

## 水稻根のルビジウム吸収特性について

角 田 憲 一\*・安 藤 豊

(山形大学農学部寒冷地作物学研究室)  
(平成3年9月2日受理)

### Estimation of Rb absorption ability with reference to respiration rate of rice root

Ken-ichi KAKUDA\* and Ho ANDO

Laboratory of Crop Science, Faculty of Agriculture,  
Yamagata University, Tsuruoka 997, Japan  
(Received September 2, 1991)

#### Summary

To estimate the Rb absorption ability of rice plant with reference to the respiration rate of root and amount of root in soil, pot experiments were conducted. One hill consisting of three 3.2 leaf age rice plants (*Oryza sativa* L. cv. *Sasanishiki*) were planted in a/5000 wagner pot containing 3 kg of soil with basal fertilizer or Kasugai culture solution. Three experiments were carried out. Experiment 1 : At heading stage of rice plant grown under solution culture, the root of rice plant was washed with tap water of different pressures to determine the physiological damage in root. Just after treatment, rice plant was transferred to wagner pot containing 0.5 mM Rb solution. Experiment 2 : Shading treatment (70%) was employed to decrease the photosynthetic rate of rice plant grown under culture solution containing Rb. Experiment 3 : Gelatin containing Rb or N-15 was placed in pots, to estimate the nutrient absorption ability of rice root located at different soil layers. The results obtained were summarized as follows :

1. Just after washing the root, the respiration rate of root decreased. At 3 days after treatment, there was no variation in respiration rate of root from different treatments. The respiration rate of root decreased with increased duration of shading treatment.
2. No relationship between the respiration rate of root and amount of Rb in rice plant was observed.
3. Difference in respiration rate was found between roots located at different soil layers. The absorption of Rb in rice plant was affected by the amount of root in soil. However, the respiration rate of root and amount of root in soil affected the absorption of N-15 in rice plant.

#### 1. 結 言

圃場に立毛している作物の養分吸収量は、気象条件、  
土壌中の養分含量等の環境条件と、作物の養分吸収能力

に大きく影響される。このうち、環境条件について、た  
とえば土壌中の養分含量については、土壌中の交換性塩  
基類の定量や、土壌有機態窒素の無機化などの定量に  
よって明らかにされつつある。一方、作物の養分吸収能

\* : 現在 日本たばこ産業株式会社生命科学研究所, 〒227 神奈川県横浜市緑区梅が岡6-2

力は、植物側の要因として、根の形質および生理活性が関与する<sup>1)</sup>。圃場条件下では、土壌中の養分含量の他に土壌環境が加わる。したがって、作物の養分吸収量は作物と土壌・気象等の環境条件の相互関係によって決定されていると考えられる。

作物が生育する土壌環境は、水稻と畑作物では大きく異なる。畑作物の根圏は酸化的条件にある。一方、水稻根圏は根のごく近接部分が酸化的条件であるのに対し、根から一定の距離を隔てた場所では還元条件である<sup>2)</sup>。この還元の発達程度は、有機物存在量、酸素の供給程度によって異なる<sup>3)</sup>。水田条件下では、還元の発達程度も還元生成物を通して養分吸収能力に大きな影響を与えるものと考えられる。このことは、水稻では根の存在する場所の環境条件が水稻根の養分吸収に関与し、畑作物に比較して、土壌条件がより複雑に関与すると考えられる。

一般に圃場条件下での根の形質および生理活性を明らかにする場合、土壌中より根の回収が必要である。しかし、根の回収作業は、回収時の土壌との分離過程で根になんらかの影響を与えることは避けられない。このため、立毛状態の作物の養分吸収能力を検討するためにトレーサー法がもちいられることがある<sup>4)</sup>。しかし、トレーサー法は一般に放射性同位元素をもちいるために現場では使用が限定される。近年、放射性同位元素に代わり、安定同位体の使用が普及してきた。一般に、トレーサー法にもちいられる元素は、自然界にきわめて少なく、また環境を汚染しないなどの条件が必要である。安定同位体はこの条件を満たすものであるが、分析にあたって特別の機器を必要とする。ルビジウムもこの条件を満たし、かつ分析は原子吸光法によって可能であることから、その利用に関心が寄せられている<sup>5,6)</sup>。しかし、ルビジウムをトレーサーとしてもちいた研究は少ない。

