

NPO 無施肥無農薬栽培調査研究会 2010 年度研究報告会

開催日時：2011年3月13日（日） 13:00～16:30
会 場：Reimei Hall（京都市左京区吉田神楽岡町）

表題・報告者

1. 自家採種トマトの無施肥無農薬栽培 —マルチ処理の有無およびマルチ処理の開始時期が生育と収量におよぼす影響—
..... 森 誠（無肥研）・水谷信雄（元近畿大学） 1

2. アズキの直播露地無施肥無農薬及び有肥無農薬栽培による収量と成分含有量への影響
..... 田尻 尚士（元近畿大学） 7

3. 無施肥無農薬栽培法における除草方法が水稻の生育・収量に及ぼす影響（第2報）
..... 丸田信宏・竹内史郎（無肥研） 14

（休憩）

4. 無施肥無農薬栽培における水稻栽培比較実験
..... 家田善太・竹内史郎（無肥研） 20

5. 土壌溶液による小倉水田の養分環境評価および玄米成分との関係
..... 本間香貴・原律子・廣岡義博・栗田光雄・白岩立彦（京都大学大学院農学研究科） 26

6. 異なる水田における無施肥無農薬栽培水稻の推定玄米収量の経年変化について（資料報告）
..... 小林正幸（無肥研） 30

特別収録

- 研究者の視点から見た無施肥無農薬栽培（無肥研農産展[2010年11月21日] 講演記録）
..... 白岩立彦（京都大学大学院農学研究科） 33

自家採種トマトの無施肥無農薬栽培

～マルチ処理の有無およびマルチ処理の開始時期が生育と収量におよぼす影響～

森 誠（無肥研）・水谷信雄（元近畿大学）

1 はじめに

日ノ岡試験圃場（京都市山科区日ノ岡）では1972年10月より無施肥無農薬栽培（以下無施肥栽培とする）を継続している。本試験は同圃場内で1998年からトマトの連作を行っているビニールハウス内において、マルチ処理の有無およびマルチ処理の開始時期がトマトの生育と収量におよぼす影響を調査した。なお、この試験は自家採種トマトに適した無施肥栽培法を確立する研究の一環として行った。

2 試験材料及び方法

試験には2006年に購入し、以降毎年自家採種を続けているトマト（品種：タキイ桃太郎T-93）を用いた。2010年1月23日に苗床（ビニールトンネルをして、地表下10cmの地温を昼30°C夜20°Cに設定）に播種し、2月13日（本葉4葉時）にビニールカップに移植、4月12日（第1花房開花期）にビニールハウス（縦12.4m、横4.3m、高さ2.7m）内の並列した2畝（各1.0m×11.5m）に株間50cm、条間60cm、2条植えで定植した。無マルチ区（A区）、紙マルチ区（C区）ならびに栽培期間の途中（6月10日）から紙マルチ処理を行った区（B区）の3区を設け、それぞれ7株×2条を1区画とし2反復で生育、収量および品質の調査を行った。図1に示したように各区画から5株を選び調査株（●）とした。調査株の中で枯死株が発生したため6月21日より各区2株ずつ調査株（◎）を増やした。

調査株の草丈、葉数、SPAD値（下部から5葉毎に葉の先端部を測定）を5月10日（定植後28日目）より8月2日（調査株が半数以上枯死した時期）まで概ね1週間毎に測定した。花房毎に最初の開花日と着果日を記録した。また枯死株の発生日とハウス内の気温と地温等も記録した。

収量（各区の全14株から収穫した果実の個数と重量を着果花房と形状とともに記録）、糖度（各調査株の初収穫物について、それぞれの果実の上段・中段・下段の果汁をそれぞれ糖度計で測り、一果毎に平均した値）および調査株の全収穫物の果径（縦径×横径）

を測定した。

また、マリーゴールドの間植がネコブセンチュウの防除におよぼす効果についても調査を行った。マリーゴールドは、ポットに播種し、育苗後、5月1日（定植後19日目）にC1区、A2区、B2区、C2区へ、6月10日（定植後59日目）にA1区へ移植した。マリーゴールドはトマトの株間ごとに、各条畝の外側および条間に各3本ずつ植え付けた。B1区はマリーゴールドを植え付けなかった。トマト14株について、枯死した時点で掘り上げ、それぞれの根に発現していた1mm以上の径をもつ根コブの数と、根の乾物重および平均根長を測定した。

3 結果および考察

① 生育について

5月10日（定植後28日目）には3区の草丈、葉数はほぼ同様であったが、5月31日（定植後49日目）にはA、B区に比べて、C区の草丈と葉数は5~10%大きくなり、調査終了時までこの差は縮まらなかった（図2および図3）。このことから生育初期のマルチ処理が生育を助長した可能性が示唆された。またA区とB区は6月14日（定植後63日目）まで同じような生育経過だったが、6月21日（定植後70日目）より両区間に差が出始めた。これは6月10日からB区にマルチ処理を行ったことが、生育を抑制する効果をもたらした可能性がある。このマルチ処理による影響は地温（図4）にもみられ、6月10日頃まではA・B区が、6月10日以降はA区のみが、他の区よりも約5°C高めで推移した。

6月21日頃より枯死する株が見られるようになり、7月に入ると多くの枯死株が発生した（図5）。その中で、C区は比較的枯死株の発生が少なかった。ハウス内の日中の気温が6月中旬頃より35°C以上になることが多くなり、7月に入ると40°Cを超える日があること（図6）および、地下水位が高く、水はけの悪い土壌環境が枯死株の発生に影響していると思われた。またマリーゴールドを間植しても根コブが、1株あたり1.7個出現しており、ネコブセンチュウの害も想定された。なおマリーゴールドを間植しない場合は、根コブが6.4個/株出現しておりネコブセンチュウの害は大きくなるが、根長が2倍以上長くなることで養分吸収の可能性が高くなることも考えられた。マリーゴ

ールドの有無による枯死率はおのおの 64%と 71%で、枯死に対する効果は限定的であった。(表 1)。

② 収量について

調査株の 1 株当たりの平均収量は、A 区と C 区との間ではほとんど差は認められなかつたが、B 区は A・C 区の約 65%であった(図 7-1)。また畠別に見ると(図 7-2)、A 区・C 区は No2 畠が No1 畠よりも 70%ほど多収であり、畠間の差が顕著であった。No1 畠の西側で降雨後の長期間にわたって水たまりが観察されたことから、過剰な土壤水分が生育・収量に影響を与えたものとも考えられた。

③ SPAD 値から見た養分吸収について

SPAD 値によりトマトの窒素吸収を推定すると、第 5 葉では栽培期間中に各区間の差は認められなかつた。第 15 葉の SPAD 値では、5 月中旬に、C 区が大きな値を示した後に 6 月中旬には、A 区も C 区と同様の値を示すようになった。この第 15 葉の SPAD 値の推移は、草丈の推移と似通っていた。第 25 葉では、6 月中旬から C 区、B 区、A 区の順にそれが最大値をとったあと、SPAD 値が低下した。これはマルチ処理により土壤温度の上昇が抑制されたことで、土壤窒素無機化量に影響したためではないかと思われた(図 8-1)。また 7 月中旬の SPAD 値が最大を示す葉位は A 区、C 区、B 区の順に上位になっていくことから(図 8-2)、A 区、C 区、B 区の順に株の活力があると考えられ、それは収量の順位と一致した。SPAD 値が低葉位から上葉位まで高い値を長期間維持できるようにするには、養分の適度な吸収が必要となり、それには土壤の温度と水分を適したものにするような栽培管理が求められる。

④ まとめ

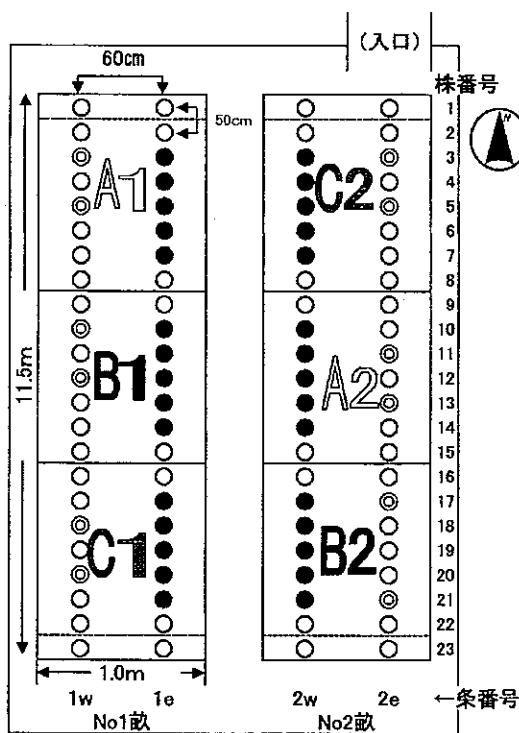
一般的にマルチ処理の効果には、土壤の温度および水分の管理と雑草防除があげられる。本試験において生育初期の段階ではマルチ処理をすることがトマトの生育を助長することが認められたが、生育中期以降のマルチ処理が生育の抑制に働くことが示唆された。しかしながら、収量的にはマルチ処理の有無が影響を与えることは限定的であった。

本試験圃場の場合、マルチ処理よりも隣接する畠間にみられた土壤環境の違いがトマトの生育と収量に影響を与える度合いが大きいように見受けられた。さらに枯死株の発

生が7月以降に顕著となるなど、栽培環境の精緻な管理が求められる。

トマト栽培において、温度、土壤水分ならびに病虫害などの環境の差異が生育を阻害する要因として考えられる。トマトの生育適温は生育時期により若干の差異はあるもののおおむね日中気温 20~30°Cとされているが、本試験期間中のハウス内気温は平均 28°C、最高 45°Cであり、最高気温が 35°Cを超えた日が 42 日、そのうち 40°Cを超えた日が 13 日あった。また降雨後しばらくの間、畝の外側では地表面から水が引かない状態が続くなど土壤排水の面でも問題が認められた。さらにネコブセンチュウの存在を根コブの数で確認すると 6.4 個/株であり、ネコブセンチュウの存在が認められた。

