

稲作中型機械化体系の展開と規模・操業度効果

稲 本 志 良

1 は じ め に

戦後のわが国農業において技術進歩がめざましいが、それは品種・肥料・農薬の開発・改良、肥培管理技術の改良などの生物学的・化学的技術進歩を前提にしながら機械化・施設化など機械的技術進歩を中心に展開してきている。これらの技術進歩が最も顕著に進展している稲作についてみると、戦後、メーカーの活発な開発・改良によって、機種・型式が著しく多様化し、機械化の作業領域が拡大すると同時に各々の作業領域における機械化の展開がめざましい。このような戦後の稲作における機械化の展開過程を段階的に整理すると、昭和30年代に「耕耘機—防除機—脱穀機」を中心とする小型機械化体系が形成され、定着した。昭和40年代、特に後半には「乗用トラクター—田植機—自脱型コンバイン」を中心とする中型機械化体系が形成され、定着した。このような農業機械化の進展の結果、わが国の農業は急速かつ多様な変化の過程にあり、農業機械化に関して経済学的観点から多くの関心が寄せられている。第1の主要な関心は機械化の経済合理性に関するものであり、近年の農業機械化を過剰投資であるとする指摘や、経済合理的投資行動であるとする指摘がある。第2の主要な関心は農業機械化と規模の経済に関するものであり、近年の農業機械化はわが国の農業において規模に対する収益増の関係をもたらしたとする指摘や、依然として規模に対する収益不変の関係にあるとする指摘もある。これら二つの問題はしばしば、前者が機械（「プラント」）の操業度問題として、後者が規模問題として各々独自の領域において論じられてきているが、経済理論的には「プラント」の規模と操業度の問題として相互に関連したものである。

本稿の主要な課題は、以上の農業機械化に関する2つの関心と関連するものであり、機械（「プラント」）の規模と操業度を分析の中心概念におきながら第1に、昭和40年代の中型機械化体系が形成され、定着する過程の特質を明らかにすること、第2に中型機械化体系の技術的・経済的特質を明らかにすること、第3に中型機械化体系の展開が農業経営規模構造に及ぼした影響について明らかにすることである。

特に、中型機械化体系の規模効果については、分割不可能性の強い機械自体の規模の拡大と機種種の増加を強調する場合には規模に対する収益増の関係が予想されるし、機械の開発・改良による機種・型式の多様化を強調する場合には規模に対する収益不変の関係が予想される。

このようなわが国農業機械化、特に、中型機械化体系が形成され、定着することによってもたらされる規模効果と操業度効果を実証的に明らかにすることは重要な課題であるが、現在、実証上の多くの問題を残している。一つの問題はデーターの制約からくるものであり、もう一つの問題は生産関数・費用関数の推計方法からくる問題である¹⁾。

本稿ではわが国で中型機械化体系の展開が先行した新潟県、特に、蒲原地域における農林省「米生産費調査」個別結果表を主に利用しながら、機械の規模と操業度を分析の中心にして以上の課題に実証的に接近する。