作物の根はすべての無機養分を同様に吸収するのではなく、それぞれの元素に特有の吸収特性をもつ。このことは、ルビジウムをトレーサーとしてもちいるとき、前提としてその吸収特性を明らかにする必要性を示唆している。

本研究では、水稻根におけるルビジウムの吸収特性を検討した。水耕試験では、根への物理的処理、および遮光処理によって根の生理活性とルビジウム吸収の関係を検討した。また、土耕試験ではトレーサー法のモデル試験として、重窒素（以下窒素とする）との比較からルビジウムの吸収特性を検討した。

## 2. 材料および方法

### 実験1（水耕試験）

#### 1) 供試水稻の栽培

供試品種はササニシキとし、a/5000 ワゲネルポットで春日井氏液を用いて栽培した。1988年5月30日に山形大学農学部内ガラス室にて、1株3本で移植した。水耕液は1週間に1度更新し、pHは水耕液交換時に5.0～5.5に調節した。

#### 2) 物理的処理

物理的処理として、水圧処理を行なった。8月13日（出穂期）に植物体を地上部を付けたままで一定圧力の水で30分間処理した。処理方法は図1に示したように、高さ32 cm および 65 cm から落下する水を根に直接当てた（低水圧区、中水圧区）。また、ホースを用い直接水道水を水稻根に当てる区を設けた（高水圧区）。この区では、分枝根の脱落が確認された。処理後、ただちにポットに戻し、0.5 mM 相当の塩化ルビジウムを添加した春日井氏液で栽培し、3日後に植物体を採取した。対照区は水圧処理を行わずルビジウムを吸収させた。

#### 3) 遮光処理

8月14日にポットを人工気象室（昼夜温28/25℃、日長14/10 h）に移し、地上部の遮光（70%）を行なった。遮光開始時に0.2 mM となるように塩化ルビジウムを春日井氏液に添加した。遮光開始後、2、4および6日後に植物体を採取した。対照区は遮光を行わずにルビジウムを吸収させた。

