

第4章 土づくり

高品質・良食味米を安定して生産するには、窒素など稲が必要とする養分や水分を必要な時期にバランスよく供給でき、かつ異常気象等の外的要因が与える負の影響を和らげる緩衝力の高い土壌が不可欠である。特に今日のような品質重視の少肥栽培条件で、登熟期の栄養不足を防止し後期栄養を確保するためにも、土づくりは極めて重要である。

また一方では、農業の持つ物質循環機能を生かし、生産性向上を図りながら環境への負荷軽減に配慮した『環境保全型農業』の推進が求められており、畜ふん堆肥等の有機物資源をほ場に還元する「土づくり」が重要視されている。

土づくりの実施に関しては「新潟県における土づくりのすすめ方（平成17年3月、新潟県農林水産部）」の中で、土壌の種類別に改良目標を掲げ対策を示しているので、栽培指針とあわせて活用する。

1 県内の水田土壌の実態

県内の水田は、ほ場整備による暗渠の施工や用排水施設の改善、畑転換等で乾田化が進行しており、それに伴い土壌有機物の減少や地力の低下が見られる。

地力が低下してからの「土づくり」は大変な努力と長い年月を要する。特に乾田では有機物の施用を止めるとその後の地力低下が大きいので、「土づくり」がより重要になる。

また、「土づくり」は土壌の保水性や生育後期の窒素供給力を向上させるため、冷害や干ばつ、高温年等の異常気象条件下においても、登熟向上による高品質・良食味米の安定生産につなげることができる。

表4-1 乾田、湿田による土壌有機物、可給態窒素量の違い（土壌環境定点調査・H元～4）

土壌条件		全炭素 (C%)	全窒素 (N%)	C/N	可給態窒素 (mg N/100g)	
低地土	細粒質	湿田	3.28	0.260	12.6	25.8
		乾田	2.53	0.208	12.2	21.5
	中粗粒質	湿田	2.72	0.212	12.8	20.7
		乾田	2.02	0.160	12.6	17.7
台地土	細粒質	湿田	2.90	0.235	12.3	22.8
		乾田	2.35	0.207	11.4	16.7

○ 湿田と乾田の地力差は大きい

※ 乾田とは、非灌漑期に地下水位が田面よりかなり下にあり、作土を十分に乾かすことができる水田で、湿田は非灌漑期も地下水位が田面よりあまり下がらず、作土を乾かすことができない排水不良の水田。湿田の土壌は、作土または作土直下からグライ層がみられる強グライ土や、泥炭土が主体である。

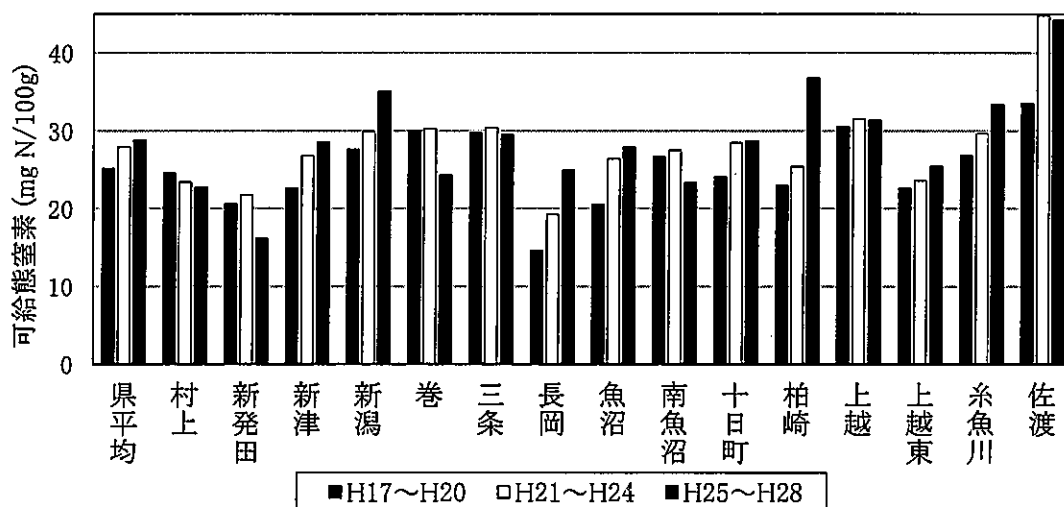


図4-1 気象感応ほ場の可給態窒素発現量

(風乾土 30°C 4週間培養、H17~28年の4年ごとの平均値)

- 地力窒素発現量は増加傾向にあるが、地域差が大きく、乾田で壤質土壌や礫質土壌の水田が多い地域では、強粘質のグライ土壌が多い他の地域より地力が低い傾向である。

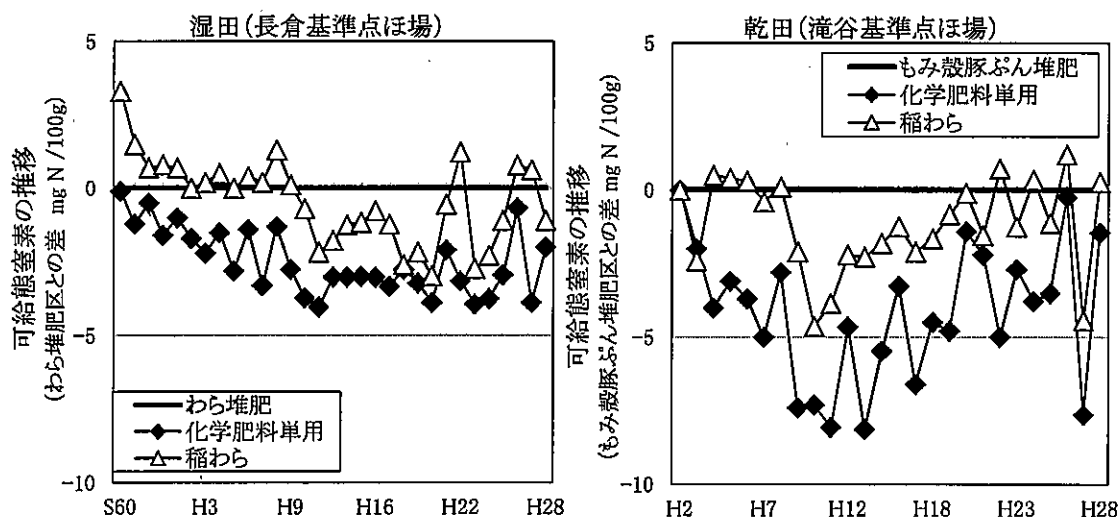


図4-2 湿田および乾田の可給態窒素発現量の推移

※ H12年までは各区の基肥N施肥量は同じ、それ以降は化学肥料単用区に対し、稲わら区は約1割、堆肥区は約2割減肥している。

※ H13年のデータは一部欠損のため、グラフから除外

- 湿田に比べて乾田の方が、有機物を施用しない場合（化学肥料単用区）の地力の低下が大きく、年次変動も大きい。

2 有機物の利用

- 有機質資材は多種多様で、原材料によっても性質が異なることから施用に当たってはそれぞれの有機物資材の特性を十分把握して利用することが重要である。
- 有機物の特性を把握した上で、土壌分析結果に基づき、土壌の種類に合わせて適量を施用することが重要である。

(1) 土づくりにおける有機物の利用

ア 堆肥に期待される土づくり効果

有機質資材の実際は堆肥の利用が中心となることから、堆肥の性質を理解して、その特徴に合わせた利用を進めることが重要である。

また、堆肥や堆きゅう肥など、いろいろな言い方があるが、狭義に整理すると以下のような分類となる。また、広義にはこれら全てを含めて「堆肥」と言う場合もある。

[堆肥とは]

- ①堆肥：稲わらや籾殻、その他草木を単に堆積発酵させたもの
 - ②きゅう肥：家畜ふん尿を堆積発酵させたもの
 - ③堆きゅう肥：家畜ふん尿に稲わらや籾殻、オガクズ、草木などを混ぜ発酵させたもの
 - ④コンポスト：農業系以外の有機質系廃棄物（排水汚泥や食品廃棄物など）を堆積発酵させたものの総称
- ※ 単に堆肥と言った場合これらを総称している場合が多く、誤解を招く場合がある。

土づくりに期待する効果は下表によるが、土壌の緩衝能を高め保肥力を高めることと、腐植など土壌中の未分解有機物の蓄積による生育後半の緩効的な養分供給が期待できる土壌をつくることで、主に堆肥（堆きゅう肥を含む）や稲わらの秋すき込みなどにより行う。以下に、主な堆肥による土づくりを示す。

表4-2 堆肥に期待される土づくり効果

期待する効果	概要	注意点
肥料効果	<ul style="list-style-type: none"> ・速やかな分解による養分の有効化と連用により土壌への蓄積後緩やかに肥効を示すタイプがある。 ・窒素が主体であるが微量元素の供給源としても有効。 	堆肥化の母材や副資材の特徴を把握する。
物理性の改善効果	<ul style="list-style-type: none"> ・リグニン、セルロース、ヘミセルロースなど土壌中に蓄積され腐植となって団粒構造形成する。 ・団粒化により保水性、通気性、膨軟性が増大し根張りが良くなる。 	施用する土壌の土性や水田・畑等の利用目的に注意する。
化学性の改善効果	<ul style="list-style-type: none"> ・土壌中の腐植蓄積によりCECの増大による緩衝能や保肥力が向上する。 ・リン酸の土壌固定を緩和し肥効が高まる。 	家畜ふん尿堆肥では塩基のバランス崩れに注意する。
生物性の改善効果	<ul style="list-style-type: none"> ・土壌微生物の餌となり、微生物の種類や量が増える。 ・種類によっては、有用微生物による病害抑制が期待できる。 	明確な効果は得にくい。

イ 土づくりに対する堆肥と他の資材との比較

堆肥が土づくりの優等生として扱われるのは下表のように、他の土づくり資材・肥料と比べても化学性、物理性、生物性の改良に対し有効なためである。

表 4-3 堆肥と他の土壌改良資材との比較

土壌改良効果	改良対策	化学	無機	客土	輪作	堆肥
		肥料	資材	深耕		施用
化学性	養分供給	○	△	△	△	△
	保肥力	×	△	△	×	○
	pH改善	×	○	△	×	△
物理性	保水力	×	△	△	×	○
	通気性	×	△	○	×	○
	易耕性	×	△	○	△	○
生物性	有用菌増加	×	×	×	△	○
	有機物分解	×	×	×	×	○
	病気抑制	×	×	△	○	△

堆肥は、作物生産の万能薬として、その効果は高い。

- 施用目的は
- ①土壌物理性改善
 - ②生物性改善
 - ③緩衝能、保肥力増大
 - ④肥料として少し期待

○：高い関係有り △：多少関係有り ×：関係なし

※ 物理性の通気性、易耕性は畑地の効果。

(2) 有機質資材の種類と特徴

堆肥は母材と副資材により特性が大きく違ってくるため、それぞれの堆肥の特徴を生かした利用を行うことが重要であり、以下に各堆肥の種類と成分量及び効果と注意点を記載する。

