日本の水田土壌の肥沃性

志賀一一*

一般消費者が農業生産手段として特に関心を持つのは、「農業」と「自然農法」ではあるまいか。時には感情的にとり扱われるこれらの問題を冷静な科学的態度で考察することが必要である。ここでは、水田をとり上げているが、土地の肥沃度と農業生産について多くの示唆が与えられている。また、鴻巣の試験水田で行なわれた数十年間にわたる業績を見ると、我々はその息の長さと先人の努力に敬意を表わすとともに、将来に向かって同じような長期の展望が必要であることを痛感する。

水田が農耕地の利用方式として非常に優れた方法であり、土壌の生産力が長年にわたって維持されることはよく知られているが、この生産力を支えている要因の一つに水田土壌の肥沃度の高いことがあげられる。

水田では水を張って作物を栽培するという条件により、肥沃な表土の流出の防止、かんがい水による養分の供給、藻類・微生物などによる空中窒素の固定など、自然の条件によってもたらされる肥沃度の維持能力が高いが、さらに、わが国においては、有機物施用などの人為的な管理が肥沃度維持の大きな要因の一つとして関心がもたれており^(1,2)、これらの要因についてさまざまな研究が続けられている。

しかし、水田土壌の肥沃度は、これら多くの要因の短期間あるいは長期間の変動と複雑にからみ合うため、その内容を定量的に把握しづらい点があり、個々の要因と肥沃度との関連は未整理のまま残されている点も多い。

近年、農業情勢の大きな変化に伴い、農耕地の地力の低下が懸念されているが、それに対応して肥沃度の変動に関わる諸要因について各種の検討が行なわれており、特に有機物施用と肥沃度変化との関係については農林水産省の特別研究の報告⁽³⁾が出されるなど、かなりの進歩がみられている。ここでは、筆者が農林水産省に在職していた際に関係していた事項の知見を中心に、水田の肥沃度の水準、有機物管理が肥沃度に及ぼす影響、

肥沃度が水稻生産に果たしている役割などにつき、主として長期的な見地から解説し、また現在の土壌管理と将来の肥沃度変化の方向についてもふれてみたいと思う。

日本の水田土壌の肥沃度の水準

昭和 28 年から 38 年までの 11 年間にわたって、農林省によって日本中の水田の大部分について、施肥改善のための土壌調査が行なわれたことがある。その際に実施された約 2,000 個所の圃場での栽培試験結果に基づき、松尾ら⁽⁴⁾が推定した全国の水田の窒素天然供給量（無窒素区の水稲によって一作期間中に吸収された窒素の量）は図 1 のようで、全国平均 70 kg/ha という数値が得ら

図 1 水田における窒素の天然供給量推定値 (1963～1973)⁽⁴⁾

* Hitoichi SHIGA, 神戸大学農学部

れている。この数値は、かんがい水からの窒素も含まれることになるが、当時の日本の水田の窒素肥沃度のおおよその水準を示すものとみて差し支えないであろう。

この時の無窒素区の玄米収量の平均は約 3.7 t/ha で⁽⁵⁾、もみ収量に換算すると約 4.6 t/ha に相当する。東南アジアの各国での最近のもみ収量は、施肥した場合でも 2~3 t/ha の水準にあるものが多いことを考えると、直接の比較はできないが、日本の水田の窒素肥沃度の水準はかなり高いところにあったことをうかがわせるものである。

リン酸、加里についても、かなり高い肥沃度水準にあることが一般に認められている。

日本におけるこのように高い肥沃度を支えているものは何であろうか。

水田の肥沃度を支えているもの

問題の整理をしやすくするために、肥沃度を、堆肥などの人為的な有機物投入がない場合に維持される水準と、有機物を投入した場合に増加する分に分けて検討してみよう。

1. 人為的な有機物投入のない場合の肥沃度

人為的に有機物投入を行なわない場合でも、水田の窒素肥沃度として現われてくるものは、ほとんどが有機態窒素の形を通過する。無機質肥料のみで栽培を続けている水田を考えた場合、1 年間に加わる有機態の窒素は、水稻の刈株、根、雑草などに含まれる窒素、らん藻、微生物などにより空中窒素より固定される窒素、施肥窒素のうち土壤中では有機化されたものなどになる。これらの無機化にはそれぞれ短期あるいは長期のサイクルが

