

## B. 昆虫の研究

### 1. ウンカ・ヨコバイ類の発生調査

1971年乾季および1971/72年雨季に Muara 試験地において、1972年乾季および1972/73年雨季に Muara、Pusakanegara 両試験地において、品種 Pelita についてウンカ、ヨコバイ類の発生消長を調査した。昆虫の密度調査方法としては direct counting、sweeping、suction catcher、yellow-pan water trap、light trap の五つの方法を用いた。調査結果は次のとおりである。

1971/72年雨季（Muara：本田）：ウンカ、ヨコバイ類の密度は田植15日後には低く、48日後にも著しい増加は認められなかった。Sogatella furciferaの密度は他の昆虫（Nephotettix virescens、N. nigropictus、Recilia dorsalis、Nilaparvata lugens）より高かった。

1972年乾季（Muara、Pusakanegara：苗代）：両試験地とも Recilia dorsalis と Thaia ghaurii の密度がいくらか高く、N. lugens は Pusakanegara でいくらか高かった。N. nigropictus、S. furcifera は低かった。

1972/73年雨季（Muara、Pusakanegara：苗代）：両試験地とも昆虫の密度は1972年乾季よりむしろ低かった。

1972/73年雨季（Pusakanegara：本田）：N. lugens と S. furcifera だけがみられたが、1971/72年雨季の Muara より密度ははるかに高かった。前者は3月11日～4月3日の間に10倍以上に増加したが、後者では変化がなかった。

### 2. 稲メイチュウ類の発生調査および同定分類

インドネシアにおける稲重要害虫の一つであるメイチュウ類については種の同定分類およびその分布調査は従来十分には行われていなかった。

そこで、1977年（3月1日～5月29日）に西部ジャワ、中部ジャワ、東部ジャワ、バリ、ランボン、南スラウェシにおいて、また1978年（3月25日～5月22日）に西部ジャワ、東部ジャワ、南カリマンタンにおいて調査を行った。標本採集に当っては成虫のほか、白穂、心枯の莖も採集し、莖を解剖して莖中の蛹、幼虫について調査し、また或るものについては実験室に持ち帰り飼育して成虫との関係を調べた。

採集した標本は同定分類し、その地域の主要種および分布を調べた。6000個体以上におよぶ同定標本はCRIAの病虫部標本室に保存し、重複標本は農業技術研究所昆虫標本室に持ち帰り保存した。このほか、Muara 試験地に1977年（4月18日～5月21日）と1978年（4月18日～5月12日）に誘蛾灯を設置して捕殺したメイチュウの種類を調べた。

まず、ORIA に従来保存されていた標本について同定を行ったが、成虫は1926-1976年に採集されたもので、Tryporyza innotata Walker (78)、T. incertulas Walker (25)、Chilo suppressalis Walker (50)、C. polychrysus (1)、Sesamia inferens Walker (2)の5種が同定された(注: 括弧内は個体数)。幼虫については1912-1976年に採集されたもので、T. innotata (7)、T. incertulas (134)、C. suppressalis (63)、C. polychrysus (15)、S. inferens (17)の5種であった。

次に前記の1977年および1978年に採集した標本を調査した結果、稲のメイチュウ類として次の6種が同定された。

<u>Tryporyza incertulas</u> Walker	サンカメイガ
<u>Tryporyza innotata</u> Walker	イネシロオオメイガ
<u>Chilo suppressalis</u> Walker	ニカメイガ
<u>Chilo polychrysus</u> Meyrick	ネッタイイネメイガ
<u>Chilo auricilius</u> Dudgeon	
<u>Sesamia inferens</u> Walker	イネヨトウ

これら6種について、幼虫、蛹、成虫の形態的研究を行ない、その主要性質の区別点を明らかにした。

Chilo auricilius は南スラウェシ、ランボン(1977)、東部ジャワ、南カリマンタン(1978)で陸稻に見出された。この種はサトウキビの害虫としてよく知られており、また稲も侵すが、インドネシアではこれまで稲害虫としての記録は無かった。幼虫と蛹からみるとC. auricilius はC. polychrysus と非常によく似ているが、雄の生殖器で区別できる。

C. auricilius は陸稻に発生するが、C. polychrysus は通常水稲に発生する。

分布については、ジャワ島ではT. incertulas とS. inferens が最も多く、また広く分布し、C. suppressalis がこれに次ぐ。T. innotata はIndramayu(西部ジャワ)とGresik(東部ジャワ)でかなり高い密度を示した。C. polychrysus は数か所で少数見出されたに過ぎなかった。

バリではT. incertulas とS. inferens が主要種でC. suppressalis が僅かに見出された。ランボンではT. incertulas が最も多くみられ、S. inferens とC. suppressalis がこれに次いだ。

南カリマンタンではT. incertulas が広く分布し、水稲の重要害虫と考えられた。C. auricilius もまた陸稻に広く発生したが、S. inferens の密度は非常に低かった。南スラウェシではT. innotata がかなり高い密度を示した。T. incertulas は見出されず、C. suppressalis は場所により多くみられた。

次にMuara 試験地の誘蛾灯の試験では両年ともT. incertulas が最も多く、C. suppressalis

と S. inferens がこれに次ぎ、T. innotata と O. polychrysus は極めて少ないか無であった。

### 3. 水稻害虫の発生予察

インドネシアでは第一次経済開発五か年計画の開始(1969)以来、水稻は年々増産の傾向を示しているが、米の自給はいまだ達成されていない。一方病虫害による水稻の被害は約20%と見積られており、最近では害虫、とくにトビイロウンカの激発ならびにこの害虫により媒介されるウィルス病による被害が大きい。

水稻病虫害の研究は Bogor の中央農業研究所、Sukamandi (西部ジャワ)および Maros (南スラウェン)の分場などで行われている。一方、農業省食用作物保護局が食用作物保護に関する行政的責任をもち、病虫害の発生予察、防除法の確立、防除資機材の整備、資料の収集などの業務を行っている。

作物保護の発展のためには研究、行政両部門が協力して農家が実行し得る方法と組織をつくる必要があるので、作物保護とくに害虫に関する研究と行政およびこれら両部門の協力関係を調査し、それに基づいて提言を行った。

作物保護は発生予察と防除に分けられる。病虫害の発生予察には長期と短期の予察、広域と狭域の予察があり、対象病虫害では endemic と epidemic のもので異なる。防除は通常防除と緊急防除に分けられる。

作物保護の推進のためには plant protection brigades (病虫害防除隊)、observatory laboratory、observatory unit が組織、強化されるべきである。

短期予察には observatory unit の圃場における病虫害発生の巡回観察と observatory laboratory での実験が必要で、まず西ジャワに observatory laboratory の設立と観察員の訓練が行われなければならない。長期予察には長期予察のための基礎研究とデータ収集を行なう biological laboratory を設置するとともに plant protection brigades の活動が組織強化される必要がある。

農薬に関しては現在研究行政両面とも不十分であるので、新農薬の登録を含む諸行政的業務を推進するため pesticide inspection laboratory を設置する必要がある。

### 4. トビイロウンカの殺虫剤抵抗性

トビイロウンカはインドネシアでは1974年以来大発生して稲作に大きな被害を与えている。防除には耐虫性品種の利用が効果的経済的であるが、品種の耐虫性は害虫の新しい biotype の出現によって失われる。

一方、殺虫剤の利用も有効な防除手段で毎年増加しているが、その不適切な利用はしばしば抵抗性昆虫の発生や環境汚染など望ましくない影響を与える。

ダイアジノン (diazinon) はインドネシアでは数年来最も広く利用されており、この害虫が薬剤抵抗性をあらわす可能性が考えられる。そこで殺虫剤抵抗性について調べるため、トビイロウンカの防除に用いられるダイアジノンおよびカルバリル (carbaryl) に対する LD 50 (50% 致死薬量) の測定を行った。

トビイロウンカは 8 か所、すなわち Cianjur、Pusakanegara、Tasikmalaya (西部ジャワ)、Tegal、Pemalang、Magelang、Kebumen (中部ジャワ)、Bantul (ジョクジャカルタ) で 1977 年 7 月に採集し、採集地別に飼育箱で飼育したものを供試した。

供試薬剤はダイアジノンの原体 (有効成分 96.1%) とカルバリルの原体 (有効成分 99.3%) を用い、アセトンで 8 段階の濃度 (ダイアジノン: 0.3, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.6, 2.0 mg (原体) / ml、カルバリル: 0.02, 0.03, 0.04, 0.05, 0.06, 0.08, 0.10, 0.12 mg (原体) / ml) の溶液を作った。

孵化後 5 日の雄虫を約 30 秒、氷上にて麻痺させ、ついで "アイスノン" 上に並べて麻痺状態におき 50  $\mu$ l の注射器で虫の腹部に 0.0418  $\mu$ l 局所施用 (topical application) した。処理昆虫は飼育箱に戻し、"生存" と "半生存" (生存しているが活力がなく仰向けに反転しているもので 0.5 と評価) を記録した。各濃度につき処理後 24 時間の値から Bliss の方法により直線回帰式と LD 50 を計算した。

ダイアジノンは 8 か所、カルバリルは 5 か所から採集の材料について試験したが、同じ場所からのものでも直線回帰式は各処理の死亡率の変動に従って変動した。死亡率の変動は供試虫飼育の状態 (飼育虫密度、虫令、幼苗の令)、殺虫剤の適用技術 (麻酔技術と殺虫剤の虫体への接触技術)、処理後の物理的状态 (室温や空気の流通) などにより起ったと考えられる。

成虫当りの LD 50 は回帰式と 1 成虫当アセトン溶液量 (0.0418  $\mu$ l) から各殺虫剤の原体の有効成分量を加味して計算したが、ダイアジノンの LD 50 平均値は Magelang が最高の 0.0316  $\mu$ g で最低の Cianjur (0.0221  $\mu$ g) の 1.4 倍、またカルバリルのそれは最高の Pusakanegara が 0.0033  $\mu$ g で最低の Tegal (0.0022) の 1.5 倍であった。しかし、LD 50 平均値はダイアジノンでもカルバリルでも採集地による統計的有意差は認められなかった。

日本における実験ではトビイロウンカ推成虫に対する LD 50 はダイアジノンで 0.0134  $\mu$ g/頭、カルバリルで 0.0014  $\mu$ g/頭で本実験で得られた値と異なるが、温度など実験の条件が異なるのでデータを簡単に比較することはむづかしい。

最近、インドネシアでは BIMAS 計画のなかで殺虫剤の使用量が増加しつつあり、将来昆虫の薬剤抵抗性発現の問題が起る可能性が考えられるので、今後多く使用される殺虫剤については広い視点で注意を払う必要がある。

## 5. 殺虫剤の稲体内および土壌中における残留

インドネシアでは稲のメイチュウやトビロウソカの防除に主としてダイアジノンが使用されているが、その残留についての試験成績はない。カーバメイト系殺虫剤 MIPC は日本でウンカ類の防除に広く使用されているが、まだインドネシアでは使用されていない。しかし、将来使用される可能性があるため、この両者について残留試験を行ない、日本における結果と比較した。

稲品種 IR36 を Muara 試験地で 4 月 8 日播種、4 月 29 日移植、ダイアジノン粒剤 (3%) または MIPC 粒剤 (4%) を 4.0 kg/ha、5 月 17 日 (分けつ期)、6 月 19 日 (穂ばらみ期)、7 月 4 日 (穂揃期) に施用した。試験区は 1 回施用と 3 回施用 (各期)、無施用の 5 区とした。

7 月 28 日、稲 (籾および稲藁) と土壌 (深さ 5 cm) を収穫または採取し所定の化学的処理を行った後、ダイアジノンについては flame photometric detector をつけた Shimadzu Gas-chromatograph GC-4CM により、MIPC については  $^{63}\text{Ni}$  electron capture detector を装置した同上 Gaschromatograph により残留分析した。

実験の結果はダイアジノンについては残留量は一般に低く、稲藁では 3 回施用区、収穫前 20 日 (穂揃期) 施用区が多く、それぞれ 0.211 ppm、0.170 ppm であった。残留量は施用回数より施用時期により影響され、収穫期と施用時期の間の期間が短いほど大きい。

玄米中の残留量は 0.009 ~ 0.012 ppm で、日本における許容量の 0.1 ppm より低かった。土壌中の残留量も比較的少なく、区間差はほとんどなかった。残留量は稲藁、土壌、玄米の順に少ない。この試験で残留量が日本より一般に低かった理由としては気象条件、土壌の化学的、微生物的影響が考えられる。

MIPC については収穫時期と施用時期の間の期間が短いほど残留量は多く、また施用回数も影響するようである。最も残留量の多かったのは 3 回施用、収穫前 24 日施用区の稲藁で、それぞれ 0.398 ppm、0.329 ppm であった。MIPC の場合は稲藁、玄米、土壌の順に残留量が少ない。

この試験では残留量が日本よりやや高いが、その理由は明らかでなく、気象や土壌の性質によるかもしれないが、とくに試験地においてこの農薬が使用されていなかったことに関係があるように考えられる。

## C. 野鼠の研究

### 野鼠の食餌嗜好性

インドネシアにおいては野鼠（ノネズミ、Rattus argentiventer）の農作物に与える被害は年々大きく、米の全収穫量の約30%に達するといわれ、野鼠防除は重要な問題である。殺鼠剤利用または捕殺による野鼠防除において野鼠の食餌嗜好性を明らかにすることは防除を成功させるための大きな要素をなしている。

インドネシアにおける従来の研究では稲の栄養生長期には白米と粳を好み、生殖生長期の初期にはカニを好むことが明らかにされているが、カニはいつも得られないという点で問題がある。

この研究では野鼠の嗜好食餌を探す目的で1978年4月（雨期から乾季への移行期）、稲の乳熟期に Muara 試験地で次の5項目の試験を行った。

#### (a) water trap に入れた誘引食餌に対する嗜好性試験

日本では畑地や果樹園で Miorotus montobelli の捕獲、防除に有効に使われている方法で、20 lit のバケツの上部から8cm下まで水を満し各種の食餌を入れ、かき混ぜて畦に沿って並べた。しかし、5日間の観察でバケツ内に入り捕獲された鼠はいなかった。

#### (b) snap trap (パチンコ)による捕獲試験

収穫3週間前の水田 0.5 ha に 50 の snap trap を設置して白米を食餌に用いた。第1、2日目は trap による恐怖感を与えないため、trap のバネを仕掛けず、第3～5日目にかけた。その結果、第1日目には trap 周辺の足跡から鼠が食餌を発見したことを示し、第2日目には4 trap の食餌が食べられていた。第3日目には3 trap のバネがはずれていたが、鼠は trap に毛を残して逃げ捕獲できなかった。第4～5日にも捕獲されなかった。

#### (c) snap trap 食餌に対する嗜好性試験

13種の食餌を用いて trap にバネを仕掛けず、水田内に並べて5日間観察した結果、焼き塩魚（roasted salted fish）とカニのむし焼（roasted crab）はほとんど毎日、エビのねりもののむし焼（roasted shrimp paste）とイワシは1～2日だけ摂食したが、他の9種は全く摂食されなかった。このことから、稲の乳熟期には蛋白を含む食餌を好むように思われる。

