

作物収量と環境, 土壌, 管理要因の数量化分析 : 長崎 県水稲, ばれいしょ, みかん収量の事例

江頭, 和彦
九州大学農学部土壌学講座

中島, 征志郎
長崎県総合農林試験場

藤山, 正史
長崎県総合農林試験場

<https://doi.org/10.15017/23340>

出版情報 : 九州大学農学部学藝雑誌. 45 (1/2), pp.9-21, 1990-12. 九州大学農学部
バージョン :
権利関係 :

作物収量と環境、土壌、管理要因の数量化分析

— 長崎県水稲、ばれいしょ、みかん収量の事例 —

江頭和彦・中島征志郎*・藤山正史*

九州大学農学部土壌学講座

(1990年2月10日受理)

Quantification Analysis of the Contribution of Environment, Soil, and Management Factors to Crop Yields

— Case Study of the Yields of Rice, Potato, and Orange in Nagasaki Prefecture —

KAZUHIKO EGASHIRA, SEISHIRO NAKASHIMA and MASAFUMI FUJIYAMA

Laboratory of Soils, Faculty of Agriculture, Kyushu University 46-02, Fukuoka 812

緒 言

数量化分析Ⅰ類は、質的な説明変数(要因)から量的に測定される目的変数(外的基準)を予測する手法であり、質的な因子と作物収量の関係を調べるのに有用な方法である。この考えからさき、長崎県土壌環境基礎調査(定点調査)の1巡目の調査で得られた資料をもとに、昭和57年度の水稲収量を外的基準とし、地域、土壌類型区分、土壌の母材、水稲品種、窒素施肥量などを要因として数量化分析Ⅰ類を行った(江頭ら, 1988b)。本報告では、土壌環境基礎調査(定点調査)の1巡目と2巡目の調査のデータを用いて、水稲、ばれいしょ、みかんの収量の数量化分析を試みた。

土壌環境基礎調査(定点調査)は、昭和54年度に開始された全国規模の調査事業であり、土壌の実態を時系列的に総合的に把握し、農業生産の向上と資源の保全に資することを目的としている。このために各県内に調査地点が設定され、土壌の断面調査と理化学分析および圃場管理や営農についてのアンケート調査が実施された。長崎県では、水田、畑、樹園地を対象に、合計375の定点が設置され、それらを四分して調査が進められ、昭和54年度から57年度までの4年間で1巡目の調査が完了した(長崎県総合農林試験場, 1985)。2巡目の調査が昭和58年度に始まり、昭和62年度までで終了した(長崎県総合農林試験場, 1989)。2巡目のアンケート調査では、作物の収量がほぼ5年間にわたつ

て調査されており、そのデータを解析に用いた。1巡目の収量データを加えて、調査数の多い水稲、ばれいしょ、みかんを対象に、収量(kg/10a)の数量化分析Ⅰ類を行った。

収量を説明するための要因には、年次、地域、土壌型、土壌の母材、土壌の化学性、肥料および改良資材の施用量、作物の品種を用いた。これらの要因は、作物収量を規制する環境要因、土壌要因および管理要因であり、それらをほぼ網羅していると考えられる。解析の目的は、水稲、ばれいしょ、みかんの収量に対するこれら要因の相対的な寄与の評価にあり、栽培管理あるいは土壌管理のあり方として普及指導上の参考資料になるものとする。

水 稲

1. 水稲収量と年次、地域の関係

表1に、昭和58年度から62年度にわたる5年間の、長崎県下全域の水稲収量を外的基準として行った数量化分析Ⅰ類の結果を示す。要因としては、年次と地域に加えて、土壌群、土壌母材、水稲品種を用いた。年次はその年の稲作気象環境に対応すると考えることができ、各年度をカテゴリーとした。地域はその地域の地形および地質を表わし、いわゆる地文環境に対応すると考えられる。地域は、長崎県の土壌地域区分(長崎県農林部, 1986)に準拠して、県全体を5つの地域に分けた。土壌型を表わすには、耕地土壌分類を用いた。耕地土壌分類は地力保全基本調査の土壌統設定基準に基づくもので、分類体系は土壌群-土壌統群-土

* 長崎県総合農林試験場

壤統から成り、土壤統を基本単位とする。要因として用いた土壤群は最上位の分類単位である。

表1に示すように、長崎県全体の5年間の水稲収量を外的基準とした場合の重相関係数は0.76であった。決定係数は0.58であるから、水稲収量の変動の58%は表1の要因とカテゴリーによって説明される。この数値は一応の予測精度であると考え、(予測できるとするひとつの目安を、決定係数0.50~0.45において)

要因のなかでは年次の偏相関係数が最も大きく0.62であり、次いで地域の0.57であった。このことは、比較的の高い重相関係数と合わせて、長崎県の水稲収量が年次と地域によって説明され、気象と地文環境に強く影響されていることを示唆する。

年次のカテゴリー数量の大きさからみて、昭和58年度から62年度までの5年間では、昭和61年度が最も天候に恵まれた豊作の年であり、逆に昭和60年度が不作の年と言える。昭和59、60、61年度の収量を(定数項+カテゴリー数量)で計算し、昭和59年度の収量を100として指数で表わし、さらに数量化分析した大分県宇佐平野の水稲収量の結果(江頭, 1989a)と対比した。

	水稲収量指数		
	59年度	60年度	61年度
長崎県	100	74	104
大分県(宇佐平野)	100	87	105

収量指数の年次変化が両県で共通することは、年次が気象環境の現われであるということをサポートする。長崎県の昭和60年度は縞葉枯病(ヒメトビウンカ)の被害が大きく、気象環境に加えて、このことも年次の一要因になっていることが示唆される。

地域に付与されたカテゴリー数量に基づいて、水稲収量の地域性を予測すると、水稲収量は島原半島地域と多良山麓地域で平均して最も高く、次いで佐世保地域・県北島しょ地域・壱岐地域で高い。水稲収量は西彼半島地域・長崎半島地域では低く、五島列島地域・対馬地域で最も低いと言える。

