

北海道の環境保全型農業における 有機物利用の技術的対応

竹内晴信¹

The organic matter management under the environmental friendly agriculture
in Hokkaido

Harunobu TAKEUCHI¹

1. クリーン農業における有機物施用の考え方

北海道における環境保全型農業の取り組みは1991年に道主導で始まったクリーン農業を端緒とする。これは、「たい肥等の有機物施用などによる土づくりに努め、化学肥料や化学合成農薬の使用を必要最小限にとどめるなど、農業の自然循環機能を維持・増進させ、環境との調和に配慮した安全・安心、品質の高い農産物の安定生産を進める農業」と定義される（北海道農政部, 2010）。当初は、化学肥料、化学合成農薬の慣行対比3割減を目標として、技術の開発や普及に官民挙げての取り組みが進められてきた（奥村ら, 2010）が、現在では、有機農業や自然循環型畜産を含む広い概念となっている。このクリーン農業技術は北海道農業のスタンダードとなることを狙ったもので、以下で述べる認証制度とは異なるものである。このなかで有機物の施用は必ずしも義務づけられていないが、有機物を利用する際の基本的な考え方や合理的かつ効果的な手法について「北海道における有機質資材の利用ガイド」（北海道農政部, 2005）や「北海道施肥ガイド2010」（北海道農政部, 2010）、「家畜ふん尿利用の手引き2004」（道立農畜試家畜ふん尿プロジェクト研究チーム, 2004）等の形で整理、公表されている。基本としては、地力維持のために、水稻、畑作物、飼料作物では $10\text{ t ha}^{-1}\text{y}^{-1}$ 、露地野菜や牧草、果樹で $20\text{ t ha}^{-1}\text{y}^{-1}$ 、施設野菜・花きでは $40\text{ t ha}^{-1}\text{y}^{-1}$ のたい肥施用を前提としている。その上で、例えば畑作物では、牛ふん麦稈たい肥1tあたり窒素1kg（あるいは全窒素分析値の20%）、リン1kg（全リンの20%、2013年以降は60%に改訂予定）、カリ4kg（全カリの100%）を減肥可能としている（Table 1）。また、作物の品質低下・倒伏、および硝酸態窒素の流亡を考慮して、畑作物ではたい肥の単年度施用量上限を $50\text{ t ha}^{-1}\text{y}^{-1}$ （連用条件

では $30\text{ t ha}^{-1}\text{y}^{-1}$ ）としている。しかし、入手の困難さや経済的な問題から、必要な有機物量が圃場に十分施用されるには至っていないと想定される（Table 2）。また、たい肥と同様に、収穫残渣や緑肥についても窒素、カリの減肥対応を示しており、特にカリの減肥可能性が多い。

1980年代から2000年代前半にかけての道内の農地における全炭素量は、水田で横ばい、草地では1.5ポイント程度の増加、畑地では1.5ポイント程度の減少となる傾向が明らかとなっており（道立農試, 2010）、特に畑地での腐植損耗が憂慮される。これは、面積当たり有機物施用量の減少と耕起深の深化による希釈効果が影響しているものと推定される。

一方、農地土壌における養分蓄積は全国的な問題であるが、北海道の大規模畑作地帯においても、近年リンやカリの蓄積が進んでおり、土壌養分レベルに応じた施肥量の増減を行うことが一層重要となっている。このため、有機物施用量に応じた減肥や土壌診断に応じた増減肥の指導が強化されているが、次章で述べるような実際の施肥場面での困難さから、十分な減肥対応には至っていない。

2. 有機物施用時の具体的な減肥手法

クリーン農業では、作物、地帯、土壌、作型別の施肥標準を基に、当該圃場の土壌診断による施肥率と有機物施用時の減肥指針によって減肥可能性を算出し、それを施肥標準から差し引くことで具体的な減肥量を計算する。本稿では畑作物の事例として、でんぶん原料用バレイシヨを取り上げ、Table 3にその計算手順の例を示した。

基本は「北海道施肥ガイド2010」に示される施肥標準である。この成分別施肥量①から、土壌診断による増減肥②として、有効態リンが「やや高い」水準ではリン施肥量の20%減とされることから、リンを 40 kg ha^{-1} 減じた。また、交換性苦土が「高い」水準では、苦土施肥不要とされている。次に、前作コムギのコンバイン刈り株すき込みの対応③であるが、C/Nが高い麦稈をすき込むと次作の窒素飢餓が懸念されるので、緑肥と共にすき込むことが奨励されている。このため、緑肥をコムギ跡地に導入した場合の窒素減肥可能性④が示さ

¹Central Agricultural Experiment Station, Hokkaido Research Organization, East6 North15, Naganuma, Yubari-gun, Hokkaido, 069-1395, Japan.

