

農業農村基盤整備事業がもたらす 環境便益の経済評価に関する基礎研究

山本 康貴（北海道大学大学院農学研究院）

伊藤 寛幸（株式会社ルーラルエンジニア）

栈敷 孝浩（北海道大学大学院農学研究院）

I はじめに

近年、農業農村整備事業の一つである土地改良の事業評価において、従来からの農業生産効果に加え、農業・農村の持つ正の外部性の経済評価が試みられている。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〔15〕では、土地改良事業の年効果額の算定において農業・農村が有する多面的機能の保全・向上効果（水源かん養効果や景観・環境保全効果など）の試算例が示されている。

ただし、土地改良事業の実施は、農業・農村が有する多面的機能の保全・向上効果という正の外部性をもたらすだけとは限らない。例えば、土地改良事業の施工段階では、施工機械の燃料消費やセメント製品などの施工資材投入による環境負荷排出量増加という負の外部性の増大が考えられる。それゆえ、土地改良事業における外部性を経済評価し、事業評価に取り入れていくならば、農業・農村が有する多面的機能の保全・向上効果のような正の外部性のみを計上するだけでは不十分であり、土地改良事業の実施によって排出される環境負荷を負の外部性として経済評価することは重要である。

土地改良事業における負の外部性の経済評価に関連した既存研究として、水田圃場の大区画化を分析事例とした伊藤ら〔4, 5〕がある。伊藤ら〔5〕は、営農段階における農業機械の大型化や効率的運行などがもたらす燃料消費量節減に伴う環境負荷排出量減少分を正の影響として外部費用に換算することを試みた。さらに、伊藤ら〔5〕の分析を拡張した伊藤ら〔4〕は、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正負両方の影響として外部費用に換算することを試みた。

以上のように、伊藤ら〔4, 5〕は、水田圃場の大区画化が環境負荷に及ぼす正負両方の影響を外部費用として経済評価した点について一定の成果を得た。しかしながら、我々の知る限り、水田以外の地目について伊藤ら〔4, 5〕と同様の分析を行った研究はみられない。畑地など、水田以外の地目においても、上述のような外部費用の推計は、外部性に関する経済評価を土地改良事業の事業評価に取り入れていく際に必要になると考える。

本研究の課題は、農業農村整備事業の一つである畑地圃場の大区画化が環境負荷に及ぼす正負両方の影響を外部費用として経済評価することにある。分析対象の事業は、日本の主要な畑作地帯である北海道十勝地域における畑地圃場の大区画化を想定したモデルである。

II 畑地圃場の大区画化モデル

本研究における畑地圃場の大区画化とは、不整形で分散している畑地圃場を整形し集積

することであり、農業機械作業における最小単位の圃場（耕区）の耕地面積を拡大することを意味する。

第1図に畑地圃場の大区画化モデルを示した。本研究では、北海道における土地利用形態の基本とされる545m×545m四方の殖民区画において（註1）、不整形で分散している畑地圃場を3つの耕区（1耕区当たり耕地面積9.5ha）に区画整理し、排水路3条（支線排水路幅5m、小排水路幅4m、総延長2,165m）と耕作道1条（幅5m、総延長545m）を設置することを想定した。

第1表に、畑地圃場の大区画化で想定した施工内容を示した（北海道開発局帯広開発建設部〔1〕、建設物価調査会積算研究会〔8〕）。畑地圃場の大区画化で想定した施工内容は、大別して、整地工、道路工、排水路工である。整地工では、3耕区において整地工（表土扱い、基盤造成）と付帯工（進入路設置）が行われる。道路工では、耕作道設置のために土工（路体造成）と舗装工（不陸整正、砂利舗装）が行われる。排水路工では、支線排水路および小排水路設置のために土工（掘削、盛土・埋戻、基面整形）、盛土法面整形工（盛土法面整形）、排水路工（排水フリューム据付、土工用マット敷設・撤去）、付帯工（分水槽据付、排水暗渠設置）が行われる。

続いて、第2表から第6表に、作目ごとの作業別（融雪促進、耕起、砕土・整地、施肥、播種・移植・植付、防除、除草、収穫、運搬など）燃料消費量データを示した。なお、作付け畑作物には、北海道十勝地域における輪作体系を考慮し、小麦、てんさい、豆類、ばれいしょ（食用および原料用）を想定した。

Ⅲ データおよび分析方法

1 分析枠組み

本研究では、畑地圃場の大区画化が環境負荷に及ぼす正負両方の影響を外部費用として定量化することを試みる。ここでいう正の影響とは、営農段階における外部費用削減便益を意味する。外部費用削減便益とは、畑地圃場の大区画化によって営農段階における燃料消費量が節減されることに伴う環境負荷排出量減少分を外部費用に換算したものである（伊藤ら〔4, 5〕）。一方、負の影響とは、畑地圃場の大区画化における施工段階の燃料消費量および施工資材投入量に由来する環境負荷排出量増加分を外部費用に換算したものである。

2 データの収集

第7表に施工段階における耕地面積1ha当たり燃料消費量および施工資材投入量を示した。これらのデータは、前節で作成した畑地圃場の大区画化モデルにおける施工内容に従い、工種別に燃料消費量と施工資材投入量を集計したものである。施工機械の燃料消費量には軽油を計上した。合計燃料消費量は1,709.8L/haであり、整地工における燃料消費量が最も大きく、82.0%を占めていた。施工資材投入量には産業連関表の部門分類に従い、セメント製品、砕石、プラスチック製品、生コンクリート、セメント、砂利・採石を金額で計上した（註2）。施工資材の合計金額は705,697.5円/haであり、排水路工で用いられるセメント製品の金額が最も大きく、92.3%を占めていた。

第8表に畑地圃場の大区画化前後でみた営農段階における耕地面積1ha当たり燃料消費量を示した。前述したように、想定した畑作物は、北海道十勝地域における輪作体系を考慮し、小麦、てんさい、豆類、ばれいしょ（食用および原料用）である。これらのデータは、融雪促進、耕起、砕土・整地、施肥、播種・移植・植付、防除、除草、収穫、運搬などの各種作業における燃料消費量を作目ごとに集計したものである。各作目で用いられる燃料は軽油がほぼ全てを占めており（註3）、畑地圃場の大区画化前後でみると軽油消費量は、小麦で74.4L/ha（36.4%）、豆類で79.0L/ha（33.4%）、てんさいで97.3L/ha（37.0%）、食用ばれいしょで164.4L/ha（39.1%）、原料用ばれいしょで123.7L/ha（40.1%）減少した。作業別でみると、畑地圃場の大区画化による軽油消費量の減少は、耕起、砕土・整地、収穫作業において特に大きかった。

