

大規模畑作経営における革新的技術体系の 経営的評価

—十勝地域A町の家族経営を対象として—

Farm Management Analysis of Innovative Technology on Large-Scale Upland Farming
— A Case Study of Family Farm Management in Town A, Tokachi District —

ルハタイオパットプウォンケオ*† (Puangkaew Lurhathaiopath) ・
大石亘* (Wataru Oishi) ・ 関根久子** (Hisako Sekine) ・ 松下秀介* (Shusuke Matsushita)

要約：本研究では、「攻めの農林水産業の実現に向けた革新的技術緊急展開事業」の一環として、実証研究が実施されている革新的技術体系の導入効果と導入条件の解明を試みる。具体的には、北海道の畑作を代表する十勝地域にあるA町を対象とし、①てん菜新体系、②ばれいしょ新体系、③キャベツ新体系の導入による経営耕地面積および経営収益の拡大可能性と営農現場に導入されるための条件を明らかにする。

十勝地域A町の農業労働力および農業の現状等を考慮して構築した線形計画モデルを用いて分析を行った結果、次のことが明らかになった。①慣行体系のみでは限界があり、更なる経営規模拡大と所得向上を図るために、革新的技術体系の導入が不可欠である。②てん菜新体系では、大幅な省力化を可能にするが、機械装備の固定費が高いため、単独での導入は経済性を有しないおそれがある。③ばれいしょ新体系とキャベツ新体系の導入は経済性を有し、経営規模と所得の大幅な拡大を可能にする。しかし、キャベツ新体系では規模拡大の効果は比較的小さい。④それぞれ新体系が導入されるためには、収量の向上・安定化、機械装備の固定費の引き下げ、コントラクター組織体制の整備・推進が大きな課題となっている。

キーワード：大規模畑作経営、革新的技術体系、経営的評価、線形計画法

表1 北海道の畑耕地面積の推移

	畑	普通畑					
		計	麦類	いも類	豆類	工芸農作物	
1970	全国	1,640	1,277	428	251	178	282
	北海道	609 (38)	353 (28)	12 (3)	69 (28)	90 (51)	57 (21)
1980	全国	1,475	968	231	143	168	236
	北海道	703 (48)	326 (34)	65 (29)	60 (42)	73 (44)	58 (25)
1990	全国	1,465	964	335	123	184	190
	北海道	785 (54)	383 (40)	126 (38)	63 (52)	73 (40)	71 (38)
2000	全国	1,316	875	191	98	106	161
	北海道	769 (59)	427 (49)	93 (49)	59 (60)	55 (52)	70 (44)
2010	全国	1,372	756	260	92	166	151
	北海道	844 (62)	379 (51)	119 (46)	55 (60)	61 (37)	69 (46)
	十勝	234 (28)	160 (43)	46 (39)	23 (42)	26 (43)	32 (47)

出所：農林水産省「農業センサス」より作成

注：1) 単位は千haである。

2) カッコ内の数値は全国に占める北海道の割合を示す。十勝地域については北海道に占める割合を示す。

1. 背景・目的

十勝地域は北海道の畑作を代表する地域の1つであり、麦類、いも類、豆類、工芸農作物を基幹とした畑作経営が展開している(表1)。これまで十勝地域の畑作経営では、経営規模拡大、大型機械体系の導入、適正な輪作体系、さらに高収益作物である野菜類の導入などが進行しており、高収量・高品質な畑作物生産や所得の維持・確保を実現してきた。しかし、近年、後継者不在農

*筑波大学生命環境系 (Life and Environmental Sciences, Tsukuba University)

**農研機構中央農業研究センター (NARO Agricultural Research Center)

†Corresponding author (E-mail: lurhathaiopath.pu.fw@u.tsukuba.ac.jp)

家の高齢化に伴う離農の加速化や畑作物価格の不安定・低下などにより、農地の流動化が進行するとともに、1戸当たりの経営規模の更なる拡大が見込まれている¹⁾²⁾³⁾。また、こうした急激な規模拡大とそれに伴う作業競合・労働力不足を背景として、特に大規模経営では労働集約的な作物であるてん菜とばれいしょの作付けが減少する一方、相対的に省力的な作物である小麦の過作・連作が増加し、適正な輪作体系の崩壊が懸念されている。さらに、2011年以降、それまでの経営所得安定対策と比べ高収量・高品質でなければ政策的サポートが縮小することになる「農業者戸別所得補償制度」の導入により、農家の経済状況は不安定化している。

こうした問題を克服するために、これまでてん菜の直播栽培と多畦収穫、ばれいしょの早期培土やソイルコンディショニング、大豆の耕うん同時畝立て狭畦栽培などの開発技術の実用化が推進されてきた。例えば、実態調査と機関調査に基づき、てん菜の直播栽培の収益性を試算し、十勝地域におけるてん菜の直播栽培の導入効果と導入条件を評価した平石⁴⁾、十勝地域の大規模畑作経営へのコントラクターによるてん菜自走式多畦収穫機のテラドスの導入メリットと定着可能性を検討した樋口ら⁵⁾、十勝地域の大規模畑作経営におけるてん菜直播栽培、加工用ばれいしょソイルコンディショニング栽培、大豆狭畦栽培、休閑緑肥を組み合わせた新しい畑作生産システムの導入効果と可能性を評価した若林⁶⁾などがある。これらの研究では開発技術の一定の効果が示されているが、大規模畑作経営の急激な増加への対応、収益性の高い畑作経営の実現および国際競争力の一層の強化が求められる中で、規模拡大に伴う作業競合・労働力不足に対応できる省力化と低コスト化、さらに安定多収の畑作生産体系の確立や新規作物の導入の検討などが重要な課題となっている。