年次と地域以外の要因では偏相関係数は両者に比べて低く、土壤群と品種がともに0.33、母材が0.13であった。県レベルでの水稲収量を、土壤群、水稲品種あるいは土壤母材によって説明するのは困難なようである。

2. 水稲収量と土壤統の関係

水稲収量は年次と地域に強く規制されたので、土壤型との関係をみるべく、収量の平均をとり、地域ごとに両者の相関を調べた。調査数の多い多良山麓地域(昭和57, 58, 61年度)、佐世保地域・県北島しょ地域・壱

岐地域(昭和57, 58, 60年度)および五島列島地域・対馬地域(昭和57, 58, 61年度)について、3年間の水稲収量の平均をとり、これを外的基準とし、土壤統を要因として数量化分析を行った。土壤統は分類の基本単位であり、土壤の断面形態の特徴を明確に表現する。分析の結果を表2に示す。

相関係数は、多良山麓地域が0.88、佐世保・県北島しょ・壱岐地域が0.81、五島列島・対馬地域が0.51であった。決定係数はそれぞれ0.77, 0.66, 0.26であり、多良山麓地域と佐世保・県北島しょ・壱岐地域については一応の予測精度と考えられた。多良山麓地域と佐世保・県北島しょ・壱岐地域では、土壤統と水稲収量の間で一定の対応関係がみられ、土壤統を用いて、水稲の収量レベルを予測することができそうである。五島列島・対馬地域は県内で最も水稲収量の低いところであり、恐らくは地文環境の影響が強く、土壤統の関与が小さくされてしまったものと思われる。

土壤統に付与されたカテゴリー数量の大きさは、北多久統を除いて、いずれの地域でも大体類似の順序にあった。例えば、屋形統と四倉統のカテゴリー数量は、佐世保・県北島しょ・壱岐地域と五島列島・対馬地域で最も高く、一方、氷見統のカテゴリー数量は多良山麓地域と佐世保・県北島しょ・壱岐地域でともに低く、国領統は多良山麓地域と五島列島・対馬地域で最も低いカテゴリー数量を与えた。地域的な差も幾分みられ、例えば、井尻野統のカテゴリー数量は多良山麓地域では中位、佐世保・県北島しょ・壱岐地域では上位、五島列島・対馬地域では下位に位置した。

同一土壤統群に属する土壤統間においても差がみられ、例えば、礫質灰色低地土灰色系統群に属する追子野木統は国領統より上位の、礫質灰色低地土灰褐色系統群に属する松本系は赤池統より上位の、細粒褐色低地土斑紋あり統群の屋形統は中島統より上位のカテゴリー数量を示した。これらを断面形態の違いからみると、礫質灰色低地土における追子野木統と国領統は礫層の出現位置で異なっており、礫層が30cm以上と浅い位置に出現する(国領統)と、収量がマイナスに規制されるようである。松本統と赤池統は土性の精粗で異なり、強粘質土壌(赤池統)で収量がマイナスに規制されるようである。細粒褐色低地土における屋形統と中島統はマンガン結核の有無で相違し、還元度の大きい中島統(マンガン結核を欠く)で収量が低い傾向にある。以上のような、カテゴリー数量の土壤統間での順序や土壤統群内での違いが合理的なものであり、確かに言えるのかどうか、今後資料数を増して検討を重ねる必

表1 水稲収量の数量化分析 I 類の結果(1)

(n=317)

要因	カテゴリー	例数	カテゴリー 数 量	偏相関 係 数	重相関 係 数
年 次	1. 昭和58年度	106	-17	0.62	0.76
	2. 昭和59年度	54	41		
	3. 昭和60年度	62	-80		
	4. 昭和61年度	74	61		
	5. 昭和62年度	21	1		
地 域	1. 西彼杵半島地域・長崎半島地域	25	-19	0.57	
	2. 島原半島地域	23	36		
	3. 多良山麓地域	80	45		
	4. 佐世保地域・県北島しょ地域・壱岐地域	109	22		
	5. 五島列島地域・対馬地域	80	-79		
土壌群	1. 灰色台地土	6	34	0.33	
	2. グライ台地土	3	-64		
	3. 黄色土	51	-44		
	4. 暗赤色土	9	-8		
	5. 褐色低地土	93	-0		
	6. 灰色低地土	99	18		
	7. グライ土	56	10		
母 材	1. 玄武岩・安山岩	59	4	0.13	
	2. 非固結堆積岩; 谷底平野・扇状地・海岸平野; 玄武岩・安山岩由来	72	-12		
	3. 非固結堆積岩; 谷底平野・扇状地・海岸平野; 2. 以外の岩石由来	143	1		
	4. 非固結堆積岩; 干拓地	34	15		
	5. 固結堆積岩・半固結堆積岩	9	-3		
品 種	1. 日本晴	69	6	0.33	
	2. コシヒカリ	26	3		
	3. レイホウ	6	32		
	4. あそみのり	4	48		
	5. コガネマサリ	32	15		
	6. シンレイ	93	10		
	7. コガネバル	29	-10		
	8. 農林22号	10	-71		
	9. 農林5号	4	-14		
	10. 晴々	5	-12		
	11. アキツホ	2	14		
	12. ニシホマレ	1	-83		
	13. あさつぼ	1	-171		
	14. シンセンボン	1	-101		
	15. コガネニシキ	2	-14		
	16. ヤマホウシ	1	-0		
	17. ヒヨクモチ	1	47		
	18. コガネモチ	1	-66		
	19. 備南モチ	2	-96		
	20. クレナイモチ	1	-111		
	21. その他	26	-21		
			定数項	420	

表2 水稲収量の数量化分析I類の結果(2)