ア 堆肥の種類別の成分と効果

表 4-4 堆肥の種類、素材による肥料効果と改善効果一覧

堆肥の種類	素材(原材料)	施用改善効果			効用および使用上の注意
		肥料性	化学性	物理性	
草本堆肥	稲わら、麦わら、山野草など	中～小	小	中	保肥力向上に安心して使用
籾殻堆肥	籾殻	小	小	大	物理性改善に効果的
木本堆肥	パーク、オガクズ	小	小	大	長期間の物理性改善に使用
家畜ふん +稲わら	牛ふん尿+稲わら	中	中	中	物理性+肥料性改善効果 中間型の万能タイプ 速効性のある肥料効果
	豚ふん尿+稲わら	大	大	小	
家畜ふん +オガクズ	牛ふん尿+オガクズ	中	中	大	物理性改善を中心に効果 が期待できる
	豚ふん尿+オガクズ	中	中	大	
	鶏ふん+オガクズ	中	中	大	
下水汚泥	オガクズなど	大	大	小	リン酸が高い、意外に速効性

※ 物理性改善効果は、畑地を想定した効果であり、水田では参考程度とする。

イ 堆肥中の肥料成分

表 4-5 堆肥中の肥料成分

畜種	副材	分析回数	現 物 中 %								乾 物 中 %						
			水分	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	C	C/N	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	C	
牛糞	なし	1	平均	72.1	0.44	0.55	0.66	0.66	0.27	12.1	27.4	1.57	1.98	2.37	2.36	0.97	43.0
		最小	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		最大	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	かきミ	19	平均	63.5	0.70	0.81	0.91	0.69	0.35	13.9	20.5	1.95	2.15	2.45	1.94	0.94	38.2
		最小	20.4	0.33	0.26	0.04	0.19	0.12	7.4	13.5	1.18	0.96	0.15	0.65	0.44	22.4	
		最大	77.7	1.74	2.39	2.89	1.86	1.07	30.6	31.2	3.24	5.52	3.83	4.04	1.86	44.3	
木質物	23	平均	67.8	0.55	0.60	0.67	0.82	0.26	13.3	24.6	1.77	1.87	2.06	2.24	0.81	41.7	
	最小	46.1	0.30	0.25	0.03	0.18	0.06	6.8	14.8	1.17	0.85	0.14	0.56	0.31	19.0		
	最大	81.6	0.94	0.98	1.35	7.75	0.46	19.7	39.5	2.73	2.99	3.16	13.6	1.09	47.3		
豚糞	なし	9	平均	30.5	3.09	4.83	2.40	4.07	1.45	25.1	8.2	4.52	7.03	3.18	5.50	1.92	35.9
		最小	16.2	1.17	1.68	0.06	0.10	0.03	7.1	5.8	2.99	5.25	0.29	0.50	0.13	27.0	
		最大	79.1	4.48	6.90	3.65	10.2	2.17	32.5	11.4	5.86	9.31	4.93	14.1	2.93	42.0	
	かきミ	10	平均	40.0	1.65	2.74	1.11	2.20	0.89	23.5	14.7	2.68	4.55	1.73	3.76	1.41	38.5
		最小	14.7	0.40	0.54	0.14	0.61	0.19	7.4	11.2	1.86	1.69	0.38	1.59	0.51	33.5	
		最大	78.3	3.05	4.32	1.94	3.94	2.43	34.2	18.4	3.58	8.05	2.64	7.25	2.85	44.4	
木質物	15	平均	52.3	1.25	2.53	1.08	1.86	0.69	19.3	17.3	2.53	5.20	2.23	3.80	1.42	40.9	
	最小	25.5	0.52	0.88	0.40	0.71	0.26	13.8	10.0	1.71	2.23	1.26	2.26	0.68	35.6		
	最大	70.3	2.41	6.54	2.35	4.08	1.66	29.8	26.6	3.68	9.19	3.30	5.93	2.36	46.6		
鶏糞	なし	4	平均	12.3	3.42	5.43	3.11	13.4	1.19	26.8	8.0	3.91	6.19	3.56	15.2	1.36	30.6
		最小	5.4	2.77	4.59	2.35	10.1	0.95	24.4	6.2	3.16	5.32	2.72	12.2	1.09	27.9	
		最大	17.5	4.21	6.78	3.84	16.6	1.67	29.0	8.8	4.88	7.75	4.39	17.7	1.91	33.4	
牛鶏糞	かきミ	1	平均	35.7	1.57	1.77	1.38	2.12	0.54	23.6	15.0	2.44	2.75	2.15	3.30	0.84	36.8
		最小	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		最大	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
牛豚糞	木質物	1	平均	66.7	0.38	0.43	0.62	0.29	0.20	15.2	39.6	1.15	1.29	1.88	0.86	0.60	45.7
		最小	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		最大	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

※ 「堆肥の成分と使い方 (H8年3月、新潟県農林水産部)」

ウ 主な有機質資材 (堆肥など) の特徴

(ア) 籾殻 (主に土壌物理性改善効果とケイ酸供給効果)

籾殻は家畜の敷料、暗渠の充填材、くん炭利用など用途が広い。炭素率は80~90程度と高く、吸水や分解が遅いことから、作付け直前の使用は避け、前年の早い内に土壌と良く混和し腐熟を早めることが必要である。腐熟促進には、C/N比を低下させるための窒素資材の併用が効果的である。

肥料的効果としては、ケイ酸含有量が高いことから稲わら同様ケイ酸供給効果が期待できる。

(イ) 緑肥作物（種類により肥料効果と物理性改善効果）

緑肥作物を稲わら同様に粗大有機物として水田にすき込んでやることで、土壌の物理性や化学性を改善し、地力を高めることができる。

肥料効果としては、レンゲ等の窒素含有量の多い緑肥作物は化学肥料代替が可能である。しかし、成分量が一定しないことから、生育量の変動が大きくなる場合もある。

(ウ) わら、野草堆肥

良質な堆肥で土壌物理性改良効果が高いが、現在は生産が少なくなっている。わらや野草は炭素率が高いので（稲わらでは70程度）、堆肥化するためには窒素資材を添加して腐熟を進める。

(エ) 牛ふん、牛ふん堆肥（主に物理性改善効果と地力窒素増大効果）

乳牛と肉牛で飼料が異なることで成分は異なり、乳牛ふんは粗飼料給餌が多いことから物理性改善効果や地力増強効果が高く、肉牛ふんは濃厚飼料給与が多く、窒素成分が若干高まる傾向にある。排泄直後の生ふんは水分含有量は高く、80%以上になり、成分は乾物で窒素、リン酸、加里は各2%前後で、C/N比16程度である。成分量は固液分離を行った場合は低下し、尿を戻して水分調整した場合は高まる。

粃殻など副資材を加え水分調整して堆肥化することが一般的であるが、粃殻では約3か月程度の堆肥化期間が必要で、オガクズの場合6か月程度の堆積発酵が必要となる。

(オ) 豚ふん、豚ふん堆肥

生ふんの水分量は約70%程度で成分は窒素3.5%、リン酸5.6%、加里1.5%程度とリン酸が多くC/N比は11程度と低く粃殻やオガクズなどC/N比の高い副資材と混合する必要がある。粃殻やオガクズ等副資材を加えないで発酵させたものは肥料効果が高いので注意する。混合堆積発酵したものは粃殻混合では肥料効果と物理性改善効果を併せ持つ使いやすい堆肥となるが、オガクズとの混合堆肥は、窒素分については期待できずリン酸、加里の肥料効果が期待できる。豚ふんのみでの堆肥は1か月くらいで熟成するが、粃殻混合では3か月、オガクズでは6か月程度の堆積発酵が必要となる。

(カ) 鶏ふん、鶏ふん堆肥

鶏ふんはふんと尿の区分が無く、窒素は尿素態で、生ふんは水分含有量63%程度となる。生ふんの乾燥成分は、採卵鶏で窒素3%、リン酸8%、加里4.4%、石灰20%とリン酸含有量と石灰含有量が高いのが特徴となる。ブロイラーでは窒素5.6%、リン酸4%、加里4.4%、石灰3.5%程度であり成分量に大きな差があるので鶏種により効果が異なることに注意する。生ふんのC/N比は6~8と低く、一般に乾燥鶏ふんとしての流通が多く、化学肥料代替効果は高いため、化学肥料とほぼ同様な使い方が可能である。

エ 堆肥利用の注意点

堆肥を利用する際には堆肥の原料に由来する分解特性の違いに注意する。

木質系のリグニン、セルロースなど、分解しにくい有機物を多く含む堆肥の場合には土壌中での分解がゆっくりであるため肥料的効果が穏やかである。一方、野菜くずなど窒素成分が高く、リグニン、セルロースなどが少ない堆肥の場合は施用後の土壌中での分解が早いため、肥料的効果が速効的となる。堆肥の分解特性はC/N比（炭素と窒素の

比率)によって異なっており、C/N比が高い堆肥ほど分解しにくく、低いほど分解しやすい。

(3) 有機質肥料の概要

ア 有機質肥料の施用効果

肥料取締法上、有機質肥料は①植物油かす類、②魚肥類、③骨粉類、④肉かす粉末等の動植物質の普通肥料をいう。土壌中での分解が穏やかで長時間持続するため、作物による吸収利用効率がが高く、環境負荷が少ない肥料とされている。

肥料成分は次表によるが、植物質肥料は、主に油かす類で、窒素が多く、少量のリン酸、加里も含まれるが、種類により速効性から緩効性まで幅が広い肥効特性を示す。動物質肥料は、主に魚、家畜由来原料で作られ、魚かす類は速効性の窒素とリン酸が多く、骨粉は緩効性のリン酸が多い。動植物質肥料は、加里含有量が低いことに注意する。

