

水田の機械化と地力

| | |
|-------|--|
| 誌名 | 日本土壤肥料學雜誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan |
| ISSN | 00290610 |
| 著者名 | 久津那, 浩三 |
| 発行元 | 日本土壤肥料學會 |
| 巻/号 | 46巻7号 |
| 掲載ページ | p. 318-322 |
| 発行年月 | 1975年7月 |

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



水田の機械化と地力*

久津那浩三**

はじめに

いわゆる地力については古くから多くの研究者によって研究され、論議が重ねられてきた。

地力の重要性については、いまさら否定するものはいないであろうし、土壌を基盤として生産を続ける限り、その本質について追究されねばならぬ問題と考えられる。地力の本質は本来不変のものであろうし、農業情勢の変化などによって評価が変わるべきものとは思われないが、年が経過し問題が提起されるたびに新たな感触をいだかせるようである。しかし地力の重要性について概念的に理解し得ても、これを実際の技術問題として農家にアピールできうるような試験研究の成果は数が少ないようである。

最近農業の機械化がかなり進んできたが、最近の米の生産量の停滞や減退について機械化と地力低下を結びつけて論ずる人が多いようである。

農業の機械化が急速に進み始めたのは、昭和36、7年頃からであるし、機械化と地力に関連した試験研究は、全国的にみても数が少なく、むしろ研究途上または今後の課題とされているものが多いと考えられる。したがって農業の機械化をもって地力低下に結びつける論議にはいささか飛躍を感じる場合が多いし、むしろ現時点では具体的に、機械化をすすめることが土壌に影響を与える要因について明らかにしてゆくべき段階にあると考えられる。

著者らは幸いにして農林省の指定試験事業において、昭和39年頃から水田の機械化と土壌の関連について試験を実施し、北陸の米作地帯の機械化を見聞する機会を得てきた。そのせまい体験の中から本課題について少し論じてみたいと思う。

機械化の要因と地力との関連

水田の機械化といっても内容は巾が広く、基盤整備のように機械化の前提条件となるものから、大型機械によ

る諸作業、それを導入した栽培体系など機械化稲作そのものまでが含まれている。

いま機械化の前提条件として基盤整備、機械化稲作として直播栽培、田植機による移植栽培、機械化に関連して実施されるものとして水田の高度利用、施設化、資材の多投問題などの項目をあげ、それらと土壌地力、窒素的な地力との関連について問題を抽出してみた。これを示したのが第1表である。これらの問題は実際に試験や調査をおこなったもの、あるいは現地で問題化されるか、今後問題となるような事項を列記してみた。

本表から機械化の要因が地力とくに窒素的な地力に及ぼす影響についてみると、養分的なものとして地力の量の増減ということよりも、機械化が土壌の理化学性とくに機能面に影響を与え、これが潜在地力の発現や施肥窒素の効果に変化を与えることの方がより強くみられるようである。

さらに機械化と地力低下の関連について人為的な側面からみるとすれば、機械化作業は能率の面を強調する傾向にあり、作業も画一的であることが要望される。機械そのものの性能の限界もあるが、例えば施肥についても圃場条件に応じたきめの細かい調節は不可能に近い。潜在窒素についてみれば、その発現条件が圃場内で異なる場合には作業が困難になるばかりでなく、むしろそれを無視できる条件の方が作業能率をあげ易いという矛盾点をも持っている。

また機械化を論ずる場合、農家の営農事情を無視することはできない。農家の戸数や人口が減り、労働の質量はともに低下し、兼業化が進む中で機械化は進行している。しかし経営規模の拡大は依然として進まず、一部では受委託組織の拡大を見出そうとするなど農業の将来にはなお混沌としたものがある。このような状態においてきめの細かい圃場管理を求めることは不可能に近い状況であり、省力化、機械化がややもすれば省略化、粗放化に流れようとするのも否定のできない現実である。これらが地力低下に結びつく事実は土壌肥料以前の問題と思われるが、逆に地力増強の技術を確立するための重要な前提条件もこの中に含まれているのである。