あり、窒素固定量の測定値など個別の関連因子の絶対値も条件によって大きな幅があるので、これらの積みあげから水稻への窒素供給量を算出するのは、現状ではかなり困難である。自然な状態での肥沃度の測定は、これらの要因を総合的に把握しやすい圃場での測定が適している。

通常、窒素の天然供給量を測定する場合には、無窒素区の窒素吸収量を測定するが、有機物施用の前歴がある場合には十数年から数十年にわたりその影響が残ることや、長く無窒素栽培を続けると施肥区より肥沃度が落ちるなどの例がみられる。有機物を投入しない場合の肥沃度の測定には、無機質肥料のみをできるだけ長期間施用した水田土壌の窒素供給力を測定することが必要である。

埼玉県鴻巣市にあった農業研究センターの水田圃場は、水田としては最も標準的な土壌である細粒灰色低地土に属し、気候的にも日本の平均的な条件に置かれている。ここで、十数年から五十数年の間、無機質肥料のみで栽培を続け、有機物含量にあまり変化がなくなった水田において、調査年のみ窒素肥料を施用せずに水稻を栽培した場合の水稻による一作期間中の窒素吸収量は表 1 のようである⁽⁶⁾。調査の年次や圃場の違いによる差はあるが、窒素の吸収量は 50 kg から 60 kg/ha 付近にあるのがみられている。五十数年間無肥料であった土壌での窒素吸収量は約 40 kg/ha であったので、上記の数値は化学肥料を連用したことによる肥沃度増加分が加わっている数値ということになる。例は少ないが、類似の数値が東北や北海道においても得られており、日本の標準的な一毛作水田で有機物投入がない場合、最後に落ち着く

表 1 無機質肥料連用土壌の有機物水準と窒素供給能（鴻巣）⁽⁶⁾

場 所	土性	施 肥 前 歴	吸収試験年次	土壌有機物水準(%)		N 無施用時水稻 吸収N (kg/ha)
				T-C	T-N	
農事 No.55	CL	80+0.4 kg N/ha 11 年間	昭 52~56, 0N 平均	1.81	0.189	58
〃 No.97-2*	LiC	80 kg N/ha 48 年間	昭 55 (低温年), 0N	2.44	0.264	51
〃 No.74-1	LiC	105 kg N/ha 53 年間 105 kg N/ha 54 年間	昭 54, 0N 昭 55 (低温年), 0N	2.75	0.258	54 48
〃 No.87-1	LiC	無肥料 51 年間	昭 52~55, 平均	2.13	0.208	41

* 有機併用リン酸、加里試験圃場

窒素肥沃度の水準はこの辺にあるとみることができよう。

この数値は、先に示された日本全国の平均的な窒素肥沃度に比べるとかなり低い値である。水田の生態系における肥沃度の維持能力のみによっては、昭和 30 年代にみられたような肥沃度の水準を維持するのは難しいことをこの結果は示している。

2. 有機物の水田土壌肥沃度維持効果

人為的に肥沃度を維持しようとする場合、通常行なわれるのは有機物の投入である。しかし、従来、圃場に添加された有機物は、土壤中に既存の有機物に比べ量が少なすぎるため、その分解状況の正確な把握が難しく、集積や養分放出の予測などについては不明のまま残されている点が多かった。近年、圃場条件において各種の有機物の分解状況を精度よく追跡できるガラス繊維濾紙法が開発され⁽⁷⁾、これによって有機物の施用効果の内容解析が著しく進んだので、以下にその内容を説明しよう。

1) 水田に添加された有機物の分解過程

水田に添加される粗大有機物は、昭和 30 年代まではほとんどが堆きゅう肥であったが、現在ではそれが稲わらに替り、また近年では農耕地に投入される可能性のある有機質資材として、有機性汚泥、家畜ふん尿、林業の廃棄物、これらの混合加工物などが知られている。これらのうち、代表的なものの農業研究センター水田中における 5 年間の分解過程は図 2 のようである⁽⁸⁾。