3 環境負荷排出量および外部費用の推計方法

本研究で推計した環境負荷は、地球温暖化の原因物質として考えられているCO₂（二酸化炭素）と、施工機械や農業機械などからの排出規制対象となっているNO_x（窒素酸化物）、SPM（浮遊粒子状物質）である（註4）。本研究では、燃料消費量や施工資材投入量に南齊ら〔10〕による環境負荷排出係数を乗じ、これらの環境負荷排出量を推計した。なお、外部費用は、推計された環境負荷排出量に日本版被害算定型影響評価手法（LIME）による外部費用換算係数を乗じて求めた（註5）。

IV 分析結果

1 施工段階における外部費用および営農段階における外部費用削減便益の推計結果

第9表に施工段階における耕地面積1ha当たり外部費用の推計結果を示した。合計外部費用は47,082.9円/haであった。燃料および施工資材別に外部費用の内訳をみると、軽油が60.7%、セメント製品が37.5%であり、これら2つが施工段階における外部費用のほぼ全ての割合を占めていた。また、環境負荷別に外部費用の内訳をみると、CO₂が43.6%、NO_xが32.1%、SPMが24.2%であった。

第10表に営農段階における外部費用削減便益の推計結果（耕地面積1ha当たり）を示した。各作目の外部費用削減便益は、小麦が1,244.1円/ha（36.3%減少）、豆類が1,321.0円/ha（33.4%減少）、てんさいが1,627.4円/ha（37.0%減少）、食用ばれいしょが2,748.3円/ha（39.1%減少）、原料用ばれいしょが2,067.9円/ha（40.1%減少）であった。

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

ここでは、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の総額を試算する。具体的には、仮に北海道十勝地域の畑地圃場全てが大区画化された状態になるならば、どの程度の外部費用および外部費用削減便益が発生しうなのか、という前提の下で（註6）、事業評価手法の総費用総便益比方式による算定を試みた。

施工段階における外部費用総額は、次式により求める。

$$TEC = \sum_{t=1} EC / (1+r)^{t-1},$$

ただし、 TEC ：外部費用総額， EC ：年間外部費用， t ：年， r ：割引率。

営農段階における外部費用削減便益総額は，第1項を施工期間中便益，第2項を施工期間終了後便益として，次式により求める。

$$TEB = \sum_{t=1} \{EB/(1+r)^{t-1}\} \times (t/Y) + \sum_{t=Y+1} EB/(1+r)^{t-1},$$

ただし、 TEB ：外部費用削減便益総額， EB ：年間外部費用削減便益， Y ：施工年数。

用いたデータは，以下の通りである。

評価期間は45年（うち施工年数5年）とし，割引率4%を仮定した（農林水産省構造改善局計画部〔13〕，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〔15〕）。

年間の外部費用および外部費用削減便益は，各年一定を仮定し，次のように求めた。施工段階における耕地面積1ha当たり年間外部費用は，第9表の合計外部費用を施工年数で除して9,416.6円/ha/年と推計された。営農段階における耕地面積1ha当たり年間外部費用削減便益は，第10表の作目別外部費用削減便益から各作目の輪作を考慮して仮定した作付割合をウェイトとすることで（註7），1,650.2円/ha/年と推計された。これらのデータに北海道十勝地域における普通畑面積172,000ha（2006年値，農林水産省北海道農政事務所統計部〔11〕）を乗じることで，年間外部費用は16.2億円/年，年間外部費用削減便益は2.8億円/年と推計された。

第2図は，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の試算結果である。外部費用総額は75.0億円，外部費用削減便益総額は55.7億円と試算された。

V おわりに

本研究の課題は，農業農村整備事業の1つである畑地圃場の大区画化が環境負荷に及ぼす正負両方の影響を外部費用として経済評価することにあつた。分析対象の事業は，日本の主要な畑作地帯である北海道十勝地域における畑地圃場の大区画化を想定したモデルであつた。主な分析結果（註8）は，以下の通りである。

- ①畑地圃場の大区画化が環境負荷に及ぼす正の影響として，営農段階における作目別外部費用削減便益は，小麦が1,244.1円/ha，豆類が1,321.0円/ha，てんさいが1,627.4円/ha，食用ばれいしょが2,748.3円/ha，原料用ばれいしょが2,067.9円/haと推計された。
- ②畑地圃場の大区画化が環境負荷に及ぼす負の影響として，施工段階における合計外部費用は47,082.9円/haと推計された。
- ③仮に北海道十勝地域の畑地圃場全てが大区画化された状態になるならば，この事業評価期間における外部費用総額は75.0億円，また外部費用削減便益総額は55.7億円になると試算された。

本研究における最大の貢献は，圃場整備などの土地改良事業における施工段階に特に着目し，事業の評価期間全体で削減および排出される環境負荷の両方を経済評価した点である。本研究による新たな試みは，土地改良事業で削減され，また排出される環境負荷の両方を貨幣換算し，これらを明示的に土地改良事業の事業評価に取り入れて行く上で，有益

な示唆を与えるものと考える。

今後の研究発展の方向としては、第一に、水田と畑地とならんで、北海道の重要地目である草地についても、本研究と同様な経済評価を試みて、本研究で用いた分析枠組みの有効性や頑強性などを検証する点である。

第二に、割引率の再検討である。今回の研究では、農林水産省の公共事業評価に準拠した割引率を、外部費用の評価にそのまま適用した。しかしながら、欧州などにおける公共事業評価では、貨幣換算した環境負荷（および環境便益）を、割り引くべきではない（0%の割引率を適用すべきである）という例もみられる。

[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助教）には、LIME を用いたデータ解析など、本研究遂行において全面的なご協力を頂いた。記して謝意を表する。

- （註1） 殖民区画の設定は、1886 年の殖民地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。
- （註2） データの収集範囲は、圃場整備工事の環境負荷推計を行った小林・阿部〔9〕を参考に設定した。
- （註3） 小麦およびてんさいのガソリンは、融雪促進作業におけるスノーモービル用ブロードキャストのために用いられる。なお、畑地圃場の大区画化前後での使用機械は同一であり（北海道農政部農村計画課〔2〕）、ガソリン消費量は変化しなかった。
- （註4） 施工機械や農業機械などは、従来公道を走行しない特殊自動車として NO_x や SPM などの排出規制対象外とされてきたが、「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）」の施行によって 2006 年から排出規制が始まっている。
- （註5） 環境負荷別の外部費用換算係数は、 CO_2 が 1.7 円/kg（地球温暖化）、 NO_x が 189.3 円/kg（48.1 円/kg：酸性化・ NO_2 、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〔6〕）。
- （註6） 畑地圃場の大区画化に関する北海道十勝地域の整備率データを得ることができなかったため、本研究では、北海道十勝地域における普通畑面積を試算対象とした点、試算結果の解釈などにあたっては、十分に留意されたい。
- （註7） 小麦 25.0%、豆類 25.0%、てんさい 25.0%、ばれいしょ 25.0%（食用ばれいしょ 12.5%、原料用ばれいしょ 12.5%）の割合で作付されると仮定した。
- （註8） これらの数値結果そのものは、環境負荷を金額ベースに置き換える外部費用換算係数など、様々な条件や想定しだいで変化する点には、十分に留意する必要がある。