1) この点については文献[3]に詳しい。

2 中型機械化体系の形成・定着過程

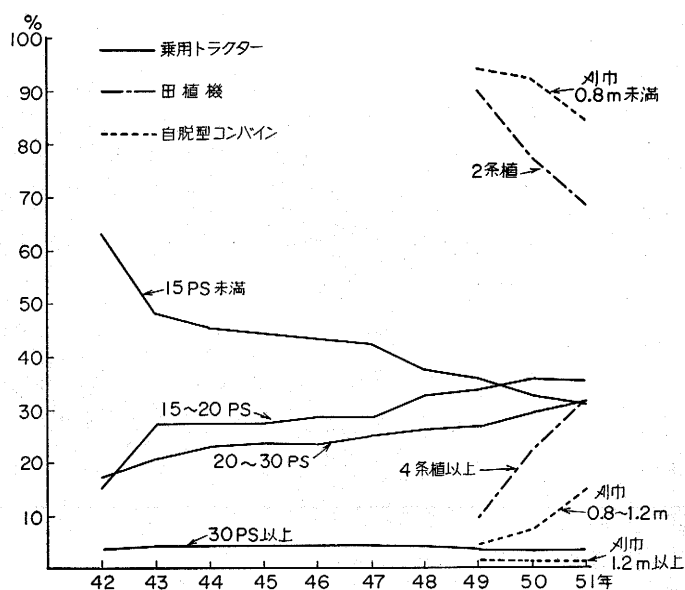
既に指摘したように、わが国の農業機械化は昭和30年以降になって本格的に進展し、昭和30年代に小型機械化体系が形成されて定着し、昭和40年代には農業機械化の内容がその領域と、規模の側面で進展して中型機械化体系が形成されて定着している。このようなわが国農業機械化の急速な進展を可能にした要因は、①労賃に対する農業機械価格の相対的低下、②米価に対する農業機械価格の相対的低下、③農業機械自体の開発・改良による性能・能率の向上及び機種・型式の多様化、④土地基盤整備の進展、⑤農家の資本蓄積と機械購入資金融資制度の整備などである²⁾。本稿で直接分析の対象とする新潟県において、小型機械化体系、中型機械化体系が全国に先行して展開した背景には、他府県に比較して農業機械化の初期段階から経営規模が大きく、土地基盤整備が進展していたことなどが指摘されている。新潟県における昭和40年代の中型機械化体系の展開過程を先ず機械の普及率（農家100戸当り所有台数）と主要作業別機械利用面積比率によって示すと第1表の通りである。機械の普及率でみると、乗用トラクター・バインダーは40年代前半から、田植機・自脱型コンバインは40年代後半から急速に普及が進んでおり、昭和52年の普及率は各々23.3%、25.8%、23.0%、27.5%の水準に達している。他方、作業別機械利用面積比率は機械の普及率よりもはるかに高い。従来、手作業として残されてきた田植作業、収穫作業過程における機械利用面積比率を48年と52年についてみると、田植機利用面積比率は22%、57% バインダー・自脱型コンバイン利用面積比率は68%、81%である。これらの数値から判断されるように、新潟県において昭和40年代前半から乗用トラクター及びバインダーが、後半から田植機・自脱型コンバインが普及しており、40年代後半に全作業における機械化が進み中型機械化体系が形成され、定着した。

このような昭和40年代の中型機械化体系の展開過程における重要な特徴として、以上でみたような新機種導入による機械化一貫体系の形成ということのほか、各機種の型式の多様化と相対的な大型化の傾向を指摘できる。第1図は各機種の相対的な大型化の傾向を示したものである。但し、各機種における型式の多様化については次節で検討されよう。乗用トラクターの

第1表 新潟県における昭和40年代の主要機械普及率及び利用面積比率

		機 械 普 及 率				機 械 利 用 面 積 比 率			
		43 年	46 年	49 年	52 年	48 年	49 年	50 年	51 年
乗用トラクター	全 国	2.3%	5.1%	6.7%	17.3%	—	—	—	—
	新 潟	3.8%	8.7%	10.7%	23.3%	—	—	—	—
田 植 機	全 国	—	0.9%	8.6%	25.8%	33%	47%	61%	73%
	新 潟	—	0.4%	7.3%	23.0%	22%	32%	45%	57%
バ イ ン ダ ー	全 国	—	8.8%	22.5%	32.7%	70%	77%	83%	86%
	新 潟	—	9.1%	22.2%	25.8%				
自脱型コンバイン	全 国	—	1.6%	4.3%	10.9%	68%	76%	81%	81%
	新 潟	—	5.3%	13.2%	27.5%				

資料：『農林省統計表』、『作物統計』、『農業機械統計要覧』等より



資料：農林省肥料機械課『出荷状況調査』より

第1図 新潟県における主要機械規模別構成の推移

普及の初期の段階においては15馬力未満のものが大半を占めていたが、その後、15～20馬力、20～30馬力のものが増加し、昭和51年では30.7%、35.1%、31.2%である。30馬力以上の大型の乗用トラクターの比率は5%以下である。自脱型コンバインは、49年には刈巾0.8m以下の小

