

地形と水田土壌と水稻の収量

—— 北タイの例 ——

服 部 共 生

はじめに

1967年1月北タイの水稻の収量¹⁾の調査されている地点²⁾の土壌調査を、渡部と協同して行なった。本調査の目的はほぼ気候条件を同じくする北タイで水稻の収量に土壌または土地の環境条件がいかに影響しているかを明らかにすることにあつた。本報告では現地調査結果、持ち帰った試料の分析結果と水稻の収量との関係を検討し、収量の制限因子となる土壌的要因を抽出し、ある生産力を示す土地の特徴づけと土壌調査から求められる土地生産力可能性の評価において考慮すべき土壌的要因の重要度を明らかにしたい。

I 調査地域の地質、地形と調査地点土壌の概況

調査地域は Mae Nam Chao Phraya の4大支流, Ping, Wang, Yom, Nan, の各河川に沿って南北にのびる盆地であるが、一部 Mae Nam Mekong 水系の Ing 河の最上流の盆地も含まれる。これらの盆地は北タイを形成する古生層の堆積岩や花こう岩、片麻岩の風化物で堆積形成されているが、Yom, Nan の流域には中生層 Khorat 層のうち比較的塩基性の堆積岩の影響を受けているようである。そして各盆地は通常、形成時期の新しい順に、I, II, III, IVの四つの堆積面を判別できる。このうち水田が位置するのは I, II の面と現代の氾濫原とであり、堆積面 III にはまれにあるが、もっとも古い堆積面 IV にはほとんど存在しない。

調査地点は Ping 河流域16点, Wang 河2点, Yom 河4点, Nan 河2点, Ing 河3点の計26点である。³⁾ Ping 河流域で調査地点を地形面で区分すると I 面のもの5点, II 面のもの5点, III 面のもの3点で、残り3点は I と II 面の境界線上のものと思われた。

土壌断面の特徴から調査地点を区分すると、断面内での水の移動が下降方向であり下層土が

1) 本報文中の収量は単位面積当りのもみ生産量をいう。栽培されている水稻はもち米である。

2) 調査は渡部により1965年に行なわれた。

3) 調査地点の選定は渡部によると、各 Changwat の Rice Agent にその Changwat 内での平均的収量、高収量、低収量をあげている Ban を選定してもらい、そのうち調査可能（旅行上困難な条件のない）地点のうちから、収穫適期が±5日程度であること、その耕作者と面談できること、その Ban で平均的収量をあげていると思われることなどの条件を満たす地点であるという。しかし一般に低収地は旅行困難な地点が多いため、低収地の調査地点は少ない。

酸化的なもの4点、断面内で水の移動はほとんどなく下層土が還元的なもの10点、両者の中間的なもの12点であった。

調査地点の作土について、すでに報告した方法による粘土の鉱物組成、全炭素、全窒素、置換性塩基などを定量したが、結果の詳細は別に報告する予定なので、ここでは以下に収量との関係においてとりまとめて示す。

II 収量の地域性と粘土の鉱物組成の特徴

収量に地域性があり、それが土地条件と関係あることは当然のことであるが、表1に各 Changwat 別、各河川別に Changwat 全域における平均収量、調査地点での収量の範囲と平均、粘土の鉱物組成の特徴を示した。この表からも Ping 河流域以外は調査点数が少なく明確には指摘しえないかもしれないが、各河川流域ごとに粘土の鉱物組成の特徴に差があることがわかる。すなわち Ping, Wang および Ing と Yom, Nan のように流域の地質系統を同じくするもの同志ではそれぞれほぼ同じ特徴を示すが、Ping, Wang と Ing で後者では Chlorite が存在し、Yom と Nan では同じく後者に Chlorite が存在し、その相違を認める。粘土の鉱物組成の特徴はその土壌の母材や風化程度の相違を示すものと考えられ、それらに地域性のあることを示すものであろう。収量と土壌の母材あるいは風化程度の地域性の対応は、さきに筆者らがタイ国水田土壌の作土の粘土の鉱物組成と水稻の聞き取り調査結果との間に比較的高い相関を認めたこととともに、土壌の母材、風化程度が収量—土地の生産力—と関係のあることを示すものといえよう。

