

農業関係者向けの概要版・施肥量の設計ツール・新しい栽培試験データ等の情報を順次
日本下水道新技術機構ホームページ内「下水道由来肥料の利活用」ページに公開します。
URL : <https://www.jiwet.or.jp/research-development/biomass-sewage-fertilizer>



photographing 2018.03



下水道由来肥料の利活用マニュアル
ダイジェスト版



土が元気になる!! 下水道由来肥料のチカラ



下水道由来肥料



農家の工夫

モミガラ・腐園床



90度以上の超高温発酵



公益財団法人 日本下水道新技術機構

資源循環研究部 〒162-0811 東京都新宿区水道町3番1号 水道町ビル7階 TEL : 03-5228-6511 / FAX : 03-5228-6512

下水道由来肥料が化学肥料と同等か
それ以上の効果があることが明らかになりました。
数種類の下水道由来肥料を使い5箇所で開催試験を行いました。

「下水道由来肥料の利活用マニュアル(380ページ)2019年3月」完成に伴い下水道由来肥料の利活用のダイジェスト版を作成しました。



下水道由来肥料
利活用マニュアルの目的

全国に整備された下水処理場において汚水の処理過程で発生する下水汚泥は、成分のおよび量的に肥料原料としての価値が高く、そこから生産された肥料は安定した純国産肥料として、地域にとって自給できる貴重な資源です。

本マニュアルは、下水汚泥を原料に製造された肥料の作物栽培における施用効果を実例に基づき提示し、下水汚泥由来肥料の利用拡大と持続的な安定、安全・安心利用に資することを目的としています。



3者の研究共同体「上野台堆肥生産協同組合」、「共和化工株式会社」、「株式会社データベース」により試験栽培が行われ、下記の評価委員メンバーにより、有効性や適正な施用量等の評価が行われました。

<共同研究実施期間>
平成29年～平成31年3月

その結果を基に、

下水汚泥肥料等評価委員会の委員により評価されました



下水汚泥肥料等評価委員会メンバー		
委員長	眞鍋 賢	大阪国際大学 学長補佐教授
委員	岡藤 徹	京都大学大学院 農学研究所応用生命科学専攻植物栄養研究室教授
	後藤 逸男	東京農業大学 名誉教授
	金子 栄廣	山梨大学大学院 総合研究部工学域教授
	加藤 雅彦	明治大学 農学部農芸化学科土壌園科学研究室准教授
	長江 洋次	十勝圏複合事務組合 事務局長
	田口 秀男	秋田県建設部 参事兼下水道課長
オブザーバー	前田 純二	佐賀市上下水道局 環境政策調整監
	長濱 政治	宮古島市副市長
	土屋 美樹	国土交通省 水管理・国土安全局下水道部下水道企画課資源利用係長
	香田 大吾	日本下水道協会 企画調査部企画課課長
	岩崎 幸彦	農林水産省 食料産業局バイオマス循環資源課課長補佐
	柴田 伸亮	一般社団法人地環境資源センター 集落排水部次長

(順不同・敬称略) (平成31年3月現在)

愛用者が感じていたことが
科学的に評価されました



下水道由来肥料は、他の肥料と何が違うのか!!

人は、多くの細胞の代謝により維持されている。代謝には酵素反応が大きく関わっており、その酵素には核としてミネラルが不可欠です。人の排泄物が集められ、それが微生物の餌となって浄化やエネルギー利用される下水道から微生物残遺となったものを加工したものが下水道由来肥料です。下水道由来肥料には、他の肥料には見られない人由来のミネラル成分を豊富に含んでいることに大きな特徴があります。もう一つの特徴は、肥料の三大要素といわれる窒素・リン酸を豊富に含む。一方、カリは乏しいが、土壌中の微生物によって有機質が分解され補われます。