表 4-6 各種有機質肥料の肥料成分

肥料名	窒素全量			りん酸全量			加里全量		
	最多	最少	平均	最多	最少	平均	最多	最少	平均
にしん粕	11.8	6.0	9.8	7.8	3.1	4.3	0.6	0.5	0.5
いわし粕	9.3	6.9	8.0	8.3	3.7	6.9			
たら粕	9.5	6.3	8.3	14.9	5.9	11.4			
鱈荒粕	7.8	5.7	6.6	12.9	9.3	10.7			
いわし荒粕	8.8	8.5	8.6	9.1	7.1	8.2			
胴にしん	10.1	8.9	9.3	4.5	3.8	4.1			
すけそう粕	10.6	9.7	10.2	7.6	4.7	6.2			
鱈節出殻	12.7	6.4	10.8	1.3	0.5	0.8			
魚腸粕	10.2	2.1	5.9	4.2	0.4	3.0			
魚鱗	2.4	1.7	2.0	9.3	2.2	5.7			
蒸製骨粉	5.3	2.8	4.1	27.1	18.3	22.3			
生骨粉	4.6	2.6	4.0	27.3	19.4	23.3			
脱こう骨粉	2.0	0.1	1.1	33.7	26.3	31.2			
肉粕	12.0	4.8	8.2	6.5	0.3	2.2			0.3
にかわ粕	8.0	5.3	6.3	1.1	0.6	0.9			
蒸製蹄角骨粉	12.6	5.0	10.5	18.5	4.1	8.4			
鯨釜底			5.3			15.1			
動物内臓粕			7.5			6.7			
タンケージ	10.1	4.0	6.9	17.9	4.0	12.1			
蒸製蹄角粉	15.2	9.3	12.8	8.4	0.2	4.2			
乾血粉	14.2	4.6	11.6	2.2	0.3	1.1			
蒸製皮革粉	12.7	5.6	7.1						
羊毛屑	9.1	6.8	7.8	0.1	0.1	0.1			
蚕蛹油粕	10.9	6.8	8.7	2.0	0.6	1.5			
なたね油粕	6.7	3.8	5.1	3.4	1.3	2.5	1.6	0.8	1.3
からし油粕	6.3	4.5	5.5	4.0	1.9	2.5			
わたみ油粕	7.2	5.0	5.7	3.4	1.6	2.6	1.7		
抽出大豆粕	8.0	7.1	7.5	1.9	1.7	1.8	2.4	2.2	2.3
落花生油粕	8.7	3.5	6.6	3.4	0.8	1.3	1.3	0.8	1.0
荳油粕	7.3	3.3	5.6	3.6	1.5	2.5	1.2	0.9	1.0
ごま油粕	7.4	3.2	5.8	4.1	1.5	2.8	1.5	1.1	1.3
あまに油粕	7.0	4.2	5.1	3.0	1.3	2.0			
ヒマシ油粕	6.8	3.6	5.0	3.2	1.4	2.1	2.5	1.0	1.9
椰子油粕	4.0	2.2	3.1	2.3	0.7	1.3	2.4	1.6	2.0
茶実油粕	1.2	1.1	1.1	0.5	0.5	0.5			
カボック油粕粉末	5.7	4.3	4.8	2.9	1.9	2.2	2.0	1.8	1.9
米ぬか油粕	3.0	1.3	2.1	5.5	2.7	4.2	2.4	1.1	1.6

1997肥料要覧

イ 主な有機質肥料の特徴

(ア) なたね油かす

菜種種子から油を絞ったかすが入手しやすく、窒素 4.5%、リン酸 2%以上、加里 1%以上が公定規格となっている。肥効は有機質肥料の中では早い方である。

(イ) 大豆油かす

大豆から油を絞った残りかすで、肥料成分に富み、窒素 6%以上、リン酸 1%以上、加里 1%以上で、肥効はやや緩効性である。

(ウ) 魚かす

生魚を煮沸して油を絞ったかすなどで、窒素 4%以上、リン酸 3%以上、窒素とリン酸の合計値が 12%以上としており、肥効は速効性である。

(エ) 骨粉

生骨粉は、窒素 3%以上、リン酸 16%以上、蒸製骨粉は、窒素とリン酸を保證するものは、窒素 1%以上、リン酸 17%以上、窒素とリン酸の合計値が 21%以上となっており、リン酸を保證するものは、25%以上となっている。

骨粉に含まれるリン酸は、水に溶けにくい「く溶性」であるが、粒子が細かいほど肥効は早く、窒素が多いものほど分解が速い。

(4) 水稻栽培における有機質資材及び肥料の使い方

ア 有機質肥料を用いた水稻稚苗育苗法

有機栽培における育苗は経験的に行われていることが多いが、農家が入手しやすい有機質肥料を用いて稚苗育苗を行う場合はその種類等に注意する必要がある。

(ア) 有機質肥料の種類と苗の生育

育苗には動物質系の蒸製骨粉、魚かす、発酵鶏ふん、及び各ボカシ肥料が適している。植物質系の大豆油かす、米ぬか、なたね油かすは、育苗初期の灌水時に床土の吸水が悪く、加温後に酸っぱい臭いが感じられ、酸敗による生育障害の可能性があることから、育苗には不適であると考えられる。

(イ) 稚苗育苗に望ましい有機質肥料

稚苗育苗の肥料には細粒発酵鶏ふんのように無機態窒素が多く、りん酸、加里を含む動物系有機物の組み合わせが適している。また、マット強度の強化には魚かすを併用した方がよい。施用量は窒素成分で 3g/箱程度をめやすとする。有機物の施用は床土混和で良いが、早めの混和はカビの発生を助長するので避ける。

表4-7 有機質肥料と苗質 (H10年、新潟農総研)

供試資材	窒素含有率 N %	施用量* g/箱(現物)	乾物重** g/箱	苗丈 cm	第1葉鞘長 cm	葉令	充実度 g/cm
無肥料	—	—	98.4	9.1	3.5	2.0	1.08
化学肥料(稚苗配合)	4.0	40	122.4	15.6	5.1	2.2	0.78
大豆油粕	7.2	28	97.1	9.0	3.4	2.0	1.08
生米糠	2.4	83	106.6	9.6	3.3	2.0	1.11
なたね油粕	5.3	38	105.7	11.3	4.0	2.0	0.94
蒸製骨粉	4.0	50	105.2	12.8	4.4	2.1	0.82
魚かす	7.0	29	114.6	11.8	4.4	2.1	0.97
発酵鶏糞	2.4	83	109.9	14.0	4.8	2.1	0.78
富士見「天然ボカシ肥料」	3.0	67	101.6	13.4	4.8	2.1	0.76
三井東庄「ネカシ有機」	4.0	50	113.5	13.3	4.6	2.1	0.85
片倉「みのりエキス100」	5.0	40	114.6	12.4	4.8	2.0	0.92

*、化学肥料はN 1.6g/箱、有機質肥料はN 2.0g/箱を床土混和。

**、乾物重は地上部、種根、根を含む全重。

表4-8 有機質肥料と苗の養分含有率 (H10年、新潟農総研)

供試資材	窒素 N %	リン酸* P ₂ O ₅ %	カルシウム* Ca %	マグネシウム* Mg %	カリウム* K %	ケイ酸** SiO ₂ %
無肥料	1.14	0.71	0.13	0.22	0.21	7.49
化学肥料(稚苗配合)	2.03	1.09	0.20	0.31	1.57	5.88
大豆油粕	1.05	0.63	0.10	0.19	0.67	7.10
生米糠	1.08	0.64	0.06	0.23	1.34	8.64
なたね油粕	1.23	0.60	0.13	0.23	0.52	6.72
蒸製骨粉	1.56	1.35	0.47	0.31	0.23	6.81
魚かす	1.53	1.34	0.68	0.26	0.25	7.67
発酵鶏糞	1.37	0.94	0.20	0.23	1.96	6.68
富士見「天然ボカシ肥料」	1.32	0.93	0.20	0.24	1.63	6.23
三井東庄「ネカシ有機」	1.23	1.21	0.27	0.29	1.46	11.02
片倉「みのりエキス100」	1.39	1.01	0.31	0.30	0.35	7.35

*、硝酸-過塩素酸分解による。 **、ケイ酸は粗ケイ酸含有率。

表4-9 有機質肥料を用いた育苗 (H11年、新潟農総研)

有機質肥料の施用量(新潟農総研)

供試資材	肥料成分(保証量)			g/箱(現物)	箱当たり施用量		
	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %		N g	P ₂ O ₅ g	K ₂ O g
魚かす	7.0	5.0	0.0	25	1.75	1.25	0.00
発酵鶏糞	2.4	6.0	3.0	55	1.32	3.30	1.65
				合計	3.07	4.55	1.65

有機質肥料の施用量(現地農家)

供試資材	肥料成分(保証量)			g/箱(現物)	箱当たり施用量		
	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %		N g	P ₂ O ₅ g	K ₂ O g
発酵鶏糞	2.4	6.0	3.0	100	2.40	6.00	3.00

表4-10 苗の生育および養分含有率（H11年、新潟農総研）

	調査日	苗丈 cm	第1葉鞘長 cm	葉令	1000本重 g(105℃)	養分含有率				
						窒素 N %	リン酸* P ₂ O ₅ %	カルシウム* Ca %	マグネシウム* Mg %	カリウム* K %
化学肥料	5月13日	12.8	3.8	2.3	15.1	2.4	1.35	0.41	0.42	1.35
有機質肥料		12.4	3.3	2.4	12.5	2.7	2.14	0.60	0.47	1.46
現地農家A	5月3日	10.1	3.2	2.4	8.3	2.8	1.85	0.41	0.30	4.18
現地農家B	5月7日	10.7	3.0	2.8	10.5	2.4	1.88	0.31	0.33	3.88

*、硝酸・過塩素酸分解による。

表4-11 床土のpH、マット強度および発根力（H11年、新潟農総研）

	pH (H ₂ O)	マット強度 kgf(10cm ²)	調査日	発根力*	
				発根数 本	根長** cm
化学肥料	4.6	1.77	5月26日	7.4	67.2
有機質肥料	5.8	4.11		7.7	77.8
現地農家A	6.1	3.38	5月14日	6.2	59.9
現地農家B	6.0	2.21	5月19日	7.6	78.7

*、根を切除後に灌水した無肥料焼土中で再発根した根の本数および長さ。

**、根長は全合計の平均値。

※ 対照（化学肥料）は稚苗配合（4-6-5）を現物40g/箱施用。

（ウ）プール育苗への適応

育苗様式については化学肥料を用いた様式に準じて行って良く、プール育苗も可能である。プール育苗を行うと灌水作業や温度管理が簡略化できるとともに、育苗中の床土のカビの発生が抑制される。育苗方法については「プール育苗」の項を参照する。

イ 水田に施用された有機質資材及び肥料の窒素無機化特性

一般的に有機質肥料は肥効が長く続くため、窒素の後効きによって米の品質・食味を低下させる要因となるので、施用する肥料の成分と施肥量には十分留意する必要がある。

また、米ぬかや油かす類の植物性有機物を灌水直前に施用すると異常還元やガスの発生を招きやすく、移植後の活着や初期生育が劣る。そのため、栽培前年秋にわらと共にすき込むか、春に施用する場合は耕うんから灌水、代かきまでの時間をできるだけ長くする。

栽培前年秋に施用した各資材、肥料の肥効のめやす（窒素無機化率）は、次の3つのタイプに区分できる。

表4-12 各肥料、資材の窒素無機化率の推移(%) (H10年、新潟農総研)

