

## IV 參考資料

1	肥料、土壌改良資材、有機質資材の特性と利用	395
2	耕地土壌の実態	406
3	土壌の改善対策	409
4	農地における硝酸性窒素による環境負荷の評価事例	417
5	生理障害の特徴と対策	425
6	農業用水水質の特徴	429
7	土づくり・施肥に係る関係法律等	433
8	土壌・水質に係る基準等	450
9	肥料銘柄一覧	460

## IV 参考資料

### 1 肥料、土壌改良資材、有機質資材の特性と利用

(1) 主な肥料の成分量と特性（肥料の種類は公定規格に準ずる、（ ）内は肥料名等）

#### ア 窒素質肥料

肥料の種類	一般的な保証成分量 (%)	特 性
硫酸アンモニア (硫安)	アンモニア性窒素 21.0	1. 速効性 2. 土壌に吸収保持されやすい 3. 生理的酸性
塩化アンモニア (塩安)	アンモニア性窒素 25.0	1. 速効性 2. 土壌に吸収保持されやすい 3. 生理的酸性
硝酸アンモニア (硝安)	アンモニア性窒素 17.0 硝酸性窒素 17.0	1. 速効性 2. 生理的中性
尿 素	窒素全量 46.0	1. 速効性、ただし硫酸アンモニア等よりは若干遅い 2. 分解して炭酸アンモニウムに変化する 3. 生理的中性
石灰窒素	窒素全量 21.0 アルカリ分 55.0	1. 速効性、ただし硫酸アンモニア等よりは若干遅い 2. 施用直後は作物に有害、1～2週間後炭酸アンモニウムに変化し、その後は土壌に保持される 3. 土壌に吸収されやすく流亡し難い 4. 生理的アルカリ性

#### イ リン酸質肥料

肥料の種類	一般的な保証成分量 (%)	特 性
過りん酸石灰	可溶性りん酸 17.5 水溶性りん酸 14.5	1. 水溶性、速効性 2. 固定作用を受けやすく、肥効持続時間は短い 3. 生理的中性
重過りん酸石灰	可溶性りん酸 34.0 水溶性りん酸 31.0	1. 水溶性、速効性 2. 生理的中性
熔成りん肥	く溶性りん酸 20.0 く溶性苦土 15.0 アルカリ分 50.0 可溶性けい酸 20.0	1. く溶性、緩効性 2. 生理的アルカリ性
加工りん酸肥料 (苦土重焼りん)	く溶性りん酸 35.0 水溶性りん酸 16.0 く溶性苦土 4.5	1. 肥効は持続性があり基肥として有効 2. 成分量が高く省力的で苦土肥料としても有効 3. 生理的中性

ウ 加里質肥料

肥料の種類	一般的な保証成分量 (%)	特 性
硫酸加里	水溶性加里 50.0	1. 水溶性、速効性 2. 土壤に保持される 3. 塩化加里より吸湿性が少ない 4. 生理的酸性
塩化加里	水溶性加里 60.5	1. 水溶性、速効性 2. 土壤に保持される 3. 吸湿性が有る 4. 生理的酸性
けい酸加里肥料	く溶性加里 20.0 く溶性苦土 3.0 く溶性ほう素 0.05 可溶性けい酸 30.0	1. く溶性、緩効性

エ 有機質肥料

動植物質の肥料をいい、微量元素を含む緩効的肥料として優れた性質を持ち、土壤の団粒形成を促進し、透水性、保水性等の物理性、生物性の改善にも効果がある。発芽障害、活着障害を起す恐れがあるので、施用後10～14日間を置いて播種、作付けすることが必要である。

肥料の種類	一般的な保証成分量 (%)	窒素全量	りん酸全量	加里全量
魚かす粉末		7.0～8.0	6.0～10.0	
甲殻類質肥料粉末		3.0～4.0	3.0～4.0	
蒸製骨粉		3.0～4.5	20.0～22.5	
なたね油かす及びその粉末		5.3	2.0	1.0
米ぬか油かす及びその粉末		2.5	5.5	1.5
加工家きんふん肥料		3.0～4.5	2.5～6.0	1.0～3.0
乾燥菌体肥料		5.3	2.0	
混合有機質肥料		5.0～7.0	5.0～10.0	1.0

(参考) 黒ボク土における有機質肥料の有機態窒素分解率 (%)

肥料名 埋設期間	魚かす 粉末	乾血	大豆油 かす	なたね 油かす	米ぬか 油かす	豆腐かす	乾燥菌体
2週間	36	37	36	26	14	18	26
5週間	74	67	64	55	41	43	56
約2ヶ月	72	71	66	55	43	47	46
約4ヶ月	76	80	77	66	56	56	64

注) 有機質肥料と土壤を混合したものをポリエチレン製不織布の袋に入れ露地畑の深さ10cmに埋設し、埋設した袋を適宜掘り出し、袋に残存している窒素から分解率を算出した。(露地畑における有機質肥料等の有機態窒素分解率とその推定法・2003年7月1日埋設結果から)

### オ 複合肥料

肥料の三要素のうち二つ以上を含む肥料を複合肥料といい、その代表が化成肥料と配合肥料である。

化成肥料は化学的操作を加えたもの、あるいは肥料の種別の異なる肥料を混合し、造粒、成形などを行った肥料をいい、窒素、りん酸、加里の合計が30%以上のものを高度化成、30%未満のものを低度化成という。また三要素のうちりん酸が多いものを山型、逆に少ないものを谷型、同量のことを水平型に分け、土壌、栽培条件などに合わせて使用される。配合肥料は原料肥料を物理的に混合した肥料である。

一般的な主成分(%) 肥料の種類	窒素全量	りん酸全量	加里全量	備考
化成肥料(高度化成①)	16.0	16.0	16.0	水平型
〃(高度化成②)	8.0	22.0	12.0	山型
〃(高度化成③)	14.0	8.0	14.0	谷型
〃(高度化成④)	14.0	10.0	10.0	L型
〃(低度化成①)	8.0	8.0	8.0	水平型
〃(低度化成②)	6.0	9.0	6.0	山型
〃(有機化成)	8.0	10.0	6.0	有機質窒素4%
〃(NP化成)	16.0	14.0		
配合肥料(有機入り①)	10.0	10.0	10.0	有機質窒素5%
〃(有機入り②)	8.0	10.0	8.0	有機質窒素5%
〃(苦土入り)	5.0	15.0	5.0	苦土3%
〃(BB肥料)	17.0		17.0	NK配合
成形複合肥料	10.0	4.0	4.0	桑用、固形
液状複合肥料(ペースト肥料)	12.0	12.0	12.0	
〃(液肥)	10.0	4.0	8.0	
混合堆肥複合肥料	8.0	6.0	6.0	普肥・堆肥混合
家庭園芸用複合肥料(液肥)	6.0	10.0	5.0	希釈して使用

### カ その他の肥料

石灰質肥料、けい酸質肥料、苦土肥料、マンガン質肥料、ほう素質肥料、微量元素複合肥料、汚泥肥料等、農薬その他の物が混入される肥料、がある。

一般的な主成分(%) 肥料の種類	アルカリ分	苦土	可溶性けい酸	く溶性マンガン
消石灰	65.0			
炭酸カルシウム肥料 (炭酸カルシウム)	53.0			
(苦土石灰)	55.0	15.0		
副産石灰肥料	60.0			
鉍さいけい酸質肥料 (けい酸苦土石灰)	47.0	5.0		
硫酸苦土肥料		15.0	32.0	
鉍さいマンガン肥料				10.0

(2) 緩効性肥料

ア 化学合成緩効性窒素肥料

水に難溶性あるいは微生物に分解されにくい窒素化合物（緩効性窒素）を速効性の窒素質肥料や有機質肥料とともに造粒又は成形した化成肥料である。粒径を変えることなどにより窒素の肥効を制御することが可能で、窒素肥効が持続する。濃度障害が回避できる等の利点を有し、施肥成分の溶脱が少なくなる。

一般的な主成分 (%) 肥料の種類	窒素全量	アンモニア性窒素	可溶性りん酸	水溶性加里
C D U 入り化成	15.0	7.5	15.0	15.0
I B 入り化成	16.0	8.0	10.0	14.0
U F 入り化成	14.0	3.0	18.0	14.0
G U 入り化成	16.0	11.0	3.0	16.0
オキサミド入り化成	10.0	6.0	10.0	10.0

注) CDU：クロトニリデン・ジウレアの略。尿素とアセトアルデヒドの化合物で、窒素を28～31%含有し、微生物分解及び加水分解により肥効を現す。酸化状態で分解が速い。

I B：イソブチリデン・ジウレアの略。尿素とイソブチルアルデヒドの化合物で窒素を28～30%含有し、主として加水分解により肥効を現す。

U F：ウレアホルムの略。尿素とホルムアルデヒドの化合物で、窒素を35～40%含有し、主として微生物分解により肥効を現す。

G U：硫酸グアニル尿素の略。ジシアンジアミドに硫酸を作用させて生産され、他の4種に比べ溶解度は大きい、土壌吸着力が強く緩効性を示す。窒素を32%含有し、微生物分解により肥効を現す。還元状態で分解を速め、水稻では早期栽培、乾田直播栽培等で良い結果が得られている。

オキサミド：シュウ酸ジアミドで、シュウ酸ジエステルにアンモニアを吹き込んで生産される。窒素を31.8%含有し、主として微生物分解により肥効を現す。

イ 被覆肥料

粒状尿素または粒状化成肥料の表面を樹脂等で被覆し肥料成分の溶出を調節した肥料である。被覆材料の種類や被覆の厚さ、溶出調整材の使用によって溶出量や溶出時間を調整できるようになっており作物の吸収に応じた被覆肥料の利用が可能である。

(一般的な主成分 (%))

肥料名	被覆資材	窒素	アンモニア性窒素	りん酸	加里
被覆尿素LPコート	ポリオレフィン系樹脂	41			
被覆尿素エムコート	ポリオレフィン系樹脂	41			
被覆複合ロング・エコロング	ポリオレフィン系樹脂	14	7	11	13
被覆尿素キングコート	ポリオレフィン系樹脂	42			
被覆尿素セラコートR	ポリウレタン系樹脂	43			
被覆配合スーパーSRコート	ポリウレタン系樹脂	20	5.3	14	13
被覆配合日産ゼット	ポリウレタン系樹脂	14	4	14	14
硫黄被覆化成	硫黄とパラフィンワックス	12	5.5	12	12

- LPコート・エムコート（ジェイカムアグリ）：粒状尿素をポリオレフィン系樹脂で被覆したもの。土壤温度 25℃で窒素の 80%が溶出する日数により、リニア型 11 種（20～270 日タイプ）、シグモイド型 14 種（20～200 日タイプ）に分けられる。水稻の全量基肥栽培、果菜類などに使用される。
- ロング・エコロング（ジェイカムアグリ）：りん硝安加里をポリオレフィン系樹脂で被覆したもの。土壤温度 25℃で窒素の 80%が溶出する日数とリニア型・シグモイド型の違いにより 12 種類（40～360 日タイプ）に分けられる。エコロングの皮膜は、光崩壊性と微生物分解性を持つ。主に果菜類に使用される。
- キングコート（エムシー・ファータィコム）：粒状尿素をポリオレフィン系樹脂で被覆したもの。溶出期間により 11 種類（30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130 日タイプ）に分けられる。主に水稻に使用される。
- セラコートR（セントラル化成）：粒状尿素をポリウレタン系樹脂で被覆したもの。溶出期間により、リニア型 5 種類（15, 20, 25, 40, 60 日タイプ）、シグモイド型 6 種類（30, 50, 70, 90, 110, 130 日タイプ）に分けられる。主に水稻に使用される。被覆材は溶出終了後、徐々に光や微生物により崩壊する。
- スーパーSRコート（住友化学）：粒状尿素をポリウレタン系樹脂で被覆したものと化成肥料を配合。関東地方のコシヒカリの生育にあわせた 3 種類（20, 100, 120 日タイプ）の被覆尿素を配合している。
- 日産ゼット（サンアグロ）：粒状尿素をポリウレタン系樹脂で被覆したもの。水稻基肥一発肥料には 3 種類（100, 120, 140 日タイプ）がある。
- 硫黄被覆化成（サンアグロ）：化成肥料を硫黄と生分解性ワックスで被覆したもの。溶出日数が 60、80、110 日タイプがあり、被膜が硫黄なので土中で完全に分解される生分解性肥料である。水稻、野菜等に使用される。

