2023/06/20

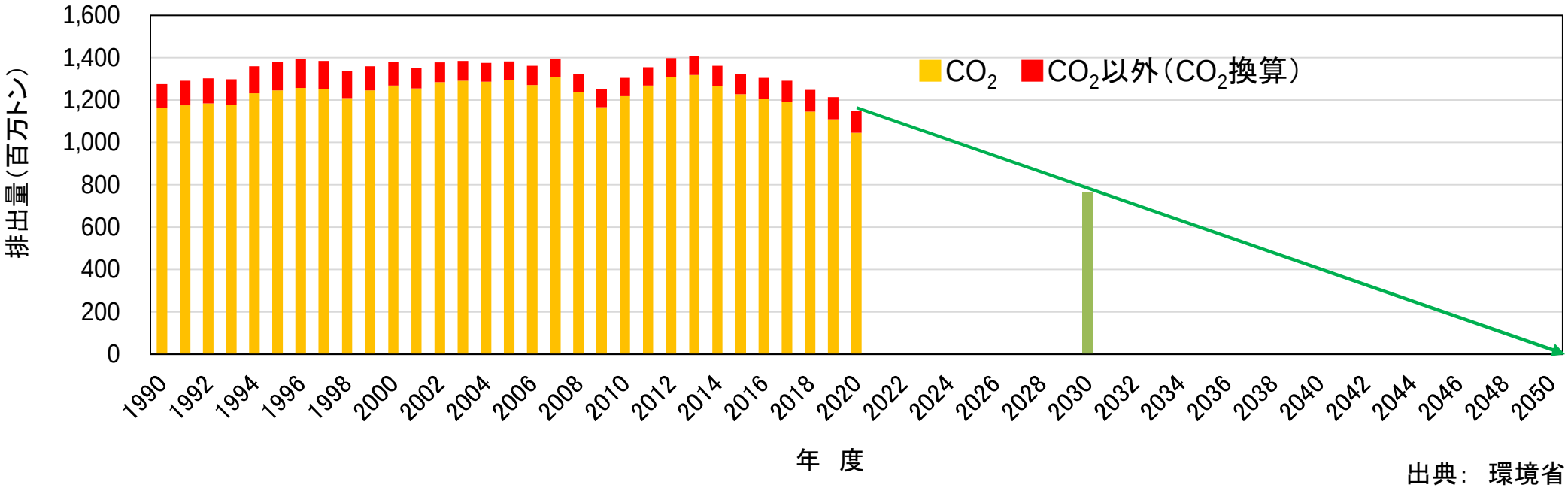
資源リバランス研究会

バイオマスエネルギーのライフサイクルインベントリ分析

東京大学　大学院農学生命科学研究科

芋生憲司

日本における温室効果ガス排出量の推移と目標



出典：　環境省

○ 2050年カーボンニュートラルの達成には

省エネの徹底

FIPの導入促進

電力系統強化とスマートグリッドの導入による再エネ電力の利用増大

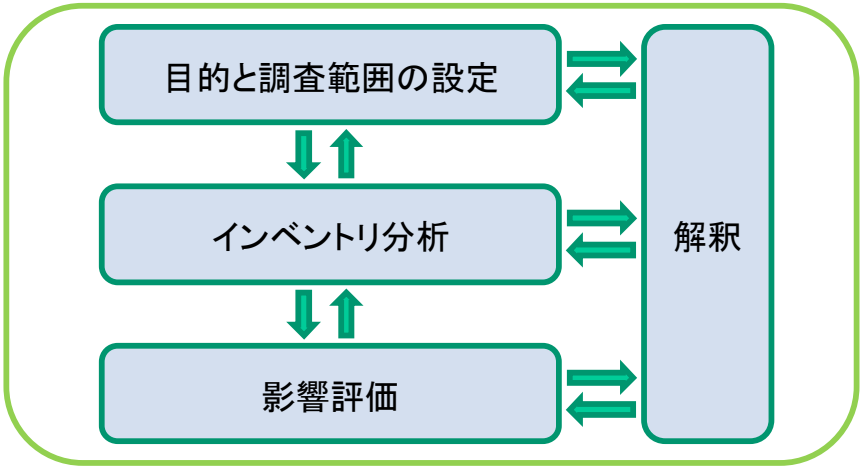
バイオマス熱利用・太陽熱利用の促進

CCS技術開発、CCUの導入

原発に関わる情報提供と議論

○ 各事業から排出されるGHGは見えないのでLCAによる推定

LCAの構成段階



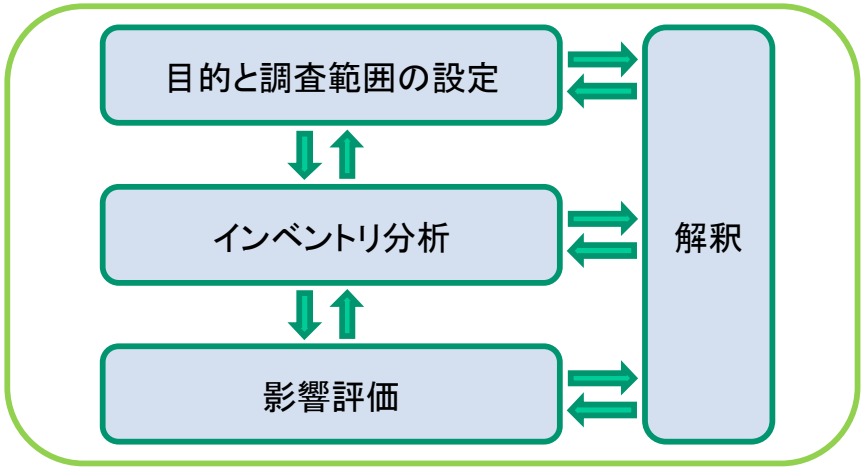
目的と調査範囲の設定	評価の目的を明らかにし、調査範囲を決める。
インベントリ分析	資源の消費量と排出物の量を算定する。
影響評価	環境への影響を評価する。
解釈	感度分析や不確実性分析を行い結果を考察する。

インベントリ分析

inventory（物品目録，明細）

システム境界内で，製品のライフサイクルにおける資源の消費量と排出物の量を算定する。

LCAは4段階から構成されるが、インベントリ分析のみを行う場合も多い。



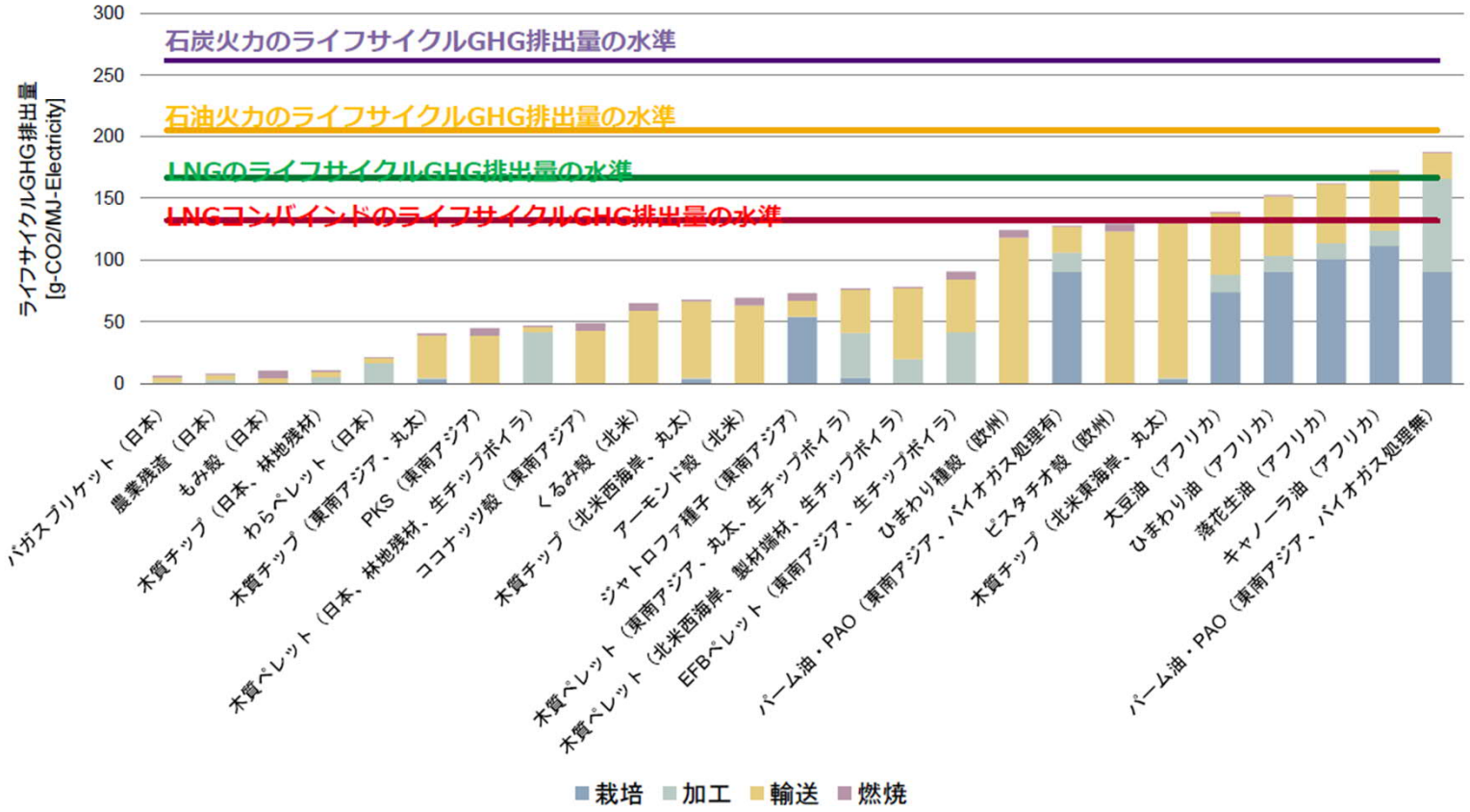
本日の講演内容

本研究会に関係の深いバイオマスエネルギー、バイオマスリサイクルについて、LCI（ライフサイクルインベントリ）分析の事例、課題、注意点等を紹介。

既往の研究、演者らが行った調査研究、演者が参加している委員会の検討資料、委員会で作成した文献に基づいて紹介する。

バイオマス燃料のライフサイクルGHG排出量試算③

- バイオマス燃料のライフサイクルGHG排出量は、燃料や原産地により様々であるが、**試算を行った全ての燃料において、化石燃料のうち同じ固体又は液体であって、代替対象である、石炭又は石油よりもライフサイクルGHG排出量が少なかった。**



