

1. 酸化と還元

☆ 酸化／還元とは？

- ・「電子の争奪」 ⇒ 相手から電子を奪うことを「酸化する」という（逆を「還元する」）
争奪のチャンピオンは「酸素 O₂」
- ・シンプルに・・・ 「酸化」 = 酸素（空気）とくっつくこと（電子をとられる）
「還元」 = 酸素と離れること（電子を返してもらう）
(還元では水素とくっつくこともある)
- ・「燃える」「錆びる」は酸化そのもの

☆ 好氣的／嫌氣的（空気を好き？／嫌い？）

- ・ 空気と触れている
 - ・・・ 酸素に触れる ・・・ 酸化される ・・・ 好氣的な環境
- 空気に触れない（水の中）
 - ・・・ 酸素がない ・・・還元される ・・・ 嫌氣的な環境

例) 鉄 Fe の酸化還元 :

好氣的／酸化的（畑の土） = 赤、嫌氣的／還元的（田の土） = 青

硫黄 S の酸化還元 :

好氣（畑）では硫酸 SO₄²⁻、嫌氣（田）では硫化水素 H₂S

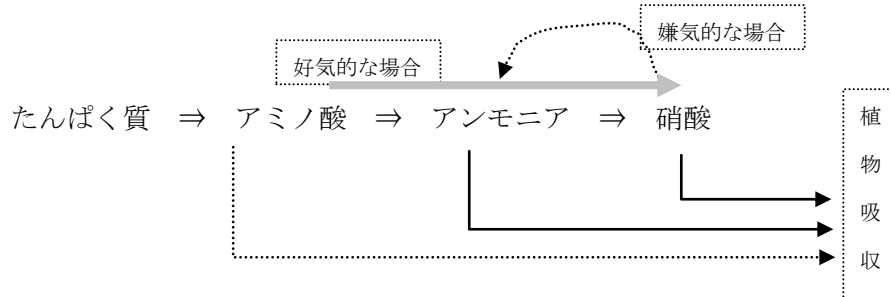
☆ 窒素（無機態）の酸化・還元

- ・ 窒素のイオン形態
 - ⇒ マイナス（硝酸態 NO₃⁻）とプラス（アンモニア態 NH₄⁺）がある
 - <好氣的か嫌氣的かでどちらの形になるか決まる>
- ・ アンモニウムイオンはアルカリ性（高 pH = 7 以上）でガス化する（飛んでなくなる・・・）

2. 様々な形態の窒素（有機態窒素の分解過程）

☆ 有機物の分解と窒素の形態変化

- ・ 「無機化」：微生物による有機物の分解 / 有機態 CHO-N ⇒ 無機態 N



- ・ 分解・・・エネルギーの缶詰 (CHO) を使っていくこと = 発熱をとまなう (→ 堆肥の発熱)

☆ 有機態窒素の無機化特性

- ・ 実際に植物が吸収する窒素の大半は無機態 (とくに硝酸 NO_3^-)

