

いわゆる「複作」について (1)

誌名	農業技術
ISSN	03888479
著者	石塚, 喜明
巻/号	33巻11号
掲載ページ	p. 486-490
発行年月	1978年11月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



いわゆる「複作」について (1)

石塚喜明

はじめに一発展途上国における複作の意義

ローマ・クラブの報告に刺激され資源問題が多くの人の注意を惹くようになった。その一つである食糧資源の問題も例外ではないと言われ始めた。事実地球の人口の増加に比し食糧生産の伸びが伴わない怖れがあることが指摘され、人口調節と食糧の増産への努力が急務であるという点では世論は一致していると見てよい。

食糧の増産については三つのアプローチがある。(1) 耕地面積の拡大、(2) 単位面積当りの収量の増嵩、(3) 同一耕地に対する作付率の向上、がそれである。常識としては(1)、(2)、(3)の順序で考えてゆくのが適当のようであるが、筆者は緊急性から言うと(3)、(2)、(1)のように思うのである。そこで今回は先ず(3)について、すなわち「複作」“Multiple Cropping”の問題について考えを述べたいと思う。

何故(3)の複作から手を付けた方がよいか、その理由から述べてみたいと思う。

(1)の耕作面積の拡大であるが、将来開拓可能な土地、いわゆる潜在耕地面積は現在の耕地面積の1.5倍位はあるとされている。しかし、現在未墾地として残されている土地はなんらかの欠点を持っている場合が多く、そこから経済的収量をあげるためには多額の投資を必要とし、一挙には行い難く、また耕地化は出来ても気候条件が不安定で豊凶の差が激しく、かえって食糧問題に不安定要素を加えることにもなりかねないのである。

(2)の単位面積の収量増については、コムギ、トウモロコシ、水稻(特にインディカ)と育種の目覚ましい活躍により続々と高収量品種が生れて来ている。従ってこれらの新品種を上手に栽培することにより当面の食糧問題は解決されたと思われた。事実これらの品種の合理的栽培により食糧問題は好転の兆しが出て来ている。しかしこれも最初に予期したような速効的貢献は難しいということが判って来たのである。一般の農家がこれら品種の恩恵に浴し、かつ人口問題の解決に決定的役割を果すまでには社会経済からみても、技術水準からみても乗り越えなければならないいろいろの問題が発展途上国に横たわっていることが明らかになり、これらが有終の美を収めることは一朝一夕では困難であることも判って来たのである。

(3)そこで耕地として現存する土地を1年2作、3作と作付回数を多くして全体として1年の収量を高めていく方法が現実的問題解決の一方法として再認識されて来たのである。しかし、ここにもかなり複雑な技術を要求する面があるので、東南アジア各国は後に述べるように台湾の技術者の指導を受けたり、あるいは国際イネ研究所と共同研究を行ったりしている。

筆者の見るところでは、この問題こそ日本が東南アジア各国の農業援助を行う場合忘れてはならない問題であり、また、この問題こそ日本が東南アジア各国と共同研究を行い、定着させるのに良い問題であると思うので、敢てこの一文をものした次第である。

複作の歴史

複作とは一定の土地に年間、何種類かの作物を次々に栽培してゆくことを言う。従って少なくとも気候条件がこれを許す所でなければ実行出来ない。従ってこの起りは南支那地方であるとされている。この地方に複作の原型とも言うべき技術が興り、これが清朝の南下に伴い台湾に逃れて来た人により台湾に持ち込まれ、発展したものであると言われている。特に1661年鄭成功がオランダ人の統治から解放した時に再び多数の人々が台湾にわたり、ために台湾では食糧が不足となり(オランダは占領時代、その地方の食糧問題には無関心であった)、これが更に複作技術を発達せしめたといわれる。以来、台湾の農学研究者の努力により改良に改良を重ね、今日の優れた技術にまとめあげられたといわれている^{1,2)}。

その基礎になる南支那地方における複作の発展もまた目覚ましいものがあるようであるが、筆者は未だこれを調査する機会がないので詳細なところは判らない。1977年国際イネ研究所の調査団の報告書³⁾を見ると、かなり意欲的な試験が行われているようなので、その大要も紹介するが、筆者自身調査した上で報告する機会があればと願っている。