#### ウ 硝酸化成抑制材入り化成肥料

アンモニア性窒素は、土壤中の硝酸化成菌の作用を受けて硝酸性窒素に変化すると流亡しやすくなるので、施用後 3～4 週間は急激な硝酸化成作用を受けないように抑制材を添加した肥料である。水稻の乾田直播栽培の基肥用として、また肥効の持続性が良いので生育期間の長い作物やマルチ栽培の基肥用として使用する。ハウス栽培におけるガス障害の軽減にも効果がある。

一般的な主成分 (%) 肥料の種類	窒素全量	アンモニア性窒素	可溶性りん酸	水溶性加里
S T 入り化成	15.0	5.5	15.0	15.0
ジシアン入り化成	15.0	9.0	15.0	15.0
ASU入り化成	14.0	11.0	18.0	16.0
DCS入り化成	18.0	10.5	10.0	14.0

注) ST：サルファチゾールの略。ごく少量で硝酸化成作用を抑える力があり、肥料への添加量は0.35%である。

ジシアン：ジシアンジアミドの略。窒素を66%含有する。肥料中窒素の10%程度を添加する。ジシアン態窒素自体も分解して肥効を現す。

ASU：アミノチオウレアの略。肥料への添加量は約0.5%である。

DCS：N-2,5-ジクロルフェニルサクシナミドの略。ごく少量で硝酸化成作用を抑える力があり、肥料への添加量は0.3%である。

(3) 土壤改良資材

ア 一般的に土壤の化学性を変える目的で用いられる肥料

肥料名	一般的な主成分(%)	く溶性りん酸	アルカリ分	可溶性けい酸	苦土
熔成りん肥		20	50	20	15
苦土重焼りん		35			4.5
消石灰			65		
炭酸カルシウム肥料			53		
苦土石灰			55		10
けい酸苦土石灰			47	32	5

イ 地力増進法に基づく政令指定土壤改良資材

種類	説明	基準		用途(主な効果)
泥炭	地質時代に堆積した水ごけ、草炭等	乾物100g当たりの有機物の含有量20g以上	有機物中の腐植酸の含有量が70%未満のもの	土壤の膨軟化 土壤の保水性の改善
			有機物中の腐植酸の含有量が70%以上のもの	土壤の保肥力の改善
バーク堆肥	広葉樹、針葉樹の樹皮50%以上を主原料として、牛ふん等の家畜ふん及び尿素等の窒素源を加えて、堆積腐熟させたもの	肥料取締法第2条第2項の特殊肥料に該当するものであること		土壤の膨軟化
腐植酸質資材	石炭又は亜炭を硝酸又は硝酸及び硫酸で分解し、カルシウム化合物又はマグネシウム化合物で中和したもの	乾物100g当たりの有機物の含有量20g以上		土壤の保肥力の改善
木炭	木材、ヤシガラ等を炭化したもの			土壤の透水性の改善
けいそう土焼成粒	けいそう土を造粒して焼成したもの	気乾状態(自然状態で乾燥)のもの1リットル当たりの質量700g以下		土壤の透水性の改善
ゼオライト	肥料成分等を吸着する凝灰岩の粉末	乾物100g当たりの陽イオン交換容量50mg当量以上		土壤の保肥力の改善
パーミキュライト	雲母系鉱物を焼成したもの非常に軽い多孔性構造物			土壤の透水性の改善
パーライト	真珠岩等を焼成したもの非常に軽い多孔質粒子			土壤の保水性の改善
ベントナイト	吸水により体積が増加する特殊粘土	乾物2gを水中に24時間静置した後の膨潤容積5ミリリットル以上		水田の漏水防止
V A菌根菌資材	V A菌根菌をゼオライトに保持させた物	共生率が5%以上		土壤のりん酸供給能の改善
ポリエチレンイミン系資材	アクリル酸・メタクリル酸ジメチルアミノエチル共重合物のマグネシウム塩とポリエチレンイミンとの複合体	質量百分率3%の水溶液の温度25℃における粘土10ポアズ以上		土壤の団粒形成促進
ポリビニルアルコール系資材	ポリ酢酸ビニルの一部をけん化したもの	平均重合度1,700以上		土壤の団粒形成促進

\*土壤改良資材の具体的利用法については「3 土壤の改善対策」の項を参照されたい。

(4) 有機質資材

ア 堆肥

堆肥には稲わら等を発酵させたものもあるが、生産量としては家畜ふん堆肥やバーク堆肥等の木質系の堆肥が主流である。

木質を原料とする堆肥には、バーク（樹皮）以外に、剪定枝や伐採根、枯れ草等を使用したものが多い。これらの堆肥は窒素等の肥料成分が少なく、土作りに適している。一方、建築廃材のチップ等が原料に使用された場合は、鉛等の重金属を含むことがあるので、原料をよく確認することが望ましい。

また、食品リサイクル法の施行により、食品残渣や生ごみ等が主体の堆肥も増加している。原料が多様で成分も異なり、窒素等の肥料成分がかなり多いこともある。また、生ごみを発酵処理機で短期間に処理した堆肥は、有機物の分解が不十分なので、施用後、時間を置いて播種、作付けすることが必要である。

施用の際は「堆肥」及び「動物の排せつ物（家畜や家禽のふん）」には、肥料取締法に基づく品質表示基準により「主要な成分の含有量等」が表示されているので、その値を参考にして施用量を算出する。

(ア) 家畜ふん堆肥

a 肥料成分（現物中）

牛ふん堆肥、豚ふん堆肥及び鶏ふん堆肥の肥料成分を第IV-1-1表にとりまとめた。

第IV-1-1表 畜種別家畜ふん堆肥の肥料成分等（現物中）

畜種 ( )内数は 試料数		水分	窒素全量 (N)	りん酸全量 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	加里全量 (K <sub>2</sub> O)	石灰全量 (CaO)	苦土全量 (MgO)	炭素全量 (C)	C/N比	銅 (Cu)	亜鉛 (Zn)	pH	EC (25℃)
		%	%	%	%	%	%	%	*1	mg/kg	mg/kg	*2	mS/cm
牛(63) (ふん主体)	平均	32.9	1.76	1.77	2.80	2.94	1.33	22.5	12.8	36	207	8.96	6.33
	標準偏差	13.6	0.43	0.52	1.13	1.14	0.48	6.4	2.0	17	114	0.48	2.65
牛(237) (副資材入)	平均	43.3	1.17	1.28	1.86	1.91	0.81	18.0	16.5	24	122	8.74	4.75
	標準偏差	13.7	0.45	0.74	0.90	1.62	0.37	5.1	5.0	17	73	0.66	2.52
豚(33) (ふん主体)	平均	29.4	3.13	5.37	2.02	4.92	1.63	26.5	8.7	209	850	8.19	6.78
	標準偏差	13.3	0.82	1.71	0.47	1.58	0.60	5.8	1.3	102	825	0.61	3.28
豚(78) (副資材入)	平均	39.6	1.90	3.35	1.65	3.22	1.11	20.8	11.9	126	397	8.29	5.32
	標準偏差	14.3	0.84	1.82	1.00	1.66	0.58	6.2	3.0	85	298	0.84	2.88
採卵鶏(50) (ふん主体)	平均	20.2	2.39	5.37	3.42	15.9	1.50	20.7	9.1	54	435	9.05	7.85
	標準偏差	7.5	0.74	1.28	0.69	5.5	0.30	4.0	1.8	25	156	0.55	2.91
採卵鶏(16) (副資材入)	平均	24.3	2.24	3.86	2.22	12.7	1.12	19.8	9.5	56	309	8.63	7.34
	標準偏差	9.6	0.91	1.05	0.97	4.5	0.31	6.2	2.1	61	146	0.51	3.78
養鶏(7)	平均	22.4	3.93	2.93	2.56	3.47	1.00	31.3	8.1	59	280	8.30	7.91
	標準偏差	4.6	0.52	1.06	0.62	0.95	0.30	2.9	1.2	30	63	0.65	3.72

\*1 炭素全量/窒素全量で計算

\*2 測定条件 現物:水=1:10

\*3 データは、「堆肥利用促進ネットワーク」(平成17~29年度)の分析結果から

b 家畜ふん堆肥の腐熟度推定法

家畜ふん堆肥の腐熟度判定法（評点法）<sup>1)</sup>について第IV-1-2表に示した。

その他堆肥の腐熟度判定法にはきり返し時の温度変化を測定する品温評価法、コマツナ種子を用いた発芽試験を行い、その発芽率から腐熟度を判定する発芽試験法等が知られている。<sup>2)</sup>

第IV-1-2表 現地における腐熟度判定基準<sup>1)</sup>

色	黄～黄褐色 (2)、褐色 (5)、黒褐色～黒色 (10)
形状	現状の形状をとどめる (2)、かなりくずれる (5)
臭気	ふん尿臭強い (2)、ふん尿臭弱い (5)、たい肥臭 (10)
水分	強く握ると指の間からしたたる…70%以上 (2) 強く握ると手のひらにかなりつく…60%前後 (5) 強く握っても手のひらにあまりつかない…50%前後 (10)
堆積中の最高温度	50℃以下 (2)、50～60℃ (10)、60～70℃ (15)、70℃以上 (20)
堆積期間	家畜ふんだけ…20 日以内 (2)、20 日～2 ヶ月 (10)、2 ヶ月以上 (20) 作物収集残渣との混合物…20 日以内 (2)、20 日～3 ヶ月 (10)、3 ヶ月以上 (20) 木質物との混合物…20 日以内 (2)、20 日～6 ヶ月 (10)、6 ヶ月以上 (20)
切り返し回数	2 回以下 (2)、3～6 回 (5)、7 回以上 (10)
強制換気	なし (0)、あり (10)

注1：( ) 内は点数を示す

これらの点数を合計し、未熟 (30 点以下)、中熟 (31～80 点)、完熟 (81 点以上) とする

注2：原田(1983)による

(イ) バーク堆肥

堆肥名	成分 (%)				
	水分	窒素	りん酸	加里	C/N
バーク堆肥 (平均)	60 前後	0.62	0.35	0.22	30.1
バーク堆肥協会の品質基準	60±5	0.48 以上	0.20 以上	0.12 以上	35 以下

(ウ) 稲わら堆肥

堆肥名	成分 (%)				
	水分	窒素	りん酸	加里	C/N
稲わら堆肥	70 前後	0.5	0.2	0.6	20 前後

(エ) 生ごみ堆肥 (水分以外は乾物値)

堆肥名	成分 (%)					
	水分	窒素	りん酸	加里	C/N	
生ゴミ堆肥	最大値	59.0	4.61	4.90	2.05	26.3
	最小値	1.4	0.95	0.32	0.27	11.1
	平均値	12.4	2.95	1.30	0.98	17.1
	標準偏差	11.6	0.65	1.14	0.38	4.0
	試料数	82	82	80	74	29

イ ぼかし肥料

有機質の肥料 (油かす、米ぬか、骨粉、鶏ふん等) に化学肥料等の無機質肥料、堆肥等の特殊肥料、粘土、山土を混合して、温度を40～50℃までに抑えて好氣的に堆積発酵させた肥料を、ぼかし肥料といい、有機質発酵肥料とも呼ばれている。

有機質肥料を施用後すぐに作物を播種、栽培すると有機物の分解により生じた酸欠

状態やアンモニア等の有害ガスによって発芽不良、生育障害が引き起こされる。これらの障害を回避するため、あらかじめ好氣的発酵処理を行った肥料といえる。

また、米ぬか等を嫌氣的に発酵させたぼかし肥料もあるが、有機物の分解は不十分なので、施用後10～14日間を置いて播種、作付けすることが必要である。

## ウ 緑肥等

### (ア) 緑肥

作物名	播種期 生育期間 (日)	乾物重 (kg/10a)	C/N比	窒素 (乾物%)	りん酸 (乾物%)	加里 (乾物%)
えん麦	春(60)	450～750	15～20	2.0～2.7	0.6～0.7	3.0～5.0
とうもろこし	春(60)	400～600	15～20	2.0～2.7	0.8～1.0	4.0～5.0
ソルガム	春(60～70)	500～800	30～40	1.4	0.5	3.3
イタリアンライグラス	秋(60)	300～400	35	1.3	0.5	2.7
ギニアグラス	春(50～70)	800～1100	30～35	2.0～2.7	0.5～0.7	5.2～5.4
なたね	夏(70)	500～600	20～25	2	1	5
アカクロバー	春(70)	350～450	13～15	2.6～3.0	0.4～0.6	2.8～3.2
アルファルファ	春(110～130)	300～400	15～17	2.4～2.6	0.3～0.5	2.6～3.0
マリーゴールド	春(60)	120～400	12～15	-	-	-
れんげ	春(180)	800	20	2.4	0.5	1.9

