

再生と利用



下水污泥資源利用協議会誌

2010 Vol. 34

No. 129

主要目次

- 口絵** 下水污泥資源利用協議会第33回定例理事会・下水道展'10
名古屋
- 巻頭言** 自然と共生する珠洲市を目指して 泉谷満寿裕
- 論説** 処理規模を考慮した様々な下水污泥処理システムのエネルギー
消費量の比較評価 惣田 訓/池 道彦
- 特集** 下水污泥リサイクル製品の利用促進と安全性確保の取組みについて
- 解説** 愛知県リサイクル資材評価制度『あいくる』について 村澤 勇一
有害重金属の管理のための污泥肥料のサンプリング手法の開発
と、「污泥肥料中の重金属管理手引書」について 田村 勉/大森 健司
(社)地域資源循環技術センターにおけるメタン発酵消化液の液
肥利用促進に向けた取組みについて 岩田 将英/濱井 和博/杉田 秀雄
下水污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 島田 正夫
- 研究紹介** 下水污泥コンポスト由来窒素および炭素の循環—長期連用圃場
での安定同位体自然存在比を利用した解析— 後藤 茂子
下水污泥と稲わらの混合メタン発酵による一括バイオガス化技
術の開発 橘 隆一/姫野 修司/小松 俊哉
- Q&A** 下水污泥の有効利用技術（ガス化炉、炭化炉）について 粕谷 誠
- 現場からの声** 福岡市における消化ガス増量に向けた取り組みについて 山口 律子
- 文献紹介** 下水污泥施用のライフサイクルアセスメント（LCA）と植物経
由によるヒトに対する毒性影響要因の評価 後藤 茂子
下水污泥を用いたごみ埋立処分場のファイトレメディエーショ
ン能の向上（総説） 後藤 茂子
植物地上部および各部位の重金属濃度：土壌—植物平衡モデル 川崎 晃
微生物添加による嫌気性消化システムの消化効率回復効果 水田健太郎
- 講座** 污泥堆肥の緑農地利用講座・とりまとめ—全体紹介と污泥肥料
利用の課題— 川崎 晃
- 特別報告** 農用地の土壌の汚染防止等に関する法律施行令の一部改正等
について 久保賢太郎
- コラム** 来し方、行く末を見極める 小川 吉雄
- 報告** 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 五十嵐孝典/古畑 哲
- 資料** 下水污泥資源利用協議会第33回定例理事会概要/意見交換会の
概要
平成21年度下水污泥を原料とした污泥肥料に関するアンケート
調査結果
ニューススポット、リサイクルスポット
おしらせ（投稿のご案内、広告掲載依頼）、污泥再資源化活動、
日誌・次号予告、会員消息・編集委員会委員名簿、編集後記

下水汚泥資源利用協議会第33回定例理事会

今年度限りで解散へ

於：JAビル301会議室 2010.7.9



議事をすすめる茅野名誉教授

■関連業務は下水協に■

下水汚泥資源利用協議会の第33回定例理事会が7月9日に東京・大手町のJAビル301会議室で開かれました。議事では、昭和52年12月26日の協議会発足当初9%だった下水汚泥有効利用率がさまざまな研究開発や法制度の整備により約80%と飛躍的に増加したことに伴い、協議会の目的は一定程度達成されたとして、平成22年度末をもって解散することとしました。今後は協議会で実施していた下水汚泥有効利用関連業務を日本下水道協会で引き継ぐことが決まりました。理事会後半では、各都市の有効利用の取り組みなど意見交換が行われました。



会長都市の池田市嶋上下水道事業管理者



リサイクル製品などについての活発な意見交換



安中理事長



野池教授



札幌市
宮田部長



横浜市
小浜部長



神戸市
山地課長



福岡市
篠田部長

下水道展'10名古屋 循環のみちを拓く

下水道から取り出した「泥」を資源に役立てよう！

於：ポートメッセ名古屋 2010.7.27～30



リサイクル製品の
説明を熱心に聞く

下水道展'10名古屋が7月27日から30日の4日間にわたり、ポートメッセ名古屋で開かれました。

75,821人の来場者が訪れ、本協議会ブースの説明にも力が入りました。

本年度も、日本下水道協会が事務局を担当している「下水汚泥資源利用協議会」と「下水道高度処理促進全国協議会」が連携し、PRブースを一体的なものとして、効果的・効率的なPRを行いました。



下水汚泥コンポストを
受け取る来場者



利用用途のパネルやリサイクル製品の展示

配布団体名	配布製品名	配布数
札幌市建設局	札幌コンポスト	100
(財)札幌市下水道資源公社		
山形市	山形コンポスト	100
(財)愛知水と緑の公社	サカイソイル	50
	サカイカンピ	50
福岡市道路下水道局	博多のびのび	100
(財)福岡市下水道資源センター		
(株)ピラミッド	還元くん	100
栃木県県土整備部	鬼怒グリーン	100
鹿児島市水道局	サツマソイル	100
甲府市上下水道局	甲州有機	100
甲府市浄化センター		
鶴岡市浄化センター	鶴岡コンポスト	50
豊橋市中島処理場	のんほいユーキ	60
(株)沖縄有機	バガス肥料	100
(株)立山エンジニアリング	タテヤマユーキ	100
国土緑化(株)	ネオソイル	100

リサイクル製品について、左記の自治体の職員及び製造メーカーの方々に、来場者の皆様にコンポストを配布し説明していただきました。

左記の自治体や製造メーカーに、製品を寄贈していただき、事務局にて配布しました。

関係各位の御協力をいただきまして
ありがとうございました。

口
絵

下水汚泥資源利用協議会第33回定例理事会・下水道展'10名古屋

巻
頭
言

自然と共生する珠洲市を目指して 泉谷満寿裕.....(5)

論
説

処理規模を考慮した様々な下水汚泥処理システムのエネルギー消費量の比較評価
..... 惣田 訓／池 道彦.....(6)

特集 下水汚泥リサイクル製品の利用促進と安全性確保の取組みについて

解
説

愛知県リサイクル資材評価制度『あいくる』について 村澤 勇一.....(16)
有害重金属の管理のための汚泥肥料のサンプリング手法の開発と、
「汚泥肥料中の重金属管理手引書」について 田村 勉／大森 健司.....(19)
(社)地域資源循環技術センターにおけるメタン発酵消化液の液肥利用促進に向けた
取組みについて 岩田 将英／濱井 和博／杉田 秀雄.....(34)
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 島田 正夫.....(38)

研
究
紹
介

下水汚泥コンポスト由来窒素および炭素の循環
ー長期連用圃場での安定同位体自然存在比を利用した解析ー 後藤 茂子.....(44)
下水汚泥と稲わらの混合メタン発酵による一括バイオガス化技術の開発
..... 橘 隆一／姫野 修司／小松 俊哉.....(50)

Q
&
A

下水汚泥の有効利用技術（ガス化炉、炭化炉）について 粕谷 誠.....(55)

現
場
か
ら
の
声

福岡市における消化ガス増量に向けた取組みについて 山口 律子.....(57)

文献紹介

下水汚泥施用のライフサイクルアセスメント（LCA）と植物経由による	
ヒトに対する毒性影響要因の評価	後藤 茂子.....(60)
下水汚泥を用いたごみ埋立処分場のファイトレメディエーション能の向上(総説) ...	後藤 茂子.....(61)
植物地上部および各部位の重金属濃度：土壌－植物平衡モデル	川崎 晃.....(62)
微生物添加による嫌気性消化システムの消化効率回復効果	水田健太郎.....(63)

講座

汚泥堆肥の緑農地利用講座・とりまとめ－全体紹介と汚泥肥料利用の課題－	川崎 晃.....(64)
--	---------------

特別報告

農用地の土壌の汚染防止等に関する法律施行令の一部改正等について	久保賢太郎.....(68)
---------------------------------------	----------------

コラム

来し方、行く末を見極める	小川 吉雄.....(71)
--------------------	----------------

報告

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	五十嵐孝典／古畑 哲.....(72)
----------------------------------	---------------------

下水汚泥資源利用協議会第33回定例理事会概要	(79)
意見交換会の概要	(89)
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	(93)
ニューススポット	(111)
リサイクルスポット	(131)
お知らせ（投稿のご案内、広告掲載依頼）	(132)
汚泥再資源化活動	(136)
日誌・次号予告	(137)
会員消息・編集委員会委員名簿	(138)
編集後記	(140)

シンボルマーク	(92)
---------------	------

巻 頭 言

自然と共生する珠洲市を目指して

珠洲市長

泉 谷 満寿裕



地球温暖化防止に向けた関心は年々高まっており、各自治体も具体的な取り組みを進めている。

石川県珠洲市は、能登半島の先端に位置し、美しい里山里海と豊かな食に恵まれ、昔ながらの伝統文化が今もなお息づいている。一方、過疎化が進み、現在、人口は約1万8千人。高齢化率が40%に迫り、生まれてくる子供の数は年間100人に満たない。

珠洲市の最大の課題は、経済を活性化させ、若年層の定着を図ることである。これまで、珠洲市の強みである「食」を中心に、交流人口の拡大と農林水産業の振興を結びつけて取り組んできた。特に農林水産業の後継者を育成するうえで、農林水産物の付加価値の向上、ブランド化が重要である。

自治体を挙げて地球温暖化防止に向けた取り組みを行うことは、極めて重要なことであるが、それによって地域そのものをブランド化し、交流人口の拡大や農林水産物の付加価値向上につなげることができれば、より効果的である。

珠洲市では、国土交通省と環境省のご支援をいただき、平成19年7月に、下水汚泥、農業集落排水汚泥、浄化槽汚泥、し尿、生ゴミの5種混合によるバイオマスメタン発酵処理施設が供用を開始した。発生したメタンガスを燃焼させ、施設内で有効活用するとともに処理残物を肥料化し緑農地に還元する。「為五郎」と名付けた肥料は年間約94トン生産されるが、市民による利用が順調に進み、在庫が全く無い状況である。なお、CO₂の削減量は、従来の処理方法に比べ、年間2,370トンに達する。

さらに、珠洲市では平成21年度に策定したバイオマスタウン構想に沿って、具体的な事業を展開している。例えば、バイオ燃料として活用するために廃食用油を回収する際、珠洲市独自のエコポイントを発行し、商品券やエコグッズなどと交換できるようにしている。

また、時期を同じくして、珠洲風力開発株式会社によって風力発電施設も30基整備された。発電する電力は最大で珠洲市の全世帯で使用する電力の3倍にあたる。珠洲市の電力は全て風力であるといっても過言ではない。

加えて、北陸電力によるメガソーラー発電所の誘致も決定し、併せて各家庭のソーラーパネル設置に際しての補助制度も今年度からスタートさせた。現在、市内の小中学校や、保育所の屋上に太陽光パネルの設置も進めており、CO₂の削減とともに、環境教育の推進にもつなげたいと考えている。

幸い、珠洲市には環境に関わる様々な取り組みを進めていく上での核となる、金沢大学による「里山里海自然学校」があり、連携するNPOや民間団体が里山の保全活動や農産物の直売など活発な活動を展開している。

今後、珠洲市地球温暖化対策新実行計画を策定し、「自然と共生する珠洲市」を目指し、市民と行政が一体となって計画的に取り組むことで、珠洲市そのものをブランド化し、活力ある珠洲市を築いていきたい。

論 説

処理規模を考慮した様々な下水汚泥処理システムのエネルギー消費量の比較評価

大阪大学大学院工学研究科 惣田 訓・池 道彦

キーワード：汚泥処理、エネルギー解析モデル、エネルギー消費原単位、温室効果ガス排出量

1. はじめに

下水汚泥の処理システムは、様々な処理プロセスで構成され、その組み合わせは多様であることから、そのエネルギー消費は大きく異なっているものと考えられる。特定の処理場のデータを解析し、汚泥処理システムのエネルギー消費量を比較した研究はあるが^{1, 2)}、殆どは個別事例の解析にとどまっているため、必ずしも他の汚泥処理システムのエネルギー消費の解析や予

測には応用できない。また、各処理プロセスのエネルギー消費原単位は、処理量によって変化するが、その影響を考慮し、汚泥処理システム全体のエネルギー消費量を定量化した事例も殆どない。本稿では、大都市における様々な処理場のエネルギー消費データを収集・解析し、各処理プロセスのエネルギー消費量を汚泥処理量の関数としたエネルギー解析モデルを作成したうえで、それを用いて様々な汚泥処理システムのエネルギー消費量および温室効果ガス排出量を評価することを試みた成果について述べる。

表1 エネルギー消費原単位式の作成に用いた下水処理場の汚泥処理方式³⁻⁵⁾

処理場	汚泥処理量 (m ³ /d)	汚泥含水率 (%)	固形物量 (t-DS/d)	濃縮	消化	脱水	焼却	溶融
OO	8980	99.5	43.9	遠心濃縮	高温消化	遠心脱水	-	-
ON	8350	99.7	28.5	遠心濃縮	高温消化	遠心脱水	-	-
OT	16000	99.3	53.4	遠心濃縮	高温消化	遠心脱水	-	-
OE	10740	99.6	36.7	遠心濃縮	高温消化	遠心脱水	-	-
OM	1540	98.0	30.3	-	-	遠心脱水	-	旋廻溶融炉
OH	11170	99.7	28.1	重力濃縮	中温消化	遠心脱水	流動焼却炉 +多段焼却炉	-
OF	12450	99.5	57.3	重力濃縮	-	遠心脱水	多段焼却炉	旋廻溶融炉
O1・2	3640	99.5	18.2	遠心濃縮	中温消化	ベルトプレス	流動焼却炉 +多段焼却炉	-
O3	4560	98.9	50.1	遠心濃縮	中温消化	加圧ろ過	流動焼却炉 +多段焼却炉	-
KR	3110	99.5	15.5	浮上濃縮	中温消化	ベルトプレス	流動焼却炉	-
HH	2010	99.1	18.1	浮上濃縮	中温消化	遠心脱水	-	-
ND	3960	99.4	23.8	浮上濃縮	中温消化	ベルトプレス	階段式ストーカ炉	-
ST	10360	99.6	41.4	浮上濃縮	-	スクリュープレス	流動焼却炉	-

2. 電力・熱消費量の原単位式の作成と検証

2.1 原単位関数の作成

エネルギー消費原単位式の作成のため、財団法人大阪科学技術センター³⁾と大阪市都市環境局下水道部⁴⁾からデータを収集した。それらの下水処理場の污泥処理方式を表1に示す。これらの下水処理場の各処理プロセスに投入された污泥量に対する電力および熱量の消費量実績から、各々の原単位を求めた。污泥処理の各工程における消費電力および熱量消費の原単位を、污泥処理量（規模）との関係からそれぞれ図1、2に示した。

(1) 濃縮プロセス

図1Aに濃縮プロセスの電力消費原単位を示している。濃縮プロセスでは、污泥かき寄せ設備や搅拌設備

の動力などに電力が消費されており、污泥濃縮方式は、重力濃縮と機械濃縮の2種類に大別できる。重力濃縮に比べ、機械濃縮（遠心濃縮、浮上濃縮）の電力消費原単位は非常に大きいため、重力濃縮方式と機械濃縮方式で区分して原単位式を作成した。重力濃縮方式はあまりエネルギーを消費しないが、污泥濃度を必ずしも十分に高めることができず、濃縮後の嫌気性消化・脱水プロセスも考慮すると、機械濃縮方式のほうが電力・コスト削減に適切であるという報告もある⁶⁾。

(2) 嫌気性消化プロセス

図1Bに消化プロセスの電力消費原単位を消化温度別に示す。嫌気性消化プロセスでは、消化槽の搅拌動力やポンプ動力などに電力が消費され、消化槽の加温に熱エネルギーが消費されている。嫌気性消化プロセスは、中温消化（約35℃）または高温消化（約55℃）

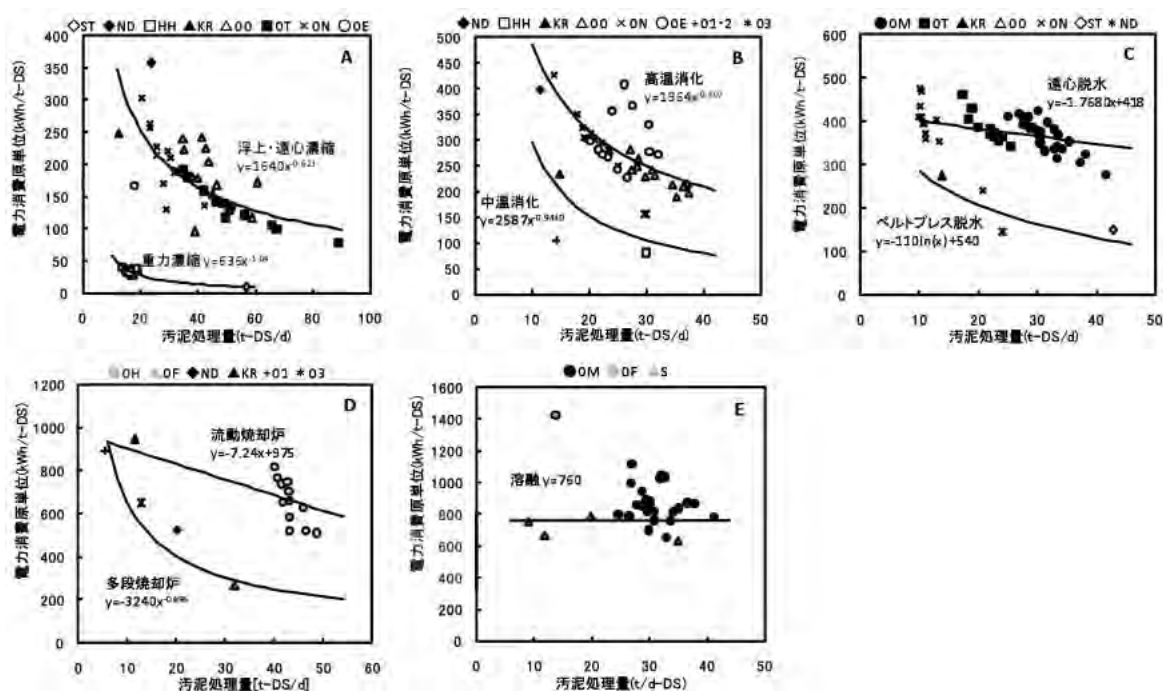


図1 污泥処理の各単位プロセスの電力消費原単位。(A) 濃縮、(B) 消化、(C) 脱水、(D) 焼却、(E) 溶融。各処理場の詳細を表1に示す。

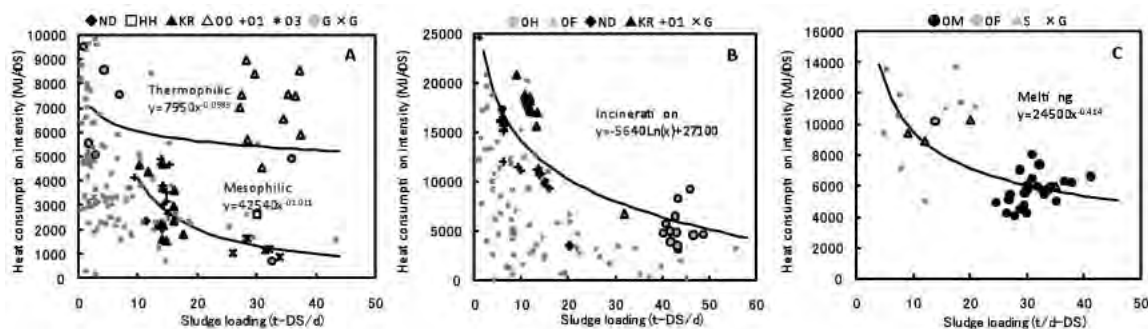


図2 污泥処理の各単位プロセスの熱消費原単位。(A) 消化、(B) 焼却、(C) 溶融。各処理場の詳細を表1に示す。凡例 G は下水道統計のデータを示す。

に区分され、一般に高温処理の容積負荷は中温発酵の倍ぐらいに設定でき、加水分解率や病原性微生物の死滅率が高い反面、有機酸を蓄積しやすいこともある。図示した通り、中温消化よりも高温消化の方が、電力消費原単位が大きくなったが、これは消化温度を高温に保つために中温消化よりも付帯設備が多いことが原因であると考えられる。

図2Aに嫌気性消化プロセスの熱消費原単位を示す。下水道統計⁵⁾から収集した中温消化の熱消費量データは、汚泥処理量が5 t/dよりも少ないデータが多いため、この少ない汚泥処理量で熱消費量を除した熱消費原単位値の変動幅が大きくなったことから、下水道統計のデータを除き、熱消費原単位式を算出した。高温消化を行っているOO処理場での熱消費原単位は、他の処理場よりも特異的に大きかったが、これは消化槽の保温が十分確保されていない試験段階であったためであり、そのためOO処理場を除いて原単位式を作成した。

(3) 脱水プロセス

図1Cに脱水プロセスの電力消費原単位を示す。脱水プロセスは、埋立処分、焼却・溶融処理を行うための重要な減量化プロセスとして位置付けられる。下水汚泥の含水率は、通常95～98%であるが、脱水することで83～85%にまで低下させることができる。脱水プロセスでは、脱水機の搅拌動力やポンプ動力などで電力が消費される。ここでは、ベルトプレス脱水と遠心脱水で区分し、電力消費原単位の関数式を作成したところ、ベルトプレス脱水機に比べ、遠心脱水機の電力消費原単位が大きい傾向を示した。また、脱水プロセスでは、汚泥の脱水性を向上させるために高分子有機凝集剤や塩化第二鉄などの無機凝集剤が使用され、その製造過程における温室効果ガスの排出量の重要性も指摘されている⁷⁾。

(4) 焼却プロセス

図1Dに焼却プロセスの電力消費原単位を示す。焼却プロセスでは、炉の流動空気ブロワやファン、ポンプ動力などに電力が消費され、汚泥の乾燥・燃焼に熱エネルギーが消費されている。OH処理場では、多段焼却炉200t/dが1基、流動焼却炉150t/dが2基稼動しているが、それらを合計した電力消費量のデータしか入手できなかったが、流動焼却炉の方が稼働基数・処理量が多かったことから、これを流動焼却炉に分類し、流動焼却炉と多段焼却炉で別々に関数式を作成した。図2Bに焼却プロセスの熱消費原単位を示す。ここでは、下水道統計のデータを除き、焼却炉の種類を分けずに熱消費原単位式を算出した。

(5) 溶融プロセス

図1Dに溶融プロセスの電力消費原単位式を示す。溶融プロセスでは、溶融炉の流動空気ブロワやファン、ポンプ動力などに電力が消費され、溶融炉での汚泥の乾燥・燃焼のために熱エネルギーが必要とされる。図のように、OF処理場を除けば、電力消費原単位は汚泥処理量・溶融炉の種類に関係なく一定であると判断でき、その値を759kWh/t-DSとした。溶融プロセスの熱消費原単位式は、図2Cに示すように溶融炉の種類を区別せずに作成した。

2.2 評価モデルの精度検証

先の解析から、各汚泥処理プロセスについてスケールを考慮したエネルギー（電力、熱）消費原単位式を表2に要約した。この原単位式に各処理プロセスに投入される固形物量を代入してエネルギー消費原単位を決定し、さらにその値に各処理プロセスに投入される固形物量を乗じることで、エネルギー消費量を算出することができる。この原単位式を用いて、様々な汚泥処理システムのエネルギー消費量を計算し、実績値と

表2 汚泥の単位処理プロセスのエネルギー消費原単位式

処理プロセス	処理方式区分	電力消費原単位 (KWh/t-DS)	熱消費原単位 (MJ/t-DS)
濃縮	重力濃縮	$640X^{-1.04}$ ($r = -0.96$)	-
	機械濃縮	$1640X^{-0.623}$ ($r = -0.73$)	-
消化	高温消化	$1960X^{-0.607}$ ($r = -0.73$)	$7550X^{-0.0989}$ ($r = -0.50$)
	中温消化	$2590X^{-0.949}$ ($r = -0.73$)	$42507X^{-1.011}$ ($r = -0.71$)
脱水	遠心脱水	$-1.77X+418$ ($r = -0.81$)	-
	ベルトプレス脱水	$-110\ln(X)+540$ ($r = -0.84$)	-
焼却	流動床焼却炉	$-7.24X+976$ ($r = -0.94$)	$-5640\ln(X)+27160$ ($r = -0.84$)
	多段式焼却炉	$3240X^{-0.696}$ ($r = -0.96$)	
溶融	-	760	$24500X^{-0.415}$ ($r = -0.70$)

X：投入固形物量 (t-DS/d)，r：相関係数

表3 汚泥処理システムA～Dの概要^{4, 5)}

	A処理場	B処理場	C処理場	D処理場
濃縮	機械濃縮	重力濃縮	機械濃縮	-
処理システム	初沈汚泥：重力 余剰汚泥：重力+遠心	初沈汚泥：重力 余剰汚泥：重力	初沈汚泥：重力 余剰汚泥：浮上	
	高温消化	高温消化	中温消化	-
	遠心脱水	遠心脱水	ベルトプレス脱水	遠心脱水
	-	流動焼却炉	流動焼却炉	-
	-	-	-	旋廻溶融炉
汚泥処理量 (m ³ /d)	16,000	11,200	3,100	1,570
汚泥固形物量 (t-DS/d)	53.4	28.1	15.0	30.3
投入汚泥有機分 (%)	80.0	73.0	84.6	58.0
消化率 (%)	61.0	49.0	44.3	-
消化ガス発生係数 (Nm ³ /t-VS)	576	385	549	-
凝集剤添加率 (%)	1.5	1.2	1.0	2.3
備考		他の下水処理場から脱 水汚泥 (144 t/d) を 受け入れており、混合 して焼却処理している		他の下水処理場から消 化汚泥 (1,570 m ³ /d) を受け入れており、脱 水・溶融処理している

の比較検証を行った。比較検証に用いた各処理場^{4, 5)}の特徴を表3に示す。各処理プロセスにおける一般的な含水率や汚泥密度の変化、固形物回収率を表4のように仮定し、各処理場の物質・エネルギー収支を計算した。図3に各処理場のエネルギー消費量の実績値と計算値を示す。

A処理場では、場内で発生した汚泥を濃縮、高温消化、遠心脱水によって処理している（図3A）。濃縮プロセスにおける電力消費量の計算値は、実績値に対して13%の過大評価となったが、嫌気性消化プロセスにおける熱消費量や脱水における電力消費量の計算値は、実績値との差が5%以下であった。嫌気性消化プロセスにおける電力消費量の実績値はないが、計算によると9200kWh/dと推定することができた。

B処理場では、場内で発生した汚泥を重力濃縮、高温消化、遠心脱水した後、外部から受け入れた脱水汚泥とともに流動焼却炉で混合処理を行っている（図3B）。濃縮、消化、脱水の各プロセスの内訳は不明であるが、これらの3つプロセスの電力消費量の合計の実績値は15500kWh/dであり、エネルギー解析モデルによる計算値はこの値を良好な精度で算出し（14300kWh/d）、さらに3つのプロセスの電力消費量の内訳を図3Bのように濃縮プロセス551kWh/d、消化プロセス7170kWh/d、脱水プロセス6650kWh/dと推定することができた。外部からの汚泥を受け入れている焼却炉のエネルギー消費量も良好な精度で計算で

きた。

C処理場では、場内で発生した汚泥を濃縮、中温消化、ベルトプレス脱水、流動焼却によって処理している（図3C）。濃縮プロセスにおける電力消費量の計算値は、実績値に対して47%の過大評価となった。一方、脱水プロセスにおける電力消費量の計算値は、実績値に対して53%の過小評価となった。これは脱水機に投入する汚泥量の計算値が実績値に対して31%と過小評価されていることが大きな原因であり、むしろ嫌気消化プロセスにおける汚泥の減容化率の実績値が通常より小さいようにも思える。

D処理場では、外部から受け入れた汚泥のみを処理しており、遠心脱水後に旋回溶融炉にて処理している。この溶融炉のエネルギー消費量もエネルギー解析モデルは良好な精度で算出している（図3D）。

本研究では、特定の処理場の正確な電力・燃料消費量を算出することが目的ではなく、処理規模を考慮することができる汎用的なエネルギー解析モデルを構築することを目的としていることから、本モデルの精度は、この誤差範囲内でも十分であると考えられる。一方、特定の汚泥処理場のエネルギー消費量は、補機を含めた場内にある設備の定格能力、電動機容量、基数、電流値、稼働時間などのデータを収集することで、誤差をより小さくできることが報告されている⁸⁾。

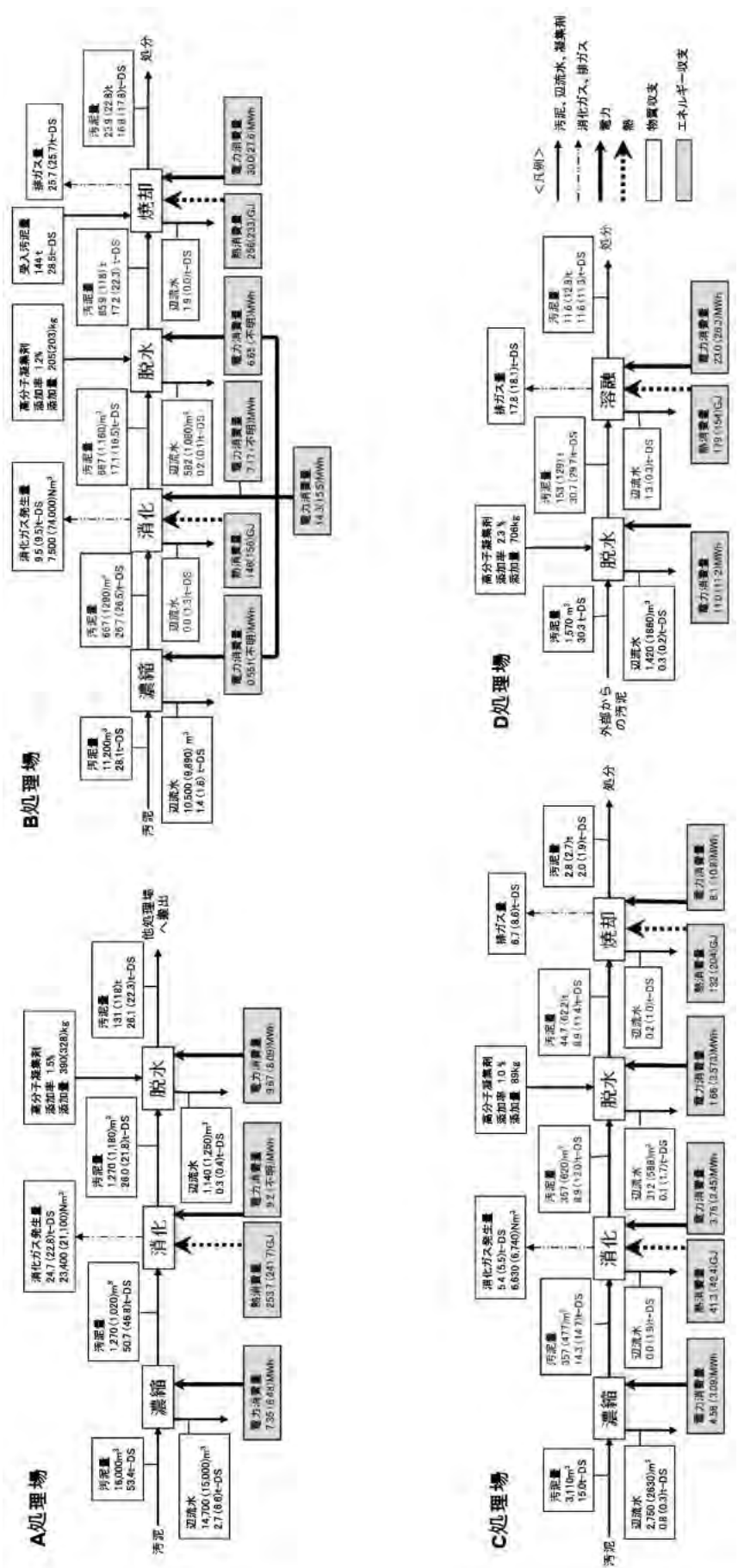


図 3 A～D処理場における1日あたりの物質・エネルギー収支：エネルギー解析モデルを用いた計算値と実績値（括弧内の数値）の比較。A～D処理場の処理プロセスの詳細を表3に示す。

3. 処理規模を考慮した様々な汚泥処理システムの一次エネルギー消費量・温室効果ガス排出量の評価

3.1 評価ケース

原単位式の信頼性を確認することができたことから、それらを組み合わせたエネルギー解析モデルを用いて様々な汚泥処理システムのエネルギー消費量を推定し、比較評価した。表4に比較対象とした各ケースのシステム構成を示す。汚泥の最終処分形態は、ケース1～4は脱水ケーキ、ケース5～8は焼却灰、ケース9～12は溶融スラグである。また、対象規模として、小規模処理（2000m³/d）と大規模処理（12000m³/d）を想定した。また、ケース7、8、11、12では、嫌気

性消化プロセスから発生する消化ガスを有効利用することを想定した。

各処理プロセスにおける汚泥性状の設定を表5に、一次エネルギー消費量の算出や消化ガスの有効利用に関する設定を表6、7に示す。消化ガスを熱利用するケース7、11では、物質収支の計算過程において消化ガス発生量を算出し、消化槽で必要とされる熱量と比較した。消化プロセスの熱消費量よりも消化ガスによって供給できる熱量が大きい場合は、外部からの投入熱量を0とし、さらに消化ガス量が余剰となった場合は、焼却・溶融炉の代替補助燃料として利用するものとした。一方、消化槽の熱消費量よりも消化ガスで供給できる熱量が小さい場合は、消化ガス熱量分を差し引いて、外部から投入する熱量を算出した。消化ガ

表4 汚泥処理システムの設定

ケース	汚泥処理システム	最終処分量	
		小規模 (2000m ³ /d)	大規模 (12000 m ³ /d)
1	濃縮→脱水	脱水ケーキ 38.0 t/d	228.0 t/d
2	濃縮→中温消化→脱水		
3	濃縮→中温消化→脱水（消化ガスの熱利用）	脱水ケーキ 21.3 t/d	127.7 t/d
4	濃縮→中温消化→脱水（消化ガスの発電利用）		
5	濃縮→脱水→焼却		
6	濃縮→中温消化→脱水→焼却		
7	濃縮→中温消化→脱水→焼却（消化ガスの熱利用）	焼却灰 2.0 t/d	11.7 t/d
8	濃縮→中温消化→脱水→焼却（消化ガスの発電利用）		
9	濃縮→脱水→溶融		
10	濃縮→中温消化→脱水→溶融		
11	濃縮→中温消化→脱水→溶融（消化ガスの熱利用）	溶融スラグ 1.4 t/d	8.2 t/d
12	濃縮→中温消化→脱水→溶融（消化ガスの発電利用）		

表5 物質収支モデルのパラメータ値

処理方式	投入汚泥	濃縮後	消化後	脱水後	焼却後	溶融後
	-	機械濃縮	中温消化	遠心脱水	流動焼却炉+ 多段焼却炉	旋廻溶融炉
含水率（%）	99.6 ^a	96.0 ^a	98.0 ^a	80.0 ^a	30.0 ^a	0.0 ^a
有機分（%）	80.0 ^a	80.0 ^a	- ^b	80.0 ^c	0.0 ^d	0.0 ^d
固形物回収率（%）	-	95.0 ^{a,d}	-	99.0 ^a	90.0 ^d	90.0 ^d
汚泥密度（t/m ³ ）	1.0 ^e	1.0 ^e	1.0 ^e	1.0 ^e	0.55 ^e	1.6 ^e
消化率（%）	-	-	55.0 ^a	-	-	-
消化ガス発生係数（Nm ³ /t-VS）	-	-	460.0 ^a	-	-	-
高分子凝集剤添加率（%）	-	-	-	1.0 ^a	-	-

^a 大阪市都市環境局下水道部⁴⁾

^b 消化後の有機分含有率は、投入汚泥の有機分と消化率から算出した。

^c 消化プロセスを経由しない場合は80.0とし、消化プロセスを経由する場合は、消化後の有機分含有率を導入した。

^d 社団法人日本下水道協会⁵⁾

^e 富山県下水汚泥処理基本計画⁹⁾

表 6 消化ガスの有効利用に関する設定値

パラメータ	値
消化ガス精製のための電力消費原単位 (kWh/Nm ³ -CH ₄)	0.387 ²⁾
消化ガス中のメタン濃度 (%)	60.7 ¹⁰⁾
メタン低位発熱量 (MJ/Nm ³ , LHV)	35.9 ¹⁰⁾
ボイラー熱効率 (%)	87.0 ¹⁰⁾
ガスエンジン発電効率 (%)	33.0 ⁵⁾
ガスエンジン排熱回収率 (%)	34.0 ¹¹⁾

表 7 下水汚泥の処理システムにおけるCO₂発生量の算出に関する設定値

パラメータ	値
一次エネルギー換算係数	
電力 (MJ/kWh)	9.76 ¹²⁾
都市ガス (MJ/Nm ³)	45.0 ¹⁰⁾
温室効果ガス排出係数	
電力 (kg-CO ₂ /kWh)	0.410 ¹³⁾
都市ガス (kg-CO ₂ /Nm ³)	2.28 ¹⁴⁾
凝集剤 (kg-CO ₂ /t)	6.534 ¹⁵⁾

スを発電利用するケース 8、12では、発電量と廃熱回収量を算出した。ガスエンジンの発電効率は全国の 23ヶ所の下水処理場で導入されているものの平均値を設定した¹⁵⁾。廃熱を消化槽の加温に利用するものとし、廃熱供給量および消化プロセスに投入する外部からの熱量を算出した。

3.2 様々な汚泥処理システムのエネルギー消費量の評価

各シナリオ別に算出した一次エネルギー消費量を図 4 に示す。

ケース 1～4 は、下水汚泥の最終処分形態を脱水汚泥としている場合である。汚泥処理量が小規模 (2000m³/d) の場合、ケース 1 とケース 2 を比較すると、嫌気性消化プロセスの導入によって、消化槽を加温するために全体の一次エネルギー消費量が約 2 倍に増加した。ケース 3、4 では消化ガスを有効利用することによって、一次エネルギー消費量を削減することができ、消化ガスを発電利用するケース 4 では、ケース 1 よりも一次エネルギー消費量を削減できる結果となった。同様に、汚泥処理量が大規模 (12,000m³/d) の場合、消化ガスを有効利用することで、ケース 2 よりも一次エネルギー消費量を大幅に削減できる結果となった。しかも、ケース 3 では、余剰消化ガスが大量に発生しており、さらなる有効利用が可能であることが示唆された。ケース 4 では、消化ガスによる発電量が、この解析で定義される汚泥処理システム内の電力

消費量を上回った。表 4 に示すように脱水ケーキの最終処分量は、ケース 1 では小規模処理 (2000m³/d) および大規模処理 (12000m³/d) において、それぞれ 38t-DS/d、228t-DS/d であったのに対し、ケース 2～4 では嫌気性消化プロセスを導入したことにより、それぞれ 21.3 t-DS/d、127.7 t-DS/d にまで削減できる結果となった。

ケース 5～8 では、脱水ケーキを焼却処理することで、最終処分量を約 1/10 に減量できる計算結果となった。しかし、これに伴って、焼却炉で消費するエネルギーによってシステム全体の一次エネルギー消費量は増加する結果になった。ケース 5 と 6 を比べると小規模処理では、嫌気性消化プロセスの導入によって一次エネルギー消費量は微増しているが、ケース 7、8 では、消化ガスを熱や電力に有効利用する効果が表れている。大規模処理では消化ガスを有効利用する効果がさらに顕著に表れており、ケース 7 では消化槽の加温と焼却プロセスの燃焼に熱利用しても消化ガスが余剰となり、ケース 8 では消化ガスを発電利用した後の熱を消化槽の加温に利用しても、余剰廃熱が発生した。

ケース 9～12 では、脱水ケーキを溶融処理することで、表 4 に示すように最終処分量を溶融スラグとしてさらに減量できる計算結果となった。溶融処理によってシステム全体の一次エネルギー消費量は、ケース 1～4 に比べて増加する結果になったが、本研究で設定した原単位式では、焼却プロセスを導入したケース 5～8 と比較すると、溶融プロセスを導入したケース 9

～12のほうが一次エネルギー消費量は小さい傾向となった。ケース11、12では、消化ガスを熱や電力に有効利用する効果が表れており、特に大規模では、焼却プロセスを導入した場合のように、余剰廃熱が発生した。

3.3 様々な汚泥処理システムの温室効果ガス排出量の評価

HouillonとJolliet¹⁶⁾は脱水汚泥の埋め立て処分と焼却処分の影響を汚泥処理システム全体の温室効果ガス排出量を含めたライフサイクルアセスメント（LCA）で評価した結果、埋立処分における残留有機物の微生物分解によって発生するCH₄の影響量が非常に大きく、焼却処分をする方が埋立処分をするよりも温室効果ガス排出量が大幅に減少することを示唆している。そこで、日本における埋立処分場の残余容量の逼迫も考慮し、一次エネルギー消費量による評価に加えて、各ケースの温室効果ガス排出量の評価を試みた。

ここでは汚泥処理システムの建設段階や廃棄段階は

考慮せず、運用段階のエネルギー消費量を評価することで、汚泥処理システムのライフサイクルにおける全エネルギー消費量の大小関係をおおまかに評価できるものと仮定した。HwangとHanaki⁷⁾は、LCA手法を用いて、汚泥処理プロセスの建設段階・運用段階のCO₂排出量を定量化した結果、運用段階のCO₂排出量が80%以上を占めていることを報告している。中島ら¹⁷⁾も、下水道システムのLCA評価を行っており、建設時よりも運用時に多くのエネルギーを消費し、CO₂を排出することを示している。表7、8に温室効果ガス排出量の算出に関する設定条件を示す。各処理プロセスで消費される一次エネルギーや凝集剤の製造に由来して排出されるCO₂、および各処理プロセスと最終処分場で発生するCH₄とN₂Oを算定対象とした。消化槽の加温や焼却・溶融の補助燃料用として都市ガスを想定した。電力のCO₂排出係数は、平成18年度の電気事業者別排出係数として公表されている各電力会社の平均値を用いた¹³⁾。

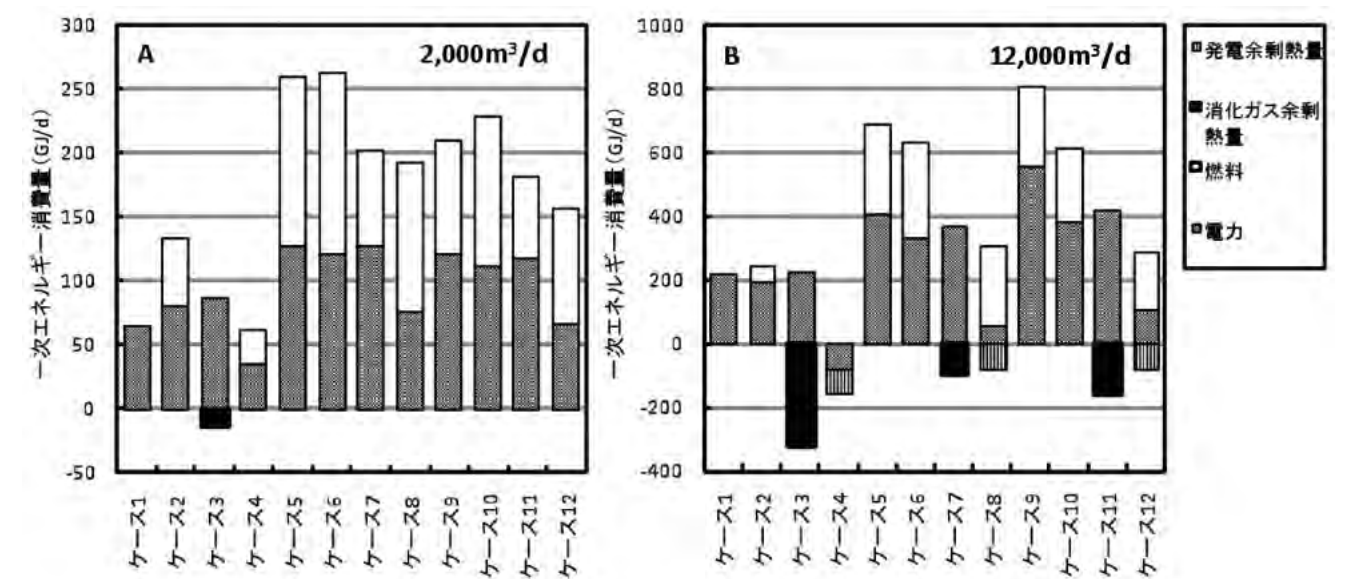


図4 様々な汚泥処理システムの一次エネルギー消費量の算定。(A) 2000 m³/d、(B) 12000 m³/d。ケース1～12の汚泥処理システム構成を表4に示す。

表8 下水汚泥の処理システムにおけるCH₄・N₂Oの発生原単位

	CH ₄	N ₂ O	備考
濃縮 (kg/m³)	0.105 ¹⁸⁾	0.021 ¹⁸⁾	
脱水 (kg/m³)	0.174 ¹⁸⁾	0.011 ¹⁸⁾	
焼却 (kg/m³)	0.036 ^{19,20)}	0.645 ^{19,20)}	流動焼却炉を想定
溶融 (kg/m³)	0.036 ^{19,20)}	0.2 ^{19,20)}	
脱水ケーキ (kg/t-DS)	66.7 ²¹⁾	0.6 ²¹⁾	CH ₄ は準好気埋立の場合、N ₂ Oはコンポストプロセスの場合を想定
焼却灰 (kg/t-DS)	0	0	焼却灰には有機分がないと仮定した
溶融スラグ (kg/t-DS)	0	0	溶融スラグには有機分がないと仮定した

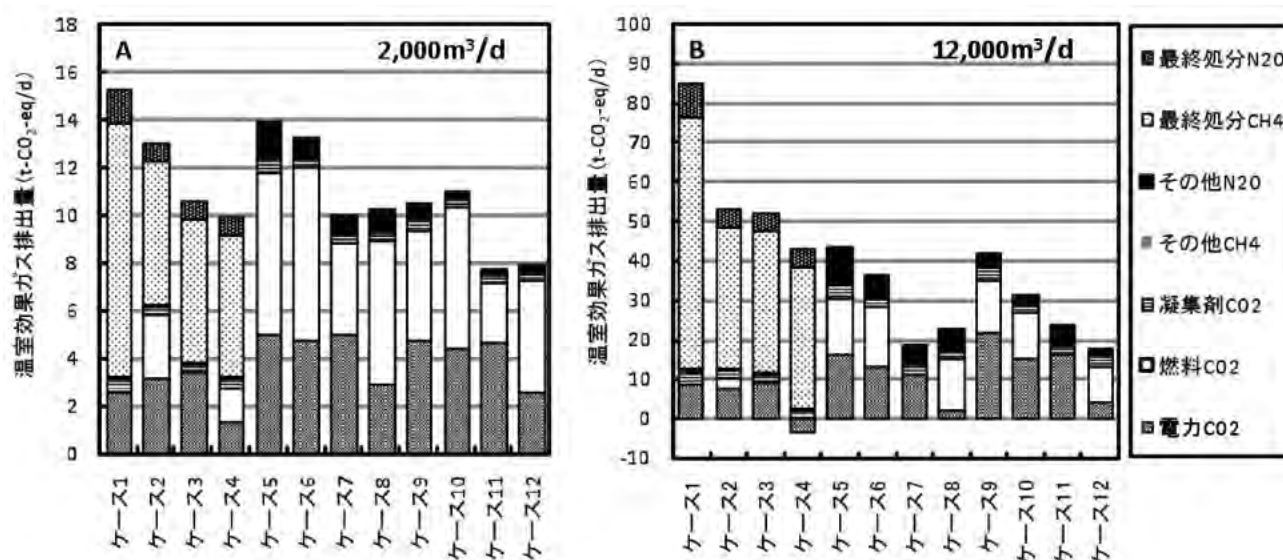


図5 様々な汚泥処理システムの温室効果ガス排出量の算定。(A) 2000 m³/d、(B) 12000 m³/d。ケース1～12の汚泥処理システム構成を表4に示す。

各ケースにおける温室効果ガス排出量の算定結果を図5に示す。ケース1～4は、焼却・溶融を行わないため、一次エネルギー消費量は図4に示したように他のケースに比べて少なかったが、脱水汚泥が埋立処分されることによって温室効果が高いCH₄とN₂Oが発生するため、温室効果ガス排出量の合計は、非常に大きな値となった。特に大規模処理の場合は、ケース1～4において埋立処分場における温室効果ガス排出量が膨大となり、やはりケース5～12のように焼却・溶融プロセスを導入することで、埋立処分場におけるCH₄とN₂O排出量を削減し、さらには嫌気性消化プロセスから発生する消化ガスを有効利用することが望ましいことが示唆された。エネルギー消費量は、汚泥処理システムの比較のための一つの指標ではあるが、このように温室効果ガス排出量やコストなどを指標とした解析も必要である。なお、CH₄の排出量は、埋立処分場の状況によって変化するものであり、ここでは準好気型埋立処分場を仮定しているが、嫌気埋立処分場の場合は約2倍のCH₄が排出されると考えられる。また、N₂Oの発生機構は未解明な部分が多く、その排出係数は、汚泥のコンポストプロセスの値を用いているが、その値は不確実性が高いものである。温室効果ガス排出量の算定根拠となっている実データは少なく、今後のデータの蓄積に伴う見直しが必要である。

4. まとめ

本研究では、様々な汚泥処理プロセスのエネルギー消費原単位を汚泥処理量の関数として整理した。処理汚泥量が多いほど、各処理プロセスのエネルギー消費

原単位が減少することが確認され、特に大規模な汚泥処理場の優位性が確認された。これらの原単位式を組み合わせたエネルギー解析モデルは、実際の処理場のエネルギー消費データが反映され、かつ、汎用性のある解析結果を導き出すことができ、汚泥処理規模の違いを評価することができる。さらに本モデルを用い、様々な汚泥処理システムを比較したところ、設定した汚泥処理システムの一次エネルギー消費量や温室効果ガス排出量の大小関係は、汚泥処理量によってやはり異なる結果となった。本モデルの課題としては、個々の処理プロセスのエネルギー消費に影響を与える因子（含水率、有機物含有率など）や焼却廃熱などの未利用エネルギーを評価することが挙げられる。

本稿は用水と廃水²²⁾ならびにWater Science and Technology²³⁾に発表した論文に修正、加筆することで作成しました。大阪市建設局の関係各位から貴重なデータの提供を頂き、共同研究者である岩井良真氏、清和成先生、下田吉之先生（大阪大学）からは、多大なご助言とご協力を賜りました。また、本研究の一部は、社団法人近畿建設局研究助成を受けて行われました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) Hospido, A., Moreira, M. T., Martin, M., Rigola, M. and Feijoo, G.: Environmental evaluation of different treatment processes for sludge from urban wastewater treatments: anaerobic digestion versus thermal processes. *Int. J. LCA*, 10 (5), 336-345 (2005).

- 2) 安井英斉、小松和也、松橋隆治、大橋晶良、原田秀樹：地域特性を考慮した嫌気性消化プロセスと消化ガスの利用に関するLCA. 環境工学研究論文集、42、171-182 (2005).
- 3) 財団法人大阪科学技術センター：平成18年度 下水バイオマスエネルギー高度活用システム調査研究 報告書 (2007).
- 4) 大阪市都市環境局下水道部：平成17年度 下水処理場水質管理年報 (2005).
- 5) 社団法人日本下水道協会：平成16年度版 下水道統計 行政編 (2004).
- 6) 松永一成、内田信一郎、油谷昭夫、福智真和、嶋岡忠敬：汚泥処理システムの評価に関する研究 (1). 環境技術、15、91-102 (1986).
- 7) Hwang, Y. and Hanaki, K.: The generation of CO₂ in sewage sludge treatment systems: life cycle assessment. *Wat. Sci. Technol.*, 41 (8), 107-113 (2000).
- 8) 島田正夫、猪木博雅、羽山秀樹：エネルギー自立型処理場構築のためのシミュレータの開発. 第43回下水道研究発表会講演集、40-42 (2006).
- 9) 富山県下水汚泥処理基本計画：汚泥処理の現状と課題 (2006).
- 10) 財団法人大阪科学技術センター：平成16年度下水処理施設におけるバイオマスエネルギー活用に関する研究 報告書 (2005).
- 11) 佐藤哲、松橋隆治、吉田好邦：下水汚泥処理における温室効果ガス排出削減技術の検討. 第20回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集、227-230 (2004).
- 12) 財団法人省エネルギーセンター：平成18年4月1日改正省エネ法 (2006).
- 13) 環境省：平成18年度の電気事業者別排出係数の公表について (2006).
- 14) 環境省：温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル (2006).
- 15) 社団法人日本下水道協会：下水道における地球温暖化防止実行計画策定の手引き (1999).
- 16) Houillon, G. and Joliet, O.: Life cycle assessment of processes for the treatment of wastewater urban sludge. *J. Cleaner Production*, 13 (3), 287-299 (2005).
- 17) 中島英一郎、山下洋正、中島智史：下水道システムのLCA評価に関する研究. 平成14年度下水道関係調査研究年次報告書集 (2002).
- 18) 栗林栄、杉本束：下水道施設の地球温暖化防止対策に関する調査研究. 第39回下水道研究発表会講演集、197-199 (2002).
- 19) 社団法人日本下水道協会：下水道における地球温暖化防止実行計画策定の手引き (1999).
- 20) 資源のみち委員会：資源のみち実現に向けて報告書 (2004).
- 21) 環境省温室効果ガス排出量算定方法検討委員会：温室効果ガス排出量算定に関する検討委員会第4部廃棄物分科会報告書. (2006).
- 22) 惣田訓、岩井良真、清和成、下田吉之、池道彦：処理規模を考慮したエネルギー解析モデルによる様々な下水汚泥処理システムのエネルギー消費量の比較評価. 用水と廃水、51、226-236 (2009).
- 23) Soda, S., Iwai, Y., Sei, K., Shimoda, Y., and Ike, M. (2010) Model analysis of energy consumption and greenhouse gas emissions of sewage sludge treatment systems with different processes and scales. *Wat. Sci. Technol.*, 61, 365-373.

