



Title	生産不確実性と北海道稲作 : BC技術の貢献と農家の危険回避的選好
Author(s)	草刈, 仁; KUSAKARI, Hitoshi
Citation	北海道大学農経論叢, 42, 55-74
Issue Date	1986-02
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/11001
Type	departmental bulletin paper
File Information	42_p55-74.pdf



生産不確実性と北海道稲作*)

—— BC技術の貢献と農家の危険回避的選好 ——

草 刈 仁

目 次

1. はじめに	55
2. 気象条件と稲作技術	58
1) 気象条件の特徴と戦後の技術展開	58
2) 技術進歩の評価	60
3. 分析方法	63
1) 採択技術の設定	63
2) 計測モデル	63
3) 資料	65
4. 計測結果の検討	65
1) 計測結果	65
2) 採択技術の貢献	67
3) 価格反応と技術採択行動	69
5. むすび	73
引用文献	74

1. はじめに

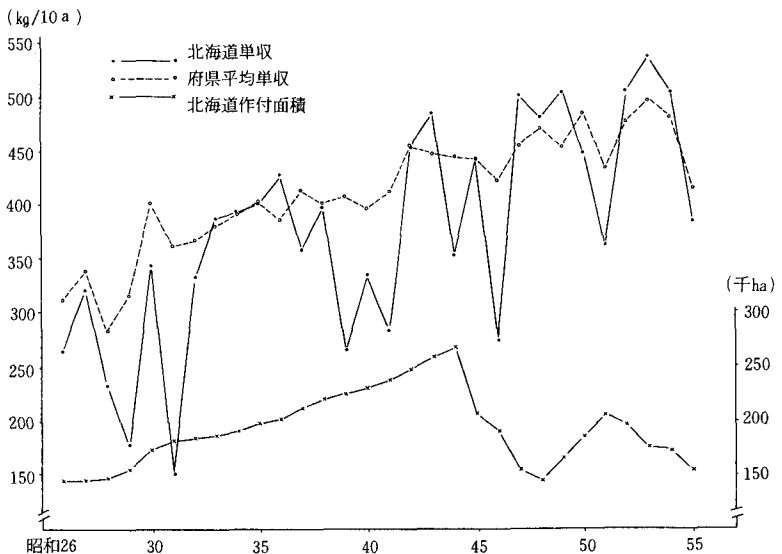
わが国の稲作が東進・北進過程における長い歴史的試練を経たこんにち、北海道は全国でも有数の稲作地帯に成長した。北海道の稲作はその生育環境の厳しさから、最近に至ってもなお寒冷稲作地帯に特有の豊凶変動を繰り返し、ひとたび気象条件が悪化すると農家は大幅な減収を覚悟せねばならない状況にあるが、しかしこうした危険の中であって戦後、他府県を上回るペースで目覚ましい進展を遂げた。

その水稲作付面積は昭和30年以降急速に増加し、また冷害年を除けば単収水準も着実な増大傾向を示した結果、昭和20年代後半にほぼ4%台で推移した全国に占める産出量シェアは、生産調整前の43年には8.6%に倍増した。都道府県単位では全国一のシェアである。

第1図はこうした戦後の稲作の展開について北海道にみられる特徴を概観するため、昭和26年から55年にかけての作付面積と単収の推移を示したものである。

まず作付面積については昭和44年まで一貫して増加し、20年代に14万ないし15万ha台であったものが、44年には26.6万haに達する。特に30年以降の伸びが顕著である。しかしその伸びも45年以後、生産調整政策による作付制限の影響を強力に受けて、大幅な減反を余儀なくされる。こうした減反割当は、その後一旦緩和されるものの、52年以降再度強化されて、こんにちに至っている。

次に単収の推移であるが、きわめて変動的である。いまこれを北海道を除く他府県の平均単収の推移と比較してみると、その振幅の大きさ、特に冷害年における減収量の大きさがよく理解できよう。しかし単収の推移に関してより重要な点は、単収は変動的ではあるが、その変動は気象変動についての無為な対応を意味するものではないという事実である。例えば、昭和50年代の冷害時における単収水準は、30年代初頭までの平年単収にほぼ匹敵するとみることができる。また他府県との対比においては、昭和40年以前の15年間



第1図 水稲単収と作付面積の推移

に北海道の単収が他府県の平均単収を上回る年次は3年を数えるのみであるが、41年以降の15年間については8年に増加している。こういった単収の増大傾向も手伝って、大幅な減収を強いられたこんにちにおいても、北海道は北陸・東北と並ぶ米の主産地域である。

戦後の北海道における稲作は、他府県と比較して大幅な収量変動の中で急速な産出量の増大を達成するという、いわば不安定性と発展性を有している。ここでいう不安定性とは、すなわち気象変動によって生産量が不確実である状況を意味する。農業がその生産活動において気象変動の影響を強く被る点で、このような生産量に対する不確実性の存在は農業本来の特徴である。しかし第1図に掲げた単収の推移は、その不確実性の度合について北海道と他府県との差を歴然と示しており、北海道の場合それが稲作の展開を特徴づける重要な規定要因であることを物語っている。北海道の稲作農家はこうした生産不確実性のもとで、常に減収の危険と対峙しながら産出量の増大を図ってきたものと考えられる。

生産不確実性のもとで稲作の進展に寄与した制度的要因として、戦後の農業共済制度や価格支持制度の確立・拡充が、このような危険の軽減に果たした役割は大きい。しかしそれ自体は先述の単収の増大傾向を直接説明するものではない。こういった制度面における保護に加えて、あるいはそれ以上の重要性をもって、技術的要因、すなわち品種や栽培技術等にみられる技術進歩の貢献が認識されねばならない。