稲本：稲作中型機械化体系の展開と規模・操業度効果

第2表 経営規模別農家の主要機械所有状況

	昭和45年		昭和50年	
	機械化体系	標本農家数	機械化体系	標本農家数
50アール未満 (小計)	HT	2	HT HT HT	2 1 1 9
50～100アール (小計)	HT RT	14 1	HT HT HT RT RT HT	2 3 3 2 2 1 14
100～150アール (小計)	HT RT HT ——— BA	8 4 3 15	HT HT HT RT HT HT RT	1 1 1 1 1 2 1 9
150～200アール (小計)	HT RT HT ——— BA RT ——— BA HT ——— AT	5 1 6 2 3 17	HT RT HT RT	2 4 1 6 13
200～250アール (小計)	HT RT ——— BA RT ——— AT	5 2 2 9	RT HT RT	4 2 1 7
250～300アール (小計)	HT HT ——— BA HT ——— AT RT ——— AT	1 3 1 3 8	RT RT RT	1 1 6 8
300アール以上 (小計)	HT RT ——— BA RT ——— AT	2 6 8	RT RT	1 8 9

但し、HT：耕耘機，RT：乗用トラクター，PM：田植機，BA：バインダー，AT：自脱型コンバイン
資料：新潟県蒲原地域農林省「米生産費調査」個別結果表。45年，50年より

型のものがほとんどであるが，次第に0.8～1.2m規模のものが増加し，51年では各々84.1%，14.8%である。他方，1.2m以上のものの比率は微々たるもので51年では1.1%にすぎない。田植機は49年には2条植のものがほとんどであるが，次第に4条植のものが増加し，51年では各々68.5%，31.5%である。

このような昭和40年代における中型機械化体系は，分割不可能な機械の相対的大型化と機種
の増加によって農家の機械化投資額を増大させることによって，その普及に経営規模別農家間
での time lag を予想させる。第2表は新潟県蒲原地域における農林省「米生産費調査」個別
結果表を用いて，経営規模別農家の主要農業機械所有状況を昭和45年・50年の2時点について
示したものである。昭和45年についてみると，どの経営規模の農家でも完全な中型機械化体系
としての「乗用トラクター—田植機—自脱型コンバイン」という組合せの普及はみられない。

大規模な農家に「乗用トラクター—自脱型コンバイン」の組合せの比率が高く、小規模な農家では「耕耘機」のみの比率が高い。50年になると1.0ha以上の農家で「乗用トラクター—田植機—自脱型コンバイン」の組合せがみられ、その比率は大規模農家ほど高い。中規模農家では組合せの数が最も多く、小規模農家では「耕耘機—自脱型コンバイン」の組合せの比率が高い。更に、45年と50年の比較から、各年次とも経営規模別農家間で多様な機械の組み合わせが同時並存していること、経営規模別農家間で各組合せの普及に time lag が認められることに注目しておく必要がある。

2) 戦後の稲作の機械化について詳しくは文献〔2〕を参照されたい。

3 中型機械化体系の費用関数

以上、新潟県の昭和40年代における中型機械化体系の展開過程を中心に検討したが、この過程は経済学的には同一生産関数上の労働と資本財の代替関係ないし生産関数のシフトを伴った労働と資本財の代替過程として理解される。したがって、資本財価格に対する労賃が相対的に上昇している過程では、生産物当たりまたは10アール当り費用の減少が予想される。本節ではこのような観点から種々な機械化体系間の比較分析を行なうことによって、中型機械化体系の技術的・経済的性格を明らかにする。

前節第2表に示されたように、新潟県蒲原地域の農林省「米生産費調査」対象農家において、昭和45年、50年の両時点間で中型機械化体系の普及が進んでいるが、両時点で種々な機械化体系が並存している。これらのなかから分析を厳密にするために標本農家が出来るだけ広い範

