

農業農村整備事業における温室効果ガスの評価手法の検討と排出実態の把握

北海道農政部農村振興局農村計画課 赤坂 浩・○森井大輔
北海道空知総合振興局産業振興部調整課 高橋一也
(財)北海道農業近代化技術研究センター 高木優次

1. はじめに

北海道農政部地球温暖化対策検討部会では、これまで農業農村整備事業による温室効果ガス（以下、「GHG」という）の発生量について、LCA手法（NN-LCA）を用いて算出し評価する取組を進めており、平成22年の本報告会においてその算出量の試算結果などを紹介した。

その後、従来の経済性の評価に環境の評価を加え費用対効果分析として統合するため評価指標の設定、GHG排出量の貨幣価値化、評価期間及び社会的割引率の設定について検討した。

また、農業農村整備事業に関わる技術者が容易にGHG排出量を評価できるように、細工種ごとの事業費当りGHG排出量の原単位を充実するとともに土壌からの排出についても単純化を検討している。

さらに、整地工と暗渠排水の工法や資材の違いによる施工時の燃料消費量の実態を調査した。

本報告では、これらの調査・検討結果について報告する。

2. GHG排出量の事業計画費用対効果との統合

(1) 検討の必要性

土地改良事業による環境影響には、環境費用と環境便益がある。環境費用については、土地改良法第1条において環境との調和に配慮することが義務付けられており、環境配慮工法の実施などによる掛増し経費を事業費用に計上していることから、内部化されていると理解されている。しかし、事業の実施に伴うGHG排出については、今のところ考慮されていない。

一方、事業実施による整備効果により、土地改良施設の維持管理や営農による農業機械の効率化などによりGHG排出量を現在より削減することも可能であり、これは環境便益と考えることができる。

以上から、GHG排出量を加味した総合的な経済効果算定手法の検討が必要であり、ここでは評価指標の設定、貨幣価値化、評価期間、割引率について検討した。

(2) 公共事業関連の動向

公共事業関連でのCO₂削減等による評価と貨幣価値化の動向は、以下のとおりである。

○林野公共事業において炭素固定便益としてCO₂の貨幣価値化による事業評価を実施中

(林野公共事業における事前評価マニュアル(参考単価表)平成14年)

○農村環境整備事業において、地域資源利活用施設を対象としたCO₂発生量抑制を評価し、CO₂貨幣価値化による事業評価手法を掲載(農村環境整備費用対効果分析マニユ

アル（農水省農村振興局）平成 20 年 3 月）

- 国土交通省所管の公共事業において CO₂ 貨幣価値化による事業評価を実施中
（公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針（共通編）平成 21 年 6 月）

（3） 検討結果

GHG 排出量の増減を費用対効果へ反映させるためには、以下の①～③の検討が必要である。

- ①評価指標の設定
- ②GHG の貨幣価値化
- ③評価期間及び社会的割引率の設定

①評価指標の設定

土地改良事業の費用対効果分析は、総費用総便益比によって測定することとされており、これが 1.0 以上であれば、事業の実施が経済的に妥当性をもつとされている。

$$\text{総費用総便益比} = \frac{\text{事業による総便益}}{\text{事業による総費用}}$$

- ・ GHG 貨幣価値化による環境効果額の算定

$$\text{環境効果額} = \text{総便益に係る GHG 貨幣価値化} - \text{総費用に係る GHG 貨幣価値化}$$

- ・ 上記 2 つの指標を統合し、経済・環境効果を算定

$$\text{経済・環境効果} = \frac{\text{事業による総便益} + \left\{ \begin{array}{l} \text{総便益に係る GHG 貨幣価値化} \\ - \text{総費用に係る GHG 貨幣価値化} \end{array} \right\}}{\text{事業による総費用}}$$

評価指標は、様々な意見があり、今後も検討が必要である。

②GHG 排出量の貨幣価値化

GHG 排出量の貨幣価値化についての事例を表-1 に示す。

NN-LCA の目的は、農業農村整備事業のスポンサーである国民への説明責任を果たすことを目標の一つとしている。このため、現在世代の国民（被害を受ける側）が表明選考により評価した事例 6 を用いることが適切と考えた。事例 6 の統合化係数は、国民 1000 人規模の面接によるアンケート調査によるコンジョイント分析を行っていることから信頼性も高いと考えられる。さらに、農林水産省、国土交通省で採用している事例 1、事例 2 と比較しても近似値である。