今後、栽培環境を整えることで、トマトの無施肥栽培による生産に役立つ情報を集めていきたい。



(注) ●…調査株 ○…6/21より調査株

図1 試験区および各区調査株配置

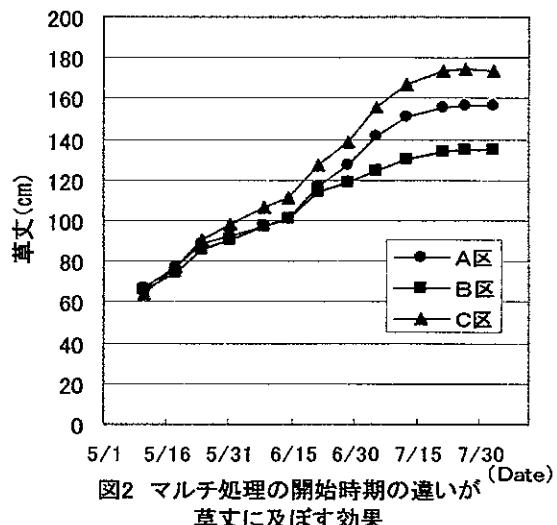


図2 マルチ処理の開始時期の違いが
草丈に及ぼす効果

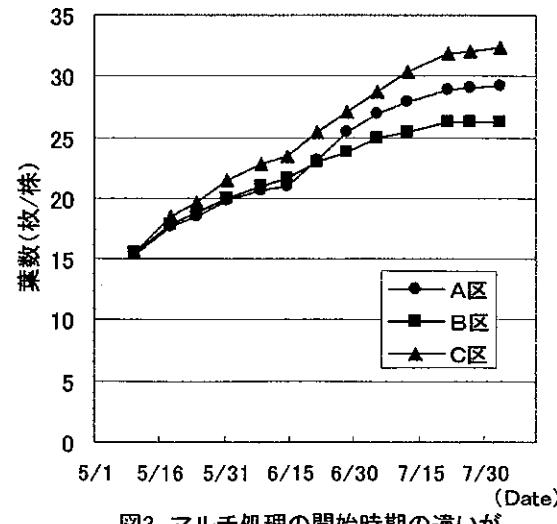


図3 マルチ処理の開始時期の違いが
葉数に及ぼす効果

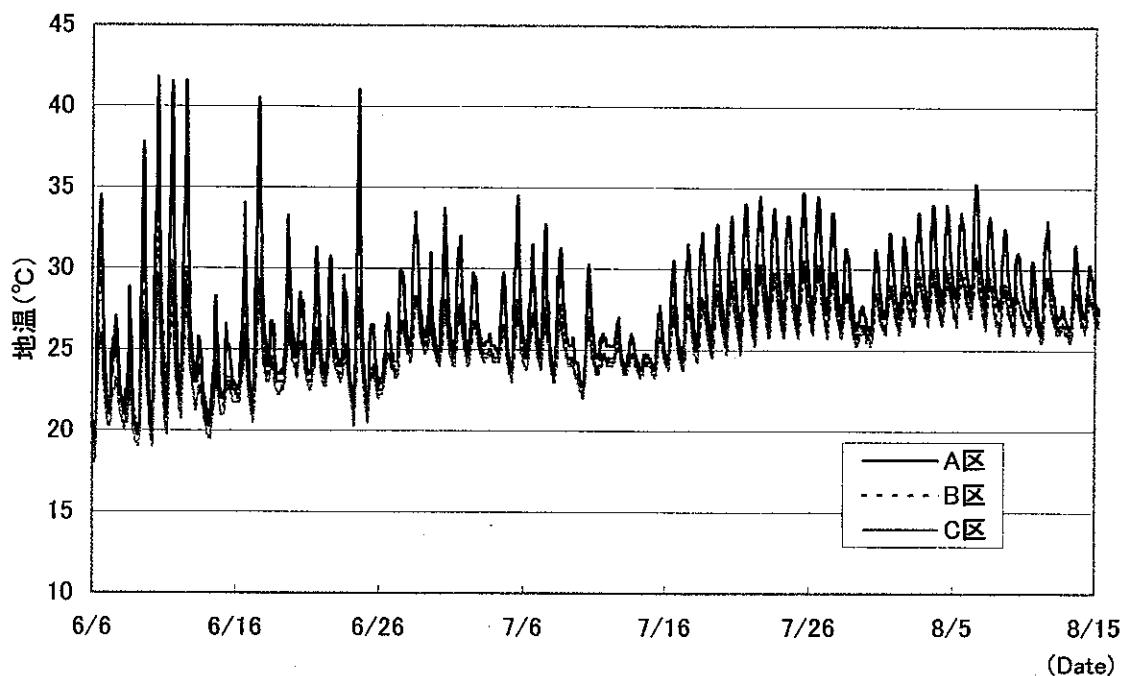


図4 地温(10cm)の推移

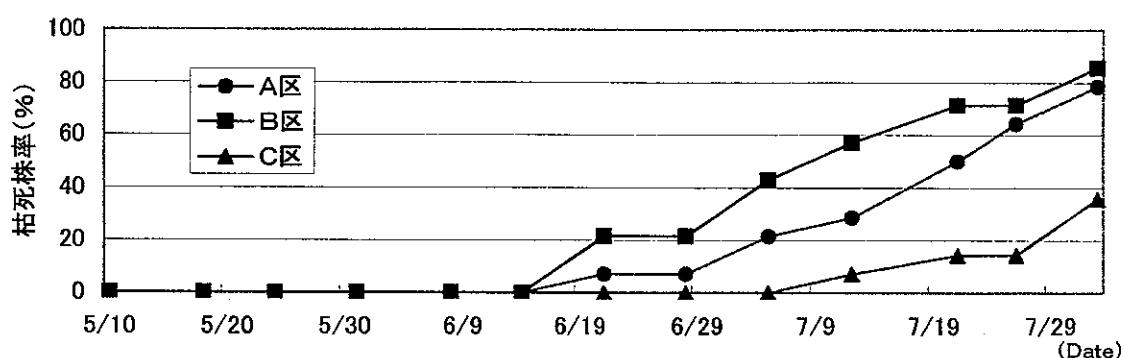


図5 マルチの処理の開始時期の違いが枯死株発生に及ぼす効果

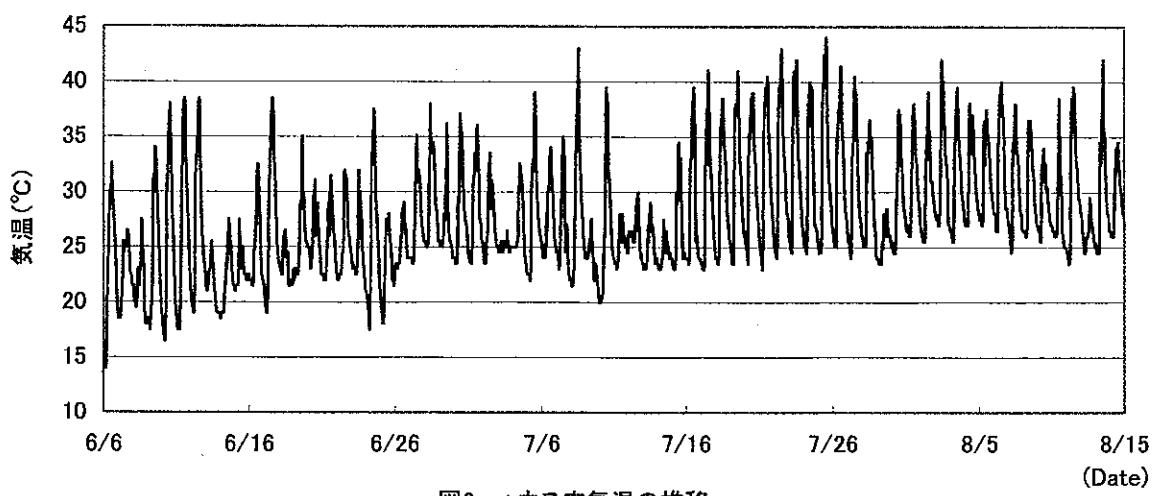


図6 ハウス内気温の推移

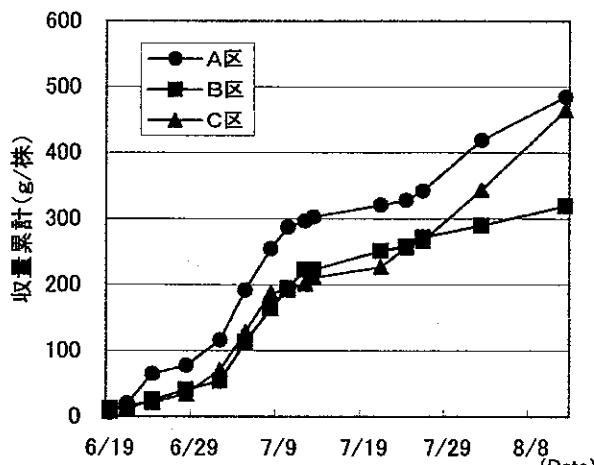


図7-1 マルチ処理の開始時期の違いが
収量に及ぼす効果

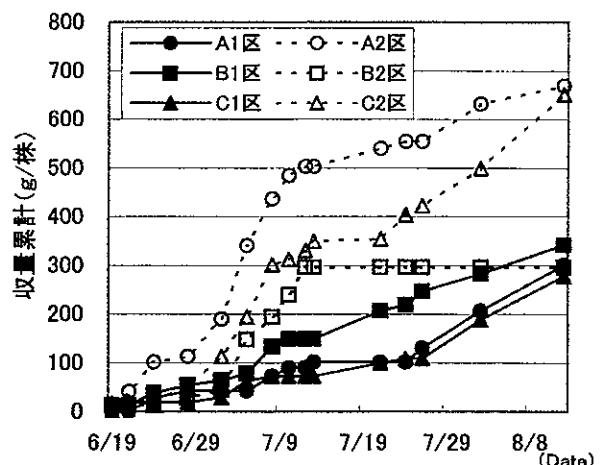


図7-2 マルチ処理の開始時期の違いが
各処理区の収量に及ぼす効果

表1 マリーゴールドの間植がトマトの根コブ発生と根の生育に及ぼす影響

マリーゴールド 処理	根コブ発現数 (個/株)	根重(乾物重) (g/株)	平均根長 (cm)	枯死率 (%)
間植	1.7	13.2	12.7	64
なし	6.4	13.5	26.7	71

根コブは1mm以上の径を有するコブの数

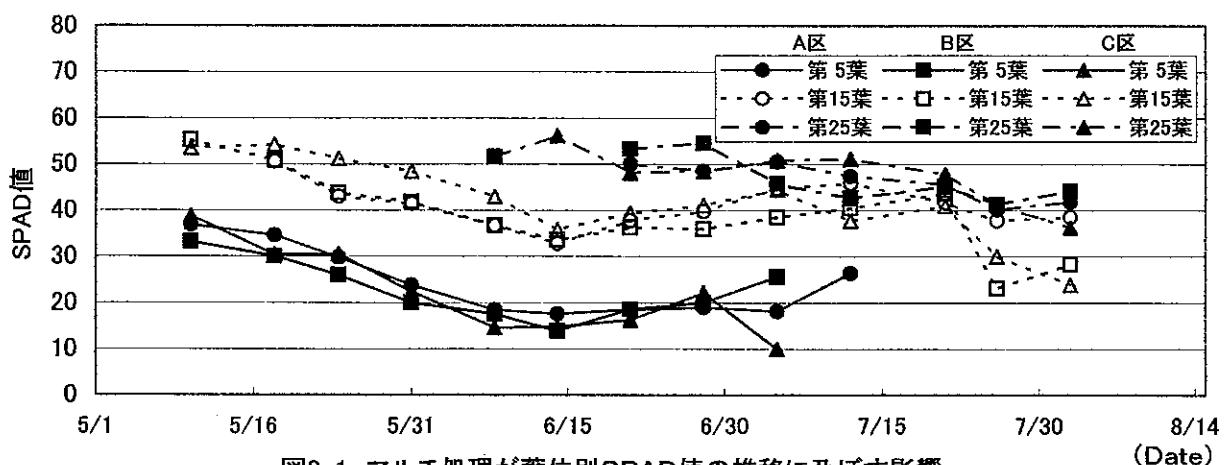


図8-1 マルチ処理が葉位別SPAD値の推移に及ぼす影響

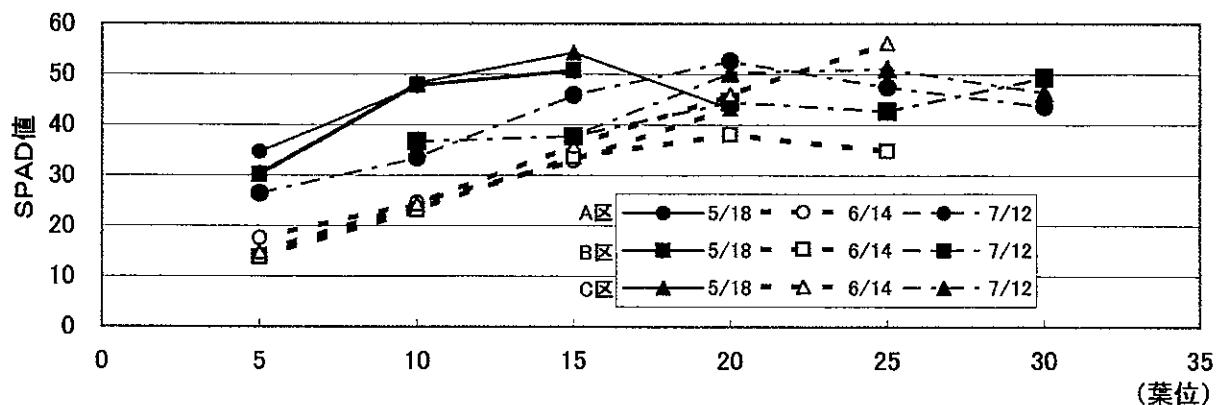


図8-2 マルチ処理が日時別SPAD値の推移に及ぼす影響

アズキの直播露地無施肥・無農薬及び有肥・無農薬栽培による 収量と成分含有量への影響

田 尻 尚 士

[はじめに]

アズキはササゲの仲間でアフリカ原産でアジアからインドに分布、花は黄色で柱頭とめしべを包む竜骨弁がねじれた特有形状。仲間には萌やしなどに多用されるリヨクトウ・ブラックマッペがあり、アズキの祖先である野生種のヤブツルアズキは日本・中国・朝鮮等に自生。

アズキ（大和言葉の阿都岐・大豆に対して小豆）は縄文時代から自生種が食用として利用されたが、明治初期より栽培が始まり、明治から大正において多く栽培されるに至った。漢方薬（高血圧予防）や邪氣（赤いアズキが厄よけ）を払うなど種々の効能・効果を有し広く愛された。

栽培特性

北海道から鹿児島まで広く栽培されるが、暑さや寒さに弱く 35 °C 以上では開花しても莢の着生不良や落花を生じ、低温下では生育が停止し花粉が生成されず開花しても莢とならない。霜にも極めて弱く莢や葉が凍り細胞が破壊され枯死する。一方、猛暑下では子実が黒色化し、小粒となることから本州では 7 月に播種し、10 月後半～ 11 月に収穫される秋アズキが多用され、大粒種の大納言が有名である。

アズキの種皮色は、赤・黒・白（種皮透明で中の子葉のクリーム色が透けて見える）・緑（種皮はきれいな緑であるが煮ると赤っぽくなる）・黄（韓国特産の珍しいアズキ）・姉子（種皮は白と赤の混色、煮ると淡い餡色となり模様は消失）・赤斑：アカフチ（赤の地色に黒の斑点）・ネズミ斑：ネズミフチ（ねずみ色の地色に小さい黒の斑点）煮ると全体が茶色となる。

品種としては、成熟時期による分類として 2 種に大別。

夏アズキ：5 月播種、夏期収穫（7 月に開花）＝小粒で種皮が黒っぽく品質低級（本州）、北海道で栽培されるアズキの大部分（品質上級）

秋アズキ：初夏播種し秋に収穫（開花は 8 月下旬～ 9 月上旬）

現在の栽培品種：サホロショウズ・エリモショウズ・アカネダイナゴン・

丹波大納言・兵庫大納言・備中白小豆・京都大納言・夢大納言・北斗大納言・とよみ大納言など。
* 大納言は大粒種で 17 g/100 粒以上で品種登録。

茎・葉・根・花：茎は直立し、茎長さは 30 ~ 60cm、初生葉は殆どが円形で種子が大きいほど初生葉も大となる傾向を有す、本葉は複葉で 3 枚の小葉からなり、円形が多いが時として先端がとがった剣先型もある。根は第一葉が着生する頃から根粒菌が共生し、アズキに必要な窒素の 50 %を供給する。

花は花房のでる節に 2 固着性し甘い密を有する。花弁は 1 枚の旗弁、2 枚の翼弁、竜骨弁からなり開花は午前中で薬が裂けて開き殆ど自家受粉する。雌蕊の下部子房に 5 ~ 13 個の胚珠（豆の卵）があり、50~70%が子実となる。開花期間は 30 ~ 40 日で、開花の 50 %が豆の入った莢となり、初めの頃に咲いた花ほど莢に生長する確率が高く、後半の 10 日前後の開花は未莢確率が高い。

アズキの栽培環境としては温暖な気候が最良で、栽培適地とされる十勝・丹波地方での収量は 230kg/10a とされ、2010 年の如く 7 ~ 8 月時に冷夏や猛暑（開花前後の高温・乾燥）が続けば蕾の落下などの生育傷害や花房の未熟成による落花や着莢不良、特に莢の熟成期の夜温 13 °C 以下や長雨に遭うと子実が莢中で発芽したり腐敗する現象が認められ、この傾向が強まり莢の生育や熟度が劣化して 1/2 となれば収量は 1/5 以下になることは既知の事柄である。

なお、最近 5 年間の化学肥料による栽培実績を通年時として比較した。

実験方法

1、栽培と管理

（実験圃場と栽培区）圃場は兵庫県加東市岡本宮ノ下 503、1999 年より実験圃場として 540 m²を 3 等分運用（1 区画 180 m²）、無施肥・無農薬区分（N 区）、有機肥料・無農薬区分（Y 区）、化学肥料・無農薬区分（C 区）とし、サツマイモ・ダイズ・トウモロコシ・カボチャなどを継続・輪作栽培し現在に至る。

2010 年 6 月 20 日トラクター（荒鋤：鋤歯ディスク）で深さ 30cm に耕耘し、7 日後に有肥区は表-1 の如く施肥し、鋤歯スクリュウで再度耕耘し（呉れ返し）、畝幅 60cm、深さ 25cm の溝を掘り、Y・C 区は溝中に施肥して埋め戻した。

（栽培品種と播種）本実験栽培品種は丹波大納言の自家種（175g/100 粒：特級）を用い、7 月 20 日肥料に触れぬよう留意しながら 5cm 前後の深さに 2 粒播種し・覆土した。間隔は 20cm とした。芽が出なかったり小鳥に食べられた場合は別途に播種した苗を用いて補植し、出来る限り欠株を防いだ。

乾燥過多となれば圃場に水を引き込みタニ部に貯水した。とくに、2010 年は 6 月～7 月上旬に雨が多く、種子の腐敗が多く、また 7 月下旬からの猛暑により幼茎葉個体の枯死による欠株が生じた。

7 月下旬より猛暑となり、蕾の落花や生育傷害様相が全区で認められ、Y・C

区で蔓を発生する個体が現出した。

(収穫・乾燥・脱穀)

アズキの莢は同一株でも熟成し色付くのに差異があり、花が速く咲けば色づきも速く、みずみずしい緑から茶色をへて大納言は白くなると完熟で約1ヶ月を要する。2010年丹波地方では収穫期に霧雨が比較的多く、子実が劣化するので成熟莢から準じて手摘みし、全体が成熟すれば株を抜き取り、逆さに吊して乾燥し、専用の小型脱穀機（足踏み式）で脱穀し、3種の篩で分別した。アズキの莢はダイズのように破裂しないので完熟での収穫・乾燥が必要で、未熟時に収穫すれば子実は着色不良で完熟せず実割れや奇形となる。アズキは選別後出来るだけ容器に詰めて手袋で磨けば艶を呈する。

(施肥一覧)

元肥は呉れ返し時に施肥し、追肥は土寄せと除草時に同時に行った。

栽培別施肥材と施肥量を表-1に記した。

表-1 アズキの直播露地栽培法別施肥材と施肥量 (10a)

栽培区 施肥期	施肥・無 薬区(N)	有機肥料区 (Y)	化学肥料区 (C)
元 肥	—	50kg (6月27日)	20kg (6月27日)
追 肥 1回(中耕 肥・土寄せ時)	—	50kg (8月27日)	20kg (8月27日)
施肥量中の 有効成分(kg)	—	N=2.8kg P=5.0kg K=5.0kg	N=5.2kg P=5.2kg K=5.2kg

1) 有機肥料：有機SSボーン（生菌体有機肥料）＝山陽三共有機株式会

社製：窒素 2.8%、磷酸・加里各々 5.0%、苦土 1.0%、珪酸 11.2%、
石灰 8.0%、マンガン 0.007%、硼酸 0.02%、PH=7.2、

2) 化学肥料（硝酸系高度配合畑作専用）日産アグリ＝日産アグリ株式会社
製苦土ホウ酸マンガン入り日産複合ニトロ磷酸加里 F333：窒素 13%
溶性リン酸 13%、水溶性加里 13%、水溶性苦土 2.0%、水溶性マンガ
ン 0.2%、水溶性硼酸 0.1%