表1 河川流域別における粘土鉱物組成の差異

Changwat	平均単位* 面積当り 収量 tons/ha	河川名	調査点数	調査地点の収量* tons/ha			粘土鉱物組成 の 特 徴
				範 用	平均	Kaolin%	
Chiang Mai	2.71	Ping	14	2.16~3.93	3.14	40~65	Illite> Verm+Mont
Lamphun	2.18	Ping	1		3.06		
Chiang Rai	2.41	Ing	3	1.50~3.52	2.79	45~55	Illite> Verm+Mont (Chlor を含む)
Lampang	1.83	Wang	2	2.63~4.47	3.05	55~60	Illite> Verm+Mont
		Yom	2	3.96~4.55	4.26	25~35	Illite≤ Verm+Mont
Phrae	1.89	Yom	2	3.44~5.07	4.26	25~50	Illite< Verm+Mont
Nan	1.83	Nan	2	2.20~2.99	2.60	40~55	Illite< Verm+Mont (Chlor を含む)

* 渡部の調査結果

III ピン河流域における地形面とその上にある水田の収量と土壌の二、三の性質

本調査地区全域を通じての水田ののる Terrace 面と収量との間にはかなり高い相関があるこ

とはすでに川口により指摘されているので、ほぼ母材を同じくする Ping 河流域の水田について、Terrace 面別の収量，粘土の鉱物組成の特徴，全炭素など二，三の農業化学的性質をまとめたのが表 2 である。

表 2 Ping 河流域における地形面と二，三の土壌の性質

	調査 点数	収 量 tons/ha	Kaolin %	Mt+Vr /II	T.C. %	T.N. %	Exchangeable meq/100g		
							Ca	Mg	K
Terrace I	5	2.90~3.93	50~65	0.50~1.32	1.44~2.79	0.110~0.226	5.6~10.7	1.6~2.4	0.21~0.42
		3.41	56	0.82	1.98	0.166	8.8	2.1	0.32
II	5	2.55~3.81	45~60	0.66~1.50	0.76~1.48	0.077~0.125	3.2~ 9.5	1.6~3.1	0.13~0.23
		3.26	53	1.20	1.19	0.107	5.8	2.1	0.18
III	3	2.16~2.67	40~50	3.00~4.00	0.67~0.90	0.059~0.075	3.2~ 7.1	0.6~1.0	0.14~0.25
		2.38	45	3.44	0.77	0.068	6.3	0.7	0.19

収量は Terrace 形成時期の遅いものほど高い傾向があり，土壌の農業化学的な性質も水稲生育環境として良好なことを示している。しかし風化の指標となる Kaolin 含量は Terrace 形成時期が早いものほど低く，Terrace 形成時期がその土壌の受けた風化の程度とは逆の関係となる。これは Terrace の最表層は Terrace の形成時期と関係なくたまったものであるのか，Kaolin 含量は Terrace の材料に規制され，風化の程度を表わすものではないためとも考えられる。後者のような考え方に立つならば Kaolin 鉱物以外の鉱物組成の特徴として Illite とそれ以外の 2:1 型鉱物の比率をもって風化の指標となしうる。なぜならば Chlorite を含まない土壌においては Illite から Montmorillonite や Vermiculite が生成されるという序列が成り立つからである。すなわち Mt+Vr/II の比率が大きいほど風化の程度が強いことを表わす。この値を表 2 でみると Terrace の形成時期と風化の程度は明らかに比例している。これらのことから土壌の風化の程度は農業化学的な性質を通じて収量に関係をもつものと思われる。

IV 土壌の断面形態と収量

表 3 に断面における下層土の色調，斑紋の様相，土性などから推定される下層土の酸化還元程度と収量との関係を示す。この表において酸化的とした A—B₁—B₂ の断面を示す土壌は，

表 3 土 壌 断 面 の 形 態 と 収 量

	下 層 土 の 酸 化 還 元 の 程 度		
	酸 化 的 (n=4) A—B ₁ —B ₂	中 間 (n=12) A—BCg	還 元 的 (n=10) A—Cg(G)
	3.49~4.47	2.99~5.07	1.50~3.42
水稲の収量 tons/ha	3.97	3.68	2.30

透水性良好な日本の標準的乾田と同じ型であり(久馬らは Acquorizem とよんでいる), 還元的とした A—Cg(G) は日本の湿田型の土壌である。中間的とした A—BCg は日本ではあまり見られない熱帯の水田土壌特有の土壌型で, 水の浸透はほとんどないか, あってもごくわずかであるが, 下層土には鉄, マンガンの酸化沈積物がかなり認められ, 水田土壌化作用の結果形成されたものとは思えない。この三つの型の土壌における収量は下層土が酸化的なものが高く, 還元的なものは低い。中間的なものは収量の変異が大きく収量に影響する他の要因が予想される。