※ 三菱UFJリサーチ&コンサルティング作成

2019年4月　第1回バイオマス持続可能性WG会議での配布資料

FIT制度で行われているバイオマス発電の一部のGHG排出量がLNG複合サイクル発電より多いことで、批判を受けることになった。

FIT制度におけるバイオマス発電のGHG排出量についての課題と対応

FIT制度施行時に、バイオマス発電の火力発電に対するGHG削減量が認定要件に入れられてなかった。

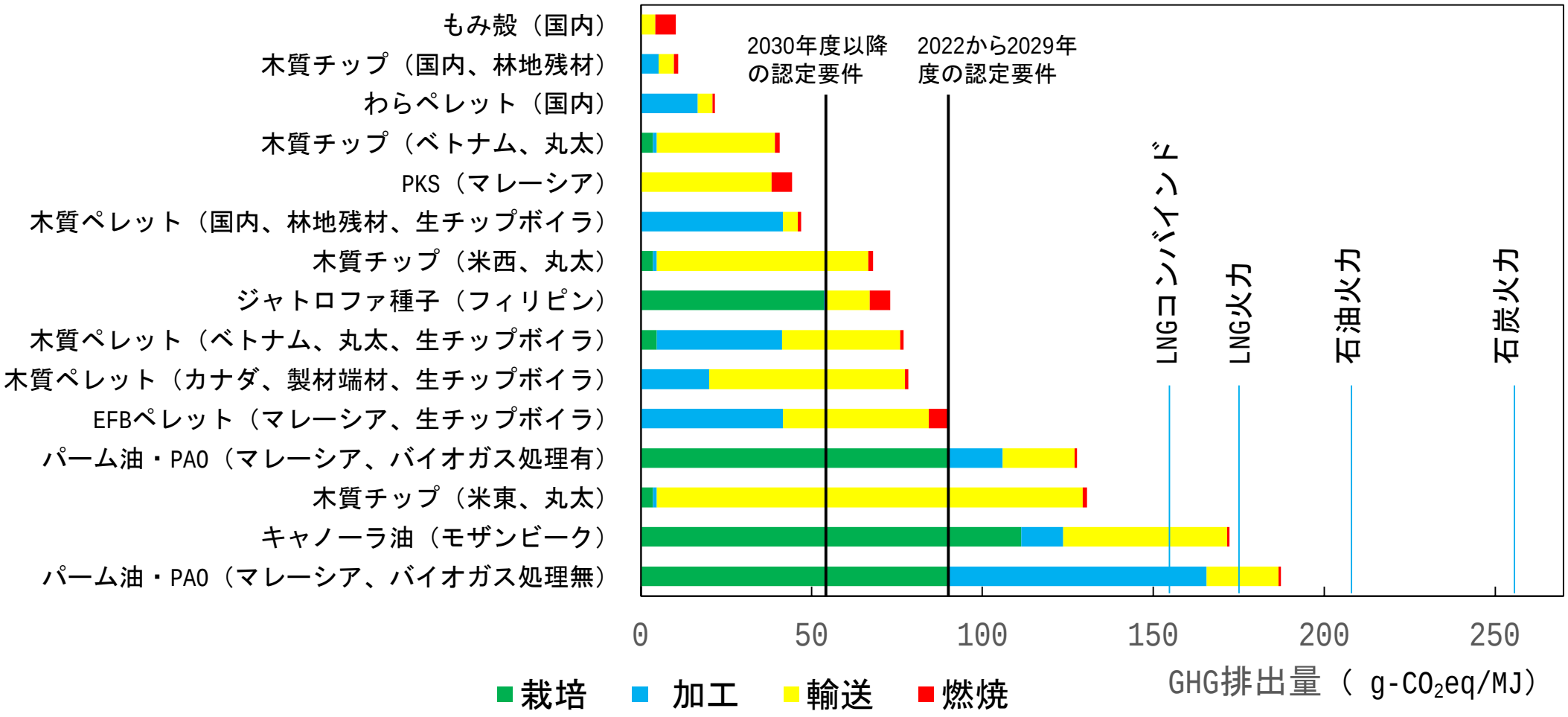
→ 2022年度より認定要件に入れられることになった。

1MW以上の案件をライフサイクルGHG基準の確認対象とする裾切基準を設ける。

熱電併給方式の場合のライフサイクルGHGの計算方法を整理する。

2021年度までの認定案件には最大限の排出削減に努めることを求め、ホームページ等での情報開示および及び報告を求める。

FIT/FIP制度におけるバイオマス発電のGHG排出量に関する認定要件

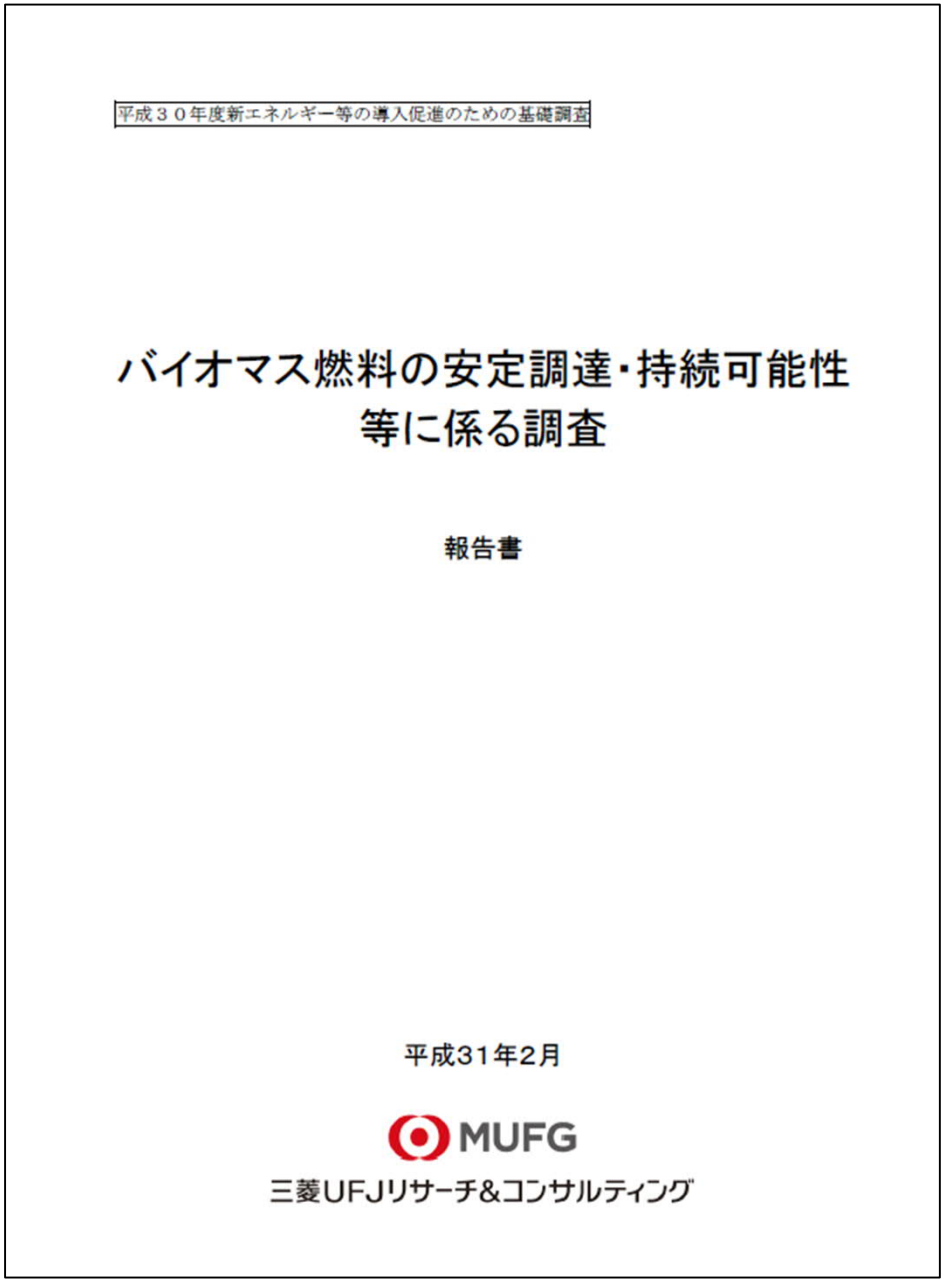


出典：バイオマス発電に関わるデータ（三菱UFJリサーチ＆コンサルティング，2019）
化石燃料による発電に関わるデータ（電力中央研究所，2016）

GHG排出量の試算結果についての課題

WG会議での配布資料（全てHPで公開）はGHG排出量の試算事例であるにもかかわらず、多く引用されて代表値のように扱われ、批判を受けることになった。

→ LCIの結果は対象事例、各種設定、および計算方法により大きく変わる。