以上の課題に対応するため、2013年度補正予算により措置された「攻めの農林水産業の実現に向けた革新的技術緊急展開事業」の一環として、研究機関・民間・大学が協力して、革新的な技術体系を確立するための実証研究を実施している。北海道の畑作地帯を対象とした研究では、主要な担い手として想定される100ha規模の大規模雇用型法人経営、およびコントラクター組織との連携を前提とした50ha規模の家族経営群を対象に、畑作物および加工業務用野菜における①効率的機械体系と安定

多収栽培技術による省力・低コスト技術体系、②ICTを活用した高精度作業支援技術を基軸とした寒地畑作スマート農業モデルの実証・評価が行われている。具体的に、①ではてん菜の直播・狭畦密植栽培、大型収穫機・トレーラ搬送体系、ばれいしょの植付け等の春作業の工程化、大型収穫機・トレーラ搬送体系、キャベツとニンジンの機械収穫体系などの省力・低コスト技術体系、②ではGNSSガイダンス、自動操舵、周短期リモートセンシングとそれに対応した可変施肥システム、後付型ECUなどのICTを活用した高精度作業支援技術の実証・評価が試みられている。

このような革新的な技術体系の導入は、作業労働時間の削減、生産コストの削減、経営面積の拡大、適正な輪作体系の維持などに寄与するものと期待される。そこで、本研究では、これら革新的技術体系の実証・評価が行われている十勝地域A町の家族経営を対象に、主として①効率的機械体系と安定多収栽培技術による省力・低コスト技術体系（以下、新体系）に着目し、その導入による経営収益・面積の拡大可能性を評価するとともに、営農現場に導入されるための条件を明らかにする。

2. データおよび分析方法

(1) 十勝地域A町農業の概要

十勝地域は北海道東南部に位置し、大きく中央部、周辺部、山麓部、沿海部の4つの地域に分けられ、中央部と周辺部では畑作物と野菜類を、山麓部と沿海部では酪農等を中心とした経営が行われている。本研究の対象であるA町は周辺部にあるが、山麓部に隣接しているため、農業経営形態は畑作と酪農が主体で一部複合経営が営まれている。農業センサスによると、1990年～2010年の20年間で農家戸数とともに専業農家戸数が急激に減少する一方、農家1戸当たりの経営耕地面積は拡大傾向にあり、経営耕地面積が50ha以上の大規模畑作経営が増加している。農業経営者の平均年齢については年々上昇傾向にあるが、世代交代等により農業経営者の高齢化は緩やかに進展している^{註1)}。平均家族労働者数は大きな変化は見られないが、1990年の3.1人から2010年に3.2人へと若干増加している（表2）。

農家1戸当たりの作物別の経営耕地面積（2011年）は、小麦13.2ha、てん菜10.3ha、ばれいしょ9.5ha、豆類

6.1ha, 野菜類0.4~1.4ha, 雑穀類4~5haとなっている。小麦の品種は主にうどん等に使用される「きたほなみ」とパン・中華麺用の「ゆめちから」の2つである。てん菜については移植栽培が主流であるが、近年省力化を図るため、直播栽培の導入が見られる^{注2)}。ばれいしょは生食と加工用が一般的であり、ポテトサラダ、ポテトチップスなど用途に応じた多くの品種が栽培されている。豆類は小豆と菜豆類の手亡が比較的多い。野菜類は所得向上を図るために、1980年代後半から導入され、生食と加工用のキャベツ、グリーンアスパラガスなどがあげられる。近年、加工業務用野菜に対する需要の増大と農協の育苗・収穫委託により、加工用キャベツの作付面積は増加傾向にある。雑穀類では、古くから全国的に高い評価を得ているそばと隣の町の施設で加工されるスイートコーンが主である(表3)。

(2) 新体系の概要

本研究の評価対象の新体系は、①てん菜の直播・狭畦密植栽培、大型収穫機・トレーラ搬送体系(以下、てん菜新体系)、②ばれいしょの植付け等の春作業の一工程化、大型収穫機・トレーラ搬送体系(以下、ばれいしょ新体系)、③キャベツの機械化体系(以下、キャベツ新体系)の3つである。図1と表4はそれぞれ新体系の栽培技術体系の概要と収量や比例利益等を示している。①てん菜新体系では、整地・施肥・播種作業の一工程化や育苗・管理作業・茎葉除去・収穫物の一時堆積作業の省略化等により、慣行体系と比べて総投下労働時間が72.8%、コストが20%削減され、省力化と低コスト化が図られた。②ばれいしょ新体系では、施肥・播種・培土の一工程化や収穫機2畦とトレーラ搬送体系により、ばれいしょの作付面積の拡大と輪作体系を大きく規制する植付け時期と収穫時期の労働競合が緩和され、慣行体系の約20%近くまで労働の省力化が可能となった。③キャベツ新体系では、農協の育苗センターの利用と機械化体系により、総投下労働時間が80%以上削減された。また、鉄コンテナとJ Rコンテナ輸送の導入により、段ボール代と流通経費が低減され、コストは慣行体系より安くなる。

(3) 分析方法

ここでは新体系の導入による経営収益と経営耕地面積の拡大可能性の評価とその導入条件の解明を試みるため

表2 十勝地域A町の農業労働力の推移

		1990	1995	2000	2005	2010
販売農家数(戸)		407	350	300	277	245
専業農家数(戸)		351	275	218	207	170
第1種兼業農家数(戸)		51	68	74	65	66
第2種兼業農家数(戸)		5	7	8	5	9
経営耕地面積規模別農家数(戸)	30ha未満	312	204	123	98	72
	30ha~50ha未満	91	134	147	135	116
	50ha以上	4	12	30	44	57
年齢別農業経営者数(人)	30歳未満	-	-	3	2	-
	30歳~40歳未満	-	-	44	21	19
	40歳~50歳未満	-	-	119	102	59
	50歳~60歳未満	-	-	75	107	116
	60歳~70歳未満	-	-	45	32	39
家族労働者数(人/戸)	平均	3.1	3.1	3.2	3.2	3.2
	男	1.6	1.6	1.7	1.7	1.8
	女	1.5	1.4	1.5	1.5	1.5