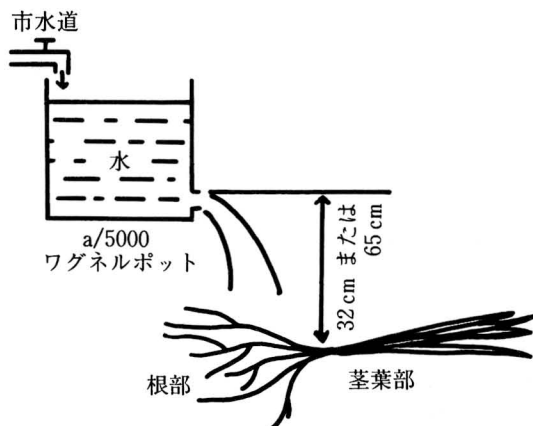


図1 水圧処理の方法

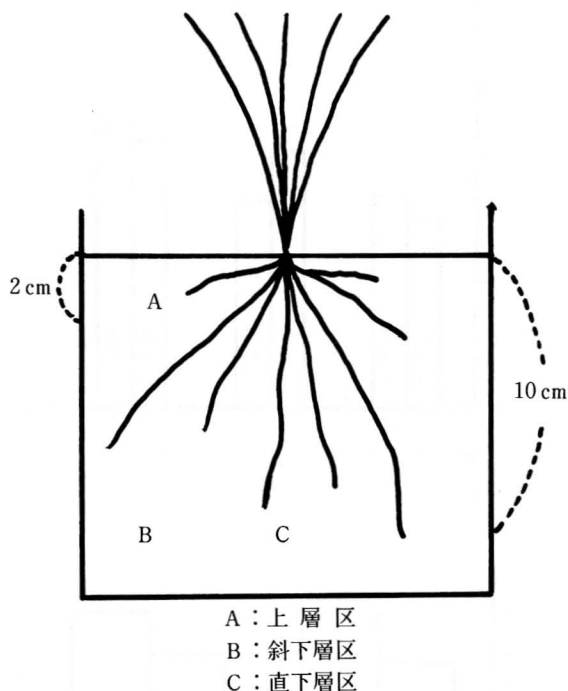


図2 Rb および N-15 注入位置

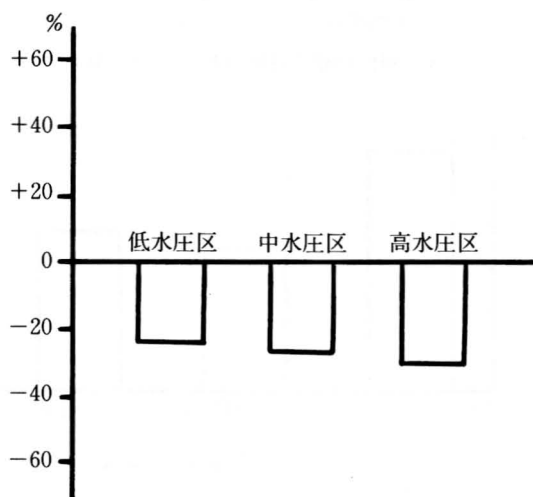


図3 根の呼吸速度に対する水圧処理の影響 (対照区に対する増減をパーセントで示した)

## 実験2 (土耕試験)

供試品種はササニシキとし、1988年5月30日、a/5000ワグネルポットに1株3本移植した。山形大学農学部構内のガラス室内で栽培を行なった。ポットには基肥として窒素、リン酸、カリをそれぞれ1g全層に施用した。

ルビジウムおよび重窒素の土壌への注入は二見・渋谷<sup>6)</sup>の方法に準じて寒天に溶かして行なった。すなわち、8月12日に塩化ルビジウム、重窒素ラベル硫酸を0.4%寒天にそれぞれ成分として40mg/ml、20mg/mlの割合で溶かし、土壌に10ml注入した。注入場所は図2に示した。5日後に植物体を採取し、分析に供した。

## 分析方法

水稻根の呼吸速度は同化箱法を用いて測定した。採取直後の植物体を地上部と地下部に分離し、地下部を同化箱に入れ、28℃条件下で呼吸速度を測定した。なお、土耕栽培では水稻根を地表下5cmで、上根、下根に分けて呼吸速度を測定した。

ルビジウム、重窒素の吸収量は地上部について検討した。ルビジウムの測定は、串崎の方法<sup>7)</sup>にしたがって原子吸光法でおこなった。重窒素の測定は、狩野ら<sup>8)</sup>の方法にしたがい発光分光分析法で行った。

すべての栽培および分析は3反復で行った。

## 3. 結 果

### 実験1

水稻根に対して水圧処理を行った場合、処理直後の根の呼吸速度はいずれの水圧でも対照区に比較して低下した(図3)。水圧処理3日後では、3区とも対照区と同様の呼吸速度に回復した(図4)。これに対して、ルビジウムの吸収量は低水圧区、中水圧区では対照区と同様で