特集：下水汚泥リサイクル製品の利用促進と安全性確保の取組みについて

解 説

愛知県リサイクル資材評価制度
『あいくる』について

愛知県建設部建設企画課長

村 澤 勇 一

キーワード：あいくる、認定制度、率先利用、評価基準、リサイクル

1. はじめに

愛知県では、社会経済のさまざまな分野で環境への配慮をより一層重視する「環境先進県あいち」を目指して、積極的な取り組みを進めています。

その一環として、県では、公共工事でリサイクル資材を積極的に活用するため、本県独自の建設リサイクル資材の認定制度（以下「あいくる」と呼ぶ）を平成14年4月に創設し、循環型社会の形成に取り組んでいます。

2. 「あいくる」の概要

1) あいくる制度の生い立ち

「あいくる」の起こりは、平成13年度予算に向けての建設部の一技術系職員の施策提案に始まる。その後、「環境先進県あいち」を目指す知事の主要施策の一つとして採用され、平成13年度に制度の構築を行い、平成14年4月から運用を開始しました。

愛知県では、平成13年1月に、本庁を対象としたISO14001の認証を取得しているが、施策提案からわずか1年半あまりで制度を立ち上げた背景には、多く

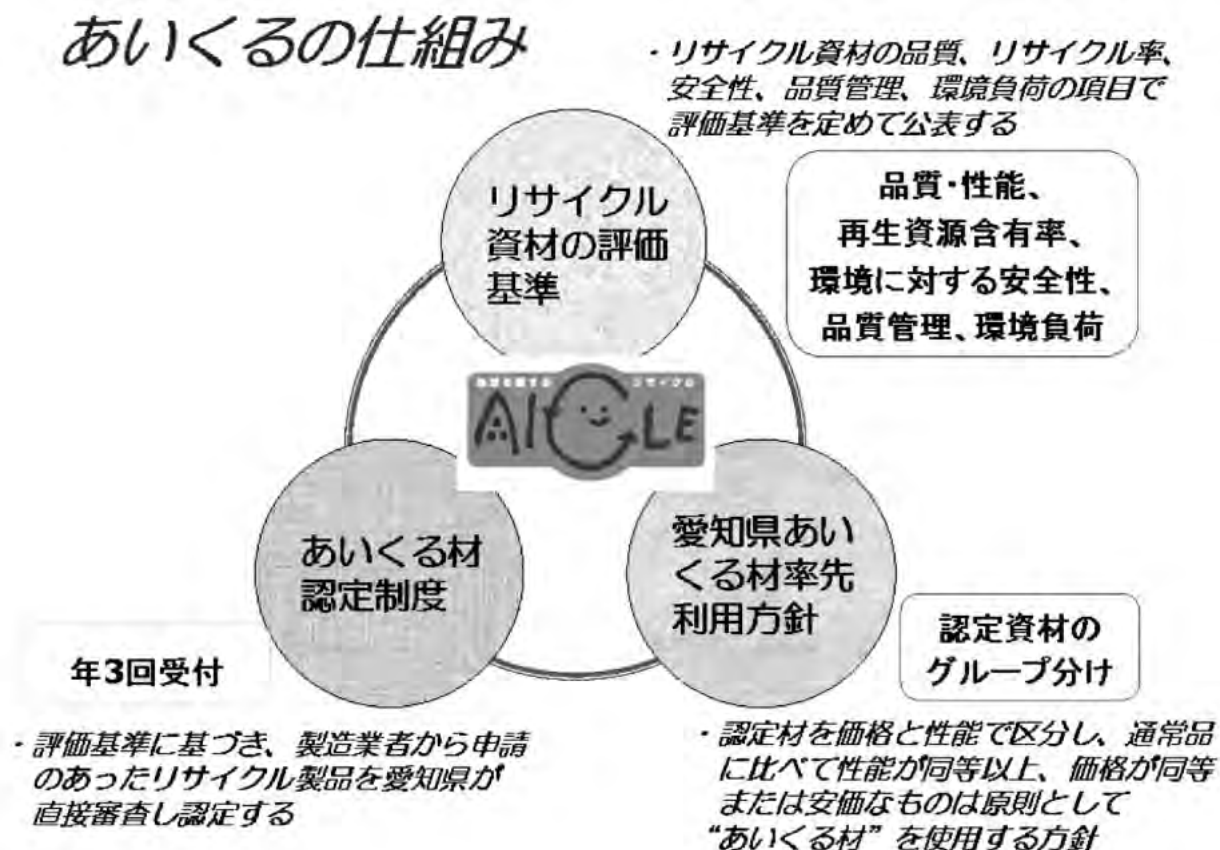
の人々の環境問題に対する関心の高まりを反映しています。

2) 「あいくる」制度化の背景

平成13年4月に施行されたいわゆるグリーン購入法により、グリーン調達とは、国や地方公共団体などにとって重要な課題となっています。公共工事におけるリサイクル製品の使用の取り組みは、資材の使用量が多いことや、建設副産物のみならず、さまざまな産業からの廃棄物が建設資材にリサイクルされていることなどから、大きな環境負荷低減の効果が見込まれています。

しかしながら、公共工事の標準仕様書では、主に新材の品質を想定して使用する資材を指定しており、リサイクル資材を使用しようとする、それぞれの発注部署で標準仕様書への適合性を判断しなければならなかった。このことが、良質なりサイクル資材が数多く製造されているにもかかわらず、公共工事でのリサイクル資材の利用が進まない大きな阻害要因となっていました。

このため、リサイクル資材についての認定基準をあらかじめ定め、これに適合するものを認定して、公共工事への使用を促進することを目的として「あいくる」が制度化されました。



図－1

3) 制度の内容

「あいくる」では、図－1に示すように、リサイクル資材の性能規定化すなわちリサイクル資材の評価基準の作成と、評価認定事務、そして、愛知県あいくる材率先利用方針の運用の三つを関係付けながら運用しています。

①リサイクル資材の性能規定化

リサイクル資材を公共工事で使用するためには、資材ごとに品質等の基準を示し、標準仕様書等に適合している製品であることを明確にする必要があります。

「あいくる」では、各品目に、品質・性能、再生資源の含有率、環境に対する安全性、品質管理、環境負荷の項目についての評価基準を作成し、県のホームページで公表しています。

②あいくる材の認定制度

公共工事でリサイクル資材を使用する場合、評価基準の作成だけでなく、リサイクル資材の認定を行うことにより、リサイクル資材を製造しようという業者の参入を促すとともに、工事発注部署がリサイクル資材を使いやすい環境を作っていくことが不可欠です。

「あいくる」では、現在、建設部建設企画課におい

て認定申請を年3回受付し、学識経験者等からなる評価委員会の議を経て認定しています。

③あいくる材率先利用方針

認定したあいくる材の利用方針を明確にするため、「愛知県あいくる材率先利用方針」を定めています。この方針では、工事を担当する職員や工事請負者等にあいくる材を率先利用するよう義務付けているほか、あいくる材を標準仕様書等に適合しているものとして取り扱うことも定めています。また、あいくる材の率先利用の円滑化のため、利用の難易度等をもとに三つのグループに区分し、特にAグループに関しては、特段の理由がない限り率先利用を義務付けています。

④「あいくる」の特色

現在、全国の都道府県の半数以上がリサイクル製品の認定制度を実施しているが、「あいくる」は、以下の特色を持っています。

- 公共工事での利用を前提として、認定資材を建設資材に限定しています。
- 建設部局が制度を創設し、運用しています。
- 再生原料の発生地やリサイクル資材の製造地を愛知県内に限定していません。

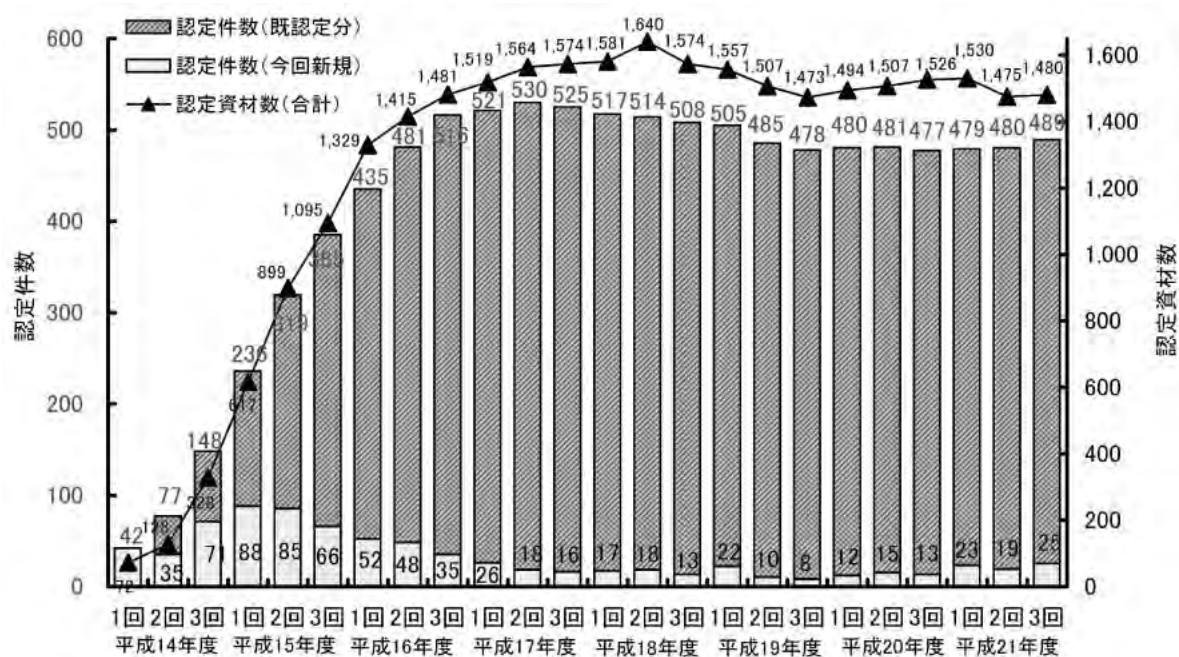


表-1

3. 「あいくる」の実績

「あいくる」は、平成14年4月に、17品目の評価基準をもって発足したが、その後、リサイクル資材製造者の製品開発動向や要望等を受け、評価基準の改正および追加を順次行い、平成22年4月1日現在、26品目について評価基準を定めています。

また、認定の実績としては、平成22年3月31日現在、23品目、489件、1,480資材となっています（表-1）。

このうち下水道の汚泥を再生資源とした建設資材としては、「下水道汚泥利用肥料」、「溶融スラグを細骨材として利用したコンクリート二次製品」、「舗装用ブロック」、「土壌改良材」の4品目が認定されています。

4. 今後の取り組み（おわりにかえて）

あいくる開始以来、愛知県ではあいくる材の利用が大きく伸びています。今後とも、公共工事におけるリサイクル資材の促進に、あいくるは大きな役割を果たしていくと考えています。

循環型社会の実現には、愛知県にとどまらず、全国に「リサイクルの輪」を広げていくことが必要であり、今後とも「あいくる」を広くアピールすることによって全国で同様な制度が普及することを願うものです。

※愛知県リサイクル資材評価制度

URL：<http://www.pref.aichi.jp/kensetsu-kikaku/recycle/shizai.html>

特集：下水汚泥リサイクル製品の利用促進と安全性確保の取組みについて

解 説

有害重金属の管理のための汚泥肥料の
サンプリング手法の開発と、「汚泥肥料
中の重金属管理手引書」について

農林水産省消費・安全局農産安全管理課

田村 勉・大森 健司

キーワード：肥料、汚泥、重金属、管理、サンプリング

1. はじめに

下水や工業用排水の処理工程で生じる汚泥を原料とする肥料（以下、「汚泥肥料」と言います。）は、カドミウム等の有害物質を高濃度に含有する恐れがあります。肥料に有害物質がある濃度を超えて含まれていれば、植物の生育に障害があるばかりでなく、農用地土壌を通じてそこで栽培される農作物を汚染し、人の健康に悪影響を及ぼす可能性があります。そこで、汚泥肥料については、公定規格を設けて有害成分の最大含有許容量や原料に含まれる重金属等の溶出量の基準が定められているところです（表1）。

一方、肥料を取り巻く最近の状況を見ると、肥料原料価格が高騰し、依然として高止まりしていることから、汚泥の肥料原料としての活用が進むことが見込まれます。

そこで、汚泥肥料の生産実態等を検証し、汚泥肥料のより良い規制について検討するため、平成20年度に「汚泥肥料の規制のあり方に関する懇談会（以下、「懇談会」と言います。）を開催し、汚泥を生じる下水道等の事業者の団体、学識経験者、汚泥肥料製造業界、施肥指導者、消費者団体等の様々な立場を代表する

方々10人の委員に、行政の責任者も加わって議論をし、平成21年3月に報告書を取りまとめたところです^{*1}。

懇談会の結論としては、「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。ここで言う「品質管理」とは、有害重金属の含有量を適切に管理することということです。

この、汚泥肥料の品質管理に関連して、農林水産省では独立行政法人 農林水産消費安全技術センター（以下、「FAMIC」と言います。）と連携し、平成20～21年度に有害重金属の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に取り組みました。

本稿では、この事業の背景や具体的内容、事業において開発された、有害重金属に着目した汚泥肥料の品質管理のための簡易なサンプリング手法について紹介します。さらに、この簡易なサンプリング手法を取り入れて農林水産省で作成した、汚泥肥料の安全性を向上させるための重金属管理のための手引書について紹介します。

2. 事業の背景

先ほど述べたとおり、懇談会では「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

表1 汚泥肥料の公定規格と登録銘柄数

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	ひ素 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	92
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 し尿又は動物の排泄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	ひ素 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	319
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	ひ素 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	138
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	ひ素 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	22
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	ひ素 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	59
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	ひ素 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	939

備考：登録銘柄数は、平成22年8月現在。

の方向性が得られました。

ところで、肥料取締法に基づく近年の立入検査では、重金属の基準値を超過した事案がいくつか見られますが、これらはほぼ全て汚泥肥料です（表2）。その原因の多くは特定できていません。その理由としては、①原料として使用する汚泥を多数の発生源から受け入れていること、②汚泥肥料の製造には長期間を要することから、トレーサビリティの確立が困難であること、などが挙げられます。

従って、重金属に着目して汚泥肥料の品質管理を進める場合は、原料の判別等入り口でのチェックを行うよりも、肥料製品の出荷前段階でロットを代表する試料を適切にサンプリング、分析することにより、不良な肥料の出荷を防ぐことが適当だと考えられます。

汚泥肥料のサンプリング方法としては現在、JIS K 0060（産業廃棄物のサンプリング方法）による層別サンプリング法（図1）が用いられています。本方法は精密である反面、1ロット*2で堆積物の山を作って押し広げ、インクリメント*3を採取するという困難な作業・労力が要求されます。

そこで本事業では、重金属のうち、植物に必須性が認められておらず、土壤中の濃度が農作物の生育阻害が認められる水準以下の場合でもそこで生産された農作物が比較的高濃度で含有しヒトに被害を生じる可能性があるカドミウムに関し、汚泥肥料生産者が管理のために自ら実施できる簡易サンプリング法2種類について、層別サンプリング法と比較し、その適用方法や条件について検討を行いました。

表2 重金属の基準値を超過した最近の事案

公表	肥料の種類	原 料	検出された 有害成分 (カッコ内は許容量)
H18.7.27	焼成汚泥肥料	し尿汚泥	Cd 6.0ppm (5ppm)
H18.11.24	汚泥発酵肥料	し尿、浄化槽汚泥、食品加工残渣	Hg 2.6ppm (2ppm)
H19.5.18	し尿汚泥肥料	し尿、浄化槽汚泥	Hg 6.0ppm (2ppm)
H19.6.19	焼成汚泥肥料	し尿、浄化槽汚泥	Cd 9.9ppm (5ppm)
H19.10.18	焼成汚泥肥料	し尿、浄化槽汚泥、生活雑排水	Pb 180ppm (100ppm)
H20.6.26	下水汚泥肥料	下水汚泥	Hg 3ppm (2ppm)
H20.7.15	汚泥発酵肥料	し尿汚泥（農業集落排水）	Hg 6ppm (2ppm)
H21.2.25	し尿汚泥肥料	し尿、浄化槽汚泥	Hg 6ppm (2ppm)
H21.2.25	汚泥発酵肥料	し尿汚泥（し尿、浄化槽汚泥）、食品残さ	Pb 300ppm (100ppm)
H21.3.30	水産副産物 発酵肥料	水産副産物（ホタテ）、樹皮	Cd 9.0ppm (5ppm)
H22.1.29	し尿汚泥肥料	し尿、浄化槽汚泥	Hg 3ppm (2ppm)
H22.2.24	し尿汚泥肥料	し尿汚泥	As 100ppm (50ppm)

備考：平成22年3月までに公表したものを集計

3. 事業の内容

(1) 汚泥肥料のロット内カドミウム濃度のばらつきの調査

そもそも汚泥肥料のロット内のカドミウム濃度のばらつきが大きいようなら、サンプリングにおいて簡易な手法を使うことはできません。そこで、汚泥肥料のロット内のカドミウム濃度のばらつきを確認しました。

具体的には、肥料取締法上の汚泥肥料の公定規格の区分である、下水汚泥肥料、し尿汚泥肥料、工業汚泥肥料、混合汚泥肥料のほか、これらを焼成した焼成汚泥肥料、堆積腐熟させた汚泥発酵肥料の6種類（表1）について、生産方法、生産規模等を考慮して43事業場を選定し、それぞれ1ロットから層別サンプリング法により40号インクリメントスコップ（容量は約730mL）（図2）で10インクリメントを採取し、カドミウム濃度を分析しました。その結果、各事業場のカドミウム分析値の標準偏差は0.01～0.20mg/kgであり、公定規格で定める最大含有許容量（5mg/kg）に比較して十分小さい値でした。また、汚泥肥料の種類、生産方法、生産規模等による違いは見られませんでした。従って、一般的に汚泥肥料は生産工程において均質化されロット内のばらつきはほとんどなく、簡易なサンプリング

方法が適用できる可能性が示されました。

(2) 簡易サンプリング手法の開発

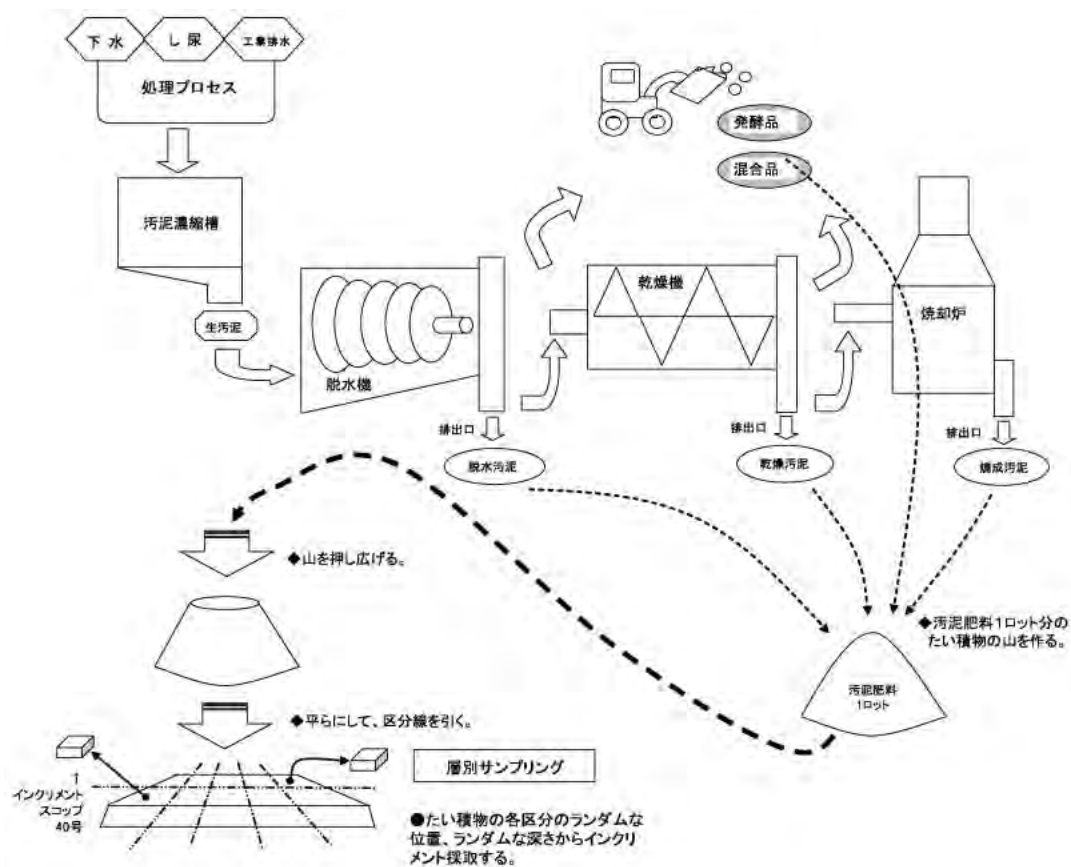
簡易サンプリング方法として、簡易コンベヤサンプリング法及び簡易トップサンプリング法について、採取試料の分析結果のばらつきを層別サンプリング法のそれと比較し、適用方法や条件について検討を行いました。

簡易コンベヤサンプリング法として、サンプリング対象物の1ロットがコンベヤ上を流れている場合などに、一定量又は一定時間間隔でインクリメントを採取する方法を検討しました（図3）。また、簡易トップサンプリング法として、サンプリング対象物の1ロットがたい積された山の表層の任意の場所からインクリメントを採取する方法を検討しました（図4）。

43事業場において2種類の簡易サンプリング法及び層別サンプリング法で採取した試料のカドミウム分析値から平均値及び標準偏差を算出し、F検定及びt検定を実施しました。

簡易コンベヤサンプリング法については、ベルトコンベヤ上、脱水機排出口、ホッパー投入口、ホッパー排出口、袋詰め製品などで試したところ、分散については4事業場、平均値については6事業場で5%有意水準で差が認められましたが、いずれも定量下限（0.1mg/kg）と同程度以下の差しかありませんでした。

たい積された1ロットの汚泥肥料を、任意の深さから採取できるように平らに広げ10区分を行い各区分の任意の場所、任意の深さから1インクリメントずつ採取する。(JIS K 0060:1992 産業廃棄物のサンプリング方法 4.1.1 参照)



層別サンプリングのイメージ

トラックの荷台上で層別サンプリングを行う場合の例



10 区画の任意の場所、任意の深さからインクリメント採取

図1 層別サンプリング法

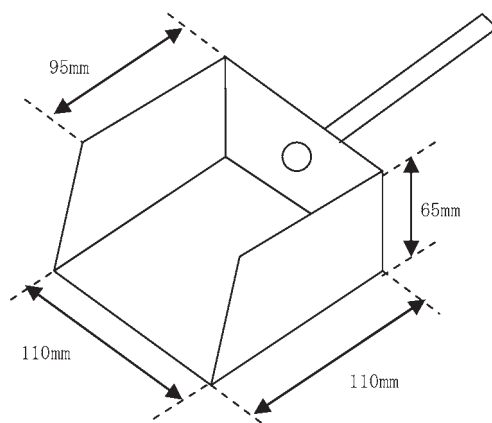


図2 40号インクリメントスコップ

1. イメージ図

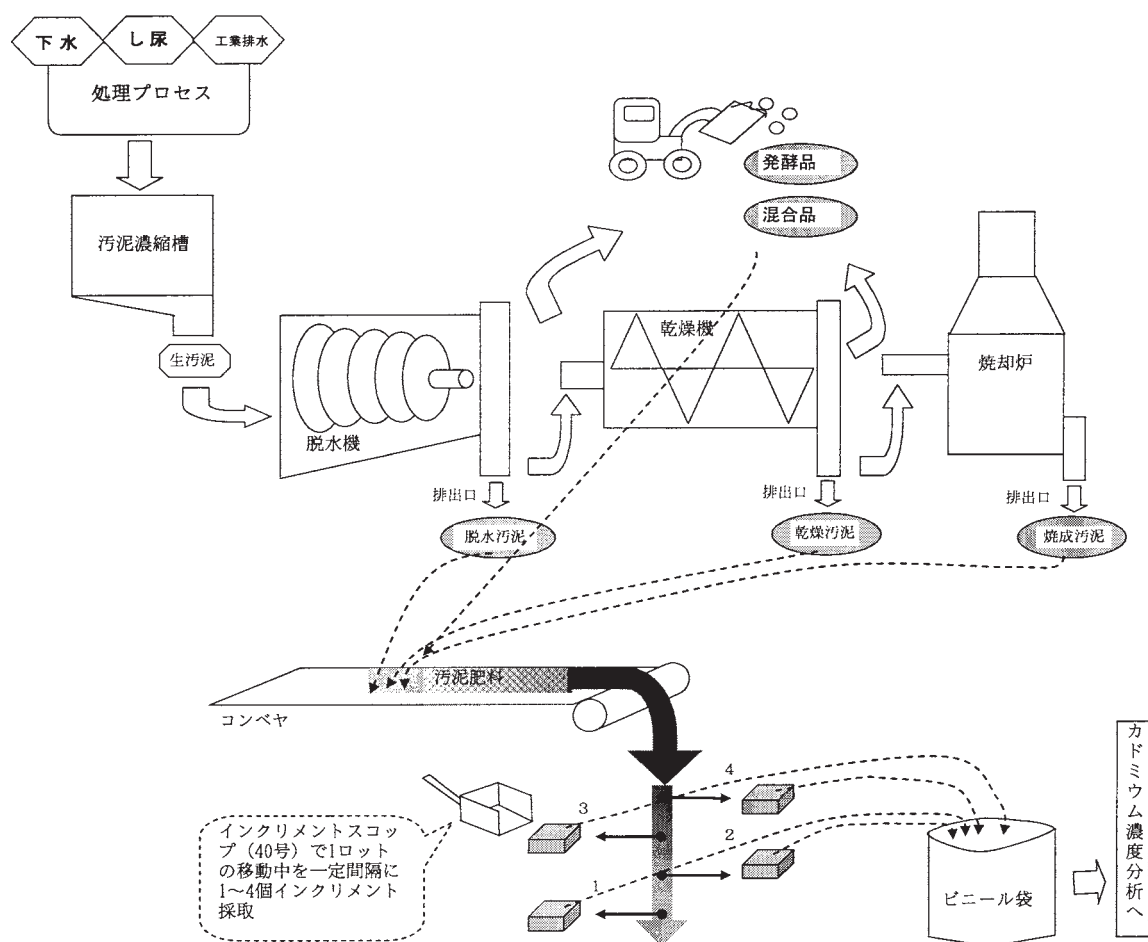


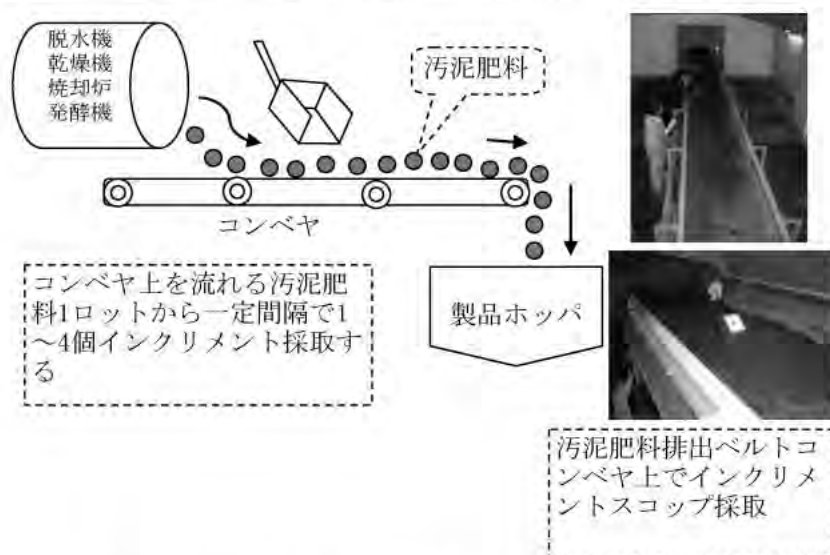
図3 簡易コンベヤサンプリング法（その1）

2. 適用可能な採取場所

- ① 1ロットの汚泥肥料がコンベヤによって移動しているとき、コンベヤ上又はその落ち口から量的、若しくは時間的に一定間隔で1～4個のインクリメントを採取する。

例えば、1日の作業時間中にコンベヤを流れる1ロットから、4個のインクリメントを採取する場合は、午前中に2個、午後に2個（朝、昼前、昼後、夕方など）採取する。

●コンベヤ上を汚泥肥料が移動している場合



●コンベヤの落ち口又は拔取り口から採取する場合

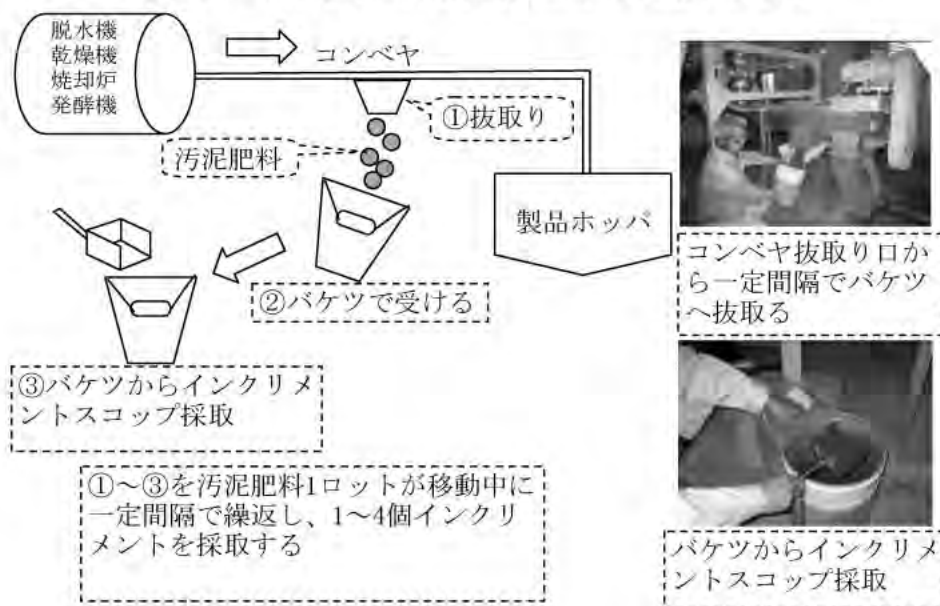
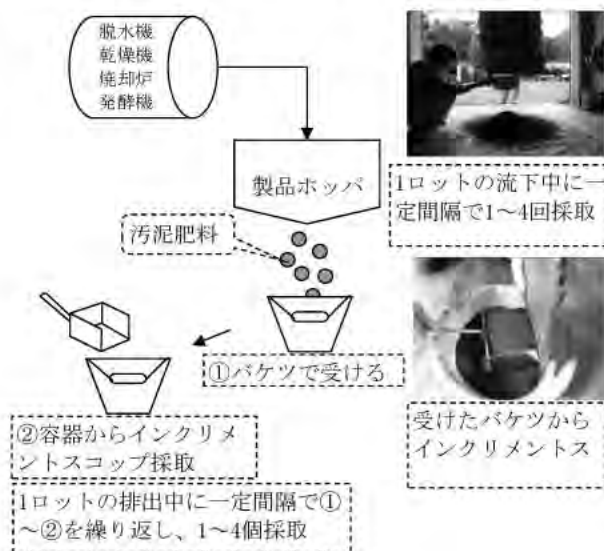


図3 簡易コンベヤサンプリング法（その2）

- ② 汚泥肥料がホッパに溜まっている場合は、ホッパから少しづつ排出しながら1ロットの排出中に一定間隔で1～4個のインクリメントを採取する。

例えば、汚泥肥料1ロットを120分かけてホッパから排出し、4個のインクリメントを採取する場合は約30分間隔（120分/4個）で採取する。



- ③ 汚泥肥料を袋詰めして出荷する事業場では、袋詰めした製品を生産した順番に並べて、一定間隔で袋を1～4袋選び、それぞれの袋の上部から1インクリメントずつ採取する。

例えば、1日80袋を生産する事業場で、4個のインクリメントを採取する場合は生産した順に20袋ごと（80袋/4個）に採取する。

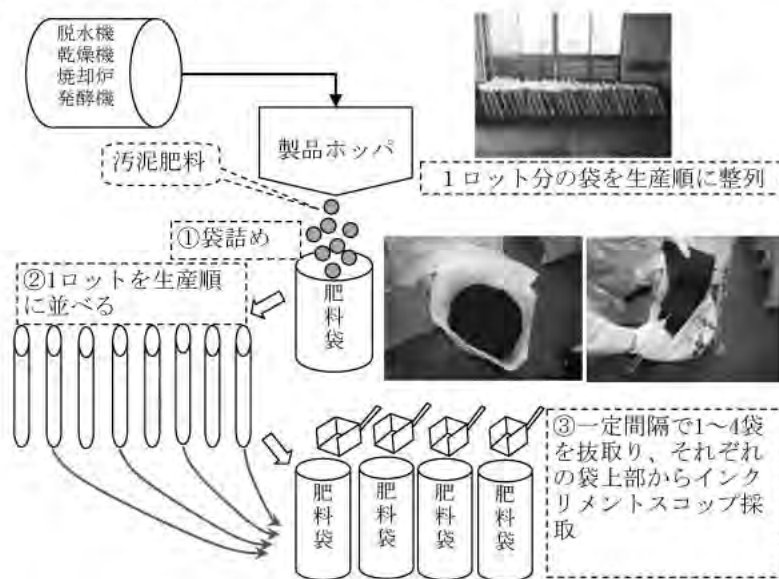
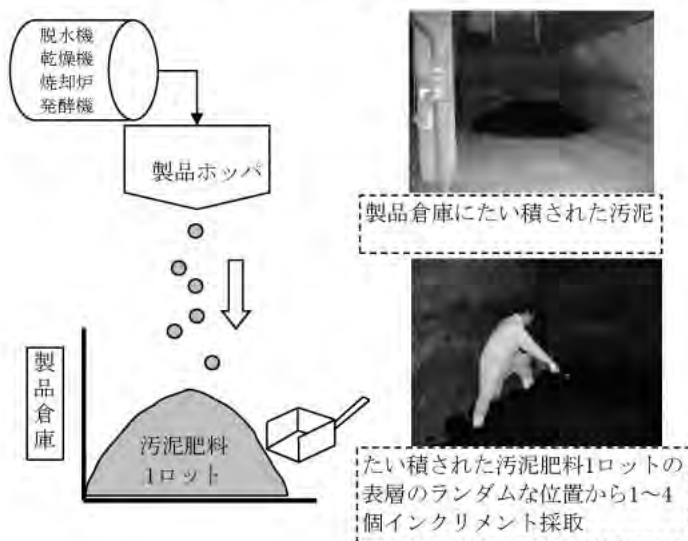


図3 簡易コンベヤサンプリング法（その3）

② 製品倉庫などにたい積させた汚泥肥料1ロットの表層から採取する。



③ 汚泥肥料を製品ホッパ内に貯留している場合にホッパ上部から採取

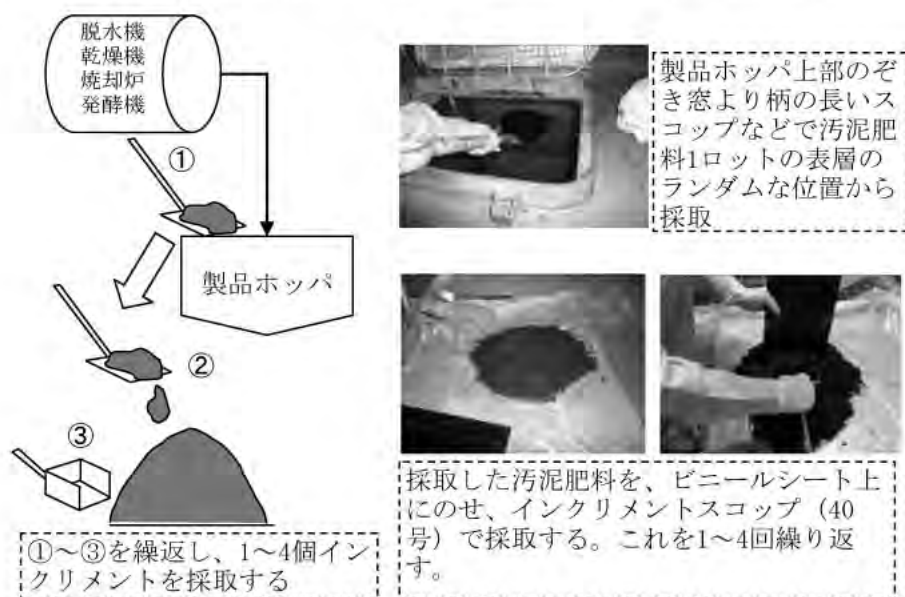


図4 簡易トップサンプリング法(その2)

(表3)。また、簡易トップサンプリング法については、シート上（屋内、屋外）、トラック荷台上、コンテナ内などで試したところ、分散については5事業場、平均値については5事業場で、5%有意水準で差が認められましたが、いずれも定量下限と同程度以下の差しかありませんでした(表4)。従って、重金属に関する品質管理を行う上で、厳密な層別サンプリングに替えて、検討した簡易コンベヤサンプリング法や簡易トップサンプリング法を用いても問題がないと考えられました。

表3 簡易コンベヤサンプリング法と層別サンプリング法の定量値の比較

事業場 記号 ¹⁾	層別サンプリング との平均値の差 mg/kg	F検定		t検定	
		分散比 ²⁾	評価 ³⁾	t値 ⁴⁾	評価 ⁵⁾
A1	-0.05	1.437		4.539	▲
A2	0.00	1.607		0.237	
A3	0.02	1.265		0.417	
A4	-0.02	1.660		1.235	
A5	0.01	1.016		0.793	
A6	-0.05	1.765		0.900	
A7	0.06	1.239		1.876	
B1	0.00	1.172		0.182	
B2	-0.08	2.114		2.740	△
B3	0.01	5.973	▲	0.392	
B4	-0.02	1.756		0.772	
B5	-0.01	2.149		0.401	
B6	0.01	2.382		0.263	
B7	0.02	7.567	▲	0.245	
B8	0.01	4.404	△	0.108	
B9	-0.01	1.693		1.166	
B10	-0.01	1.696		0.242	
B11	0.06	1.021		1.836	
B12	-0.10	2.750		2.253	△
B13	-0.02	1.387		0.808	
C1	-0.09	1.291		2.101	△
C2	0.01	11.948	▲	0.356	
C3	-0.58	2.798		3.093	▲
D1	0.01	1.159		0.391	
D2	-0.01	6.004	▲	0.292	
D3	0.00	1.138		0.120	
D4	-0.11	1.878		1.355	
D5	-0.01	2.033		3.806	▲
E1	-0.09	1.844		1.102	
E2	-0.03	1.157		2.772	△
E3	-0.04	3.882	△	2.104	△
F1	0.01	2.315		0.586	
F2	0.00	1.227		0.247	
F3	-0.01	2.400		1.952	
F4	-0.03	1.006		3.104	▲
F5	0.00	1.576		0.195	
F6	-0.01	1.078		1.188	
F7	-0.05	1.231		2.771	△
F8	0.26	2.800		2.956	▲
F9	0.00	5.854	▲	0.015	
F10	0.07	4.422	△	0.015	
F11	-0.03	1.034		0.641	
F12	-0.01	1.078		1.188	

1) サンプリングを実施した事業場の記号（番号は順不同）

A：下水汚泥肥料生産事業場 D：工業汚泥肥料生産事業場

B：し尿汚泥肥料生産事業場 E：混合汚泥肥料生産事業場

C：焼成汚泥肥料生産事業場 F：汚泥発酵肥料生産事業場

2) 定量値の分散の大きい値を小さい値で除した値

3) △は5%の有意水準（3.179）を超えた分散比

▲は1%の有意水準（5.351）を超えた分散比

4) t値の絶対値

5) △は5%の有意水準（2.101）を超えたt値の絶対値

▲は1%の有意水準（2.878）を超えたt値の絶対値

(3) インクリメント数と分析値のばらつきの関係の調査

次に、サンプリングの際のインクリメント数を減らした場合、分析値がどの程度ばらつくのかシミュレーションを行いました。

肥料の種類毎に、試料間分散の最も大きな事業場について、簡易コンベヤサンプリング及び簡易トップサンプリング法によるインクリメント数と推定標準偏差の関係を調べたところ、いずれの肥料の種類やサンプリング方法でも、インクリメント数が4以下では、イ

表4 簡易トップサンプリング法と層別サンプリング法の定量値の比較

事業場 記号 ¹⁾	層別サンプリング との平均値の差 mg/kg	F検定		t検定	
		分散比 ²⁾	評価 ³⁾	t値 ⁴⁾	評価 ⁵⁾
A1	-0.02	7.292	▲	0.874	
A2	0.00	1.957		0.222	
A3	0.00	3.026		0.209	
A4	0.01	4.646	△	1.418	
A5	-0.01	2.378		0.000	
A6	-0.09	4.267	△	1.740	
A7	0.05	2.230		1.655	
B1	0.01	2.164		0.064	
B2	-0.12	1.028		5.235	▲
B3	0.07	1.218		1.126	
B4	-0.01	3.252	△	0.461	
B5	-0.04	1.657		1.043	
B6	0.02	3.143		0.793	
B7	-0.01	3.101		1.048	
B8	0.09	1.992		1.893	
B9	-0.01	0.535		0.869	
B10	0.06	1.143		1.666	
B11	0.04	1.035		1.130	
B12	-0.11	29.454	▲	2.992	△
B13	0.03	1.947		0.522	
C1	-0.04	1.913		0.852	
C2	-0.07	3.399	△	4.412	▲
C3	0.63	2.325		2.205	△
D1	0.01	5.319	△	0.965	
D2	-0.02	1.746		2.055	
D3	0.00	11.418	▲	0.315	
D4	0.08	1.295		1.331	
D5	-0.01	1.799		6.169	▲
E1	-0.13	1.025		1.976	
E2	0.00	1.200		0.219	
E3	-0.04	1.057		3.485	▲
F1	0.00	1.730		0.036	
F2	0.01	1.861		0.836	
F3	-0.01	4.323	△	1.374	
F4	-0.07	2.567		5.371	▲
F5	-0.03	2.744		3.084	▲
F6	0.00	1.152		1.152	
F7	0.00	3.684	△	0.166	
F8	-0.08	1.294		1.156	
F9	-0.01	4.402	△	0.577	
F10	-0.04	1.003		2.021	
F11	0.25	2.354		3.580	▲
F12	0.00	1.152		0.446	

1) サンプリングを実施した事業場の記号（番号は順不同）

A：下水汚泥肥料生産事業場 D：工業汚泥肥料生産事業場

B：し尿汚泥肥料生産事業場 E：混合汚泥肥料生産事業場

C：焼成汚泥肥料生産事業場 F：汚泥発酵肥料生産事業場

2) 定量値の分散の大きい値を小さい値で除した値

3) △は5%の有意水準（3.179）を超えた分散比

▲は1%の有意水準（5.351）を超えた分散比

4) t値の絶対値

5) △は5%の有意水準（2.101）を超えたt値の絶対値

▲は1%の有意水準（2.878）を超えたt値の絶対値

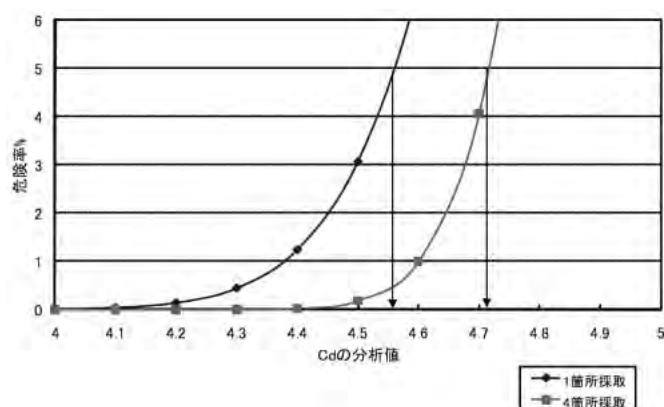


図5 Cdの分析値と当該ロットのCd含有量が許容値を超える危険率の関係（コンベヤサンプリング）

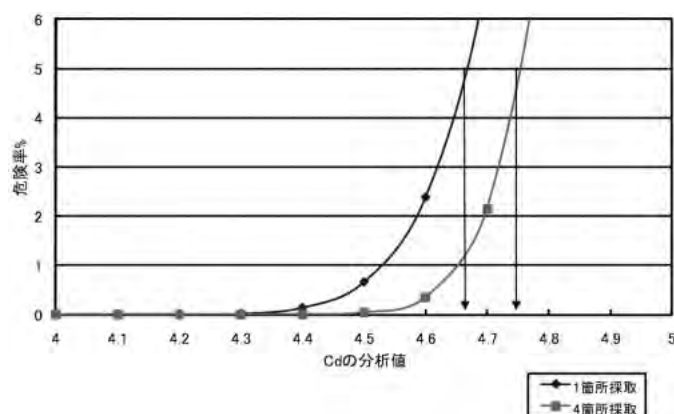


図6 Cdの分析値と当該ロットのCd含有量が許容値を超える危険率の関係（トップサンプリング）

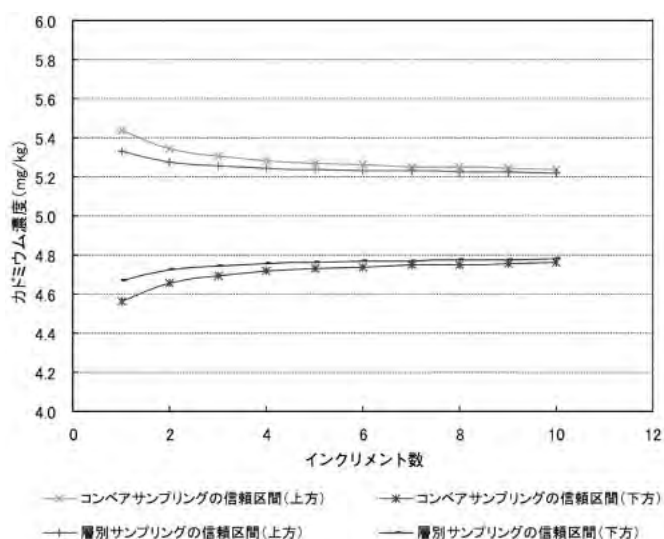


図7 インクリメント採取数とカドミウム濃度分析値のばらつきの関係（シミュレーション）

ンクリメント数の増加により推定標準偏差が顕著に減少したが、インクリメント数が4以上になると、インクリメント数を増やしても推定標準偏差はそれほど減少しないことが分かりました。なお、インクリメント数が4の簡易サンプリングと、インクリメント数が10の層別サンプリングで標準偏差の推定値はほとんど同じであり、層別サンプリングと遜色のない精度でサン

プリングできることが分かりました。また、2つの簡易サンプリング法でインクリメント数を1とした場合、層別サンプリング法とばらつきの観点から比較して若干劣るものの、簡易サンプリング法として許容できる範囲と考えられました（図5、図6、図7：いずれも汚泥発酵肥料の例）。

これらの簡易サンプリング法を実際に適用するに当

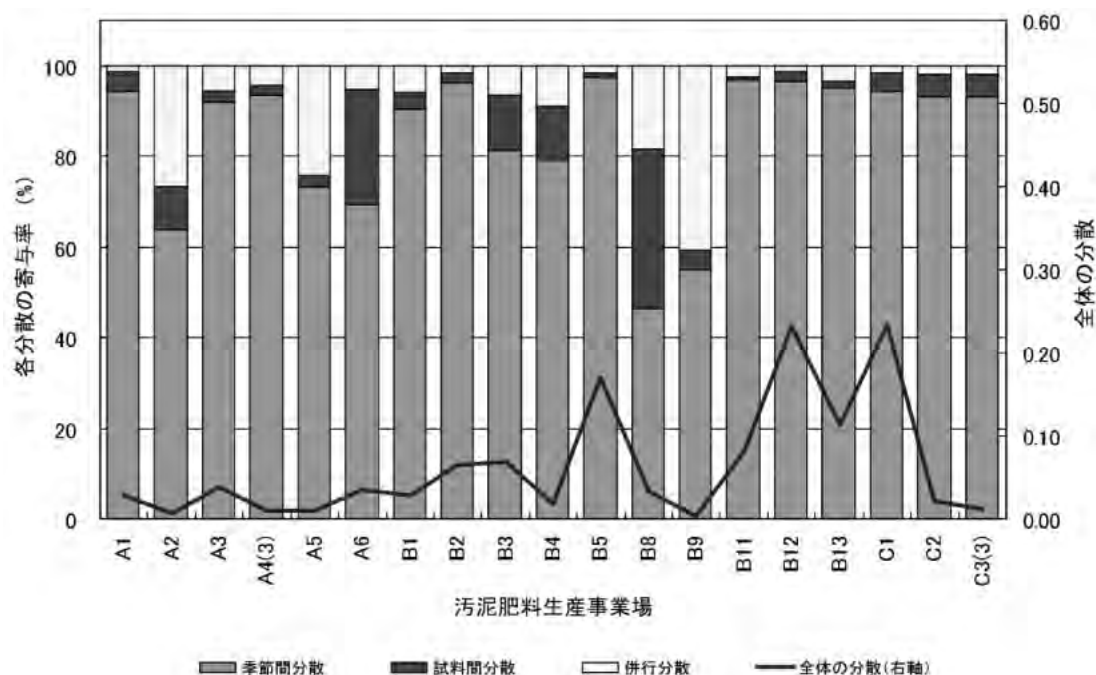


図8 事業場別分散の寄与率（その1）

(3)：3季節を調査対象とした事業場

A：下水汚泥肥料生産事業場 B：し尿汚泥肥料生産事業場 C：焼成汚泥肥料生産事業場

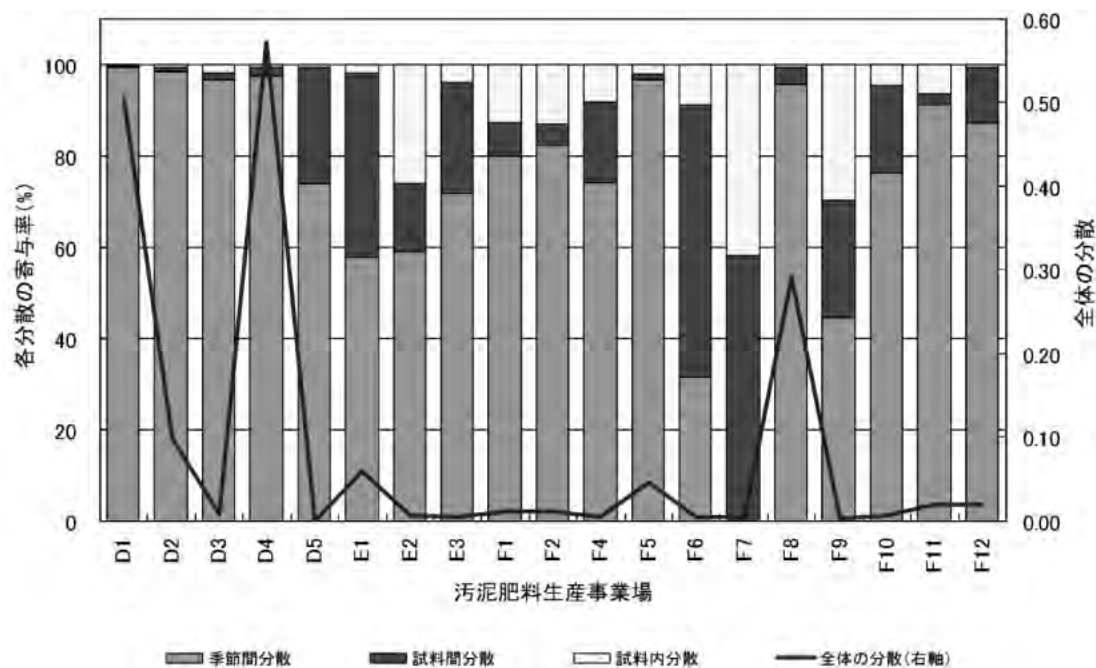


図8（続き） 事業場別分散の寄与率（その2）

D：工業汚泥肥料生産事業場 E：混合汚泥肥料生産事業場 F：汚泥発酵肥料生産事業場

たっては、このような分析値のばらつきを考慮し、公定規格で定める最大許含有量より低め（厳しめ）の管理基準値を汚泥肥料生産者自ら設定すること、その値を超えた場合は出荷を一旦中止し、原因究明等の措置を講じることが適切であると考えられます。