出所:農林水産省「農業センサス」より作成
注:1) 家族労働者数は農業従事者数を販売農家戸数で除して算出した。

表3 十勝地域A町の作物別の耕地面積の推移

	2007		2009		2011	
	面積	戸数	面積	戸数	面積	戸数
小麦	1,608	130	1,613	128	1,627	123
てん菜	移植	-	-	-	1,157	-
	直播	-	-	-	36	-
計	1,326	129	1,275	125	1,193	116
ばれいしょ	澱原用	13	4	11	3	3
	生食用	399	85	350	84	351
	加工用	480	88	531	86	474
	種子用	188	19	175	18	171
計	1,080	113	1,067	113	1,011	106
豆類	小豆	401	110	441	109	452
	大豆	27	7	31	10	31
	手亡	170	63	162	62	142
	中長うずら	16	5	13	4	16
	金時	46	22	52	24	42
計	660	117	699	117	683	112
野菜	生食用キャベツ	48	27	35	24	30
	加工用キャベツ	2	6	2	7	7
	アスパラガス	14	28	15	26	16
	イチゴ苗	5	11	5	12	5
	その他野菜	62	61	89	64	89
計	131	-	146	-	147	-
雑穀	スイートコーン	161	48	135	41	165
	そば	118	32	60	21	114
	計	279	-	195	-	279
その他普通畑作物	198	-	180	-	197	-
飼料作物	牧草	4,529	130	4,341	126	4,280
	とうもろこし	1,730	116	1,983	127	2,147
	計	6,259	131	6,324	137	6,427
経営耕地面積	11,541	-	11,499	-	11,564	-

出所:A町農協資料「第9次農業振興計画」より作成
注:1) 面積と農家戸数の単位はそれぞれha, 戸である。

の線形計画モデルを構築する。なお、慣行体系モデルの前提条件は、表2と表3に示す十勝地域A町の農業労働力、農業の現状およびA町農協の職員による聞き取り調査結果のデータをもとに設定した。労働係数と利益係数は、北海道農業生産技術体系(北海道農政部編第4版)と北海道農業研究センターの職員による聞き取り調査結果のデータをもとに算出して用いた。

まず、慣行体系モデルについては以下の前提条件を設



図1 新体系の栽培技術体系の概要

出所：北海道農業生産技術体系（北海道農政部編第4版）・農研機構北海道農業研究センターへの聞き取り調査等より作成
 注：1）図中の体系名欄の数値は10a当たりの総投下労働時間を、作業名欄の数値は10a当たりの作業別投下労働時間を示している。なお、てん菜新体系とばれいしょ新体系の新技術の投下労働時間は、農研機構北海道農業研究センターの新体系の作業速度、作業幅、作業効率等に関する調査結果に基づいて算出した。加工用キャベツ新体系の新技術の投下労働時間は佐藤⁷⁾のデータに依拠している。

表4 各作物の利益係数（10a当たり）

	単位	秋まき 小麦	てん菜 (慣行・移植)	てん菜 (新体系・直播)	生食・加工用 ばれいしょ (慣行)	生食・加工用 ばれいしょ (新体系)	小豆	手亡	加工用 キャベツ (慣行)	加工用 キャベツ (新体系)
収量	kg	580	6,000	5,580	3,000	2,910	240	270	5,500	5,500
単価	円	51.5	11.0	11.0	47.0	47.0	294.3	250.0	36.0	36.0
売上	円	29,870	66,000	61,380	141,000	136,770	70,631	67,500	198,000	198,000
副産物	円	0	0	0	3,000	2,910	0	0	0	0
交付金	円	62,350	36,000	35,768	0	0	0	0	0	0
粗収益	円	92,220	102,000	97,148	144,000	139,680	70,631	67,500	198,000	198,000
種子代	円	1,279	2,292	3,087	23,452	23,452	1,659	3,941	38,635	0
肥料費	円	10,633	20,740	9,263	8,459	8,459	13,170	11,067	18,635	13,946
農薬費	円	3,497	7,777	18,352	7,208	7,208	4,709	4,726	10,749	8,423
光熱動力費	円	1,487	1,781	914	2,190	2,190	1,303	1,325	1,322	581
その他費用	円	15,467	6,935	0	25,414	25,414	2,779	3,126	39,866	64,836
費用合計	円	32,362	39,525	31,616	66,723	66,723	23,619	24,185	109,207	87,786
比例利益	円	59,858	62,475	65,532	77,277	72,958	47,012	43,315	88,793	110,214

出所：北海道農業生産技術体系（北海道農政部編第4版）・農研機構北海道農業研究センターへの聞き取り調査等より作成
 注：1）てん菜（新体系・直播）と生食・加工用ばれいしょ（新体系）の収量は、農研機構北海道農業研究センターの収量に関する試験結果をもとに算出した。具体的には、てん菜では慣行体系の移植栽培に比べて新体系の直播栽培の収量は7～10%、ばれいしょでは慣行体系に比べて新体系の収量は3～4%低下するとされている。なお、キャベツについては慣行体系と新体系の収量を比較できるようなデータがないため、佐藤⁷⁾のキャベツ慣行体系の収量を新体系の収量として用いた。
 2) 光熱動力費は燃料費を、その他費用は資料料金を含む。
 3) 加工用キャベツ新体系の生産費は佐藤⁷⁾のデータに依拠している。

定した。①経営耕地面積は50haである。②労働力は家族3名とする。③作付可能な作物は、秋まき小麦、てん菜（移植）、生食・加工用ばれいしょ（早生、中生、晩生）、豆類の小豆と手亡である。④各作物の利益係数は、生産収量に販売単価を乗じて直接支払交付金を加えた値から、変動費を差し引いた比例利益を用いる（表4）。⑤既存装備の固定費は1経営当たり1,100万円である⁸⁾。⑥輪作体系の制約条件については、てん菜とばれいしょは4年に1回（耕地面積の25%）、小豆は7年に1回（耕地面積の14%）、手亡は5年に1回（耕地面積の20%）とした。また小麦の作付けの前作は限定され、小麦の作付面積の50%（2年まで連作が可能）、早生と中生