そのような事情で、今回は筆者自身が調査出来た台湾

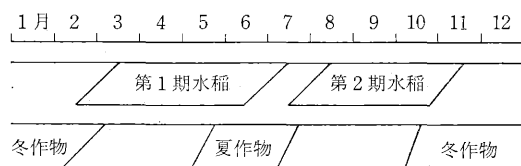
- 1) Eikiehi Iso: Rice and Crops in Its Rotation in Subtropical Zones. 日本食糧及農業協会 (FAO) (1954)
- 2) T.H. SHEN: Agricultural Resources of China. Cornell Univ. Press (1951)
- 3) The International Rice Research Institute: Rice Research and Production in China (1978)

の複作を中心とした説明になることを了承していただきたい。

水稻を基幹とした複作

後に詳しく説明するが、複作ではその時の経済状態に応じ技術的に可能な作物を選択、組合せ栽培するのであるから、無数と言ってよいほどの組合せが考えられる。しかし、東南アジアにおいては、何といても米が主食であるから、水稻栽培を基幹とし、その間に他作物を組入れていく方式が多い。その好例が台湾における複作である。

台湾は小さい島ではあるが、その南部を北回帰線が通っており、地理的には北は亜熱帯、南は熱帯になる。旅行した方は気付かれたと思うが、この北回帰線の北と南では実際に植生も農業のパターンも異なっているのに驚かされる。従って基幹となる水稻の作付期間も異なるので、厳密に言えば場所によって異なるが、平均的に例を採れば第1図の如くなる。



第1図 複作の基本例

このように1期と2期の水稻の間に約1か月、2期と翌年の1期水稻との間に約3か月の休閑期がある。ここに畑作を導入しようというのである。なんだそんなことかと思われがちであるが、実際は単純なものでなく、台湾でこれが定着したのは、農民、研究者、政府の施策が一体となってこの技術の完成に努力した結果である。

先ず政府の方針であるが、台湾は主食の自給には不安はないようである。しかし、インドシナ半島ほどではないがモンスーン気候であり、年により乾期と雨期にブレがありかつ台風の被害も無視出来ないで、常にある程度の備蓄は必要であり、現在の生産高すなわち年250万mtの水準は保つ必要がある。また既に工業国として着実に進歩している。しかし、先進工業国と競争するためには先進国に比し人件費が安いことが有利な条件となる。そのためには主食となるべき米の価格が安い方が有利である。しかし政策的にこの点を強く打ち出すと農民の反発を受ける。台湾の農民は教育程度が高いので政策的に余り不合理なことをおし付けることは出来ないのである。従って米の価格を出来るだけ安くするには、米以外の作物で農家の現金収入面を有利にするような方法を講ずる必要がある。そのため複作に並々ならぬ努力を払

っているのである。

反面、水稻の収量を低下させないことが原則となるので、休閑時にうまく納まる作物を見付ける必要がある。しかし、そのような都合のよいものがそう多くあるわけではないので、勢い農業研究者にこの条件に合うようなものを育種してもらい、その栽培法を確立してもらわねばならぬのである。これには西ケ原に当る台湾省農業研究所を始め、台中、台南を始めとする農業改良所（日本の県農試）が熱心にこの要請に応えたのである。

これを具体的に説明する前に台湾の稲作に触れておきたい。台湾の稲作は比較的安定した収量をあげている。1972年の統計によると第1表の如くである。

第1表 台湾の水稻収量

	栽培面積	収 穫 高	収 量
第1期水稻	329,611ha	1,212,862 t	3,680kg/ha
第2期水稻	411,960	1,227,527	2,980
計	741,571	2,440,329	3,291(平均)

これによると第1期作の方が第2期作より収量が大きい。第2期作は栽培面積が多い割に収量は低い。何故収量の多い第1期作の面積が小さいかと言うと、これは水が制限因子になっているためである。従って今日の課題は第2期作の単収を高めることであるが、これは筆者もいろいろと検討したが、北回帰線附近の年間気温の推移と関連があり容易でない。従って複作を行う場合、第1期作の収量の低下につながるような方法は採用出来ないのである。例えば冬作の収量をあげるために、第1期水稻の移植を遅らせることは受入れ難いのである。万止むを得ぬ時は余裕のある2期作を少し動かす以外に方法はないのである。