(4) 汚泥肥料中のカドミウム濃度の季節変動の調査

適切なサンプリング時期や頻度について検討するた

め、39事業場において、春、夏、秋及び冬に層別サンプリングによって採取した試料のカドミウム濃度を分析し、得られたデータについて分散分析を行い各事業場毎に季節変動及び変動要因（季節、サンプリング、併行分析）の推定寄与率を求めました（図8）。

その結果、39事業場のうち38事業場について、有意水準5%で季節変動があることが分かりました。

各事業場毎の変動要因の寄与率は、季節が0～99%、サンプリングが1～60%、併行分析が0～42%でしたが、中央値はそれぞれ、89%、4%及び4%と季節の寄与率が圧倒的に大きいことが分かりました。また、肥料の種類、性状、生産規模、使用原料による系統的な差は認められませんでした。

なお、季節変動が大きい事業場について個別に調査を行ったところ、使用している原料の変動など個別事情が大きな原因であることが判明し、肥料の種類などにより、季節変動を類型化し一律の推奨年間検査回数や検査時期を設定することは困難であることが分かりました。つまり、実際の検査回数や検査時期の設定にあたっては、事業場毎に汚泥肥料中のカドミウム濃度の季節変動を把握した上で、各事業場の実情に合わせて行うことが必要です。

(5) その他

汚泥肥料の生産は、通常の状態ではなされる場合以外に、生産設備のメンテナンスや異常、変更、更には原料の変化等が原因で、非定常状態でなされる場合があります。そのような場合には、重金属濃度が定常時よりも大きく変動し高濃度になる可能性が高いため、重金属濃度の管理により注意する必要があるとされました。

3. まとめ

懇談会では、汚泥肥料の種類毎の重金属濃度の分布を比較し、生産者による品質管理をどのように推進するか議論されました。その結果、生産工程上、重金属が濃縮され含有する重金属を除去することが困難な焼成汚泥肥料については、法制度に基づき品質管理を義務づける一方、それ以外の汚泥肥料については、生産者の自主的な品質管理を推進するような措置を取るとともに、重金属濃度の分布状況の推移と分析機関の育成状況を勘案し、品質管理の義務化の可否を改めて検討することが適当であるとされました。

本事業では、簡易コンベヤサンプリング法と簡易トップサンプリング法が汚泥肥料の重金属管理のためのサンプリング法として使用できることが示されました。

この成果を踏まえて、農林水産省では、汚泥肥料生産者による自主的な重金属管理を推進するため、簡易サンプリング法を含め、サンプリング場所やサンプリング頻度、分析方法、管理基準値の設定や管理基準値を超えた場合の対応等に関し、汚泥肥料生産者が計画（サンプリング検査計画）を作成する際の分かりやすい手引書を策定しました。概要は別添1のとおりです。手引書本体は農林水産省のHP（トップページから

「汚泥肥料中の重金属管理手引書」で検索して下さい）に掲載しています。

また、重金属管理に用いる分析については、分析値の精度管理を行うために定量限界、検出限界等に関して一定の条件を満たすことが必要なため、そのための要件を手引書に盛り込んでいます。

農林水産省では、今後、汚泥肥料生産者に実際にサンプリング検査計画の策定やそれに基づく重金属管理に取り組んでいただき、手引書の効果や問題点を検証していくこととしています。

さらに、このような汚泥肥料生産における重金属管理は多くの汚泥肥料生産者にとって初めての試みであることから、FAMICとも連携して手引書について研修会等を実施して積極的な普及を図る必要があると考えています。

なお、懇談会の提言に基づき、汚泥肥料に関する国の立入検査については、今後、重金属管理の実施の有無によって重点化することも検討しています。さらに、FAMICとも連携し、重金属管理のデータを肥料生産者から入手し解析した結果を基に、肥料生産者への指導・助言を行うことも検討しています。

以上のような取り組みを通じて、汚泥肥料の品質管理が浸透することにより、不適切な汚泥肥料が減少していくよう施策を推進していく考えです。言い換えると、汚泥肥料の規格違反を取り締まることから、汚泥肥料の生産段階において有害重金属の含有量を適切にコントロールし、規格違反を未然に防止することに行政施策をシフトしていければと考えています。

下水やし尿の処理事業者におかれましては、それらを原料とする汚泥肥料の重金属の管理の推進についてご理解いただき、肥料を通じた農作物の安全性を確保する観点から、是非、手引書に沿って取り組んでいただければとお願いする次第です。

※1）大森：汚泥肥料の規制のあり方に関する懇談会について（再生と利用Vol.33、No.125、pp23～31、2009）

※2）ロット：同一性状と見なせる同一発生源に由来するもので、一定の期間内に一連の生産工程により生産された製品の一群

※3）インクリメント：スコップ等を用いてサンプリングする際の1すくいの単位採取量又はその行為自体のこと

別添 1

汚泥肥料生産業者の皆様へ

～汚泥肥料中の重金属管理のための手引書を作成しました。～

安全な汚泥肥料を生産するため、汚泥肥料中の重金属を管理することが重要です。このための方法を解説するとともに、皆様が管理計画を策定するにあたってのわかりやすい手引書を作成しました。

掲載場所 農林水産省の肥料に関するホームページ

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

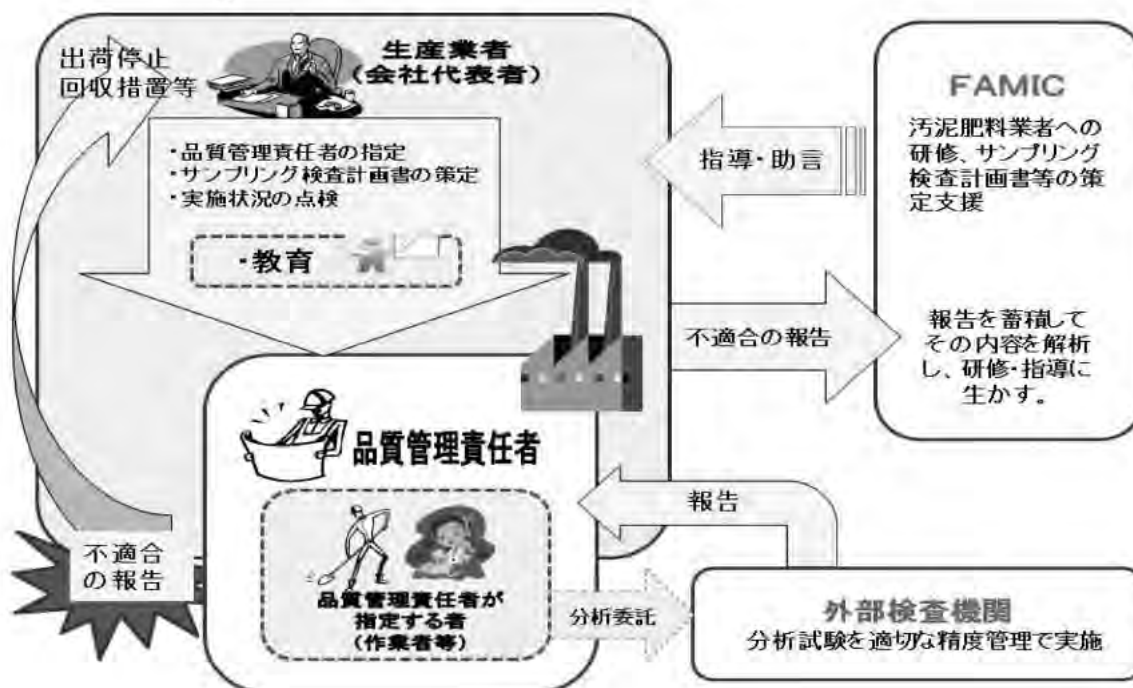
または「汚泥肥料中の重金属管理手引書」で検索

この手引書の特徴

- 取り組むべき管理の方法をわかりやすく解説
- PDCAサイクルで継続的に改善・効率化できる
- 付属の例により作成が容易



汚泥肥料中の重金属管理のイメージ図



農林水産省

汚泥肥料中の重金属管理について

汚泥肥料の生産業者は、すべての製品において重金属の許容値を下回るよう生産することが求められます。しかし、すべての製品について検査することは困難であるため、汚泥肥料の生産工程中の重金属濃度を適切に管理することが必須となります。

この手引書は、コストを抑えつつ汚泥肥料中の重金属の濃度の検査を行い、かつ、濃度の低減を図ることが可能となるように作成されています。

本手引書を活用して、取引先や農家から信頼の得られる汚泥肥料の生産に取り組んでください。

管理方法の概要

対象とする肥料、重金属

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中のひ素、カドミウム、水銀、ニッケル、クロム及び鉛

サンプリング検査計画の概要

以下の項目を含むサンプリング検査計画を策定します。手引書に記載されている解説や事例を基に作成することができます。

- ・品質管理責任者の業務
品質管理責任者を定め業務と責任を明確にすることにより、迅速かつ効率的な対応を行います。
- ・簡易サンプリング方法の設定
簡易にサンプリングが行えるサンプリング法を選定します。
- ・自主管理基準値の設定
汚泥肥料の重金属を管理する際の自主的な重金属濃度の最大量を設定します。
- ・分析の精度管理
分析を委託する際に必要な分析の精度管理の内容を設定します。
- ・不適合時の製品の処置
汚泥肥料中の重金属濃度が自主管理基準値を超過した際の処置を定めます。
- ・自己点検
検査の実施状況についての点検方法を定めます。

お問い合わせ先

○農林水産省消費・安全局
農産安全管理課
肥料企画班
肥料検査指導班
Tel 03-3502-5968

○独立行政法人農林水産消費安全技術センター（FAMIC）
本部 肥飼料安全検査部肥料管理課
Tel 050-3797-1854
札幌センター 肥飼料検査課 Tel 050-3797-2716
仙台センター 肥飼料検査課 Tel 050-3797-1893
名古屋センター 肥料検査課 Tel 050-3797-1901
神戸センター 肥料検査課 Tel 050-3797-1914
福岡センター 肥料検査課 Tel 050-3797-1920

特集：下水汚泥リサイクル製品の利用促進と安全性確保の取組みについて

解 説

(社) 地域資源循環技術センターにおけるメタン発酵消化液の液肥利用促進に向けた取組みについて

(社) 地域資源循環技術センター

岩田 将英・濱井 和博・杉田 秀雄

キーワード：メタン発酵消化液、液肥、農地還元

1. はじめに

近年、国民の地球温暖化や環境への関心が以前にも増して高まっている。国際的には、京都議定書に定めのない2013年以降の温暖化対策について、我が国の温室効果ガス25%削減も含めて様々な議論が交わされている。国内では、地球温暖化や循環型社会構築に期待される施策として、バイオマス活用推進基本法が施行され、その枠組みが整備された。一方、地域でこれを支えるバイオマスタウン構想は280を超える市町村で公表されているが、構想の域にとどまっている地域も多く見られ、次なる課題として構想実現へ向けた取組の加速化が上げられている。

この取組の加速化に向けて、農業集落排水汚泥や生ごみ、家畜排せつ物等のウェット系バイオマスの活用がカギとなるが、そのカギを握るのは「メタン発酵技術」であろう。しかし、メタン発酵技術においては、発酵後に残る消化液の取扱いが障壁となり、これまではその普及は芳しいものとなっていない。

(社) 地域資源循環技術センター（以下「JARUS」という）では、農村地域に適した小規模なメタン発酵システムの研究開発の一環として、メタン発酵消化液

の液肥利用システム確立のための調査、研究、開発を行ってきた。その検討過程で、システムの確立には技術的側面のみならず、農村の社会システムをも含んだ総合的な検討が必要であり、また、そうすることが農業農村の活性化にも大きく貢献することが明らかになってきた。

本稿は、メタン発酵消化液の液肥利用システムについて、農村社会システムのあり方等も含めて総合的に取りまとめた「メタン発酵消化液の液肥利用マニュアル」の概説を通じて、調査研究成果の概要を紹介するものである。

2. 農村地域にメタン発酵液肥を普及するための課題

JARUSは、農村地域に適したメタン発酵システムの開発を目指して、平成18年度より茨城県美浦村の美浦実験研修センターにメタン発酵実証プラントを設置し、集落排水汚泥と生ごみ等を原料とした実証試験を行ってきた。この研究開発では、小規模で経済的なメタン発酵施設を開発するというプラント技術的な課題に加え、原料となる生ごみの分別回収や、メタン発酵液肥の利用技術を確立するための検討を行ってきた。

すなわち、原料の収集からエネルギー回収、さらに副生成物であるメタン発酵消化液の利用に至るまでのウェット系バイオマスの資源循環全体を対象にした総合的な検討である。

メタン発酵消化液の液肥（以下「メタン発酵液肥」という）利用に向けた検討は、この美浦実験研修センターにおける実証試験に加えて、メタン発酵液肥を水田や畑へ施用している先進地区との共同実証試験、メタン発酵施設を導入したいがこれに踏み切れない全国の市町村担当者や関係者と様々な形での意見交換、さらに、学識経験者及びメタン発酵液肥の先進地区の担当者を委員とする「メタン発酵消化液農地還元システム検討委員会」などを通じて検討を進めた。こうした過程で、検討課題を次の4つに整理した。

- ①メタン発酵施設そのものを導入する意義が理解しにくい。
- ②メタン発酵液肥施用のデータ蓄積が少ないため施肥設計や土壌への影響が不安材料となる。
- ③大量の液肥を散布する必要があるが、このための効率的な施用手法が確立されていない。
- ④様々な技術を組み合わせて地域が一体となった活動が必要であるが、実施例が少ないため、計画手法や普及手法が不明である。

以下で、上記で掲げた4つの検討課題について、それぞれに検討を加えることとする。

3. メタン発酵液肥の農地利用の意義

「メタン発酵施設そのものを導入する意義が理解しにくい」という課題に対応して、国や広域ブロック単位、市町村単位、営農法人や農家に及ぼす効果やメリットについて検討した。

国や広域ブロック単位では、地球温暖化の防止、資

源枯渇への対応、循環型社会の形成、バイオマス利用の推進、食料・農業・農村基本法農政の推進、窒素収支の改善等の効果が見いだせる。市町村単位では、ごみの資源化による経済優位性、農業集落排水汚泥の処分費軽減、メタン発酵消化液の液肥利用の経済優位性等の効果が見いだせる。営農法人や農家では、たい肥とメタン発酵液肥の適切な組合せによる経営の弾力性、環境保全型農業資材としての利用可能性や肥料の肥効性・経済性など耕種農家へのメリット、家畜排せつ物の適切な管理や家畜飼育労働の軽減など畜産農家へのメリットが見いだせる。

4. メタン発酵液肥の肥料効果と施肥設計手法、施用手法

4.1 肥料効果と施肥設計手法

「施肥設計や土壌への影響が不安」「大量の液肥を散布するための効率的な施用手法が確立されていない」という課題に対応して、肥料効果及び施肥設計手法という農学的な検討と、大量の液肥の施用手法という農業工学的な検討を行った。

日本各地のメタン発酵施設では、家畜排せつ物や生ごみ、集落排水汚泥等、その地域特有のバイオマス原料を活用している。したがって、メタン発酵液肥に含まれる成分も当然異なり、取り扱いもそれぞれ異なる。こうした点に着目し、全国6か所のメタン発酵液肥について肥料成分の調査を行った。その結果、メタン発酵液肥に含まれる窒素濃度は、全窒素で2～4 g/Lであり、そのうちアンモニア態窒素は50～80%程度、硝酸態窒素は数%であった。また、リン及びカリウムについては、家畜排せつ物を原料とすると、比較的高くなる傾向があった。メタン発酵液肥による施肥設計を考える場合、どの成分が制限条件になるのか勘案し、

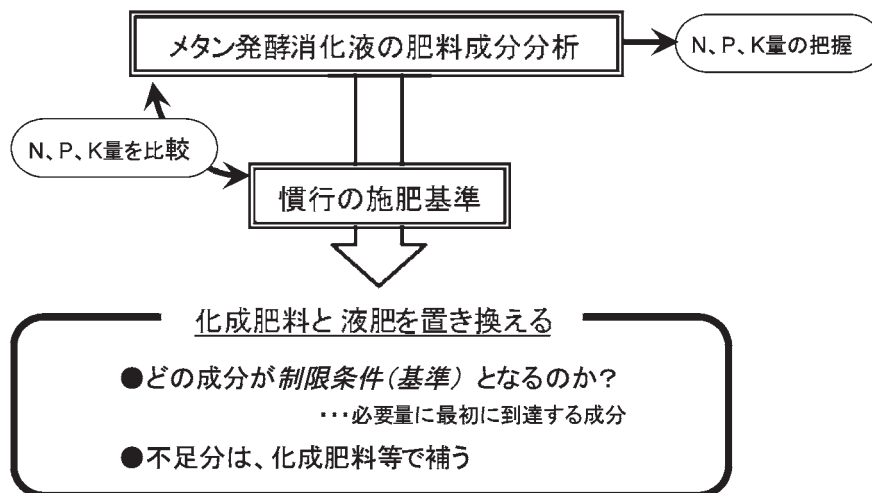


図1 施肥設計の基本的な考え方

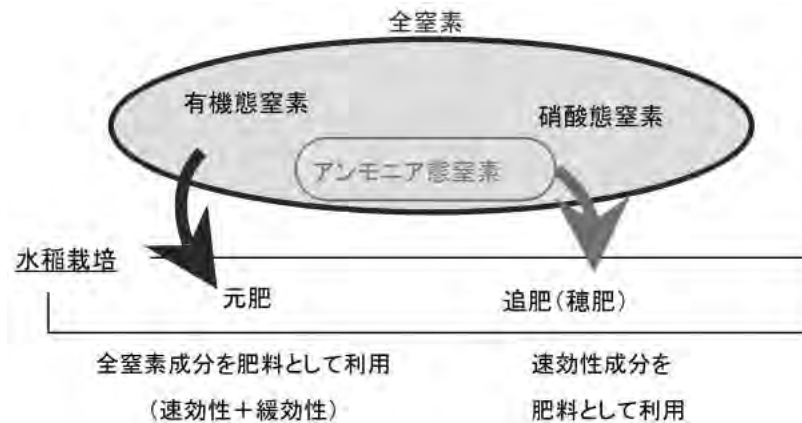


図2 水稻栽培において窒素を基準とする考え方

不足分は化学肥料等で補う必要がある（図1）。さらに、九州地域では散布後の窒素の揮散による損失等までを見込んで10aあたりのメタン発酵液肥の施肥量を計算し、栽培暦や栽培手引書に施肥基準として示している。

実際に施肥設計を考える際には、メタン発酵液肥に含まれる窒素量が卓越するような場合、慣行の施肥基準と照合し、窒素濃度を基準として施肥設計を行うことになる。窒素については、無機態窒素（アンモニア態窒素、硝酸態窒素等）、有機態窒素といった形態が存在し、作物の種類や生育のステージによって、その肥効が異なるため、どの形態で施肥基準を設定するの

かを整理する必要がある（図2）。

施肥設計は、こうしたメタン発酵液肥に含まれる肥料成分に基づいた手法が基本となるが、肥料成分の安定性や塩分、土壌の状態等にも留意して行うべきと考えられる。

4.2 施用手法

我が国のメタン発酵液肥施用の現状として、牧草地を対象としたものは実施例が多いが、水田や畑地等を対象としたものは実施例が少ない。その中で、九州では水田用の改良型スラリースプレッタによる機械施用を行っている。また、大量の液肥散布には肥培かんが



加圧タンク



塩ビパイプから液肥を吐出



上部の転回



バキュームローリーからの液肥供給

写真1 改良型スラリースプレッタ

い手法も考えられる。

改良型スラリースプレッタは、福岡県築上町において発想されたものであり、福岡県大木町及び熊本県山鹿市へと広がり機械施用による散布方式が確立されている。改良型スラリースプレッタは、転回可能なクローラダンプの上にスラリースプレッタを積載しており、液肥の吐出口には塩ビパイプの加工品を接続し、下向きに均等に液肥を吐出させる形となっている。また、液肥の供給はバキュームローリーにより行う（写真1）。現時点では、最も優れた施用手法であると言える。

一方、水稻の追肥等の場合、水張り後の水田に液肥を施用するため施用機械がほ場に入ることが不可能となる。このため、かんがい用水と同時にメタン発酵液肥を直接流し込む手法も多く用いられている。更に、液肥施用量が多い場合や、農道が狭くこのような方式が適さない地域においては、各ほ場まで液肥と用水を混合した配管網を敷き、水稻作においては直接水口より流し込む、転作作物の場合はうね間施用や点滴かんがいの方法により施用する「肥培かんがい施設」の展開も考えられる。

5. バイオマス活用計画及び普及手法

「様々な技術を組み合わせて地域が一体となった活動が必要であるが、実施例が少ないため、計画手法や普及手法が不明」という課題に対応して、バイオマス活用の計画策定からメタン発酵液肥散布実施までを行政（市町村）の担当者の視点から整理した。ここでは、バイオマス技術分野に加え、システム構築において有効と考えられる「社会技術」という概念も用いた。

バイオマス活用の計画や普及において、市町村の役割は極めて重要であり、計画策定主体は地方自治体を中心になるべきと考えられる。特にこうした政策において求められる役割は、「地域密着」「先進性」「総合性」「実効性」と言われている。

市町村においてその体制は、農林水産部局、企画部局、環境部局が主体となることが多い。しかし、バイオマスの利活用は、収集・運搬や製品・副生成物の利活用まであらゆる場面で地域における取組が重要となるため、関係する企画、財政、農林水産、観光商工、建設、環境、下水道、教育委員会等様々な部局からなるプロジェクトチームを編成して行うことが望ましい。その際、業務を円滑に進め、内外の理解を得ながら進めていくためには、専任の「資源循環係り」等を設置することが重要であると考ええる。

次に、市町村が中心となって、農業者団体、農業関連団体、農村コミュニティ、NPO、民間企業等の役割分担を整理しながら関係構築を図って進めていくべきと考えられる。

バイオマス利活用の普及には、社会技術の応用が重要となり、全体の俯瞰と知の動員を行った問題解決にあたり、肥料登録から液肥の価格設定、農家への普及方法や地域への普及のための循環授業、農政支援策、販売ルートの検討まで、地域の特徴に応じた様々な新たな知の手法を動員することが必要となるのである。

6. おわりに

メタン発酵消化液の液肥利用を普及するうえでの課題は未だ多く、JARUSにおいては、今後も引き続き研究していくこととしているが、「メタン発酵消化液の液肥利用マニュアル」は、一日も早い我が国での液肥利用の実現を期待して、それまでの研究成果をまとめ、公表に至ったものである。この中で、これまでに述べてきた内容についての実例や詳細データを示しており、一読していただければ、より具体的な理解が進むものと思われる。我が国の経済停滞が続く中、JARUSとしては、より多くの方に読んでいただき、循環型の新たな産業創出が図られていくことを期待するものである。

特集：下水汚泥リサイクル製品の利用促進と安全性確保の取組みについて

解 説

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

日本下水道事業団 技術開発部

主任研究員 島 田 正 夫

キーワード：土壤環境基準、安全性評価、重金属含有量、汚泥肥料、必須元素

1. はじめに

下水汚泥は現在年間約225万t（乾燥ベース）発生しており、下水道整備の進捗に応じて今後さらに増え続ける見込みである。下水汚泥は、りんや窒素等はもちろん植物の成長に欠かせないミネラル分等の微量栄養素を豊富に含む貴重な有機質肥料であり、また、その成分の約8割は有機物からなっていることから、集約性と質、量の安定性に優れたバイオマスエネルギー資源としても注目されている。

わが国では、下水汚泥の多くは最終的に焼却処理されているが、800℃以上の高温で熱処理されていることから、衛生学的には当然、物理的・化学的にも非常に安定した性状のマテリアル資源・原料でもある。

しかし、わが国では「下水汚泥」という呼び名からくるダークなイメージや、下水汚泥に対する誤解、認識不足から、この貴重な資源が必ずしもその特性を生かした有効利用が十分に行われておらず、処分に困る有害な廃棄物として扱われている。

下水汚泥有効利用に関して、全国の多くの自治体の相談に応じたり支援を行ってきているが、有効利用が進まない理由として、下水汚泥中重金属類に対する誤

解と認識不足、安全性評価基準の解釈、すなわち環境基準と安全性基準の混同、現状に適さない汚泥肥料施用に関する管理基準などがあげられる。

ここでは、下水汚泥の安全性の考え方、下水汚泥に対する誤解、現状基準の課題等について述べることにする。

2. 土壤環境基準と安全性基準

環境基準は環境基本法に基づき、人の健康の保護及び生活環境の保全のうえで維持されることが望ましい基準として、大気汚染、水質汚濁、土壌汚染及び騒音に係る環境上の条件について定められている。環境基準は、表2.1に示すように「維持されることが望ましい基準」であり、行政上の政策目標である。これは、人の健康等を維持するための最低限度（安全基準）としてではなく、より積極的に維持されることが望ましい目標として、その確保を図っていかうとするものである。

土壤環境基準もこのような考えのもとで定められているが、近年下水汚泥等の再生資材の有効利用を行う場合の安全性基準として土壤環境基準が援用されている場合が多くみられ、循環型社会構築のあしかせにも

表2.1 環境基準について

環境基準とは

- 維持されることが望ましい**行政上の政策目標**である
- 人の健康を維持する最低限度値（**安全基準値**）ではない

—環境省—

表2.2 土壤環境基準の適用について

土壤環境基準の適用について

- セメント等原材料として利用され構造物の一部となっているもの、路盤材のように**周辺土壌と区別できるものには適用しない**
- 路盤材等の再利用物の安全性評価に土壤環境基準の援用が行われているが、**利用形態に応じた適切な評価が行われるよう留意**されたい

— H13年 環水土第44号 環境省水環境部長 —

表2.3 水道水質基準の求め方

水道水質基準の求め方

毒性評価値は以下の方法で求めている。

通常、非発がん性化学物質およびIARC、USEPA等の発がん性評価から、閾値があると考えられる発がん性物質については、当該毒性物質の最大無毒性量（NOAEL）を不確実係数で割ることで、耐容1日摂取量（TDI）を求める。NOAELが利用できない場合には、最小副作用量（LOAEL）を用いた。不確実係数は、実験動物の種内差、種間差に対して100、さらにデータの質に応じて最大10を乗ずることとした。発がん性物質であれば、さらに10を乗じた。

—水道水質基準ガイドブック（平成21年4月）—

表2.4 主要項目における各種基準値の比較

(単位：mg/L)

項目	土壤環境基準 (水道水質基準)	金属含有廃棄物 埋立て基準	水質汚濁防止法 (排水基準)	食品衛生法 水質基準
水銀	0.0005	0.005	0.005	0.0005
鉛	0.01	0.30	0.10	0.10
砒素	0.01	0.30	0.10	0.05
6価クロム	0.05	1.50	0.50	0.05
カドミウム	0.01	0.30	0.10	0.01

なっている。そのため、環境省では表2.2に示すような内容、すなわち「周辺土壌と区別できるものには適用しない」、「利用形態に応じた適切な評価が行われるよう留意」の文書を出して、適切な対応を呼びかけている。

土壤環境基準値は、基本的に水道水質基準値を引用しているが、表2.3に示すように、この基準値は毒性評価試験により求めた最大無毒性値に対し100倍～10,000倍の安全倍率（不確実係数と呼んでいる）を考慮して定められている。

表2.4に、代表的な項目について土壤環境基準（水道水質基準）と他の基準値を比較して示した。金属等を含む産業廃棄物の埋立処分に係る判定基準は、有害な廃棄物として取り扱いに留意する必要がある基準値であり、土壤環境基準はこれより10～30倍低い（厳しい）値となっている。毎日飲んでいる牛乳やジュースの水質基準として定めている食品衛生法における基準に比べても土壤環境基準は約5倍低い値であることがわかる。

表3.1 下水汚泥とし尿汚泥の重金属類含有量の比較（〇市）

項 目	単位	下水汚泥	し尿汚泥	肥料取締り 法基準	土壌汚染対 策法含有量 基準※
総水銀	mg/kgDS	1.0	0.5	2.0	15
カドミウム	〃	0.89	2.8	5.0	150
鉛	〃	6.8	12	100	150
全クロム	〃	8	23	500	—
六価クロム	〃	<2	<2	—	250
砒素	〃	0.7	5	50	150
シアン	〃	0.8	1.9	—	50
亜鉛	〃	280	900	—	—
銅	〃	300	360	—	—
マンガン	〃	42	280	—	—
ニッケル	〃	6	17	300	—
鉄	〃	3,100	22,000	—	—
フッ素	〃	19	150	—	4,000
ホウ素	〃	10	27	—	4,000
アルミニウム	〃	5,900	43,000	—	—
セレン	〃	1.4	2.8	—	150

3. 産業廃棄物と一般廃棄物

下水汚泥は廃棄物処理法上、産業廃棄物に位置付けられているが、同じ排水処理汚泥でもし尿浄化槽汚泥や合併浄化槽汚泥は一般廃棄物となっている。多くの人は一般廃棄物は有害物ではないが産業廃棄物は有害物という概念がある。産業廃棄物とは事業活動の結果発生した副産物のうち特に不要になったものであり、必ずしも有害物とは限らない。

すなわち、「一般廃棄物である浄化槽汚泥等は生活排水のみを処理対象としているため重金属等の有害物の含有はなく、下水汚泥は工場排水等を受け入れているため重金属含有量が高く有効利用には注意が必要である」と思っている人が多い。しかし、実際は重金属含有量は下水汚泥のほうがはるかに少ない。いくつかの事例で説明する。

①某都市の下水処理場汚泥とし尿処理場汚泥の重金属濃度の比較

表3.1は、ある都市の同時期に下水処理場から採取した汚泥と、し尿処理場から採取した汚泥の重金属含有量を分析した結果を示したものである。

全16項目中15項目において、下水処理場汚泥の重金属含有量がし尿処理場汚泥のそれより低い値を示している。

②汚泥肥料から基準を超える有害成分検出の事例

表3.2は、平成18～20年度の3ヵ年において、全国の汚泥肥料製造工場の立ち入り検査で基準を超える有害成分検出のリスト（農林水産省発表）である。

全部で9件あったうち、し尿汚泥を原料にしていたところが8箇所、下水汚泥を原料としていたのはわずか1所のみである。

③汚泥肥料中重金属含有量の統計データ

図3.1は、全国の肥料登録を行っている肥料工場における汚泥肥料中の重金属（カドミウム）含有量の度数分布を示したものである（平成21年3月農林水産省）。

カドミウム含有量2ppmを超える割合は、し尿汚泥肥料では約4割を占めるのに対し、下水汚泥において

表3.2 近年における汚泥肥料から許容量を超過した有害物質が検出された事例

平成21年3月末現在			
公表	肥料の種類	原 料	検出された有害成分 (カッコ内は許容量)
H18.7.27	焼成汚泥肥料	し尿汚泥	Cd 6.0ppm (5ppm)
H18.11.24	汚泥発酵肥料	し尿、浄化槽汚泥、食品加工残渣	Hg 2.6ppm (2ppm)
H19.5.18	し尿汚泥肥料	し尿、浄化槽汚泥	Hg 6.0ppm (2ppm)
H19.6.19	焼成汚泥肥料	し尿、浄化槽汚泥	Cd 9.9ppm (5ppm)
H19.10.18	焼成汚泥肥料	し尿、浄化槽汚泥、生活雑排水	Pb 180ppm (100ppm)
H20.6.26	下水汚泥肥料	下水汚泥	Hg 3ppm (2ppm)
H20.7.15	汚泥発酵肥料	し尿汚泥(農業集落排水)	Hg 6ppm (2ppm)
H21.2.25	し尿汚泥肥料	し尿、浄化槽汚泥	Hg 6ppm (2ppm)
H21.2.25	汚泥発酵肥料	し尿汚泥(し尿、浄化槽汚泥)、食品残さ	Pb 300ppm (100ppm)

農林水産省消費・安全局農産安全管理課

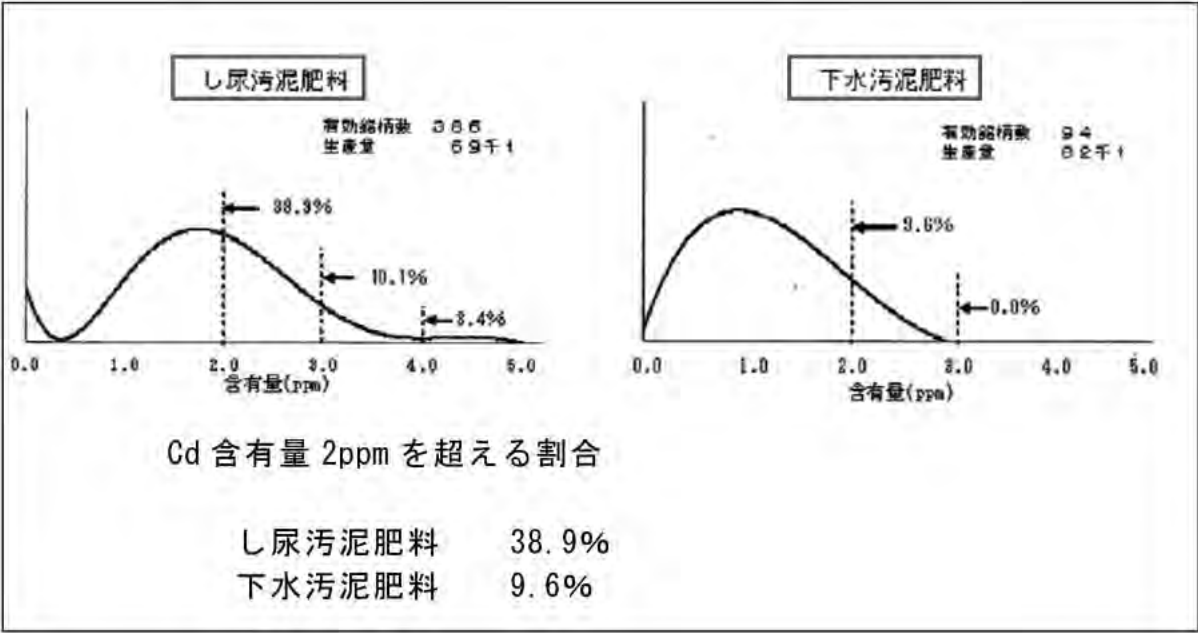


図3.1 し尿汚泥肥料と下水汚泥肥料中のカドミウム含有量の比較（農林水産省データ）

は1割弱に過ぎない。

以上のデータ等から、産業廃棄物である下水汚泥の重金属等含有量は、一般廃棄物で工場排水を全く受け入れていないし尿処理場汚泥よりはるかに少ないという実態を理解いただけるものと考える。

この理由は、汚泥中の重金属発生源が工場排水より食料や水道水に多く起因していること、汚水の処理システムの違いによるものである。下水汚泥＝工場排水＝有害物という誤った認識を是非改めてもらいたい。

4. 重金属に対する誤解

重金属は工場排水等にも含まれる特殊な物質と理解している人が多いが、この世に存在が確認されている元素のうち約6割が重金属であり、自然界に広く存在している。過去の鉱山や工場廃液に絡む公害問題から、重金属＝有害物と考えられがちであるが、表4.1に示すように、多くが生物（植物・動物）の成長や生命維持活動に欠くことのできない必須ミネラルになっ

表4.1 代表的な必須ミネラルの特徴と働き

種類	特徴・働き
亜鉛	・新陳代謝の盛んな細胞に多く含まれる ・たんぱく質の合成、細胞の代謝に係る酵素の重要な構成成分 ・成長の著しい赤ちゃんや妊婦、授乳期の人には特に多く必要
鉄	・赤血球の主要成分であるヘモグロビンと結びつき、酸素を運ぶ機能 ・鉄分が不足すると貧血を起こす ・不足すると動悸、息切れ、食欲不振、舌炎等の皮膚炎の原因となる
クロム	・肝臓や腎臓、血液に多く含まれ、糖質のエネルギー代謝に深く関与 ・インスリンの働きを助け、血糖値を安定化させる等糖尿病改善効果 ・脂肪代謝をうながし、血液中中性脂肪を下げコレステロールを安定
セレン	・過剰な活性酸素の発生を抑え、抗酸化酵素の活性化に重要な働き ・欠乏すると高コレステロール血症、心臓病、循環器系疾患を引き起こす ・血圧をコントロールするホルモンの産生に欠かせない成分
銅	・赤血球のヘモグロビンを造るための必須元素 ・全ての動植物にとって、生育に必要な元素 ・酵素反応やエネルギー代謝に特に重要な働きをする

ている。したがって、われわれが毎日食する米や野菜、肉、魚介類などのほとんどの食料には重金属と呼ばれるミネラル分が含まれている。

日本人は近年、偏食に起因して亜鉛や銅、鉄等のミネラル分摂取不足により、糖尿病等の生活習慣病、老化促進等の新たな国民病が指摘され、健康医学分野ではこれら重金属類ミネラル分の積極的摂取を呼びかけている。

重金属類に限らず、「食品添加物」や「栄養食品」も含めてあらゆるものは、度を過ぎれば有害物となるわけで、重金属＝有害物という誤った考えを改める必要がある。

5. 見直すべき農用地の管理基準

図5.1に英国及び米国における下水汚泥有効利用状況を示す。わが国ではわずか15%程度に過ぎない緑農地利用が、欧米では6～7割を占めている。下水汚泥は廃棄物の中でも非有害廃棄物に分類され、緑農地に還元するのが循環型社会構築上、最も理想的な形と解釈されている。

わが国で緑農地利用が進まない理由として、先述した下水汚泥に対する誤解とともに、「農用地における土壌中の重金属等の蓄積防止に係る管理基準」（昭和59年環境庁水質保全局）が大きく影響している。

「農用地における土壌中の重金属等の蓄積防止に係る管理基準」
(昭和59年11月 環境庁水質保全局長通達)
管理基準値：
土壌（乾燥土）の亜鉛濃度 120mg/kg

この値は、わが国農用地土壌における自然賦存量の概ね上限値を考慮して、暫定基準として定めたもので、

植害等の有害基準値を示すものではない。しかし、下水汚泥中には数100～1,000mg/kg程度の亜鉛Znが含まれていることから、一部の県の農政サイドでは「下水汚泥肥料を連用するとこの基準を超えるためなるべく施用しないほうが良い、又は原則施用を禁止する」と行政指導している事例が多い。

この管理基準値120mg/kgは、表5.1に示すように諸外国の基準値に比べ極めて厳しい値であることがわかる。また、図5.2に示すように、下水汚泥肥料を連用したとしても、土壌中の重金属濃度はある値以上には蓄積しなくなることが知られている。

昭和40年代や50年代の下水道草創期には、悪質工場排水等に起因して比較的汚泥中重金属濃度の高い下水処理場が存在したことは事実である。しかし、表5.2に示すように、近年工場排水の規制強化や管理体制の向上により下水汚泥中の重金属濃度は大幅に改善されている。前述したように、現在の下水汚泥中重金属の発生起源の多くは食料や水道水起源といわれている。

下水汚泥中には貴重なりん資源が多く含まれていることから、最近特に汚泥からのりんの回収が叫ばれているが、りん以外にも窒素分や植物の成長に欠かせない貴重な微量栄養素、ミネラル分が豊富に含まれている有機質肥料であり、わが国でも積極的に利活用すべきである。そのためにも、「農用地における土壌中の重金属等の蓄積防止に係る管理基準」の早急な見直しが望まれる。

表5.1 諸外国における畑地土壌の亜鉛含有濃度基準

国 名	Zn (mg/kgDS)
日本	120
フランス	300
イギリス	300
ドイツ	200
米 国	1,400

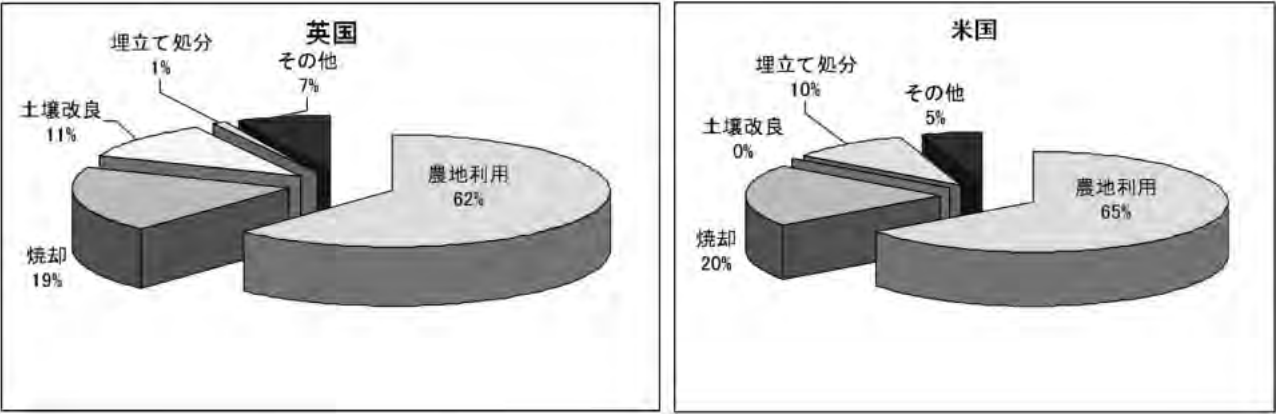


図5.1 欧米における下水汚泥有効利用の現状

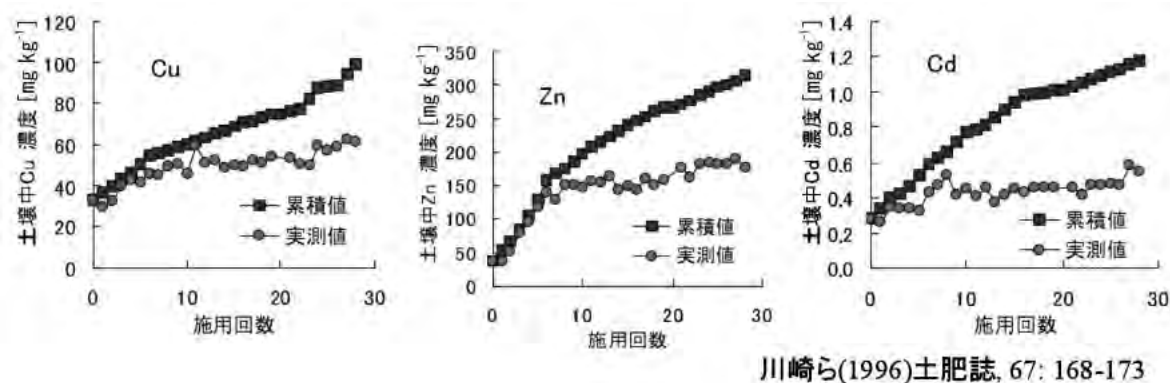


図5.2 汚泥の施用と重金属濃度の推移

表5.2 S市における下水汚泥中重金属含有量の推移

(単位: mg/ksDS)

項 目	1975年頃	1998年頃
総水銀	4.43	0.3~0.5
鉛	0.83	<0.1
砒素	10.8	3.9
総クロム	85	15
マンガン	400	176
亜鉛	1,333	235
銅	186	120
カドミウム	3	0.4

6. おわりに

下水汚泥は、エネルギー原料、肥料原料、建設資材マテリアル原料など幅広い資源価値を有しているばかりでなく、世界の経済情勢や社会情勢、気候等の自然情勢に左右されることなく、遠い将来にわたって安定して確保することのできる数少ない貴重な国産資源の一つである。

下水汚泥の特性を十分に理解しないまま、誤った先入感でその有効利用を排除しようとするのは、貴重な資源を廃棄物として処分してしまうばかりか、膨大な資金とエネルギーを投じて必要以上に高度な安定化処理を行わなければならない結果となっている。資源の大部分を外国からの輸入に頼り、膨大な財政赤字に苦しむわが国にとって大きな問題であり、より現実に見合った柔軟な対応が望まれる。

<参考文献>

- 1) 欧米諸国と我が国における有機資源の農地利用に関する規制・基準、(社)日本有機資源協会
- 2) 下水汚泥の農地・緑地利用マニュアル－2005年版－、(社)日本下水道協会
- 3) 間瀬弘幸；「下水汚泥肥料中の重金属に係る安全性についての一考察」、再生と利用、No.125 (2009) p32－37 (社)日本下水道協会
- 4) 大森健司；「汚泥肥料の規制のあり方に関する懇談会について」、再生と利用、No.125 (2009)、p23－31、(社)日本下水道協会
- 5) 日本環境管理学会編、「水道水質基準ガイドブック平成21年4月改正準拠」、平成21年5月、丸善株式会社

研究紹介

下水汚泥コンポスト由来窒素および炭素の循環 —長期連用圃場での安定同位体自然存在比を利用した解析—

東京大学大学院農学生命科学研究科

後藤 茂子

キーワード：オオムギ、長期連用試験、 $\delta^{15}\text{N}$ 値、 $\delta^{13}\text{C}$ 値、トウモロコシ

1. はじめに

下水汚泥はコンポスト化されて肥料として農地に施用されている。下水汚泥中に含まれる窒素等を肥料資源として利用すると同時に下水汚泥コンポスト中の有機化合物による土壌の物理性・化学性・生物性の改善効果も期待できる。肥料成分である窒素は、栽培植物に吸収利用されるが、その一方で一部が下方に溶脱し、地下水汚染などを引き起こすことが懸念されている。また近年ヨーロッパなどでは、減少した農地土壌の有機態炭素含有量を増加させる策のひとつとして下水汚泥など有機物の施用が提案されている。

下水汚泥コンポスト長期連用圃場において、下水汚泥コンポスト由来窒素は、施用後どのように植物に利用されるのか、また下方に溶脱しているのか。炭素は土壌に残留しているのか、また大気に放出された炭素は植物により固定されるのか。窒素および炭素安定同位体自然存在比（ $\delta^{15}\text{N}$ 値および $\delta^{13}\text{C}$ 値）を自然のトレーサーとしてその挙動を追ってみた¹⁾。なお、本試験は、本誌「再生と利用」No120の『下水汚泥由来亜鉛の行方—26年間の下水汚泥コンポスト連用圃場試験から—』で有害成分である重金属（亜鉛）について報告した長期連用試験^{2,3)}の一環として行ったものである。

安定同位体自然存在比を用いた研究は様々な分野で

行われている。生態系の分野での利用も多く、なかでも $\delta^{15}\text{N}$ 値および $\delta^{13}\text{C}$ 値を用いた研究は多い。本研究も $\delta^{15}\text{N}$ 値および $\delta^{13}\text{C}$ 値を用いて行った。自然界（生態系）の窒素には、 ^{14}N （軽い方の同位体）が約99.63%、 ^{15}N （重い方の同位体）が約0.37%存在し、炭素には、 ^{12}C （軽い方の同位体）が約98.89%、 ^{13}C （重い方の同位体）が約1.11%存在する。 ^{14}N と ^{15}N あるいは ^{12}C と ^{13}C のそれぞれ2つの同位体の存在比率は、物質によりわずかに異なっている。物質中の2つの同位体の安定同位体比は、窒素、炭素それぞれの標準物質の安定同位体比に対する偏差として千分率（‰）で表され、次式で示す δ 値が用いられる。

$$\delta^{15}\text{N} \text{あるいは} \delta^{13}\text{C} (\text{‰}) = (\text{R試料}/\text{R標準物質} - 1) \times 1000$$

Rは $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ あるいは $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ の標準物質は大気窒素、 $\delta^{13}\text{C}$ のそれはベレムナイト化石（PDB）中の炭酸カルシウムである。

植物の $\delta^{15}\text{N}$ 値は土壌の窒素分の由来によって異なり、栄養塩の $\delta^{15}\text{N}$ 値を反映すると考えられる。下水汚泥窒素はその多くが微生物菌体であることから $\delta^{15}\text{N}$ 値は高く（別に測定した2つの処理場の脱水ケーキは+8.4および+9.0‰であった）、一方化学肥料は大気窒素に近い値（0‰：工業的に大気窒素からアンモニアを合成する）である。農地土壌の多くは、化学肥料よりも高く下水汚泥よりも低い値（黒ボク土：+6.5‰前後といわれている）なので、下水汚泥、化学肥料

および土壌の $\delta^{15}\text{N}$ 値が異なることを利用して下水汚泥由来窒素の行方を追跡することが可能である。一方、植物の $\delta^{13}\text{C}$ 値は、大気中の CO_2 を植物体内に取り込む光合成の回路によって決まる。また、大気中の CO_2 の $\delta^{13}\text{C}$ 値は、そこで生育する植物の $\delta^{13}\text{C}$ 値を決定する要因のひとつと考えられ、土壌中で分解して CO_2 として大気に放出された下水汚泥コンポスト由来炭素の行方を追跡できるかもしれない。本研究では、下水汚泥コンポスト由来窒素および炭素の植物による吸収や固定、土壌中での残留、溶脱などを、 $\delta^{15}\text{N}$ 値および $\delta^{13}\text{C}$ 値をトレーサーとして用いて解析することを試みた。

2-1. 窒素の行方その1：作土層への残留および溶脱

1978年に開始した連用圃場試験はモミガラコンポスト区（H区）、オガクズコンポスト区（S区）、化学肥料区（F区）、乾燥汚泥区（D区：1981年まで乾燥汚泥、その後化学肥料を施用）の4つの試験区からなる。

供試した肥料の $\delta^{15}\text{N}$ 値は、モミガラコンポストでは+16.5%、オガクズコンポストでは+12.5%と高く、化学肥料は+0.3%と大気窒素に近い値であった（表1）。これらコンポストあるいは化学肥料を26年間年2回連用し、2003年冬作前に採取した土壌層別の $\delta^{15}\text{N}$ 値は、0-10 cm 層土でモミガラコンポスト区>オガクズコンポスト区>化学肥料区 $\geq$ 乾燥汚泥区と下水汚泥コンポストを連用した区で高く、この傾向は10-20 cm 層土、20-30 cm 層土でもみられた（図1a）。土壌よりも高い $\delta^{15}\text{N}$ 値の下水汚泥コンポストを連用した結果、土壌 $\delta^{15}\text{N}$ 値は下水汚泥コンポストの $\delta^{15}\text{N}$ 値の影響を受けて高くなり、土壌よりも低い $\delta^{15}\text{N}$ 値の化学肥料を連用した試験区土壌の $\delta^{15}\text{N}$ 値との間に明らかな差を生じ、下水汚泥コンポスト窒素は土壌に残留していることが示唆された。なお、窒素含有量は0-10、10-20 cm 層土では、2つの下水汚泥コンポスト区で化学肥料を連用した化学肥料区および乾燥汚泥区に比べて高く、20-30 cm 層土ではいずれの区も0-10 cm 層土の約1/2となった（図1b）。

40 cmより下方90 cmまでの層の $\delta^{15}\text{N}$ 値は、モミガラコンポスト区では0-10 cm 層土に比べ低いのに対し、化学肥料を連用した化学肥料区および乾燥汚泥区では高い傾向が見られ、これら3試験区の土壌 $\delta^{15}\text{N}$ 値の違いは小さくなった（図1a）。窒素含有量には試験区間および土壌層間での差はなかった（図1b）。また、2003年に施用を停止し、植物の栽培は継続して2年が経過した2005年夏作後の0-10 cm層土の $\delta^{15}\text{N}$ 値は、化学肥料区（+6.0%）、乾燥汚泥区（+6.1%）