#### (d) 食痕のついた餌による摂食試験

実験室内で飼育している鼠にトウモロコシ、サツマイモ、キャツサバを与え、その食痕のついた餌と新鮮なものを圃場に配置して3日間摂食状況を観察したところ、食痕のついたもの、とくにトウモロコシはよく食べたが新鮮なものは食べなかった。

#### (e) 食痕と臭いのついた餌による摂食試験

実験室で焼き塩魚、トウモロコシ、稲穂などを餌に用いて飼育し、その鼠の巣材料を混入し

て臭いをつけた餌を食痕のついた餌や新鮮な餌とともに圃場に配置して3日間摂食状況を比較調査した。

その結果、焼き塩魚は鼠臭のついたもの、食痕のついたものはよく摂食され、新鮮なものも摂食した。しかし、トウモロコシと稲穂は鼠臭や食痕のあるものは食べたが新鮮なものはほとんど食べなかった。このように鼠臭は鼠に対し誘引的効果があることが分った。

以上から、R. argentiventer のわな餌としては入手が簡単で安価であり、しかも腐敗しにくい点を考慮すると同種類の鼠の食痕や臭いのついた roasted salted fish が最適で、ついで腐敗し易いがトウモロコシが適していると考えられる。

なお、参考のためボゴール動物博物館で調査したインドネシア産のネズミの種類と生息地を示すと第7表のとおりである。

第7表 インドネシア産ネズミの種類と生息地

ネズミの種類	生息地	ネズミの種類	生息地
1. <u>Bandicota indica</u>	U, R	12. <u>R. niviventer</u>	F
2. <u>B. bengalensis</u>	U, R, F(?)	13. <u>R. jalorensis</u>	U, F
3. <u>Mus musculus</u>	H	(= <u>R. tiomanicus</u> )	
4. <u>M. crociduroides</u>	F, M	14. <u>R. exulans</u>	U, H, R
5. <u>M. cervicolor</u>	R	(= <u>R. concolor ehippium</u> )	
6. <u>M. musculus castaneus</u>	H	15. <u>R. argentiventer</u>	R, U
7. <u>M. caroli ouwensi</u>	R, U	(= <u>R. rattus brevicandatus</u> )	
(= <u>M. caroli</u> )		16. <u>R. norvegicus</u>	H
8. <u>Rattus sabanus</u>	F	17. <u>R. rattus diardii</u>	H
9. <u>R. mülleri</u>	F(?)	18. <u>R. rattus roguei</u>	H
10. <u>R. cremoriventer</u>	F	19. <u>R. tiomanicus</u>	F
11. <u>R. fulvescens</u>	F	20. <u>Papagomys armandvillei</u>	F

注： U：畑地、 R：水田、 H：家屋 F：森林 M：山地

## D. 作物の生理学的研究

### 1. 水稻の生理障害の調査と研究

#### a. 水稻の生理障害の発生と分布調査

1971年8月から1972年12月まで、合計58の地点(ジャワ42、スマトラ7、南カリマ  
ンタン7、南スラウェシ2)において水稻の生育状況、症状を調査し、土壌、肥料、病害など  
との関係を記録し、また水稻を採集して化学分析(N, P, K, Ca, Mg, Zn, Fe, Mn)を行った。

その結果、生理障害の症状を呈している稲の多くはN、P、Kが不足しており、また一部の  
水稻ではFe、Mnの過剰がその原因と考えられた。いわゆる Mentek 症状はジャワ島の Cihea、  
Serang (西部ジャワ)、Klaten、Demak (中部ジャワ)、北スマトラの Sidikalang、西ス  
マトラの Padang などで見られた。排水不良田の稲は土壌還元による生育障害と根の生育異常  
がみられ、それはFeの過剰が原因の一つと考えられた。

中部ジャワにおける水稻-ロゼラ、または水稻-サトウキビなどの輪作においては稲に著し  
い生理障害がみられるが、これは硫安の多施と前作物の多量の有機物残渣による土壌還元にも  
とづくものと思われる。また、中部ジャワ Merapi 山南方の水田では秋落ち型の土壌でこま葉  
枯病の激発が観察された。

#### b. 各地土壌における水稻の要素欠乏調査

土壌研究所で作製の土壌図にもとづいてインドネシア各地から土壌を採取し、それらの土壌  
を用いて一連の肥料要素ポット試験を1973-'75年に実施した。4要素のチッ素、リン酸、  
カリ、いおうは塩安、過リン酸石灰、塩化カリ、硫酸ソーダの形で用い、稲の草丈、分けつ数、  
乾物重を測定し、その結果から各要素について、E (enough) 充分、D (deficient) 欠乏、  
SD (slightly deficient) 僅かに欠乏、VD (very deficient) 著しく欠乏と評価した。その  
結果は第8表のとおりである。

第8表 インドネシア水田土壌の要素欠乏

土 壤 採 取 場 所	大 土 壤 群 名	評 価			
		N	P	K	S
ランボン					
Tamanbogo	赤黄色 podosolic soil	E	D	SD	SD
西部ジャワ					
Singamerta	灰色水成土と灰褐色 planosol	D	D	VD	SD
中部ジャワ					
Jakenan	灰色水成土と灰褐色 planosol	VD	D	VD	VD

土 壤 採 取 場 所	大 土 壤 群 名	評 価			
		N	P	K	S
Winong	黄灰色沖積土	D	E	E	SD
Demak	暗灰色 grumusol	D	D	E	VD
Prembun	低腐植質 glei 土と灰色沖積土	—	—	D	VD
東部ジャワ					
Genteng	褐色 regosol	D	E	E	SD
Muneng	褐色地中海土	VD	E	E	D
Mojosari	regosol と lithosol	D	SD	SD	E
Jambegede	暗灰色沖積土	—	—	SD	—
Wilangan	赤褐色地中海土	D	SD	E	VD
Ngale	暗灰色 grumusol	D	E	D	VD
Kendalpayak	暗灰色沖積土	D	E	E	VD
バリ					
Antosari	黄褐色 latosol	D	SD	E	VD
南スラウェシ					
Minasabaji	灰色沖積土	D	VD	E	VD
Barru	黄灰色沖積土	D	E	E	VD
Maros (支場前)	灰色沖積土	—	E	—	VD
"    (支場後)	"    "	VD	—	SD	VD
Majakka	灰色 grumusol	D	E	—	D
Camba	灰色沖積土	VD	D	E	VD
Lanrang	暗灰色沖積土	—	—	D	VD
Sudiang	赤色 podosolic soil	—	—	—	VD

供試土壌のすべてについてチッ素に欠乏していることが明らかである。Tamanbogo 土壌のみ E と評価したのは、この土壌が置換容量小さく、かつ酸性であるため、施肥すると土壌溶液が強酸性高塩類濃度となり、生育阻害がおこるからである。

リン酸に欠乏している土壌も多いが、リン酸の肥効が収量に明らかに現れる場合は少ないものと考えられる(後出)。Cihea (西部ジャワ) でカリの肥効が報告されるまで(後出)カリ肥料の必要性はほとんどないものと考えられてきたが、著しくカリに欠乏する土壌があることがわかった。供試したほとんどの土壌がいわゆる不足の徴候を示したのは予想に反したことで、特に南スラウェシの土壌にはすべて著しい欠乏が認められた。

### c. 水稻のカリ欠乏

#### c-1. チヘア地区の水稻の生理障害

西部ジャワの Cihea 地区には永年にわたり水稻にある種の生理障害が認められていたが、その原因は明らかでなかった。この地域では一般に農家はカリ肥料は用いず、またチッ素、リン酸肥料を与えた水田でも障害がみられた。

障害は生育1か月位してから古葉にあらわれ、葉の先から黄褐色になり葉基部へとひろがり、しばしば葉に多くの褐点を生ずる。障害の著しいときは葉全体が褐色になって生育が止る。被害水田は沖積土をもった grumusol で重粘土を含み pH6.2、強還元性である。

1971年乾季に被害田および健全田の稲を採集し、予備的な分析(N, P, K, Na, Ca, Mg, SiO<sub>2</sub>, Mn, Fe, Zn)を行った結果、K不足が障害の主原因と考えられた。このことを確認するため、1971/72年雨季に被害田でK施用(塩化カリまたは硫酸カリ、60 kg K<sub>2</sub>O/ha)が栄養要素、収量、障害発現に及ぼす影響について試験を行った。

化学分析の結果は被害田の稲はK含量が低く、一方において鉄、Mnの含量が高い。Kの含量の低いときは鉄の障害を起し、またMnの含量が高いと葉の変色をおこして生育が不正常となる。被害の著しい稲では葉自身のMnは2400 ppmを示した。

収量の調査ではK施用区は無施用区に比較して約2倍の収量が得られた。Kは稲の種子成熟にもよい効果があり、千粒重でK施用区は無施用区にくらべ30%高かった。また、施用区の稲は生育外観においてもすぐれていた。

以上の結果から Cihea 地区の水稻生育障害はK欠乏によるものであるが、ある場合にはMn含量の高いことも原因をなすと考えられ、両者による病徴の混ったものが認められた。

#### c-2. マンガンの害に対するカリの施用効果

前述のように Cihea の土壌はKの含量が低くMn量が高く、これが水稻の生理障害の原因と考えられた。Mnは微量元素として植物の代謝に重要な役割を果しているが、正常な生育に必要な量以上に蓄積されると害を与える。一般に grumusol と latosol はMn量が多い。

MnとKとの関係について、さらにKの供給の多少が水稻のMn吸収と生育に及ぼす影響を知るため1973年に水耕試験を行った。品種は日本晴で、Mnの量は0.5、50、100 ppmの3段階とし、Kの量は2 ppmのK<sub>2</sub>Oを含む水道水とこれに20 ppmのK<sub>2</sub>Oを加える2区とし、pHは5.1-5.3に保った。

幼穂形成期、出穂期、収穫期に生育調査、Mnの放射化分析を行ない、また葉中のK、Mnの分布を知るため微小部X線分析を行った。Mnの放射化分析は日本原子力研究所で行った。また幼穂形成初期に蒸散量を測定した。

生育各期における生育調査の結果、Mnの量が多い場合でもKの量が多いときは分けつ数、草丈ともに増加した。生育障害の徴候は葉および根にみられ、Kが低濃度のときにはげしく、

Mn が高濃度 (100 ppm) であると K が高濃度でもみられた。

葉数、乾燥重、蒸散量も K が高濃度のときは低濃度より大きく、Mn の害作用が減少する傾向がみられた。収量および収量構成要素の調査では K の高濃度では低濃度の約 2 倍の収量を示し、これはポット当り穂数、1 穂当り小穂数、登熟歩合、千粒重の増加によることがわかった。

葉中の Mn 濃度は Mn 施用量が多いほど高くなるが、施用量が同じ場合は K の濃度が高いときに低くなった。葉中の K および Mn の分布をみると健全葉では K の量は Mn より高く K は中肋に集積したが、Mn 過剰葉では K の量は比較的 low、K と Mn の分布のパターンは異なり脈間に K の集積はなかった。葉の褐点は Mn の量の高いことを示すが、吸収された Mn は脈間に集積すると考えられる。Mn 過剰下での分布は Mn の最高の部分では K は最低であった。

以上の結果から Mn の過剰なときに K を施用することは K の欠乏を防ぐだけでなく、Mn の過剰吸収を減少する効果があると考えられる。

### c-3. カリ施肥の効果

前述のように Cihea の土壌はカリが欠乏しているので、カリの施肥を行っていない地点の土壌を用い、カリ施用の水稻生育、収量、生理に及ぼす影響を知るため 1976 年乾季にポット試験を行った。

品種は Pelita I/1 と K 欠乏に対する感受性が高いといわれている IR26 を用いた。肥料はポット (a/5000) 当り N0.5g (尿素)、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.38g (三重過石) とし、K<sub>2</sub>O (塩化カリ) は 0、0.19、0.38、0.76g の 4 段階として、無 N 区および無 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 区を設けた。

生育調査の結果は無 K 区は草丈、莖数ともに無 N 区と同様に低い値を示すが、K を施肥すると増大し、とくに莖数は無 K 区の 2 倍以上となった。葉面積指数 (LAI) も無 K 区は K 施用区にくらべ顕著に小さいが無 N 区にくらべると大きい。

乾物重は葉、稈 (葉鞘を含む)、根とも無 K 区は低いが、ポット当り 0.19g (K<sub>2</sub>O) の施用でも著しく増大する。無 N 区の乾物重も低いが、無 K 区と無 N 区と比較すると部位別にみて異なり、葉身の乾物重は無 K 区が無 N 区より大きい、稈では無 K 区が小さく、根では顕著に小さい。これは葉/莖率、T/R (地上部/根) 率に明らかに示される。このことは K の欠乏が根の生育を最も阻害し、ついで稈の生育に影響を与えることを物語っている。

次に収量については無 K 区の粒重は極めて低く、K 施肥量の増加にしたがって増加する。IR26 と Pelita I/1 を比較すると無 K 区では前者が極端に低く、K 欠乏に対し感受性の高いことを示している。0.76 K<sub>2</sub>O 施肥では IR26 は Pelita I/1 より粒重が大きくなる。IR26 の無 K 区の著しい減収は一穂粒数、登熟歩合、千粒重いずれもが極端に低いためである。ポット当り粒数、登熟歩合、千粒重などは K 施用量の増大に従って大きくなり、K が水稻の稔実、さらにさかのぼって炭水化物の生産と密接な関係のあることが推察される。

一般に K が欠乏すると呼吸が盛んになり、植物体中の炭水化物の消費が増大して、その蓄積

量が減少すると考えられているが、このことに関連して Warburg の検圧計を用いて呼吸能  $Q_{O_2}$  (乾物 1mg の根の 1 時間の  $O_2$  吸収量  $\mu l$ ) および呼吸商  $RQ$  ( $Q_{CO_2}/Q_{O_2}$ ) を測定した。

その結果、 $Q_{O_2}$  は無 K 区が高い傾向を示した。また  $RQ$  は無 K 区は K 施用区より若干低めで  $O_2$  の吸収量に対する  $CO_2$  排出量の割合が低いことを示した。還元糖については葉身では明らかでないが、稈については無 K 区の含有率が低く、K 施肥によって高くなった。

以上のようにカリ欠乏土壌へのカリの施肥によって増収効果が認められ、またカリ欠乏の特徴として、とくに根と茎の生育が阻害されること、根の呼吸能が上昇し呼吸商が低下する傾向などを認めた。

#### d. 水稻のいおう欠乏

日本では従来作物のいおう欠乏症が報告された例はほとんどなかったが、インドネシアでは近年いおう欠乏に関する報告がみられるようになった。稲がいおう欠乏になると生育初期に草丈が低く、葉が黄化して生育不良となり減収する。そこで、インドネシア土壌におけるいおう欠乏について明らかにするため 1974 - '75 年にポット試験を行った。

まず、ジャワ島の 9 か所の土壌を用い、S として  $Na_2SO_4$  を施用し稲苗の生育に及ぼす影響を調べ、また稲苗、土壌および灌漑水の分析を行った。その結果、Ngale 土壌のような grumusol だけでなく、latosol、planosol、regosol など広い範囲の土壌にいおう欠乏がみられることがわかった。

次に Ngale 試験地の grumusol 土壌を用いて稲の栄養について知るためポット試験を行った。品種は IR 5 を用い、肥料には尿素、硫酸、塩安、硝安を用いたが、播種後 6 週間における測定の結果では硫酸区は他区に比べ草丈、乾物重、S 含量において優れていた。なお、 $Na_2SO_4$  を用いても硫酸と同様にいおう欠乏症を治す効果が認められた。