つぎに機械化の各項目のうち主要なもの2、3について地力との関連について述べてみよう。

注* 地力についていろいろの定義があるが、ここでは潜在地力窒素と称する養分的なものと、窒素の効果に関与する土壌の機能的なものを含めて窒素的な地力と称した。また文中地力と記したものは全てこのような意味で記した。

** 富山県農試(富山市吉岡)

昭和49年12月2日受理

日本土壤肥科学雑誌 第46巻 第7号 p.318~322 (1975)

第1表 水田の機械化が土壤に及ぼす影響

| 機械化稲作の関連問題 | 影響を受ける対象 | 土壤全般への影響 | 窒素的地力への影響 | |
|------------|----------|---|---|---|
| | | | 潜在地力 | 窒素施肥 |
| 基盤整備 | | 土壤構造の破壊(圧密, こねまわし) 圃場内各部土壤の理化学的不均質化 透水性の変化→透水不良→漸次回復 田表面の不均平(工事後約2年まで) 水管理の改良(用排水分離など) | 工事による減耗 肥沃土(作土)の移動, 心土混入による圃場内窒素無機化の不均一性 水深変異透水不良などによる地力発生の変化(当初2年) | 工事後の土壤不安定に対する施肥対策(追肥重点, 追肥回数増加) 土壤条件不均質化に対する施肥対策 |
| 栽培の機械化 | 乾田直播栽培 | 不耕起, 不しろかきの理化学性への影響(透水性の増大, 団粒の変化など) 整地の精度向上 大型機使用頻度の増大→圧密 農薬多量使用→生物微生物相の変化 コンバイン導入→わらの処理 | 連作による地力の減耗 作季の変化による地力発生時期の変化 透水性の影響による地力発生の変化 農薬散布による地力発生の変化 わらによる腐朽物質の蓄積 | 施肥体系の変化(施肥量の増加, とくに追肥) わら施用状況による施肥法の変化 |
| | 湛水直播栽培 | しろかき精度の向上→作業工程の増加 農薬多量施用→生物微生物相の変化 コンバイン導入→わらの処理 | 作季の変化による地力発生時期の変化 農薬散布による地力発生の変化 わらによる腐朽物質の蓄積 | 作季植付形式による施肥法の変化 わら施用状況による施肥法の変化 |
| | 機械田植栽培 | 上に同じ | 上に同じ | 上に同じ |
| 土地利用の高度化 | | 水利用の変化による土壤理化学性の変化 ローテーションの影響 | 水利用, 作物の種類栽培様式の変化による地力発生の変化 ローテーションによる地力蓄積(減耗)の進展 | 土壤条件の変化に伴う施肥の変化 跡地土壤に対する施肥 |
| 施設化 | | 塩類蓄積(ハウス) いや地 作付作物の影響 廃棄物の処理(ライスセンター, 畜舎など) | 施設作物栽培による地力低下 有害物質蓄積の影響 廃棄物投入の影響 | 施設化の土壤理化学性への影響がもたらす施肥の変化 廃棄物の肥料効果と施肥量の変化 |
| 機械による資材多投 | | 資材の分解能と作物や農作業への影響 資材の蓄積効果 土壤改良剤の影響 | 地力増強材としてとくに有機資材の地力としての発現 改良資材の地力発現に及ぼす影響 | 改良資材そのものの肥料効果による施肥法の変化 改良資材投入による土壤条件の変化に伴う施肥法の変化 |

1) 基盤整備と地力

水田の機械化をすすめるため, 水田の基盤整備が実施されている。基盤整備の土壤に及ぼす影響¹⁾は工事方法や圃場近辺の地形, 土壤の種類などによってかなり異なってくる。しかし一般的にみた場合, 程度の差はあっても, 提起される問題はいずれも同じようなものがある。

さて基盤整備が地力に与える影響について一般的にみられることは, 工事による土層の破壊がおこなわれ, 肥沃な作土が移動し, 瘦薄な心土が表層に混入すること, および工事により平衡状態が破られて, 潜在地力の発生がみられることなどにより地力の一時的減耗がみられることである。