付録

水田における施工と営農による環境負荷の影響評価

本編では、北海道の畑地圃場整備を取り上げて、施工段階の環境負荷排出を外部費用、営農段階の環境負荷削減を外部費用削減便益として定量化し、土地改良事業の評価期間における環境負荷の排出分と削減分の両方を経済評価した。

本付録では、事例対象を北海道の水田圃場整備にかえ、本編同様、施工段階の環境負荷排出を外部費用、営農段階の環境負荷削減を外部費用削減便益として定量化し、土地改良事業の評価期間における環境負荷の排出分と削減分の両方を経済評価する。

土地改良事業における水田圃場の大区画化とは、耕作上の最小単位である畦畔で囲まれた圃場（耕区）の耕地面積規模を拡大することである。小区画（1 耕区当たり 0.3ha 未満）または中区画（1 耕区当たり 0.3ha 以上 1ha 未満）の水田圃場を大区画（1 耕区当たり 1ha 以上）に拡大することを想定する。

付図 1 に本研究における水田圃場整備モデル（大区画化後）を示す。水田圃場整備モデルでは、殖民区画を単位として、耕作道、用水路、排水路を設置し、耕区の耕地面積規模を拡大整備することを想定した（註 i）。本付録で想定する土地改良事業の工種は、整地工、道路工、用水路工、排水路工の 4 つである（付表 1）。整地工では、殖民区画内の 12 耕区分の耕地面積 27.7ha について、整地（表土剥ぎ取り、基盤切盛、基盤整地、表土戻し、表土整地）するとともに畦畔を築立する。さらに、付帯工として、圃場への進入路と田面排水路を設置する。道路工では、路体造成、法面整形、砂利舗装を行う。耕作道は 3 条（総延長 1,635m）を設置する。用水路工では、ベンチフリューム（V 型トラフ）据え付け、取水口設置、法面整形を行い、付帯工として、用水暗渠、分水栞、分水槽を設置する。用水路は 2 条（総延長 1,081m）を設置する。排水路工では、排水フリューム（U 型トラフ）据え付け、法面整形を行い、付帯工として、排水暗渠、分水槽を設置する。排水路は 3 条（総延長 1,617m）を設置する。

分析方法は以下である。はじめに、環境負荷を推計する。環境負荷の推計にあたり、施工段階における耕地面積 1ha 当たり燃料消費量および施工資材投入量を推計する。燃料消費量は、各工種の作業に用いられる施工機械（ブルドーザ、バックホウ、モータグレーダ、振動ローラ）の燃料消費原単位に作業量を乗じて推計した（建設物価調査会積算研究会〔8〕）。施工資材投入量は、各工種における施工資材必要量を物量ベースで推計した上で（建設物価調査会積算研究会〔8〕）、各施工資材単価を乗じて金額換算した（建設物価調査会〔7〕、建設物価調査会積算研究会〔8〕、建設資材メーカーカタログ）。これらの環境負荷は、燃料消費量および施工資材費に各環境負荷排出係数（南齋ら〔10〕）を乗じることで推計される。推計された環境負荷に外部費用換算係数を乗じて外部費用を推計する。なお、推計対象とした環境負荷は、本編同様に CO_2 （二酸化炭素）、 NO_x （窒素酸化物）、SPM（浮遊粒子状物質）の 3 種類とし、外部費用換算係数は日本版被害算定型影響評価手法（LIME）から引用した。

次に、営農段階における外部費用削減便益を推計する。推計にあたっては、伊藤ら〔5〕

が想定した水田圃場作業体系および農業機械諸元から推計される区画規模別の燃料消費量データ（小区画：軽油 460.2L/ha，ガソリン 9.4L/ha，中区画：軽油 285.5L/ha，ガソリン 7.6L/ha，大区画：軽油 263.7L/ha，ガソリン 7.0L/ha）（註 ii）を用いて環境負荷を推計し，外部費用に換算する．その上で，小区画または中区画の水田圃場が大区画化されたときの外部費用削減便益を推計する．なお，環境負荷および外部費用の推計方法は，上記の施工段階における外部費用の推計方法に準じた．

最後に，施工段階の外部費用と営農段階の外部費用削減便益の推計結果を用いて，土地改良事業の評価期間における各々の総額を試算する．具体的には，北海道の水田圃場を全て大区画化した場合の外部費用総額および外部費用削減便益総額を試算する．本研究で用いた大区画化対象である水田圃場面積データは，伊藤ら〔5〕と同様に小区画 21,997ha，中区画 196,301ha（1996 年度）である．また，土地改良事業の評価期間は 45 年間（うち工事期間 5 年間）と仮定した（農林水産省構造改善局計画部〔13〕，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〔15〕）．試算方法は，事業評価手法の 1 つである総費用総便益比方式を適用し，土地改良事業の評価期間における施工段階の外部費用総額および土地改良事業の評価期間における外部費用削減便益総額は本編と同様の方法で算定する．

付表 2 に施工段階における耕地面積 1ha 当たり外部費用の推計結果を示した．工事期間 5 年間全体で発生する耕地面積 1ha 当たり外部費用は 49,837.9 円/ha であった．付表 3 に営農段階における耕地面積 1ha 当たり外部費用削減便益の推計結果を示した．年間で発生する外部費用は，小区画 7,775.8 円/ha，中区画 4,839.1 円/ha，大区画 4,470.0 円/ha であり，区画規模が大きくなるにつれて外部費用は減少した．これらのデータから年間の外部費用削減便益を求めると，小区画圃場を大区画化した場合は 3,305.8 円/ha，中区画圃場を大区画化した場合は 369.1 円/ha と推計された．外部費用は，21.8 億円/年と推計された．外部費用削減便益は，1.5 億円/年と推計された．これらのデータをもとに，土地改良事業の評価期間 45 年間における施工段階の外部費用総額と営農段階の外部費用削減便益総額を試算した（付図 2）．北海道の水田圃場（小区画 21,997ha，中区画 196,301ha）を全て大区画化した場合，土地改良事業の評価期間において，施工段階の外部費用総額は 100.7 億円，営農段階の外部費用削減便益総額は 28.5 億円と試算された（註 iii）．