### (イ) 作物残渣

資材名	水分 (%)	窒素 (%)	りん酸 (%)	加里 (%)	炭素率 (%)
稲わら	12.2	0.75	0.26	2.06	70 前後
麦わら	14.5	0.54	0.16	1.24	80 前後

### (ウ) 緑肥等利用上の留意事項

緑肥は土壌の改善に大きな意義を有するが、販売しない作物ではほ場を占有する期間のあること、効果を実感できるまでに継続利用が必要であること、及び堆肥等の他の手法で代替できる面もあること等を踏まえ、導入の意義や手法を十分に整理して取り組むべきである。

- a 緑肥すき込み直後の播種・定植は発芽、生育障害を起こす恐れがあるので、露地では1か月以上、施設では2～3週間経過した後とする。
- b 生育が進むほど炭素率は高くなるが、収量性を考慮すると開花前後に刈り取るのがよい。
- c 稲作では、青刈りとうもろこしやソルガムなど収量性の多い作物を全量すき込むと倒伏する恐れがあるので注意する。
- d イネ科の作物は、炭素率が高く分解が遅いので、すき込み時期（秋がよい）やすき込み方法に注意する。
- e れんげは炭素率が低く分解が速いので、有機質肥料の一種とみなして他の肥料の施用量を減らす。稲作に利用する場合は、れんげのほ場外持ち出しも検討する。

(5) 肥料配合可否

次のような場合は配合をしないで施用することが望ましい。

- ・酸性の肥料とアルカリ性の肥料（化学反応を起こす可能性）
- ・石灰質肥料と堆きゅう肥（窒素分の損失）
- ・一部のりん酸質肥料と石灰質・けい酸質肥料（りん酸の非水溶化）

	硫酸アンモニア	塩化アンモニア	硝酸アンモニア	尿素	石灰窒素	過りん酸石灰	熔成りん肥	苦土過りん酸石灰	重焼りん	硫酸加里	塩化加里	草木灰	魚かす・油かす	骨粉	鶏ふん	堆きゅう肥	緑肥	生石灰	消石灰	炭酸カルシウム	硫酸苦土	水酸化苦土	炭酸苦土	けい酸カルシウム
硫酸アンモニア	△	△	○	×	○	×	○	○	○	○	○	×	○	○	△	△	△	×	×	△	○	×	×	×
塩化アンモニア	△		△	△	×	△	×	△	○	△	△	×	○	○	△	△	△	×	×	△	△	×	×	×
硝酸アンモニア	△	△		△	×	△	×	△	△	△	△	×	×	△	×	×	×	×	×	△	△	×	×	×
尿素	○	△	△		△	△	○	△	○	△	△	△	△	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
石灰窒素	×	×	×	△		×	○	×	△	△	△	○	○	○	○	△	○	○	○	○	×	○	○	○
過りん酸石灰	○	△	△	△	×		△	○	○	○	△	×	○	○	○	○	○	×	×	△	○	×	×	×
熔成りん肥	×	×	×	○	○	△		×	○	○	○	○	○	○	△	△	○	△	○	○	○	○	○	○
苦土過りん酸石灰	○	△	△	△	×	○	×		○	○	△	×	○	○	○	○	○	×	×	△	○	×	×	×
重焼りん	○	○	△	○	△	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	○	△	△	△
硫酸加里	○	△	△	△	△	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○
塩化加里	○	△	△	△	△	△	○	△	○	○		○	○	○	○	○	○	△	△	○	○	○	○	○
草木灰	×	×	×	△	○	×	○	×	○	○	○		○	○	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○
魚かす・油かす	○	○	×	△	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
骨粉	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	△	○	○	○	○	○	○
鶏ふん	△	△	×	△	○	○	△	○	○	○	△	○	○	○		○	○	×	△	○	○	△	△	△
堆きゅう肥	△	△	×	△	△	○	△	○	○	○	△	○	○	○	○		○	×	×	△	○	×	×	×
緑肥	△	△	×	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○
生石灰	×	×	×	△	○	×	△	×	△	△	△	○	○	△	×	×	○		○	○	○	○	○	○
消石灰	×	×	×	△	○	×	○	×	△	○	△	○	○	○	△	×	○	○		○	○	○	○	○
炭酸カルシウム	△	△	△	△	○	△	○	△	△	○	○	○	○	○	○	△	○	○		○	○	○	○	○
硫酸苦土	○	△	△	△		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○
水酸化苦土	×	×	×	△	○	×	○	×	△	○	○	○	○	○	△	×	○	○	○		○	○	○	○
炭酸苦土	×	×	×	△	○	×	○	×	△	○	○	○	○	○	△	×	○	○	○		○	○	○	○
けい酸カルシウム	×	×	×	△	○	×	○	×	△	○	○	○	○	○	△	×	○	○	○		○	○	○	○

○：配合してもよいもの、△：配合したらすぐ施用するもの、×：配合してはならないもの

(6) 微生物資材

日本土壤肥料学会によると、微生物資材とは「土壌などに施された場合に、表示された特定含有微生物の活性により、用途に記載された効果をもたらす、最終的に植物栽培に資する効果を示す資材」と定義され<sup>3)</sup>、地力増進法における「土壌改良資材」の一部として位置づけられている。微生物資材のうち「VA菌根菌資材」のみが、定義に即して明確な効果が認められたことから、土壌改良資材として政令指定されているが、それ以外の資材は指定されておらず、法律の適用外である。そのため、利用者から資材に関する表示が様々で、内容や効果がわかりにくいという指摘を受けていた。

このことを受け、平成 21 年 3 月に全国土壌改良資材協議会微生物資材部において、微生物資材の自主表示基準を設定した。表示項目としては、資材の名称、表示者の名称及び住所、重量又は内容量、原材料の内容（主要含有微生物の属名、菌数、担体の種類）、用途（主たる効果）、製造年月日、有効期限、使用方法等である（第IV-1-3表）。微生物資材の用途としては、生物性の改善、作物の健全化、有機物の分解、養水分吸収促進、作物の活力促進、作物の品質向上、物理性の改善の7項目に集約され、上記の効果を複数記載することができる。これにより内容、効果が分かりやすくなり生産者が利用しやすくなったが、自主表示基準に参加する企業がまだ限られているため（平成 27 年 4 月現在 12 企業）、基準に従った表示がされている資材も少なく、普及上の課題となっている。

有機農業や環境保全農業を推進していく上で微生物資材に対する期待は大きい。しかし、微生物の増殖・定着は環境の影響を強く受けるため、資材の安定した効果が得られにくい、資材の効果は微生物の活動による総合的なもので、そのほとんどが緩効的である等の特徴がある。利用者は資材の特徴、効果の得られる使用方法、効果の程度等に関する情報を取得し、十分理解した上で使用する必要がある。

#### 第IV-1-3表 微生物資材の自主表示例

（表示例）

全国土壌改良資材協議会 微生物資材部会の自主表示	
微生物資材の名称	分解タロウ
表示者の名称及び住所	○ ○株式会社 東京都千代田区○○1丁目○○番○号
重量又は容量	20Kg（20リットル）
原材料の内容	
含有微生物の種類	バチルス属、アスペルギルス属ほか
菌数分析例	バチルス属 10 <sup>7</sup> /g、アスペルギルス属 10 <sup>6</sup> /g 糸状菌 10 <sup>6</sup> /g、放線菌 10 <sup>4</sup> /g、細菌 10 <sup>7</sup> /g セルロース分解菌 10 <sup>5</sup> /g
担体の種類	米ぬか、パーミキュライト、ゼオライト
理化学的特長（分析例）	pH 6.0、水分 30%、全炭素 35%、全窒素 2%、 全りん酸 1%、全カリ 1%
用途 （主たる効果）	有機物分解促進 （イナワラの腐熟促進、水田でのガス発生抑制）
生産年月	平成20年 ○月
有効期間	冷暗所 室温で1年間 有効
使用方法	刈取り後早めに全面散布し耕運
標準施用量	40Kg（2袋）/10a
使用上の注意	排水を良くし、施用後耕運
保管上の注意	直射日光が当たらない冷暗所に保管し、開封後はすみやかに使用してください。

全国土壌改良資材協議会HPより

#### 引用文献

- 1) 原田靖生：家畜ふん堆肥の腐熟度についての考え方：畜産の研究，37，養賢堂（1983）
- 2) 藤原俊六郎：農業技術大系土壌施肥編：各種肥料・資材の特性と利用(1)堆肥づくりの基本と応用 5. 堆肥の品質判定 第7-1，追録18号，61-64，農山漁村文化協会（2007）
- 3) 日本土壌肥料学会誌 67 第 6 号巻末

## 2 耕地土壌の実態

### (1) 農耕地土壌分類の変遷と本書で用いている土壌区分

農耕地土壌分類体系は、第2次世界大戦後に行われた各種の土壌調査事業の成果と、海外の土壌分類体系の進展に伴い変遷してきた。昭和58年に土壌分類に「母材・堆積様式がほぼ同一と考えられ、生成学的にはほぼ同一の断面形態をもった一群の土壌を土壌統とし、これを土壌区分の基本概念とし、かつ基本的な区分および作図の単位とする」という土壌統の概念を導入した「農耕地土壌の分類—第2次案改訂版—」<sup>1)</sup>（以下、第2次案）が提案され、土壌図が作成された。しかし、当てはまる土壌統がない土壌がある、逆に2つ以上の土壌統の定義を満足する土壌がある等の改善を要する点があったことから、平成7年に「農耕地土壌分類第3次改訂版」<sup>2)</sup>（以下、第3次案）が提案された。第3次案の詳細については、「農耕地土壌分類第3次改定版」(<http://www.naro.affrc.go.jp/archive/niaes/sinfo/publish/misc/misc17.html>)を参照されたい。

土壌群とは、土壌分類における基本的なカテゴリーで、主たる生成作用が同じ土壌統の集まりである。第2次案における土壌群のグライ土は、グライ層の出現深度が地表下80cm以内となっているが、第3次案における土壌群のグライ低地土は、同50cm以内となっている。本書では、第2次案に従ってグライ層の出現深度が地表下30cm以内を湿田、30～80cmを半湿田、80cm以下を乾田としている。それぞれの特徴については、「水田の土づくり」（112ページ参照、Ⅲ1(2))を参照されたい。また、本書で用いている土壌区分には、水田及び畑地のそれぞれの地目において、第IV-2-1表のとおり第3次案の土壌群が含まれている。それぞれの土壌群の特性については、千葉県農林技術水産会議技術指導資料「千葉県農耕地土壌の現状と変化」（2018）を参照されたい。さらに、地目別にみた詳細な土壌の実態については、「千葉県の耕地土壌の特徴と土壌管理」（25ページ参照、I3(3))及び「千葉県農耕地土壌の現状と変化」（2018）を参照されたい。

**第IV-2-1表 水田及び畑地において本書で用いた土壌区分に含まれる第3次案の土壌群**

本書で用いた土壌区分	水 田	畑 地
火 山 灰 土	黒ボク土 黒ボクグライ土	黒ボク土 多湿黒ボク土
第 三 系 粘 質 土	グライ台地土 灰色台地土	褐色森林土
有 機 質 土	黒 泥 土 泥 炭 土	黒 泥 土
海成砂質土	グライ低地土 灰色低地土 褐色低地土	灰色低地土 褐色低地土 砂丘未熟土
河成壤質土	グライ低地土 灰色低地土 褐色低地土	灰色低地土 褐色低地土

注)それぞれの土壌区分において、主要な土壌群を示した。

農業環境技術研究所では、平成 23 年に、農地だけでなく日本の国土全域の土壌を対象とする「包括的土壌分類、第 1 次試案」<sup>3)</sup>（以下、包括第 1 次試案）を提示している。この分類を用いることにより、これまでに蓄積した農地土壌に関する知識、データを農地以外の地目を含めた地域的な解析や、最新の国際的な土壌分類との読み替えが容易になることから国際的な活用が可能となる。包括第 1 次試案の詳細については、農研機構 日本土壌インベントリー (<https://soil-inventory.dc.affrc.go.jp/index.html>) を参照されたい。