北海道の稲作にみられる不安定性の度合と発展性の素地は、こういった技術進歩を介して密接に関連していると考えられるのであって、そこに北海道稲作の特質があるといっても過言ではない。¹⁾すなわち厳しい生育環境のもとで北海道の稲作が急速な進展を遂げた背景には、気象変動に起因する生産量の変動に対処するための試験研究の成果と、それに基づく農家の慎重な技術的対応が重要な役割を果たしたものと推察されるのである。

本稿では生産不確実性の存在を前提に、戦後の北海道稲作の進展について農家の技術採択行動を介して考察する。稲作農家が気象変動に伴う減収の危険に対処しながら産出量を増大させるためにいかなる技術的対応を図ってきたのか、農家の危険に対する技術採択の様相と、採択技術が産出量に及ぼす効果を把握することが本稿の課題である。

以下、2節で北海道の気象条件の特徴と戦後の技術展開との関連について概観し、簡単なモデル分析によって単収に対する気象条件の影響と技術進歩の効果を整理する。2節の結果より、続く3節において稲作農家の採択技術を多収技術と耐冷技術に分離し、課題についての分析方法を説明する。3節に示すように、分析は水稻供給関数の計測を通じてなされるが、計測結果と結果の検討は4節で与えられる。最後に、全体の要約を5節で述べる。

2. 気象条件と稲作技術

1) 気象条件の特徴と戦後の技術展開

はじめに北海道の気象条件の特徴と戦後の技術展開、および両者の関連を確認しておこう。

まず北海道にみられる気象条件の特徴を示すと、高緯度地帯を反映して積算気温は低く、日照時間の比較的長いことは推察されるが、稲作との関連で特に重要であると考えられるのは、ひとつは無霜期間の短さである。無霜期間は、例えば関東地方で220日、東北で180日程度であるが、北海道については南部で150日、稲作中核地帯といわれる道央部では130日前後で、関東の6割にすぎない。²⁾すなわち早春の晩霜と初秋の早霜および低温の影響で、府県に比べて稲の生育可能期間がきわめて制約されており、加えて春先にその低温の持続する年がまみられる。

次に第2点として、冷夏といわれる7、8月の異常低温・寡照にみまわれる危険性の大きいことが挙げられる。

さらに第3点として、道南・道央の一部地域については東北地方の太平洋側と同様に、春先から初夏にかけての冷涼な季節風による影響も指摘される。

概略、以上の3点が北海道の稲作を制約している最も重要な気象条件であると考えられる。

こうした気象条件の制約は稲作技術の展開を大きく規定しているものと予想されるが、以下この点を確認しよう。

第1に品種の問題である。生育期間の短さ、春先の低温、冷涼な季節風と

1) 崎浦〔8〕第4章参照。

2) 無霜期間については、北海道農業試験場【北海道農業技術研究史】より引用した。

いった気象条件は、生育遅延の原因となり、それ自体作付品種の熟期の違いによる分散化（熟期配合）を制約するものである。またこのような生育遅延によって生ずる冷害を回避すべく早生系品種を導入した場合、出穂期が早いためにかえって冷夏の影響を強く被るといった危険性も存在し、この点を加味すると出穂はある程度遅くても登熟が遅れない品種が望ましいということになる。さらに一般に早熟性品種は平年もしくは豊作年において中・晩生種に比し低収であるといわれ、これが農家にとっての早生系品種導入のひとつの経済的阻害要因となっていることから、多収性も当然要請される。

戦後の育成品種に求められるべき基本的形質は、このような気象条件の制約に起因する減収をいかに回避し得る生育過程を具備するかということにその重点があり、こうした収量向上と冷害安定性を目標とした品種改良の試みは、米の過剰を契機にさらに品質および食味面での改良を急務としてこんにちに至っている。

また、いまひとつ気象条件の制約との関連で重要な点は、地域によってその制約となる気象条件が異なる点を考慮した品種育成の試みである。これは気象条件のみならず土壌条件を含む生育環境の相違に対処した、きめ細かな研究指導体制に基づく成果である。

さて次に、気象条件の制約との関連で特に重要であると考えられる戦後の栽培技術の進展について概観する。

まず生育期間の短さに対処するための技術として、保護苗代による育苗法の改善が挙げられる。北海道の場合その代表的形態は、いわゆる簡易温床苗代に求められ、戦前に始まる。戦後このような温床栽培が急速に普及すると同時に、被覆資材が改善され、その後田植作業の機械化に伴ってこんにちのハウスによる屋内育苗へと育苗方式の展開をみる。いうまでもなくこのような保護苗代は、生育期間を技術的に延長させる役割を果たすものであり、昭和20年に3分の1であったその普及率は、20年代中盤に2分の1を越え、30年代の中盤において9割を越す目覚ましい普及を遂げた。

また同じく昭和10年代に創出され戦後に本格化する低温緩衝技術として、深水灌漑法の貢献は冷夏対策上きわめて重要である。

さらに施肥技術の面では、昭和29年から31年にかけての冷害を契機に従来の全量基肥方式にかわる窒素の分施肥が考案され、これによって気象変動に

より即応し得る弾力的な施肥が可能となった。こうした施肥技術の進展の背景として、従来経験的に把握されてきた気象条件と肥効の関係について、化学的生理学的な解析が進んだ点を挙げねばならない。

寒冷地における稲作に関して、このような栽培技術に課せられた重要な役割は、気象条件の制約それ自体、もしくは制約に起因する減収をいかに緩和するかという点にかかっており、それは同時に多収化への可能性を拓くものである。

