

水田における有機物施用の効果

本 谷 耕 一

(秋田県農業試験場)

1 ま え が き

水稻に対する粗大有機物、殊に堆肥の効果については数多く論ぜられてきたが、古来「麦は肥料で稲は地力で作る」のことわざのとおり、その意義はいにしえより認められている。「米作日本一」においては土作りが技術の基本として重視されていたが、多肥農業に移行した10年ほど前より堆肥無用論が大きく話題となってきた。最近では施設型農業が大幅に台頭するに及んで、むしろ有機物の存在自体、コントロールしにくい邪魔物として扱われるまでに変化している。

土地利用型農業においても最近とみに地力軽視の風潮が助長され、昨今の農村事情を反映してわらの焼却に発展し、スモッグ公害まで出すに至っている。しかし、その公害に対する反省が、「豊かな自然力を取りもどす」という考え方をよみがえらせ、逆に有機物依存農法まで提案されるに至っている。

さて従来組み立ててきた稲作技術はかなりキメの細かいものであるが、農村事情は出かせぎや、青壮年層の不在などから、それら技術はそのままでは受け入れない状態にあり、次第に空洞化しつつある。また、最近の気候は寒冷化の方向に向かっているといわれ、昭和46、47年は続けて異常気象に見舞われたが、地力の高いところ、肥沃な水田では空洞化技術にも異常気象にも対処でき、安定した生産を上げている事例が数多くみられている。

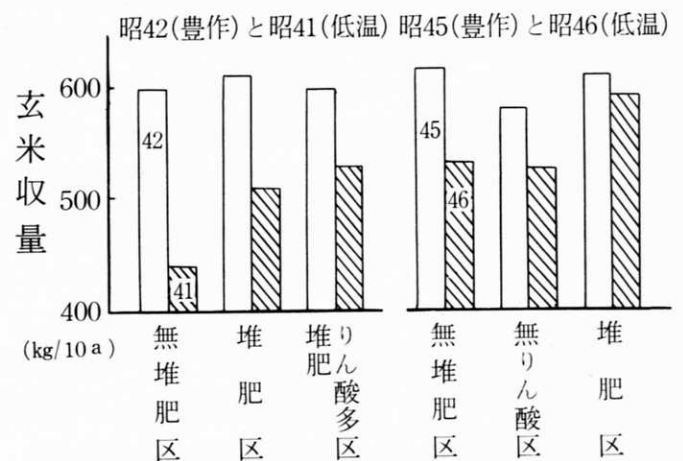
このことから堆肥などの利用による有機物の効果を養分上や土壌の物理性のみでなく、別の角度から再認識すべきことが強く感ぜられる。土壌改良では養分、水分、空気、温度など生育上好適な条件を与えることを目標としているが、農業技術は工業技術の如く、条件の変化にすぐには対応できない性格を持っている。したがってこの変化に対応するには有機物の別の機能、緩衝能をも加味すべきと考える。

このような立場から、ここでは施用有機物(主に堆肥)の緩衝能を事例調査から究明し、稲作技術のあり方について述べたい。

2 論議の諸点と地力低下

昭和46、47年の異常気象は堆肥の効果は再認識させたが、その主な論点をあげる。

1 2カ年の異常気象(低温)下においても堆肥の効果は明らかにみられる。第1図はその例であるが、このことは昭和28年の低温時にも同様に認められた。



第1図 低温下の堆肥の効果(秋田農試)

2 最近特に分けつ期の窒素・乾土効果の発現が少ないといわれるが、うまい品種の作付の増大と関連し、基肥は少なくなっている折から、両者相まってそれだけ分けつが少なくなり、収量を落とす結果となる。

3 47年7月第5半旬に発生したフェン現象は脱水を促進し、葉先の枯上りを助長したが、肥沃なところではその被害が軽度であった。

4 近年冬期だけの出かせぎが、通年化する傾向にあり、かつ、兼業農家の多いために水田を見回る農家が少なくなっている。中干しなど一挙に強度にしたり、あるいは幾日も続けたり粗雑化している。ことに早く出かせぎに出るため早期に落水する例がみられ、不良米生産へ一層拍車をかけているが、肥沃水田では登熟も良くそれほど低収とはなっていない。

