

環境に配慮した草地基盤整備の経済評価に関する基礎研究

北海道大学大学院農学研究院准教授 山本 康貴
(株)ルーラルエンジニア主幹 伊藤 寛幸
(独)水産総合研究センター中央水産研究所研究員 棧敷 孝浩

I はじめに

近年、わが国では、公共事業に対する財政制約が強まっており、事業効果の厳格な評価が求められている。このため、公共事業の一つであり、農業生産性の向上などを目的に実施されている土地改良事業（注 1）においても、事業の効率性を判断し、また事業の透明性を確保するために、費用対効果分析による事業評価が実施されている。

土地改良事業の費用対効果分析では、従来からの農業生産効果（注 2）に加え、農業の多面的機能（正の外部性）（注 3）が経済評価され、効果額として計上する試みがなされている。とはいえ、土地改良事業では、施工機械の燃料消費に伴って排出される温室効果ガスなどにより、負の外部性が発生する恐れもある。2006 年には「特定特殊自動車排出ガスの規制等に関する法律（オフロード法）」が施行され、公道を走行しない農業機械・建設機械などからの排出ガス抑制も本格的に求められる時代となった。このような負の外部性を削減するための方策を検討して行くためにも、また正の外部性だけに偏ることなくバランスがとれた外部性評価を実施して行くためにも、負の外部性を経済評価して行くことが重要だと考える。

既に、伊藤ら〔2〕〔3〕は水田圃場整備を、増田ら〔17〕は畑地圃場整備を分析対象に、土地改良事業が環境に及ぼす負の外部性の影響について経済評価を試みている。しかしながら、水田圃場整備や畑地圃場整備と並んで重要な地位を占める草地圃場整備が環境に及ぼす負の外部性の影響を経済評価した研究は、筆者らの知る限り存在しない。

本研究の目的は、土地改良事業の一つである草地基盤整備が及ぼす環境への影響を外部費用として分析することにある。分析対象は、大規模な草地基盤を有する北海道の中でも、特に酪農専業地帯（根室・釧路・宗谷地域）を想定した草地圃場の大区画化モデルとする。

具体的な分析手順は、以下の通りである。第一に、北海道の酪農専業地帯を想定した草地圃場の大区画化モデルを作成する。第二に、作成したモデルをもとに、草地圃場整備の施工段階において投入された燃料および施工資材からの環境負荷排出量増加分（外部費用）と、営農段階において営農機械の大型化や作業効率の向上による燃料消費量節減に伴う環境負荷排出量減少分（外部費用削減便益）を推計し、それぞれ外部費用に換算して経済評価する。第三に、草地圃場整備の事業評価期間において、外部費用および外部費用削減便益が、総額としてどの程度発生しうるのかを試算する。

本研究では、上記の分析に加えて、事業評価における割引率についても考察する。これまでの我々の分析では、従来の事業評価で用いられる割引率を環境負荷に係る外部費用の評価にそのまま適用してきた。しかしながら、欧米などにおける環境関連事業や長期事業の政策評価では、一般の事業よりも、低い割引率を適用する例（Juzhong〔18〕、建設技術研究会編集〔4〕）もみられる。そこで、本研究においても、現在価値への換算に用いられ

る割引率の設定が、施工段階の環境負荷変化と営農段階の環境負荷変化にかかわる外部費用に及ぼす影響を見るための感度分析を実施する。

II 草地圃場の大区画化モデル

図1は草地圃場の大区画化モデルである。草地圃場の大区画化とは、土地改良事業によって複数の草地圃場を集積することで、1圃場当たり耕地面積を拡大することである。本研究のモデルでは、北海道における土地利用形態の基本である545m×545m四方の殖民区画（注4）を2つの圃場（1圃場当たり耕地面積14.5ha）で分割して整備し、圃場の周囲に2条の支線排水路（幅5m）と1条の小排水路（幅4m）を設置することを想定した。

本研究のモデル設定に関する根拠は以下の通りである。複数の草地圃場を束ねて一体的に管理利用できる単位として団地がある。北海道酪農専業地帯の1団地当たり耕地面積は約14haであり（農林水産省統計部〔13〕、北海道農政部農業経営局農地調課〔15〕）、殖民区画のおよそ半分の面積に該当する。本研究ではこの値をもとに、複数の草地圃場が集まっている1団地を1圃場に整備可能なまとまりと仮定し、殖民区画を2分割して整備するという草地圃場の大区画化モデルを作成した。