参照する場合はこれらを正確に把握することが必要。



平成３０年度新エネルギー等の導入促進のための基礎調査

バイオマス燃料の安定調達・持続可能性等に係る調査

報告書

平成31年2月

MUFG

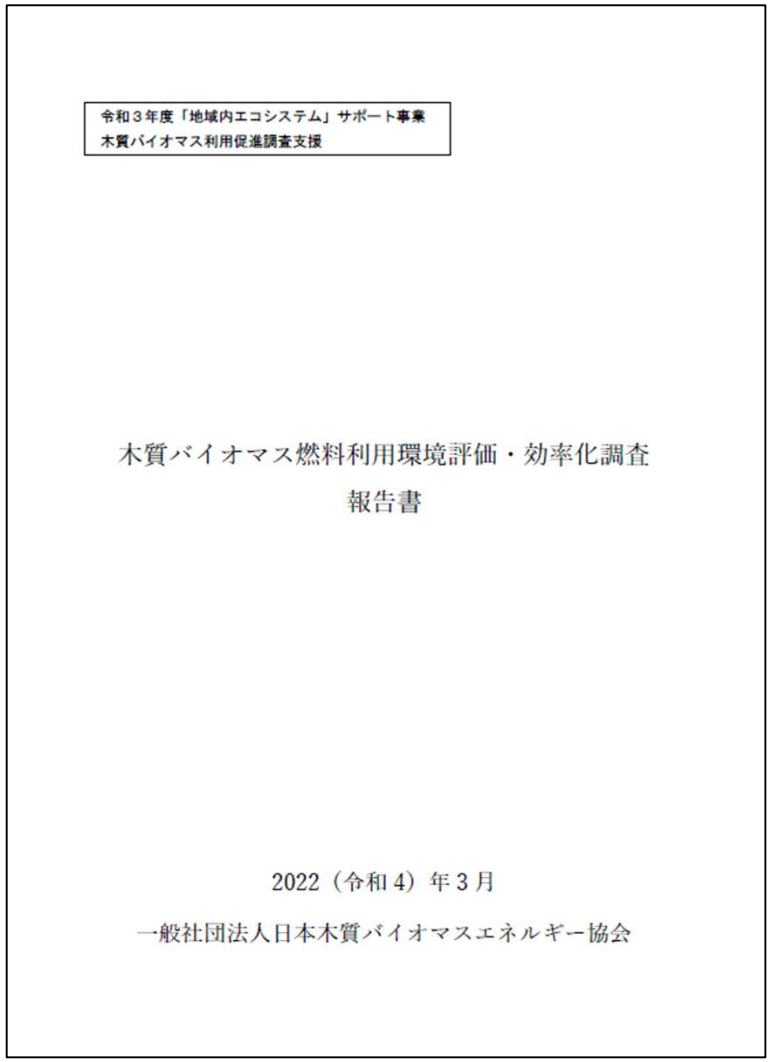
三菱UFJリサーチ&コンサルティング

https://www.meti.go.jp/meti_lib/report/H30FY/000087.pdf

GHG排出量データの引用元である報告書には、調査方法と算出方法が詳しく記載されている。

例えば、前述のデータでは発電効率を一律30%と仮定している。発電効率が変わるとGHG排出量の計算値も変わる。

国産木質バイオマス燃料による発電のGHG排出量調査事例


令和３年度「地域内エコシステム」サポート事業
木質バイオマス利用促進調査支援

木質バイオマス燃料利用環境評価・効率化調査
報告書

2022（令和４）年３月
一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会

https://jwba.or.jp/project-report/fuelwood-survey/

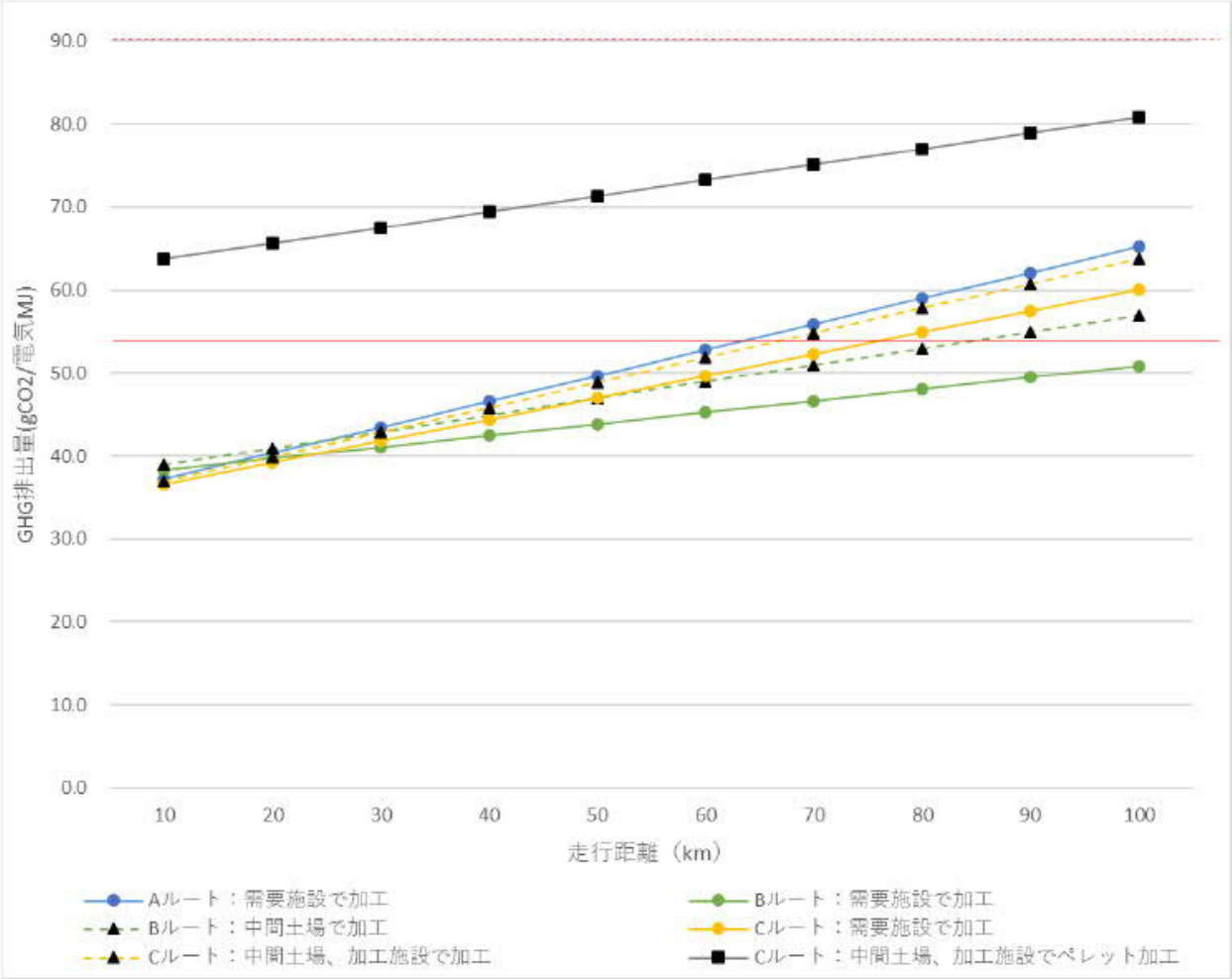


図 27 加工・輸送工程の排出量が最大となる場合のライフサイクル GHG 排出量
（赤破線は持続可能性 WG で報告された 2030 年度までの排出基準、赤線は 2030 年以降の排出基準）

