

### 窒素栄養よりみた作物の生産性 (2)

北海道大学農学部

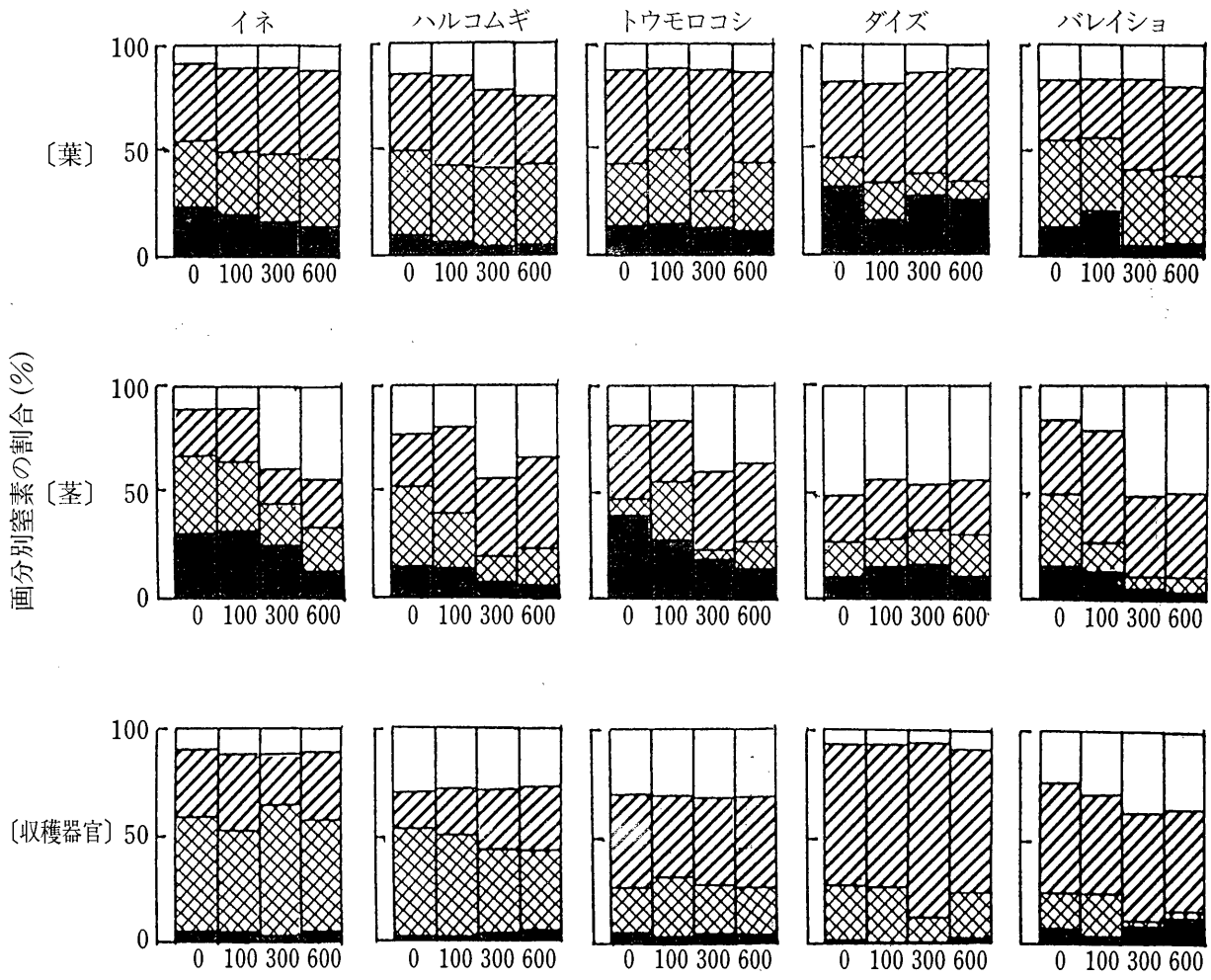
助手 大崎 満

#### 4. 窒素化合物の代謝と転流

パラメーター解析においては収穫期の状態量だけに基づいて窒素が最終的にどのように分配されるかの法則性について述べたものである。次に、生育中の作物の窒素代謝や分配と生産性との間にはどのような関係があるかを論じる。ここでは窒素代謝の概略を知る目的で、画分別窒素割合とアミノ酸組成におよぼす窒素施与の影響について調査した。<sup>8)</sup>