アズキ（大納言）の直播露地栽培概歴

荒鋤 → 呉れ返 → 直播 → 第1 → 2回
6月20日 6月27日 7月20日 中耕・土寄せ 中耕・土寄せ
8月10日 9月2日
→開花期：9月15日開花～10月17日 → 収穫：10月26日～11月17日

2、栽培様相

アズキの直播露地栽培における生育様相は、全栽培法ともさほど差はなく、発芽状況も天候不順により極めて粗悪であったが類似様相を呈し、発芽率は N 区 = 87%、Y 区 = 85%、C 区 = 82%となり例年の 96%に比して顕著に劣化、別途に播種した苗を用いて補食を行ったが、前述の如くの天候不順により枯死し最終的な欠株率は、N 区 = 7%、Y 区 = 7%、C 区 = 9%となり、例年（欠株率 = 4%）に比して高い欠株率となった。

表－2 アズキの直播露地栽培法別生育様相 (n=10 株)

栽培法	茎長 cm	着花数	着莢数	実莢数	1 莢中粒数
N 区	45.8= -22%	45.1= -23%	27.4= -12%	16.4= 59.8%	8.3= - 21.7%
Y 区	60.2= +5%	62.4= +7%	34.2= +12%	18.4= 53.8%	12.1= +14.1%
C 区	57.6= ± 0	58.3= ± 0	30.6= ± 0	15.9= 52.0%	10.6= ± 0

* 実莢数：正常に生育して莢中に子実を有した莢数

* ± : C区を基準とした増減率

通年大納言の茎長は 65cm 前後となり、着花数は 65~70 個で莢に生長するのは 60%前後であり、莢中に子実を有する最終莢数は約 50%である。

2010 年度は極めて生育状況が悪く、通年に比して一般的な栽培法である C 区では、茎長が -13.2%、着花数は -14.3%、着莢数が -13.3%、実莢数では -14.5% となり、1 莢中のアズキ粒は -11.0% となり、総合的な生育様相は Y > C > N の順に良好であり、生育度合いは通年に比して -17% 前後となった。この結果から全般的な作柄は通年に比して 2010 年は 75% 弱であることが認められた。とくに、夏期の猛暑と雨不足による耕土の乾燥過多により茎葉の蔓化が Y、C 区で 4% 前後認められたがその都度蔓部を切除した。害虫の発生被害は極めて少なく、アズキノメイガが僅かに発生したがその都度被害葉と害虫を除去した。畦畔に発生しやすいカメムシは畦畔の草刈りを徹底したため発生は認められなかった。一方、7 月の長雨時にアズキモザイクとうどん粉病が僅かに発生したがその都度被害葉を除去した。この傾向は Y 区で顕著で N 区では殆ど病害虫とも発生は認められなかった。

実験結果

1、収量：収穫は莢が緑から茶色を経て白色化した時点で逐次収穫（もぎ取

り) し最終時点で株全体を抜き取り、3~5 株毎に結束し稻掛けに吊して天日干し・乾燥 (水分 15~17% : 簡易水分系)、足踏み脱穀機で脱粒した。

収量比較は栽培法毎に行い、同時に子実の粒度 (大きさ) も比較した。子実粒度は通常 100 粒当たりの重量と粒径 (縦 × 横 mm) で決定され、小粒は 13g 以下、並粒 (中粒) は 14 ~ 16g、大粒は 17g 以上で取引される。

表-3 に栽培法別粒度収量と占有率を比較表示した。

表-3 アズキの直播露地栽培法別収量と粒度占有率 (10a)

粒大 栽培区		小 粒 13g ↓ /100 粒	並 粒 14~16g/100 粒	大 粒 17g ↑ /100 粒	総収量 (kg)	廃棄 粒 %
N 区	収量 %	13.5kg 11%	62.7kg 51%	46.8kg 38%	123.0kg -19.2%)	5.5%
Y 区	収量 %	25.8kg 15%	91.2kg 53%	55.0kg 32%	172.1kg (+13.1	7.1%
C 区	収量 %	19.8kg 13%	75.9kg 50%	56.3kg 37%	152.1kg (100%)	6.4%

() : 一般的化学肥料栽培 C 区を基準 [100%] とした増減率

アズキ粒度 = 縦 X 横 (mm : 当該地区での取引基準)

$$\text{小粒} = 4 \times 3 \uparrow \quad \text{中粒} = 5 \times 3 \uparrow \quad \text{大粒} = 6 \times 4 \uparrow$$

とくに、2010 年は天候不順で、兵庫北播・丹波地方は 7 月中旬まで雨が多く気温も低く、播種した子実の腐敗が多く、発芽後の子葉の生長も劣り軟弱であり、7 月下旬より急激に高温で日照りが続き、8 月中旬より猛暑となり茎葉の生育が不揃いで幼茎葉個体が枯死し、開花時も高温で花や蕾が落花し、極めて栽培に不利な様相を呈した。地域では例年の約 15% 前後の減収となり、とくに、子実の生長が不揃いで小粒が多く、高級とされる大粒が極めて少なく作柄不良であった。通年では 230kg/10a 前後の収量で大粒が 60% 前後、並粒は 30% 前後、小粒が 7% 前後で、2010 年は小粒と大粒の占有率が当に逆転した様相となつた。

本栽培実験での収量比較では、Y 区が最も優れ、次いで C 区となり、N 区が最低となり、Y > C > N の順に優位となつた。

収量比率では、通常栽培の C 区を 100 % 基準に比較すれば Y 区 = + 13.1%、N 区 = - 19.2% となり、N 区は Y 区に比して - 28.5% と顕著に劣る結果を呈した。

子実の粒度占有率は栽培法別ではさほど大差なく、総合的には N 区が最も粒揃いが良好で、一方、Y 区が最も不揃いとなり、収量が最低であった N 区で大粒占有率が最も高く良好であったが、1 苗中のアズキ粒は全栽培法中最低と

なった。

2、含有成分

栽培法別のアズキ子実の栄養成分含有量を比較して表-4-1に示し、無機成分のCa、Na、Fe、Kと纖維含有量を表-4-2に示した。

表 4-1

アズキの直播露地栽培法別主要成分戸畠民含有量 (10粒)

c-n c-m	蛋白質 (g)	脂肪 (g)	糖質 (g)	灰分 (g)	VA (ug)	VB ₁ (mg)	VB ₂ (mg)	Niacin (mg)
N 区	19.8	1.7	52.5	3.7	6.2	0.41	0.13	2.1
± %	- 2.5%	- 37.1%	- 4.8%	- 14.0%	-12.7%	- 12.8%	- 38.1%	- 4.6%
Y 区	20.7	2.2	54.3	3.9	6.9	0.49	0.19	2.6
± %	+ 19.7%	- 18.6%	- 1.7%	- 9.6%	- 2.9%	+ 4.2%	- 9.6%	+18.1%
C 区	20.3	2.7	55.2	4.3	7.1	0.47	0.21	2.2
± %	0 %	0%	0%	0%	0 %	0%	0%	0%

表-4-2 アズキの直播露地栽培法別纖維と無機質含量 (10粒)

c-n c-m	炭水化物 纖 維	無 機 質 (mg/100g)				
		Ca (mg)	P (mg)	Fe (mg)	Na (mg)	K (mg)
N 区	4.1g	73.2	341.1	5.4	0.9	1485.2
± %	- 4.7%	- 2.8%	- 2.6%	- 1.9%	- 35.8%	- 1.1%
Y 区	4.8g	75.3	357.5	6.1	1.2	1501.4
± %	+ 11.6%	± 0%	+ 2.0%	+ 10.9%	- 14.3%	+ 0.5%
C 区	4.3g	75.3	350.2	5.5	1.4	1500.5
± %	± 0%	± 0%	± 0%	± 0%	± 0%	± 0%

* 成分含有量/100g

C-n : 含有栄養成分

C-m : 栽培法

VA : カロチン

± % : C区を基準に比較した増減率

栄養成分の総合的な栽培法別含有量比較では、Y・C区がN区に比して全般的に優り、ほぼC > Y > Nの順となり、蛋白質ではC区とY区では差ほど差が無く、N区とでは比較的差異が顕著であった。一方、ビタミン類でも主要成分と同傾向を呈したが、ナイアシンではY区で多含まれC・N区では差がない結果を呈した。炭水化物としての纖維含量でもナイアシンと同傾向を呈しY区で多含まれる結果となった。

無機質の比較では、Ca・P・Fe・KでY区が多含まれ、Na含量ではC区に比

して大きく N 区の含量が劣る結果を呈した。総合的には Y > C > N の順に含有量は多くなった。

[おわりに]

2010 年は梅雨期の長雨と夏期の猛暑による天候不順により生育異常が認められ、直播・露地栽培下では発芽・生育不良による幼茎葉の枯死などに由来する欠株を生じ、蔓の発生個体が現出、生育・生長は大きく天候に支配されることが認められた。

開花後の落花や莢の着生不良と結実性低下により、アズキ子実を有した莢になるのが 40~43% となり、通年の 50% 前後に対して顕著に劣り、結果的に収量が通年の 230kg/10a に比して 120~170kg/10a と大きく劣る結果となった。同時に子実の生育・成熟も劣り通年の大粒とされる 17g/100 粒以上が少なく 40% 前後（通年度 ≈ 60%）で、全体的に並粒とされる 14~16g/100 粒が 50%（≈ 30%）、小粒 15% 前後（≈ 7%）の占有となり、廃棄粒 5.5%~7% 前後（≈ 3%）と劣悪な結果となり、粒度生育度が劣り小粒化を呈し、結果的に収量低下となった。

栄養成分においては、通年時に分析していないことから比較できないが、前述の生育・熟成状況から推察すれば含有成分も劣ることが推察される。

アズキ栽培の無施肥・無農薬栽培では、粒揃いが有肥栽培に比して良好であるが、総合的な収量面では 20% 前後劣るが、品質面で安心で安全なることから、経済面（取引価格等）では充分有効で在ることが示唆された。

無施肥無農薬栽培法における除草方法が 水稻の生育・収量に及ぼす影響（第2報）

報告者 丸田信宏・竹内史郎（NPO 無肥研）

一般的に水田稲作において、稲の生育に影響を及ぼす要因は、育苗条件、日照・気温などの気象条件、灌水状況、施肥・病虫害防除法や品種など様々な要因がある。しかし、無施肥無農薬栽培（以下無施肥栽培）においては、施肥・農薬による管理を行わないため、除草方法が稲の生育に大きく影響する場合が多い。そこで京都府亀岡市において1993年および2009年に、それぞれ無施肥栽培に転換した隣接する2筆の水田で、除草回数とその時期が水稻の生育・収量に及ぼす影響を調査している。この報告は2009年に引き続き2年目の調査結果である。

1. 栽培概要

品種	秋の詩
播種	3月22日にポット育苗箱に、1ポットあたり3粒ずつ播種
育苗	3月22日より折衷苗代へ置床・湛水 (5月6日まで保護育苗)
移植	5月20日に機械植えで田植え（約17株/m ² ）
雑草管理	機械除草（詳細は下記の試験概要参照）
水管理	収穫約3週間前まで常時湛水状態を維持
収穫	10月1日に収穫

2. 試験概要

試験区は、両水田とも下記の4区とした。除草はスクリューで約5~6cm下層から土を掻きあげ、雑草を浮かせる動力式歩行型除草機を使用して行った。調査は下図（図1）のように定めた各区の連続する10株について、

1 株茎数・草丈・最上位葉の SPAD 値（単位葉面積当たり葉緑素量に比例する数値）を 2 週間毎に計測し、収穫後に 1 株茎数・稈長・穗長・1 穗重などの主要形質を測定した。またそれぞれの区内で、下図に示す雑草採取区（1 m²）から各除草時に、該当除草区内（2 反復）に生えている全ての雑草を採取し、草種とそれぞれの生育量を調査した。

今年度は、参考値として近隣の慣行施肥栽培水田（キヌヒカリ）の連續 10 株について、調査田と同時に 2 週間ごとに生育調査した（雑草調査は行わず）。

① 試験区（4 区 3 連制）

昨年度は 5 回除草区を設けていたが、5 回除草と 4 回除草に顕著な差は認められなかったので、今年度は除草時期をずらした第 1 表に示した 4 回除草区を 2 区設けた。

第 1 表：各試験区の除草回数と除草日

区	除草回数	除草日				
		6/2	6/12	6/22	7/2	7/12
A	4 回	○	○	×	○	○
B	4 回	×	○	○	○	○
C	3 回	○	×	○	×	○
D	0 回	×	×	×	×	×

○は除草実施
×は除草なし



② 無施肥栽培継続年数の違い（3 区）

長期継続水田（K1）：継続 18 年目

転換中水田（K2）：継続 2 年目

慣行施肥栽培水田（Y）：キヌヒカリを栽培

（田植え 5 月 13 日 収穫 9 月 14 日）

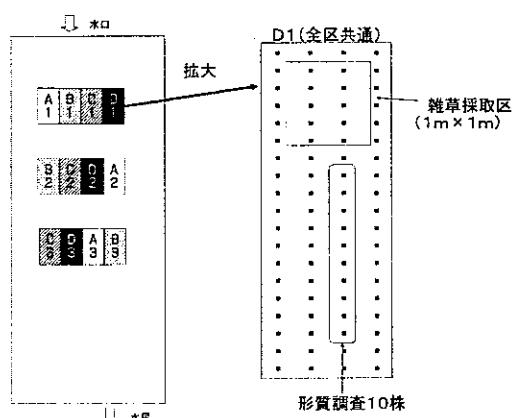


図 1：各水田内の除草試験区の配置と

1 試験区の拡大図

3、 試験結果

3-1 収量に及ぼす除草回数・除草

時期の影響

長期継続水田 K1（以後 K1 水田という）では、収量と除草区の間には一定の傾向は認められなかった（図 2）。ABC 区間に大差はないが、AB 区と CD 区の順に僅かに収量が低下する傾向が見られた。

転換中水田 K2（以後 K2 水田という）では、一定の傾向は見られなかつた（図 3）。なお、理由は不明であるが、ここでは、無除草区 D 区の収量が 3 回除草区の C 区の収量を上回った。

3-2 生育に及ぼす無施肥栽培継続年数

の影響

草丈の生長には K1 水田と K2 水田の間に大きな差は見られなかつた（図 4）。顕著な差が現れたのは茎数であった（図 5）。K1 水田では 6 月に茎数が増加し、それ以降茎数はほとんど増えなかつた。K2 水田は 8 月初めまで茎数が増え続けた。これは、K2 水田は昨年までの施肥栽培で残留窒素養分が多い影響だと考えられる。なお、施肥水田（以後 Y 水田という）に見られる 6 月の急激な茎数増加は施肥栽培