さらに生育後期における稲の栄養について知るためポット試験を行った。肥料は上記のほか、硫酸と尿素の両者併用 (N 量 1 : 2) 区を設けた。その結果、幼穂形成期における草丈、分けつ数、乾物重は硫酸根肥料区は無硫酸根肥料区に比べてすぐれており、さらに植物体の分析においても前者は後者に比べ S 含量が高かった。

また、移植後 114 日の収穫時において前者は十分に成熟しているのに反し、後者は成熟が遅れていた。藁重、子実重、有効分けつ率、収量構成要素においても硫酸区が最もすぐれ、S 量が  $1/3$  の硫酸・尿素区でも良かった。

次に Jakenan (中部ジャワ) の土壌 (灰褐色 planosol) では生産力が低く、N、P、K の施用では従来十分高い収量が得られなかったため、この土壌を用いてポット試験を行った。肥料は N、P、K、S を単独または組合せた区を設けたが、草丈、分けつ数、乾物量において、これらの単独または 2 つの組合せでは効果がなく、N、P、K の組合せでは良いが十分でなく、NPKS 区が最も優れていた。このことは Jakenan 土壌でこれら 4 要素が欠乏していることを

示している。植物体の化学分析の結果はN、K、Sが不足していることがわかった。

そこでPの効果について、N、K、Sなどとの組合せでポット試験を行った結果、無P区では植物の生育がある程度劣ったが、無N、K、S区程ではなかった。分析結果は無P区はP含量は少なかった。

以上のようにジャワの土壌について、いおう欠乏が認められたが、その後バリ、北スマトラ、西スマトラ、南スラウェンでもいおう欠乏が報告され、おそらく他の地域にも広くいおう欠乏土壌があるものと考えられる。その理由としてはインドネシアで使用されている肥料はチッ素源として高濃度の尿素、リン酸源として三重過石に限られ、無硫酸根肥料が連用されているためと考えられる。

いおうは稲の収量だけでなく、玄米のメチオン含量を増加するという報告があるので、1976/77年雨季にNgaleの土壌を用いポット試験を行った。S源としては、いおう、硫酸、硫酸加里または gypsum を土に混合した。その結果、施用区は無施用区に比べ収量が2~3倍多く、また玄米の化学分析によりメチオン量が1.7-2.5倍高いことがわかった。すなわち、いおうによって収量だけでなく、人間にとって必須なメチオン含量が多くなり、米の栄養的価値を高めることになる。

## 2. 水稻に対するリン酸の効果

インドネシアの土壌には各種の土壌型がみられ、土壌の化学的性質や可給態リン酸において異っている。リン酸の欠乏した土壌では水稻の生育不良と減収をもたらし、しばしば稲生産の阻害要因の一つとなっている。しかし、インドネシアではこれまで水稻のリン酸栄養についての試験研究はほとんどなかった。

リン酸は水田土壌中にリン酸カルシウム、リン酸鉄、リン酸アルミニウム、有機リン酸などの形で存在しており、水稻は施用されたリン酸の一部を利用するだけである。しかも気候、品種、栽培法、土壌のリン酸含量、物理化学的性質など多くの要因が水稻のリン酸肥料利用に関係してくる。そこで水稻に対するリン酸肥料の効果について生理学的実験を行った。

### a. 土壌型を異にする2地区におけるリン酸肥効の比較

土壌型の異なる Tamanbogo (ランボン) と Ngale (東部ジャワ) において3種のリン酸肥料、すなわち、三重過石 (46%  $P_2O_5$ )、Multiphos (46%  $P_2O_5$ ) および団子肥料 (5-5-5) の効果を知るため1973年乾季に実験を行った。土壌は Tamanbogo は red-yellow podosolic、Ngale は dark grey grumusol で、前作はそれぞれ稲および大豆でこれらには施肥されていなかった。

リン酸肥料は三重過石、Multiphos とも 30、60 kg  $P_2O_5/ha$  を基肥とし、NおよびKとしてはそれぞれ尿素と硫酸加里を施用し、団子肥料 (30、60 kg  $P_2O_5/ha$ ) は移植2週間

後に土中 10 cm の深さに株間に施用した。水稻移植前に両地区の表土の化学分析を行ないその性質を調べた。

実験期間中の観察によれば Tamanbogo では著しいリン酸欠乏症状を示し、草丈、分けつ数が減少したが、リン酸の施用により増大した。Ngale では施肥の効果はとくに生育初期には少なかった。これは Ngale では Tamanbogo より可給体 P が多いためと思われる。

肥料のなかでは団子肥料区は生育がわるく、これは団子肥料の P 放出がおそく、水稻が P を強く必要とする幼若なときに効果があらわれず、移植後 14 日の施用は時期的に不適當であったと思われる。基肥とする方がよいと考えられた。

収量に対するリン酸の効果は Ngale では Tamanbogo より高く、これは分けつ数、登熟歩合、1 穂当り小穂数の増加によると考えられた。Ngale では三重過石、Multiphos とともに 60 kg 区は 30 kg 区より収量が少し低下したが、団子肥料はやや増加した。Tamanbogo ではリン酸の増施により増収したが、団子肥料は三重過石、Multiphos ほど効果がなかった。三重過石、Multiphos の増収は主として  $m^2$  当り穂数、登熟歩合、1 穂当り小穂数によるが、団子肥料ではすべての構成要素が関与している。

P の吸収量はリン酸肥料の増施により増加するが、Tamanbogo では Ngale にくらべ著しく低い。Tamanbogo では稲が吸収する土壌由来の P は  $1 \text{ kg/ha}$  以下で Ngale の  $17.6 \text{ kg/ha}$  にくらべて低い。

土壌分析の結果では土壌の可給体 P は Tamanbogo および Ngale はそれぞれ  $0.57 \text{ mg}$ 、 $5.11 \text{ mg P}_2\text{O}_5/100 \text{ g}$  (乾土) で前者が小さく後者は大きい、これは Ngale では Tamanbogo より稲が土壌に由来する P を多く吸収する理由を物語っている。

リン酸肥料の利用率は三重過石、Multiphos について Tamanbogo、Ngale とともにほぼ同様の傾向を示すが、その値では前者は後者より大きい。これは土壌の pH が前者で 5.2、後者で 6.1 であること、また前者では土壌中の P が大部分可溶性の低いリン酸鉄の形であるのに対し、後者では可溶性の高いリン酸カルシウムであることなどによると考えられる。

土壌中の置換カルシウムは Ngale では Tamanbogo より著しく高く、活性鉄は著しく低い。Tamanbogo では水稻は土壌中の P より肥料の P をより多く吸収するのに反して Ngale では土壌中の P を多く吸収する。

以上の結果から三重過石と Multiphos は P 欠乏を防ぐだけでなく増収に役立ち、P の利用率は団子肥料より良い。Tamanbogo では P の吸収と肥料との間には正の相関がある。Ngale ではリン酸肥料の適正施用量は約  $30 \text{ kg P}_2\text{O}_5/ha$  と考えられる。団子肥料の効果は、とくに Tamanbogo で低かったが、基肥として用いれば効果が上ると考えられる。

#### b. 各種土壌におけるリン酸の肥効

土壌型を異にする各地の土壌、すなわち Muara、Singamerta (西部ジャワ)、Jakenan、

Demak、Winong（中部ジャワ）、Ngale（東部ジャワ）、Tamanbogo（ランボン）の土壌について、リン酸施肥が水稻および土壌のリン酸の状態、水稻の生育収量に及ぼす影響を知るため 1973/74 年雨季より 1974/75 年雨季にかけて実験を行った。

#### 1) Muara (reddish brown latosol)

1973/74 年雨季、1974 年乾季に Muara 試験地でリン酸用量についての圃場試験を行った。三重過石を 0、30、60、100、150、200、250 kg  $P_2O_5$ /ha の 7 段階で施用し、N は尿素 160 kg N/ha、K は硫酸加里 60 kg  $K_2O$ /ha とし、品種は IR5 を用いた。

その結果、リン酸は生育初期の分けつ数の増加に著しい効果があった。低リン酸区での分けつ数増加は著しくおくれ、最高分けつ数も少なかったが、有効莖数は高リン酸区と差がなかった。

収量についてはリン酸施用による増加は認められず、1974 年乾季にはリン酸肥料の増施によりむしろ減少した。水稻の P 含量 (%) および吸収量 (kg/ha) は生育初期にはリン酸施用量にともない増加したが、生育後期の P 吸収量はリン酸施用量と一致しなかった。

土壌の分析によると可給体 P の量は生育初期にはリン酸肥料の施用量に一致しているが、生育後期には区間の差がなくなる。これはおそらく土壌の P 固定によるものと思われる。

本実験の結果と日本の 3 県（北海道、富山、宮崎）での実験結果とを比較してみると、周年高温で水稻の作季が限られていない熱帯では莖数増加がおくれ、出穂期がおくれても減収の原因とならないことがわかる。従って熱帯の水田では温帯北部のように施肥によって水田土壌中の可給体 P の濃度を高め稲の初期生育を促進する必要がないものと結論できる。この型の土壌ではリン酸施用量は収による奪取量に相当する約 30 kg  $P_2O_5$ /ha が適当と考えられる。

なお、ジャワ、スマトラ、バリの 12 か所から採取した土壌について分析を行ない可給体 P および全 P 量の測定を行ったところ、Singamerta、Jakenan、Tamanbogo などの土壌の全 P 量は 50 mg  $P_2O_5$ /100 g (乾土) 以下で、P 欠乏土壌であることがわかった。

#### 2) Jakenan (gray hydromorphic and grayish brown planosol association)

上記土壌分析の結果から、この土壌は P 欠乏であることがわかったので、品種 IR5 を用い肥料要素についてポット試験を行った。その結果、この土壌は N、K、S が著しく欠乏しており P も欠乏しているが、収穫時の草丈、分けつ数、乾物重において無 P 区は施用区に比べ、土壌分析の結果から予想されるほどには劣らなかった。

#### 3) Demak (dark gray grumusol)

##### Singamerta (gray hydromorphic and grayish brown planosol association)

土壌型を異にする、この 2 地区の土壌について、IR5 を用いて肥料要素試験をポットで行った。

その結果、乾物重からみると Demak の土壌は N、P、S が欠乏し、Singamerta の土壌は N、

P、Kにおいて欠乏している。P欠乏の程度は稲の分けつからみて Demak 土壌が Singamerta 土壌より高いと考えられた。しかし、土壌分析の結果では全P量は Demak は Singamerta より高かった。

水稻乾物重は生育初期には Demak の無P区は Singamerta の無P区より低かったが、収穫時には著しく高くなった。これは Demak 土壌では土壌固有のPが緩効的に役立ったことを示している。

Singamerta の土壌は全P量が  $50 \text{ mg P}_2\text{O}_5 / 100 \text{ g}$  (乾土)以下で低いが土壌のP固定力はかなり小さいので、収穫物により奪取される量に相当する  $30 - 50 \text{ kg P}_2\text{O}_5 / \text{ha}$  が施肥されればよいと考えられた。

#### 4) Ngale ( dark gray grumusol )

1973/74年雨季に Ngale 試験地で実施し、IR5 を用いてリン酸は 0、30、60、90、120、150  $\text{P}_2\text{O}_5 / \text{ha}$  の6段階で施肥した。

その結果、最高分けつ期には分けつ数、P含量(%)、P吸収量 ( $\text{kg} / \text{ha}$ ) において僅かながら効果がみられたが、幼穂形成期には前二者では効果がみられなくなった。収量は  $90 \text{ kg P}_2\text{O}_5 / \text{ha}$  施用で最高を示したが、他区との間に有意差はなかった。

次に Muara と Ngale の土壌に三重過石を4段階 ( 0、0.05、0.10、0.30  $\text{g TSP} / 100 \text{ g}$  乾土 ) に加えて  $40^\circ\text{C}$  に1時間 - 3週間保った後可溶性P量の測定を行なった。

その結果、Bray Na 2 溶液によるPの回収量は処理後1日で最高に達し、その後は土壌のP固定によって次第に減少する。最低の回収率は Ngale 土壌では 36.5%、Muara 土壌では 3.0%であった。このことから、施用されたPは Muara では 97%、Ngale では 64%が固定されると考えられる。

Ngale の土壌では土壌固有のPの有効性および施用したPの可溶性が Muara の土壌にくらべて高い。従って、Ngale 土壌ではリン酸肥料が前作に施用されていると次の作季にリン酸肥料を与える必要はほとんどない。稲に与えるリン酸肥料の適量は  $30 \sim 40 \text{ kg P}_2\text{O}_5 / \text{ha}$  と推定される。

#### 5) Tamanbogo ( red yellow podosolic )

1973/74年雨季に Tamanbogo 試験地、1974/75年雨季に新しく開田した農家の水田で圃場試験を行った。三重過石は 0、30、60、100、150、200、250  $\text{kg P}_2\text{O}_5 / \text{ha}$  の7段階で施肥し品種は IR5 を用いた。

その結果、Muara の試験と同様にリン酸施用によって生育初期の分けつ数の増加が明らかに認められた。水稻のP含量(%)、P吸収量 ( $\text{kg} / \text{ha}$ ) もリン酸施用により増加する。収量は試験地では区間に有意差は認められなかったが、農家の圃場では無P区の稲は枯死する状態にあり、リン酸施用量の増加に従って著しく収量が増加した。

土壤分析の結果では試験地と農家の水田土壤の全P量はそれぞれ226mg、42mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100g (乾土)で明かな差があった。Pの十分な水田では毎作季にリン酸肥料20-40kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/haの施用が適当で、Pの乏しい新しく開田した水田では初めは100kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/haの施用が必要と考えられた。

#### 6) Winong (alluvial)

品種IR5を用い、三重過石(TSP、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 46%)と溶性リン酸苦土(FMP、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 20%)を4段階(0、60、120、180kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha)で施用したが、TSPの120kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/haが最高の収量を示した。FMPでも120kg区が最高であったが、他区との間に有意差はなかった。

Winongの土壤は他の地区土壤に比べ全P量が最も高く、可給体P濃度も大きいので、この土壤にはリン酸施肥の必要はない。

### 3. 水稻のチッ素栄養

#### a. ジャワ主要土壤における水稻の収量とチッ素栄養

インドネシアにおける水稻の生産性は地域により異なるが、ジャワの異なる土壤型の地区における水稻のチッ素吸収とチッ素肥料の有効性について知るため、中央農研作物部が1971年乾季に標高および土壤型の異なる中央農研試験地、すなわちGenteng (regosol、標高145m)、Mojosari (regosol、同10m)、Ngale (grumusol、同50m)、Pusakanegara (alluvial、同5m)、Muara (latosol、同270m)において行った施肥試験より得られた材料を用いて実験を行った。

チッ素肥料は尿素0、45、90、135、180kg N/haを1/3を基肥に、残りを1/3ずつ2回(分けつ期と幼穂形成期)追肥に施用し、品種はIR5、Pelita I/1、Pelita I/2を用いた。収穫した材料は藁と子実に分けて化学分析に供した。

その結果、すべての地区でチッ素の施用量の増加に伴って収量の増加がみられ、180kg N/haでも増加したが、Muaraでは135kg N/haで最高で180kg N/haでは減少した。収量はMojosariが最高でPusakanegara、Ngale、Genteng、Muaraの順であった。