こうした品種や栽培技術にみられる成果を補完的に作用させるための基盤として、最後に戦後の土地改良の進展について、その重要性が指摘される。

2) 技術進歩の評価

ここで水稲単収の推移に対する上述の技術進歩の効果と気象条件の影響を簡単なモデル分析によって検討し、課題についての事前的考察を試みる。

いま水稲単収 (y) と気象条件 (W) および技術水準 (T) の間に

$$y_t = \phi(W_t, T_t) + e_t \quad (1)$$

という単純な関係を想定する。ここで W_t は t 期の気象条件を説明する代表的な気象条件指標であり、気象条件を構成する W_t 以外の要因は、 y_t に対してランダムな攪乱要因 (e_t) であると仮定する。(1)式の推計を通じて、その関係を検討しよう。

推計にあたりこうした気象条件指標を何に求めるかが問題となるが、ここでは先に確認した北海道の気象条件の特徴をふまえて、水稲の作況と密接な関連をもち、かつ指標化の容易な7、8月の平均気温を採用する。³⁾第2図は北海道の平均単収と7、8月の平均気温との関係を昭和26年から55年について示したものである。

第2図において縦軸は気温、横軸は単収を表すが、いま各年次の観察値を時間に関して3つのグループに分けてみると、気温と単収の正の相関および時間にわたるその右方シフトが予想される。そこで技術水準を時間の単調関数と想定し、次式を計測する。

$$y_t(\lambda_t) = a_0 + a_1 W_t(\lambda_t) + a_2 D_{1t} + a_3 D_{2t} + e_t \quad (2)$$

3) 石狩・空知・上川の水稲作付面積をウエイトとして、それぞれ札幌・岩見沢・旭川の7、8月の平均気温を集計したものである。

$$\text{ただし } y_t(\lambda_1) = \begin{cases} (y_t^{\lambda_1} - 1) / \lambda_1 & (\lambda_1 \neq 0) \\ \ln y_t & (\lambda_1 = 0) \end{cases}, W_t(\lambda_2) \text{ も同様}$$

$$D_{it}; \text{ タイム・ダミー} = \begin{cases} i=1 & 32\sim 46\text{年}: 1, \text{ その他}: 0 \\ i=2 & 47\sim 55\text{年}: 1, \text{ その他}: 0 \end{cases}$$

(2)式はBox-Cox変換を施した線型式であり、その計測結果から各年次について気温に対する単収の反応度合を弾力性のタームで算出する。このような目的に即した分析用具としてBox-Cox変換はきわめて有用である。⁴⁾

いま、その計測結果を第1表に示す。第1表の計測結果より気温に対する年々の弾力性を算出し、その値を先ほどの第2図に記入すると、以下の明瞭な規則性を観察し得る。⁵⁾

第1表 単収反応モデル計測結果

パラメータ	推定値
a_0	-111.3907 (15.7177)
a_1	768.7458 (107.3195)
a_2	0.6730 (0.1217)
a_3	1.2454 (0.1326)
λ_1	0.6265
λ_2	-6.7611
決定係数	0.8646

注) カッコ内の数値は漸近的標準誤差を表す。有意水準1%ですべての推定値がゼロと有意差をもつ。

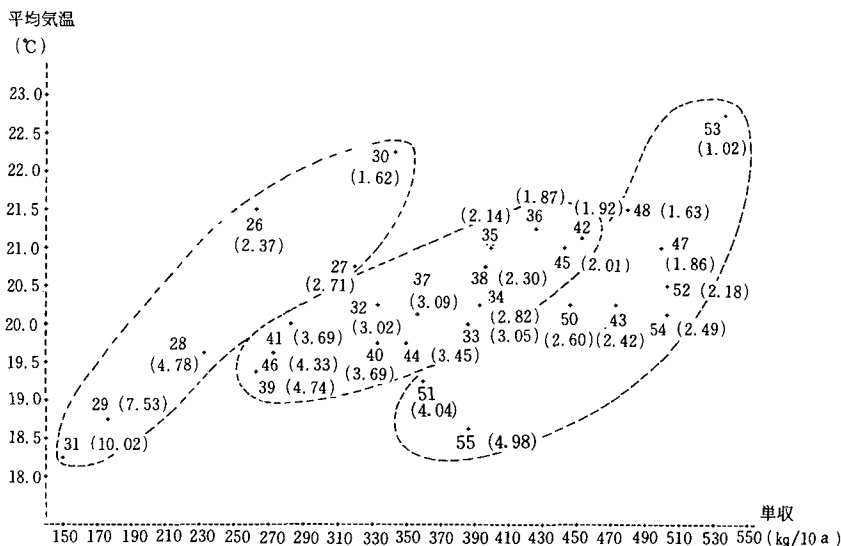
i) 気温に対する単収の反応は気温水準の関数である。すなわち気温の変化が単収に及ぼす影響は気温の水準に対して一様ではなく、単収はより低い水準の気温変化に対して多大の影響を被る。

ii) 同一の気温水準に関して、気温に対する単収の反応は時間の関数である。すなわち気温水準がほぼ等しい年次を比較した場合、単収の反応度合は時間を経るにしたがって軽減している。

さらに計測結果のうち残りのダミー係数は $a_2=0.673$, $a_3=1.245$ と、正の有意な値を示した。すなわち第2図に示すような右方シフトが確認された。