の生食・加工用ばれいしょの作付面積の100%までとする。⑦作物生産のための労働係数は、北海道農業生産技術体系（北海道農政部編第4版）に基づく各作物のそれぞれの作業の月旬別の投下労働時間を用いるが、作業適期等はA町農協の策定した栽培暦を元に修正しモデルに反映させた。⑧労働制約条件については、A町の1994年～2014年の21か年のアメダスデータに基づいて算定した月旬別の平均作業可能日数×家族労働3名×通常期1日8時間（農繁期1日10時間）を労働可能時間数とする。なお、平均作業可能日数は、農林水産省の示した基準に依拠し、降水量が0.5mm以上10mm未満の場合は「半日休み」、10mm以上30mm未満は「1日休み」、30mm以

上は「2日休み」として算定した⁹⁾。

次に、以上の慣行体系モデルをもとに、次のような経営モデルを策定する(表5)。

A：全作業期間に臨時雇用労働を導入し、各月旬別に2名、1日8時間まで利用可能とする。雇用の賃金は1時間当たり1,500円とする。

B：借地を利用可能とする。借地が利用された場合、10a当たり8,000円の借地料が発生すると想定する。

C：てん菜新体系を導入可能とする。この新体系が導入された場合、全ての作業は自己完結で行われ、てん菜の育苗準備・管理作業の省略と収穫・搬送作業の省力が図られ、総投下労働時間が72.8%削減される。また、直播栽培による収量低下は見込まれるが、狭畦密植栽培により、低下する収量は7%であるとする。

D：ばれいしょ新体系を導入可能とする。この新体系が導入された場合、全ての作業は自己完結で行われ、収量は慣行体系を3%下回るが、播種・培土等の春作業と収穫および搬送作業の労働時間が減少し、総投下労働時間が17.6%程度削減されるとする。

E：加工用キャベツ新体系の導入が可能とする^{注3)}。育苗は農協の育苗センターを、移植は全自動野菜移植機を、収穫は全自動収穫機を利用する。加工用キャベツ新体系が選択された場合、収量は慣行栽培と同様であるが、移植や収穫作業の労働時間の削減が図られ、総投下

労働時間が81.2%程度削減されるとする。なお、秋まき小麦の前作として加工用キャベツが作付され、作付面積の100%まで利用可能とする。また、加工用キャベツの作付上限は5年に1回(耕地面積の20%)であり、6月中旬から8月中旬まで収穫可能とする。

F：てん菜新体系とばれいしょ新体系を同時に導入することが可能とする。

G：てん菜新体系、ばれいしょ新体系、加工用キャベツ新体系を同時に導入することが可能とする。

なお、経営モデルC～Gでは、それぞれ新体系が導入された場合、新体系装備の固定費が発生するよう、整数値をとる固定費プロセスを設定した^{注4)}。経営モデルGの単体表を表6に示した。

3. 新体系の導入効果と導入条件

(1) 経営規模拡大と所得向上の効果

表7は各前提条件の下で農業所得を最大化する作付構成(最適解)の試算結果と参考事例のデータを示している。

経営モデルAの試算結果と参考事例のデータを比較すると、各作物の作付面積と農業所得に大きな差が見られないため、本研究で構築した線形計画モデルは正確に現状を反映し、妥当性が高いと言える。試算結果について

表5 策定する経営モデルの前提条件

	慣行	A 雇用 導入	B 借地 導入	C てん菜 新体系 導入	D ばれいしょ 新体系 導入	E キャベツ 新体系 導入	F てん菜+ ばれいしょ 新体系 導入	G 全ての 新体系 導入	備考
経営面積上限(ha)	50.0	50.0	無し	無し	無し	無し	無し	無し	経営モデルB以降は上限無し。
家族労働(名)	3	3	3	3	3	3	3	3	経営主・配偶者・子供、または、経営主・父・母を想定。
雇用の有無	×	○	○	○	○	○	○	○	各月旬別に2名、1日8時間まで利用可能。賃金は1時間当たり1,500円。
借地の有無	×	×	○	○	○	○	○	○	借地料は10a当たり8,000円。
作物 ・ 技術 の 選 択	秋まき小麦	○	○	○	○	○	○	○	
	てん菜(慣行・移植)	○	○	○	○	○	○	○	
	てん菜(新体系・直播)	×	×	×	○	×	○	○	①整地・施肥・播種作業の一工程化、②育苗・管理作業・茎葉除去、収穫物の一時堆積作業、搬送作業の省力化、などにより総投下労働時間が72.8%削減される。収量は慣行体系と比べて7%低下する。
	生食・加工用ばれいしょ(慣行)	○	○	○	○	○	○	○	
生食・加工用ばれいしょ(新体系)	×	×	×	×	○	×	○	○	施肥・播種・培土の一工程化や収穫機2畦とトレーラ搬送体系により、収穫時期の労働競合が緩和され、総投下労働時間が17.6%削減されることが可能となる。収量は慣行体系と比べて3%低下する。
小豆	○	○	○	○	○	○	○	○	
手亡	○	○	○	○	○	○	○	○	
加工用キャベツ(新体系)	×	×	×	×	×	○	×	○	農協の育苗センター、全自動野菜移植機および全自動収穫機を利用することにより、大幅な労働力の省力化が可能となり、慣行体系に比べて総投下労働時間が81.2%程度削減される。また、コストの削減も図られる。

注：1)「○」はプロセスとして設定すること、「×」はプロセスとして設定しないことを意味する。

2) 1,500円の臨時雇用賃金と8,000円の借地料はA町農協による聞き取り調査結果に基づいた現地取引金額である。

表6 経営モデルGの単体表 (初期解)