LCIの結果は対象事例、各種設定、および計算方法により大きく変わる。その事例を紹介する。

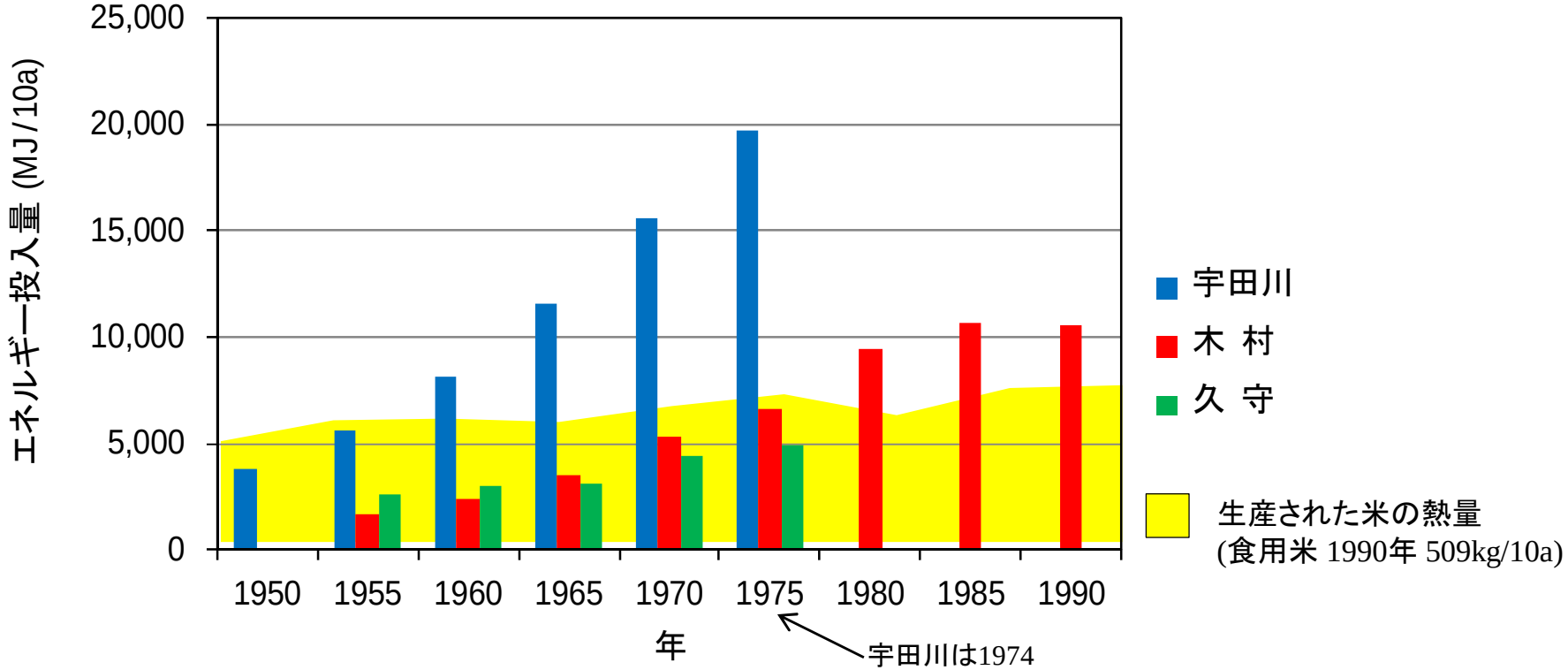
水稲栽培のインベントリ分析に関する既往の研究

宇田川武俊：水稲栽培における投入エネルギーの推定，1976
（米生産に使用されるエネルギーを推計した先駆的研究）

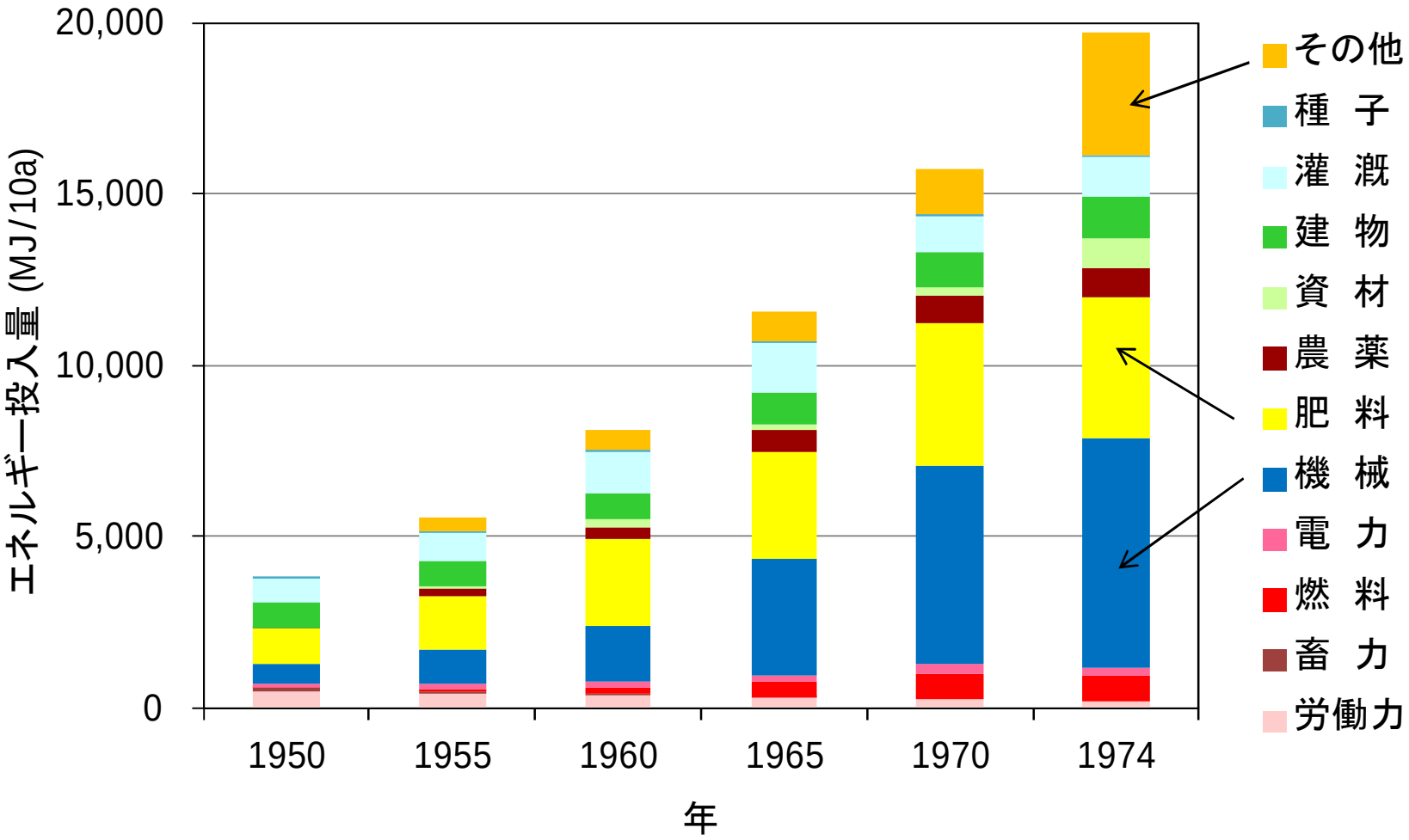
久守藤男：　農業生産における補助エネルギー手段の単位熱量,1978
戦後農政の再検討，1978

木村康二：　コメ生産における化石エネルギー消費分析，1993
（宇田川の研究を再考，出来るだけ公表データを用い，エネルギー換算係数を再設定）

３者とも，農林水産省の米生産費統計に基づき，積み上げ法によりエネルギーを産出しているが，結果は大きく異なる。佐藤寿樹（2004）が指摘

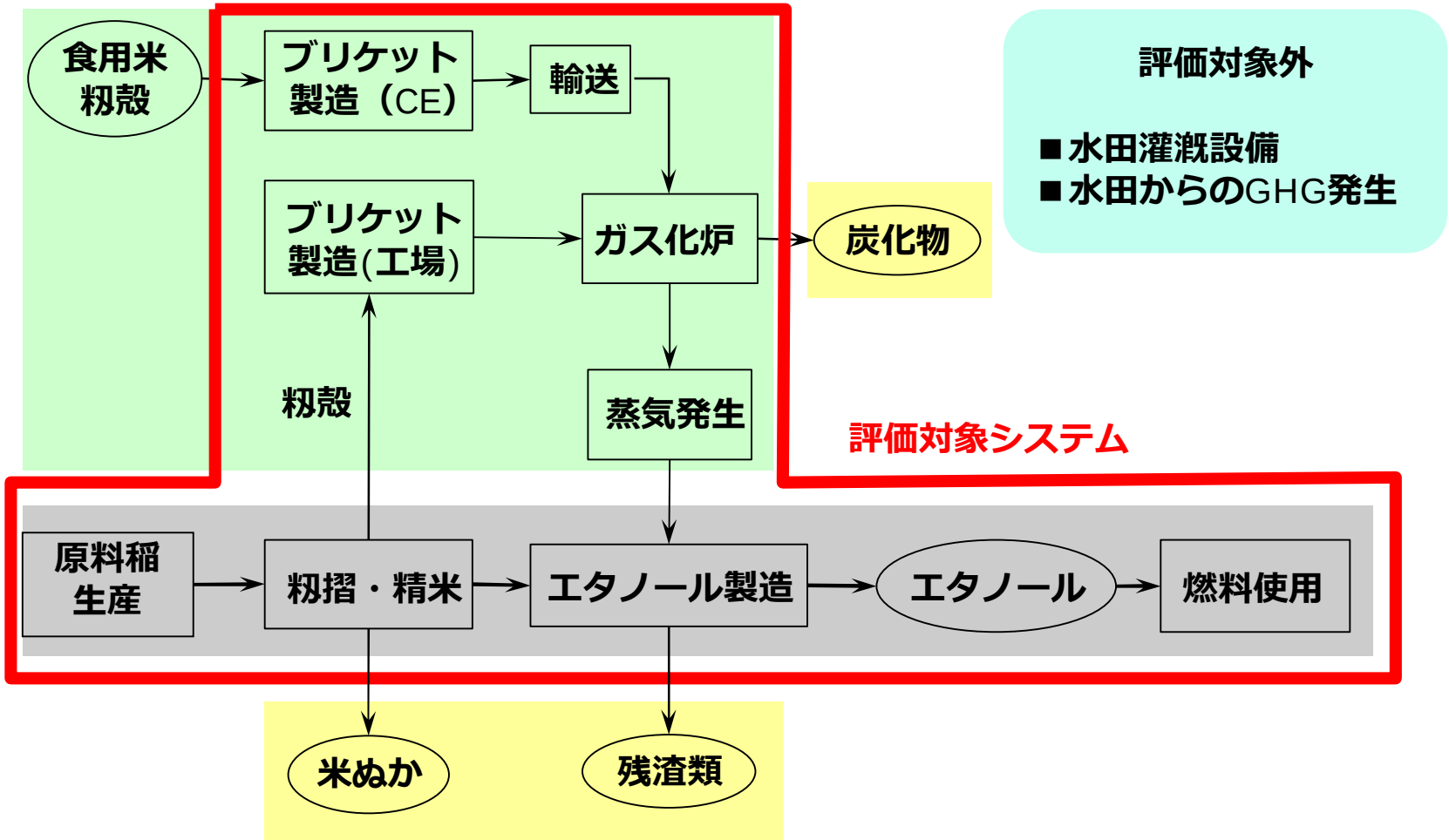


エネルギー投入量についての既往の研究
宇田川武俊，1976



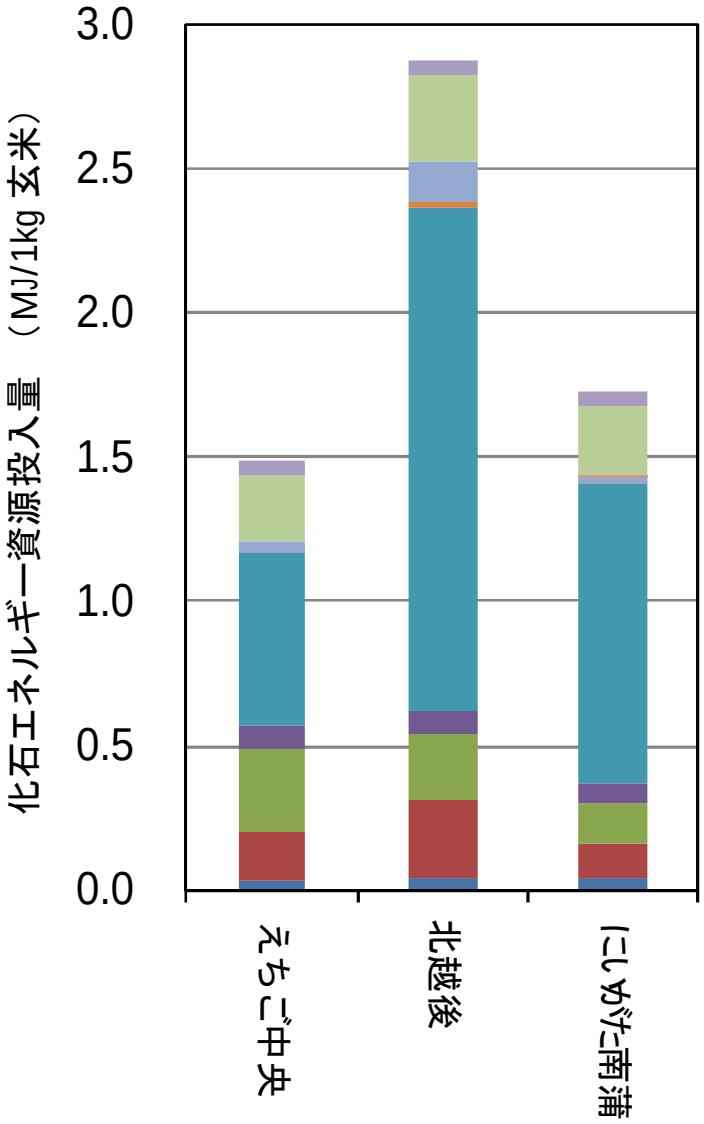
機械，肥料，その他が多い。大部分が間接エネルギー。
「その他」は米生産費統計に記載された項目で内訳は不明だが300kcal/円として計算。
畜力，人力を含めているが微量。