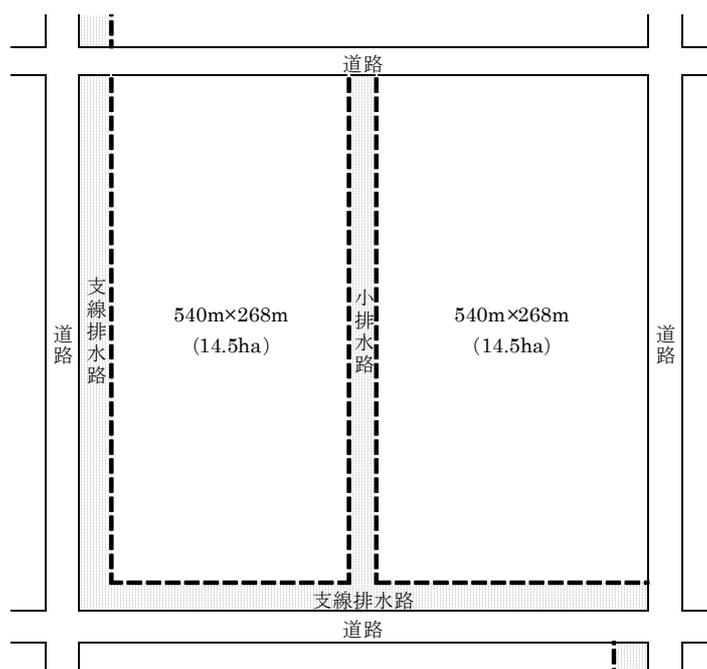


図1 草地圃場の大区画化モデル

III データおよび分析方法

3.1 施工段階における作業内容およびデータ

表1に施工段階における燃料消費量および施工資材投入量を示した。本研究では、草地圃場を大区画化する際の施工段階において、整地工、排水路工からなる作業モデルを作成

し、データを収集した（建設物価調査会〔5〕；建設物価調査会積算研究会〔6〕；建設資材メーカーカタログ）。データの収集範囲は、小林・阿部〔7〕を参考に設定した。

燃料消費量は、各工種で用いられる施工機械（ブルドーザ・排対型・湿地 16 t 級、バックホウ・クローラ型・排対型、振動ローラ・ハンドガイド式・0.8～1.1 t）の単位面積当たり燃料消費原単位に作業面積を乗じて推計した。燃料種は全て軽油であり、燃料消費量は合計 1,691.3L/ha と推計された。最も多く燃料が消費される工種は整地工における整地作業（表土剥ぎ取りおよび基盤造成作業）であり、全体の 82.9%を占めていた。

施工資材投入量は、各工種における施工資材について単位面積・延長・数量当たり投入原単位に単価を乗じて計上した。総額は 553,241.4 円/ha であり、全体の 93.2%が排水路工（支線排水路および小排水路）で用いられる排水フリュームにかかる費用であった。

表1 施工段階における燃料消費量および施工資材投入量

工種区分			燃料種	燃料消費量 L/ha	施工資材（産業連関表部門）	投入量 円/ha		
整地工	整地工	整地	軽油	1,402.0				
	付帯工	進入路工	軽油	0.03				
排水路工1 (支線排水路)	土工	機械土工	軽油	84.3				
		人力土工	—					
		整形工	—					
	盛土法面整形工	整形工	軽油	124.6				
		排水路工	排水フリューム据付工	—		排水フリューム（セメント製品）	403,582.3	
	付帯工	土工用マット敷設・撤去	—	—		マット・シート（プラスチック製品）	16,695.8	
			—	—		分水槽（セメント製品）	3,454.9	
		樹工	—	—	0.8		普通ポルトランドセメント（セメント）	8.8
			—	—	—		洗砂（砂利・採石）	1.4
			—	—	3.1		クラッシャーラン（砕石）	122.4
排水路工2 (小排水路)	土工	排水路工	軽油	3.1		生コンクリート（生コンクリート）	1,394.5	
		—	—		RC管（セメント製品）	7,790.9		
排水路工2 (小排水路)	土工	機械土工	軽油	26.9				
		人力土工	—					
	盛土法面整形工	整形工	—					
		排水路工	整形工	軽油	49.6			
排水路工	排水フリューム据付工	—		排水フリューム（セメント製品）	111,847.0			
	土工用マット敷設・撤去	—		マット・シート（プラスチック製品）	8,343.3			
合計				1,691.3		553,241.4		

出所：建設物価調査会〔5〕，建設物価調査会積算研究会〔6〕，建設資材メーカーカタログより作成。

注：施工資材について解説を加える。

排水フリューム：降雨などによる圃場内の過剰水を排除するための水路側溝

マット・シート：軟弱な地盤を覆い施工を安定させるための防護措置に用いる土木用資材

分水槽：異なる水路へ排水を分岐させるための立方体のコンクリート製構造物

普通ポルトランドセメント：排水路などのセメント製品の接合のためのモルタルを製造するための原材料

洗砂：水洗いして有機物や塩分または粘土分を除いた砂利で、排水路などのセメント製品の接合のためのモルタルを製造するための材料

クラッシャーラン：暗渠の下層路盤や基礎材に用いる砕石

生コンクリート：コンクリート製の暗渠排水を地盤に敷設させるために用いる資材

RC管：道路など他の構造物を横断する場合に設ける鉄筋コンクリート製の埋設水路

3.2 営農段階における作業内容およびデータ

表 2～5 は営農段階における燃料消費量を草地圃場の利用形態別に示したものである。本研究では、北海道における代表的な草地の利用形態として、草地更新、乾草調製、サイレージ調製、放牧管理を想定した（注 5）。燃料消費量は、各作業について燃料消費率に作業機械の稼働時間を乗じることで、大区画化前後の燃料消費量を推計した（北海道農政部農村計画課〔16〕）。燃料種は、放牧管理における牧柵管理作業の混合ガソリンを除き、全て軽油である。燃料消費量の合計削減量は、草地更新が軽油 74.2L/ha、乾草調製が軽油 57.0L/ha、サイレージ調製が軽油 56.2L/ha、放牧管理が軽油 22.4L/ha、混合ガソリン 0.4L/ha と推計された（注 6）。

