

## 総 合 討 論

司 会：湯村義男（野菜試験場）丸山利輔（京都大学）  
 講演者：吉田武彦（農 技 研） 本田太陽（東北農試）  
 渡辺春朗（千葉県農試）足立忠司（岐阜大学）  
 高橋 強（岡山大学）

司会 湯村（野菜試験場） 総合討論に入りたいと思います。本日の講演はまず、吉田さんが田畑輪換の江戸時代からの歴史をふまえて現在の問題を提供し、本田さんも戦後の田畑輪換の経緯をとりまとめながら、現在の高度集約化と水稲畑作の収量レベルの上昇等に関する技術的問題点を指摘され、渡辺さんは土壌条件の理化学性の変化について昭和40年代からの試験結果を報告されました。

続いて、足立さんは農業土木学会畑地転換対策調査委員会の共同調査から還元田における用水量の問題、高橋さんからは同じ調査の中の一部で田畑輪換における排水と、地下水の動きに関して話していただきました。田畑輪換はこれまで、どちらかと言うと、水稲中心でしたが現在行政的に問題としているのは畑作に力点がおかれています。特に行政にかかわっている者にとっては関心の強い問題であることも事実です。さて、総合的な問題である吉田さん、本田さんのテーマを前半とし湯村が司会し、後半は土壌の理化学性の変化や用排水といった技術的な問題を丸山さんの司会で進めたいと思います。

### 〔裏作について〕

長崎（新潟大） 吉田さんにお伺いします。実現可能な裏作を重視して、それを段階的に田畑輪換に進めるといのはどうでしょうか。吉田さんはわが国の田畑輪換が非常に難しい、しかし今後の食糧事情を考えると、畜産の導入を考えれば、耕地の二分割を打破して輪作の導入を展望する必要があると、いきなり輪作の導入を位置づけられているが、今日的課題として裏作の方が重要ではないか。

吉田（農技研） 裏作について考えを申し上げます。まず気象条件ですが日本は夏は熱帯的になり、冬は亜寒帯となる（本文図-1）米麦二毛作はだいたい鎌倉時代から始まったと聞いていますが、乾田化が進むにつれ、夏の熱帯的条件を水稲に、表日本では冬の亜寒帯的条件を麦作に利用するようになったわけです。こうした熱帯の作物と冷温帯の作物が同じ土地で時間をずらして作るというのは、ほとんど世界で例外的であります。ついでに申し上げますと、中国でもやはり13世紀の宋の時代から田畑米麦二毛作があるが、これは四川盆地と揚子江下流の

江蘇・浙江省の二ヶ所が中心になっている。その他は南北朝鮮の一部と表日本です。しかし最も技術的に完成度が高かったのは日本であったと思います。次にその消滅していった過程をみると、それには二つの要因があったと思います。一つは御承知のとおり小麦の輸入政策です。作れば作る程損をする一価格的にですね一対米価格比が限界といわれてきた60%をずっと割ってきたのです。第二は技術的な原因です。それは水稲増収のための早植技術です。だいたい一週間位早くなったといわれています。最近の種苗技術では移植期はさらに1週間から10日早くなっています。そのため裏作の麦の収穫期ともろにかち合って、現在では麦作の復活は困難になっています。私は米麦二毛作を先行させるべきであると思いますが、米麦二毛作についても技術的困難さは以前にもまして強くなってきているのではないかと。次に、裏作とは別に田畑輪換が重要なのは畜産の定着のため、飼料作物を米麦二毛作だけでまかなえるかどうか私は疑問に思っているからです。なるほど、飼料用の大麦をとればよい、あるいは稲を飼料化すればよいと言うこともありますが、年間の飼料生産量、貯蔵の適性等を考えると、米麦二毛作だけではいかならないのではないかと、将来の展望とすれば、畑作の麦も含めて田畑輪換は研究面ではかなり力を入れるべきでないかと考えます。この点本田さんはいかがでしょうか。