アミノ酸も有用だが、作物依存性が高い / 大量には吸いにくい

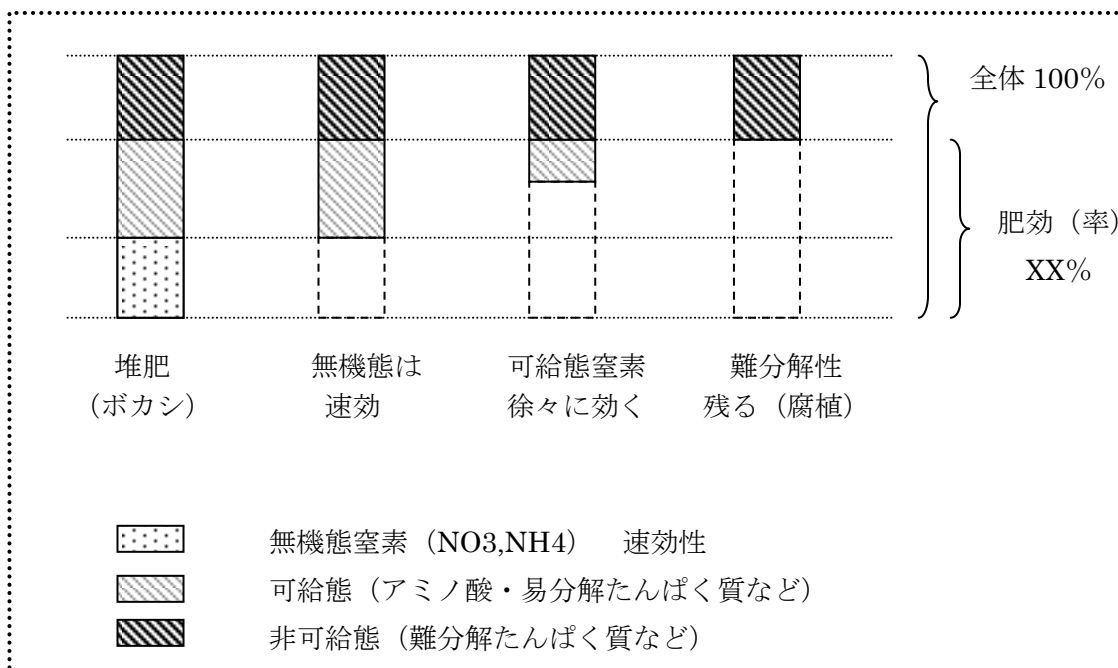
- ・ 施肥で有効活用するためには有機質肥料の無機化特性 (速度) を把握することが重要

⇒ 参考資料 1 (油かすや魚かすの分解特性)

☆ 可給態窒素

「可給態窒素」： 栽培期間 (3 カ月程度) のうちに無機化され植物に吸収される窒素

※速効性の無機態窒素と有機物可給態窒素が全体に占める率を「肥効 (率)」



☆ 微生物による「有機化」と「腐植」の形成 ⇔ 地力窒素の正体は??

- ・微生物のからだもタンパク質できている
 - 微生物数が増えるときには窒素を使う・・・ 肥料の窒素も取り込まれる = 「有機化」
- ・土中の CHO や N を再編成して有機物のかたまり「腐植」を形成 (リグニン+タンパク)
 - 微生物そのものが土のなかの「窒素貯金」(→とりこまれない無機態窒素は流亡する)
- ・地力 = 炭水化物と微生物の量と質で決まる (炭水化物 CHO 投入の重要性・・・エサ)
- ・「窒素飢餓」・・・ 微生物が窒素を奪ってしまい、植物が吸える窒素がなくなること

3. 窒素施肥の実際 ～ 有機態窒素の肥効を予想する

☆ 適正施肥の意義<再確認>

<N と CHO のバランスが重要>

- 病虫害予防： 虫や病気はバランスの悪いところに来やすい
- 食味向上： 窒素過多では細胞が「突貫工事」=炭水化物/繊維不足で日持ち×、エグ味
- 環境への配慮： 硝酸態窒素の流亡 ⇒ 下流域の土壤汚染
- コスト削減： 必要以上に使わないことで肥料代・機械燃料代など低減

☆ 有機肥料と堆肥の違い・・・ どちらも有機物の分解を進めたものだが・・・

- ・肥料は窒素 (N) の供給、堆肥は有機物 (CHO) の供給 を主な目的とする
- ・**C/N 比** : (炭素の割合) ÷ (窒素の割合) : **C/N 10 以下なら肥料、C/N 20 以上なら堆肥**
- ・肥料には分解しやすいものを選ぶ (材料や形状が重要) ポカシ⇒あらかじめ分解を進めた有機物

☆ 有機質肥料を使用する際の留意事項

- ・有機物の分解には温度・季節が大きく影響する・・・ 例) 冬は夏の 3 倍量を投入
- ・土環境 (微生物量・土中水分など) の影響
- ・作物による吸収特性を考える (葉物は先行逃げ切り/大根は後半型・・・など)