表2 営農段階における燃料消費量（草地更新）

作業名	作業期間	作業機械	燃料種	燃料消費率 L/時間	稼働時間		燃料消費量		削減量 L/ha
					大区画化前 時間/ha	大区画化後 時間/ha	大区画化前 L/ha	大区画化後 L/ha	
除草剤散布	前年秋	スプレーヤー	軽油	12.0	0.4	0.3	4.8	3.6	1.2
		トラック	軽油	6.0	0.4	0.3	2.4	1.8	0.6
堆肥散布	9/上～10/下	フロントローダー	軽油	9.0	0.2	0.2	1.8	1.8	0.0
		マニュアルスプレッダ	軽油	8.0	0.6	0.4	4.8	3.2	1.6
耕起	4/下～5/下	ボトムブラウ	軽油	22.0	2.4	1.6	52.8	35.2	17.6
碎土・整地	4/下～5/下	ディスクハロー	軽油	8.0	2.4	1.7	19.2	13.6	5.6
土壌改良剤散布	4/下～5/下	ライムソー	軽油	4.5	2.3	1.7	10.4	7.7	2.7
		トラック	軽油	6.0	2.0	1.7	12.0	10.2	1.8
土壌改良剤混和 鎮圧	4/下～5/下	ディスクハロー	軽油	8.0	2.4	1.7	19.2	13.6	5.6
		ケンブリッジローラー	軽油	8.0	1.5	1.0	12.0	8.0	4.0
施肥・播種	4/下～5/下	ブロードキャスター	軽油	7.5	0.6	0.4	4.5	3.0	1.5
		グラスシーダー	軽油	3.0	2.2	1.6	6.6	4.8	1.8
掃除刈り	7/上～7/下	トラック	軽油	6.0	1.9	1.6	11.4	9.6	1.8
		ロータリーモア	軽油	10.0	1.2	0.8	12.0	8.0	4.0
刈り取り	9/上～9/中	モアコンディショナ	軽油	12.7	1.0	0.6	12.7	7.6	5.1
予乾・集草	9/上～9/中	テッドレーキ	軽油	8.6	1.5	0.9	12.9	7.7	5.2
梱包	9/上～9/中	ロールベアラー	軽油	8.6	1.3	0.6	11.2	5.2	6.0
収穫	9/上～9/中	ベールラップ	軽油	8.6	1.2	0.6	10.3	5.2	5.2
		フロントローダー	軽油	9.0	0.3	0.3	2.7	2.7	0.0
運搬・収納	9/上～9/中	フロントローダー	軽油	9.0	1.0	1.0	9.0	9.0	0.0
		トラック	軽油	6.0	1.2	1.0	7.2	6.0	1.2
除草剤散布	10/上～10/中	スプレーヤー	軽油	12.0	0.4	0.3	4.8	3.6	1.2
		トラック	軽油	6.0	0.4	0.3	2.4	1.8	0.6

出所：北海道農政課農村計画課〔16〕より作成。

表3 営農段階における燃料消費量（乾草調製）

作業名	作業期間	作業機械	燃料種	燃料消費率 L/時間	稼働時間		燃料消費量		削減量 L/ha
					大区画化前 時間/ha	大区画化後 時間/ha	大区画化前 L/ha	大区画化後 L/ha	
施肥	4/下～5/上	ブロードキャスター	軽油	7.5	0.4	0.3	3.0	2.3	0.8
		トラック	軽油	6.0	0.4	0.3	2.4	1.8	0.6
堆肥散布	5/上～5/中	フロントローダー	軽油	9.0	0.2	0.2	1.8	1.8	0.0
		マニュアルスプレッダ	軽油	8.0	0.6	0.4	4.8	3.2	1.6
刈り取り	6/中～9/上	モアコンディショナ	軽油	12.7	2.0	1.2	25.4	15.2	10.2
乾草調製	6/中～9/上	テッドレーキ	軽油	8.6	7.0	4.1	60.2	35.3	24.9
		ロールベアラー	軽油	8.6	2.3	1.1	19.8	9.5	10.3
運搬・収納	6/中～9/上	フロントローダー	軽油	9.0	1.8	1.8	16.2	16.2	0.0
		トラック	軽油	6.0	2.2	1.8	13.2	10.8	2.4
施肥	6/中～7/中	ブロードキャスター	軽油	7.5	0.4	0.3	3.0	2.3	0.8
		トラック	軽油	6.0	0.4	0.3	2.4	1.8	0.6
尿散布	6/下～7/中	フロントローダー	軽油	9.0	0.2	0.2	1.8	1.8	0.0
		尿散布機	軽油	9.0	0.5	0.3	4.5	2.7	1.8
堆肥散布	9/上～10/下	フロントローダー	軽油	9.0	0.2	0.2	1.8	1.8	0.0
		マニュアルスプレッダ	軽油	8.0	0.6	0.4	4.8	3.2	1.6
土壌改良剤散布	9/上～10/下	ライムソー	軽油	4.5	0.9	0.7	4.1	3.2	0.9
		トラック	軽油	6.0	0.8	0.7	4.8	4.2	0.6

出所：北海道農政課農村計画課〔16〕より作成。

表4 営農段階における燃料消費量（サイレージ調製）

作業名	作業期間	作業機械	燃料種	燃料消費率 L/時間	稼働時間		燃料消費量		削減量 L/ha
					大区画化前 時間/ha	大区画化後 時間/ha	大区画化前 L/ha	大区画化後 L/ha	
施肥	4/下～5/上	ブロードキャスター	軽油	7.5	0.4	0.3	3.0	2.3	0.8
		トラック	軽油	6.0	0.4	0.3	2.4	1.8	0.6
堆肥散布	5/上～5/中	フロントローダー	軽油	9.0	0.2	0.2	1.8	1.8	0.0
		マニュアルスプレッダ	軽油	8.0	0.6	0.4	4.8	3.2	1.6
刈り取り	6/中～9/中	モアコンディショナ	軽油	12.7	2.0	1.2	25.4	15.2	10.2
予乾・集草	6/中～9/中	テッドレーキ	軽油	8.6	4.1	2.4	35.3	20.6	14.6
梱包	6/中～9/中	ロールベアラー	軽油	8.6	2.3	1.1	19.8	9.5	10.3
密封	6/中～9/中	ベールラップ	軽油	8.6	2.2	1.1	18.9	9.5	9.5
運搬・収納	6/中～9/中	フロントローダー	軽油	9.0	2.2	2.2	19.8	19.8	0.0
		トラック	軽油	6.0	2.6	2.2	15.6	13.2	2.4
施肥	6/中～7/中	ブロードキャスター	軽油	7.5	0.4	0.3	3.0	2.3	0.8
		トラック	軽油	6.0	0.4	0.3	2.4	1.8	0.6
尿散布	6/下～7/中	フロントローダー	軽油	9.0	0.2	0.2	1.8	1.8	0.0
		尿散布機	軽油	9.0	0.5	0.3	4.5	2.7	1.8
堆肥散布	9/上～10/下	フロントローダー	軽油	9.0	0.2	0.2	1.8	1.8	0.0
		マニュアルスプレッダ	軽油	8.0	0.6	0.4	4.8	3.2	1.6
土壌改良剤散布	9/上～10/下	ライムソー	軽油	4.5	0.9	0.7	4.1	3.2	0.9
		トラック	軽油	6.0	0.8	0.7	4.8	4.2	0.6