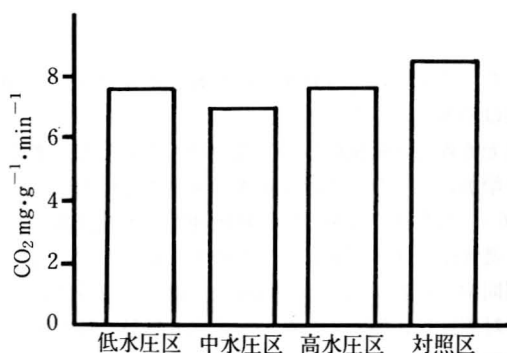


図4 水圧処理3日後の根の呼吸速度

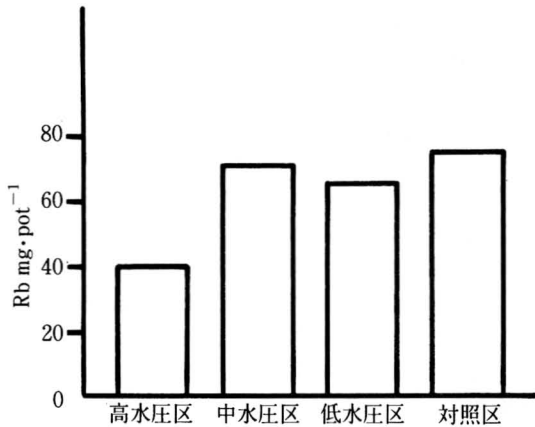


図5 水圧処理後3日間の地上部 Rb 吸収量

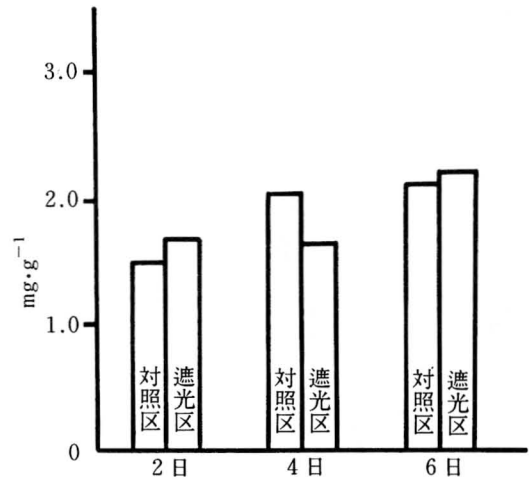


図7 異なる遮光期間における地上部乾物当たり Rb 吸収量

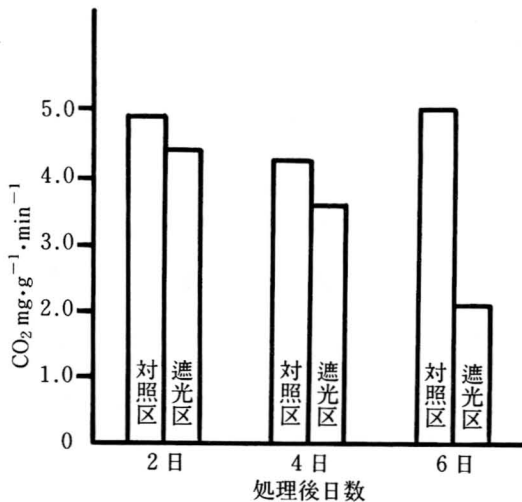


図6 根の呼吸速度に対する遮光処理の影響

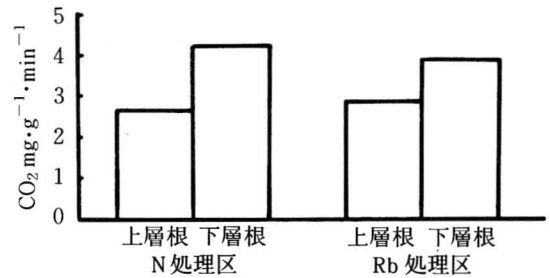


図8 層位別根の呼吸速度（土耕試験）

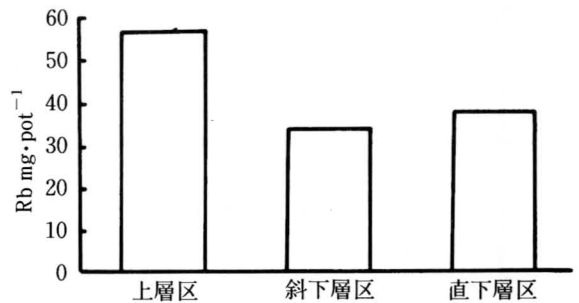


図9 ポット当たり地上部 Rb 吸収量

あった。高水圧区では対照区に比較したルビジウムの吸収量は50%となった(図5)。

遮光処理と水稻根の呼吸速度の関係を見ると、遮光日数の増加にともなって呼吸速度は減少する傾向にあった(図6)。対照区では測定時に呼吸速度の増減はあるものの、遮光区に比べて常に大きな値をしめた。一方、遮光期間中のルビジウムの吸収量は、遮光4日目では遮光区で対照区に比較して少ない。遮光6日目では対照区と遮光区にルビジウムの吸収量に差は見られなかった(図7)。