Corresponding author: 竹内晴信, ¹北海道立総合研究機構中央農業試験場

2013年1月29日受稿, 2013年2月26日受理
土壌の物理性123号, 11-17 (2013)

Table 1 たい肥の肥料としての効果 (畑作物).

たい肥の種類	成分の目安量 (kg 現物 t ⁻¹)			肥効率 (%, 化学肥料 = 100)		
	T-N	T-P ₂ O ₅	T-K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
牛ふんたい肥	5	5	4	20 ¹⁾	20 ²⁾	100
バークたい肥	5	5	3	0 ~ 10	20	100
牛ふん尿スラリー	簡易法で濃度推定			25 ~ 35	60 ³⁾	100
石灰系汚泥コンポスト	18	37	2	20	20	100

(北海道施肥ガイド 2010)

注) (成分の目安量) × (肥効率) が減肥可能量となる.

¹⁾ 牛ふんたい肥の連用5年以上は窒素肥効率40%, 連用10年以上は60%とする.²⁾ 2013年以降, リン肥効率を60%に改訂し指導される予定.³⁾ 飼料用とうもろこしのみ60%とし, 他の畑作物では未検討.

Table 2 十勝におけるたい肥の施用実態.

作物	施用率 ¹⁾ (%)	施用量 (t ha ⁻¹)
テンサイ	54.9	34
バレイショ	2.8	25
豆類	10.7	28
秋まきコムギ	13.9	32
スイートコーン	13.7	34
デントコーン	44.3	31
全作物平均	18.8	31

圃場あたり年平均施用量
= 31 × 0.188 = 5.8 (t ha⁻¹y⁻¹)

(十勝土壌診断協議会他, 2002年)

¹⁾ たい肥を施用した圃場数の割合.

れており, コムギの刈り株すき込み量 2 t ha⁻¹ 程度, かつエンバクの乾重が 4 t ha⁻¹ では 35 kg ha⁻¹ の窒素減肥量としている. カリの減肥量は, ③ 鋤込んだコムギ刈り株に対応した減肥 (40 ~ 50 kg ha⁻¹) と ④ エンバクすき込みに対応した減肥 (100 ~ 200 kg ha⁻¹) を行った. ⑤ たい肥施用による減肥は, たい肥 10 t ha⁻¹ あたり窒素, リン, カリそれぞれ 10, 30, 40 kg ha⁻¹ (リンは 2013 年以降改訂予定の肥効率 60% とした) とされており, たい肥 30 t ha⁻¹ 分を減じた. 最後に, 極端な窒素減肥は初期生育の停滞を招くことから, 最低限必要な窒素施肥量として 20 ~ 30 kg ha⁻¹ を施用することとされており, スターター調整⑥を行った. なお, 有機物施用に伴う苦土の増減肥は設定されていない.

この例でわかるように, すき込んだ残渣や緑肥, たい肥に含まれる窒素, カリの寄与分が大きいことから, 最終的には窒素施肥量がスターターのみとなり, カリや苦土は無施用で良いと評価される. このように減肥量を理

論的に導出することができ, それを実現することで施肥コストの大幅な低減にも結びつく. 例えば, 一般的な牛ふん麦稈たい肥施用時の減肥可能量を単肥価格 (2009 年の十勝農試単肥購入価格) に置き換えると 2468 円 t⁻¹ に相当すると試算された. たい肥を連用した場合は窒素減肥可能量が増えるので, さらに肥料的な経済価値は高まるが, この金額はたい肥の購入費や散布コスト等と比較すると必ずしも大きな額とはなっていない. むしろ問題となるのは, 窒素, リン, カリが一定の比率で含まれている化成肥料や複合肥料を用いると, 特定の成分だけを必要だけ減肥できないことである. 少ない労働力で春に作業が集中する機械施肥の体系の下で, 手間のかかる単肥の組み合わせ体系に移行することは容易ではない. これに対して, 一部ではリン, カリを減じた減肥銘柄複合肥料の開発, 試用や, 燐安の活用事例もあるが, 少数に留まっている. 即ち, 土壌診断と有機物を考慮した適切な施肥の実施は, 生産者が手間をかけずにどのよ

Table 3 施肥適量の試算例.