	培養期間 有効積算温度(°C)	培養前	2週	3週	4週	6週	10週	20週	培養前~10週 増加率(%)
		0	210	315	420	630	1050	2100	
初期型	蒸製骨粉	50.1	58.7	52.5	59.4	48.3	54.2	82.8	7.5
	大豆油粕	61.5	64.4	60.6	71.7	68.9	69.9	70.0	12.1
	蒸製肉骨粉	26.8	24.7	25.5	26.7	24.9	31.1	32.9	13.6
	なたね油粕	38.7	50.4	47.0	56.8	48.5	49.6	50.4	22.0
	魚かす	35.5	42.0	40.3	47.2	45.8	45.6	46.3	22.0
	脱脂米糠	23.6	31.7	27.4	35.9	30.4	35.2	36.2	33.0
	中間型	三井東庄「ネカシ有機」	8.1	14.9	13.4	17.4	14.7	17.9	23.6
片倉「みのりエキス100」		8.7	19.5	18.1	21.9	22.4	25.5	25.9	65.8
蒸製皮粉		17.9	33.4	39.3	50.2	53.6	62.0	67.9	71.1
乾燥菌体		2.7	8.3	5.1	7.1	8.8	11.4	13.8	76.2
富士見「天然ボカシ肥料」		1.4	4.5	2.5	3.1	4.6	6.8	9.3	78.9
生米糠		4.2	22.7	20.8	24.7	24.3	27.9	31.1	85.0
発酵鶏糞		2.4	11.3	10.6	13.7	11.1	16.8	19.5	85.9
持続型	牛ふん堆肥	0.5	6.1	3.4	5.2	4.8	6.1	4.5	92.2
	豚ふん堆肥	-0.2	0.9	-2.2	0.0	0.2	2.8	5.2	108.5

注) 窒素無機化率は窒素発現量からブランク値を差し引いて計算した。

(ア) 初期型

培養前の窒素無機化率が高く、湛水後の増加が小さいため、初期生育が良好で肥培管理がしやすいタイプ。

(イ) 中間型

培養前の窒素無機化率は低いが、湛水後の増加が大きいため、生育中期での無機化量が多く、多用すると千粒重の低下、未熟粒の増加を招きやすいタイプ。

(ウ) 持続型

培養期間に関らず窒素無機化率が低く、地力窒素発現量の底上げにつながる、土づくり肥料タイプ。

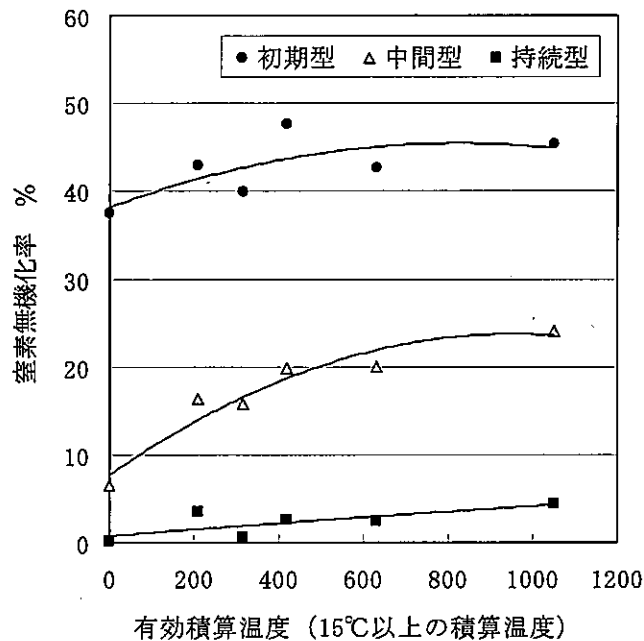


図4-3 各タイプごとの有機質肥料の無機化パターン

蒸製骨粉、大豆油かす、なたね油かす、魚かす、蒸製皮粉では水稻一作期間中に窒素無機化率が概ね 50%に達するが、他の肥料及び資材では 3～30%と低い。そのため、二作目以降、土壌中に残存する肥料の残効を考慮しなければならない。また、市販のボカシ肥料はいずれも無機態窒素量が多いため、基肥を春施用する場合や穂肥としての利用に向いていると考えられる。

各肥料の無機態窒素含有率及び無機化特性から推定されるコシヒカリの基肥施肥基準は以下の通りとなるが、ほ場の地力差、肥料のロット、メーカーにより肥効が異なることが予想されるため、実際の施用にあたっては 80%程度の安全率を見込んだ方がよい。

表 4-13 有機質肥料の基肥施用基準 (H11 年、新潟農総研)

資材名	窒素含有率 N % (現物)	無機化率 %	現物施用量 kg/10a
大豆油かす	7.2	70	30～50
なたね油かす	5.3	60	50～70
米ぬか	2.4	35	240～280
米ぬか油かす	2.8	40	180～240
魚かす	7.0	50	50～70
蒸製骨粉	4.0	60	80～100
発酵鶏ふん	2.4	50	180～200
ボカシ肥料	約4.0	60	80～100

平坦地 (粘質土壌) における化学肥料で窒素成分 2～3 kg/10a に相当する。有機質肥料は成分が不安定な場合があるので、概ねの数値として利用する。

ウ 有機物の基肥施用量の考え方

水田に施用された有機物の一部は水稻一作期間中に分解されず、連用によって土壌に肥料成分が残存し、過剰生育等の不安定な生育を招く危険性があるので、二作目以降の窒素無機化量を考慮して基肥施用量を加減する必要がある。

計算式を用いて 2 年目以降の残存有機物からの窒素発現量を推定すると、有機物を継続して施用しているほ場での窒素発現量の予測が可能である。推定に使用した有機物の窒素無機化率は、未発酵有機物である米ぬか、米ぬか油かすは初年目と 2 年目以降を変えず、堆肥化されて分解されにくい窒素を多く含む畜ふん堆肥、発酵鶏ふんでは 2 年目以降を低く設定する。その結果、有機物施用区の窒素発現量と対照区の発現量から算出した有機物由来の窒素発現量と推定値には高い相関が得られる。

表 4-14 残存有機物による窒素発現量の推定 (計算例)

	施用窒素量 N kg/10a	無機化率		残存有機物を考慮した窒素発現量 N mg/100g 乾土			
		施用当年 %	2年目以降 %	初年目	2年目	3年目	4年目*
資材A 初年目	6.0	35	25	2.10	0.93	0.73	0.55
2年目	5.0	35	25		1.75	0.81	0.61
3年目	5.0	35	25			1.75	0.81
				2.10	2.73	3.29	1.97

*, 4年目は有機物投入前の推定値

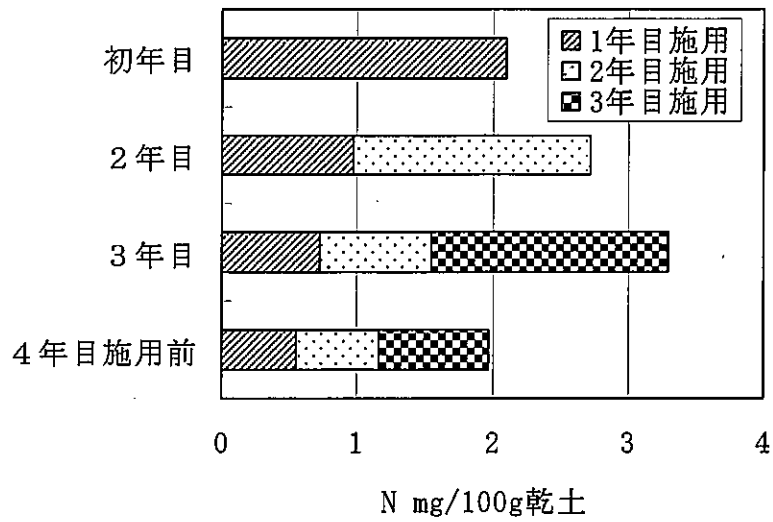


図4-4 残存有機物を考慮した土壤窒素無機化量 (計算例)

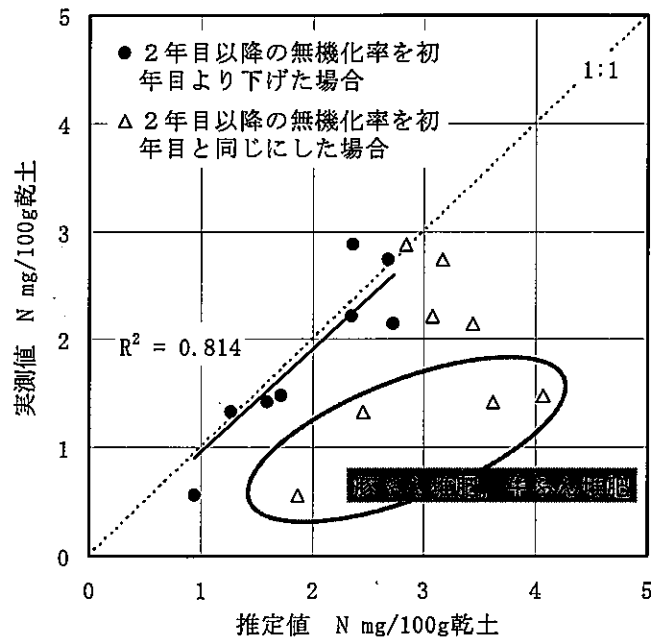


図4-5 残存有機物による窒素発現量の推定値と実測値

表4-15 窒素発現量の推定に用いた有機物の無機化率

	施用当年	2年目以降
	%	%
生米糠	28.0	28.0
米糠油かす	35.0	35.0
豚ふん堆肥	20.0	7.5
牛ふん堆肥	5.0	2.5
発酵鶏糞	20.0	10.0

このような残存有機物による残効の計算は、肥料成分の流亡、乾土効果を受けにくい細粒グライ、細粒強グライ土壌などの湿田についてのみ可能であると考えられる。乾田では施用した有機物が酸化的に分解され、二作目以降の肥効が不安定になる可能性があるため、注意が必要である。

エ 有機物による穂肥施用

有機物を利用した水稻栽培においても適切な穂肥施用を行わないと減収や品質不良の要因となる。有機物は施用してから肥効が現れるまでに時間を要するため、化学肥料を用いる場合よりも施用時期を早める必要がある。また、穂肥に用いる有機物の種類によって肥料効果が異なるため、有機物の種類についても留意する。

なたね油かすは他の有機物よりも穂肥としての肥効が高く、出穂期 30 日前に施用すると、水稻収穫期の窒素吸収量および籾/わら比が、上昇して収量が増加する。

表 4-16 各種有機物を穂肥施用(出穂期 30 日前、N 2kg/10a)した処理区の収量及び収量構成要素

	精籾重* (kg/10 a)	わら重* (kg/10 a)	籾/わら比	精玄米重* (kg/10 a)	登熟歩合 (%)	一穂籾数 (粒/穂)	総籾数 (×1,000 m ⁻²)	千粒重 (g)	玄米タンパク 含有率* (%)
化学肥料	640 ^c	695 ^a	0.92 ^d	503 ^c	91.8 ^{ab}	69.7 ^a	25.0 ^a	21.9 ^b	6.9 ^b
なたね油かす	619 ^{bc}	702 ^a	0.88 ^{cd}	482 ^{bc}	92.3 ^b	66.3 ^a	24.5 ^a	21.2 ^a	6.2 ^a
生ごみコンポスト	569 ^{abc}	695 ^a	0.82 ^{ab}	442 ^{ab}	89.8 ^{ab}	65.8 ^a	24.1 ^a	21.1 ^a	6.4 ^a
発酵鶏ふん	583 ^{abc}	717 ^a	0.81 ^{ab}	449 ^{abc}	90.0 ^{ab}	66.6 ^a	24.4 ^a	21.0 ^a	6.4 ^a
市販有機質肥料	558 ^{ab}	673 ^a	0.83 ^{abc}	432 ^{ab}	87.8 ^a	65.1 ^a	22.2 ^a	21.2 ^a	6.2 ^a
魚かす	602 ^{abc}	702 ^a	0.86 ^{bc}	460 ^{abc}	89.5 ^{ab}	69.6 ^a	24.9 ^a	20.9 ^a	6.2 ^a
無追肥	540 ^a	687 ^a	0.78 ^a	415 ^a	90.7 ^{ab}	62.0 ^a	21.8 ^a	21.0 ^a	6.3 ^a

