稲麦二毛作における機械化技術の 体系化とシミュレーション手法に よる評価^{*}

金子一也^{※※}・後閑宗夫^{※※※}・石井四郎^{※※}・折茂佐重樹^{※※}

Mechanization in Paddy Rice-Wheat and Barley
Cultivation on Double Cropping Paddy Field and
Assessment of Farm Operation System with
Computer Simulation.

Itsuya KANEKO⁺, Muneo GOKAN⁺, Shiro ISHII⁺ and
Saeki ORIMO⁺

1. はじめに

最近の世界的な食糧需給の不安定を背景に、食糧の国内自給率向上の要請が強まり、水田裏作の利用が重要視されている。裏作のうち麦作は、稲作用機械類が共通利用できるという点で、稲作と最も結びつき易いと考えられる。

また、群馬県は全国でも有数の麦作県であったが、その大半を占める裏作麦は、1964年産の作付面積が24,200haあったものが、10年後の1974年には8,780haと約1/3に減少した。

このように衰退した裏作麦を再導入して稲麦二毛作を復活させるための技術的課題としては、稲麦作ともに安定して両立し得るような省力的な稲麦二毛作機械化技術体系の確立が急務である。

このような要請に応えるために、本県平坦地帯を対象に、稲麦二毛作のうち機械化し易い「水稻晩期直播（散播）—二条大麦散播」、「水稻中苗機械移植—小麦散播」体系の二作付体系をとり上げ大型トラクタ、4条用田植機、4条用自脱型コンバインを基幹とした機械化作業体系試験を実施した。

その結果、両体系ともに実用性が高いことが認められたので、平坦地帯への普及を想定して、これらの体系を組み合わせた場合の機械稼働を中心とした作業体系モデルを作成し、シミュレーションにより

技術的評価を行った。

本報告は1973年から1975年に実施した農林省総合助成試験「主穀作安定を前提とした米麦二毛作機械化体系に関する試験」の一部で、水稻作は3カ年間、麦作は2カ年間の試験結果と、その結果に基づいてのシミュレーション結果である。

なお、本研究でシミュレーション法の適用にあたり、農林省農事試験場畑作部池田弘氏に懇切な御指導をいただいたことに対し深甚な謝意を表する。

2. 機械化作業の体系化について

1) 試験方法

- (1) 場所 前橋市石関町 613 群馬農試 石関農場
- (2) ほ場条件

1962年に土地基盤整備が行われたほ場で、隣接ほ場は四方とも水田で環境、用排水の便ともに良い。区画は一つの体系に100m×30m(30a)のほ場を1筆づつ用いた。土性、土壌類型は灰褐色土壌粘土質構造マンガン型で、透水性良好な二毛作に適した乾田である。

(3) 供試機械 第1表参照

(4) 二体系の特徴

水稻晩期直播—二条大麦散播体系は、稲麦作ともに省力的な散播栽培であり、基本的な作業は両作物とも同じである。特に麦収穫後の水稻晩期直播は播

※ 昭和52年5月30日受理，第12回講演会で発表

※※ 群馬県農業試験場，作業技術課，前橋市石関町613

※※※ 群馬県農業試験場，現農業機械課，前橋市江木町1251

+ Gunma Agr. Exp. Station, Maebashi, Gunma 371

第1表 供試機械の銘柄・型式・大きさ

トラクタ	・フォード3000R 46PS ・インターナショナル574D 72PS ・日の本MB140 14PS
作業機	ロータリ・ティラ(RT) ・コバシKJ-1800 180cm ・ニプロLA-2000 200cm ドライバハロー(DH) ・ニプロドライバハローHZ240M3000cm 日の本用(DHS)120cm ブロードキャスト(BC) ・ピコンB75 250ℓ グレーン・ドリル(GD, 施肥装置付DF) ・インターナショナルS6-1 225cm ・ノードストンLOM2000cm(DF) 塔載型噴霧機(SP, 畦畔ノズル付SPK) ・丸山BK型400ℓ 平滑ローラ・(RO)245cm
専用機	田植機(2条用TP2, 4条用TP4) ・ヤンマーYP-2, ・ヤンマーYP-4 動力散粉機(PD) 共立DM9+30m多口ホース噴頭 人力散粒機(MBC)みのる 6ℓ 自脱型コンバイン(CH) ・サトーH120 125cm ・ヤンマーTC2000 130cm ・チセキHD2000 130cm 乾燥機(Dr) ・チセキ212SR 2.1ton