<p>■ 仮定条件 十勝中央地帯の火山性土 でんぶん原料用バレイショ「コナフブキ」を作付け</p>				
<p>■ 有機物管理 前作は秋まきコムギ。コンバイン収穫後にたい肥 30 (t ha⁻¹) を散布し、エンバク緑肥を無肥料で作付け。エンバクが乾重約 4 (t ha⁻¹)、C/N=15 程度になった頃、コムギの刈り株と共にすき込み。</p>				
<p>■ 土壌診断結果 pH, カリは基準値内。熱水抽出性 N は 61 (mg kg⁻¹)。有効態リンは 400 (mg kg⁻¹) で「やや高い」水準。交換性苦土は 500 (mg kg⁻¹) で「高い」水準。</p>				
<p>■ 施肥適量の計算 (kg ha⁻¹)</p>				
	窒素	リン	カリ	苦土
① 施肥標準	80	200	120	40
② 土壌診断による増減	± 0	-40	± 0	-40
③ 残渣鋤込みによる減	④に含む	-	-45	-
④ 緑肥鋤込みによる減	-35	-	-100	-
⑤ たい肥施用による減	-30	-90	-120	-
⑥ スターター調整	+5	-	-	-
差引成分量 (kg ha ⁻¹)	20	70	0	0

(北海道施肥ガイド 2010 を基に構成)

うに応用するかにかかっている。現状はそこまで行かずとも、慣行的に行われる過剰な施肥の回避を指導している段階である。

3. 北のクリーン農産物 (YES!clean) 表示制度

クリーン農業によって生産された農産物であることを実需者へ情報提供するための表示制度として、北海道では、北のクリーン農産物 (YES!clean) 表示制度が 2000 年から導入されている。この制度では、有機物の利用は安全・安心を担保する上で重要であるとの認識から、有機物の施用を義務づけており、作物や作型毎に、総窒素施用量、およびたい肥等の施用下限量と上限量が示されている。生産集団 (個々の生産者毎には登録を受けられない) は本制度に示される栽培基準に則った栽培履歴を認証機関によって認証、登録された上、生産物に証票ラベル (シンボルマーク) を表示することができる。2012 年度までに 66 品目 140 作型の登録基準 (栽培基準) が示されており、延べ 390 集団が登録を受けている。

本制度の施肥管理上の特徴として、以下の 4 点が挙げられる。第一に、総窒素施用量の上限は、土壌窒素肥沃度水準別に与えられる。土壌窒素肥沃度の評価分析手法

は、水稲 (湛水培養窒素)、畑作物 (熱水抽出性窒素)、露地野菜 (生土培養窒素または熱水抽出性窒素)、施設野菜 (硝酸性窒素) のように作物により異なっている。さらに、同じ畑作物でも、例えば熱水抽出性窒素 60 mg kg⁻¹ なら、バレイショでは土壌窒素肥沃度が「高」、テンサイ、秋まきコムギでは「中」、湿性土壌の秋まきコムギでは「低」と評価されるなど、窒素肥沃度反応の違いに応じた評価区分としている (Table 4, 5)。第二に、たい肥等有機物施用量の下限および上限が示されており、下限量はクリーン農業における望ましいたい肥施用量と同量である。輪作時と年 2 作以上の場合にはまとめて施用することも可能であるが、施用上限量は 50 t ha⁻¹ y⁻¹ を超えてはならない。第三として、「たい肥等」で示されるように、施用する有機物を広く認めている点が重要である。認証にあたっては、たい肥類の施用下限量が牛ふん麦稈たい肥の量で示されるので、同たい肥 1 t あたり窒素 1 kg (窒素減肥可能量と同値) あるいは乾物 0.3 t として、これと同じ換算量となる他の有機物で代替施用することができる (Table 6)。例えば、エンバク緑肥を生重 40 t ha⁻¹ 相当量を鋤込むことで乾物 6 t ha⁻¹ 施用に換算でき、たい肥 20 t ha⁻¹ 施用したものと同等と見

Table 4 YES!clean 栽培における土壌診断による窒素肥沃度水準の区分.