	秋まき 小麦	てん菜		生食・加工用 ばれいしょ (早生)		生食・加工用 ばれいしょ (中生1)		生食・加工用 ばれいしょ (中生2)		生食・加工用 ばれいしょ (晩生)		小豆	手亡	加工用 キャベツ (新体系1)	加工用 キャベツ (新体系5)	借地	既存装備 の固定費	*てん菜 新体系 装備	*生食・加工用 ばれいしょ 新体系装備	*加工用 キャベツ 新体系 装備	雇用 3月 上旬	雇用 3月 中旬	雇用 10月 下旬	雇用 11月 上旬
		慣行	新体系	慣行	新体系	慣行	新体系	慣行	新体系	慣行	新体系													
利益係数	59.9	62.5	65.5	77.3	72.9	79.2	74.8	79.2	74.8	81.1	76.6	47.0	43.3	110.2	110.2	-8.0	-11,000.0	-3,220.7	-3,189.8	-2,031.1	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5
耕地	500	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-1								
小麦前作	0	0.5			-1	-1	-1	-1						-1	-1									
てん菜作付上限	0	-0.25	0.75	0.75	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25	-0.25									
ばれいしょ作付上限	0	-0.25	-0.25	-0.25	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	-0.25	-0.25									
小豆作付上限	0	-0.125	-0.125	-0.125	-0.125	-0.125	-0.125	-0.125	-0.125	-0.125	-0.125	-0.125	-0.125	0.875	-0.125									
手亡作付上限	0	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	0.80	-0.20	-0.20									
キャベツ作付上限	0	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	0.80	0.80									
既存装備の固定費	1															1								
てん菜新体系装備	0			1													-434.6							
ばれいしょ新体系装備	0				1			1		1								-385.4						
キャベツ新体系装備	0													1	1							-140		
3月上旬	196		1.50																			-1		
3月中旬	259		1.14																				-1	
3月下旬	216		1.54																					
4月上旬	195		0.45		0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66												
4月中旬	246	0.03	0.48	0.07	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66		0.58										
4月下旬	237		1.65	0.35	1.18	1.20	1.18	1.20	1.18	1.20	1.18	1.20												
5月上旬	179		1.20	0.22	0.50	0.52	0.50	0.52	0.50	0.52	0.50	0.52		0.60										
5月中旬	182	0.03	0.10		0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03												
5月下旬	202	0.03	0.10	0.13	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.78	0.47	4.18	0.58								
6月上旬	191												0.03	0.34	4.18									
6月中旬	182	0.05	1.10	0.10	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20			7.05									
6月下旬	187	0.05	0.13	1.06	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.10	1.60	6.80									
7月上旬	167			0.10	0.53	0.03	0.53	0.03	0.53	0.03	0.53	0.03	1.60	1.60	1.73									
7月中旬	163			0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	1.73	0.23										
7月下旬	185		0.04		0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03										
8月上旬	163	0.16	0.29	0.29	0.53	0.03	0.53	0.03	0.53	0.03	0.53	0.03	0.03	0.03										
8月中旬	163				0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03										
8月下旬	179		0.14	0.04	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.03											
9月上旬	199	0.09	0.10		2.93	2.08	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03		0.03										
9月中旬	214	0.56	0.14	0.04	2.93	2.08	2.93	2.08	0.03	0.03	0.03	0.03												
9月下旬	216		0.25			0.83	2.93	2.08	2.93	2.08		0.34	0.34											
10月上旬	214	0.03	0.22	0.17			0.83	2.93	2.08	2.93	2.08	0.05	0.05	0.36	0.36									
10月中旬	183		0.13	0.05					0.83	2.93	2.08													
10月下旬	215	0.03	0.26	0.18							0.83	0.09	0.09										-1	
11月上旬	191		0.19	0.14																				-1
雇用3月上旬	131																				1			
雇用3月中旬	138																					1		
雇用3月下旬	144																							
雇用10月上旬	114																							
雇用10月中旬	122																							
雇用10月下旬	143																							1
雇用11月上旬	127																							1

注：1) *を付けたプロセスが整数プロセスである。

2) てん菜新体系とばれいしょ新体系の労働係数は農研機構北海道農業研究センターの新体系の作業速度、作業幅、作業効率等に関する調査結果に基づいて算出した。

3) 加工用キャベツ新体系の労働係数は佐藤⁷⁾のデータに依拠している。

4) てん菜新体系ではロータリー、播種施肥機(6畦)、輸入多畦収穫機(引き抜き式3畦)が、ばれいしょ新体系では深耕ロータリー、培土板付ポテトプランター、輸入多畦収穫機(2畦)が、キャベツ新体系では全自動移植機、収穫機(2畦)が新体系装備の固定費として発生すると仮定する。なお、てん菜新体系とばれいしょ新体系の機械の耐用年数は14年、キャベツ新体系の機械の耐用年数は7年と仮定し、それぞれ新体系装備の固定費を算出した。

見ると、慣行体系では、家族労働3名の下で作付可能な面積は経営面積上限を大きく下回る37haが限界となる。作付構成は、豆類が27.1% (小豆4.6ha, 手亡5.4ha), 小麦が26.9% (9.9ha), ばれいしょが25% (9.2 ha), てん菜(移植)が21% (7.8ha) となり、相対的に省力的な作物の作付が多くなっている。ばれいしょは生産に長い労働時間を要するが、収益性が高いため、25%の作付上限まで作付されている。一方、てん菜(移植)は、多大な労働力が必要であることや春・秋期の作業競合が激しいことから作付割合は21%に留まる。

臨時雇用労働が導入された場合(A), 労働力不足と作業競合が緩和され、経営面積上限の50haの作付が可能となり、臨時雇用労働を入れない慣行体系と比較して約825万円の所得増加が図られる。作付構成は、小麦が30.5% (15.2ha), てん菜(移植)とばれいしょはそれぞれ25% (12.5ha), 豆類が19.5% (小豆6.3ha, 手亡3.5ha) となっている。