エタノール画分は主にアミノ酸や低分子窒素化合物、SP画分は可溶性タンパク質、SDS画分は膜結合性タンパク質、残渣画分は細胞壁結合性タンパク質と考えられる。葉、収穫部位の画分別窒素割合は窒素施与量に係わらず一定であるが、茎ではダイズ以外エタノール画分が300N区で急激に多くなる(第5図)。これはイネでは遊離アミノ酸態N、ハルコムギ、トウモロコシ、バレイシヨでは硝酸態Nが急速に増加したためである。こ

第5図 登熟中期における葉、茎、収穫器官の画分別窒素割合



窒素施用量 (kgN/ha)

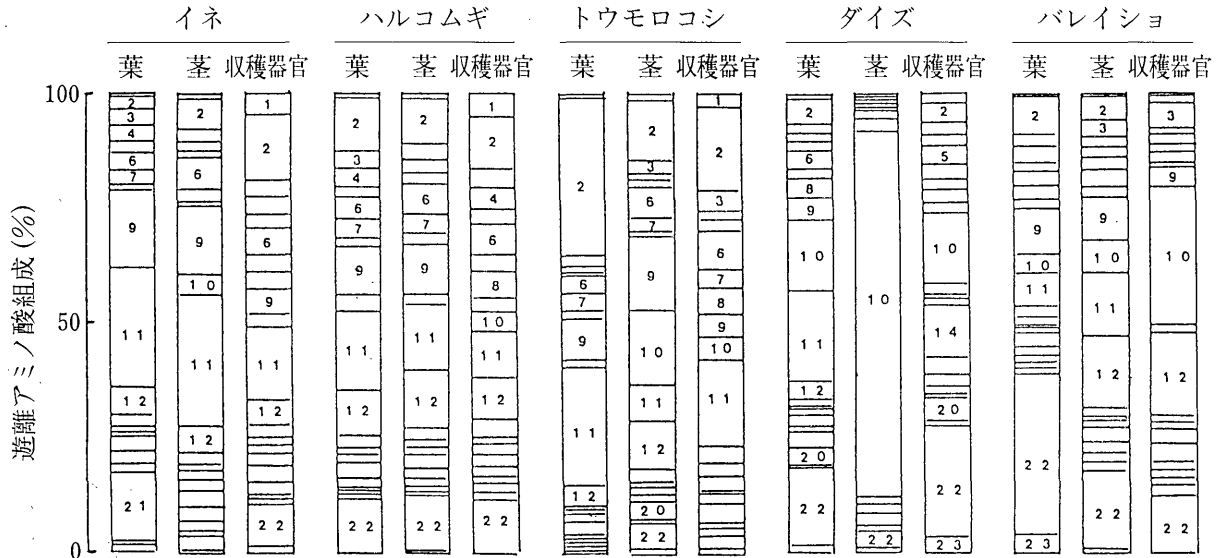
(□ 80%エタノール可溶性窒素、▨ 可溶性タンパク態窒素、▩ SDS可溶性窒素、■ 残渣窒素)

れら茎中窒素の増加は窒素施与量の増加に対応して高まるものでなく、高窒素区において急速に集積することから、窒素分配の機構はある許容量を越えると段階的（漸次的でなく）に変化すると考