4) Box-Cox変換の有用性については草刈〔6〕参照。

5) 弾力性の算出式は $\eta = a_1 W_t^{\lambda_1} / y_t^{\lambda_1}$ である。



第2図 水稻単収と気温

注) カッコ内の数値は弾力性を表す。

気象条件と単収および技術の関係を検討するに際して、以上の結果はこれまで概観した北海道稲作の様相と整合的である。その第1点については寒冷地における稲作であるがゆえに特に明瞭に現われる反応であろうし、気象条件の苛酷さによく対応するものである。また第2点については、こうした厳しい気象条件がもたらす生産不確実性は、戦後多年を経てもなお払拭されるものではないが、しかし品種改良や栽培技術の進歩および土地改良等の貢献により、減収の危険に対する抵抗性が增大したことを示唆するものである。

加えて正のダミー係数値は、こうした技術進歩が同時に多収化への可能性を拓げるものであったことを示している。

以上、戦後の北海道にみられる稲作技術の貢献を水稻単収との関連で要約すると、ひとつは単収増大への寄与、すなわち多収技術の貢献であり、いまひとつは単収の安定化についての寄与、すなわち気象条件の悪化に伴う減収を抑止するような耐冷技術の貢献である。

北海道の稲作にみられる不安定性と発展性は、厳しい気象条件の影響とこうした多収および耐冷技術の貢献の密接な相互作用によってもたらされた結果であると推察される。これら2つの側面の技術がもたらす作用については、

次節以降でさらに検討されよう。簡単なモデル分析による帰結は、北海道の稲作についてその技術進歩の効果を単収との関連で把握する場合、こうした多収、耐冷の2つの側面からの評価に意義があることを指摘するものである。

3. 分析方法

本節では課題に対する分析方法を示す。

1) 採択技術の設定

前節の事前的考察において、戦後の北海道稲作の進展を説明する上で、技術進歩の効果を多収技術と耐冷技術の2つの側面から評価することの重要性を指摘した。技術の貢献をこうした2つの側面から意義づけようとする場合、それぞれを単に時間変数と置くだけでは不十分である。

この点をふまえて、いま農家の採択技術 (T) の内容を多収技術 (T_1) と耐冷技術 (T_2) の2つにカテゴリライズし、その関係を

$$T(S) = \psi(T_1(S), T_2(S)) \quad (3)$$

と表す。ここで S はある時点における技術の可能性集合あるいは技術メニューを意味し、時間の関数とみる。すなわち T_1 , T_2 はこうした集合またはメニューの中から農家の意思決定過程を通じて採択された技術の、多収および耐冷的側面に対応しており、 ψ はその配分関数を示す。

以下、課題と(3)式の関連を簡単に述べる。まず水稲産出量に対する T_1 , T_2 の貢献をそれぞれ評価し、両者の関係を考察することによって、採択技術が産出量に及ぼした効果を把握する。次に T_1 , T_2 の配分をめぐる農家の価格反応から危険に対する技術採択の様相を検討する。生産不確実性を前提にこうした課題に応えるべく、以上の分析は誤差項加法型水稲供給関数の計測を通じてなされる。

2) 計測モデル

以下の調整をふくむ供給関数を設定する。

$$Y^* = AP_e^{\alpha_1} \exp(\alpha_2 T_1 + \alpha_3 T_2) \quad (4)$$

ただし Y^* ; 期待供給量 (=期待産出量)

P_e ; 期待価格

ここで期待供給量 Y^* と実現供給量 (=実現産出量) Y の乖離は、i) 内生変数に対する調整の遅れと ii) 気象変動による攪乱の2つの要因により生

ずるものと想定し

$$Y_t/Y_{t-1} = (Y_t^*/Y_{t-1})^\gamma + \epsilon_t^*/Y_{t-1} \quad (5)$$

とおく。(5)式の γ は調整係数 ($0 < \gamma \leq 1$) を示し、例えば乖離要因のうち i) の調整の遅れがない場合、 $\gamma = 1$ であるから(5)式は

$$Y_t = Y_t^* + \epsilon_t^* \quad (5')$$

となる。

(5')は乖離要因が ii) の気象変動による攪乱のみとなることを示している。

いまこの攪乱項 ϵ^* に対して、 $E(\epsilon^*) = \mathbf{0}$ 、 $E(\epsilon^* \epsilon^{*\prime}) = g(X, \beta) \mathbf{I}$

と仮定し、(5)式に(4)式を代入すると

$$Y_t = f(X_t, \alpha) + g^{\frac{1}{2}}(X_t, \beta) \epsilon_t \quad (6)$$

$$\text{ただし } f(X_t, \alpha) = A^\gamma P_{\epsilon_t}^{\gamma \alpha_1} Y_{t-1}^{1-\gamma} \exp(\gamma \alpha_2 T_1 + \gamma \alpha_3 T_2)$$

となり、その期待値 (E) と分散 (V) は、

$$E(Y_t) = f(X_t, \alpha) \quad (7)$$

$$V(Y_t) = g(X_t, \beta) \quad (8)$$

である。⁶⁾そこで(7)式を産出時系列の傾向部分に対応する関数とみて、説明変数 (X) が産出量の傾向部分 ($E(Y)$) におよぼす効果を捉える。また、傾向部分からの残差によって表される年々の分散を変動の指標と解釈し、(8)式に基づいて産出量の変動部分 ($V(Y)$) に及ぼす説明変数 (X) の効果を把握する。

