスクロマトグラフ法 |
| 3.1 加熱減量法 | 9.7 塩素（塩化物） | 10.2 アルキル水銀化合物 |
| 4. 灰分 | 9.8 コバルト | 10.2.1 ガスクロマトグラフ法 |
| 4.1 強熱灰化法 | 9.9 クロム | 10.3 揮発性有機化合物 |
| 5. 強熱減量 | 9.10 六価クロム | 10.3.1 ガスクロマトグラフ質 |
| 5.1 強熱灰化法 | 9.10.1 原子吸光法 | 量分析法 |
| 6. 原子吸光法及びICP（誘導結 | 9.10.2 ICP発光分光分析法 | 10.4 農薬類 |
| 合プラズマ）発光分光分析法に | 9.11 銅 | 10.4.1 有機リン農薬（EPN, |
| よる定量方法通則 | 9.12 フッ素 | パラチオン, メチルパラチオン） |
| 6.1 要旨 | 9.13 鉄 | ガスクロマトグラフ法 |
| 6.2 金属等の測定 | 9.14 水銀 | 10.4.2 農薬類 ガスクロマト |
| 6.3 試薬の調製 | 9.15 カリウム | グラフ質量分析法 |
| 6.4 前処理操作 | 9.16 マグネシウム | 11. その他の試験 |
| 7. 原子吸光法による測定時の干渉 | 9.17 マンガン | 11.1 pH |
| 7.1 要旨 | 9.18 モリブデン | 11.2 酸素消費量 |
| 7.2 物理的干渉 | 9.19 窒素 | 11.3 炭素・窒素比 |
| 7.3 分光学的干渉 | 9.20 ナトリウム | 11.4 電気伝導率 |
| 7.4 イオン化干渉 | 9.21 ニッケル | 11.5 植物に対する害に関する栽 |
| 7.5 化学的干渉 | 9.22 リン | 培試験の方法 |
| 7.6 バックグラウンド吸収 | 9.23 鉛 | 【参考資料】 |
| 7.7 準備操作 | 9.24 硫黄 | 1. 幼植物試験とは |
| 7.8 測定操作 | 9.25 アンチモン | 2. 融合コンポスト |
| 8. ICP発光分光分析法による測 | 9.25.1 水素化合物発生 | 付録. 原子量表 |
| 定時の干渉 | 原子吸光法 | 巻末資料 |

編 集 後 記

「温故知新」という言葉があります。ネットの辞書で調べますと、「前に学んだことや昔の事柄をもう一度調べたり考えたりして、新たな道理や知識を見出し、自分のものとする」と書いてあります。長期間継続した業務、あるいは継続させなければならない技術開発などにおいて、「温故知新」は、常に意識しなければならない大切な言葉であると思います。下水汚泥資源利用協議会は、昨年度末に解散されましたが、その役割については、(社)日本下水道協会が引き継いで行きます。先人達の努力の上に、我々現役世代の努力を重ねて行く必要があります、まさに「温故知新」の積み重ねが重要であります。

本号では、「下水汚泥緑農地利用の現状と課題」をテーマに座談会を開催しました。「再生と利用」の前編集委員長で下水汚泥資源利用協議会でも長年お世話になりました東京大学名誉教授の茅野先生の外、4名の先輩達から、下水汚泥コンポストの技術開発などについて、当時のご苦労や工夫をお聞きし、また、今後、緑農地利用がいかにあるべきかなどについてもご意見をいただきました。ご一読いただければ、下水汚泥緑農地利用についての「温故知新」ができると思います。

下水汚泥をはじめとした有機質資材の有効利用においては、様々な「未来」を描くことができます。本号の口絵において、下水道展でも配布した「Bio-solids Recycle in Japan」のパンフレットを紹介しています。日本の優れた下水汚泥有効利用の技術を国際貢献に少しでも役立てていただくために作成したものです。また、論説では、慶応大学の金谷教授にご寄稿いただき、資源循環の将来像を社会システム

の切り口から論じていただいております。講座で紹介しているバイオガス有効利用技術についても、将来的に多くの下水処理場で採用して欲しい技術が解説されています。

特集では、「下水汚泥緑農地利用の現状について」をテーマとしており、筆者もいくつか執筆しております。下水汚泥系肥料の更なる利用促進のためには、イメージアップが欠かせませんが、これがなかなか難題で、関係者が等しく苦労しています。その中で、山形市のコンポストモニターに参加された方々の生の声を紹介していますが、元気づけられる内容で、読んでいただければ、関係者のご苦労が、少しは報われるのではないかと思います。

座談会でも少し触れていますが、下水汚泥系肥料は、使えばその良さが分かっていただけます。現在、下水汚泥系肥料をご愛用いただいている方々への期待に応え、新たな愛用者を獲得するためにも、製造者自らが重金属を含めた品質管理を行う体制を構築し強化する必要があります。巻頭言で(独)農林水産消費安全技術センターの吉羽理事長が書かれていますように、近年の肥料価格の高騰により、今まで以上に汚泥肥料が注目されています。この追い風をぜひ利用できればと思います。

現在、下水汚泥の有効利用には、放射性物質の問題という大きな逆風が吹き荒れています。「再生と利用」では、この逆風についての報告や解説を適宜行いながら、有機質資材の有効利用の追い風になれるよう取り組んでいきたいと思います。

(YO)

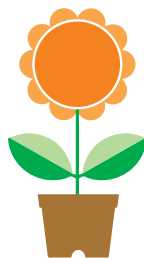
「再生と利用」

Vol. 35 No. 133 (2011)

平成23年10月1日 発行
(平成23年第2)

発行所 社団法人 日本下水道協会

〒101-0047 東京都千代田区内神田2-10-12
(内神田すいすいビル5~8階)
電話 03-6206-0260 (代)
FAX 03-6206-0265



再生と利用

社団法人 日本下水道協会

〒101-0047 東京都千代田区内神田2-10-12 (内神田すいすいビル5～8階)
TEL03-6206-0260 (代表) FAX03-6206-0265