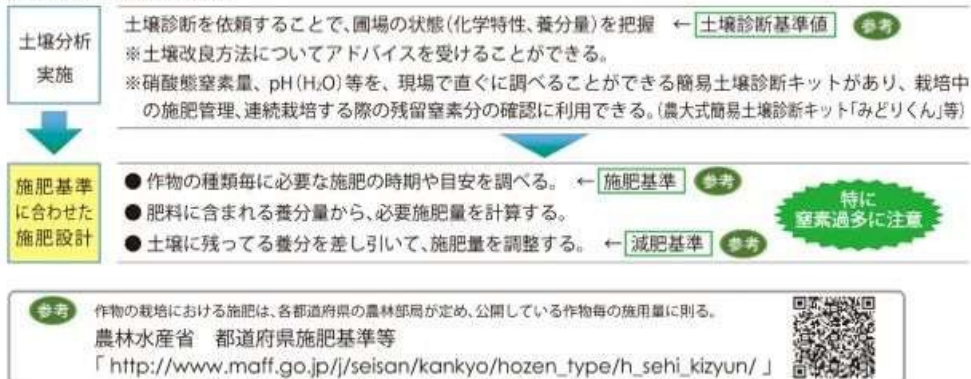
施肥設計／無機化試験

施肥量をどのように決めるのか

目的の作物の施肥量を設計するために、耕作する土壌の性状を知る「土壌診断」が重要です。下水道由来肥料を使用する場合、使いすぎが原因で窒素過多やリン酸過多になり、作物が上手く育たず、病気や害虫被害を増幅させてしまいます。また、硝酸態窒素による地下水汚染の原因となることもあります。

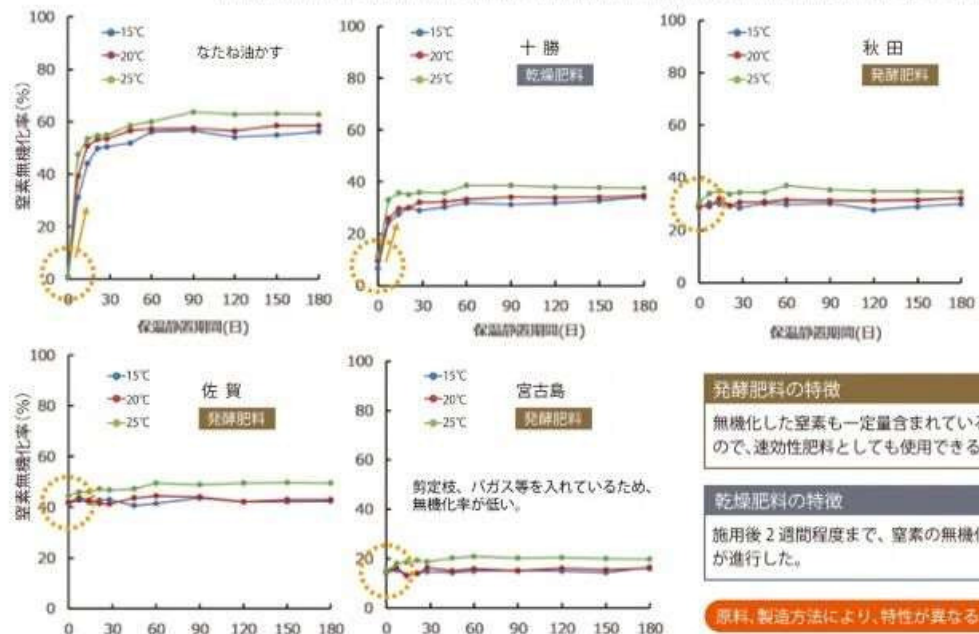
炭素成分(もみ殻・竹チップ等)を活用し、適切に施用することで、美味しく、美しい作物(秀品)が育ちます。

<適切な施肥設計の仕方>



無機化試験

供試土壌 100g あたり窒素量として、50mg/100g 加えて、15℃、20℃、25℃の3条件で、保温静置
下水道由来の肥料を扱うために、肥料生産者は「肥料・無機化試験」を行い、窒素効果の発現傾向と有効含有量を提示する必要がある。



栽培試験 - 1



ポット栽培試験

※東京農業大学 後藤名誉教授による試験

肥料中の窒素とリンがどの程度化学肥料の代替となるかを、チンゲンサイを用いたポット栽培試験により、調査しました。施用した肥料中の窒素・リン酸が、チンゲンサイにどれだけ吸収されたかが調べることで、化学肥料代替率を計算しました。