藁および子実中のN含量(%)はチッ素の増施とともに増加するが、子実において藁より高く、また収量と子実のN含量との間には高い相関が認められたが、藁のN含量とはほとんど関係がなかった。

Nの全吸収量はチッ素の施用量の増加に比例して増加するが、そのなかでの土壤からの供給量の割合はチッ素の施用量の増加とともに減少する。

Nの全吸収量と収量との間には高い相関があり、吸収量が多くなるほど収量が増加する。ha当たり5tonまたはそれ以上の収量を得るためには80kg N/haのN吸収が必要であり、N吸収

は Mojosari で最高で Genteng で最低であった。吸収された N の約 70 % が子実に移行し、残りは他の部分に移行する。

施用チッ素量に対する収量を計算すると N の供給の増加につれて収量増は減少するが、稲による N の平均利用率は Muara 29 %、Ngale 38 %、Pusakanegara 42 %、Genteng 45 %、Mojosari 48 % であった。

#### b. 水稲の生育、チッ素栄養およびごま葉枯病発生に及ぼす施肥の影響

ごま葉枯病はインドネシアでは稲の重要病害の一つで老朽化水田や砂質上に発生する。チッ素とカリの不足またはチッ素とカリの不均衡が本病の発生を起し、また鉄、マンガン、珪酸などの不足は被害を促進する。

1972年雨季に Yokyakarta の Mogwoharjo (中部ジャワ) の農家の水田 (標高 200 m) を選んで試験を行ったが、この水田は小さい砂利を含む砂質植壤土で表土 10-13 cm の浅い黄褐色の土壌 (regosol) であった。

試験には IR5 を用い、処理区には尿素 (90 kg N/ha)、三重過石 (60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha)、塩化カリ (60 kg K<sub>2</sub>O/ha) を組合せた 5 区とし、そのうち 2 区には珪カル肥料 (SiO<sub>2</sub> 35 %、2 ton/ha) または緩効性の団子肥料 (60 kg N、60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、60 kg K<sub>2</sub>O/ha) を加えた。三重過石、硫酸加里、珪カルは基肥とし、尿素は基肥に 1/3、移植 2 週間後に 1/3、幼穂形成期に 1/3 を施用した。団子肥料区は尿素 30 kg を基肥とし、移植 3 週間後に団子肥料を土中 3.0 cm の深さに株間に施用した。

試験の結果、草丈、分けつ数は N 施用区と無施用区との間に明かな差が認められ、また N 量が同じ場合は団子肥料区が生育初期には生育が劣ったが後期には生育が最もよく、有効分けつ数が最高であった。カリと珪カルの施用は生育に効果がなかった。

収量については N 施用区は約 4 ton/ha で無施用区の 2.9 ton/ha に比べて高く、とくに団子肥料区は 4.8 ton/ha で高かった。この増収は主として m<sup>2</sup> 当り穂数および株当り登熟子実数の増加にもとづくものである。カリと珪カルの施用は収量に効果がなかった。これは 4-5 ton/ha の収量を得るためには土壌からの K の自然供給で十分であることを示している。

幼穂形成期、出穂期、収穫期に藁と子実に分けて N と SiO<sub>2</sub> について化学分析を行った。その結果、幼穂形成期と出穂期における N 含量 (%) は低かったが、収穫期には正常限界値内にあると考えられた。収穫時の藁、子実中の SiO<sub>2</sub> 含量 (%) は各区とも正常値で、土壌および灌漑水からの自然供給が十分であることを示している。

本実験での土壌中からの N の自然供給総量は 58 kg N/ha で、90 kg N、60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha の施肥での N 利用率は約 30 % で小さい。K の施用は N の利用率を少し増加し (36 %)、団子肥料の施用ではさらに増加した (43 %)。

稲により吸収される全 N 量は無 N 区で最低で団子肥料区で最高であったが、吸収全 N 量に対

する子実移行N量の割合は区間に大差なく約70%であった。

ごま葉枯病は生育初期より観察され、移植1か月後から被害が大きくなる傾向があった。被害は無N区は生育各期を通じ最も大きく団子肥料区は最も少なかった。珪カルの施用は発病には効果はなかったが、これは土壌や灌漑水からのSiO<sub>2</sub>の供給が十分なためと考えられる。

#### c. 団子肥料および客土の効果

ジャワ島には一般に粘度含有率の高い土壌が広く分布しているが、regosolと呼ばれる土壌型は粘土が少なく砂が多いのが特徴で、Merapi火山の影響を受けたYogyakarta付近は無機成分に富む地帯といわれながら、施肥チッ素の流亡が多くチッ素の利用率は低い。

そこで、肥料を尿素団子(Mudball)やブリケット(Briquet)尿素の形にしてチッ素の流亡を防ぐ方法、緩効性肥料の一つのIB化成の使用、重粘土の客土などの処理を行って施肥チッ素の利用率の向上をはかるため1975/76年雨季に現地試験を行った。

試験地はYogyakartaのSlemanで土性は粘土11%、シルト45%、砂44%の壤土、全チッ素0.06%、全リン酸0.144%、可給体リン酸12.45mg/100g、置換性カリ0.31me/100gの無機成分を有する。客土に用いた土壌は粘土69%の重粘土である。品種はIR26を用いた。

試験の結果、IB化成区と客土区は普通尿素を使用した標準区(1a当りN、P、K、90-60-60)にくらべて収量が大きく有意差があり、またこの2区は120kgN尿素(120-60-60)区よりも収量が高かった。これに反して尿素団子区およびブリケット尿素区は収量が低く、後者の収量指数は80に過ぎなかった。収量構成要素についてみるとIB化成区および客土区は対照区にくらべ穂数、1穂粒数、登熟歩合が勝り、これらが総合して増収したと考えられる。

収穫時における水稻体のN含量(%)についてみると、収量の多かった上記120kgN尿素(120-60-60)区、IB化成区、客土区の穂のN含量(%)が高く1%以上の値を示した。N吸収量については、これら3区の葉への吸収量は20kg/ha以上、籾への吸収量は67kg/ha以上で他区より高く、その合計は収量の高いほど大きかった。N利用率はIB化成区が30%、客土区が28%に対し、対照区は23%、尿素団子区は20%、ブリケット尿素区は12%に過ぎなかった。

以上のように客土による施肥チッ素利用率の向上がみられたが、IB化成のような緩効性肥料でも同様な効果が期待できるので経済的な効果を考えた場合はこのような肥料の導入も考慮するべきである。

#### d. 重チッ素(<sup>15</sup>N)利用による水稻のチッ素吸収率

インドネシアにおいて水田に施肥したチッ素がどの程度の割合で水稻に吸収されているかについての基礎的データは極めて少ない。施肥したチッ素を追跡するためには重チッ素の利用は

最も適切で確実な方法である。

この試験は枠試験およびポット試験を中央農研で行ない、アイソトープの分析は日本で行った。なお、この試験について稲藁施用に関連した部分はその項目で記述することとする。

施肥時期は基肥、田植後30日、幼穂形成期の三時期で、それに稲藁施用の有無、土壌の種類、栽植密度の違いを組合せて試験設計を立て水稻の吸収率を測定した。

枠試験における重チッ素肥料の利用率はスコールなどによる流亡がないために実際より若干高い数値が得られたものと考えられるが、大部分が22-37%の範囲であり年次によって上下する。

まず、施用時期についてみると、幼穂形成期の穂肥が最も利用率が高く、次には基肥が高い場合と田植30日後追肥が高い場合とがある。

栽植密度と重チッ素肥料利用率との関係を見ると、3回の施肥を合計して20×20cmと25×25cmでは30%前後の利用率があるのに対して、10×10cmおよび15×15cmの密植条件では26%台で、栽植密度を密にした場合はチッ素利用率はむしろ低下する傾向にあった。

LatosolとGrumusolの二つの土壌型で試験した結果を比較すると前者は後者より高い利用率を示すが、栽培した品種が異なるため厳密な比較はできない。

稲藁施用の有無によってチッ素利用率は変わらないが、ポット試験で同様の試験を行った場合は稲藁施用によって利用率が低下し、ポット条件下では稲藁によるチッ素の有機化-固定が収穫期まで影響を与えることが明らかである。

また、ポット試験に用いた5種類の土壌を比較すると、grumusolとpodosolic-gray hydromorphicの利用率が最も高く、lithosol、latosolの順でregosolが最も低かった。

インドネシアの肥料価格は日本に比べて割高であり、施肥されたチッ素肥料の利用率は重要な問題である。さらに各地におけるデータの積み重ねが望まれる。

#### 4. 稲わらの水田鋤込の効果

インドネシアでは水稻は一般に穂刈りが行われ、残された稲わらは次期作付の前に水田に鋤込むのが慣行となっている。水田に稲わらを鋤込むと分解が起り、その過程で有害ガスの発生、養分の固定など有害作用が起ることが考えられる。

固定される要素のうち最も重要なのはチッ素で、稲わらの施用によってチッ素の欠乏を起し、また稲わら中の多量の炭水化物のために土壌の還元化を促進する。そこで、稲わら施用が稲の生育、収量、土壌の化学的性質に及ぼす影響などについて基礎的データを得るため実験を行った。

##### a. 水稻の生育および収量に及ぼす効果

1971/72年雨季に西ジャワのCiheaで試験を行ったが、その水田土壌はgrumusolでpH

約 5.7、K が欠乏している。品種は短稈改良品種 4、長稈改良品種 4、長稈在来品種 5、総計 13 品種を供試した。乾燥稲わらは 3 ton/ha を移植 1 週間前に水田に鋤き込み、肥料は尿素 (90 kg N/ha)、三重過石 (60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha) で尿素の 1/3 と三重過石は基肥とした。

実験の結果、株当り乾燥茎葉重 (g) は移植 3 週間後、一部の品種においては処理区は無処理区に劣ったが、幼穂形成期には 2 品種 (Bengawan、Hawara Batu) を除き恢復し、この 2 品種も収量においては処理区は無処理区に比べすぐれていた。収穫期における収量構成要素、子実/稲わら比、草丈においても稲わら鋤込による害は認められず、僅かに有利な効果がみられた。

幼穂形成期に行った化学分析の結果は茎葉中の N、P、K の量 (%) は稲わら施用により増加したが、K の増加が最も著しかった。稲わらの ha 当り 3 ton 施用は約 30 - 36.4 kg K<sub>2</sub>O/ha 施用に相当し、稲わらの施用により稲の生育、収量、栄養吸収を増大する。

これまでカリ肥料を施しても効果がないのは灌漑水や土壌からの十分な K の自然供給によると考えられていたが、本実験の結果から、とくに高収量品種の栽培では稲わらのカリ肥料としての効果が考慮されるべきである。

#### b. 水稻の栄養および土壌の性質に及ぼす影響

試験は圃場試験、框試験、ポット試験の 3 種で、品種はいずれも Pelita I/1 を用いた。圃場試験は Muara 試験地で、試験圃場には 1975 年乾季より毎作期に稲わらが連用されていたが、本実験は 1975/76 年雨季より 4 作期にわたり実施した。

肥料は尿素 90 kg N/ha (30 kg N 基肥) とし、1 区のみ三重過石 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha、塩化加里 60 kg K<sub>2</sub>O/ha を基肥に加え、稲わらの施用量は 0、5、10、20、40 ton/ha の 5 段階とした。この設計に従い試験区の位置も毎作期同じに設定して繰返し行った。

水稻体の分析試料採取は通常の方法に従った。また、直径約 1.0 cm、高さ約 1.5 cm のサラネット袋に所定量の稲わらおよび肥料を加えて均一に混合した土壌を充し圃場中に埋没したものを採取時に袋ごと取り出し土壌の分析に供した。

框試験は重チッ素 (<sup>15</sup>N) を用いてチッ素肥料の利用率を追跡するため 1976 年乾季に行った。アゼントを使用し 50 × 50 cm の框を Muara 試験地水田に 50 cm の深さに設置し、肥料は硫酸で全 N 施肥量 12 g/m<sup>2</sup> を施したが、<sup>15</sup>N をラベルした硫酸はそれぞれ基肥 6 g、移植 30 日後 3 g、幼穂形成期 3 g の 3 区とし、稲わらは m<sup>2</sup> 当り 4 kg 施用区と無施用区を設けた。水稻体は全 N を分析した後、分析に供した溶液を濃縮して日本に送り質量分析計によって 14 : 15 N 比を求め <sup>15</sup>N 肥料の吸収率を計算した。

ポット試験は中央農研網室内で行ったが、5 種類の土壌、すなわち Cihea (grumusol)、Sukamandi (red yellow podosolic-gray hydromorphic)、Kretek (regosol)、Muara (brown latosol)、Pacet (gray regosol and lithosol) の 5 地区の土壌を用い、稲わら

施用の土壌型による反応の相違を検討した。

#### b-1. 土壌の酸化還元におよぼす影響

稲わら施用による反応が著しいとみられる施用後約50日間に1週間に1度土壌を採取して $Fe^{++}$ を測定し、またEhとpHを測定した。

$Fe^{++}$ の値は稲わら施用後1週間から6週間にかけて施用量が多いほど高く、還元が進むことを示している。この傾向は幼穂形成期にも持続する。また、 $Fe^{++}$ の最高値は稲わら施用時と施用4週間後で $900\text{ mg}/100\text{ g}$ (乾土)に達する。

Ehの値は施用後5週間は施用区と無施用区との間に明かな差はないが、その後出穂期にかけて施用区が低くなる。その数値は施用1週間後を除き $100\text{ mV}$ 以上であり強い還元状態を示すことはなく、水稻の生育に余り大きい負の影響は与えていないと考えられる。

ポット試験の土壌についての結果では $Fe^{++}$ 、Ehの値は土壌の種類により絶対値および稲わら処理による数値の変動に差はあるが、Ehの低下は1地区(Pacet)を除くすべての土壌にみられ、 $Fe^{++}$ 含有率も1地区(Ciheia)を除き増加している。

ポット試験の場合の特徴は $Fe^{++}$ 生成量が $600\text{ mg}/100\text{ g}$ (乾土)でそれほど高くないにも拘らず、Ehが施用区では $100\text{ mV}$ 以下になったことで、ポットでは地温が著しく高まるため稲わらの分解も早まり水稻への障害も観察された。

土壌のpHについては圃場試験、ポット試験ともに稲わら施用によってpH値は低下する。これは稲わらの分解に伴う有機酸の生成によるものと考えられるが、その低下は5.8までで問題にならない。要するに稲わら施用により土壌還元の進行、pHの低下は認められたが、普通の施用量の範囲では水稻生育に悪い影響を与えることはないと考えられる。

#### b-2. 土壌のアムモニア態Nに及ぼす影響

稲わら10 ton 施用区では施用後2週間、40 ton 区では5週間、無施用区にくらべて $NH_4-N$ 量の低下が明らかに認められる。このことは炭水化物の土壌への多量の供給が土壌中の無機態Nを一時的に有機化させるためである。

しかし、6週間後には無施用区の $NH_4-N$ 量が低下するのに反して施用区では無機化が進み $NH_4-N$ 量が高くなっていく。幼穂形成期にも施用区の $NH_4-N$ は無施用区より高い傾向が残っている。このことが収穫期における稲わら施用区のN吸収量を増加させる結果となっている。