第3表 機械化体系別10アール当り労働時間と費用

	標 本 農家数	1戸当り 平均作付 面 積 (アール)	10 ア ー ル 当 り 労 働 時 間 (単位：時間)				10 ア ー ル 当 り 費 用 (単位：千円)		
			計	本田耕起 整 地	田 植	収 穫	総費用	可変費	固 定 費
体 系 I	34	127.9	132.4	13.4	21.5	43.0	107.5	83.2	24.3 <276.5>
体 系 II	14(2)	211.7	118.0	12.5	20.5	31.0	95.8	77.6	18.2 <369.6>
体 系 III	12(7)	197.5	62.9	7.7	17.6	9.7	71.8	51.8	20.0 <364.2>
体 系 IV	22(8)	269.6	56.8	6.1	8.6	9.7	73.4	50.7	22.7 <562.8>

囲の経営規模に分散している機械化体系を、昭和45年には

動力耕耘機（体系Ⅰ）

動力耕耘機—バインダー（体系Ⅱ）

昭和50年には

乗用トラクター－自脱型コンバイン（体系Ⅲ）

乗用トラクター－田植機－自脱型コンバイン（体系Ⅳ）

を主要な機械化体系として抽出した。以下簡単化のために各々を体系Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ，Ⅳとよぶ。体系Ⅰは完全な小型機械化体系，体系Ⅳは完全な中型機械化体系であり，体系Ⅱ，体系Ⅲは体系Ⅰから体系Ⅳへの移行過程における中間形態である。表中第2欄の（ ）は共有農家数を示す。

第3表は以上4つの機械化体系別の10アール当り平均労働時間，平均費用などを示したものである。4つの機械化体系間の直接の比較を可能にするために費用は総て昭和50年の労賃，資本財価格で調整してある。また，固定費の内容には農機具費のうちの償却費が，可変費のなかには労働費，肥料費，農薬費，種苗費，諸材料費が含まれている。

体系ⅠからⅡ，Ⅲ，Ⅳの順に10アール当り総費用及び労働時間は低下する。但し，体系ⅢとⅣの総費用の逆転は体系Ⅲに機械の共有農家率が高いことによる。他方，固定費は10アール当りで比較すると4つの体系間で大きな相違はない。これは4つの体系間で標本農家の経営規模が異なることによる。ただし固定費を1戸当りで比較すると4つの体系間でかなり大きな相違がみられる。したがって，以上の10アール当り総費用の体系間の相違は可変費の相違を反映するものであり，また，可変費の相違は労賃の相違を反映するものである。体系間の労働時間の相違は次のような10アール当り作業別労働時間の相違を反映したものである。

本田耕起・整地作業：動力耕耘機の平均13時間，乗用トラクターの平均6.9時間

田植作業：手植の平均19.9時間，田植機8.6時間

収穫作業：手刈43時間，バインダー31時間，自脱型コンバインの平均9.7時間

ここで10アール当り労働時間，可変費，総費用について体系Ⅰを100とする体系Ⅳの指数をみると，各々36.4，60.9，42.9であり，小型機械化体系から中型機械化体系への移行による労働節約効果，費用節約効果の大きいことが理解されよう。

以上と全く同じ資料によって，特に標本農家数の多い体系Ⅰと体系Ⅳの費用関数を計測した。費用関数は次の二つの関数型

$$C_i = a_i + b_i X_i \dots\dots\dots(1)$$

$$C_i = a_i + b_i X_i + c_i X_i^2 + d_i X_i^3 \dots\dots\dots(2)$$

但し $i = 1, 2$

X_1 ：経営面積(アール)， X_2 ：総生産量(kg)， C_1 C_2 ：各々に対応する1戸当り総費用(千円)。

について計測を試みたが，(1)式のあてはまりが良好であったこと，(2)式の計測結果において d_i の値がほとんど0に等しい値をとったので総費用関数の関数型を(1)式と判断して以下の分析は(1)式の計測結果によった。計測結果は以下の通りである。

体系Ⅰの費用関数

$$C_1 = 181.470 + 9.035X_1 \quad R^2 = 0.951 \dots\dots\dots(3)$$

(25.639)

$$C_2 = 242.561 + 0.164X_2 \quad R^2 = 0.949 \dots\dots\dots(4)$$

(24.852)