地目または作物の例	評価分析法 (mg kg ⁻¹)	土壌N肥沃度水準				
		低	やや低	中	やや高	高
水田	湛水培養N	～ 50	～ 70	～ 120	～ 140	140 ～
低地土 (乾)		～ 70	～ 100	～ 150	～ 180	180 ～
低地土 (湿)						
畑作物	熱水抽出性N	～ 30	—	～ 50	—	50 ～
バレイショ		～ 50	—	～ 70	—	70 ～
テンサイ, 秋まきコムギ A		～ 100	—	～ 150	—	150 ～
秋まきコムギ B						
露地野菜	生土培養N	～ 15	—	～ 25	—	25 ～
	熱水抽出性N	～ 30	—	～ 50	—	50 ～
ハウス野菜	硝酸態N	～ 50	—	～ 100	—	100 ～

(「北のクリーン農産物表示制度」要領・様式集 (改訂版), 2010)

注) 秋まきコムギの A 区分は, 火山性土のうち乾性を呈し, かつ作土の腐植含量が「含む」以下のもの, 台地土のうち褐色森林土, 低地土の全て, B 区分は左記以外の土壌.

Table 5 YES!clean 栽培における土壌肥沃度水準に応じて設定した総窒素施用量と化学肥料窒素施用量の上限.

作物	作型	(単位: kg ha ⁻¹)							慣行化肥 施用量 ¹⁾ (kg ha ⁻¹)	化肥削減率 (高の場合) ²⁾ (%)	
		土壌N肥沃度水準			土壌N肥沃度水準			総N施用量上限量			化肥N施用量上限量
		低	中	高	低	中	高				
水稻	高収地帯	95	90	80	80	80	70	100	30		
〃	低収地帯	75	70	60	60	60	50	100	50		
バレイショ	露地	120	100	80	90	90	70	110	36		
タマネギ	〃	180	150	120	130	130	100	200	50		
ネギ	ハウス	250	200	150	140	140	90	250	64		

(「北のクリーン農産物表示制度」要領・様式集 (改訂版), 2010)

- 1) 化学肥料の施用量 (慣行レベル).
- 2) 土壌N肥沃度水準が「高」の場合に, 化学肥料を施用上限量まで施用した時の慣行対比の削減率.

Table 6 YES!clean 栽培におけるたい肥等有機物の施用下限量算出にあたっての窒素量および乾物量による相互換算

施用種別	種類 (例)	施用量 (t ha ⁻¹)	N換算率 (%)	乾物率 (%)	N換算量 (kg ha ⁻¹)	乾物換算量 (t ha ⁻¹)
たい肥類	牛ふん麦得たい肥	10	0.1	30	10	3
〃	バークたい肥	8	0	40	0	3
〃	石灰系下水汚泥 コンポスト	3	0.36	85	11	2.55
液状有機物 及び糞尿	牛ふんスラリー	8	0.13	8	10	0.64
〃	発酵鶏ふん	0.8	1.3	80	10	0.64
緑肥	後作エンバク	20	0	15	0	3
〃	間作赤クローバー	6.7	0.15	15	10	1.01
ほ場副産物	秋まきコムギ茎葉鋤込み	3.35	-0.6	90	-20	3.02
〃	テンサイ茎葉鋤込み	10	0.1	15	10	1.5
有機質肥料	魚かす	0.2	5	95	10	0.19

(「北のクリーン農産物表示制度」要領・様式集 (改訂版), 2010)

注) N換算率, N換算量とは, 施用した有機物 (現物) 中の有効な (=減肥可能な) Nの割合, 量を示す.

Table 7 十勝農試で実施したたい肥と収穫残渣の連用試験の方法.