上記のように稲わら施用区では一時的に土壌の $NH_4-N$ が減少するが、これは $5\text{ mg}/100\text{ g}$ (乾土)程度であって水稻初期生育には十分な量でチッ素飢餓現象を起すには到らない。水稻の外観観察でもそのことは明らかである。ポット試験においても圃場試験と同様の傾向を示した。

### b-3. 水稻の養分吸収

収穫時の水稻体の分析結果によると、穂のN含量(%)とわらのK含量(%)は稲わらの施用によって高まるが、その他については判然とした傾向がない。また、水稻の吸収量を計算した結果でもNとKの吸収量は稲わらの施用量が多くなるに従って多くなっており、稲わら施用量とNおよびKの吸収量との間には高い正の相関が認められる。SiO<sub>2</sub>含量(%)は稲わら施用量が多くなるに従って高くなる傾向を明らかに示している。

框試験で<sup>15</sup>N肥料の追跡を行った結果では収穫期の水稻に含有する<sup>15</sup>N肥料の回収率は稲わら施用区と無施用区との間に大きな差はないが、穂/わら率は明かに異なり稲わら施用区では無施用区に比べ<sup>15</sup>Nの穂への移行が少なく穂/わら率は小さくなっている。

稲わら施用により水稻のKの含量の高くなることは前述のとおりであるが、穂とわらに分けてみるとわらの含有量が圧倒的に高く、稲わらの施用がKの供給量を増加することは当然であるが、Pの含量(%)は穂がわらより著しく高いために稲わら施用量を増加しても水稻のP吸収量の増加は明らかに認められない。

ポット試験においては移植1か月後の草丈、茎数(Muara, Kretekを除く)、乾物重は稲わら施用によって減少の傾向を示している。N吸収量はいずれの土壌でも稲わら施用によって減少するが減少の程度は異なる。

### b-4. 収量

試験を行った各作期の収量および収量構成要素を測定した結果、全般的にみて稲わら施用量の増加につれて籾収量は増加する傾向を示している。

収量構成要素については、施用区は無施用区に比べ登熟歩合は同等か低下の傾向を示すが、一穂粒数、m<sup>2</sup>当り粒数が増加し増収をもたらしたものと考えられる。籾千粒重は変化しない。わら重も施用量の増加に従っておおむね増加する傾向がみられた。

### b-5. 地力に対する効果

稲わら施用が地力の向上に役立っているかどうかを知るため試験終了後、圃場およびポットの土壌を採取し、風乾後全C量、全N量およびNH<sub>4</sub>-Nの測定を行った。圃場試験の土壌は6作期同一設計で行ったもので、ポット試験の土壌は1回だけの試験後のものである。

試験圃場の土壌についてみると全C含量(%)は稲わら施用量の増加に従って明らかに高くなる。計算によると水田土壌に施用された稲わらは重量比で総有機物の数% - 10%が腐植として蓄積されることになると推定される。

これに反して、全N量は稲わら連用でも余り変化せず、稲わら20 ton/ha以上の施用で0.01%増加しただけである。従ってC/N率は稲わら施用量の増加につれて高くなる。NH<sub>4</sub>-Nは稲わら施用量の増加に従っておおむね多くなる傾向を示すが、これが収量増加をもたらす一つの要因と考えられる。

ポット試験については土壌の全C含量(%)は稲わら施用区は明らかに増加するが、全N含量(%)は変化しない。C/N率は土壌によっては極めて高くなり、N欠乏現象を起し易いことを示している。NH<sub>4</sub>-Nについては傾向は明らかでなかった。

インドネシアのような熱帯地域での水田に対する稲わら施用は温、寒帯でみられる稲わらの分解に伴なり土壌の異常還元、チッ素飢餓などによる生育障害がなく、カリ、珪酸の肥料効果および最終的にはチッ素の吸収量も増加して増収をもたらしている。また蓄積率が高いとはいえないが、土壌中のC(腐植)含有率が上昇して地方維持に役立っている。

### c. 水田土壌中の細菌数の変化

稲わらの水田鋤込が水稲および土壌に与える効果については、微生物とくに細菌が水田中の稲わら分解に直接関与することから、前記研究を補うために微生物学的研究を行った。

実験は1978年乾季にMuara試験地で行ったが、試験の水田には1975年の乾季から1977/78年雨季まで、稲の各生育期前に各区に稲わらの一定量(0、5、10、20、40 ton/ha)が鋤き込まれていた。すなわち、各区とも総計6回施用されていたわけである。なお、稲わらのほかにチッ素90 kg N/ha(尿素)が施用された。

本実験ではチッ素120 kg N/ha(基肥40 kg N、追肥2回各40 kg N/ha)、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 60 kg、K<sub>2</sub>O 60 kg(共に基肥)を施用した。稲わらはそのまま鋤き込まず、3-5 cmに切断して各区から採取した土壌に0、10、20、40 ton/haの割合に混合し、尿素は30 kg N/haの割合で土に混ぜ、その混合物2 gをプラスチック繊維の袋(直径10 cm、高さ25 cm)に入れ、各区の表土10 cmの深さに埋めた。

基肥と稲苗(Pelita 1/1)の移植は7月6日に行ない、袋は株間の根圏外の土壌(非根圏土壌)に7月7日に埋めた。土壌はbrown latosolでその化学的性質を7月18日に調べた。

土壌中の細菌数の測定には7月18日各区から袋を採って稲わらや根の残渣を取り除き、稀釈平板法およびJones and Mollisonの変法による顕微鏡観察によって行った。また、7月11日には袋の外部の土を採取し上記の方法で細菌数を測定した。7月18日採取の土中細菌数は稲わら施用後の最高細菌数、7月11日採取のそれは1978年1月稲わら施用後6か月目の最低数であると考えられる。

測定の結果、7月11日の土中細菌数は過去の稲わら施用量の多いほど多く、40 ton/ha施用区は無施用区の約2倍であった。7月18日の測定においても稲わら施用量に比例して細菌数は増加した。

次に細菌の現存量(bacterial biomass)が顕微鏡下で測定された細菌数から計算された。1細菌 cellの平均容積は7月11日と7月18日採取の土壌の間、稲わら施用の有無の間に明かな差はなかった。

細菌の現存量は稲わらの量および採取時期により300-1000 kg(乾燥重)/ha(深さ10 cm)

の範囲で相異があった。7月18日は7月11日より値は大きくなったが、その差異は稲わらと尿素を用いたための現存量の増加と考えられる。

20 ton または 40 ton/ha の稲わら施用区の土壌では細菌現存量の増加はそれぞれ 305 kg または 408 kg (乾燥重) /ha であったが、乾燥重の10%が細菌 cell のチッ素含量と考えると 30.5 kg または 40.8 kg/ha のチッ素が細菌増殖中に細菌菌体に取り入れられたことを意味する。

このチッ素は細菌に一時蓄えられ、その死後土中に放出される。そのチッ素量は稲により吸収される全チッ素量のなかで少なくない。稲わらを与えた水田のチッ素循環における微生物の役割を量的に明らかにするための微生物学的研究が更に進められる必要がある。

## 5. 各種の生理学的研究

### a. 水稻品種の根の活性

根の活性は稲の養分吸収に大きな役割をもっており、その主な作用は根の呼吸によって生ずるエネルギーを養分吸収のために供給することである。従って根の活性は根の呼吸の測定によって知ることができるので本実験では  $\alpha$ -naphthylamine を使用して根の酸化力を測定する方法を用いた。

実験には12品種の稲を用いてプラスチック円筒容器に水耕し pH は 5.3 - 5.5 に保った。また根の活性は生育ステージにも関係があるので苗、幼穂形成期、出穂期に上記方法による測定を行った。

その結果、根の乾燥重 (mg) 当り根の活性は苗、幼穂形成期には比較的高く出穂期には低下したが、これは主として根系の部分的退化によると思われる。品種のなかでは IR5、Dewi Ratih、Pelita I/1、Pelita I/2 の活性が高かった。

しかし、根全体の活性はポット当り根の乾燥重に関係するのでポット当活性についてみると、ある品種は苗から幼穂形成期まで約 30 - 45 倍に増加し、その後は出穂期までやや増加するのに対し、ある品種では幼穂形成期から出穂期にかけて減少した。

ポット当り根の全活性は品種により異なり、苗では 0.22 - 0.40 mg  $\alpha$ -NA、幼穂形成期 8.9 - 14.2 mg  $\alpha$ -NA、出穂期 5.1 - 10.2 mg  $\alpha$ -NA と差のあることが明らかになった。

### b. 水稻の冷水温抵抗性

インドネシアでは標高の高い地域で、とくに Pelita I/1 のような高収量品種に高い不稔を生ずることがしばしば報告されている。現在の高収量品種は標高 500 m までの地域に適しており、標高の高いところでは農家は低収量の在来種を栽培している。

そこで品種の冷水温抵抗性についてのデータを得るため 1974 年乾季に予備実験を試みた。品種は IR5、B9c/Md/3/3、Pelita I/1、Pelita I/2、Syntha、B531、B541 を用い、ワグナー・ポットに植えて網室内に栽培し、幼穂形成期にポットを定温水槽に浸した。水温は 15°C に保ち水位は土壌表面から 1.5 cm にし、3日間処理して網室に戻した。次々に

3日間ずつ生育期の異なる稲を冷水処理するようにして、出穂前何日が低温に感受性で不稔粒を多く生ずるかを明らかにしようとした。

しかし、電圧の急変による冷水循環装置の故障のため処理が突然停止する事故があった。そのため、IR5、B9c/Md/3/3、Pelita I/1 についてのデータ分析を行ったが、低温感受性の時期、期間についての明瞭な結果は得られなかった。その他の理由としては、減水分裂期に幼穂が冷水に浸るだけの十分な水深になかったと思われること、また穂数の多い品種は出穂期間が長い(例：IR5、20.6日)ことなどが挙げられる。

#### c. 尿素肥料中のビュレットの害作用

インドネシアのある地域で稲苗にある種の被害が認められ、それが尿素肥料の施用によるとの疑がもたれた。尿素肥料は時にその生産過程において生ずる biuret ( $\text{NH}_2\text{CONHCONH}_2$ ) を含み種子の発芽や稲苗の生育を害することが知られている。

そこで、インドネシアその他の各国産の尿素肥料を用いて試験を行ったところ稲苗に対する害作用は認められなかった。次に化学的純粋な biuret を土壤に施用して試験したところ、grumusol では 15 ppm で、alluvial では 30 ppm で稲苗の生育阻害、葉の変色などの害作用を認めた。

#### d. 大豆の肥効

大豆はインドネシアでは植物蛋白源として重要な作物であるが、一般に施肥は行われず収量は極めて低い。そこで施肥の大豆の生育、収量、化学成分に及ぼす影響を知るため 1972 年乾季に Muara 試験地で試験を行った。

試験圃場の前作は稲で土壤は brown latosol で pH 5.0、可給体リン酸は極めて低く、チッ素も比較的少なく、鉄は多い。品種は導入品種の TK-5 を用いた。処理区は尿素 (20-40 kg N/ha)、三重過石 (30-60 kg  $\text{P}_2\text{O}_5$ /ha)、硫酸加里 (30-60 kg  $\text{K}_2\text{O}$ /ha) を組合せた 8 区を設け、そのうち 2 区には石灰 4000 kg/ha または 堆厩肥 10,000 kg/ha を加えた。生育および収量の調査を行なうとともに N、P、K、Ca、Mg、Mn、Fe について化学分析を行った。

その結果、石灰、堆厩肥施用区では草丈が高かったが、分枝数は区間に差がなかった。葉面積率 (LAI) は開花期に最高に達し、石灰施用区で最も大きかったが、各区を通じ 2-3 で日本の 5-6 と比較して小さい。株当り乾物重、株当り子実重も石灰施用区が最も大きく、堆厩肥区がこれに次いだ。

株当り N 吸収量は発芽後 61 日で最高に達するが、P、K とともに N を多施 (40 kg/ha) した区が最高で、N 利用率は石灰区および N 多施区でそれぞれ 7.9%、7.1% であった。また、チッ素の施用は P、K、Mg、Ca などの要素吸収、乾物重、子実重に良い効果を与えることがわかった。

リン酸の施用は 60 kg  $\text{P}_2\text{O}_5$ /ha でも乾物重、P 吸収、子実重を増加しなかった。P 利用率

は数%に過ぎない。加里の施用で子実重は明かに増加した。Kの吸収も発芽後61日で最高に達するが、堆肥施用区が最も高く、N、P、Ca、Mgの吸収もK施用区は無施用区に比べて高く、K利用率は13.3 - 34.7%であった。

Caの吸収も発芽後61日で最高に達し、石灰、堆肥施用区が他区より大きかった。石灰4000 kg/haの施用で土壌pHは収穫時に7.0になった。Mgの吸収は石灰施用区で最大であった。MnとFeの吸収はCaの施用により阻害されるようである。

大豆は施肥による増収のむづかしい作物の一つであるが、以上の結果から次のことが考えられる。酸性土壌では石灰の施用は肥料のN利用率、根瘤数を増加し収量を増加する。石灰はN、P、Kとともに施用すべきである。チッ素は石灰とともに施用して40 kg N/haが適量であり、リン酸は60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/haでも不十分で施肥法について検討の要がある。カリは60 kg K<sub>2</sub>O/haが適量と考えられる。堆肥はKの吸収を明かに増加しKの供給源として重要である。

#### e. 陸稲の根に随伴する菌類

日本では陸稲の連作障害に関して多くの研究が行われ、障害は多くの要因がからみ合っただろうといわれている。Pyrenochaeta sp. (Phoma terrestris)は連作により陸稲の根に増殖し、単子葉植物の根の生長を阻害する植物ホルモン様物質を生産し、これが連作障害の原因の一つと考えられている。

インドネシアでは陸稲の連作障害はまだ重要な問題となっていないようであるが、日本とインドネシアにおける陸稲の根に随伴する菌のfloraを比較するため実験を行った。

Muara 試験地で1977年乾季と1977/78年雨季に陸稲(Gatih)の連作された畑の土壌を採取してポットに入れ、籾殻を完全に除いた陸稲種子(Gatih)を播種した。19日後、根の基部を3cmの長さになり、土壌粒子や菌の胞子を除くため殺菌水で繰り返し洗った後、2cmの切片をrosebengalとstreptomycinを加えたCzapek-Dox agar上におき、25℃、7日後に発生した菌を同定した。

その結果、根冠部に優占してみられた菌はFusarium、Pyrenochaetaと胞子不形成菌(sterile form)であった。この結果は日本における研究結果と一致する。Pyrenochaetaがインドネシアの陸稲根に優先的にみられたことから、近い将来陸稲が連作されるときにはPyrenochaetaが連作障害の原因の一つとなる可能性がある。

#### f. 水田土壌の粘土鉱物の同定

京都大学東南アジア研究センターが東南アジア各国の土壌について行った調査のなかの粘土鉱物のX線回折データによると、ジャワ島の粘土は14Åピークが優位で他の東南アジア諸国の粘土とは著しく異っている。また、土壌の化学成分についてもジャワ島は比較的無機成分に富んでいるといわれている。

そこで、中央農研生理部(作物栄養)が試験を行っている試験地の土壌から粘土を分離して

同定し、作物生産力との関係を検討しようと試みた。粘土の電顕調査は中央農研で行ない、粘土のX線回折および一次鉱物同定はBundungの地質研究所に依頼した。土壌を採集した試験地はSingamerta、Muara（西部ジャワ）、Demak、Jakenan（中部ジャワ）、Ngale、Mojosari（東部ジャワ）、Tamanbogo（ランボン）、Maros（南スラウェシ）である。