体系Ⅳの費用関数

$$C_1 = 570.898 + 4.896X_1 \quad R^2 = 0.808 \dots\dots\dots(5)$$

(9.451)

$$C_2 = 634.340 + 0.077X_2 \quad R^2 = 0.827 \dots\dots\dots(6)$$

(10.064)

但し、() 内の数値は t 値、総て有意水準 1 %。

1 戸当り総費用関数を問題とする場合、次のような関係が予想される。

固 定 費 : 小型機械化体系 < 中型機械化体系

可 変 費 : 小型機械化体系 > 中型機械化体系

費用関数において b_i が 1 アール当り可変費、 a_i が固定費の大きさを反映するが、計測結果は以上に予想される関係と全く同様な結果を示している。以下では(3)~(4)式から直接導出される平均費用関数

体系Ⅰの平均費用関数

$$C_1/X_1 = 9.035 + 181.470/X_1 \dots\dots\dots(7)$$

$$C_2/X_2 = 0.164 + 242.561/X_2 \dots\dots\dots(8)$$

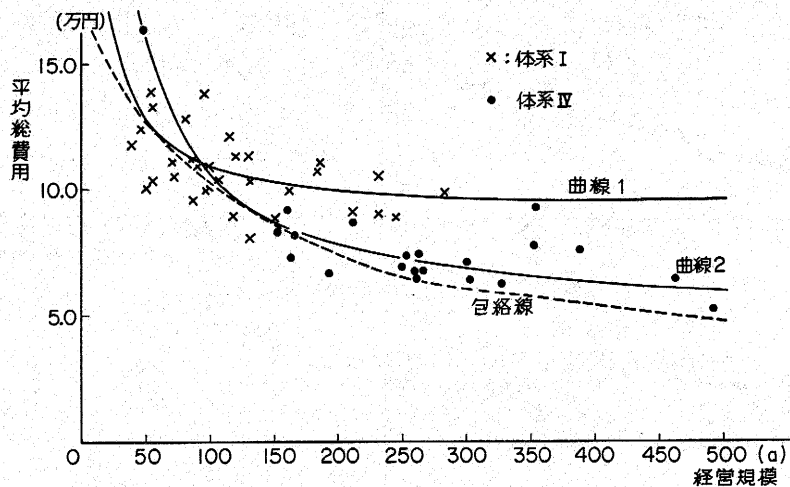
体系Ⅳの平均費用関数

$$C_1/X_1 = 4.896 + 570.898/X_1 \dots\dots\dots(9)$$

$$C_2/X_2 = 0.077 + 634.340/X_2 \dots\dots\dots(10)$$

によって中型機械化体系の性格を検討する。

第2図は X_1 を経営面積にとった10アール当り平均総費用曲線を小型機械化体系、中型機械化体系について図示したものである。ここでは両機械化体系を単純に各々1つの「プラント」と考えているから、2つの平均総費用曲線は短期費用曲線であり、両平均費用曲線の包絡線が長期費用曲線である。この短期費用曲線の形状が操業度効果を、長期費用曲線の形状が規模効果を示していることはいうまでもない。まず、短期費用曲線に注目する。曲線2は曲線1より下方へシフトしており、両曲線は $X_1=94.1$ (アール) で交叉している。このことは経営規模が94.1アール以下の農家では小型機械化体系が、94.1アール以上の農家では中型機械化体系が有利であることを示している。もちろん、両機械化体系の有利性が逆点する経営規模は労賃と機械の価格との比に依存し、労賃の相対的上昇によってこの経営規模は小さくなる。次に、両費