「バイオ燃料地域利用モデル実証事業」(JA全農)のLCI分析

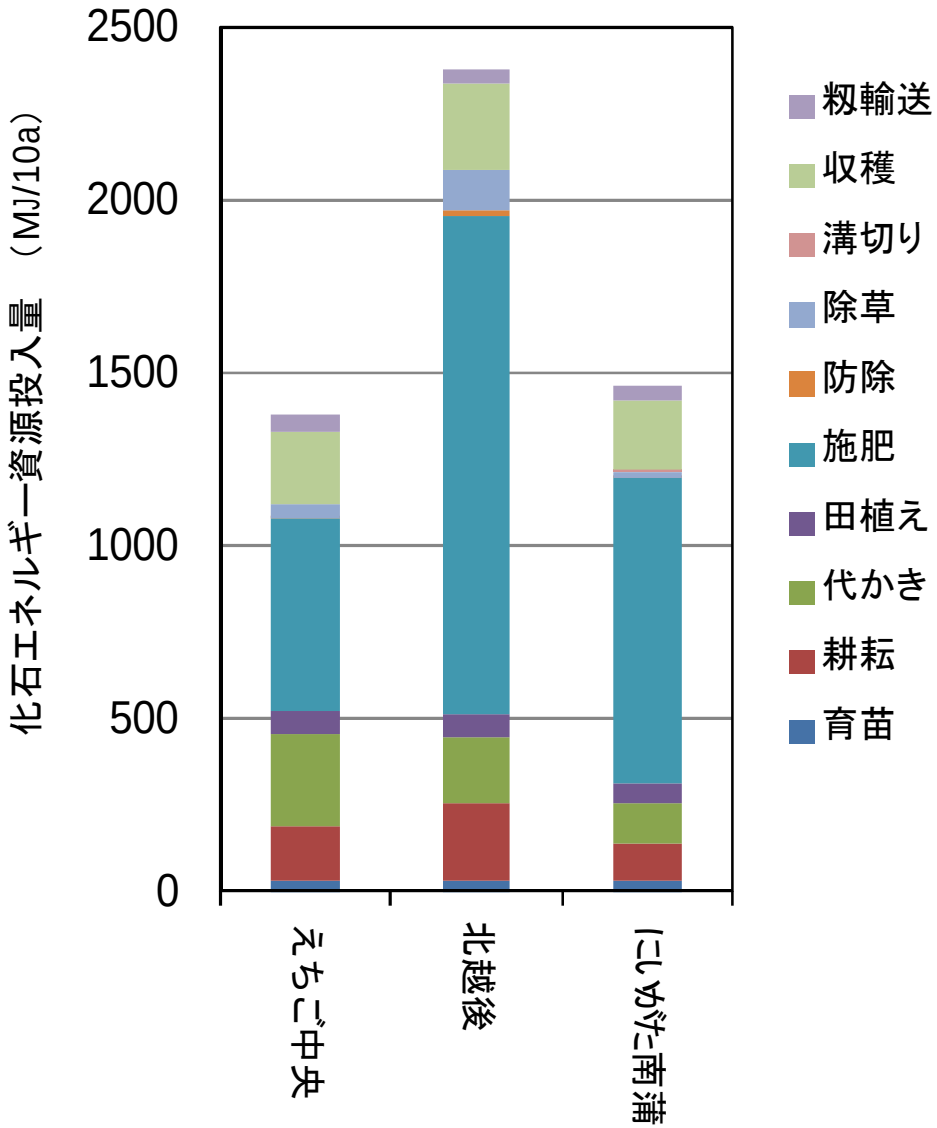


- 原料栽培システムとバイオ燃料製造システムに分類
- フォアグラウンドデータを実測し，GHG排出量を分析

多収穫米栽培への化石エネルギー資源投入量

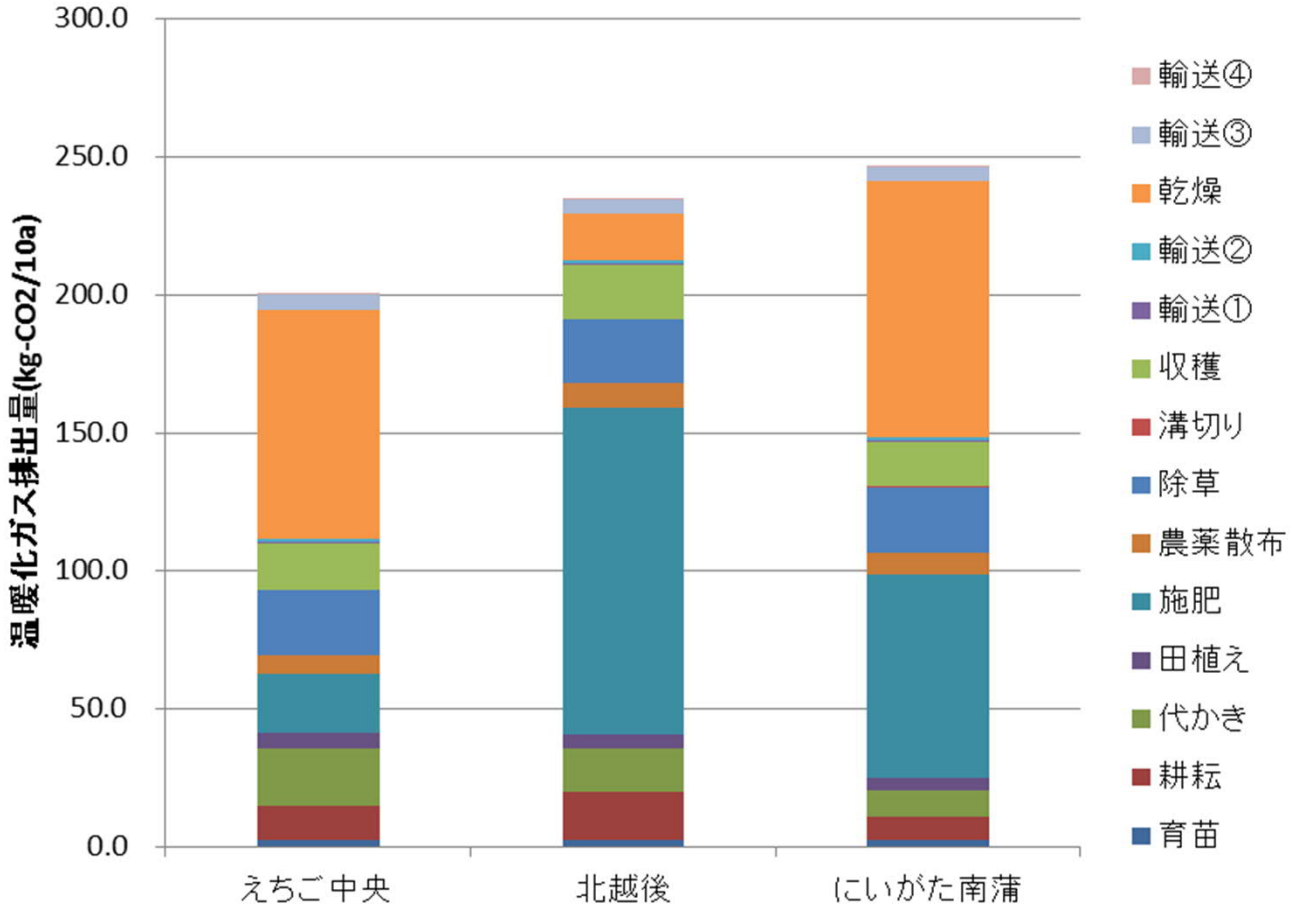


玄米1kg（水分15%）あたり



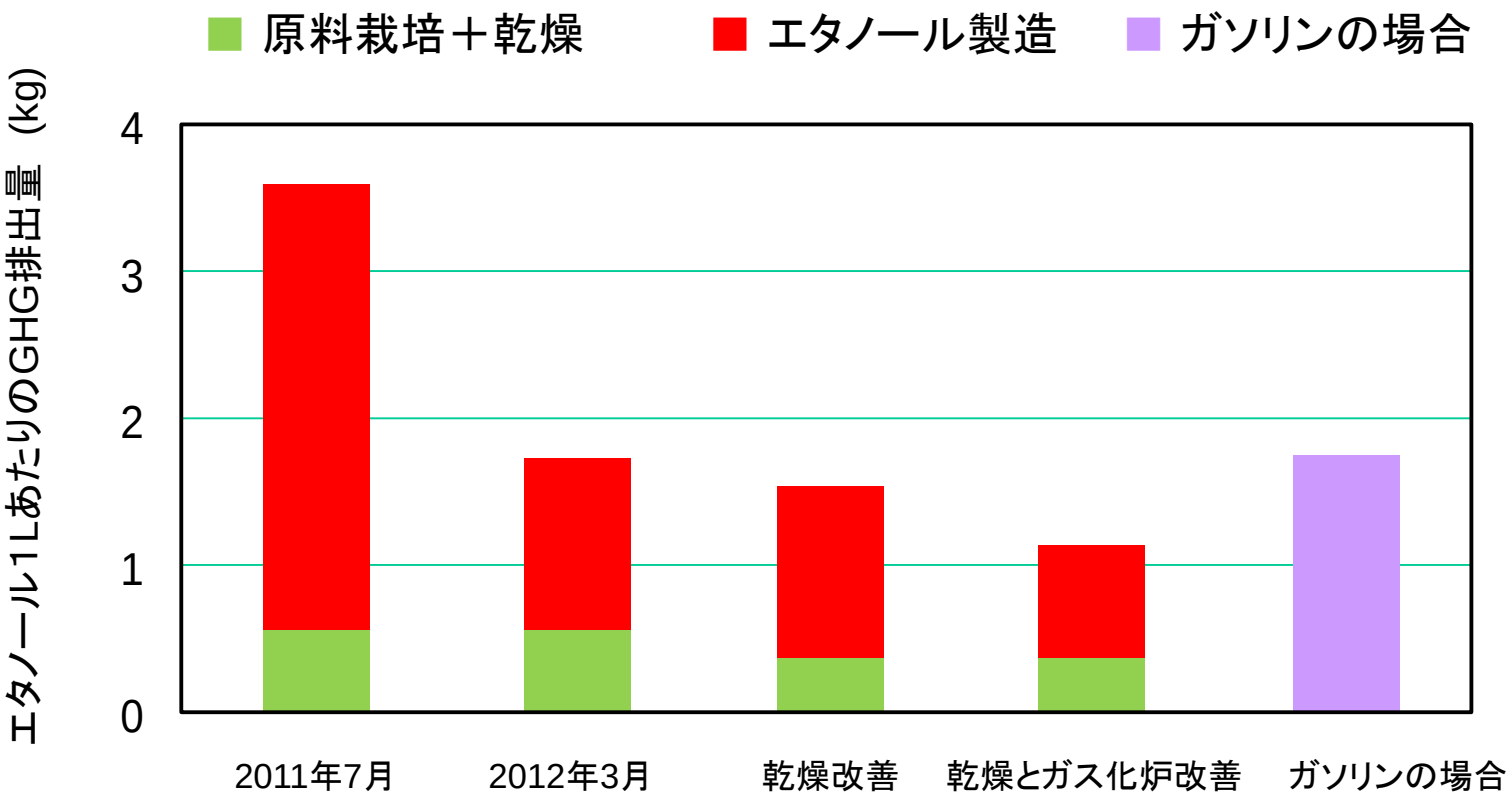
10aあたり

多収穫米栽培＋乾燥工程でのGHG排出量



- 「えちご中央」では尿素のみの施肥にもかかわらず,収量が最大。前年度に大豆などを栽培。窒素固定作物との輪作で肥料の投入量を削減。
- 「えちご中央」と「にいがた南蒲」は火力乾燥方式を,「北越後」では常温除湿乾燥方式を採用。

全行程でのGHG排出量



- ガス化炉の運転に支障が生じた2011年7月では代替されるガソリンの2倍以上のGHG排出
- 運転が比較的安定した2012年3月ではガソリンとほぼ同じGHG排出
- 火力乾燥方式を常温除湿乾燥方式に変更することでGHG排出量が削減される
- さらにガス化の改善の組合せることで削減率が向上する