同定結果によると、TamanbogoとMarosを除きジャワの試験地の土壌はいずれも2:1型鉱物のMontmorilloniteが含まれており、とくにNgaleは純粋なMontmorilloniteで一名Vertisolと呼ばれるものである。Montmorilloniteは水の量が増すと膨潤するが水を失うと収縮するので乾季には土壌は亀裂する。Ngaleの土壌は亀裂が著しい。

母岩の性質を類推するため行った一次鉱物、Quartz（石英）、Feldspar（長石）、Limonite（褐鉄鉱）、Ilmenite（チタン鉄）、Magnetite（磁鉄鉱）、Amphibole（角閃石）、Leucoxene（輝石）、Zircon、Epidote（緑れん石）などの同定では火山噴出物起源の土壌が明かに区別でき、地域によって各鉱物の割合が著しく異なっていることがわかった。水田土壌の粘土鉱物については今後さらに研究を要する。

## E. 水稲の作物学的研究

### 1. 水田の要水量

灌漑はインドネシアの水稲栽培における重要課題の一つである。水の有効利用および灌漑計画を立てる上において水田の要水量を明らかにすることは極めて重要である。

水田の要水量（water requirement）は水稲による蒸散量、水稲群落の株間水面からの蒸発量および地下浸透量からなっており、前二者は気象条件および水稲の生育に、後者は地形、土壌、地下水位などに影響されるところが大きい。

この実験は前二者を対象として品種間差異を知るため、1976年乾季と1976/77年雨季にMuara試験地において行った。蒸発散量（ET）測定のためには縦横各1m、高さ0.7mの鉄製有底箱を水田に50cmの深さに埋め、株間蒸発量（E）測定のためには面積0.4m<sup>2</sup>、高さ0.25mの鉄製有底箱を5cmの深さに設置した。品種はB9c/Md/3/3（Gati、早生種）、Pelita I/1（中生種）、Syntha（晩生種）をm<sup>2</sup>当16株（25×25cm）、株当3本植として蒸発散量の総量および時期的変化を測定した。

その結果、全生育期間の総蒸発散量（ET）と蒸散量（T）は晩生種ほど大きく、Synthaが最大であった。一方、蒸発量（E）はPelitaが最大であった。また、日平均蒸発散量は生育初期の生育が旺盛で生育期間の短いB9cが大きかった。

蒸発散量の時期的変化は田植直後には余り変化がなく、田植後40日頃から増加しはじめ出

穂前に最高に達し、その後また減少した。株間蒸発量は田植直後から50日頃まで急激に減少し、以後は比較的变化がないが、蒸散量は田植後20頃から出穂前後までほぼ一直線に増加し、以後減少した。田植後50日以降の蒸発散量は品種、作季を問わず蒸散量の強い影響をうけた。

乾物重に対する水利用の効果を示す蒸散係数( $T/\text{dry matter}$ )についてみると、明かな品種間差異があり、Pelitaは両作季とも他品種にくらべ小さかった。これに反し、SynthaやB9cでは大きかった。この品種間差異は蒸散量の差異よりも乾物生産特性の品種間差異によるものと考えられる。すなわち、Pelitaは乾物増加が登熟末期まで続き、これが蒸散係数を低くしたものと考えられる。

総蒸発散量は雨季作では乾季作の79~94%であったが、これは両作季における気象の差と同時にそれに基づく乾物重の差によるものと推察された。単位収量当りの蒸発散量( $ET/\text{Yield}$ )は晩生種のSynthaが最も大きく、水の利用率の低いことを示した。B9cはこれに次ぎ、Pelitaは乾季には著しく小さかったが、雨季にはPelitaとB9cとの間に差はなかった。

以上から気象と乾物重が水稻の要水量を決める主要因であると考えられたので、さらに計器蒸発量( $E_m$ , pan evaporation)および乾物重と蒸発散量との関係をくわしく知るため1977年乾季にMuara試験地で試験を行った。

IR32を用い、2種のチッ素量(40、100 kg N/ha)と2種の栽植密度(20×20 cm、25×25 cm)とを組合せて行った。蒸発散量( $ET$ )、蒸発量( $E$ )測定には前試験のように縦横各1 m、高さ1 mの鉄製箱および縦1 m、横20 cm(または25 cm)、高さ23 cmの鉄製箱を用いた。また、計器蒸発量( $E_m$ )測定には水田面80 cmの高さに設置した直径20 cmの蒸発計(evaporation pan)を用いた。

その結果、 $ET/E_m$ は生育期間の各10日間の測定について見るとほとんど一定しており、 $ET$ は $E_m$ に直接影響を受けていると考えられる。また、蒸散比( $T/E_m$ )と乾物重との間に高い相関がみられ、次の公式で表わされた。

$$T/E_m = a \times DM$$

DM: 乾物重, a: 係数

従って $ET$ は $ET = E_m (E/E_m + a \times DM)$ の公式で表わされる。この式における $E$ は栽培法による差は小さく、 $E/E_m$ は生育時期によってきまり、また $a$ も生育時期により決定される。蒸発散量によって表わされる要水量は計器蒸発量と乾物量を調べることによって推定することができる。

## 2. 水稻における旱害

インドネシアでは水稻の旱害は重要な問題であるので旱害を除くための研究が育種面ととも

に栽培の面からも進める必要がある。

早魃が稲の生育および収量に及ぼす影響を稲の生育時期および早魃時期との関連で調べるため1977年乾季にIR26を用いて、ポット試験をOikeumcuh試験地、圃場試験をMojosari試験地で行った。

その結果、ポット試験では収量の減少は生育の各ステージとも早魃期間が長くなるほど大きくなった。また、出穂前約10日に早魃がひどいときに1ポット当り穎花数の減少、登熟歩合の低下を起して減収が大きくなった。すなわち、減数分裂期が早害の最も危険な時期である。

圃場試験においては早魃の影響は傾向としてはポット試験とほぼ同様であったが、早魃の収量に及ぼす影響はポット試験のそれに比べかなり小さかった。この影響の差異は主として土壤水分と根圏領域の広さの差異によるものと思われる。収量指数は草丈指数および穂長指数と相関が高いので、この関係から収量減を推定することができる。

### 3. 水田における水管理

水管理(Water management)は水稻栽培において極めて重要であるので従来多くの国で多くの研究が行われている。しかし、熱帯諸国では水管理の評価はまだ一定していないように思われるので数種の水管理法について、その効果を知るため一連の実験を行った。

まず、Muara試験地で1976/77年雨季に品種Pelita I/1を用い、灌漑水の深さ3、5、12cmおよび生育初期と中期以降に分けて5cmと12cmを組合せたものについて実験を行った。その結果、処理区間に収量に有意差は認められなかったが、水深12cm区と初期5cm、中期以降12cmの組合せ区で高かった。このことから水深12cmまでは収量の減少を起すことはなく、また浅水は効果のないことが明らかになった。

次に水稻増収の有効な方法の一つと考えられている中干しの効果をチッ素施用量との関連においてMuara試験地で1977年乾季および1977/78年雨季に試験した。乾季においては田植後35~50日、同50~60日、同35~60日の3種の中干しを行ない、チッ素量は80、120、160kgN/haとした。

その結果、中干しによる収量の有意差は認められなかったが、田植後35日からはじめた中干しではチッ素多用区では収量が大きかった。チッ素少量区ではその効果は認められなかった。中干しの収量に及ぼす効果は穂数の増加および登熟歩合に基づくものである。

雨季においては田植後35~45日、同45~55日、同35~55日の中干しとチッ素量60、120、180kgN/haの組合せで試験を行ったが、中干しの効果は認められなかった。

次に1977/78年雨季にMojosariとKendalpayakの両試験地でIR32を用い、3種の水管理の方法、すなわち掛流し、間断灌漑および間断灌漑と中干しの組合せを、チッ素3回分施30-30-30kgN/haと2回分施(45-0-45kgN/ha、30-0-60kgN/ha)と組合せ

て試験を行った。

その結果、掛流し灌漑区、とくにチッ素3回分施肥区では両試験地とも収量が高かった。しかし、処理期間中に両試験地とも降雨が多かったため、間断灌漑と中干し区では効果は認められなかった。雨季における間断灌漑や中干しは、とくに分けつ期における追肥の場合、チッ素の損亡を起す可能性が高いと考えられる。収量は単位面積当り穎花数および出穂期の乾物重と高い相関をもち、初期生育が不良の場合には幼穂形成期のチッ素多施の効果はあらわれず、どの水管理法においても幼穂形成期までの植物の生育が十分でない場合はその時期のチッ素多用によって多収は期待できない。

さらに、灌漑法（掛流しと中干し、間断灌漑の組合せ）の効果をチッ素施用法と栽植密度との関連で1977/78年雨季に Pusakanegara 試験地で IR32 を用い試験した。

その結果、掛流しではチッ素少量、密植区（ $60 \text{ kg N/ha}$ 、 $20 \times 20 \text{ cm}$ ）で収量が高かった。収量は生育初期の草丈と高い負の相関を示すことから、チッ素多用、密植（ $120 \text{ kg N/ha}$ 、 $20 \times 20 \text{ cm}$ ）の水稻は過繁茂となり低収に終わったと考えられる。

一方、間断灌漑では3回分施肥によるチッ素多用、疎植区（ $120 \text{ kg N/ha}$ 、 $25 \times 25 \text{ cm}$ ）で収量が最高であった。しかし、この灌漑区では収量の変動が大きかった。他の栽培法との関連において適切な水管理法を見出すために更に今後の研究が必要である。

#### 4. チッ素の施用法

水稻の収量は一般的にチッ素と密接な関係にあるのでチッ素の施用法を改善することは安定多収栽培法の確立に是非必要である。チッ素の分施肥はインドネシアでは現在一般的であるが、その分施肥法の改善のためには、まず水稻の各生育時期におけるチッ素施用の効果と収量との関係を知ることが必要であるので1976/77年雨季に Muara 試験地において Pelita I/1 と Synthia を用い試験を行った。

試験では各処理区とも  $\text{ha}$  当り  $30 \text{ kg N}$ （尿素）を基肥に使用した。分けつ期に  $30 \text{ kg N/ha}$  追肥した場合には草丈および最高分けつ数を増加したが、有効茎歩合の増加は小さかった。幼穂形成期（ $30 \text{ kg N/ha}$ ）または減数分裂期（ $30 \text{ kg N/ha}$ ）の追肥は成熟期の草丈と有効茎歩合を増加した。

1回の追肥では収量にほとんど増加はみられなかったが、分けつ期（ $30 \text{ kg N/ha}$ ）と幼穂形成期（ $30 \text{ kg N/ha}$ ）、または幼穂形成期（ $30 \text{ kg N/ha}$ ）と減数分裂期（ $15 \text{ kg N/ha}$ ）に追肥された場合は収量の増加がみられた。収量は単位面積当りの穎花数、出穂期の乾物重および葉面積指数と高い正の相関をもっている。

上記の試験で収量の増加はチッ素の2回追肥により得られたが、チッ素施用量は処理区間で異っていたので、同一施用量（ $90 \text{ kg N/ha}$ ）における施用法を品種の生育期間との関連で調べ

るため、IR36（早生種）とIR32（中生種）を用い、1977/78年雨季に Muara 試験地で試験を行った。チッ素は尿素団子の深層施肥を含む6種の施用法を試験した。

その結果、高収量は両品種とも尿素団子を基肥または追肥に施用した区において得られた。普通の尿素施用区では高収量は2回分施にくらべ分けつ期を含めた3回分施区で得られた。分けつ期に追肥しなかった場合、IR36ではIR32にくらべ減収は少なかったが、これはIR36は生育期間が短かいいため基肥から追肥までの期間が短かいためと思われる。

通常の尿素の1回追肥では低い収量しか得られなかったため、幼穂形成期における水稻の生育をある程度旺盛にしておかない限り高い収量を得ることはむづかしいことは明らかである。

## 5. 各国の農業研究協力とその相違

### a. 中央農研に対する研究協力

本プロジェクトが終了した1978年における、中央農研に対する外国、国際機関の研究協力は第9表のとおりであった。

第9表 中央農研に対する外国、国際機関の研究協力

場 所	派遣国、機関	専 門 分 野	専 門 家 (国)
Bogor 本 場	I R R I	Coordinator (1)	米 国
		稲 育 種 (1)	"
		作 付 体 系 (1)	"
		農 業 経 営 (1)	"
	日 本	Team leader (1)	日 本
		植 物 病 理 (1)	"
		ウイルス媒介虫 (1)	"
		昆 虫 (1)	"
		植 物 生 理 (1)	"
		作 物 栽 培 (1)	"
Sukamandi 支 場	I R R I	オ ラ ン ダ 作 物 生 態 (1)	オ ラ ン ダ
		植 物 病 理 (1)	米 国
		昆 虫 (1)	日 本
Maros 支 場	I R R I	農 業 機 械 (1)	コ ロ ン ビ ア
		土 壌 肥 料 (1)	フ ィ リ ッ ピ ン
		植 物 病 理 (1)	イ ン ド
		作 物 栽 培 (1)	米 国

注、 括弧内は員数

また、各国、国際機関の資金協力の状況は第10表のとおりである

第10表 中央農研に対する外国、国際機関の資金協力

協力国、機関	形式	内容
米 国 (USAID)	供 与	1) I R R I を通し稲育種研究
"          "	供与、借款	2) Padang (西スマトラ) 地域出張所開発
世 銀	借 款	Sukamandi 支場開発
オ ラ ン ダ	供 与	1) I R R I を通し Maros 支場開発
"          "	"          "	2) Bogor 本場における作物生態研究
カ ナ ダ	供 与	I R R I を通し作付体系研究
日 本 (JICA)	供 与	Bogor 本 場

次に各国の農業研究協力の経過について述べることにする。

(a) オランダ

オランダの研究協力プロジェクトは The Netherlands Agricultural Cooperation Project として二国間協定により1968年から始まり、3年間ずつ2回延長して合計9年間続いたが、1977年9月プロジェクトは終了した。プロジェクト発足当時の事情は詳かでないが、終了前には中央農研、園芸試験場、土壌研究所に専門家を派遣しており、その数はリーダーを除き11名で次のような専門分野に配置されていた。

中央農業研究所 (Bogor)	作物生態	2名
	昆 虫	2名
土壌研究所		2名
園芸試験場	作物保護	3名
	雑 草	1名
	野菜種子改良	1名

食用作物研究に関するオランダの協力は上記ボゴール本場に対する4名のほか Maros 支場に I R R I 派遣として昆虫専門家1名が協力を当たっていた。

協定終了の前年(1976)10月、オランダ本国から調査団が派遣されインドネシア側と協議が行われたが、聞くところによると中央農研昆虫部門ではオランダの協力延長を希望しなかったということである。

なお、これに先立ち1973年中央農研昆虫分野におけるオランダの協力に対して中央農研からきびしい評価がなされていた。この評価というのは所長より指名された病虫部長が予め設定された質問項目にもとづき、昆虫部門の senior researcher 5名、 junior researcher 4名、