よって、事例 6 の統合化係数（2,330 円/t-CO₂）を採用する。なお、CH₄、N₂O については地球温暖化係数（CH₄：21 倍、N₂O：310 倍）を乗じて CO₂ 価格に換算する。

※ 「コンジョイント分析」とは、商品やサービスの中身を“構成要素（価格・性能等）”に分解して、各要素が商品の満足度にどの程度強く寄与しているのかを数量的に把握する手法

③評価期間及び社会的割引率の設定

土地改良事業の経済効果の評価期間は、「40年＋整備期間」とされているため、本検討においても同期間とする。

社会的割引率については、総費用・総便益の算定において現在価値化することとしており4%を使用しているが、環境評価においては、割引率を設定すると将来世代への環境被害が過小評価となる恐れがあるため0%、4%を併記し慎重に扱う。

※ 「現在価値化」とは、評価の時点と同じくするために評価期間中に発生する費用や便益を評価時点の価値に割引くこと

表-1 CO₂貨幣価値の提案

NO	算定根拠	円/t-CO ₂	適用及び価格の算定根拠
事例1	排出権取引価格	2,657	農水省の生活環境整備の経済効果に適用。欧州の排出権取引価格（2005年平均）を使用。市場価格であり分かり易い反面、価格変動が激しい。
事例2	限界被害費用	2,890	国土交通省が所管する公共事業の評価採用。既往研究の蓄積状況や諸外国の状況を踏まえて策定。Tol（1999）の研究を引用。イギリスで適用。
事例3	平均削減費用（代替法）	8,746	道内カラマツの生涯の維持管理費用を同期間の二酸化炭素固定量で除して算定。道民の理解が得やすい算定方法といえる。
事例4	限界削減費用	46,800	鳩山政権のもと地球温暖化問題に関する閣僚委員会副大臣級検討チーム・タスクフォースがGHG排出量の1990年比25%削減達成という中期目標に関し、現時点での分析及び評価を行ったものである。2020年までに真水分で15%削減する場合の限界削減費用。
事例5	限界削減費用	8,740	2050年にCO ₂ を1990年比70%削減した低炭素社会実現の可能性を検討。国立環境研究所、大学、シンクタンクなどの60名の研究者が参加。これまでの研究の中でも比較的長いスパンで検討されており、より現実的なシナリオである。
事例6	限界被害費用	2,330	（独）産総研ライフサイクルアセスメント研究センターが、LCA国家プロジェクト（製品等ライフサイクル環境影響評価技術開発；新エネルギー・産業技術総合開発機構）と連携し、日本の環境条件を基礎とした第一版被害算定型環境影響評価手法（LIME：Life-cycle Impact assessment Method based on Endpoint modeling）を開発したが、LIME2はこれを改良したもの。CO ₂ について国内1000人を対象にコンジョイント分析を実施し、統合化係数として算定。LCAの環境影響評価手法として使用されている。

3. GHG排出量評価簡便化のためのGHG排出原単位の検討

農業農村整備事業の計画段階では、具体的な資材等の数量まで算出しないため、事業計画書に示される工種別の事業費（金額）に排出原単位を乗じてGHG排出量を算定するなど単純化する必要がある。

事業計画段階で、事業実施前後のGHG排出量の算定が可能となれば、事業実施による環境負荷の目安にすることができるとともに、低炭素工法や資材の選択にも利用することができる。

工種別のGHG排出量は、工事費用を積算するための設計書を基に、資材・燃料等を集計して算定した。ここでの検討には、空知、上川、釧路総合振興局、石狩振興局の実施地区のデータを用いた。

GHG 排出量は、設計書で積算された燃料・資材等の金額に、LCA 指針の GHG 原単位をそれぞれ乗じて算定し、工種別の直接工事費と GHG 排出量の相関性を検討した（図 1～8）。

決定係数（ R^2 ）は最も低い農道工種でも 0.81 と相関性は良好である。よって、それぞれの回帰式の傾きが、百万円当り GHG 排出量の原単位の目安としてとらえることができる。