## 実験2

層位別の水稻根の呼吸速度を見ると、窒素添加、ルビジウム添加植物体いずれも、下根が上根を上回った(図8)。ルビジウムのポット当たり吸収量を見ると上層区

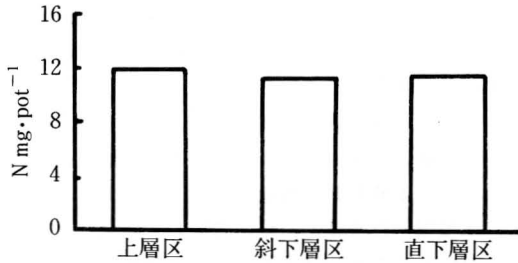


図10 ポット当たり地上部N吸収量

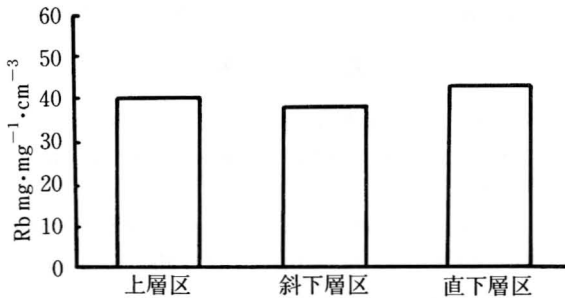


図11 根密度当たり地上部 Rb 吸収量

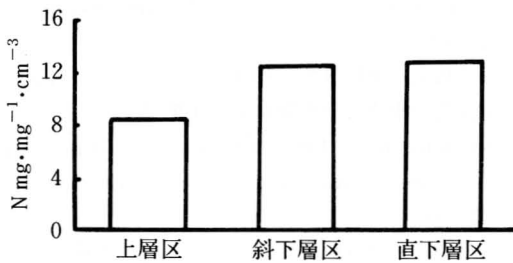


図12 根密度当たり地上部N吸収量

第1表 層位別根密度

| 上層   | mg・cm <sup>-3</sup> | 下層   | mg・cm <sup>-3</sup> |
|------|---------------------|------|---------------------|
| 1.42 |                     | 0.90 |                     |

で高く、斜下層区と直下層区では差が認められなかった(図9)。一方、窒素のポット当たり吸収量は、注入部位によって差が認められなかった(図10)。上根と下根ではポット当たりの量が異なる(表1)ので、根密度当たりルビジウム吸収量、窒素吸収量を図11、12に示した。根密度当たりルビジウム吸収量はルビジウム注入部位に影響

されなかった。しかし、根密度当たり窒素吸収量は上層区で低く、斜下層区、直下層区では差が認められなかった。

#### 4. 考 察

水稻根のルビジウム吸収特性を、根の呼吸速度および窒素吸収の関係で検討を加える。

本試験の結果からは、ルビジウム吸収量と根の呼吸速度との関係は、いずれの処理においても無関係であった。また、根密度当たりのルビジウム吸収量は土壌環境とも無関係であった。しかしながら、高水圧区ではルビジウムの吸収抑制が認められた。

Barber は<sup>9)</sup>、無菌状態で生育した大麦切断根によるルビジウムの吸収を二元等温曲線で示した。すなわち、外液中のルビジウム濃度が高いときは受動的(非代謝的)吸収が、低い濃度では積極的吸収が関与する。本研究の結果、根の呼吸速度とルビジウムの吸収量は無関係であることから、本試験のルビジウム濃度では受動的吸収が行われたものと見られる。

遮光試験の結果から、ルビジウムの吸収は、遮光区、対照区ともに6日間の吸収量に対して、最初の2日間でその70%を吸収している。このことは、水稻によるルビジウムの吸収が比較的すみやかにおきていることを示す。本試験では、ルビジウムの再添加を行なっておらず、2～6日のルビジウム濃度は2日までのそれに比較して低いものと見られる。しかしながら、2～6日のルビジウム吸収量と吸収速度に関係が見られないことから、ルビジウムの吸収はかなり低濃度領域まで非代謝的吸収が行われる可能性がある。今後、積極的吸収が起きるルビジウム濃度を水耕、土耕レベルで明らかにする必要がある。

カボチャ主根の部位別カリウムおよびカルシウム吸収能を検討した結果、カリウムは根の先端部と中央部で、カルシウムは根の先端部で吸収能が高かった<sup>10)</sup>。元素により吸収部位は異なる可能性もあるが、ルビジウムの吸収も根の先端部から中央部にかけて活発に行なわれるものと見られる。一般に強度の物理的処理は、根基部に比較して根端に対して破損脱落などを通してより強い影響を与える。本試験では、処理3日後の根の呼吸速度に水圧処理の影響が見られないことから、高水圧区でのルビジウム吸収抑制は非代謝吸収に大きな役割をはたす根端部分の物理的な破損が原因と考えられる。

ルビジウムのポットあたり吸収量は上層区で高く、斜

下層区と直下層区では差が認められなかった。しかしながら、根密度当たりのルビジウム吸収量には、注入部位による差が認められなかった。このことは、ルビジウムの吸収量は根の存在量に支配されることを示す。すなわち、ルビジウムの注入による吸収量の定量は、圃場での根の分布を示すひとつの尺度になるものと見られる。しかし、この点に関しては今後のデータの蓄積が必要であろう。