窒素吸収量から、化学肥料代替量を推定すると、化学肥料代替率は、約 50% (宮古島除く)

供試肥料に含有される窒素の化学肥料代替 (施肥設計)

試験区	施肥量		チンゲンサイ		化学肥料代替効果		窒素無機化率
	N施用量	生育量	N吸収量	N代替量	N代替率		
	g/pot	g/pot	mg/pot	g/pot	%	%	
化学肥料 N0	0.00	14.5	24.0				
化学肥料 N1	0.25	64.2	219				
化学肥料 N2	0.50	68.1	315				
化学肥料 N3	0.75	71.0	375				
化学肥料 N4	1.00	67.0	333				
乾燥肥料 十勝	1.02	77.6	353	0.55	53.9	38.7	
発酵肥料 秋田	0.96	75.9	326	0.46	47.9	36.5	
発酵肥料 佐賀	0.70	67.5	282	0.36	51.4	50.2	
発酵肥料 宮古島	0.64	59.6	155	0.15	23.4	21.7	
平均				0.38	44.2	36.8	

※これまでの施用実績から、複数年、下水汚泥由来肥料を施用した土地では、蓄積された有機窒素が無機化するため、肥料の施用量を減らすことができることがわかっている。

リン酸吸収量から、化学肥料代替量を推定すると、化学肥料代替率は、ほぼ 100%

供試肥料に含有されるリン酸の化学肥料代替 (施肥設計)

試験区	施肥量		チンゲンサイ		化学肥料代替効果	
	P ₂ O ₅ 施用量	生育量	P ₂ O ₅ 吸収量	P ₂ O ₅ 代替量	P ₂ O ₅ 代替率	
	g/pot	g/pot	mg/pot	g/pot	%	
化学肥料 N0	0.00	17.4	7.3			
化学肥料 N1	0.25	60.7	38.1			
化学肥料 N2	0.50	63.7	41.6			
化学肥料 N3	0.75	73.0	48.8			
化学肥料 N4	1.00	87.5	57.5			
乾燥肥料 十勝	0.91	77.6	61.3	1.03	113	
発酵肥料 秋田	1.53	75.9	66.0	1.08	70.6	
発酵肥料 佐賀	0.96	67.5	55.1	0.95	99.0	
発酵肥料 宮古島	1.02	59.6	60.0	1.02	100	

<対照化学肥料>
・N=窒素：尿素
・P₂O₅=リン酸：過リン酸石灰

化学肥料標準区(N2)と4種類の汚泥肥料区におけるチンゲンサイの生育



ガラス温室内で52日間栽培した4種類の下水道由来肥料区の生育を化学肥料区と比較した。左端の化学肥料標準区と比べて、同等あるいはそれ以上の生育を示した。

共同研究体の栽培試験

【栽培試験の目的】

栽培試験は、下水道由来肥料の土壌への影響や農作物の味・品質に与える効果について、従来の化学肥料等と比較評価することを目的に実施しました。



【解説】

秋田地区、佐賀地区、宮古島地区および十勝地区の4つの地域で、それぞれの地域特性に応じた作物の栽培試験を実施した。それぞれの地区で生産された肥料について窒素無機化試験を行うとともに、下水道由来肥料の施用実績がない圃場において、試験区と慣行区を設け、土壌診断を行った後、所轄の都道府県が示している作物種別の施肥量を基準に肥料施用量を定め、栽培試験を実施した。栽培期間中は生長の度合いを観察するとともに、収穫時には作物毎に収穫物診断を行った。

【結果】4つの地域で栽培試験を行った結果は、試験区が慣行区に比べ、同等かそれ以上となりました。栽培を継続すると佐賀市のレタスの比較のように大きな差が出てくると思われる。