### 〔行政について〕

長崎（新潟大） 次に司会者もいわれたように田畑輪換は行政的な対応ということでふりまわされているが、もっと根本的な解決に向けてわれわれも力を入れるべきではないか。

本田（東北農試） 行政的にふりまわされている問題ですが、現在行政的に推進しようとしている方策を私なりに見解を述べると、今日言う田畑輪換は言わば米べらしのための水田転作です。米が恒常的・構造的に過剰傾向にある時、行政上ある一定面積を休耕しなければならぬという状況である。この時水田の利用は永久転換ではなく、田畑輪換による方が土地利用上望ましい。そういう観点では田畑輪換を取り上げたい。米麦二毛作の問題と田畑輪換の対立関係としてではなく、むしろ田畑輪換の位置づけは、今行われようとしている永久転換と言った発想に対して、もっと積極的な意味で水田総合利用を考えたい。

ただ先述のように永久転換の方が技術的には簡単である。つまり転換の当初1・2年が一番トラブルが多いが

あとは概ね本質的には畑の状態と似てきて、畑作技術と  
いったことですね。ところが、3・4年を水田にしてそれ  
を畑にするという田畑サイクルは土地利用という形  
態でみると水田とか畑とかいったものを固定した状況  
で利用するのではなく、それを交互に繰返すことによっ  
て全体として耕地の生産力を高めてゆく、そういった可  
能性の追求であると思います。それこそ腰を据えてやら  
せてもらえるのであれば、技術者としてやるべきでない  
かと考えています。

**司会 湯村(野菜試験場)** 吉田さんのお答では早期  
水稲が裏作麦の作付けのネックになっているようです  
が、これは麦あるいは飼料作物(大麦)を前提として  
の話です。一方野菜ですと早期に適したような体型の野菜  
があり、それを現実に入れているところもあるわけ  
です。たとえば淡路島のタマネギは水稲と組合せて成功  
しています。

#### 〔増収技術として〕

**岩田(農技研)** 水田の増収技術の問題ですが、これ  
を飛躍的に伸ばすために、田畑輪換を行うという論旨の  
ものを読んだことがあるのですが、飛躍的な増収とい  
うのは連作水田では出来ないのかどうか、そのへんの事情  
を聞せてもらいたいのですね。

**本田(東北農試)** 明快なお答えは出来ないが、東北  
農業試験場で今後の研究の基本的な課題として田畑輪換  
が議論になっている最中です。また最近諸外国で水稲の  
反収の高いところが田畑輪換地帯だという話を聞いて  
います。かつて昭和20年代に行われた田畑輪換の研究も、  
米麦二毛作が地力消耗型の作付体系であるという見方  
から、これを改めて地力の維持・向上をはかるという点  
から出発しています。すなわちイタリアやスペインなどの  
田畑輪換の行われている水田の収量が当時の米麦二毛  
作のもとでの日本の米の収量より高いということから触  
発されて、田畑輪換がとりあげられたのであり、それと  
吉田さんがいわれたように、飼料作物を導入した田畑輪換  
は有機物の合理的な循環が可能になるということが加っ  
ている。増収技術については、例えば一番米の収量が安  
定して高い山形県では平均して600kg/10aのオーダに  
なっているが、それを700kg/aのレベルにもち上げるの  
に田畑輪換といったような土地利用方式を導入するこ  
とが、これをもう一段とジャンプさせる契機となるかど  
うか再度議論して、腰をすえてやってみる必要がある  
のではないかと考えています。高位収穫水田の土壌構造、例えば、ひと  
ころさかんにとりあげられた新佐賀段階における水稲の反収  
増と水のたて浸透との関係等からみて、高位収穫田の  
もっている土壌構造と田畑輪換によって作られる土壌構造  
の関係についての検討を行い、田畑輪換が新たにもう一

段収量をジャンプさせるための技術となりうるかどうか  
を考える必要がある。しかし、実際にはそう簡単なもの  
ではない。仮りにそのような可能性があると実証されて  
も、現実に田畑輪換を100kg増収のための具体的な技術  
にするためには、田畑輪換にはいろいろなデメリットが  
あるわけですから、これをつぶしていかなければなら  
ない、かなりしんどいなあと感じています。しかし、研究者  
はそういうものに挑戦してみる価値があると思います。