要 因	カテゴリー	多良山麓地域 (n=25)		佐世保地域・ 県北島しょ地域・ 壱岐地域 (n=30)			五島列島地域・ 対馬地域 (n=24)				
		例 数	カテゴリー 数 量	相 関 係 数	例 数	カテゴリー 数 量	相 関 係 数	例 数	カテゴリー 数 量	相 関 係 数	
土壌統	1. 細粒グライ台地土			0.88	1	-49	0.81			0.51	
	2. 細粒黄色土、斑紋あり				1	111					
	3. 中粗粒黄色土、斑紋あり				1	-86					
	4. 礫質黄色土、斑紋あり	2	-23		4	-68					
	5.				6	-18					
	6. 暗赤色土				1	-2					
	7. 細粒褐色低地土、斑紋あり				1	-49					
	8.				3	45		1	43		
	9. 礫質褐色低地土、斑紋あり							2	-19		
	10.				7	17		5	-21		
	11. 細粒灰色低地土、灰色系	3	-26		1	54		8	26		
	12.				1	-2		2	-14		
	13. 礫質灰色低地土、灰色系	2	-10					2	11		
	14.				1	-74		2	-69		
	15. 細粒灰色低地土、灰褐色							2	16		
	16. 礫質灰色低地土、灰褐色	1	-71								
	17.				3	36					
	18. 細粒強グライ土				5	14					
	19. 細粒グライ土						3	48			
	20.				5	43					
				定数項	501		定数項	409		定数項	354

要がある。

北多久統のカテゴリー数量は、多良山麓地域では低く、逆に佐世保・県北島しょ・壱岐地域では最も高かった。この違いのひとつに、土壌の粘土鉱物組成の違いが関与しているのではないかと考える。多良山麓地域の北多久統は東彼杵町平似田地区の土壌であり、カオリン鉱物と2:1型-緑泥石中間種鉱物を主要粘土鉱物として含む；佐世保・県北島しょ・壱岐地域の北多久統は松浦市調川地区の土壌であり、カオリン鉱物とスメクタイトを主とする(江頭ら, 1987)。土壌の粘土含量と粘土鉱物組成が水稲収量に関係し、粘土含量が類似であれば、スメクタイトを主とする土壌が高い収量を与えることはよく知られている(日本土壤肥料学会大会運営委員会, 1971)。このように、土壌の粘土鉱物組成が水稲収量の構成要素に関与するとすれば、断面形態の特徴から区分される分類とは別の分類として整理する必要が示唆される。

3. 水稲収量と土壌統群、品種、窒素施肥量の関係

表3では、佐世保地域・県北島しょ地域・壱岐地域の、昭和57, 58, 60年度の各年次の水稲収量を外的基準とし、土壌統群、水稲品種、窒素施肥量を要因とし

て数量化分析している。地域レベルの水稲収量に対するこれら3要因の寄与をみるのが目的である。土壌統群は地域にみられた土壌統群を、品種はその年次の栽培品種をカテゴリーとし、窒素施肥量は1作当りの施肥量を少, 中, 多の3段階に分け、カテゴリーとした。

表3に示すように、重相関係数は、昭和57年度が0.82, 58年度が0.75, 60年度が0.59であった。決定係数はそれぞれ0.67, 0.56, 0.35であり、昭和57年度と58年度は一応の予測精度とみられた。昭和60年度は稲葉枯病の被害が大きかった年であり、このことが、昭和60年度の重相関係数が低いことの一因と思われる。

要因のなかでは、土壌統群の寄与が他の要因と同じかあるいは高かった。土壌統群のカテゴリー数量は、中粗粒および礫質黄色土で低く、細粒および礫質褐色低地土、細粒灰色低地土、細粒グライ土で高い傾向を示した。しかし、カテゴリー数量の年次間の変動も大きく、その年の気象条件に応じて、培地環境としての適応性が変わるのではないかと考えられた。

土壌統群に次いで品種の寄与が大きかった。主要な品種についてカテゴリー数量を比較すると、それはコシヒカリで常に高く、日本晴では平均しており、シン

表3 水稻収量の数量化分析 I 類の結果(3)

要因	カテゴリ	昭和57年度 (n=41)				昭和58年度 (n=40)				昭和60年度 (n=38)			
		例数	カテゴリ数	偏相関係数	重相関係数	例数	カテゴリ数	偏相関係数	重相関係数	例数	カテゴリ数	偏相関係数	重相関係数
土壌統群	1. 細粒グライ台地土	1	11	0.77	0.82	1	-4	0.51	0.75	1	-193	0.55	0.59
	2. 細粒黄色土、斑紋あり	3	74			4	27			2	-28		
	3. 中粗粒黄色土、斑紋あり	1	-99			1	-39			1	-100		
	4. 礫質黄色土、斑紋あり	12	-46			10	-40			12	-8		
	5. 暗赤色土	1	-59			2	35			2	4		
	6. 細粒褐色低地土、斑紋あり	8	34			7	14			8	1		
	7. 礫質褐色低地土、斑紋あり	7	-9			7	26			7	31		
	8. 細粒灰色低地土、灰色系	3	3			3	-4			2	115		
	9. 細粒グライ土	5	51			5	0			3	-8		
品 種	1. 日本晴	23	4	0.35		21	-8	0.58		17	-8	0.29	
	2. コシヒカリ	5	9			3	49			4	36		
	3. レイホウ					1	14			1	-50		
	4. あそみのり	1	-9			2	62						
	5. コガネマサリ	5	-19			5	-12			9	3		
	6. シンレイ	5	10			4	39			2	-55		
	7. 晴々					1	-125						
	8. その他	2	-46			3	-30			5	25		
窒素施肥量	1. 少(<7kg/10a・作)	20	-8	0.27		20	-8	0.57		21	3	0.08	
	2. 中(7~12kg/10a・作)	16	2			19	-2			15	-7		
	3. 多(>12kg/10a・作)	5	25			1	194			2	14		
		定数項	462			定数項	414			定数項	364		