出所：北海道農政課農村計画課〔16〕より作成。

表5 営農段階における燃料消費量（放牧管理）

作業名	作業期間	作業機械	燃料種	燃料消費率 L/時間	稼働時間		燃料消費量		
					大区画化前 時間/ha	大区画化後 時間/ha	大区画化前 L/ha	大区画化後 L/ha	削減量 L/ha
施肥	4/下～5/上	ブロードキャスター	軽油	7.5	0.4	0.3	3.0	2.3	0.8
		トラック	軽油	6.0	0.4	0.3	2.4	1.8	0.6
牧柵管理	4/下 5/中～10/中	フロントローダー	軽油	9.0	0.2	0.2	1.8	1.8	0.0
		トラック	軽油	6.0	3.6	3.0	21.6	18.0	3.6
放牧地管理 施肥	6/中～6/下	刈り払い機	混合ガソリン	0.4	4.1	3.0	1.6	1.2	0.4
		ロータリーモア	軽油	10.0	1.2	0.8	12.0	8.0	4.0
施肥	8/中～8/下	ブロードキャスター	軽油	7.5	0.4	0.3	3.0	2.3	0.8
		トラック	軽油	6.0	0.4	0.3	2.4	1.8	0.6
		フロントローダー	軽油	9.0	0.2	0.2	1.8	1.8	0.0
放牧地管理 堆肥散布	8/中～8/下 10/上～10/下	ブロードキャスター	軽油	7.5	0.4	0.3	3.0	2.3	0.8
		トラック	軽油	6.0	0.4	0.3	2.4	1.8	0.6
		フロントローダー	軽油	9.0	0.2	0.2	1.8	1.8	0.0
放牧地管理 堆肥散布	8/中～8/下 10/上～10/下	ロータリーモア	軽油	10.0	1.2	0.8	12.0	8.0	4.0
		フロントローダー	軽油	9.0	0.2	0.2	1.8	1.8	0.0
牧柵管理 土壌改良剤散布	10/下～11/上 10/上～10/下	マニユアスプレッダ	軽油	8.0	0.5	0.3	4.0	2.4	1.6
		トラック	軽油	6.0	3.6	3.0	21.6	18.0	3.6
土壌改良剤散布	10/上～10/下	ライムソーア	軽油	4.5	0.9	0.7	4.1	3.2	0.9
		トラック	軽油	6.0	0.8	0.7	4.8	4.2	0.6

出所：北海道農政部農村計画課〔16〕より作成。

3.3 外部費用および外部費用削減便益の推計方法

本研究では、土地改良事業の施工段階における環境負荷排出量増加分と営農段階における環境負荷排出量減少分を、それぞれ外部費用と外部費用削減便益に換算し、経済評価する。

草地圃場の大区画化によって排出される環境負荷として、伊藤ら〔2〕〔3〕や増田ら〔17〕と同様に、地球温暖化の原因物質として考えられているCO₂と、「オフロード法」によって施工機械や営農機械からの排出規制対象となっているNO_xおよびSPMを計測対象とした。各環境負荷排出量は、収集された燃料消費量および施工資材投入量に南齋ら〔9〕による環境負荷排出係数を乗じて推計した。ただし、放牧管理における混合ガソリンは、ガソリンに混合するオイルの割合が極めて小さいことから、全量がガソリンと仮定して環境負荷排出量を推計した。また、金額ベースによる施工資材投入量からの環境負荷排出量の推計では、1995年産業連関表・生産者価格ベース・(I-A)-1型の環境負荷排出係数を用いた。

外部費用は、推計された環境負荷排出量にLIME（日本版被害算定型影響評価手法）による外部費用単価を乗じて求めた。用いた外部費用単価は、CO₂が1.7円/kg（地球温暖化）、NO_xが189.3円/kg（48.1円/kg：酸性化・NO₂、141.2円/kg：都市域大気汚染・点源）、SPMが2,449.7円/kg（都市域大気汚染・点源・PM₁₀）である（伊坪・稲葉〔1〕）。なお、外部費用削減便益は、各利用形態の推計値に対し、草地の利用形態の面積比率をウェイトとした加重平均値を計上した。各利用形態の面積比率は、草地更新14.3%、乾草調製23.1%、サイレージ調製58.8%、放牧管理3.9%を仮定した（北海道農政部農村計画課〔16〕）。

3.4 事業評価期間における外部費用・外部費用削減便益総額の試算方法

土地改良事業の費用対効果分析に、本研究で示したような外部費用および外部費用削減便益を評価項目として取り入れるならば、それらを事業評価期間全体で見たとときの総額評価をする必要がある。そこで、事業評価期間全体でどの程度の外部費用および外部費用削減便益が発生するのかを試算する。パラメータとして、事業評価期間は45年（うち施工期間5年）、割引率4%（農林水産省構造改善局計画部〔12〕、農林水産省農村振興局企画部土地改良企画課・事業計画課〔14〕）、各年の外部費用および外部費用削減便益は一定を仮定した。