注) 1. ()内は他図表に用いた略記号を示す。
2. ・印はシミュレーションで使用を想定した機種。

種可能期間が短い¹⁾ため、播種関連作業工程をできるだけ簡略化して負担面積の拡大をねらった。

一方、水稻中苗移植-小麦散播体系は、収穫期が晚い小麦あとに、中苗用田植機の実用化により可能となった機械移植を結合したもので、小麦の散播栽培とあわせて、平坦地帯に多い小麦-水稻移植体系を機械化しようとしたものである。

これらの作付体系では作物切替時期の作業競合を緩和し、あわせて地力維持増強を図るため、稲わら、麦わらの全量をすき込むことを前提とした。

(5) 耕種概要

① 水稻晩期直播-二条大麦散播体系

水稻：品種トヨニシキ(1973)、ニホンマサリ(1974、1975)、播種量a当り0.9Kg、施肥量(成分、a当り)基肥N 0.4Kg、P₂O₅ 1.2Kg、K₂O 1.2Kg、追肥(2回合計、a当り)N 0.7Kg、K₂O 0.4Kg。

二条大麦：品種アズマゴールデン、播種量a当り1.5Kg、施肥量(成分、a当り)基肥N 0.7Kg、

P₂O₅ 1.0Kg、K₂O 0.8Kg。

② 水稻中苗移植-小麦散播体系

水稻：品種トヨニシキ(1973)、ニホンマサリ(1974、1975)、播種量a当り0.35Kg、施肥量(成分、a当り)基肥N 0.5Kg、P₂O₅ 1.0Kg、K₂O 0.8Kg、追肥(2回合計、a当り)N 0.8Kg、K₂O 0.2Kg。

小麦：品種ウシオコムギ、播種量a当り1.5Kg、施肥量(成分、a当り)N 0.8Kg、P₂O₅ 1.1Kg、K₂O 1.0Kg。

2) 試験結果と考察

(1) 水稻晩期直播-二条大麦散播体系

① 水稻について

麦わらは自脱型コンバインのカッタで約10cmに切断・散布して、全量(風乾重40Kg/a)をすき込むこととし、初年次には播種前耕耘によりすき込んだが、2年次からはこれを省き、施肥・播種後に耕深7cm程度のロータリ耕で覆土とすき込みを兼ねた。浅耕のため麦わらの埋没は充分ではなかったが、入水時に浮遊することはなかった。

施肥・播種は、初年次にはブロードキャスト、2年次以降はグレーン・ドリルを用いた。作業能率はブロードキャストが高いが、風の影響を受け易く、他ほ場への種子飛散の問題もあり、播種精度の面からはグレーン・ドリルが良かった。そこで、3年次に施肥装置付ドリルで種子・肥料同時散布を行なったところ、ブロードキャストで2工程作業とした場合と同程度の能率で高精度の作業結果が得られた。

播種後鎮圧は除草剤の効果向上を期し2年次から加えた。土壌水分が高い場合でも、麦わらが混入しているためローラへの土の付着はなく、作業結果は良好であった。

除草剤等の粒剤散布には2年次までは人力散粒機を用いたが、3年次には動力散粉機(30m多口ホース噴頭)に変えた。

収穫には刈巾125~130cmの自脱型コンバインを用いたが、散播栽培ということで、とくに作業上の問題となる点はなかった。ただ、倒伏した場所で、浅播きの株が引起し爪によって引き抜かれるという現象がみられたが、作業上の大きな支障とはならなかった。

第2表 機械利用時間 (水稲晩期直播)

(ha当り時間)

