

## 農學博士石塚喜明君及び農學博士田中明君の「水稻の榮養

### 生理學的研究とその応用」に対する授賞審査要旨

本研究は一九三〇年頃石塚喜明君によって開始され、一九五〇年頃田中明君がこれに加わり実施されてきた。研究開始當時、肥料學は單に各種肥料の效果の檢定や、施肥適量の決定を中心課題としていたが、今日では榮養生理學として體系づけられ、作物栽培技術に多面的な係わりあいをもつに至っている。本研究はこの體系の確立に主導的な役割を果すと同時に、實際の稲作技術の向上に多大の貢獻をしたものである。その内容は、(一)生育史の生理化學的研究、(二)生育史の生態學的研究、(三)理想的草型に関する研究の三部に大別される。

#### (一)生育史の生理化學的研究

研究の開始された一九三〇年當時、化學肥料と農産物との價格の格差が増大して農業恐慌の状態にあり、多肥多収を本領とするわが國の稲作は根底から動搖していた。この時に當り石塚君は、生育各期における要素の吸収利用状態を明らかにし、作物が最も要求する時期に各要素を吸収させ、最大の効果を収めるのが合理的な施肥法であると考え水耕培養法を用い水稻の生育期間中の養分供給時期を任意に調節して研究を進め、次の結論を得た。

1 高い収量をあげるためには、生育開始ののち窒素は九週間、磷酸は七週間供給すればその後は施与しなくてもよいが、加里は全生育期間を通じて供給する必要がある。

2 窒素は幼穂形成期に、磷酸は分蘗期に吸収された場合に、最も肥効が高い。

ついで両君は、水稻の生育時期を追って作物体の有機・無機成分の量的変遷を調査し、各種養分及び光合成産物の体内蓄積経過を解析して、次の結論を得た。

1 水稻の生育経過は、幼穂形成期、開花期を境として、栄養生長期、生殖生長期、登熟期の三段階に分けることができ、各生育段階は生理的にそれぞれ異なった特徴をもつ。

2 窒素、磷酸、硫黄の吸収は生殖生長期までにほぼ完了し、開花期以後はそれ迄に茎葉に蓄積されたものが子実に転流して登熟が進行する。

3 加里、石灰の吸収は生育初期より黄熟期まで継続し、生育全期間を通じて給与する必要がある。

4 子実に蓄積する炭水化物の主体は、開花期以後の光合成産物である。

作物の養分吸収などの研究に当っては、作物を個体として巨視的に取扱うのが通例であった。然し一九五〇年代に入り稲作技術が急速に進歩し、更に一層巧妙な施肥技術が要望されるに至った。そこで田中君は、水稻の個体がそれぞれ数枚の葉をもつ多数の蘗子より構成されている点に着眼し、各葉位の個々の葉の機能を明らかにする目的で、放射線同位元素の使用などの手法を取り入れて詳細な実験を行ない、次の事実を明らかにした。

1 水稻個体は下位葉から上位葉へと、次々に出葉する葉単位の連鎖体であり、ある生育時期における個体の生長は、その時期の直前に生長を完了した活動中心葉の機能に、主として依存する。

2 主稈の葉は分蘗、幼穂の発育及び登熟に関与する三群に分けることが出来る。

3 幼穂形成期以後、節間が伸長した節から出葉する葉の間には分葉が成立しており、下位葉は根に、上位葉は穂に光合成産物を送る。

以上の一連の研究結果は、水稻の生育史を構成する各生育段階の生理特性ならびに、各器官相互間の生理的機能の関連を明らかにしたもので、広く水稻の栽培技術に指針を与えると共に、施肥技術の確立に大きな役割を果した。

#### (二) 生育史の生態学的研究

前記の研究は、稲作の北限である北海道で実施されたものであるが、この研究結果を基にして、わが国全域に涉つて適応し得る合理的施肥理論を確立するためには、より広範な調査が必要であるとの認識の下に、両君は一九五三年より全国の国立農業試験場との連絡試験を計画し、各地の水稻の生育各時期の試料について、形態、化学成分の調査を行い、その結果を生育期間中の気象条件との関連で解析した。その結果、北海道の如き寒冷地と九州などの暖地では、品種及び生育期間中の気温変遷が著しく異なっており、それらが総合されて、生育経過、養分吸収経過に次の相違が認められることを指摘した。

1 北から南に移植適期の苗の窒素含有率は低下し、C/N比は上昇する。

2 北では幼穂形成期以後に最高分蘗期に達し、栄養生長期と生殖生長期が重複する。東北地方では栄養生長期に引きつづき生殖生長期に入る。より南では最高分蘗期から可なり時間が経過してから幼穂が形成され、栄養生長期と生殖生長期の間に、栄養生長停滞期が存在する。