窒素のポットあたり吸収量はルビジウムの吸収量と異なり、注入部位による差は認められなかった。しかし、根密度当たりの窒素吸収量は上層区で低く、斜下層区と直下層区では差が認められなかった。根の呼吸速度は、上層根では下層根に比較して低い値を示した。すなわち、根の生理活性は下層根で上層根より高い。このことは、窒素の吸収がルビジウム吸収のメカニズムと異なり、生理活性に強く影響されることを示す。しかしながら、窒素のポットあたり吸収量に区間差が認められなかったことは、根量もまた、窒素の吸収に関係していることを示す。このことは、ルビジウムと窒素の同時注入により、圃場での根量と根の生理活性を把握できる可能性を示すものである。

## 5. 摘 要

圃場条件下での作物の根の活性、根量を調査する方法として、トレーサー法に着目した。トレーサーとしては、分析が容易で、かつ自然界に少ないルビジウムを採用した。ルビジウムの根からの吸収特性の基礎的な知見をえることを目的として、水稻を用い、水耕法および土耕法でルビジウムの吸収特性を検討した。また、窒素の水稻根による吸収特性もあわせて検討した。得られた結果は以下のとおりである。

1. 水稻根に物理的处理を行なうために、水耕栽培で得られた水稻に対して一定の圧力で水洗処理を行なった。処理直後の水稻根の呼吸速度は対照区に比較して低下した。しかし処理3日後には呼吸速度は対照区と処理区に差が認められなかった。ルビジウムの吸収量は高水圧区で、対照区の50%程度であったが、中・低水圧区では対照区と差が認められなかった。

2. 水耕栽培の水稻の遮光処理により、水稻根の呼吸速度は低下した。また、遮光時間の継続にともなって、呼吸速度の低下は促進した。遮光期間中のルビジウムの吸収は4日目では低下したが、6日目には対照区とほぼ同様であった。

3. 土耕栽培の水稻の根を回収し、部位別に呼吸速度を検討した。その結果、下層土に分布する根の呼吸速度が上層に分布する根より大きかった。一方、ポット当たりのルビジウム吸収量は、ルビジウムの注入部位の影響を受け、上層区に注入したルビジウムが下層土に注入したそれより、よりおおく吸収された。ルビジウムの吸収量は、水稻根の根密度と密接に関係していた。

4. ポット当たりの窒素吸収量は、窒素の注入部位による影響を受けなかった。しかし、根密度当たりの窒素吸収量は、窒素注入部位の影響を受け、下層に注入した窒素は上層に注入したそれよりよりおおく吸収された。

## 文 献

- 1) Russell, R. S. and J. Sanderson. 1957. Nutrient uptake by different part of the intact roots of plant. *J. Ex. Bot.* 18 : 491-508.
- 2) Savant, N. K. and S. K. De Datta. 1982. Nitrogen transformations in wetland rice soils. *Adv. Agron.* 35 : 241-302.
- 3) Patrick, W. H. Jr. and I. C. Mahapatra. 1968. Transformation and availability to rice of nitrogen and phosphorus in waterlogged soils. *Adv. Agron.* 20 : 323-359.
- 4) 渋谷政夫・小山雄生. 1966. アイソトープ利用による作物の根活力分布検診法. *土肥誌* 37 : 147-152.
- 5) Horgrove, W. L. 1985. Influence of tillage on nutrient uptake and yield of corn. *Agron. J.* 77 : 763-768.
- 6) 二見敬三・渋谷政夫. 1990. 根活力分布検診におけるトレーサー元素 Eu, Rb, Br の作物部位別濃度分布. *土肥誌* 39 : 307-310.
- 7) 串崎光男. 1968. 原子吸光分光分析に植物試料抽出法を併用した Mn, Cu, Zn, Mg 定量の簡易迅速化. *土肥誌* 39 : 489-491.
- 8) 狩野広美・米山忠克・熊沢喜久雄. 1974. 発光分光分析法による重窒素の定量について. *土肥誌* 45 : 549-559.
- 9) Barber, D. A. 1972. "Dual isotherm" for the absorption of ions by plant tissues. *New Phytol.* 71 : 255-262.
- 10) 但野利秋. 1989. 養分吸収. 作物栄養・肥科学. p 41-71. 文永堂.