年次	耕 耘 (播種前)	施肥 (基肥)	播 種	耕耘 (覆土)	鎮 圧	除草剤散布		病害虫防除			収 穫	合 計
						1 回	2 回	1 回	2 回	3 回		
1973	RT 3.61	BC 0.67	BC 0.86	DHS 2.94		SP 0.51	MBC 1.33	SPK 0.59	SPK 0.59		CH 7.87	18.97
1974		BC 0.87	GD 1.22	RT 3.74	RO 0.96	SP 0.54	MBC 0.83	SPK 0.82	SPK 0.82		CH 6.35	16.15
1975			DF 1.44	RT 2.74	RO 1.35	SP 0.62	PD 0.45	PD 0.41	SPK 0.61	SPK 0.53	CH 5.49	13.64

注) 1. 上段の英字記号は第1表 注)1を参照

第3表 機械利用時間 (二条大麦散播) (ha当り時間)

年次	施肥 (基肥)	播 種	耕耘 (覆土)	鎮 圧	除草剤 散 布	収 穫	合 計
1974	BC 1.04	BC 0.55	RT 4.21		SP 0.46	CH 5.26	11.52
1975	BC 0.84	GD 0.87	RT 3.68	RO 1.00	SP 0.55	CH 4.00	10.94

注) 1. 第2表注)1に同じ

以上のような作業体系の改善の成果を、ほ場作業の機械利用時間について示すと第2表のとおりである。

この栽培方法での播種期は6月12日～6月16日の晩播であったが、順調な生育を示し、収量はa当り48.1Kgであった。また、倒伏は少なく、出穂期はニホンマサリの場合に9月3日～4日で平坦地帯の晩限内であった。

② 二条大麦について

稲わら(風乾重73Kg/a)のすき込みは、自脱型コンバインのカッタで切断・散布し、施肥・播種後に浅いロータリ耕を行なうことによって覆土とすき込みを兼ねた。

播種は水稲散播と同じ理由で2年次にブロードキャスタからグリーン・ドリルによる散播に変えたが、施肥にはブロードキャスタを用いた。施肥・播種には施肥装置付ドリルを用いるべきであったが、供試機の都合により2工程作業となった。

播種後鎮圧は稲わらすき込みによる乾燥の防止、除草剤の効果向上、収穫時の株の引抜け防止等のために2年次に追加した。

ほ場作業の機械利用時間は第3表のとおりで、施肥・播種を同時作業とすれば、更に機械利用時間の短縮が可能である。

初年次の生育は、稲わらをすき込んだことによる土壌乾燥で出芽遅れがみられたが、2年次には播種後鎮圧を加えたことにより順調な生育を示した。

収量はa当り46.7Kgであった。

③ 考察

新しく組み立てたこの二毛作体系は、稲麦ともに耕耘前に散布し、前作の薬種類を全量すき込む作業体系のため、

作業工程は少なく極めて省力的であるが、二条大麦収穫後の水稲直播可能期間が短かく、しかも梅雨期にかかるため、この体系だけでの負担面積は小さい。また、稲麦作ともに浅耕での薬種類すき込みが続くため、長年この体系を続けることは好ましくない。しかし、機械化し易い作業体系、省力度、収量性等からみて実用性が高い技術体系であるから、稲麦の作期が異なる別の体系と組み合わせて輪作体系を組み立てるならば、その中で負担面積拡大に有効であると考えられる。

(2) 水稲中苗移植-小麦散播体系

① 水稲について

3カ年とも当初に設計した作業体系どおりで供試機の都合により機械の大きさは変更したが、作業の省略、追加はなかった。

前作の麦わら(風乾重43Kg/a)は、コンバインのカッタで切断・散布し、ロータリティラを使用してすき込みを行った。その後の代かきにはドライブハローを使用し、浅水状態で行なったが、麦わら露出、浮遊は少なく、作業上の問題はなかった。