3 北より南へと初期生長が旺盛となり、生育期間中の全窒素吸収量に対する生育初期における吸収割合が増加し、

生育後期栄養凋落型の生育経過をたどりやすい。

4以上の傾向の総合として、北から南へと蘗収量が増加し、籾／蘗比が低下する。そして栄養生長期に引きつづき生殖生長期に入る生育経過を示した時に、高い籾収量が得られる場合が多い。

この様な生育・養分吸収経過の地域性に基ついて、品種・気象条件に対応した各地域における、水稻の合理的肥培管理技術を組立てる上の理論的根拠を与えた。

以上の研究は日本国内で実施されたものであるが、更にこの理論が熱帯にまで拡大し得るか否かを確かめるため、田中君は一九五七年にインドの中央稲作研究所で調査を行ない、これが熱帯における稲作地域にも適用し得ることを明らかにした。

### (三) 理想的草型に関する研究

世界における食糧問題への関心の昂まりにつれて、水稻の収量がわが国など温帯諸国に比して、熱帯諸国では著しく低いことが指摘され、一方わが国においても漸く発展途上国に対する技術援助の気運が起った。この時に当り、熱帯稲の収量性向上のためにロックフェラー・フォード両財団により一九六二年にフィリピンに国際稲作研究所が設立されたが、石塚君は理事として、また田中君は植物生理部長として研究に参画した。

両君は先ず熱帯の典型的な数品種について肥料反応性に関する調査を行い、熱帯における在来品種のそれが著しく低いことを指摘し、これが熱帯における低収性の主な要因であると結論した。ついでこの低い肥料反応性の原因に論及し、これらの品種が窒素の吸収同化能力において劣るとする従来の知見は誤りであり、在来品種は劣悪な水管理、

無施肥、無除草といった低技術レベルへの適応として旺盛な栄養生長性をもち、これに加えて高温条件のため、施肥をした場合に生育の極く初期から群落が過繁茂の状態となり、更にモンスーン期における日射量の不足という条件が加わって、開花期以後の群落乾物生産能を劣悪ならしめているに由ることを立証した。従って熱帯における稲の肥料反応性を昂め収量を向上させるためには、水稲群落構造を研究し、光エネルギーをより有効に粗生産に結びつける手法を考案すべきであり、それには、この目的に合致した理想的な群落内における葉の配列様式即ち草型を探すべきであると結論した。

この結論に立脚して、多数の品種を用い施肥量、栽植密度、栽培季節をかえて栽培試験を行い、生育各時期における群落構造、光合成能、呼吸能などを調査し熱帯における理想的な草型即ち高収性品種が具備すべき特性を描き出す試みを行った。その結果、肥料反応性が大きく収量性の高い品種は、短稈、直立した葉をもち、分蘗力が過度に旺盛でないなどの特性をもつ可きであるとの結論に達した。この結論はひとり熱帯稲のみでなく、稲一般に適用し得ることを、北海道における過去八十年間の、各時代における代表的品種の変遷から明らかにした。

この研究は、国際稲研究所における育種事業に一つの指針を与えた。育種担当者はこの理論を取り入れて育種事業を進め、IR-8を初めとする所謂 MIRACLE RICE と称される新品種の育成に成功した。この成果は米不足に悩んだ東南アジア諸国の食糧自給を可能にしたに止まらず、熱帯における水稲の低収性が自然条件に帰因する宿命的なものでなく、品種と栽培法の改善によって、打破できることを示した点で、重要な意義がある。

一方アジア稲作地域においては、稲の低収の原因の一つとして劣悪な土壌条件が挙げられるが、所謂稲の数種の生

理病として報告されているものは、土壤中における栄養素の欠乏または過剰によるものと判断して、中国大陸を除くアジア全域に亘って調査検討した結果、磷酸、加里、亜鉛の欠乏及び鉄過剰が広汎な地域にわたって発生していることを認め、その分布状態を明らかにした。