#### 〔物質循環として〕

**安富(茨城大学)** 吉田さんにお伺いしたいの  
ですが、土壌物理的現象として、田畑輪換は物質循環  
としてとらえられます。これは例えば塩類集積の用水  
による溶脱と地力維持の関係やいや地対策に関係した  
学問的な裏づけが必要とされているのではないかと  
思うのですが、こういう研究の展望についてどう考  
えますか。

**吉田(農技研)** ヨーロッパに稲作が入った時、  
田畑輪換というようなことは意識せず、当然のこと  
として輪作の中に入る。特にフランス南部では稲作  
を始めたのは戦後だといわれていますが、これは連  
作障害対策として入ってきた経過があります。つまり  
土壌微生物の変化だと説明されているようです。日本  
においても、例えば奈良などではイチゴのハウス栽  
培で連作障害対策として灌水するとか、一作水稲を  
作るかが現実に行われている。畑作物の連作障害  
対策としては大変有効ではないかと考えています。そ  
ういった意味でも今後微生物的・土壌肥料的な面  
でも研究対象として面白いテーマがあると思いま  
す。それから物質循環ですが、畜産を日本農業の中  
に取り込むという観点であって、現在は田畑輪換と  
少し離れますが、一方で畜産廃棄物が集積し、その  
処理に悩んでいる。他方では有機物が水田に入らな  
いために地力が落ちたとさわいでいる。実におかし  
なことだと思います。これは組合せれば、当然有効  
にもっと使えるはずなんです。そのため酸化分解と  
嫌気分解が繰り返されるような田畑輪換の体系の中  
ではこれは面白い研究ができるのではないかと考  
えています。

#### 〔土壌物理的 Index Properties〕

**佐藤(愛媛大学)** 本田さんは田畑輪換をした場合  
3～4年位で収量が落ちるという話でしたが、それ  
に関連して土壌の物理的性質ですと、足立さんは  
畑状態を2年経過すると減水深が変化し、高橋  
さんは乾燥特性の中で物理性の変化を検討され  
た。そこで私は何か連作によって土壌の物理性  
の変化に対応する Index Properties があ  
って、例えば1年目130のものが120、110、  
100となるといったように、ある程度性状が  
つかめれば、1年目のものが130、2年目  
133～130でも4年目ではどうして

も100にしかならない、そうするとここで水田に切りかえた方がよい。というような田畑輪換のための Index Properties があってよいのではないかと考えるのですが、このような用に使える土壌物理的・化学的データはあるのでしょうか。

**本田（東北農試）** 今の質問は大変むづかしい。田畑輪換については城下さんの業績があります。現象としては、だいたい3年位で収量が落ちていくと一般的にはいわれています。しかしその現象と土壌条件との因果関係は私にはわからないので土壌肥料関係の方から御意見を聞きたい。

**渡辺（千葉農試）** 城下さんの農事試験場報告によると水田に戻した場合、Ehの高く経過するのは確か2年位だったと記憶します。それから畑にした場合集積された窒素の供給力の差引の大きさは3年位というように使われた試料の小麦の吸収量から推定されていたと思います。従って2年位収量は増大するが、そのあとには堆肥などを入れる必要があると結論されていたと思います。

**高橋（岡山大学）** お答えになるかどうか分かりませんが、図-4, 7, 9で降雨後の経過日数と地下水面上の水分分布を測定しました。児島干拓の例ですと、降雨後4日で地表面からの蒸発散量と平衡した分布となります。彼岸田地区では10日前後でやっと平衡状態になる。蒜山の例では、その中間で一週間程度で平衡する。これを透水係数と比較してみると、透水係数の順のとおりになりまして、従って、透水性のよい圃場ほど早く平衡状態に達する、すなわち乾燥しやすいことを意味します。

もう一点、今日は発表しなかったのですが、地下水面上の土壌水分状態をダルシー法即から計算してみたのですが、これにはその土壌の透水係数と蒸発散量が関係してくるのだが蒸発散量が多くなれば早くなるし、小さければ遅くなる。そういうところで気象条件との関係もあると考えています。