分解の様子は有機物の種類によって大きな差があり、有機物中の炭素、窒素が平行して急速に減少するもの、ゆっくり減少するもの、炭素の減少は急速であるが、窒素は周辺よりとり込みが起こり、かえって増加するものなどさまざまである。中熟の稲わら堆肥についてみると、有機物の分解はかなり遅く、1 年後でも炭素は約 73%，窒素は約 87% が土壌中に残っており、年々、少しずつ分解が進む有機物であることがわかる。

2) 有機物分解と連用による集積・放出の予測

このような有機物が圃場に連用された場合の土

図 2 代表的有機物の分解過程（農研センター水田，ガラス繊維濾紙法）⁽⁸⁾
図中（ ）内の数値は出発時および 5 年後、一部は途中年次における有機物の C/N 比である。●：C，○：N

図 3 添加有機物分解の年次推移と連用した場合の集積率、各年における分解率の関係（模式図）⁽⁹⁾
残存率—— r_1 ：1 年目、 r_2 ：2 年目……、 $r_1 + r_2 + r_3 + r_4$ は連用 4 年目の集積率
分解率—— d_1 ：1 年目、 d_2 ：2 年目……、 $d_1 + d_2 + d_3 + d_4$ は 4 年間の分解率＝連用 4 年目の 1 年間の分解率＝ $(100 - r_4)$ 。

壤中への有機物や有機態窒素の集積，集積した有機物から毎年放出される窒素の量などは図3の模式図のように計算できる⁽⁹⁾．有機物の集積は毎年添加されるものと前年までの残存物の和であり，施用有機物全体よりの窒素の放出は，その年に添加したものと前年までの残存物より放出されるものの総和となる．窒素放出量は連用年数が増加するほど増えるが，最終的には毎年放出する量が毎年添加する量に等しくなったときに増加が止まり，その後，一定の水準が維持される．また，この時点で，集積有機物全体での窒素の収支が等しくなるので，有機態窒素の増加は止まり，その後一定の水準が保たれることになる．

この有機物分解過程をモデル式を用いて数式化した場合，5年間の実測値があれば，幾分かの誤差は含まれるものの実用的には差し支えない範囲で，数十年程度までの分解，連用による集積，窒素放出量の推定が可能なが明らかにされている⁽³⁾．

3) 有機物長期連用土壌における有機物集積状況

先に説明した鴻巣市の農業研究センター水田圃場において，大正15年より有機質肥料・無機質肥料連用試験が継続されている．試験処理は無機質肥料区（硫酸，過リン酸石灰，硫酸加里で，N, P_2O_5 , K_2O はそれぞれ 105, 50, 100 kg/ha），有機質肥料区（堆肥 12 t/ha と大豆かすで，堆肥中の成分量も含めて N, P_2O_5 , K_2O は無機質肥料区と近似値に調整）であるが，これらの区の土壌の全炭素，全窒素含量の推移を無肥料区のものと対比して示すと図4のようになる⁽⁶⁾．

図4 有機質，無機質肥料連用試験田における炭素，窒素含量の推移（鴻巣，大正15年開始）⁽⁶⁾
●：有機質肥料区，○：無機質肥料区，×：無肥料区

無肥料区の場合，土壌の全炭素，全窒素とも56年間ほとんど変化がなく，同一水準を維持しているが，無機質肥料区ではわずかに増加がみられる．肥沃度が低いところから出発すると，無機質肥料のみでも有機物含量が増加することがある例を示している．有機質肥料連用の場合は無機質肥料区に比べ明らかな全炭素，全窒素含量の増加がみられ，58年後にはその差は全炭素で約1%，全窒素で約0.1%となっている．