十勝での栽培試験

※試験区：下水道由来肥料(乾燥肥料) ※慣行区：化学肥料

じゃがいも

結果：試験区は慣行区とほぼ同等



とうもろこし

結果：慣行区よりも試験区のできばえが良かった



秋田での栽培試験

※試験区：下水道由来肥料(発酵肥料) ※慣行区：化学肥料

米

結果：慣行区と試験区はほぼ同等



試験区		写真標本番号:28	慣行区		写真標本番号:5
項目	測定値		項目	測定値	
穂数	29本		穂数	28本	
稈長	945mm		稈長	890mm	
穂長	205mm		穂長	208mm	
根周り	最大径 65mm		根周り	最大径 65mm	
根長さ	最長 160mm		根長さ	最長 130mm	
根乾燥重量	62.7g		根乾燥重量	60.6g	

りんご

結果：試験区は慣行区とほぼ同等



宮古島での栽培試験

結果：慣行区よりも試験区のできばえが良かった

二十日ネギ

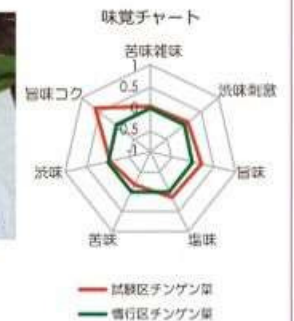


二十日ネギ(ハウス)	試験区	慣行区
草丈 (cm)	50.0	46.5
全体株重 (g)	99.6	67.0
分けつ数	9.7	7.3

チンゲン菜



※試験区：下水道由来肥料(発酵肥料)
※慣行区：なたね油かす



下水道由来肥料マニュアルのため栽培試験を行いました。以下の写真は、耕作放棄地を圃場とし、4月に栽培した後、11月に2期目の栽培試験を実施した結果です。レタス収穫調査結果では、2018年11月28日に収穫したものと日時も同じタイミングで比較してみました。佐賀市の農家が下水道由来肥料を継続して使っている効果を裏付ける結果となりました。



【試験区】
下水道由来肥料区

【慣行区】
化学肥料区

下水道由来肥料区と化学肥料区の比較

根と首の状態を比較

下水道由来肥料区
首が太く、根の張りが大きい。水で洗っても取れないほど土をしっかりとらんでいた。

化学肥料区
根が下にまっすぐに伸びていた。首が細く、頼りない感じがした。

玉の大きさを確認(※この日は霜が降りていた)

下水道由来肥料区
玉が大きく、下部の首がしっかりしていた。葉は葉脈がしっかりした感じに見えた。

化学肥料区
玉が小さく首の大きさも短くて小さかった。葉の特徴は、触ると表面がぬるっと剥がれた。もう一枚はがしても葉の表面は剥がれてしまった。これは、糖の蓄えが少ない状態を表す。

レタス全体と、葉の量・総重量を比較

※収穫時は、ほぼ同じような大きさに見えた。

下水道由来肥料区
外葉をはがすと、上記のように玉の大きさに違いが出たが、さらに、外葉の枚数も多いことがわかった。総重量：1.97kg

化学肥料区
玉が小さいが、葉の枚数も少なかった。総重量：1.23kg

レタス収穫調査結果 (佐賀市本庄町圃場)

項目	2018/4/25 収穫【1期目】			栽培品種 (シスコ)	2018/11/28 収穫【2期目】			栽培品種 (サウザー)
	試験区	慣行区	比較		試験区	慣行区	比較	
地上部全重 (g)	1192.8	1177.3	➡101%		1220.1	865.7	↑141%	
全体球高 (cm)	23.9	22.4	➡107%		22.97	19.9	➡115%	
茎球径 (cm)	3.6	3.9	➡92%		3.54	3.16	➡112%	
調整球重 (g)	918.3	842.8	➡109%		816.8	560.6	↑146%	
外葉数 (枚)	7.4	8.7	↓85%		9.1	9.1	➡100%	
根長 (cm)	16.23	15.96	➡102%		24.49	23.91	➡102%	
根重 (g)	26.5	33	↓80%		30.1	25.1	➡120%	

※可食部は大きいですが、根に差はみられない
※可食部のみならず、根も顕著に重くなっていた

上記のレタス収穫調査結果は、2018年4月25日【1期目】、11月28日【2期目】に収穫したものを比較したものです。1期目と比べ2期目では試験区と対象区の比較に大きな差が出ました。下水道由来肥料の愛用者が言う「初年度より数年使っていくうちに土がふかふかになり団粒化が進み、水はけと、保水性が良くなる」ことを裏付けるような結果となりました。