慣行体系と家族・臨時雇用労働力の下で、借地が利用可能とした場合(B), 規模拡大は可能となるが、作付可能な面積は56.7haに留まる。所得は臨時雇用労働を導入した経営(A)に比べて271万円増加し、2,268万円となっている。作付構成は、慣行体系と同様に比較的省力的な作物の作付が多くなる。

てん菜新体系のみの導入が可能となった場合(C), 生産のための労働時間が大幅に削減されたにも関わらず、発生する新体系装備の固定費は高く、資本が回収できないため、てん菜新体系の導入は合理性を有しない結果となった。

ばれいしょ新体系のみが導入可能となった場合(D), 収益性の面では合理的であるため、新体系が導入され、ばれいしょの作付面積と経営規模の拡大および所得向上が図られた。しかし、この時、てん菜(移植)の作付面積は減少し、全体に占めるてん菜(移植)の作付割合は15.4%に留まる。

加工用キャベツ新体系のみが導入可能な場合(E), 規模拡大の効果は比較的低いですが、所得増加の効果はてん菜とばれいしょのそれぞれ新体系が導入可能な経営(C, D)より大きくなっている。一方、加工用キャベツ新体系の導入により、豆類の作付面積は大きく減少し、全体の作付面積に占める割合は3.2%となっている。

てん菜新体系とばれいしょ新体系が同時に導入可能とされた場合(F), てん菜とばれいしょの作付面積が拡大するとともに、大幅な規模拡大と所得増加がもたらされた。この時、てん菜新体系の占める割合は70.2%, ばれいしょ新体系の占める割合は88.2%である。

全ての新体系が同時に導入可能とした場合(G), 作付面積と所得が大幅に拡大する試算結果となった。また、それぞれの新体系を単独で導入する場合と比べて、規模拡大と所得向上の効果は大きくなっている。

(2) 新体系の導入条件

ここでは、てん菜とばれいしょの新体系の導入条件を検討する。具体的には、これら新体系を導入した線形計画モデルにおける利益係数や労働係数などを段階的に変化させて、各段階で得られた最適解に基づき、これら新体系が十勝地域A町の家族経営に導入されるための条件

表7 新体系の導入効果

	慣行	A 雇用導入	B 借地導入	C てん菜 新体系導入	D ばれいしょ 新体系導入	E キャベツ 新体系導入	F てん菜+ ばれいしょ 新体系導入	G 全ての 新体系導入	参考事例	
経営面積上限(ha)	50.0	50.0	無し	無し	無し	無し	無し	無し	50.0	
経営面積合計(ha)	37.0	50.0	56.7	56.7	65.7	58.5	75.3	78.7	50.0	
作付面積 (ha)	秋まき小麦	9.9	15.2	15.3	15.3	19.5	24.2	19.5	24.7	16.0
	てん菜(慣行・移植)	7.8	12.5	11.9	11.9	10.1	11.6	5.6	4.6	14.0
	てん菜(新体系・直播)	-	-	-	0.0	-	-	13.2	15.1	-
	加工用ばれいしょ(慣行)	9.2	12.5	14.2	14.2	0.0	14.6	2.2	0.0	13.0
	加工用ばれいしょ(新体系)	-	-	-	-	16.4	-	16.6	19.7	-
	小豆	4.6	6.3	7.1	7.1	8.2	1.4	9.4	9.8	5.0
	手亡	5.4	3.5	8.3	8.3	11.5	0.5	8.8	0.8	2.0
加工用キャベツ(新体系)	-	-	-	-	-	6.2	-	4.0	-	
農業所得(万円)	1,172	1,997	2,268	2,268	2,306	2,582	2,599	2,869	1,740	

注: 1) 試算ソフトは大石亘作成のXLPを使用した。

2) 参考事例はA町農協が作成した畑作専業経営(50ha)の営農類型のデータである。経営の労働力は家族労働2名, 臨時雇用延べ191人である。小麦, てん菜, 加工用ばれいしょ, 小豆, 手亡のそれぞれの収益と単価は, 510kg/10a・59.4円, 6,300kg/10a・11.7円, 2,880kg/10a・52.5円, 300kg/10a・297.5円, 300kg/10a・262.5円である。

を明らかにする。

てん菜新体系では、狭畦密植により、直播による収量低下の解消を実現しているが、慣行体系の移植栽培に比べて収量は低くなっている。また、大型収穫機などの装備の固定費は高額であり、収益性は合理的でないおそれがある。こうした収量や固定費などの経済的条件により、てん菜新体系の導入は大きく左右されると考えられる。そこで、てん菜新体系の導入条件を解明するために、全ての作業において自己完結を行う経営と収穫・トレーラ搬送作業をコントラクター組織に委託する経営の2つの経営を想定し、慣行体系である移植栽培に対して新体系である直播栽培の収量が0%から15%まで減少した時のてん菜の作付面積と投資可能額を試算した。その結果、てん菜新体系の導入が可能となった場合(C)、自己完結型経営では、慣行体系に対しててん菜の新体系の収量が5%以上減少した場合、新体系の導入の経済性は認められず、全てのてん菜の作付で慣行体系が選択された。それに対し、慣行体系に対して新体系の収量の減少が5%より小さい場合、新体系の導入経費は比例利益の増加額を下回り、軽労化効果も高いことから全てのてん菜の作付で新体系が適用されている結果となった。一方、コントラクター組織を利用する経営では、新体系の収量の減少率が10%以下の場合、てん菜の作付の一部で新体系が適用されている。てん菜新体系とばれいしょの新体系が同時に導入可能な場合(F)、てん菜新体系の投資可能額が更に増加し、自己完結型経営ではてん菜の