上述のモデルを適用し、昭和26年から55年までの30カ年を計測期間として、北海道の水稲供給関数を計測する。計測式は次式に示すとおりである。⁷⁾

$$Y_t = AP_{t-1}^{\alpha_1} Y_{t-1}^{\gamma} \exp(\alpha_2^* T_1 + \alpha_3^* T_2 + \alpha_4 D) + g^{\frac{1}{2}}(X_t, \beta) \epsilon_t \quad (9)$$

$$\text{ただし } g(X_t, \beta) = BP_{t-1}^{\beta_1} \exp(\beta_2 T_1 + \beta_3 T_2 + \beta_4 W_t),$$

$$\alpha_i^* = \gamma \alpha_i \quad (i=1, 2, 3), \quad \gamma^* = 1 - \gamma,$$

$$T_i = T_{i,t} \quad (i=1, 2)$$

T_1 , T_2 ; 多収技術指数, 耐冷技術指数

W ; 平均気温指数

D ; 生産調整ダミー (昭和26~44年: 0, 45~55年: 1)

6) ジャスト・ポーブ [5] 参照。

7) (9)式の計測方法については崎浦 [8] 4章, ジャスト・ポーブ [5] を参照されたい。

3) 資料

価格データは「農村物価賃金統計」の地域別農産物価格指数（北海道）による。ただし昭和25～31年については「農林省統計表」から農村物価—販売価格（北海道）を用いた。北海道の農業生産資材総合指数（昭和25～39年は全国系列）でデフレートした相対価格指数である。⁸⁾

次に多収および耐冷技術指数は、多収性品種、耐冷性品種、保護苗代の普及率データに基づく主成分スコアを採用した。⁹⁾それぞれの普及率は「作物統計」, 「食糧管理統計年報」および北海道農務部資料によった。

また水稻産出量は「作物統計」の水稻収穫量（kg）である。

4. 計測結果の検討

1) 計測結果

(9)式に示す水稻供給関数の計測結果は、第2表に表示したとおりである。第2表の傾向部分に関する推定値は、定数項を除いて有意水準1%でゼロと有意差をもち、理論的符号条件を満たしている。

また変動部分については、期待価格は10%, その他の推定値は1ないし5%水準でゼロと有意差をもつ。その決定係数の値は0.58であって高い説明力を示すものではないが、変動系列に対する回帰の説明力としては、まず許容し得る値とみてよい。

傾向部分からの残差に基づいて変動系列を算出し、それをさらに説明するといったこの種の回帰において、こうした変動部分の計測結果が有効であるかどうかの判定は、計測理論上は以上の統計的検定に求められる。しかし実証的見地からは、まず傾向部分が実証的に有意に識別されているかどうか

8) 生産物価格と生産要素価格に関してゼロ次同次であるという供給関数の性質によっている。

9) 主成分の各変数に対する負荷量と寄与率は、

	PC ₁	PC ₂	PC ₃
保護苗代	0.810	0.585	-0.046
耐冷性品種	-0.918	0.375	0.127
多収性品種	0.979	-0.132	0.157
寄与率(%)	81.9	16.6	1.4

であり、PC₁を多収技術、PC₂を耐冷技術と解釈した。

にかかっており、この点を確認するため産出量の観察値と計測結果より算出した傾向部分の推計値および残差を第3図に示した。第3図より傾向部分からの残差が負の大きな値をとる年次は、いずれも冷害年とよく対応していることが確認されよう。

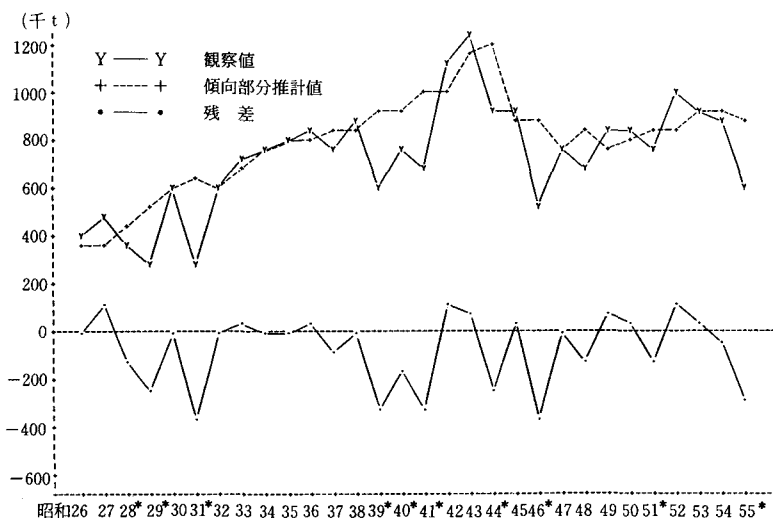
第2表 水稲供給関数計測結果

	傾向部分	変動部分
定数項	3.5945** (3.8987)	47.6799 (12.9610)
期待価格	0.7627 (0.1797)	-10.8310* (6.2107)
多収技術	0.1977 (0.0385)	2.8228 (1.0312)
耐冷技術	0.1188 (0.0175)	-1.4153 (0.6054)
調整係数 (1- γ)	0.1654 (0.0573)	—
生産調整ダミー	-0.3202 (0.0590)	—
平均気温	—	-2.0905 (0.5123)
決定係数	—	0.5818

注1) カッコ内の数値は標準誤差 (傾向部分については漸近的標準誤差) を表す。

2) *, **はそれぞれ有意水準5%, 10%でゼロと有意差のないもの。

3) 調整係数は $\gamma=0.8346$ である。



第3図 産出量傾向部分の推計値と残差

注) *の年次は冷害年を表す。

以上の計測結果より算出した弾力性を第3表に示した。また第3表に基づいて、産出量の傾向部分と変動部分の変化に対する説明変数の寄与率を示したのが第4表である。

第3表 傾向および変動部分の弾力性

	傾向部分	変動部分
期待価格	0.7627 (0.9139)	-10.8310
多収技術	0.5928	8.4402
耐冷技術	0.3563	-4.2459
平均気温	—	-42.5199