レイでは年次変動が大きかった。特に昭和60年度でみられる、これら3品種間のカテゴリ数量の大きな違いは、作期と早晚性の違いに結びつけて、コシヒカリ(早期、極早生種)と日本晴(普通期、早生種)が縞葉枯病や籾枯細菌病の被害を受けなかったのに対し、シンレイ(普通期、中生種)はこれら病気の被害を受けたことによって説明される。

窒素施肥量の偏相関係数が最も低かった。窒素施肥量の偏相関係数が土壌統群の偏相関係数よりも低いことは、大分県宇佐平野の水稻収量の事例でもみられた(江頭, 1989a)。昭和58年度については、多のカテゴリに属する1点のカテゴリ数量が194と大きく、これが0.57という偏相関係数に少なからず寄与している。このことを考慮すると、佐世保・県北島しょ・壱岐地域のその年度の水稻収量を窒素施肥量に一義的に関係づけるのは困難であり、概して、気象条件や土壌条件あるいは品種に応じた施肥がなされているものと思われる。

4. 水稻収量と土壌化学性の関係

水稻収量と土壌化学性の関係を見るべく、佐世保地域・県北島しょ地域・壱岐地域の土壌統群の偏相関係数が最も大きかった昭和57年度について、土壌型を黄

色土群と褐色低地土群に限定して、水稻収量と土壌化学性の数量化分析 I 類を行った。耕地土壌の表層土(作土)の化学性が土壌反応を表わす性質、土性に関する性質、有機物量を表わす性質の3つに集約されることを前に報告しているので(江頭ら, 1988a; 江頭, 1989b)、それぞれに相当する性質としてpH(水)、リン酸吸収係数、全炭素含量を選び、これらを要因とした。各要因はその大きさによって2つに分け、それをカテゴリとした。

表4に結果を示すように、重相関係数は黄色土で0.54、褐色低地土で0.61であった。決定係数はそれぞれ0.29、0.37と小さかった。水稻収量と用いた化学性の相関が低いということで、土壌調査・理化学分析の年次(昭和55年度と56年度)と水稻収量調査の年次(昭和57年度)が異なっていることがひとつのネックになる。実際に関係が低いのかもしれないし、あるいは特にpHで予想されるように、性質が変化したのかもしれない。いずれにせよ、水稻収量と土壌の性質との関係については、どういう性質を用いればよいのかや、地域や土壌型をもっと限定して分析すべきなのかまで含めて、改めて検討を行う必要がある。

表4 水稲収量の数量化分析I類の結果(4)

黄色土 (n=14)					褐色低地土 (n=14)						
要因	カテゴリー	例数	カテゴリー数量	偏相関係数	重相関係数	要因	カテゴリー	例数	カテゴリー数量	偏相関係数	重相関係数
pH	1. ≤ 5.5	8	30	0.51	0.54	pH	1. ≤ 5.5	6	-39	0.38	0.61
	2. > 5.5	6	-40				2. > 5.5	8	29		
リン酸吸収係数	1. ≤ 1500mg/100g	5	-19	0.20		リン酸吸収係数	1. ≤ 1150mg/100g	7	-14	0.16	
	2. > 1500mg/100g	9	11				2. > 1150mg/100g	7	14		
全炭素含量	1. ≤ 2%	6	-2	0.03		全炭素含量	1. ≤ 2%	7	25	0.49	
	2. > 2%	8	2				2. > 2%	7	-25		
定数項 437					定数項 472						

表5 ばれいしょ収量の数量化分析I類の結果(1)

(n=63)

要因	カテゴリー	例数	カテゴリー数量	偏相関係数	重相関係数
年次	1. 昭和58年度	24	-244	0.30	0.62
	2. 昭和59年度	14	348		
	3. 昭和60年度	23	20		
	4. 昭和61年度	2	261		
地域	1. 西彼杵半島地域・長崎半島地域	6	140	0.36	
	2. 島原半島地域	44	53		
	3. 多良山麓地域	6	-807		
	4. 佐世保地域・県北島しょ地域・壱岐地域	2	414		
	5. 五島列島地域・対馬地域	5	165		
土壌統群	1. 厚層腐植質黒ボク土	1	3035	0.50	
	2. 表層腐植質黒ボク土	1	1923		
	3. 淡色黒ボク土	3	2431		
	4. 細粒赤色土	21	-407		
	5. 礫質赤色土	7	-534		
	6. 細粒黄色土	18	207		
	7. 礫質黄色土	3	-288		
	8. 暗赤色土	9	-315		
母材	1. 非固結火成岩	5	-2447	0.49	
	2. 玄武岩	21	-31		
	3. 安山岩質凝灰角礫岩	19	310		
	4. 半固結堆積岩(火山泥流)	17	436		
	5. 変成岩	1	-419		
品種	1. デジマ	29	-373	0.46	
	2. ニシユタカ	4	201		
	3. タチバナ	3	-222		
	4. メークイン	20	392		
	5. その他	7	405		
		定数項 2383			

ばれいしょ

1. ばれいしょ収量と年次、地域の関係

表5に、昭和58年度から61年度にわたる4年間の、長崎県下全域のばれいしょ収量を外的基準として行った数量化分析I類の結果を示す。要因としては、水稲

収量の場合(表1)と同じく、年次、地域、土壌統群、土壌母材、ばれいしょ品種を用いている。県レベルでのばれいしょ収量がどの程度の精度で予測されるのか、年次と地域がどう関与するのかを知ることが目的である。

表5に示すように、数量化分析の重相関係数は0.62

表6 ばれいしょ収量の数量化分析I類の結果(2)

(n=57)