表1 肥料の窒素および炭素含有量、 $\delta^{15}\text{N}$ および $\delta^{13}\text{C}$ 値および C/N 比

	N (g kg ⁻¹)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	C (g kg ⁻¹)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	C/N
モミガラコンポスト	24	+16.5	283	-26.8	11.8
オガクズコンポスト	24	+12.5	382	-24.8	16.0
化学肥料*		+0.3			
全農中央会推奨基準 (下水おでたい肥)	≥ 15				≤ 20

*くみあい複合燐加安A907号 12-18-16
(分析試料は2003年夏作前施用肥料)

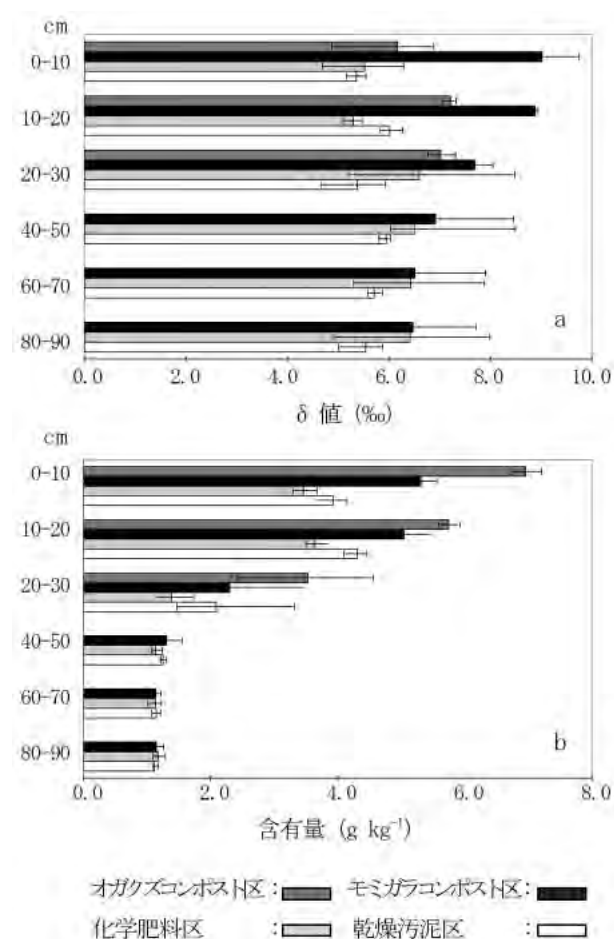


図1 土壌層別 $\delta^{15}\text{N}$ 値 (a) および窒素含有量 (b) (2003年冬作前採取土壌)

で、2003年と比べそれぞれ0.5および0.7%、モミガラコンポスト区（+9.2%）で0.2%高くなった。土壌中での窒素同位体分別（同位体の比率が変わる）は、無機化、アンモニア揮散、硝化、脱窒等の際に起こるといわれており、2年の間に起きたこれらの反応によって、土壌窒素の $\delta^{15}\text{N}$ 値が高まったことが考えられた。2005年の0-10 cm 層土の窒素含有量は、モミガラコンポスト区、乾燥汚泥区、化学肥料区には2003年との違いは認められなかった。

以上の結果から、下水汚泥コンポスト由来窒素の溶脱については、本試験条件下（圃場：黒ボク土、モミ

ガラコンポスト窒素含有量：24 g kg⁻¹、モミガラコンポスト年間施用量（乾物重）：1.2 kg m⁻²等）では、40 cm 以下の下層土 $\delta^{15}\text{N}$ 値には、コンポスト施用区と化学肥料区との間で差がないことから、コンポスト有機態窒素の下方への溶脱はあってもわずかと思われた。しかし下水汚泥コンポスト区の40 cm 以下の層では $\delta^{15}\text{N}$ 値の変動が大きく（図1a）、下方への溶脱が局所的に起こることも否定できない。

2-2. 窒素の行方その2：植物による吸収

これらの試験区で収穫したオオムギおよびトウモロコシの茎葉、穂部あるいは子実の窒素含有量には、試験区間で大きな違いがなかったのに対して、 $\delta^{15}\text{N}$ 値は下水汚泥コンポスト区の値が化学肥料区および乾燥汚泥区に比べ明らかに高く、これらの試験区間で違いがあった（表2）。植物の $\delta^{15}\text{N}$ 値は、施用した下水汚泥コンポストと化学肥料の $\delta^{15}\text{N}$ 値、あるいはこれらを長期連用した各試験区の土壌窒素の値を反映して、下水汚泥コンポストを連用した区では高く、化学肥料を連用した化学肥料区と乾燥汚泥区では低く、下水汚泥コンポスト区の植物は下水汚泥コンポスト由来窒素を吸収利用したことを示した。また、肥料施用を停止して2年が経過した2005年のオオムギの $\delta^{15}\text{N}$ 値も同様にモミガラコンポスト区で化学肥料区および乾燥汚泥区の値より高かった。しかしその差はモミガラコンポスト区の $\delta^{15}\text{N}$ 値が下がったことから小さくなった（表2）。

2-3. 窒素の行方その3：植物体内での移行

2001年の生育初期（4月初め）、生長期（5月初め）収穫期（6月初め）に採取したオオムギの生育時期別 $\delta^{15}\text{N}$ 値は、いずれの時期も、2つの下水汚泥コンポスト区で化学肥料区に比べて高く、また2つの下水汚泥コンポスト区の茎葉の $\delta^{15}\text{N}$ 値は生育初期、生長期には高かったものの、収穫期には生育初期よりも低くなって土壌の値に近づいた（図2）。このことは、生長期を過ぎると土壌中に存在する施用した下水汚泥コンポスト由来の可給態窒素が減少し、オオムギの土壌窒素への依存が相対的に高まったことを示唆している。一方、化学肥料区の茎葉部の $\delta^{15}\text{N}$ 値は、生育初期には化学肥料の値に近く、その後は高くなって、土壌窒素の寄与が推測された。下水汚泥コンポスト区の穂部の $\delta^{15}\text{N}$ 値は、生長期には茎葉と近似した高い値であったが、収穫期には低下した。しかし収穫期の穂部の $\delta^{15}\text{N}$ 値はこの時期の茎葉の値よりも高いことから、オオムギが生長期までに吸収した下水汚泥コンポ

表2 オオムギおよびトウモロコシ地上部の窒素含有量および $\delta^{15}\text{N}$ 値

	窒素含有量 (g kg ⁻¹)				$\delta^{15}\text{N}$ 値 (‰)			
	H区	S区	F区	D区	H区	S区	F区	D区
2003年6月採取オオムギ								
茎葉	9.7	7.4	9.0	5.7	+8.8	+9.4	+0.6	-0.7
穂部	19.6	17.9	18.9	17.2	+10.1	+10.8	-0.0	+0.1
2005年6月採取オオムギ								
茎葉	3.5	—	3.2	2.9	+5.5	—	-0.9	+0.4
穂部	11.4	—	12.4	11.5	+7.0	—	+0.3	+1.0
2003年10月採取トウモロコシ								
茎葉	13.7	13.4	12.6	14.7	+10.8	+10.1	+2.3	+2.0
子実部	17.7	13.5	13.9	15.4	+10.1	+10.9	+0.4	-0.4

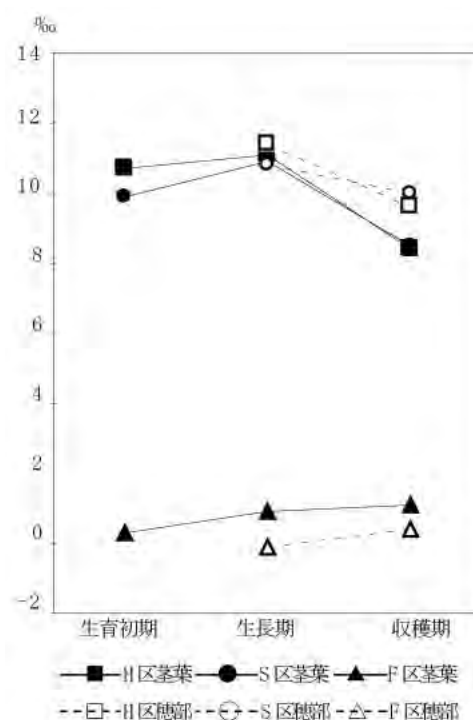


図2 オオムギの生育時期別 $\delta^{15}\text{N}$ 値（2001年採取）

スト窒素が葉に蓄積され、それが生長期から収穫期にかけて葉から転流し、穂部に多く集積したと考えられた。化学肥料区穂部の $\delta^{15}\text{N}$ 値は生長期、収穫期ともに茎葉よりも低く、化学肥料窒素もまた下水汚泥コンポスト窒素と同様に吸収され、転流していると考えられた。モミガラコンポストの施用を中止して2年が経過した2005年のオオムギの $\delta^{15}\text{N}$ 値は、以前の値に比べ低下していたが、化学肥料を施用した2つの区よりも高く、停止後2年が経過してもオオムギは下水汚泥コンポスト由来の窒素を吸収したことが示された。

3-1. 炭素の行方その1：土壌への残留

供試したモミガラコンポストの $\delta^{13}\text{C}$ 値は-26.8‰、オガクズコンポストは-24.8‰であった（表1）。下

水汚泥に混合する副資材が下水汚泥コンポストの炭素含有量や $\delta^{13}\text{C}$ 値に影響していると思われる。これらを26年間連用した土壌（0-10 cm層土）の $\delta^{13}\text{C}$ 値は、モミガラコンポスト区で-23.3‰、オガクズコンポスト区で-22.9‰となり、それぞれ施用したコンポストの $\delta^{13}\text{C}$ 値を反映していた。また化学肥料区（-21.4‰）よりも低くなった。土壌の層別 $\delta^{13}\text{C}$ 値は、0-10 cm層土で、化学肥料区>乾燥汚泥区>オガクズコンポスト区>モミガラコンポスト区と2つの下水汚泥コンポストを連用した区で化学肥料を連用した化学肥料区および乾燥汚泥区に比べ低く、この傾向は10-20 cm層土でもみられたが、20-30 cm層土では試験区間の差はなくなった。40 cmより下方90 cmまでの $\delta^{13}\text{C}$ 値にも、試験区間、土壌層間での差はみられなかった。炭素含有量は、窒素含有量と同様に、0-10 cm層土では2つの下水汚泥コンポスト区で化学肥料区および乾燥汚泥区に比べ明らかに高く、この傾向は10-20 cm層土でも認められた。

下水汚泥コンポスト由来炭素はどれほど土壌に残留するのか。2003年の土壌（0-10 cm層土）の $\delta^{13}\text{C}$ 値をもとに、26年間の長期連用による下水汚泥コンポスト炭素の土壌中での蓄積比率（%）を次式により求めた。

土壌中での蓄積比率（%）＝

$$(\delta\text{Csoil} - \delta\text{Fsoil}) / (\delta\text{Comp} - \delta\text{Fsoil}) \times 100$$

ここで δCsoil は下水汚泥コンポスト区土壌 $\delta^{13}\text{C}$ （‰）、 δFsoil は化学肥料区土壌 $\delta^{13}\text{C}$ （‰）、 δComp は下水汚泥コンポスト $\delta^{13}\text{C}$ （‰）である。その結果、土壌における下水汚泥コンポスト炭素の蓄積比率は、モミガラコンポスト区で全土壌炭素の35%、オガクズコンポスト区で44%と計算された。また、施用停止後2年目（2005年）のモミガラコンポスト区0-10 cm層土の $\delta^{13}\text{C}$ 値（-22.9‰）は、2003年に比べわずかに高くなり、同様に求めて2005年のモミガラコンポスト区での土壌への蓄積比率は32%であった。下水汚泥コンポストを26年間連用した本試験においては、施用された下水汚泥コンポスト炭素の易分解性の画分が初期に速やかに分解し、 CO_2 として大気に放出されたが、一方で全土壌炭素の35-44%程度の比率で土壌中に残留したことが示唆された。また、施用を停止して2年が経過しても蓄積比率の変化は大きくはなかったことから、モミガラコンポスト有機炭素の分解（大気への CO_2 放出）はコンポスト施用直後の急速な分解のあとは少なく、多くが土壌中に残留していると思われる。

3-2. 炭素の行方その2：植物による固定および転流

オオムギ茎葉の炭素含有量は、下水汚泥コンポスト

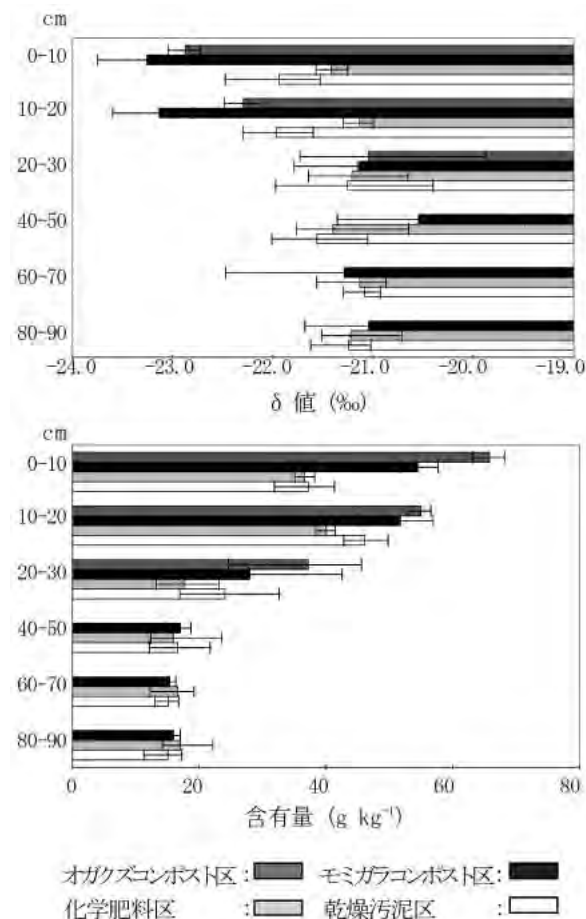


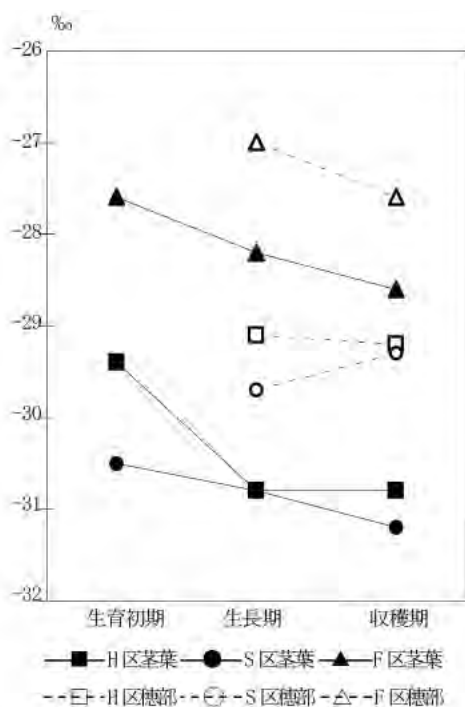
図3 土壌層別 $\delta^{13}\text{C}$ 値 (a) および炭素含有量 (b) (2003年冬作前採取土壌)

を連用した区が化学肥料を連用した区に比べて高かったが、オオムギ穂部およびトウモロコシ（茎葉および子実部）の炭素含有量には試験区による差はなかった（表3）。植物の $\delta^{13}\text{C}$ 値は、前述したように光合成の回路によって決まる。本試験でのオオムギとトウモロコシは、C3植物あるいはC4植物の一般的な値と思われる $\delta^{13}\text{C}$ 値を示した。2003年の2つの下水汚泥コンポスト区のオオムギ（C3植物）茎葉の $\delta^{13}\text{C}$ 値（-32.4から-31.7‰）は、化学肥料を連用した化学肥料区および乾燥汚泥区（-30.7から-30.4‰）に比べ低かった。穂部 $\delta^{13}\text{C}$ 値のモミガラコンポスト区と化学肥料区との差は茎葉の場合のように大きくなかった。また肥料施用停止2年目（2005年）のオオムギの $\delta^{13}\text{C}$ 値は、茎葉でも穂部でも試験区間の差はみられなくなった。

一方、コンポスト施用を継続していた2001年の2つの下水汚泥コンポスト区のオオムギ茎葉の $\delta^{13}\text{C}$ 値は、3つの生育時期のいずれでも化学肥料区に比べ低く、これらは土壌の $\delta^{13}\text{C}$ 値を反映していた（図4）。土壌近傍の大気 CO_2 の $\delta^{13}\text{C}$ 値には土壌呼吸で放出された CO_2 の $\delta^{13}\text{C}$ 値が影響するといわれており、2003年に収

表3 オオムギおよびトウモロコシ地上部の炭素含有量および $\delta^{13}\text{C}$ 値

	炭素含有量 (g kg^{-1})				$\delta^{13}\text{C}$ 値 (‰)			
	H区	S区	F区	D区	H区	S区	F区	D区
2003年6月採取オオムギ								
茎葉	420	438	406	407	-32.4	-31.7	-30.4	-30.7
穂部	422	431	424	418	-30.7	-30.0	-29.4	-29.7
2005年6月採取オオムギ								
茎葉	429	-	412	421	-29.8	-	-29.9	-29.8
穂部	417	-	412	418	-29.1	-	-28.5	-28.6
2003年10月採取トウモロコシ								
茎葉	441	439	436	442	-12.8	-12.8	-12.9	-13.0
子実部	446	450	447	449	-11.8	-12.0	-11.8	-12.1

図4 オオムギの生育時期別 $\delta^{13}\text{C}$ 値 (2001年採取)

穫したオオムギ (表3) あるいは2001年の生育時期別のオオムギ (図4) でみられた下水汚泥コンポスト区と化学肥料区の $\delta^{13}\text{C}$ 値の違いは、オオムギが固定したと思われる土壌近傍の大気の $\delta^{13}\text{C}$ 値 (下水汚泥コンポスト由来あるいは土壌由来) が違っていたことを示唆した。コンポストの施用を停止して2年目の2005年のモミガラコンポスト区のオオムギの $\delta^{13}\text{C}$ 値には化学肥料区との差がみられず、下水汚泥コンポスト由来炭素からの CO_2 の放出が2003年に比べ減少したことを示唆した。このことは、先に土壌と下水汚泥コンポストの $\delta^{13}\text{C}$ 値から求めた、下水汚泥コンポスト炭素の土壌中での2003年と2005年の蓄積比率の変化が少ないことから推定されるように、下水汚泥コンポスト炭素は施用停止後2年が経過しても土壌にその多くが残留していたとの考えを支持している。また、本研究のオオムギ穂部の $\delta^{13}\text{C}$ 値は、2001年、2003年のいずれ

の区の生長期、収穫期においても茎葉のそれに比べ高く、光合成による代謝産物 (糖) が葉から転流し、窒素とともに穂部の生長に寄与したことが示唆された。

C4植物であるトウモロコシでは、2003年収穫の茎葉および子実部の $\delta^{13}\text{C}$ 値は、それぞれ-12.8から-13.0‰、-11.8から-12.1‰の範囲にあって、4つの試験区間で差が認められなかったが、茎葉の $\delta^{13}\text{C}$ 値は子実部に比べて低く、オオムギ同様、光合成による代謝産物 (糖) が葉から子実部に転流したことが示唆された。

4. まとめ

窒素および炭素安定同位体自然存在比の手法を用いて下水汚泥コンポスト長期連用圃場における下水汚泥コンポスト由来窒素および炭素を追跡し、同時に行った化学肥料区の結果と比較して、それらの行方を考察した。

1. 窒素の行方

- 1) 土壌の $\delta^{15}\text{N}$ 値は、下水汚泥コンポスト連用にとまって明らかに高まり、土壌への下水汚泥コンポスト窒素の残留が認められた。
- 2) オオムギおよびトウモロコシの $\delta^{15}\text{N}$ 値は、施用した下水汚泥コンポストと化学肥料窒素の値、土壌窒素の値を反映し、肥料は植物に有効に吸収利用されたことを示した。
- 3) オオムギ茎葉の $\delta^{15}\text{N}$ 値は生育初期、生長期には高く、収穫期には生育初期よりも低くなって土壌の値に近づいた。収穫期には下水汚泥コンポスト由来の可給態窒素が減少し、オオムギは土壌窒素を吸収したと考えられた。収穫期のオオムギ穂部の $\delta^{15}\text{N}$ 値はこの時期の茎葉の値よりも高く、オオムギが生長期までに吸収した下水汚泥コンポスト由来窒素が生長期から収穫期にかけて葉から転流し、穂部に集積したと考えられた。

2. 炭素の行方

- 1) 下水汚泥コンポスト長期連用によって土壌の $\delta^{13}\text{C}$ 値には、モミガラコンポスト、オガクズコンポストのそれぞれ施用したコンポストの $\delta^{13}\text{C}$ 値が反映していた。下水汚泥コンポスト連用26年目の下水汚泥コンポスト由来炭素の土壌中での蓄積比率を求めたところ全土壌炭素の35-44%程度と推定された。
- 2) 下水汚泥コンポストを連用した区のオオムギ茎葉の $\delta^{13}\text{C}$ 値は、生育初期、生長期、収穫期のいずれでも化学肥料区に比べ低く、これらは土壌の $\delta^{13}\text{C}$ 値を反映していた。オオムギは大気

中に放出された下水汚泥コンポスト由来炭素からの CO_2 を光合成によって固定したことを示唆した。

- 3) オオムギ穂部およびトウモロコシ子実部の $\delta^{13}\text{C}$ 値は、いずれの生育ステージにおいても茎葉のそれに比べ高く、光合成による代謝産物（糖）が葉から転流し、窒素とともに穂部の生長に寄与したことが示唆された。

以上の結果から、下水汚泥コンポストは施用後比較的短期間に、窒素あるいは炭素が無機化・分解され土壤に放出され、植物により吸収あるいは固定されてその生長に寄与するが、施用停止2年後の、土壤およびオオムギの $\delta^{15}\text{N}$ 値および $\delta^{13}\text{C}$ 値から、一部は土壤中に残留し、ゆっくりと分解、無機化、放出されることが推察された。

謝辞

本研究は、東京大学大学院農学生命科学研究科附属

農場圃場実験に多くの方のご協力を頂きました。安定同位体自然存在比による解析にあたっては米山忠克東大名誉教授に御助言を頂きました。また、本研究は日本学術振興会科学研究費補助金（奨励研究）助成により実施しました。各位に感謝を表します。

参考文献

- 1) 後藤茂子、米山忠克：下水汚泥コンポスト長期連用における下水汚泥コンポスト由来窒素および炭素の循環—安定同位体自然存在比を利用した解析—, 土肥誌, 81, 16~22 (2010)
- 2) 後藤茂子：下水汚泥由来亜鉛の行方—26年間の下水汚泥コンポスト連用圃場試験から—, 再生と利用, Vol. 32 No. 120, 6~10 (2008)
- 3) 後藤茂子、山岸順子、米山忠克、茅野充男：下水汚泥コンポスト長期連用圃場における下水汚泥由来亜鉛および銅の土壤-作物系での分配, 土肥誌, 79, 17~26 (2008)

研究紹介

下水汚泥と稲わらの混合メタン発酵
による一括バイオガス化技術の開発

長岡技術科学大学 環境・建設系

橘 隆一・姫野 修司・小松 俊哉

キーワード：バイオマス、混合メタン発酵、バイオガス化、稲わら

1. はじめに

バイオマスを利活用し、新エネルギーの利用率を向上させることは、全世界的に重要な課題となっている。特に化石資源の乏しい我が国では、バイオマスの利用を最大限可能にするために、バイオマス推進基本法、電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法（RPS法）の制定やエネルギー供給高度化法の改定など、本格的なバイオマス関連法整備が進んでいる。しかし、バイオマスは化石燃料に比べてエネルギー密度が低く、資源としては広く薄く散在しているため収集にコストがかかる。また、食糧と競合する場合も考えられるなど、解決すべき課題もある。

種々のバイオマス資源のうち、農業残渣は、食料生産との競合がないことから利活用に大きな可能性を有すると考えられる。中でも稲作に伴って発生する稲わらは、各種農業残渣のうち最も発生量が多く、わが国全体で年間約960万トンと大量に発生している¹⁾。稲わらの現在の利用状況として、鋤き込みの割合が最も高くなっているが、排水不良田での稲わらの鋤き込みは、根腐れによる生育阻害をもたらすことや大気中へメタン放出を起こすことが知られており²⁾、地域によっては、有効な利活用法になっているとは言い難い。バイオマスエネルギーとして注目されているバイオエタノール生産においても、稲わらをはじめとした食糧と

競合しないセルロース系バイオマスの利活用が期待されている。そのため、今後も大量に発生することが見込まれる稲わらの有効な利活用の促進が必要である。

国内でも有数の稲作地帯である新潟県では、バイオマス発生量のうち約60%を農業系、約30%を生活系、約10%を木質系と産業系で占めている（図1）³⁾。農業系バイオマスのうち、稲わらの占める割合は34%で、新潟県のバイオマス発生量の約20%を占めている。また、生活系バイオマスのうち、し尿汚泥、下水汚泥、集落排水汚泥の占める割合は80%を超えており、稲わらと生活系汚泥の発生量は、新潟県のバイオマス発生量のおよそ半分を占めている。

一方、バイオマス利活用技術の一つに混合メタン発酵法（嫌気性消化法）があり、広範なバイオマスを混

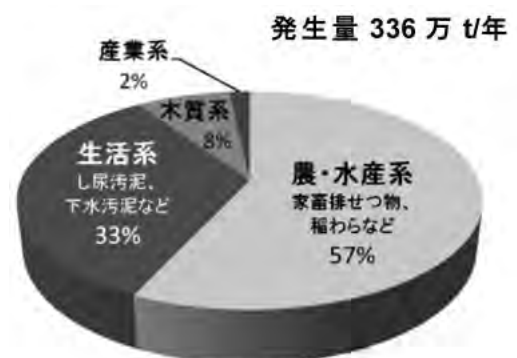


図1 新潟県におけるバイオマス発生量（湿潤重量ベース）³⁾

合させることで、有効活用を促進することが期待されている⁴⁾。しかしながら、実施設で適用するためには、発酵効率を向上させることや、消化残渣の増加率を抑えることが重要で、バイオマスの可溶化促進が必要と考えられる。

そこで、我々は新潟県において農業系バイオマスの利活用を促進させるために、稲わらと下水汚泥の混合メタン発酵による一括バイオガス化技術の開発を目指している。本報告では、これまで行ってきた一連の研究により得られた結果⁵⁻⁷⁾を中心に報告すると共に、今後、必要と考えられる稲わらの階層的エネルギー利用システムについて紹介する。

2. 酵素による稲わらの可溶化

混合メタン発酵法をセルロース系のバイオマスに適用させるためには、後述するような物理的、化学的な前処理が必要となる。特に、稲わらは下水汚泥等の有機質と比較すると強固な構造なため、バイオガス化（メタン発酵）させるためには、可溶化が有効と考えられている。高温（蒸煮）や高圧（亜・超臨界）、薬品（硫酸）による処理などが検討されているが、設備が大型化することや、エネルギーを要すること、難分解性の物質の生成による水処理の困難性、薬品を有することなどの問題点が指摘されている。

このような中で、我々は、新規酵素により簡易前処理のみでメタンガスが増産可能であることを初めて明らかにした。使用する酵素は当初有機性コンタクトレンズの洗浄を目的に開発され、その副産物として製造されるセルロース分解酵素である。

稲わらは、セルロース約37%、ヘミセルロース約45%を含むリグノセルロースである（図2）。ヘミセルロースがセルロース表層を覆うような構造であるため、可溶化にはセルロース分解酵素（セルラーゼ）、ヘミセルロース分解酵素（ヘミセルラーゼ）の併用が必要で、両者が配合されている本酵素は、稲わらの可溶化・分解に適していると考えられる。酵素による可溶化は、他の方法に比べて、エネルギー消費が少ない、酵素分解による難分解性物質の生成がなく、これまでの下水処理に影響を及ぼさない、有害薬剤を一切使用しないなど、多くの利点を有する。

3. 下水汚泥と稲わらによる混合メタン発酵

メタン発酵には、一般的に、36℃付近で消化を行う中温消化と50～55℃の高温消化が知られている。現在、全国の消化槽を保有している下水処理場305施設の内、高温消化を採用している処理場は12施設である⁸⁾。高

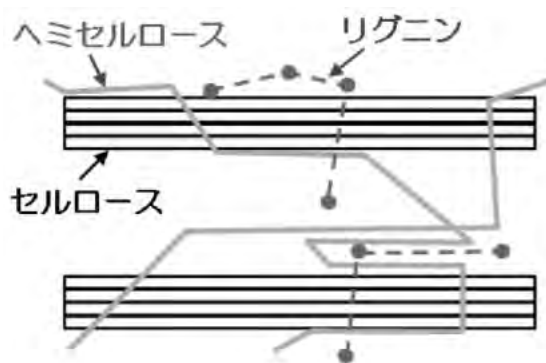


図2 稲わらの構造模式図

温消化の利点として、有機物のガス化速度が速く、短い滞留日数での運転が可能であるなどが挙げられる。そこで、中温消化に加え高温消化も対象とし、システム全体で評価することを目的とし連続実験を行った。

3.1 実験材料および方法

実験には、新潟県長岡市で産出された稲わらをミキサーで約5mmに粉碎後、105℃の乾燥機で絶乾状態にした上で使用した。連続実験の種汚泥として用いた中温および高温消化汚泥は、それぞれ中温消化、高温消化を行っている下水処理場より入手した。基質として投与した濃縮下水汚泥は、最初沈殿池汚泥を重力濃縮したものと、余剰汚泥を遠心濃縮したものが、およそ1:1で混合されている。

中温および高温での混合メタン発酵実験の諸条件を表1に示す。種汚泥として消化汚泥を、投入基質として稲わらと濃縮汚泥を用いた混合液量1.8Lを2Lのガラス容器に用意した。消化温度は、中温を $36 \pm 1^\circ\text{C}$ 、高温を $55 \pm 2^\circ\text{C}$ にそれぞれ設定した。稲わらの可溶化の影響をみるために、粉碎のみで投入する系、 $36 \pm 1^\circ\text{C}$ で蒸留水に20日間浸漬させて投入する水処理系、同条件で酵素溶液に浸漬させて投入する酵素処理系を設定した。また、比較対照として濃縮汚泥のみを投入するブランクを設定した。

基質の投入は半連続式で行い、汚泥の引抜きと基質の投入は1日に1回、約120mLを引抜き・投入し、擬似的に消化日数を15日と設定した。なお、水処理系および酵素処理系においては、溶液の分だけ投入量、引抜き量が多くなるため、実質的な消化日数は約13日となる。

3.2 中温および高温での混合メタン発酵実験

この実験より得られた定常状態における平均消化成績を表2に示す。メタン生成量は、平均値±標準偏差で示す。稲わらを投入した系のメタン生成量は、稲わらを投入していないブランクと比較して、中温では

1.7～2.0倍、高温では1.4～1.6倍高くなっていることがわかる。また、メタン生成量は、稲わらに可溶化前処理を施したことにより、粉碎のみの処理に比べて、中温では水処理で5%、酵素処理で13%、高温では水処理で13%、酵素処理で18%、それぞれ増加した。さらに、高温消化におけるメタン生成量は、中温消化と比較して、ブランクで37%、粉碎のみの処理で6%、水処理の系で14%、酵素処理で11%それぞれ増加した。今回設定した実験系列では、中温、高温ともに酵素処理を施した系が最もメタン生成量が高く、酵素処理により稲わらの可溶化が進み、粉碎のみや水処理の系と比較して、より多くの稲わらがメタンに転換したと考えられる。

固形物除去の面では稲わらに水処理および酵素処理を施すことにより、固形物および有機物の除去率は向上した。また、水処理や酵素処理の系では、高温消化において中温消化と比較してメタン生成量が増大し、TS（全固形物量）およびVS（強熱減量）の除去率が向上していることから、消化残渣の低減においては、中温消化よりも高温消化が有効であると示唆された。

4. 混合メタン発酵のエネルギー評価

4.1 システムの評価範囲と設定値

新規システムの導入検討においては、エネルギー面やコスト面などの評価が重要である。本研究では稲わら投入によるエネルギーバランスへの影響についても評価、検討を行った。

本研究で提案する稲わらと下水汚泥の混合嫌気性消化システムの概略フローと評価範囲を図3に示す。本研究では、提案システムを、①稲わらの収集および運搬、②稲わらの前処理、③消化槽の加温、④バイオガス生産の四つの評価項目に大きく分類し、それぞれの1日当りのエネルギーを算出した。また、新規建設が必要である⑤稲わら貯蔵庫および可溶化槽については適当なサイズを決定し、それに伴う建設エネルギーを算出した。

このうち、④におけるメタンガスのみが回収エネルギーで、他は投入エネルギーとなる。したがって、エネルギーバランスとして両者の差を評価した。

新規の嫌気性消化システムの導入を検討する場合、消化成績は実験室レベルでの実験結果を用い、一方、他の項目は実規模を仮定してエネルギー評価を行う方法が適用されており^{9,10)}、本研究においても同様の方法で行った。実規模モデルとして、3,500m³の消化槽容積を持つ浄化センターを仮定した。運転条件（温度、稲わら混合比など）や消化成績については連続実験のものを用いた。濃縮汚泥（TS 3.6%）、稲わらの投入

表1 混合メタン発酵実験の諸条件

実験系列	温度 (°C)	混合比率 下水汚泥:稲わら	酵素添加量 (g/g)
ブランク		1:0	—
中温 粉碎のみ	36	1:0.5	—
水処理		1:0.5	0
酵素処理		1:0.5	0.05
ブランク		1:0	—
高温 粉碎	55	1:0.5	—
水処理		1:0.5	0
酵素処理		1:0.5	0.05

表2 定常状態における平均消化成績

実験系列	メタン生成量 (L/L)	TS除去率 (%)	VS除去率 (%)
ブランク	4.9±0.6	51	64
中温 粉碎のみ	8.7±1.1	50	58
水処理	9.1±1.2	57	63
酵素処理	9.8±1.1	56	63
ブランク	6.7±0.6	56	67
高温 粉碎	9.2±0.7	56	66
水処理	10.4±1.4	61	67
酵素処理	10.9±1.2	59	65

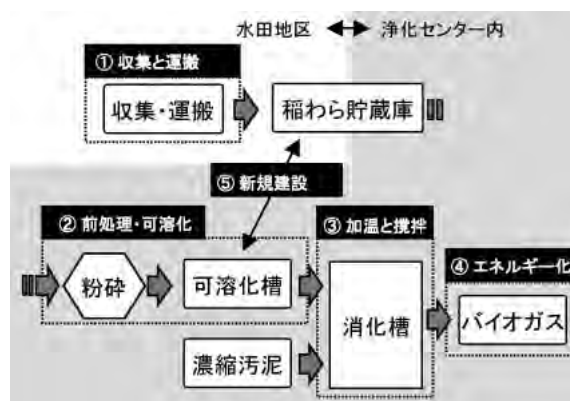


図3 混合嫌気性消化システムのフローと評価範囲

量は、それぞれ230 m³/日、4.1 t/日である。また、濃縮汚泥および可溶化水の温度は18℃とする。

4.2 システムのエネルギー評価

システム全体でエネルギー収支をみた場合、エネルギー消費が多いプロセスは、Bohnらの研究¹¹⁾と同様に、消化槽の加温に要するエネルギーであった。そのため、今回の検討条件においては、高温消化よりも中温消化において余剰エネルギーが大きかった。これは、今回の実験条件において投入汚泥濃度が3.5%とさほど高くなく、単位汚泥容量あたりのガス発生量に比べ、加温に多くのエネルギーを要したためと考えられる。なお、投入汚泥濃度が5%程度の高濃度消化であれば中温消化に比べ高温消化は消化率が大きく向上するという実浄化センターでの運転結果¹²⁾もあることから、高温消化の場合は高濃度消化を採用することによってエネルギーバランスが向上する可能性が考えられた。

また、稲わらを混合することによって新たに生じる収集・運搬、前処理および建設プロセスでのエネルギー消費は、全投入エネルギーに対して低い比率であり、一方、メタン生成量は大幅に増加したことから、稲わら混合系は汚泥のみの系に比べて余剰エネルギーが大きく増加することがわかった。

次に、系列間の違いを比較すると、全体的に回収エネルギーが高い場合、投入エネルギーも高くなる傾向を示したが、中温消化および高温消化ともに酵素処理を施した系が良好な結果を示した。したがって、全系列の中で余剰エネルギーが最も大きかったのは、中温消化での酵素処理の系であった。ただし、今回は使用酵素に関連する投入エネルギーは算出できなかった。今後、酵素製造時の投入エネルギー等についても組み込むことができれば、より適切なエネルギー評価が行えると考えられる。

4.3 稲わらの収集・運搬

今後、バイオガス量増大を目指した稲わらの積極的利用が期待される。一般に広く薄く分布するという特徴を持つバイオマス資源の中でも、特に、稲わらのような圃場に由来する農業残渣は、収集、輸送工程がコストやエネルギー収支に大きく影響する傾向が強い¹³⁾。

また、稲わらロールにラッピングして屋外貯蔵する場合の環境負荷量は、ロールをそのまま屋内貯蔵する場合に比べて低いものの、積み込みを含むラッピング自体にかかる環境負荷量は大きく、総合的にはロールよりもエネルギー投入量で約2倍、CO₂排出量で約1.2倍高い¹⁴⁾と報告されている。

しかしながら、これまでに水田稲作におけるエネルギー収支に関する研究は数多く報告されている^{11,15)}ものの、バイオマス変換プロセスまで含めたエネルギー収支に関する知見はまだ少ない¹⁵⁾。また、それらの多くはバイオエタノール製造を目的とした検討が多い。それに対し本技術では、バイオマスの必要量は下水汚泥量に規定される。したがって、下水処理場から近距離の地域において必要量を確保することが想定される。

5. 稲わらの階層的エネルギー・資源化

以上の成果をふまえ、稲わらに新規セルロース分解酵素による前処理を行った後に下水汚泥と同時にメタン発酵させることで、バイオガスを増産させ、残渣は固形燃料化して全量をエネルギー利用する技術の先駆的な実証実験を実施する予定である。

稲わらは、一般に家畜の飼料や敷わらの原料として畜産農家の要望によって収集・保管される(図4)。



図4 畜産農家で屋内貯蔵された稲わらロール
(新潟県長岡市内にて)

今後、このような実際の農業従事者の協力を得て、稲わらを一括収集・保管することで、これまでのバイオマスに比べて収集運搬エネルギーを激減させ、均一な発酵原料を調達するシステムの有効性を確認する。さらに、メタン放散している未利用稲わらを新エネルギーに転換させ、バイオガス化と固形燃料にすることで、化石燃料の使用量およびCO₂排出量の削減を図る技術システムの実用化を展開していきたいと考えている。

6. おわりに

バイオマスの利活用技術の多くは、バイオマスが偏在するために事業とすににくい側面を有している。それに対して、下水汚泥は人口規模に応じて発生し、稲わらは広く均一に発生しているため他地域への応用を図ることが比較的容易と想定される。消化設備を有する下水処理場は、全国に約300か所と広く存在し、下水処理場の周囲に広大な水田地帯が形成されているところも多い。畜産関連の発酵処理施設も加えるとさらに多数存在することになる。

さらに、稲わらに限らず、ソフトセルロースのガス化技術を食品残さや食肉・水産加工場からの産業廃棄物などの下水汚泥以外の有機性バイオマスに適用することも可能と考えられる。すなわち、有機性バイオマスを用いたエネルギー増産技術は、食品残渣が発生する事業所に導入が可能な技術である。

以上のように、下水汚泥と稲わらの一括バイオガス化技術は日本全国に広く応用、展開が可能なバイオマス利活用システムに発展できる。

Q & A

下水汚泥の有効利用技術（ガス化炉、炭化炉）について

キーワード：熱分解ガス、炭化物、代替え燃料、蒸し焼き

Q1 下水汚泥のガス化や炭化がどうして汚泥の有効利用となるのですか。

A1 下水汚泥中の有機分をエネルギーとして活用する技術であり、生成された熱分解ガスや炭化物は、都市ガスや石炭等の代替え燃料として有効利用できます（図－１）。

Q2 ガス化炉と炭化炉はどのような条件の下水処理場への導入が適していますか。

A2 ガス化炉は、下水汚泥から熱分解ガスを創り、炉の補助燃料や発電の燃料に利用する場内完結型のシステムであるため、小規模から大規模の下水処理場で導入できます。

炭化炉は、炭化物を石炭等の代替え燃料とするので、下水処理場の近傍に火力発電所などの需要家がいることや一定量以上の炭化物量の確保等が必要のため、中規模から大規模の下水処理場で導入できます。

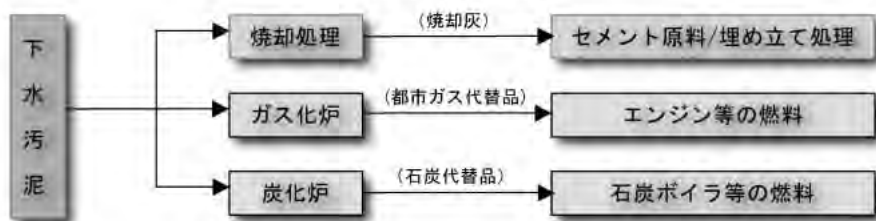
Q3 ガス化と炭化の原理の違いは何ですか。

A3 ガス化と炭化は基本的に同様の原理です。下水汚泥を低酸素環境下で蒸し焼きにしたことで、酸素が少ないために燃焼できずに有機分中の可燃成分が熱分解して、一酸化炭素（CO）や水素（H₂）、炭化水素類といった熱分解ガスと、固体状の炭化物が発生します。熱分解ガスを下水汚泥から最大限回収するのがガス化炉で、固体状の炭化物に一部の有機物を残すのが炭化炉です（図－２）。

Q4 ガス化炉と炭化炉は焼却処理と比べて温室効果ガスの発生が少ないのはなぜですか？

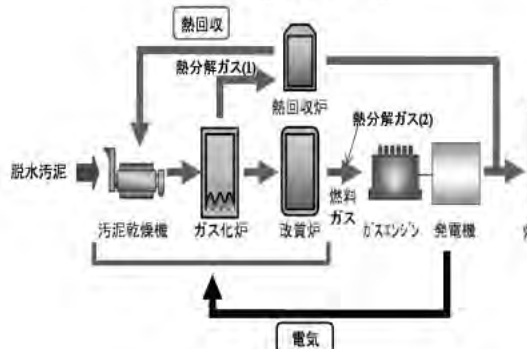
A4 通常の焼却処理で発生する温室効果ガスには、プラント電力由来と補助燃料由来の二酸化炭素（CO₂）と、焼却過程で汚泥の有機分中の窒素（N）が酸素（O）と結びついて発生する一酸化二窒素

－下水汚泥利用概念図－

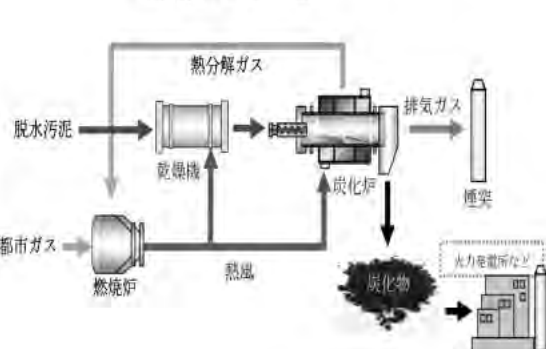


図－１

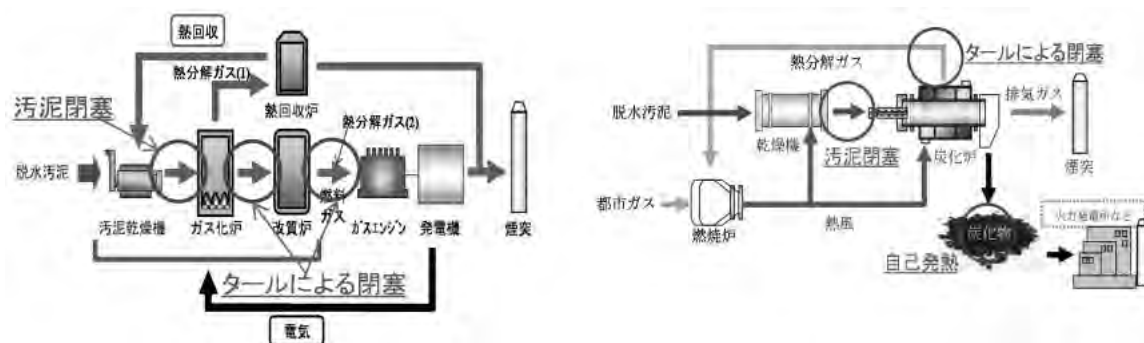
－ガス化炉フロー図－



－炭化炉フロー図－



図－２



図－3

(N_2O) があります。ガス化や炭化の場合、酸素の少ない状態で有機分を分解するため N_2O の発生が少なく、熱分解ガスは焼却処理と比べて、比較的高い温度(900℃程度)で二次燃焼させることができるため、 N_2O の分解効率が高く N_2O の発生を抑制することができます。さらに炭化の場合、有機分中の窒素分は固体燃料中に残存することで処理場側での N_2O の発生が抑制され、石炭ボイラ等でも高温で燃焼されるため温室効果ガスの発生を抑制することができます。

Q5 ガス化炉と炭化炉は高温焼却炉と比べて温室効果ガスの削減効果どのくらいですか

A5 気泡式流動炉の高温焼却(850℃)時に比べて、ガス化炉で約7割、炭化炉で約5割の温室効果ガスを削減できます。

Q6 下水汚泥を乾燥させてからガス化や炭化するのはなぜですか。

A6 下水汚泥は一般的に70%～80%程度の多くの水分を含んでいるので、炉本体でエネルギー使用量も多くなり、後段の装置も大きくなります。乾

燥することで水分のボリュームが少なくなるので、ガス化炉や炭化炉装置本体のコンパクト化を図ります。

Q7 下水汚泥をガス化や炭化させる場合の注意点は何か。

A7 乾燥汚泥が起因となる閉塞や、熱分解ガスの冷却によるタールが起因となってダクトが閉塞するなどの問題が生じないように設備上の配慮が必要です。

下水汚泥をガス化させる場合の特有な事項としては、下水汚泥に含まれる窒素分からシアンやアンモニアが発生します。これらは、燃料ガスの精製過程の洗浄により排水中に溶解するので、洗浄排水を燃焼や触媒による分解、薬品処理等の排水処理を行った上で、系外へ排出させる必要があります。一方、炭化させる場合の特有な事項としては、炭化製品の自己発熱性を低くすることに注意が必要です(図－3)。

(東京都下水道局計画調整部技術開発課技術開発主査 粕谷 誠)

7. 参考文献

- 1) 松村幸彦、美濃輪智朗、山本博巳：稲わら（農業残渣）資源のポテンシャルとエネルギー利用の可能性、日本エネルギー学会誌、81（5）、290-296（2002）
- 2) A. Watanabe, Y. Satoh, and M. Kimura: Estimation of the Increase in CH₄ emission from paddy soils by rice straw application. *Plant Soil*, 173, 225-231（1995）
- 3) 新潟県「バイオマスにいがた」構想 参考資料、http://www.pref.niigata.lg.jp/HTML_Article/biomass_sankou.pdf, 37pp.（2008）
- 4) 野池達也：バイオマス・ニッポン総合戦略の推進における嫌気性消化法の重要性、第41回下水道研究発表会特別講演、pp.6（2004）
- 5) 小松俊哉、井上義康、姫野修司：下水汚泥と稲わらの中温および高温混合消化の処理特性比較とエネルギー評価、下水道協会誌、Vol.47、No.567、131-136（2010）
- 6) 小松俊哉、工藤恭平、姫野修司：酵素可溶化処理を施した稲わらの下水汚泥との混合嫌気性消化に関する研究、下水道協会誌、Vol.44、No.531、139-150（2007）
- 7) 斎藤 忍、小松俊哉、姫野修司、工藤恭平、藤田昌一：環境工学研究論文集、Vol.41、1-8（2004）
- 8) 社団法人日本下水道協会：平成18年度版下水道統計Excelデータ（2007）
- 9) 坪田 潤、津野 洋：下水汚泥と厨芥類の混合消化における生物学的超高温可溶化の効果に関する研究、下水道協会誌、Vol.44、No.534、122-130（2007）
- 10) Bohn, I., Björnsson, L. and Mattiasson, B: The energy balance in farm scale anaerobic digestion of crop residues at 11-37°C, *Process Biochemistry*, 42, 57-64（2007）
- 11) 深澤竜人：稲作のエネルギー収支研究の系譜と現状—エネルギー収支の研究整理と小規模農業の有効性の検討—、えんとりびい—エントロピー学会誌、69、10-15（2010）
- 12) 楠本光秀：大阪市における汚泥処理施設の更新と機能向上、下水道協会誌、Vol.42、No.516、pp.31-35（2005）
- 13) 佐賀清崇、横山伸也、芋生憲司：稲作からのバイオエタノール生産システムのエネルギー収支分析、エネルギー・資源、29（1）、30-35（2008）
- 14) 昔農英夫、芋生憲司、横山伸也：稲わらの収集・輸送・貯蔵プロセスのLCA評価、日本エネルギー学会大会講演要旨集、18、166-167（2009）
- 15) 金井源太、竹倉憲弘、加藤 仁、小林有一：バイオマス収集拠点の立地と収集効率（第1報）—稲わら収集における輸送エネルギー試算方法—、農業施設、40（4）、249-258（2010）

Q & A

下水汚泥の有効利用技術（ガス化炉、炭化炉）について

キーワード：熱分解ガス、炭化物、代替え燃料、蒸し焼き

Q1 下水汚泥のガス化や炭化がどうして汚泥の有効利用となるのですか。

A1 下水汚泥中の有機分をエネルギーとして活用する技術であり、生成された熱分解ガスや炭化物は、都市ガスや石炭等の代替え燃料として有効利用できます（図－１）。

Q2 ガス化炉と炭化炉はどのような条件の下水処理場への導入が適していますか。

A2 ガス化炉は、下水汚泥から熱分解ガスを創り、炉の補助燃料や発電の燃料に利用する場内完結型のシステムであるため、小規模から大規模の下水処理場で導入できます。

炭化炉は、炭化物を石炭等の代替え燃料とするので、下水処理場の近傍に火力発電所などの需要家がいることや一定量以上の炭化物量の確保等が必要のため、中規模から大規模の下水処理場で導入できます。

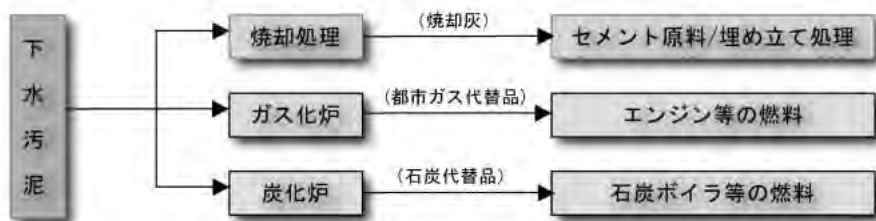
Q3 ガス化と炭化の原理の違いは何ですか。

A3 ガス化と炭化は基本的に同様の原理です。下水汚泥を低酸素環境下で蒸し焼きにしたことで、酸素が少ないために燃焼できずに有機分中の可燃成分が熱分解して、一酸化炭素（CO）や水素（H₂）、炭化水素類といった熱分解ガスと、固体状の炭化物が発生します。熱分解ガスを下水汚泥から最大限回収するのがガス化炉で、固体状の炭化物に一部の有機物を残すのが炭化炉です（図－２）。

Q4 ガス化炉と炭化炉は焼却処理と比べて温室効果ガスの発生が少ないのはなぜですか？

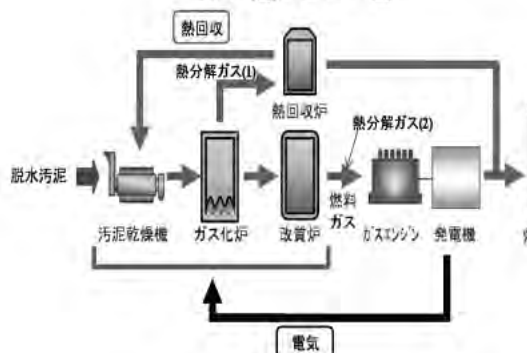
A4 通常の焼却処理で発生する温室効果ガスには、プラント電力由来と補助燃料由来の二酸化炭素（CO₂）と、焼却過程で汚泥の有機分中の窒素（N）が酸素（O）と結びついて発生する一酸化二窒素