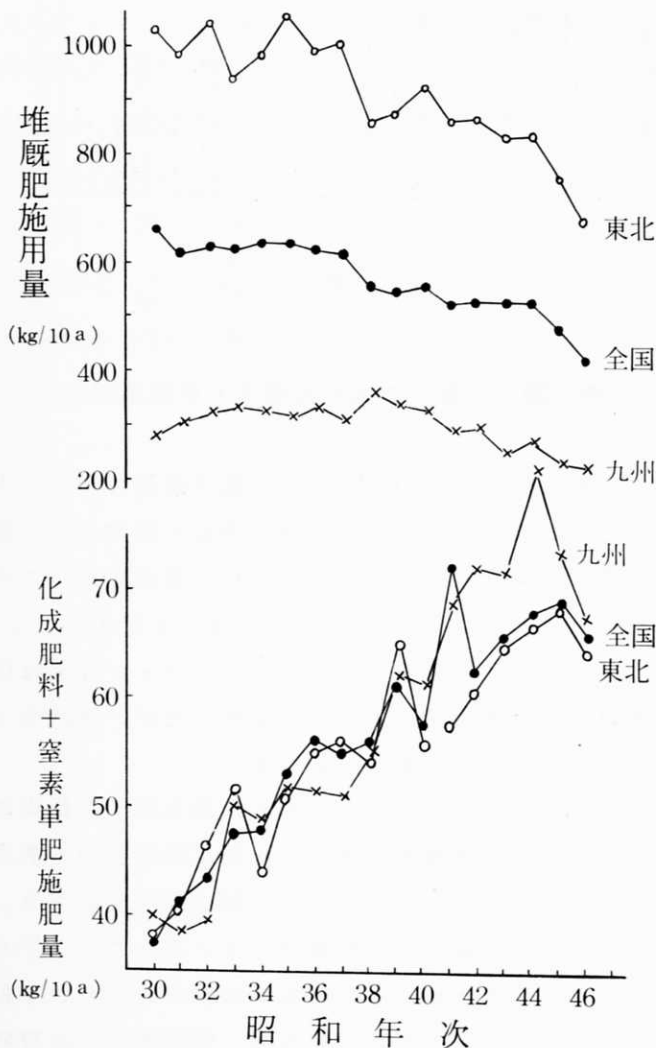
5 天候不順のため追肥をやるうにもやれない例が多く、これが施肥量低下につながり減収をもたらしたが、地力の高いところは収量も高かった。もちろん、47年は後半いもち病が著しく閉そくしたことも有利

であった。

6 低温下で常に問題になる生育の個人差がこの兩年にも多くみられている。その原因は上記の技術的諸問題と土壌の緩衝能との関係にあるようである。

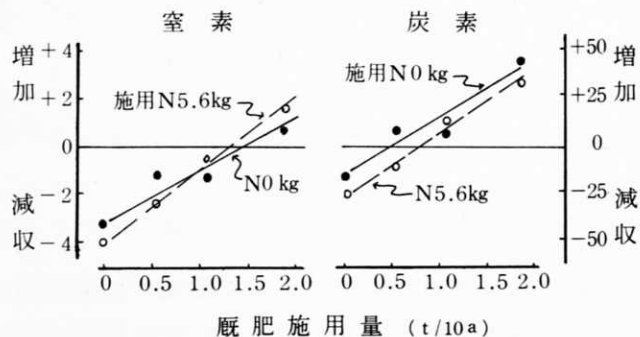
以上の諸点からして、結局は地力つまり緩衝能の低下が作況不振の底流となっていたとみられる。しかし、果たして地力の低下が実際にあったのかどうかである。

① わらなど有機物の施用量の低下—第2図にみるとおり、堆肥の施用量はここ15年間でかなり低下している。東北では70%程度、秋田県では約50% (1200 kgより600 kgへ) となり、明らかに有機物の施用量(窒素)は年々低下し、逆に施肥量は増大してきた(ただし46, 47年は異常気象を考慮して減肥の方向をとっている)。