## (2) 水田の土壌群別の分布状況

平成 29 年の農林水産省の統計によると、千葉県耕地面積 125,700ha のうち、水田面積は 74,000ha である。第 3 次案においてグライ層の出現深度が地表下 50cm 以内にある黒ボクグライ土、グライ低地土及びグライ台地土が 65.8% を占める（第 IV-2-2 表）。これらの土壌は、香取地域の利根川下流沿いや海匝、山武地域の九十九里沖積平野に多くみられる。一方、同 50cm 以下の黒ボク土、灰色低地土、褐色低地土及び灰色台地土は 25.0% を占める。これらの土壌は、夷隅、安房、君津を中心とする房総丘陵に多くみられる。また、客土を行い、排水性が改善された水田もこれらに属することが多い。

**第 IV-2-2 表 水田の土壌群別構成比**

土壌群	泥炭土	黒泥土	黒ボク グライ土	黒ボク土	グライ 低地土
構成比(%)	1.7	7.5	0.6	4.9	64.8

土壌群	灰色 低地土	褐色 低地土	グライ 台地土	灰色 台地土
構成比(%)	18.5	1.5	0.4	0.1

注) 農業環境技術研究所（現農研機構 農業環境変動研究センター）が作成した平成 13 年版デジタル農耕地土壌図<sup>4)</sup>を基に地目別、土壌群別の面積比を計算した。

## (3) 畑地の土壌群別の分布状況

本県の畑地面積は 47,900ha であり、黒ボク土が 73.1% で最も多い（第 IV-2-3 表）。ほとんどが印旛、香取、東葛飾、千葉地域の下総台地に広がっている。次いで、褐色低地土が 14.7% を占め、海匝、山武、長生の九十九里沖積平野に多く分布し、これら 2 つの土壌群で畑地面積の 88% を占める。他に、褐色森林土が安房、夷隅、香取、印旛地域に小面積分布する。

**第 IV-2-3 表 畑地の土壌群別構成比**

土壌群	泥炭土	黒泥土	黒ボク グライ土	黒ボク土	グライ 低地土	灰色 低地土	褐色 低地土	褐色 森林土
構成比(%)	0.2	2.1	0.3	73.1	6.0	2.0	14.7	1.6

注) 農業環境技術研究所（現農研機構 農業環境変動研究センター）が作成した平成 13 年版デジタル農耕地土壌図<sup>4)</sup>を基に、地目別、土壌群別の面積比を計算した。

## 引用文献

- 1) 土壤第3科：75, 農業技術研究所化学部 (1983)
- 2) 農耕地土壤分類委員会:農環研資料, 17, 農業環境技術研究所 (1995)
- 3) 小原ら：農環研報, 29, 農業環境技術研究所 (2011)
- 4) 高田ら：土肥誌, 82, 1, 15-24 (2011)

### 3 土壌の改善対策

#### (1) 土壌別にみた改善対策

特に重要と思われる改善対策を土壌別に示したものが、第IV-3-1表である。ただし、空欄であってもそれぞれの土壌に適した改善対策を実施することが必要である。

第IV-3-1表 土壌別にみた土壌改良対策

項目	火山灰土	第三系粘質土	有機質土	海成砂質土	河成壤質土
有機物の施用 (年間 10a 当たり、増佃注)	2~3t	(水田) 1t以上 (畑地) 2~3t		(乾田~半湿田) 1t (畑地) 2~4t	(水田) 1t以上 (畑地) 2~3t
酸化する防止	pH (H <sub>2</sub> O) 6~7	pH (H <sub>2</sub> O) 6~7	pH (H <sub>2</sub> O) 6~7		
特に不足しやすい 養分の補給 (10a 当たり)	炭カル 100~250kg 熔りん 60~120kg	炭カル 100~250kg	けいカル 150~200kg 転戸さい 200~300kg 熔りん 40~60kg (鉄が少ない場合) 含鉄資材 300~400kg	(水田) けいカル 100~200kg 熔りん 40~60kg 含鉄資材 300kg	
塩基の適正保持 (数値は等量比)	苦土/加里比2以上 石灰/苦土比6以下	苦土/加里比2以上 石灰/苦土比6以下 塩基飽和度 80%			石灰飽和度 50~60% 苦土飽和度 10~20%
作土深の確保	(畑地) 20cm 以上	(水田) 13~15cm (畑地) 20cm 以上	作土下にある黒泥や泥炭を表層に出さないよう客土し、作土を確保する	(水田) 15cm (畑地) 20cm 以上	(水田) 13~15cm (畑地) 20cm 以上
土層改良	(作土下が硬い場合) バンブレード、プラウなどにより深耕する	(強粘質で硬い場合) 心土破砕、トレンチャー耕を行う			
透水性改善	(水田) 明暗きよ施工、 冷湧水の流入防止、用水確保	(水田) 用排水分離、補助暗きよを伴う暗きよ施工	(水田) 用排水分離、暗きよ施工、排水ポンプによる強制排水	(水田) 用排水分離、暗きよ施工	(水田) 用排水分離、暗きよ施工
干ばつ防止	灌水施設			灌水施設 マルチ	灌水施設 マルチ
客土			単位容積当たり土壌量の増加、土壌の強還元防止、地耐力の増大	土壌の強還元防止、作土深・保肥力の増大	
土壌浸食	(風食防止) 冬期間の作物導入、防風林の設置	(水食防止) 傾斜地でのテラス栽培、地滑り防止		(風食防止) 冬期間の作物導入、わらマルチ	

注) 堆肥: 土づくり的效果の高い堆肥 (炭素率30%以上、現物当たり全窒素含有率1%以下)

#### (2) 土壌改善対策の具体的な進め方

##### ア 作土及び有効根群域の深さの確保、土性の改善、ち密層の破壊

作土または有効根群域 (樹園地) を深くする方法としては、客土及び土層改良がある。

##### (7) 客土

客土は、土壌の保肥力向上や物理性改善のために行う。以下に、その例を示す。

〔例1〕陽イオン交換容量 (CEC) を高めるための客土量は、次式によって求められる。

$$\text{客土量} = \frac{\text{改良目標CEC} - \text{土壌CEC}}{\text{客土材CEC} - \text{改良目標CEC}} \times \text{改良する土量 (仮比重} \times \text{面積} \times \text{深さ)}$$

土壌及び客土材の仮比重が 1.0 である場合、10a 当たり深さ 10 cm (1.0×1,000 m<sup>2</sup>×0.1m=100 m<sup>3</sup>=100t) を改良するのに必要な客土量は、第IV-3-2表のとおりとなる。

第IV-3-2表 C E C 6me以下の土壌のC E Cを20meに高めるのに必要な客土量

客土材の C E C	3～6meの土壌に対する客土量 [t/10a]				客土材の種類
	3me	4me	5me	6me	
100me	21.3	20.0	18.8	17.5	ゼオライト
50me	56.7	53.3	50.0	46.7	頁岩、頁岩風化物
30me	170.0	160.0	150.0	140.0	安山岩風化物、第三系粘質土

〔例2〕強粘土質を改良するための砂客土量は、次式によって求められる。

$$\text{砂客土量} = \text{土壌の仮比重} \times \text{改良する面積 (m}^2\text{)} \times \text{改良する土壌の深さ (m)} \\ \times \frac{\text{改良目標とする粘土含量 (\%)} - \text{土壌中の粘土含量 (\%)}}{(100 - \text{客土材の砂含量 (\%)}) - \text{改良目標とする粘土含量 (\%)}}$$

(イ) 土層改良

土層改良は、ち密層など不良な土層が存在する場合や作土下層の土壌の性質が著しく異なっている場合に行う。

a 深耕

有効土層の深い土壌において、作土の物理的・化学的性質の改善を図ることを目的として行う。

b 混層耕

土層中に物理的・化学的に不良な部位がある場合に、その上下の土層を混合することによって改善するときに行う。

c 心土耕

作土下にち密層など不良な土層が存在し、作土と下層土を混合することが不適当な場合に行う。

イ pH矯正

(7) 土壌が酸性の場合

土壌pHの矯正に当たっては、pH緩衝曲線を求めて必要な石灰量を算出することが重要である。pH(H<sub>2</sub>O)を1.0上げるのに必要な苦土炭酸カルシウムの概算量を第IV-3-3表に示した。

第IV-3-3表 深さ10cmの土壌のpH(H<sub>2</sub>O)を1.0上げるのに必要な苦土炭酸カルシウム量

矯正前の pH(H <sub>2</sub> O)	砂 土	砂壤土	壤 土	埴壤土	埴 土	備 考
4.9以下	60	120	200	260	340	・腐植含量10%以上の場合は、施用量を50%程度増やす。
5.0～5.4	40	80	120	160	200	・炭酸カルシウムは同量、消石灰は75%の施用とする。

(イ) 土壌がアルカリ性の場合

土壌の矯正に当たっては、培養法によりpH緩衝曲線を求めて必要な硫黄量を算出する<sup>1)</sup>。硫黄の施用以外の対策としては、pHを調整していない酸性のピートモスの施用、生理的酸性肥料(395 ページ参照)の使用が挙げられる。硫黄等の施用によるアルカリ性の矯正は一時避難的なものであり、長期的には土壌中の塩基バランスを考慮しながら塩基(石灰、苦土、加里)を含む資材・肥料の施用を控えることが重要である。(河川改修に伴って搬出された底質土を水田に客入した場合にみ

られる水稻のアルカリ障害については428 ページを参照)

#### ウ 陽イオン (石灰、苦土、加里) の補給

陽イオンの補給は、それぞれのバランスを考慮して行う必要がある。そのために、各陽イオンの最適飽和度を基準として土壤改良資材の施用量を決定する。

〔例〕陽イオン交換容量 20me/100 g、交換性石灰含量 150 mg/100 g、交換性苦土含量 50 mg/100 g、交換性加里含量 60 mg/100 g の土壤の場合、これを石灰飽和度 50%、苦土飽和度 20%、加里飽和度 10%に改良するには、

目標飽和度に必要な各陽イオン含量は、土壤 100 g 当たり  
$$\frac{\text{各陽イオンの 1 me 相当量 (mg)} \times \text{陽イオン交換容量 (me)} \times \text{各陽イオンの飽和度 (\%)}}{100}$$

であるので、石灰  $28 \times 20 \times 50 / 100 = 280$  mg

苦土  $20 \times 20 \times 20 / 100 = 80$  mg

加里  $47 \times 20 \times 10 / 100 = 94$  mg と計算される。

したがって、改良に必要な成分量は、土壤中に不足する分を補えばよいので、

石灰  $280 - 150 = 130$ mg

苦土  $80 - 50 = 30$ mg

加里  $94 - 60 = 34$ mg となる。

施用資材としては、苦土炭酸カルシウム (石灰 32%・苦土 15%含有)、炭酸カルシウム (石灰 53%含有) 及び硫酸加里 (加里 50%含有) を用いるとよい。

資材施用量の計算は、まず土壤 100 g 当たりについて行い、次いでこれを 10 アール当りに換算する。なお、計算に当たっては、苦土から行うとよい。

必要な苦土炭酸カルシウム量  $30 \times 100 / 15 = 200$ mg

これに含まれる石灰量は、 $200 \times 32\% = 64$ mg であるから、残りの 66 mg を施用すればよく、必要な炭酸カルシウム量  $66 \times 100 / 53 \approx 125$ mg

必要な硫酸加里量  $34 \times 100 / 50 = 68$ mg となる。

10 アール当りに換算すると、深さ 15 cm の土壤を改良する場合、10 アール当たりの土量は  $0.15\text{m} \times 1,000 \text{ m}^2 = 150 \text{ m}^3$ 、土壤の仮比重を 0.67 とすると重量にして  $150\text{t} \times 0.67 \approx 100 \text{ t}$  となるので、

苦土炭酸カルシウム施用量  $200 \text{ mg}/100 \text{ g} \times 100 \text{ t} / 10 \text{ a} = 200 \text{ kg}/10 \text{ a}$

炭酸カルシウム施用量  $125 \text{ mg}/100 \text{ g} \times 100 \text{ t} / 10 \text{ a} = 125 \text{ kg}/10 \text{ a}$

硫酸加里施用量  $68 \text{ mg}/100 \text{ g} \times 100 \text{ t} / 10 \text{ a} = 68 \text{ kg}/10 \text{ a}$  と計算される。