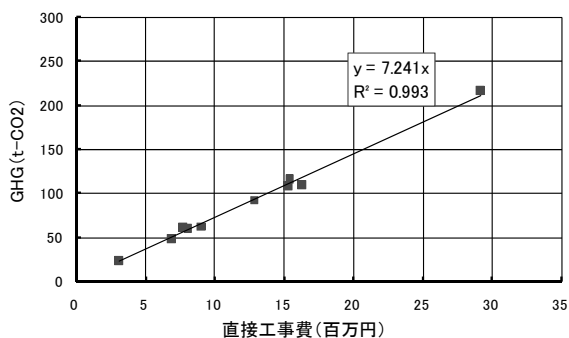


図-1 整地工直接工事費と GHG 排出量

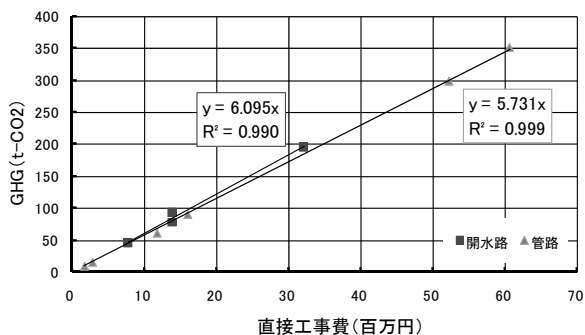


図-2 用水路直接工事費と GHG 排出量

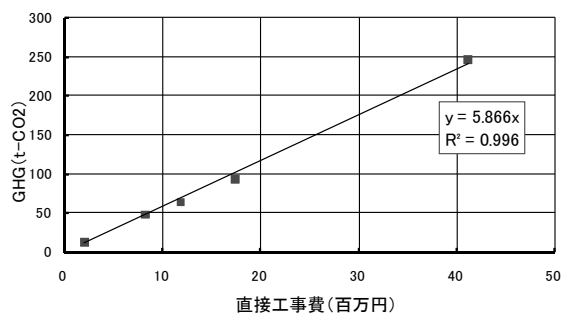


図-3 排水路直接工事費と GHG 排出量

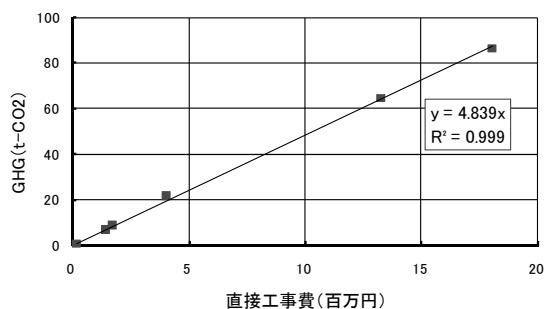


図-4 耕作道直接工事費と GHG 排出量

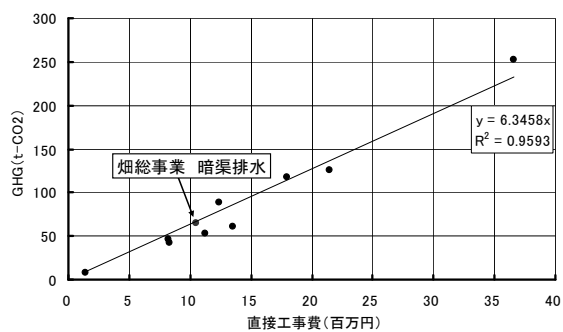


図-5 暗渠排水直接工事費と GHG 排出量

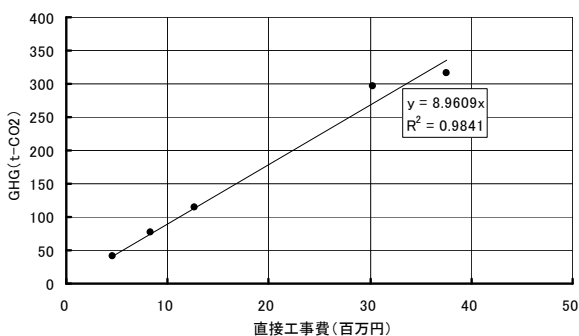


図-6 客土直接工事費と GHG 排出量

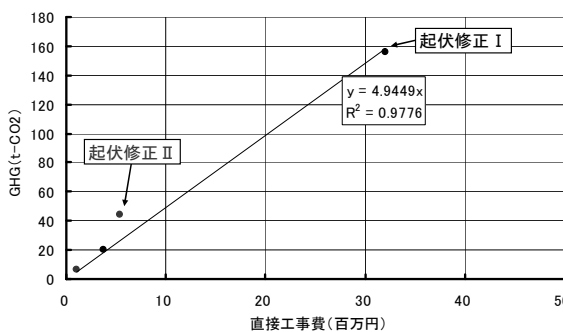


図-7 草地整備直接工事費と GHG 排出量

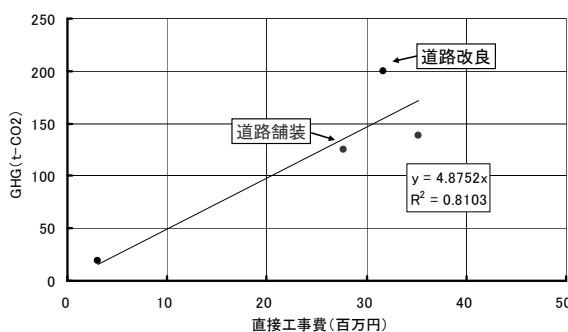


図-8 農道直接工事費と GHG 排出量

4. 土壌からの GHG 排出量推定の単純化

土壌からの GHG 排出は、これまで水田地帯の圃場整備事業地区においてメタンガスの排出量を測定し検討を行ってきたが、今後評価対象地区ごとに現地調査を行うことは、調査が長期間に渡るとともに多大な費用を要するため実質的に不可能である。よって、土壌中の炭素及び窒素動態のシミュレーションを行う DNDC-Rice モデルを使用してメタンの発生量を推定することとし、これまでの現地調査のデータから北海道の代表土壌別に GHG 排出量を推定し、単純化するための作業を行っている。