施工段階における外部費用総額は (1) 式により推計した。

$$TEC = \sum_{t=1}^5 \frac{EC}{(1+r)^{t-1}} \quad (1)$$

ただし、 TEC ：外部費用総額 (円/ha)， EC ：年間外部費用 (円/ha/年)， t ：年数 (年)， r ：割引率 (%)。

営農段階における外部費用削減便益総額は、施工期間中の工事進捗率に応じた便益発生を考慮した第 1 項と施工期間終了後の第 2 項の和である (2) 式により推計した。

$$TEB = \sum_{t=1}^5 \frac{EB}{(1+r)^{t-1}} \times \frac{t}{5} + \sum_{t=6}^{45} \frac{EB}{(1+r)^{t-1}} \quad (2)$$

ただし、 TEB ：外部費用削減便益総額 (円/ha)， EB ：年間外部費用削減便益 (円/ha/年)。

本研究の試算では、仮に北海道酪農専業地帯における草地圃場が全て大区画化された場合を想定する (注 7)。推計された外部費用総額および外部費用削減便益総額に根室・釧路・宗谷地域の草地圃場面積 237,363ha (農林水産省統計部 [13]) を乗じ、北海道酪農専業地帯全体で外部費用および外部費用削減便益がポテンシャルとしてどの程度発現しうるのかという算定を行った。

3.5 割引率の設定変化による感度分析

(1) 感度分析の目的と影響要因の設定

感度分析の目的は、事業評価の精度向上を図り、将来の不確実性を考慮した事業評価を実施するため、影響要因が変化した場合の費用および便益などへの影響度合いを把握することにある。外部費用および外部費用削減便益の計測結果に及ぼす影響要因には、割引率、評価期間、算定上用いる原単位や原単価などがある。本研究では、外部費用および外部費用削減便益の計測結果に及ぼす影響要因を割引率におき、割引率を変化させた場合の計測結果への影響度合いを把握する。すなわち、影響の要因を割引率においた理由は、環境への影響評価や政策の事業評価などにおいて、割引率が極めて重要な役割を担っているからである (注 8)。

(2) 感度分析における割引率の設定

土地改良事業の評価に際しては、農林水産省農村振興局企画部土地改良企画課・事業計画課 [14] を踏まえ、割引率は 4% が適用されている。一方で、土地改良事業以外の事業評価については、地球環境問題などに係る環境便益は、将来世代の利益であるとの考えから、低い割引率の設定もある (注 9)。さらに、先進国のなかには、10% という高い割引率を適用した事業評価もある。

IV 分析結果

4.1 事業評価期間における外部費用・外部費用削減便益総額の試算結果

表 6 は施工段階における外部費用の推計結果である。施工段階における合計外部費用は 42,928.5 円/ha であった。施工期間は 5 年間であるので、1 年あたりでは 8,585.7 円/ha/年である。発生源別では、軽油とセメント製品がほぼ全てを占めており、それぞれ 65.9%、

33.3%の割合であった。環境負荷別では、CO₂が41.7%、NO_xが33.5%、SPMが24.9%の割合であった。

本研究と同様のフレームワークで分析した研究として、水田圃場整備を評価した伊藤ら〔2〕や畑地圃場整備を評価した増田ら〔17〕がある。これらの推計結果と比較すると、合計外部費用は、水田圃場整備が49,837.9円/ha、畑地圃場整備が47,082.9円/haであり、草地圃場整備の方がそれぞれに対しておよそ1割少ない値である。内訳を見ると、草地圃場整備に対し、水田圃場整備では燃料由来の外部費用が特に大きく、畑地圃場整備では燃料およびセメント製品由来の外部費用が特に大きかった。

水田圃場整備、畑地圃場整備の合計外部費用と比較し、草地圃場整備の合計外部費用が小さい理由として、以下の2点が考えられる。第一に、水田圃場整備に必要な道路工、水路工、畑地圃場整備に必要な道路工が草地圃場整備では不要であり、それらの作業に必要な燃料や施工資材が投入されないという点である。第二に、殖民区画をベースとした圃場整備モデルでは、畑地圃場では3分割して整備するのにに対して草地圃場では2分割で済むことから、圃場の周囲に設置される排水路の総延長が短くなるため、施工資材が少なくて済む点である。

表6 施工段階における外部費用の推計結果

区分	CO ₂ 円/ha	NO _x 円/ha	SPM 円/ha	合計 円/ha
軽油	7,770.5	12,074.0	8,429.8	28,274.3
セメント製品	9,850.2	2,243.8	2,192.2	14,286.1
砕石	0.9	0.5	0.7	2.1
プラスチック製品	206.5	32.1	44.6	283.2
生コンクリート	57.8	13.3	9.4	80.5
セメント	1.7	0.3	0.2	2.2
砂利・採石	0.010	0.006	0.008	0.02
合計	17,887.6	14,364.0	10,676.8	42,928.5

表7は営農段階における外部費用削減便益の推計結果である。利用形態別では、草地更新が1,240.8円/ha/年、乾草調製が953.2円/ha/年、サイレーヅ調製が938.8円/ha/年、放牧管理が377.5円/ha/年、利用割合でウェイトを取った加重平均値は963.6円/ha/年であった。外部費用削減便益は、圃場での作業量が相対的に多い草地更新、乾草調製、サイレーヅ調製が大きいことが示された。他方、圃場での作業量が相対的に少ない放牧管理の外部費用削減便益は最も小さいが、利用割合がわずかに3.9%しかないため、加重平均値の推計結果には大きな影響を与えなかった。

施工段階と同様に、伊藤ら〔2〕や増田ら〔17〕の推計結果と比較する。外部費用削減便益は、水田圃場整備で3,305.8円/ha/年（小区画から大区画）、369.1円/ha/年（中区画から大区画）、畑地圃場整備で1,650.2円/ha/年（輪作を考慮した加重平均値）である。畑地圃場整備と比較すると、草地圃場における営農機械作業は、毎年、土壌を耕起・整地したり、土中の作物を収穫する作業などが必要とされる畑地圃場よりも、作業量や作業負荷が少ない傾向にある。このため、草地圃場整備における外部費用削減便益の発現は、畑地圃場整備よりも限定的になったものと推察される。