（註 i）1 耕区当たり耕地面積は，移植機械（田植機）および収穫機械（コンバイン）の稼動状況から（北海道立中央農業試験場〔3〕），生産資材の積み込みや収穫物の積み下ろしの必要などがなく，往復走行が最大限可能な圃場区画の長辺長を検討した．その結果，殖民区画を 12 分割した長辺 258m×短辺 89.3m の区画 2.3ha を 1 耕区当たり耕地面積と仮定した．

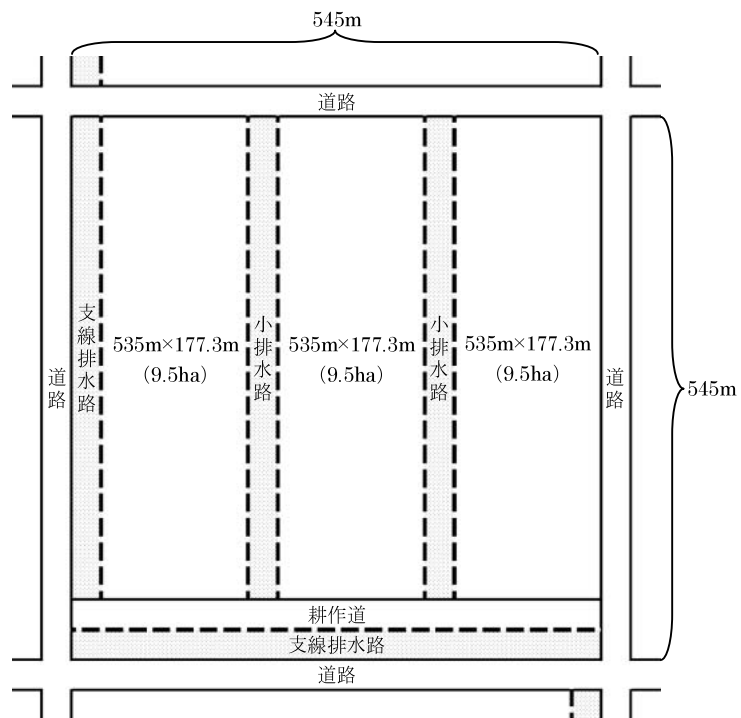
（註 ii）なお，今回の計算過程において，伊藤ら〔5〕よりもラウンドの桁数を増やして数値をより精緻化した．このため，伊藤ら〔5〕表 2 の燃料消費量データとは，軽油データについて小数第 1 位の桁で差異が生じた数値がある点に注意されたい．

（註 iii）試算にあたって，水田圃場整備にかかる工事は，評価期間内で均等な施工計画を前提とした．また，外部費用削減便益は，評価期間内で毎年同一の効果が発現することも前提とした．ただし，施工段階の 5 年間は工事の進捗率に応じた効果発現である．なお，将来の費用や便益を現在価値化するために用いる割引率につい

ては、農林水産省の公共事業評価に準拠して4%とした。

引用・参考文献

- [1] 北海道開発局帯広開発建設部「国営農地再編整備事業中鹿追地区」, Available at <http://www.ob.hkd.mlit.go.jp/hp/agri/pr/nakashikaoi.pdf>, アクセス日 2009 年 1 月 7 日.
- [2] 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.
- [3] 北海道立中央農業試験場 (1998)「大区画水田における適正区画規模と指導指針 (大区画水田における機械化営農体系の指針策定)」, 北海道立中央農業試験場.
- [4] 伊藤寛幸・増田清敬・浅敷孝浩・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』(投稿審査中).
- [5] 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』第 44 巻第 1 号, pp. 67~71.
- [6] 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.
- [7] 建設物価調査会 (2008)『建設物価』第 1056 号, 建設物価調査会.
- [8] 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.
- [9] 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』第 71 巻第 12 号, pp. 1077~1081.
- [10] 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ベース (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.
- [11] 農林水産省北海道農政事務所統計部編 (2007)『北海道農林水産統計年報 (農業統計市町村別編) 平成 17 年~18 年』, 北海道農林統計協会協議会.
- [12] 農林水産省構造改善局 (1991)『土地改良事業標準設計 第 11 編 ほ場整備』, 土地改良技術情報センター土地改良事業標準設計編集委員会.
- [13] 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.
- [14] 農林水産省構造改善局計画部資源課 (1990)『土地改良事業計画指針「ほ場整備 (水田)」基準書』, 農業土木学会.
- [15] 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.



第 1 図 畑地圃場の大区画化モデル

出所) 北海道開発局帯広開発建設部〔1〕を参考に作成.

第1表 畑地大区画化の施工内容

| 工種 | 工種明細 | モデル地区数量 |
|------|-----------------------------|---------|
| 整地工 | 整地工（表土扱い，基盤造成） | 28.5 ha |
| | 付帯工（進入路設置） | 3 箇所 |
| 道路工 | 土工（路体造成） | 545 m |
| | 舗装工（不陸整正，砂利舗装） | |
| 排水路工 | 土工（掘削，盛土・埋戻，基面整形） | 2,165 m |
| | 盛土法面整形工（盛土法面整形） | |
| | 排水路工（排水フリューム据付，土工用マット敷設・撤去） | |
| | 付帯工（分水槽据付，排水暗渠設置） | |