なお、畑地における GHG 排出量 (N₂O) 推定は日本国温室効果ガスインベントリ報告書 (国立環境研究所) を採用することとした。

5. 水田圃場整備の工法・資材の違いによる GHG 排出量の実態

5-1. 農業農村整備工事における工種別 GHG 排出量

農業農村整備の工事における GHG 排出量を、空知総合振興局管内の A 地区 (水田ほ場整備) をモデルに整地工、道路工 (耕作道)、用水路工、排水路工、暗渠排水工の 5 工種を対象に試算した。

GHG の主な排出源は、整地工では“軽油が 69%”、道路工 (耕作道) では“砂利・採石が 69%”、用水路工・排水路工では“セメント製品が 54%・43%”、暗渠排水工では“プラスチック製品が 61%”となることから、図-9 に示す農業農村整備工事関係の工種別 GHG 排出割合からわかる。

これらの GHG の排出源である軽油、資材などを、従来の整備機能を維持しながら排出量の少ないものに変更することが可能であれば、工事における GHG 排出量の削減につながる。

特に、整地工は“軽油”の割合が他の工種に比べ大きく、建設機械の消費燃料の削減が GHG 排出量の削減に直接結び付く。

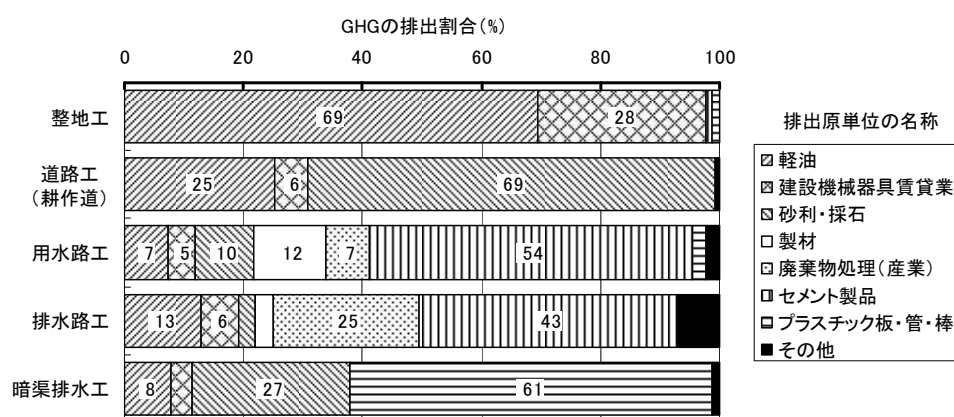


図-9 農業農村整備 (水田圃場整備) 工事の工種別 GHG 排出割合 (A 地区の事例)