**足立（岐阜大学）** 還元田の用水量という立場から考えますと、キレツの発生・消滅というようなもので現地の圃場をおさえていけばよいのではないかと考えています。表で示しましたように、比較的乾燥しやすい段丘上水田の例ですと、1作の畑輪換の影響は還元後3作程度続きますし、畑利用の年数が長くなるほど、還元後の影響も続きますが、この問題は気象条件、土壌条件で異なります。従って、こういう問題を扱う時はその圃場で測ってほしいと思うわけです。土壌の条件を気象データと関連して解析しておられる三重大の長田さんのお話を伺いたい。

**長田（三重大）** さきに足立さんが触れたキレツの発生条件と土壌条件との関係は重要であることはもちろんですが、私は地域的な気象条件との関係を知るために

全国の気象台で測定されている蒸発量とpF値の関係をもとに試算してみました。その結果気象的な要因が地域的に土壌面のpF値の変化に現われており、ひとつ可能性として、気象条件による土壌のキレツ発生についてpF値の変化を指標にすることができるようにと思っています。

#### 〔省資源として〕

**岩田（農技研）** 本田さんは先ほど省資源について述べられた。水田は特殊な栽培方式で、いわゆる地力の消耗が少い。一方日本の農業は大量の肥料を投入することで生産を維持してきた。そこで田畑輪換は地力の維持にどんな役割を果すのでしょうか。

**吉田（農技研）** 地力とはよくわからないので、私は地力という言葉はなるべく使わないようにしています。たとえば、地力を収量で判断する限り地力が落ちているという結果は出て来ない。水田ではどんどん収量は上って来ているのですから。収量が伸びたのは肥料、つまり追肥技術である。ただし、農業生産は収量の高さだけでなく、安定した再生産系でなければならず、その意味から土壌有機物の役割は大きいと思う。しかしこれは数字で表せないので説得力は弱いかもしれない。田畑輪換では、畑作期間は少くとも土壌有機物は消耗する方向にあり、水田に戻した時、1年目は渡辺さんが指摘するように乾土効果がきいていて、土中の有機物の分解は進む、その分が養分となる。土壌肥料の分野におけるこれまでの研究では3年畑作・3年水稻作という形が提唱されているが、機械化体系の中でさらに高い収量をねらうとすれば問題があるでしょうし、短期的な増収をねらうと安定性がおろそかになり、今後大きな研究課題であろう。

**本田（東北農試）** ここで省資源について触れたのは、たとえば現在省資源の問題と関連して根リウ菌が取り上げられているが田畑輪換もこれと同じようなカテゴリーの問題として考えている。つまり田畑輪換によって、牧草後の1・2年目は無肥料でも相当の水稲収量がある。このような田畑輪換効果が期待できるのではないかと。

**司会 湯村（野菜試験場）** 前半の議論はこの辺で打ち切りたいと思います。

**司会 丸山（京都大学）** 司会を交代します。進行の都合上問題を整理しますと、まず第1に畑輪換すると土壌の物理的・化学的性質にどんな変化をもたらすか、用水量の変化や、クラックの形成の問題があります。第2には石井さんから提起された耕盤の問題、地耐力や、農地の基盤整備にも関連した問題です。

#### 〔用水量について〕

**司会 丸山（京都大学）** 黒田さんの御質問ですが、

1) クラックの発生は土壤母材によって影響されるが、母材は何か、2) 転換畑では、畑作1作の影響が還元田では3~4作まで残るようですが、1つの圃区で10%づつ転換をしたとすると、用水量は少くとも20%程度増加となる。これはかんがい施設容量の増加につながるわけである。田畑輪換と水利施設との関連についてどのような見解を持っているか。

**足立(岐阜大学)** 土壤母材についてはここに資料を用意していないのでお答えできませんので後ほどお答えさせて下さい。用水問題ですが、計算を行なう場合に、還元田の用水量一経時変化を含めた一、転換畑の用水量、さらに転換畑に隣接している水田の横浸透による用水量などの変化を考えねばなりません、ここでは還元田の用水量増加をお話したのみです。ここで試みた計算例では湿害を特に気にする必要はない地区で農家が勝手にバラ転を行っている地区のデータを基礎としたものですが、10~20%程度の転作率であれば、ほとんど施設容量に影響しません。これは還元田の用水量は増加しますが転換畑の用水量をゼロとしているからです。しかしきめの細い水管理が必要となります。