(耕作放棄地を使用) 【1期目】レタス(冬植え)：2018年2月～04月
試験圃場 【2期目】レタス(夏植え)：2018年9月～11月



白菜の栽培試験：この圃場は、3年前まで下水道由来肥料を使用していた圃場である。ここで下水道由来肥料(試験区)・化学肥料等(慣行区)で比較した結果、どちらも良く育ち、変化はほぼなかった。試験区は、マルチをめくると追肥部分に白根や細根が表面を覆っており、有用微生物が増え、根が栄養をよく吸収できることを表す。2018年11月28日収穫。



下水道由来肥料の弱点をどう克服したか【佐賀市の事例】

下水汚泥の肥料化は今まで多くの自治体で取り組まれてきましたが、うまくいかなかった事例が多い。佐賀市は、以下の弱点を克服していき、利用者に喜ばれ、毎年完売。その内容は、現代農業(2018年10月号)にも紹介されました。

1 下水道由来肥料の安全性(重金属)

現在下水道由来肥料は「普通肥料登録」になっていて重金属にも厳しい基準が設けられています。重金属は、1年に1回検査を義務付けられていますが、佐賀市では年に4回検査を行っていて、基準値を大幅にクリアしています。

汚泥肥料中の重金属	ひ素	水銀	カドミウム	ニッケル	クロム	鉛
基準値	50	2	5	300	500	100
佐賀市(平成31年3月測定)	3.7	0.1	1.1	21	32	25
運用可能年数	1,351年	2,000年	455年	1,429年	1,563年	400年

(mg/kg・DS)

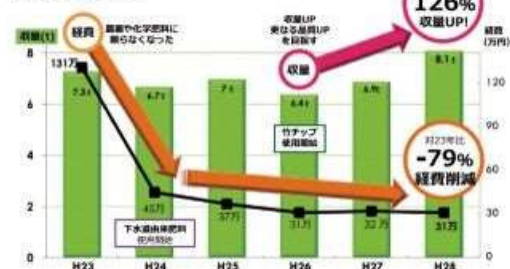
※基準値とは農林水産省が定めた値であり「乾物重量あたり1トンを100年運用しても上限値を超えることがない汚泥肥料中の重金属含有量(g)の値です。

2 「売れない」(全国的)

右表(肥料受け取り者数)でもわかる様に佐賀市では肥料受取者数は年々増え続けています。特徴は小口の家庭菜園をされている人のレポートが多く、年間3000人近くの方が取りに来られます。肥料販売所では、持参した袋にスコップで肥料を入れ計量し、10kgあたり20円で購入できます。350kg、800kgを購入する大口の農家の人たちの年間レポートを含め700人程度の人がトラックで下水浄化センターの肥料販売所に買いに来られます。平成23年から、毎年1400~1600tが完売しています。これらの方たちは農業勉強会や、肥料販売所で袋詰めする際などで情報共有され口コミで広がり、この肥料の素晴らしさを口々に話されています。



アスパラガスの収量と経費(29aあたり)



生産者に喜ばれる最大の理由

- 美味しくなった(食品分析)
- 植物免疫が上がった
- 経費の大幅削減
- 品質向上(秀品率UP)
- 収量アップ!



高橋 恵子さん(下水道由来肥料を愛用する農家の1人)

土の物理性を整えるため、C/N比の低い下水道由来肥料(C/N比5前後)とシメジ廃菌床(C/N比22前後)と竹チップ(C/N比280前後)を混合し、C/N比を15前後に調整することで、結果として、カリ、マグネシウムが十分に供給されています。

その他の効果として、C/N比を整えることで、土壌団粒化による保水・排水の改善、地温の調整にも役立っています。ハウス内では、夏には40℃を超える高温になりますが、地温が30℃前後で安定していることで、ハウス内に空気の対流が生まれます。植物体を加えて炭素率を高めることで、枯草菌、放線菌などのセルロース/キチン分解菌の増加により土壌病害が抑制されます。茎枯病などの土壌病害の発生が減少し、病気を心配することなく、安心して灌水を増やすことが可能となり、秀品率、収量が高まりました。