移植には2条と4条用田植機を供試したが、植付精度は良好であった。移植後浅水に保つことにより麦わらの浮遊、部分集積による被害を少なくすることができた。

第4表 機械利用時間（水稻中苗移植）（ha当り時間）

年次	耕 耘	施肥 (基肥)	代かき	移 植	除草剤 散 布	病害虫防除		収 穫
						1 回	2 回	
1973	RT 3.61	—	DH 3.33	TP2 12.82	MBC 1.33	SPK 0.50	SPK 0.50	CH 7.65
1974	RT 4.00	BC 1.24	DHS 6.62	TP2 9.62	MBC 0.83	SPK 0.82	SPK 0.82	CH 5.57
1975	RT 4.00	BC 1.24	DHS 6.62	TP4 6.75	PD 0.45	SPK 0.38	SPK 0.43	CH 10.70

注) CHの1973, 74年は4条用, 1975年は2条用コンバイン, 他は第2表注)1を参照。

第5表 機械利用時間（小麦散播）（ha当り時間）

年次	施肥 (基肥)	播 種	耕耘 (覆土)	鎮 圧	除草剤 散 布	収 穫
1974	BC 1.17	BC 0.46	RT 4.17		SP 0.51	CH 5.26
1975	BC 0.71	GD 0.88	RT 3.81	RO 0.86	SP 0.60	CH 11.91

注) CHの1974年は4条用コンバイン, 1975年は2条用コンバイン, 他は第2表注)1を参照

ほ場作業の機械利用時間は第4表のとおりである。

麦稈すき込み一代かきが生育に及ぼす影響は小さく、収量はa当り50.7Kgであった。また、小麦あとの晩植であったが、出穂期は慣行手植に比べ3～4日の遅れであった。

② 小麦について

作業体系は二条大麦散播体系と同じで、作業の変更は播種をブロードキャストからグリーン・ドリルによる散播に、また、播種後鎮圧を2年次に加えたことである。

ほ場作業の機械利用時間は第5表のとおりである。

生育は2カ年とも順調で、収量はa当り41.7Kgであった。

③ 考察

この体系は水稻を中苗機械移植に、小麦を散播栽培として省力化するとともに、菓稈類をコンバインのカッターで切断・散布し全量をすき込むことにより、作業工程の減少を図った。問題点とみられた麦稈のすき込み一代かきはロータリ耕耘後にドライブハローにより浅水状態で行えば、機械移植に支障がかなり程度に仕上げることは可能と考えられた。

また、稚苗機械移植では移植期の早期化により小麦の熟期と重複し、二毛作が困難であったが、中苗

育苗及び中苗用田植機の実用化により移植晩限が拡大され、小麦—水稻の結合が容易となり二毛作体系としての安定度の向上が認められた。更に、本県の麦作に占める小麦の割合(84%、1974年)、田植機植の普及度等からみて、この体系は稲麦二毛作の基幹体系になり得るものと考えられる。

3. 稲麦二毛作機械化作業体系のシミュレーション手法による評価

前述の「水稻晩期直播(散播)—二条大麦散播」、「水稻中苗移植—小麦散播」体系の作業体系試験結果に基づいて第1図のような両体系を結合した作業体系を考えた。それは、両体系を単独の体系としてみると作物切替時期に作業が集中し機械の負担面積は小さいとみられるので、水稻の作期、栽培方法、麦の種類の違いによる収穫期等が異なる両体系を組み合わせ、互いに補完させ、負担面積を拡大しようと考えたからである。そこで、両体系を組み合わせた稲麦二毛作機械化作業体系のシミュレーション・モデルを作成し、両体系を結合した技術体系の評価を主として負担面積という面から試みた。

1) シミュレーションの方法

シミュレーションの手法は、池田らによって、作業技術研究の評価に有効であることが報告²⁾されているインダストリアル・ダイナミックス³⁾を適用し、シミュレーション言語はダイナモを用いた。

まず、第1図の両体系を組み合わせた機械化作業体系の各作業間相互の因果関係を明らかにしつつ、時間の経過にしたがって作業体系の流れをフロー・ダイアグラムに表現した(第2図)。これにしたがって約450行のDYNAMO-1によるプログラムに書き換え、電算機(HITAC 5020)で演算した。