**黒田(九州大学)** 10%程度の転作率では水管理の改善によって対応できるとしても、これを越える転作率となれば水の問題で田畑輪換が行きづまる心配がある。

**足立(岐阜大学)** 現実、先に示しましたような還元後の影響期間内にすべての水田が入ってきたり、転換畑にかなりかん水を行なう必要がある地区では、さらに年々転作率変動したりすると、用水の面から土地利用が制限されてくると考えられます。以前若干の計算を試みた事はあるのですが、田畑輪換の周期、転換方式など簡単には把握できませんが、一本の用水路掛りでは、問題が生じるかもわかりませんので、既存の水路では、きめ細い水管理を行なう必要があると思います。

**高橋(岡山大学)** 奈良の大和盆地では水稲と綿、スイカなどの田畑輪換を行っていたようですが、その理由は用水不足であったと聞いている。これを再び水田に戻した場合、用水不足は以前より大きくなりはないか。

**吉田(農技研)** 奈良の場合、水田区画は非常に小さく、小区画の転作であった。当然漏水については床締めを行っていたようです。集約的管理が前提となっていたと考えております。

#### 〔クラックについて〕

**司会 丸山(京都大学)** 用水や排水の面からみますと、クラックの発生や消滅は様々なメリット、デメリットがあるわけですが、作物の観点から御意見をいただきたい。

**湯村(野菜試験場)** 木曾川下流域にハウス園芸地帯

があって、トマト栽培をやっています、水田転換ハウスです。暗キョを入れ、高うね栽培です。グライ層は約30cmにあって、クラックのようなひび割れがあり、赤い斑点や古いヨシの根が通り、雨が降るとうね間に一時滞水するが、クラックを通して排水されているようである。排水にはこのクラックが重要な役割を果している。しかし有機物の分解には役立っていない。従ってこのクラックを通して団粒構造、管状構造に発達させ、クラック内部に根が入り、養分を利用できるような土壤条件を作ることが必要と思われる。

**司会 丸山(京都大学)** 土壤肥料関係から御意見をいただきたい。

**渡辺(千葉県農試)** 湯村さんが述べられたクラックがバンクズ状の構造になるには現地の土壤調査からみるとかなりの年月の乾燥もしくは作物根の伸長分布または風乾に近い乾燥条件が必要であると思う。先ほどのデータをみるとクラックはpF2.0で入るようですが。一般の畑状態まで乾燥することは無理だろう。

**久馬(京都大学)** 田畑輪換を稲作増収技術に結びつけることはよく理解できた。しかし物理性の改善が増収に貢献したかという疑問はいぜん解決されていないと思う。これまで多収獲日本一を生んだ水田について、物理性の改善と結びつけた説明がなされているが、実際のところよくわかっていない。つまり、クラックや孔ゲキ組織がどのように変化するかはよくわからない。もし排水の悪い水田が畑状態になって、それを水田に戻したとき用水量の不足などが大きな問題となる。またそこまで変えることが良いかどうか。物質循環、塩類の洗浄、畜産廃棄物の処理場と考えるのも、多少疑問をもっています。畑状態で窒素含量の高いものを通して、硝酸の流亡があり、水系の汚染が問題となる。水田が主体の場合に起らない問題が、畑状態では問題となるのではないか。

**市来(長崎農試)** 久馬さんの御意見に同感です。燐酸についても同様のことが兵庫県のデータにあります。蔬菜施肥管理技術にも問題があると思う。

#### 〔耕盤について〕

**司会 丸山(京都大学)** クラックに端を発して、田畑輪換した土壌中の水の動きが話の中心となって来たように思います。これと関連して水田の耕盤をどうするか議論を進めたい。石井さんどうぞ。

**石井(東北農試)** 問題を提起する意味で発言します。耕盤が破壊されると地耐力と漏水過多の問題が発生します。耕盤を残した場合畑作物の生育を阻害するだろう。もし耕盤が必要ならばその技術、経費、耕盤形成の時間が問題です。畑地で耕盤があれば排水対策としてうね立て栽培や明渠による地表表水の処理などの問題がある。