えられる。

第6図に登熟盛期の遊離アミノ酸組成、第7図に登熟盛期のタンパク質態アミノ酸組成を示した<sup>9)</sup>。これらアミノ酸組成は登熟期間を通してほ

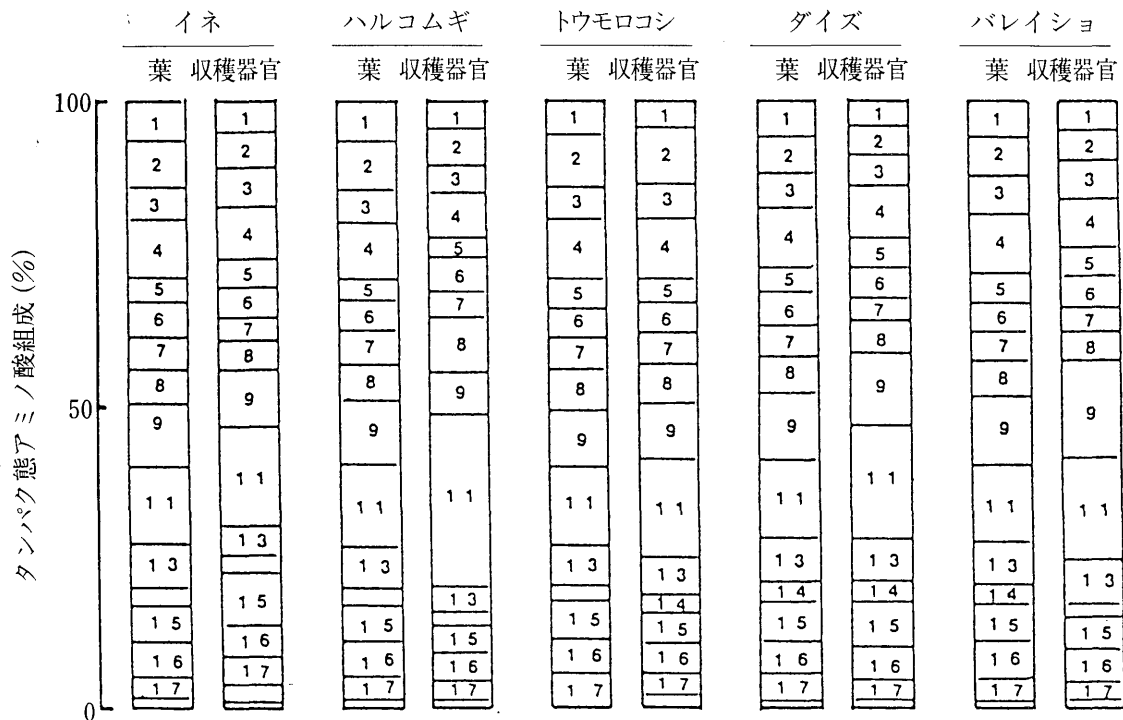
第6図 登熟中期における遊離アミノ酸組成 (値は乾物ベース、数字は3%以上のものについて記入)



1. グリシン, 2. アラニン, 3. バリン, 4. ロイシン, 5. イソロイシン, 6. セリン
7. スレオニン, 8. プロリン, 9. アスパラギン酸, 10. アスパラギン, 11. グルタミン酸, 12. グルタミン
13. リシン, 14. ヒスチジン, 15. アルギニン, 16. フェニルアラニン, 17. チロシン, 18. システイン
19. トリプトファン, 20. メチオニン, 21. シスチン, 22. γ-アミノ酪酸, 23. その他

第7図 登熟中期におけるタンパク質態アミノ酸組成 (表示は第6図と同じ、

ただし、9はアスパラギン酸+アスパラギン, 11はグルタミン酸+グルタミンを示す)



とんど変化しないこと<sup>10)</sup>、また、窒素供給量を変えたり<sup>8)</sup>、窒素、リン、カリの欠乏(三要素試験)<sup>7)</sup>によってもこれら各器官でのアミノ酸組成はほとんど変化せず、広範囲な生育条件に対してアミノ酸代謝機構はこれまで考えられているよりも安定であるといえる。さて、登熟に際しては茎葉の構成タンパク質が分解されて収穫部位へ転流し、そこで新たなタンパク質が合成される。各遊離アミノ酸プールは安定であることから葉→茎→収穫部位へとアミノ酸が転流するに従ってそれぞれのプールのアミノ酸組成に組換えられる。また、葉のタンパク質態アミノ酸が葉で遊離アミノ酸となるとときに大きな組成の変化があり、また、収穫部位で遊離アミノ酸を素材としてタンパク質態アミノ酸が構成されるときにも大きな組成の変化を伴う。このように葉のタンパク質が分解し、収穫部位のタンパク質に再構成される際にアミノ酸において頻繁に炭素・窒素の組換えが起きている。このような機構がなぜ存在するのは現在のところ不明であるが、大きなエネルギー消費を伴うことだけは明らかである。いずれにしてもアミノ酸の組換えは頻繁に起るもののその組換え機構は極めて安定である特徴がある。