第2表 本研究で想定した北海道における畑圃場作業体系および農業機械の諸元【小麦】

| 作業名 | 作業期間 | 作業手段 | 燃料種別燃料消費率区画整理前区画整理後 | | 稼働時間 | | 燃料消費量 | |
|-------|-------------|-------------------|---------------------|-------|------|-------|-------|------|
| | | | L/時間 | 時間/ha | L/ha | 時間/ha | L/ha | L/ha |
| 耕起 | 8月下旬～9月中旬 | リバーシブルプラウ | 軽油 | 22.0 | 2.4 | 1.5 | 52.8 | 33.0 |
| 碎土・整地 | 9月上旬～9月下旬 | ロータリーハロー | 軽油 | 13.0 | 2.5 | 1.6 | 32.5 | 20.8 |
| 施肥・播種 | 9月上旬～9月下旬 | グレンドリル | 軽油 | 5.5 | 1.8 | 1.2 | 9.9 | 6.6 |
| | | トラック | 軽油 | 6.0 | 0.1 | 0.1 | 0.6 | 0.6 |
| 除草剤散布 | 9月上旬～10月上旬 | スプレーヤー | 軽油 | 8.0 | 0.3 | 0.2 | 2.4 | 1.6 |
| | | トラック | 軽油 | 6.0 | 0.1 | 0.1 | 0.6 | 0.6 |
| 雪腐病防除 | 11月中旬～11月下旬 | スプレーヤー | 軽油 | 8.0 | 0.3 | 0.2 | 2.4 | 1.6 |
| | | トラック | 軽油 | 6.0 | 0.1 | 0.1 | 0.6 | 0.6 |
| 融雪促進 | 3月中旬～3月下旬 | スノーモービル用ブロードキャスター | ガソリン | 1.4 | 0.4 | 0.4 | 0.6 | 0.6 |
| | | トラック | 軽油 | 6.0 | 0.1 | 0.1 | 0.6 | 0.6 |
| 分肥 | 4月中旬～5月上旬 | ブロードキャスター | 軽油 | 7.5 | 0.8 | 0.4 | 6.0 | 3.0 |
| | | トラック | 軽油 | 6.0 | 0.2 | 0.2 | 1.2 | 1.2 |
| 病害虫防除 | 6中旬 6下旬 7上 | スプレーヤー | 軽油 | 8.0 | 1.6 | 1.0 | 12.8 | 8.0 |
| | | トラック | 軽油 | 6.0 | 0.4 | 0.4 | 2.4 | 2.4 |
| 収穫 | 7月下旬～8月中旬 | 普通コンバイン | 軽油 | 25.0 | 1.0 | 0.5 | 25.0 | 12.5 |
| 運搬 | 7月下旬～8月中旬 | トラック | 軽油 | 6.0 | 1.0 | 1.0 | 6.0 | 6.0 |
| 残さ処理 | 7月下旬～8月中旬 | ストローチョッパー | 軽油 | 8.6 | 1.9 | 1.2 | 16.3 | 10.3 |
| | | ロータリーハロー | 軽油 | 13.0 | 2.5 | 1.6 | 32.5 | 20.8 |

出所) 北海道農政部農村計画課 (2) より引用.

第3表 本研究で想定した北海道における畑圃場作業体系および農業機械の諸元【豆類】

| 作業名 | 作業期間 | 作業手段 | 燃料種別 燃料消費率 区画整理前区画整理後 | | | | 区画整理前区画整理後 | | | |
|-------|-------------|-----------|-----------------------|-------|-------|------|------------|-------|-------|------|
| | | | 稼働時間 | | 燃料消費量 | | 稼働時間 | | 燃料消費量 | |
| | | | L/時間 | 時間/ha | L/ha | L/ha | L/時間 | 時間/ha | L/ha | L/ha |
| 種子・予措 | 冬期間 | 人力 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 耕起 | 5月中旬～5月下旬 | リバーシブルプラウ | 軽油 | 22.0 | 2.4 | 1.5 | 軽油 | 22.0 | 2.4 | 33.0 |
| 碎土・整地 | 5月中旬～5月下旬 | ロータリーハロー | 軽油 | 13.0 | 5.0 | 3.2 | 軽油 | 13.0 | 5.0 | 41.6 |
| 施肥・播種 | 5月中旬～5月下旬 | 総合施肥播種機 | 軽油 | 5.0 | 2.7 | 1.9 | 軽油 | 5.0 | 2.7 | 9.5 |
| | | トラック | 軽油 | 6.0 | 0.1 | 0.1 | 軽油 | 6.0 | 0.1 | 0.6 |
| 除草剤散布 | 5月中旬～6月上旬 | スプレーヤー | 軽油 | 8.0 | 0.3 | 0.2 | 軽油 | 8.0 | 0.3 | 1.6 |
| | | トラック | 軽油 | 6.0 | 0.1 | 0.1 | 軽油 | 6.0 | 0.1 | 0.6 |
| 病害虫防除 | 6月上旬～6月下旬 | スプレーヤー | 軽油 | 8.0 | 0.8 | 0.5 | 軽油 | 8.0 | 0.8 | 4.0 |
| | | トラック | 軽油 | 6.0 | 0.2 | 0.2 | 軽油 | 6.0 | 0.2 | 1.2 |
| 中耕・除草 | 6月下旬～7月中旬 | カルチベーター | 軽油 | 5.8 | 5.6 | 3.7 | 軽油 | 5.8 | 5.6 | 21.5 |
| 手取り除草 | 6月下旬～7月中旬 | 人力 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 病害虫防除 | 8月上旬～8月下旬 | スプレーヤー | 軽油 | 8.0 | 1.1 | 0.7 | 軽油 | 8.0 | 1.1 | 5.6 |
| | | トラック | 軽油 | 6.0 | 0.3 | 0.3 | 軽油 | 6.0 | 0.3 | 1.8 |
| 収穫 | 10月中旬～11月上旬 | 汎用コンバイン | 軽油 | 16.0 | 3.0 | 2.1 | 軽油 | 16.0 | 3.0 | 33.6 |
| 運搬 | 10月中旬～11月上旬 | トラック | 軽油 | 6.0 | 0.5 | 0.5 | 軽油 | 6.0 | 0.5 | 3.0 |

出所) 北海道農政部農村計画課 (2) より引用.

第4表 本研究で想定した北海道における畑圃場作業体系および農業機械の諸元【てんさい】

| 作業名 | 作業期間 | 作業手段 | 燃料種別燃料消費率区画整理前区画整理後 | | 稼働時間 | | 燃料消費量 | |
|-------------|-------------|-------------------|---------------------|-------|-------|------|-------|------|
| | | | L/時間 | 時間/ha | 時間/ha | L/ha | L/ha | L/ha |
| 育苗 | 8月下旬～9月上旬 | 採土機 | - | - | - | - | - | - |
| 床土準備 | 8月下旬～9月上旬 | 人力 | - | - | - | - | - | - |
| 育苗・除雪・NWS設置 | 2月中旬～3月上旬 | 人力 | - | - | - | - | - | - |
| 育苗・土詰・播種 | 3月中旬～3月下旬 | ミニ播種プラント | - | - | - | - | - | - |
| | | 人力 | - | - | - | - | - | - |
| 育苗・間引・育苗管 | 3月下旬～5月上旬 | 人力 | - | - | - | - | - | - |
| 育苗・苗づらし・後 | 4月上旬～5月中旬 | 苗分離運搬機 | - | - | - | - | - | - |
| | | 人力 | - | - | - | - | - | - |
| 融雪促進 | 3月中旬～3月下旬 | スノーモービル用プロードキヤスター | 1.4 | 0.4 | 0.4 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| | | トラック | 6.0 | 0.1 | 0.1 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| 耕起 | 4月中旬～4月下旬 | リバーシブルプラウ | 22.0 | 2.4 | 2.4 | 1.5 | 52.8 | 33.0 |
| 土改材散布 | 4月中旬～5月上旬 | ライムソアー | 4.5 | 2.2 | 2.2 | 1.3 | 9.9 | 5.9 |
| | | トラック | 6.0 | 0.1 | 0.1 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| 砕土・整地 | 4月中旬～5月上旬 | ロータリーハロー | 13.0 | 5.0 | 3.2 | 65.0 | 41.6 | 41.6 |
| 施肥 | 4月中旬～5月上旬 | 総合施肥播種機 | 5.0 | 1.7 | 1.2 | 8.5 | 6.0 | 6.0 |
| | | トラック | 6.0 | 0.1 | 0.1 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| 苗取り・運搬 | 4月下旬～5月上旬 | 苗分離運搬機 | - | - | - | - | - | - |
| | | トラック | 6.0 | 0.1 | 0.1 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| 移植 | 4月下旬～5月上旬 | ビート移植機 | 5.0 | 3.9 | 2.5 | 19.5 | 12.5 | 12.5 |
| 除草剤散布 | 5月中旬～6月上旬 | スプレーヤー | 8.0 | 0.3 | 0.2 | 2.4 | 1.6 | 1.6 |
| | | トラック | 6.0 | 0.1 | 0.1 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| 中耕・除草 | 5月下旬～6月下旬 | カルチベーター | 5.8 | 4.5 | 3.0 | 26.1 | 17.4 | 17.4 |
| 除草 | 7月中旬～8月中旬 | 人力 | - | - | - | - | - | - |
| 病害虫防除 | 6月下旬～9月中旬 | スプレーヤー | 8.0 | 1.9 | 1.2 | 15.2 | 9.6 | 9.6 |
| | | トラック | 6.0 | 0.5 | 0.5 | 3.0 | 3.0 | 3.0 |
| 収穫 | 10月中旬～11月上旬 | ビートハーベスター | 7.5 | 7.7 | 4.3 | 57.8 | 32.3 | 32.3 |