さらに1圃場の中に極端に地力の高い部分(主として盛土部)と低い部分(主として切土部)が混在すること

である。しかしこれらの1圃場内の土壤の地力の格差は例えば乾土効果などについてみると, 工事後10年近く経過してもなお縮まっていない。

いま富山県内の基盤整備水田について, 工事後の土壤の全窒素, 全炭素, 乾土効果の推移をみたのが第2表である。

全炭素についてみれば工事後明らかに減少がみられ, 3年位までは減少するが, その後は漸増の傾向を示している。全窒素についても全炭素とほぼ同じような傾向を示すが, 3年以後の増加傾向は全炭素ほど顕著ではない。このことは工事により物理的, 化学的に土壤中の有機物が減少することと, これらの圃場は何れもコンバイン刈取りを実施するため, そのわらの成分の蓄積(燃やしたのものもある)の影響が現われたものと思われる。

第 2 表 基盤整備田における有機物の経年変化

| 項目 | 試験地 | 工事方法 | 土性 | 工事後経過年数 | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-------|-----------------------|-----|---------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | 工事前 | 工事後 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 | 11 |
| 全炭素 % | 入 善* | 表土扱い | SL | | 0.48 | 1.38 | — | — | — | 1.43 | — | 1.45 | 1.32 |
| | 富山 布市 | 非表土扱い | L | | | 1.16 | — | — | — | — | 1.41 | — | 1.68 |
| | 富山 吉岡 | 非表土扱い 表土扱い 〃 | L | 2.95 | 2.24 | — | — | 1.81 | | | | | |
| | | | L | 3.33 | 2.05 | — | — | 1.82 | | | | | |
| | | | L | 2.93 | 2.22 | — | — | 1.89 | | | | | |
| | 福野柴田屋 | 非表土扱い 表土扱い | LiC | 2.92 | 1.82 | — | — | — | — | 2.33 | | | |
| | | | LiC | 2.90 | 2.59 | — | — | — | — | 2.94 | | | |
| 福野 院林 | 非表土扱い | LiC | | 1.70 | — | — | 1.94 | | | | | | |
| 全窒素 % | 入 善* | 表土扱い | SL | | 0.094 | 0.082 | — | — | — | 0.083 | — | 0.088 | 0.084 |
| | 富山 布市 | 非表土扱い | L | | | 0.128 | — | — | — | — | 0.140 | — | 0.121 |
| | 富山 吉岡 | 非表土扱い 表土扱い 表土扱い | L | 0.27 | 0.18 | — | — | 0.133 | | | | | |
| | | | L | 0.25 | 0.20 | — | — | 0.140 | | | | | |
| | | | L | 0.24 | 0.19 | — | — | 0.145 | | | | | |
| | 福野柴田屋 | 非表土扱い 表土扱い | LiC | 0.18 | 0.13 | — | — | — | — | 0.13 | | | |
| | | | LiC | 0.23 | 0.21 | — | — | — | — | 0.17 | | | |
| 福野 院林 | 非表土扱い | LiC | | 0.273 | — | — | 0.120 | | | | | | |
| NH ₄ -N** mg/100g 乾土 | 入 善* | 表土扱い | SL | | 2.1 | 2.76 | — | — | — | 1.28 | — | 2.28 | 2.49 |
| | 富山 布市 | 非表土扱い | L | | | 7.24 | 6.48 | 5.70 | 6.16 | 6.53 | 7.94 | — | 6.98 |
| | 富山 吉岡 | 非表土扱い 表土扱い 表土扱い | L | 6.28 | 7.74 | 8.03 | — | 6.42 | | | | | |
| | | | L | 9.12 | 10.92 | 12.94 | — | 8.09 | | | | | |
| | | | L | 7.23 | 9.56 | — | — | 6.42 | | | | | |
| | 福野柴田屋 | 非表土扱い 表土扱い | LiC | 32.14 | 5.87 | — | 3.97 | 8.83 | — | 7.46 | | | |
| | | | LiC | 26.03 | 16.14 | — | 11.05 | 16.66 | — | 12.98 | | | |
| 福野 院林 | 非表土扱い | LiC | | 8.66 | — | 7.07 | 7.55 | | | | | | |