表7 営農段階における外部費用削減便益の推計結果

利用区分	外部費用		削減便益 円/ha	利用割合
	大区画化前 円/ha	大区画化後 円/ha		
草地更新	4,130.0	2,889.3	1,240.8	14.3%
乾草調製	2,937.7	1,984.5	953.2	23.1%
サイレージ調製	2,937.4	1,998.6	938.8	58.8%
放牧管理	1,743.9	1,366.3	377.5	3.9%
利用割合による加重平均値	3,061.8	2,098.1	963.6	

図2は事業評価期間における外部費用および外部費用削減便益総額の試算結果を示したものである。仮に北海道酪農専業地帯の草地圃場が全て大区画化された場合、施工段階における外部費用総額として94.4億円、営農段階における外部費用削減便益総額として44.9億円が、ポテンシャルとして発生しうると試算された。

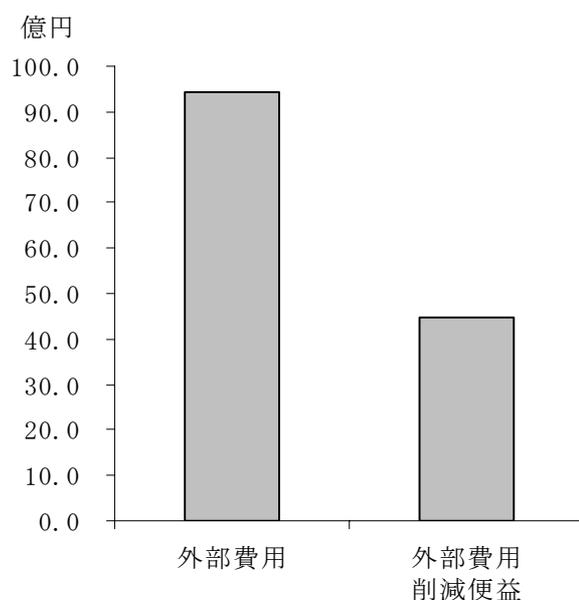


図2 事業評価期間における外部費用および外部費用削減便益総額の試算結果

4.2 感度分析結果

前節で示した外部費用および外部費用削減便益総額の推計式に、初年度の外部費用8,585.7円/haおよび外部費用削減便益192.7円/haを代入した感度分析結果を以下に示す。

表8 感度分析結果

割引率	外部費用	外部費用削減便益	外部費用/ 外部費用削減便益
	円/ha	円/ha	
0%	42,928.5	41,436.4	1.04
1%	42,086.8	33,221.6	1.27
2%	41,277.7	27,096.3	1.52
3%	40,499.6	22,464.0	1.80
4%	39,750.9	18,910.7	2.10
5%	39,030.2	16,146.5	2.42
6%	38,336.0	13,966.2	2.74
7%	37,667.3	12,223.3	3.08
8%	37,022.6	10,811.8	3.42
9%	36,401.0	9,654.6	3.77
10%	35,801.2	8,694.7	4.12

割引率を現行の 4%から 0%に変化させた場合、外部費用は、39,750.9 円/ha から 42,928.5 円/ha に増加し、外部費用削減便益は、18,910.7 円/ha から 41,436.4 円/ha に増加する。一方、割引率を現行の 4%から 10%に設定した場合、外部費用は、39,750.9 円/ha から 35,801.2 円/ha に減少し、外部費用削減便益は、18,910.7 円/ha から 8,694.7 円/ha に減少する。

割引率を 0%から 10%に変化させた場合、外部費用に対する外部費用削減便益の比率は、1.04 から 4.12 に拡大する。このように比率が拡大するのは、外部費用の評価期間（5年）に対し、外部費用削減便益の評価期間がより長期（45年：工期期間5年+40年）であるため、外部費用の減少割合よりも外部費用削減便益の減少割合が大きくなったためと推察される。

V おわりに

本研究の課題は、草地圃場整備が環境に及ぼす負の外部性の影響を経済評価することであった。分析対象は、大規模な草地基盤を有する北海道の中でも、特に酪農専業地帯（根室・釧路・宗谷地域）を想定した草地圃場の大区画化モデルとした。

分析結果を要約すると、以下の通りである。第一に、草地圃場整備の施工段階における合計外部費用は 42,928.5 円/ha（8,585.7 円/ha/年）であった。

第二に、草地圃場整備の営農段階における外部費用削減便益は、利用形態別では草地更新が 1,240.8 円/ha/年、乾草調製が 953.2 円/ha/年、サイレージ調製が 938.8 円/ha/年、放牧管理が 377.5 円/ha/年、利用割合でウェイトを取った加重平均値は 963.6 円/ha/年であった。

第三に、仮に北海道酪農専業地帯の草地圃場が全て大区画化された場合、事業評価期間

において、施工段階の外部費用総額として 94.4 億円、営農段階の外部費用削減便益総額として 44.9 億円が、ポテンシャルとして発生すると試算された。

第四に、割引率を現行の 4% から 0% に低く設定した場合、外部費用は、39,750.9 円/ha から 42,928.5 円/ha に増加し、外部費用削減便益は、18,910.7 円/ha から 41,436.4 円/ha に増加した。

本稿で得られた数値の解釈については、文献資料より作成した圃場の大区画化モデルの諸条件および仮定の下で、特定の環境負荷排出係数や外部費用換算係数などを用いて、推計・試算されたものである点には、十分に注意する必要がある。とはいえ、本研究では、結論として、草地圃場の大区画化を分析対象事例として、施工段階と営農段階の環境負荷を外部費用として貨幣評価できる分析枠組み例を提示でき、また割引率の設定が経済評価額の現在価値に及ぼす影響の態様を具体的に示すことができた。