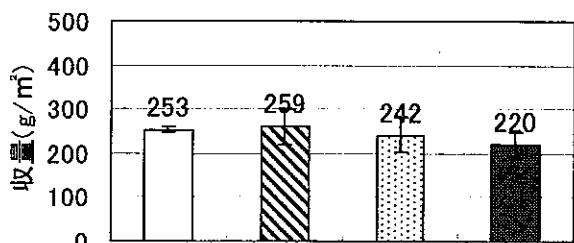


図2 K1水田の収量

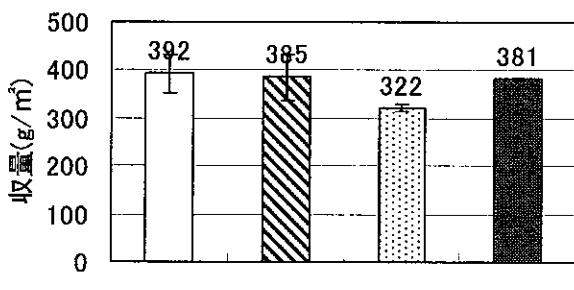


図3 K2水田の収量

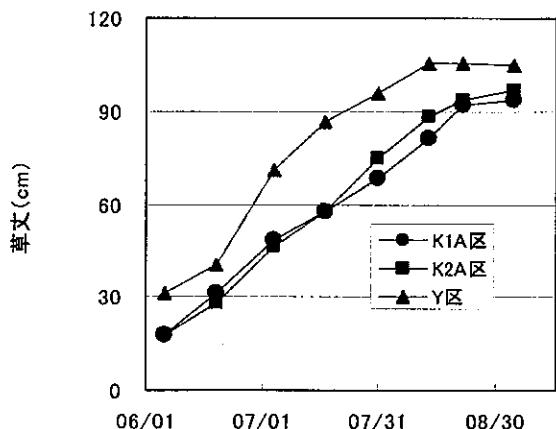


図4 土壤の違いによる草丈比較

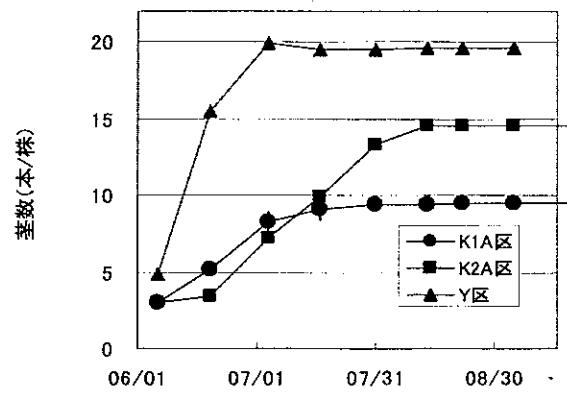


図5 土壤の違いによる茎数比較

に一般的に見られることで、基肥の無機態 N の効果によるものであろう。なお、2010 年の K1 水田で茎数増加が早止まりしたのは、7 月の日照不足が原因となったことが考えられる。

また、SPAD 値（図 6）を見ると、K2 水田と Y 水田は 7 月初旬に最高に達した後、減少していく。これに対して、K1 水田では 8 月中旬にわずかではあるが増加している。このような 7~8 月の SPAD 値の増大は、無施肥水田ではしばしば観察される現象であり、地温上昇による土壤 N 無機化量の増加と、生育後期まで根が養分を吸収する能力が保持されることによると解釈される。

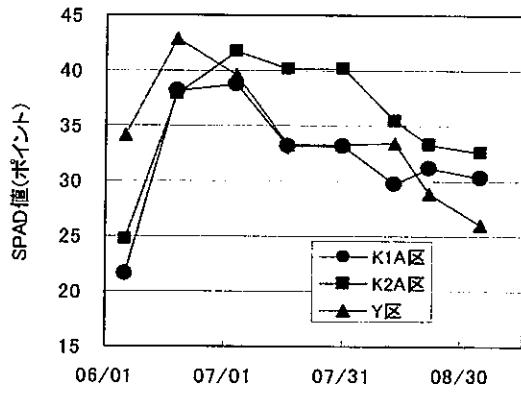


図6 土壤の違いによるSPAD値比較

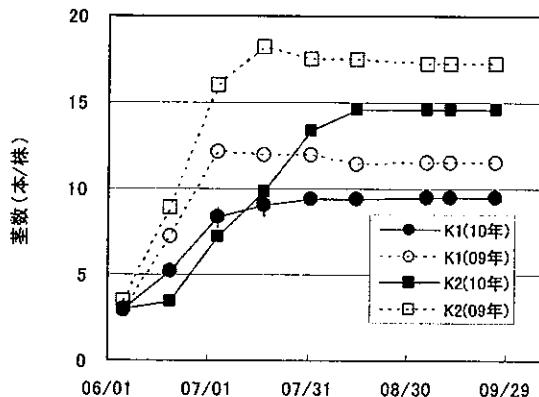


図7 昨年との茎数比較(4回除草区)

3-3 昨年との比較

K1、K2 水田ともに茎数は昨年を下回ったが、茎数変化の推移の型は K1、K2 区ともよく相似していて、両年の夏期の気象条件の差によるところが大きかったと思われる（図 7）。収量を昨年と比較してみると、K1 水田はほとんど変化が無かった（図 8）が、K2 水田では大きく減収した（図 9）。その理由は、K2 水田の残留栄養分の年次間減少が茎数増加に大きく影響したと

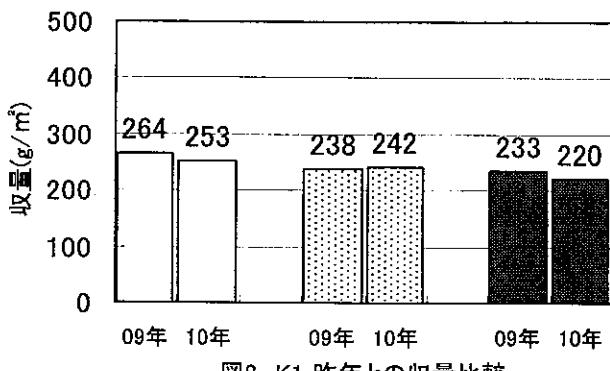


図8 K1 昨年との収量比較

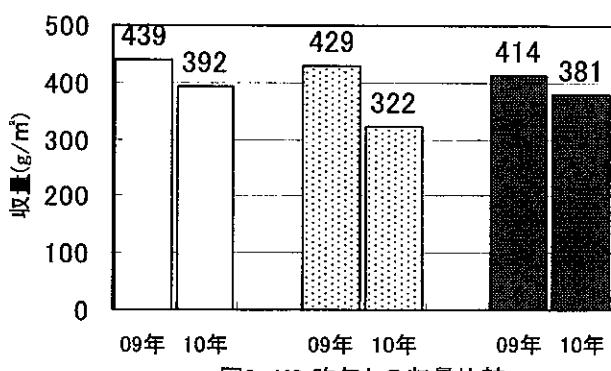


図9 K2 昨年との収量比較

考えられる。また、生育後期における無機態 N の発現パターンが、長期無施肥田と転換中水田との間で異なる可能性がある（図 6）。収量への影響もこのことが最も大きかったと考えられる。これらのことにより、無施肥無農薬栽培を長期継続すると、これまでの多くの事例に照らしても、気候による収量への影響は受けにくくなると考えられる。今後、増収を考えていく上で茎数を増加させる方法なども考慮していく必要があると思われる。

3 - 4 雜草生育量・草種の違い

雑草総生重は、K1 水田においては A・B・C 区に大きな違いはなかった（図 10）。一方 K2 水田においては、 $A \leq B < C < D$ の順に明らかな区間差があった（図 11）。D 区の比較から、無施肥栽培を長期間続けることで、次第に雑草の発生・生育量も少なくなることが認められ、K1 水田では除草回数 3~4 回の範囲では、回数や除草時期はそれほど大きく稲の生長に影響しないと言える。また、K2 水田の結果より、無施肥転換後しばらくは、①田植え後、早めに除草を行ったほうが良く、②除草回数が多いほうが良い、と考えられる（図 3、図 11）。

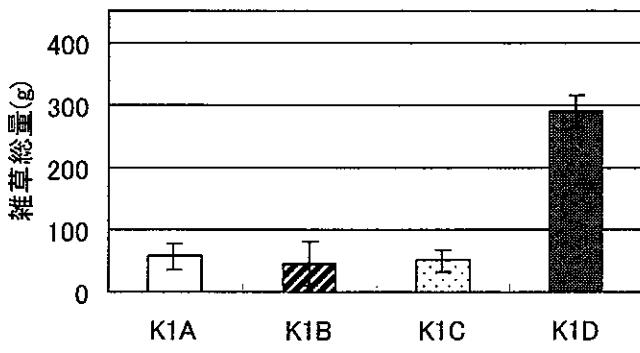


図10 採取雑草総量の比較(K1)

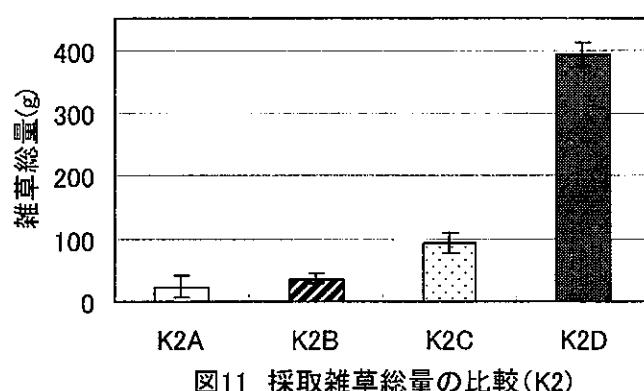
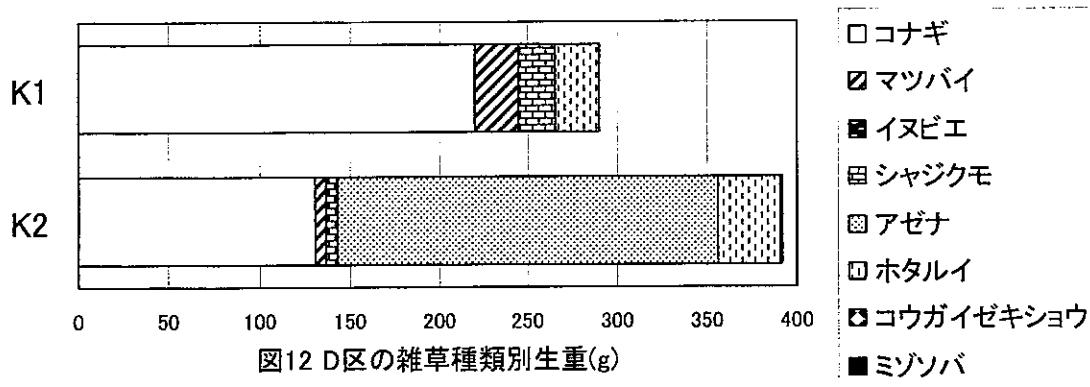


図11 採取雑草総量の比較(K2)

雑草の種類別生重は、K1 水田ではコナギが最も多く、K2 水田ではアゼナが最多であった（図 12）。畦一つ隔てただけの 2 つの水田でも、無施肥栽培の継続年数の違いで生える雑草の種類も大きく異なることが認められた。土壤条件の変化によって、好んで生育する草種に変化が見られたことは興味ある知見であろう。



4、考察

今回も除草の回数と収量との関係は充分に解明できなかったが、無施肥栽培を長期間継続すると収量への気候による影響が少なくなり、雑草の生育量も次第に減少し、優勢な草種も変化する傾向が見られた。転換中のK2水田は、転換前に施用された肥料分が少しずつ減少していくと思われる所以、もう少し調査を続けて今後の推移を見ていきたい。

雑草量集計より、転換中の水田においては、除草回数が多く、また1回目の除草は早いほうが多いことが確認されたが、長期無施肥水田では除草回数や時期に顕著な差は認められなかった。また、発生する雑草の種類や量が水稻の生育や収量に及ぼす影響も無施肥継続年数の違いにより差異が出てくると思われる。2011年は、除草時期の違いによる影響を、亀岡水田以外の土壤条件、特に地力が異なる水田でも調査をして比較していきたい。

2009年は冷夏、2010年は記録的な猛暑という偏った環境の下で調査を行ったので、得られたデータが例外的なケースということも考えられる。調査を続けていくことでさらに考察を深めていきたい。同時に、K1水田の収量があまり高くなないので、苗の栽培方法や水田の水管理、播種の時期、播種粒数など収量を増加する方法も研究していく必要があると思われる。

2010年度 無施肥無農薬栽培における水稻栽培比較実験(2011.3.13)

報告者 家田善太・竹内史郎 (NPO無肥研)

1. 実験意図・経緯

宇治市小倉にある2003年より無施肥無農薬栽培を継続している水田の一部(10a)に、滋賀県栗東市にて1951年より無施肥無農薬栽培を継続していた水田の表土を2006年に移設し栽培比較実験を行っている。

宇治市小倉にて従来どおり栽培している区(25a)を○水田とし、それに隣接する栗東の土壤置換した部分(10a)をR水田とした(2008年度報告参照)。

土壤置換した初年の2007年のR水田の収量は、栗東水田時代や○水田と比べても明らかに低収であった。そこでR水田の低収の原因を究明し、増収および無施肥無農薬栽培に適した栽培法の探求を目的に2008年より、この両水田の生育調査実験および収量調査を実施している。

2. 実験方法

2-1 栽培実験

○水田とR水田の境界の畦畔を挟んで両水田に幅約2m、長さ水田全長にわたる実験区をもうけ、栽植密度実験、品種実験および移植時期を異にした実験の3実験を実施した。さらにR水田では深耕区を設けた。また近隣慣行栽培水田でも参考資料を得るために試行的に生育および収量の調査をした。

これらの実験区では、各区10株の生育調査株を決めて、移植2週間後から収穫まで1~2週間間隔で生育調査を行った。測定項目は草丈、1株茎数および代表葉のSPAD値の3項目とした。

それぞれの株について収穫時の主要形質を測定した。項目は稈長、穗長、1穗重、1株茎数、1株稈重、1株粒重、1株玄米重、穎果穂数、穂実粒数、区画ごとの玄米千粒重と玄米水分率を計測した。

2-1-1 栽植密度実験

ベニアサヒを用いた。密植区；条間33cm、株間14cm(21.6株/m²)、標準区；条間

33cm、株間18cm(16.8株/m²)、粗植区；条間33cm、株間22cm(13.8株/m²)の3区3反復でおこなった。

2-1-2 品種実験

ベニアサヒ、秋の詩、ヒノヒカリを用いた。条間33cm、株間18cm(16.8株/m²)の3区3反復でおこなった。

2-1-3 移植時期実験

ベニアサヒを用いた。早植区(播種日:3/22, 移植日:5/16)と晩植区(播種日:4/5, 移植日:5/31)を設けた。ともに条間33cm、株間18cm(16.8株/m²)の2区3反復でおこなった。

2-1-4 深耕実験

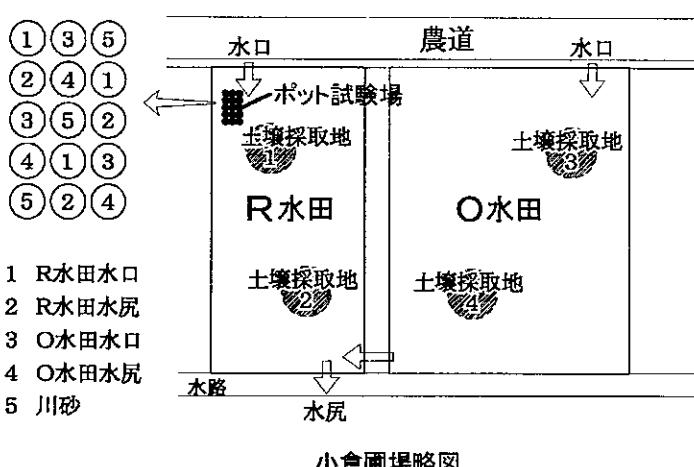
ベニアサヒを用いた。標準(耕うん深さ15cm)より深く耕す区(耕うん深さ30cm)を設けた。条間33cm、株間18cm(16.8株/m²)の1区1反復でおこなった。

2-1-5 慣行栽培計測

近隣農家の協力を得て慣行栽培(施肥区)のヒノヒカリ(1反復; 条間30cm、株間20cm[16.7株/m²])も計測した。

2-2 収量形成に対する土壤と灌漑水の貢献度比較予備実験(ポット栽培実験)

ポット(1/5000アール)は○水田水口土壤, ○水田水尻土壤, R水田水口土壤, R水田水尻土壤, および川砂を充填し、それを3ポットずつ計15ポットをR水田のポット試験場に埋設した。生育期間中の測定はおこなわず、収穫時の形質測定項目は2-1栽培実験と同様とした。



3 結果と考察

3-1 栽植密度実験

○水田は単位面積あたりの茎数を比較すると、密植区が僅かではあるが常に他の2区より高い数値を維持した(図1)。単位面積あたりの茎数に比例し収量も密植区が一番高かった。