注) カッコ内の数値は長期弾力性を表わす。

第4表 産出量変化の要因分解

	傾向部分		変動部分	
	昭和26~44年	昭和45~55年	昭和26~44年	昭和45~55年
産出量	0.0627 (100.0)	0.0266 (100.0)	0.0599 (100.0)	-0.1038 (-100.0)
期待価格	0.0153 (24.4)	0.0069 (25.9)	-0.2166 (-387.5)	-0.0975 (-93.9)
多収技術	0.0356 (56.8)	0.0058 (21.8)	0.5064 (905.9)	0.0828 (79.8)
耐冷技術	0.0156 (24.9)	0.0036 (13.5)	-0.1858 (-332.4)	-0.0435 (-41.9)
平均気温			-0.0317 (-56.8)	-0.0095 (-9.2)
残差	-0.0038 (-6.1)	0.0233 (38.8)	-0.0164 (29.2)	-0.0361 (-34.8)

注) カッコ内の数値は期間の平均寄与率(%)を表す。ただし増加の方向を正としている。

2) 採択技術の貢献

計測結果より、産出量に対する採択技術の貢献を、多収・耐冷の2つの側面から考察する。

第2表に示された多収および耐冷技術の弾力性を比較すると、

	多収技術		耐冷技術
産出量の傾向部分	0.5928	>	0.3563
産出量の変動部分	8.4402	>	-4.2459

となり、分析期間を通じて多収技術の進歩は産出量の傾向および変動の両部分に対して正の方向に働き、一方耐冷技術の進歩は産出量の傾向部分に対しては正、変動部分に対しては負の方向に働くことが示されている。

この両技術の貢献を第4表に示した平均寄与率から捉えると、以下の関係がみられる。

	昭和26～44年		昭和45～55年	
	多収技術	耐冷技術	多収技術	耐冷技術
産出量の傾向部分	56.8	> 24.9	21.8	> 13.5
産出量の変動部分	905.9	> -332.4	79.8	> -41.9

産出量の傾向部分に対する増大効果は多収技術の貢献が耐冷技術の2.3倍(26～44年)、1.6倍(45～55年)であり、特に生産調整以前の稲作進展期において、その効果は顕著である。このように多収技術の寄与率は産出量の傾向部分の増大に関して耐冷技術の寄与率を上回るものであるが、一方の産出量の変動部分に着目すると、その多収技術がもつばら変動の増大要因として寄与しており、逆に耐冷技術は変動の縮小、すなわち収量安定化に貢献していることが確認される。以上のように両技術の産出量の変動に対する寄与の方向は逆ではあるが、ここで寄与率の絶対値を比較してみると、多収技術が耐冷技術に対して2.7倍(26～44年)、1.9倍(45～55年)であり、絶対値については先ほどの傾向部分と同様に、多収技術の寄与率が耐冷技術の寄与率を上回っている。

以上の計測結果は多収技術の進歩によって収量の増加は大きく期待されるものの、反面それは収量不安定化という危険の増大を伴い、安全確収という点からは同時に耐冷技術の進歩が不可欠であったことを指摘するものである。

さらに2つの技術の産出量に対する以上の貢献がある一時点について眺めた場合、こうした技術の関係から次の予想が成り立つ。すなわち、品種選択を軸とする収量増大技術と安定化技術についての農家の選択には、その配分をめぐってトレード・オフが存在するという予想である。こういったトレード・オフは、産出量の傾向部分をいかに引上げるかのみならず、同時にその変動をいかに抑止するかという点を勘案して農家が技術採択にあたる場合に

成立する。戦後の北海道稲作の足跡とそれに対する上述の計測結果は、このような農家の採択行動を裏付けるものであり、こうした農家の技術対応を端的に表現すると、農家は収量変動の減少に対して正の効用を付与するような選好を有しているものといえよう。しかしここではこれらの推論にこれ以上立ち入らず、次の期待価格についての分析を待つことにする。

3) 価格反応と技術採択行動

さて、第3表の計測結果から残りの期待価格に対する反応について考察を進めよう。

まず産出量の傾向部分について供給の価格弾力性は短期0.763、長期0.914である。この値は全国または府県平均と比較して、米の供給弾力性値としてはかなり高い数値であろうと推察されるが、この間の北海道における米の作付面積および産出量のドラスティックな変化を物語るものである。¹⁰⁾第4表より産出量の傾向部分に対する価格の平均寄与率は、それぞれ24.4% (昭和26~44年)、25.9% (昭和45~55年)であった。

最後に産出量の変動部分に対する期待価格の影響であるが、これはきわめて興味深い。すなわち、計測結果は期待価格の上昇が産出量の変動を減少させる方向に働くことを示しており、しかも第4表から明らかなように、その貢献分は耐冷技術のそれと同程度に大きいものである。

なぜ期待価格の上昇は産出量の変動を減少させる方向に働くのであろうか。またそれは先に示した考察結果とどのように関連するのであろうか。この問題を考えるにあたり、いまひとつの作業仮説を呈示しよう。

[作業仮説]

期待価格の上昇は農家の技術採択にインパクトを与え、多収技術の配分を減少させる結果、収量変動が減少する。

作業仮説はより安全な一定所得に対する選好を意味し、こうした仮説は現

10) ただし傾向部分についてのトレース値であるという点を考慮しなければならない。北海道の米の供給弾力性については、サワダ・オサナミ〔9〕の計測例がある。このうち有意なものを記載すると、短期0.871、長期0.943 (昭和30~44年)である。また全国については、例えば茅野〔2〕が短期0.215、長期0.245 (昭和30~56年、供給体系)としている。