試験期間：1975～2004年

輪作体系：テンサイ-ダイズ-春まきコムギ-バレイシヨ

有機物処理：(たい肥施用区は特記以外毎年 ha あたり, 牛ふんパークたい肥)

①化肥区, ②たい肥 15 t 施用区, ③たい肥 30 t 施用区

以上は残渣搬出

④残渣区, ⑤テンサイ時のみたい肥 15 t 施用区, ⑥たい肥 15 t 施用区

以上は残渣すき込み

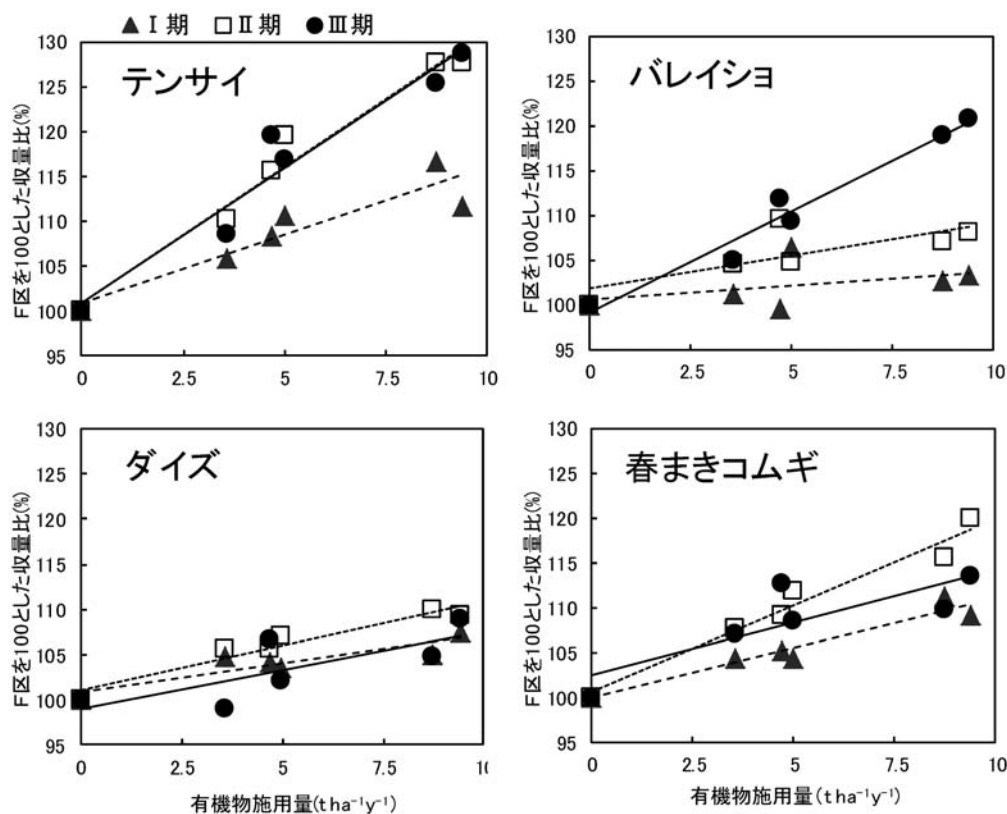


Fig. 1 たい肥と収穫残渣の連用が作物収量に及ぼす影響.

(縦軸は、化肥区を100とした収量比。テンサイ：根重、バレイシヨ：上イモ重、ダイズおよび春まきコムギ：子実重。横軸は残渣も含む乾物重)。

なしている。この換算は、前作残渣や有機質肥料をも含んでおり、後段で述べる試験例で明らかなように、有機物の種類に関わらず施用する乾物の量によって土壌改良効果が得られることに着目したものである。第四として、化学肥料施用量の上限は、「総窒素施用上限量-たい肥等有機物施用下限量(窒素減肥可能量に換算した値)」により与えられる (Table 5)。農水省の特別栽培農産物に係る表示ガイドラインでは、化学肥料の施用上限量は慣行対比で50%以下としているが、本制度では、化学肥料施用上限量を施用した場合の化学肥料削減率は作物、作型によって異なり、50%を下回ったり、大きく上回る例も生じる (Table 5)。

このように、本制度は有機物施用に係る技術的対応を明確に打ち出した認証制度であるが、生産者にとっては

経済的なメリットを実感し難いことから、取り組みの拡大は必ずしも順調ではない。

4. 有機物の長期連用による土壌と作物生産性の変化

これまで述べたことは、有機物の施用による肥料的効果を査定し、一般化したものであるが、同時に土壌改良の効果も期待すべき点である。この観点から、畑作における有機物の長期連用試験結果を紹介する。