最高分蘖に達した時期は2009年調査では密植区ほど早かったが10年は栽植密度にかかわらず同時期であった。その年の気象条件などに影響されるものと思われる。

R水田は、単位面積あたりの茎数で比較すると密植区が標準区より早く最高分蘖に達した(図2)。密植区では株間が狭い分だけ養分分配率が低く、逆に

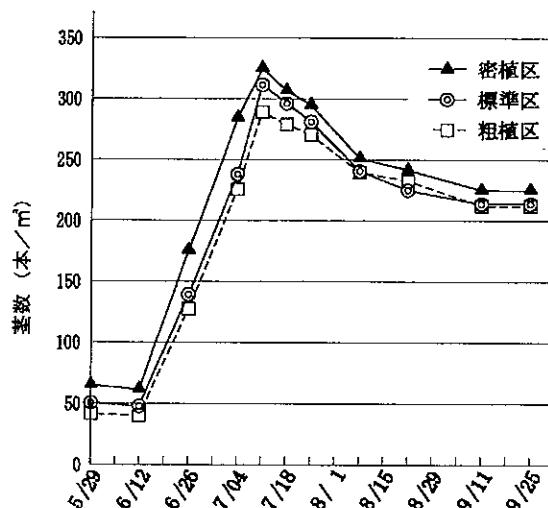


図1 栽植密度の違いによる茎数比較(○水田)

根の土中分布密度が高く、早く最高数に達したが個々の分蘖は細かったと考えられる。粗植区も同時期に最高分蘖に達した。これは、R水田は○水田に比べ充分な養分供給がおこなわれないまま、早い時期から茎数が減少しはじめたためと思われる。単位面積あたりの茎数にやや差があったが、その区間差は単位面積当たり株数の区間差より遥かに少なく、生育や収量の第一義的要因が地力であることが伺える。また単位面積当たり茎数の増減推移に区間差がなかったことも、地力の差が栽植密度より大きかったことを伺わせる。

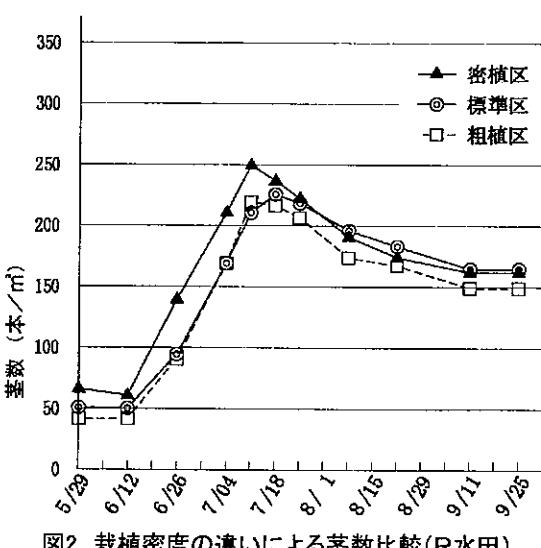


図2 栽植密度の違いによる茎数比較(R水田)

なお無施肥無農薬栽培では、これまで無効茎の発生が極めて少なかったが、この結果は既往の結果とかなり異なった。

3-2 移植時期実験

O水田、R水田とも茎数は晩植区の方が10%ほど高い値を示したが、収量は逆に早植区が高かった。これは穗重に20%ほどの顕著な差があり影響したものと思われる(表1)。09年の調査でも早植区の穗重の方が高い値を示したことから、早植区のほうが栄養生长期間が長く、個々の分蘖がより充実して、1穗重の増加に貢献したことが考えられる。

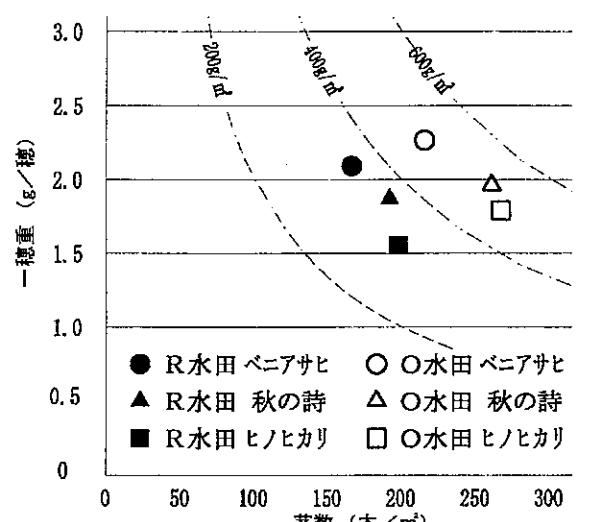


図3 土壤履歴の差が茎数VS一穂重の関係に及ぼす影響

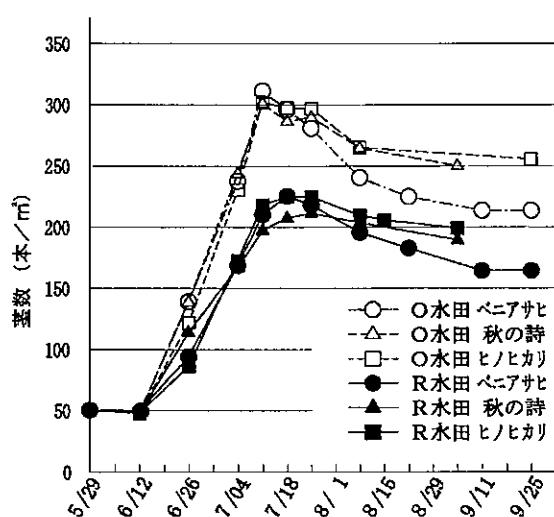


図4 土壤違いによる茎数比較

表1 2009, 2010年 移植時期比較

	最高分蘖数 /m ²	茎数 /m ²	穗重 g/穂	収量 g/m ²
09年 O水田 早植区	352.4	232.3	2.47	445.1
09年 O水田 晩植区	377.1	245.8	2.37	459.5
09年 R水田 早植区	266.5	179.0	2.40	339.0
09年 R水田 晩植区	294.1	176.8	2.27	316.1
10年 O水田 早植区	249.7	209.9	2.60	437.3
10年 O水田 晩植区	317.4	214.9	2.27	388.3
10年 R水田 早植区	196.1	150.4	2.48	290.4
10年 R水田 晩植区	225.6	165.5	2.09	263.4

3-3 土壌比較実験

全ての実験区においてR水田の収量がO水田より低かった、これは(図3)が示すように、茎数の差が最も影響していると思われる。

茎数の推移を比較してみると(図4)最高分蘖に達するまでにR水田の方が、時間がかかっている。これは置換した土壌が元の下層土とうまく融合しておらず、根が土壌養分を吸収するのに時間がかかる場合と、土壌無機物の発生量がR水田で少ない場合などが考えられる。

ポット試験の結果からはR水田とO水田の土壌ではやや差が出たが(図5)、圃場の土壌が示すほどの差は出なかった。

のことから、根の成長が制約された狭いポット内では、両水田の土壤間に茎数の差が出にくかったと考えられる。しかしながらポット試験においては土壤間で1株穗重にやや差異が認められた(図6)。

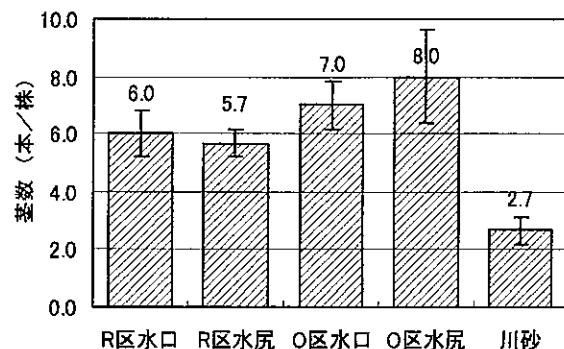


図5 ポット実験(茎数)

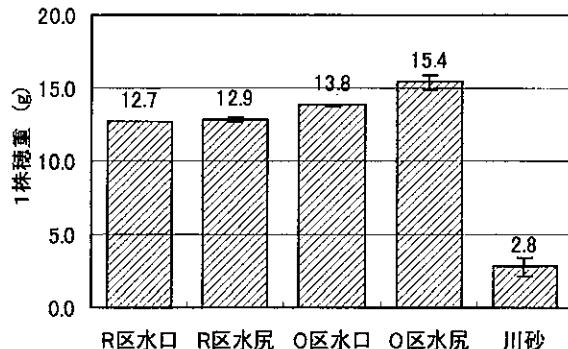


図6 ポット実験(1株穂重)

つまりこの両水田の差は、土壤養分量の差よりも、根の生長の差に影響されていると思われる。置換した土壤が従来の下層土と調和していないために、生育初期の根の生長が不十分となり、R水田の収量はO水田のそれを下回っていると思われる。

4. 3年間の傾向

2008年から3年間、同様の実験方法を試みた。作物生産と気象環境との関係を議論するには、10年間程度、同様の実験を試みないと、その傾向は見出せないと思われるが、あえて3年間の中間報告という形で傾向をみてみる。

栽植密度比較では、粗植区ほど養分吸収に時間がかかる傾向にあり、初期生育期に温度が低いと充分な分蘖がおこなわれない傾向がみられた。しかし3年間の試験では概ね栽植密度が生育や収量に大きな違いを及ぼさなかった。これは、吸収できる土壤養分が一定であるためと思われる。

品種比較は年次ごとに異なったが、その差は年を経るごとに少なくなる傾向がみられた。年次間では長期無施肥無農薬栽培を続けてきたベニアサヒの収量が最も安定している傾向にあると思われる。

土壤比較は、3年とも同様にR水田の収量がO水田のそれより下回った。これは茎数の差が大きく影響していた。

R水田では初期生育期における根の生長が不十分のために茎数に影響したものと推測したが、3年間の結果だけでは、まだはっきりしたことは言えず、同様の実験を続けていく中で、根の生長や養分吸収過程などの特徴を明らかにしていきたい。

5. 今後の展望

本実験の主な目的の一つはR水田がO水田よりも収量が少ない原因を究明し、増収を目指すことがあるが、3年間の実験ではR水田の低収の具体的な要因の究明には至らなかった。

今後は生育期間中のより詳細なデータを収集するために、新たな調査項目も模索していきたい。

その調査項目として

- ・今回、土壤貢献度を比較したポット試験区を、O水田、R水田それぞれの水口、水尻の計4箇所に設置する。
- ・生育期間中の灌漑水についても調査する(EC値、水温)。また小倉圃場と以前に栽培していた、栗東水田近隣の灌漑水の水質調査(窒素、リン酸、カリ)を6,7,8月の3回おこなう。
- ・養分吸収能を比較するため、収穫後の根量などを調査する。

というような項目を予定している。さらに将来的には普遍的な無施肥無農薬栽培に適した栽培法の探求に努めていきたい。

土壤溶液による小倉水田の養分環境評価および玄米成分との関係

本間香貴¹⁾・原律子¹⁾・廣岡義博¹⁾・葉田光雄^{1,2)}・白岩立彦¹⁾

¹⁾京都大学大学院農学研究科・²⁾NPO 無施肥無農薬栽培調査研究会

作物の生産性は気温や日射量などの気象的なものに加え、土壤や施肥によって供給される養分により制限を受ける。従って作物の栽培の場である土壤環境を評価することは、作物の生産性や品種適応性などを論じるうえで非常に重要である。一般的に土壤の養分供給力は、化学分析によって示され、可給態窒素やリン酸、交換態カリウムやマグネシウムなどの分析法が提唱され、指標として用いられている。しかしながら土壤養分は水分条件や気温、あるいは植物による吸收や排出によって刻一刻と変化するため、作物のある生育段階における反応を解析する場合、土壤の経時的なモニタリングが望ましい。

植物は土壤から養分を吸収する場合、土壤粒子の表面から直接吸収するのではなく、土壤中の液相（土壤溶液）を介した吸収を行う。またアンモニウムやカリウムなどのイオンは溶液の移動とともに、あるいは溶液中の拡散によって土壤中を移動する。従って土壤の養分環境評価の方法として、土壤溶液の養分分析が提唱されている。本研究では無施肥無農薬栽培を継続しているNPO 無肥研の小倉水田と、その対照として慣行栽培に準じた栽培を継続している京都大学農学部附属京都農場（京大水田）において、土壤溶液を経時的に採取し養分環境評価を行った。また代表的なイネ数品種を選択し栽培実験を行い、養分環境が玄米成分に与える影響について解析を行った。

材料および方法

小倉水田と京大水田において養分環境評価とイネ栽培実験を行った。小倉水田は 2004 年から無施肥無農薬栽培を継続している小倉区と、56 年間無施肥無農薬を継続していた栗東の水田土壤を客土した栗東区により構成される。京大水田では標準施肥区に加え、無施肥区と少施肥区を設定した。少施肥区は生育後半に窒素飢餓状態を引き起こすのを目的とし、元肥のみとした。標準施肥区、少施肥区ともに元肥として N-P₂O₅-K₂O を 5·5·5 g m⁻² 施用し、標準施肥区には 7 月 22 日と 8 月 7 日に 2.5·2.5·2.5 g m⁻² ずつ追肥を行った。

これまでの小倉水田における結果に基づき、品種を選択して栽培実験を行った。ベニアサヒは栗東水田の無施肥無農薬栽培において自家採種により継代された品種であり、無施肥無農薬条件に適していると考えられる。日本晴と Kasalath はそれぞれジャポニカとインディカの標準品種として加えた。米粉や飼料米などの新規需要米の一つで多収性インディカのタカナリ、節水栽培用にインドネシアで育成された B6144F-MR-6-0-0 (B6144F)、小倉水田での乾物生産性に優れていた Bei Khe の計 6 品種である。これらの品種を 5 月 10 日に播種、育苗し、京大水田では 6 月 3 日、小倉水田では 6 月 8 日に移植を行った。条間 30cm、株間 15cm、1 株 1 本植えで栽培を行い、試験区は 3 反復乱塊法で設置した。

日本晴、B6144F の各区において、10cm の深さに土壤溶液採取器（ミズトール、大起理

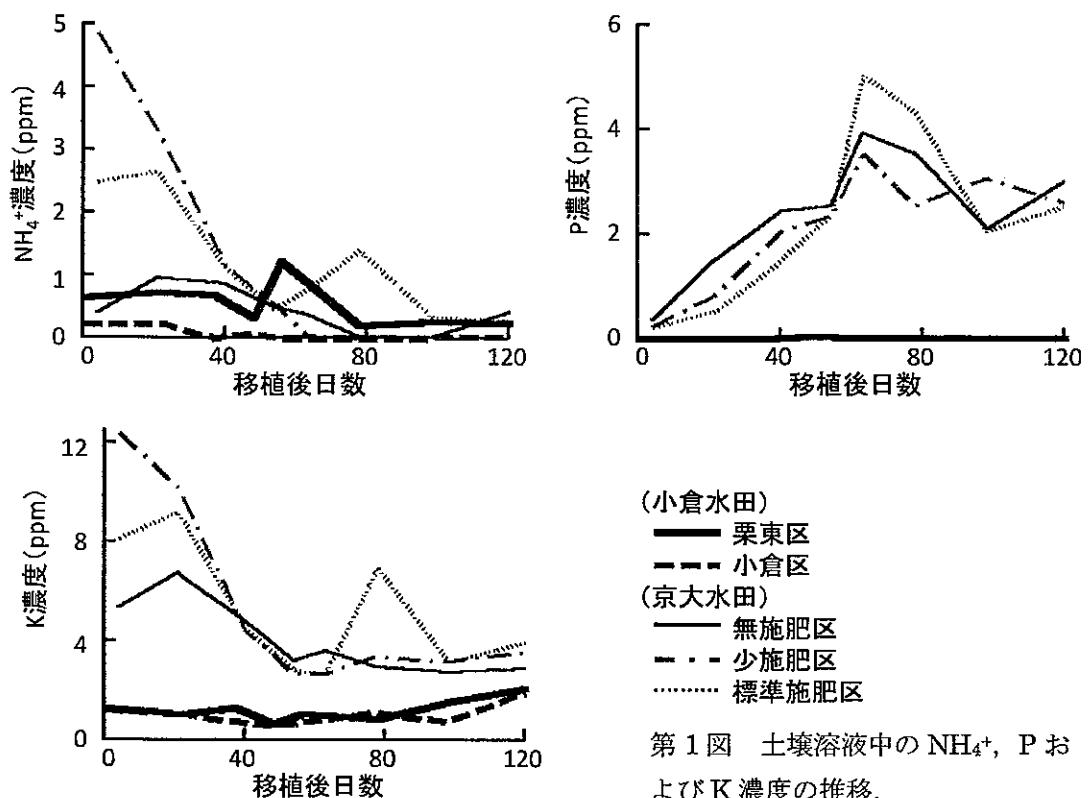
科工業製)を設置した。吸引法により2週間に1度土壤溶液を採取し、 NH_4^+ 、P、K、MgおよびCa濃度を分析した。成熟期に収穫した粉は、硫酸一過酸化水素で分解後、N、K、Mg濃度を分析した。