4. 有機物を施用する場合の施肥計算について

★ 前提：有機物の肥料分（窒素）の見立てについて

- ・ 有機農業の施肥計算は多くの要素が関係していて複雑
 - ⇒ 施肥量・作柄（圃場・生育状況・病虫害・天気）の記録を残す
 - ～ 「経験と勘」の蓄積をデータ利用によって早めることが大切
- ・ 肥効を想定する
 - … 有機体窒素の分解に影響する要素を知っておく（分解の速さは何でどう変わる？）
 - ⇒ 有機物の種類・成分と状態、季節・温度、土中水分（嫌気好気）、微生物密度
- ・ 施肥計算に頼りすぎない
 - 経験と勘を磨くための材料／完璧さや即効性を求めない ⇒ 続ければ精度が上がる
 - ⇒ 計量をきちんとすると各種文献や試験所などの研究データが利用可能になる

★ 窒素施肥計算の実際

作物別の施肥基準（参考資料4）を参照

⇒ 土壌分析等から現在の窒素量を判断 ⇒ 不足分を施肥

- ・ 土を診る：<ポイント>土中の有効窒素量をどう見積もるか？

ハウスの場合には EC 測定 → (硝酸態窒素 = $EC \times 25$) で判断 (参考資料2)

露地の場合、基本的は前回の施肥履歴と前作の出来から判断

～ 過去数年の堆肥等の投入履歴から地力窒素を推計して加味

植物体硝酸イオン濃度を追肥判断に反映させる「リアルタイム診断」も近年充実

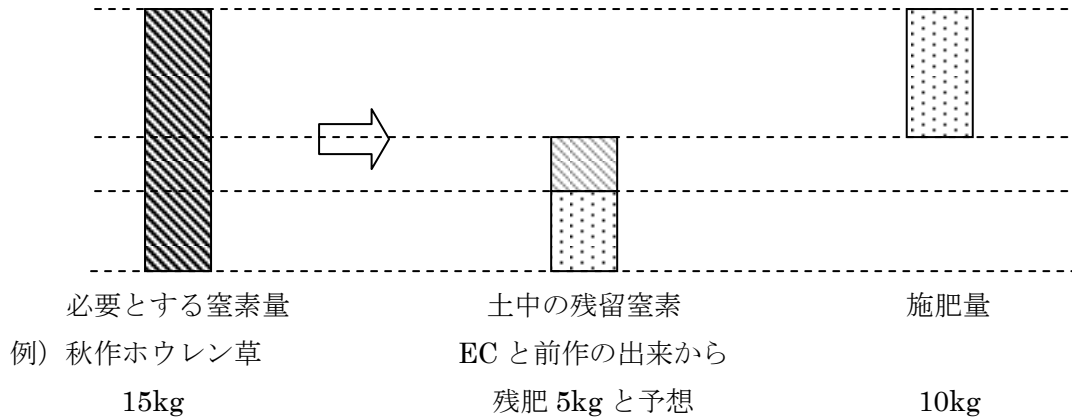
将来的には伊有協が現在取り組んでいる「可給態窒素簡易測定」を活用可能か！？

- ・ 肥料を診る：含有窒素量／肥効率の見積 <肥料、堆肥の無機化データの利用>

有機肥料・堆肥の種類によって「**肥効率**」を設定 (20～80% 化成の20%～100%増)

①施肥する窒素分量を計算（単位は反当たり kg）

$$(A) \text{ 作物の要求量} - (B) \text{ 土壌無機態窒素} + (C) \text{ 可給態窒素} = (D) \text{ 窒素施肥量}$$



②施肥する肥料の量を計算 … 必要量をまかなうために何をどれだけ投入するか

$$(D) \text{ 窒素施肥量} = (E) \text{ 全施肥量} \times (F) \text{ 窒素成分\%} \times (G) \text{ 肥効率}$$

例) 購入肥料オーガニック 813：窒素 8% の場合、例えば 肥効率 80% と見て（反 10kg 必要な場合）

$$10 \div 0.08 \div 0.80 = 156\text{kg} \text{ 投入} \dots \text{反当たり } 20\text{kg} \text{ 袋} \times 8 \text{ 体}$$

< 堆肥や自作ボカシの場合は投入量＝乾物重量は次のように考える >

$$(H) \text{ 施肥量} = (I) \text{ 必要な堆肥の体積} \times (J) \text{ 堆肥比重} \times (100 - K) \text{ 水分率\%}$$