出所) 北海道農政部農村計画課 (2) より引用.

第5表 本研究で想定した北海道における畑圃場作業体系および農業機械の諸元【食用ばいしょ】

| 作業名 | 作業期間 | 作業手段 | 燃料種別 燃料消費率 区画整理前 区画整理後 | | | 稼働時間 | | | 燃料消費量 | |
|-------|------------|-----------|------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|------|
| | | | 軽油 | 軽油 | 軽油 | L/時間 | 時間/ha | 時間/ha | L/ha | L/ha |
| 種子運搬 | 9月下旬～4月上旬 | 人力 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 浴光催芽 | 4月上旬～5月上旬 | 人力 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 芋切り | 4月上旬～5月上旬 | ポテトカッター | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 耕起 | 4月下旬～5月中旬 | リバーシブルプラウ | 軽油 | 22.0 | 2.4 | 1.5 | 33.0 | 52.8 | 33.0 | 33.0 |
| 碎土・整地 | 4月下旬～5月中旬 | ロータリーハロー | 軽油 | 13.0 | 5.0 | 3.2 | 41.6 | 65.0 | 41.6 | 41.6 |
| 施肥・植付 | 4月下旬～5月中旬 | ポテトプランター | 軽油 | 5.0 | 7.1 | 3.5 | 17.5 | 35.5 | 17.5 | 17.5 |
| | | トラック | 軽油 | 6.0 | 0.1 | 0.1 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| 除草剤散布 | 5月上旬～6月上旬 | スプレーヤー | 軽油 | 8.0 | 0.3 | 0.2 | 1.6 | 2.4 | 1.6 | 1.6 |
| | | トラック | 軽油 | 6.0 | 0.1 | 0.1 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| 中耕 | 5月下旬～6月中旬 | カルチベーター | 軽油 | 5.8 | 3.0 | 2.0 | 11.6 | 17.4 | 11.6 | 11.6 |
| 培土 | 6月中旬～6月下旬 | カルチベーター | 軽油 | 5.8 | 1.4 | 0.9 | 5.2 | 8.1 | 5.2 | 5.2 |
| 除草 | 7月上旬～8月上旬 | 人力 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 病虫害防除 | 6月下旬～9月中旬 | スプレーヤー | 軽油 | 8.0 | 2.2 | 1.4 | 11.2 | 17.6 | 11.2 | 11.2 |
| | | トラック | 軽油 | 6.0 | 0.6 | 0.6 | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 3.6 |
| 収穫 | 7月下旬～10月上旬 | ハーベスター | 軽油 | 9.0 | 20.8 | 11.1 | 99.9 | 187.2 | 99.9 | 99.9 |
| 運搬 | 7月下旬～10月上旬 | トラック | 軽油 | 6.0 | 0.5 | 0.5 | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 3.0 |
| | | フロントローダー | 軽油 | 9.0 | 3.0 | 3.0 | 27.0 | 27.0 | 27.0 | 27.0 |

出所) 北海道農政部農村計画課 (2) より引用.

第6表 本研究で想定した北海道における畑圃作業体系および農業機械の諸元【原料用ばれいしよ】

| 作業名 | 作業期間 | 作業手段 | 燃料種別 燃料消費率 | | 区画整理前区画整理後 | | 区画整理前区画整理後 | |
|-------|------------|------------------|------------|-------|------------|------|------------|-------|
| | | | L/時間 | 時間/ha | 稼働時間 | L/ha | L/ha | 燃料消費量 |
| 耕起 | 4月下旬～5月中旬 | リバーシブルプラウ | 軽油 | 22.0 | 2.4 | 1.5 | 52.8 | 33.0 |
| 砕土・整地 | 4月下旬～5月中旬 | ロータリーハロー | 軽油 | 13.0 | 5.0 | 3.2 | 65.0 | 41.6 |
| 施肥・植付 | 4月下旬～5月中旬 | ポテトプランター トラック | 軽油 | 5.0 | 7.1 | 3.5 | 35.5 | 17.5 |
| 除草剤散布 | 5月上旬～6月上旬 | スプレーヤー トラック | 軽油 | 6.0 | 0.1 | 0.1 | 0.6 | 0.6 |
| 中耕 | 5月下旬～6月中旬 | カルチベーター | 軽油 | 8.0 | 0.3 | 0.2 | 2.4 | 1.6 |
| 培土 | 6月中旬～6月下旬 | カルチベーター | 軽油 | 6.0 | 0.1 | 0.1 | 0.6 | 0.6 |
| 除草 | 7月上旬～8月上旬 | 入力 | 軽油 | 5.8 | 3.0 | 2.0 | 17.4 | 11.6 |
| 病害虫防除 | 6月下旬～9月中旬 | スプレーヤー トラック | - | - | - | - | 8.1 | 5.2 |
| 収穫 | 9月・10月上旬 | ハーベスター | 軽油 | 8.0 | 2.7 | 1.7 | 21.6 | 13.6 |
| 運搬 | 9月下旬～10月上旬 | トラック | 軽油 | 6.0 | 0.7 | 0.7 | 4.2 | 4.2 |
| | | | 軽油 | 9.0 | 10.8 | 5.8 | 97.2 | 52.2 |
| | | | 軽油 | 6.0 | 0.5 | 0.5 | 3.0 | 3.0 |

出所) 北海道農政部農村計画課 (2) より引用.