(1) 前提条件

シミュレーション・モデルの対象は本県平坦地帯の稲麦作集団を想定し、そこで組織的に機械類を利用することとした。

主な機械類は前述の試験に供試した大型トラクタ(46PS)、4条用田植機、4条用自脱型コンバイ

体 系		6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
稲麦二毛作機械化作業体系	水稻直播	大麦収穫 CH	除草剤散布 DF	防 除 PD	ダスタ+多口ホース	水稻収穫 CH	自脱コンバイン DF	グリーン・ドリル
		水稻施肥播種	防 除	追 肥		麦施肥播種	RT	ロータリ・ティラ
	大麦散播	覆土耕うん機	追 肥	防除	防除	覆土耕うん機	鎮 圧	RO
		鎮 圧	SPスプレー	SPKスプレー+畦畔ノズル		鎮 圧	RO	ローラ
水稻中苗移植 小麦散播		除草剤散布	SPスプレー	SPKスプレー+畦畔ノズル		除草剤散布	SP	
	水稻中苗移植	小麦収穫 CH	除草剤散布 DF	防 除 PD	追 肥	水稻収穫 CH	自脱コンバイン DF	グリーン・ドリル
		耕 う ん RT	防 除	追 肥	防除	麦施肥播種	RT	ロータリ・ティラ
	小麦散播	施 肥 BC	追 肥	防除	防除	覆土耕うん機	鎮 圧	RO
		代 か き DH	ドライブハーロー	SPK		鎮 圧	RO	
		移 植 TP4	田植機					除草剤散布 SP
		育 苗						

第1図 稲麦二毛作機械化作業体系の技術内容

ン、循環型乾燥機（2.1トン）を想定機種とした。

ほ場条件は基盤整備された灌排水良好な二毛作田で、一区画30aとした。

(2) 作業体系のモデル化

このような条件下で稲麦二毛作機械化作業体系を策定する場合には、想定集団内の農家が希望する作物の種類・品種・栽培方法別作付面積割合に合わせて、作業体系、各機械の導入台数等を自由に組み替えられることと、毎日の作業進行状況、作業工程ごとの負担面積等が把握できることが必要であり、そのようにモデル化した。なお、ここでは負担面積の算出までにとどめたが、経済試算部門の追加もできるよう配慮した。

第2図のフロー・ダイアグラムに示したシミュレーション・モデルの概要は、基本的には作業能率をレート変数（R）に、作業量をレベル変数（L）とし、時間の経過にしたがって作業すべき時期になったか、天候からの作業可能性はどうか等を毎日に判定しつつ、前後の作業の相互関係を保ちながら作業を進めていく構造になっている。

各作業とも同様な構造なので、第2図の右下の代かきと移植作業の関係を例にとって作業の進め方と作業間の情報のフィードバック・ループについて述べる。（図中の右下に太線で示した。）

まず、SIRR1で代かきが行なわれ、STB1のボックスカー・トレインで時間差を設けて、中1日経過したほ場が移植可能となる。移植は、天候からの作業の可否をTNK2というボックスカー・ト

レインに入っている作業可能率の境界値とRNSという一様乱数を毎日に比較して判定する。作業時期はKIK5という補助変数（STEP函数）で作業開始期と終期を決定する。この両者で作業可否を検討しながら、移植可能量レベルと移植量レベルをSTSA1で比較し、更にNT1のMIN函数で、移植可能量がNTUEの田植機能率より大きければNTUEで移植し、小さい場合は移植可能量と移植量の差だけを移植するよう選択する。この情報が移植レートを経て移植量レベルを変化させ、この移植量レベルの情報は、代かきによって変化した移植可能量レベルと再び比較され、移植レートに作用する。このような情報のフィードバック・ループを毎日に繰返しながら作業が進められる。

(3) 作業可能の判定法

前橋市における天候からの時期別作業可能日数率を+5～-5の範囲の値に換算して境界値を設け、そこへ一様乱数を発生させ、これらを比較して毎日の作業が可能かどうかを決める方法をとった。作業可能日数率は群馬県農政部資料⁴⁾によったが、代かきと移植は20mm以下の降雨ならば作業可能とし、また、収穫作業では夕方から夜間の降雨を考慮して、降水量10mm以上の日でも昼間が晴天であれば、ある程度の作業は可能とみて、日照時間の多少により修正した値を用いた。