同一英小文字はTukey HSDにより5%水準で有意差がないことを示す(n=3), *は水分15.5%換算。

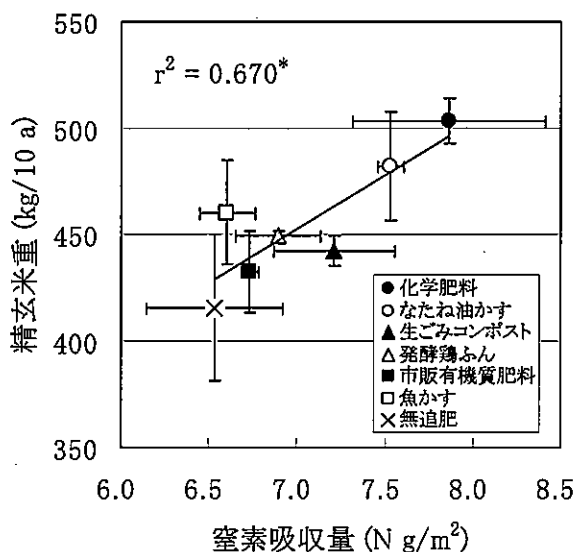


図 4-6 収穫期の稲体窒素吸収量と精玄米重の関係

※ *は5%水準で有意差があることを、エラーバーは標準偏差(n=3)を示す。

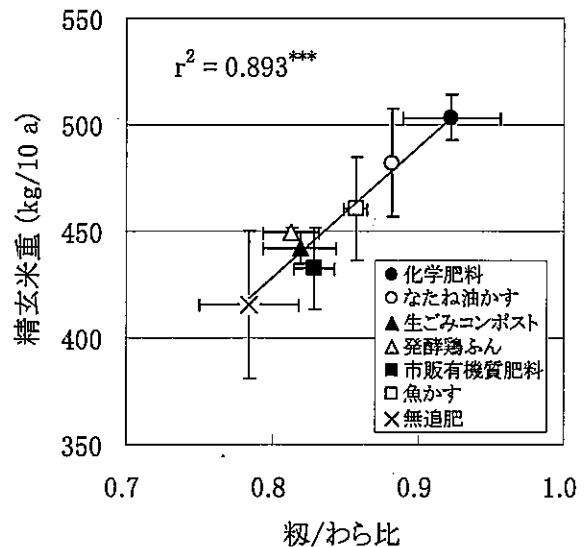


図 4-7 収穫期の籾/わら比と精玄米重の関係

※ ***は 0.1%水準で有意差があることを、エラーバーは標準偏差(n=3)を示す。

なたね油かすを施用してから5～6日で葉色が濃くなり、その後やや残効が見られることから、出穂期25～30日前に穂肥窒素全量を施用すると良い。なたね油かすの穂肥としての窒素利用率は約50%であり、化学肥料の窒素利用率(約70%)に劣るので、窒素成分で3～4割程度の増肥が必要となる。しかし、施用時期が遅れたり、施用量が多いと玄米タンパク質含有率が高まる可能性があるため、施用時期や施用量には注意が必要である。

オ 有機化成肥料、有機質肥料を組み合わせた水稻の化学肥料削減

水稻への化学肥料の使用量をさらに削減するには、有機化成肥料と有機質肥料の特性を把握して組み合わせることが重要である。

基肥に市販の有機質由来50%の化成肥料、穂肥にペレット状なたね油かすを組み合わせることで化学肥料の施用量を70%削減できる。さらに、基肥に発酵鶏ふんを組合せることにより化学肥料の100%削減が可能である。穂肥には扱いやすいペレット状のなたね油かすを利用すると良い。

表4-17 肥培管理の方法

	基肥		穂肥		合計 施用量 (N kg/10a)
	種類	施用量 (N kg/10a)	種類	施用量 (N kg/10a)	
化学肥料	塩加燐安	3.0	硫安	2.0	5.0
有機50%	有機化成*	3.0	有機化成*	2.0	5.0
有機70%	有機化成*	3.0	ペレット状なたね油かす**	2.8	5.8
有機100%	発酵鶏ふん	6.0	ペレット状なたね油かす**	2.8	8.8

*、有機化成肥料は市販の減化学肥料栽培用の基肥用、穂肥用肥料をそれぞれ用いた。

**、穂肥に用いたペレット状なたね油かすは出穂30日前に施用した。

表4-18 有機質肥料の割合が生育に及ぼす影響

	7月5日		収穫期					稲体窒素吸収量	
	草丈 (cm)	茎数 (本/m ²)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	有効茎歩合 (%)	倒伏程度	7月5日 (g N/m ²)	収穫期 (g N/m ²)
無肥料	51 ^a	329 ^a	91 ^a	17.4 ^a	263 ^a	80.2 ^a	0.2 ^a	1.63 ^a	5.39 ^a
化学肥料	57 ^a	461 ^a	96 ^{ab}	18.8 ^a	324 ^{ab}	70.6 ^a	3.8 ^b	2.81 ^b	6.51 ^{ab}
有機50%	56 ^a	414 ^a	98 ^b	18.4 ^a	322 ^{ab}	77.8 ^a	3.7 ^b	2.64 ^{ab}	7.23 ^{ab}
有機70%	58 ^a	428 ^a	100 ^b	18.8 ^a	350 ^b	83.1 ^a	4.5 ^b	2.67 ^{ab}	7.69 ^b
有機100%	55 ^a	375 ^a	98 ^b	18.7 ^a	329 ^{ab}	88.2 ^a	4.0 ^b	2.24 ^{ab}	6.84 ^{ab}

同一英小文字はTukey HSDにより5%水準で有意差がないこと示す(n=3)。

表4-19 有機質肥料の割合が収量・品質に及ぼす影響

	精玄米重	一穂粒数	総粒数	登熟歩合	精玄米	玄米タンパク質
	(kg/a)	(粒)	(千粒/m ²)	(%)	千粒重 (g)	含有率* (%)
無肥料	36.5 ^a	75.4 ^a	18.1 ^a	95.3 ^c	21.1 ^a	4.9 ^a
化学肥料	49.8 ^b	84.3 ^{ab}	26.1 ^b	90.7 ^{bc}	21.6 ^b	5.1 ^{ab}
有機50%	52.0 ^b	92.0 ^b	27.3 ^b	87.8 ^{ab}	21.5 ^b	5.1 ^{ab}
有機70%	50.2 ^b	89.8 ^b	28.9 ^b	84.9 ^a	21.0 ^a	5.3 ^b
有機100%	48.1 ^b	85.6 ^{ab}	26.5 ^b	89.0 ^{ab}	21.2 ^a	5.1 ^{ab}

*、玄米タンパク質含有率は水分15%換算。

同一英小文字はTukey HSDにより5%水準で有意差がないこと示す(n=3)。

3 有機物及び土壌改良資材の施用法

- 稲わらの秋施用は、堆肥施用と同等の「土づくり」効果が期待できる。
- 有機物を施用したほ場では、保水力や窒素供給力が増し、干ばつや高温登熟条件等の異常気象下での稲の生育や登熟を助ける。
- すき込みの時期は稲わらの腐熟の促進や温室効果ガスであるメタンの発生の抑制を図るため、遅くとも10月中旬までに完了する。
- すき込みの耕深は作業能率や腐熟促進等を考慮して、5～10cmの浅うちとする。

(1) 堆肥の施用

地力維持という観点に立つ堆肥の施用量は、水田の乾湿、土壌の種類により異なる。堆肥施用量の目安は、一般的に稲わら堆肥では1～2 t/10a、牛ふん堆肥で1 t/10a、オガクズ入り牛ふん堆肥で1～2 t/10a、豚ふん堆肥で0.5～1 t/10aといわれているが、排水不良田や潜在地力が高い水田では施用量を少なくする必要がある。環境保全型農業を進める場合、化学肥料代替効果を狙い、下記の基準よりかなり多くの堆肥を施用する場面があるが、ほ場条件を考慮して施用量を加減する必要がある。湿田や湛水期間が長い水管理を行う場合、分解は遅く肥効の遅れなどによる生育後半での窒素発現過多などに注意する。

表4-20 水田における堆肥施用量

	土壌の種類	ほ場	施用形態	施用量 t/10a
低地土	細粒質土	湿田	堆肥	0.6
		乾田	堆肥・きゅう肥	1以上2以下
	中粗粒質土	湿田	堆肥	0.6
		乾田	堆肥・きゅう肥	1以上2以下
	れき質土	乾田	堆肥・きゅう肥	1以上2以下
台地土	細粒質土	湿田	堆肥	0.6
		乾田	堆肥・きゅう肥	1以上2以下
	中粗粒・れき質土	湿田	堆肥	0.6
黒ボク土	湿田	堆肥	0.6	
	乾田	堆肥・きゅう肥	1以上2以下	

出典：「新潟県における土づくりのすすめ方」から抜粋

※ 湿田は還元状態にあるため堆肥の分解が少ないことから、畑より施用量は少ない。湿田での多量な堆肥施用は、ワキや肥効の遅延などが問題となる。

(2) 稲わら施用

稲わら施用を効果的に行うため、次に「稲わら秋すき込み推進の手引」から一部抜粋し記載する。

稲わらの秋すき込みは「稲わら秋すき込み推進の手引」による稲わら施用区分の1～4に該当する全地域、及び「稲わら施用マップ」が作成されていない地域では以下の地域を除いて可能である。

- ① 泥炭地及びその周辺部の強湿田
- ② 天水田など水管理のできない水田
- ③ 山間地の冷水かかり田

表4-21 稲わらすき込み区分

易分解性有機物含量 (アンモニア生成量)	水管理 (中干しによる田面の 亀裂発生)	透水性 (注1)	稲わら施用区		施用区分の説明
			一般 品種	コシ ヒカリ	
少 (20mg N/100g以下)	容 易	大 中 小	1 1 1	1 1 2	1: 適 (効果が期待できる。) 2: 適 (障害の程度は小さく、 効果が期待できる。) 3: 適 (多少の障害はあるが、水管理 等で効果が期待できる。) 4: 可 (気象条件等で障害が強くなる 恐れがあり、窒素施用量、 水管理等に十分な注意 を要する。) 5: 不適 (施用しない。)
	普 通	大 中 小	1 1 2	1 2 3	
	困 難	大 中 小	2 4 4	4 5 5	
中 (20～25mg N/100g)	容 易	大 中 小	1 1 2	1 2 3	
	普 通	大 中 小	1 2 3	2 3 4	
	困 難	大 中 小	4 4 5	5 5 5	
多 (25mg N/100g以上)	容 易	大 中 小	4 4 5	5 5 5	
	普 通	大 中 小	5 5 5	5 5 5	
	困 難	大 中 小	5 5 5	5 5 5	