例) 800L マニュアルスプレッダに一杯分の堆肥、比重 0.5g/cm³、水分 30% とすると

$$800 \times 0.5 \times 0.70 = 280\text{kg} \text{ (乾物重量)}$$

※文献などのデータ、例えば鶏糞の窒素濃度が 4% 程度などというのは乾物%が中心
水分が多い堆肥などは乾物換算するかどうかで全く違った計算になってしまうので注意

★窒素施肥設計のために必要なデータ ～ どうやって入手するか（再確認）

A. 作物の要求量

- ・ 県の施肥基準をベースに調整 例) 大根（秋まき）20kg、小松菜（秋まき）12kg
- ・ <参考資料4> ⇒ 詳細は農水省ホームページを参照
- 生産 > 環境保全型農業関連情報 > 都道府県施肥基準等 > 三重県・土づくり・適正施肥の手引き

B. 土壌無機態窒素

- ・ 土壌分析（無機態のみ／ハウスの場合は EC 測定）、追肥の場合は植物体硝酸測定
- ・ 前作の施肥量、作物、作柄、虫や雑草の様子（アブラムシ⇒N かなり多いなど）

C. 可給態窒素 = 地力

- ・ 前作以前の堆肥など有機物投入実績（年単位）、日頃の作柄から判断
- ・ インキュベーション、熱抽出性窒素（伊有協の簡易測定法）などを活用

ア. 肥料・堆肥の窒素成分

- ・ 購入肥料の場合、表示を参照（通常は Wet 成分記述）、堆肥の場合はデータを活用して計算

イ. 肥効（作期のうちにどれだけ効くか、初期か後半か）

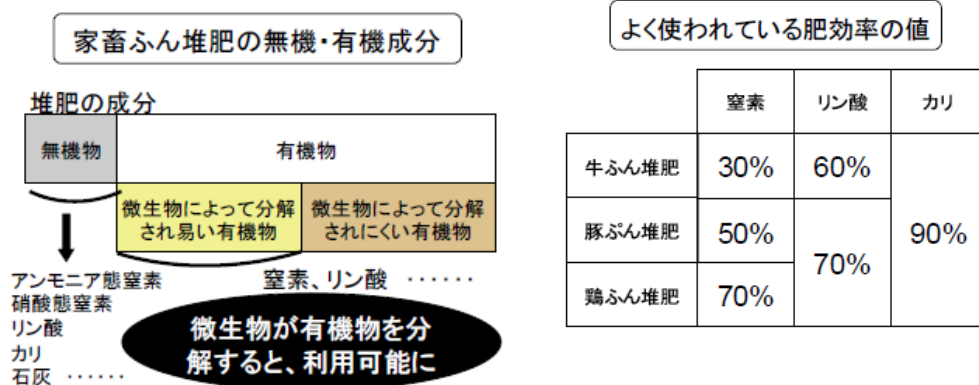
- ・ 購入肥料：販売元に問合せ（70～80%）、堆肥の場合は 20～60%程度と幅広い