実に照らしてそれほど考えにくいものではない。以下、作業仮説に沿って簡単なポートフォリオ分析を試み、産出量の変動部分に対する価格の影響について、その含意を探る。¹¹⁾

いま、多収技術と耐冷技術のトレード・オフに直面している農家を想定する。ここでそれぞれの技術の一方にのみ依存した場合に期待される産出量の平均と分散を

$$\text{多収技術 } T_1 (\mu_1, \sigma_1^2)$$

$$\text{耐冷技術 } T_2 (\mu_2, \sigma_2^2)$$

とおこう。この場合、計測結果より $\mu_1 > \mu_2$, $\sigma_1^2 > \sigma_2^2$ であることが確認されている。

実際には(1)式に示すように両技術をある比率で組合わせた技術が、現実に農家が採択した技術であるから、その配分率を x , $(1-x)$ とすると、(3)式は

$$T(S_0) = xT_1(S_0) + (1-x)T_2(S_0) \quad (3)$$

となり、¹²⁾採択技術に対して期待される産出量の平均と分散は

$$\text{採択技術 } T(\mu, \sigma^2)$$

$$\mu = x\mu_1 + (1-x)\mu_2 \quad (10)$$

$$\sigma^2 = x^2\sigma_1^2 + (1-x)^2\sigma_2^2 \quad (11)$$

と表せる。¹³⁾

(10), (11)式より x を消去すると、

$$\begin{aligned} EF(\mu, \sigma) &= \sigma^2(\mu_1 - \mu_2)^2 - \mu^2(\sigma_1^2 + \sigma_2^2) + 2\mu(\mu_2\sigma_1^2 + \mu_1\sigma_2^2) \\ &\quad - (\mu_2^2\sigma_1^2 + \mu_1^2\sigma_2^2) = 0 \end{aligned} \quad (12)$$

である。(12)式は $T_1(\mu_1, \sigma_1^2)$, $T_2(\mu_2, \sigma_2^2)$ の組み合わせよりなる採択技術 $T(\mu, \sigma^2)$ の実現可能領域を示す制約を意味する。¹⁴⁾このうち経済的有

11) こうした危険負担の最適配分を考慮した技術採択モデルについては原〔4〕参照。以下の分析モデルは原のモデルを基本として、本稿の仮説検証に適合させるべく構築したものである。

12) S_0 はある時点に固定された S を表す。

13) 技術指数は主成分スコアによっているから、 T_1 と T_2 の相関係数 ρ は $\rho(T_1, T_2) = 0$ である。

効領域は(12)式の境界線上の最小分散点から最大平均点までとなる。これがポートフォリオの有効フロンティア (efficient frontier) である。

さてここで配分率 x の決定基準を期待効用最大化に求めて、農家の効用関数 U を導入し、その U を収益額 $R=P \cdot Y$ の関数とおく。いま簡単化のために U を R の2次関数で表現できるものとする¹⁵⁾、農家の期待効用は、

$$E[U(R)] = P\mu + P^2\beta(\mu^2 + \sigma^2) \quad (13)$$

ただし β は2次項の係数

となる。¹⁶⁾

(12)式の制約のもとで(13)式を最大にする x を x^* とおくと、これは目的関数

$$L = E[U(R)] + \lambda[EF(\mu, \sigma)] \quad (14)$$

ただし λ はラグランジェ乗数

の最大化問題に帰着し、これを解くと

14) $\rho(T_1, T_2) = 0$ のときの(10)式の曲線の形状は、第4図に示すように最小分散点が端点の間に位置する2次曲線である。エルトン・グルーパー [3] 第3章参照。

15) 危険回避の測度関数として、2次関数は絶対的危険回避減少仮説を満足しない点で制約的である(ブラット [7] 参照)。従ってその適用にあたってはモデルで含意された危険回避についての行動規範が、こうした制約を回避し得るものであるか検討を要する。この点に関し、ここでの問題は他の条件一定のもとで期待価格の変化が及ぼすインパクトを探ることにある。その際、ある配分率 x について、収益額 R の変動幅は期待価格の変化に比例的であることに注意されたい。設定された作業仮説の含意は、相対的危険回避増加仮説に関してその妥当性を問うものであり、仮説の検証にあたり2次関数の有する制約は回避されている。

16) いま2次関数で示される効用関数の一般式 $U(R)$ を $U(R) = a + bR + cR^2$ とすると、その1次変換式 $U(R)$ は

$$U(R) = \alpha + \gamma U(R) = R + \beta R^2 \dots\dots\dots (*)$$

ただし $\alpha = -a/b$, $\gamma = 1/b$, $\beta = c/b$, $b > 0$ と簡略化し得る。ここで $U(R)$ を R の平均のまわりでテイラー展開すると、

$$U(R) = U[E(R)] + U_1[E(R)][R - E(R)] + U_2[E(R)][R - E(R)]^2 + \dots\dots$$

その期待効用は、

$$E[U(R)] = U[E(R)] + U_2[E(R)]E[R - E(R)]^2 + \dots\dots$$

(*)式を代入すると、

$$E[U(R)] = P\mu + P^2\beta(\mu^2 + \sigma^2) \text{ となる。}$$

ここで期待効用関数は β が正のとき危険愛好的、ゼロのとき中立的、負のとき回避的選好を意味する(アンダーソン・ディロン・ハーダイカー [1] 第4章参照)。

$$\mu = \frac{2P\beta(\mu_2\sigma_1^2 + \mu_1\sigma_2^2) - A^2}{2P\beta(A^2 + B)} \quad (15)$$