かようにして、研究方針の確立していなかった肥料学を、栄養生理学的研究の上においた両君の研究の意義は誠に大きく、国際的にもこれが肥料学の主流となったのである。

一、主要な著書および論文目録

- (1) 石塚喜明 水耕培養に依る水稻生育各期に於ける窒素・磷酸・加里吸収利用状態の研究 日本農芸化学会誌 8 8-10号 (1933).
- (2) 石塚喜明 小麦の生育と養分の吸収及利用に関する肥料学的基礎研究 寒地農学 1 1-92, 129-194 (1947).
- (3) 石塚喜明・田中明 寒地と暖地の水稻栽培技術の比較 農業及園芸 27 537-541 (1952).
- (4) 石塚喜明・田中明 水稻の生育経過に関する研究(第一～四報) 日本土壤肥料学雑誌 23 23-28, 113-116, 159-165 (1953), 25 163-168 (1954).
- (5) 石塚喜明・田中明 水稻に対する穂肥の問題、特にその地域性に関して 農業及園芸 29 599-605 (1954).
- (6) 石塚喜明・田中明 水稻生育相、特にその栄養生理的特性の地域性に就て(第一～四報) 日本土壤肥料学雑誌 27 1-6, 47-49, 95-99, 145-148 (1956).
- (7) A. Tanaka, S. Patnaik and C.T. Abichandani: Studies on the Nutrition of Rice Plant. Proc. Indian Acad. Sci. Vol. 47B, 140-154 (1958), 49B, 207-226 (1969).
- (8) Y. Ishizuka: Contribution of the Nutrio-physiological Studies to the Fertilizer Application for Lowland Rice in Japan. 7th International Congress of Soil Science, Madison Wisc. USA Gen. 4. 24-37 (1960).

- ㊦A. Tanaka: Studies on the Nutritio-physiology of Leaves of Rice Plant. J. Faculty Agr. Hokkaido University 51 450-550 (1961).
- ㊧田中實郎・田中昭 水稲の栄養生理 養分論 第1巻 (三〇―四頁) (一六六―三三) 養分論 (三三―四四頁) (一六六―九)
- ㊨A. Tanaka, S.A. Navasero, C.V. Garcia, F.F. Parao and E. Ramirez: Growth Habit of the Rice Plant in the Tropics and its Effect on Nitrogen Response. International Rice Research Institute Technical Bulletin 3. pp. 80 (1964).
- ㊩Y. Ishizuka: Nutrient Uptake at Different Stages of Growth. The Mineral Nutrition of the Rice Plant. Johns Hopkins Press 199-218 (1964).
- ㊪A. Tanaka: Plant Characters Related to Nitrogen Response in Rice. The Mineral Nutrition of the Rice Plant. Johns Hopkins Press 419-436 (1964).
- ㊫A. Tanaka, K. Kawano and J. Yamaguchi: Photosynthesis, Respiration, and Plant Type of the Tropical Rice Plant. International Rice Research Institute Technical Bulletin 7 pp. 46 (1966).
- ㊬田中昭・山口雄一・嶋崎雄郎・柴田栄輝 青刈米の生育と栽培管理と米の栄養 日本土壤肥料学雑誌 39 526-534 (1968).
- ㊭A. Tanaka: Factors Limiting Rice Yields in the Tropics. 9th International Congress of Soil Sci. Transactions IV 1-8 (1969).
- ㊮Y. Ishizuka: Engineering for Higher Yields. Physiological Aspects of Crop Yield. Amer. Soc. Agr. and Crop Sci. Soc. Amer. 1-25 (1969).
- ㊯A. Tanaka and S. Yoshida: Nutritional Disorders of the Rice Plant in Asia. International Rice Research Institute Technical Bulletin 10 pp. 51 (1970).

- ㊦ Y. Ishizuka : Physiology of the Rice Plant. Advances in Agronomy. Academic Press, Inc., New York and London Vol. 23, 241-315 (1971).
- 畠田中臣 藜井源三 岩瀬龍 齋藤利 pp. 220 (1971).
- ㊦ Y. Ishizuka : Nutrient Deficiencies of Crops. Food and Fertilizer Technology Center, ASPAC pp.112 (1971).
- ㊦ A. Tanaka and J. Yamaguchi : Dry Matter Production, Yield Components and Grain Yield of the Maize Plant. J. Faculty Agr. Hokkaido University 57 71-132 (1972).
- ㊦ A. Tanaka : Physiological Aspects of Grain Yield of Maize. The Eight Inter-Asian Corn Improvement Workshop. Bangkok. 1-14 (1972).
- ㊦ A. Tanaka : Influence of Special Ecological Condition on Growth, Metabolism, and Potassium Nutrition of Tropical Crops (as exemplified by the case of rice). Potassium in Tropical Crops and Soils 97-116 (1973).
- ㊦ Y. Ishizuka, Y. Shimazaki, A. Tanaka, T. Satake and T. Nakayama : Rice Growing in a Cool Environment. Food and Fertilizer Technology Center, ASPAC pp. 98 (1973).