ライフサイクルインベントリ分析注意点

結果を報告する側:

○ 前提条件と計算法を明示する

システム境界、アロケーション、データの取得法など

○ 標準化された方法を用いる

「再生可能エネルギー等の温室効果ガス削減効果に関する LCA ガイドライン（環境省）」など

報告を評価、引用する側:

○ 前提条件と計算法を考えに入れて評価する

使用されているデータ: 平均値か、代表値か、事例か？

システム境界: どの範囲を計算に入れているか？

システム境界内で計算に入っていない項目は何か？

アロケーション: どのように配分されているか？

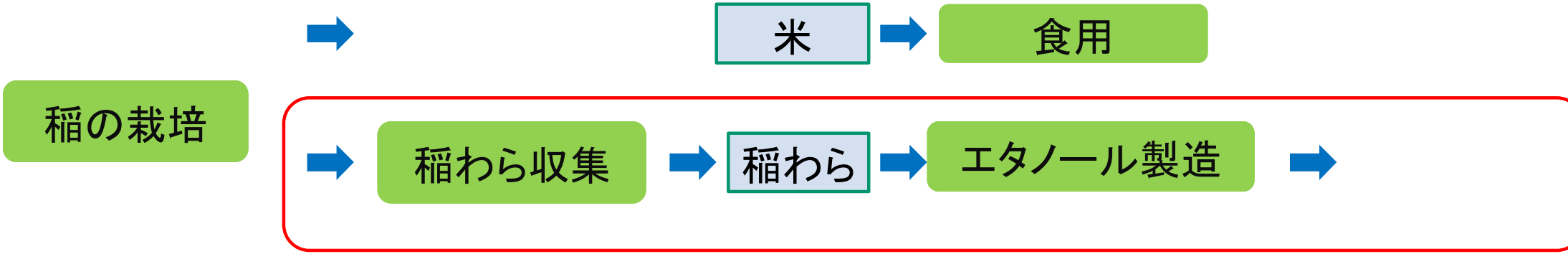
バイオ燃料のインベントリ分析における
システム境界とアロケーションの問題（原料生産）

ケース1：主たる農業生産物を原料とする場合

原料生産に伴う環境負荷も計算に入れる

バイオ燃料のインベントリ分析における
システム境界とアロケーションの問題（原料生産）

ケース2：副産物を原料とする場合



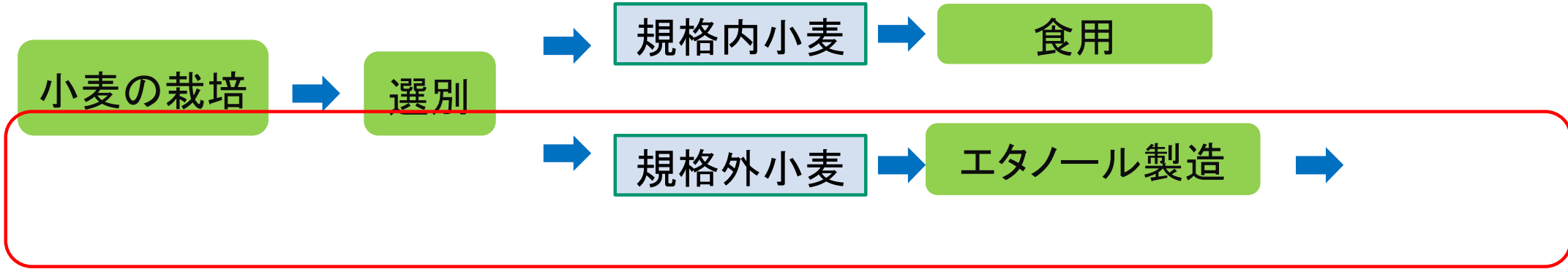
原料生産に伴うエネルギーと環境負荷は計算に入れないことが多い。しかし場合によって考え方が異なる。