[付記]

本研究を実施するにあたり、増田清敬氏（滋賀県立大学環境科学部）には、主に LIME を用いたデータ解析について、酒井祐介氏（北海道大学農学部）には、主に割引率に関わる文献整理や感度分析について、多大なご協力を頂いた。記して両氏に謝意を表す。

- (注 1) 土地改良事業は、農用地の改良、開発、保全および集団化に関する事業、農業生産の基盤である水利条件、土地条件などを整備、開発、保全する事業であり、土地改良法に基づき行われる（農業土木学会〔11〕）。
- (注 2) 土地改良事業により発現する効果は、食料・農業・農村基本法の 4 つの理念（食料の安定供給の確保、多面的機能の発揮、農業の持続的発展、農村の振興）を踏まえ効果体系が定められている。作物生産効果は、農用地や水利条件の改良などがなされることに伴ってその受益地域において発生するとみなされる作物生産の量的増減をとらえた効果である。作物生産効果のほかに、営農経費節減効果（土地改良事業によって現況の営農技術体系や経営規模などが変化することに伴って、作物生産に要する費用が増減する効果）などがある（農林水産省農村振興局企画部土地改良企画課・事業計画課〔14〕）。
- (注 3) 前掲（注 2）で示したように、土地改良事業により発現する効果は、食料・農業・農村基本法の 4 つの理念を踏まえ効果体系が定められており、多面的機能の発揮に関する効果として、景観・環境保全効果（周辺の景観や親水性、生態系などの環境との調和に配慮した設計、構造を併せ持った施設として整備することで、地域住民の生活環境や利便性の向上はもとより、広く都市住民への「憩いの場」、「やすらぎの場」、「交流の場」などの提供や公共用水域の水質改善、また、農業の歴史学習や自然体験・学習について寄与する効果）や、水源かん養効果（事業の実施に伴い、圃場から公共用水域（河川）への還元水量の増加、地下への降下浸透水量の増加など、付随的に生じる河川水源や地下水源へのかん養に寄与する効果）などがある（農林水産省農村振興局企画部土地改良企画課・事業計画課〔14〕）。
- (注 4) 殖分区画とは、北海道の入植地における 545m×545m 四方の区画をさす。1886 年の殖分区画撰定事業によって入植地の区画測設が着手されたことに始まる。殖分区画

の測設方法は以下である、はじめに、原野にまず基線を設け、これと直角に交わる基号線をつくる。次に、この2線に平行して300間(545m)ごとの基盤目になる区画道路とする。さらに、これを間口100間(182m)、奥行き150間(273m)、15,000坪(5ha)に6等分にして小区画とし、1戸の標準耕作面積とした。北海道の農村は、道路、防風林、排水がタテ、ヨコ、直角に走り、水田や畑が基盤の目のように区画され、美しい農村景観を醸し出している。この整然と区画された土地は、殖分区画に負うことが多い(阪本〔8〕)。

- (注 5) 草地の利用形態として、草地更新(生産力の低下や荒廃した草地に対して、土壌改良や施肥など生産力が回復するための対策を施しながら牧草の種を播き直して、再び生産性の高い草地として利用すること)、乾草調製(刈り倒した牧草の茎葉部を材料とし、乾燥・水分除去して酵素活性や付着微生物による乾物・栄養成分の分解・変性を停止させた貯蔵粗飼料のための土地利用)、サイレージ調製(牧草を原料としてサイロに詰め込み、乳酸発酵させることによって保存性を付与した飼料のための土地利用)、放牧管理(牧草の生えている場所で草食家畜を放し飼いにする土地利用)がある(農業・生物系特定産業技術研究機構〔10〕)。
- (注 6) 圃場の大区画化によって、圃場内での農業機械走行速度の上昇や旋回回数の減少など農場機械の効率的運行が可能となる。このため、大区画化後の燃料消費量は、大区画化前と比べて減少することになる。
- (注 7) 大区画化がどの程度までなされて行くかという点は、財政状況その他、様々な要因に左右されるので、その可能性を見通すことは困難である。このため、本研究では、全て大区画化される場合を想定し、このときの効果を、今後、見込まれる効果の最大値として示すことにした。こうすれば、仮に、大区画化の程度が100%ではなく50%となった場合の効果は、全て大区画化した効果の50%程度だと推察できるなどのメリットがある。
- (注 8) 地球温暖化による気候変動の影響評価に関する経済分析も行われており、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の第4次評価報告書では、温室効果ガスの排出が、今後とも増加し続けた場合、21世紀には更なる温暖化と気候システムの変化がもたらされると指摘している。なかでも、世界的に注目を浴びた「スターン・レビュー」(Stern〔19〕)は、地球温暖化を軽減するために、全世界のGDPの1%を投資しなければ、全世界のGDPを最大で20%減らすリスクがあると警告している。しかし、スターン・レビューの結果は、過去の研究結果と大幅に異なっており、その原因の一つが、将来の便益や費用を現在価値に換算する際の割引率の設定にあるとの指摘もある。
- (注 9) 世界における割引率の動向は付録を参照。

付録 世界における割引率の動向

本編では、酪農地帯を想定の上、経済評価に用いる割引率の設定を主題に置き、そのライフサイクルにわたる環境負荷を定量化して、草地圃場整備が環境に及ぼす負の外部性の影響を経済評価した。