4) 圃場における有機物集積量と集積予測値との関係

上記の試験における無機質肥料区土壌に対する有機質肥料区土壌の全炭素，全窒素の増加分を算出し，一方，先のガラス繊維濾紙法による中熟堆肥の分解量測定結果から，数式によって算出した全炭素，全窒素の集積曲線に対比させてみると図5のようになった．集積の実測値と予測値とはかなりよく一致しているとみることができる．このことは，ガラス繊維濾紙法による5年間の測定値を利用して，50年程度の有機物の分解や連用の際の集積，窒素の放出を予測しても大きな誤りはないことを示している．

今，中熟堆肥を100年間にわたって連用した場合の有機態窒素の集積量と，集積した有機態窒素から毎年放出してくる窒素の量を計算し，毎年添加する堆肥中の窒素量を100として図示すると図6のようになる．有機態窒素は連用により年々集積し，20年で毎年添加する量の10倍に達するが，50年付近で15倍となって頭打ちになり，そ

図5 ガラス繊維濾紙法による中熟堆肥5年間の分解率の数式化により計算された炭素，窒素の集積曲線と長期連用圃場における集積量との対比（集積量は有機質肥料区—無機質肥料区）（毎年添加堆肥量は12 t/ha）⁽⁶⁾

●：計算値，×：実測値

図 6 中熟堆肥を連用した場合の窒素の集積と放出

の後ほとんど増加しない。窒素の放出は5年目で毎年添加される量の約36%、10年目で50%、20年目で69%、50年目で92%となり、その後の増加はわずかであり、実用上はほとんど上限に達する。

この図は、①堆肥を連用して窒素肥沃度を増加させるにはかなりの年月を要すること、そのため、早く目標肥沃度に達しようとする多量の堆肥を必要とすること、②窒素放出量の上限は毎年添加している有機物中に含まれる窒素の量に等しいこと、③上限に達し、平衡状態で推移している有機態窒素の含量や窒素供給力を維持しようとするならば、それまでに施用してきたと同量の有機物を施用し続けなければならないことなどを示している。もし、ある時期で有機物の施用を中止すると、集積や放出値の増加に要した年数を経て、有機物の減少や放出量の低下が起こることになる。有機物の分解率がこれより大きい場合は、集積量の上限値は低くなり、上限に近づく年数は短くなり、分解率が小さい場合は集積量の上限値は高くなり、上限に近づく年数は長くなる。

5) 連用された有機物より放出される窒素の水稲による利用率

有機物を連用した場合、投入された有機物から放出される窒素の全量の水稲によって吸収されるわけではない。前節において計算された年次ごとの窒素の放出量は、その年1年を通じ耕地から放出される量を示すもので、水稲が吸収するのは、作付けが行なわれている期間中に無機化される窒素であり、その窒素も一部は脱窒などによる損失があるからである。

有機物投入量と土壌中における有機態窒素の残

に移動した有機物は系外に放出されたものとして計算されることや、暖地では休閑期においても窒素の無機化が行なわれ、作物に吸収されずに流亡するものが多いことなどもその一因となっていると推定される。

6) 有機物施用と肥沃度変化の量的関係

以上のような土壌中における有機物の行動を基にして、水田に堆肥を連用した場合の肥沃度への影響を計算してみると次のようになる。

稲わら堆肥を水田に連用した場合の窒素の放出量は、図6に示したように年々増加する。中熟堆肥(0.5% N) 10 t/ha を使用した場合、水稲による放出窒素の利用率を30~40% とすると、吸収量の増加は、10年後には約7.5~10 kg/ha、50年後には約14~19 kg/ha、利用率50% とするとそれぞれ約14 kg/ha および約23 kg となり、良質の完熟堆肥(0.6% N以上の場合が多い)を使用するとこの量はさらに多く、未熟堆肥(0.4% N)の場合には少なくなる。すなわち、堆肥連用の窒素肥沃度への効果は条件によりかなりの開きはあるが、10 t/ha の連用10年目で十数 kg/ha、50年目で20 kg/ha 前後の増加として表われるものと考えてよいであろう。日本の水田の平均的窒素肥沃度が水稲吸収量として70 kg/ha、標準的水田の有機物無施用水田の窒素肥沃度が大体50~60 kg/ha であったことを考え合わせると、堆肥施用で70 kg/ha の肥沃度水準を維持しようとする、平均的な堆肥では7~10 t 程度を数十年連用する必要があることになる。