北海道以外：稲わらを有機肥料としてすき込んでいる（副産物）

北海道：稲わらを搬出している場合が多い（未利用物）

バイオ燃料のインベントリ分析における
システム境界とアロケーションの問題（原料生産）

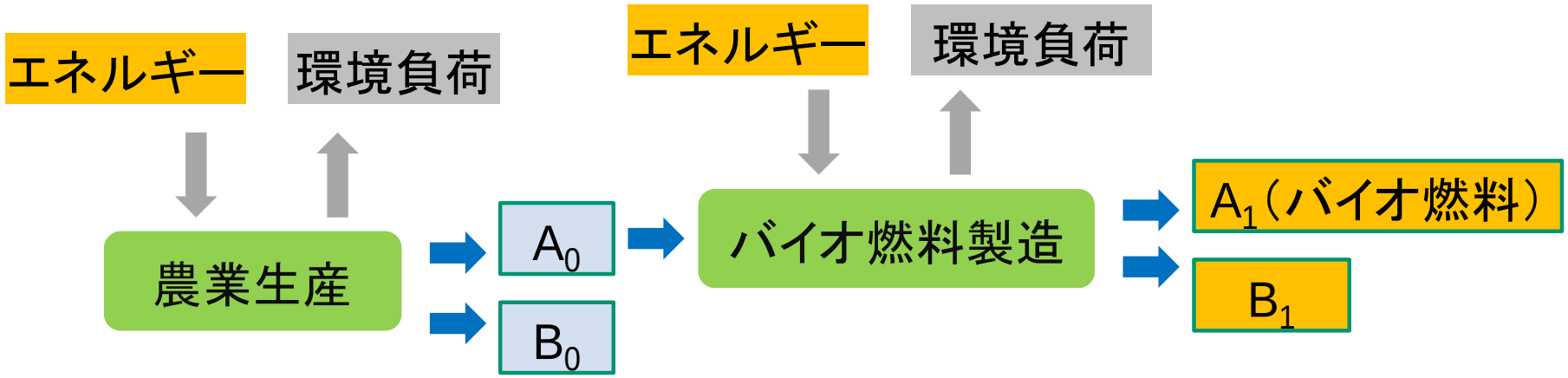
ケース2：主たる農業生産物の一部を原料とする場合



原料生産に伴う環境負荷の一部を計算に入れる

アロケーション（配分）の方法が問題

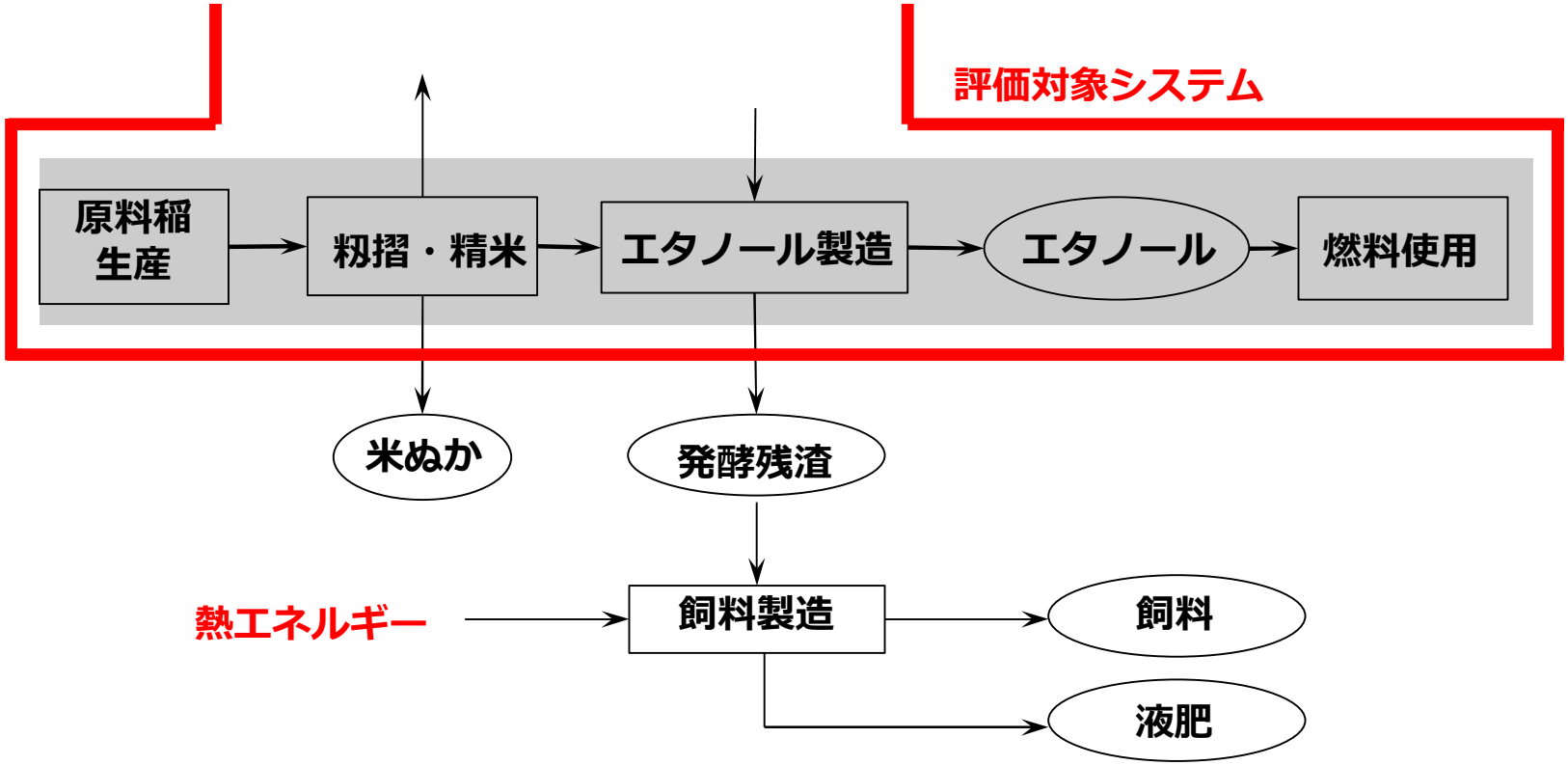
アロケーションの方法



A,Bの重量比による配分	計算は簡単だが説得力に欠ける。
A,Bの保有エネルギーによる配分	Bがエネルギーである場合には有用。それ以外の場合はあまり意味をなさない。
A,Bの市場価値による配分	市場価値は様々な外的要因によって変化しうるため，一貫性のある評価が困難。
Bと同等の物の製造に伴うエネルギーと環境負荷をBに割り当てる	考え方は妥当であるが計算が困難。同等の物がない場合も多い。

経産省資料：バイオマス燃料のCO2排出等に関するLCA（ライフ・サイクル・アセスメント）評価について（1）を参照し，一部改変

「バイオ燃料地域利用モデル実証事業」における発酵残渣の扱い



発酵残渣から飼料が製造されるがその評価価値は低い。飼料製造をエタノール製造の廃棄物処理とみなせば、この工程の環境負荷はエタノール製造に課せられる。

製造される飼料と同等の飼料の製造に伴う環境負荷を飼料に割り当て、残りをエタノール製造に割り当てるのが理にかなっているが、同等の飼料はない。

対象プロセスとオリジナルプロセス

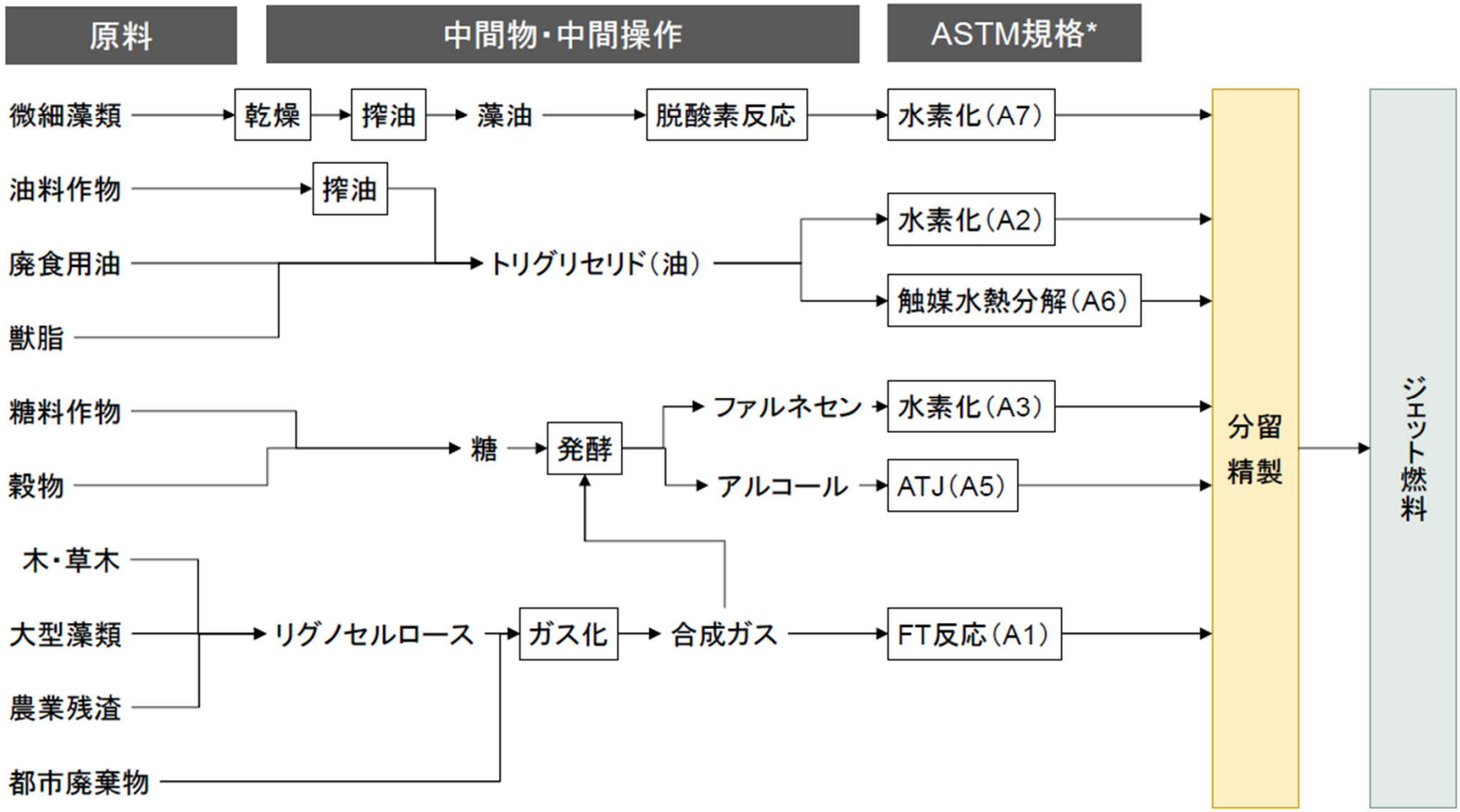
対象プロセス:　分析対象とする事業のプロセス

オリジナルプロセス:　対象とする事業を行わない場合のプロセス

対象プロセスとオリジナルプロセスのGHG排出量を比較して、分析対象とする事業の評価をすることになる。

バイオマスの場合、プロセスの目的や生産物が複数あることが多いので、評価が難しい。

SAF製造プロセス



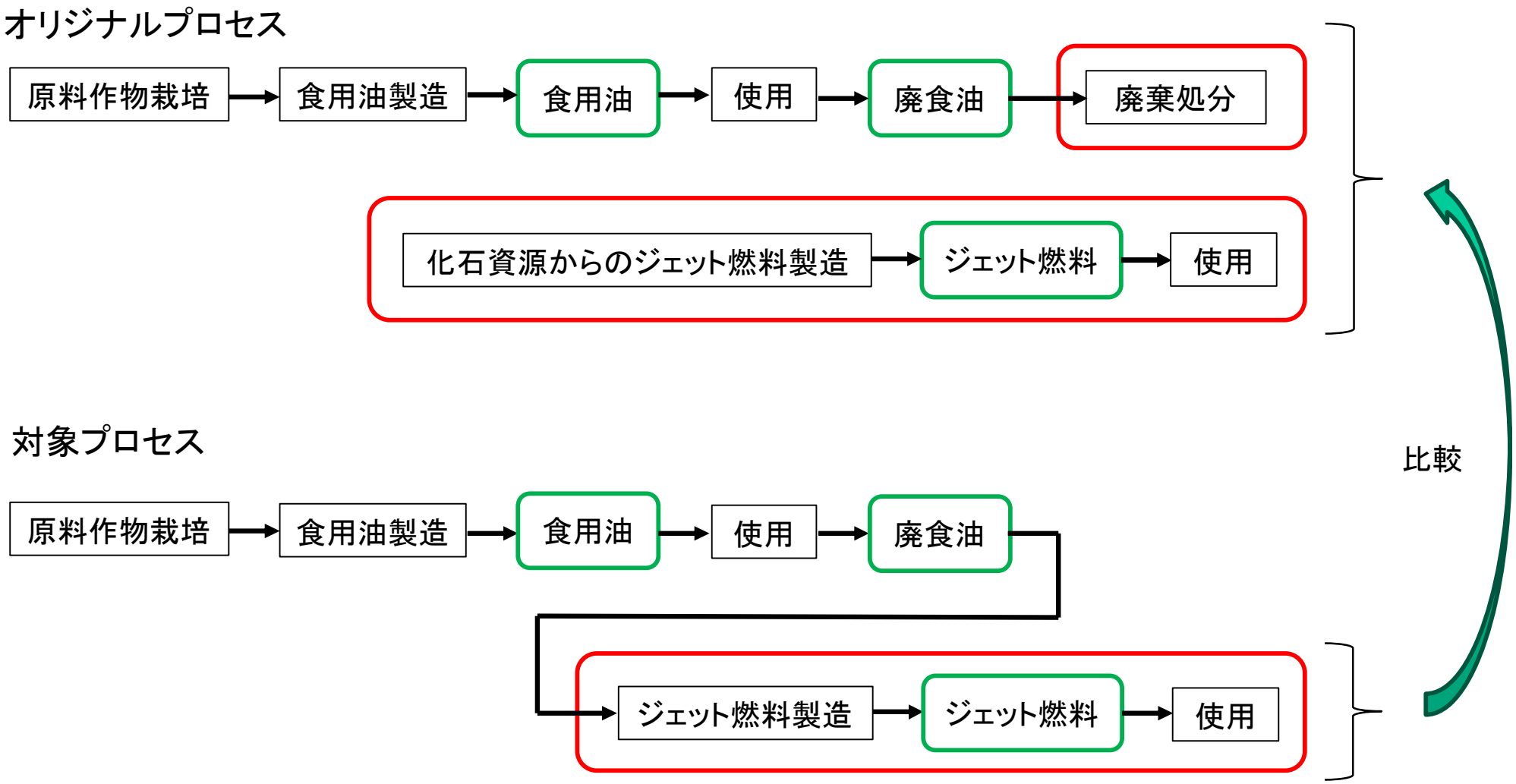
* A1～A7：ASTM D7566 Annex1～7を表す。Annex 4を現在製造している企業が存在しないため、省略した。