第2図 堆肥・窒素質肥料施用量の地域性

② 有機物施用量の少ないとき地力低下は大—第3図をみるに堆肥施用量1.1トン以下では、肥料以外の土壌中に存在していた地力窒素からの吸収がみられているが、これは地力低下を意味する。



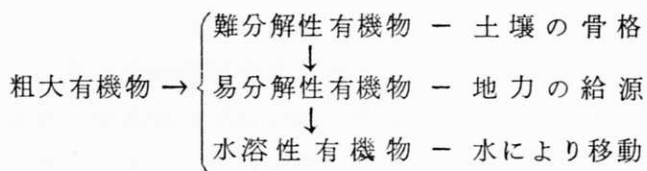
第3図 水田における窒素、炭素の収支 (吉田氏より作図)

以上の2点より近年は大幅な地力低下がなされているとみられる。

3 有機物の存在形態と機能

まず有機物と地力、その機能などについて概括的にまとめておきたい。

1 有機物の存在形態—次に示すように施用された粗大有機物は堆肥であれ、生のものであれる3に分かれる。



難分解性部分は土壌の骨格となる部分で C/N 比は一般に高い。水溶性部分は水により移動流亡する部分である。そして地力の給源となるのが易分解性部分で、最も重要な部分である。これらの各部分は固定したものでなく、難分解性より水溶性の方向に分解移行もする。しかも易分解性部分は無機物、あるいは他の有機物と結合して、いわゆる有機・無機・コロイド状複合体となって存在し、微生物により絶えず生成・分解され、地力窒素などを供給する。

2 土壌粒子への吸着結合—これらの部分と土壌粒子との関係をみるに、土壌粒子を粘土程度の大きさの区分と、それより大きいものに区分したとき、前者つまり粘土区分には小形の植物遺体が吸着し、後者は主

小粒団(団粒) — 小型の植物(プランクトン・細菌)

遺体の吸着 — 粘土区分

大粒団(団粒) — 大・小形の植物遺体の吸着

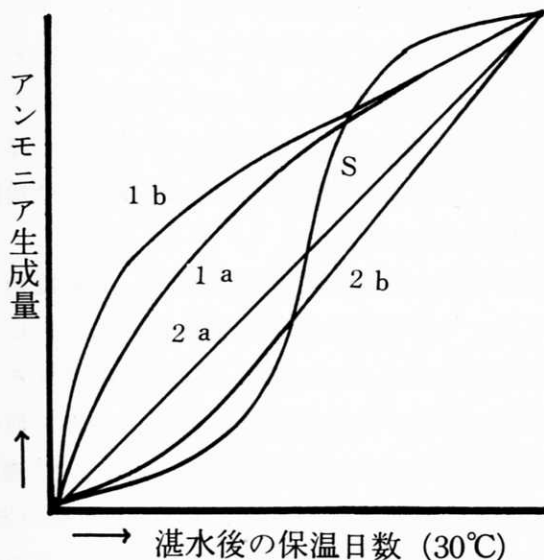
として大形の植物遺体と同時に、小形のものも吸着しており、微生物の活性が極めて大であり、鉄・マンガン・塩基などの諸成分が濃縮沈澱しており、あるいはシルト部分の分解による有効成分が豊富な部分とされ

る。つまり養分的に作物に対してプールの役割をしているとみられる。

3 土壌の保水力—粘土粒子など無機部分の吸水力は容積で $\frac{1}{2}$ 程度であるが、有機部分では容積で2倍程度の水分を保持できるとされる。つまり土壌中で水分を保持しているのは主に易分解性部分、つまり地力ということになる。

4 施肥窒素の利用効率と土壌窒素の放出—施肥窒素の利用率は一般に40%程度であるが、施肥アンモニアは有機物、殊に易分解性部分の存在（微生物活性）により、そこに一時的に固定される。水稻の吸収した窒素の70%程度は地力に依存するとされるが、易分解性部分に結合したものの利用率はかなり高い。施肥窒素の利用効率を計算すると、表面上多収土壌ほど高く、70~90%にまでなっている事例に数多く遭遇するのである。