要因	カテゴリー	例数	カテゴリー 数量	偏相関 係数	重相関 係数
年次	1. 昭和57年度	18	27	0.21	0.59
	2. 昭和58年度	20	-159		
	3. 昭和60年度	19	142		
土壌統群	1. 細粒赤色土	23	-136	0.41	
	2. 礫質赤色土	9	-269		
	3. 細粒黄色土	12	482		
	4. 暗赤色土	13	-18		
母材	1. 玄武岩	15	205	0.16	
	2. 安山岩質凝灰角礫岩	16	-28		
	3. 半固結堆積岩(火山泥流)	26	-101		
品種	1. デジマ	14	-111	0.28	
	2. ニシユタカ	4	-299		
	3. タチバナ	6	-54		
	4. メークイン	22	262		
	5. その他	11	-245		
窒素施肥量	1. 少 (<18kg/10a・作)	21	44	0.41	
	2. 中 (18~25kg/10a・作)	23	-268		
	3. 多 (>25kg/10a・作)	13	404		
		定数項	2479		

であった。決定係数は0.38であるから、ばれいしょ収量を予測できる精度とは言い難かった。

年次と地域の偏相関係数は0.30と0.36であり、用いた要因のなかでは最も低かった。このことは年次と地域の寄与が小さいことを示し、低い決定係数と合わせて、ばれいしょ収量に対する気象および地文環境の影響が小さいことを示唆する。

表5にみられるように、用いた要因のなかでは、土壌統群が最も高い偏相関係数を与えた。土壌統群のカテゴリーは、黒ボク土群と赤色土・黄色土群に分けることができ、両者の間でカテゴリー数量の大きな違いがみられた。黒ボク土群の大きな正のカテゴリー数量は、その母材である非固結火成岩の大きな負のカテゴリー数量によって相殺された。黒ボク土と赤黄色土の間でばれいしょ生産上対照的な違いがみられるのか、それともカテゴリー数量の相違は単に外的基準と予測値との差の2乗の合計を最小にするという計算上の結果なのか、もし後者だとすると、土壌統群と母材の偏相関係数は割り引いて考える必要があり、そうすれば、県レベルでのばれいしょ収量に低いなりに最も強く関係するのは品種ということになる。

2. ばれいしょ収量と土壌統群、品種、窒素施肥量の関係

島原半島地域の口ノ津町早崎地区、南串山町京泊地区、小浜町北串地区は、県内でも主要なばれいしょ栽

培地域である。対象をこの3地区に絞り、その3地区の昭和57、58、60年度の3年間のばれいしょ収量を外的基準として数量化分析I類を行った。要因としては、年次、土壌統群、母材、品種、窒素施肥量を用いた。分析の結果は、表6に示している。

重相関係数は0.59であった。決定係数は0.35であり、収量を予測できる精度とは言えなかった。このことは、恐らく、ばれいしょ収量が環境条件よりもむしろ管理条件に強く支配されているためであろう。要因の偏相関係数は土壌統群と窒素施肥量の0.41で最も高く、次いで品種の0.28であり、年次と母材では低かった。

土壌統群のカテゴリー数量は、細粒黄色土が最も高く、次いで暗赤色土であり、細粒赤色土では低く、礫質赤色土が最も低かった。礫質赤色土のカテゴリー数量が低いのは、有効土層が制限されることによるとしても、細粒黄色土と細粒赤色土の間に本質的な差違があるのかどうか、今後検討を要するものと思われる。

表6のばれいしょ品種に付与されたカテゴリー数量の相対的な大きさは、表5のものとは必ずしも一致しなかった。そのなかで、メークインだけは、いずれの表でも最も高いカテゴリー数量を得ており、冬一春作栽培ということもあって、メークインが他の品種よりも高収量性であると言えそうである。

窒素施肥量のカテゴリー数量は、多>少>中の順であった。多肥(>25kg/10a・作)によりカテゴリー数

表7 ばれいしょ収量の数量化分析I類の結果(3)

(n=43)

要 因	カテゴリー	例 数	カテゴリー 数 量	偏相関 係 数	重相関 係 数
作 期	1. 冬—春作	26	96	0.17	0.48
	2. 秋作	17	-147		
窒素施肥量	1. 少 (<18kg/10a・作)	12	99	0.38	
	2. 中 (18~25kg/10a・作)	18	-325		
	3. 多 (>25kg/10a・作)	13	359		
リン酸施肥量	1. 少 (<18kg/10a・作)	10	279	0.32	
	2. 中 (18~25kg/10a・作)	23	-239		
	3. 多 (>25kg/10a・作)	10	272		
カリ施肥量	1. 少 (<18kg/10a・作)	6	17	0.07	
	2. 中 (18~25kg/10a・作)	21	-54		
	3. 多 (>25kg/10a・作)	16	65		
		定数項		2507	

表8 ばれいしょ収量の数量化分析I類の結果(4)

(n=14)

要 因	カテゴリー	例 数	カテゴリー 数 量	偏相関 係 数	重相関 係 数
交換性Ca含量	1. < 4 meq/100g	6	-92	0.30	0.70
	2. 4 ~ 8 meq/100g	2	26		
	3. > 8 meq/100g	6	83		
リン酸吸収係数	1. ≤ 900mg/100g	9	164	0.63	
	2. > 900mg/100g	5	-296		
全炭素含量	1. ≤ 1%	6	51	0.16	
	2. > 1%	8	-38		
		定数項		2364	

量が高くなるのは、連作年数が長いことから考えて理解できるとしても、中肥 (18~25kg/10a・作) のカテゴリー数量が少肥 (<18kg/10a・作) のそれよりも低い理由は明らかでない、中肥レベルで確かにばれいしょの収量が低いのかどうか、農家圃場での実情を調べると同時に、他の地域の事例について分析する必要がある。

3. ばれいしょ収量と窒素、リン酸、カリ施肥量の関係

表6と同じ3地区の、同じく昭和57, 58, 60年度の3年間のばれいしょ収量を外的基準として、作期および窒素、リン酸、カリの施肥量を要因として数量化分析I類を行った。ばれいしょ収量に対する施肥の効果をみるのが目的である。