5-2. 水田圃場整備整地工の GHG 排出実態

北海道では水田圃場の大区画化を伴う事業により、1年間で1,300ha (2008年実績) を超える区画整理・整地工事を実施している。

整地工の工事における GHG の排出は、建設機械の稼働によるものが大きく比重を占めているので、従来からの標準切盛工法と運土量の少ない低コスト工法である反転均平工法の建設機械稼働に関わる消費燃料の実態を把握し、GHG 排出量を比較した。

(1) 調査概要

調査は、空知総合振興局管内の深川市、滝川市、秩父別町、新十津川町の水田圃場整備事業地区内において平成 22 年度 5 圃場、平成 23 年度 11 圃場を対象に実施した。

各圃場とも、田差がある複数の圃場を 1 圃場に整地する（表土扱いあり）もので、調査区画の施工面積は 0.5～4.7ha である。

標準切盛工法では、表土剥ぎ・基盤切盛（運土）、基盤仕上げ、表土戻し、均平整地までのブルドーザ（湿地 18t 級他）の施工時間・消費燃料を集計した。

一方、反転均平工法では、主に反転のためのプラウ（30 インチ×1 連他）をけん引するトラクタ（6t 級他）またはブルドーザ（湿地 21t 級他）、転圧・運土のためのブルドーザ（20t 級）、均平整地のためのレベラー（作業幅 5m）をけん引するトラクタの施工時間・消費燃料を集計した。

それぞれの施工時間、消費燃料の記録は、施工業者に依頼した。施工時間はオペレータの作業時間の記録に基づき集計したものである。また、消費燃料は調査対象圃場内の作業開始時に燃料を満タンにして、その後の給油量を集計したものである。

(2) 施工時間・消費燃料調査結果

標準切盛工法は、7 圃場を対象に調査を実施し、1ha 当り平均施工時間は 45 時間 2 分、平均消費燃料は 2,029ℓ であった（表-2）。

表-2 標準切盛工法 1ha 当りの施工時間と消費燃料

作業区分	施工時間	消費燃料 (ℓ)
基盤切盛・基盤仕上げ (ブルドーザ 18t 級他)	16:44 (37.2%)	773 (38.1%)
表土剥ぎ・戻し・整地 (ブルドーザ 18t 級他)	28:17 (62.8%)	1,256 (61.9%)
合計	45:02	2,029

表-3 反転均平工法 1ha 当りの施工時間と消費燃料

作業区分	施工時間	消費燃料 (ℓ)
反転・均平整地 (トラクタ 6t 級他・ブルドーザ 21t 級他)	11:41 (72.1%)	376 (76.4%)
転圧・運土 (ブルドーザ 20t 級他)	4:31 (27.9%)	116 (23.6%)
合計	16:13	492
標準切盛工法に対する割合	36.0%	24.3%

※表-2、表-3 の括弧内の%は、合計に占める割合を示す。端数処理の関係から合計が異なる。

一方、反転均平工法は、9 圃場を対象に調査を実施し、平均施工時間は 16 時間 13 分となり標準切盛工法の 36%となった。また、平均消費燃料は 492ℓ で、標準切盛工法の 24%となり、標準切盛工法に対し 1ha 当り 1,537 ℓ 少ない結果となった（表-3）。

標準切盛工法では、表土扱いに係る作業時間・消費燃料は、全体の 60%程度（表-2）を占めるので、この工程が省略できる反転均平工法と大きく異なる結果となった。

(3) GHG 排出量の評価

消費燃料の調査結果をもとに、GHG 排出量に換算した（図-10）。

ここでは、消費燃料 1ℓ 当りの GHG 排出量は、軽油の排出係数 2.624kg -CO₂/ℓ（事業者からの温室効果ガス排出量算定方法ガイドライン（試案 ver1.5）環境省）を乗じた。

標準切盛工法の 1ha 当り GHG 排出量は 5.324t-CO₂/ha であるのに対し消費燃料の少ない反転均平工法は 1.291t-CO₂/ha で、実に 1 / 4 までに削減されることがわかった。

このような調査結果から、反転均平工法は低コスト工法であるばかりでなく、GHG 発生量の低減が可能な地球環境にも優しい工法であると評価できる。

反転均平工法では、①反転作業により表土内に心土が混入する、②施工機械の特性から圃場の切盛高さが制約される、③土壌が乾燥した条件での施工が必要とされるなどの制約があるが、施工圃場の土壌・田差等の圃場条件、農家意向、施工時期等の適応条件に該当する場合には、反転均平工法の採用を検討することが環境配慮の面からも重要と考えられる。