注 * 同一土壌型の地域において施工年次の異なる圃場を選んだ

** 風乾土を 30°C 4 週間インキュベートした数値

本数値は 1 圃場 (30a<) につき 9 点以上サンプリングした作土の算術平均値をとった

つぎに乾土効果についてみると工事後増加するものもあり、その後減少して 3~5 年目から漸増あるいは平行を辿るものがみられる。このことは土壌の特性というよりは工事後の土壌条件によって有機態窒素の無機化の速度が異なり、その影響が 3 年位まで続いたとも考えられる。

試験例が少ないため断言することはできないが、以上の結果からみれば基盤整備工事の影響により窒素的地力は減耗し、その影響は工事後 3 年位まで及ぶようである。この変動は乾田よりは半湿田、湿田に、粗粒、中粒質土壌よりは細粒質土壌に大きく現われるようである。

つぎに基盤整備田で一般に現われる現象は透水不良になることである。このことはさきに述べた潜在地力の発現とともに施肥窒素の効果に対して大きく影響を与える。

しかも工事によって現われた土壌ムラの影響は現在のところ施肥によるしか対応手段はなく、この意味で窒素的地力に大きな影響を与えるものと考えられる。

乾田や半湿田における透水不良も年次の経過とともに徐々に回復の傾向を示すが、透水不良の原因は工事の場合のブルドーザーによる圧密あるいはこねまわしが原因とされる。第 3 表は第 2 表と同じ基盤整備田において仮比重、固相率の経年変化をみたものである。本表によれば明らかに工事後の土壌のしめ固めの行なわれたことを示している。工事後 3 年は極めて不安定であり、増加傾向や減少傾向を示すものもあるが、その後は平行かまたはわずかながら減少を示している。

この間における水稲作のための作業機の土壌におよぼす影響であるが、農事試、富山農試の成績²⁾によれば大

第3表 基盤整備田における物理性の経年変化

| 項目 | 試験地 | 工事方法 | 土性 | 工事後経過年数 | | | | | | | | | |
|----------|-------|-----------------------|------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | | | 工事前 | 工事後 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 | 11 |
| 仮比重 | 入善* | 表土扱い | SL | | | 1.10 | — | — | — | 1.15 | — | 1.03 | 1.05 |
| | 富山 布市 | 非表土扱い | L | | | | — | — | — | 1.18 | 1.16 | | |
| | 富山 吉岡 | 非表土扱い 表土扱い 〃 | L | 0.92 | 1.26 | 1.19 | 1.25 | 1.22 | | | | | |
| | | | L | 0.84 | 1.11 | 1.14 | 1.22 | 1.18 | | | | | |
| | | | L | 0.84 | 1.08 | 1.17 | 1.19 | 1.12 | | | | | |
| | 福野柴田屋 | 非表土扱い | LiC | 0.73 | 1.01 | 0.91 | 0.85 | 1.02 | — | 1.01 | | | |
| 表土扱い | | LiC | | 0.93 | 0.84 | 0.80 | 0.92 | — | 0.83 | | | | |
| 福野 院林 | 非表土扱い | LiC | 1.02 | 1.08 | — | 1.11 | 1.02 | | | | | | |
| 固相率 % | 入善* | 表土扱い | SL | | | 43.4 | — | — | — | 45.7 | — | 40.8 | 41.6 |
| | 富山 布市 | 非表土扱い | L | | 44.5 | 41.6 | 45.6 | 46.2 | — | 45.2 | 41.2 | | |
| | 富山 吉岡 | 非表土扱い 表土扱い 表土扱い | L | 34.4 | 47.1 | 45.0 | 49.1 | 49.1 | | | | | |
| | | | L | 33.1 | 43.7 | 41.3 | 48.0 | 46.7 | | | | | |
| | | | L | 33.1 | 43.3 | 42.3 | 47.1 | 44.7 | | | | | |
| | 福野柴田屋 | 非表土扱い | LiC | 30.4 | 40.9 | 35.8 | 31.8 | 40.7 | — | 39.0 | | | |
| 表土扱い | | LiC | | 38.1 | 33.1 | 29.6 | 37.9 | — | 32.1 | | | | |
| 福野 院林 | 非表土扱い | LiC | 39.1 | 42.6 | — | 44.8 | 38.7 | | | | | | |