－下水汚泥利用概念図－

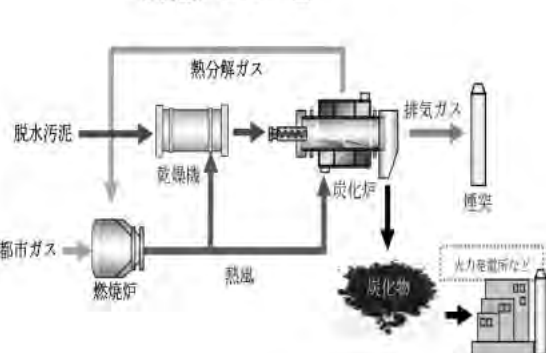


図－１

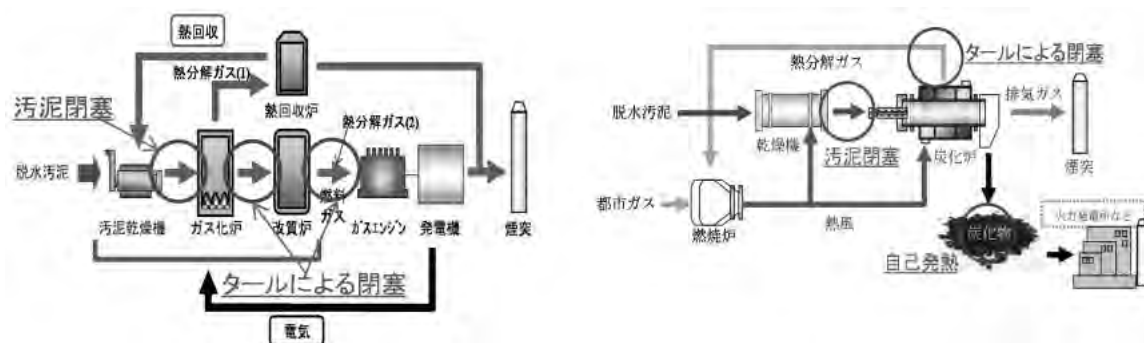
－ガス化炉フロー図－



－炭化炉フロー図－



図－２



図－3

(N_2O) があります。ガス化や炭化の場合、酸素の少ない状態で有機分を分解するため N_2O の発生が少なく、熱分解ガスは焼却処理と比べて、比較的高い温度(900℃程度)で二次燃焼させることができるため、 N_2O の分解効率が高く N_2O の発生を抑制することができます。さらに炭化の場合、有機分中の窒素分は固体燃料中に残存することで処理場側での N_2O の発生が抑制され、石炭ボイラ等でも高温で燃焼されるため温室効果ガスの発生を抑制することができます。

Q5 ガス化炉と炭化炉は高温焼却炉と比べて温室効果ガスの削減効果どのくらいですか

A5 気泡式流動炉の高温焼却(850℃)時に比べて、ガス化炉で約7割、炭化炉で約5割の温室効果ガスを削減できます。

Q6 下水汚泥を乾燥させてからガス化や炭化するのはなぜですか。

A6 下水汚泥は一般的に70%～80%程度の多くの水分を含んでいるので、炉本体でエネルギー使用量も多くなり、後段の装置も大きくなります。乾

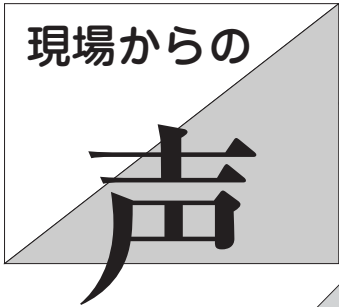
燥することで水分のボリュームが少なくなるので、ガス化炉や炭化炉装置本体のコンパクト化を図ります。

Q7 下水汚泥をガス化や炭化させる場合の注意点は何か。

A7 乾燥汚泥が起因となる閉塞や、熱分解ガスの冷却によるタールが起因となってダクトが閉塞するなどの問題が生じないように設備上の配慮が必要です。

下水汚泥をガス化させる場合の特有な事項としては、下水汚泥に含まれる窒素分からシアンやアンモニアが発生します。これらは、燃料ガスの精製過程の洗浄により排水中に溶解するので、洗浄排水を燃焼や触媒による分解、薬品処理等の排水処理を行った上で、系外へ排出させる必要があります。一方、炭化させる場合の特有な事項としては、炭化製品の自己発熱性を低くすることに注意が必要です(図-3)。

(東京都下水道局計画調整部技術開発課技術開発主査 粕谷 誠)



福岡市における消化ガス増量に向けた取り組みについて

キーワード：高温高濃度消化、消化ガス、脱水汚泥

1. はじめに

福岡市では、昭和38年度から始まった第1次下水道整備五箇年計画より、本格的な下水道整備に着手し、これを積極的に推進してきた結果、平成20年度末には、人口普及率は99.5%に達しており、市内の5箇所の水処理センターで約50万m³/日の下水を処理している。

福岡市道路下水道局水質管理課

山口 律子

現在、福岡市の下水道整備事業は、合流式下水道の改善や下水の高度処理を推進するとともに、循環型社

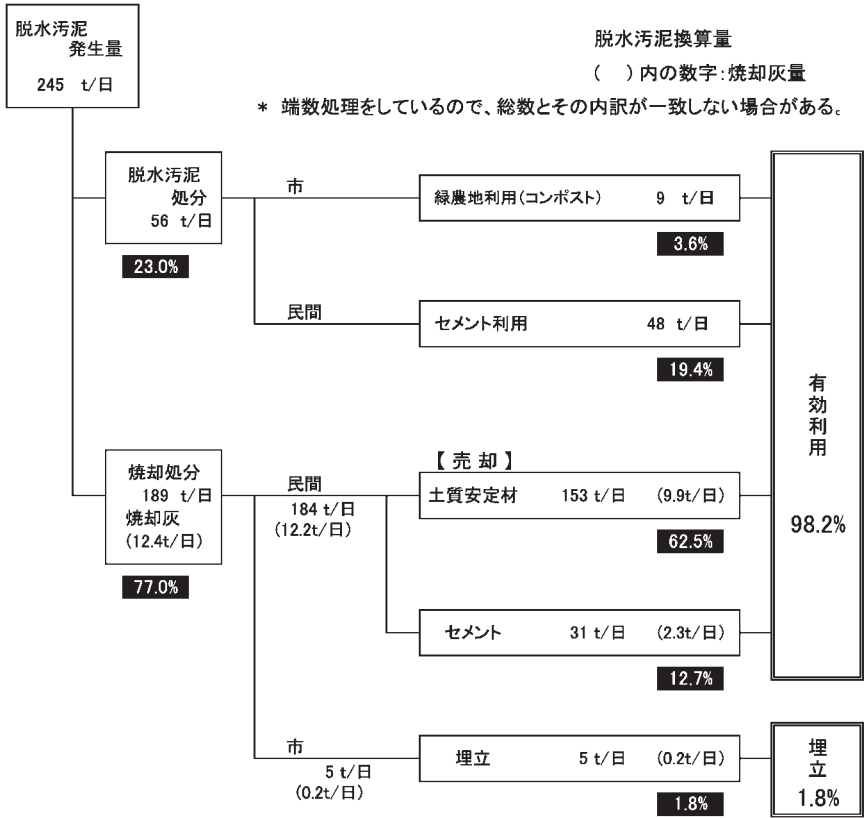


図1 平成19年度下水汚泥処理処分実績

会の構築に寄与するため、下水処理水の再利用や消化ガス発電などのリニューアール等の資源リサイクルについて積極的に推進している。

このように下水道整備事業を推進し、また、現有施設を適切かつ効率的に維持管理していくため、現有施設を最適な状態に保ちつつ、省エネルギー化、維持管理費のコスト縮減を行い、より経済的な事業運営に努めることが重要な課題になっている。

こうした中、今回、大幅な処理設備の増設等を行うことなく、消化方式の変更によって消化ガス増産および汚泥減量化を行うことについて検討したので報告する。

なお、平成20、21年度は実施設で一部試験的に高温消化方式を導入したため、高温高濃度消化方式を導入した効果を見るための対象データは、平成19年度のものを採用した。

2. 福岡市の下水汚泥処理処分の概況

福岡市の水処理センターで発生する汚泥の処理処分実績は図1に示すとおりである。脱水汚泥として245t/日発生し、その大半を消化槽で消化後脱水、一部は生脱水して脱水汚泥とし、そのうち189t/日を焼却処分、残りの56tを脱水汚泥のまま処分している。

表1に福岡市の水処理センター別の脱水汚泥発生状

況と消化方式について、表2に水処理センター別の消化ガス発生量と利用状況について示す。

中部水処理センターを除く4水処理センターでは、発生する汚泥は全量消化槽に投入し、汚泥中の有機物を分解することにより汚泥を減量するとともに、発生する消化ガスを消化槽加温用あるいは焼却用補助燃料として利用している。中部水処理センターも消化槽を有しており、得られた消化ガスは、消化槽加温用やガス発電機の燃料として利用している。しかし、現在の消化方式は中温二段消化であり、発生汚泥量に対して消化槽容量が不足しているため、消化槽に投入できる汚泥は発生汚泥の約半分のみであり、残りの汚泥は生脱水せざるを得ない状況である。従って、エネルギー面で汚泥を十分に有効利用しているとはいえない。また、中部水処理センターでは、脱水汚泥をセンター外へ搬出して処分しているが、生脱水汚泥は消化槽で減量されていない分、処理処分にかかるコストが大きく、消化脱水汚泥に比較して不快臭が強いといった問題がある。

そこで、中部水処理センターへの流入水の一部を他の水処理センターへ振り替えるとともに、中部水処理センターの消化方式を中温二段消化から高温高濃度一段消化へ変更することで汚泥の分解性や処理能力を向上させ、発生する汚泥を全量消化槽へ投入し、消化ガスを増産するとともに汚泥減量化を図ることとした。

表1 福岡市の水処理センター別の汚泥発生状況と消化方式（平成19年度）

水処理センター	中部	東部	西部	和白	西戸崎	計
脱水汚泥量(t/日)	125	52	59	8	1	245
消化方式	中温二段	中温一段	中温一段	中温一段	中温二段	

表2 消化ガス発生量と利用状況（一日あたり平均値）（平成19年度）

水処理センター	中部	東部	西部	和白	西戸崎	計
消化ガス発生量(Nm ³)	8,700	7,400	11,100	3,000	130	30,330
用途	消化槽加温燃料(Nm ³)	4,100	2,300	3,700	2,200	12,420
	焼却燃料(Nm ³)		4,700	6,500		11,200
	発電燃料(Nm ³)	2,300				2,300

表3 中部水処理センターに高温高濃度一段消化方式を導入し、流入水の一部を西部水処理センター等で処理した場合の脱水汚泥と消化ガスの発生量予測

水処理センター	中部	東部	西部	和白	西戸崎	計
脱水汚泥量(t/日)	85	55	74	8	1	223
消化ガス発生量(Nm ³)	18,000	7,600	14,000	3,000	130	42,730

3. 消化槽ミニプラントでの高温高濃度一段消化の実証実験結果

実施への導入に先立ち、ミニプラントで汚泥の減量効果を調査したところ、表3の結果が得られた。中部水処理センターで脱水汚泥が40t/日減量し、ガス発生量が9,100Nm³/日増加し、西部及び東部水処理センターで脱水汚泥がそれぞれ15t/日、3t/日増加し、ガス発生量はそれぞれ2,800Nm³/日、140Nm³/日増加し、市全体としては脱水汚泥の発生量が22t/日、9%減少し、消化ガスの発生量が12,000Nm³/日、40%増加すると予想された。

更に、中部水処理センターには焼却施設がなく、脱水汚泥を搬出しているため、処理処分費用の削減に加え、運搬費用が削減できるなどのメリットが生じる。

4. 高温高濃度一段消化方式を導入した場合のメリットとデメリット

ミニプラントによる実証実験を行う中で、高温高濃度一段消化方式を導入するメリットがある反面いくつかのデメリットも発生することが判明した。

- (1) 操作性については、消化槽への投入量を増大することができ、槽内での発泡現象を低減することが可能であり、生脱水汚泥による不快臭トラブルを低減できるメリットがある。

一方、消化温度が上昇することでボイラー施設でのシロキサンが付着が増加、汚泥系管路でのMAP結晶による閉塞の増加、脱硫剤の交換頻度の増加などのデメリットがある。

- (2) 経済性については、発生汚泥量が減少することで、その処理処分費、運搬費などが削減され、消化ガスが増産できることで、燃料費、電気料金等を削減できるメリットがある。

一方、消化槽加温に必要な熱量が増加し、汚泥の発熱量が減少することで汚泥焼却時の補助燃料が増加する。

また、消化槽攪拌装置やシロキサン除去装置などの設備投資が必要になるというデメリットがある。

5. まとめ

汚泥減量化、消化ガス増産、不快臭低減を目指し、中部水処理センターの消化方式を中温二段消化から高温高濃度一段消化方式へ変更することを検討した。ミニプラントでの実証実験で、中部水処理センターにおいて発生する汚泥を全量消化槽に投入でき、市全体で9%の脱水汚泥を減量でき、40%の消化ガスを増産することが期待できるという結論を得た。この方法を導入することでいくつかのデメリットも生じると考えられるが、長期スパンで考えるとデメリットによる損失よりもメリットで得られる利益が大きいことから、平成23年度から改良工事に着手する予定で準備を進めている。

文献紹介

下水汚泥施用のライフサイクルアセスメント (LCA) と植物経由によるヒトに対する毒性影響要因の評価

Life Cycle Assessment of Biosolids Land Application and Evaluation of the Factors Impacting Human Toxicity through Plant Uptake

C. Sablayrolles, B. Gabrielle, and M. Montrejeaud-Vignoles

Journal of Industrial Ecology, 14, 231-241, 2010

下水汚泥の処分は、下水処理マネジメントで最も困難な課題の1つである。下水汚泥の農地利用に対する有効性は十分立証されているが、金属元素を含むため、環境影響は注意深い評価が要求される。

ライフサイクルアセスメント (LCA) は、持続性評価にふさわしいツールと思われるが、最近の下水汚泥処分のLCAによる環境評価の研究には、最悪のシナリオとの報告のある一方で最上のシナリオとの報告もある。また、これらの報告には堆肥化されたものが含まれず、下水汚泥から土壌および植物までの有毒物質の移行もほとんど含まれていない。本研究は、フランスの同じ廃水処理場の2つのタイプの下水汚泥 (乾燥および堆肥) の農地施用の環境影響を評価し、ヒトに対する毒性の定量化を目的とする。毒性影響を評価するためにフィールド実験データ、LCA、およびマルチメディア運命予測モデルを組み合わせる新たな方法論を用いた。

LCAは生産システム (製品のゆりかごから墓場まで) におけるグローバルな環境影響への多様なアプローチに基づいた方法論であり、国際基準規格ISO 14040 (ISO 14040/14044) により、1. 評価の目的の設定 2. インベントリ分析 3. 影響評価 (環境負荷を環境影響に換算) 4. 結果の解釈 の4つに規定されている。本研究では、「1トンの脱水汚泥 (DM) を農地施用すること」を機能単位として設定した。脱水汚泥を乾燥あるいは堆肥化し農地に放散するまでをシステム境界とし、乾燥および堆肥化プロセスを図のように設定した。

LCAは次の3つのステップに分けた。1) 「工程段階」は、ポリマーあるいは植物性廃棄物の輸送、混合、乾燥あるいは堆肥化、貯蔵、運搬車への荷積みに対応する。2) 「輸送」は、田畑への乾燥汚泥、堆肥化汚泥および肥料の輸送に対応する。3) 「放散」は、農地への放散に使用するトラック (トラクター、スプレッダー

および穴掘機) および乾燥汚泥あるいは堆肥化汚泥の施用に対応する。またインパクトカテゴリーは、エネルギー消費 (天然ガス、ガソリン、ウラン、石炭、水)、酸性化 (NH_3 、 HCl 、 NO_x 、 SO_2)、富栄養化 (NH_3 、 NO_x 、 NH_4^+ 、 NO_3^- 、 PO_4^{3-})、温室効果 (CO_2 、 CO 、 CH_4 、 N_2O 、 VOCs)、オゾン層破壊 (N_2O)、夏季スモッグ (ベンゼン、ヘキサン、 CO 、 CH_4 、 VOCs)、生態毒性 (ベンゼン、 Cd 、 Cr 、 Cu 、 Pb 、 Hg 、 Ni 、 Se 、 Zn 、 PAHs 、 DEHP)、ヒトに対する毒性 (NH_3 、ベンゼン、 Cd 、 Cr 、 Cu 、 Pb 、 Hg 、 Ni 、 Se 、 Zn 、 PAHs 、 DEHP 、 PCBs) のように分類・設定した。実際の廃水処理場等からのインベントリデータを基に換算・集計してカテゴリー指標を算出し特性化した。

結果は、2つのプロセスのそれぞれのインパクトカテゴリーの指標をまとめ、パーセンテージで示されている。100パーセントはライフ・サイクルの合計のインパクトを表わし、絶対値も示されている。なお、本研究ではヒトに対する毒性について、空気、水、土壌と植物とに分け、食物摂取によるヒトに対する毒性により重点を置いた。主な結果としては、「工程段階」がエネルギー消費の主要因であり、温室効果および夏季スモッグを増加させること。「放散」は酸性化の主要因であり、また富栄養化物質は乾燥汚泥、堆肥化汚泥および肥料から放出されること。本研究では「輸送」は、温室効果への主要な寄与ステップではないことなどである。

植物経由によるヒトに対する毒性インパクトは、下水汚泥中に存在する金属と微量の有機化合物の、トマトとニンジン可食部への移行の可能性で表した。「放散」による重金属のヒトに対する毒性のインパクトは合計のインパクトの約90%を占め、「放散」がヒトに対する毒性の最も有害なステップであることを示した。

8つのインパクトカテゴリーのうちエネルギー消費、酸性化、富栄養化、温室効果、夏季スモッグ、生態毒性、ヒトに対する毒性 (植物経由) の6つで、乾燥プロセスが堆肥化プロセスに比べて環境により有害であった。ヒトに対する毒性 (水、土壌および空気) およびオゾン層破壊でのみ堆肥化プロセスでより有害性が高かった。本研究の結果から、堆肥化の方が環境影響は少ないと判断した。

(東京大学大学院農学生命科学研究科 後藤茂子)

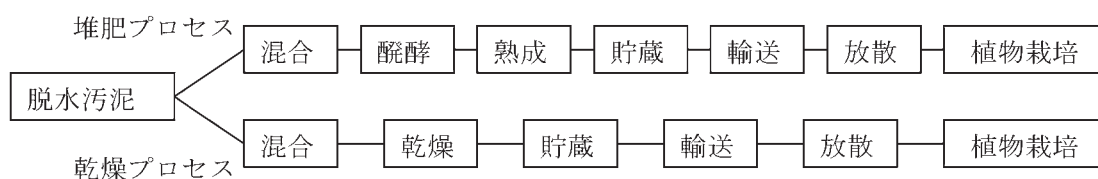


図 システム境界：評価する範囲とそのプロセス

文献紹介

下水汚泥を用いたごみ埋立処分場のファイトレメディエーション能の向上（総説）

Potential for enhanced phytoremediation of landfills using biosolids - a review

K. -R. Kim and G. Owens

Journal of Environmental Management 91, 4, 791-797, 2010

世界的に利用可能な廃棄物の再利用が増えているが、廃棄物処分の最も一般的な方法は、依然として簡単に比較的安価な埋立てである。埋立ても正しく管理されて、土壌および地下水汚染、浸出物およびガス放出など負の環境影響がなければ有効な廃棄物管理システムとなりうるが、ごみ埋立処分場（以下処分場）の閉鎖後の不適切な管理や被覆粘土の劣化は環境汚染を引き起こす。

本総説は、処分場に代表される汚染地の問題解決のための技術開発・試験に関する過去十年間の報告を中心に論じている。著者らは、植物の持つ有毒汚染物質に耐性でかつそれらを蓄積する能力を利用したファイトレメディエーションが社会に認められる最も有望な問題解決の技術のひとつであるとし、この植物のファイトレメディエーション能を最適に保つために、植物栄養素を含む下水汚泥を施用し、埋立地土壌の物理化学性を改善することが有効であるとの立場である。

1) 処分場の環境問題

処分場、周辺土壌および地下水の汚染を通して、処分場に起因する汚染物質のヒトへの有害影響が明らかにされている。処分場からのガスは、温室効果ガスとして知られるメタンと二酸化炭素が主成分である。処分場からのメタン排出は、現在の温室効果ガス排出のおよそ15%を占める。またメタンと二酸化炭素は植物に対しても有毒になる場合がある。処分場からの浸出物の組成は処分場の位置やごみの起源の他、ごみの分解段階により変わる。好気性条件下での初期分解の浸出物は環境上の問題は少ないが、続く嫌気性条件下でのアセトン生成を伴う生物分解による浸出物は地表水を酸性にして非常に有毒である。またこの段階の浸出物は電気伝導率（EC）、化学的酸素要求量（COD）、生物学的酸素要求量（BOD）、 Na^+ 、 Cl^- 、 NH_4^+ が高い。その後、メタン生成微生物により分解される段階に入るが、この浸出物は中性あるいは弱アルカリで、COD、BOD、および NH_4^+ は比較的低い。また濃縮された重金属のような汚染物質を含んでいる可能性があ

るが、浸出物の高いpHおよび溶存有機炭素（DOC）により金属は不溶化され、無毒化されて大きな環境問題はない。規制される以前の無秩序な埋立てにより土壌に蓄積した処分場からの重金属による汚染が明らかにされている。重金属は植物および生物相にそれほど利用が可能でない形態で存在しているが、土壌特性の変化による重金属の溶解性の増加等により土壌から放出され、汚染源となりうる。

2) 処分場のファイトレメディエーション

処分場閉鎖後の処置は環境汚染を防ぐために必要である。これまで一般的であった粘土で被覆する方法が長期間維持できないという調査報告から、それにかわる方法として植物で被覆する方法が考えられた。この方法は処分場の植物の美的効果とともに、降雨による土層の浸食を防ぎ、植物根圏層における保水と植物葉の蒸散によって浸潤をコントロールする。同時に、汚染物質を植物組織中に蓄積させて収穫し重金属を汚染土壌から取り除くことができ、また根近傍の汚染物質を安定させることができる。加えて従来の方法によるコストに比べて安価で変動が少ない。一方で、植物による処分場被覆には成長力のある植物の選抜と土壌の改良が必要と考えられた。成長力のある植物を用いた被覆によるファイトレメディエーションは、次のような点で優位性があると考えられた。即ち、(1) 植物の働きを高める水と栄養源を提供する。(2) 浸出物量を減少させ、その結果汚染物質を多く含む地下水の移動を緩和する。(3) 浸出物中の汚染物質を除去することで、その質を改善する。

3) 処分場のファイトレメディエーションにおける下水汚泥の施用

下水汚泥には栄養源と同時に土壌改良材としての効果もあるので、ファイトレメディエーション能を高めるのに効果的である。また、含有する重金属など有害物質も、既に汚染されている処分場への施用であるので農地への施用より社会的にも受け入れられやすい。しかしながら、下水汚泥の過剰施用は有用な栄養素まで水環境の汚染物質に変える危険性があるので施用量は考慮しなければならない。また、重金属など環境へ悪影響を与える成分を広く含んでいるので、施用目的をファイトレメディエーションに限り、その立場での継続したモニタリングが必要である。

（東京大学大学院農学生命科学研究科 後藤茂子）

文献紹介

植物地上部および各部位の重金属濃度：土壌－植物平衡モデル

Heavy metal concentrations in plants and different harvestable parts: A soil-plant equilibrium model

Sebastián D. Guala, Flora A. Vega, Emma F. Covelo
Environmental Pollution, 158, 2659–2663 (2010)

環境中における金属の有害性についての関心が高まっている。土壌の重金属汚染は、下水汚泥肥料や工業廃棄物によって引き起こされることがある。重金属の移動性と可給性はpH、有機物、陽イオン交換容量、土壌酸化還元電位などに依存し、重金属による植物の生育阻害は植物種に依存する。これまでに植物の重金属吸収に関する試験は数多くなされているが、土壌液相中の重金属濃度と植物中濃度とを関連させる数学モデルはほとんど検討されていない。そこで本論文の著者らは、植物地上部と土壌の重金属濃度の関係をモデル化し、文献値を当てはめてモデルの検証を行った。

土壌溶液中では、 $M(OH)_n + nH^+ \rightarrow M^{n+} + nH_2O$ の反応が主であることから、土壌中での相互作用を以下の数式で表した。

$$\frac{dB}{dt} = B(h(B) - \mu(S)),$$

$$\frac{dS}{dt} = \alpha A - h(B)S,$$

$$\frac{dA}{dt} = \phi H - \beta A - \alpha AB / p,$$

$$\frac{dH}{dt} = -\frac{\phi H}{m+n} - \beta H + W / p$$

ここで、 B は植物バイオマス ($kg\ m^{-2}$)、 n は金属の酸化数、 S は植物の金属濃度 ($mg\ kg^{-1}$)、 A と H は、土壌溶液中の金属 M^{n+} ($mg\ L^{-1}$)とプロトン H^+ ($mg\ L^{-1}$)濃度、 t は時間、 W は降雨による土壌へのプロトン流束 ($mg\ m^{-2}\ yr^{-1}$)、 p は根が利用できる水 (mm)、 α 、 β 、 ϕ は吸収 ($L\ kg^{-1}\ yr^{-1}$)、溶脱 (yr^{-1})、反応 (yr^{-1})にかかる係数、 m は金属 M の原子量、 $h(B)$ はバイオマスの生長の関数、 $\mu(S)$ は M^{n+} 濃度における代謝の効率低下あるいは枯死の関数。

この式はアルミニウムの移動性を示すモデルとして

提案されたが、どのような金属にも適用できるように修正し、また、通常の土壌酸度であれば、平衡状態における土壌液相中の金属はすべてが可給性であると仮定してまとめると、以下の式になる。

$$0 = B(h(B) - \mu(S)),$$

$$0 = \alpha A - h(B)S$$

$\mu(S)$ の推定には以下の式が適用できる。

$$\mu(S) = \frac{c - fS}{e - S}$$

ここで、 c 、 f 、 $e > 0$ 。 e は植物が生存可能な最大濃度を示すが、通常 e よりも低い濃度で植物は枯死する。

$\mu(S)$ が与えられたことにより、植物中の金属濃度 S の関数としての土壌中の可給性金属濃度 A は、次のように表される。

$$A = \left(\frac{-c/a + (f/\alpha)S}{-e + S} \right) S = \frac{-C_2S + C_1S^2}{-C_3 + S} \quad \dots(1)$$

ここで、 C_1 、 C_2 、 $C_3 > 0$ 。

式(1)より、 S と土壌中の金属全量 T との関係は以下のようになる。

$$T = \frac{-E_2S + E_1S^2}{-E_3 + S} \quad \dots(2)$$

ここで、 E_1 、 E_2 、 $E_3 > 0$ 。式(1)と(2)は数学的には等価である。

モデルを実証するために文献値を使ってオート麦中のNi、ライグラス中のCdの C_1 、 C_2 、 C_3 が求められた。このモデルは土壌中の金属濃度と植物中の金属濃度の実測値の関係によく適合し、土壌中の金属濃度が低い領域においては、植物中の金属濃度は直線的に変化し、ある濃度からは非線形に増加する傾向をうまく表現していた。しかし、 C_1 は無視しうるくらい小さい値が得られたことから、このモデルには改善の余地が示唆された。

以上の結果から著者らは、モデルを使うことにより、いろいろな植物に対する土壌中金属の影響を予測でき、たとえば重金属汚染土壌の植物修復をする際の植物の選択等に役立つとしている。また、ある汚染物質についてみたとき、異なる環境条件における影響の程度を直接比較できるとしている。

(農業環境技術研究所 川崎 晃)

文献紹介

微生物添加による嫌気性消化システムの
消化効率回復効果

Bioaugmentation for improved recovery of anaerobic digesters after toxicant exposure
Anne E. Schauer-Gimenez, Daniel H. Zitomer,
James S. Maki, Craig A. Struble
Water Research, Volume 44 Issue 12, June 2010,
3555-3564

微生物添加は主に水処理プロセスにおいて生物処理回復のために用いられている方法である。嫌気処理の場合、微生物添加は室内実験における実験開始時、臭気抑制、流入過負荷時の回復方法としてこれまで用いられてきた。また、フェノール、クレソール、脂質等の分解効率向上対策として微生物添加は有効であるという報告もある。

このようなことから嫌気性消化槽において発酵阻害物質により消化効率が悪化した場合に、微生物を添加することにより消化効率の回復期間を短縮できるものと考えられる。そこで筆者らは水素がメタン発酵の律速物質になっていることに着目し、メタン発酵阻害物質として嫌気性消化システムに酸素を注入した場合に、水素利用微生物添加の有無による消化効率の回復効果の違いについて検証した。

実験は人工下水と人工産業排水を対象基質とし、160mlのフラン瓶に50mlの種汚泥を注入し、中温消化、消化日数をそれぞれ10日、15日として連続消化試験を実施した。実験開始1週間後にメタン発酵阻害物質として酸素を7日連続で10ml/日注入した。また、微生物添加剤は下水処理場において消化汚泥をサンプリング後、無酸素条件下（SRT15日、消化温度 $35 \pm 2^\circ\text{C}$ ）で H_2 、 CO_2 、グルコースを基質として3ヶ月間培養したものを使用した。微生物添加剤は古細菌の菌体を16S rRNA系統分析により系統分類した。

微生物添加剤の系統分析の結果、約83%は古細菌で形成されており、水素を利用するメタン生成微生物（*Methanosaeta*, *Methanoculleus*, *Methanospirillum*）が検

出された。また古細菌のうち、21%が*Methanosaeta*属であった。これはグルコースを気質とした場合の実験報告と同等の割合であった。一方で古細菌のうち、74%は未知の古細菌であった。例えば古細菌の33%は*Euryarchaeota*属に分類されており、これも中温消化汚泥の菌体分析結果とほぼ同じであった。また、古細菌のうち41%は*Crenarchaeota*属、温度依存性蛋白に分類された。これは埋立処分される汚泥の菌体分析結果とほぼ同じであった。これら未知の古細菌についてはこれ以上分類することはできず、その役目も明確でないが、*Euryarchaeota*属はメタン生成微生物に分類されると考えられる。

実験の結果、人工下水の場合、微生物添加によりメタンガス生成量が約60%増加し、消化汚泥の溶解性COD濃度、プロピオン酸濃度回復日数はそれぞれ150日→80日、150日→90日に短縮された。一方で人工産業排水の場合、微生物添加によるメタンガス生成量は約25%しか増加せず、消化汚泥の溶解性COD濃度、プロピオン酸濃度回復日数は共に70日→60日と殆ど改善効果が見られなかった。このように水素利用微生物培養による微生物添加は、消化効率回復所要期間の短縮とメタンガス発生量の増加に寄与することが明らかとなったが、人工下水と人工産業排水で、微生物添加による回復効果に違いが生じた。この原因としては両者の消化汚泥に存在する微生物の多様性の違いによるものと考えられる。両者に菌体数の差はそれほどないと報告されているものの、人工下水のほうが人工産業排水に比べてプロピオン酸分解効率の阻害物質添加後、急速に馴致されたため、微生物添加の効果が発揮された可能性がある。つまり、微生物添加の有効性は、対象消化汚泥中の菌体構造の多様性に依存するものと考えられる。

（日本下水道事業団 技術開発部 水田 健太郎）

講 座

汚泥堆肥の緑農地利用講座・とりまとめ －全体紹介と汚泥肥料利用の課題－

(独) 農業環境技術研究所 土壌環境研究領域

川崎 晃

キーワード：肥料代替、カドミウム、肥料取締法

1. はじめに

下水汚泥のリサイクル率は近年急速に向上しましたが、その多くは建設資材利用の伸びであり、緑農地利用の伸び率はあまり大きくはないという状況にあります

す(図1)。しかし、緑農地利用に関する個々の事例に目を向ければ、汚泥肥料を有効かつ適切に利用する取り組みが各地で行われています。本講座の前半では、「わが町の農地・緑地利用について」と題して、各地域における汚泥堆肥(汚泥発酵肥料)の利用拡大への取り組みや農地、草地における研究事例、緑地利用す

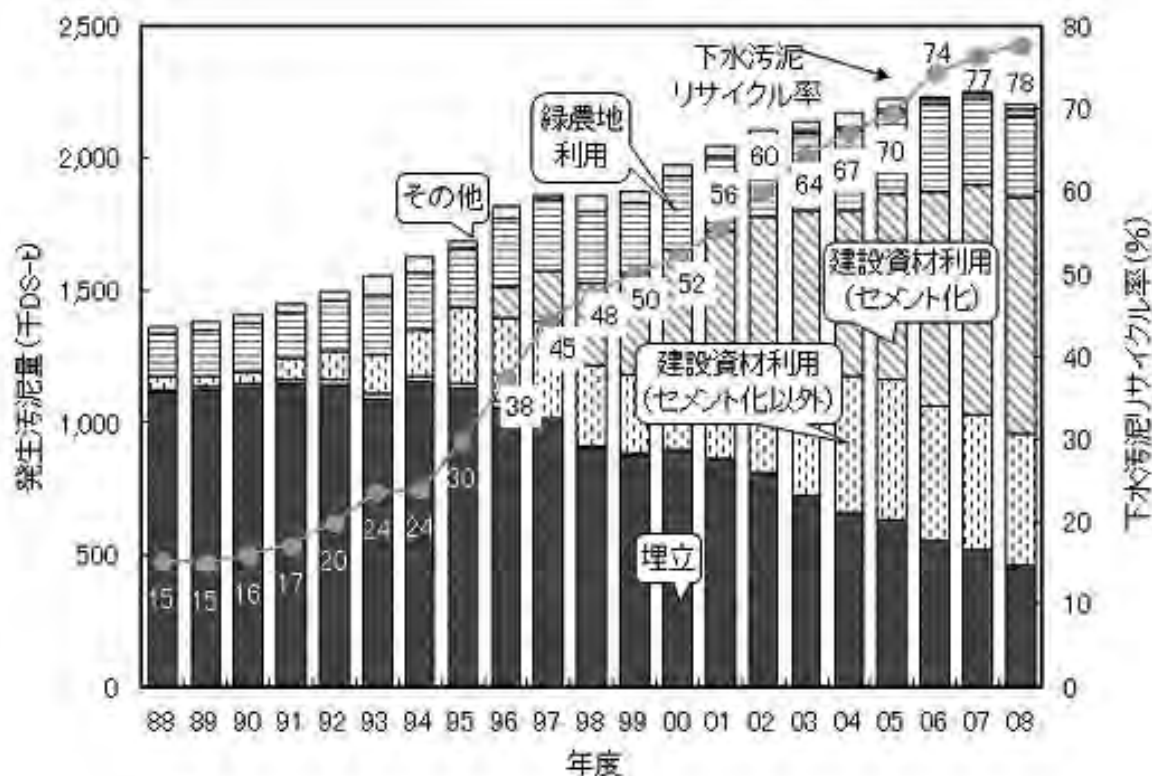


図1 下水汚泥の発生量及び処理・有効利用状況の推移
出典：国土交通省ホームページ

る際の留意点、道路法面、屋上緑化等の施工例などが紹介されました。この前半部分については、本誌第120号において中間とりまとめがなされています。

本講座の開始は2006年6月発行の第112号ですが、講座の中間とりまとめが行われた2008年までに、肥料の原料価格が高騰するという大きな社会情勢の変化がありました。現在の原料価格は一時期ほどの高値ではありませんが、高止まりが続いている状況にあります。そのような情勢を背景にして、下水汚泥や家畜排泄物等の有機質資材に含まれている肥料成分に注目が集まっています。家畜排泄物由来の堆肥については、近年、密閉縦型発酵装置の導入が進み、従来よりも肥料成分の高い堆肥が製造されるようになってきました。肥料成分に富む家畜ふん堆肥は、これまでの土壤改良を目的とした資材というよりは肥料としての利用用途にシフトすると予想され、家畜ふん堆肥の肥効を適切に評価することにより、化学肥料の削減に寄与することが期待されています。

下水汚泥にも窒素、リン酸が含まれており、資源の循環利用の観点からも、肥料成分を有効に利用する取り組みが重要と考えられます。本講座のとりまとめにあたり、これまでに紹介された内容を要約しつつ、下水汚泥の緑農地利用の課題について概説します。

2. これまでの概要

本講座の前半部分は中間とりまとめ（Vol.32, No.120, 2008/7）をご参照いただくとして、それ以降の内容について振り返ってみたいと思います。まず、下水汚泥を緑農地利用する上で必ず知っていなければならない肥料取締法についての確認がありました（Vol.32, No.121, 2008/10）。また、有機農業への利用の可能性についても法令との関わりからの解説があり、有機農産物と表示するには有機JAS（日本農林規格）の認証を受けなければならないこと、有機JASで利用できる有機質資材に汚泥肥料が含まれていないことから、有機農業には利用できないことが紹介されています。現状では有機農業に利用できないにしても、有機質資源を循環利用することは環境保全の上でも重要であり、緑農地利用を推進することは重要であるとの著者の見解が示されています。

次に、汚泥肥料の規制のあり方に関する懇談会における議論が紹介されました（Vol.33, No.122, 2009/1）。この懇談会は、肥料原料価格の高騰を受け、汚泥肥料の利用が増加すると見込まれることから、どのように規制をすれば安全性が確保されるかを議論するため、農林水産省消費安全局長の私的諮問機関として設置されたものです。講座の執筆時点で懇談会は2回開催さ

れており、汚泥肥料のカドミウムに焦点を絞って検討すること、規制のあり方については、カドミウムの基準値の見直し、汚泥肥料を使う農業者に対する規制、汚泥肥料を作る者による品質管理の観点から検討することが紹介されました。この懇談会は4回開催され、報告書¹⁾が公開されています。報告書の概要と今後の取り締まり、指導の動向については、本誌第125号の解説²⁾をご参照ください。

次に、カドミウムの簡易測定法についての解説がありました（Vol.33, No.124, 2009/7）。汚泥肥料の規制のあり方に関する懇談会報告書では、規制については、「生産業者による品質管理を進める」という方向性が打ち出され、「安価で簡便なスクリーニング法の利用を検討する」ことがポイントとして挙げられていました。ところが下水汚泥分析方法に収録されているカドミウム分析法³⁾は、汚泥を強酸によって分解し、原子吸光法またはICP発光分光分析法で測定することになっており、実験設備と高価な測定機器を必要とします。そこで、汚泥のカドミウム分析、特にスクリーニング分析に適用可能と見込まれる分析法であり、比較的安価あるいは簡便に実施できる方法として、イムノクロマトグラフィ法、ボルタンメトリー法、蛍光X線分析法が紹介されました。どの方法も感度的には可能であり、汚泥肥料のカドミウム分析への適用が期待されます。

次からは、研究面からみた汚泥利用の課題に焦点を当てた講座になりました。125号（2009/10）では、農林水産省が昭和56年から5年間実施した「有機性汚泥の環境保全的評価及び農林業への利用に関する研究」の概要が紹介されました。これは汚泥肥料の施用に関する全国的な試験研究であり、その成果は現在でも参考になるものです。汚泥堆肥は稲わら堆肥より窒素供給力が高く、水稻に対しては窒素過多にならないようにすべきこと、畑作物については作目ごとの適正使用量などが示されています。重金属の影響ですが、作物には影響しないものの、一部の土壤で亜鉛、銅、カドミウムの蓄積が確認されたことが紹介されています。

次に、緑農地利用における留意事項について述べられました（Vol.34, No.126, 2010/1）。汚泥の土壤中での分解速度は、食品廃棄物よりは遅いものの、家畜ふん堆肥よりも速く、速効性の窒素質肥料と同等と考えられること、炭素窒素比（C/N）は一般に10以下であることから、土壤微生物のエネルギー源としての効果は少なく、土壤の物理性改善や地力増進はあまり期待できないことが紹介されています。また、農業技術は自然の生態系を破壊することから始まっており、自然の修復力の範囲内で営まなければならないこと、そのためには、利用可能な有機質資源はリサイクルする

必要があり、窒素、リン酸、カルシウム、マグネシウムに富む汚泥肥料の有効利用を促進することはきわめて重要であるとの著者の見解が述べられています。

次に、汚泥に含まれている重金属の観点から、持続的利用の課題について述べられました（Vol.34, No.127, 2010/3）。下水汚泥中の重金属濃度は、各事業場の廃水処理対策が強化されたこともあり、1975年以来、年々低下していること、下水汚泥とし尿汚泥のカドミウム濃度の頻度分布を比較すると、し尿汚泥の方が高濃度側に裾を引いた分布になることが紹介されました。汚泥中の重金属濃度は年々低減しているとはいえ、一部の重金属に関しては競合製品である家畜ふん堆肥より高い傾向にあります。汚泥中の重金属を希釈し、汚泥肥料にほとんど含まれていないカリを補給するためにも、家畜ふんなどの他の有機質と混合して堆肥化することが有効であると述べられています。

本講座の締めくくりは、山形市における汚泥コンポスト（タイトルが汚泥コンポストになっていますので、ここではそのまま表現します）の普及促進についての紹介でした（Vol.34, No.128, 2010/6）。本講座の記念すべき第一回目（Vol.29, No.113, 2006/9）でも山形市から汚泥コンポストの利用促進についての紹介がありましたが、その後の取り組みを中心に、コンポスト化を手がけてから30年間の歩みがコンパクトにまとめられています。汚泥コンポストの需要はその時々々の社会情勢に大きく左右されるという側面を持っているものの、汚泥コンポストという製品の品質に絶対の自信を持ってPRに努め、あるいは市民の方々に汚泥コンポストを認知してもらう活動を続けることで販路を切り開き、ユーザーを獲得してきた様子が浮かび上がってきます。下水汚泥の緑農地利用を推進するには、高品質な汚泥肥料を製造すること、品質が科学的データに裏打ちされていることで自信を持ってPRできること、そして人々に認知されるようになると徐々に需要が増えることを示唆しており、本講座の一つの結論にあたると思います。

3. 緑農地利用の課題—カドミウムに関して—

本節では、汚泥肥料の規制のあり方に関する懇談会でも議論の中心になったカドミウムについて、現状を整理したいと思います。食品中のカドミウムに関する国際基準が設定されたことを受け、わが国においても食品衛生法に基づくカドミウムの基準値が「玄米及び精米中に0.4 mg/kg以下」に改正されました。この基準は平成23年2月28日より施行されます。カドミウムに関する国際基準では、麦や野菜についての基準もありますが、今回の改正では、米以外の食品の基準値は設定されていません。その理由は、わが国の食習慣では米以外の食品からのカドミウムの摂取割合は比較的小さく、麦や野菜の基準を設定しても、カドミウム摂取の低減には大きな効果は期待できないと判断されたことによります。ただし、今後、必要に応じて規格基準の設定等について検討することになっています。このような情勢を受け、生産現場では、作物のカドミウムの吸収をいかにして抑えるかが課題になっています。

前節で紹介したとおり、最近の下水汚泥のカドミウム濃度は、数十年前の汚泥と比較して低下しています。2002年から5年間にわたって汚泥堆肥を畑地に連用した試験によると、作物可食部中のカドミウム濃度は、堆肥施用の有無にかかわらず同程度であり、5年間程度の連用では作物のカドミウム濃度に影響しないと考えられました。しかしながら、土壌へのカドミウム負荷量は収穫によるカドミウムの持ち出し量を上回っていることも明らかになっています⁴⁾。

作物への影響を考える場合、カドミウムの全量だけではなく、形態を調べておく必要があります。このことは、汚泥肥料の規制のあり方に関する懇談会報告書にも、将来実施することが必要な調査研究課題のポイントとして挙げられています。筆者らが調べた下水汚泥中のカドミウムの形態別定量の結果を図2に示します⁵⁾。これは、Tessierらの連続抽出法⁶⁾に基づいて測定した結果であり、分析操作上の定義に基づく形態

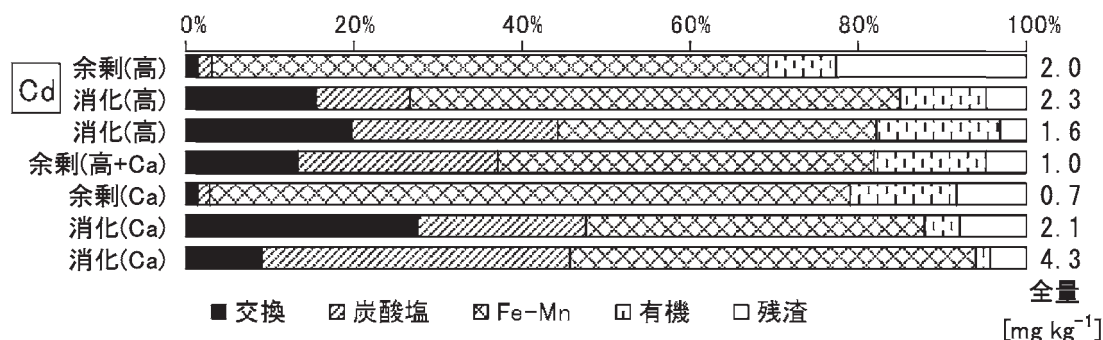


図2 下水汚泥のカドミウムの形態別定量⁵⁾ 高は高分子凝集剤、Caは石灰系凝集剤を用いた汚泥。

分別になりますが、土壌中での溶解のしやすさの指標になります。下水汚泥ごとのばらつきが大きいのですが、最も水に溶けやすいと考えられる交換態画分は、多いものでは30%近くに達し、水に溶けない残渣画分は概して10%未満、多いものでも20%程度にとどまりました。同じ方法で調べた土壌（黒ボク土）の場合、交換態画分は10%未満、残渣画分は50%程度であった⁵⁾ことから、汚泥と土壌を比較すると、汚泥は土壌よりも水に溶けやすい形態のカドミウムを高い割合で含んでいると言えます。

汚泥肥料を土壌に施用すると土壌pHが変化するため、カドミウムの可給性に影響します。主として石灰で凝集させた汚泥（石灰汚泥）の施用はpHの上昇、高分子凝集剤で凝集させた汚泥（高分子汚泥）の施用はpHの低下を招きます。本講座の中間とりまとめにおいて、著者の岡本氏は、汚泥施用土壌のpHが6.3以下にならないように管理すべきであると指摘しています。また、本誌127号⁷⁾では試験データからその根拠を示しておられますので、是非ご参照ください。

汚泥を構成している有機物等が土壌のカドミウムの可給性に影響することも知られています。たとえばカドミウム汚染土壌に汚泥を施用すると、土壌のカドミウムの可給性が低下するとの報告⁸⁾があります。その要因は、汚泥中の有機物がカドミウムを吸着するためと考えられています。汚泥施用土壌のカドミウムの挙動をモデル化してシミュレートした結果をみると、汚泥施用土壌のカドミウムの挙動に影響する要因は、土壌のカドミウム吸着係数、汚泥のカドミウム吸着係数と汚泥中の無機物のカドミウム吸着係数への寄与、汚泥のカドミウム濃度、という結果が示されています⁹⁾。汚泥中の無機物でカドミウムの吸着に関与するものは、鉄やマンガンの酸化物ですが、そのような無機物がカドミウムの保持と固定の役割を担っているとする報告¹⁰⁾と、あまり寄与しないとする報告¹¹⁾とがあり、一定の結論が得られていません。その理由として考えられるのは、試験によって汚泥のカドミウム濃度が異なること、土壌のカドミウムの分配係数が異なること、そして、汚泥に由来する鉄などの無機物のカドミウム分配係数に対する寄与率が異なることなどです。先に述べたように、5年間程度の汚泥堆肥の連用であれば、作物のカドミウム濃度に影響しないようですが、長期間にわたって利用することを考慮すると、ある程度統一された条件の試験を実施し、データを収集しておくことが必要と考えられます。

4. おわりに

下水汚泥肥料は肥料成分として窒素、リン酸を含み、

特に窒素の肥効は十分期待できます。リンについてもMAP法や汚泥焼却灰から熔成汚泥灰複合肥料を製造する方法が実用化されています¹²⁾。その他、余剰汚泥を加熱すると汚泥中のポリリン酸が効率よく溶出するという現象を利用して汚泥中のリンを回収する技術¹³⁾も実用レベルに達しており、リンを有効に利用する技術はこれからも発展を続けると思います。汚泥堆肥による窒素及び炭素の有効活用、リンの有効活用など、利用のメニューは既にいくつも用意されています。4年間続いた本講座では、汚泥堆肥の利用促進と利用する上での課題についての情報を発信してきました。これらの情報を礎として、汚泥を資源として有効に活用し、持続的に安全な食料生産を行うための技術がさらに進展することを確認しています。

文献

- 1) 農林水産省 消費・安全局：汚泥肥料の規制のあり方に関する懇談会報告書（2009）
- 2) 大森健司：再生と利用，33（125），23-31（2009）
- 3) （社）日本下水道協会：下水汚泥分析方法2007年版，p.65-68（2008）
- 4) 農業環境技術研究所研究成果情報，第24集 p.36-37（2008）
http://www.niaes.affrc.go.jp/sinfo/result/result24/result24_36.html
- 5) 川崎晃・木村龍介・新井重光：農業環境技術研究所資料，25，1-94（2001）
- 6) A. Tessier, P. C. G. Campbell and M. Bisson: Anal. Chem., 51, 844-851（1979）
- 7) 岡本保：再生と利用，34（127），74-81（2010）
- 8) L. M. Shuman, S. Dudka and K. Das: Commun. Soil Sci. Plant Anal., 33, 737-748（2002）
- 9) P. Bergkvist and N. Jarvis: J. Environ. Qual., 33, 181-191（2004）
- 10) G. M. Hettiarachchi, J. A. Ryan, R. L. Chaney and C. M. La Fleur: J. Environ. Qual., 32, 1684-1693（2003）
- 11) M. B. McBride, K. A. Barrett, B. Kim and B. Hale: Soil Sci., 171, 22-28（2006）
- 12) 下水汚泥の農地・緑地利用マニュアル改訂委員会：下水汚泥の農地・緑地利用マニュアル－2005年版－，日本下水道協会，95-151（2005）
- 13) 化学工学会バイオ部会編：バイオプロダクション－ものつくりのためのバイオテクノロジー－，コロナ社，185-189（2006）

特 別 報 告

農用地の土壌の汚染防止等に関する
法律施行令の一部改正等について

環境省水・大気環境局土壌環境課

久 保 賢太郎

キーワード：農用地、カドミウム、土壌、米、農用地の土壌の汚染防止等に関する法律（農用地土壌汚染防止法）、指定要件

1. はじめに

本年6月11日、農用地の土壌の汚染防止等に関する法律（昭和45年法律第139号。以下「農用地土壌汚染防止法」という。）に基づくカドミウムに係る農用地土壌汚染対策地域の指定要件を改正する政令が閣議決定された。これは、本年4月8日付で厚生労働省により、食品衛生法に基づく米のカドミウムの成分規格を1.0ppm未満から0.4ppm以下に改正することが公示され、平成23年2月28日より施行されることを受けたものである。

米のカドミウム成分規格の改正は、平成20年7月に、食品安全委員会より、食品中のカドミウムに関する食品健康影響評価の結果（耐容週間摂取量 $7 \mu\text{g}/\text{kg}$ 体重/週）が示されたことを受け、厚生労働省の薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会において検討が進められてきたものである。このような動きを踏まえて、平成21年11月に、環境大臣から中央環境審議会に対して「カドミウムに係る土壌環境基準（農用地）及び農用地土壌汚染対策地域の指定要件等の見直しについて」諮問がなされ、本年5月18日に答申をいただいている。