わが国の水田においては、徳川時代からきゅう肥や山野草を肥料の一部として施用してきた歴史があり、明治末期以降、有機質肥料や化学肥料の

存量の実測値や、ガラス繊維濾紙法による窒素放出量と水稲による窒素吸収量の実測値から計算された放出窒素の水稲による利用率は、比較的寒冷な地帯では約半分、温暖な地帯では30~40%程度となった⁽³⁾。利用率が低い理由については明らかでないが、水田ではすき床層の下

登場とともに、一時自給肥料の漸減する時代があったが、堆肥製造法の研究や戦時中の肥料不足時に対応して堆きゅう肥の施用が奨励されてきたため⁽²⁾、かなり長い間、有機物の施用が続けられてきたものと思われる。昭和 20 年以降の農林省の統計によると、昭和 30 年代の後半まで、6~7 t/ha の堆きゅう肥の施用が行なわれていたことが示されている。前述した日本の水田土壌の窒素肥沃度の水準は、水田という生態系によってもたらされたものに加えて、このような長年の有機物施用の歴史によって支えられてきたものであろう。

水田土壌肥沃度の水稻生産に果たす役割

堆肥を連用すると、上述してきたような機構で無施肥区との間に窒素吸収量に差が出てくるようになり、施肥量を同じままにしておくと玄米収量にも明らかな差がみられるようになる。その一例を図 7 に示した⁽¹⁰⁾。堆肥の連用は、窒素吸収量が過剰にならない範囲で、10 t 当り 0.5~1 t 程度玄米収量を増加させることが多い。

肥沃度の低い水田において高い水田と同等の収量を確保するには、まず施肥量を増加して吸収量を同じにする必要があるが、単に必要な窒素を吸わせるだけでは問題が解決しない場合がある。

図 8 に北海道における試験の例を示した⁽¹¹⁾。図中宮田とあるのは非常に肥沃度の高い水田（無窒素区の水稲による窒素吸収量 100 kg/ha）に元肥 80 kg を加えた場合の窒素の吸収経過を示したものである。水稲による窒素吸収量は収穫期に 150 kg/ha に達したが、過繁茂もなく、登熟も良好で玄米収量は 7.5 t/ha に達した。一方、肥沃度の低い北野水田（無窒素区の窒素吸収量 40 kg/ha）において宮田水田に近い窒素を吸わせるために、元肥として 180 kg/ha の窒素を施用した場合、窒素吸収は宮田水田より前はずれ、上葉 3 葉が伸長する時期に大量の窒素吸収が行なわれ、過繁茂の様子を示し、えい花数は宮田水田のものと同等であったが、登熟歩合は激減し、収量は宮田水田にはるかに及ばなかった。ところが、元肥の窒素量を減らし、幼穂形成期より 5, 10, 15, 30, 30 kg の量を 5 日置きに施用し、窒素吸収の型を宮田水

図 7 堆肥連用と収量の変化 (青森農試)⁽¹⁰⁾
図中Nは施肥N量, Mは堆肥 t/ha

図 8 窒素吸収の型と稲の諸性質 (昭和 43 年)⁽¹¹⁾

	玄米重	えい花数 (10 ³ /m ²)	登熟歩合 (%)	LAI*	葉身長 cm		
					13	12	11
● 宮田 80N	7.48	42.4	88.5	5.0	27	33	11
○ 北野 180N	5.23	41.8	53.9	6.3	29	41	39
× 120+90N	6.55	37.2	74.5	5.1	23	30	34
○ 120N	5.35	32.1	74.0	4.7	23	33	35

注：北野水田の出穂が遅い。好天で出穂期が宮田水田並みに早まると 120N+90N で 7.5 t/ha の収量が得られる。

* LAI：葉面積 (m²)/圃場 (m²) (葉面積指数と呼ばれる)