表7に分析の結果を示すように、重相関係数は0.48であった。相関が低いなりに要因の寄与をみると、偏相関係数は窒素施肥量で0.38と最も高く、次いでリン酸施肥量の0.32であり、カリ施肥量と作期の偏相関係数はともに0.20以下であった。

カテゴリー数量については、窒素、リン酸、カリの

いずれにおいても、少肥 (<18kg/10a・作) と多肥 (>25kg/10a・作) で正の値、中肥 (18~25kg/10a・作) で負の値であった。中肥のカテゴリー数量が最も低いことの意味をどうとらえるのか、調べなおす必要があるにしても、次のような可能性は考えられる。すなわち、ばれいしょの生産地では長年連作している圃場が多く、土壌の化学性悪化のために、中肥レベルでは平年収量を維持することができず、多肥レベルの施肥が必要となってくる。一方、生産年数の新しい圃場では、適正な土壌養分状態にあたるため、少肥のレベルでも十分に生産をあげることができる。その結果として、多≥少>中の順序を与えるような状況が生れてきているのではないだろうか。

4. ばれいしょ収量と土壌化学性の関係

表8では、ばれいしょ収量と土壌の化学性の関係をみている。表6と同じ3地区について、土壌調査と理化学分析がなされた昭和60年度のばれいしょ収量を外的基準として、土壌の化学性に作土の交換性Ca含量(土壌反応)、リン酸吸収係数(土性)、全炭素含量(有機物量)を用いて分析している。

表9 みかん収量の数量化分析 I 類の結果(1)

(n=199)

要因	カテゴリー	例数	カテゴリー数量	偏相関係数	重相関係数
年次	1. 昭和58年度	59	505	0.34	0.54
	2. 昭和59年度	42	-527		
	3. 昭和60年度	28	112		
	4. 昭和61年度	41	-52		
	5. 昭和62年度	29	-298		
地域	1. 西彼杵半島地域・長崎半島地域	71	449	0.34	
	2. 島原半島地域	12	-434		
	3. 多良山麓地域	56	161		
	4. 佐世保地域・県北島しょ地域・壱岐地域	41	-85		
	5. 五島列島地域・対馬地域	19	-1695		
土壌統群	1. 細粒赤色土	61	7	0.23	
	2. 礫質赤色土	4	-630		
	3. 細粒黄色土	68	282		
	4. 礫質黄色土	37	-365		
	5. 暗赤色土	29	-124		
母材	1. 非固結火成岩	5	737	0.13	
	2. 玄武岩	76	-15		
	3. 安山岩・安山岩質凝灰角礫岩	94	-138		
	4. 固結堆積岩	18	515		
	5. 変成岩	6	195		
		定数項		3046	

表8に結果を示すように、重相関係数は0.70であった。ばれいしょ収量に対して行った4つの数量化分析のなかでは、最も高い値であった。決定係数は0.49であり、低いながらも一応の予測精度と考えられる。ただ、確かに関係があると言うには、資料数が14と少ないのが問題である。

要因のなかでは、リン酸吸収係数の寄与が最も大きかった。次いで交換性Ca含量であり、全炭素含量の寄与は小さかった。リン酸吸収係数のカテゴリー数量は、900mg/100g以下で正の値、以上で負の値であった。リン酸吸収係数は土性に対応するので、相対的に粗粒質な土壌で、したがって物理性の良い土壌で、ばれいしょ収量が高いと言える。リン酸吸収係数の大小と土壌統群での区分は必ずしも対応しなかったけれども、細粒黄色土のリン酸吸収係数は、いずれも900mg/100g以下であった。リン酸吸収係数が土性だけの指標であるかということについては、リン酸質資材の連用が土壌のリン酸吸収係数を下げることが事実なので、集約的な土壌管理(リン酸質資材連用→リン酸吸収係数低下)→ばれいしょ収量増という図式も一部考えられる。交換性Caのカテゴリー数量は、その含量の増大が収量増につながることを示唆している。

みかん

1. みかん収量と年次、地域の関係

表9に、昭和58年度から62年度にわたる5年間の、長崎県下全域のみかん収量を外的基準として行った数量化分析I類の結果を示す。要因としては、年次、地域、土壌統群、土壌母材を用いた。品種を用いなかったことを除いて、水稻(表1)およびばれいしょ(表5)のときと同じ要因である。

表9に示すように、みかん収量の場合の重相関係数は0.54であり、水稻、ばれいしょ、みかんのなかでは最も低かった。決定係数は0.29であり、県レベルの単年度のみかん収量を、年次、地域、土壌統群、母材から予測することは無理なようである。

要因の偏相関係数は、年次と地域が0.34、土壌統群が0.23、母材が0.13であった。年次と地域の偏相関係数が土壌統群や母材のそれより大きかったものの、水稻収量で得られた値、それぞれ0.62と0.57(表1)、よりはるかに小さかった。みかんの収量には大きな年次変動がみられた。それにもかかわらず年次の偏相関係数が大きくなかったことは、みかん収量の年次変動が気象条件に左右されるよりも、摘果など人為的な生産調整あるいは樹齢の違いに影響される面が大きいこ

表10 みかん収量の数量化分析 I 類の結果(2)

(n=62)

要因	カテゴリー	例数	カテゴリー数量	偏相関係数	重相関係数
地域	1. 西彼杵半島地域	2	920	0.62	0.67
	2. 長崎半島地域	16	154		
	3. 島原半島地域	5	29		
	4. 多良山麓地域	17	-41		
	5. 佐世保地域	10	490		
	6. 県北島しょ地域	5	-346		
	7. 壱岐地域	2	-799		
	8. 対馬地域	5	-1065		
土壌統群	1. 細粒赤色土	22	-54	0.28	
	2. 細粒黄色土	21	192		
	3. 礫質黄色土	9	-278		
	4. 暗赤色土	10	-35		
		定数項	3112		