#### 5. 多収穫作物における窒素の集積・分配

最近、優良品種(系統)と性能の良い緩効性肥料の入手が可能となり、これまで北大圃場で得られていた収量を約2倍程度に高めることが可能となった<sup>9)</sup>。そこで、多収穫栽培下で炭素・窒素の相互作用がどのように改良されたかについて検討した。栽培条件は、標準よりやや密植とし、コーティング肥料を使用した。

収量、収量構成要素：乾物収量(t/ha)はイネで6.4、コムギで11.0、トウモロコシで11.4、ダイズで5.3、バレイショで16.3であり、コムギ、バレイショの収量は極めて高く、北海道の高収記録に匹敵する値であった。収量構成要素のうち、いずれの作物とも総粒数(塊茎数)がこれまでの標準的な収量に比べて多くなった。

乾物重・窒素集積量の変遷：乾物重の変遷を第8図に示した。これら各収穫作物は登熟期間中においても乾物増加は収穫期まで続いている。また、登熟期間中茎葉重はほとんど減少しないことから、収穫部位中の光合成産物はほとんど登熟中に同化されたものと考えて良い。したがって、多収であるためには基本的に登熟以前における茎葉での炭水化物貯蔵能力よりも、登熟中に光合成能を高く維持する必要があることを示している。

次に、窒素集積経過を第9図に示した。登熟前に茎葉に集積した窒素は多量に収穫部位へ転流するが、これはこれまでに報告されている標準的な収量を得た作物の窒素分配パターンと変らない。これに対して、多収穫作物では窒素吸収は収穫間際まで続く傾向があり、これまでの標準的な窒素吸収パターンによると登熟中はあまり吸収されないという傾向と著しく異なっている。

以上のことから、多収穫作物においては、窒素は茎葉から収穫部位へ多量に収奪されるものの、根での吸収能が高く維持されるために光合成が高く維持されていることを示している。

**Rubisco 機能と生産性**：Rubisco は炭酸固定系の主要酵素であり、可溶性タンパク質の約半分を占る。このことから、Rubisco は炭素・窒素の収

## 本 号 の 内 容

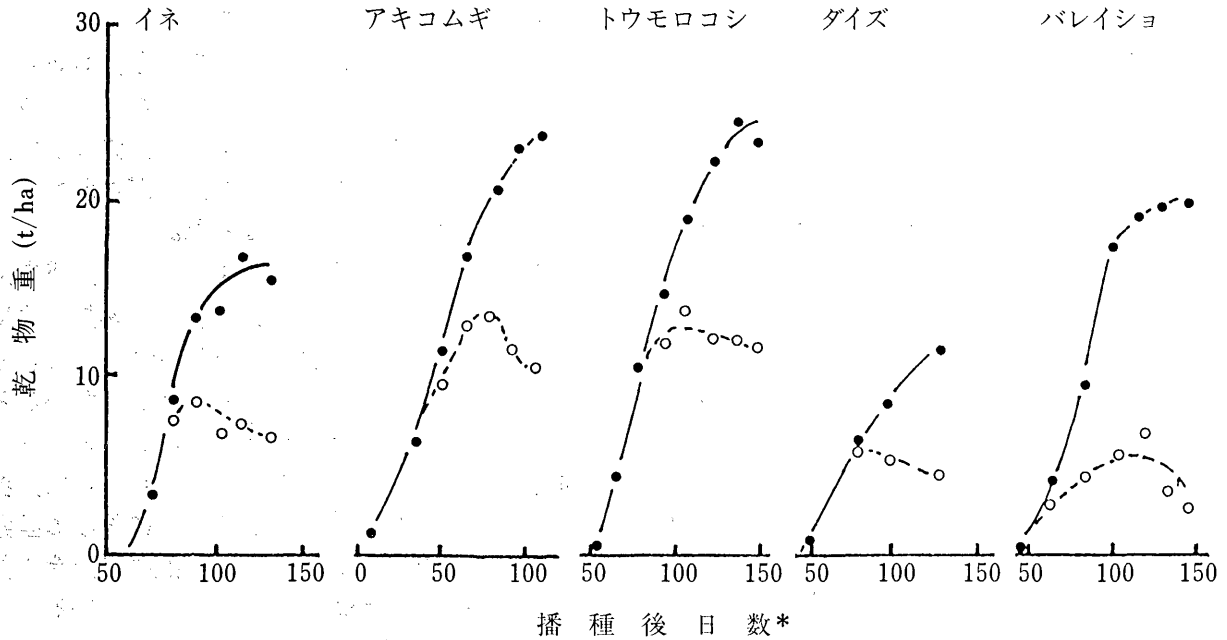
§ 窒素栄養よりみた作物の生産性 (2) .....	1
----------------------------	---