V 単作田と二毛作田における土壌の二, 三の性質と収量

表4に水稻単作地と水稻—裏作(タバコ, 大豆, 玉ねぎ, にんにくなど)の二毛作田の土壌の性質, 収量, 差を示す。二毛作田においては裏作に対し, 敷ワラが行なわれ, 堆肥, ワラ灰の施用はもちろん, 化学肥料の施用もあり, それらが裏作の残渣とともに土壌の肥沃度に貢献しており, それが収量も単作田より高い傾向を示す原因となっているものであろう。

単作田においては乾期の乾燥により大きな切裂が土層深く浸入するが, このような乾燥が土壌環境条件をいかに変えるかは今後の研究によらねばならない。

表4 一毛作田と二毛作田における土壌の二, 三の性質の相異

	収 量 tons/ha	T.C. %	T.N. %	Exchangeable Ca	meq/100g Mg	K
二毛作田 (n=12)	2.55~5.07(3.66)	1.74±0.18	0.158±0.015	9.4±1.2	2.5±0.3	0.29±0.03
一毛作田 (n=11)	1.50~3.96(3.00)	1.36±0.29	0.129±0.030	6.7±2.5	2.0±0.1	0.17±0.05

VI ま と め

以上述べたように本調査から水稻の収量は土壌生成因子と同じである母材, 地形, それより導かれる時間というような因子が密接に関係しており, それら因子の相互効果として示される土壌断面から推定される下層土の酸化還元状態とも関係があることが明らかにされた。このことは土地生産力可能性の評価に母材, 地形, 時間という土壌生成因子が評価さるべき土壌要因のうち重要な位置を占めることを示すものであろう。それと同時に渡部の調査からえられる増収対策を適応すべき土壌のひろがりを求めうる特性づけが行なえたものと考ええる。

謝 辞

本調査は極めて短期間であったがいちおうの成果を収めることができたのは, 川口教授のご指導, 渡部教授ならびに東南アジア研究センター, タイ国米穀局, 現地の各位のご援助, ご協力のおかげであり, とくに地形面の判定には調査の後半高谷好一博士が同行して種々ご教示下さった。厚く感謝の意を表したい。

参 考 文 献

- 服部共生・古川久雄・川口桂三郎「タイ国水田土壌の粘土鉱物にかんする 2, 3 の考察」『東南アジア研究』第 3 巻第 3 号, pp. 151~160. 1965.
- Kyuma, K and K. Kawaguchi. "Major Soils of Southeast Asia and the Classification of Soils under Rice Cultivation."『東南アジア研究』第 4 巻第 2 号, pp. 100~122. 1966.
- Watabe, Tadayo. *Glutinous Rice in Northern Thailand*. Kyoto: The Center for Southeast Asian Studies, Kyoto University, 1967.

コメント 3

タイ，マラヤの水田土壌中における 窒素固定微生物

小 林 達 治

は し が き

東南アジアにおける水稻栽培は日本のように大量の化学肥料が施用されることはなく，大部分は多年にわたって無肥料栽培に近い状態で行なわれてきている。その微生物分布を調べた研究もほとんどない。

なぜ，水田化することにより畑土壌と異なって収量がほぼ一定となり減少しないのであろうか。このような疑問は農業にたずさわる誰もがもつことであろう。水田土壌には畑土壌と異なって太陽光線のエネルギーを利用して窒素固定をしうる“ラン藻”や“光合成細菌”が多数存在し，その他の窒素固定有機栄養細菌などとの共存のもとに大気中の窒素ガスを固定し，植物体が利用しうる形態に変えて常に水稻に供給しているからにほかならない。温度，太陽光線とも非常に恵まれた環境にある熱帯地方でのそれら窒素固定菌について研究することは，今後化学肥料を施肥するようになる場合でも極めて重要なことである。（施肥する場合には脱窒というような問題がおこるので無肥料，肥料施肥，いずれにしても土壌微生物の分布を知ることが重要なことである。）

ここに報告する結果は1965年8月の1ヵ月間にわたり調査した微生物数の分布結果で，バンコクにあるウイルス研究所で実験を行ない，また一部のものについては土壌を日本へ持ち帰り，詳細に検討したものである。対象とした土壌はタイ国（6点），マラヤ（14点）を中心とし，フィリピン（4点），台湾（1点）も調査してみた。