北海道立十勝農試では、畑作物に対する有機物の長期連用試験を淡色黒ボク土において行い、Table 7に示す処理、作物で1975～2004年の30年間にわたり実施した結果をとりまとめた(中津・田村, 2008)。試験開始1～10年目、11～20年目、21～30年目をそれぞれI期、II期、III期とすると、対照区(化肥区)の各作物の

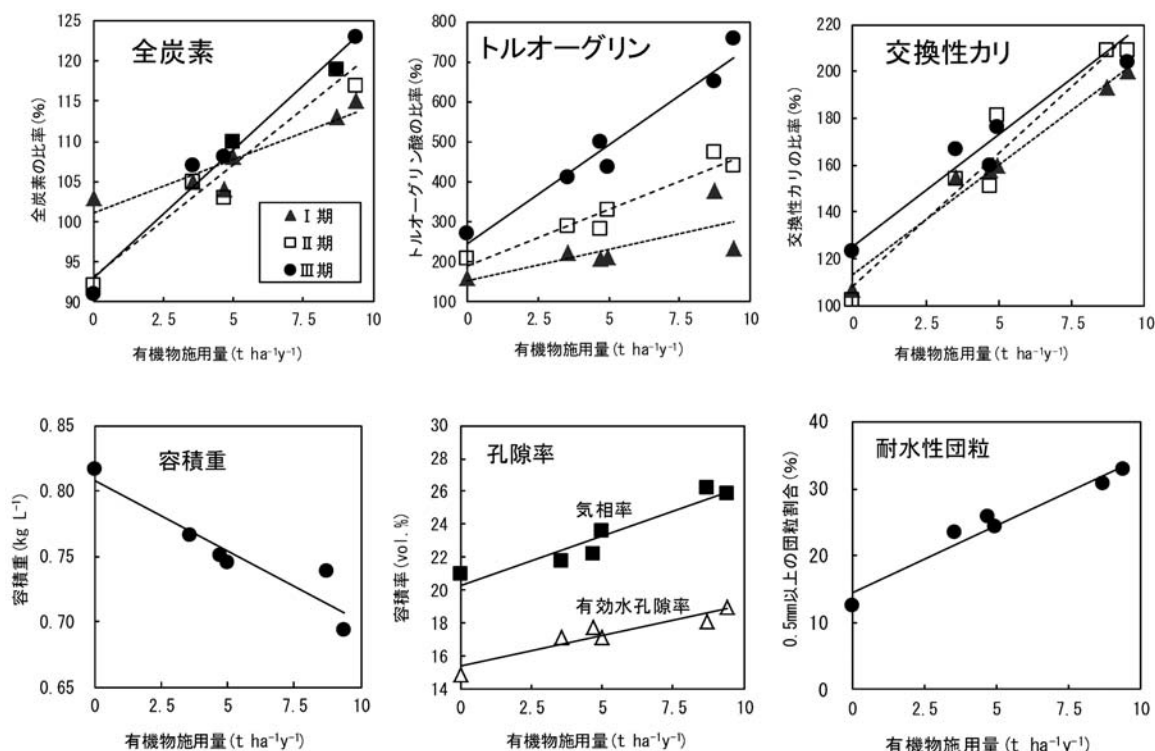


Fig. 2 たい肥と収穫残渣の連用が土壌特性に及ぼす影響。
(上段の土壌化学性は化肥区1年目を100とした比。下段の土壌物理性は29年目の実数値。横軸は残渣も含む乾物重)。