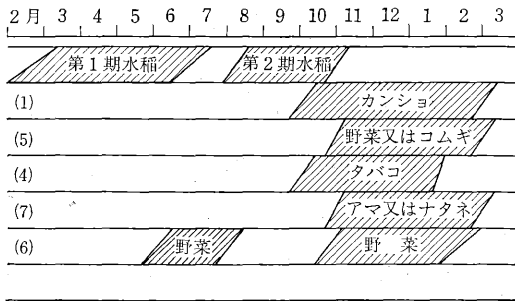
第1図で判るように、1期水稻と2期水稻の間は極めて短いので、特定の地域でしかも苗床で充分育てられるもの（例えば瓜類）とか、極めて短期間で収穫できるもの（例えば枝豆のようなもの）に限られるので、地方的には重要でも大局的には重視されていない。

これに反して2期作と翌年の1期水稻との間には充

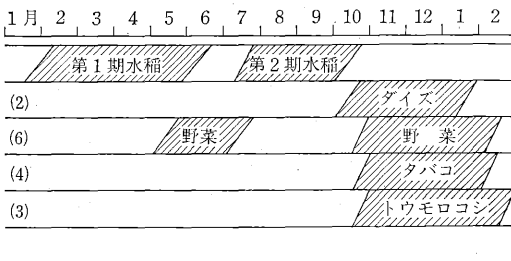
第2表 複作における作物の組合せ

No.	春	秋	冬
(1)	水 稻	水 稻	カ ン シ ョ
(2)	水 稻	水 稻	ダ イ ズ
(3)	水 稻	水 稻	トウモロコシ
(4)	水 稻	水 稻	タ バ コ
(5)	水 稻	水 稻	野 菜
(6)	水 稻	野 菜	水 稻
(7)	水 稻	水 稻	ア マ
	水 稻	水 稻	ナ タ
	水 稻	水 稻	コ ム
	水 稻	ジュート	水 稻
	水 稻	水 稻	野 菜
	水 稻	サトウキビ	水 稻

台中の水田における複作の一例



台南の水田における複作の一例



第2図 台中及び台南における複作の一例

分の余裕があるので、これに主体がおかれ、1年3作の形をとるのが普通である。

この期間に栽培される作物は、地域の適作、農家の方針、技術水準によって異なるが、タバコ、トウモロコシ、ダイズ、アズキ、エンドウ、そ菜（トマト、ニンジン、キャベツ、カボチャ、タマネギ等）、馬鈴薯、カンショ、ナタネ、アマ等々多種多形である。だいたい第2表の如き形をとっている。

これをカレンダー風にすると第2図のようである。

台湾という恵まれた気候の下とはいえ、このような複雑な農業を完成させた技術面から眺めることとする。農業を知らない人が第2表を見ると、畑作物がすんなり納るように思うかもしれないが、読者の方々なら各作物とも生育期間がそれぞれ異なっていることに気付かれると思う。例えばタバコやダイズのように生育期間の長いものもあるし、反対にエンドウのように短いものもある。長いものでもタバコのように苗を育てて移植できるものもあれば、ダイズのようにその出来ないものもある。

従って対応技術は多岐にわたるが、その要点をかいつまんでみると次の如くなる。

(1) 冬作の比較的短い期間にちょうど納まる品種の育成、(2) この間に納まり切れない場合の耕種法の考案、(3) 土地改良と地力維持、(4) 病虫害防除、(5) 流通機構の整備、等である。

1) 品種改良 前述の如くこの冬作には早生種の育成が不可欠となる。事実冬作に小麦を入れることが可能になったのは早生種の台中31号、32号の育成によるところが大である。これらは従来の生育期間の170日を106日に短縮することに成功したのである。このほかダイズのShin Shinとか、ナタネの台中特1,2号があり、その一例を示すと第3表の通りである。

水稲も同様で、2期作に使う台中181号は従来の本田期間105日を85日に短縮できたのである。さりとて余り無理に生育期間を短縮してみても、収量が経済的限界以下に落込んでは無意味となる。ここが難しいところである。