注 * 第2表と同じ

本数値は1圃場(30a<)につき9点以上サンプリングしたものの算術平均値をとった

きくはなく、このことから考えれば工事の影響は当初3年間は強く現われ、漸次回復するようである。このことは施肥対策、ことに施肥窒素の効果に対して重要な意味をもっている。

2) 機械化稲作と地力

現在の機械化稲作といえは直播栽培体系と田植機による移植栽培体系をあげることができる。それらと地力の関連についてみると栽培方法の特色、播種、移植前の作業方式、および除草剤などの農薬散布の影響や機械刈取りによるわら処理などの問題が提起される。いまこれらのうち主なものについて説明しよう。

(1) 乾田直播栽培と地力

乾田直播栽培においては代かきを実施しないこと(不耕起の場合もある)、圃場に直接播種し、出芽後2葉期ごろまで畑状態におかれることは大きな特色である。この体系では普通の移植栽培に比べて施肥方法の異なることは当然であるが、水稲生育中における地力の消長、利用のし方にもかなり相違がある。

地下水位の低い中粒質の乾田において著者らのおこなった連作試験の結果³⁾によれば、年々孔隙率が増加すること、粒径0.5mm以上の粒団が増加し、0.1mm以下の粒団が減少を示し、透水性も著しく増大し、3年目には移植栽培の数倍にも達した。このような条件において

は施肥(乾田直播栽培においては移植栽培と異なった特有の施肥体系がある)の面において窒素の効果をあげるため施肥量、施肥回数を基準以上にあげざるを得なかった。またこのような状態においては土壌の還元はあまり進まず、潜在的な地力窒素の発現は期待し難く、また発現したとしても作物に容易に利用されない状態であった。

この場合わら施用は透水性をおさえるために有効な手段であり、わら無施用に対して透水性が半減するばかりでなく収量も向上した。おそらくわらの連用が土壌の理化学性とくに構造に何等かの影響を与えたものと考えられる。

さらにわらの連用は全窒素、全炭素の漸増をみるばかりでなく乾土効果、温度上昇効果の増加をみた。これは腐植の分析結果によれば腐植化度のきわめて低い腐朽物質の増加に由来すると考えられた。

本試験は7年連続したが、乾直連用区の透水性が増加したにもかかわらず乾土効果、全窒素、全炭素の減少がみられていない。一方農事試験場における連作結果⁴⁾(地下水水位が高い条件)によれば乾土効果の減少がみられている。これらの相違については今後の検討を必要とするが、おそらく富山の場合は物理的要因の変化が大きく、とくに1日20cm以上の減水深の状態では有機態窒素の無機化が十分に発現されずに終わったものと考えられる。

いずれにしても乾田直播栽培にあっては移植栽培に比較して土壤条件がより酸化的であること、理学条件が大きく変ることなどで地力窒素の利用や蓄積に対しては、負の面が強く現われるようである。

(2) 収穫とわらの処理

今後の収穫の形態は大部分がコンバイン、バインダーによるものと予想される。とくにコンバイン刈取りの場合にはわらの処置が問題として残される。

わらなどの粗大有機物の連用効果とくに窒素的効果、窒素施肥などについては古くから静岡を始めとして、青森、香川、宮崎などの農林省指定試験関係の成果が得られているし、また最近の機械化に対応してわらの施用基準⁹⁾がすでに作られている。

地力増強のために何等かの形でわらを還元することは必要なことであり、地理条件や土壤条件などによりその効果は異なるが、場所により堆肥よりもわらの方が好ましい結果も得られている。