北海道大学農学部  
助手 大崎 満

§ 平成3年度農業観測の概要 .....	7
----------------------	---

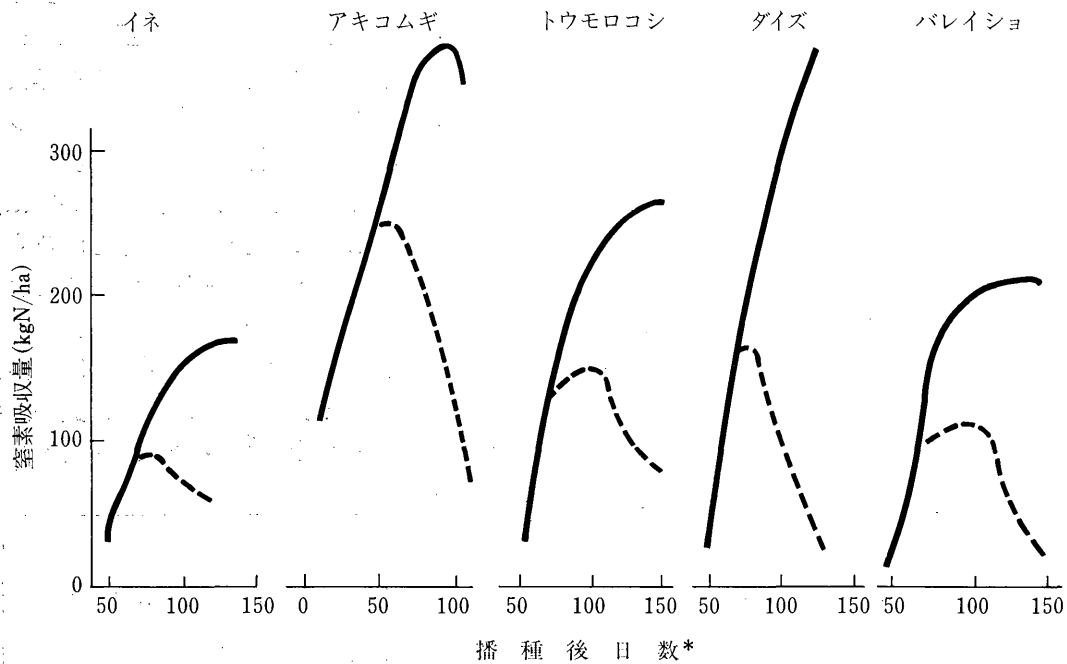
農林水産省官房調査課  
三上 徹

第8図 多収種作物における乾物重の変遷



●全植物体、○茎葉  
 \*イネは移植後、アキコムギは起生期後

第9図 多収種作物における窒素吸収経過



—全植物体、-----茎葉  