特に重要なことは第4図である。東北の水田土壌のように粘土含量の高いところでは、窒素の放出が徐々に後期まで継続している。従来多収稲作の基本としてむらのない、むだの少ないイネの姿を求めてきたが、この土壌窒素の放出パターンは多収稲作上非常に好都合とみられる。



- 1 型 …… 湛水初期の生成多い
 1 a 前期 $\geq$ 中期 $>$ 後期
 1 b 前期 $>$ 中期=後期
 2 型 …… 生成が湛水後長期間衰えない
 2 a 前期=中期=後期
 2 b 前期 $<$ 中期=後期
 S 型 …… シグモイド状をなすもの

第4図 アンモニアの生成型（出井、1973）

5 物理性の改善—有機物の添加により耐水性団粒が増加するが、これにより透水・通気性などの条件がよくなる。しかし土壌構造や亀裂などの生成は地力とは直接の関連はなく、機械力や脱水現象により附与され不安定性を持ち込むことになる。むしろそれにより作られた構造の表面に吸着し、活力と安定性を与えるのが有機物である。したがって土地改良と平行して有機物を施用することの意義が、ここで明確にとらえることができる。

6 有機物の機能のまとめ—これらをまとめると次のようになる。

1) 有機物の有効な機能としての緩衝能は易分解部分に局在している。そこでは養水分のプールの、緩衝能的役割を果たしているが、その能力の大きさは有機物の含量と耕深の大小に比例する。

2) 施肥窒素のかかなりの部分は易分解性部分を通じて吸収されると思われ、それにより利用率が高められる。しかもその易分解性部分は絶えず分解生成を繰り返している。

3) 地力の高い土壌の窒素放出パターンは多収稲のためのイネ生育パターンとよく合致しており、技術上好都合とみられる。

つまり養分のプールと保水力の2点が従来の肥沃度にプラスされたものであり、これに物理性が加味されて地力のかかなりの部分を意味している。ただし従来と全く腐植の効果は養分的に強く解釈されてきており、そのため「施肥すれば有機物の代替はできる」ということになり、最近では有機物の意義を大きく低下させてきた。

4 有機物の機能と空洞化技術

この有機物の機能が、実際に起こっている技術上の問題とどう関連し活用されているか。

1 問題となっている空洞化技術への対策

1) 低温対策—低温下で卓効を表す理由については不明なところも多いが、主に考えられる点を上げると、 P^H を高める塩基、珪酸などにより登熟をよくしていること。りん酸・鉄・あるいは微量有機成分の吸収を促進し栄養生理的に好条件を与える。追肥における施用すべきか否かの判断上の問題が少ない。これらの総合効果により、気象的変動に対しても生産を安定化しているとみられる。

2) 高収技術対策—機械化の進展とともに有機物施用が少なく、かつての多収水田においても土壌がせき

薄化し、土壌むらが多くなる。先に示したように出来むらがあれば、良質多収は不可能に近いが、従来は客土・耕深・排水と堆肥多用による土壌作りに意欲をもやしてきた。殊に第 4 図のように窒素の徐々にかつ長期にわたり、放出する性格は多収の基本条件であり、むらなくむだの少ない稲作にとって極めて有利な条件である。

3) 省略化技術対策—農村の社会条件の変化、殊に出かせぎ、稲作の軽視により、最近技術が省略化される傾向が強い。水管理もその一つで、中干しなども形だけで生育をみてのキメ細かさはなく、殊に出かせぎのための早期落水に至っては技術的にまことに憂慮すべき問題である。しかも土壌に水を保持する力が低下している現在、ために登熟障害や低収と結び付く。他方有機物が多く、保水力のある水田では、このことが極めて少ない現実は見逃すことはできない。つまり現在の農村事情ではキメ細かい管理を要望すること自体困難となりつつあるが、有機物の持つ緩衝能の活用により、これら諸要因は十分カバーできると思われる。