しかし地力増強のためわらの施用を説いても、なかなか実施されない現状である。圃場内のわら、あるいは、堆肥をすきこむ作業、さらにわらが存在した場合の秋季除草の効果、および翌年の播種や移植に至るまでのもろもろの諸作業に対しての影響などが懸念されている。

農業機械の性能には限界があるし、農作業には経済効果を求めるための計画もある。わらを加えたための地力増強のメリットとわらなどを加えるため、また加えたために起りうる労力面や、作業精度面のデメリットを天秤にかけ現地の農家は絶えず評価しているのである。勿論地力の評価は現時点でできるはずもないのであるが……。

地力増強の必要性は知りながらも兼業化の波におしながされわらを廃棄したり焼却しているのが現状である。

おわりに

地力低下の原因の1つとして水田の機械化があげられている。機械化稲作が進められる背景には容易に地力低下に結びつくような要因が存在しているのは事実である。しかし土壤肥料的側面からみた場合には将来に問題が残されている場合が多いようである。

水田の基盤整備の影響は工事により一時的に有機態窒素の無機化が促進され、当初3年間では地力窒素の減耗が続く、その後平衡状態が続くか、水田の管理状態により窒素の蓄積が始まる。

また工事により肥沃土壤の移動が起り、1圃場内において顕著に肥沃性を異にする土壤が共存する。この土壤むらは工事後10年経過しても容易に解消されないようである。水田の機械化作業をすすめるうえに、地力むらのあることは極めてまずいことであるが、現在の工法で

は止むを得ぬことであり、瘠薄な無機質心土の肥沃化促進、換言すれば有機無機膠質複合体の形成を促進するような土壤管理法の確立が望まれるのである。

機械化稲作についても、栽培体系の種類によって作業形式も土壤管理法も異なっている。これらの相違が地力窒素の消長に影響を当然与えるし、地力の利用のし方も変わってくる。また土壤条件の変化に伴って施用窒素の効き方も変わってくる。

機械化稲作の地力低下に結びつく問題としてコンバイン刈取りのわらの処置がとりあげられている。わら施用は地力増強に必要とされるが、このことは基盤整備田で何等かの形でわらを還元した場合、また乾田直播の連作田において、わら施用によりわずかながらも全窒素の増加が認められることなどにより、必要性がよく理解される。わらの施用については稲作初期における窒素飢餓や、中後期における異常還元など土壤肥料の問題点についての対策技術はほとんど確立されているようである。しかし問題になるのはわらの施用方法によって、その後のもろもろの農作業の精度（ひいては作物生育、収量にも影響する）に及ぼす影響およびその評価について未解決の問題が多いことである。

最近、現地で起る問題には1つの専門分野の研究のみでは解決せぬものがかかり多い。わら施用による地力増強の問題もその1つであり、土壤肥料分野以外の協力が必要であるし、土壤肥料の知見を他分野の研究者に積極的に提供する必要を痛感する。現場における地力増強指導の困難性は、研究成果が農業技術に正しく結びつけられぬ点に多分にあるように考えられる。

謝辞 本稿は著者が試験をすすめるため日頃論議していた内容を記した。論議に参加した富山県農試元主任研究員、新村、上森両氏および岡山研究員、ならびに試験推進上いろいろ助言いただいた、農技研、横井土壤第2科長、さらに農業機械化のアセスメントについて御助言いただいた小幡富山県参事、伊東富山県元理事、農試穴口次長、福田元次長に厚く謝意を表する次第である。

文 献

- 1) 久津那浩三・飯田周治・新村善男・上森 晃・瀬川篤忠：水田の基盤整備に関する研究（第1報）土肥誌，43，165～171（1972）
- 2) 農林省農業技術研究所：土壤肥料分野における試験研究上の問題点と主要課題の研究動向，第6集，122～127（1973）
- 3) 久津那浩三・上森晃・新村善男・飯田周治：乾田直播栽培の連作が地力に及ぼす影響について，土肥誌，43，86～91（1972）
- 4) 国分欣一：水田の機械化，土壤肥料新技術（技報堂）p.47（1969）
- 5) 農林水産技術会議事務局研究調査官：水田におけるいねわらの施用法と施用基準（1968）