作付の70%が、コントラクター組織利用型経営では98%がてん菜新体系の占める割合である(表8)。

ばれいしょの収穫・搬送作業時間は全作業時間の半分以上を占めている。こうした収穫・搬送作業時間の長さはばれいしょ新体系の導入に影響することが予想されている。そのため、ばれいしょ新体系の導入条件を解明するために、てん菜新体系と同様に自己完結型経営とコントラクター組織利用型経営を想定し、ばれいしょ新体系の作付面積および投資可能額を試算した。具体的には、自己完結型経営では新体系の収穫・搬送作業の労働時間が慣行体系より5%削減から25%削減まで、収穫・搬送作業をコントラクター組織に委託する経営では収穫・搬送作業において家族労働自らが担う補助労働として「補助無し」「補助1名」「補助2名」を想定した。その結果、自己完結型経営では慣行体系より新体系の収穫・搬送作業の労働時間が15%以上削減された時、資本が回収できるため、全てのばれいしょの作付で新体系が適用されている。すなわち、収穫・搬送作業の労働時間が減少するほど、ばれいしょ新体系の導入割合が多くなる。コントラクター組織利用型経営では、収穫・搬送労働の外部化により、規模拡大と所得増加が図られるとともに、比例利益の増加額が高くなり、ほぼ全てのばれいしょ新体系の作付で新体系が導入されている。しかし、家族労働が補助労働を担う場合、一部のばれいしょの作付で慣行体系が選択される結果となった(表9)。

表8 てん菜新体系の導入条件

	[C] てん菜新体系導入							
	自己完結型経営				コントラクター組織利用型経営			
	収量0%減	収量5%減	収量10%減	収量15%減	収量0%減	収量5%減	収量10%減	収量15%減
固定費	3,221	3,221	3,221	3,221	1,196	1,196	1,196	1,196
投資可能額	3,676	2,895	2,122	1,820	1,827	1,581	1,334	1,088
てん菜(慣行)	0.0	11.9	11.9	11.9	10.3	10.3	10.3	11.9
てん菜(新体系)	15.0	0.0	0.0	0.0	4.7	4.7	4.7	0.0
経営面積合計	59.9	56.7	56.7	56.7	60.1	60.1	60.1	56.7
	[F] てん菜新体系+ばれいしょ新体系導入							
	自己完結型経営				コントラクター組織利用型経営			
	収量0%減	収量5%減	収量10%減	収量15%減	収量0%減	収量5%減	収量10%減	収量15%減
固定費	3,221	3,221	3,221	3,221	1,196	1,196	1,196	1,196
投資可能額	7,122	6,432	5,742	5,052	7,950	6,773	5,595	4,418
てん菜(慣行)	5.6	5.6	5.6	5.6	0.6	0.6	0.6	0.6
てん菜(新体系)	13.2	13.2	13.2	13.2	22.5	22.5	22.5	22.5
経営面積合計	75.3	75.3	75.3	75.3	92.5	92.5	92.5	92.5

注: 1) 単位は千円、haである。

2) 固定費と投資可能額はてん菜新体系の値である。

3) 経営モデルCのコントラクター組織利用型経営では、農家はてん菜新体系の収穫・トレーラ搬送作業をA町農協が主体となったコントラクター組織に委託する。てん菜新体系の収穫・トレーラ搬送の作業料金は10a当たり15,525円である。

4) 経営モデルFのコントラクター組織利用型経営では、農家はてん菜新体系とばれいしょ新体系のそれぞれの収穫・トレーラ搬送作業をA町農協が主体となったコントラクター組織に委託するため、てん菜新体系とばれいしょ新体系の収穫・トレーラ搬送作業に対する農家からの労働力負担はない。ばれいしょ新体系の収穫・トレーラ搬送の作業料金は10a当たり22,451円である。

表9 ばれいしょ新体系の導入条件

	[D] ばれいしょ新体系導入							
	自己完結型経営					コントラクター組織利用型経営		
	労働5%減	労働10%減	労働15%減	労働20%減	労働25%減	補助無し	補助1名	補助2名
固定費	3,190	3,190	3,190	3,190	3,190	848	848	848
投資可能額	2,712	3,132	3,574	4,041	4,552	14,981	12,532	8,283
ばれいしょ(慣行)	14.2	14.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	2.9
ばれいしょ(新体系)	0.0	0.0	16.4	16.7	16.9	24.1	21.7	17.4
経営面積合計	56.7	56.7	65.8	66.6	67.5	96.5	91.1	81.2

注：1) 単位は千円、haである。

2) 経営モデルDのコントラクター組織利用型経営では、農家はばれいしょ新体系の収穫・トラレーザ搬送作業をA町農協が主体となったコントラクター組織に委託するため、基本的にばれいしょ新体系の収穫・トラレーザ搬送作業に対する農家からの労働力負担はない。しかし、ばれいしょの収穫・搬送作業は労働を要するものであるため、「補助無し」の他にも、家族労働自らが担う補助労働として「補助1名」「補助2名」を設定した。なお、ばれいしょ新体系の収穫・トラレーザ搬送の作業料金は10a当たり22,451円である。

4. 終わりに

本研究では、十勝地域A町の家族経営を対象とし、線形計画モデルを用いて省力・低コスト新体系の導入効果の評価と導入条件の解明を試みた。得られた成果は以下の通りである。

①臨時雇用労働力と借地の導入による経営規模の拡大と所得向上の効果は期待できる。しかし、慣行体系のみでは作付可能な面積は56.7haが限界となる。更なる経営規模と所得増加を図るために、新体系の導入が不可欠であることが確認された。

②それぞれの新体系の導入効果の評価した結果、てん菜新体系では、作業労働時間の大幅な削減に成功したが、装備の固定費が高いため、導入の経済性を有しないことが明らかになった。

③それに対し、ばれいしょ新体系と加工用キャベツ新体系の導入は経済的であり、ばれいしょ新体系を導入することにより、経営規模と所得は大幅に拡大することが明らかになった。一方、加工用キャベツ新体系については、所得増加の効果は大きいですが、規模拡大の効果は小さいことが明らかになった。

④単独よりもすべての新体系の同時導入による効果は大きいことが明らかになった。

⑤十勝地域A町の家族経営にそれぞれ新体系が導入されるためには、収量・収益性の向上・安定化、装備の固定費の引き下げ、作業労働時間の削減やコントラクター組織などの作業支援組織体制の整備・推進が大きな課題となっている。