#### エ リン酸の補給

畑地の可給態りん酸含量を高めるのに必要なりん酸質資材の施用量は、次のようにして求められる。

〔例〕可給態りん酸含量が 2 mg/100 g の土壤の場合、これを 10 mg/100 g に高めるには、熔りん (りん酸 20%含有) を用いるとき、その必要量は  $8 \text{ mg} \times 100 / 20 = 40$ mg である。

したがって、深さ 15 cm の土壤を改良する場合、10 アール当たりの土量は  $0.15\text{m} \times 1,000 \text{ m}^2 = 150 \text{ m}^3$ 、土壤の仮比重を 0.67 とすると重量にして 100 t となるので、熔りんの施用量は  $40 \text{ mg}/100 \text{ g} \times 100 \text{ t} / 10 \text{ a} = 40 \text{ kg}/10 \text{ a}$  と計算される。

しかし、施用りん酸の一部は土壤に固定されるので、土壤のりん酸吸収係数を考慮してその有効度を 12.5% とすると、実際の施用量は  $40 \times 100 / 12.5 = 320 \text{ kg}/10 \text{ a}$  となる。

土壤中の可給態りん酸を 3 ~ 10 mg/100 g 高めるのに必要なりん酸質資材 (りん酸 20%含有) の施用量を土壤のりん酸吸収係数を考慮して計算した例が、第IV-3-4表である。

第IV-3-4表 リン酸質資材の使用量早見表

(kg/10a)

りん酸吸収係数	改良に必要な量 (りん酸、mg/100g)							
	3	4	5	6	7	8	9	10
2,000以上	180	240	300	360	420	480	540	600
1,000~2,000	120	160	200	240	280	320	360	400
1,000以下	60	80	100	120	140	160	180	200

注1) 改良する土壌の深さ15cm、仮比重0.67、10アール当たり乾土量100tの場合。

2) リン酸質資材の有効度は、りん酸吸収係数2,000以上の場合は8.3%、1,000~2,000の場合は12.5%、1,000以下の場合は25%とした。

オ けい酸の補給

水田の可給態けい酸含量(目標値 10~25mg/100g)を高めるのに必要なけい酸質資材施用量の計算は、前述のりん酸に準じて行う。ただし、施用けい酸は、100%可給態になると考えてよい。しかし、正確には灌漑水から供給されるけい酸及び玄米生産によって収奪されるけい酸を考慮する必要があるため、実際の不足量を把握することは困難である。したがって、これまでの多くの試験結果から、けいカル100~200kg/10aの連年施用か200~300kg/10aの隔年施用を行うようにする。なお、近年利用率の高いけい酸質資材が開発されており、追肥としての利用も可能となっている(122ページ参照)。

カ 土壌の仮比重の求め方

土壌改良をしようとするときには、土壌の仮比重が必要となることが多い。そこで、土壌の仮比重の求め方を以下に示す。

現地において土壌構造を壊さないようにして100ml容積の試料用円筒で土壌を採取する。105℃で乾燥して、放冷後重量を測定する。仮比重は、次式によって求められる。

$$\text{土壌の仮比重} = \text{乾土重量 (g)} / \text{採取容器の容積 (ml)}$$

なお、千葉県耕地土壌図<sup>2)</sup>に付属されているCD-ROMを用いた場合、土壌統を入力することにより仮比重を容易に算出することができる。

(3) 農地造成時及び基盤整備時の対策

ア 実施前の対策

農地造成または基盤整備を行うに当たっては、対象となる場所の地形(特に傾斜)、土層(実際に処理しようとする深さまで)、土壌(特に表土となる部位の理化学性)、水利及び気象条件を事前に調査することが必要である。

イ 実施後の対策

農地造成または基盤整備を実施した後に特に問題となりやすい点は、次のとおりである。

(ア) 水田

a 土砂の移動による地力差(盛り土部と切り土部)

傾斜のあるほ場ほど切り盛り工事によって土砂が大量に移動する。盛り土部では、肥沃な作土が入るので、窒素施用は極力控え生育をみながら追肥で対応する。切り土部では、下層の養分の少ない土壌が表面に出てくることが多いので、有機物や土壌改良資材を積極的に施用し、併せて窒素及びりん酸の施用量を20~30%増やす。なお、その際窒素は分施とする。

b 田面の均平度

造成後は、一筆のなかでも均平むらが見られる場合がある。深水になる所では、地温が上がらないため苗の活着が不良になったり分けつが抑制されたりする。対策としては、表土を均平にする場合と心土基盤を均平にする場合がある。

### c 透水不良

比較的浅い部位でのグライ層の存在や基盤整備時の作業機械の圧密による土壌構造の悪化が、透水不良の原因となる。グライ層は、酸化させることによって改善が図られるので、地域全体の排水施設を十分に稼働させて土壌を乾燥させる。圧密された部位は、心土破碎などの機械的手段によって破壊し土壌構造の発達を促す。

### d 漏水

基盤整備時にすき床層が壊され、漏水がひどくなることがある。漏水田では、水管理に多大の労力を要するほか養分の溶脱など地力の消耗が著しい。対策としては、心土締めやベントナイトなどの優良粘土の客土が挙げられる。

## (4) 畑地

農地造成法としては、山成畑工法や改良山成畑工法がよく用いられる。

山成畑工法は、傾斜が 15 度程度までの緩やかな山林原野をほぼ地形なりに開墾するもので、造成面積に対する作付け面積の割合が高く、現況の表層部が作土として利用できることが特徴である。したがって、造成後の土壌的な問題は少ない。

改良山成畑工法は、複雑な地形の傾斜地を切り盛り工事によって整形するもので、地形に左右されず営農計画に基づいた緩傾斜のほ場を造成することができる。この場合、特に切り土が深くなる部分の下層土が耕土として適しているかどうかの調査を行う必要がある。

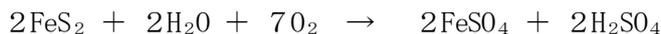
## (4) 酸性硫酸塩土壌の特徴と改良対策

### ア 酸性硫酸塩土壌の特徴

従来下層にあって空気に触れることが少なく化学的に安定していた土壌が、造成などによって表面に現れたため酸化されて強い酸性を示し、作物が生育できなくなる場合がある。これは、パイライトなどの硫化物が酸化されて強酸性の硫酸塩に変化するためである。このような土壌は、黒泥土や泥炭土などの有機質土、湖沼及び河川底質土のほか台地・丘陵地下部のシルト（微砂）を主体とする青灰色の泥の堆積物層に多くみられる（河川改修に伴って搬出された底質土を水田に客入した場合にみられる水稻の酸性障害については 427 ページ参照）。

### イ 酸性物質（硫酸）生成のメカニズム

以下に示す過程を経て、硫化物が酸化されて強酸性の硫酸となる。



### ウ 酸性硫酸塩土壌の簡易な識別法

過酸化水素水を用いて強制的に土壌を酸化させその土壌 pH を測ることによって酸性硫酸塩土壌を識別する方法は、次のとおりである。

- ① 土壌試料として、乾土 1 g（生土で 2 g）を 200ml ビーカーに採取する。
- ② 駒込めピペットを用いて注意深く過酸化水素水（31%含有）10ml を加える。
- ③ ビーカーを時計皿でふたをしてウォーターバス上で加温する。
- ④ 2～3 分反応させ、再び②～④の操作を繰り返す。この時点までに激しく白煙を生じた場合は、酸性硫酸塩土壌であるといえる。
- ⑤ 全量を 100ml メスフラスコに移し、定容する。
- ⑥ No.2 ろ紙を用いてろ過し、ろ液の pH 及び EC を測定する（酸性硫酸塩土壌の目安は、pH 4.5 以下、EC 1.0mS/cm 以上である）。
- ⑦ これとは別に、常法による pH 及び EC を測定する。
- ⑧ 硫酸根があるかどうかは、測定終了後 5% BaCl<sub>2</sub> 液を 1 ml 程度加えたときに白色沈殿を生ずるか否かによって確認する。

### エ 酸性硫酸塩土壌の改良対策

客土などによって深さ 1 m 以下に埋没させることが有効であるが、小面積の場合は

炭酸カルシウム（炭カル）を用いて中和する。炭カル施用量のめやすは第IV-3-5表のとおりである。

第IV-3-5表 土壌pHを矯正するための炭カル施用量のめやす

土壌pH	炭カル施用量 (kg/10a)
5.0	200
4.5	400
4.0	800

注) 作土20cmのpHを6.0とするのに必要な炭カル施用量。

(5) 水稲における土壌管理とカドミウムの吸収

国際的な穀類や豆類、野菜に関するカドミウムの基準値の検討は、国際食品規格委員会（コーデックス委員会）において進められ、平成18年には精米の基準値を0.4mg/kgとする案が採択された。それまで国内における水稲のカドミウム濃度は、食品衛生法に基づき玄米で1.0mg/kg未満と定められていた。コーデックス委員会の採択を受け、この基準値を見直す作業が進められ、平成22年に国内の玄米及び精米中のカドミウムの基準値がいずれも0.4mg/kg以下へと改正された。

水稲以外では、ダイズやホウレンソウのカドミウム吸収が多いことが明らかにされている。農林水産省では、すでに水稲と大豆に関するカドミウム吸収抑制技術マニュアルを作成しており、本県においても水稲に関するマニュアルが作られた。水稲では、出穂前後を常時湛水に保つことによって、玄米のカドミウム含量を低く抑えることができる。一方、ダイズでは、マニュアルに子実にかドミウムを蓄積しにくい品種が示されているが、土壌管理による明らかな抑制対策は確立されていない。今後もダイズやホウレンソウをはじめとして、カドミウム吸収のリスクが高い作物を明らかにし、吸収抑制技術の開発を進めることが望まれている。

また、平成26年度のコーデックス委員会において、有害物質の一つである無機ヒ素の玄米中濃度の基準を0.35mg/kg以下とする案が採択された。今後国内におけるヒ素の基準策定が進められることも考えられ、本項で解説するカドミウム対策と併せた吸収抑制技術の開発が進むことが期待される。

ここでは、吸収実態が明らかとなっているとともに吸収抑制対策が確立されている水稲のカドミウムについて、土壌管理とカドミウム吸収との関係を以下に解説する。

ア 水田土壌中におけるカドミウムの動態

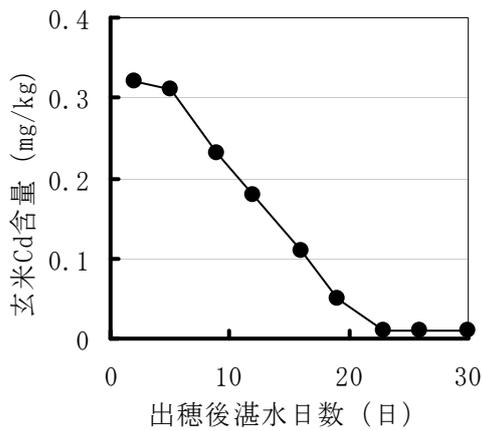
国内の非汚染地域における水田土壌中のカドミウム含量（0.1M塩酸抽出）は0～0.7mg/kg、平均で0.28mg/kgである。これに比べて、本県水田の平均は0.12mg/kgで、低い状況にある。

水田土壌中のカドミウムは、土壌の酸化・還元の状態によって存在形態が変化する。水田が湛水に保たれ、酸素が少ない還元状態では、硫化カドミウム（CdS）となり、水に対する溶解性が著しく低下する。一方、中干しなどで酸化になると、硫酸カドミウム（CdSO<sub>4</sub>）に変化し、溶解性が高くなる。このように、酸化・還元の状態が存在形態が変わるため、水稲によるカドミウムの吸収量は、水田の水管理に大きく左右される。また、カドミウムは、土壌のpHが上昇して、アルカリ性に近づくと水に溶けにくくなり、逆にpHが低くなると溶解度が高まる。