表11 みかん収量の数量化分析 I 類の結果(3)

(n=16)

要因	カテゴリー	例数	カテゴリー数量	偏相関係数	重相関係数
pH	1. < 5.5	2	155	0.15	0.62
	2. 5.5~6.2	8	-28		
	3. > 6.2	6	-14		
リン酸吸収係数	1. ≤ 1025mg/100g	6	352	0.60	
	2. > 1025mg/100g	10	-211		
全炭素含量	1. ≤ 2%	6	-21	0.04	
	2. > 2%	10	13		
		定数項	3236		

とを示す。

そこで、昭和57年度から62年度までの間で3年以上収量調査が実施されている地点について収量を平均し、その平均収量を外的基準とし、地域と土壌統群を要因として数量化分析 I 類を行った(表10)。みかん収量と地域との関係を調べるのが目的である。表9の地域を細分して8地域とし、カテゴリーとした。

表10に数量化分析の結果を示すように、重相関係数は0.67となり、表9の値0.54よりもかなり大きくなった。決定係数は0.45である。みかんの生産調整が行われていることを考慮すれば、この値は一応の予測精度であると考えられる。地域の偏相関係数は0.62であった。重相関係数が0.67、土壌統群の偏相関係数が0.28であるから、重相関係数の大ききの大部分を地域要因が負っていることになる。このように考えると、みかん収量には、気象環境はともかく、地文環境はかなりの程度強く影響していると予想される。水稻収量が気象環境と地文環境に規制され、ばれいしょ収量が環境要因の影響をあまり受けないのに対して、永年作物で

あるみかんの収量には地文環境が大きな規制要因となっている。

表10に示す地域のカテゴリー数量によれば、みかんの平均収量は西彼杵半島地域と佐世保地域で高く、次いで長崎半島地域、島原半島地域と多良山麓地域であり、県北島しょ地域と壱岐地域では低く、対馬地域では極めて低いと推測される。このようなみかん収量の地域間差が有意のものであり、地文環境の差に対応してうまく説明されるのかどうか今後の検討課題である。

2. みかん収量と土壌統群の関係

表9と表10でみられたように、土壌統群の県レベルでのみかん収量に対する寄与は、年次および地域に比べて小さかった。母材の寄与はさらに小さかった。関係が低いなりに土壌統群のカテゴリー数量をみると、礫質赤色土あるいは黄色土のカテゴリー数量が、細粒赤色土あるいは黄色土のカテゴリー数量よりも小さかった。礫質土壌の有効土層の浅さが根張りを妨げ、養水分の吸収を抑えて、収量を制限していると考えられ

表12 みかん収量の数量化分析 I 類の結果(4)

(n=16)

要 因	カテゴリー	例 数	カテゴリー 数 量	偏相関 係 数	重相関 係 数
リン酸吸収係数	1. $\leq 1025\text{mg}/100\text{g}$	6	381	0.60	0.64
	2. $> 1025\text{mg}/100\text{g}$	10	-228		
窒素施肥量	1. 中 ($14\sim 20\text{kg}/10\text{a}\cdot\text{年}$)	12	18	0.08	
	2. 多 ($>20\text{kg}/10\text{a}\cdot\text{年}$)	4	-54		
石灰質資材施用量	1. 少 ($<150\text{kg}/10\text{a}\cdot 3\text{年}$)	10	-55	0.25	
	2. 中 ($150\sim 300\text{kg}/10\text{a}\cdot 3\text{年}$)	2	25		
	3. 多 ($>300\text{kg}/10\text{a}\cdot 3\text{年}$)	4	226		
		定数項		3236	

る。細粒赤色土と黄色土を比較すると、ばれいしょ収量の場合(表6)と同じく、細粒黄色土のカテゴリー数量が細粒赤色土のそれよりも大きかった。

中島(1987)は長崎県の赤色土、黄色土、暗赤色土を扱い、同一地域内にあつて同一の母材に由来する赤黄色土であれば、各土壌群の土壌管理対策は同一に取り扱つても差し支えないと述べている。また、農耕地における赤黄色土の理化学性の相違は母材に起因し、土壌群間ではみられないと述べている。本報の数量化分析の結果では、みかん収量には母材の違いによる差は小さく、むしろ赤色土と黄色土の土壌群間で差がみられた。みかん収量と土壌要因の関係、すなわち、みかん収量は土壌型との関係が大きいのか、それとも母材と密接に関係するのか、あるいは土壌の性質に依存するのかについて、地域レベルで調べてみる必要がある。

3. みかん収量と土壌化学性の関係

表11では、長崎半島地域について、昭和57年度から62年度までの間の4年以上のみかんの平均収量を外的基準とし、土壌の化学性を要因として分析している。化学性としては、作土のpH(水)、リン酸吸収係数、全炭素含量を、それぞれ土壌反応、土性、有機物量を表わす性質として用いており、いずれも昭和62年度に測定されている。

表11に示すように、重相関係数は0.62であった。要因のなかでは、リン酸吸収係数の偏相関係数が0.60と最も高かった。リン酸吸収係数の偏相関係数が最も高いことは、ばれいしょの場合(表8)と同じであった。カテゴリー数量も同じように1025mg/100g以下で正の値、以上で負の値であった。このように、みかんでもばれいしょでも、0.60以上の偏相関係数が得られたことは、リン酸吸収係数が赤黄色土耕地土壌の生産性を表わすひとつの指標となりうる可能性を示している。pHと全炭素含量の偏相関係数が低かったことについて

では、みかんの数年にわたる平均収量を1回のpH測定値と関係づけることに無理があろうし、また全炭素含量は大部分の土壌で3%以下であり、そういう土壌を2.0%以下と以上に無理に分けても、収量との相関がみられないのは当然のことかもしれない。