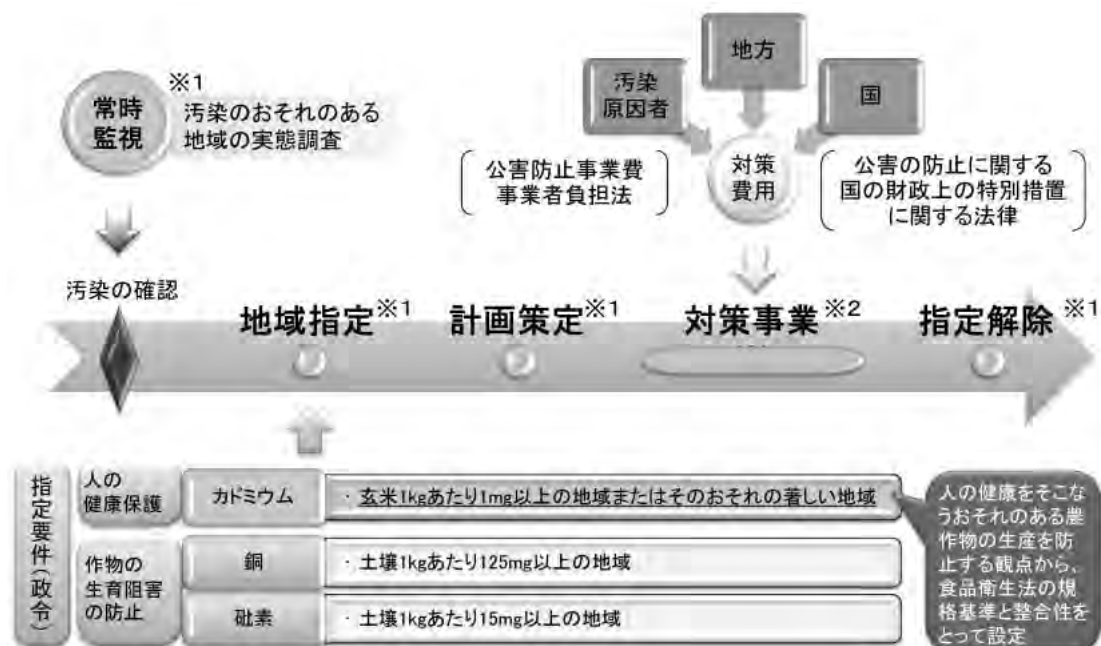
2. 農用地土壌汚染防止法の概要について

農用地土壌汚染防止法は、人の健康をそこなうおそ

れがある農畜産物が生産され、又は農作物等の生育が阻害されることを防止することを目的としている。政令で定める要件（以下「指定要件」という。）に基づいて都道府県知事が指定する農用地土壌汚染対策地域（以下「対策地域」という。）では、都道府県知事が農林水産大臣及び環境大臣の同意を得て、農用地土壌汚染対策計画が策定され、地方自治体の事業として、客土や地目変更等の対策が行われている。対策地域の指定要件としては、人の健康に係るカドミウムについては食品衛生法に基づく成分規格と整合をとって米の濃度で設定し、作物の生育阻害に係る銅、砒素については、土壌中の濃度で設定してきた（図）。法の制定から平成19年度までに、カドミウムについては96地域・6,945 haで指定基準値（コメについて $1 \text{ kg}/\text{mg}$ ）以上が検出され、63地域・6,428 haが農用地土壌汚染対策地域に指定され、60地域・5,723 haで客土等の対策が完了している。

3. 食品（米）中のカドミウムに係るリスク管理の現状について

食品（米）については、昭和45年に食品、添加物等の規格基準（昭和34年厚生省告示第370号）の一部が改正され、カドミウムに係る米の成分規格として1.0ppm（ mg/kg ）未満でなければならないと定められた。これにより、食品衛生法に基づく監視・指導



※1 都道府県知事が実施。

※2 都道府県営事業のほか、市町村営事業により行われることもある。

図

（厚生労働省、都道府県等）のほか、産地段階での自主的なカドミウム含有量調査（農林水産省、都道府県、生産者団体等）が行われ、現状では、カドミウム含有量が1.0 mg/kg以上の米は食品として流通しないよう都道府県等により廃棄処分の措置がなされている。

また、昭和45年以降、カドミウム含有量が0.4 mg/kg以上1.0 mg/kg未満の米は、食品衛生法の成分規格には適合しているものの、市場の混乱を避けるための買入れ（平成16年産米以降は（社）全国米麦改良協会による買上げ）が行われ、非食用として処理（現在は焼却処分）されている。

さらに、収穫前に田の表面を水に浸すことで米へのカドミウムの吸収を抑えることができることから、農林水産省は、平成14年3月、水管理を中心とした「水稻のカドミウム吸収抑制のための対策技術マニュアル」を策定・普及し、現在、約4万haの水田でカドミウム吸収抑制対策が取り組まれている。これらの結果、カドミウム含有量が0.4 mg/kg以上1.0 mg/kg未満の米の買上量は、昭和50年産米は19,767トンであったものの、平成元年産米は2,926トン、平成20年産米では568トンに減少してきている。

4. 中央環境審議会での議論

中央環境審議会では、①農用地の土壌の汚染防止等に関する法律施行令（昭和46年政令第204号。以下「施行令」という。）第2条第1項第1号に定められて

いる指定要件（以下「1号要件」という。）を、従来通り米中の濃度で定めるか土壌中濃度で定めるか、②カドミウム吸収抑制対策としての水管理をどのように評価するか、③米及び土壌中のカドミウムの測定方法は従来通りでよいのか、④農用地土壌汚染防止法第3条でいう、人の健康をそこなうおそれがある農産物が生産される「おそれが著しい地域」として施行令第2条第1項第2号に定められている指定要件（以下「2号要件」という。）は従来通りでよいのか、について検討が行われた。

(1) 1号要件について

農作物に吸収されるカドミウムの量は、土壌に含まれるカドミウムの量だけでなく、土壌の種類や土性、土壌pH、酸化還元電位等の様々な要因によって大きく左右され、気象条件、栽培管理法、作物の根の張り方などによっても、大きく変動するため、土壌のカドミウム含有量やpHなどの土壌要因を測定しても、米のカドミウム含有量を十分な精度で予測することは難しいことや、リスク管理の観点からは、人に摂取される段階で抑える方が確実であるとの考え方が示された。このため、米に蓄積されたカドミウムの量を測定し、これを指標とするのが適当とされ、販売等が禁止される食品衛生法に基づく成分規格と整合を取って、指定要件のうち、1号要件については、現行の「1 mg/kg以上である」を「0.4 mg/kgを超える」に改めることが適当とされた。

(2) 水管理について

水管理については、純粋な環境政策の観点からいえば栽培方法を基準に取り組むのはおかしいのではないかとの見解も当初はあったが、水管理による吸収抑制対策との整合性、トータルな社会的コストを考えた場合の合理性、地域による水管理の実施状況の違い等が考慮され、測定条件として、その地域で通常行われる水管理が実施されているほ場を対象にすることが適当であるとされた。その地域で実際に行われている水管理の状況等を踏まえて、都道府県知事に判断してもらおうとの考え方である。農用地土壤汚染防止法においても、対策地域の指定は「できる規定」とされており、水管理や植物浄化などの対策との比較考量の上で、客土等の農用地土壤汚染防止法に基づく対策を選択するか否かを都道府県知事に判断してもらうべきではないかとの考えが基本にある。

(3) 米及び土壤中のカドミウムの測定法について

米及び土壤中の測定法については、従来は2.5 haの中央で1点採取であったが、実際の20～30 a程度のほ場における多点採取のデータを検討したところ、1点採取よりも、複数点採取の平均をとった方が、ほ場全体の濃度レベルをより適切に評価できるとされ、ほ場内変動を仮定したシミュレーションの結果も参考とし、調査ほ場の中央部を含んで5点の試料を採取することとするのが適当とされた。

(4) 2号要件について

2号要件では、従来土壤中のカドミウム濃度は実際に米で基準を超えた1号要件に該当する地域以上であるが、米については基準を超えていない地域について、「おそれの著しい地域」として指定できることとしてきた。

今後の2号要件の扱いについては、従来、そのよう

な農産物が生産される「おそれの著しい地域」についても一体的に指定が行われてきたこと、虫食い状に客土等の対策を実施した場合には水管理などの作業に問題が生じるおそれがあることから、一体的に指定・対策が行われる必要があるとされ、現行の「1 mg/kg以上となる」を「0.4 mg/kgを超える」に改めることが適当であるとされた。

(5) まとめ

これらを踏まえ、指定にあたっては、改正後の測定法に基づく測定値に基づいて、都道府県知事により、水管理の実施状況、気象条件、過去のデータ等を踏まえ、総合的かつ合理的に判断されるものとするとしている。

このような検討経緯を経た上で、最後に委員提案により、「なお、施策の円滑な推進に向け、関係各省による積極的な支援が行われることが望ましい。」との一文が答申に加えられたことから、中央環境審議会土壤農薬部会において、関係各省も含め施策の実施状況をフォローアップしていくこととされた。

5. 今後の農用地土壤汚染対策について

中央環境審議会の議論を受け、改正された指定要件等については、本年6月16日に公布され、同日施行された。

環境省では、本年6月より、改正の内容について、地方自治体、農業団体、米集荷業者等を対象とした「食品衛生法に基づくコメのカドミウム基準値改正に係る説明会（厚生労働省・農林水産省共催）」において、関係する施策として、全国各ブロックでの説明を行ってきたところであり、引き続き都道府県における円滑な運用が行われるように周知するとともに、土壤環境の保全に努めてまいりたいと考えている。

コ ラ ム

来し方、行く末を見極める

食料である農作物の生産には化学物質であれ有機質であれ肥料は欠かせない。私たちは出来た作物を摂食してエネルギーを獲得し、健康で健全な生活を営んでいる。ものを食すれば動物である限り排泄物が出る。昔はこれを肥料や燃料として再利用してきた。江戸時代が循環型社会の典型のようにいわれているが、糞尿をとおして都市と農村との間で循環が成り立っていたからに他ならない。一昔前まで農村に行けば肥溜めがあり、堆肥が積まれ、田舎の香水とまでいわれる臭気が漂っていた。

今はどうだろうか。トイレで水を流せば臭気もなく極めて衛生的で快適な環境がそこにはある。トイレで流した糞尿はどこへ行くのだろうか。はたしてその行方を知っている人が何人いるだろうか。そして何人がゴミ処理や下水処理汚泥の問題が循環型社会構築のネックになっていることを知っているだろうか。目指す循環型社会とは物質がスムーズに廻って初めて機能するのだ。

物質を構成している元素は物質不滅の法則で示されているように、火をつけて燃そうが、土に埋めようが、水に流そうが決してこの地球上からなくなることはない。

その観点で作物生産に欠かすことの出来ない窒素という元素を見てみると、大気中の窒素ガスが化学的、生物的に固定されて肥料になり、肥料は作物に吸収されて食料となり、食料から多くの栄養とエネルギーを獲得して生命を維持している。その後これらは糞尿として排泄され、トイレで水に流すことで下水処理場にまで運ばれ下水汚泥になる。大気中の窒素ガスが様々な窒素化合物の形態を経ながら下水汚泥にまで変化したことがわかる。最終的にこれらは嫌気的条件下で微生物の作用により脱窒して大気に戻り、はじめて窒素の循環は完結する。地球生化学的窒素の循環は平均すると1200年かかるといわれている。

私たちは作物が食料として口に入るまでは輸入食飼料、遺伝子組み換え、栽培方法、栄養価、安心安全など十分に見極め熟慮するが、排泄物となってしまうと「臭いものには蓋」ではないがほとんど人の口は乗らなくなってしまう。トイレで水に流してしまえばそれ以降に関しては思考が停止してしまうのである。私たちの口に入るまでの意識と排泄物となってしまうからの意識には雲泥の差がある。同じことがコスト意識にもいえる。ものを生産する過程でのコストは綿密に計算するが、出来上がった製品を廃棄するあるいは再利用することに関しては関心が失われ、生産にかかるコストよりも何倍ものコストがかかるということを理解するのはさらに難しい。

古くからのことわざに「水に流す」という日本独特の美学があるが、ことこれに関してはそうはいかないのである。

鯉淵学園農業栄養専門学校教授・東京農業大学客員教授 小川吉雄

報 告

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

(財) 日本土壌協会

五十嵐孝典・古畑 哲

キーワード：形態別窒素画分、汚泥由来肥料

背景

コンポストは土壌の化学性、物理性、生物性と多様な土壌の改善効果により、作物生育に適した土壌環境の維持に用いられている。しかし、コンポストの土壌中における可給化を前提とした各肥料成分の組成に関する研究は乏しい。コンポストに含まれる肥料成分のうち、窒素が作物生育に最も大きく影響するとみられるので、コンポストに含まれる窒素成分の形態別組成が、作物の窒素の吸収条件にどのように影響するかを推測することはきわめて重要である。

コンポストの原材料に含まれる窒素の大部分はタンパク質、アミノ酸、アミド、その他窒素化合物の構成成分として存在し、個々のタンパク質の分離・精製および性質・構造に関する数々の検討はなされてきたが、これら窒素化合物が植物全体の窒素収支・動態を解析する観点からみて検討された事例は乏しく、統一的に解析された分画法も確立されていない。窒素化合物の粗分画法として、大崎¹⁾は植物タンパク質の機能と溶媒への溶解性に基づいて(1) 非タンパク態窒素、(2) 可溶性タンパク質、(3) 膜結合性タンパク、(4) 細胞膜構成タンパクの4種類に分類した。このように区分された4種類の異なる窒素成分は作物への肥効という観点からみると、窒素成分組成の割合が異なる試料を土壌に投入した場合には窒素の分解速度は試料に

よって大きく異なることが予測された。

今回、コンポストの形態別窒素の分析法として、上述したような植物のタンパク態窒素の分画法に準拠して、土壌中における窒素の有効化に関与する機能性の観点から、各種コンポストの窒素成分を「非タンパク」、「可溶性」、「膜結合性」、「細胞膜構成」の4画分とする分別を試みた。これらのなかから、分画比率の異なるコンポストを用いて04年から09年にわたり、淡色クロボク土の圃場で肥効試験を実施した。その結果、この分画法は土壌中におけるコンポストの窒素の可給化速度の判定に役立つと判断されたので、紹介する。

本報では窒素化合物の粗分画法を用いて各種コンポストの形態別窒素分画を行った事例を報告する。

1. 供試した各種コンポストの主要原材料・製法の概要および三要素含量

供試した各種コンポストの主要原材料・製法の概要および三要素含量を表-1および表-2に示す。

供試コンポストのうち、「埼玉牛ふん」はおがくずを用いた肉牛ふんを堆積発酵させた牛ふん堆肥であり、「大玉生ごみ」はおがくずを用いた乳牛ふんにもみがおよび食品残さを加え、横型ロータリーで、好氣的攪拌発酵させた後、堆積発酵した生ごみ堆肥である。「静岡パーク」はパークにコーヒー粕、鶏ふんを混合し、2年間、堆積発酵させたパーク堆肥である。

表ー１ 供試した各種コンポストの主要原材料・製法の概要

原料別にみた コンポストの グループ	コンポスト名	主要原材料および製法の特徴
牛ふん堆肥	埼玉 牛ふん	肉牛ふん、おがくず、堆積発酵 60～90日
生ごみ堆肥	大玉生ごみ	牛ふん、おがくず、もみがら、食品残さ、種堆肥 攪拌発酵（一次）横型ロータリー20日、堆積発酵（二次） 80～110日
バーク堆肥	静岡バーク①	バーク、コーヒークス、鶏ふん 堆積発酵（一次）野積み1.5年、堆積発酵（二次）野積み 0.5年
	静岡バーク②	バーク、コーヒークス、鶏ふん 堆積発酵（一次）野積み1.5年、堆積発酵（二次）野積み 0.5年
融合牛ふんコンポスト	鹿追融合牛ふん	乾燥汚泥、乳牛ふん（麦かん敷料）、もみがら、種汚泥 混合堆積、自走式切り返し、60～90日発酵
	雄武融合牛ふん	下水汚泥、牛ふん、おがくず、攪拌発酵
	内灘融合牛ふん	牛ふん、下水汚泥 攪拌発酵（一次）45日、堆積発酵（二次）
融合生ごみコンポスト	鹿追融合生ごみ	乾燥汚泥、生ごみ、もみがら、種汚泥 混合堆積、自走式切り返し、60～90日発酵
	須賀川融合生ごみ	下水汚泥、家畜ふん、食品残さ、攪拌発酵（一次）横型ロ ータリー25日
	ニセコ融合生ごみ①	乳牛ふん、生ごみ、下水汚泥、チップ 攪拌発酵（一次）27日、堆積発酵（二次）65日
	ニセコ融合生ごみ②	乳牛ふん、生ごみ、下水汚泥、チップ 攪拌発酵（一次）27日、堆積発酵（二次）65日
融合剪定枝コンポスト	鹿追融合剪定枝	乾燥汚泥、剪定枝、種汚泥 混合堆積、自走式切り返し、60～90日発酵
下水汚泥コンポスト	甲府下水汚泥①	下水汚泥脱水ケーキ（高分子系凝集剤）、おがくず、 縦型密閉攪拌方式（一次）、堆積発酵（二次）75日
	甲府下水汚泥②	下水汚泥脱水ケーキ（高分子系凝集剤）、おがくず、 縦型密閉攪拌方式（一次）、堆積発酵（二次）75日
	甲府下水汚泥③	下水汚泥脱水ケーキ（高分子系凝集剤）、おがくず、 縦型密閉攪拌方式（一次）、堆積発酵（二次）75日
	山形下水汚泥	下水汚泥脱水ケーキ（石灰凝集剤）、種汚泥、 堆肥舎（床面通気）堆積発酵
発酵汚泥肥料	珠洲乾燥汚泥	下水汚泥、集排汚泥、浄化槽汚泥、し尿、生ごみの集約混 合、メタン発酵施設においてメタンを発生、残さを乾燥し た汚泥肥料

表ー２ 供試した各種コンポストの三要素・炭素含量および炭素率（乾物当たり）

コンポスト名	窒素 (N)	リン酸 (P ₂ O ₅)	加里 (K ₂ O)	炭素 (C)	炭素率 (C/N)
	%	%	%	%	%
埼玉 牛ふん	2.60	3.67	3.78	16.13	6.2
大玉生ごみ	2.05	3.05	2.60	40.39	19.7
静岡パーク①	1.70	1.94	0.98	34.34	20.2
静岡パーク②	1.94	1.02	0.62	31.90	16.0
鹿追融合牛ふん	2.43	3.57	1.74	42.00	17.3
雄武融合牛ふん	1.92	2.14	2.39	14.84	7.7
内灘融合牛ふん	2.97	5.17	1.30	19.16	6.5
鹿追融合生ごみ	3.19	3.36	1.27	40.94	12.8
須賀川融合生ごみ	2.18	2.3	3.41	20.19	9.3
ニセコ融合生ごみ①	2.24	2.30	1.20	27.28	12.2
ニセコ融合生ごみ②	2.97	3.04	1.89	—	—
鹿追融合剪定枝	3.14	4.67	0.82	42.70	13.6
甲府下水汚泥①	2.85	3.47	0.34	—	—
甲府下水汚泥②	3.71	2.51	0.19	18.52	5.0
甲府下水汚泥③	3.92	2.95	0.20	17.69	4.5
山形下水汚泥	2.82	7.95	0.17	22.40	8.0
珠洲乾燥汚泥	5.33	4.33	0.30	22.31	4.2

「鹿追・雄武・内灘の融合牛ふん」は汚泥および牛ふんにおがくず、もみがら等を混合して好氣的攪拌発酵をした融合牛ふん堆肥であり、「鹿追・須賀川・ニセコの融合生ごみ」は汚泥および生ごみにもみがら、チップ等を混合して好氣的攪拌発酵をした融合生ごみ堆肥である。「鹿追融合剪定枝」は汚泥および剪定枝に種汚泥堆肥を混合堆積して好氣的攪拌発酵をした融合剪定枝堆肥である。「甲府・山形の下水汚泥」は下水汚泥脱水ケーキにおがくずを混合して密閉攪拌した後、堆積発酵させた汚泥肥料であるが、脱水のために甲府の場合は高分子系凝集剤を用いており、山形の場合は石灰凝集剤を用い、製品を粒状化したものである。「珠洲乾燥汚泥」は地域で発生する下水汚泥、農村集排汚泥、浄化槽汚泥、し尿、生ごみを集約混合処理して、メタンガスとして利用した残さを乾燥させた汚泥肥料である。

各種コンポストの三要素含量を平均値でみると、N 2.82%、P₂O₅ 3.28%、K₂O 1.33%となる。

Nは「珠洲乾燥汚泥、甲府汚泥」で高く、3%以上を示すが、「静岡パーク」では2%以下で低い。その他の「牛ふん堆肥、各種融合コンポスト、生ごみ堆肥」では2～3%である。

P₂O₅は「下水汚泥、鹿追融合剪定枝、珠洲乾燥汚泥」で4%以上となり、最も高く、「埼玉牛ふん、融合牛ふん」がそれに次いでいるが、「静岡パーク」で

は2%以下で最も低くなっている。

K₂Oは「下水汚泥、珠洲乾燥汚泥」で著しく低く、0.2～0.3%である。これに次いで、「鹿追融合剪定枝、静岡パーク」で低い、「生ごみ、融合牛ふん、融合生ごみ」では1.5～1.8%で、「埼玉牛ふん」で最も高い3.78%である。

これらの結果から、三要素含量のバランスのよいコンポストとしては牛ふん、生ごみ、融合牛ふん、融合生ごみなどがあげられる。

2. コンポストの形態別窒素分析法の概要

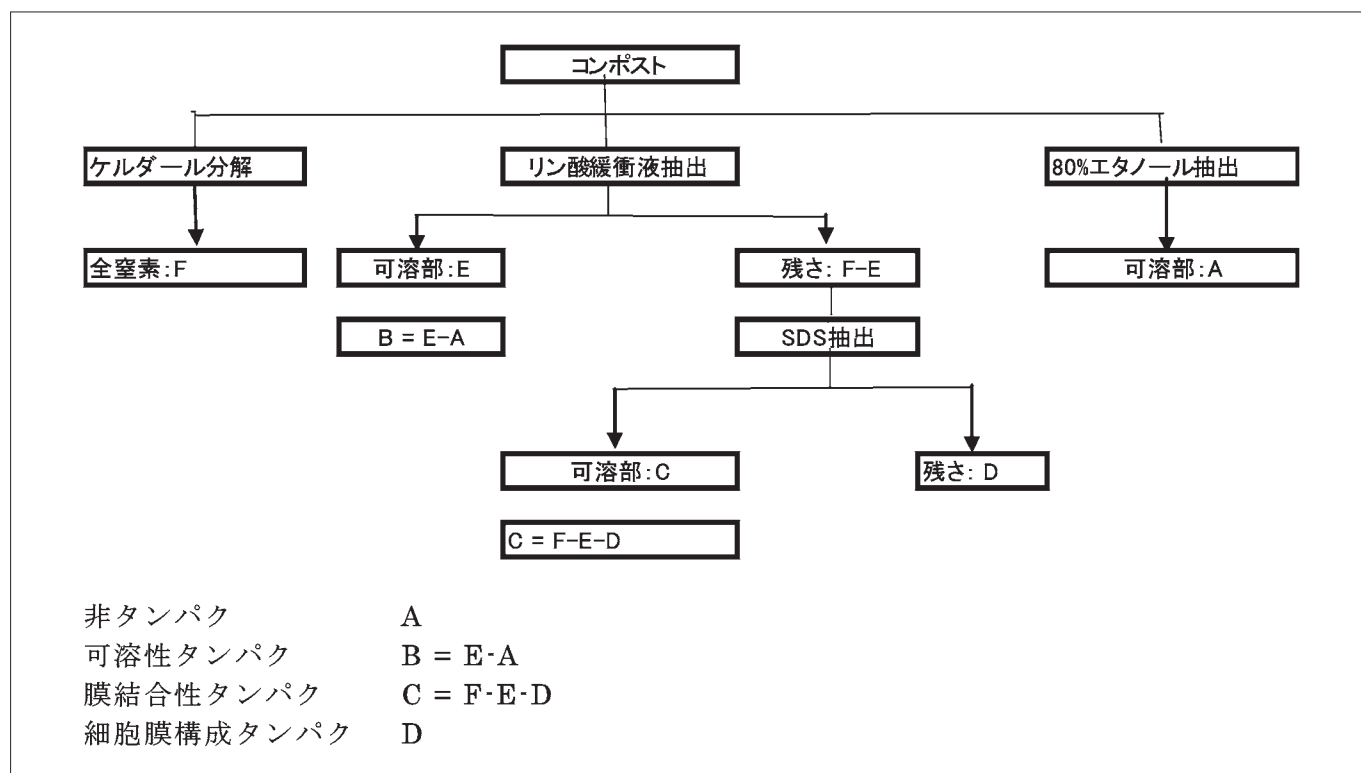
形態別窒素分析法は以下に述べる様な順序にしたがって（図ー１）、実施された。

① 全窒素（F）

試料200～300mgをケルダール分解瓶に採取して、分解後、蒸留法で窒素を測定する。

② 非タンパク（A）

4℃の条件で非タンパク（A）の抽出を行なう。試料300mgを乳鉢に取り、80%エタノールを数mlと石英砂を加えて、よく粉碎し、80%エタノールで洗浄しながら粉碎試料を200mlビーカーに移し、全量で約40mlとなるように80%エタノールを加え、24時間放置する。



図－１ 堆肥窒素化合物の粗画分

攪拌後、遠心分離（3000rpm）し、上澄液を200ml ビーカーに取り、残さについて約40mlの80%エタノールを加え同様の操作を2回繰り返す。上澄み液を全て合わせて濃硫酸5mlを加えて130℃前後のホットプレート上でケルダール分解を実施する。分解後、蒸留法で窒素を測定する（A）。

③ 可溶性タンパク（B = E - A）

4℃の条件でリン酸緩衝液抽出を行なう。試料300mgを乳鉢に取り、100mMリン酸ナトリウム緩衝液（pH 7.5）を数mlと石英砂を加えて、よく粉碎し、リン酸緩衝液で洗浄しながら粉碎試料を遠心管に移し、全量で約40mlとなるようにリン酸緩衝液を加え、攪拌後、4℃で24時間放置する。さらに攪拌後、遠心分離（3000rpm）し、上澄液を200mlビーカーに取り、残さについて同様の操作を2回繰り返す。可溶部を全て合わせて濃硫酸5mlを加えて140℃前後のホットプレート上で濃縮し、ケルダール分解を実施する。分解後、蒸留法で窒素を測定する（E）。EからAの値を差し引いた値が可溶性タンパクBに相当する。

④ リン酸緩衝液抽出残さは全窒素FからEの値を差し引いた（F-E）の部分であり、構造的ともよばれる。

⑤ 細胞膜構成タンパク（C）

リン酸緩衝液抽出残さ（F-E）にラウリル硫酸ナトリウム（SDS）溶液（SDS 30gを1Lの水に溶解）50mlを加え、60分間、沸騰水中で加熱する。冷却後、遠心分離（3000rpm）し、残さについて同様の操作を2回繰り返す。最終残さについてケルダール分解を実施する。分解後、蒸留法で窒素を測定する。この値が細胞膜構成タンパク（C）である。

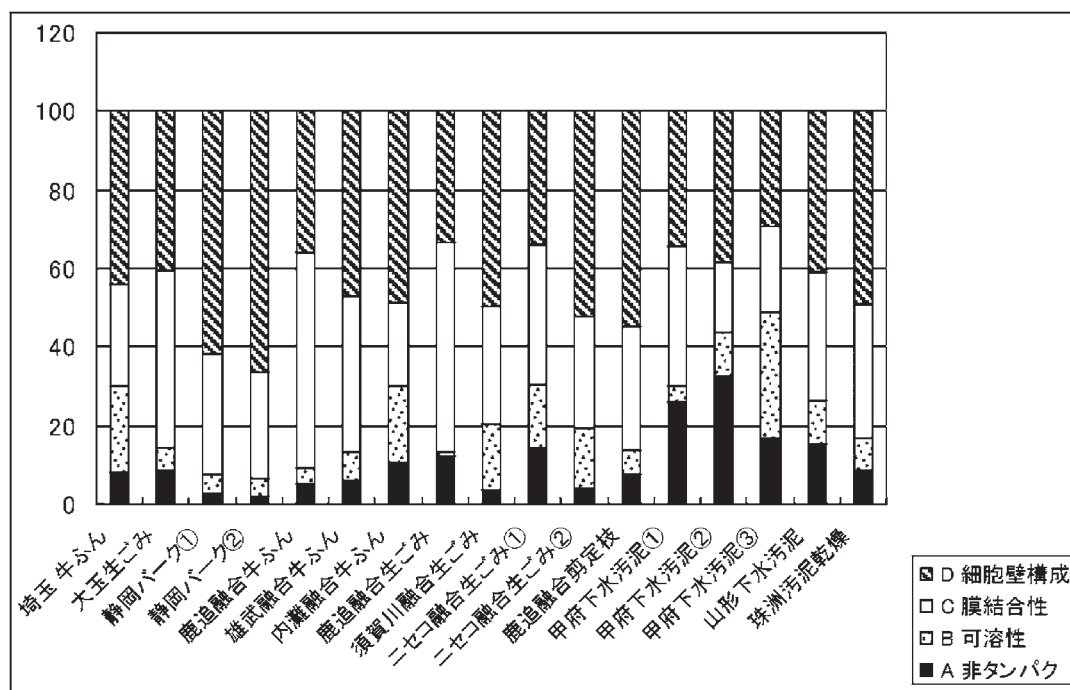
⑥ 膜結合性タンパク（D）

F-EからCの値を差し引いた値が膜結合性タンパク（D = F-E-C）である。

3. 供試コンポストの窒素分画結果の事例

17種類のコンポストについて上述したような分析法により、形態別窒素分画を試みた事例を図－2および表－3に示す。

このような事例から、コンポストの種類によって窒素画分の比率はかなり異なることが認められる。これらを原料別にみたコンポストグループ毎の窒素画分の平均値で比較した結果を表－4および図－3に示す。



図ー２ 17種類のコンポストにおける窒素分画の事例

表ー３ 17種類のコンポストにおける窒素分画の事例 (%)

コンポスト名	A	B	C	D
	非タンパク	可溶性	膜結合性	細胞壁構成
埼玉 牛ふん	8	22.2	25.7	44.1
大玉生ごみ	8.8	5.2	45.4	40.6
静岡パーク①	2.7	4.9	30.5	61.9
静岡パーク②	2.2	4.4	26.8	66.6
鹿追融合牛ふん	5.3	4.1	54.9	35.7
雄武融合牛ふん	6.2	7.2	39.4	47.2
内灘融合牛ふん	10.5	19.5	21.4	48.6
鹿追融合生ごみ	12.2	1.0	53.2	33.6
須賀川融合生ごみ	3.7	16.4	30.4	49.5
ニセコ融合生ごみ①	14.2	16.3	35.4	34.1
ニセコ融合生ごみ②	4.1	14.0	28.5	52.4
鹿追融合剪定枝	7.4	6.3	31.6	54.7
甲府下水汚泥①	25.9	3.9	36.0	34.3
甲府下水汚泥②	32.5	11.4	17.4	38.7
甲府下水汚泥③	16.9	31.8	21.8	29.5
山形下水汚泥	15.4	10.8	32.9	40.9
珠洲汚泥乾燥	8.6	8.0	34.1	49.3

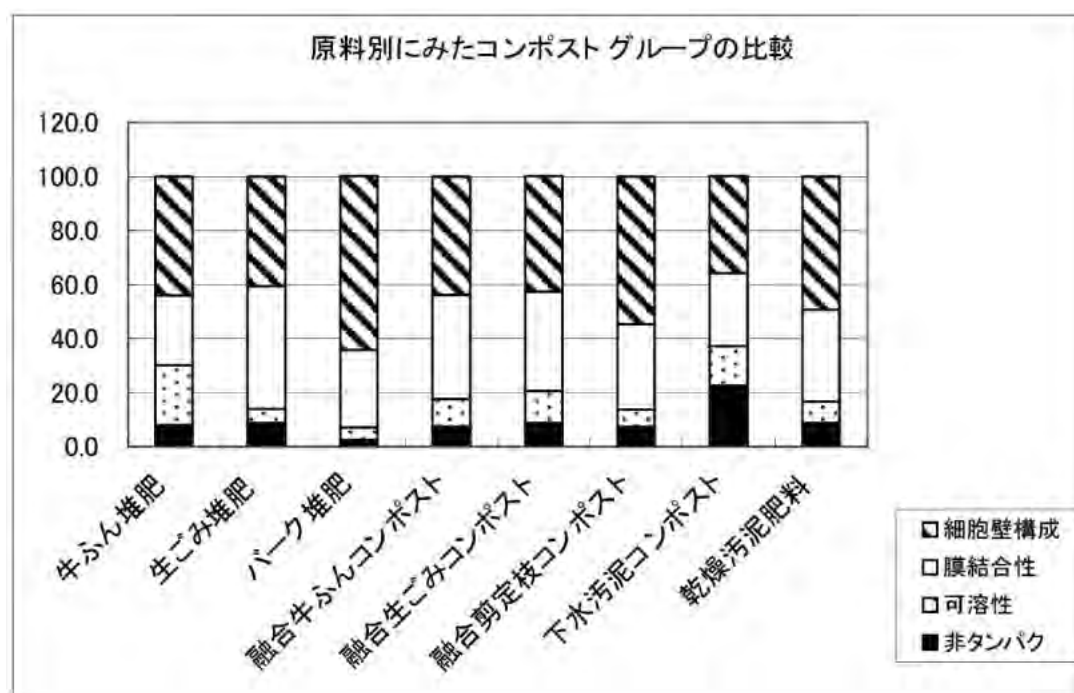
作物に最も早く利用される「非タンパク」は下水汚泥コンポストでは20%以上を占めているが、パーク堆肥ではその1/10に過ぎず、最も少ない。その他コンポストでは7～8%である。「可溶性タンパク」は牛ふん堆肥で20%を越えており、これに次いで下水汚泥コンポスト、融合生ごみコンポスト、融合牛ふんコンポストで10%以上となっている。パーク堆肥では最も少なく4.7%である。

「膜結合性タンパク」は生ごみ堆肥で45%と高く、これに次いで、融合生ごみコンポスト、融合牛ふんコンポスト、乾燥汚泥肥料で34～38%となっている。これらに比べ、牛ふん堆肥、下水汚泥コンポスト、パーク堆肥、融合剪定枝コンポストではやや低く、26～31%である。

難分解性の「細胞膜構成タンパク」についてみると、パーク堆肥および融合剪定枝コンポストでは64.3%および54.7%でいずれも60%前後をしめしているが、その他は50%以下である。逆に「細胞膜構成タンパク」以外の3画分の含量割合はパーク堆肥および融合剪定枝コンポストにおいて最も低くなり、作物による窒素の吸収が最も遅れる可能性の高いことを示している。施用後まもなく利用されるとみられる「非タンパク＋可溶性タンパク」の含量割合についてみてもパーク堆肥で7.1%、融合剪定枝コンポストで13.7%と低いが、下水汚泥コンポストでは37.2%、牛ふん堆肥および融合生ごみコンポストで、23.0%および20.7%と高く、これらのコンポストでは土壤中で早く有効化される部分の多いことを示唆している。

表－4 原料別にみたコンポストグループの窒素画分の比較

コンポスト名	A	B	C	D
	非タンパク	可溶性	膜結合性	細胞壁構成
牛ふん堆肥	8.0	22.2	25.7	44.1
生ごみ堆肥	8.8	5.2	45.4	40.6
パーク堆肥	2.5	4.7	28.7	64.3
融合牛ふんコンポスト	7.3	10.3	38.6	43.8
融合生ごみコンポスト	8.6	11.9	36.8	42.9
融合剪定枝コンポスト	7.4	6.3	31.6	54.7
下水汚泥コンポスト	22.7	14.5	27.0	35.9
乾燥汚泥肥料	8.6	8.0	34.1	49.3



図－3 原料別にみたコンポストグループの窒素画分の比較

このような早く有効化される部分の多いとみられるコンポストの炭素率 (C/N) (表-2) をみると、下水汚泥コンポストで5.8、牛ふん堆肥で6.2、珠洲乾燥汚泥で4.2を示し、いずれも10以下で炭素率 (C/N) からも分解のし易いコンポストであることがうかがわれる。これらに次いで分解が早く進むとみられる融合牛ふんおよび融合生ごみコンポストの場合は炭素率 (C/N) が11前後で、有効化が遅れるとみられるパーク堆肥では18.1となっている。

以上の結果から、炭素率 (C/N) とコンポストの窒素画分比率は、ほぼ符合することがうかがわれ、コンポストの作物への有効化を評価する指標として窒素画分比率を利用し得ることが考えられた。

以上のように17のコンポストについて作物への肥効に違いがあるとみられる窒素画分に分別してみると、原料別にみたグループにより各画分の比率が大きく異

なことが認められた。このため、作物による窒素の吸収利用時期の異なることが推測された。

例えば、「非タンパク」、「可溶性タンパク」あるいはこれらの含量の割合が高い下水汚泥コンポストや牛ふん堆肥では、施用後1カ月前後によく利用されるとみられる。下水汚泥に他のバイオマスを加えた各種の融合コンポストでは遅れて「膜結合性タンパク」の有効化が進むであろう。そして「細胞膜構成タンパク」の割合の高い「パーク堆肥」ではさらに遅れて有効化が開始されるとみられる。このようなコンポストの特徴をよく理解しながら、必要な時期に必要な窒素を供給できるように、作物の種類や生育期間に見合ったコンポストを選定することが重要になってくる。

参考文献：1) 大崎満 (1990) 第Ⅵ章 各種有機物成分の分析法、植物栄養実験法、博友社、204～217。

資 料

下水汚泥資源利用協議会 第33回定例理事会概要

下水汚泥資源利用協議会第33回定例理事会が以下の日程で開催された。本定例理事会は、下水汚泥資源利用協議会（以下、汚泥協と略す）規約第11条に基づくものであり、汚泥協の最高議決機関である。

第33回定例理事会議事次第

1. 日時：平成22年 7 月 9 日（金）14時00～16時30分
2. 場所：JAビル 3 階301会議室
3. 会長挨拶：代行 嶋 俊秀 池田市上下水道事業管理者
4. 議長選出：
5. 議事：（1）第33回定例理事会議案の審議について
 - ① 第 1 号議案 平成22年度下水汚泥資源利用協議会事業報告
 - ② 第 2 号議案 平成22年度下水汚泥資源利用協議会事業計画(案)
 - ③ 第 3 号議案 下水汚泥資源利用協議会の解散について(案)
 - ④ 第 4 号議案 下水汚泥の資源利用の促進に関する決議(案)
 （2）意見交換
6. 閉会

[配布資料]

- 資料－No.1 第33回定例理事会出席者名簿
- 資料－No.2 第33回定例理事会提出議案書
- 資料－No.3 下水汚泥資源利用協議会会員名簿
- 資料－No.4 下水汚泥資源利用協議会役員名簿
- 資料－No.5 下水汚泥資源利用協議会規約
- 資料－No.6 第 3 号議案説明資料
- 参考資料

以上

1. 開会

開会時刻午後 2 時00分現在での出席理事（代理出席を含む）数は22名（理事総数31名）で、汚泥協規約第14条の理事会定足数（理事の過半数）を満たし、定例理事会が有効に成立している旨の事務局報告後、審議に先立ち会長都市の嶋上下水道事業管理者より挨拶があった。

「挨拶要旨」

ただいまご紹介いただきました池田市の嶋でございます。本来は本協議会の会長であります池田市長の倉田薫が出席し、ごあいさつ申し上げるべきところでございますが、他の公務と重なっておりまして、私から開催に当たりまして一言ごあいさつ申し上げます。

この下水汚泥資源利用協議会は、昭和52年に発足以来、今回で33回目の定例理事会を迎えることは大変喜ばしく存じます。先人に思いをはせながら、この間、下水道関係者はもとより、農業関係者の方々のご尽力により、汚泥を使った肥料や建設資材としてのコンクリート二次製品など、また、嫌気性消化のバイオガスの有効利用など、下水汚泥の有効利用がそれぞれの分野で行われておりまして、これも本協議会の継続的な取り組みが大きな力になったことと存じます。

しかし、ここへ来て、本協議会の事務局であります日本下水道協会は、目下、会員皆さんの意見を聞きながら、改革に取り組んでいるところでございますが、さきの6月30日の47回総会におきましても、会費の値下げ等提案がなされ、承認されたところでございます。

本協議会におきましても、今までの実績を認めつつ、時代に合ったやり方を考えていただき、新たな発展をお願い申し上げます。開会のごあいさつといたします。どうぞよろしくお願い申し上げます。

[以上、記録より]

報告事項**(1) 議長の選出**

汚泥協規約第16条に基づき議長の互選を行い、事務局推薦の茅野東京大学名誉教授を選出した。

2. 議事

議長挨拶の後、議事に入った。

(1) 1号議案 平成21年度事業報告

佐伯汚泥協専務理事（社団法人 日本下水道協会理事兼技術部長、以下佐伯専務理事と記す）が議案書に従い説明し、承認された。

報告内容は、会員の異動として昨年度より平成22年7月1日までに会員数の増減無し264団体、役員会の開催報告、要望活動および情報交換活動の内容である。

また、参考として（社）日本下水道協会が実施した汚泥の資源利用に関する調査研究、促進活動、研修活動、機関誌編集委員会等についても報告した。

(2) 2号議案 平成22年度事業計画（案）

主な事業計画は、役員会等、要望活動、情報交換活動など平成21年度事業と同様である。参考として（社）日本下水道協会が実施する汚泥の資源利用に関する活動内容についても説明し、「第23回下水汚泥の有効利用に関するセミナー」について東部会場は札幌市、西部会場は金沢市で開催することを報告した。

(3) 第3号議案 下水汚泥資源利用協議会の解散について（案）

汚泥協は、日本下水道協会会員の一部の自治体や下水道関連団体と農業関係者、学識経験者により昭和52年12月に設立された。当時は下水汚泥有効利用率が9%程度であったが、今日、有効利用率が約80%に達し、協議会の目的も達成されたと考えられることから、平成22年度末をもって汚泥協規約第20条の規定に基づき解散することに提案された。

また、下水汚泥の有効利用は循環型社会の構築を目指す上でも今後ますます重要度を増すものと考えており、汚泥協の活動と下水道協会の下水汚泥資源有効利用に関する活動を日本下水道協会が一体化することによって、より活性化していくことが併せて提案された。

今後、日本下水道協会において、平成22年度中に運営自治体や常任理事会で説明をおこない、平成23年度の日本下水道協会事業計画において反映していくこととした。

第3号議案は事務局提案どおり全会一致で承認された。

(4) 第4号議案 下水汚泥の資源利用の促進に関する決議（案）

本議案は例年、関係部署に対して下水汚泥の利用促進に関して理解を深め、協力を依頼する目的で定例理事会にて決議し、決議文として関係団体へ送付している。

決議（案）は、佐伯専務理事の朗読をもって説明に替え、承認を得た。

3. 意見交換会

別途資料あり。

4. 閉会

平成23年度以降、汚泥協事業を引き継ぐ（社）日本下水道協会安中理事長より、閉会の挨拶があった。

「挨拶要旨」

日本下水道協会理事長の安中でございます。

本日は、大変お忙しい中お集まりいただきまして、ありがとうございました。大変ご熱心なご討議をいただき感謝しております。今後ともいろいろな問題を抱えながらこれからも進んでいくわけでございます。汚泥協がなくなったということで、これっきりでお互いのつき合いをやめるという意味ではなくて、さらに深めていくのだということだと思えます。先ほどご質問にお答えする形で我々の決意の一端を申し上げたわけでございますけれども、この会は解散ではなく発展的に下水道協会に吸収されて活動を深めていくのだということで理解をしていただきたいと思います。今後の活動を見ていただいて、もしそれが物足りないようなことであれば、遠慮なく申し述べていただきたいと思います。と思っております。

茅野副会長には、汚泥協設立以来三十数年間にわたりましてご指導賜り本当にありがとうございました。また、野池先生には、幅広く技術面でのご指導をいただき感謝しております。野池先生の献身的な姿勢が我々に学ぶことが多かったと考えております。ここにおられませんけれども、東京大学農学部の熊澤先生には設立以来熱心なご指導を賜りました。

米国政府が、それまでスウェッジスラッジ（sewage sludge）といていた「汚泥」をバイオソリッド（biosolids）と呼び変える決定を、今から12、13年前にしています。熊澤先生は、日本も汚泥の名称を変えるべきではないかと常々言っておられました。バイオソリッドというのは生物汚泥と訳すと実態とちょっと違う面がありますが、一般の人たちはそんな汚いものと思わないわけございまして、汚泥の利用を少しでもやりやすくするために名称も変えるべきだとの立場からご指導いただいたという気がしております。

下水汚泥有効利用率が100%近くなって、「循環のみち」が出来上がったときには、やはりスタートは下水とか汚泥とかというのではちょっと一般受けしないので、名称についてもこれから再び考え直すことが必要なのではないかなと感じています。

いずれにしても、下水汚泥の有効利用、再利用は順調にポイントを上げてきております。こんなに早くこんな時代が来るとは思わなかったわけでございますけれども、関係者のご努力に感謝の意を表すると共に今後の更なる発展に期待したいと思います。

おわりになりますけれども、下水道協会はこの業務を今後とも責任をもってやってまいりますので、ぜひご理解とご支援を賜りたいというお願いを申し上げまして、まことに簡単ですが、下水道協会を代表してのお礼のご挨拶ということにさせていただきます。どうもありがとうございました。

平成22年度下水汚泥資源利用協議会事業計画

I 役員会等

1. 定例理事会（第33回）の開催
規約第11条第2項に基づき開催し、前年度実施事業の経過報告および当年度事業計画等について審議する。
2. 幹事会の開催
事業計画等、定例理事会への提出内容の立案

II 要望活動

当年度理事会承認後「下水汚泥の資源利用の促進に関する決議」文を関係団体等へ送付し、下水汚泥資源の利用促進に対して一層の支援と協力をお願いする。

送付先予定：平成21年度送付先と同じ321か所

- ・国土交通省、農林水産省、環境省、資源エネルギー庁
- ・都道府県の農業関係部署
- ・その他

III 情報交換活動

1. 機関誌「再生と利用」を1,450部／回、年4回発行する。
 - ①発行号数 第128号～第131号まで
 - ②主な配布先として、平成21年度と同様、会員、関係省庁及び都道府県農政部・公園部・農業試験場・果樹試験場・農協中央会および全国農業協同組合連合会県本部、その他
2. 下水道展に出展
平成22年7月27日から30日まで4日間開催される「下水道展'10 名古屋」に出展する。
出展内容は、各種利用の概要パネルの掲示や下水汚泥コンポスト及び下水汚泥利用建設資材製品を展示するとともに、汚泥協のパンフレット等を配布する。
また、自治体職員によるリサイクル製品の説明及び配布を行う。今回は昨年に引き続き「循環のみち」の内容を考慮し、下水道高度処理促進全国協議会と連携を図りながら、下水処理の流れに沿った分かり易いブース作りを行う。
3. 下水汚泥資源利用旬間の実施
 - ・9月1日から10日まで実施する。
 - 関係官庁・団体の後援・協賛のもとに、下水道の日のポスターと下水汚泥資源利用促進ポスターを同紙面で作成し、関係団体等に配布して、掲示のもとに広報活動を依頼する。
 - ・ポスター作成枚数：40,000枚
 - ・ポスター等掲示依頼先：約3,100か所
4. 下水汚泥利用に係る情報発信
 - ①ホームページ
下水汚泥の有効利用促進を図るため、開設した「下水汚泥と緑の相談室」、「エネルギーリサイクルのすすめ」を継続し、情報を発信する。
 - ②パンフレット
「下水汚泥コンポスト利用促進連絡会」にて作成した「下水汚泥コンポストのPR用パンフレット」（農

地利用、緑地利用)を、関連方面に配布し、PRに努める。

③ 報告書

「下水汚泥緑農地利用調査委員会」「下水汚泥エネルギー利用調査委員会」「下水汚泥建設資材利用調査専門委員会」にて調査・審議した成果の概要を「再生と利用」に掲載する。

IV その他

関係団体との協調活動等を予定する。

- ・「土づくり推進フォーラム」(事務局：財団法人日本土壤協会)に参加する。
- ・下水道業界新聞及び財団法人日本土壤協会の機関誌「圃場と土壤」を通して下水汚泥資源有効利用のPRを行う。
- ・社団法人日本土壤肥料学会に賛助会員として参加する。

以 上

平成22年度（社）日本下水道協会が予定する 下水汚泥の有効利用に関する調査、促進活動について

【緑農地利用】

<委員会等>

- | | |
|---------------------|-------|
| 1. 下水汚泥緑農地利用調査委員会 | 年 1 回 |
| 2. 下水汚泥由来肥料の利用促進連絡会 | 年 2 回 |

<活動内容>

- ・下水汚泥中のリン資源の活用に関する検討
- ・下水汚泥肥料・コンポスト製品のデータベース作成
- ・地域のバイオマス資源を活用した融合下水汚泥コンポストなどの施用効果に関する調査（継続）

【エネルギー利用】

<委員会等>

- | | |
|---------------------|-------|
| 1. 下水汚泥エネルギー利用調査委員会 | 年 2 回 |
|---------------------|-------|

<活動内容>

- ・消化プロセス導入の判断を支援するための計算ツールの改良（継続）
- ・消化関連技術の情報収集

【建設資材利用】

<委員会等>

- | | |
|--|-------|
| 1. 下水汚泥建設資材利用調査専門委員会（臨時委員会含む） | 年 2 回 |
| 2. 下水汚泥建設資材利用促進連絡会
（下水汚泥建設資材利用マニュアル改定準備会） | 年 2 回 |
| 3. 下水汚泥建設資材利用マニュアル改定分科会 | 年 6 回 |

<活動内容>

- ・下水汚泥の建設資材利用についてのアンケート調査
- ・下水汚泥建設資材利用マニュアルの改定作業（～H23年度）
- ・リサイクル資材の環境安全性に関する検討（グリーン購入関連）

【広 報】

- | | |
|-----------------|-------|
| 1. 「再生と利用」編集委員会 | 年 4 回 |
| 同 編集担当者会議 | 年 4 回 |

特集記事（予定）

- ①平成22年度下水汚泥資源利用等に関する予算及び研究内容と今後の方針の解説
- ②下水汚泥リサイクル製品の利用促進と安全性確保の取り組みについて
- ③地球温暖化対策としての有効利用
- ④第23回下水汚泥の有効利用に関するセミナー特集

【研修・講演会】

- ・第23回下水汚泥の有効利用に関するセミナーの開催
東部会場：札幌市、 期間は10月14日～15日（2日間）
西部会場：金沢市、 期間は10月28日～29日（2日間）
（両会場においてポスター発表も行う）
- ・下水汚泥リサイクル推進に関する講演会 ～汚泥リサイクルの現状と展望～
会 場 ：東京都 1月28日

以 上

下水汚泥資源利用協議会の解散について

下水汚泥資源利用協議会は、昭和52年12月26日に発足して以降、下水汚泥の資源利用の促進を図り、もって国土資源の活用の一助とすることを目的とし活動してきた。

この間、下水汚泥等を原料とした肥料が広く利用されるようになり、平成12年度の普通肥料としての公定規格化により、円滑な汚泥肥料の流通が図られている。また、平成8年度の下水道法改正により、発生汚泥減量化の努力義務規定が設けられたことを契機に、下水汚泥の建設資材としての様々な有効利用技術が開発され、実用化されてきた。

さらに循環型社会構築を目指した様々な施策が進められるなか、バイオマスの積極的な利活用という観点からも下水汚泥は注目されており、下水汚泥の嫌気性消化によるバイオガス有効利用や、化石燃料の代替燃料としての活用を促進するための技術開発や費用面・制度面の整備が進められている。今後、下水汚泥のエネルギーとしての有効利用が、より一層推進されることが期待される。

このように下水汚泥有効利用に関する様々な研究開発や法制度の整備により、現在では下水汚泥有効利用率が約80%に達している。これらの状況を見ると、下水汚泥資源利用協議会の目的が一定程度達成されたと考えられることから、平成22年度末をもって下水汚泥資源利用協議会を解散することとしたものである。

なお、下水汚泥資源の利用促進は、今後とも下水道事業の重要課題である。(社)日本下水道協会は、下水汚泥資源利用協議会発足当初から、協議会事務局を務め、また、平成8年度に協議会から調査研究業務の移管を受けてから、緑農地利用、建設資材利用及びエネルギー利用の各調査委員会による調査研究活動を継続的に実施している。今後も、下水汚泥資源有効利用の更なる促進を目指し、引き続いて情報交換や調査研究活動等を積極的に推進することとしている。

最後に下水汚泥資源利用協議会の発展にご尽力いただいた関係各位に深甚なる謝意を表する次第である。

平成22年 7 月 9 日

下水汚泥資源利用協議会役員名簿

[敬称略]

会 長	池田市長	倉 田 薫
副 会 長	札幌市長	上 田 文 雄
同	全国農業会議所事務局長	中 園 良 行
同	東京大学名誉教授・秋田県立大学名誉教授	茅 野 充 男
同	東京大学名誉教授・（財）日本土壤協会会長理事	松 本 聰
同	横浜市長	林 文 子
専務理事	（社）日本下水道協会理事兼技術部長	佐 伯 謹 吾
理 事	青森市長	鹿 内 博
同	今治市長	菅 良 二
同	大阪市長	平 松 邦 夫
同	帯広市長	米 沢 則 寿
同	金沢市長	山 出 保
同	北九州市長	北 橋 健 治
同	熊本市長	幸 山 政 史
同	埼玉県知事	上 田 清 司
同	仙台市長	奥 山 恵美子
同	全国開拓農業協同組合連合会代表理事専務	松 本 洋 幸
同	全国畜産農業協同組合連合会代表理事専務	津 曲 公 夫
同	全日本開拓者連盟事務局長	吉 川 佐太郎
同	東北大学名誉教授・日本大学大学院教授	野 池 達 也
同	豊橋市長	佐 原 光 一
同	名古屋市長	河 村 たかし
同	奈良県知事	荒 井 正 吾
同	（社）日本下水道協会理事長	安 中 徳 二
同	日本下水道事業団理事長	曾小川 久 貴
同	（財）日本土壤協会専務理事	猪 股 敏 郎
同	広島市長	秋 葉 忠 利
同	福岡市長	吉 田 宏
同	盛岡市長	谷 藤 裕 明
同	山形市長	市 川 昭 男
同	神戸市長	矢 田 立 郎