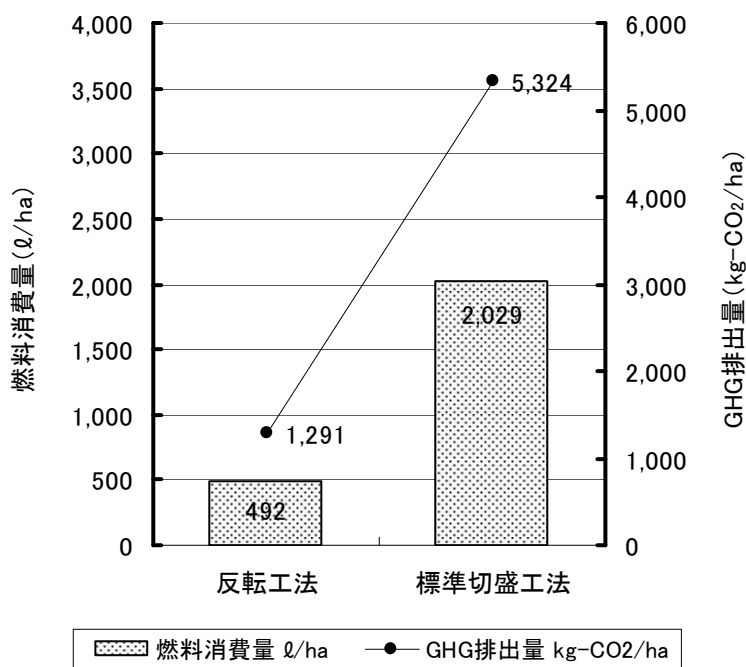


図-10 整地工における消費燃料・GHG 排出

5-3. 水田圃場整備暗渠排水工の GHG 排出実態

暗渠排水の工事では、建設機械の消費燃料による GHG の排出割合は小さいが、配線形状（くし型、フォーク型）、疎水材（ビリ砂利・モミガラ）、管種（合成樹脂管・素焼土管）等の違いにより、建設機械の消費燃料に差がみられるか比較検討した。

(1) 調査概要

調査は、空知及び上川総合振興局管内の深川市、新十津川町、上富良野町、雨竜町の水田圃場整備地区を対象に実施した。

各圃場の整備面積、配線形状、管種・疎水材を表-4に示す。

施工で使用する建設機械は、掘削はトレンチャ、バックホウ（スリムバケット使用）、資材運搬は運搬車、水閘掘削はバックホウ、埋戻し・整地はブルドーザである。ただし、T地区、H地区は、埋め戻しと整地作業が含まれていないため、調査結果は参考として掲載する。

表-4 調査圃場の概要

地区名	整備面積 (ha)	配線形状	管種・疎水材	掘削機械
F地区	0.73-0.43	フォーク型	合成樹脂管・モミガラ	トレンチャ
K地区	0.39-0.74	フォーク型	合成樹脂管・チップ	スリムバケット
F地区	0.4	くし型	合成樹脂管・モミガラ	トレンチャ
S地区	0.44-0.40	くし型	合成樹脂管・ビリ砂利	トレンチャ
H地区	0.96-1.28	くし型	素焼土管・チップ	トレンチャ

(2) 調査結果

調査結果を表-5に示す。

①配線形状

同じ管種・疎水材、掘削機械を使っているが、フォーク型とくし型の2タイプあるF地区を比較すると、フォーク型の作業時間・消費燃料が少なかった。これは、配線延長の長短のほか一方での工事延長が長くなるため施工効率が良くなることが原因として想定される。

②疎水材

重量の重いビリ砂利が作業時間・消費燃料ともに最も多く、次いでチップ、モミガラとなった。

③管種

素焼土管を使用したH地区は、参考数値であるため、管種による比較はできない。

④掘削機械

今回調査した中で唯一K地区がバックホウを使用している。疎水材の違いはあるが同じフォーク型のF地区と比較すると作業時間で1.4倍、消費燃料では2倍となった。

これは、掘削断面がトレンチャよりも大きいことで、掘削時間や疎水材投入に作業時間を要したためと思われる。

表-5 暗渠排水工事に係る ha 当たり作業時間と消費燃料

地区名	配線形状	管種・疎水材	掘削機械	作業時間	消費燃料 (ℓ)
F地区	フォーク型	合成樹脂管・モミガラ	トレンチャ	29:44	119.8
K地区	フォーク型	合成樹脂管・チップ	スリムバケット	41:43	236.0
F地区	くし型	合成樹脂管・モミガラ	トレンチャ	44:35	155.0
S地区	くし型	合成樹脂管・ビリ砂利	トレンチャ	56:43	365.2
H地区	くし型	素焼土管・チップ	トレンチャ	53:46	85.4 (参考)