オランダ専門家2名と個別に interview を行って、その結果から決められたものである。

以上のことと協定終了と関係があるかどうかは明らかでないが、オランダの研究協力は1977年をもって打切られ、中央農研の作物生態および園芸試験場の野菜種子改良の専門家を残し全専門家は帰国した。なお、Maros 支場の IRR I 派遣昆虫専門家も帰国した。

#### (b) I R R I

米国の Dr. R. I. Jackson は1951年より1958年までボゴールの中央農研でトウモロコシの育種研究を行っていたが、1970年より IRR I representative としてボゴールに赴任し、IRR I と中央農研との研究協力プロジェクトが1971年7月より期間5年で開始された。当初のチーム構成はリーダー、稲育種、稲栽培、豆類育種、作付体系、統計各1名の合計6名であった。

しかし、稲栽培の専門家は2年の任期終了で帰国し後任の補充はなく、豆類育種の専門家も帰国した。Dr. Jackson は1975年12月帰国、統計専門家も1977年1月離任し、その後は稲育種および作付体系の2名の専門家が残留して協力に当たっていた。その後 Sukamandi および Maros 支場を含めた IRR I 派遣専門家の Coordinator と農業経営の専門家1名が派遣された。

本プロジェクト終了時の Sukamandi および Maros 支場における IRR I 派遣の専門家は前記のとおりであるが、Sukamandi 支場には稲育種の韓国専門家が IRR I から派遣されていたことがある。また Maros 支場には IRR I 派遣のオランダ昆虫専門家がいたが帰国したこと前述のとおりである。

なお、IRR I の中央農研に対する協力は当初 International Program in Indonesia の名の下に行われていたが、これには問題があつてその後 Cooperative CR I A - IRR I Program と名称が変わった。

#### (c) 日 本

日本のプロジェクトについてはすでに詳述したので重複を避けるが、1971年から団長を含め4名の専門家で協力をはじめたが、1975年10月協定延長に当って昆虫、作物栽培の2専門家を加え総数6名の専門家で協力に当り、1978年10月8年間の協力を終了した。その間延べ12名の短期専門家がプロジェクトに参加した。

#### b. 各国研究協力の相異

本プロジェクトの期間中に中央農研に対し IRR I およびオランダの研究協力が行われていたので、この三者の特色、相異を知ることができた。次に機材供与、研修、専門家について述べてみたい。

#### (a) 機材供与

研究用資機材の供与においては日本の協力は圧倒的に勝れている。前述のようにプロジェクト期間中に供与された機材の総額は網室 8 棟を含めて 303 百万円を超え、全予算の 4.45% に当る。このほか前記のように作物保護研究棟の建設供与も行った。

オランダによる研究資機材の供与も若干行われていたようであるが、日本のそれとは比べものにならない。しかし、オランダは前述のように中央農研のほか園芸試験場、土壤研究所にも協力を行っており、園芸試験場には病虫害研究用温室、種馬鈴薯貯蔵庫、苗圃、倉庫などを建設供与している。

中央農研(ボゴール)に対しては昆虫研究用網室 6 棟を建設、さらに作物生態研究用網室 1 棟を建設した。また Maros 支場の建設に協力していること前述のとおりである。要するにオランダは中央農研、園試、土壤研など広範囲にわたり協力を行ない、その詳細は分らないが日本のように大量の研究資機材を本国から購送するようなことはなく、また網室も材料は現地調達したものであった。

IRRI のプロジェクトでは予想に反し、ほとんど機材の供与は行われなかった。

機材供与は前記のように JICA 関係者および派遣専門家にとって極めて骨の折れる仕事であるが、研究用資機材および施設のほとんど備っていなかった中央農研に強力な機材供与を行ったこと、また最初特定部門に集中的に協力し、その経験、成果をふまえて拡大したことは効果的でまた賢明であったと思われる。

なお、車輛供与においても三者間で異っている。日本の場合は圃場調査、各地の試験地における圃場試験への連絡、実験試料運搬などのため多くのジープ等を供与したが、専門家の通勤、その他公的連絡などは主として個人負担で購入した自動車を利用している。

オランダの場合はプロジェクトの車を専門家の通勤その他に利用しているが、古くなった車は中央農研に譲渡している。IRRI の場合は初めから中央農研の官用車としているが(赤プレートをつける)、実際には専門家が通勤その他に利用している。プロジェクト終了時には供与されることと思うが、専門家はこのほか各自免税の家族用自家用車をもっている。

#### (b) 研修

前記のように本プロジェクト発足以来多くの研究者が日本で研修を受けたが研修期間は 6~8 か月の短期間であった。これは学位取得のための長期の研修の制度がないためと、協力分野の研究者数が少ない状態の下で研究者を長期に日本に送るより出来るだけ多く研究者を送って研修を受けさせ日本の研究者と交流の機会をつくるためであった。各分野の数少ない研究者を長期に研修に出すことは折角供与した機材の利用および派遣専門家の現地における指導の意義がなくなるためである。

一方、IRRI のプロジェクトは後記のように若い研究者を IRRI で研修させるほか最初か

ら上級研究者に学位取得の道を考慮した点が異っていた。

オランダのプロジェクトでは何名かの研究者がオランダで研修を受けているようであったが、日本の場合のように多くはなく、またIRRIのような学位取得のための特別の配慮がされているようではなかった。ただ、オランダの場合はオランダ以外の国で開かれる国際会議やシンポジウムへの出席または調査についてカウンターパートに援助を行っている。

一例を挙げると、1971年昆虫専門家が日本の熱研センター主催の国際シンポジウムに招待されたが、本人は日本の病害虫発生予察の研究および事業が進んでいるため、シンポジウムの後2週間の日本国内視察を希望したのに対し、オランダはその間の経費を援助した。このようなことは日本の場合には考えられないことであろう。

### (c) 専門家

専門家の研究能力について国間の比較はむづかしいが、全般的にみて派遣された日本の専門家は勝れていたといえる。オランダの研究者は一般に若く、また当然のことながら稲に関する研究において経験が浅い。IRRI派遣の専門家も必ずしもすべてが有能であったとはいいがたく、中央農研から評価されない専門家もいた。しかし、オランダ、IRRIの専門家のなかには優秀な研究者もいた。

言葉の問題については日本の専門家は一般的にいて最も不利である。研究上の問題では英語だけで事足りるが、特別の人を除いて言葉の問題は大きい圧迫となる。それに日本の専門家の任期の短いことも特長である。外国の専門家の任期は3～5年、多くは5年である。これには種々の理由があるであろうが、任期の短かいために協力の効果を十分に挙げる前に帰国することになる。

## 6. プロジェクトを終えて

本プロジェクトに関する両国間協定は1970年10月23日に調印され、専門家が日本を出発したのは1971年2月28日である。従って協定終了の1978年10月22日まで実質的には約7年8か月の協力を行ったことになる。

私は本プロジェクト終了後にひきつづき発足した新研究協力プロジェクトへの移行円滑をはかるため、その後も引続きボゴールに滞在し1979年2月28日インドネシアを離れ帰国した。ちょうど8年間の協力であった。

8年の歲月というものは決して短いものではないが、ボゴールの中央農研で協力を始めた当時、またその後の日々はいまだに鮮明な映像として私の脳裡に焼きついている。

今から考えれば、幾度か精神的危機に見舞われたこともあったが、このプロジェクトを是が

非でも成功させたいという執念と使命感が関係の方々のご支援、ご激励を支えとして、満足とまではゆかなくとも、まずまずの成果を挙げ得たことを有難く思っている。

8年の間、苦勞を共にした多くの専門家諸氏、またお世話になったJICA本部およびジャカルタ事務所、日本大使館、外務省、農林省の関係部局、試験研究機関など関係の多くの方々に心からお礼を申し上げます。

以下、プロジェクトを終えた若干の感想と意見を述べることにする。

#### a. 農業研究協力と本プロジェクト

開発途上国に対する日本の農業研究協力は個々には古くから行われていたが、組織的に行われるようになったのは1966年農林省農林水産技術会議事務局内に熱帯農業研究管理官室がおかれてからで、さらには1970年農林省に熱帯農業研究センターが設置されて以来本格的になった。しかし、その協力は個々の研究者の派遣による形で行われていた。

一方、本プロジェクトが発足した頃には海外技術協力事業団(OTCA)は約15の農業関係協力プロジェクトを派遣していたが、研究協力に関するプロジェクトはなかった。熱研センターはその後プロジェクト方式による研究協力を開始し、またJICA関係でも2、3の農業研究協力プロジェクトが開始されたが、本プロジェクトがプロジェクト方式による農業研究協力としては最初で、一つのテストケースになったともいえる。

農業研究協力を個人協力の形で行うか、プロジェクト方式で行うかは研究の内容、相手国の事情、要請などによって異なるであろうし、どちらがよいかは一概にはいえないことである。ある特定の研究課題を解決するためには個人協力の形でも可能であろうが、大きな研究課題と取組む場合とか、ある研究部門を総合的に強化育成するというような場合にはプロジェクト協力の方が適当であろう。

また、農業研究協力といっても日本側の必要から行なう場合と相手国側の要請に基いて行なう場合とがある。例えば、日本の病害虫の発生の原因を知るため、熱帯の病害虫について行なう研究協力は前者に属するものである。このような研究協力は日本の必要から生じたものではあるが、研究協力の過程において相手国の研究レベルの向上に役立つことも多い。

本プロジェクトの場合は明らかに後者に属し、中央農研の作物保護分野の強化、すなわち研究設備の改善、研究者の能力向上などを目的としたものであった。もちろん、協力の過程で日本側の必要とする研究課題の解決に役立つような成果も得られた。

このようなわけで、両者の間に画然と線を引けるわけではないが、日本側の必要に基いて協力を行なうのか、相手国の要請に基いて協力するのかの認識は明かにしておくべきである。ただ、開発途上国に対する研究協力は現段階では本質的には研究援助であるといつてよいであろう。

私がインドネシア滞在中、某国の研究者についてインドネシア人が「彼は自分の学位論文の

ための研究に米たようなものでインドネシアの為にはならない”と批判しているのを聞いたことがある。また、中央農研の若いカウンターパートは某国研究者がただ自分のためにデータをつくらせると憤慨して、データの紙片をその研究者の面前で破り棄てたということも聞いた。

#### b. 本プロジェクトの役割

農業研究開発庁の発行したパンフレットによるとインドネシアの農業研究は東ジャワのサトウキビ栽培地に最初の試験場が設立された 1885 年にはじまったが、その後の農業研究も主として香辛作物、コーヒー、茶、ゴムなど輸出のための商品作物に重点がおかれていたという。これはオランダの統治時代には住民のための食用作物の研究が軽視されていたことを意味している。また、第二次大戦の終るまでに農業に関する高等教育機関はなく、1920-’40年にはあの広大なインドネシアで農業の college graduate は僅か 230 名に過ぎなかったということである。

このような事情に加えて第二次大戦後は前述のような独立戦争、内乱などによって農業研究の立ち遅れがあったものと想像される。このような状況下に出発した本プロジェクトは正に援助であって、中央農研の研究施設の整備改善、研究者の能力向上に主眼をおいてプロジェクトの推進を図った。

インドネシアは前述のように 1969 年から経済開発五か年計画を推進し、現在第三次五か年計画に入っているが、インドネシア政府は農業に第一のプライオリティをおいている。しかし、米については逐次増産の傾向にあるものの、人口増もあって今でも大量の米を輸入している。

このような農業の背景を常に念頭において研究課題を選びつつ、本プロジェクトはその本来の目的として中央農研の研究施設の整備、改善、研究者の育成に専念した。それはこの国の農業の発展を長期的にみるとき、研究施設を改善して研究者を指導育成することが極めて重要であり、それこそ本プロジェクトの使命と考えたからである。

プロジェクトの期間中、私はボゴールで約 1600 名の来訪者を迎えた。そのなかの多くの人々は結果的にみて無縁の人であったという感がする。もちろん、国際協力に理解をもち、また持とうと努めている人々にも会った。しかし、率直的にいって農業研究協力を理解している人は少ないように思われた。

国際協力に関して重要な地位にある、ある来訪者が研究協力について極めて理解の乏しいことを知った時は失望した。その人はおそらく農業研究協力が農業生産の増大に直ぐにでも結びつかなければ意義がないとでも考えているようであった。

農業普及や農業開発の協力と農業研究協力とはおのづから役割が異なる筈である。しかも前記のように中央農研の研究施設が乏しく、研究者の水準が低い状態においては、その改善、向上に全力をつくすのがプロジェクトの使命といわざるを得ない。

農業研究協力において、特に研究者の育成は長期的、教育的視点に立つて行わなければ効果は上らない。それは目立たない、地味な仕事ではあるが、将来立派な研究者が育った暁には農業研究の推進はもちろん、農業生産の原動力となることであろう。

インドネシアでは前述のように自国の予算によるほか外国や国際機関の援助で研究所の建設、研究施設の改善を行っており、今後も続けられるであろう。しかし、どれだけ立派な研究所、研究施設を作っても、優秀な研究者の育成が伴わなければ研究所の真価は発揮できないであろう。

#### c. 専門家の問題

(a) 資格。 1973年8月、当時インドネシアにあった OTCA の農業関係 5 プロジェクトとインドネシア農業省との間に合同会議が開かれたが、その席上で専門家の資格としてインドネシア側から次の提案があった。すなわち、

- (1) 大学卒またはそれと同等の者、
- (2) 英語またはインドネシア語で fairly に communicate できる能力のある者
- (3) 熱帯農業に経験ある者
- (4) 専門分野で少くも 5 年の経験ある者

この条件は日本の専門家だけに対するものではなく、すべての外国専門家に対してのものであるということであったが、現実的にはこれらの条件を十分に充す専門家の派遣は容易ではない。実際には条件の不十分な専門家も受け入れられているが、このような提案がインドネシア側から出されたということは、時には不適當な専門家が派遣されていることや、諸外国がインドネシアに多くの援助協力を行っている現状ではインドネシア側が専門家に注文をつけ得る時代に移っていることを示しており、今後は専門家派遣についてさらに慎重であるべきことを意味している。

(b) 協調性。国際協力では、それが成功するかどうかは一にかかって人にあるといっても過言ではなからう。国際協力に長年たづさわっている或る友人が国際協力の成功は “一に人間、二に言葉、三、四がなくて五に仕事” といっているが、確かに重要なことをいい当てている。

インドネシアのいう前記条件を充す専門家であっても人間として不適當な人がいないとはいえない。ここで人間とは人柄というのが適切であろう。また人柄は協調性といいかえてよいかもしれない。

相手国の人々との協調性がなくては協力の実を挙げることはできない。実際に協力を行なう場でいろいろの困難な問題に遭遇する。思うにまかせぬことがしばしば起る。そのようなとき私は “それだから援助に来たのだ。相手にそれが容易に出来るなら何も遙々と援助に来る必要はないのだ” と自分にいい聞せたものである。また、相手国の水準がたとえ低くても彼等は独立国民としての自負をもっていることを常に念頭においておく必要がある。

相手国の人々との協調の前にプロジェクトの場合はプロジェクト専門家の間の協調が絶対に必要である。個人協力の場合とちがってプロジェクト協力の場合はチームのなかの和が最も重要である。この和があるかどうかはプロジェクトの成否を決定するといっても過言ではなからう。異国でプロジェクトを推進する場合にはその特殊の環境が、日本国内にいる場合とは異って、人の心理に微妙な影響を及ぼすことのある点に留意すべきである。