4. みかん収量とリン酸吸収係数、窒素施肥量、石灰質資材施用量の関係

土壌化学性としてリン酸吸収係数を、施肥に関して窒素施肥量を、土壌改良に関して石灰質資材施用量を選び、これらを要因として数量化分析I類を行った。外的基準は長崎半島地域のみかんの平均収量であり、表11の分析で用いた外的基準と同じものである。

表12に、その数量化分析の結果を示している。重相関係数は0.64であり、表11の値とほぼ同じ大きさであった。要因のなかでは、リン酸吸収係数の偏相関係数が、窒素施肥量および石灰質資材施用量の偏相関係数よりも大きかった。リン酸吸収係数が赤黄色土耕地土壌の生産性の一指標になりうるのかどうか、みかんでもばれいしょでも一地域だけの分析であり、しかも資料数が少ないので断定することはできないけれども、今後検討に値する問題だと思われる。

窒素施肥量と石灰質資材施用量の偏相関係数は小さく、これらはみかんの収量に必ずしも大きくは寄与していない。寄与が低いなりにカテゴリー数量から推測すると、窒素肥料ではむしろ施肥量の少ないほうが増収になり、石灰質資材では施用量の多いほうが増収につながるようである。

要約および結論

長崎県の土壌環境基礎調査(定点調査)の1巡目と2巡目(昭和54~62年度)の調査で得られた資料をもとに、水稻、ばれいしょ、みかんの収量を外的基準として数量化分析I類を行い、これら作物の収量に対する環境、土壌および管理要因の相対的な寄与について

評価した。

水稲収量には、気象および地文（地形・地質）環境が強く影響した。県レベルでの水稲収量は、この2つの要因によって予測されえた。土壌要因の寄与は環境要因に比べて小さいものの、地域レベルの水稲収量は土壌統と一定の対応関係を示した。水稲収量と土壌要因との関係では、土壌統や土壌統群など土壌型としての表示が、土壌の化学性を用いるよりもうまく対応し、土壌統群は水稲品種や窒素施肥量など管理要因よりも強く水稲収量に関係した。

ばれいしょ収量に対する環境要因の寄与は小さく、むしろ土壌要因がより強く関係した。施肥量や品種も、相対的に大きい寄与をみせた。土壌要因のなかでは、土壌統群と並んで土壌の化学性、特にリン酸吸収係数がばれいしょ収量と密接な関係を示した。施肥量では窒素肥料の効果が最も大きかった。

みかん収量は地文環境に依存し、地域ごとに平均みかん収量が予測されえた。土壌要因のなかでは、土壌型の寄与が母材よりも大きく、土壌の化学性も一定の関係を示した。みかん収量には、肥培管理よりも土壌の化学性が大きく影響し、リン酸吸収係数が樹園地土壌の生産性を分級する場合のひとつの指標になると考えられた。

文 献

- 江頭和彦 1989 a 水稲収量に及ぼす土壌要因の多変量解析——大分県宇佐平野の事例——. 九大農学芸誌, 44: 47-53
- 江頭和彦 1989 b 水田, 畑, 樹園地土壌化学性の因子分析による対比——佐賀県と熊本県農耕地土壌の事例——. 九大農学芸誌, 44: 55-63
- 江頭和彦・中島征志郎・矢野文夫・宮崎孝 1988 a 長崎県耕地土壌理化学分析データの多変量解析. 長崎県総合農林試験場研究報告（農業部門）, 16: 1-22
- 江頭和彦・中島征志郎・矢野文夫・宮崎孝 1988 b 長崎県水稲収量の多変量解析. 長崎県総合農林試験場研究報告（農業部門）, 16: 23-31
- 江頭和彦・中島康夫・秋山美保子・林由紀子・和仁佳子 1987 長崎県に分布する赤黄色土の粘土鉱物組成. 九大農学芸誌, 42: 15-25
- 長崎県農林部 1986 土づくりのための長崎県の土壌
- 長崎県総合農林試験場 1985 土壌環境基礎調査（定点調査）成績書, 昭和54年度～57年度・資料編
- 長崎県総合農林試験場 1989 土壌環境基礎調査（定点調査）成績書, 昭和58年度～62年度・資料編
- 中島征志郎 1987 長崎県の農耕地における赤色土, 黄色土, 暗赤色土の理化学的特徴. 日本土壌肥科学雑誌, 58: 677-683
- 日本土壌肥料学会大会運営委員会 1971 九州の土壌と農業

Summary

Hayashi's theory of quantification No.1 was used to examine the contribution of environment, soil, and management factors to crop yield in Nagasaki prefecture. The yields of paddy-rice, potato, and orange were considered. All the data employed in the quantification analyses were collected from the Dojo-kankyo-kiso-chosa (soil survey for improved utilization and conservation of soil resources) which was carried out as a national project from 1979 to 1987.

The yield of paddy-rice was closely related to the items used in the study. Among the items, the most important item to control the paddy-rice yield was the environmental items of weather and physiography. Soil type (soil series) was well related to the averaged yield of paddy-rice under the same physiographic unit. The contribution of rice variety and rate of nitrogen fertilizer application to the yield was low compared with the contribution of soil type. Soil chemical properties hardly affected the paddy-rice yield.

The correlation between the yield of potato and items was not so good. Items relating to environment less contributed to the yield than items relating to soil and management did. Among the items used, soil type, soil chemical property, and rate of nitrogen fertilizer application were important to control the potato yield.

The yield of orange showed the higher correlation to the environmental items than to the soil and management items. The averaged yield of orange was well related to the geographical environment, although the contribution of weather was not clear. The effect of soil chemical property on the orange yield was greater than the effect of rate of fertilizer and lime

application. The phosphate-absorption coefficient of a soil may be a good index to the potential productivity classification of orange field consisting of Red-Yellow soils.