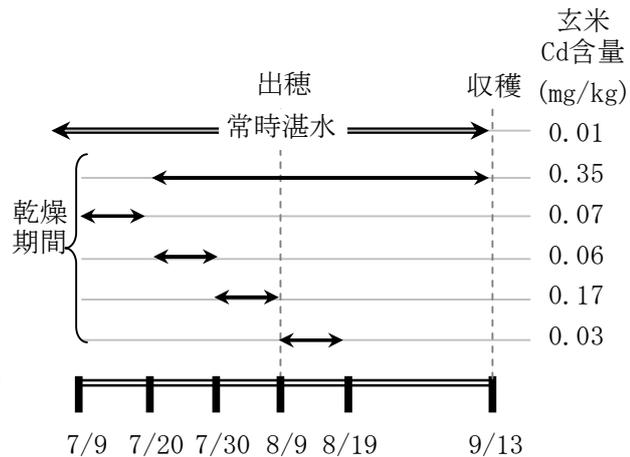
イ 水田の水管理と水稻のカドミウム吸収

ポット試験において、出穂直後から収穫期までを畑状態に近い水管理で、土壌を常時酸化的に保つと、玄米のカドミウム含量は高くなる。これに比べて、出穂後10日間を常時湛水で還元条件に保つと、カドミウム含量はほぼ2/3になる。同様に2週間湛水にすると1/2に、3週間では1/10以下にまで低くなる（第IV-3-1図）。

さらに、乾燥の時期が玄米のカドミウム含量に及ぼす影響を調査した。出穂前30～20日間を酸化的条件とした場合には、玄米のカドミウム含量は0.07mg/kgとなり、20～10日間では0.06mg/kg、10～0日間では0.17mg/kg、出穂後0～10日間では0.03mg/kgとなる（第IV-3-2図）。このように、玄米のカドミウム含量は、出穂10日前から出穂期までの期間における乾燥の影響を強く受ける。



第IV-3-1図 出穂後湛水日数と玄米のカドミウム含量との関係  
(ポット試験、出穂前は常時湛水)



第IV-3-2図 乾燥期間と玄米カドミウム含量との関係 (ポット試験)

ウ 土壌改良資材の施用によるカドミウム吸収抑制効果

ポット試験において、熔リンや炭カルを40g (2,000kg/10a相当) 施用することによって、玄米のカドミウム含量は低く抑えることができる（第IV-3-6表）。新潟県では、熔リンや珪カルなどを10aあたり250～500kg施用することによって、土壌のpHが7近くに上昇し、玄米のカドミウム含量が60～70%低下することを明らかにしている（第IV-3-3図）。

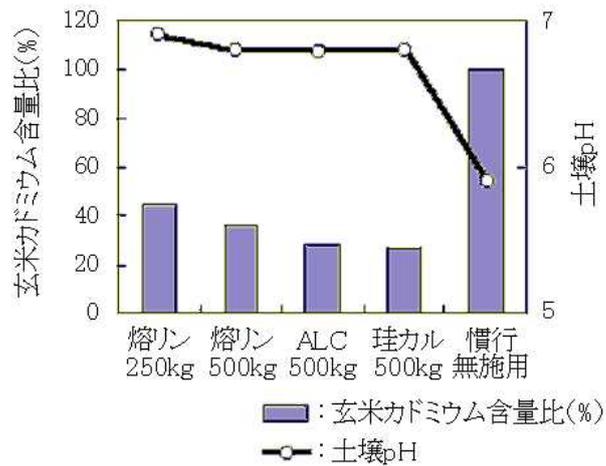
第IV-3-6表 品種及び添加資材と玄米カドミウム含量との関係

品種	水管理	資材施用	玄米Cd含量 (mg/kg)
コシヒカリ	湛水	無	0.01
コシヒカリ	乾燥	無	0.29
コシヒカリ	乾燥	熔リン施用	0.01
コシヒカリ	乾燥	炭カル施用	0.02
初星	乾燥	無	0.20

注1) ポット試験による。

2) 湛水以外は出穂後乾燥。

3) 熔リンと炭カルは40g/ポット施用。



第IV-3-3図 土壌改良資材の施用と玄米のカドミウム含量<sup>2)</sup>

引用文献

- 1) 千葉県農林水産技術会議技術調整部会土壌・肥料分科会：土壌、水質及び作物分析診断, 16～20, (2005)
- 2) 千葉県農業試験場・千葉県農林水産部耕地課：新版千葉県耕地土壌図 (2001)
- 3) 新潟県農業総合研究所：ホームページ：http://www.agr.pref.niigata.jp/nourinsui/seika03/hukyu/17/030117.html

## 4 農地における硝酸性窒素による環境負荷の評価事例

一部の井戸水や河川水から、環境基準値を超える硝酸性窒素が検出され、その一因が畑地における施肥や有機物施用にあると指摘されている。このような状況から、農地から流出する硝酸性窒素を低減していくことが求められているが、負荷の削減対策を立案する際には、あらかじめその実態を評価する必要がある。

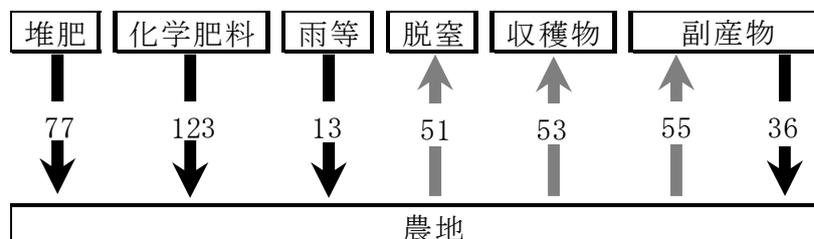
ここでは、(1)窒素の投入量と持ち出し量の差である農地で余剰となる窒素量から環境負荷を評価する方法、(2)実際のほ場における窒素負荷のモニタリング法及び(3) 環境負荷を面的評価するための土壌図等のデジタル情報の活用方法を紹介する。

### (1) 農地で余剰となる窒素量から環境負荷を評価する方法

既存の統計データ等を利用して農地における養分の出入りを明らかにする養分収支調査によって、農地からの養分の流出量が推定できる。さらに、その量が問題となるレベルであれば、どこに原因があるのかを把握し、問題解決に向けた情報を提供することが可能となる。三島(1999)<sup>1)</sup>は、この養分収支調査法で農地に関する窒素の収支を試算し、環境負荷のリスクを示す指標として、農地で余剰となる窒素量を明らかにしている。この余剰窒素量は、肥料、堆肥、降雨及びほ場にすき込まれる収穫副産物による投入窒素量と、収穫物、搬出される副産物及び脱窒による持出窒素量の収支合計で算出される。

この方法による本県の農地における面積当たりの余剰窒素量は、県全体では89kg/haであり(第IV-4-1図)、作物別では野菜が478kg/haと多く、市町村別では-13kg/ha～332kg/haと大きな差がある(八槇ら、2003)<sup>2)</sup>。さらに、すべての余剰窒素が硝酸性窒素となり浸透水に均一に溶出し、浸透水量が降水量の1/2の750mmであると仮定すると、農地における浸透水の平均硝酸性窒素濃度は12mg/Lになると推定されている。

このように、農地の浸透水中の硝酸性窒素濃度が地下水の環境基準値を上回ることが推測されているが、堆肥の窒素がすべて硝酸性窒素にはならない。また、黒ボク土畑では、土壌浸透水中の硝酸性窒素濃度が下層において脱窒で減少することが明らかされている<sup>3)</sup>ので、余剰窒素量が地下水への窒素負荷量と等しくはならないと考えられる。しかし、本法による余剰窒素量が多い作物あるいは作付体系では、地下水への窒素負荷を低く抑える減肥技術を積極的に取り入れる必要があると判断される。



$$\text{余剰となる窒素 (投入量 - 持出量)} = 89$$

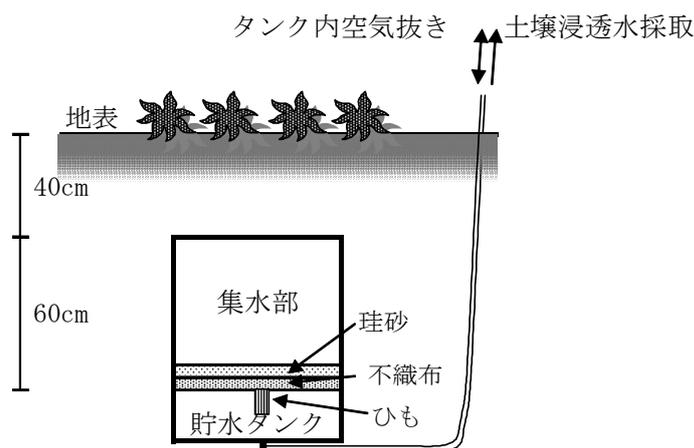
第IV-4-1図 千葉県農地における面積当たりの窒素の投入量及び持出量、余剰となる窒素量 (kg/ha)<sup>2)</sup>

## (2) 実際のほ場における窒素負荷のモニタリング法

農地における窒素負荷の実態や改善後の効果を把握する上で、実際のほ場におけるモニタリングは重要である。従来、こうした物質移動の測定にはコンクリート等の枠で覆われたライシメータが使用されてきた。しかし、農業機械により耕起される実際のほ場では、地表に露出する枠が障害となり使用できなかった。ここでは、実際のほ場において使用することができる埋設型ライシメータ、ポーラスカップ及びECセンサの概要と測定事例を紹介する。

埋設型ライシメータは、ステンレス製で上方が開放した箱型の集水部と、その下部の貯水タンクから構成されている(第IV-4-2図)。集水部は、現地の土壌が充填され、底部の珪砂と不織布により貯水タンクと仕切られている。さらに、不織布には、土壌浸透水が貯水タンクに速やかに落下するようひもが接続されている。設置の際の留意点としては、ほ場の地下水位が高い場合、側方からの流入が多くなるため、貯水タンクの底部(厳密にはひもの下端)を地下水位より高くすることが挙げられる。

次に、この埋設型ライシメータを用いたモニタリングの事例を紹介する。モニタリングは、2004年6月23日～2008年2月19日まで千葉県農業総合研究センター(現千葉県農林総合研究センター)の露地畑(表層腐植質黒ボク土)において実施した。施肥窒素量を変えたときの土壌浸透水中の硝酸性窒素濃度と溶脱量を把握するため、県施肥基準(平成16年版)に準じた標準区と50%削減した半減区を設けた。作物は6～8月にコマツナを、11～3月にホウレンソウを栽培した(第IV-4-1表)。土壌浸透水の採取には、埋設型ライシメータ(集水部面積 $0.18\text{ m}^2$ ( $30\text{ cm} \times 60\text{ cm}$ )、壁高 $60\text{ cm}$ 、大起理化社製DIK-6900(COMH-9))を用いた。埋設型ライシメータは、集水部上端が試験区中央の地表下 $40\text{ cm}$ に位置するよう設置した(第IV-4-2図、第IV-4-3図)。土壌浸透水は週1回採取し、水量と硝酸性窒素濃度を測定した。



第IV-4-2図 埋設型ライシメータの概念図

第IV-4-1表 試験区の概要

試験区	内 容
標 準	施肥窒素量 コマツナ：12kg/10a、ホウレンソウ：25kg/10a
減 肥	標準区の50%減肥

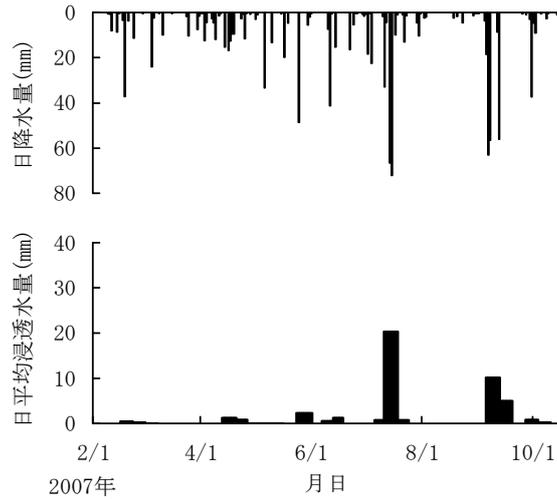


第IV-4-3図 埋設型ライシメータの設置状況

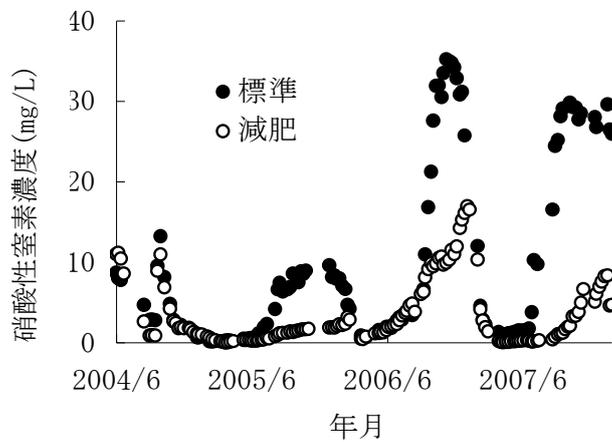
その結果、モニタリングの期間に採取された土壌浸透水量は標準区 2,667mm、減肥区 3,020mm であり、平均 2,844mm であった（第IV-4-2表）。これは、降水量 5,346mm のおおむね半量に相当する。また、日平均浸透水量は日降水量に対応して増減した（第IV-4-4図）。土壌浸透水中の硝酸性窒素濃度を見ると、減肥区の硝酸性窒素濃度は標準区より低く（第IV-4-5図）、また、各作の施肥に対応したピークが観察された。モニタリング期間に溶脱した硝酸性窒素量は、標準区の 29.1kg/10a に対して減肥区では 12.5kg/10a と 1/2 以下に減少した（第IV-4-6図）。土壌浸透水中の硝酸性窒素の平均濃度（試験期間に溶脱した硝酸性窒素量/浸透水量）は、標準区の 10.9mg/L に対し、減肥区では 4.1mg/L に低下した。