2) 栽培法の改良 早生種の育成は不可欠ではあるが、生育期間が短ければそれだけ光合成期間も短く、収量増とは結びつかない。従って、生育初期は別に苗床で育て、これを水稲収穫直後に移植する技術の開発が必要となる。育苗というと、我々のところでは低温から苗を集団的に守ることが技術の基礎になるが、熱帯においてはこれとは反対の場合が多く、育苗技術も異なったものになる。水稲収穫直後の移植でも不十分の場合は、刈取り以前に移植することが必要となる。ちょうど作物がリレー競争のバトン・タッチのように並ぶので、これを

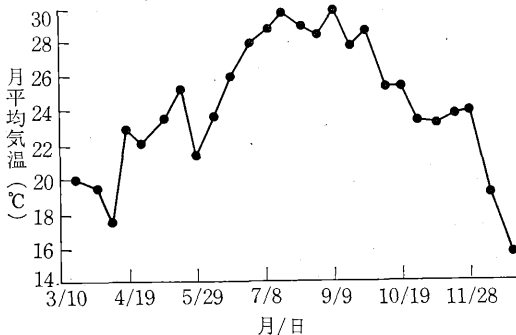
第3表 新旧両品種の生育期間

作物	旧 品 種		新 品 種		生育期間の変異
	品 種	生育日数	品 種	生育日数	
インド型イネ					
第1期作	Pai-mi-fen	110	台中在来1号	123	+13
第2期作	Siam	115	台中在来1号	97	-18
日本型イネ					
第1期作	台中65号	120	台中186号	100	-20
第2期作	台中65号	97	台中186号	82	-15
トウモロコシ	Native White	140	台南5,9号	110, 95	-30, -45
ナ タ ネ	伊勢黒	150	台中特1,2号	140, 120	-10, -30
サトウキビ	NCO 310	480	H37-1933	330	-150
カンショ	Ching-ten-tsai	150	台中1号	145	-5
キャベツ	三池中生	110	長岡交配60	65	-45
ニンジン	San-tsun-jen-shen	120	Chantenay	100	-20
ハクサイ	京都3号	80	Chang-pu Pai-tsai	55	-25
ト マ ト	Ponderosa	120	Taichung Pink	110	-10
カリフラワー	Early Snow Ball	120	Fengshan Medium	100	-20

Relay-planting と呼び、台湾では糊仔と呼んでいる。日本でも一時行われたことはあったが、一般化しなかったようであり、この技術の詳細は文献4)によらねたい。

3) 土地改良と地力維持 土地改良については特に述べる必要はないが、問題は肥沃度の維持である。1年に3作、時には4作も行って、土壌を酷使して生産力を維持できるのか、何か特別な対策を講じているのか、という質問をよく受ける。これに対しては、台湾では余り突込んだ研究はしていないようであるし、われわれが考えるほど深刻には受取っていないようである。又それにより生産力が低下して困るといった現象は出ていないのである。ノーフォーク型輪作はマメ科植物が適当に入り、養分の補給、バランスは合理的に行われているが、台湾の場合は総じて土壌養分掠奪型の作物(圃場から持ち出す養分の量が多いという意味)の比重が大きいのである。従ってこの問題を研究すると面白いと思ひ、台湾の土壌肥料学者と相談してみたが、何分にも研究計画がたてにくいことと、膨大な人員と研究費を必要とするので、断念してしまった。台湾の専門家も農家もこの問題は比較的楽観しているといつてよい。有機物の還元も注意深く行われ、化学肥料の施与量もバランスが採れており、土の耕耘もよく行われている。

さらに重要なのは、地温が常に適当で微生物の活動が活発であり、加えて田畑輪換のためであると思う。第3



第3図 台北水田地温(0~3cm)