下水汚泥資源の利用促進に関する決議（案）

今日、地球温暖化の進行や、有用資源の枯渇などの地球規模の課題がいつそう顕在化し、各分野における省資源・省エネルギー・資源のリサイクルの実施など、循環型社会への移行の気運が国、自治体、事業者、国民、の全体において高まりを見せている。そのような状況の下、我々は、下水汚泥のより効果的な農地・緑地利用及び建設資材利用などについて情報交換や研究開発を行い、下水汚泥を適切な品質管理のもとに再生加工し、多方面にわたる利活用に取り組んできた。また近年は、カーボンニュートラルな性質を持つ下水汚泥のバイオマスエネルギーとしての活用を促進するとともに、リンをはじめとする下水汚泥に含まれる有用資源の回収について取り組んでいるところである。

地域の持続的な発展を支える二十一世紀型下水道の実現を目指し策定された「下水道ビジョン2100」においては、持続可能な循環型社会の構築に向けて、健全な水循環と資源循環を創出する下水道への転換を目指し「資源のみち」が示されるなど、ますます下水汚泥の資源としての有効活用が期待されている。

しかしながら、なお、下水汚泥の有効活用を促進するには、費用面や制度面などさらに検討、改善しなければならない課題も多く、これら直面する諸課題解決のために、さらに一層の努力が必要であると認識している。

政府関係省庁、関係各位においては、次の措置を講ぜられるよう要望する。

記

一、下水汚泥資源の利活用を促進するため、政府関係省庁、地方公共団体及び民間等の連携体制の構築に努め、バイオマス利活用事業の積極的な推進を図ること。

二、地域の特性を活かした下水汚泥の資源並びにエネルギー利活用を推進するため、「国土交通省成長戦略」で掲げられた「未利用資源（汚泥消化ガス等）の有効活用等を強力に推進」するために必要な制度を構築するとともに、「B—DASHプロジェクト（下水処理におけるメタン発酵高度化などエネルギー再生技術のシステム開発・国際標準化）」を実施すること

三、下水汚泥を用いたリサイクル製品の利用を促進するために、グリーン購入法における資材の調達や、リサイクル認定制度における対象製品の拡充が図られるよう、用途に応じた基準の設定を一層進めるとともに、リサイクル製品を公共工事などにおいて積極的に利用すること

右、決議する。

平成二十二年七月九日

下水汚泥資源利用協議会

＜下水汚泥資源利用協議会第33回定例理事会 意見交換会の概要＞

事務局より、資料を用いて下水汚泥有効利用の現状について話題提供を行った。

＜緑農地利用について＞

（事務局）下水汚泥の緑農地利用について、上手くいっている点、問題点等の情報提供をお願いしたい。

山形市の状況



奥出所長

（奥出晃一：山形市）山形市では昭和55年からコンポスト事業に取り組んで今年で30年になる。一時期は、多くの在庫を抱えたこともあったが、現在では需要が供給を上回っている状態である。その背景の一つに、リン価格が非常に高騰したことが上げられる。山形コンポストはリン含有量が非常に高く、これが評価され、一方で重金属について問題がないことを丁寧に説明することによって、下水汚泥コンポストに対する評価がじわじわと上がってきた。

日本全体ではコンポストの利用は増えていないが、山形周辺の自治体からは、コンポストの評判が良いのでやろうと考えているとか、隣の宮城県では大規模なコンポスト工場が造られたと言った話も出てきている。

家畜の排せつ物の管理に関する法律ができたときは、家畜排せつ物を利用した堆肥がどっと市場に出て苦戦したが、今は、下水汚泥は家畜肥料よりも質が良いと、評判を取り戻している。極端に量は増えないと思うが、今の農業ではなるべく化学肥料を使わない農業をしていくことを追い風にしながら、微増的なものになるのではないかと考えている。



野池教授

（野池達也理事）山形市浄化センターは、下水汚泥の嫌気性消化を行い、その消化ガスの有効利用によって処理場全体の電力の約50%補われている。次に、嫌気性消化脱水汚泥のコンポストであることも特徴である。生汚泥でないとコンポストができないという誤解があるが、最もコンポストができやすいのは消化汚泥である。臭気も非常に低くなり、短い期間でコンポストができる。また、病原細菌に対する安全性も高い。山形ではメタン発酵、そしてガス発

電、電力供給、それからコンポスト、すべて最も理想的な形で運営している。処理場挙げてのご努力は模範的だと考える。

（茅野充男議長）札幌市さんとか広島市さんも活発にやっているということですが、ご意見いただきたい。

札幌市の状況



宮田部長

（宮田淳：札幌市）札幌市はコンポストを昭和58年からスタートしたのですが、農業利用をやめようではないかという検討に入っている。

いろいろな事情があるが、一番大きな問題はコストである。現在10カ所の処理場の内、農業利用でできる処理場は1カ所だけで、20万トン以上の汚泥を処理するコスト

とコンポストで約1万5,000トン进行处理するコストでは、スケールメリットが働かない分、コンポスト製造の方がコストが高い。また、コンポスト製造工場周辺の住宅化による臭気の問題など、更新の時期にあたりコストに相当差が出てきているのが実情である。目下、建設資材としての有効利用、セメント利用も含めて、全量焼却の計画が整っている状況である。

（茅野議長）農業利用については、今後は悲観的な方向でしょうか。

（宮田淳：札幌市）下水汚泥リサイクル率自体は100%である。ただし、農業利用を縮小していく方向にある。

（安中徳二理事）コンポストを製造している公社は維持されるか。

（宮田淳：札幌市）（財）札幌市下水道資源公社は、コンポストの事業から撤退するが、建設資材としての有効利用も含め、汚泥リサイクルの研究等の事業は今後も継続していきたい。

広島市の状況



福田課長

（福田佳之：広島市）広島県では広島市を含め、多くの地方自治体がコンポスト業者に製造委託しているため、他県と比較すると多くのコンポスト業者が存在する。コンポストは農業利用のほか、ゴルフ場や道路の法面緑化に多く使われてきたが、昨今、公共事業が減少したことやゴルフ場が汚泥肥料ではなく化学肥料を使うようになったことなど、なかなか

か下水汚泥肥料の消費が進まない状況になっている中で、汚泥肥料の販路の開拓能力に差が出てきており、これが課題となっている。また、現在、広島市では、汚泥処理をコンポスト化、セメント化、焼却の3本柱で行っているが、今後は焼却を廃止し、汚泥の燃料化を進めることにしている。

ハーバー・ボッシュ法



茅野理事

(茅野充男議長) 現在、ハーバー・ボッシュ法(窒素ガスと水素からアンモニアを製造する技術)により、固定される窒素の量が年間約1億3,000万トンと言われている。自然界の窒素固定量が約1億トン、脱窒量が約1億トンで、ハーバー・ボッシュ法により製造されたアンモニア分だけ、地球表面は

固定した窒素を貯めていることになる。これによって生ずる環境汚染、環境破壊はまだ予測がつかない状況であって、これ以上増えていくのは大きな問題であるとの指摘もあり、ハーバー・ボッシュ法で一度固定した窒素を循環利用していくことが重要であると考えている。そういう意味で、下水汚泥の窒素の利用というのは重要であると考えている。次はリンの回収に移りたい。

福岡市の状況



篠田部長

(篠田好司：福岡市) 平成21年度の福岡市全体の脱水ケーキの発生量は246.1トン/日で、ほとんどが高分子系の脱水ケーキである。コンポストをやっている関係上、一部石灰系の脱水機を使用している。

脱水ケーキの状態での処分が40.2トンで全体の16.4%、焼却処分が83%の205トンである。脱水ケーキ

の40.2トンについては、6.3トンがコンポストで、残りは、脱水ケーキの状態でセメント工場に持ち込んでいる。焼却灰の多くは、土質安定剤の原料として売却しており、全体のケーキ量に対し66.7%である。一部の焼却灰はセメント原料としており、全体のケーキ量に対し16.9%、灰の量で2.6トンである。したがって、汚泥の有効利用率は、100%である。

リンの除去については、平成5年から平成11年にかけて順次施設を整備し、水処理では基本的に嫌気好気法、汚泥処理については嫌気性消化汚泥の脱水ろ液からリンを回収するMAP施設を造り、平成8年から運転している。

MAPとしてリンを回収するには膨大な費用が必要で、使用する塩化マグネシウムの代替として海水を使うなどの工夫が必要と考えている。

一方、バイオマス発電として、「メタックス'09」が平成21年3月から運転を始め、1年以上経過したが、非常に効率的な運転ができており、国庫補助金を考慮すると、15年間程度でイニシャルコストが回収できる見込みである。

大阪市の状況



西尾部長

(西尾誠：大阪市) 大阪市でもMAP生成・回収を実施しているが、脱水分離液からではなく、嫌気性消化汚泥から直接MAPを回収する点が、他の取り組みとは大きく異なる。MAP回収は、副次的効果であり、主目的は嫌気性消化汚泥送泥管の閉塞防止策である。鉄系凝集剤添加による閉塞防止策は、下水

汚泥溶融炉耐火レンガの耐久性に悪影響を及ぼすことから、MAP生成・回収による対策を選択した。回収したMAPは、肥料メーカーや農協等に販売したいが、試験プラント段階であり、現状では、MAP中のリン濃度が安定していないとの指摘を受けており、改善していきたい。今後は、溶融炉耐火レンガの耐久性向上、送泥管の閉塞防止、回収MAPの売却益等をトータルして、費用対効果を検討する必要があると考えている。

<建設資材利用について>

(事務局) 建設資材については、公共事業の減少もあり、セメント原料化という有効利用手法が、将来的にも安定したものか懸念がある。セメント原料としての有効利用を実施している自治体の見通しをお聞かせ願いたい。

埼玉県状況



内野副課長

(内野陽三：埼玉県) 埼玉県流域下水道事業の下水汚泥有効利用の96%がセメント原料化である。県下市町の他の有効利用については、東松山市と所沢市でコンポストを製造しているが、東松山市では設備の老朽化に伴い今後の対応を検討している。

本格的に焼却灰のセメント原料化を平成6年から始めた。それまでは埋め立てと並行していたが、平成9年から埋め立てを廃止した。有効

利用の内訳は、県流域下水道事業で平成21年度に発生した下水汚泥焼却灰17,000トンのうち、96%がセメント原料化、4%がメサライトという軽量骨材の原料化である。

セメント原料化では、搬出するセメント工場の分散化を図り、県内は2会社3工場、その他栃木県と茨城県の工場に焼却灰を搬出し、有効利用している。今後の方向性については、県下の工場がセメント生産を中止したこともあり、セメント化だけに頼るのではなく、多様化を図るべく固形燃料化を一つの柱と考えており、現在導入準備中である。

北九州市の状況



大山部長

(大山孝利：北九州市) セメントの原料化は平成13年から始め、近隣のセメント工場と長期契約が今年度で終わりになったが、さらに10年間延長することになった。脱水ケーキのセメント原料としての需要は減少していない。

(茅野充男議長) まだまだ差し迫った状況ではないということか。

(大山孝利：北九州市) セメント原料化の将来需要への不安はないが、九州地域には、石炭火力発電所が多く立地しており、固形燃料化(炭化)も検討している。
(茅野充男議長) ご出席いただいた自治体さんからいろいろ実情等、お話を伺いたい。焼却灰を使った改良土の製造について、情報提供をお願いしたい。

名古屋市の状況



石川部長

(石川憲一：名古屋市) 名古屋市では、有効利用率100%に近く、半分がセメント、あとの半分が改良土である。最初は昭和50年代から60年代にかけて、事業者と基礎研究を始め、焼却灰を陶管原料に使用した。次に、透水性ブロックなどを民間事業者と共同研究しながら開発したことで建設資材化に取り

組んで来ており、平成8年から焼却灰と建設残土を混合した改良土を製造している。現在は、比較的順調に推移しているが、石灰系の焼却灰もいずれ流動焼却炉に変えていく中で、高分子系に移行するので、今後の改良土の取り扱いについていろいろ検討している状況である。また、半分以上をセメント原料化依存していることについて、将来的な不安があり、燃料化も含めて検討している。

(茅野充男議長) アスファルトフィラーへの利用につ

いて情報提供をお願いします。

神戸市の状況



山地課長

(山地健二：神戸市) 神戸市の汚泥は、東部スラッジセンター(流動床炉)で焼却しており、年間5,000トンほどの焼却灰が発生している。現在、焼却灰の有効利用率が25%で、主にアスファルトフィラーやインターロッキングブロック等の建設資材に利用している。また、関西は大阪湾フェニックス計画という広域埋立事業があり、残りの75%はフェニックスで埋立処分している。5年前は有効利用率が55%ほどあったが、神戸市直営のアスファルトプラントを廃止したことや景気の低迷により、アスファルトフィラーへの有効利用量も大きく減少している。

有効利用の拡大を図るため昨年度、焼却灰の有効利用に関して共同研究者を公募し、民間企業7社と共同研究を実施した。ブロック、プレキャストコンクリート製品、空隙充填材および肥料としての製品開発、造粒化などの焼却灰のハンドリング性向上についての技術開発などが研究された。また、震災前には民間の改良土プラントでの利用を検討していたことから、再度、改良土への利用について検討している。さらに、神戸市では汚泥を消化しておりバイオガスの有効利用も積極的に行っている。今後は、食品廃棄物等の受け入れも視野に入れている。

横浜市の状況



小浜部長

(小浜一好：横浜市) 横浜市では、発生汚泥を全量消化、全量焼却しており、焼却灰が年間18,000トンぐらい発生し、そのうちの55%がセメント原料化、43%が改良土の原料となる。横浜市の焼却灰を埼玉県のセメント工場で受け入れてもらっているが、全量乾灰の受け入れから、一部湿灰に変更になり、

処分経費もかなり上がった。来年度以降のセメント原料化について、課題があると認識している。

平成16年度からPFI事業で民間事業者に、改良土製造から販売まで含めて任せており、販売拡大に努力いただいている。本年度から、川崎市の改良土プラント廃止により、川崎市の建設発生土を横浜市の改良土プラントで受け入れることになった。PFIは平成16年度から10年の契約期間であるが、順調に推移しており、さらに拡大を図りたいと考えている。

汚泥の燃料化については、民間との共同研究により、実用化の目処が立っており、具体的な検討段階にある。また、消化ガス有効利用を2ヵ所の汚泥資源化センターで実施しており、北部資源化センターでは昨年度から、PFI事業で消化ガス発電の事業を始め、900kwhの消化ガス発電設備が5台稼働している。今後は神戸市で検討されているガス管直接注入も視野に入れて検討していきたい。

(茅野充男議長) 野池先生にバイオガス有効利用について、ご説明をお願いします。

(野池達也理事) 下水道新技術推進機構主催の下水道新技術セミナーがあり、その主要なテーマは、低炭素社会と下水道であった。やはり「循環のみち」と「資源のみち」を抱き合わせてやっていくのがこれからの下水道のあり方ということで、国土交通省下水道部などが嫌気性消化の重要性をアピールしていくというセミナーであり、基調講演をさせていただいた。

地球温暖化対策防止法案が残念ながら会期切れで廃案になってしまったが、そこにも、2020年までに25%削減、2050年までには80%削減という目標をもって、政府が再度法案提出するということですが、とにかく低炭素社会のために貢献するという役割を下水道の機

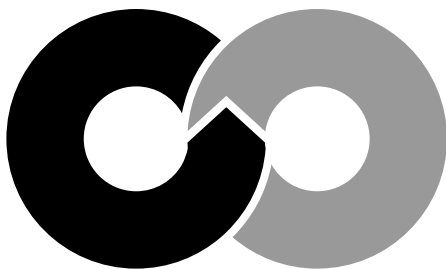
能にもたせていこうというのがこれからの方針案であり、そのために下水道に投入されたエネルギーやバイオマスとしての下水汚泥からエネルギーを回収した上で、さらに汚泥の処理、処分、あるいはリン回収などの講演であった。残念ながら、処理場におけるバイオガスが26%ぐらい余剰ガスとして焼却されており、なるべく精製して都市ガスに使っていこうということも神戸市、金沢市、長岡市などで実際に実施されている。より多くのバイオガスを得るために最近では、下水汚泥とその他のバイオマスをメタン発酵に入れて、たくさんのバイオガスを得る取り組みが進んでいる。私が生活環境審議会に参画している自治体では、処理場の敷地内にメタン発酵槽を建設し、周辺の住宅からのバイオマスを集めてバイオガスを得る方向で検討している。

(事務局) 茅野副会長、どうもありがとうございました。これで第33回下水汚泥資源利用協議会定例理事会において予定していました審議と意見交換を全て終了しました。

——了——

「シンボルマーク」

～広くご利用ください～



本協議会では、下水汚泥の資源利用をより一層促進するため左図のマークを「シンボルマーク」としています。会員各位でも広くご利用ください。

この「シンボルマーク」は、下水汚泥の資源利用における物質環境のサイクルをデザイン化したもので、左側の輪(青色)は水から下水・汚泥の流れを示し、右側の輪(緑色)は汚泥が緑農地等へ還元されることを意図しています。色彩は本誌・表紙および裏表紙をご参照ください。

下水汚泥資源利用協議会

資 料

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 ～汚泥肥料製品に関する情報発信と市場拡大を目指して～

下水汚泥資源利用協議会事務局

1. はじめに

昨今、循環型社会の構築が求められる中で、下水道の普及拡大に伴って生み出される下水汚泥は、大変重要な資源として位置づけられ、建設資材利用を中心に下水汚泥リサイクル率は着実に上昇していますが、緑農地利用はわずかな伸びにとどまっています。

そこで本会では、次の2点を目的として本アンケートを実施いたしました。

- ①下水汚泥を用いた汚泥肥料の含有成分を含めた製品情報をデータベース化して、関係方面へ情報発信することにより、利用目的に応じた適切な汚泥肥料製品の選択を支援させていただく。
- ②下水汚泥の緑農地利用における問題点を抽出し、利用促進のための課題解決の手がかりを探る。

このアンケート調査の結果につきましては、①の製品情報に関しては、「下水汚泥リサイクル資材一覧」として発刊し、国土交通省・地方整備局や農業関係団体へ配布するとともに、当協会や下水汚泥リサイクル情報センターのホームページにも掲載いたします。

2. 調査概要

2.1 調査項目

調査項目は、次の通りです。

- | | |
|---------------------|--------------------------|
| 1. 製品の製造に関する質問 | [質問 1 - 1] ～ [質問 1 - 10] |
| 2. 原料及び製品の性状等に関する質問 | [質問 2 - 1] ～ [質問 2 - 7] |
| 3. 製品の有効利用に関する質問 | [質問 3 - 1] ～ [質問 3 - 9] |
| 4. その他 | 自由意見欄 |

2.2 調査対象および回収率

本調査は、肥料登録された下水汚泥を原料とした汚泥肥料を製造している自治体および民間企業を対象に実施しました。

アンケートの送付数、回答数および回収率は次の通りです。

発送数：326件

回答数：167件（うち有効回答数150件）

回収率：51.2%（有効回答回収率46%）

3. 調査結果

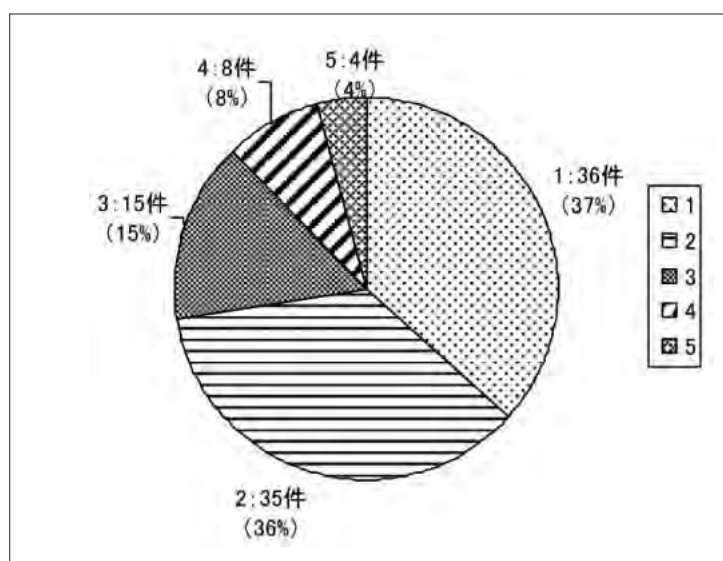
3.1 製品の製造に関する質問

〔質問 1－1〕

下水汚泥を用いた有効利用製品の製造主体について（地方公共団体の方は回答下さい）

1. 下水道管理者（地方公共団体）が直営により製造している
2. 下水道管理者が他団体に製造委託し、下水道管理者の管理下で製造している
3. 下水道管理者が他団体に処分委託し、他団体の管理下で製造している
4. 下水道管理者が他部署に引渡し、引渡し先が直営により製造している
5. その他

〔回答 1－1〕 地方公共団体数：99件、有効回答数：98件



〔5. その他〕の主な回答

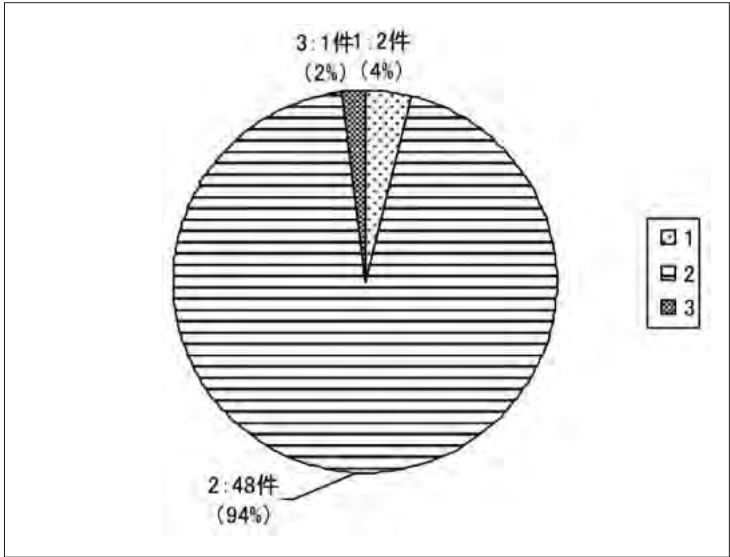
- ・下水道管理者が組織する一部事務組合で製造
- ・脱水汚泥をそのまま圃場へ搬入
- ・利用者への無償提供〔2件〕
- ・指定管理者が製造〔2件〕

[質問 1 - 2]

下水汚泥を用いた有効利用製品の製造主体について（民間事業者の方は回答下さい）

1. 下水道管理者（地方公共団体）から製造委託を受け、下水道管理者の管理下で製造している
2. 下水道管理者から処分委託を受け、自社の管理下で製造している
3. その他

[回答 1 - 2] 民間事業者数：51件、有効回答数：51件



[質問 1 - 5]

原料汚泥の調達先である下水処理場名について、回答してください。

民間事業者の方で、複数の下水処理場から原料汚泥を受入れている場合は、各々の下水処理場名を回答してください。

[回答 1 - 5] 汚泥種類 有効回答数：213件（複数回答含む）

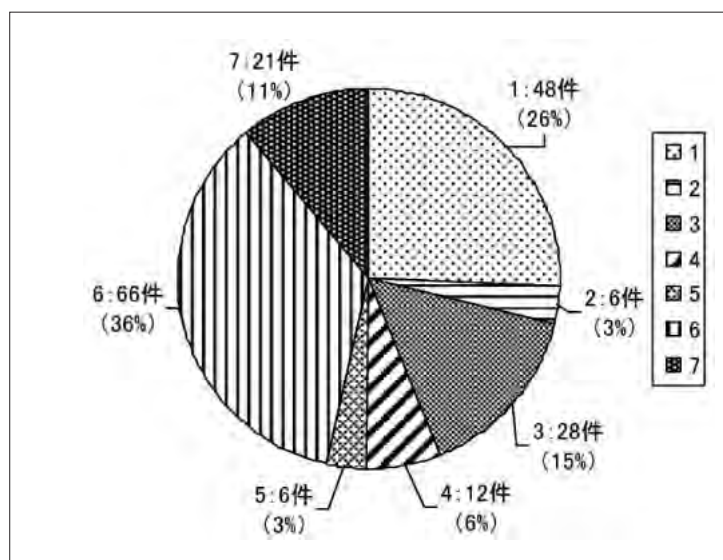
汚泥種類	件数	汚泥種類	件数
脱水汚泥	59	活性汚泥	2
生汚泥	53	乾燥汚泥	2
消化汚泥	38	混合生	2
下水汚泥	11	下水汚泥肥料	1
下水道汚泥	6	下水脱水汚泥	1
脱水ケーキ	6	混合生汚泥	1
濃縮汚泥	6	消火汚泥	1
し尿汚泥	5	脱脂汚泥	1
生（濃縮）汚泥	4	脱水ケーキ（生・余剰汚泥）	1
余剰汚泥	4	脱水汚泥（生）	1
汚泥	3	有機汚泥	1
濃縮脱水	3	余剰・生混合汚泥	1

[質問 1 - 7]

製品の生産に際して、需給バランスに応じた生産調整の方法について主な方法（二つ以内）を回答して下さい。

1. 生産ラインでの貯留（滞留）等により調整している
2. 受入れた原料（脱水汚泥）を産廃処理している
3. 原料（脱水汚泥）の受入量を調整している
4. 受入れた原料（脱水汚泥）を他の施設で処理している（汚泥肥料の製造、焼却、セメント原料化など）
5. 余剰の製品を産廃処分している
6. 余剰の製品を倉庫にて保存している
7. その他

[回答 1 - 7] 有効回答数：186件（その他の1件が1,4の重複回答のため、総数は187件）

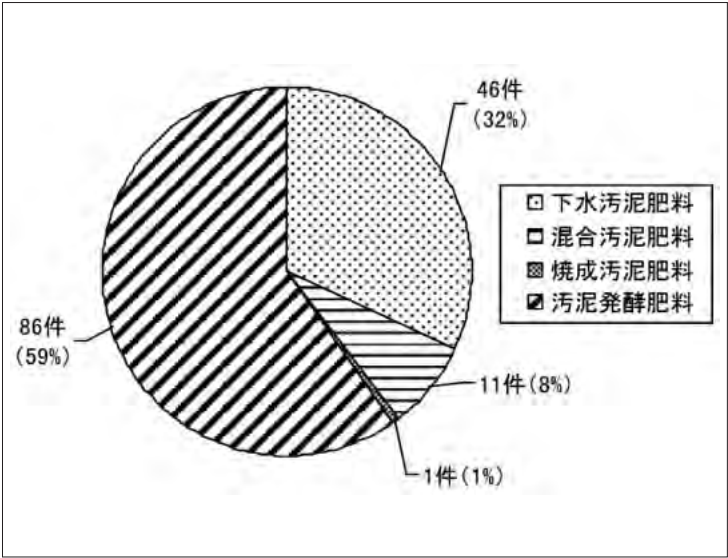


[7. その他] の主な回答

- ・需給バランスがとれている [2 件]
- ・発生量に応じて生産している。 [2 件]
- ・生産量に対し需要が多い [3 件]
- ・使用希望者の申し込みに応じて汚泥肥料として引き渡す。 [4 件]

[質問 1 - 8]
本ファイルで回答いただいている製品の汚泥肥料の種類を選択してください。

[回答 1 - 8] 有効回答数：144件



3.2 原料及び製品の性状等に関する質問

[質問 2 - 1]
有効利用製品における製造時の投入原料の配合割合について
本ファイルで回答いただいている汚泥肥料製品の各種原料の含有率等を、解答欄に合わせて記入してください。
グリーン購入法における特定調達品目の判断基準に関する提案に活用しますので、正確に記入ください。また、原料の配合割合は製造時の現物量での割合を示します。
●（2 - 1 - 1）割合の単位
1. 重量
2. 容積

[回答 2 - 1] 有効回答数：125件

	件数
1	93
2	32

[質問 2 - 7]
製品の標準施用量を記入下さい。（10a当たりの施用kg又は土壌 1 m³あたりの割合（%, kg）で記入ください）
また、上記の標準施用量の考え方（設定の根拠、用途や成分などを含め）を記入してください。

[回答 2 - 7] 標準施用量についての回答数：47件、考え方についての回答数：39件

回答数	標準施用量	考え方
自治体	30	25
民間	17	14
全体	47	39

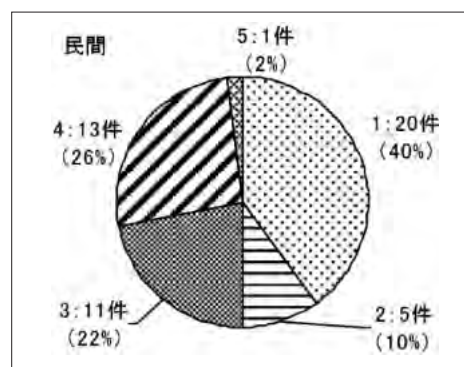
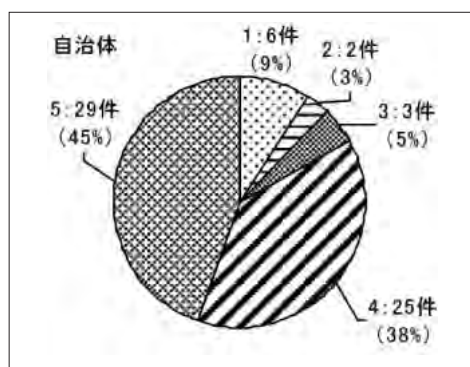
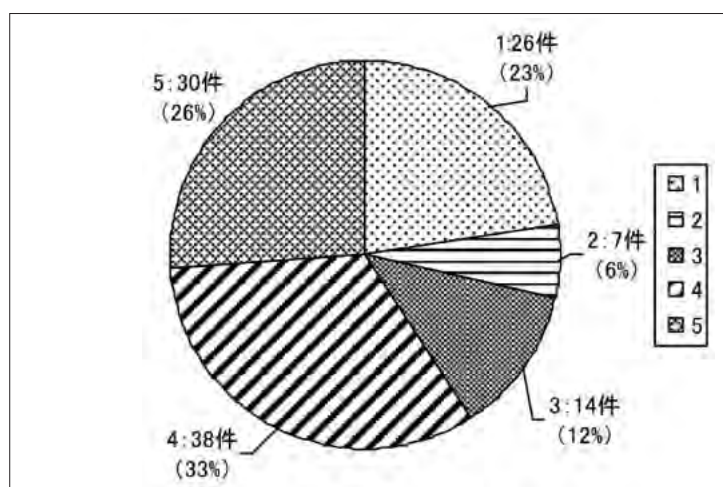
3.3 製品の有効利用に関する質問

[質問 3 - 2]

製品売却単価の設定方法について選択してください。

1. 市場流通単価程度に設定
2. 輸送費込みで処分費相当程度に設定
3. 事務費等一定利益を含め設定
4. 利益は見込まずほぼ無償に近い設定
5. その他（具体的にご記入ください）

[回答 3 - 2] 有効回答数：115件



[5. その他] の主な回答

- ・無償 [27件]
- ・入札により決定
- ・堆肥生産組合での自己消費のみ（一般に販売していない）

[質問 3 - 5]

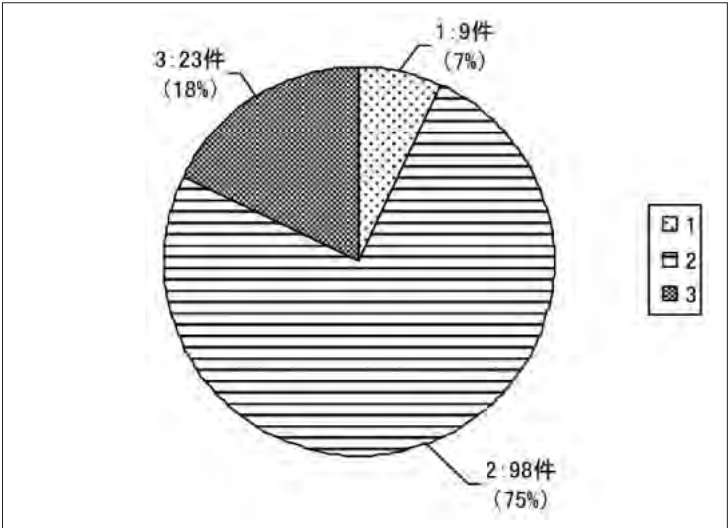
グリーン購入法に基づく国等による下水汚泥有効利用製品としての優先的な使用の有無について

1. 使用されている

2. 使用されていない

3. 分からない

[回答 3 - 5] 有効回答数：130件



	件数	自治体	組合	民間
1	9	3		6
2	98	56	7	35
3	23	12	3	8

[質問 3 - 6]

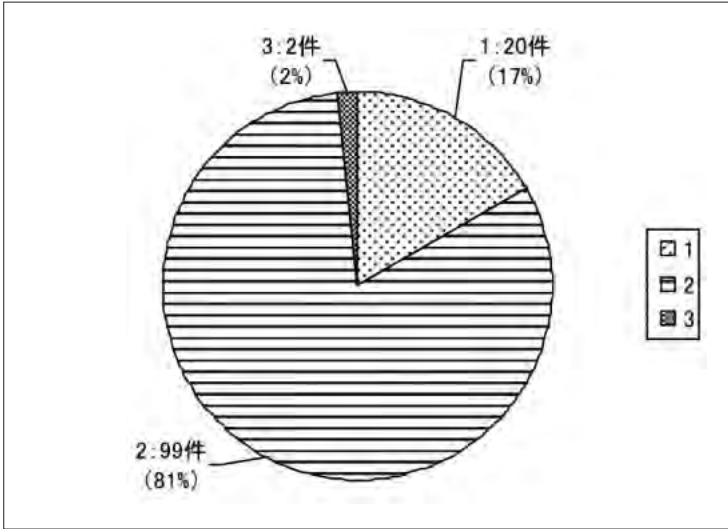
製品の利用拡大における都道府県リサイクル製品認定登録制度の活用について選択してください。

1. 汚泥肥料製品が認定されている

2. 認定されていない

3. 認定されていないが、認定予定である

[回答 3 - 6] 有効回答数：121件



	件数	自治体	組合	民間
1	20	3	1	16
2	99	66	5	28
3	2			2

[質問 3 - 7]

製造されている汚泥肥料製品に関する、ユーザーの評価について選択してください。

1. 良好

2. 概ね良好

3. 普通

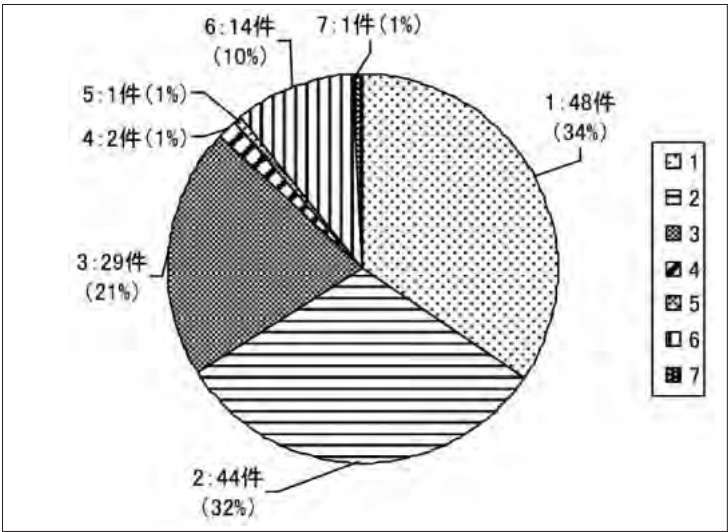
4. あまり良くない

5. 悪い

6. 不明

7. その他（具体的にご記入ください）

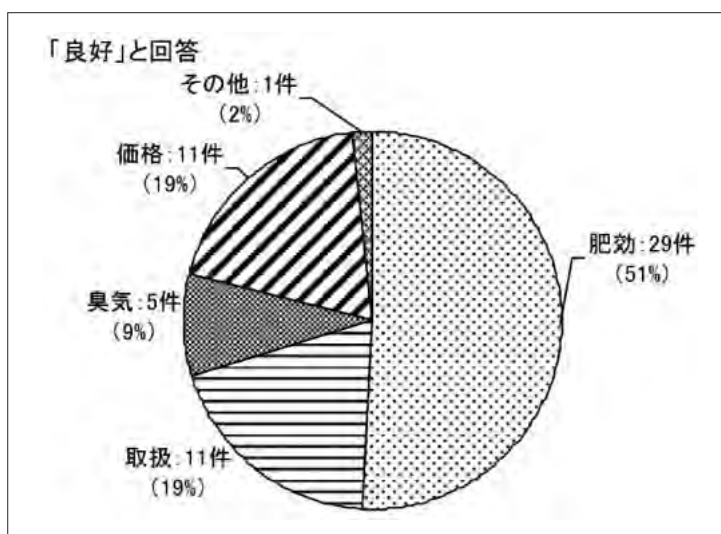
[回答 3 - 7] 有効回答数：139件



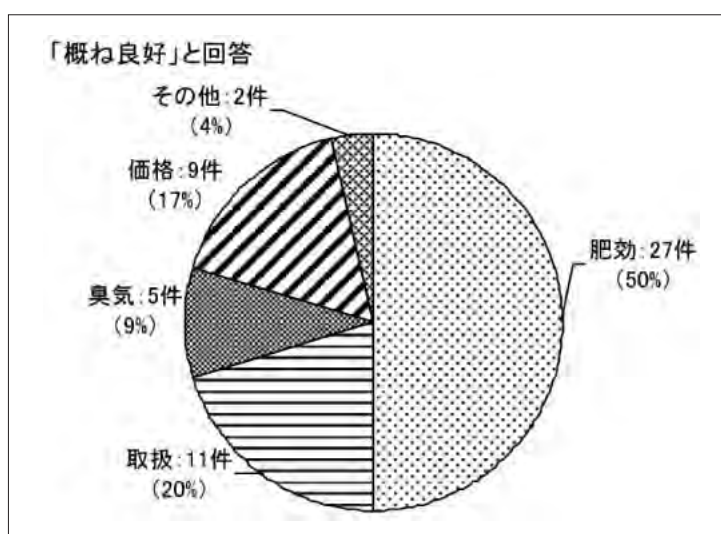
	件数	自治体	組合	民間
1	48	23	6	19
2	44	24	4	16
3	29	17	1	11
4	2	1		1
5	1	1		
6	14	13		1
7	1	1		

● [質問 3 - 7] で、「回答番号 1, 2, 4, 5」を選択された場合、良い点、悪い点を記入してください。

[1. 良好] 回答総数：57件



[2. 概ね良好] 回答総数：54件



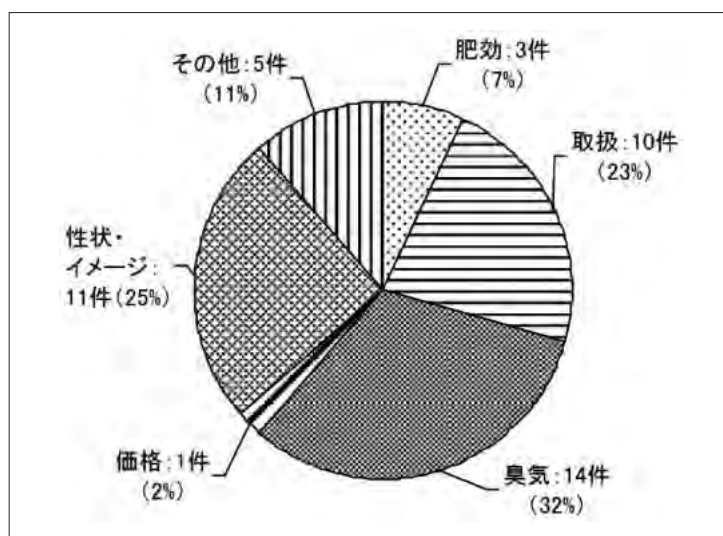
「1. 良好」、「2. 概ね良好」の肥料種類別内訳

	「1. 良好」	「2. 概ね良好」
汚泥発酵肥料	32	26
下水汚泥肥料	14	13
その他	2	5

[1. 良好]、[2. 概ね良好] の主な回答

- ・施肥しやすい。扱いやすい。(硬さ、形状など)
- ・安価である。(無償も)
- ・臭気が無い(完熟品)
- ・施用効果が期待できる。植物の生育が良い。収穫量の増加。
- ・肥料効果の持続
- ・土壌改良効果

[4. あまり良くない] [5. 悪い] 回答総数：44件



悪い点の記入内訳

	悪い点
汚泥発酵肥料	29
下水汚泥肥料	11
その他	3

[4. あまり良くない] [5. 悪い] の主な回答

- ・含水率が高く扱いにくい。
- ・製造コスト面でのメリットが無い。

[4. あまり良くない] [5. 悪い] 以外で悪い点の主な回答

- ・下水汚泥のイメージが悪い。(有害物質による土壌汚染のイメージ)
- ・粉体は散布しづらい(飛散しやすい)。
- ・水分が低すぎるため、扱いづらい。
- ・価格が高い
- ・生産能力が小さく、需要に対応できない。
- ・臭気がある。
- ・JAS法の有機栽培の肥料指定から除外されており、有機栽培農家には普及できない。

[質問 3 - 8]

汚泥肥料製品のユーザーへの周知方法について選択してください。

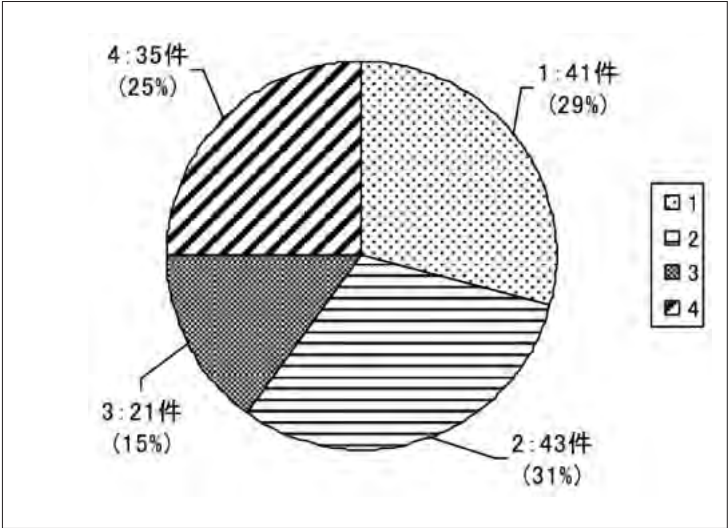
1. チラシ、パンフレット、ポスターなど

2. 製品提供（サンプル配布など）

3. ホームページでの紹介

4. その他（具体的にご記入ください）

[回答 3 - 8] 有効回答数：124件（重複回答を含むと140件）



周知方法の製造元別内訳

	件数	自治体	組合	民間
1	24	14		10
2	37	15	1	21
3	15	3	2	10
4	48	33	7	8

- [4. その他] の主な回答
- ・ イベント等への出展 [5 件]

・ 利用者の口コミ [10件]

・ 利用者が限定されている [11件]

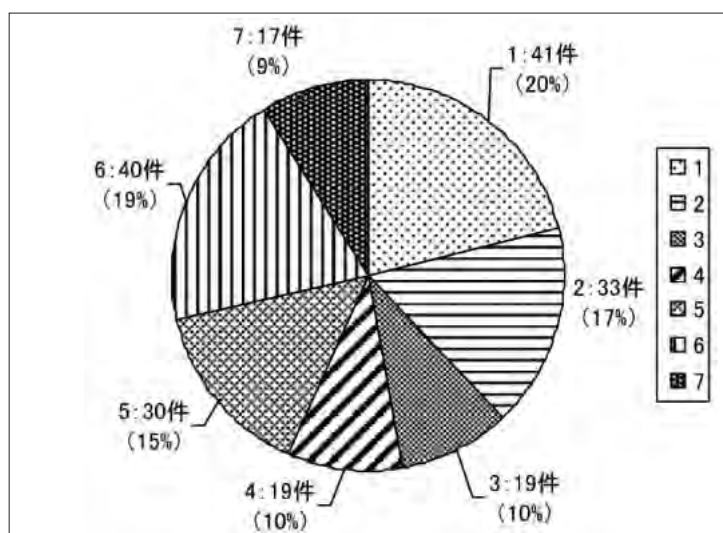
・ PRしていない [9 件]

〔質問 3 - 9〕

製品化に取り組む上で不足していると思われる事項について選択してください。（複数回答可）

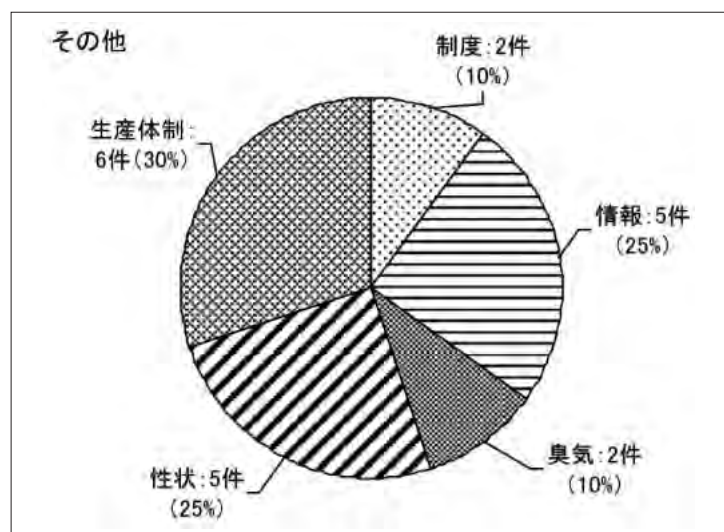
1. 特にない
2. 実施事例など、参考となる情報（成功例、失敗例など）が不足している
3. 新たな製造技術の開発が進んでいない
4. 試行的に製品化を行う仕組みがない
5. 技術的なアドバイスを受けられる窓口がない
6. 市場性の把握が困難である
7. その他（具体的にご記入ください）

〔回答 3 - 9〕 有効回答数：203件（重複回答を含む）



	件数	自治体	組合	民間
1	43	26	3	14
2	34	19	3	12
3	19	8	1	10
4	19	13	1	5
5	30	15		15
6	40	23	2	15
7	18	4	3	11

〔 7. その他 〕 の主な回答



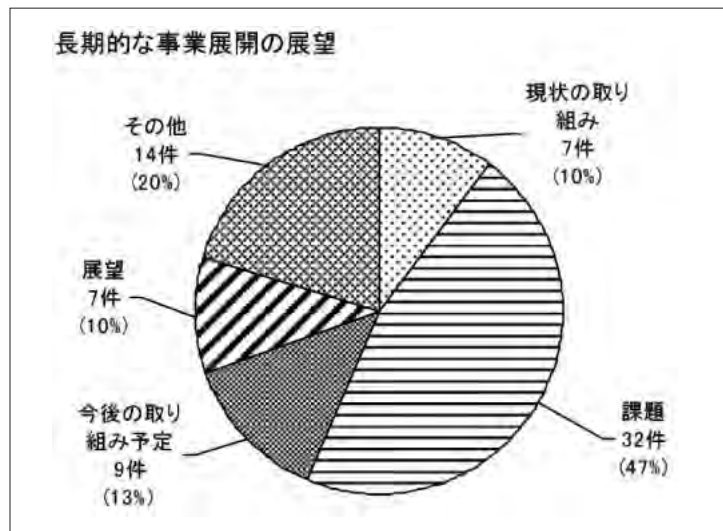
- ・ 制度上の問題
農政部局の理解が得られず推奨製品にはなり得ない。(汚泥発酵肥料に対する理解に温度差がある)
- ・ 情報提供の問題
品質や価格のばらつきが大きく、利用者が購買判断しにくい。
汚泥肥料に対する負のイメージがある。
- ・ 臭気の問題。
- ・ 性状の問題
含水率が高い。
- ・ 生産体制の問題
生産コスト、施設整備の問題。

3.4 その他

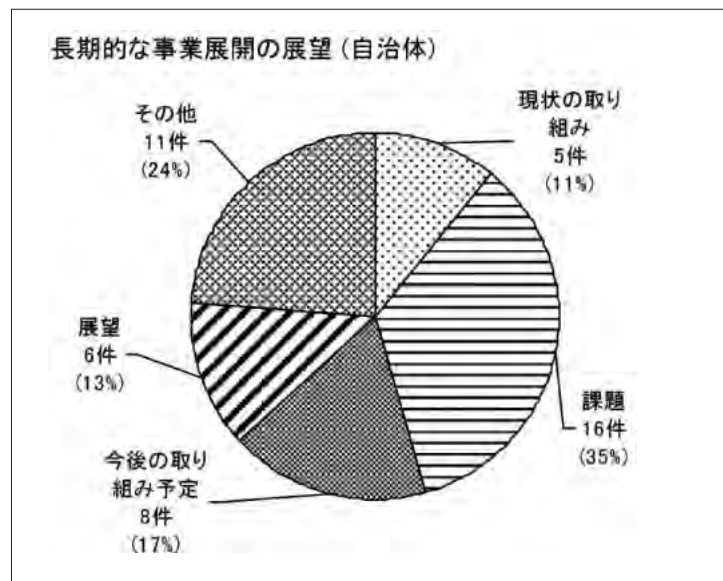
下水汚泥を用いた肥料製造に関して、今後の長期的な事業展開の展望についてご記入ください。
(現状の取り組み、課題、今後の取り組み予定、展望、その他)

回答有 [64件] 自治体：41件 民間：23件

複数回答を含む回答数は、69件



1) 自治体の主な回答



(1) 現状の取り組み

- ・ 定期的なモニタリングによる安全性確保。
- ・ 利用者の理解と協力が不可欠なため、品質の向上に努める。

(2) 課題

- ・ 需給バランスがとれていない。
- ・ コスト面から、ユーザーのニーズに応えられない。
- ・ 副資材価格の高騰。
- ・ 農耕地、農業従事者の減少。
- ・ 地域住民の理解。肥効成分のPR。

(3) 今後の取り組み予定

- ・肥料製造業者へ原料として供給する。民間委託。
- ・畜産業との競合により、汚泥の減量化を図る。
- ・利用拡大のためのPRの実施。
- ・施設の整備（消化、乾燥）
- ・生産の中止

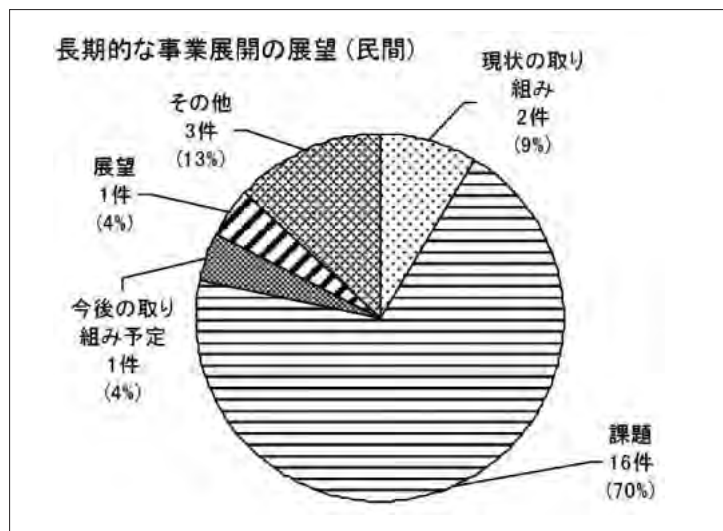
(4) 展望

- ・住民の関心を喚起し事業を推進する。
- ・販売先を確保し、汚泥受入量を増加する。

(5) その他

- ・ユーザーの負のイメージの払拭。
- ・ニーズの掘り起こし。
- ・有効利用方法については検討中（既存施設の更新の可否も含む）

2) 民間事業者の主な回答



(6) 現状の取り組み

- ・建設発生木材を炭化したチップ炭を、発酵堆肥化の水分調整、臭気緩和に利用
- ・完熟堆肥化に取り組む。

(7) 課題

- ・施設整備、運転等コストの問題
- ・JAS規格の肥料として認められない。
- ・汚泥のイメージ払拭とコンポストへの理解。
- ・ユーザーニーズに沿った製品の製造（ペレット化等）
- ・原料汚泥の確保（入札制度）
- ・重金属等含有物の問題。