第IV-4-2表 降水量と採取された土壌浸透水量

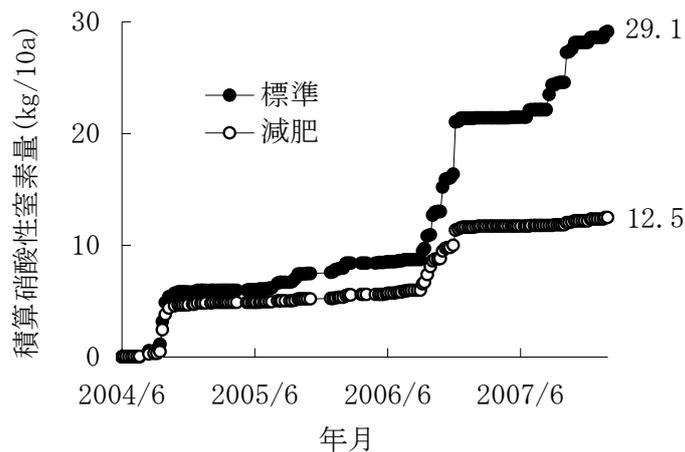
降水量 (mm)	土壌浸透水量(mm)		平均 (mm)
	標準	減肥	
5,346	2,667	3,020	2,844



第IV-4-4図 日降水量と日平均浸透水量の一例（標準区、2007/2/1～10/16）



第IV-4-5図 減肥が土壤浸透水中の硝酸性窒素濃度に及ぼす影響



第IV-4-6図 減肥が硝酸性窒素の溶脱量に及ぼす影響

また、ライシメータのような大規模施設を要しない簡便な評価法として、土壤に埋設したポーラスカップあるいはECセンサを用いる評価法が提案されている<sup>4)</sup>。ポーラスカップ法は、カップを土壤に埋めて、土壤浸透水を吸引採取し、採水した土壤浸透水中の硝酸性窒素濃度を測定する方法である。ポーラスカップの概要及び使用方法

については、「土壌溶液の採集方法」(86 ページ参照、Ⅱ 6 (1)) を参照されたい。EC センサ法は、センサを土壌に埋めて、土壌の EC を連続して計測する方法である。硝酸性窒素が多いほど EC は高くなるので、EC から土壌浸透水中の硝酸性窒素濃度を推定できる。両手法とも、値の上昇によって硝酸性窒素が下層に移動する様子を把握でき、測定または推定した硝酸性窒素濃度と土壌にしみ込んだ水の量から溶脱量を推定できる。黒ボク土では、ポーラスカップ法で硝酸性窒素の移動をよく把握できる。一方、褐色低地土では水の動きが速いため、ポーラスカップ法では硝酸性窒素の移動を把握できないが、EC センサ法では EC の推移から移動が容易に計測できる。それぞれの手法で推定した硝酸性窒素の溶脱量は、黒ボク土のポーラスカップ法ではライシメータ法の 36~143%、褐色低地土の EC センサ法では 23~130% となり (第Ⅳ-4-3 表、第Ⅳ-4-4 表)、誤差はやや大きいが評価法として利用できる。

以上のように、実際のは場において施肥に由来する硝酸性窒素の土壌浸透水への影響をモニタリングすることができる。

**第Ⅳ-4-3 表 黒ボク土におけるポーラスカップ法とライシメータ法による硝酸性窒素溶脱量の比較<sup>4)</sup>**

試験	深さ30cm 通過期間	土壌浸透水量 mm	平均硝酸性 窒素濃度 mg/L	硝酸性窒素 溶脱量 kg/10a	ライシメータ法の 溶脱量に対する比率 %
1 回目	平成20年 6月~10月	315	5	1.7	57
2 回目	平成20年10月 ~平成21年4月	266	23	6.1	36
3 回目	平成21年 6月~10月	207	17	3.5	56
4 回目	平成21年10月 ~平成22年4月	190	105	20.8	143

**第Ⅳ-4-4 表 褐色低地土における EC センサ法とライシメータ法による硝酸性窒素溶脱量の比較<sup>4)</sup>**

試験	深さ60cm 通過期間	土壌浸透水量 mm	平均硝酸性 窒素濃度 mg/L	硝酸性窒素 溶脱量 kg/10a	ライシメータ法の 溶脱量に対する比率 %
1 回目	平成20年 6月~8月	162	43	6.9	130
2 回目	平成20年 10月~12月	139	34	4.7	23
3 回目	平成21年 6月~7月	148	66	9.8	64
4 回目	平成21年11月	108	81	8.7	44

### (3) 環境負荷を面的評価するための土壌図等のデジタル情報の活用方法

農地の位置情報と土壌養分の状況や栽培管理等の農地に関する付加情報を結び付けて管理し、視覚的に表示できる地理情報システム（GIS）は、スマート農業の実現に大きく貢献することが期待されている。それだけでなく、土壌図、標高モデルあるいは衛星観測画像等のデジタルデータを組み合わせることで活用することによって、農地が及ぼす環境負荷を、集水域単位や集落単位等のように面的に評価することが可能となる。現在、本県で整備されている土壌図デジタルデータの概要と、無償で入手可能な GIS ソフト、地理情報、衛星画像を紹介する（第IV-4-5表）。

#### ア 土壌図デジタルデータ

農地分布を表すポリゴン\*データは、平成 13 年に行われた第 2 回土壌図更新作業で修正され、1/25,000 地形図における農地分布とほぼ等しくなっている。各ポリゴンは土壌分類の最小単である県土壌区で区分され、土壌環境基礎調査 4 巡目（平成 6～10 年）の県下全域のデータから、県土壌統（県土壌区の一つ上位の分類）別に求めた理化学性の平均値を属性データとしている（第IV-4-7図）。

#### イ QGIS（地理情報システム）

QGIS はフリー（無償配布）でオープンソースな地理情報システムで、各種の GIS 形式のベクトルデータ（土壌図等地理情報：図形を点・線・ポリゴンで表現）とラスタデータ（衛星画像等：図形を細かい点の集まりで表現）を扱える。高機能なベクトルデータの処理が行えるとともに、ある程度のラスタデータの解析が可能である。

#### ウ 無償で入手可能な地理情報（ベクトルデータ）

ポリゴンデータの行政区域、地質図（それぞれ国土交通省及び産業技術総合研究所）、ポイントデータの標高モデル（国土地理院）、ラインデータの道路図（Open Street Map Japan）等が、無償で配信されている。

#### エ 無償で入手可能な衛星画像等（ラスタデータ）

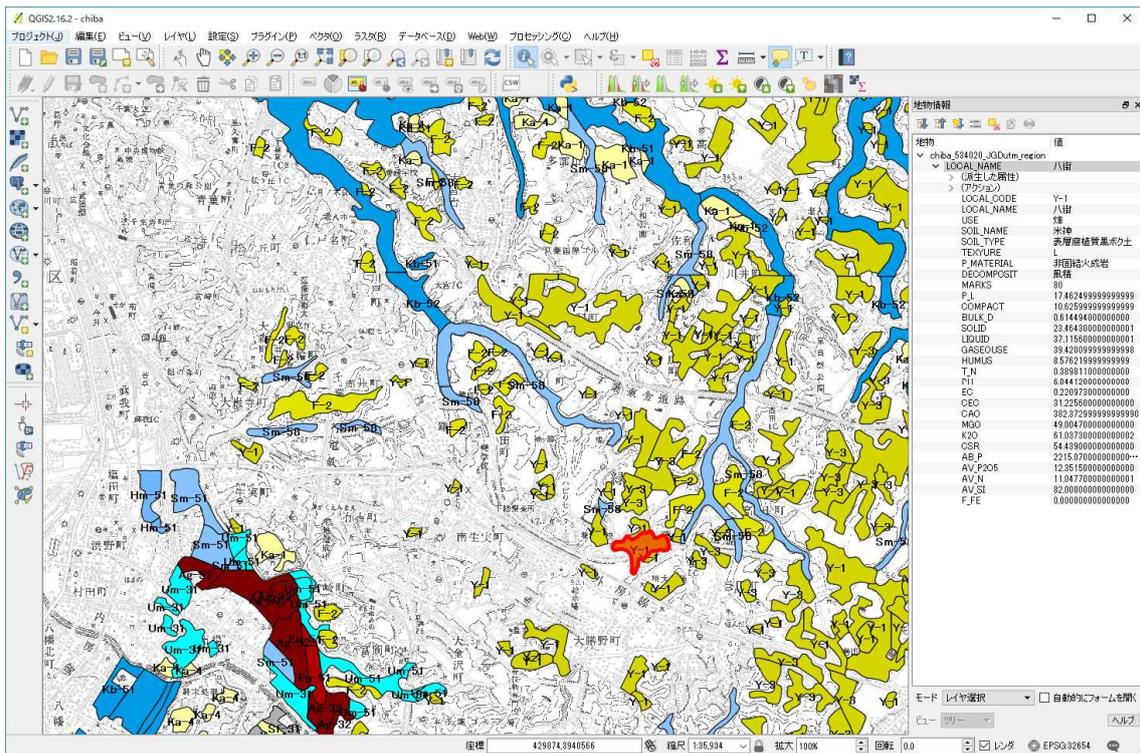
TERRA 衛星の ASTER センサ画像（分解能 15m、光学センサ）、Landsat 衛星画像（分解能 30m、光学センサ）、Sentinel 衛星画像（分解能 10m、光学センサ）及び植生図（だいち衛星データ解析画像）が、無償で配信されている（衛星画像の事例、第IV-4-8図）。

以上のようなデジタルデータを、QGIS を用いて組み合わせることで、環境負荷を市町村、集落、集水域などの面で評価し、視覚的に表現した地図を作成することが可能となる。

\*) ポリゴン：三角形、四角形のような多角形の平面。

第IV-4-5表 無償で入手可能な地理情報システム及び地理情報及び衛星画像

入手できるソフト・データ	サイト名
地理情報システム	QGIS
行政区域等	国土数値情報 ダウンロードサービス
地質図	産業技術総合研究所 地質調査総合センター
標高モデル等	国土地理院 地理空間情報ライブラリー
道路地図	Open Street Map Japan
TERRA 衛星画像	産業技術総合研究所 MADAS
Landsat、Sentinel 衛星画像	Sinergise 社 EO-Browser
植生図	環境省自然環境局 生物多様性センター



第IV-4-7図 QGISによる土壌図デジタルデータの表示例

注) 農地の分布を表すポリゴンは、県土壌区で分けられている、右側が県土壌区「Y-1」の土壌分類、土壌の物理性、化学性の属性情報



100m 

**第IV-4-8図 衛星画像の事例（平成29年12月9日 Sentinel 衛星観測）**

注）土壌水分が多い水田ほど黒く表示されている

引用文献

- 1) 三島慎一郎：第19回農業環境シンポジウム資料，11～19（1999）
- 2) 八槇敦：千葉農総研研報，2，69～77（2003）
- 3) 小川吉雄：土肥誌，71，494～501（2000）
- 4) 千葉県成果普及情報，環境保全，硝酸性窒素の溶脱状況の簡易な評価法と溶脱量の推定（2013）

## 5 生理障害の特徴と対策

### (1) 主な養分（ミネラル）の欠乏と過剰

植物の必須元素は第IV-5-1表に示した 17 元素であり、そのうち土壌（培地）から養分として吸収するのは炭素、酸素、水素を除いた 14 元素である。これらの養分は土壌 pH によってその有効性が異なり（10 ページ参照）、pH によっては土壌中に存在していても植物が利用できないことがある。