ウ. 比重

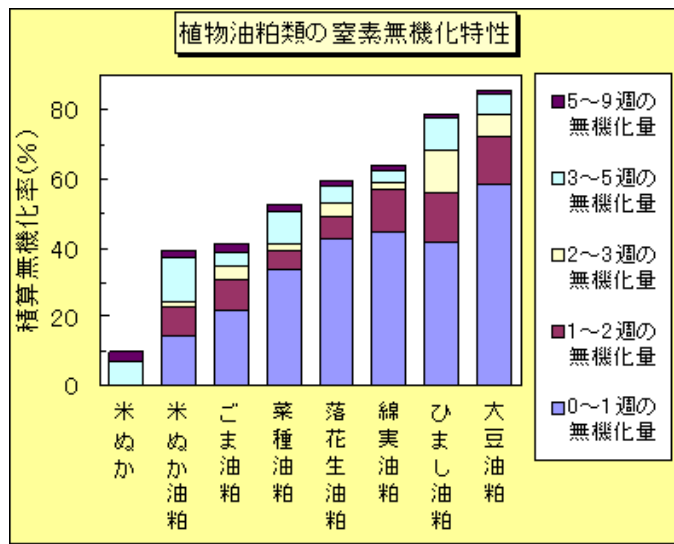
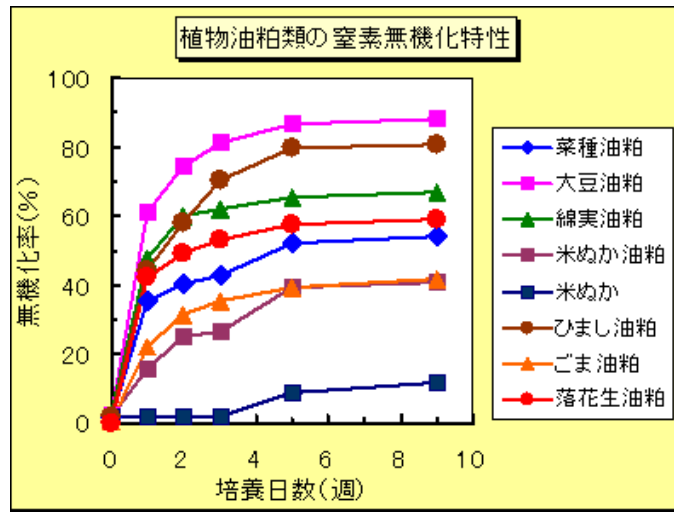
- ・ 体積の分かる容器に入れて重量を測るなどして現場で測定可

エ. 水分率

- ・ 握る、絞るなどして予測、電子レンジ使用などにより測定可能

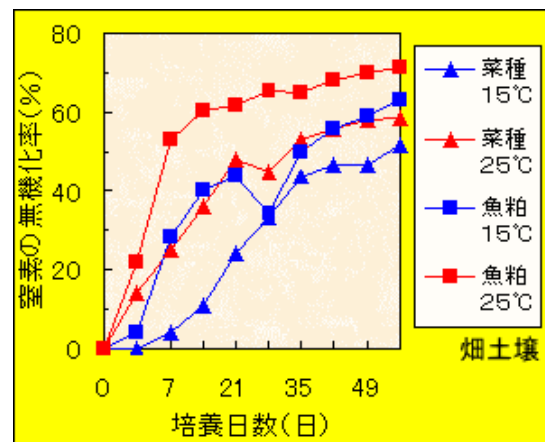


参考資料1 窒素の無機化速度



畑状態での魚粕の分解

3月上旬	10	30
	20	70
	40	71
5月上旬	5	33
	10	63
	20	70
12月上旬	20	57
	40	61
	60	66
	80	87



参考資料 2 EC と硝酸態窒素

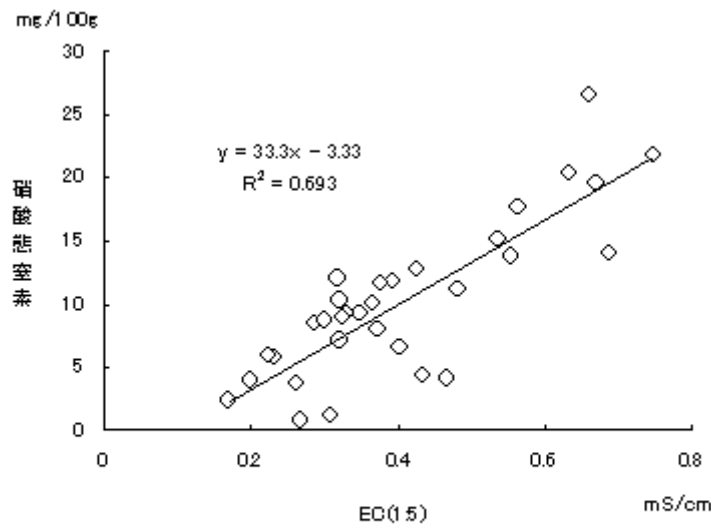


図 2-2 土壌 EC と土壌中硝酸態窒素量の関係
(和歌山普及所 昭和 63 年、露地葉菜類栽培跡)