2 有機物の機能発揮

このような有機物も幾つかのデメリットを持つ。それが技術的にカバーできない場合、あるいは極く多施用したときに問題を起こしており、良質米、あるいはうまい米作りと逆方向をとるに至る。このようなデメリットをメリット化できないか。更にいかにしたら機能を十分発揮させることができるかである。

1) 透水のよい土壌であること—これまでも有機物の効果を上げる方向として唱えられた技術条件である。

2) 登熟向上技術を入れること—一般に堆肥施用では穂数増により増収しているが、必ずしも登熟歩合は向上していない。この問題を解決するには①健苗、早植を行う。②珪カル、熔りんを利用することが大切である。一般には有機物は生育前半の気象悪く、後半のよい年に効果が高い例が多いが、そのことと一致するようである。

3) 収量に見合った施用量にすること—これまでの成果では地力維持には 1.2 トン程度（わらとして 600 kg 程度）、つまり生産したわらを全量堆肥化した量とされる。多収穫事例においても同様に 100 kg の玄米生産に対し、2.5 倍の堆肥利用とも試算されている。そして耕深からみると 10 cm に 1 トンの割合の場合が多い。これに準拠すれば問題は少ないとみている。

現在の東北においては、気象的変動を考慮しても 1.2

～1.5 トンの堆肥で、耕深 15 cm 程度までは問題が少なく、700 kg 程度の稲作が有利に展開できるとみている。

以上 3 条件を上げたが、透水性・早植・健苗・珪カル・熔りんなどは現在のイネ作り上、安定・多収・良質のうまい米作りの必須の条件となっており、その条件下では有機物の効果は有利に高められるということになる。しかも強力な緩衝力・養水分のプールの性格は、現在の省略化傾向にある技術下では、非常に重要な意味を持つてくる。

将来水田の高度利用あるいは直播方式を一層強化せねばならないとすれば、この肥沃化の方向はゆるがせにできなく、またスモッグ対策などから有機物導入に必然性が与えられるとすれば、それを有効に利用すべきであろう。

5 あ と が き

作物により有機物そのものは吸収されないが、その持つ物理、化学的機能は栽培に有効に利用できること、しかも良質・安定・省力のうまい米作りに対して有利に活用できることが知られる。しかしこれらの機能は全部が全部有機物でなければできない問題でないことも事実である。窒素の緩効的作用などは緩効肥料・固形肥料などを利用すればよく、水などはパイプライン方式を用いるとかなり解決できよう。低温対応としての機能も一部解明されているものは代替できよう。しかし一つのもので総合効果を発揮できるとなれば、それだけ優れた方式といい得る。殊に地力の持つ緩衝能は有利な技術条件である。

技術は細分化に意義があるのでなく、その技術を作業としてでなく自然に総合的に達成されることに、より大きい意義を求めたいのである。稲作はできるだけ労力や経費をかけずに合理化し、余剰労力等を他の複合部門に燃焼することが大切である。つまり労働生産性の向上と地力維持は平行的に進められる必要がある。

最近の地力低下の弱点をねらって 46, 47 年の作況不振が表れたとみられる。その傾向は今の社会状態下では今後一層強化されると思われるが、長期にわたる土壌のこの生産機能を維持するには、水田経営の中心を地力維持方式を加味する方向にせざるを得ないのでないか。

堆肥の有効性をいくら説いても今の農家には積極性を出させるまでに至っていない。それで新しい方式として、地域全体の総合的複合化の方向を基本とし、そ

の中で①集団で堆肥化する方式 ②畜産農家との結合によるもの ③生わらの秋施用とイネ科作物の裏作導入 ④工場的生産方式など考慮したいのである。

水田の土壌改良は年々大幅になされ、同時にかん水・排水改良にもパイプライン方式が採択されつつあるが、そのことが地力の減退に一層拍車をかけては問題で、地力維持と排水改良を併行的に実施してこそ意義

があるので、このことが改めて認識される。それでスモッグ公害をなくす意味からも自分の水田で生産したわらは自分の水田へ還元するのが当然と理解し、地力を上げたいのである。さもないと食糧基地化をねらう東北の米どころの水田はそれに答えるには至らないであろう。