(注1) 土壌の透水性

区分	透水係数	土 性
大	$10^{-3} <$	粗粒質 (LS～S)
中	$10^{-4} \sim 10^{-5}$	中粒質 (SiL～SL)
小	$10^{-6} >$	細粒質 (HC～CL)

稲わら秋すき込みは、以下の点に留意して実施する。

ア すき込み時期

稲わらの秋すき込みは、腐熟の促進を図るため収穫後できるだけ早く、地温が高いうちに行い、遅くとも10月中旬までに完了する。これは、稲わらの分解を担う土壌微生物は地温が15℃以下になると活性が低下することから、すき込みが遅くなると稲わらの分解が十分進まないからである。また、稲わらを秋期にすき込むことにより春すき込みに比べ、分げつ期の土壌の異常還元が抑えられ、温室効果ガスであるメタンの発生や根ぐされの原因となる硫化水素などの発生が、堆肥の施用と同等にまで軽減される。

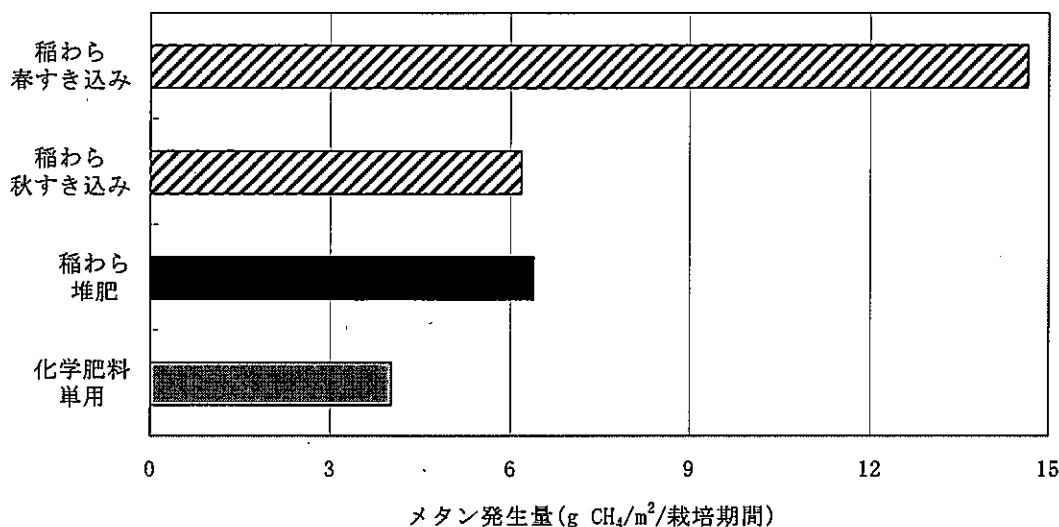


図4-8 水田からのメタン発生量に対する稲わら処理の影響

○ 稲わらの秋すき込みは温室効果ガスであるメタンの発生量を抑制できる。

イ すき込み方法

すき込みの耕深は、作業能率や土壌微生物に対する酸素供給、春先の土壌の乾燥促進などを考慮し、5～10cmの浅うちとする。なお、浅うちは表面の稲わらが乾燥しやすいので、土壌と十分に混和し、湿田や冬期に湛水しやすい水田では排水溝を作り、表面水の排除に努める。

ウ すき込み田の水管理

湿田などの稲わらすき込みや春すき込みによってワキが激しい場合は、用水を更新する。ガスの発生が続くようなら温暖な日を選んで夜間落水を行い、土壌中への酸素の供給を図る。また、稲わらすき込み田は未分解の有機物が多く、土壌の還元が強く現れやすいので、中干しの徹底と中干し直後の間断灌水及びそれ以降の飽水管理を励行する。これは根の健全を保って養分吸収を確保するためにも重要である。

(3) 土壌改良資材の施用

水稻に対する土壌改良資材としては、リン酸質資材、石灰やケイ酸質資材、含鉄資材などがある。これらの資材の過不足は水田によって一様ではなく、地域の土壌の特性やそれぞれの土壌管理により異なっている。

一般に、秋落ちする砂質老朽化水田などでは含鉄資材の施用が有効であり、山間地を中心にケイカルの施用が実施され、また黒ボク土ではリン酸吸収係数が高くリン酸の固定が起りやすいため熔リン等の施用が有効であると考えられるが、連年施用による蓄積量の多い水田も多く見られるようになった。特に、リン酸、カリは蓄積傾向であり、減肥が必要な水田が増加している。そのため土壤改良資材の施用にあたっては、土壤診断と改良目標に基づき計画的に施用する必要がある。不足している水田では施用量は施用効果を考慮して、一般的には10a当たり熔リンで40~80kg、ケイカルで120~200kg、含鉄資材で200~300kg程度の施用が必要である。土壤改良資材の施用に当たっては、労力的な面からも大型機械による共同散布の体制を整備することが重要である。

(4) ケイ酸供給としての籾殻の有効利用

県内の水田土壤を5年ごとに30年間(S54~H25年)調査した結果、可給態ケイ酸はほとんどの地点で基準値未満であり、ケイ酸質資材等の施用が必要となっている。

収穫後籾すりによって得られる籾殻は120kg/10a程度である。籾殻はケイ酸含有量が重量で20%程度含まれる有用資源であり、施用によって土壤を膨軟化する効果もある。籾殻を水田へすき込み還元を行う場合、籾殻を多量に施用すると水稻生育に悪影響があるため、適量を施用する必要がある。施用のめやすは、水田から得られた量である。得られた籾殻量以上に施用すると、窒素飢餓や土壤の強還元により水稻の初期生育が遅れ、減収する危険があるので注意する。

大豆栽培田に多量施用する場合は、作付け前に籾殻を500kg/10a施用しても栽培した翌年の水稻作への悪影響は少ない。

しかし、ごま葉枯病、稲こうじ病、墨黒穂病が多発生したほ場の籾殻は伝染源となる可能性があるのでは場に施用しないようにする。同様に、極端に雑草が多発生し雑草種子の混入が多く認められる籾殻もほ場に施用しないようにする。

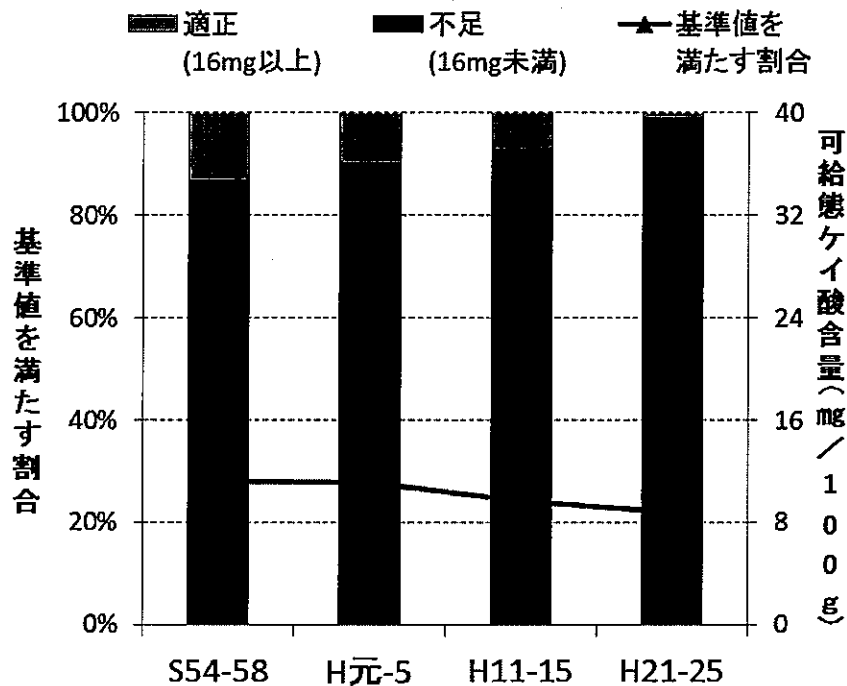


図4-9 県内水田土壌における過去30年間の可給態ケイ酸の変化 (基盤研究部)

(5) 異常気象における土づくりの効果

稲作期間が高温・多照で推移した場合、幼穂形成期以降の葉色の低下や窒素吸収量の減少、さらに登熟期の高温により根の活力の低下が懸念される。また、現行の食味を重視した控えめの穂肥体系では、登熟期間の乾物生産量に比べ窒素吸収量が低く抑えられている。

そのため高温登熟条件下では、後期栄養の不足や稲体活力の低下により、登熟不良による未熟粒の多発生を招きやすくなっていると考えられる。それを補うものとして、根の健全化を図るための中干し直後の間断灌水及びそれ以降の飽水管理を励行すると共に、稲わら施用や堆肥の施用による地力増進が重要である。堆肥や稲わらを連年施用すると、地力の向上によって栽培後期の窒素発現量が増加し、稲体活力の維持と登熟向上に寄与するため、化学肥料だけの施用に比べ、異常高温年における収量や品質の低下が小さくなる(図4-10、図4-11、図4-12)。

また、冷害年においても、有機物や土壌改良資材の施用で、収量低下を抑えることができる(図4-13)。

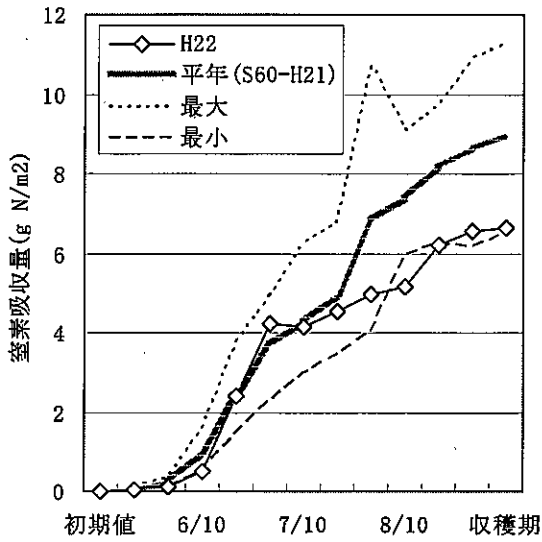


図 4-10 窒素吸収量の推移

- 高温登熟年 (H22) では幼穂形成期以降の窒素吸収量が少なくなる。

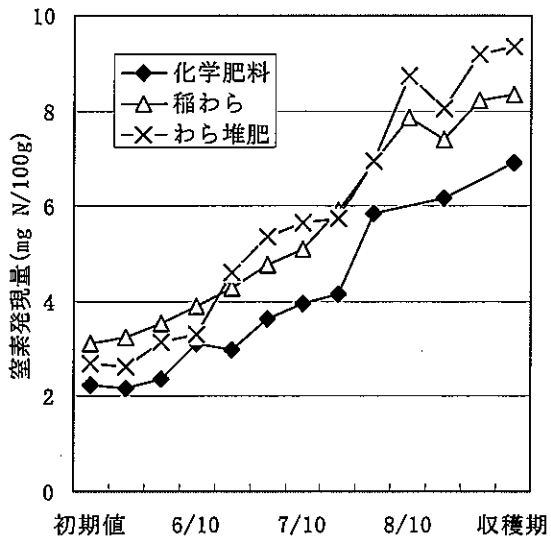


図 4-11 ほ場インキュベーションによる窒素発現量の推移 (長倉基準点ほ場、H22年、有機物連用 27年目)