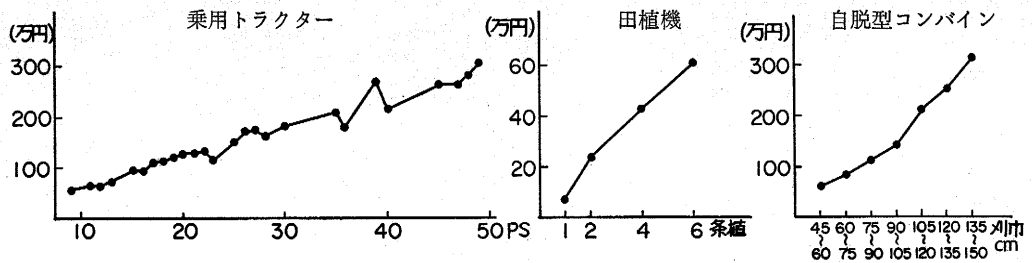


第2図 小・中型機械化体系別10アール当り平均総費用曲線

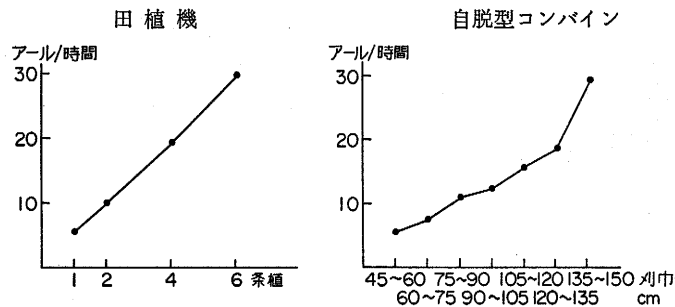
用曲線の形状についてみると、標本農家が分布する広い領域にわたって極めてゆるやかな右下りの曲線になっており、各機械化体系内で経営規模間の平均費用の差は見られるが、その差は必ずしも大きくはない。即ち、両機械化体系（「プラント」）とも操業度による費用の較差は認められるが、必ずしもそれは大きくはない。この平均費用曲線の形状が両機械化体系の技術的、経済的性格を最もよく表わしている。前節第2表の経営規模別農家の機械化体系に関して指摘したいくつかの事実もすべてこれによって説明し得る。

そこで、特に中型機械化体系の平均総費用曲線の形状が広い領域においてゆるやかな右下りの曲線をとることの背景についてふれておくことが重要である。既に指摘してきたように、機械の開発・改良によって、現在、機種、型式が著しく多様化している。このように多様化した型式について、第3図は乗用トラクター、田植機、自脱型コンバインの規模と価格の関係を、第4図は田植機、自脱型コンバインの規模と作業処理能力の関係を『農業機械・施設便覧』（1976年日本農業機械化協会）より算出して図示したものである。図から明らかなように機械の規模と価格の関係、機械の規模と作業処理能力との間には直線の関係がある。現在、農家は多様な型式のなかから経営規模に最適な規模の型式を選択することが可能であり、しかも機械の規模・価格・作業処理能力の間には以上のような直線の関係があるために、経営規模別農家間で平均総費用の較差が比較的小さくなる傾向が強いといえる。

次に、長期費用曲線に注目する。この長期費用曲線は2つの短期費用曲線の包絡線として得られたものであり、その形状は規模効果を示すものである。図に示されているように、長期費用曲線は右下りになっており、規模の経済が存在していることを示すものである。即ち、小型機械化体系から中型機械化体系への移行は規模の経済をもたらす。しかし、この点については



第3図 機械規模別価格



第4図 機械規模別能力

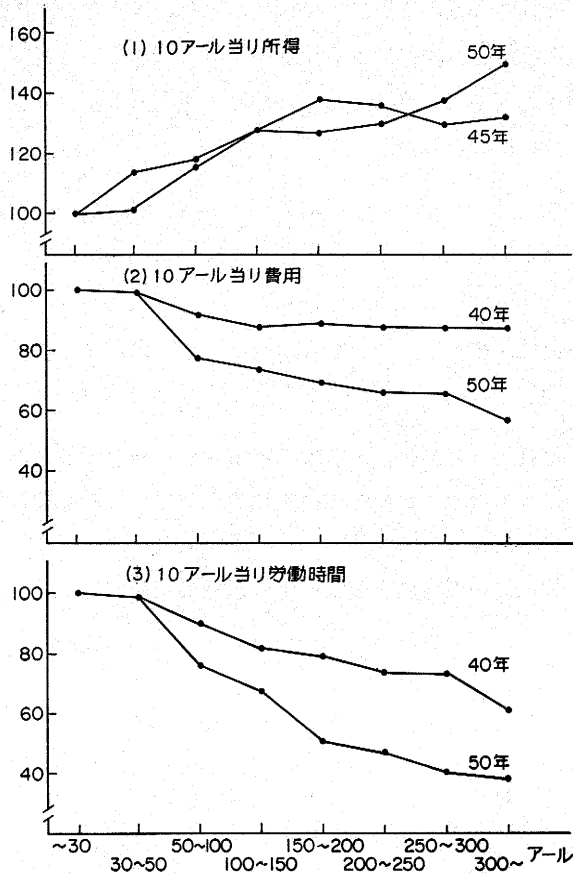
次の点に留意しておくべきである。即ち、以上で指摘された規模の経済は両機械化体系が同時並存することが前提であり、小型機械化体系を採用している農家が総て中型機械化体系を採用した時点で消出する性格のものである。³⁾