表 2-15 土壌の EC と作物生育の関係 (愛媛県土づくり資料に加筆)

作物名	最適 EC (1:5) mS/cm			障害発生 EC (1:5) mS/cm		
	粘質土	壤質土	砂質土	粘質土	壤質土	砂質土
キャベツ、ダイコン	1.0 ~ 2.0	0.5 ~ 1.0	0.4 ~ 0.8	2.7 ~ 4.1	1.6 ~ 2.5	1.1 ~ 1.6
ホウレンソウ、カブ、ハクサイ	0.8 ~ 1.5	0.5 ~ 1.0	0.3 ~ 0.7	2.4 ~ 3.6	1.5 ~ 2.2	1.0 ~ 1.5
セロリ、カーネーション	0.5 ~ 1.3	0.3 ~ 0.8	0.2 ~ 0.5	1.8 ~ 2.7	1.0 ~ 1.6	0.7 ~ 1.0
ナス、ネギ、レタス、ニンジン、キウイ、ピーマン	0.5 ~ 1.0	0.3 ~ 0.7	0.2 ~ 0.5	1.7 ~ 2.5	1.0 ~ 1.5	0.7 ~ 1.0
トマト、ハナ	0.4 ~ 0.8	0.3 ~ 0.6	0.2 ~ 0.4	0.8 ~ 1.4	0.9 ~ 1.3	0.6 ~ 0.9
トウモロコシ、キュウリ、メロン、アスパラガス	0.3 ~ 0.8	0.2 ~ 0.5	0.2 ~ 0.3	1.0 ~ 1.5	0.6 ~ 0.9	0.4 ~ 0.6
ソラマメ、タマネギ、スカシユリ	0.3 ~ 0.5	0.2 ~ 0.3	0.1 ~ 0.2	0.8 ~ 1.2	0.5 ~ 0.7	0.3 ~ 0.5
インゲン、イチゴ、テフホウライ	0.2 ~ 0.5	0.1 ~ 0.3	0.1 ~ 0.2	0.7 ~ 1.0	0.4 ~ 0.6	0.3 ~ 0.4

注) 障害発生 EC とは作物の収量や品質が低下する EC 値を表している。

表 2-16 土壌 EC と基肥施用量

土壌 EC	基肥施用量
最適 EC の下限値以下	通常の基肥量を施用する
最適 EC から障害発生 EC の下限	2 ~ 3 割減肥する
障害発生 EC の範囲	基肥施用をやめる (生育状況により追肥時期を判断)
障害発生 EC を越える	除塩を行う

表 2-17 土壌 EC と追肥施用量

土壌 EC	追肥施用量
最適 EC の下限値以下	施肥設計どおり追肥を行う
最適 EC の上限値を越える	追肥は行わない

〈付録5〉 堆肥原料と堆肥の成分量

(単位：%)