佐藤（愛媛大学） 転換畑の土壌の易耕性と耕盤のあるなしによる土壌の乾燥と地耐力について愛媛農試の川崎さんにお伺いしたい。

川崎（愛媛県農試） 圃場整備後の排水のよくない水田で、心土破碎を行い、2年間タバコを栽培した後、水田に戻したところ、心土のクラックによって減水深は大きく、落水後の乾燥が早く、地耐力も大きくなる結果を得た。

本田（東北農試） 昭和45～50年の稲作転換栽培試験で心土破碎を行った畑作物の生育比較の例があるが、心土破碎の効果はあるという結論が得られている。もちろん作物の種類によって効果の程度は異なります。

安富（茨城大学） 耕盤の破壊と地耐力の関係はそれほど大きな問題ではないと思う。耕盤の有無より土性が問題だろう。

川崎（愛媛農試） 深耕つまり心土破碎した場合、落水後の地耐力よりも田植時の移植作業に困難が生じる。

#### 〔区画について〕

司会 丸山（京都大学） 畑地転換する場合区画の大きさ等の問題はいかがでしょうか。

湯村（野菜試験場） 兵庫県淡路島では水稲、キャベツ、玉ネギの3連作をしています。水稲は従で、野菜が主です。ここで圃場整備を行った際30aでは大きすぎ均一にできないので、15aとした。このような区画の大きさについてどう考えれば良いか。

長田（三重大学） 糸貫地区（岐阜県）の例では長辺100mを1/2～1/3に区切って、イチゴのハウス栽培、玉ネギの栽培を行っています。畑作の場合長辺100mでは排水が困難で、玉ネギ収穫時に30aは労力的に大きすぎ、長辺を30～50mに区切っているようです。

本田（東北農試） 田畑輪換をやって水田に戻す場合田面の均平化が厳しく要求される。畑作を大型プラウ耕を行う場合田植機の使用がむづかしいと聞いている。埼玉県の第1次稲作転換事業での400×100mの大区画圃場

の例では、水田に戻した時落差が大きく、結局、中ケイハンを入れる必要があろうとのことであった。圃場の均平化とレベルの問題で意外な障害があった。

手島（大阪府立大学） 丸山さんにお伺いしたい。区画の大きさの決定は営農体系、用排水条件、作土の条件などの要因が作用するが、30aでは現在の畑作技術では大きすぎる。また水田に戻した時移植作業に問題がある。この30a区画は水田機械化作業体系を前提としている。田畑輪換を考慮した設計基準を設定する必要があるのではないか。

司会 丸山（京都大学） 30a区画はまず第1には日本農業の零細地所有制による。平均1ha/戸の土地を危険分散、通作・用排水の便を考慮して3区画程度に分割すると都合がよい。第2は排水、機械能率から長辺を100mと決められた。長辺・短辺比は変える余地があり、現に畑地転換委員会では近くこの問題が提起される予定です。

寺沢（農技研） 本日のシンポジウムを聞きまして、田畑輪換に関する土壌物理の役割が残念ながらよく理解できなかった。例えば、還元田にした場合収量が次第に落ちること、これは単に地力、窒素だけの問題か、土壌の物理性から透水性は適正に保たれたか、構造的にはどうかなど答はあるはずなのに出不会。特に物理性と植物生理に目を向ける必要がある。

司会 丸山（京都大学） さて十二分に御議論いただけたでしょうか。非常に高まいた世界史的な話から土地利用、用排水、省資源、物質循環等の多岐にわたり、そしていかにして日本の畑地農業を定着させるか、それを土壌物理の立場からどのように寄与するか、今後水田の総合利用をどう取り扱ってゆくかが議論されたと思います。さらに寺沢さんの御指摘のようにまだまだ議論をつくし、きちんとすべき点多多と思います。これを契機に研究を深めていただければ本日のシンポジウムは十分に価値があったのではないかと考えます。御協力ありがとうございました。

### 20周年記念出版

「土の物理学」、 「土壌の物理性と植物生育」の両書は、現在印刷中で近日出版の運びとなっています。

乞御期待