(4) パラメータの組合せ

最適な、あるいはより良い組合せを得るには多くの組合せを設定して検討すべきであるが、この演算

記号)

OMSB : 大麦上麦重歩合
 OMST : 大麦水分換算係数
 OMHLS : 大麦収穫ロス
 OMY : 大麦収量
 K1DNO : 乾燥機1台の大麦処理量
 KDI : 乾燥機台数
 CNOM : コンバイン1台の大麦収穫能率
 CDI : コンバイン台数
 TDI : トラクタ台数
 CH1DN : トラクタ1台の直播能率
 OM : 大麦収穫制限値
 KM : 小麦収穫制限値
 CHM : 直播制限値

KMBS : 小麦上麦重歩合
 KMST : 小麦水分換算係数
 KMHLS : 小麦収穫ロス
 KMY : 小麦収量
 K1DNK : 乾燥機1台の小麦処理量
 CNKM : コンバイン1台の小麦収穫能率
 KU1DN : トラクタ1台の耕うん・施肥能率
 SR1DN : 代かき能率
 TUDI : 田植機台数
 TU1DN : 田植機1台の能率
 KIK1~5 : 各作業の期間
 RNS : 一様乱数

第2図 稲麦二毛作機械化作業体系のフロー・ダイアグラム

第 6 表 パラメータの組合せ

ケ	機械台数の組合わせ				作付面積割合			
	トラクタ	4 条	4 条	乾燥機	水 稲	麦		
ス	4 6 P S	田植機	コンバイン	2.1 t	散直播	中苗移植	大 麦	小 麦
I	1	1	1	4	1/3	2/3	1/2	1/2
II	3	2	2	10	1/3	2/3	1/2	1/2
III	1	1	1	4	0	3/3	1/2	1/2
IV	3	2	2	10	0	3/3	1/2	1/2

注) 1. この試算では、乾燥機は負担面積の制限要因にならない台数とした。
2. 品種：水稻直播ニホンマサリ、移植ニホンマサリ (1/2)，日本晴 (1/2)，大麦アズマゴールドン、小麦ウシオコムギ

第 7 表 作業期間と 1 日のほ場作業量

作業名	期 間	ほ場作業量	1 日 の 実作業時間
大 麦 収 穫	(6 月 6 日～15 日)	1.73 ha/日	8.00 時間
小 麦 収 穫	(6 月 16 日～24 日)	1.72	7.96
水 稻 直 播	(6 月 6 日～15 日)	0.95	6.58
耕うん・施肥	(6 月 16 日～26 日)	1.53	7.71
代 か き	(6 月 22 日～ 7 月 3 日)	2.46	8.21
移 植	(6 月 24 日～ 7 月 5 日)	1.28	8.62
水稻収穫 I	(10 月 16 日～25 日)	0.89	4.90
" II	(10 月 26 日～11 月 4 日)	0.83	4.58
麦 播 種 I	(10 月 26 日～11 月 4 日)	0.68	4.16
" II	(11 月 5 日～14 日)	0.64	3.89

第 8 表 負担面積 (シミュレーションの結果)

試行 № ケース	1	2	3	4	平 均
I	8.9 ha	6.6 ha	9.9 ha	8.7 ha	8.5 ha
II	26.2	24.0	22.4	27.4	25.0
III	4.6	4.5	6.0	7.6	5.7
IV	21.1	15.3	21.3	15.4	18.3

では第 6 表に示した 4 ケースの組合せについて検討した。ケース I、II は経験的に良いと思われる作付面積割合の組合せに、機械台数を変えてシミュレートしたものである。ケース III、IV は、この試験で新しく組み立てた水稻晩期直播 (散播) 体系を用いない場合で、機械台数はケース III が I に、IV が II に相当するものである。但し、この 4 ケースとも、稲麦の作付は休閒ほ場のない二毛作とした。