本付録では、Juzhong〔18〕と建設技術研究会編集〔4〕を用いて整理した世界における割引率の動向を提示する（付表）。

付表 世界における割引率の動向

国名/機関	事業評価に用いる割引率	理論的根拠
日本	4%	社会的時間選好率
米国		
行政管理予算局	7%	社会的機会費用率
議会予算局会計監査院	2)財務省証券の利回り ¹⁾	社会的時間選好率
環境保護庁	0%、0.5~3%、7%(世代間割引の場合)0%、2~3%、7%(世代内割引の場合)	社会的時間選好率社会的時間選好率
英国	3.5% ²⁾	社会的時間選好率
ドイツ	3%	社会的時間選好率
ノルウェー	3.50%	社会的時間選好率
フランス	4%	社会的時間選好率
イタリア	5%	社会的時間選好率
スペイン	4~6%	社会的時間選好率
ニュージーランド	10%	社会的機会費用率
オーストラリア	1991年以前:8%;1991年以降:割引率を指示する基準はない	社会的機会費用率
中華人民共和国	8%(短期・中期事業)・8%未満(長期事業)	加重平均法
インド	12%	社会的機会費用率
パキスタン	12%	社会的機会費用率
フィリピン	15%	社会的機会費用率
世界銀行	10~12%	
アジア開発銀行	10~12%	
アフリカ開発銀行	10~12%	
米州開発銀行	12%	社会的機会費用率
欧州復興開発銀行	10%	
欧州委員会	5%	

出所) Juzhong Zhuang *et al*〔18〕PP. 17~18, 建設技術研究会編集〔4〕P. 74より作成。

1) 財務省証券で満期が事業期間に等しいものの利回りを用いる。

2) 30年を超える長期の事業に関しては、3.5%よりも低い割引率を用いる。具体的には、31~75年が3.0%、~300年が15%、301年以上が1.0%である。

世界における割引率の動向は以下である。

①世界各国の割引率をみると、日本とは異なり、全事業において一律の値となっていない国も存在する。たとえば、米国が設定している割引率は、政府機関ごとに異なっている。米国行政管理予算局は、7%を割引率として設定している。その一方で、米国環境保護庁は、7%に加え、7%よりも低い割引率を設定した感度分析も実施することを推奨している。

②先進国における割引率の値は、最高がカナダやニュージーランドの10%、最低で米国環境保護庁が事業評価の感度分析に用いる0%と多様な値となっている。

③米国や英国における環境関連事業や長期事業の政策評価では、一般事業よりも、低い割引率を用いる場合がある。

引用・参考文献

- [1] 伊坪徳宏・稲葉 敦編 (2005) ライフサイクル環境影響評価手法—LIME-LCA, 環境会計, 環境効率のための評価手法・データベース—. 産業環境管理協会.
- [2] 伊藤寛幸・増田清敬・棧敷孝浩・山本康貴 (2009) 土地改良事業が環境負荷に及ぼす影響の経済評価. 農林業問題研究, 45 (2), 264-269.
- [3] 伊藤寛幸・増田清敬・山本 充・山本康貴 (2008) 農業農村整備事業がもたらす環境負荷低減効果の経済評価—水田圃場の大区画化を事例として—. 農林業問題研究, 44 (1), 67-71.
- [4] 建設技術研究会編集 (2004) 『公共事業評価の手引』, 新日本法規.
- [5] 建設物価調査会 (2008) 建設物価第 1056 号. 建設物価調査会.
- [6] 建設物価調査会積算研究会編 (2007) 平成 19 年度版土地改良工事の積算と施工. 建設物価調査会.
- [7] 小林 久・阿部幸浩 (2003) 農業を対象とした LCA の特殊性と推計手法に関する考察. 農業土木学会誌, 71 (12), 1077-1081.
- [8] 阪本一之 (2000) 北の先人に学ぶ北海道開発の英知とフロンティア精神. 丸善札幌出版サービスセンター.
- [9] 南齋規介・森口祐一・東野 達 (2002) 産業連関表による環境負荷原単位データブック (3EID) — LCA のインベントリデータとして—. 国立環境研究所地球環境研究センター.
- [10] 農業・生物系特定産業技術研究機構編 (2006) 最新農業技術事典. 農山漁村文化協会.
- [11] 農業土木学会編 (1992) 改訂四版農業土木標準用語事典. 農業土木学会.
- [12] 農林水産省構造改善局計画部監修 (1997) 改訂解説土地改良の経済効果. 大成出版社.
- [13] 農林水産省統計部編 (2007) 2005 年農林業センサス第 1 巻北海道統計書. 農林統計協会.
- [14] 農林水産省農村振興局企画部土地改良企画課・事業計画課監修 (2007) 新たな土地改良の効果算定マニュアル. 大成出版社.
- [15] 北海道農政部農業経営局農地調整課, 北海道における農地を巡る現状等. <http://www.pref.hokkaido.lg.jp/NR/rdonlyres/2E6A55E5-C7CE-4415-BDE1-1E79CFC08EA1/0/08hokkaidoN0uchigenjou.pdf> (参照 2009-5-13).
- [16] 北海道農政部農村計画課 (2008) 平成 20 年度経済効果算定に係る諸係数・単価 (基礎資料編). 北海道農政部農村計画課.
- [17] 増田清敬・伊藤寛幸・棧敷孝浩・山本康貴 (2009) 圃場整備における環境影響の外部費用評価—畑地圃場の大区画化を事例としたモデル分析—. 2009 年度日本農業経済学会論文集, 441-447.
- [18] Juzhong Zhuang, Zhihong Liang, Tun Lin, and Franklin De Guzman, (2007) “Theory and Practice in the Choice of Social Discount Rate for Cost-benefit Analysis: A Survey,” *ERD Working Paper Series No. 94*, Asian Development Bank.
http://www.adb.org/Documents/ERD/Working_Papers/WP094.pdf (参照 2010-1-15)
- [19] Stern, N., (2006) *The Economics of Climate Change: The Stern Review*, Cambridge University Press.