 \*イネは移植後、アキコムギは起生期後

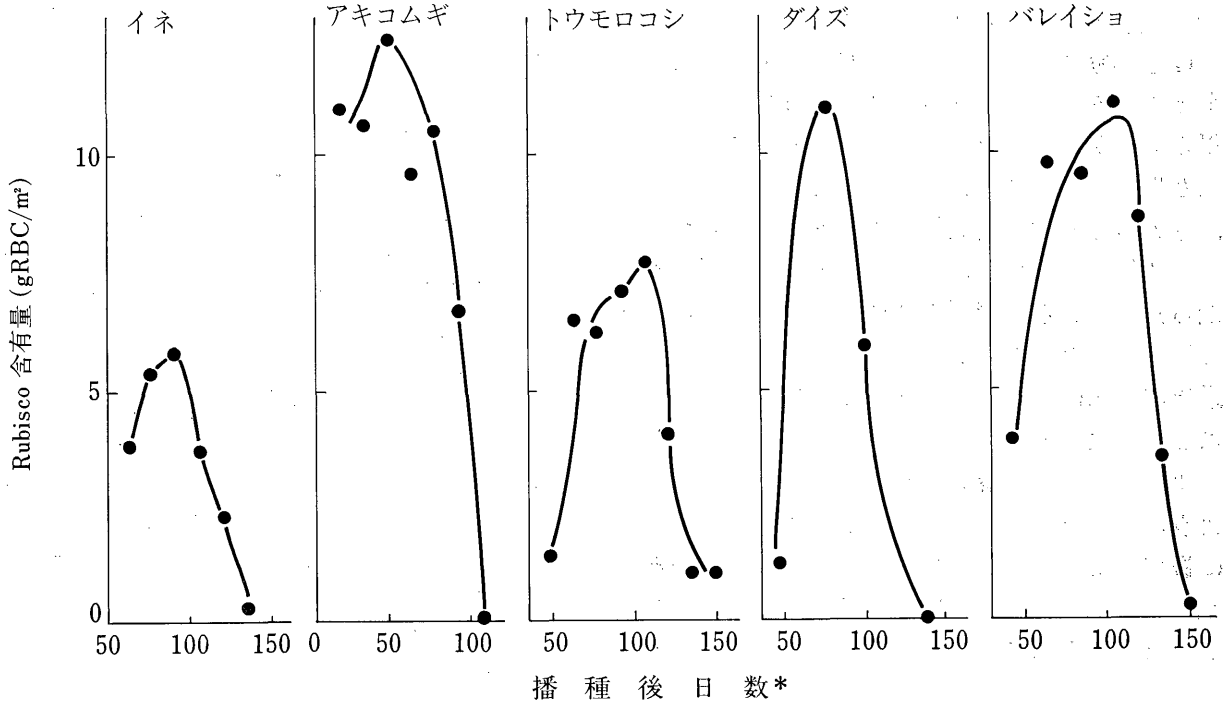
支や相互作用を考えるうえで重要なタンパク質といえる。

Rubisco 含有量は収量の多いコムギ、バレイショでは開花後低下するものの比較的高く保たれる

が、収量の低いイネ、ダイズでは開花後急速に低下した(第10図)、トウモロコシは C<sub>4</sub> 植物であるがイネよりは Rubisco 含有量は多く推移した。