(5) シミュレーションの期間

シミュレートする期間は作業が集中する作物の切替時期、即ち、6 月 6 日から 7 月 5 日、10 月 16 日から 11 月 14 日の 60 日間とし、作物切替時期の前後作業の相互関係による作業量の動きを明らかにするために 2 カ年間にわたって演算を行なった。

各作業の時期と期間は前橋市近郊の気象・水利条件によって設定した (第 7 表)。

(6) 機械 1 台当りの 1 日のほ場作業量

想定機種の時当たり作業量 (試験結果の平均値、あるいは改善後の作業方法、供試機による値) と、前橋市の日長時間を基準に計算した実作業時間により算出した (第 7 表)。

これらのうち、水稻直播とは施肥・播種一浅耕一鎮圧一除草剤散布、耕耘・施肥とは移植前の耕耘一施肥、麦播種とは施肥・播種一浅耕一鎮圧の一連の工程を連続して作業するものとし、一括した値で示した。ただし、麦の施肥・播種は試験では 2 工程作業であるが、ここでは水稻散播の 1 工程作業のデータを代用した。

(7) 作物条件

体系試験の実績から次のように条件設定を行なった。

品種 水 稲：ニホンマサリ、日本晴

二条大麦：アズマゴールドン

小 麦：ウシオコムギ

収量：水稻 { 直 播 4.81 トン/ha (玄米重)
中苗移植 5.07 " (")
玄米重/粳重 $\times 100 = 80\%$

麦 { 二条大麦 4.67 トン/ha (上麦重)
小 麦 4.17 " (")

上麦重歩合 { 二条大麦 97%
小 麦 98%

収穫時の穀粒含水率と仕上がり含水率：

水稻 (前半) 20% $\rightarrow$ 14%、(後半) 18% $\rightarrow$ 14%

大麦、小麦 25% $\rightarrow$ 13%

2) シミュレーションの結果と考察

演算は第 6 表の 4 ケースを、乱数を変えて各々 4 回試行した。その結果、負担面積は第 8 表のとおりである。また、2 年間の負担面積の変化の状態を第 3、4 図に示した。

(1) ケース I について

機械台数各 1 台の場合の演算結果は第 3 図のとおりで、乱数のちがいによる負担面積のふれは、作業

第3図 シミュレーションによる負担面積の試算結果：
Case I (トラクタ1台、田植機1台、コンバイン1台の場合)

第4図 シミュレーションによる負担面積の試算結果：
Case II (トラクタ3台、田植機2台、コンバイン2台の場合)

ごとのものを下段に、組合せ体系としての負担面積を上段に示した。

1年目の麦収穫では、どの程度の負担面積があるのか不明なので、大きな制限値を与えてシミュレーションを開始した。前作業からの制約がないことと、二条大麦と小麦を組み合わせたことにより、麦収穫の負担面積は大きいですが、次第に各作業間の相互作用が働いて、負担面積は減少しながら落着き、1年目末の麦作付からはほぼ安定状態となった。

この場合の負担面積を2年目の安定した部分でみると平均値は8.5 ha、ふれの範囲は6.6から9.9 haで、これは天候による年次差に相当するものである。4回の試行で負担面積を強く制限したのは、麦播種が3回、水稻作付の作業が1回で、いずれもトラクタによる作業であった。水稻の作付は梅雨期の作業のため、負担面積のネックになるとみられたが、ここでは直播と移植を組み合わせたことにより作業が分散したため、制限する度合は小さく、むしろ、秋の日長時間が短いことにより麦播種が強く制限する結果となった。

(2) ケースⅡについて

ケースⅠの組合せではトラクタ作業が負担面積を制限し、田植機、コンバインには余裕があった。このケースⅠの演算結果を検討し、各作業工程が相互により均衡のとれた作業体系となるようにするために、作付面積割合はⅠと同じで機械台数の組合せを変えて演算した(第4図)。