3) 農業機械化を中心とする技術進歩と規模に関する生産関数論的研究として文献〔1〕を参照されたい。

4 中型機械化体系の展開と農業経営規模構造

昭和40年代の中型機械化体系の展開過程において、それが農業経営規模構造にどのような変化をもたらすかという点の関心が多い。特に、新潟県においては全国に先行して中型機械化体系が展開し、後にみるように個別相対請負耕作を中心とする農地の流動化によって、農業経営規模構造が大きく変化しており、多くの関心がよせられている。本節では以上の問題を前節で検討した中型機械化体系の展開に伴う規模・操業度効果と関連させて検討する。

まず、中型機械化体系の展開に伴う規模・操業度効果を10アール当りの経営規模別農家の労働時間、費用及び所得について、中型機械化体系が定着する前後の40年と50年の2時点（但し、所得のみ45年と50年）で比較した。第5図にみられるように10アール当り労働時間・費用とも経営規模の大きい農家は小さいという傾向が明らかであるが、その傾向は労働時間と費用を比較した場合、労働時間に関してより強い。これを昭和40年と50年の2時点について比較すると、中型機械化体系が定着する以前の40年よりも、それが定着した50年が、10アール当り



資料：農林省『米生産費調査』より

第5図 経営規模別農家の10アール当り労働時間・費用・所得指数
(30アール未満を100とする)

労働時間、費用共その傾向は強まっている。同様に所得についてみると、45年においては150～200アール以上の農家ではほとんど較差がみられないが、50年になると経営規模別農家間の較差が明らかになっている。このように、経営規模別農家間の10アール当り労働時間、費用、所得の較差は各指標で異なるが、小型機械化体系から中型機械化体系へ移行することによって総て拡大して、大規模農家の有利性を形成している。その背景として次の2点を指摘することができる。一つは前節で検討した中型機械化体系における操業度効果であり、二つは中型機械化体系の普及（採用）に関する経営規模別農家間較差、即ち、前節で指摘した一時的な規模効果である。両者の効果を分離して把握することが重要であるが困難である。しかし、平均費用曲線の形状から判断して後者の効果はかなり大きいことが予想される。

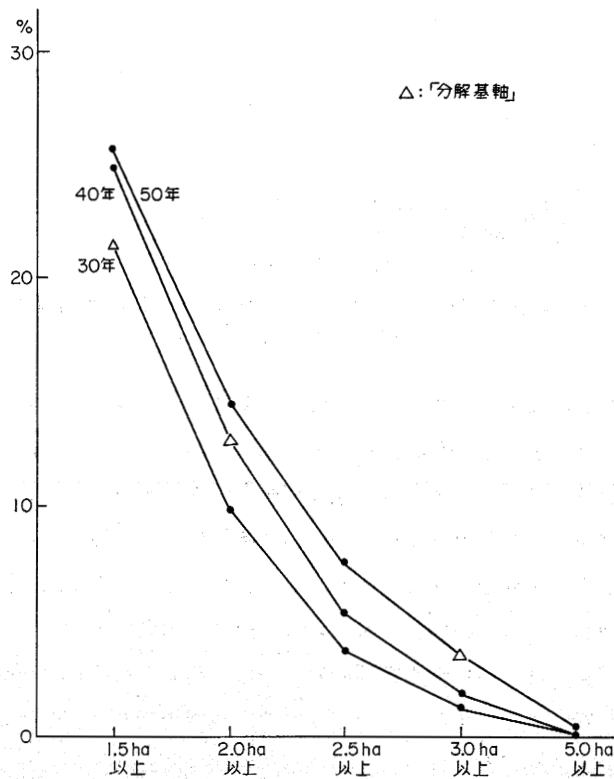
このような経営規模別農家間の10アール当り労働時間、費用、所得較差、即ち大規模農家の