原料	種類	水分	全炭素	全窒素	炭素率	リン酸	カリ	石灰(カルシウム)	苦土(マグネシウム)	pH	ナトリウム
牛ふん	生ふん	80.1	34.6	2.19	15.8	1.78	1.76	1.70	0.83	—	—
	ふん主体堆肥	66	33.3	2.10	16.5	2.06	2.19	2.31	0.99	—	—
	木質混合堆肥	65.4	38.5	1.66	24.6	1.59	1.70	1.91	0.75	—	—
豚ふん	生ふん	69.4	41.1	3.61	11.4	5.54	1.49	4.11	1.56	—	—
	ふん主体堆肥	52.7	35.4	2.86	13.2	4.11	2.23	3.96	1.35	—	—
	木質混合堆肥	55.7	36.5	2.11	19.3	3.37	1.84	3.35	1.08	—	—
鶏ふん	採卵鶏乾燥鶏ふん	63.7	48.8	6.18	7.9	5.19	3.10	10.98	1.44	—	—
	ブロイラー乾燥鶏ふん	40.4	31.2	4.00	7.8	4.45	2.97	1.60	0.77	—	—
	ふん主体堆肥	38.5	29.3	2.89	12.5	5.13	2.68	11.32	1.36	—	—
	木質混合堆肥	52.4	33.8	1.93	19.8	4.09	2.14	9.12	0.96	—	—
馬ふん	ふん主体堆肥	60.7	28.6	1.40	20.4	1.60	1.60	2.10	0.80	—	—
	ワラ混合堆肥	28.5	—	1.30	—	1.06	1.91	1.20	—	—	—
	木質混合堆肥	56.8	—	1.37	—	0.46	0.44	3.12	—	—	—
ワラ類	稲ワラ	10	38	0.49	77	0.17	1.88	0.51	0.14	—	—
	オオムギ	10	45.2	0.46	98	0.21	2.18	0.50	0.16	—	—
	コムギ	10	41.2	0.32	129	0.18	1.76	0.36	0.10	—	—
	稲ワラ堆肥	75	28	1.64	18	0.77	1.76	1.99	0.55	—	—
モミガラ	モミガラ	10	34.6	0.36	96	0.16	0.39	0.04	0.04	—	—
	モミガラ堆肥	55	32	1.10	44	1.20	1.00	1.50	0.30	—	—
野菜	キャベツ	85	46.8	3.26	14.3	1.15	4.82	1.73	0.44	—	—
	コマツナ	89	39.3	3.82	10.3	1.82	9.25	3.41	0.74	—	—
	ハクサイ	88	41	3.62	11.3	1.80	11.00	4.70	1.00	—	—

	タマネギ	81	49.7	1.21	41.1	0.50	1.09	1.89	0.32	—	—
	ニンジン	73	48.5	1.55	31.3	0.70	4.16	0.69	0.18	—	—
	ジャガイモ	79	50.4	1.55	32.5	0.65	2.59	0.05	0.19	—	—
	ナガネギ	88	48.4	3.33	14.5	1.00	3.18	1.39	0.46	—	—
	ダイコン(葉)	91	44.3	2.51	17.6	0.58	5.78	3.40	0.37	—	—
	カボチャクズ	76	38.6	2.64	14.6	1.21	4.72	7.18	1.98	—	—
	メロン(茎葉)	83	37.8	2.35	16.1	0.95	4.94	5.44	2.43	—	—
	スイートコーンクズ	73	47.3	1.43	33.1	0.96	3.19	0.49	0.31	—	—
	野菜クズ(キャベツ)堆肥	—	43.8	2.80	15.6	2.80	7.50	1.70	0.80	—	—
オガクズ	オガクズ	30	47.1	0.06	785	0.02	0.13	1.70	0.03	—	—
	オガクズ鶏ふん堆肥	54	35.1	1.53	22.9	4.49	2.69	13.90	1.10	—	—
バーク	バーク	—	50.9	0.33	154.2	—	—	—	—	—	—
	バーク堆肥	60	40.1	1.21	33.1	0.84	0.72	2.72	0.42	—	—
せん定クズ	せん定クズ	14	50.7	0.86	58.9	0.16	0.41	1.54	0.30	—	—
	せん定クズ堆肥	73	40.4	2.03	19.9	0.48	0.88	3.34	0.77	—	—
エノキタケ廃培地	エノキタケ廃培地	66	49.2	2.16	22.8	2.30	3.11	0.43	0.52	—	—
家庭生ゴミ	乾燥型	12	50.8	4.54	11.2	1.37	1.33	8.26	0.31	5.4	0.57
	分解型A	12.2	37.8	3.75	10.1	1.80	1.55	14.92	0.40	7.1	0.86
	分解型B	31	44.1	2.52	17.5	1.15	1.83	6.75	0.36	8.2	0.68
事業系生ゴミ	ホテル	7.5	46.5	4.60	10.1	1.42	1.05	3.57	0.18	5.2	0.78
	スーパー	24.6	33.5	4.09	8.2	1.27	2.11	2.69	0.32	6.1	0.83
	市場	12.8	34.1	3.31	10.3	1.26	4.62	2.56	0.60	7.5	0.53
	レストラン	7.7	42.8	3.63	11.8	1.45	1.09	3.95	0.20	5.6	0.80