ただし $A = \mu_1 - \mu_2 > 0$, $B = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 > 0$

であり、この(15)式を(10)式に代入して

$$x^* = \frac{2P\beta\sigma_2^2 - A(1 + 2P\beta\mu_2)}{2P\beta(A^2 + B)} \quad (16)$$

を得る。

さらに(16)式を P について偏微分すると

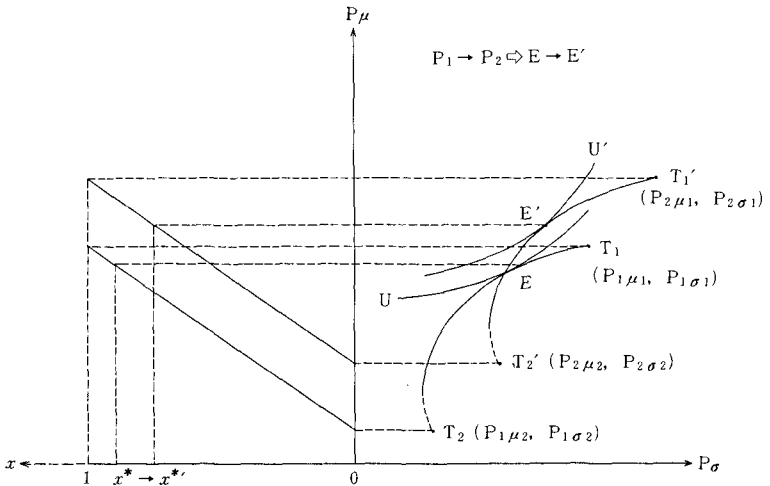
$$\frac{\partial x^*}{\partial P} = \frac{2\beta(A^2 + B)A}{[2P\beta(A + B)]^2} \quad (17)$$

となる。よって(17)式から

$$\frac{\partial x^*}{\partial P} < 0 \Leftrightarrow \beta < 0$$

が導出される。

以上の分析より次のことが明らかとなった。仮説が支持されるのは $\beta < 0$ 、



第4図 価格変化の効果

注) $T_1T_2, T_1'T_2'$ の実線部分は有効フロンティアを表す。

すなわち農家が危険回避的選好を有する場合のみであり、その場合に限って価格上昇は収量変動を減少させる方向に働く。

分析結果はこうした価格反応が農家の危険回避的選好による所産であり、技術採択におけるトレード・オフの存在を示唆するものである。

5. む す び

こんにち北海道の稲作は府県との比較において大幅な収量不安定性を有しながらも、しかし気象条件に恵まれた年には本州の稲作先進県に匹敵する収量水準を達成し、また冷害年にあっては「最近の冷害年の単収が昔の平年上位単収である」といわれるまでの進展を遂げた。北海道にみられる厳しい気象条件とこうした稲作の不安定性と発展性——このような北海道稲作の特質を解明すべく、生産不確実性のもとでの農家の技術採択の様相と採択技術の効果を把握することが本稿の分析課題であった。

課題に対する考察結果より、生産不確実性を前提とする限り農家の技術採択にはトレード・オフが存在し、トレード・オフに直面した農家は危険回避者として行動することを指摘した。農家の有する危険回避的選好とは、すなわち冷害の危険に対する農家の慎重な技術的対応を意味するものである。

さらにこうした農家の技術的対応を反映して、採択技術の貢献を収量の増大技術と安定化技術の2つの側面から評価した。北海道のような寒冷地においては、多収技術の進歩のみならず、耐冷技術の進歩がきわめて重要な役割を担った点を強調した。これらの考察結果は、北海道の厳しい気象条件と、そこに展開される稲作の様相とを結びつけて理解する上で、重要な指針を与えるものである。

以上の分析は、いくらかの改善の余地を残している。しかし寒冷地における稲作の進展を解明するにあたって、新たな分析視点とそのための方法論を呈示し得たものとする。また指摘された農家の危険回避的選好は、政策評価や農家の生産要素需要に関して興味深いインパクトを与えるものである。分析の改善と合わせて、こうした点についての検討は今後の課題としたい。

*) 本稿は崎浦誠治先生（北海道大学名誉教授）との共同研究「北海道における米の供給とリスク」の一環として、筆者がとりまとめたものである。

引用文献

- [1] Anderson, J. R., J. L. Dillon and B. Hardaker, *Agricultural Decision Analysis*. Ames : Iowa State Univ. Press, 1977.
- [2] 茅野基治郎「稲作生産構造の計量経済分析」『宇都宮大学農学部学術報告特輯』42号 (1984).
- [3] Elton, E. J. and M. J. Gruber, *Modern Portfolio Theory and Investment Analysis*. New York : John Wiley, 1981.
- [4] 原洋之介「ジャワ米穀経済への高収量品種の移転・普及・定着」『東洋文化研究所紀要』69号 (1976) : 55-95.
- [5] Just, R. E. and R. D. Pope, Stochastic Specification of Production Functions and Economic Implications. *Journal of Econometrics* 7 (1978) : 67-86.
- [6] 草刈 仁「尤度選択モデルと牛乳需要関数への適用」『農業経済研究』54巻1号 (1982) : 35-39.
- [7] Pratt, J. W. Risk Aversion in the Small and in the Large. *Econometrica* 32 (1964) : 122-36.
- [8] 崎浦誠治『稲品種改良の経済分析』養賢堂, 1984.
- [9] Sawada, Y and F. Osanami, Weather Index. *Nokei Ronso (Review of Agricultural Economics)* 32 (1976) : 185-96.