

# 生態系農業体系で最大の作物生産を得るための基礎的研究

—作物の根系研究を中心として—

金沢大学教育学部

助 教 授 鯨 幸 夫

四国と九州を合わせた面積にあたる耕地が1年で砂漠と化し、また膨大な量の肥沃な表土の流出が世界中で問題になっているように、地球的規模での環境破壊が進んでいる。他方、世界の穀物生産が人口の増加に対応できず、近い将来には食糧危機になると危惧されている。1972年に発表されたローマクラブの成長の限界を引用するまでもなく、現在の食糧生産現場において、代替エネルギーの開発、資源のリサイクルと有効利用、食糧生産革命がうまく機能しているとはどうも考えられない状況にある現在、まさに自然環境と資源を保全したままで恒常的に食糧生産活動を実践するための技術確立が切望されている。

日本国内でも、作物栽培上の経費を削減させるための不耕起および直播栽培に関する研究が、根系生育の観点からも進んでいる。この場合、硬い土壌でも根系生育の抑制が少ない品種の育成が必要となるように、環境保全型農業を確立してゆく過程における根系研究は重要な部分を担っている。本項では、上記目的に添った根系研究に関して、稲を材料とした施肥反応を中心に検討してみる。

## 1) 施肥法の違いと水稻の根系形態

稲を栽培する場合、施肥法を変える事で根系形態に変異が生じることが知られている。古くから、肥料を与える位置によって根の張り方に差が生じることが知られており、一般に、肥料成分のある場所で根がよく発達する。例えば、暖地でコシヒカリを栽培する場合、出穂前32日に地表下12cmの場所に深層追肥を行うと、土壌深層部の根の活性が高くなり、根量が増加することが知られている。

深層施肥(15~25cmの部分)、全層施肥(0~25cm)、側条深層施肥(12.5~25cm片側)および表層施肥(0~8cm)がコシヒカリの根系形態に及ぼす影響を、根箱を利用したモデル実験を用いて検討すると(図1, 図2)、いずれの栽培区でも、施肥されている土壌空間で側根や根毛がよく発達していた(鯨, 1989)。根系サイズをみると、深層施肥区で最もよく発達しており、次いで全層施肥区、表層施肥区の順であった。側条深層施肥区では、施肥の有無によって根系の生育に著しい差が生じ、根が伸びる方向も土壌中の施肥部位にシフトする傾向が認められた(図2-3)。側条

## 本 号 の 内 容

§ 生態系農業体系下で最大の作物生産を得るための基礎的研究……………	1
—作物の根系研究を中心として—	

金沢大学教育学部

助 教 授 鯨 幸 夫

§ イネの育種における薬培養……………	6
---------------------	---

石川県農業総合研究センター 育種栽培部

農業研究専門員 小 牧 正 子

石川県農業短期大学農業資源研究所

所長・教授 島 田 多喜子

図1 根箱試験における施肥法の種類 (大きさ: 25cm × 25cm × 1.5cm 厚さ)