じゅんかん育ち

下水道資源を活用してできた作物に対して、ブランドネームを全国で公募。服飾栄養学校長の服部幸恵氏を審査委員長にした審査委員会を開催し、833点の応募の中から「じゅんかん育ち」が選ばれました。下水道資源を活用した作物(米・野菜・果物・花・海苔など)には、「じゅんかん育ち」を使うことができます。食と下水道の連携「BISTRO下水道(2016現代用語の基礎知識に掲載されました)」という取組みの一環です。



3 臭気対策が品質向上へ

肥料製造では、臭気対策や粉塵対策も行い pH 値が当初 8.3 あったものを 7.6 まで下げました。味の素社の副生バイオマスP菌体(pH4)を2~5%添加することでアミノ酸含有量が高まり、pH調整のために加えている腐白土(ケイ酸土)(pH3)を5~10%投入するなど、pHを下げる実験を1年間行い現在に至っています。植物栽培にも pH は大切なポイントだったので徹底的に行いました。またアミノ酸含有の高さは、栽培された農作物のアミノ酸含有量にも反映される結果となりました(9ページ)。

4 C/N比を上げる

佐賀市の下水道由来肥料の C/N 比は 5 前後。特にこの肥料に含まれるパルチス系枯草菌等(微生物)は有機物の分解が得意なため C/N 比を下げてしまいます。そこで、実際の施用においては、C/N 比の調整のために下水道由来肥料と、炭素(C)を多く含むもみ殻、シメジ廃菌床、竹チップを混合し、C/N 比を 15 前後に高める指導をしています。これが最も成功しているのがアスパラガスです。

5 pHの調整

臭気対策の取組みと共に pH は下がったのですが、それでも肥料としては pH7.6 と少し高いため、施用時にはカニ由来のキトサンや微生物活性液などの酸性資材を利用して pH6.5 程度に落とすように指導しています。アルカリ性が高いとアンモニア態窒素が気化してアンモニアが発生しやすくなりますが、pHを下げることで、臭気の発生を抑えると同時に、施用後の病害虫対策になっています。

6 カリは不足しない 土壌微生物が作る

カリが 0.2% と低いので、そのまま施用するとカリ不足が心配されますが、C/N 比の調整で、炭素(C)を含む資材を混ぜることで、微生物による植物遺体の分解により十分なカリが補われていることが根の張りを見てもわかる。結果として、枯草菌や放線菌などの微生物が増えているからだと思われます。植物遺体からはマグネシウムなどのミネラルも供給されるため、葉色もよくなります。

7 施肥量がわからない(使いすぎ注意!)

使用した量がうまくいかなかった原因の多くは使い過ぎの場合が多かったこともあり、慣行栽培のガイドラインをもとに作物ごとの施肥量の目安を提示し、適正な施肥管理を勧めるとともに、施肥設計のために使用者目録で成分表を作成し、全窒素、アンモニア態窒素、硝酸態窒素の他、ケイ酸や鉄の分析項目も追加しています。

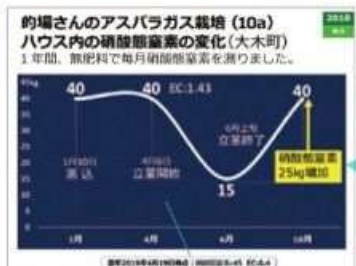
下水道資源が地球環境を救う!

佐賀市の下水道由来肥料を愛用して7年目、的場さんの驚異的な記録

的場さんは、下水道由来肥料・炭素成分・キトサン入り微生物活性液を使用し栽培中。「土に有用微生物が増え活性化してきたので、農業や化学肥料をほとんど使わずに栽培できるようになった。肥料や農業を減らすことは、農業者の大幅な経費と労力が削減でき、持続可能になる。莫大な費用をかけて栽培している農業者が多いアスパラガス生産者が救われる」と的場さん。多くの仲間がこの省エネで環境や生産者にもやさしい循環型農業を伝えている。

大幅な経費削減 努力削減

農業革命



下水道由来肥料を入れ続けると、土に有用微生物が増えて、炭素成分を投入するだけで、硝酸態窒素が回復していることがわかった。