第IV-5-1表 植物体内における必須元素の存在量

元素名		化学記号	植物に利用される形態	乾物中濃度
多 量 要 素	炭素	C	$C O_2$	45 %
	酸素	O	$O_2$ 、 $H_2O$	45 %
	水素	H	$H_2O$	6 %
	窒素	N	$NO_3^-$ 、 $NH_4^+$	1.5 %
	リン	P	$H_2PO_4^-$ 、 $HPO_4^{2-}$	0.2 %
	カリウム	K	$K^+$	1.0 %
	カルシウム	Ca	$Ca^{2+}$	0.5 %
	マグネシウム	Mg	$Mg^{2+}$	0.2 %
	硫黄	S	$SO_4^{2-}$	0.1 %
微 量 要 素	鉄	Fe	$Fe^{2+}$ 、 $Fe^{3+}$	100 ppm
	マンガン	Mn	$Mn^{2+}$	50 ppm
	銅	Cu	$Cu^{2+}$ 、 $Cu^+$	6 ppm
	亜鉛	Zn	$Zn^{2+}$	20 ppm
	モリブデン	Mo	$MoO_4^{2-}$	0.1 ppm
	ホウ素	B	$BO_3^{3-}$ 、 $B_4O_7^{2-}$	20 ppm
	塩素	Cl	$Cl^-$	100 ppm
	ニッケル	Ni	$Ni^{2+}$	—

注)引用文献 2)に一部加筆

主要な養分（元素）の欠乏症及び過剰症とその対策は第IV-5-2表のとおりである。養分欠乏症及び過剰症を判定する際には、地上部の症状だけでなく土壌の pH も有効な判断材料となる。なお、野菜の欠乏症及び過剰症については、国立研究開発法人「農業・食品産業技術総合研究機構農業技術革新工学研究センター」が運営している以下のホームページで国内の事例を検索することができる。

野菜生理障害事例検索システム <http://riss.noboby.jp/sspd/>

第IV-5-2表 主な養分の欠乏症及び過剰症とその対策（その1）

元 素	欠乏症	欠乏症対策	過剰症	過剰症対策
窒 素	下位葉から発生し、葉色が淡緑色から黄色に変色する。生育が抑制される。	施肥量の適正化を図る。応急的には速効性窒素質肥料を追肥するか、尿素の0.5%溶液を葉面散布する。	葉が暗緑色となり、過繁茂となる。生育は軟弱徒長気味となる。	施肥量の適正化を図る。
リ ン	下位葉から発生し、葉の光沢が悪く暗緑色となり、茎や葉柄は紫色になる。水稻では分けつが抑制される。	酸性土壌の改良及びリン酸質資材の施用。応急的には第一リン酸カリウムまたは第一リン酸カルシウムの0.3～0.5%溶液を葉面散布する。	一般にはほとんど発生しない。ただし、リンの過剰吸収によって、鉄欠乏症を誘発する可能性がある。	
カリウム	下位葉から発生し、葉脈間や葉縁が黄化する。草丈の伸長が悪くなる。果実の肥大不良、品質低下を招く。	塩基バランスの適正化。応急的には葉面散布では十分なカリウムの供給ができないので、加里質肥料を加里成分で3～5kg/10a施用する。	カルシウムやマグネシウムの吸収を抑制する。	塩基バランスの適正化
カルシウム	先端葉が褐色となり、やがて枯死する。トマト、ピーマンの尻腐れ、いちごのチップバーンなど。	塩基バランスの適正化。土壌を乾燥させないようにする。酸性土壌ならば苦土石灰を施用する。応急的には塩化カルシウムの0.3～0.5%溶液を葉面散布する。	カルシウムそのものの過剰症はほとんど見られないが、カリウムやマグネシウムの欠乏を誘発する。また土壌pHを上昇させることで、鉄、マンガ、亜鉛を不溶化させ、それらの欠乏症を発生させる。	塩基バランスの適正化
マグネシウム	下位葉や果実付近の葉から発生し、葉脈間が黄白色化する。	塩基バランスの適正化。応急的には硫酸マグネシウムの1～2%溶液を葉面散布する。	マグネシウムそのものの過剰症は発生しにくい。カルシウムやカリウムの吸収を抑制してしまう。	塩基バランスの適正化
鉄	先端または新葉に発生し、葉脈の緑色を残して葉脈間が淡緑色から黄白色になる。	土壌がアルカリ性の場合には、石灰質資材の施用を中止し、硫酸などの酸性肥料を用いる。応急的には硫酸第一鉄、硫酸第二鉄または塩化鉄の0.1～0.2%（果樹では1%）溶液を葉面散布する。土壌に鉄を補給する場合は鉄キレート化合物を2kg/10a施用する。	リン欠乏症を誘発する。	
マンガン	中上位の葉で発生し、葉脈間が淡緑色から黄色に変色する。	土壌がアルカリ性の場合には石灰質資材の施用を中止し、硫酸などの酸性肥料を用いる。また、BMよりん等のマンガンを多く含む資材を施用する。応急的には硫酸マンガンの0.2～0.3%溶液を葉面散布する。	下位葉から発生し、葉脈部が褐色に変色したり、葉脈部に褐色の斑点を生じる。	酸性条件で発生している場合は、石灰質資材を施用する。還元条件下で発生している場合は、土壌を乾燥させる。

第IV-5-2表 主な養分の欠乏症及び過剰症とその対策（その2）

元 素	欠乏症	欠乏症対策	過剰症	過剰症対策
銅	上位葉の葉脈間に小斑点状のクロロシスが発生する。先端葉は緑色が淡くなる。	土壌がアルカリ性の場合には石灰質資材の施用を中止し、硫酸などの酸性肥料を用いる。応急的には0.1～0.2%の硫酸銅溶液を葉面散布する（葉害防止のため生石灰を加える）。	上位葉が淡緑色化し、鉄欠乏症が誘発されやすい。銅鉱山の近辺で発生しやすい。	土壌 pH を高め、銅の不溶化を図る。
亜鉛	生長が停止し、節間がつまり、葉がロゼット状になる。葉脈間に明瞭な斑入りができ、葉脈の緑と斑入りの黄色のコントラストが強いのが特徴。	土壌がアルカリ性の場合には石灰質資材の施用を中止し、硫酸などの酸性肥料を用いる。応急的には硫酸亜鉛0.2%溶液を葉面散布する。	生育が阻害され、上位葉では鉄欠乏症が誘発されやすい。	土壌 pH を高め、亜鉛の不溶化を図る。
ホウ素	新葉の発育が停止し、生長点が枯死する。茎葉は硬くもろくなる。茎部には亀裂が入ったり、ヤニを生じることがある。	土壌を乾燥させないようにする。ホウ素を含むBMようりんやFTEなどの資材を施用する。応急的にはホウ砂の0.3%溶液を葉面散布する（ホウ砂は水に溶けにくいので60～80℃の少量の湯で溶かす）。ホウ素は適量域の幅が狭いので、資材の施用量に注意する。	下位葉の葉縁が黄白化あるいは褐変し、葉脈間に同色の斑点を生じる。	ホウ素過剰に強い作物（トマト、かぶ、だいこん等）を作付けする。多量の水でホウ素を流亡させた後、土壌 pH を6.5以上に高める。

(2) 土壌に含まれる養分（元素）と、作物に含まれるミネラル（無機質）

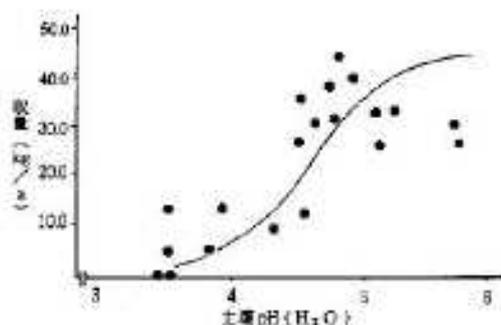
作物に必要なミネラルは、無機養分成分として土壌や堆肥に含まれている。土壌中の養分バランスが崩れると、作物に吸収されにくくなるため、土壌に過不足なくバランスよく含まれ、それを吸収するための根が健全に伸びることができる、良好な土壌環境が必要となる。

なお、作物など食品に含まれるミネラル（無機質）は、日本食品標準成分表2015年版（七訂）追補2017年に収載されており、全てヒトにおいて必須性が認められたもので、ナトリウム、カリウム、カルシウム、マグネシウム、リン、鉄、亜鉛、銅、マンガン、ヨウ素、セレン、クロム及びモリブデンの13種類となっている。

(3) 河川改修に伴って搬出された底質土を水田に客入した場合にみられる水稻の障害<sup>2)</sup>

ア 酸性障害

酸性障害を起こす原因物質は河川や湖沼の底質土に含まれる硫化鉄（FeS）やパイライト（FeS<sub>2</sub>）等の硫化物である。これらの硫化物が表面に露出すると、空気に触れて酸化され、硫酸となる。この硫酸によって土壌のpHは著しく低下して強酸性となり、水稻の酸性障害を引き起こす（酸性硫酸塩土壌、簡易な識別法等は413ページを参照）。障害の程度はヘドロ質の底質土では1年目より2年目でより大きくなる場合が多く、数年にわたって続くが、砂質土の場合は1年目が最も甚大で、2～3年で回復する。水稻の症状は、軽い場合には葉に赤い斑点が出る程度であるが、症状が進むと葉身がこより状となり、ひどいと枯死し収穫皆無となる（第IV-5-1図）。



第IV-5-1図 河川改修に伴って搬出された土を水田に客入した場合にみられる  
土壌pHの変化と収量との関係

イ アルカリ障害

河川や湖沼の底質土は海水由来のナトリウムや貝殻を多量に含んでいる場合があり、これらの影響でアルカリ性を示すことがある。こうした底質土が水田に客入されて、土壌のpHが7.5以上になると障害が発生する。水稻は分けつが少なく葉色が淡くなり、症状が進むと葉身が白化する。根の表面は白くなる。また、田面水は濁った状態が続き、藻類が発生する。

ウ 障害の対策

基本的な対策はよく耕うんして土壌の酸化を進め、雨水や灌漑水によって酸性物質やアルカリ性物質を洗脱することである。

酸性障害発生ほ場では、炭カルを用いて土壌pHを矯正する。施用量のめやすは第IV-3-5表のとおりである(414ページ参照)。また、水稻の栽培期間中は水を切らないようにする。

アルカリ性障害発生ほ場では、酸性肥料を使用し、追肥に重点を置く。土壌pHの矯正には硫黄等の酸性資材を用いるが、pHを変化させる効果はアルカリ性資材に比べて劣る。また、栽培期間中は間断灌漑として、土壌を乾き気味にする。

引用文献

- 1) 岡野邦夫：農業技術大系野菜第12巻、養液栽培の培養液管理 88～89, 農文協, 東京(2001)
- 2) 千葉県農林技術会議技術調整部会環境保全分科会：農林作物の異常障害診断写真集, 50～53, 千葉県・千葉県農林技術会議, 千葉(1995)

参考 「クロピラリド」による生育障害について

海外で使用された除草剤の成分(クロピラリド)が含まれた輸入飼料が家畜に給与された場合、堆肥を通じて、トマト等のナス科、スイートピー等のマメ科、ガーベラ等のキク科の農作物の生育に障害を起こす可能性がある。また、堆肥の原料に輸入穀物残渣(フスマ等)が使われた場合も同様である。

クロピラリドに対する感受性は作物や品種により大きく異なるが、通常の施用量であればイネ科作物の生産に障害を起こすことはない。

生育障害が起こる可能性がある作物を栽培する際に被害を未然に防止するためには、

- ・堆肥や培土を購入する際には原材料に関する情報を確認する
- ・施用前に生物検定を実施する
- ・施設で栽培する場合は、家畜ふん堆肥の適正量を投入し、よく混和する
- ・ポット栽培する場合は、家畜ふん堆肥の施用を控える

等の対策を取る。

※特に弱いもの・・・トマト、ミニトマト、だいず、えだまめ、さやえんどう、そらまめ、きく、ヒマワリ、コスモス、アスター、スイートピー



写真 さやえんどうを用いた生物検定

引用文献 「牛等の排せつ物に由来する堆肥中のクロピラリドが原因と疑われる園芸作物等の生育障害の発生への対応について」(28消安第4228号ほか、消費・安全局農産安全管理課長ほか通知)、千葉県・千葉県農林水産技術会議「除草剤による野菜の生育障害診断のポイント」(2016)