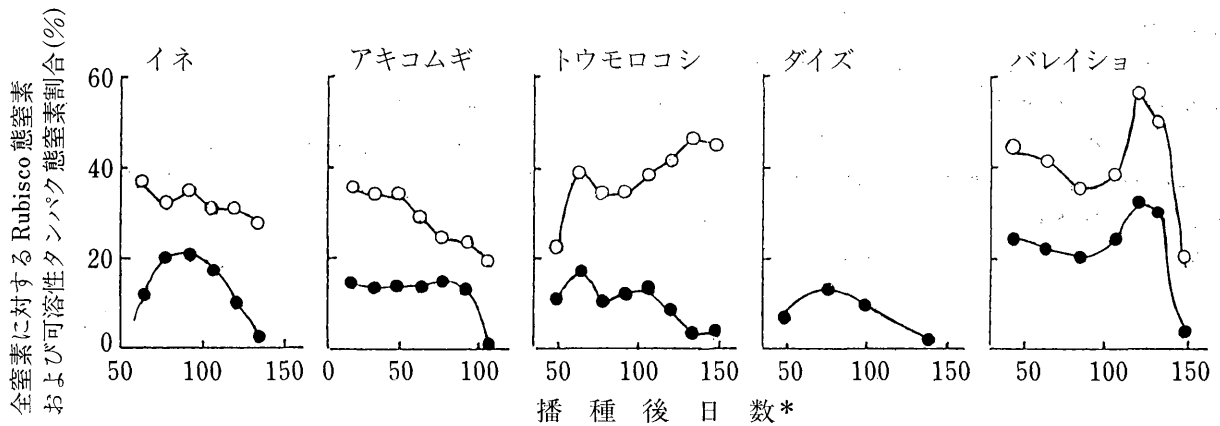
次に、全窒素に占る Rubisco 態窒素の割合を求

第10図 多収穫作物の葉における Rubisco 含有量の変遷



\*イネは移植後、アキコムギは起生期後

第11図 多収穫作物における米の全窒素に対する Rubisco 態窒素および可溶性タンパク態窒素の割合



\*イネは移植後、アキコムギは起生期後、  
●Rubisco 態窒素割合、○可溶性タンパク態窒素割合

めた (第11図)。この値は収量の高いコムギ、バレイショでは登熟中一定か高く保たれるものの、収量の低いイネ、ダイズでは開花後葉の窒素中でも Rubisco 態窒素が優先的に減少している。つまり、登熟中においては光合成能を高く保つ必要があるにもかかわらず、主要な炭酸固定系の酵素量を十分に保てないと低収となるものと考えられ

る。

### 6. まとめ

以上のごとく、炭素の収支だけに基づいて収量制限要因を解析するよりも、炭素・窒素の相互作用を通して乾物生産能を解析することにより、より多くの情報が得られることを示した。また、これまで根の機能は重要であると考えられて来たに

もかかわらず乾物生産能を論じるときに中心的な役割を演ずることがなかった。ここで示したモデルでは登熟期における根の活性維持が極めて重要であることを示唆しており、事実、多収穫作物では根の活性が高く保たれることにより炭素と窒素の相互作用がプラスに作用したと推定される。また、窒素の分配や代謝機構はこれまで考えられて来たのに比べて安定したものであることが明らかとなった。これらの情報を基に作物の改良点について検討を行なうことが可能である。

最後に、畑においてこれまで養分供給を制限することが困難であったが、コーティング肥料の出現によって、圃場で養分供給システムを解析出来るようになった意義は大きい。根の生育は土壌中では複雑であることには変りないが、養分供給能をうまく制御できるようになれば、水耕で得られなかった多くの知見が得られるようになるであろう。

今後は以上のような思考と資材の利用を通して根を中心にすえた乾物生産理論を構築したいと考えている。

## 7. 引用文献

- 1) K.J. Mc Cree and J.H. Troughton: Non-existence of an optimum leaf area index for the production rate of white clover grown under constant conditions. *plant physiol.*, **41**, 1615-1622 (1966)
- 2) A. Tanaka and M. Osaki: Growth and behavior of photosynthesized  $^{14}\text{C}$  in various crops in relation to productivity. *Soil Sci. plant Nutr.*, **29**, 147-158 (1983)
- 3) 大崎満・田中明: 水稲における同化  $^{14}\text{C}$  の残存率, 土肥誌, **49**, 217~220 (1978)
- 4) 石塚喜明・田中明: 増訂改版水稲の栄養生理, p. 219 養賢堂 (東京) (1969)
- 5) M. Osaki, K. Morikawa, M. Yoshida, T. Shinano and T. Tadano: Productivity of high-yielding crops (part 1). Comparison of growth and productivity among high-yielding crops. *Soil Sci. plant Nutr.*, (in press)
- 6) M. Osaki, K. Morikawa, T. Shinano, M. Urayama and T. Tadano: Productivity of high-yielding crops (part 2). Comparison of N, P, K, Ca, and Mg accumulation and distribution among high-yielding crops. *Soil Sci. plant Nutr.*, (in press)
- 7) 信濃卓郎・大崎満・但野利秋: 各種作物の登熟期における窒素利用および窒素代謝に及ぼす窒素・リン・カリウム欠乏の影響, 土肥誌, **61**, 439~446 (1990)
- 8) T. Shinano, M. Osaki and T. Tadano: Effect of nitrogen application on reconstruction of nitrogen compounds during the maturation stage in several field crops.
- 9) M. Osaki, T. Shinano, and T. Tadano: Redistribution of carbon and nitrogen compounds from the shoot to the harvesting organs during maturation in field crops. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **37**, 117-128 (1991)
- 10) 大崎満・波田啓子・田中明: 水稲の登熟過程における葉タンパク質の子実タンパク質への再編成, 土肥誌, **59**, 272-278 (1988)