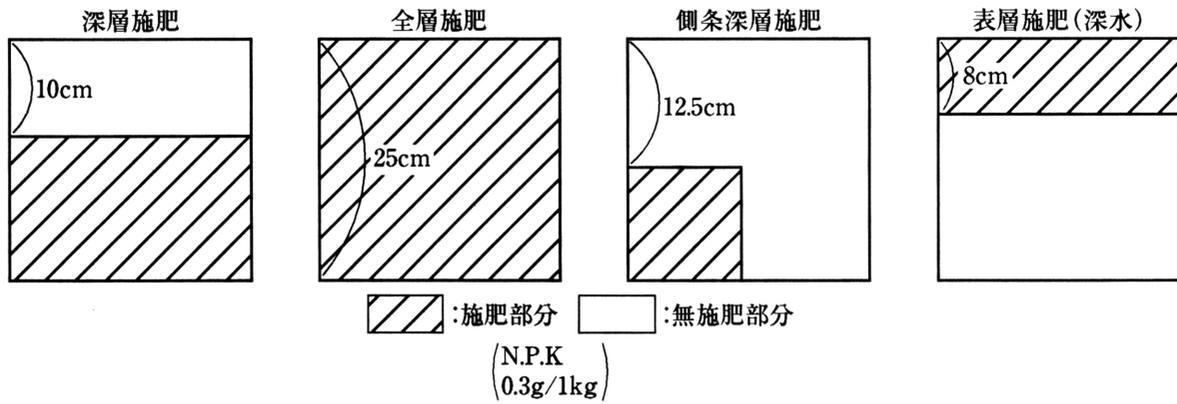
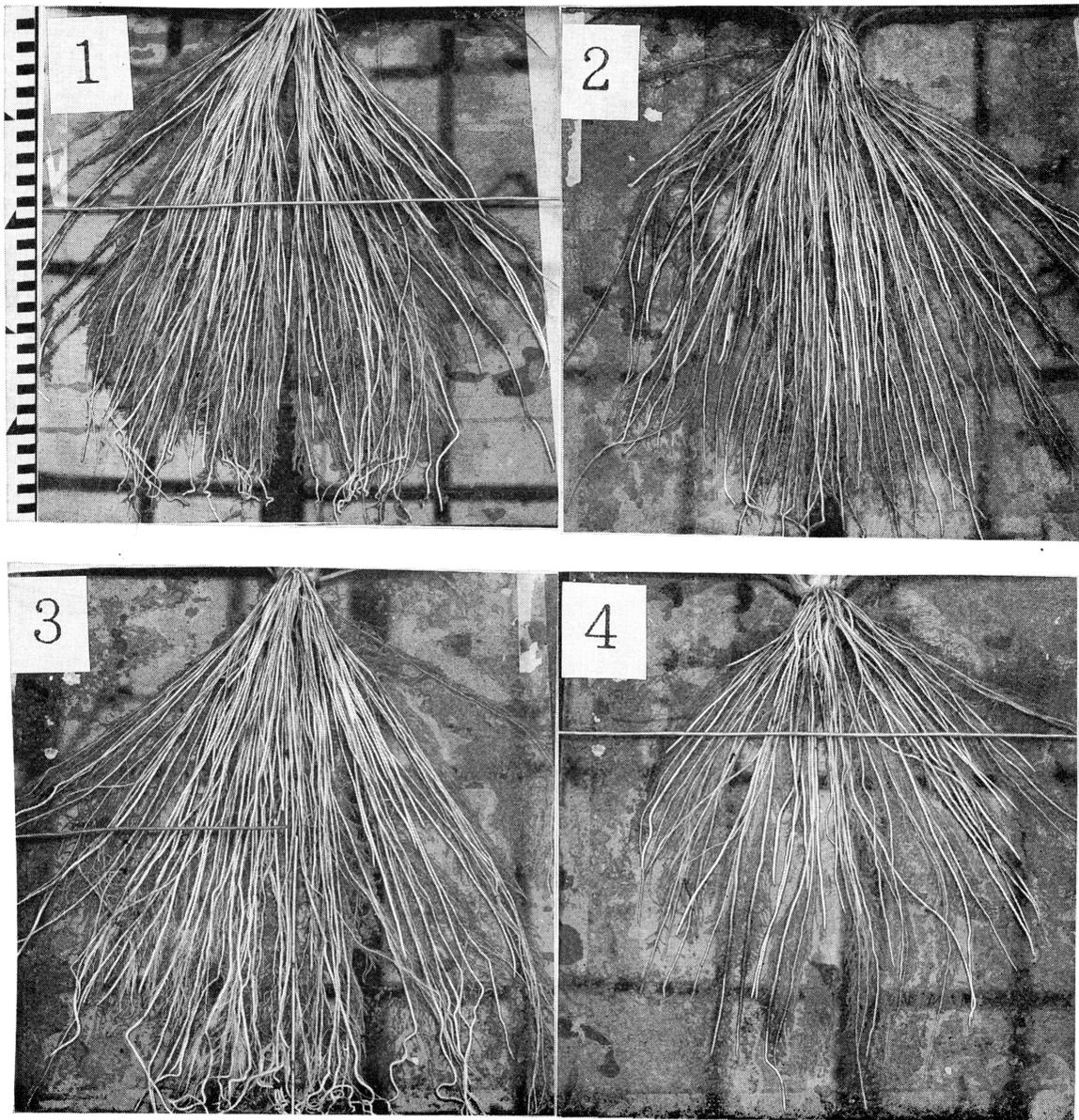