(c) 年令。プロジェクトの長期専門家は余り若くない人がよいように思われる。ある特定の研究課題を解決することだけを目的とした個人協力の場合はともかく、プロジェクトとして協力に当る場合には専門分野において優れた研究者であるとともに広い視野と経験をもった人が望ましい。それはプロジェクトの専門家として長期に滞在する人は相手側からみれば、いわゆる“先生”であって、専門分野はもちろん広い視野での対応が期待されるからである。

ただ、今後国際協力を進めるための人材養成の立場から若い研究者も派遣してプロジェクト専門家とともに協力活動に従事し、海外での経験を積むようにすることは必要である。

(d) 家族問題。プロジェクトの専門家は家族同伴が望ましい。それが人間として自然であるということのほかにも国際協力は専門家と相手側との間の知識や技術の単なる授受だけではないからである。専門家および家族による相手側との交流が国際協力の上で重要だからである。

しかし、それは実際には仲々むづかしい問題である。環境のちがう異国のことであるから生活、健康の問題や子女教育問題がある。とくに子女教育問題が障害となる。そして前記の相手国の希望するような人の多くは年令的に子女教育問題をかかえている場合が多い。日本人学校のあるようなところはまだしも、ないところでは家族同伴は困難となる。

本プロジェクトでは子供をボゴールのインドネシアの小学校に通わせた2家族があった。二部教授で授業時間は短いし程度も低い学校に通う子供達をみて胸の痛む思いをした。そして帰国後順調に進級できるよう祈ったことであつた。

子女教育問題がなくとも両親が老令で病臥中であるなど家族問題で全くフリーな人はむしろないといった方がよいであろう。換言すれば専門家の多くは多少の差はあれ、家族問題を犠牲にして国際協力を努めているのである。このように考えるとき、専門家に対して日本の関係者は温かい気持で物心両面で支援するようにはなくてはならないと思う。

(e) 任期。有能な専門家が長期にわたって協力に従事するのが望ましいことは当然であるが現実にはむづかしいことで、特に現職の人の場合は長期を望むことは困難である。本プロジェクトの場合、専門家は現職の国家公務員であつたので任期は2～3年であつた。

しかし、専門家がどうやら現地の生活が安定して実際に仕事を始められるようになるには6か月かかるのが普通である。帰国前には実験のとりまとめや帰国準備のため2～3か月を必要とする。そうすると正味の協力期間は1年半にも達しないことになる。

赴任後2年ぐらゐ経過した頃、研究が軌道に乗る場合が多い。従つて2年の任期では現地の

生活にも慣れ、仕事も軌道に乗った時に帰国することになる。ある専門家は2年の任期を都合により半年延長したが、その専門家は大きな研究成果を挙げた。2年を日本国内の2年と考えるのは誤である。

在任中、インドネシア人や外国人から“日本の専門家はなぜ早く帰るのか、現地の環境に慣れるまでに相当の期間が必要と思われるが”と聞かれたことしばしばである。正にその通りであって、日本以外の外国人専門家の任期は通常5年、ときにはそれ以上である。しかし、日本の現状ではこの問題は簡単に解決できるものではないだろう。ただ、2年を十分に長い期間と考えるような認識は改めらるべきである。

それでは、そのような状況のなかで望まれるのは何か、それはプロジェクト・リーダーまたはそれに代る人だけでも長期に滞在することである。仕事の上だけでなく、生活の問題についても新しく赴任した専門家の経験する苦勞は大きい。その時にそのプロジェクトに長く経験をもつ人がいれば苦勞は著しく軽減される。

小さい一例であるが、本プロジェクトに外国の食物を苦手とする専門家が単身赴任するときいて、ボゴールから他に転任したある外国人専門家の家に働いていた良い女中を私の家に2か月ほど備って日本料理の特訓をしてその専門家に渡したことがある。本プロジェクトが曲りなりにも無事終了することの出来たのは私が8年在任し、ある程度の現地の経験を生かすことが出来たからだと思っている。

(f) 専門家の交代。プロジェクトの継続中に専門家が交代する場合には新旧専門家が重複して滞在する期間をもつようにすべきである。その交代をうまく行なうかどうかは新任専門家の活動、またプロジェクト全体の活動に大きく影響する。とくに長期に滞在している専門家がプロジェクトにいない場合は問題である。

帰国する専門家は帰国前はその準備のため多忙であるので帰国直前に新専門家が赴任することは意味がない。このことは意外に重視されていないようであるが、小さいことのようにも今後十分な配慮がなされるべきであると思う。

#### d. コミュニケーションと日本からの支援

コミュニケーションにはチーム内のもの、相手国に対するもの、日本に対するものなどあるが、その何れも重要なことである。

チーム内でコミュニケーションに欠けると誤解や不和を生ずることにもなりかねない。プロジェクトの専門家の勤務場所が相互に離れている場合には仕事の上での十分なコミュニケーションがむづかしく特に注意が必要である。

また、外国という日本と異った環境下で限られた専門家および家族が生活する場合には、その相互間の適度で円滑な生活上の交流が必要である。すなわち、プロジェクトでは仕事の上はもちろん、生活の面でもコミュニケーションを大切にしなければならない。

ボゴールでは電話が満足に通じるようになったのは1978年8月からでプロジェクト開始後7年半経ってからであった。それまではボゴール市内に住む専門家の間でさえ連絡は思うにまかせぬ状況にあった。

本プロジェクトでは月に1~2回金曜日にチーム会議を開き、研究上の問題についての討議、業務上の情報伝達などを行ない、チーム内の意志疎通をはかった。インドネシアはイスラム国家で金曜日は祈禱の日であり、官庁は午前11時までであるのでその日を選んだのであるが、会議は各専門家の家を順番に変更して行なうことにした。

会議の後は夫人の料理で昼食をとりながら談笑の時間をもったが、これはチーム内のコミュニケーションに役立ったように思う。コミュニケーションは小さいようで大きい問題で、どんな形でもよいからその円滑をはかるべきである。

相手国とのコミュニケーションは言葉の問題は別として慣習や考え方などの相異でむづかしい場合がしばしばでてくる。しかし、誠意をもって事に当ればそれも次第に円滑に出来るようになるものである。1977年8月福田元総理がインドネシアに来訪したとき“心から心”(dari hati ke hati)を強調されたが、この言葉はその後しばらく流行した。これは国際協力全般にいえることで、お互に心が通じるようになればコミュニケーションの障害はおのづから解消する。ただ、それには年月を要することであり、また口先だけで出来るものでないことを銘記すべきである。

次に日本とのコミュニケーションであるが、これは意外に容易ではない。現地での種々の問題を通信で日本に連絡する場合、その実態を適確に伝えることは仲々むづかしいことである。日本からプロジェクトに対しても同様であろう。そのため日本国内のように相互に容易に連絡し合える場合と異って意志の疎通を欠く場合もでてくる。朝、成田を立って夕方にはジャカルタのハリム国際空港に着くインドネシアではあるが、やはり日本は遠いという感をしばしばうけた。

現地側で最も困るのは重要な問題についての回答がおくれる場合である。日本国内でも問題の処理に時日を要することは理解できるが、事情の分らないまま、それが長時日になると現地では焦燥の念にかられ、時に孤独感に陥ることがあった。要するに、日本が現地からの情報を必要とする以上に現地では日本からの円滑な情報伝達を必要とするものである。

このことに関連するが、プロジェクトおよび専門家にとっては日本の支援体勢ほど重要なものはないであろう。JICAのプロジェクトに対しては当然JICAが直接の支援組織といえるが、本プロジェクトの場合は専門家の所属する農業研究機関、農林省農林水産技術会議事務局もプロジェクト支援の立場にあるといえよう。

本プロジェクトの場合は幸いに関係の方々の方強い支援が得られたのでプロジェクトは一応支障なく進めることができたが、日本からの支援はプロジェクトにとっても、また個々の専門

家にとっても、日本での想像以上に大きな影響を与えるもので、日本からの温かい、力強い支援・激励がどれほど専門家の志気を鼓舞しプロジェクト推進上の大きな力となるか計り知れない。日本からの支援の心が通じなければ専門家は協力の意欲を失ない、ただ任期を終えて帰る日だけを考えることになり、プロジェクトの成果もまた期待できないであろう。

#### e. 資料の収集、整理と活用

私がボゴールに滞在中来訪を受けた人のなかでインドネシアの農業に関する資料の入手を要求する人の数は少なくなかった。その場合、その資料が特殊なものであれば致し方ないが、例えば土壌研究所で作っている土壌国のように来訪者に過去何度も渡したようなものを次々に要求されると現地にいる者にとってはとても煩しくて応じきれない。この土壌国さえ最近入手の手続きが次第にむづかしくなって来たが、このような煩しさは私だけでなく現地にいる人の多くが体験していることである。

日本は欧米諸国にくらべ確かに国際協力の歴史は浅いが、それでも相当な年数を経て経験を積んでいる筈である。農業関係だけについても過去に多くの資料が蓄積されてきたし、今後も次々と新しい資料ができることであろう。

ところが、これらの資料の収集、整理、活用など、これまで適切に行われていたであろうか。資料を収集整理して保管し、国際協力にたづさわる人が容易に有益に利用できるようにすることは極めて重要なことと考えられる。

資料が一か所に保管整理されればそれに越したことはないが、それは仲々むづかしいことであろう。しかし、保管の場所を明確にし保管者間に相互に情報を交換し、どの資料はどこに行けば分るといふように明らかにしておけば利用者には有益であろう。いわば農業協力に関する資料の図書館的整理保管および活用である。

私がインドネシア滞在中、日本のある官庁の人が入手のむづかしい貴重な農業関係資料を多数収集して帰られたことを知っているが、それらの資料が活用されていることは聞かない。

今後日本が農業協力を効率的に推進するためには、これまで蓄積された資料を大切に、その整理活用についてもっと関心を深めるべきではなからうか。

#### f. 学位の問題

私が農業技術研究所病理昆虫部に在職中の頃、バンコックの農業研究所に長く滞在しておられた高橋治助博士より Mr. Pracob Kanjanasoon (植物病理学専攻) の学位取得について指導してほしいとの依頼を受けたので病理科の鈴木直治博士の研究室で引き受け、博士の指導の下で研究を行ない東京農業大学に論文を提出して学位を取得することができた。

Pracob は帰国後栄進して現在は農業局長の地位にあるが、極めて親日的でタイ国で研究協力をやっている日本の農業研究者が種々の点で便宜を受けている。

学位は開発途上国では単に学問的栄誉だけでなく社会的地位につながるものである。インド

ネシアもその例外でなく、研究者として学位がなければ上級の地位につくことはできない。

本プロジェクトが開始した当時は中央農業研究所にはトウモロコシの育種で学位を取得した2名の研究者がいた。これはボゴールに長い間(1951-'58)滞在していたDr. Jacksonがトウモロコシの育種専門家でJacksonの指導を受け、さらに米国に留学して学位を取得したものである。この2名のうちの1名が現中央農研所長のDr. Rusli Hakimである。

前述のようにIRRIは1971年より中央農研との研究協力プロジェクトをはじめたが、その時の研修計画は最初から上級研究者の学位取得を目的として米国の大学または米国およびフィリッピンの大学に3~4年留学(妻および子供2人まで費用支出)させるというものであった。

予算的には上級研究者12名分が計上されていたが、実際に受け入れられたのは8名で、これらの人々は学位を取得して帰国した。若い研究者に対してはIRRIでの研修のための予算が組まれていたが、その内容は作付体系関係14名、稲生産関係15名(いずれも各6か月)であった。

私がボゴールに赴任して以来、日本でも学位を取得させてほしいとの要望がしばしば中央農研所長より出された。調査団来訪のときも中央農研との協議のなかに度々この要望が出されている。JICAプロジェクト・リーダー会議にも繰返し議題とした。また、来訪の大学教授ともこの問題について度々語り合った。しかし、何ら積極的な反応は得られないまま時間が過ぎて行った。

本プロジェクトでは前記のように多くのカウンターパートが日本で研修を受け、そのなかのある研究者は日本の研究所でもその能力、努力が高く評価され、日本で学位を取らせてやり度いとの声もあったが、結局それは具体的に何の実を結ぶものではなかった。

このような状態であったから、本プロジェクトとしては派遣専門家の指導によって中央農研研究者の業績を積み上げ、それがある程度まで蓄積された段階で、ある期間学位取得のための研修を日本で受けさせ度い、それより方法はないであろうと考えた。しかし、日本で研修を受けた優秀な研究者は帰国後米国の資金で学位取得のための留学に米国に出発したのである。要するに米国は優秀な研究者には学位取得のために積極的に米国に招く姿勢を示しているのである。

その後、農業研究開発庁では農業関係研究機関の研究者に対し、インドネシアの大学または海外の大学で学位取得の研究または留学を行わせるための費用を世界銀行からの借款によって支出するようになった。このことをみてもインドネシアでは研究者の学位取得がいかに重視されているかが分る。

前述のように日本の研究協力は機材の供与、また専門家の能力、研究業績において他国に優るとも劣らぬものであって、その成果はインドネシア側から高く評価された。本プロジェクト

終了後も引続き新研究協力プロジェクト設定の強い要請が出されたのもそのあらわれである。

しかし、本プロジェクトは学位取得問題について何の成果を挙げることなく終局に近づいた。研究協力の成果を長期的にみるとき、どのようなことになるのか。中央農研の幹部が米国で学位を取得した研究者によって占められるとき、日本の研究協力の努力と成果は影がうすれてしまうのではなからうか。

要するに戦略の問題である。日本の研究協力は長期的戦略に欠けている、といわざるを得ない。この戦略を欠くために日本の研究協力の評価が低下するようでは残念この上ないことだ、と思いつけて来た。

幸い関係各方面のご理解とご努力により研究協力の枠内において学位取得の道が最近ようやく開けつつあり、現在中央農研の研究者2名が学位取得候補者として東京農業大学において研修を受けるまでになった。

思えば永い道程であった。私はもちろん学位の安売りは望んではないし、そうあつてはならない。しかし、研究協力に関する限り今後も学位問題も含めて推進を図らなければ研究協力の将来への大きな発展は期待できないであろう。

#### g. おわりに

インドネシアには45年組というグループがある。1945年のインドネシア独立に献身した人々のグループである。

インドネシア人は国の独立を他国の援助なしに成し遂げたと誇らしげにいう。インドネシアの独立にどのような経緯があつたか詳しくは知らないが、日本が第二次大戦中約3年半にわたってインドネシアを占領していたにも拘らず、45年組は日本に対し好意的であるといわれる。

それらの人々はいま政府の高官や軍の将官として活躍しているが、そろそろ停年退職の時期になり、次第にいわゆる戦争を知らない人々の世代へと移りつつある。

ところで、前にも述べたようにインドネシアは第一次開発五か年計画以来農業の開発に重点をおいている。これは農業が国の安定と国力の強化の基礎であるからである。

このようなときに、政治経済的、文化的に関係の深い日本が農業の面で協力援助を行なうことは極めて意義のあることである。そして今後も新しい世代の人々と農業協力を通じ友好関係を維持発展させるべきである。

その協力援助には緊急を要するもの、長期的に対処すべきものなど種々あると思うが、いずれにせよ農業における協力援助は基本的にいつても長期的視点に立った、腰を据えたものでなければ真の成果は挙げ得ないであろう。