図は水田温度であるが、やはり熱帯では年間を通じ微生物の活動が可能な温度である。従って微生物その他を通じて合成される有機物の多い反面、その分解も速やかで有機物の土壌中の蓄積は必ずしも多くない。しかし、粗大有機物は可能な限り土壌に還すよう指導されており、農家もまたよく教えを守っている。また、この畑作期間は乾期に当るため、土壌水分保持の目的で Straw Mulc-

hing が広く行われて、有機物の還元に間接的に役立っている。有機物と地力との関係は単純ではないことは、「地力外論」で触れたが、南方の農業をみていると粗大有機物が分解していく過程と作物の生育との関係およびその分解過程での土壌の理化学性に及ぼす影響を研究してみれば、冷温帯よりもはっきり判るのではないかという印象を受ける。

いずれにせよ、冬作が地力消耗型作物であるために、有機物の施与と化学肥料の多量施与が付随している。有機物は1年2作の水稲からの藁稈にはこと欠かず、マッシュルームの栽培も盛んで、良質の堆肥にもこと欠かない。このために、その残効が次の水稲に影響を及ぼすことになり、翌年の1期作は窒素を20%ぐらい少なめに施すよう指導されている。また多量の化学肥料に伴うアニオン例えば Cl^- , SO_4^{2-} 等々も残るであろうが、水田状態に還り2作行われるので、これらが蓄積して土壌が極端に酸性化する心配はない。しかしアニオンに伴ってK, Ca, Na 等が流亡しやすいので、特に冬作へのCaの補給に関する研究が組織的に行われている。

4) 病虫害防除 今一つよく受ける質問は年間休みなく作物が栽培されていたのでは、病虫害の防除が大変であろうというものである。筆者は専門が違うので答えることはできないが、素人目にみたところでは複作を行ったがために特に病虫害が多発するとは思えないのである。畑作物がなくとも山野は常に緑であり、越冬(?)には事欠かない。また、いろいろの作物が混在することは自然の摂理でかなり良いバランスがとれて特殊の病虫害の多発の可能性は少ないのではないかと思う。

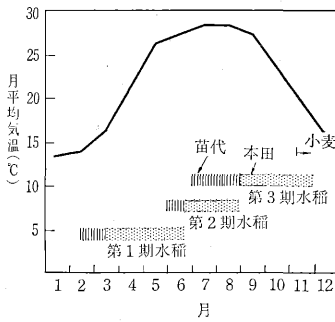
昨年、国際イネ研究会がフィリピンで開催された時に小麦のポーローグ博士と数日を共にしたことがある。そのとき博士は Multiline の概念を強調しておられた。専門外のため細かいことは判らないが、農薬がいかに進歩しても、いかにすぐれた病害抵抗性品種ができて、自然は常にそれに耐性を有するものを生み、また、それを侵すものが生れてくる。従って人間の要求する収穫部の性質は同一で、また生育のプロセスもほぼ同一で、しかもいろいろの抵抗性の混ったものを栽培し、自然と妥協しつつ目的を達する方が合理的であるという意見のようであった。

どうも複作はその良い一面をとらえているようで、現在の防除態勢を以てすれば、複作による病虫害の多発は特に心配するほどのものではないように思う。

5) 流通機構の整備 これは技術問題ではないので、問題の提起だけにしておくと、複作を奨励する上の大きな問題となる。食糧不足を補うための複作としては、カ

4) C. P. Cheng: Multiple Cropping Practised on Paddy Fields in Taiwan. FFTC Extension Bulletin No. 15 (1972)

ンショ、馬鈴薯、ダイズ等が中心となるが、農家の収入を主体とするときは、高級野菜、果菜等を栽培させることになる。後者の場合、これを先駆的農家が試みている場合はよいが、皆が真似しは



第4図 広東地方における複作の一例

じめると簡単に生産過剰になり、価格が落ちになる。そのためには政府が方針を確立することと、組合組織を整備し、作物毎に栽培面積を割当て生産過剰にならぬよう自制することが必要となる。これについては後に触れたいと思う。

6) 南支・広東地方の複作 前掲の国際イネ研究所の中華人民共和国水稲調査団の報告書の中に広東の南海郡

の一人民農場の複作が簡単に紹介されている。これは第4図の如く水稲を1年に3作行い、さらに冬作として小麦を入れるという超集約的な複作で小麦は3期の水稲収穫の10日前に散播してしまうということである。しかもその収量は第4表の如くである。これは一般に中国の公表平均収量3.4t/haに比較し、非常に大きな数値である。水稲3作と小麦という無理な栽培でこれだけの収量をあげているとすれば、よほどの技術と恵まれた条件とが伴っての結果と思う。このような例の技術解析を行いその妥当性が見出されたなら、将来の発展に資するところが大きいと思う。(つづく)