図2 施肥法の違いによるコシヒカリ根系形態の変異

1 : 深層施肥, 2 : 全層施肥, 3 : 側条深層施肥 (片側), 4 : 表層施肥 (深水)



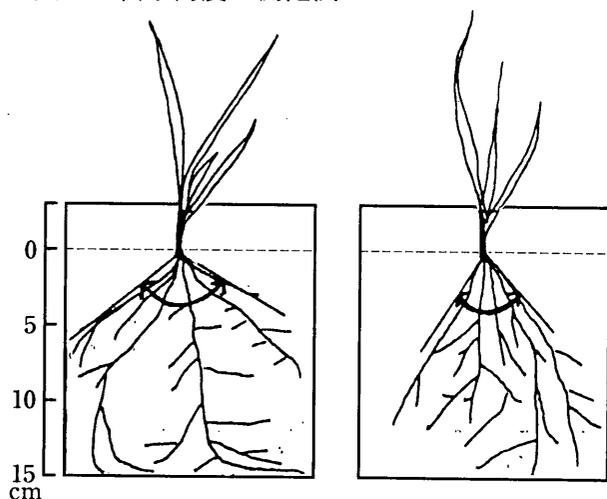
施肥で水稻を栽培した場合、穂ばらみ期の根は土壌表層部に多く分布し深層への伸長が少なかったが、全根重は全層施肥区と差はなかったという圃場試験の報告もある。モデル実験によると、表層施肥を行うと土壌表層に分布する根が多くなり、深層部に伸びる根が少なく、浅い根系を形成した。反対に深層施肥を行った場合、土壌深層における側根の発生が多くなり、根が長く伸びる傾向が認められた。

## 2) 施肥量と水稻根系角度との関連性

### (1) 品種間差異

施肥条件を変えて、根系の角度(図3)を検討したところ、施肥位置を変えても品種固有の根系

図3 根系角度の測定法



角度には大きな変化が認められなかった。施肥法および施肥量を変化させた場合に土壌中で示す水稻品種の根系角度の品種間差異について検討した結果を表1に示した。農林3号は狭い角度の根系を示し、陸羽132号は広い角度の根系を示すことが特徴的に認められた。また、コシヒカリの生育途中で、人為的に断根処理を行ったり、土壌温度を低温(18℃)にした場合でも、各品種が示す固有の根系角度に有意な変化は認められなかった(鯨ら, 1988)。施肥量を変えて栽培した場合、節根の長さや側根・根毛の発達程度は変化するが、品種固有の根系角度には大きな変異が認められないことから、根系角度は遺伝的に制御されている形質であると考えられた。

### (2) 半わい性遺伝子の影響

地上部の草型を支配している半わい性遺伝子が根系形態に及ぼす影響について検討した。Calrose 76はCalroseから人為的突然変異によって育成された半わい性品種であり、レイメイはフジミノリから人為突然変異によって得られた半わい性品種である。これらの半わい性遺伝子は1個の劣性遺伝子によって支配されており、この遺伝子は低脚鳥尖に由来する半わい性遺伝子と同じ遺伝子座に存在すると考えられている(菊池ら, 1985)。半わい性品種を含んだ数種の品種を用いて、半わい性遺伝子が根系角度に及ぼす影響について検討

表1 施肥法の違いによる根系, 地上部の生育(平均値)

品 種	施 肥 法	葉 色 (SPAD)	茎 数 (本)	草 丈 (cm)	地 上 部 開 度 (度)	根 系 開 度 (度)	根 系 占 有 面 積 (cm <sup>2</sup> )
農 林 3 号	深 層 施 肥	38.4	14.5	63.0	40.5	70.5	319.5
	全 層 施 肥	38.3	17.5	77.5	42.5	77.0	314.1
	側 条 深 層 施 肥	33.8	9.5	77.5	35.0	78.0	390.8
	表 層 施 肥 (深水)	40.3	8.0	68.0	45.0	90.0	350.7
陸 羽 132 号	深 層 施 肥	39.3	14.0	85.0	45.0	130.0	525.8
	全 層 施 肥	36.0	17.0	83.0	39.0	82.0	483.6
	側 条 深 層 施 肥	34.5	11.0	74.5	40.0	79.0	409.7
	表 層 施 肥 (深水)	34.0	9.0	79.0	45.0	156.0	540.6
コ シ ヒ カ リ	深 層 施 肥	38.7	14.0	83.0	43.0	82.0	428.3
	全 層 施 肥	38.7	17.5	76.0	42.0	73.5	365.1
	側 条 深 層 施 肥	36.3	10.0	61.5	36.5	85.5	451.9
	表 層 施 肥 (深水)	35.3	8.0	76.0	55.0	97.0	328.7