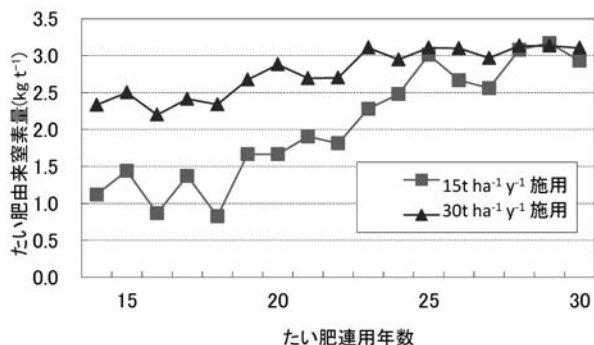


Fig. 3 テンサイに吸収されるたい肥由来窒素量の推移。

実収量はI期からIII期にかけて増加する傾向にあり、気象条件や、品種、防除技術の改善が大きく影響したと見られる。各処理区の比較を行うと (Fig. 1, 2), ①各作物の対照区に対する増収率は、たい肥の施用量だけではなく、残渣を含めた施用有機物の総乾物重に比例して増加する。②その効果は、根菜類 (テンサイ、パレイシヨ) ではI期からIII期に至るほど大きくなるが、穀類 (ダイズ、春まきコムギ) ではI~III期の差が小さい。③土壌理化学性も施用有機物の総乾物重に比例して改善し、土壌改良効果が明らかであった。④また、その効果は有機物の連用年限が長くなるに従い明瞭となり、特に炭素量や有効態リン酸濃度において、I期<II期<III期となった。⑤テンサイに吸収されるたい肥由来窒素量は、 15 t ha^{-1} 施用でたい肥 1 t あたり当初 1 kg ha^{-1} 程度であったものが、たい肥の連用年限に伴って漸増

し、25年目以降は 3 kg ha^{-1} 程度に収斂した (Fig. 3)。

以上の試験結果から、たい肥のみならず残渣を含めた有機物の長期的施用は、もともと物理性の良好な黒ボク土であっても、その改善効果が得られること、炭素や養分の蓄積効果の大きいことが明らかとなり、従来の有機物による土壌改良効果の知見を裏付けている。さらに、たい肥の連用で窒素供給効果が増加し、施用するたい肥 10 t ha^{-1} あたり窒素 30 kg ha^{-1} の減肥を可能とする対応が適当であることが実証された。

本試験は残念ながら2007年をもって中止したが、試験区跡地は均一栽培で維持されており、今後、各処理区の土壌試料を供試した詳細な解析が期待される。

4. おわりに

北海道の生産現場における有機物 (主にたい肥) 施用の考え方を、主に施肥量の適正化や土壌改善効果の視点から、畑作物の例を中心に簡単に紹介した。有機物施用の効果については古くから多くの検討が行われており、その基本的な利用技術は整理されていると考える。また、生産者も指導者も、有機物利用の重要性は認識していることに加え、近年は、消費者に対する安全・安心を担保するものとして、さらに農地への炭素集積を図るための最重要手段として、その重要性がさらに増しているものと考えられる。しかし、実際にその施用促進を図るためには、良質なたい肥の作成の手間やコスト、ハンドリングの問題、入手法等に多くの課題が残されており、有機物の循環、流通体制の整備が必要である。現在も行われている環境支払いの拡充等、インセンティブの充実

も必要であろう。

引用文献

- 奥村正敏・東田修司・大塚省吾 (2010)：北海道のクリーン農業。北海道農業と土壤肥料 2010, pp.179-190. 日土肥学会北海道支部編. 北農会. 札幌
- 北海道クリーン農業推進協議会 (2010)：「北のクリーン農産物表示制度」要領・様式集 (改訂版).
- 北海道農政部 (2010)：北海道クリーン農業推進計画. <http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ns/shs/10/clean/cl101227kei-kakuhonbun.pdf>
- 北海道農政部編 (2010)：北海道施肥ガイド 2010. 北海道.
- 北海道農政部編 (2005)：北海道における有機質資材の利用ガイド. 北海道.
- 北海道立農業・畜産試験場家畜ふん尿プロジェクト研究チーム編 (2004)：家畜ふん尿処理・利用の手引き 2004. 北海道立畜産試験場.
- 中津智史・田村元 (2008)：30年間の有機物（牛ふんパーク堆肥および収穫残さ）連用が北海道の淡色黒ボク土の全炭素、全窒素および物理性に及ぼす影響. 日土肥誌 79 (2)：139-145.
- 道立農試 (2010)：北海道耕地土壌の理化学性の実態・変化とその対応 (1959～2007年). 平成22年普及奨励ならびに指導参考事項. pp.115-116. 北海道農政部.

要 旨

北海道の環境保全型農業では、有機物の合理的かつ効果的な利用指針が定められており、有機物施用時の定量的な減肥量が算出できる。たい肥施用上限量は $50 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ としているが、実際の施用量は少ない。十勝農試の有機物長期連用試験では、残渣を含めた施用有機物の総乾物重増加に伴い、土壌理化学性の改善効果や作物の増収効果が認められた。

キーワード：たい肥, 有機物, 減肥, 土壌改良, 生産性