田に近づけた場合、過繁茂になるのが防がれ、収量は 20% 以上も増加した。これらの結果は、収量水準が高い場合には窒素の供給の型が重要な役割を果たすことを示すとともに、肥沃な土壌からの窒素放出が多収を得るのに好都合な型であったことを示している。このような例は東北地方での米作日本一競作田においても認められている⁽¹²⁾。

暖地においては、多量の堆肥を連用し、肥沃度を高めた場合、栄養生長を過剰にし、収量に対する効果は寒地ほどでないとの指摘もある⁽¹³⁾。しかし、肥沃度の低い場合には多量の窒素を適期に分施しなければならない、しかも肥沃度の高い水田に、単純な施肥法を組合わせたものと比べると収量が低い場合がたびたびみられる⁽⁶⁾。

堆肥によって肥沃化された土壌からの窒素の供給は、全生育期間にわたって対照土壌に上積みされた形で吸収されるため、常に一定の効果が保障されるのに対し、無機質肥料のみの場合には生育相と好適な施肥時期の間にずれが生じやすく、収量を不安定にする可能性などが考えられる。精密な試験結果によれば、無機質肥料に由来する窒素と土壌や堆肥に由来する窒素の効果に本質的な差はないとされている^(14,15)、肥沃度の低い水田では多量の肥料と高度の施肥技術を必要とする。寒地でも暖地でも、肥沃度はある程度までは高いほうが有利なことは確かである。

望ましい肥沃度の水準

高い土壌肥沃度が高収を得るのに望ましいことは先に述べたが、一般の水準をはるかに超えるような多収は、それを可能にするような気象条件や土壌環境があってはじめて可能になることが多いので、多収穫田のような肥沃度を一般的な目標にするのは問題がある。

農林水産省の試験場において最近行なわれた堆肥連用試験の結果は図9のようである⁽³⁾。堆肥の施用は窒素吸収量の増加をもたらし収量の増加につながっているが、窒素吸収量が大体 130 kg/ha を超えると、収量は頭打ちになるか低下する傾向となる。冷害年にはこの数値はさらに低くなっている。一般的な条件ではあまり高い土壌の肥沃度はかえって不安定性を増すことが示されている。一方、肥沃度が低い場合にさまざまな不都合があることは上述した通りである。

望ましい水準は、標準的で比較的単純な施肥を行なっていることを前提とし、窒素過剰にならず、しかも収量が上限に近づくような水準であろう。標準的な施肥が行なわれている条件で、有機

図9 堆肥施用による窒素吸収増加量と収量の関係の地域間差⁽³⁾

○△□◎△×：無堆肥，●▲■◎▲×：堆肥添加

物長期無施用土壌に対し、安定して 10~20% 程度玄米収量を増加させることのできる肥沃度の水準を求めてみると、関東（鴻巣）では窒素無施用区の水稲による窒素吸収量で 80 kg/ha、東北（大曲）で 90 kg/ha、北海道（札幌）で 80 kg/ha などの数値が得られた^(8,9)。この数値は初めに示した昭和 30 年前後の日本の水田土壌の平均的肥沃度を上回るもので、もしこの水準の肥沃度を維持しようとするならば、50 年後の到達を考えても、平均的な堆肥で 15 t/ha 前後が必要なことになる。

水田土壌肥沃度の今後の見通し

昭和 30 年頃の水田土壌の肥沃度を維持しようとすれば 7~10 t/ha の堆肥が、望ましい水準の肥沃度に高めようとするならさらに多量が必要となることは上述した通りであるが、現在の有機物施用状況はどうであろうか。

図10は近年における水稲作への有機物施用量の推移であり⁽¹⁶⁾、堆肥施用量の激減が認められる。一方、コンバイン普及に伴う稲わらの急増が目立つ。有機物の減少傾向が稲わらの増加でやや緩和されているとみれよう。

昭和 30 年代と近年の地力実態調査の対比では、地域によっては有機物含量、有機態窒素含量が低

図 10 水稻作への有機物施用量の推移⁽¹⁶⁾
 ●: 堆きゅう肥+わら類 (推定), ○: 堆きゅう肥,
 ▲: わら類 (推定), △: 緑肥, ★: 糞尿類