- 稲わらや堆肥の連年施用で土壌からの窒素発現量は化学肥料単用区に比べて増加する。

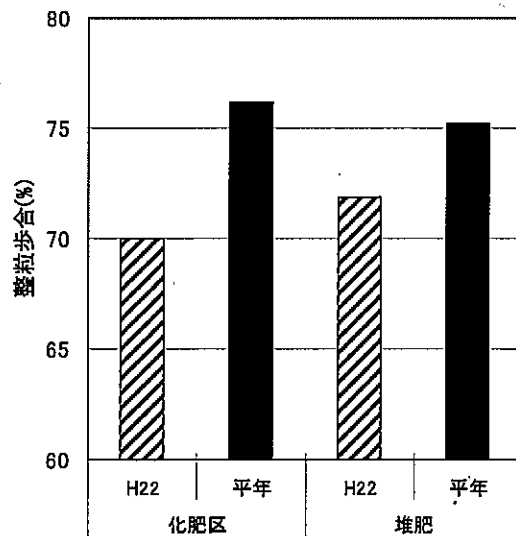
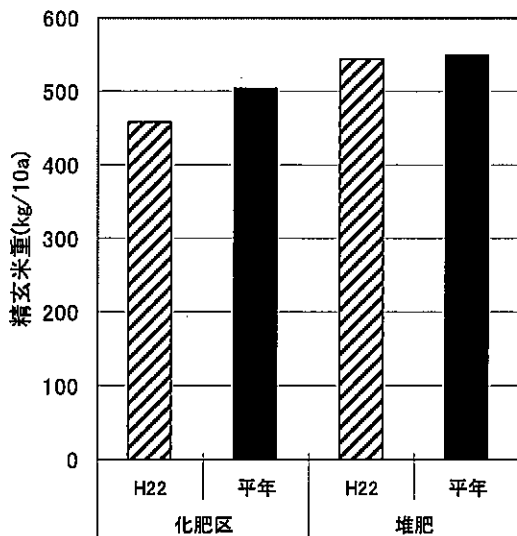


図 4-12 精玄米重および良質粒歩合 (RS-2000)
(長倉基準点ほ場、H22年、有機物連用 27年目)

- 異常高温年 (H22) であっても、有機物連用しているほ場では、収量や品質の低下が小さい。

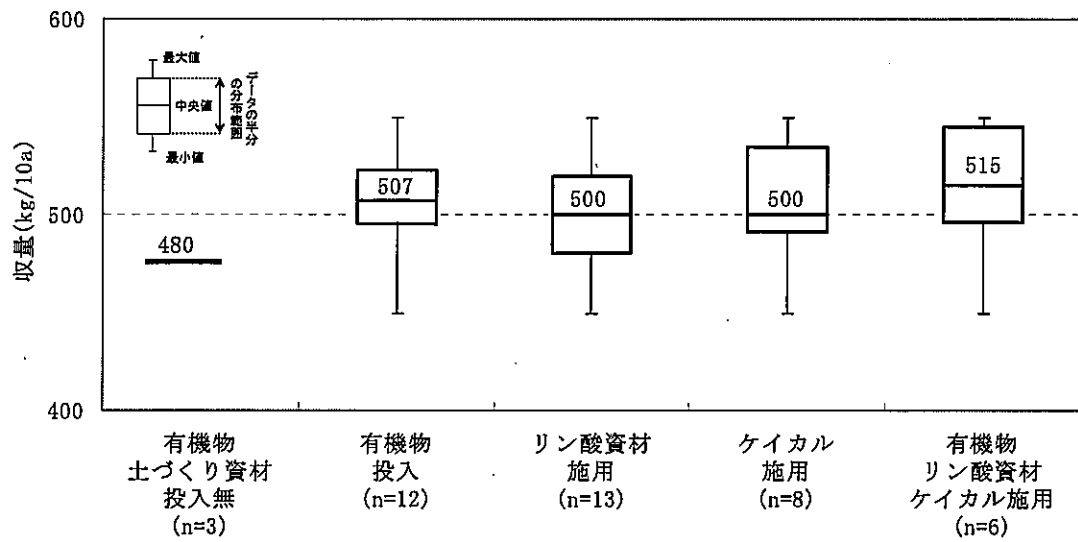


図 4-13 冷害年における土づくりの違いとコシヒカリ収量 (H5 年、新潟農試)
 ※ 旧三和村大西での聞き取り調査、図中の数値は各区の中央値 (kg/10a)

○ 「土づくり」は異常気象に対する稲体の抵抗性を高める。

4 深耕と排水・透水性の改良

- 水稻の根の80%以上は作土層に分布する。作土層を十分確保するため、耕深は15cmを目標とする。
- 水稻根の活力を高め、維持するために、用排水施設の改善や暗渠排水・心土破碎などにより、地下水位の低下や透水性の改良を図る。

(1) 深耕

水稻根は80%以上が作土層に分布しており、水稻は必要とする養水分の大部分を作土層から得ている。作土層が浅いと肥料の持続性が短いばかりでなく、根の機能の低下も早まる。特にフェーンや干ばつ、高温障害等に対する抵抗力を弱め、高品質・良食味米の生産が困難となるので、作土層の確保が重要である。

「新潟県における土づくりのすすめ方（平成17年3月、新潟県農林水産部）」では、耕深の目標値を15cmとしているが、一度に深耕すると下層の不良土壌が多く混入して逆に地力低下を招くことがあることから、深耕は有機物や土づくり資材の施用と併せて、毎年少しずつ耕深を深めることが必要である。

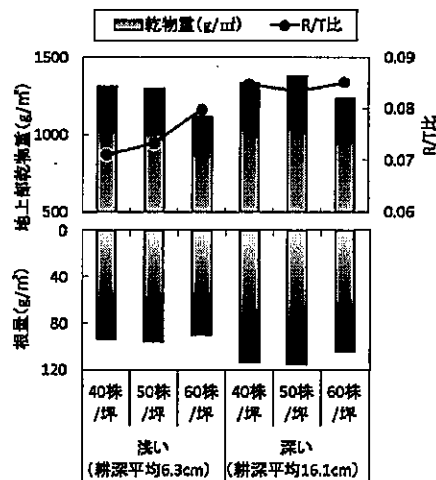


図4-14 耕深別の栽植密度と地上部乾物重及び根量、R/T比の関係（H23～25年）

※ R/T比は成熟期の根量(g/m²)/地上部乾物重(g/m²)を示す。化学肥料又は有機50%肥料を使用。

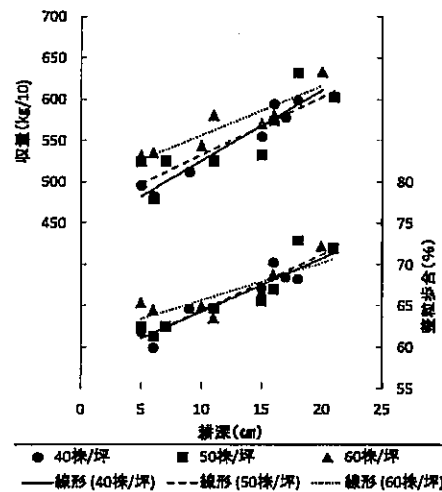
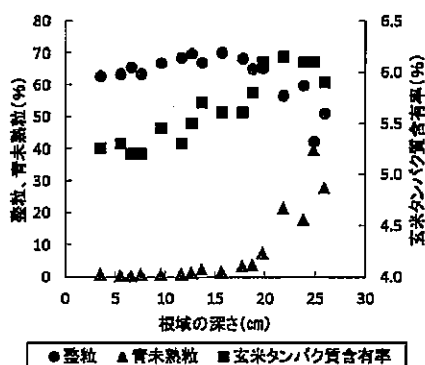


図4-15 耕深及び栽植密度と収量、整粒歩合の関係（H23～25年）

※ 化学肥料又は有機50%肥料を使用。



○ 耕深を深くすると地上部に対する根の割合（R/T比）が増加し、栽植密度に関わらず整粒歩合及び収量が高まる。しかし、根域を極端に深くすると青未熟粒が増加するため、整粒歩合が低下し、玄米タンパク質含有率が高まる。

図4-16 根域の深さと整粒歩合、基部未熟粒率

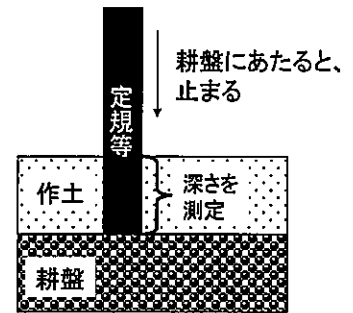
及び玄米タンパク質含有率の関係（H25年）

※ 遮根透水シートを深さ3～30cmの傾斜をつけて埋設した根域制限試験のデータ。有機50%肥料を使用。

(2) 耕深の確認方法

ア 前年度の耕深の確認

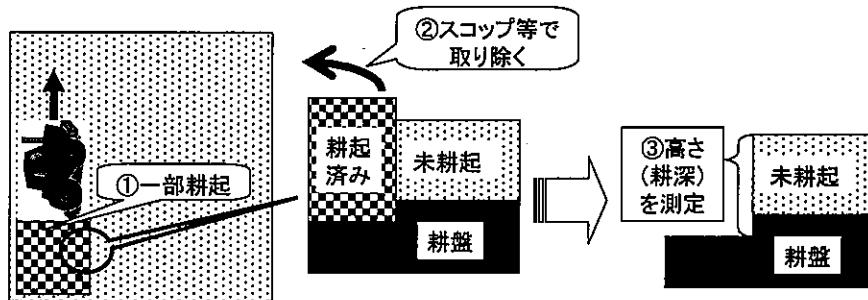
耕起前に厚みのある丈夫な定規、もしくは先の平らなスコップ（練りスコ等）等を土壤に垂直に挿す。耕盤にあたると定規が止まるので、そこまでの深さ（作土深）を測定する。これが、前年までの耕深となる。



イ 耕起作業中の確認方法

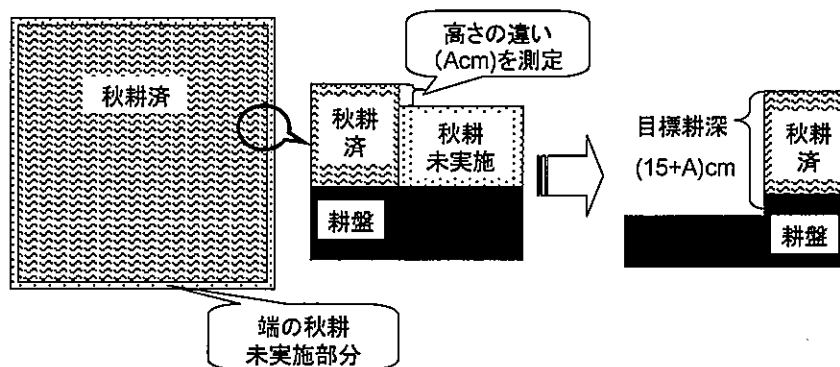
ほ場の一部（数メートル）を耕起し、耕起済みと未耕起の境目で、未耕起部分の高さを測定。その高さに応じて、トラクターの設定等を調整する。