⑥本研究で構築した線形計画モデルの現実妥当性が高いことから、それぞれ新体系の導入効果や導入条件に関する分析結果の十勝地域のその他市町村への一般化が期待できる。

本研究では、省力・低コスト技術体系の導入効果の評価と導入条件の解明を試みたが、革新技術体系の経営経済的效果を総合的に評価するために、ICTの導入効果と導入条件の評価が必要であり、今後の課題として残されている。

注

- 1) 関根ら¹⁰⁾によると、2004年と2014年の農業経営者の平均年齢はそれぞれ47.7歳、53.1歳となっている。なお、この平均年齢は2004年と2014年のいずれの年においても営農を継続しているA町の111戸の経営を対象に集計している。
- 2) 北海道農政部生産振興局農産振興課の資料によると、2014年のA町のてん菜直播栽培比率は11.2%である。
- 3) 加工用キャベツを生産している農家数は少なく、総投下労働時間も非常に長いため、慣行栽培プロセスを設定しても選択されない可能性が高いことが予想される。そのため、本研究では加工用キャベツの慣行栽培のプロセスを設定せず、新規導入として加工用キャベツの新体系のプロセスを設定した。
- 4) 固定費プロセスを組み込む線形計画モデルの構築については大石¹¹⁾を参照されたい。

引用文献

- 1) 平石学 (2002) 十勝における大規模畑作経営の展開過程と経営成果. 北海道農業経済研究10(2) : 58-70.
- 2) 平石学 (2006) 大規模畑作経営の展開と存立条件. 農林統計協会, 東京.
- 3) 細山隆夫, 若林勝史 (2009) 道東十勝畑地型地域における農村集落の動向と新技術を組み込んだ60ha経営の形成. 北海道農業研究センター農業経営研究 103 : 1-62.

- 4) 平石学 (2004) 十勝地域におけるてんさい直播栽培の収益性と導入効果. 農業経営通信219: 6-10.
- 5) 樋口昭則, 渡邊大樹, 仙北谷康 (2009) てん菜自走式多畦収穫機の定着可能性の検討. 農業経営研究47(1): 70-75.
- 6) 若林勝史, 石田茂樹, 大津英子 (2012) てん菜直播とばれいしょソイルコンディショニングを核とする新生産体系の経営的評価. 北農79(2): 174-179.
- 7) 佐藤和憲, 加工・業務用キャベツの低コスト化に向けた生産の現状～北海道鹿追町の機械化一貫体系の取り組み～, <http://vegetable.alic.go.jp/yasaijoho/tokusyuu/1509/tokusyuu_03.html> (最終アクセス2016年6月25日)
- 8) 関根久子, 大石亘 (2016) ドイツの窒素収支管理方法に基づく窒素剰量を考慮した経営計画モデルの作成－北海道畑作経営を素材として－. 関東東海北陸農業経営研究: 41-48.
- 9) 農林水産省 (1987) 「水田農業確立対策のための技

術指針」

- 10) 関根久子, ルハタイオパットプウォンケオ (2016) 北海道畑作経営の動向と今後の展開方向—十勝地方A町の畑作経営データの分析—. 『日本農業経済学会大会報告要旨』
- 11) 大石亘 (1997) “農業経営設計における固定費問題” 戦略的農業のための意思決定. 農林統計協会, 東京, pp.93-107.

付記：本研究は「攻めの農林水産業の実現に向けた革新的技術緊急展開事業（うち経営評価研究およびマーケティング研究）」における「土地利用型作物を対象とする革新的技術体系の経営経済的効果と地域的インパクトの解明（課題ID：14537980）」（平成26～27年度）による研究成果の一部である。また、本研究の実施に当たり、十勝地域A町農協職員、農研機構北海道農業研究センター職員、ならびに農家の皆様には多大なご協力を賜りました。記して感謝の意を表します。

Summary : The purpose of this study is to evaluate the introduction effects and expanding possibilities of innovative technology on large-scale upland farming in town A, Tokachi district. In particular, a Linear Programming Model (LP) was applied to evaluate the possibilities of enlarging farm size and increasing profitability through the introduction of the innovative technology of sugar beet, potato and cabbage. Eight different Linear Programming Models with different scenarios were formulated based on a statistic data of Hokkaido agricultural production technology system (the 4th edition) and the provided data from the Agricultural Cooperative and farmers of town A, and NARO Hokkaido Agricultural Research Center. Model A assumes that it is possible for a farmer to hire two temporary workers for each working period. Model B assumes that it is possible for a farmer to hire two temporary workers and rent a land from other farmers. Model C, Model D, Model E, Model F and Model G assumes the same conditions as Model B except that it is possible for a farmer to introduce each innovative technology, such as innovative technology of sugar beet, potato, cabbage, sugar beet with potato, all innovative technologies, in each model.

The results and outcomes of the model ran for eight case studies are as follows. First, it was showed that the effectiveness of conventional cultivation had a limit, and in order to enhance the enlargement of farm size and income the introduction of innovative technology was necessary. Second, introducing the innovative technology of sugar beet could be very useful in labor-saving but it might not have a potential for high returns due to larger fixed investment cost of new mechanical equipment. Third, the innovative technology of potato and cabbage are not only have a high potential return but also have a positive effect on increasing farm size and profitability. Nevertheless, the innovative technology of cabbage tends to have less positive effect on increasing farm size. Fourth, introducing the innovative technology of sugar beet, potato and cabbage at the same time would be more effective than introducing individual one. Fifth, increasing and stabilization of crop yield and profitability, reduction in fixed cost of new mechanical equipment, support from contractor organization are conditions of the expansion of innovative technology.

Key Words : Large-Scale Upland Farming, Innovative Technology, Farm Management Analysis, Linear Programming

(2016年4月25日受付／2016年9月2日受理)