下する傾向がみられており⁽¹⁷⁾, 肥沃度を維持あるいは増加させるのはかなり難しい情勢にあるようである。

ところで, 現在の農作業の実態をみると, 水田に添加される有機物は稲わら(場所によっては麦わらも含まれる)が主体を占める状態が当分続くと考えられる。この稲わらの土壤肥沃度に対する影響を堆肥と比較して検討してみると次のようになる。

稲わらを水田に施用した場合の分解過程は図2に示したが, 堆肥に比べて炭素の消失が非常に速い。窒素は, 第1年目は周辺よりのとり込みがあり, かえって増加するが, その後の放出は速やかで, 堆肥を上回る。通常, わら類で堆肥を製造する場合, 1tのわらから水分を含んだ2tの堆肥が生成されるので, 圃場に5tの稲わら(0.6% N)と10tの堆肥(0.5% N)を連用した場合に水稻に対しどの程度の窒素供給が行なわれるかを試算してみると図11のようになる⁽⁸⁾。すなわち, 初めの1, 2年は稲わらによる窒素のとり込みがあるため, 水稻への供給は堆肥に劣るが, 3年目か

図 11 稲わら 5t/ha, 堆肥 10t/ha 連用時の水稻の窒素吸収量の推移と炭素の集積の対比(計算値)⁽⁸⁾

らはむしろ堆肥よりは窒素供給が増し, 最終的には両者の差がなくなる。含まれる窒素絶対量は稲わらのほうが少ないのに最終吸収量と同じ水準になっているのは, 稲わらの窒素の利用率が高いからである。ただし, 稲わら施用の場合の有機物の集積は堆肥に劣る。この試算からみると, 堆肥の半量の稲わら施用は, 窒素肥沃度維持の面で堆肥の代替物の役割を果たすことができるといえる。有機物の分解が早く, 還元障害からの回復も早い暖地では, 稲わらが肥沃度の維持や水稻生産の向上に大きく貢献していることが知られている。

しかし, 寒冷な地帯では稲わらは還元障害により生育が遅れ不安定性を増すので, 肥沃度維持よりも障害を起こさない範囲に施用量を抑える必要があり⁽¹⁸⁾, 堆肥の機能を完全に代替するのは困難な点がある。とくに農作業の機械化に伴い, 浅耕, 不透水層の形成がある場合には障害を増大させるなどの点もあり, 土壤の物理性との関連も含め, 障害の除去法について検討し, 稲わらが有効に活用されることが望まれる。また, 稲わらは秋に施用して分解を促進させた場合でも, 堆肥に比べて易分解性有機物が多く, 湛水時の分解時に生成される多量の重炭酸イオンとともに2価鉄や石灰などの溶脱が促進される。長期的には, これらの補給も必要であろう。

現在, 水田に施用されることは比較的少ないが, 農耕地に投入される可能性のある有機質資材には多様なものがある。図2の分解過程から判断されるように, 窒素放出が速く, 連用しても有機

物の集積はほとんど期待できず、むしろ肥料に近いものから、有機物の集積は大きい。C/N 比が高過ぎるため窒素の放出は当分望めないものなど、特性のまったく異なるものが含まれるので、圃場に投入した場合の土壌や作物への影響も大きく異なることになる。使用にあたっては特性を十分理解した上での活用が望まれる。

現在、全国の各県においては、地域の実態に即した有機物の施用基準が作られている。堆肥の場合、半湿田で 5 t/ha、乾田で 10 t/ha 付近のものが多く、稲わらやその他の有機物もこの基準値を中心にして、特性に応じた量が示されているので、これらの基準が実行されるならば昭和 30 年頃の日本の水田の肥沃度は将来にわたって維持されるものと思われる。状況が許す場所では、望ましい肥沃度を目標とした有機物の施用が望まれるが、少なくとも現在指導されている基準量の施用が行なわれることを期待したいものである。