(8) 今後の取り組み予定、展望

- ・ユーザーニーズの把握とそれに沿った製品の製造、情報提供。
- ・肥効成分の向上、ニーズに対する品質管理の向上

(9) その他

- ・販売先が安定していない。官公庁での優先的な使用ができないか。
- ・一般競争入札のため、年度末にならないと次年度の予定が立てられない。

下水汚泥肥料の利用拡大に関し、その他ご意見・ご要望等がございましたら、下欄にご記入下さい。

回答有 [29件] 自治体：10件 民間：19件

3) 自治体の主な回答

(10) 意見・要望

- ・重金属を含む可能性があることから下水道部局と農政部局の連携が必要なのではないか。
- ・消費者の安心のためにも炭化製品に関する基準が必要ではないか。
- ・下水道汚泥＝汚いというようなイメージが強いというのが実感である。
- ・各省庁がそれぞれ規制している現状において利用の拡大は望めないと思う。
- ・肥料取締法では、下水汚泥肥料と他の肥料を使用して複合肥料等は製造できないこととなっていることなどから、利用拡大の妨げとなっていると考える。規制緩和を働きかけていただきたい。
- ・各省庁の枠にとらわれない新たな事業があると各自治体においても、継続運用しやすいのではないかと思う。

4) 民間事業者の主な回答

(11) 意見

- ・利用拡大の困難な要因として、上記に「下水汚泥肥料」と書いてあるように「汚泥」という呼称を変えることが重要と考えます。これは産業廃棄物の種類の「汚泥」の呼称から、変更すべきと思います。
- ・下水汚泥の利用製品についても、品質と利用実績に応じた国の優良製品の認定制度などがあれば、更に安心・安全な製品として利用促進につながると考えます。
- ・発酵に関する最新技術動向情報の入手
- ・設備投資などにかかる国・道の支援体制がないか。
- ・重金属の測定結果をユーザーに提示し、基準以下で全く問題が無くても有機JAS栽培に取り組んでいる所では使用してもらえない。有機JAS法を推進している行政内の農業関係者は何を基準にしているのか
- ・原料の確保を含め、循環型社会形成の為、国・自治体の積極的な関与が必要。
- ・原料となる下水汚泥の今のイメージを払拭し、安全で有効な資源との認識を広めることができればその再生品である肥料も利用拡大につながる。
- ・食品リサイクルの肥料認証制度の活用を要望したが、下水汚泥を利用した肥料は「安全性の観点から対象外」とされたことなど、重金属に関係のある肥料は敬遠されるケースが多い。安全性の問題を払拭できる制度等が確立できないか。
- ・一部でも下水汚泥が含まれると汚泥発酵肥料の分類となるのはイメージ的にマイナスである。下水汚泥への認識が改善することを期待する。
- ・公共工事等でも設計に組込むなど、国の指導で消費を増やせないか。

(12) 要望

- ・農業分野の各研究機関とも連携して、下水汚泥のコンポスト利用に関する安全性の根拠を掲げて国に対して提言して頂きたい。
- ・汚泥肥料を施用した農作物は、有機栽培表示ができないとされており、利用拡大への大きな阻害要因、汚泥原料への不信感、不安感をさらに掻き立てる要因となっている。何とか改善できないか。
- ・名称の変更など、汚泥という汚いイメージを払拭する何か良い案がないか。
- ・有害物質などもきちんと管理され、とても肥効成分が高い安全な普通肥料だということを広めて頂きたい。
- ・昔の人糞肥料とは違い下水汚泥には様々なものが含まれているので、利用者の不安を解消するため、どのようにしてきちんと処理されているのか、また農地に利用しても問題ないことについて、詳しく説明できる材料をいただきたい。
- ・当該リサイクル製品使用に関する強力な法的措置、特に公共機関(公園、農業関係等々)への義務付けと安全性のPR等。
- ・下水汚泥と化成肥料を混合して販売することは、肥料取締法にて禁じられている。化成肥料を混合することに

より、コンポストがもつ能力に付加価値のついた様々な商品を開発することができ、下水汚泥肥料の利用拡大に繋がっていくと考える。

- ・リサイクル認定にコンポストを追加してもらいたい。
- ・粗悪品を製造する業者の取り締まりに力を入れてほしい。

ニュース・スポット

関係団体の動き

全国初の都道府県認定リサイクル製品専門 インターネットショップを開設

大阪府環境農林水産部循環型社会推進室
室長 福原 裕

大阪府では、「なにわエコ良品（大阪府認定リサイクル製品）」が、より身近なものとなるよう、民間事業者と協力し、全国初の都道府県リサイクル認定製品専門のインターネットショップとして、「なにわエコ良品ショップ」（<http://www.naniwaeco.jp>）を平成22年4月1日に開設しました。

なにわエコ良品ショップは、環境に配慮した製品を購入したいという消費者やグリーン購入を推進する全国の企業・自治体の方々に、環境情報の発信となにわエコ良品を気軽に購入できる場を提供するものです。

官民協働の新たな取り組み

大阪府では、これまで、リサイクル製品の普及促進のための施策のひとつとして、ホームページや環境イベントなどを活用し、なにわエコ良品の普及啓発に取り組んできました。

しかし、リサイクル製品の普及促進のためには、大阪府など行政だけでなく、府民・事業者が互いに協力して取り組みを進めていく必要があります。なにわエコ良品ショップは、大阪府と事業者が協働してリサイクル製品の普及促進を図る新たな取り組みです。

大阪府は、コーディネート（監修）役として、大阪府リサイクル認定制度やリサイクルに関する情報発信、なにわエコ良品のPRを行い、民間企業が、環境にやさしい製品の販売や環境への取り組みを情報発信することで、互いに協力しながら消費者や事業者の方々に環境に配慮したライフスタイル・ビジネススタイルを提案します。

■なにわエコ良品とは

大阪府では、大阪府循環型社会形成推進条例に基づき、資源の循環的な使用促進などを目的として、「大阪府リサイクル製品認定制度」を運用しており、大阪府が定める認定基準等に適合するものとして、認定された製品を大阪府リサイクル認定製品といいます。

「なにわエコ良品」は、大阪府リサイクル認定製品の愛称です。

■認定マークが目印

なにわエコ良品は、右の認定マークを使用することができます。



なにわエコ良品ショップの役割

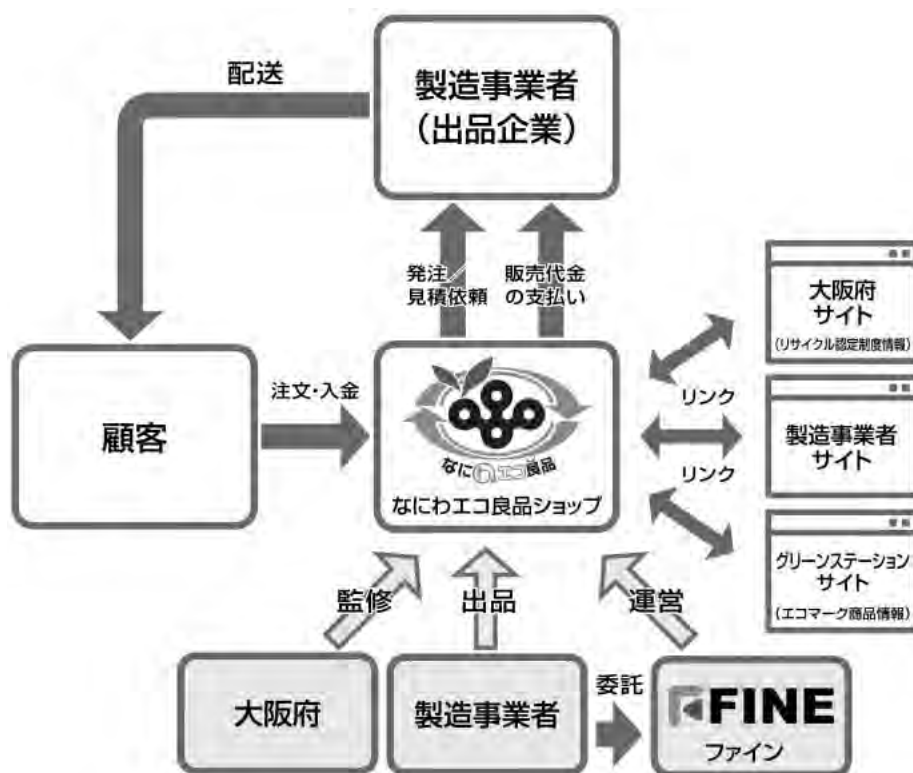
1 リサイクル製品をより身近なものに

身近なスーパーマーケットやホームセンターなどの小売店では、あまり販売されていない、なにわエコ良品を手軽に購入していただけます。

2 なにわエコ良品ショップの安心

なにわエコ良品ショップで販売されている製品は、循環資源の使用率などの認定基準等に適合し、大阪府がリサイクル製品として認定したなにわエコ良品のみです。環境に配慮した製品を購入したいという方々に

なにわエコ良品ショップ運営イメージ



安心して購入していただけます。(なにわエコ良品を一部使用した製品（使用部位を明記）も販売しています。)

3 様々な環境情報を発信

なにわエコ良品ショップは、リサイクル製品の販売だけでなく、大阪府のリサイクルに関する情報や、なにわエコ良品の環境配慮の情報や活用例、環境保全に取り組む企業の情報など、さまざまな環境配慮に役立

つ情報を発信していきます。

取扱商品は、土木資材から文具・日用品まで

下水道スラグや再生路盤材、インターロッキングブロックなどの土木資材、ファイルやトイレットペーパーなど様々な製品を販売しています。

ニュース・スポット

関係団体の動き

「下水道科学館フェスタ2010」について

札幌市建設局下水道河川部経営管理課
経営企画係長 清水 聡

イベント名称：「下水道科学館フェスタ2010」
日 時：平成22年9月11日（土）、12日（日）
9時30分～17時
場 所：札幌市下水道科学館
（札幌市北区麻生町8丁目）
主 催：札幌市建設局
財団法人札幌市下水道資源公社
主なイベント：処理施設見学会
水道と下水道に関する講座
下水道クイズラリー
下水道〇×クイズ
環境コーナー
クリンちゃんふわふわ
野外ステージイベント
縁日コーナー
屋台コーナー 等
来場者数：約12,000人

札幌市では、9月11日、12日に「下水道科学館フェスタ2010」を開催いたしました。

札幌市下水道科学館は、下水道の仕組みや多くの役割（污水处理、水環境保全、浸水対策、処理水を利用した雪対策など）等について、楽しみながら理解していただくための広報・環境教育施設として平成9年に開館し、毎年、9月10日の「下水道の日」にちなんで、下水道について学んでいただくきっかけづくりの一環として、「下水道科学館フェスタ」を実施しています。今年度のフェスタは天候に恵まれ、開始時刻には数百人程度の行列ができ、お子様連れのご家族を中心に大変多くの皆様に来場していただきました。

主なイベントとしては、処理施設見学会、水道と下水道に関する講座、下水道クイズラリー等、楽しみながら下水道について学んでいただける催しや、環境に対する意識啓発を目的とした環境コーナー、子ども達に大人気の縁日コーナー、会場を盛り上げる各種ステージイベント等を行いました。来場された多くの皆様に、下水道について学んでいただく良い機会になったと思っています。

札幌市下水道科学館は、今後も「下水道の広報に係る拠点施設」、また、「未来を担う子ども達への環境教育施設」として事業を進めていきたいと考えています。



会場風景



札幌市下水道キャラクター「クリンちゃん」



水道と下水道に関する講座



下水道〇×クイズ



札幌コンポストと刈草・落葉を混ぜて作った堆肥の配布



クリンちゃんふわふわ



ステージイベント



縁日コーナー



下水道科学館 フェスタ 2010

9.11(土)・12(日) 9:30~17:00

入場
無料



札幌市
下水道科学館
創成川水再生プラザ敷地内

会場 / 札幌市下水道科学館
札幌市北区麻生町8丁目
電話 / 011-717-0046

※当日は観覧が予定されますので、公共交通機関でご利用ください。
※スクリーンの変更やプログラム変更が人目を眩しめて頂く場合がありますので、予めご了承ください。
※雨天決行 / 観覧中止とするプログラムもございます。

動物ふれあいパーク

下水道科学館で可愛い動物と
触れ合えるよ!





クリンちゃん ふわふわ

巨大クリンちゃん出現!
皆で楽しんでね!

クリンちゃん ゲームトレールセンター

楽しいゲームでお友達と得点を競い合おう!

- ・クリンちゃん巨大迷路・ドキドキクリンちゃん
- ・クリンちゃんスマートボール・クリンちゃんウオーターガン

新琴似天舞龍神が やってくる!

迫力満点の YOSAKOI ソーランチームがやってくる!

(11日) 鈴一(北) / (12日) 新琴似天舞龍神

水の学校

「水道と下水道のお話し」

講師: 小林 三樹 先生

創成川水再生 プラザ見学会

水再生プラザの中をのぞいてみよう!

大道芸 パフォーマンス

楽しい大道芸人が大集合するよ!

こどもの縁日コーナー

・輪あめ・ポップコーン・ヨーヨー釣り

・スーパースクールすくい

材料がなくなり次第終了いたします。

無料

屋台 コーナー

焼きそば・フランクフルト
じゃがバター・焼きとうきび

有料

環境コーナー

- ・ダンボール箱による生ごみの堆肥化講座
- ・ハイオージェル燃料給油体験コーナー
- ・サタネ油を絞ってみよう! 搾油体験コーナー

実験教室

(12日のみ先着30名)

サイエンスショー

大道仮説実験

廃材を利用した木工教室

みんなで楽しく木工制作!

40名

下水道クイズラリーに 挑戦しよう!

朝市

刈草及び落葉の堆肥化
パネル展

あさふ太鼓

麻生地区の子供達による太鼓演奏

12名

アフリカンドラム まちかどコンサート

下水道〇×クイズ

主催: 札幌市建設局・財団法人 札幌市下水道資源公社

<http://www.sapporo-src.com/kagakukan/>

札幌市下水道科学館

事前配布の案内用チラシ

ニュース・スポット

関係団体の動き

「下水道の日」キャンペーンイベントについて

山形市上下水道部
総務課主査 伊藤 克之

1. イベント概要

- 名 称：「下水道の日」キャンペーンイベント
 日 時：平成22年9月4日（土）正午～午後5時
 場 所：イオン山形南ショッピングセンター
 主 催：山形県県土整備部下水道課
 山形市上下水道部
 財団法人山形県下水道公社
 最上川流域下水道事業連絡協議会
 内 容：・下水道事業、紹介ポスター・パネル展
 ・処理汚泥有効利用製品の展示
 ・「山形コンポスト」試供品と花の種の配付
 ・顕微鏡による微生物観察
 ・下水道クイズラリー（景品つき）
 ・塗り絵コーナー（スイスイ、ドラえもんなど）
 ・バルーンアートの実演・配付
 ・パンフレット、リーフレット、その他啓発用品の配付

2. 下水道普及状況等（平成22年3月末現在）

	普及率	利用率 (水洗化率)
山 形 県	71.4%	83.4%
山 形 市	96.7%	87.7%
東南村山地区3市2町 (最上川流域下水道山形処理区が含まれる、 山形市、天童市、上山市、山辺町、中山町)	93.4%	86.9%

3. イベント実施状況

山形市を含む東南村山地区3市2町（最上川流域下水道山形処理区が含まれる市町）における下水道普及率は、県全体のそれよりも高く比較的整備の進んでいる地域といえますが、利用率は80%台半ばにとどまり、3市2町合わせて4万5千人余りの方が、下水道が使えるのに利用していない、という状況にあります。

下水道に対する住民の理解と関心を深め、下水道の普及とその十分な活用及び適正利用の促進を図ることを目的に、「下水道の日」「下水汚泥資源利用旬間」に合わせたこの時期に街頭キャンペーンを実施しています。4者共同による開催は今年で5回目になります。

なお、山形市上下水道部においては、キャンペーンイベント以外にも「下水道の日」「下水汚泥資源利用旬間」の広報事業として、上下水道部庁舎に看板を、中心市街地に位置する市庁舎向かいの立体駐車場に懸垂幕をそれぞれ設置し周知を図るとともに、コミュニティラジオ局に委託し放送している上下水道広報番組及びスポットCMを用い、下水道事業の紹介と利用促進のPR、キャンペーンイベントの告知などを行っております。

キャンペーンイベントにはたくさんの方にお立ち寄りをいただき、山形市浄化センターの処理汚泥から作った肥料「山形コンポスト」試供品の無料配付については、用意した300袋が開始2時間でなくなってしまうという盛況ぶりでした。

イベントブース内に展示されている下水道事業紹介のポスター・パネルの中に必ず答えが見つかる「下水道クイズラリー」では、親子で相談しながら問題に向かっている姿が微笑ましく印象的でした。挑戦した約450人全員が、全問正解の賞品を獲得されていました。（クイズを解くときより賞品を選ぶときの方が真剣だったような・・・）

その他、顕微鏡で活性汚泥中の微生物を観察するコーナー、下水道協会マスコット「スイスイ」やドラ

えもんの塗り絵コーナー、バルーンアートの実演（山形市上下水道部職員自らが実演！）・配布コーナーなど、キッズ向けコーナーも軒並み盛況でしたが、今年は、山形県が取り組んでいる県産農林水産物PR事業のイメージキャラクター「ペロリン」が応援に駆けつけ、

これが、いちばん子供たちの人気を集めていました。

今回のイベントを通じて、下水道をもっと身近に感じていただくとともに下水道に対する知識・関心を深めていただき、利用率の向上、適正利用の定着につながれば、と願うところであります。



イベントブース全景



「山形コンポスト」試供品の配付



下水道クイズラリー



塗り絵コーナー



バルーンアート実演コーナー



「ペロリン」（山形県のおいしい農産物の生産に「山形コンポスト」も貢献していることから、応援に駆けつけてくれました）

ニュース・スポット

関係団体の動き

「平成22年度県中浄化センター 下水道まつり」について

(財) 福島県下水道公社
総務部総務課 紺野 良樹

イベント名称：「平成22年度県中浄化センター
下水道まつり」
日 時：平成22年 9 月 4 日（土）
午前10時～午後 3 時
場 所：県中浄化センター
（郡山市日和田町高倉字追越89）
主 催：財団法人福島県下水道公社
共 催：福島県、郡山市、白河市、
須賀川市、本宮市、鏡石町、
矢吹町、西郷村
後 援：日本下水道協会 福島県支部、
全国町村下水道推進協議会 福島県支
部、新“うつくしま、ふくしま。”県
民運動推進会議、阿武隈川上流県中流
域下水道促進協議会、福島民報社、福
島民友新聞社

主なイベント

●普及啓発関連イベント

下水道施設見学会、微生物探し、下水道クイズラ
リー、パネル展示、下水道ポスター作品展示、下
水道相談コーナー、コンポスト詰め放題、下水道
巨大人間すごろく大会、災害用トイレ展示、雨水
貯留槽展示など

●ステージイベント

下水道お笑いライブ、バルーンアート教室、よさ
こい演舞、太鼓演舞、ハワイアンフラダンス
ショー、ビンゴ大会など

●体験・参加型イベント

アクアマリンふくしま移動水族館、エコバッチ作り
体験、エア遊具2基、ちびっこ乗り物広場、チャ

レンジサッカー、水ヨーヨー釣り、輪投げなど

●その他

地元小中学生による鼓笛パレード、献血車設置、
模擬店コーナー（やきそば、かき氷、お菓子、
ジュース、地元特産物など）

来場者数：2,000人

1. はじめに

福島県内の流域下水道は、阿武隈川上流流域下水道
県北処理区及び県中処理区、阿武隈川あだたら流域下
水道二本松処理区、大滝根川流域下水道田村処理区の
4つの処理区があり、その処理場の維持管理等を行っ
ている当公社が、すべての処理区において、毎年 9 月
10日の下水道の日の関連イベントとして、地域住民と
の交流や接続率の向上など、下水道事業に関する普及
啓発を目的として「下水道まつり」を実施しております。

今回は、県内の流域下水道で供用開始が最も早い
（昭和63年）県中浄化センター（県中処理区）の下水
道まつりを紹介いたします。

2. 実施状況

県中浄化センターで開催した下水道まつりは、快晴
に恵まれ、開催宣言とともに、地元小学生による鼓笛
パレードでにぎやかに始まりました。お客さんは、開
始早々からとめどなく来場され、各種イベントで楽し
んでいただきました。

イベントの中には、下水道を楽しんで学んでいただ
くために、お笑いライブで下水道に関するクイズや施
設内を探検するクイズラリーを行ったり、顕微鏡で実
際に微生物を探してもらったりと工夫しています。

その他、普段見ることができない施設の見学会には、
多数の方に参加いただき、下水処理のしくみ、下水道
の大切さを学んでいただきました。現在の小学生は、
社会科において下水道を学んでいますが、小学生の子

をもつ親の時代には、下水道の授業がなかったため、この機会にと参加していただいた方もたくさんおりました。

また、毎年恒例となっているコンポスト（下水汚泥で作った肥料）の詰め放題は、他のイベントと引けを取らないほど人気があり、コンポストの製作工程の説明に耳を傾けながら、準備したビニール袋にコンポストを詰めて持ち帰っていただきました。4t準備したコンポストも午前中のうちになくなってしまいうほど大盛況でした。

今年は、近隣の団体のまつりと連携したこともあり、前年度を上回る2,000人の来場者で、お客さんには有意義な時間を過ごしていただけたと思います。

3. おわりに

平成21年度末（H22.3末）の福島県平均の下水道普及率は48.1%（全国38位）であり、全国平均の73.7%に比べると低い水準にあります。下水道だけでなく農業集落排水施設や合併処理浄化槽等も含めた指標である「污水处理人口普及率」についても、全国平均の85.7%に対して福島県平均73.1%（全国34位）となっております。

県においては、平成22年7月に「ふくしまの美しい水環境整備構想」を策定し、污水处理人口普及率の整備目標を西暦2030年代初頭で概ね100%と定めましたので、当公社としては、実現に向け、今後とも下水道の普及促進のため、普及啓発活動を積極的に実施していきたいと考えております。



会場全景



コンポスト詰め放題コーナー



地元小学生の鼓笛隊



エア遊具で楽しむ子供たち



スタンプラリーで管廊にてクイズに挑戦



アクアマリンふくしまの移動水族館外観



微生物を見つけるため顕微鏡を覗く



アクアマリンふくしまの移動水族館



水処理のしくみを熱心に聞く施設見学会参加者



まつり中の広報活動

平成22年度
県中浄化センター

自然にやさしい下水道

入場
無料

下水道まつり

平成22年
9月4日(土)

雨天決行

午前10時～午後3時

県中浄化センター

郡山市日和田町高倉字追越89

アクアマリンふくしまから
移動水族館「アクアラバン」がやってくるよ!

チェリブロ

みんなで一緒に遊びに来てね!



岩代国郡山うねめ太鼓保存会



「ハーラウ・モアナ」



バルーンアート教室

★ステージイベント★

- チェリブロ下水道お笑いライブ
- 親子で楽しいバルーンアート教室
- よさこい演舞
- aveコンサート
- 太鼓披露 (岩代国郡山うねめ太鼓保存会)
- ハワイアンフラ「ハーラウ・モアナ」

環境体験教室でエコパッチをつくったり
フワフワ遊具やちびっこ広場で楽しく遊んじゃおう!

●会場案内図



●お問い合わせ

財団法人 福島県下水道公社

県中浄化センター 024-958-5095

- ◆ 主催：財団法人福島県下水道公社 ◆ 共催：福島県・郡山市・須賀川市・本宮市・鏡石町・矢吹町・白河市・西郷村
- ◆ 後援："新うつくしま、ふくしま。" 県民運動推進会議・阿武隈川上流県中流域下水道促進協議会、日本下水道協会 福島県支部
全国町村下水道推進協議会 福島県支部・福島民報社・福島民友新聞社

第5回 福島県農業総合センターまつりも開催中ですので、そちらにもお出かけ下さい。

- と き：平成22年9月4日(土) 午前9時～午後4時まで・9月5日(日) 午前9時～午後3時まで
- ところ：福島県農業総合センター / 郡山市日和田町高倉字下中道116 / TEL 024-958-1700
- 催し物：最新の研究成果展・生産物直売展・地産地消直売展

ニュース・スポット

関係団体の動き

「境野水処理センター施設開放」について

桐生市水道局境野水処理センター
管理係主査 霜村 嘉一

イベント名称：境野水処理センター施設開放

日 時：平成22年9月5日（日）

午前10時～午後1時

場 所：境野水処理センター

協力団体：三ッ堀地区環境美化推進委員会、境野婦人会、クボタ環境サービス（株）、住重環境エンジニアリング（株）

主なイベント：・施設案内 水処理施設見学
・微生物観察 顕微鏡での微生物観察及び説明
・催し物 コンポストの無料配布、ヨーヨーつり、金魚すくい、ポップコーン、輪投げ、風船、ストライクゲーム、即売コーナー（境野婦人会によるバザー及び模擬店）

来 場 者：1,480人

桐生市は、群馬県の東南部、関東平野の北端に位置し、古くから織物のまちとして栄えてきました。

遠く西北に赤城山を望み、周囲を山々に囲まれ、市街地には渡良瀬川と桐生川が流れる山紫水明の地であり、市内には織物業の繁栄を今に伝える建物や町並みがいたるところに残っています。

昨今ではこれらの景観が、映画やドラマのロケに使われる事も多くなり、市のPRや町おこしに一役かっています。

境野水処理センターは、昭和31年に建設された清肥処理場を始まりとして、現在はし尿処理施設と下水道処理施設が稼働中です。

早くから社会生活基盤の整備にも積極的であった本市の下水道普及率は78%となっていますが、平成14年

に供用開始したし尿処理施設に対して、昭和42年に供用開始した下水処理施設は、機器類の修繕や更新が行われているものの、耐用年数を超えている状態であり、施設全体の見直し時期が迫っています。

境野水処理センターでは、下水道の日になんで、汚れた水が早くきれいになるまでの過程を公開し、市民が衛生的で快適な生活を送るうえで重要な施設であることの理解と関心を深めてもらうために施設開放を行っています。

準備や運営については職員全員が行うほか、地元町内会の環境美化推進委員会、地元婦人会、運転管理業務委託先等の協力をいただきながら、より楽しいイベントになるよう取り組みました。

当日は好天にも恵まれて、約1,480人の来場者がありました。

例年行っている「コンポストの無料配布」は今年も人気で、開場前から多くの人が集まり、用意した3,000袋は終了時間を待たずして無くなってしまいました。また、見学コースで配布した「桐生川の源流水」300本、受付で配布した下水道PR用品エコえんぴつ300本と水に流せるティッシュ200個も同様でした。

メインの開場では、施設の見学を終えた多くの親子連れがヨーヨーつりや金魚すくい等を楽しみ、婦人会のバザーや模擬店も行われ、一時は身動きも出来ないほどの盛況ぶりでした。

施設見学や微生物の観察でも多数の質問があり、来場者の皆さんは、下水道の知識を楽しみながら学んでいただけたのではないかと思います。

本市の下水道事業は、まだまだ課題を残すところもありますが、今後も適正な事業の推進に努めたいと考えています。



会場風景



金魚すくい



風船



婦人会模擬店



見学コース入口



施設案内



コンポスト配布



コンポスト待ちの列

ニュース・スポット

関係団体の動き

「第20回あいち下水道フェア」について

愛知県建設部
下水道課長 浅野 守彦

イベント名称：第20回あいち下水道フェア
日 時：平成22年 9 月11日（土）
午前10時から午後 3 時まで
場 所：日光川下流浄化センター
主 催：愛知県
（財）愛知水と緑の公社
協 賛：愛知県下水道推進協議会
日光川下流流域下水道推進協議会（津島市、愛西市、弥富市、あま市、大治町、蟹江町、飛鳥村）

主なイベント：◎下水道PR企画

- ・下水道図画ポスター作品展示
- ・下水道パネル展示
- ・下水道クイズラリー
- ・浄化センター施設見学
- ・微生物観察
- ・水質分析体験

◎ステージ

- ・下水道図画ポスター作品表彰式
- ・コンサート
- ・ビンゴゲーム

◎アトラクション

- ・地震体験車
- ・キャラクター人形すくい
- ・スーパーボールすくい
- ・消しゴム輪投げ
- ・ふわふわ忍者城

◎無料配布

- ・サカイカンピ
（下水汚泥から作った肥料）
- ・あいちの水

来場者数：約1,300人

1. はじめに

愛知県では、下水道の日の関連行事として、楽しみながら下水道を理解していただくことを目的とし、あいち下水道フェアを開催しています。

第20回目となった今回は、今年の3月末に供用を開始した日光川下流流域下水道の処理場で行い、概ね1,300人の方々に参加していただくことができました。



開会式（テープカット）の様子

2. あいち下水道フェアについて

従来から、あいち下水道フェアは、供用を開始している流域下水道の終末処理場である浄化センターを会場として開催しています。愛知県では、全11流域下水道のうち10流域下水道で供用を開始しており、近年は、尾張地方の浄化センターと三河地方の浄化センターで交互に行い、一部地域のみでなく、県内広域に下水道の普及啓発を図っています。

平成21年度は、三河地方の豊川浄化センターを会場として、あいち下水道フェアを開催しており、今年度は、尾張地方である名古屋市の西側に位置する日光川下流浄化センターでの開催としました。

あいち下水道フェアの開催のために、4月以降、月1回のペースで、県職員、市町村職員、(財)愛知水と緑の公社職員による打合せを行いました。主催者と協賛者との間で開催内容の調整等を行い、協力してあいち下水道フェアを開催することができました。

当日は、下水道についての知識・理解を深めていただくための下水道PR企画の他、大勢の方々に楽しんでいただくためにステージでのコンサートやビンゴゲーム、さまざまなアトラクションを行いました。また、浄化センターの管理棟には、日光川下流地域の小学4年生による下水道図画ポスター展示を行いました。夏休み前に小学校を通して作品を募集したところ、2,300点もの出展がありました。そのうちの10点を優秀賞、30点を入選として、開会式に続く表彰式で表彰状授与を行い、あいち下水道フェアを盛り立てました。なお、優秀賞の10点については、愛知県下水道課のホームページに10月頃掲載予定ですので、ご覧ください。
(<http://www.pref.aichi.jp/gesuido/>)

3. おわりに

今回、あいち下水道フェアを開催した日光川下流域下水道は、供用を開始したばかりであり、今後、住民の方々に下水道へ接続していただく必要があるため、この地域での開催は、大変有意義であったと考えております。

愛知県の下水道普及率は、平成21年度末で70.8%（名古屋市を除くと58.7%）にとどまっており、まだ、全国平均の73.7%に届いておりません。

今後も、引き続き、下水道の普及啓発を行い、下水道への接続をしていただくことにより、環境保全や生活の質向上に役立てればと考えております。愛知県では、「愛知県下水道科学館」という施設で下水道の常時啓発も行っております。下水道の仕組みや働きを楽しみながら学ぶことができますので、近くにお越しの際には、お立ち寄りいただければと思います。

【愛知県下水道科学館のホームページアドレス】

<http://www.eppy.jp/>



下水道図画ポスターコンクール入選の子どもたち



水質分析体験の様子



下水道図画ポスター展示の様子



アトラクションを楽しむ家族連れ

ニュース・スポット

関係団体の動き

「広島市下水道ふれあいフェア」について

広島市下水道局経営企画課
主幹 大隈 信

1. はじめに

広島市では、従前は5つの処理場において、フェアを兼ねた施設見学を開催していましたが、平成13年度から、会場を中区にある千田水資源再生センターの1箇所に集約して実施しました。

しかしながら、この千田水資源再生センターは、公共交通機関で来場するには多少不便な場所にあり、また駐車場が不足していたことから、来場者数が800人程度で頭打ちの傾向にありました。

そのため、来場者数をより増加させることを目的として、平成16年度に、駐車台数がある程度確保することができる西区の西部水資源再生センターに会場を移して開催したところ、1,433人の市民の来場があったことから、翌年度から会場をこの西部水資源再生センターに固定して毎年開催しており、今年で7回目の開催となりました。

今年も、何とか天候に恵まれ、2,074人の来場により大変な賑わいとなりましたが、7年目を迎え、このフェアがより本市に根付いたイベントとなりつつあるように感じています。

2. フェアの概要

- (1) 開催日時 平成22年 9月12日（日）
午前10時～午後3時
- (2) 開催場所 広島市西部水資源再生センター
(広島市西区扇一丁目1番1号)
- (3) 主催 広島市、財団法人広島市都市整備公社
- (4) イベント等
 - ① 施設見学等
 - ・水質実験、微生物の顕微鏡観察などを体験してもらいました。



・施設内の中央管理室や処理棟等の施設を見学してもらいました。





② パネルの展示など

- ・全国のデザインマンホール蓋のパネル展示
- ・下水汚泥再利用品（コンポスト）の配布
一袋500gの下水汚泥コンポスト肥料（500袋）の無料配布を行ったところ、大変人気で、午前中に全て無くなってしまいました。来年度は、配布数を増やすと共に、製造工程や販売先等をパネルなどにして、今まで以上に広報に努めたいと考えています。



③ 下水道相談

水洗化についての悩みごとや、下水道使用料、受益者負担金など、市民からの相談に答えました。

④ ステージ

多くの方に出演していただき、フェアがより盛り上がりました。



⑤ マンホール蓋のフロタージュ作製

マンホール蓋研究家の協力により、デザインマンホール蓋のデザインを和紙に写し取りました。



⑥ 六角絵の作製

下水道サポーター協議会のメンバーにより、下水道局が制作したカープ坊やなどの3種類のデザインマンホールの絵柄がでてる「六角絵(からくり絵)」を作りました。



⑦ ヨーヨー風船釣り・スーパーボールすくい



⑧ バザー

協賛事業者による屋台等の出店がありました。



3. おわりに

下水道は、社会的には都市基盤の重要なひとつとして位置付けられていますが、その大半が地下に埋設され、市民の方の目に触れることが少ないことから、普及啓発することが大変難しいものと感じています。

そのような中、下水道ふれあいフェアを開催し、多くの市民の方に施設見学等に参加していただくことは、普及啓発に有効な手法だと思っています。

今後も、下水道のしくみや役割について市民に伝える機会を少しでも増やし、「見えにくい」下水道を「見える」下水道として広報するよう、このフェアをより充実した内容にしていきたいと考えています。

ニュース・スポット

関係団体の動き

宝満川・福童浄化センター合同下水道展について

(財)福岡県下水道公社 宝満川浄化センター
管理課長 末岡 徳広

イベント名称：「宝満川・福童浄化センター下水道展2010」

開催日時：平成22年9月12日（日）10～15時

開催場所：宝満川浄化センター

主催：(財)福岡県下水道公社、小郡市、筑紫野市、筑前町、朝倉市、大刀洗町、基山町

宝満川流域下水道促進協議会、宝満川上流流域下水道促進協議会、筑後川中流右岸流域下水道促進協議会、筑後川中流右岸流域下水道連絡協議会

協賛：西日本クリーン（株）、筑後川浄水管理（株）、三井管工事共同組合

後援：福岡県

主なイベント：○場内案内（普及啓発下敷配布）、パネル展示

○普及啓発DVD上映

○作文コンクール受賞作品展示

○普及啓発チラシ、コンポスト、花の種、水切りネット配布（大人）

○普及啓発ノート、鉛筆、風船の配布（子供）

○金魚すくい、スーパーボールすくい、お菓子つかみ取り、ポップコーン配布（子供）

来場者数：1,074名

1. はじめに

福岡県には、御笠川那珂川、多々良川、宝満川、宝満川上流、筑後川中流右岸、遠賀川下流、矢部川及び遠賀川中流の7つの流域下水道があり、いずれも処理を開始しています。

宝満川浄化センターは、昭和63年度に宝満川流域処理区の污水处理を開始し、平成10年度には宝満川上流流域処理区、平成15年度末には筑後川中流右岸流域処理区の污水受入（暫定）を開始しました。

福童浄化センターは、平成20年度に処理を開始した県内でも最新の処理場であり、高度処理運転を行っております。

宝満川浄化センターからの距離も近く、処理開始直前は污水の代行処理を当センターで行ってまいりました。



開会式



場内案内



両浄化センター共に、発生した汚泥は場外搬出後にコンポストやセメント材料として100%リサイクルされています。

宝満川浄化センターにおける下水道展は、昭和63年の供用開始年度に下水道の普及啓発を図るため、小郡市・筑紫野市共同で始まり、翌年度より県（現在は公社）も参加して開催するようになりました。

更に、今年度においては、福童浄化センターと合同で開催する事となりました。

2. 実施状況

当日の午前中は曇天で始まったため、来場者の出足が鈍る事が懸念されましたが、主催者の心配をよそに順調な滑り出しとなりました。

来場者は、例年どおり小学生とその親を中心とした構成であり、他の世代の伸びが今後の課題となっています。

主なイベントである金魚すくいやスーパーボールすくいは、子供達に根強い人気があり、終始長蛇の列が続きました。

大人には、コンポストの配布が人気であり、毎年楽しみにされている方も多く、準備数を増やすことを検討しています。

場内案内も人気であり「普段気にとめていなかった



家庭排水がどのようにして浄化されていくかを知って、浄化センターの重要性を認識しました」と言う感想を多々いただきました。

残念ながら、12時頃に雷を伴った強い雨が降り、午後の来場者の伸びが止まり、前年の3分の2である1,074名となりましたが、下水道展の意義は十分に伝わったと思います。

今後も下水道の普及啓発を図り、下水道普及の促進や運転管理技術の向上による放流水質の改善をめざし、目標に向かって邁進する気運を高めた一同でした。



金魚すくい



風船配布

リサイクルスポット

役所を定年退職し、家業の農業を継いで1年半、顔も黒くなり、最近、女房殿から「百姓顔になってきた。麦藁帽や長靴もよく似合う。」と笑われている。

当初は、農業をするなら中途半端なことはするまい、「安全で美味しい作物の生産」だけを目標とした首領（ドン）百姓なろうと思い、農作物の本来もつ生命力を生かした有機農法に挑んできた。

まず、有機肥料であるが、大阪府内では下水汚泥のコンポストはJA（農協）に頼んでも手に入らないので、近くのし尿処理場に脱水ケーキや焼却灰を譲ってほしいとお願いしたが、これは産廃（？）になるので田圃に撒くことができないと断られた。

そこで、近隣の畜産農家で牛糞や鶏糞のコンポストを分けてもらい使用している。十数年前、鶏糞は20kg数百円と牛糞の3倍以上高価であったが、鳥インフルエンザ騒動があってから、発酵鶏糞は百円以下、「生」の場合は運搬料入れても無料で手に入るようになった。

また、米ぬかは退職金を元手にコイン精米所を自宅前に開設し、毎日一定量に確保した。

JAなどの話では関西のほとんどの田圃は有機分が大量に不足しているとのことであるが、我が家のほとんどの田圃は、有機分と微量物質が不足しており、最もひどいところでは10a（1反）当たり有機分数トン不足という結果であった。

そこで、毎年、反当たり1トン以上のコンポストを投入している。

牛は、反芻作用で餌を徹底的に消化吸収するが、鶏は腸類が非常に短く、餌のほとんどを吸収せず排出する。そのため、牛糞コンポストは難分解の有機分が多く、肥効速度が遅いが、鶏糞は化学肥料のように、易分解性の有機分が多く、直ぐに効果が出てくる。（下水汚泥は、その中間であろう）

結論から述べると、コンポスト施用の効果は、実に驚くべきものであった。稲作では、田植前に元肥として10a当り0.5t散布した結果、追肥なしで従来の2割増しの10a当り500kgの玄米を収穫できた。いろいろな文献によれば、散布時期と散布量をきめ細かくすれば、味もよくなり、収穫量も600kgも可能ということである。

枝豆もコンポストだけで栽培したが、従来の化学肥料のものと比べて、枝が太く根が長くなり、まるで盆栽のようであった。しかし、従来の化学肥料に比べて、鞘数も1.5倍以上も多いうえに、豆も大きく美味しかった。

コンポストの効果が最も顕著なのはタマネギで、今年の冬は寒波、春は長雨にたたられ、従来法で栽培したところでは、病虫害に罹るなど大きな被害を受け、新タマネギの価格は高騰した。

しかし、筆者の畑では、無農薬にもかかわらず、例年以上の収穫量が得られ、味も格段によかった。これは、昨年の秋、元肥としてコンポストを10a当り2t散布したため、茎や根がしっかりと生長したためと思われる。

当初、筆者が有機農法を始めた頃、「農業は経験が大事。本を読んだだけのインテリ（？）に、まともな作物はできるか？」と嘲笑していた近隣の農業者のなかでも、最近、コンポストを施用する人が増えてきた。

しかし、農業は、サラリーマン、特に公務員に比べて、所得の面で実によくはない。例えば、稲作では時間給で計算すれば、百円前後であり年金がなければ生活が成り立たない。

そのため、ハウレンソウなど葉ものも栽培しているが、値段の変動が激しくとても生活設計できるものではない。

いつも見事な作物をつくるが変骨といわれている近所の某農業者に「最近、ハウレンソウは安いですね。」と挨拶すると、「ハウレンソウ作り50年、ハウレンソウの気持ちがまだ分からんのに、その値段は決める人間の気持ちなんか分かるか。そんなものが気になるようなら、百姓なんかやめろ。」といわれた。

農業は、播種方法、土壌の状態、肥料の種類と散布方法、天候などパラメータが実に多く、栽培方法も複雑である。「農業は経験が大事」といっても米作などは年一回しか経験できない。必死で作物の心（？）をつかむためには、作物の市場価格なんか気にしてられない。

首領（ドン）百姓の道はまだまだ遠いと感じる今日この頃である。

【玉葱子】

おしらせ

民間企業の投稿のご案内

下水汚泥資源利用協議会誌「再生と利用」（社団法人 日本下水道協会 発行）は協議会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版により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：下水汚泥資源利用協議会事務局（社団法人 日本下水道協会 技術部資源利用促進課）

住所 100-0004 東京都千代田区大手町2-6-2（日本ビル1階 私書箱74号）

電話 03-5200-0918（直） FAX 03-5200-0847

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	1,450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（12月末発行号に掲載希望の場合は、11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

- 130号（平成22年12月末発行）
「地球温暖化対策としての有効利用」（予定）
- 131号（平成23年3月末発行）
「第23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」（平成22年度）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	130号・131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

(社)日本下水道協会

下水汚泥資源利用協議会
(汚泥協)

第13回下水汚泥資源利用協議会幹事会

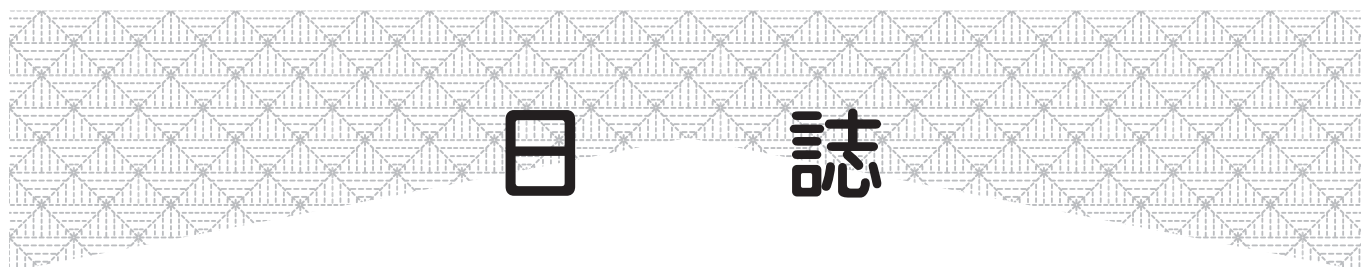
日 時：平成22年 6 月 9 日（水）
場 所：本会第 2 会議室
出席者：松村幹事長（池田市上下水道部長）他 9 名
議 題：第33回下水汚泥資源利用協議会定例理事会審議内容について
概 要：
・平成22年度末での同協議会解散を提案
・協会改革プロジェクトの一環として、協会の下水汚泥資源有効利用関係業務の一本化を図る。

第33回下水汚泥資源利用協議会定例理事会

日 時：平成22年 7 月 9 日（金）
場 所：JAビル301会議室
出席者：嶋会長代理（池田市上下水道管理者）他21名
議 題：平成21年度事業報告
平成22年度事業計画
下水汚泥資源利用協議会の解散について
下水汚泥の資源利用の促進に関する決議
概 要：
平成22年度末をもって下水汚泥資源利用協議会を解散し、関連分野の提言活動や情報交換活動と調査研究活動を日本下水道協会において一体的に運用することにより、下水汚泥有効利用促進活動の活性化・充実化を図る。

第130号「再生と利用」編集担当者会議

日 時：平成22年 8 月 5 日（木）
場 所：本会第 2 会議室
出席者：島田委員（日本下水道事業団主任研究員）他 5 名
議 題：
①下水汚泥資源利用協議会の解散について
②「再生と利用」の下水協ホームページでの公開の検討
③「講座」の取り扱いについて
④第129号「再生と利用」編集内容について
⑤第130号「再生と利用」編集方針（案）について
⑥その他・情報交換
議事内容：
①参考資料①、②、③により下水汚泥資源利用協議会の解散について報告された。
②平成23年度からホームページでの公開と冊数の見直しの検討について報告された。
③講座の持つ基本情報について検討を行うこととした。
④第128号の編集内容について、報告し了承された。
⑤第130号の編集方針（案）について、特集のテーマを「地球温暖化対策としての有効利用」とすることが了承された。



平成22年 6 月 9 日	第14回下水汚泥資源利用協議会幹事会	本会第 2 会議室
平成22年 7 月 9 日	第33回水汚泥資源利用協議会定例理事会	JAビル301会議室
平成22年 8 月 5 日	第130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：地球温暖化対策としての有効利用
東京都アースプラン2010の具体的な取り組み
について
電気事業者によるバイオマス資源活用について
ガス事業者によるバイオマス資源活用について
消化ガス有効利用の効果について
研究紹介：高効率乾式メタン発酵システムの開発

特別報告：下水道バイオガス活用の導入に関する海外事
例調査
報 告：下水汚泥ガス化炉の導入について
下水汚泥有効利用の現状について
文献紹介：3 編
その他：会報、行事報告、次号予告、関係団体の動き

会員消息

会員数

(平成22年 8 月31日現在)

会 員	264
都 道 府 県	47
市 町 村	194
法 人	20
学 識 経 験 者	3
計	264

「再生と利用」編集委員会委員名簿

(順不同・敬称略)

(22.8.31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	三重大学名誉教授	小 畑 仁
委 員	国土交通省都市・地域整備局下水道部下水道企画課資源利用係長	山 口 裕 司
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開発部主任研究員	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研究管理監	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長	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新川水処理センター管理係長	相 澤 邦 洋
委 員	山形市上下水道部浄化センター所長	奥 出 晃 一
委 員	横浜市環境創造局施設管理部南部下水道センター長	高 橋 義 吉
委 員	名古屋市上下水道局計画部技術管理課主査（技術支援）	伊 藤 亜 子
委 員	大阪市建設局下水道河川部担当係長	安 田 冬 時
委 員	広島市下水道局管理部旭町水資源再生センター所長	下 久 英 二
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（誘導結合プラズマ）発光分光分析法による定量方法通則 | 9.10.2 ICP発光分光分析法 | 10.4 農薬類 |
| 6.1 要旨 | 9.11 銅 | 10.4.1 有機リン農薬（EPN、 |
| 6.2 金属等の測定 | 9.12 フッ素 | パラチオン、メチルパラチオン） |
| 6.3 試薬の調製 | 9.13 鉄 | ガスクロマトグラフ法 |
| 6.4 前処理操作 | 9.14 水銀 | 10.4.2 農薬類 ガスクロマト |
| 7. 原子吸光法による測定時の干渉 | 9.15 カリウム | グラフ質量分析法 |
| 7.1 要旨 | 9.16 マグネシウム | 11. その他の試験 |
| 7.2 物理的干渉 | 9.17 マンガン | 11.1 pH |
| 7.3 分光学的干渉 | 9.18 モリブデン | 11.2 酸素消費量 |
| 7.4 イオン化干渉 | 9.19 窒素 | 11.3 炭素・窒素比 |
| 7.5 化学的干渉 | 9.20 ナトリウム | 11.4 電気伝導率 |
| 7.6 バックグラウンド吸収 | 9.21 ニッケル | 11.5 植物に対する害に関する栽 |
| 7.7 準備操作 | 9.22 リン | 培試験の方法 |
| 7.8 測定操作 | 9.23 鉛 | 【参考資料】 |
| 8. ICP発光分光分析法による測定時の干渉 | 9.24 硫黄 | 1. 幼植物試験とは |
| | 9.25 アンチモン | 2. 融合コンポスト |
| | 9.25.1 水素化合物発生 | 付録. 原子量表 |
| | 原子吸光法 | 巻末資料 |

編集後記

本号の巻頭言は、泉谷珠洲市長にお願いしました。珠洲市では、地域の5種類のバイオマスを集積し、混合メタン発酵処理により発生したバイオガスの有効利用に加え、残さも乾燥汚泥肥料として地域で消費するという理想的な取り組みを行っています。この先進的な取り組みの視察を希望する人が絶えず、当地の観光産業に貢献していると聞いています。混合メタン発酵処理が、他の取り組みと共に「自然と共生する珠洲市」として、地域振興に役立っていることは、下水道関係者の一人として非常にうれしく思います。

口絵では、おそらく最後となる下水汚泥資源利用協議会（汚泥協）定例理事会の様子を紹介しました。汚泥協の解散は、決して後ろ向きなものではありません。下水汚泥有効利用の促進が、特定自治体の課題ではなく、日本下水道協会会員全体、つまり下水道界全体に求められている取り組みであることを形式の上でも整理するため、関連するすべての活動を下水道協会に一元化したものです。汚泥協発足当初から、多大なご理解とご協力をいただいている緑農地関係の方々とは、日本下水道協会の緑農地関係委員会等で、引き続き連携を深めていくことは言うまでもありません。汚泥協の解散について各方面の関係者の方々と調整している過程で、汚泥協への愛着、思いもお聞きし、また、下水汚泥有効利用率が80%に手が届くところまで来たことに対する汚泥協の多大な貢献を考えると、関連事業を引き継ぐ日本下水道協会の担当者として、身の引き締まる思いがいたします。

本号の特集テーマは、「下水汚泥リサイクル製品の利用促進と安全性確保の取り組みについて」です。愛知県のようにリサイクル製品認定制度が、リサイク

ル資材の利用促進につながっているケースと、制度はあるが利用促進につながっていないケースの両方があります。ポイントは、各種公共工事の仕様書等で、リサイクル認定資材を優先的に使用するよう義務づけているかどうかにあります。リサイクル製品が、他製品と同等の性能を持ち、かつ価格も安いことは少ないのが現状です。道路工事に下水汚泥焼却灰を用いた再生土を利用すると仮定した場合、再生土のコストが高くなるかも知れません。しかしながら、下水汚泥焼却灰の処分費削減などが期待できることから、当該自治体事業全体でリサイクル製品を利用するメリットを考えていただけたらと希望します。

また、下水汚泥や浄化槽汚泥等を原料とした、いわゆる汚泥系肥料の重金属リスクへの懸念については度々指摘されます。農水省で「汚泥肥料中の重金属管理手引書」をまとめられたのも、汚泥肥料生産者自身による品質管理強化を期待してのものです。循環型社会の構築という国家施策の中で、過度に重金属リスクを唱えることは大きな損失であることは、下水道事業者として主張すべきと考え、本号で紹介しています。一方、実際に汚泥肥料を使用する側から品質管理強化を求める声には、真摯な対応が求められます。

同時に、汚泥肥料の優れた機能についてのアピールも必要です。当協会が日本土壌協会と連携して実施している汚泥肥料の施用試験において、汚泥肥料が化学肥料等と比較して、硝酸性窒素等の溶脱が少なく環境にやさしい素材であることなどが明らかになっており、本号で紹介しています。今後も、様々な機会をとらえて、汚泥肥料の優位性を積極的にアピールしたいと思います。

(YO)

下水汚泥資源利用協議会誌

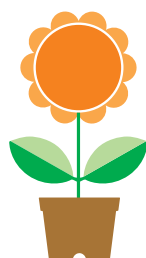
「再生と利用」

Vol. 34 No. 129 (2010)

平成22年10月25日 発行

発行所 社団法人 日本下水道協会

〒100-0004 東京都千代田区大手町2丁目6番2号
 日本ビル（私書箱74号）
 電話 (03) 5200-0810
 FAX (03) 5200-0839



再生と利用

下水汚泥資源利用協議会誌



社団法人 日本下水道協会

〒100-0004 東京都千代田区大手町2-6-2 (日本ビル1階)
TEL03-5200-0810 (代表) FAX03-5200-0839 (代表)