結果および考察

(1) 土壤溶液による養分環境評価

主要3要素である NH_4^+ 、PおよびK濃度の土壤溶液中の推移を第1図に示した。京大水田施肥区では元肥により初期の NH_4^+ 濃度が高かったが、移植後30日頃より急激に低下した。標準施肥区では追肥により比較的高い NH_4^+ 濃度が保たれたが、少施肥区では無施肥区よりも NH_4^+ 濃度が低下し、当初の計画通りの窒素飢餓状態が作り出されたと考えられる。一方小倉水田の NH_4^+ 濃度は、小倉区では移植後60日頃にピークがみられ、それ以前は0.70ppm、それ以後は0.25ppmとほぼ一定の値をとった。栗東区では移植後30日頃までは約0.2ppmであったが、その後ほぼ0の値となった。

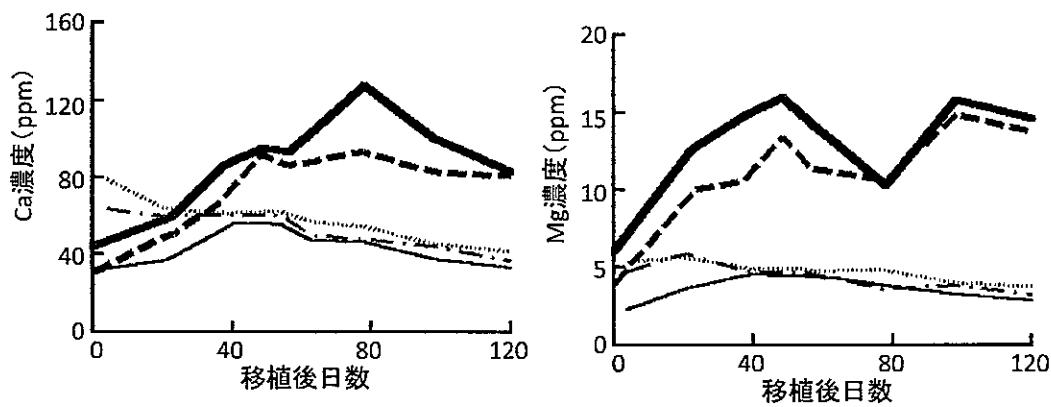
京大水田では施肥に関係なく移植後70日頃までP濃度が上昇し、過去の施肥により土壤中にPが蓄積していることが推察された。一方小倉水田では小倉区、栗東区とともにPがほとんど検出されず、土壤中のPが非常に低いと思われた。この結果は昨年度報告した土壤の化学分析結果と一致する。非常に低いP濃度にも関わらず、イネはPを吸収しており、さらに土壤溶液では区別のつかない小倉区と栗東区の間には、イネのP吸収量で1.6倍(小



倉区の平均／栗東区の平均) の開きがあり (データ省略), 土壤からの P の供給量の評価には別指標が必要であると考えられた.

京大水田における土壤溶液中の K 濃度は, 移植後 30 日までは元肥の効果, 移植後 70 日から 90 日にかけて追肥の効果がみられたが, それ以外は無施肥区とほぼ同等の値を示した. 小倉水田では小倉区と栗東区の K 濃度がほぼ同等であった.

土壤溶液中の Ca と Mg の濃度を第 2 図に示した. 京大水田では移植後 30 日頃までは施肥区と無施肥区に濃度差がみられたが, その後ほぼ同等の値を示し, 移植後日数に伴い減少した. 一方, 小倉水田では小倉区, 栗東区ともに移植後 50 日頃まで, Ca と Mg の濃度が上昇した. 栽培前に採取した土壤を用いて湛水培養したところ, 京大水田の土壤における Ca と Mg の吸収, 小倉区と栗東区の土壤における Ca と Mg の放出が再現され, 第 2 図の推移は主に土壤の性質あるいは, Ca と Mg の土壤内での形態の差異によるものだと考えられた.

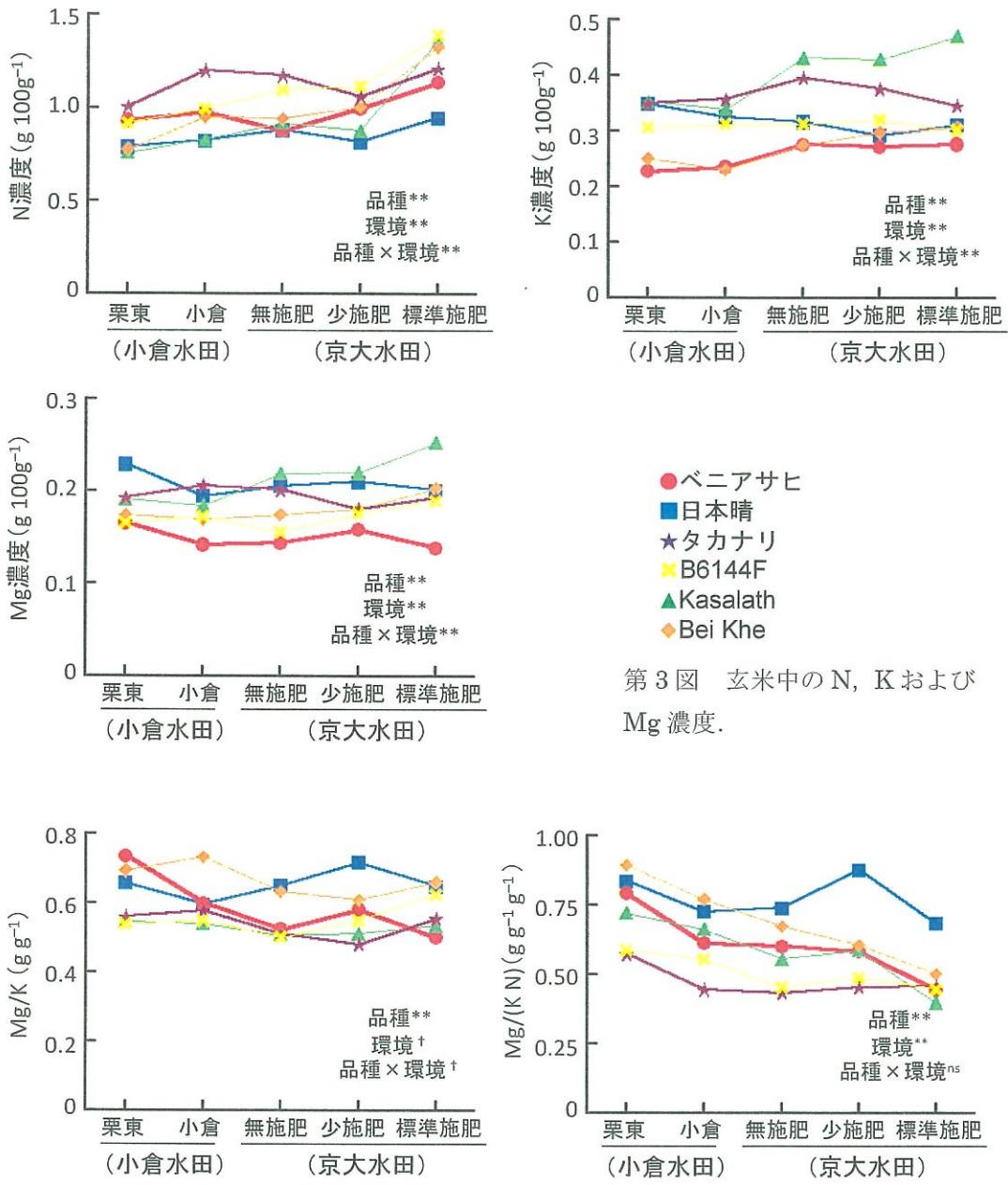


第 2 図 土壤溶液中の Ca および Mg 濃度の推移. 凡例は第 1 図に同じ.

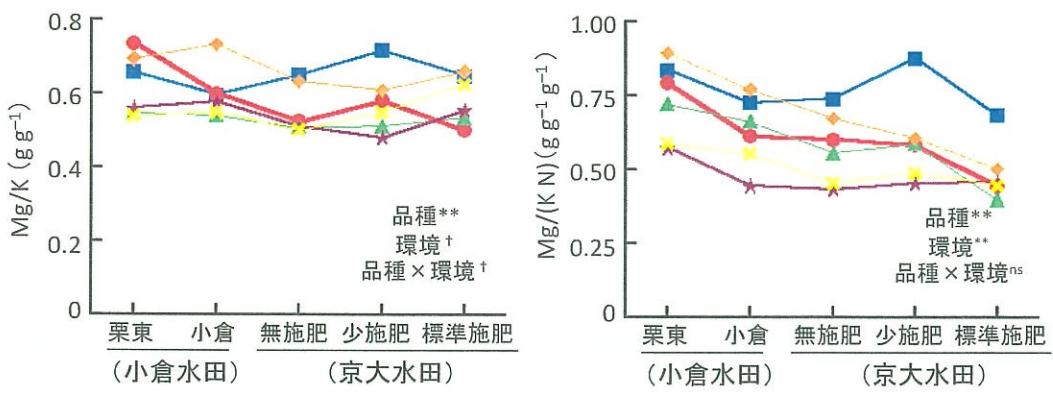
(2) 土壤養分環境の玄米成分への影響

玄米中の N, K および Mg 濃度を第 3 図に示した. 土壤溶液中の養分濃度を反映して, 小倉水田では京大水田より N および K 濃度が低い傾向がみられた. しかしながら Mg 濃度は環境間差異が有意であったものの, 平均値が小倉区で低く標準施肥区で高くなるなど, 土壤溶液における養分濃度差を必ずしも反映しなかった. またいずれの成分も品種×環境の交互作用が有意であり, 養分環境に対する玄米成分の変化は品種によって異なることが示唆された. 土壤中の養分に対する植物体の養分吸収能力, 養分の分配などが関与していると考えられる.

一般に同一品種中では N 濃度が低い米や, Mg と K の濃度比 (Mg/K) やそれをさらに N で割った指標 ($Mg/(KN)$) が高い米が美味しいとされている (第 4 図). 京大水田の標準施肥区と比較した場合, 小倉水田の両区では食味が上昇したと考えられる. 特に $Mg/(KN)$ でみた場合, 小倉水田の京大水田に対する食味における優位性は顕著であるが, その原因是ベニアサヒにおける K 濃度の低下や B6144F の N 濃度の低下など様々であった.



第3図 玄米中のN, KおよびMg濃度.



第4図 玄米中のN, KおよびMg濃度に基づく、食味関連指標Mg/KおよびMg/(K N)の品種・環境変異. 凡例は第3図に同じ.

結論

小倉水田では土壤溶液中の NH_4^+ および K 濃度が低く、それが良食味に結び付く可能性が示唆された。品種により養分環境に対する反応性が異なるため、土壤溶液等に基づく養分環境評価と稻体の反応性の品種間差異についてさらに解析を進めていくことが重要と考えられた。

資料

異なる水田における無施肥無農薬栽培水稻の推定玄米重の経年変化について

小林正幸

本会が認証する無施肥無農薬栽培水田は全国9府県に点在し、それらの立地条件は様々である。そこで各水田における水稻の生育・収量を出来る限り調査し経年に記録を残す努力をしている。しかし投入可能な労力に限度があり、全水田において生育調査法ならびに坪刈り法・株刈り法による推定収量の算出を実施することは困難である。したがって調査水田は比較的京都に近い水田に限られ、水田により調査方法や調査項目は異なっている。

2010年は坪刈り法による収量調査を5カ所で行い表1に示し、株刈り法による推定収量の算出および収量要素調査を7カ所の水田で行い表2に示した。また8カ所の水田では坪刈り法で得た過去12年間の収量の推移を表3に示し、主な水田5カ所の推移を図1に表した。また6カ所の水田では株刈り法で得た過去7年間の収量を表4に示した。

表1 2010年水稻収量調査(坪刈り法による)

生産者	実施場所	実施開始年	自家採種年数	品種	全乾重 (g/m ²)	藁乾重 (g/m ²)	精粉重 (g/m ²)	精玄米重 (g/m ²)	推定玄米重 (kg/10a)	備考
										注1
無肥研	宇治市小倉	(1951)	59	ベニアサヒ	772	496	277	216	215.5	注2
無肥研	宇治市小倉	2003	59	ベニアサヒ	989	603	386	306	306.6	
上田修一	京都市山科区	1965	39	農林16号	583	330	253	207	203.8	注3
上田修一	京都市山科区	1965	59	ベニアサヒ	517	323	193	157	156.1	注3
無肥研	京都府亀岡市	1993	7	秋の詩	783	429	354	281	283.5	
無肥研	滋賀県野洲市	2003	7	コシヒカリ	1,083	521	562	451	455.7	
丸山茂子	福井県越前市	1997	14	コシヒカリ	1,150	609	541	435	432.5	

注1 推定玄米重は水分15%で補正した値

注2 2003年より無施肥栽培していた小倉水田(10a)の表層土約15cmをスキ取り、其処へ2006年12月に1951年より無施肥栽培を継続してきた栗東水田(10a)の表層土約15cmを客土(入れ土)した

注3 市街地にあり生育期間中、住宅の陰になることが多い

表2 2010年水稻収量要素調査(株刈り法による)

生産者	無肥研	黒瀬修	中村孝太郎	牧野太平	坪田宗隆	木戸口利雄	中道唯幸
実施場所	野洲市	綾部市	大野市	福井市	滋賀県大中	東近江市	野洲市
実施開始年	2003	1998	2003	2009	2000	2003	2007
自家採種年数	7	7	7	7	10	7	3
稈長(cm)	71.1	69.2	67.2	66.7	69.8	74.7	68.4
穂長(cm)	18.3	17.6	17.9	17.9	18.2	19.7	18.2
1穂重(g)	2.4	2.1	2.1	2.3	2.3	2.1	2.4
1株穂数(n)	15.6	8.9	17.5	10.8	16.5	10.7	10.4
1株藁重(g)	30.3	13.2	28.9	23.3	38.1	22.2	20.5
1株穂重(g)	38.1	15.9	38.0	22.2	42.9	19.8	24.0
1株全重(g)	68.3	29.1	67.8	45.6	81.0	41.8	44.5
1株粉重(g)	36.8	15.4	36.4	21.3	41.3	19.2	23.1
1株玄米重(g)	29.3	11.2	28.4	16.6	32.6	14.8	18.1
推定玄米重 (kg/10a)注1	486.7	219.9	418.8	292.5	366.2	281.4	395.8
栽植密度 (株/m ²)	16.0	18.8	14.1	17.0	10.8	18.2	20.9

品種はすべてコシヒカリ

注1 推定玄米重は水分15%で補正した値

表3 無施肥無農薬栽培水田推定玄米重(kg/10a)12年間の推移(坪刈り法による)