文 献

- 1) 原田登五郎：“土壌肥料全編”，養賢堂，1958，p. 419.
- 2) 橋元秀教：“有機物施用の理論と応用”，農文協，1977，p. 1.
- 3) 農林水産技術会議事務局：農耕地における土壌有機物変動の予測と有機物施用基準の策定，研究成果 166，34，122 (1985).
- 4) 松尾嘉郎，高橋英一：土肥要旨集，23，88 (1977).
- 5) 鴨下 寛，小坂二郎，鈴木孝平，岡本春夫：“土壌の種類と施肥技術”，農業技術協会，1963，p. 166.
- 6) 志賀一一，大山信雄，鈴木正昭，前田乾一，鈴木弘吾：農研センター研報，5，21 (1985).
- 7) 前田乾一，鬼鞍 豊：土肥誌，48，567 (1977).
- 8) 志賀一一：土肥誌，55，374 (1984).
- 9) 志賀一一，大山信雄，前田乾一，鈴木正昭：農研センター研報，5，1 (1985).
- 10) 高坂 巖：農業技術，29(1)，7 (1974).
- 11) 志賀一一：北農，43(1)，18 (1976).
- 12) 本谷耕一：“稲作多収の基礎条件”，農文協，1966，p. 23.
- 13) 高橋和夫ら：四国農試報，18，15 (1968).
- 14) 山下鏡一：土肥誌，49，52 (1978).
- 15) 宮崎直美，関矢信一郎，志賀一一：北海道農試研報，129，137 (1981).
- 16) 門間敏幸，北川靖夫，大畑貫一：農研センター研究資料，2，23 (1984).
- 17) 鬼鞍 豊編：“土壌・水質・農業資材の保全”，博友社，1985，p. 14.
- 18) 農林水産技術会議事務局研究調査官：水田における稲わらの施用法と施用基準，p. 1 (1968).

生物化学実験法 19

澱粉・関連糖質実験法

中村道徳・貝沼圭二 編

A 5 / 320頁 / 4200円

- I. 澱粉およびグリコーゲンの分離，定量，調製
植物試料中の澱粉の定性および定量／食品試料中の澱粉の定性および定量／澱粉の実験室的調製および精製／グリコーゲンの分離および定量
- II. 澱粉の化学的および物理的分析法
水分／灰分および陽イオン／硫黄化合物／リン酸／脂質／窒素および蛋白質／糖／近赤外線による非破壊分析
- III. 澱粉粒の形態と構造
澱粉粒の粒度分布と粒度分別／澱粉粒の顕微鏡的観察／X線回折／澱粉粒の酸および酵素による分解
- IV. 澱粉の構成成分とその化学構造
アミロースとアミロペクチンの分離／澱粉中のアミロースとアミロペクチンの定量／大きさと形／化学構造

- V. 澱粉の糊および溶液
澱粉粒の膨潤と糊化／糊化温度の測定／澱粉溶液の調製／希薄溶液の粘度／澱粉糊の粘度の実用的測定／澱粉・多糖類ゲルのレオロジー測定法／糊化と老化／膨化／核磁気共鳴，熱分析による澱粉の糊化測定
- VI. 澱粉の加水分解
可溶性澱粉とNägeli アミロデキストリン／酸加水分解／酵素分解
- VII. オリゴ糖
オリゴ糖の分離，同定，定量／分岐オリゴ糖の調製，分離，構造決定／シクロデキストリン／糖転移反応を利用したオリゴ糖の調製
- VIII. 澱粉の誘導体と修飾
澱粉の湿熱処理／糊化済み澱粉(α-澱粉)／澱粉の熱分解／カチオン交換澱粉／澱粉エステル／澱粉エーテル／酸化澱粉／過ヨウ素酸酸化澱粉

お詫び：本書Ⅳ-4節(vii)項(p.138~157)を御執筆された先生のお名前が当方のミスにより抜けております。a), b)項は碓氷泰市先生，c)項は加藤陽治先生（東北大学農学部農芸化学科）が御執筆されました。不注意により両先生に多大な御迷惑をおかけいたし，まことに恐縮に存じます。謹んでお詫び申し上げます。

学会出版センター