表2 根系角度および各生育量の品種間差異

品種名	根系開度(°)	根数(本)	根乾物重(mg)	草丈(cm)	茎数(本/株)
藤坂5号	58.29±2.52	25.74±2.01	56.67±5.18	19.60±1.01	1.00
フジミノリ	81.74±2.68	30.00±1.40	72.33±7.21	23.62±1.00	1.05±0.05
レイメイ	73.38±2.43	32.18±1.69	89.90±9.12	24.06±0.99	1.08±0.08
低脚烏尖	105.84±3.89	38.11±1.28	96.00±5.57	26.44±0.58	3.83±0.12
Blue Bonnet	58.67±3.11	18.30±0.82	74.40±7.95	23.41±1.30	1.00

平均値±標準誤差

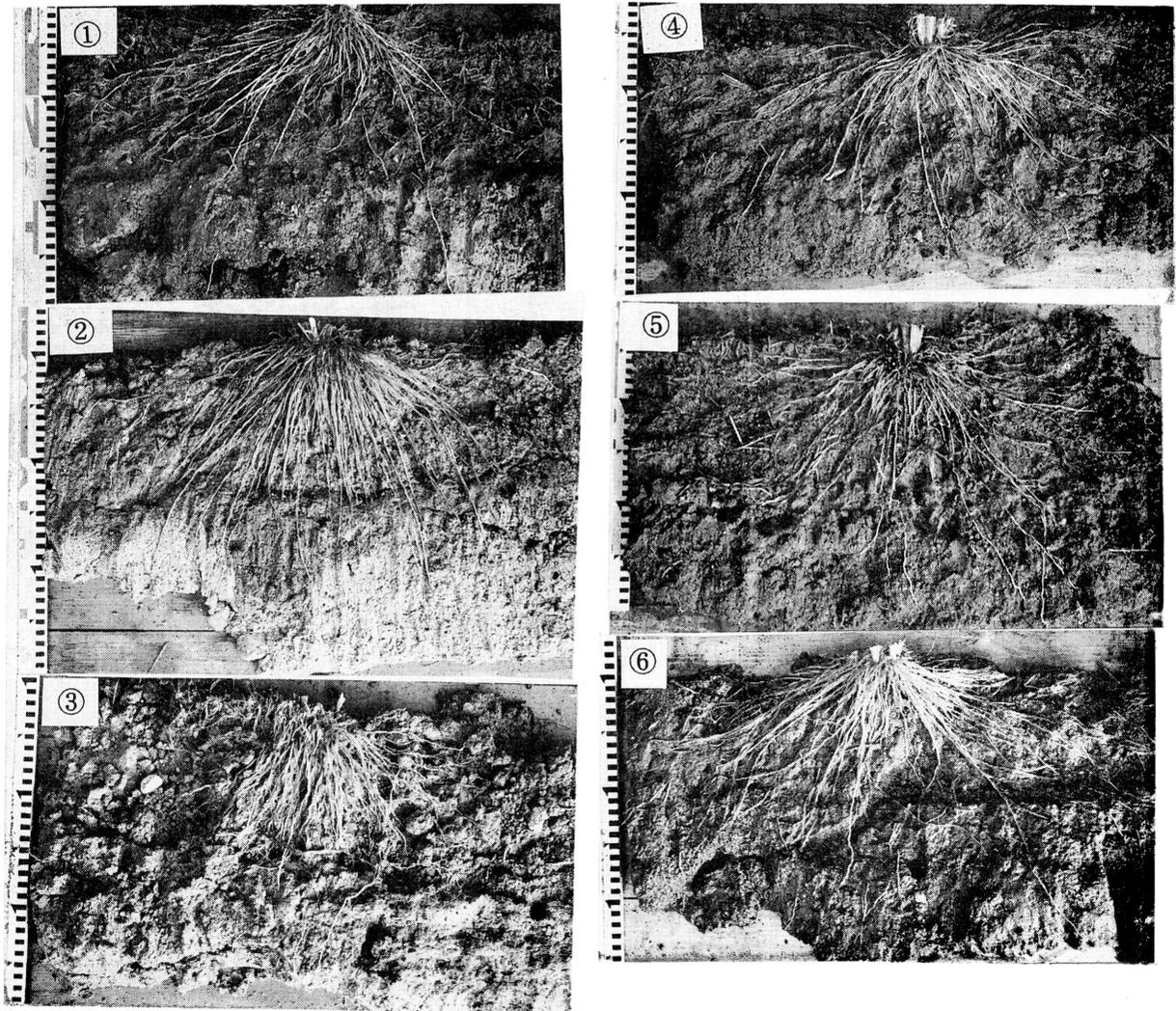
した結果を表2に示した(鯨, 1991)。藤坂5号は狭い角度の根系を、低脚烏尖は広い角度の根系形態を示し、レイメイ、フジミノリは中間の根系角度を示していた。レイメイと低脚烏尖との根系角度には明らかな差が認められることから、地上部の