(3) GHG 排出量の評価

消費燃料の調査結果をもとに、GHG 排出量に換算した (図-11)。

消費燃料 1ℓ 当りの GHG 排出量は、整地工と同様に 2.624kg-CO₂/ℓ とした。

1ha 当り消費燃料の少ない疎水材がモミガラの場合、GHG 排出量は 0.31～0.41t-CO₂/ha で、ビリ砂利の 0.96t-CO₂/ha に比べると、半分以下になっている。

なお、本検討には、暗渠排水管、疎水材の製造・運搬等にかかる GHG 排出量は考慮していない。

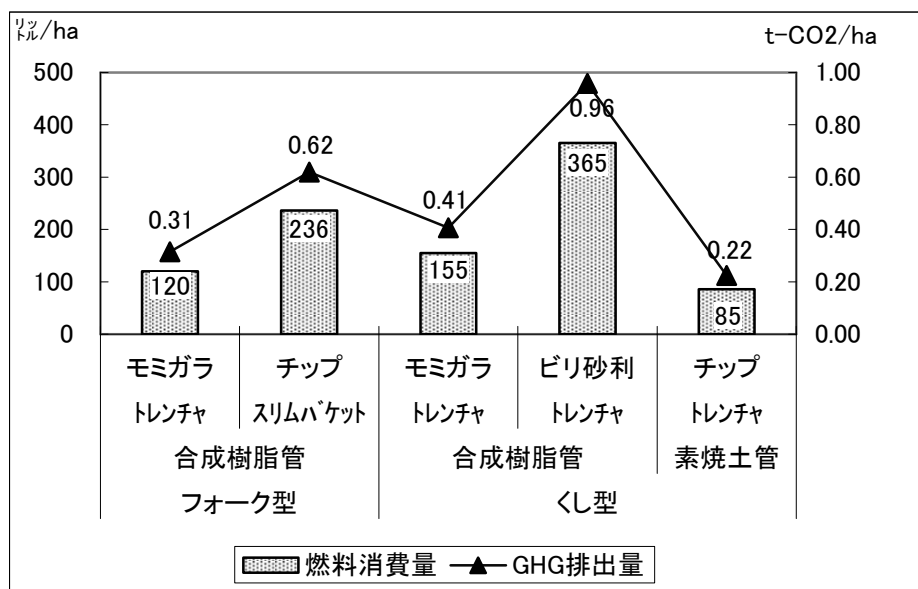


図-11 暗渠排水工事に係る消費燃料と GHG 排出量

6. おわりに

今後、農業農村整備の分野でも、地球温暖化への影響を考慮し、GHG 排出量に着目した新たな視点での経済的評価、GHG 排出量の削減を検討する必要がある。

特に、農業農村整備事業の GHG 排出量は、単に工事の実施によるものだけでなく、整備前後の営農や維持管理の仕方あるいは農地土壌からの GHG 排出量等も大きく関わっているため、これらを含めた経済的評価を進める必要がある。

そこで今後は、事業計画段階から工事の実施までの各段階において、経済・環境評価を試行しながら、本格的な導入へと発展させていく予定である。

また、今回の GHG の排出量調査は、工事の一部である整地工・暗渠排水工の消費燃料に限定した事例であり、サンプル数も少ない。今後もデータを蓄積して、圃場整備工事に関する消費燃料量、GHG 排出量を評価できるように工法選定など排出量削減のための具体的な適応策への取組を進めていくこととしている。

【引用文献】

- 1) 高木ら：LCA 手法による圃場整備に関わる温室効果ガス発生量の評価，日本土壤肥料学会講演要旨集第 56 集，p.189 (2010)
- 2) 長岡範之・三上英樹・高木優次：農業農村整備の GHG 評価手法の開発，第 27 回農業土木新技術検討報告会要旨集，p.93～102 (2010)
- 3) 赤坂浩・高木優次：水田圃場整備整地工における温室効果ガス排出量の実態，農業農村工学会誌，p.34～35 (2011.11)