有利性は農地流動化とそれによる農業経営規模構造の変化の重要な背景である。新潟県においては30年代後半から個別相対請負耕作による農地の流動化が進展して注目されてきた。その後、その増大傾向は40年代前半まで停滞した。しかし、新潟県の調査によると以下のように40年代後半に請負耕作は大巾に進展した。

	42年(A)	48年(B)	(B)/(A)
受託面積	1,900ha	4,699ha	227
受託農家	6,378戸	9,169戸	144
1戸当り受託面積	29.8 a	51.0 a	177
委託農家	5,280戸	10,462戸	194

請負耕作を中心とした農地の流動化に関してここで詳しく検討する余裕はないが、上でみたような42年から48年にかけての大巾な農地の流動化の進展は、これまで検討してきた中型機械化体系の展開が重要な背景になっていることはいうまでもない。

以上のように中型機械化体系の展開とそれによる農地の流動化によって、新潟県の農業経営



第6図 経営面積規模別農家数比率

規模構造は第6図の如く変化している。第6図は1.5ha以上農家の累積構成比率を30年、40年、50年について示している。新潟県におけるいわゆる「分解基軸」は30年1.5ha、40年2.0ha、50年3.0haと年々上昇してきて、大規模な農家の比率が年々増加してきている。第6図から、昭和30年から40年にかけては1.5ha～2.5haの農家の比率の増加が大きいこと、また、40年から50年にかけて2.5ha以上の農家の比率の増加が大きいことが理解されよう。

以上にみるように、中型機械化体系の展開過程において請負耕作などによる農地の流動化によって農業経営規模構造が変化している。しかし、このような農業経営規模構造の変化、特に、大規模経営の形成は地域的にも一部に限定されたものである。それは土地基盤整備と土地市場条件、特に、後者に規定されるところが多い。このいみで以上での分析は農業経営規模構造の変化を規定する要因の一つとして、中型機械化体系の技術的・経済的性格の分析に限定されたものである。⁴⁾

- 4) なお、中型機械化体系の展開過程を農業経営規模構造との関連で評価する場合、以上の規模効果、操業効果と同時に、それが技術的可能限界規模を拡大している点にも注目すべきである。紙数の制約のためこの点にはふれなかった。

5 む す び

以上、小型機械化体系、中型機械化体系を一つの「プラント」とみなしてこれらの規模効果、操業度効果を中心に、中型機械化体系の展開過程について実証的に検討してきた。しかし、本稿でもデータの制約、費用関数の推計上の問題を残している。特に、本稿では近年、機種、型式が多様化したことを強調しながらも中型機械化体系を単純に一つの「プラント」として規定して分析を進めてきた。しかし、より詳しいデータの発掘、作成により、中型機械化体系をより細分割されたいくつかの「プラント」の水準で、中型機械化体系の展開に伴う規模効果・操業度効果の分析をすすめる必要がある。

また、われわれは近年の農業機械化に関連していくつかの生産関数による研究成果を有している。そこでは規模の経済を支持するものもあるし、それを否定するものもある。費用関数による研究成果と生産関数による研究成果との比較検討が必要になってきている。これについて今後更に研究を進めてみるつもりである。

参 考 文 献

- 〔1〕 稲本志良「農業における技術進歩と規模」『農業計算学研究』No. 8, 1974年10月
- 〔2〕 稲本志良・高田理「農業機械化の基本的性格」『稲作プラント化の経営経済的研究』1976年11月, 農業開発研修センター
- 〔3〕 増井幸夫「規模の経済性」矢島武先生定年退官記念事業会編『現代農業経営経済新説』1972年9月, 養賢堂