圃場	栗東	小倉(OGR)	小倉(OG)	山科上田I	山科上田II	亀岡	野洲V	福井今立
実施開始年	1951年	(1951年)	2003年	1965年	1965年	1993年	2003年	1997年
99年	408.1A			251.7B	190.4A	360.5A		382.0D
00年	453.8A			352.1B	320.5A	297.8A		402.0D
01年	454.2A			270.0B	260.8A	332.2A		転作
02年	417.6A			178.3B	177.3A	281.2A		407.4D
03年	332.4A		353.6C	349.2B	262.3A	294.0A	545.1D	331.5D
04年	442.9A		420.5C	304.4B	273.0A	394.1A	520.8E	415.6D
05年	390.5A		365.5C	344.6B	302.7A	315.2A	502.6E	転作
06年	356.2A		309.0C	282.9F	214.4A	223.4E	転作	463.5D
07年		333.6A	413.0A	316.3B	228.3A	280.3A	508.6E	417.8D
08年		271.0A	391.0A	275.2B	242.0A	384.3E	501.6E	424.8D
09年		318.5A	347.4A	260.0B	217.9A	270.8E	転作	転作
10年		215.5A	306.6A	203.8B	156.1A	283.5E	455.7D	432.5D

表中のアルファベットは品種を示す(Aベニアサヒ、B農林16号、Cヒノヒカリ、Dコシヒカリ、E秋の詩)
小倉(OGR)は栗東水田より表層土を2006年12月に小倉水田に客土(入れ土)した水田

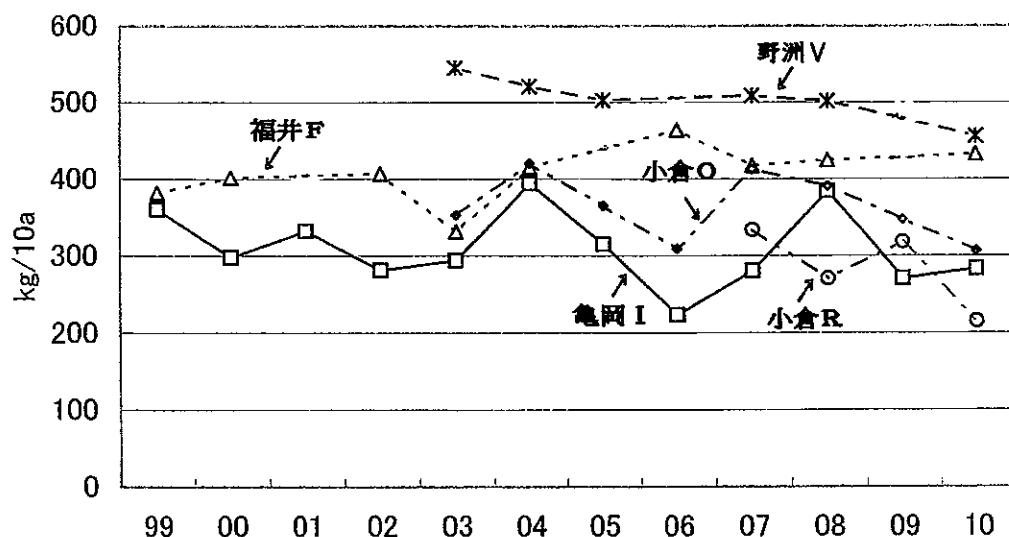


図1 無施肥無農薬栽培水田推定玄米重の推移(坪刈り法による)

表4 無施肥無農薬栽培水田推定玄米重(kg/10a)7年間の推移(株刈り法による)

圃場	中村孝太郎	牧野太平	坪田宗隆	木戸口利雄	中道唯幸	黒瀬修
実施開始年	2003年	2009年	2000年	2003年	2007年	1998年
04年	352.4		514.9			
05年	265.6		418.3	376.1		344.8
06年	542.3		—	378.7		—
07年	421.8		—	337.6	326.4	272.2
08年	305.6		418.9	308.3	273.2	249.7
09年	406.1	394.0	411.1	408.9	291.3	284.8
10年	418.8	292.5	366.2	281.4	395.8	219.9

品種はすべてコシヒカリ

—は株間条間未測定のため推定できず

《結果》

無施肥無農薬栽培における水稻の収量は肥培管理を行わないため、その収量に影響をおよぼす要因は天候による事と雑草の抑制程度によることが大きい。毎年続けている収量調査ではここ数年に見られる異常気象のため安定した収穫が得られていない。2010年は（坪刈り法）の収量結果から亀岡（秋の詩）、福井今立（コシヒカリ）の水田を除く晚生品種（ベニアサヒ、農林16号）の調査水田で減収が見られた。無施肥無農薬栽培水稻の収量に大きくかかわる要素の一つは有効莖数の確保である。すなわち分けつ時期の天候と水田雑草の抑制効果によってその収量は左右される。2010年は6月中旬から7月初旬にかけての日照時間の不足があり、8月下旬から9月中旬にかけての異常な高温がみられた。おそらくこのような気象条件が収量にマイナスの影響を与えたと考えられる。

京都府南丹市園部町の観測データを基に6、7、8、9月の月ごとの日平均気温・日照時間と収量の関係を過去12年に渡って調べ図2に示した。7月の日照不足と9月の日照過多が収量にマイナスに影響する相関が見られた（表5）。

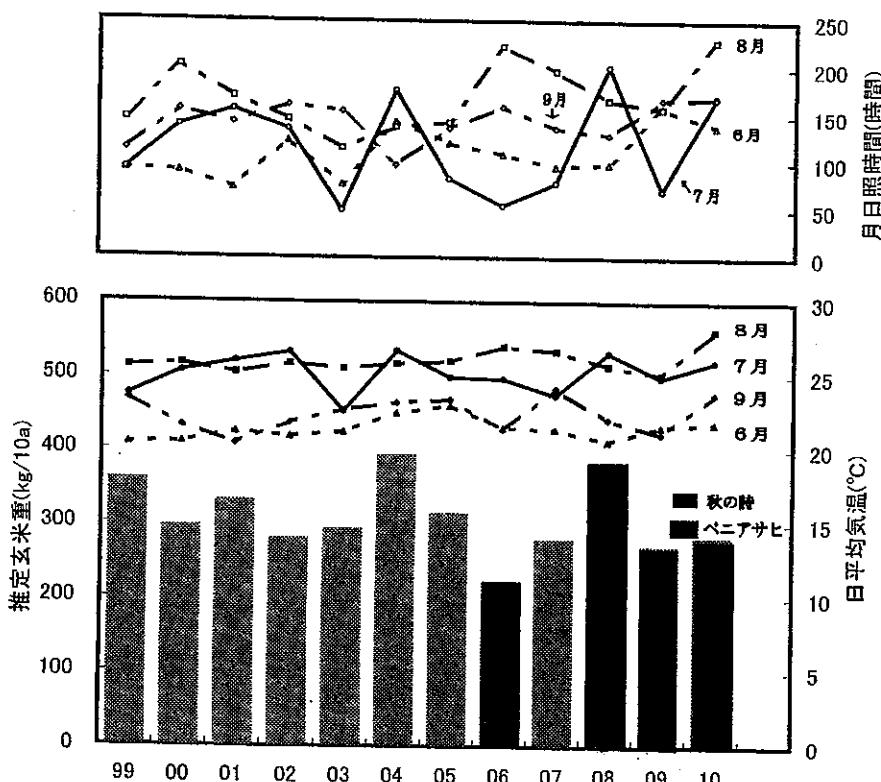


図2 日平均気温および日照時間が推定玄米重におよぼす影響（亀岡試験水田）

表5 推定玄米重との相関係数

	6月	7月	8月	9月
日照時間 99～10年	-0.0992	0.6292*	-0.4916	-0.8327**
日平均気温 99～10年	-0.0280	0.3321	-0.4033	0.1907

**<0.01
* <0.05

特別収録

研究者の視点から見た無施肥無農薬栽培

【無施肥無農薬栽培調査研究会農産展[2010年11月21日] 講演会】

白岩 立彦（京都大学大学院農学研究科）

ご紹介いただきました、京都大学の農学研究科作物学研究室で教員をやっております白岩と申します。どうかよろしくお願ひします。

今日は4つの部分にわけてお話させて頂きます。

大学の「農学」では何を教えているか

「無施肥栽培」への驚き

天水稻作にみる「地力」の重要性

「無施肥栽培」への期待

最初に大学で農学、一応農業の科学と称していろいろな事を考えている人達は、どういうふうに作物の生産について理解しているかということを、今、私の身の周りで話している言葉を少し紹介させて頂きます。

それは無施肥無農薬栽培とはかなり距離があります。私も従来の農学で学んで、基本的にはその方法と認識で研究生活を送ってまいりましたので、後で申し上げますけれども、最初に栗東町の水田を見せていただいた時は非常に驚きました。どんなことに驚いたかについてお話しします。

一方ですね、タイプは違いますけれども、望むと望まざるとに関わらず世界では無施肥農業というのは相当行なわれています。それに近い農業はかなり行われていると言つてもいいと思います。その一端をご紹介して、今のところ、私達は言葉が難しいんですけどもやっぱり地力みたいなものが大事だと感じていることを申し上げたいと思います。

最後に大学で行なわれている農学と無施肥無農薬栽培ということと、接点を探ると言うと変ですが、どういう期待あるいは大事さがあると感じられるかというようなことを話させていただきます。

大学の「農学」では何を教えているか

大学での「農学」ですが、ここに括弧をつけています。「農学」という言葉、「地力」「無施肥栽培」、大体これは一般的な言葉の意味が、あまりハッキリしていない。私が感じるところの、「農学」であり「無施肥栽培」という、理解するところのという意味で、注釈をつけさせていただくために、あえて括弧をつけさせていただいております。

まず、植物が収穫できる・収穫ができない。そしてたくさん収穫できるか、少ししかとれないか。夥しい要因つまり理由によってそれが決まります。教科書的と申しますが、私たちの周りでは、大体五つくらいの主要要素でそれが説明されます。最初の三つは光と水そして土から供給される無機栄養素です。栄養素として窒素・リン酸・カリをはじめと

して、あと主要元素がずらりと並んでいます。それに加えて温度が適切でなければ植物は育ちません。さらに一番最後に一番厄介なものがくつづいていますが、生物的環境です。生物的環境というは一番問題になるのは病・虫・雑草害です。無施肥栽培においては最も挑戦的なこととして取り扱われているのではないかと拝察いたします。そのうち、光、水、土および温度の四つはよく環境資源といいます。日本だけじゃなくて他の国々の農業をみてても、農業の生産性が高いところ、そうでもないところということを考えるときに、土地の資源、環境で与えられている気候とか風土という言葉も良く使いますけれども、そういう資源がどれぐらいあるかというような表現をします。

そして温度というのは、元来ですね低すぎれば植物は育たない。高すぎれば植物は機能を低下させる。適温というものがある。それは経験的に直ぐに感じられるわけです。稻の場合だと、大体夏作物はそうですが、大体 10°C より下では育たない。 30°C を超えるとややくたびれてきて、大体 37°C ぐらいを超えて 40°C に近づくと、かなり調子が悪くなると理解されていて、その範囲の温度域で場所と作期を選んで栽培されるということになります。それを前提として農業が営まれて私たちの稻作の季節があるわけですから、これは前提とされることが多いので、光と水と土というのが栽培するときの一番の関心事になります。

このうちさらに、光は制御できません。ですから水をやり、土を管理するということが栽培の基本と、釈迦に説法で大変恐縮なのですが、そういうふうに理解いたしておりまして、学校の授業でも必ずそれを最初に申します。

そういうことは昔からの、まあいわば人間の共通理解だといえるやに思います。というのは今さら言わなくても、例えば旧約聖書の創世記の最初の部分では、例えば天地創造の段階で先ず光を与えて大空の上に水を置いて、これは降雨のことですね、そして土を海と隔てて作ったと。正に光と水と土というものがあって、その上に種を蒔いて、青草と種類にしたがって種を持つ草とを蒔くようにしたと。農業そのものであります、それが最初の認識であって、基本的には農業はそういう光と水と土によって成り立つものであると言えます。

这样一个ことを基礎にしまして、光と水というのは大事なものだと言えます。なぜ大事かというと、植物というのは CO_2 、二酸化炭素を葉の中に取り入れて、そしてそれを有機物に変えてくれる。ただしそのときは必ず植物は口を開けます。口というのは気孔という口です。葉の表面にある。断面を見たら気孔とよばれるところを開けることによって二酸化炭素を取り入れ、必ずその際は水が出ていく。その量というのは取り入れる二酸化炭素の重さにして数百倍ということが分かっています。だから水がないところには植物は生えないし、農業も水がなければ成り立たないというのは当たり前のことです。でもこの常識が履がえせるんじゃないかという期待が時々私たちの身のまわりでもあります。それは絶対に有り得ないというようなことを認識するために、水は下から入っていって、葉っぱから飛ぶように抜けていくというような仕組みになっているというようなことを習ったりしています。

水がなければ植物が育たないというのは、今年アメリカの大豆を見に行って実感しました。同じ場所で灌漑の施設がある場合とない場合を比較しますと、大きく違うものです。その水は、土の根の表面の根毛というところや、表面そのものもありますけれども、そこから入ってくるんですけれども、真ん中の管がある中心柱というところはワックスみたいなもので守られていて、そこに入ってくるときに、ある抵抗を超えて入ってくるんですけども、その時の仕組み的なものもいろいろわかっています。その後中心柱というものに入り、そこから上には蒸散に応じて、蒸散というのは水が大気中に抜けていくのに応じて水を引っ張り上げる力が生じ、ピューっと上がっていくというのが基本です。

大体同じように無機栄養素もだいたい水と一緒に入ってきます。ただし、水に入っていますも入れない場合があり特別の仕組みに応じて入ってきたり、分け隔てられながら入ります。入ってくるときに植物というのは細胞が膜という物で守られていて、そこにのべつまくなしにいらんものが入ってきたら困るから、そういう仕組みがあるんだということが詳しく分かってきています。

そして、それを司っている遺伝子というのが、一生懸命研究されています。稻では、大事だとされるいろいろな生理的な機能というのに対応している遺伝子というのを、皆競争して調べて、その仕組みを明らかにして、それでわかつてくると新聞に載ってたりします。こういうのが今の大きな流れで、ずっと研究されています。そして私たちも、実は無関係ではなくて、大事だと思う形質、葉の光合成なんかを調べることがあります、そういうものを調べたりするわけです。

そういう大事な形質というのが長年の研究で分かってきて、それを色々総合するといいますか、組み合わせて、温度と光と水だけを考えると収量はこうなる、というようなこともコンピュータ上で計算できるようになっている。それは大事なのは温度と光と水のみということなのですね。だから土がどうなっているか、それから厄介な病、虫、雑草害というはどうなっているかというのは、一応置いておいて、大事だとされる側面を調べる。それを積み上げると、収量というものはわかるようになってきました。

こういうふうに今の農業の科学、農学といわれる現時点の分野では遺伝子から、それからマクロっていいますけれども、そういう視点まで色んな研究者がやっていて、細かいこと、遺伝子をつきとめるとかそういうことが、今非常に盛んに行なわれています。それでどんどん植物がどんな仕組みを持っているかがわかつてきました。

これまでの農業技術の発展について、学生たちがまず習うことは、水を供給するようになってきたこと。施肥という形で無機栄養素を供給するようになってきたことです。そして有名なのは、肥料をやりすぎるとかえって作物が穫れなくなるということがよく言われる。一番端的には稻などの場合は昔のタイプの稻ですと、背が高くなってきて倒伏しますけれども、そういうことが起こりにくい背の低い稻が開発されたのが、日本には元々ありましたが、国際的に開発されたのが40~50年前で、そういうものが世界を救ったと言われるわけですね。緑の革命です。そういうものがあつたんです。病虫害は、病虫害に強

い遺伝子をもつ稻を作ること、そして化学的に防御することによって克服されてきた。低温、高温の克服も、先ほどは前提みたいなものだと申し上げましたけれども、暑さ寒さに強い稻というのは精力的に開発されてきました。