第4表 広東地方の一人民農場の複作収量例(発表されたままの数字)

作物	収量
第1期水稲	6.75t/ha
第2期水稲	6.00
第3期水稲	5.25
小麦	3.75
計	21.75

(Tai Li Peoples Commune: NanHai, Kwangtung)

(いしづかよしあき 北海道大学名誉教授)

源氏物語の統計学的意義②

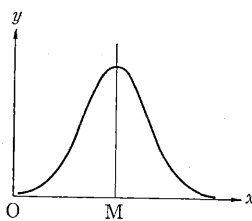
吉田美夫

二項分布の名のあるのは、上述の各項の確率の分子(括弧内の数字)のみをとると、いろいろな標本の種類が1,024回標本を取りだすことによって、あらわれる度数を示すことになるからである。この多角形は、左右対称で、それぞれ2個ずつが相等しい5種類の梯形、a, b, c, d, e からできている。

A. De Moivre (1733) は二項式に対する近似を求めようとして、正規分布を発見し、P. S. Laplace (1812) は、Moivreの正規分布を一般化し、かつ証明した。C. F. Gauss (1809) は、誤差分布は正規分布となることを見いだした^{8,9, 10, 11)}。

説明の都合上、 $pk+q, p+q=1$ の場合などについてはここでは考えないことにする。

第1図は $p=q=1/2, n=10$ の場合であったが、 n の値を限りなく大きくした極限では、第2図に示すようななめらかな曲線となる。この曲線が正規曲線で、この曲線であらわされる個々の値の分布状態を正規分布という。対称分布とくに正規分布は、統計理論の根底をなす重要な意義をもっている^{7,12)}。



第2図 正規曲線

「雨夜の品定め」を念頭において、第1図と第2図からわかることを示すと次のようである。

(1) 標本はその種類によって、その値に大, 中, 小がそれぞれあり、小さな値の群の中でもさらに小さい値がある。究極的には第2図のように連続的変量になる。

(2) 度数は、中位の標本値(平均値)のところで最も大きく、両側にいくにつれて小さくなり、極端に大きい値や小さい値のところで最も小さい。

(3) 左右対称であって、平均値、 M を中心として、相対比する左右の度数の大きさは相等しい。第1図では、 $a=a, \dots, e=e$ であり、第2図についても同様なことがいえる。

雨夜の品定めと対称分布との比較: 上述の(1),(2),(3)の内容を源氏物語の「雨夜の品定め」のところでみられる①, ②, ③の言葉と対比してみると次のようである。

①の「女には上中下の三品がある」および「下の下の仲間ゆえ、話すことはない」は、おおむね(1)に対応している。

②の「難の打ちどころのない、これならばと思われるような女は、めったにいないものではない」は、おおむね(2)に対応している。

③の「全く取柄のない駄目な女と、これは素晴らしいと思われるすぐれた女とは、数が同じ位いる」は、おおむね(3)に対応していると思われる。

②で、難の打ちどころのない女は、(2)の極端に大きな値に対応しているが、極端に小さい値に対応する記述が欠けている。しかし、③で駄目な女と素晴らしい女は同じ数位いるので、②でも言外に駄目な女、つまり(2)の極端に小さな値も想定していると理解し得る。もちろん、難の打ちどころのない女はめったにいないということは、普通の女は沢山いることになる。

(よしだよしお 東北農業試験場栽培第2部長)

- 7) 水島宇三郎 1955 農学実験の統計分析入門 養賢堂
- 8) 畑村又好訳 1975 スネデカー・コ克蘭著 統計的方法 岩波書店
- 9) 岸根卓郎 1966 理論応用統計学 養賢堂
- 10) 近藤次郎 1970 応用確率論 日科技連出版社
- 11) 渡部隆一 1970 確率 共立出版
- 12) 寺尾琢磨 1948 統計学要論 慶応出版社