負担面積は平均値で25.0 ha、

ふれの範囲は2.24～2.74 haで、トラクタを3台に増せば、田植機、コンバインは2台でも、1台体系の約3倍の負担面積が得られた。この場合には主な機械の作業量はほぼ均衡が得られ、この設定条件での機械導入台数はこの組合せを単位とすれば良いと考えられた。

(3) ケースⅢ、ケースⅣについて

前述の試験で新しく組み立てた水稻晩期直播(散播)体系が、この組合せ体系モデルの中でどのような役割を果たすかを評価するため、ケースⅠ、Ⅱの各作業体系の中から、水稻晩期直播の体系を削除した場合を演算したものである。

負担面積はケースⅢ(ケースⅠに対応)が平均値で、2.8 ha減、ケースⅣ(ケースⅡに対応)では67 ha減少した。また、負担面積の制限要因はケースⅢ、Ⅳともに4回の試行すべてが水稻移植のための耕耘、施肥、代かき作業であった。

この試行結果とケースⅠ、Ⅱの結果から、水稻晩期直播体系を組み合わせたことによって、負担面積を著しく増加させる効果が確認できた。

(4) 小括

供試した二毛作体系は作物切替期間が短かく、そこに作業が集中するため、個々の作付体系としては機械負担面積は小さい。そこで、水稻の作期、栽培方法、麦の収穫期等が異なる二体系を組み合わせた作業体系を検討したところ、機械負担面積の拡大に有効であることと、設定条件に適した機械導入台数の組合せ等をシミュレーションにより具体的に明らかにした。

残された問題点は、この試算では技術的評価のみに止め、経済性については検討しなかった。今後、経済評価部門を追加し検討する必要があると考えている。さらに、このモデルを改良して現地の稲麦二毛作集団の機械利用計画の策定に役立てたい。

6. 摘 要

稲麦二毛作機械化作業技術体系を確立するために、「水稻晩期直播(散播)―二条大麦散播」、「水稻中苗移植―小麦散播」の二体系における機械化作業体系試験を実施し、両体系ともに実用性が高いことが認められたので、この試験結果に基づいて、シミ

ュレーションにより、これら二体系の技術的評価を行なった。

1) これらの二体系を個別にみると、麦収穫から水稻作付までの切替期間が短かく、梅雨期に当たるため、いずれも負担面積は小さいので、水稻の作期、麦の収穫期が異なる二体系を組み合わせ、どの程度の負担面積拡大が可能かをシミュレーションにより検討した。

2) 46PSトラクタ1台、4条用田植機1台、4条用自脱型コンバイン1台で、水稻作は直播1/3、移植2/3、麦作は大麦1/2、小麦1/2の作付割合の組合せでは、負担面積は平均8.5 ha(6.6～9.9 ha)であるが、この組合せで晩期直播がない場合には平均5.7 ha(4.5～7.6 ha)であった。

3) トラクタ3台、田植機2台、コンバイン2台の組合せでは、負担面積は平均25.0 ha(2.24～2.74 ha)であるが、晩期直播がない場合は平均18.3 ha(1.53～2.13 ha)であった。

4) これらのシミュレーションの結果から、新しく作出した水稻晩期直播技術が機械負担面積拡大に極めて効果が高いことが明らかとなった。

5) 機械導入台数の組合せは、二体系を組み合わせた場合、トラクタ3台、田植機2台、コンバイン2台で、主な作業の負担面積の均衡が得られ、25 ha程度の集団栽培に最も適していることが明らかになった。

7. 引用文献

- 1) 斎藤栄賢・後閑宗夫・金子一也・石井四郎・南 雅治・町田庄一郎：(1973)水田作機械化作業体系確立に関する研究 群馬農試報告 13：13～25
- 2) 池田 弘・加藤明治・窪田哲夫：(1974)乾燥牛糞の生産と利用に関する研究 第2報 牛糞乾燥施設の運営のシミュレーション・モデルについて 農作業研究 20：75～84
- 3) J.W. Forrester (石田晴久・小林秀雄共訳)：(1971)インダストリアル・ダイナミクス 紀伊国屋書店
- 4) 群馬県農政部：(1969)水田作機械化の手びき