そうすると農業の生産が解明されてくるかというと、それが簡単ではないということもわかつてきました。

例えば、光合成と言いますけれども、葉の二酸化炭素を有機物に変える一番基本的な営み、これを遺伝子の改変によって 50%上げてやると収量が上がると先ず考へるわけです。私たちはそういうふうに端的に考えちゃうわけです。学生さんなんかもっと考えます。

ただし、遺伝子の改変、改変とは遺伝子組み換えだけをさすわけじゃないですよ、稻という植物が野生植物から栽培化されて段々穂の大きいものが選ばれてきて、粒の落ちにくいものが選ばれてきてと、そういうことも含んで、何らかの遺伝的な変化が起るくらいのゆっくりした変化を含んだものとして鷹揚に捉えてください、これはずっと言われてきたことです。

方法はともかくとして、遺伝子組み換えでそれが可能だということだったら、光合成にとって一番大切な遺伝子のはたらきを 1.5 倍の量にしてやったらどうなるかというと確実に光合成は上がるだろうと。そういう想像するものです。ですがそれが可能で合っても光合成自体は 5 割も上らないということはわかつています。仮に葉っぱの光合成の能力が 5 割上がったとして体が同じだけ大きくなるかというと、そのとおりにはならない。例えば、ある仮定のもとでの計算では 2 割弱くらいは大きくなれるかもしれない、といことがわかっている。だいぶ薄まるわけです。

それで、さらに実がどれくらいとれるかということになると、プラスかマイナスかわからぬ。これはまあ、ある仮定のもとでの計算ですよね。現代の農学が解明している植物の仕組みの一つを変えてやったとしても、それが増収するかどうかはまた別の話だという難しさが、随分意識されるようになりました。

実はですね、だからといって全然意味がないとは思ってなくて、このプラスになるかもしれないし、マイナスになるかもしれない、それは 5%かもしれないし、2%かもしれない、でもプラスが確実のことだったらものすごく大きな意味があると私たちは思っています。確実であれば、こうなれば必ず 5% 実が増えると言われれば、それはぜひやってみたいと思っております。

もうひとつ簡単にいかない話として温度障害があります。イネが、低温になると実のつきが下がってくることはよく知られていいて夏の低温で起こる。それが、今までわかつてゐる範囲で言えば、同じ品種でも栽培の仕方によって、稔実の悪くなる温度が随分違うということがわかつています。要するに、いろんな要因によるんだということが大事です。もう一つ暑い方の障害、数年前に中国内陸部で半作の水田がいっぱい発生しました。その理由は夏の暑さでした。高温不稔と呼ばれます。今年もそういう兆候があるかどうか、まだ私は聞いておりませんけれども、場所によつては、あるかもしれません。

私の勤めております研究室の前の教授が随分先駆的な研究をされて、花が咲く時の温度が35度を超えると稔りが大きく下がってくるということを明らかにして、こういうのは将来の稻作がどうなるかについての非常に重要な資料になっています。ですが、オーストラリアへ出かけて行った人が現地で調べていってみたら、40度位になってもちゃんと稔っています。こういうこともあります。

最近は大分わかってきて、これは前からもそう感じられていましたけれど、高温になるとイネが稔らなくなる現象はいわば熱中症だと考えられています。気温は高くてもいいんですけども、非常に不快な、汗が乾かないような条件だとイネも体温が上がってしまい相当へばってしまい、そういう場面では障害がでやすい。オーストラリアの乾いたところで、蒸散による冷却効果があるようなところでは結構平気だと、そういうことがわかるわけです。ただし、それがすべてかどうかはわかっていません。

イネの状態にもよるので、条件によっては焼畠のイネのように、雑草がものすごく大変なところでは、今の背の低い品種のイネを持っていても、何の役にも立たない。あるいは、普段はあまり水はないけれども場合によっちゃ水に浸かってしまうようなところでは、とてもではないけれどうまくいかない。そういうところでは今わかっている品種というのはあまりうまくいかない。むしろ元々の品種のほうがいいっていうふうに理解されます。収量を上げることは、一筋縄ではいかない。それから農業において「おいしいものが取れる」ということを完全に説明できるほどにはぜんぜんわかっていない。ましてや将来の予測ができるほどかといえば、そうではないという状態にあります。植物のはたらき多くのことが明らかになった農学の到達点をもってすればすべての問題が解決できるかといえば、そうではないということを申し上げざるを得ません。

「無施肥栽培」への驚き

一方ですね、4年ぐらい前ですね、前から存じ上げてはいたのですが、当時まだ栗東町にあった長期無施肥田を見せていただきました。学生たちと一緒に栗田先生、小林先生にご案内いたしましたけれど、私たちが収量調査をする感覚でいえば、400kg/10aはある。長期無施肥で、ものすごくりっぱで、生育が旺盛で、穂が大きくて、調べたわけじゃないですけれど、確実に400kgはありそうだ。それから病虫害がほとんど探しても、少なくとも私には認められなかった。ほぼ皆無で、あと熟色が綺麗でね、「きっとおいしいんだろうな」ということを素直に感じました。

それは特殊かという問題があります。2年前の水田見学会で、わたしとしてはその時がはじめてだったんですが、年数の違う田んぼをいくつも見せていただいて、どれもそれなりによく取れている。多少のムラはありますよ、多少のこぼこはありますけれどもね、私たちの周りで常識とされるよりはすごく取れている。小林先生が研究会で発表されているデータによりますと、最初はたいしたことはなかったけれども、年による変化もありますけれども、一度過去に下がったことがあるそうですけれども、どちらかといえば長期的に

見ればよくなっているほうだということになっています。

それをまたちょっと大学での教科書のことと比べます。この図は人類が如何に偉大かということを言いたい時に使うものです。千年ぐらいの間に日本のイネの収量をみると、中世でだいたい 10a 当りで 200kg です。それが過去 100 年の間にズドーンと上がっています。三圃式農業と輪作が行われた時代の中世の小麦作というのが、1t に満たなかった。ある資料によると 100kg がせいぜい、あるいは 50kg ぐらいがぜんぜん珍しいことではないというような低収だったのが、これは過去 100 年の間にズドーンと上がるわけです。これを可能にしたのは施肥だと理解されています。

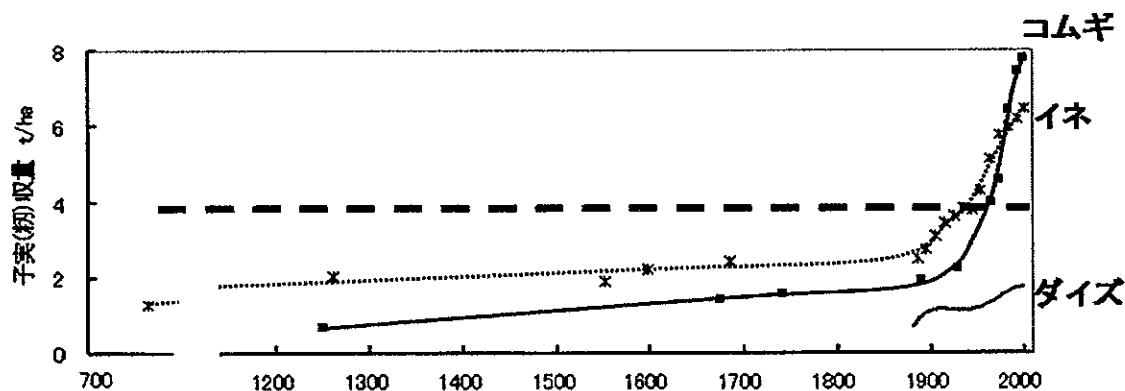


図1 英国のコムギおよび日本のイネ収量の変遷

稻村(2001), 森本(1999), Joan Thirsk(1985), 作物統計, FAO statisticsをもとに作図.

それまでは江戸時代でも並々ならぬ努力をした農民が、諸先輩の前で僭越ですけれども、ありとあらゆる使える有機物を持ってきて田んぼに与えた。そして水田という特色でもって、畑よりは肥もちがいいんですね、そういう利点でももってだいたい 2 倍ぐらい高い水準で推移してきた。それでもまあせいぜい 200kg まででした。江戸時代の後期になるとガガガっとまあ多収事例が出てくるのですけれどもそういうものを無視して平均化してみると大体そうなる。

歴史的に見てですね、こういう施肥のない時代の収量・取れ方はどうだったんだろうというのは、100 年ぐらい施肥しなくて管理した圃場なんかでも確かめられています。100 年ぐらい畑で施肥を与えなくて今も調べられている圃場というのはだいたい 100kg ぐらいなんだそうです。

それに対して、お見受けしたのは 400kg ぐらいです。説明できないわけですね。江戸時代よりも前、中世・近世に入る前の収量水準の 2 倍ぐらいだったということに非常に驚きを感じるわけです。

それについては近畿大学の奥村先生が、20~30 年前ぐらい前ですか、栗東町の長期無施肥田で随分お調べになっていまして、窒素固定と灌漑と降雨とかいうものでかなり窒素、肥料成分が入っているようだというふうにされています。ですが、流出量としては、田ん

ばかり出ていく肥料養分が普通の水田に比べて著しく低いということも明らかにされています。脱窒といって土壤から逃げていく窒素、空气中に逃げていく窒素、あるいは川や地下水へ逃げていく窒素、こういうものをあわせた量というものは、 $1/3$ 以下だった。窒素固定や灌漑や降雨による天然供給によって入ってくる肥料成分に対して、イネが自分で吸い上げる窒素の割合というのは、吸收効率といいますけれども、そういうのは非常に高い。こういう非常に優れた面が、どうしてこういうふうになってきたのか、あるいはどこででもこれが可能なのかわからないですね。まだそこにはあって、もう少し長く調査ができたらよろしかったのかもしれません。ですが、半分ぐらいから $2/3$ は説明できますけれども、すごいということだけわかった。

栗東町の近くの滋賀県草津市に長くあった農業試験場の長期試験区というのがあります。規模はものすごく小さいですけれども、それでも系統的に試験資料が取られていたということでお名です。それによると、まったく施肥を与えなかつたら、50から40年ぐらいの間にだんだん減つてくる。藁を戻す程度の控えめの有機物と言われていたようですが、そういう堆肥投入があるところでは、先程も申し上げたのと似ていますが、一旦減つて、ジリジリあがるという傾向が認められます。多分ですね、これに似たような推移を辿っているのではと私自身は思っています。

長期無施肥田でも何らかの形で土地の土壤の力が加えられていて、わかりませんけれども、何らかの上昇があるのではないかと思います。完全無施肥でもそういうことが可能になってきた理由はわかりません。窒素固定の活性が大きくなつたのか、詳しいことは申せませんけれど、あるいはこれはあり得るんじゃないかなと思うんです。

イネが使うことができる根圈土層、有効土層といいます。作土に根が圧倒的に多いのは当たり前ですが、耕盤の下に根ってけっこう行くんです。少しずつそういったものが増えているのか、あるいはイネの吸収能力が特別の栽培条件によって増えていくのか、私たちはわからないけれども、そういうことが解明できたら素晴らしいなと感じる次第です。

無施肥無農薬農業といいつつ、施肥が行われていないことだけに注目しましたけれども、今私たちは5つの環境要素が大事だというわけですが、無機栄養素が供給されていない、その生物環境が化学的にはコントロールされていない、という点で大きく異なることに驚いています。未発見のものすごく大事なことが含まれているのではと感じております。

天水稻作にみる「地力」の重要性

一方、諸外国では世界の稻作の半分近くが灌漑していません。水がやれません。徐々にそういうところは減つていますが、まだ半分近くはそういうところです。

私たちの研究室では、過去に東北タイの天水稻の調査をやってました。現在もある実験のために出向いたりしています。天水稻というところでは、水が引けないんだから雨水に依存しているから、水が生産の制限要因だろうというふうに思っていたら、そういう訳じゃなかった。本間先生がやったんですけども、収量が違うさまざまな田んぼの土を持つ

て帰ってきて十分に水をやってポットで栽培したら、土によってイネの生長が大きく違うんだそうです。そういうのがあって土から供給される養分はすごく大事で、それによって収量が著しく違うっていうことが見出されています。

あるいはラオスの焼畑地帯に滞在して実験をした人がいます。ここでは、長い期間休閑されているところではそこそこ綺麗なイネが出来るけれど、休閑が十分行えないところではイネはいろんな問題を起して取れない、というふうに一般的には考えられています。そういうところでイネの収量にとても関わるのはなんだろうと、その学生さんがこだわって調べたところ、やっぱり土だと思われました。だいたい土壤有機炭素含量で収量というのは大きく影響を受けるというようなことを知りました。土壤有機炭素含量とは、土に含まれている有機物の量です。

マダガスカルも、水を引いている場合が多いので天水田とは言わないんですけども、水が豊富じやないから半天水田というべき田んぼがたくさん広がっています。そこでもやっぱり土の良し悪しによって収量が違うということ分かりました。土を培養したときに出でてくる窒素の量、窒素無機化量が多いほど田んぼの収量が高いっていうことが分かってきました。加えて、マダガスカルで実験をした学生が非常に示唆的な経験をしています。かの地では水田のよく取れない原因のひとつが、湿田、排水が悪いからだとされています。土を乾かしてやったらどれぐらい効果があるかを調べたら、とても効果がありました。これは肥料養分、特に窒素の吸収が格段によくなりました。ところがですね、アンバランスを起しちゃったんですね。窒素とリンが非常に吸えたんですけども、ケイ酸とカリが付いて来なかつた。特に、ケイ素の吸収の方が大きく立ち遅れて、結果的にケイ素欠乏を起してしまうわけです。ケイ素不足を起してしまうとよくご承知のように病気が出ます。このためイネは大きくなても収量は低くかったのです。下手に肥料をやるとバランスを崩して、マイナスの結果を起してしまうということのひとつだと思います。

無肥研では、何もやらないことによって地力が維持できる、というと語弊がありますよね、土を信頼して余計なことをしないという哲学でやっておられると聞いております。方法については、有機物をやる、やらないという違いはあるかもしれませんけれども、土をよい状態にするというか生産的にするということがいずれにしても大事で、無施肥農業ではそういうのがベースになっているんだなと感じる次第です。

「無施肥栽培」への期待

小倉の無施肥水田を、昨年も今年も見せていただいております。申し遅れましたけれども私たちの研究室は無施肥水田で、小倉の水田で学生が調査をさせていただいていて、随分お世話になっております。長期無施肥のところで育っているイネの収量には品種の間でかなり変異があります。私たちはそういう条件で強いイネというのは形質としてどんなものかということはすごく興味があります。昨年は、無施肥条件でよく生育するイネはリンを多く吸っていました。今年も茎を切って、出液といって導管液を回収して濃度を調べた

りさせていただいている。それらを通じ、まだわかっていない潜在能力を引き出したいものだと思う次第です。

また、農薬を用いない栽培技術は可能かというの今は社会的な挑戦課題になっています。私自身は、農薬をやっぱり減らさなくちゃならない最大の理由は、栽培する人の健康にあると思います。桁違いに濃い農薬に長時間さらされますのでね。現在の農薬の安全性が高いということは一方からは随分聞いてはおりますけれども、栽培している人でそれを好んでいる人はやっぱりいません。近年では除草剤を含めて農薬なしでいかに作物を育てるかという研究が各地の農業試験機関で行われています。でもこちらでは、そのようなことを前からずっとやって来られているという点で、しかも成果を上げられてきた点で先を行つておられると思います。

農学は、繰り返しになりますが、作物生産の仕組みをすべては解明していないし、将来起こる問題を技術的に解決できるまでには至っておりません。一方、無施肥無農薬栽培にはいま大学で行われている農学の範囲で言えば未解明なことが多々含まれます。それだけに実践の経験を蓄積されているのは社会全体としてきわめて貴重だと私は思います。そういうことを意識されているかは別として、農業技術のもう一つのアプローチとして期待が大きいと思います。具体的なお話はできなかったのですが、今如何に土がうまく出来ているか、あるいはやり得るか。根だろうと思いますが、植物の機能をうまく引き出すかということに注目させていただいている次第です。

以上です。どうも、ありがとうございました。