第7表 施工段階における耕地面積1ha当たり燃料消費量および施工資材投入量 (L, 円)

| 区分 | | 整地工 | 道路工 | 排水路工 | 合計 | 備考 |
|------|----------|---------|----------|-----------|-----------|-------------------|
| 燃料 | 軽油 | 1,402.0 | 16.3 | 291.5 | 1,709.8 | |
| 施工資材 | セメント製品 | 0.0 | 0.0 | 651,506.0 | 651,506.0 | 排水フリューム, RC管, 分水槽 |
| | 砕石 | 0.0 | 18,213.9 | 186.7 | 18,400.6 | クラッシャーラン |
| | プラスチック製品 | 0.0 | 0.0 | 33,642.9 | 33,642.9 | マット・シート |
| | 生コンクリート | 0.0 | 0.0 | 2,127.1 | 2,127.1 | 生コンクリート |
| | セメント | 0.0 | 0.0 | 17.9 | 17.9 | 普通ポルトランドセメント |
| | 砂利・採石 | 0.0 | 0.0 | 2.9 | 2.9 | 洗砂 |

出所) 建設物価調査会〔7〕, 建設物価調査会積算研究会〔8〕, 建設資材メーカーカタログより作成.

第8表 畑地圃場の大区画化前後でみた営農段階における
耕地面積1ha当たり燃料消費量 (L)

| 区分 | 大区画化前 | | 大区画化後 | |
|----------|-------|------|-------|------|
| | 軽油 | ガソリン | 軽油 | ガソリン |
| 小麦 | 204.6 | 0.6 | 130.2 | 0.6 |
| 豆類 | 236.6 | 0.0 | 157.6 | 0.0 |
| てんさい | 263.2 | 0.6 | 165.8 | 0.6 |
| 食用ばれいしょ | 420.8 | 0.0 | 256.4 | 0.0 |
| 原料用ばれいしょ | 308.4 | 0.0 | 184.7 | 0.0 |

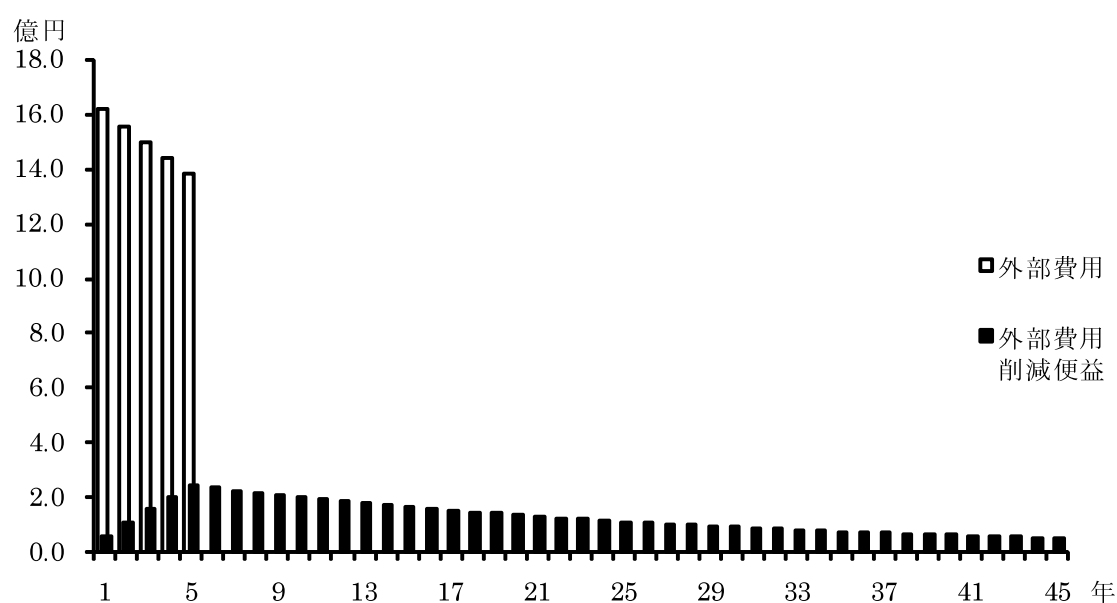
出所) 北海道農政部農村計画課〔2〕より作成.

第9表 施工段階における耕地面積1ha当たり外部費用の推計結果 (円)

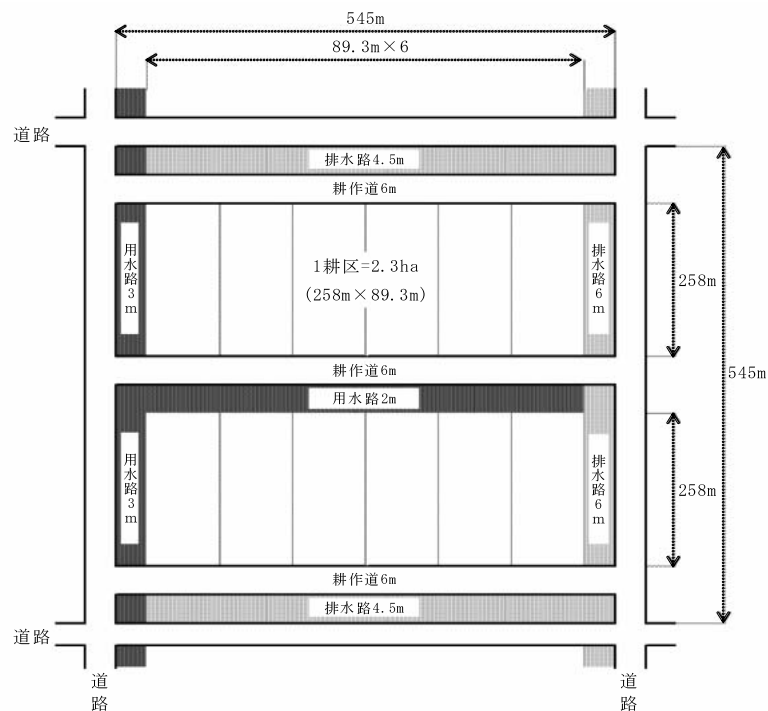
| 区分 | | CO ₂ | NO _x | SPM | 合計 |
|------|----------|-----------------|-----------------|----------|----------|
| 燃料 | 軽油 | 7,855.5 | 12,206.1 | 8,522.0 | 28,583.5 |
| 施工資材 | セメント製品 | 12,184.8 | 2,775.6 | 2,711.7 | 17,672.2 |
| | 砕石 | 137.6 | 79.3 | 102.4 | 319.4 |
| | プラスチック製品 | 277.5 | 43.1 | 60.0 | 380.5 |
| | 生コンクリート | 88.2 | 20.3 | 14.4 | 122.8 |
| | セメント | 3.4 | 0.6 | 0.3 | 4.4 |
| | 砂利・採石 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.05 |
| 合計 | | 20,547.0 | 15,125.0 | 11,410.8 | 47,082.9 |