草型に影響を及ぼす半わい性遺伝子が、根系角度を決定しているとは考え難く、根系角度は別の遺伝子によって支配されていることが示唆された。

3) 施肥の量と種類と根系との関係

施肥量と肥料種類の違い、および施肥時期は、

図4 施肥法および施肥量の違いがコシヒカリの根系形態に及ぼす影響



①多肥条件(慣行栽植密度, 深水), ②多肥条件(疎根, 深水), ③慣行栽培(中干し処理), ④有機栽培(堆肥, 深水), ⑤有機栽培(堆肥+有機リン酸, 深水), ⑥自然農法

根の生育に大きな影響を及ぼしている(図4)。基肥を与えずに深水栽培を行ったコシヒカリは、土壤中の広い範囲に豊かな根系を発達させていた。この場合、標準栽植密度で栽培するよりも疎植栽培の方で、株の直下方向へ伸長する根が多くなり、土壤深くまで根が分布していた。基肥を施用して疎植栽培を行った場合、節根数が増加して土壤中の広い範囲に根が分布していた。有機質肥料である籾殻堆肥を1t/10a施用した場合、化学肥料を用いて慣行栽培した処理区に比べて根が土壤深くまで伸長していた。籾殻堆肥(1t/10a)と有機質リン酸肥料を併用して栽培した場合には、堆肥だけ施用した栽培よりも根は直下方向によく伸長し、土壤中における根系の分布域も広がっていた(鯨, 1990)。自然農法で栽培したコシヒカリの根系は、比較的浅く、株の直下に伸長する根が少ないため、株の直下に根の分布が少ない空間ができる傾向が認められた(鯨, 1990)。しかし、化学肥料を施用した普通栽培よりも自然農法で栽培した方が根量が多く、根が茶褐色を呈しているという報告もある(片野ら, 1983)。

## まとめ

水稻の根系形態は、施肥法、施肥量および水管理といった栽培管理の違いによって変化するが、品種固有の特徴として示される根系角度は、遺伝子によって支配される現象であると考えられる。

生態系を維持した形で農業を実践するための技術確立が要求されている現在、農業が環境に及ぼす負の要因の改善策と正の要因の促進が検討されている。たとえば、水田からのメタン発生を抑制する培培管理技術(鯨, 1995)や、不耕起栽培、直播栽培に関する技術や直播栽培用品種の育種等である。いずれの要因も水稻品種の環境適応性や遺伝的変異の解析といった基礎的研究を進展させることで、解決の糸口を見出すことが可能であると考えられ、今後の研究が期待される。

## 引用文献

- 片野 学 他：日作東北支部会報, 21: 1—4 (1983)  
菊池文雄 他：農技研報 D, 36: 125 (1985)  
鯨 幸夫, 長谷川和久：日作紀, 57 (別1): 11—12 (1988)  
鯨 幸夫：日作紀, 58 (別1) 24—25 (1989)  
鯨 幸夫：農業および園芸 65: 1193—1195 (1990)  
鯨 幸夫：北陸作物学会報, 26: 31—34 (1991)  
鯨 幸夫：日作紀, 64 (別2): 159—160 (1995)