ただし、耕起済みのところは表面が盛り上がっているため、必ず未耕起部分で確認する。

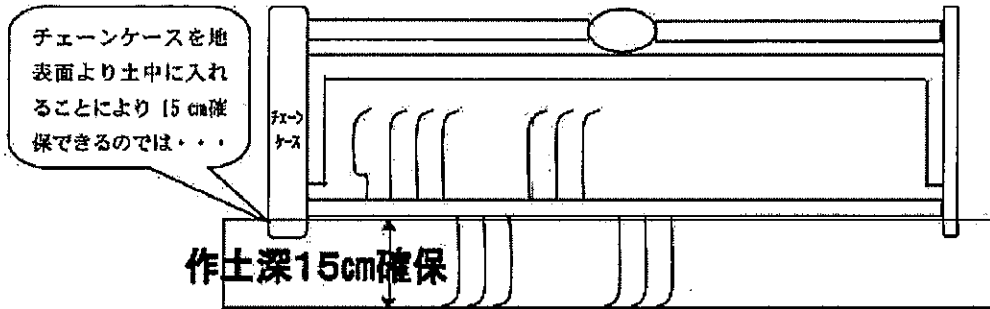


ウ 秋耕済みのほ場の場合

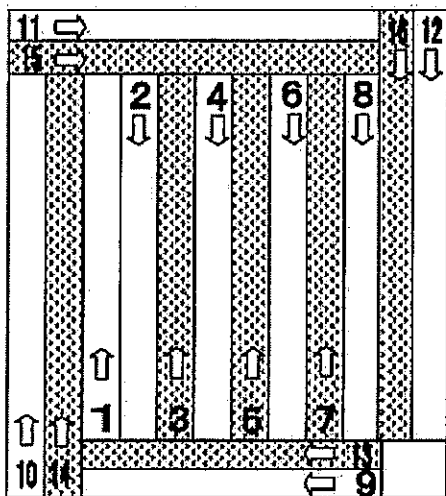
積雪が多い地域…雪の重みで土壤が鎮圧されているので、未耕起と同様に考える。
積雪が少ない地域…ほ場の端の秋耕未実施部分と比較して、秋耕したところの土壤表面が高い場合は、その分深く耕す。



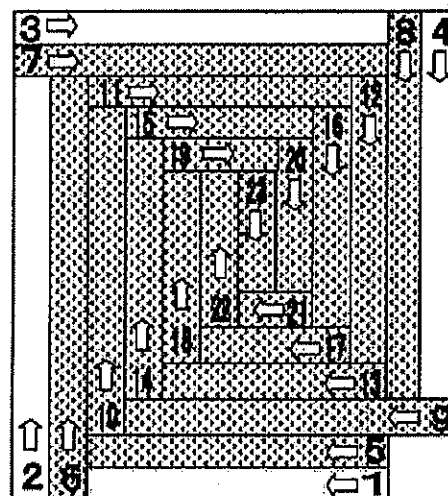
《トピックス》地域の取組事例：作土深 15 cm に向けた実用的な耕起方法
 ～堀川氏（JA 越後ながおか）の「回り耕ち」技術～




<通常の耕起の方法>



<回り耕ちの方法>



※  の部分はチェーンケースを潜らせて作業が出来る箇所

(3) 排水改良

排水条件を構成する要因は、土層の透水性と地下水位にある。透水性の改良は、地温上昇による初期生育の促進や土壌を酸化的に保ち、根の活力を高めることにつながる。稲の根の活力を高めることは、養分吸収量を増して、高温登熟などの気象変動に対する抵抗力を高め登熟向上につながる。

このような水田の乾田化は、畑作物の作付け等により促進されるほか、酸化的な土壌条件が土壌有機物の消費を助長することが明らかになっており、稲わらや堆肥等の有機物施用による「土づくり」がより重要となっている。

5 水田の土壌改良目標

○ 土壌改良は土壌診断と改良目標に基づいて計画的に実施する。

(1) 土壌改良目標値の設定

土壌改良目標値とは、「一般的な肥培管理を行って正常な収量をあげることができる各項目の最低値、もしくは範囲」を示すものであり、この目標値に満たない場合は、養分の作物への供給が不十分な状態である。また、目標値を大きく上回る場合は、養分の過剰吸収に伴う生育阻害が現れることがある。有機物施用や土づくり資材、土壌改良資材等の施用に当たっては、土壌診断に基づき、不足成分を補う資材を選定する、過剰な養分は施用しない等の対応を行うことが重要である。

目標値の塩基類については、当量または塩基飽和度で表示するよう統一しており、陽イオン交換容量 (CEC) と塩基飽和度 (CaO、MgO、K₂O) の関係を理解することが重要となることから、関係を下記に記載する。

塩基とは、土壌の場合、石灰 : CaO、苦土 : MgO、加里 : K₂O のことをいい、塩基飽和度とは土壌の陽イオン交換容量 (CEC) に占める各塩基の割合の合計値である。さらに、石灰飽和度などのように各塩基の飽和度を個別に示す場合もある。

$$\text{石灰 (CaO) 飽和度\%} = \frac{\text{置換性石灰 (cmol/kg)}}{\text{CEC}} \times 100 = \frac{\text{置換性石灰 (mg/100g)} / 28.0}{\text{CEC}} \times 100\%$$

$$\text{苦土 (MgO) 飽和度\%} = \frac{\text{置換性苦土 (cmol/kg)}}{\text{CEC}} \times 100 = \frac{\text{置換性苦土 (mg/100g)} / 20.2}{\text{CEC}} \times 100\%$$

$$\text{加里 (K}_2\text{O) 飽和度\%} = \frac{\text{置換性加里 (cmol/kg)}}{\text{CEC}} \times 100 = \frac{\text{置換性加里 (mg/100g)} / 47.1}{\text{CEC}} \times 100\%$$

$$\text{塩基飽和度\%} = \text{石灰飽和度\%} + \text{苦土飽和度\%} + \text{加里飽和度\%}$$

○ 近年国際的な単位系の統一に伴い、旧来の 1 me = 1 cmol/kg (センチモル・キログラム) となった。

表4-22 水田土壤の改良目標値

項目	土壤の種類									
	低地土					台地土			黒ボク土	
	細粒質		中粗粒質		礫質	細粒質		中粗粒		
	湿田	乾田	湿田	乾田	乾田	湿田	乾田	湿田	湿田	乾田
陽イオン交換容量 (cmol/kg)	20		15			20		15	20	
塩基飽和度(%)	51~72									
石灰飽和度(%)	40~50									
苦土飽和度(%)	10~20									
加里飽和度(%)	1~2									
有効態けい酸 (mg SiO ₂ /100g)	15					25				
有効態リン酸 (mg P ₂ O ₅ /100g)	10									
遊離酸化鉄(%)	1.5									
NH ₄ 風乾生成量 (mg N/100g)	20		15			20		15		
耕深(cm)	15									

表4-23 陽イオン交換容量別の交換性塩基の目標値

CEC	単位	石灰:CaO	苦土:MgO	加里:K ₂ O	合計
5	cmol/kg	4	1.2	0.35	5.55
	mg/100g	112	24.2	16.5	--
	飽和度%	78	24	7	109
10	cmol/kg	4.0~5.0	1.2~2.0	0.35	5.55~7.35
	mg/100g	112~140	24.2~40.4	16.5	--
	飽和度%	39~50	12~20	3.5	54.5~73.5
15	cmol/kg	6.1~7.5	1.5~3.0	0.35	7.95~10.9
	mg/100g	170.8~210	30.3~60.6	16.5	--
	飽和度%	40.7~50	10~20	2.3	53~72.3
20	cmol/kg	7.9~10.0	2.0~4.0	0.4	103~14.4
	mg/100g	221.2~280	40.4~80.8	18.8	--
	飽和度%	39.5~50	10~20	2	51.5~72
25	cmol/kg	10.0~12.5	2.0~5.0	0.4~0.5	12.4~18.0
	mg/100g	280~350	40.4~101	18.8~23.6	--
	飽和度%	40~50	8~20	1.6~2	49.6~72
30	cmol/kg	12.1~15.0	3.0~6.0	0.5~0.6	15.6~21.6
	mg/100g	338.8~420	60.6~121.2	23.6~28.3	--
	飽和度%	40.3~50	10~20	1.7~2	52~72

※ 交換性塩基の最低目標値を CaO: 110、MgO: 25、K₂O: 15mg/100g とする。

※ 1 cmol/kg (モル当量) は CaO: 28.0mg、MgO: 20.2mg、K₂O: 47.1mg に相当する。

表4-24 県内土壌の種類別特徴と対策

(地力保全対策資料第35号による土壌生産力可能性分級基準)

○ 特徴

土壌の種類		透水性	養分保持力	養分供給力			遊離酸化鉄	
				ケイ酸	リン酸	塩基		
低地土	細粒質	湿田	小	大	多	多~中	多	多
		乾田	中	大	多	多~中	多	多
	中粗粒質	湿田	小	中	多	多	多~中	中
		乾田	大	中	中	多	多~中	中
	礫質	乾田	大	中	中	多~中	中	中~小
台地土	細粒質	湿田	小	大	多	多~中	多	多
		乾田	中	大~中	多	中	多~中	多
	中粗粒礫質	湿田	小	大~中	多~中	多~中	中~小	多
黒ボク土	湿田	小	大	多	多	多~中	中	
	乾田	中	大	多	多~小	多~小	多	

○ 対策

土壌の種類		透水性		養分保		養分供給力					含鉄資材	
		明きよ 暗きよ	床 締め	客 土	深 耕	堆きゆう 肥	わ ら	ケイ 酸	リン 酸	塩基		
低地土	細粒質	湿田	◎	×	△	○	◎	×	△	△	△	×
		乾田	△	×	×	◎	◎	○	△	△	△	×
	中粗粒質	湿田	◎	△	○	○	◎	×	◎	×	○	○
		乾田	△	○	○	◎	◎	○	◎	×	○	◎
	礫質	乾田	×	◎	◎	△	◎	○	◎	○	◎	◎
台地土	細粒質	湿田	◎	×	×	○	◎	×	△	○	△	×
		乾田	×	×	×	◎	◎	○	△	○	○	×
	中粗粒礫質	湿田	◎	△	△	△	◎	×	○	○	◎	△
黒ボク土	湿田	◎	×	×	△	◎	×	△	○	○	○	
	乾田	×	△	×	◎	◎	○	△	◎	◎	×	

※ 対策必要度：◎大、○中、△小、×無（含マイナス効果）