第10表 営農段階における耕地面積1ha当たり外部費用削減便益の推計結果（円）

| 区分 | 大区画化前 | | | | 大区画化後 | | | | 外部費用削減便益 ①－② |
|----------|-----------------|-----------------|---------|---------|-----------------|-----------------|---------|---------|-----------------|
| | CO ₂ | NO _x | SPM | 小計① | CO ₂ | NO _x | SPM | 小計② | |
| 小麦 | 942.4 | 1,462.7 | 1,020.8 | 3,426.0 | 600.5 | 931.4 | 649.9 | 2,181.9 | 1,244.1 |
| 豆類 | 1,086.9 | 1,688.9 | 1,179.1 | 3,955.0 | 723.9 | 1,124.8 | 785.3 | 2,634.0 | 1,321.0 |
| てんさい | 1,211.2 | 1,880.4 | 1,312.4 | 4,404.1 | 764.0 | 1,185.4 | 827.2 | 2,776.7 | 1,627.4 |
| 食用ばれいしょ | 1,933.4 | 3,004.2 | 2,097.4 | 7,035.0 | 1,178.1 | 1,830.5 | 1,278.0 | 4,286.7 | 2,748.3 |
| 原料用ばれいしょ | 1,417.0 | 2,201.8 | 1,537.2 | 5,156.0 | 848.7 | 1,318.7 | 920.7 | 3,088.0 | 2,067.9 |



第2図 事業評価期間における耕地面積 1ha 当たり外部費用および外部費用削減便益の試算結果



付図1 本研究における水田圃場整備モデル（大区画化後）

出所）北海道立中央農業試験場〔3〕，農林水産省構造改善局〔12〕，農林水産省構造改善局計画部資源課〔14〕を参考に作成．

付表1 水田圃場整備モデルの工種内容

| 区分 | 工種内容 |
|------|-----------------------|
| 整地工 | 整地工，畦畔工，付帯工 |
| 道路工 | 土工，法面整形工，舗装工 |
| 用水路工 | 土工，法面整形工，用水路工，取水工，付帯工 |
| 排水路工 | 土工，法面整形工，排水路工，付帯工 |

出所）農林水産省構造改善局〔12〕，農林水産省構造改善局計画部資源課〔14〕より作成．

付表2 施工段階における耕地面積1ha当たり燃料消費量および施工資材投入量の推計結果

| 区分 | | 整地工 | 道路工 | 用水路工 | 排水路工 | 合計 |
|----------|--------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|
| 燃料 | | | | | | |
| 軽油 | (L/ha) | 1,571.0 | 98.4 | 77.0 | 331.4 | 2,077.9 |
| 施工資材 | | | | | | |
| セメント製品 | (円/ha) | 3,234.6 | 0.0 | 228,537.9 | 257,715.4 | 489,487.9 |
| 碎石 | (円/ha) | 0.0 | 56,230.9 | 195.1 | 230.6 | 56,656.6 |
| プラスチック製品 | (円/ha) | 820.0 | 0.0 | 1,125.4 | 25,854.5 | 27,799.9 |
| 建設用金属製品 | (円/ha) | 0.0 | 0.0 | 8,683.0 | 0.0 | 8,683.0 |
| 生コンクリート | (円/ha) | 0.0 | 0.0 | 2,357.3 | 2,626.8 | 4,984.1 |
| 熱間圧延鋼材 | (円/ha) | 0.0 | 0.0 | 1,619.1 | 0.0 | 1,619.1 |
| セメント | (円/ha) | 0.0 | 0.0 | 76.1 | 13.8 | 90.0 |
| 砂利・採石 | (円/ha) | 0.0 | 0.0 | 12.2 | 2.2 | 14.4 |

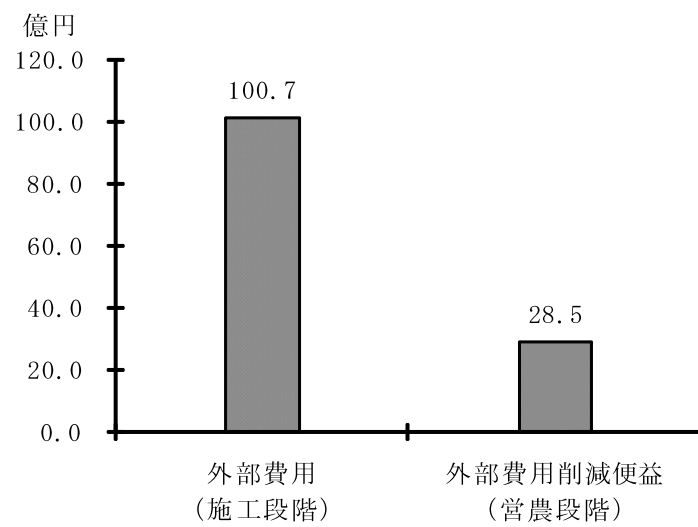
出所) 建設物価調査会〔7〕，建設物価調査会積算研究会〔8〕，建設資材メーカーカタログより作成.

注：1) 施工資材の集計は産業連関表の部門分類に従った．2) ラウンドの関係上，合計が合わない場合がある．

付表3 営農段階における耕地面積1ha当たり外部費用削減便益の推計結果

| 区分 | | CO ₂ | NO _x | SPM | 合計 |
|---------------|--------|-----------------|-----------------|---------|---------|
| 外部費用 | | | | | |
| ①小区画 | (円/ha) | 2,151.8 | 3,315.7 | 2,308.2 | 7,775.8 |
| ②中区画 | (円/ha) | 1,341.9 | 2,062.5 | 1,434.6 | 4,839.1 |
| ③大区画 | (円/ha) | 1,239.5 | 1,905.3 | 1,325.2 | 4,470.0 |
| 外部費用削減便益 | | | | | |
| 小区画⇒大区画 (①－③) | (円/ha) | 912.3 | 1,410.4 | 983.0 | 3,305.8 |
| 中区画⇒大区画 (②－③) | (円/ha) | 102.4 | 157.3 | 109.4 | 369.1 |

注) ラウンドの関係上，合計が合わない場合がある．



付図 2 北海道水田圃場の大区画化における外部費用総額と
外部費用削減便益総額の試算結果