（出典）ICAO, "Alternative Fuels: Questions and Answers 2. WHAT ARE SUSTAINABLE ALTERNATIVE JET FUELS ?" https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/AltFuel-SustainableAltFuels.aspx、等からまとめた

出典：令和4年度 資源作物ポテンシャル調査検討会
資料2　資源作物を原料とする燃料及びプラスチック製造に係る現況

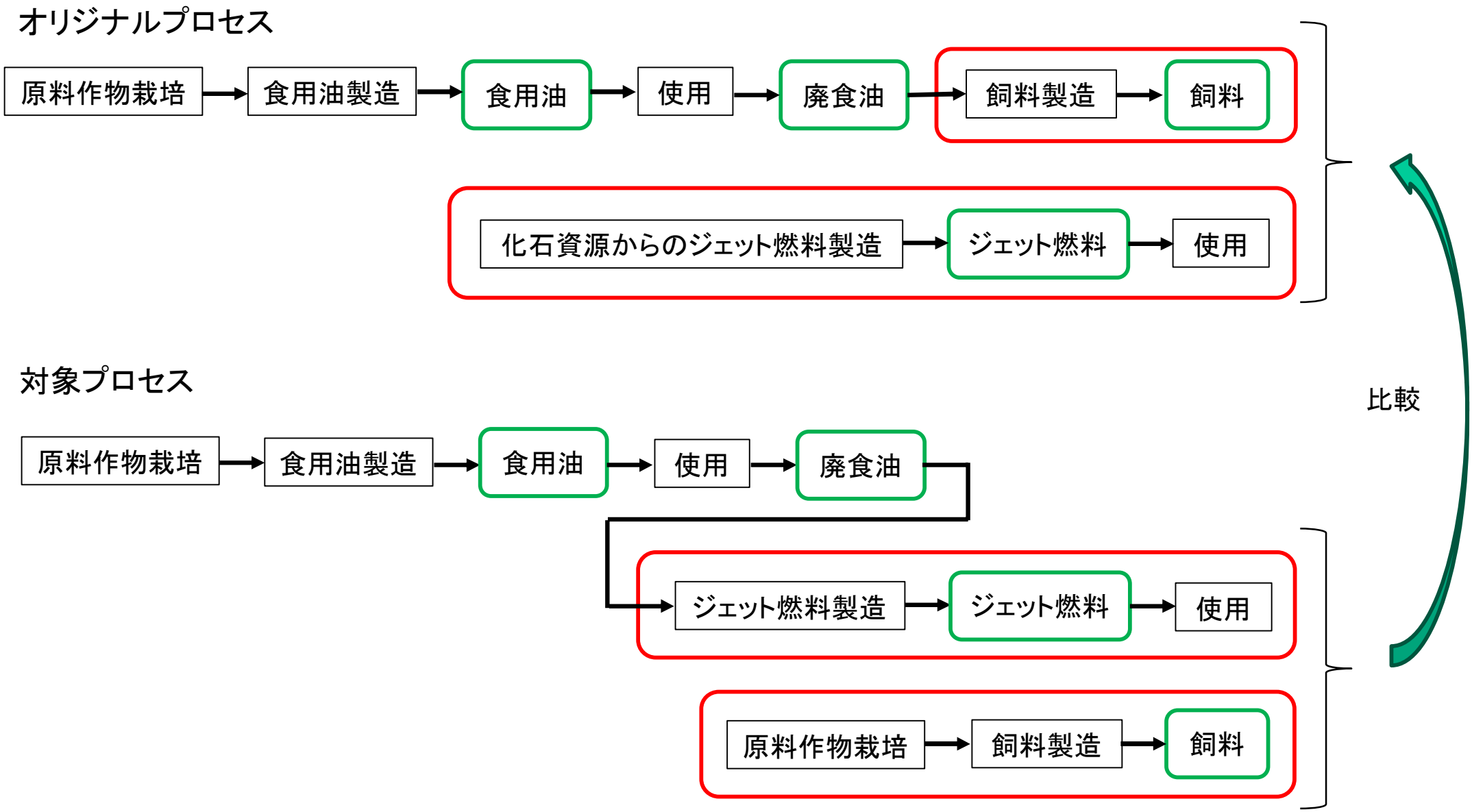
廃食油からのSAF製造の事例（廃食油が利用されていない場合）

（運搬工程は省略）



廃食油からのSAF製造の事例（廃食油が別用途に利用されている場合）

（運搬工程は省略）



家畜糞尿を原料とするバイオガス発電の事例

参考文献

農林水産省　令和４年度地域資源活用展開支援事業（先進事例の普及型）

バイオマス活用に関するLCA解析の手引き

２０２３年３月

一般社団法人日本有機資源協会

https://www.jora.jp/senshinjouhou/

再生可能エネルギー等の温室効果ガス
削減効果に関するLCAガイドライン

第Ⅳ部-①　複数の機能を有する事業
（国内バイオマス利活用等）　編

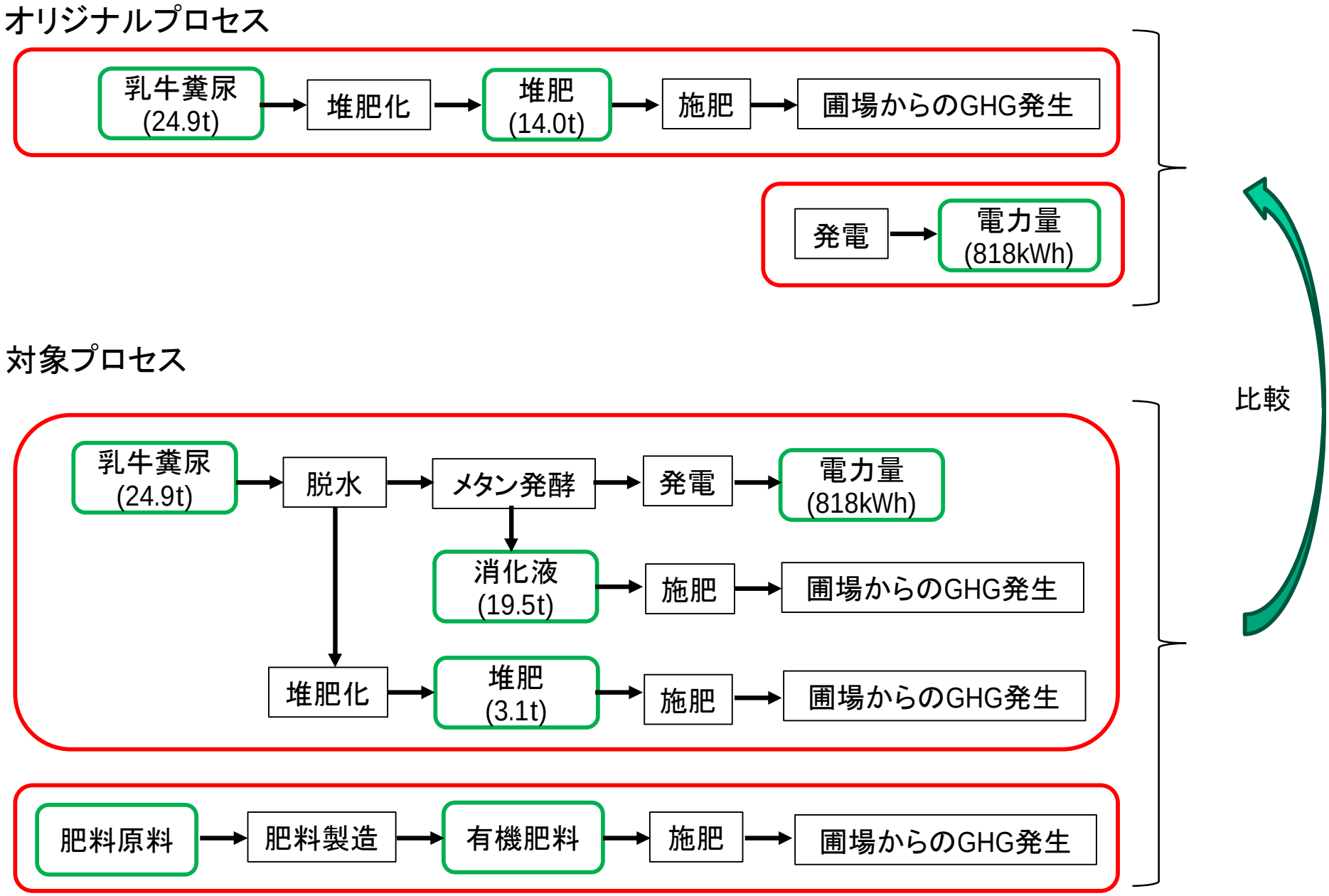
平成２５年３月策定
令和３年３月改訂

環　境　省

https://www.env.go.jp/earth/ondanka/lca/index.html

家畜糞尿を原料とするバイオガス発電の事例

（数量は1日あたり、運搬工程は省略）



宣伝させてください。

国立研究開発法人
新エネルギー・産業技術総合開発機構

採用情報　お問い合わせ窓口　アクセス　English

NEDOについて　ニュース　イベント　実施者募集(公募)　事業紹介　刊行物・資料　調達　検索

2. 実証研究拠点の概要

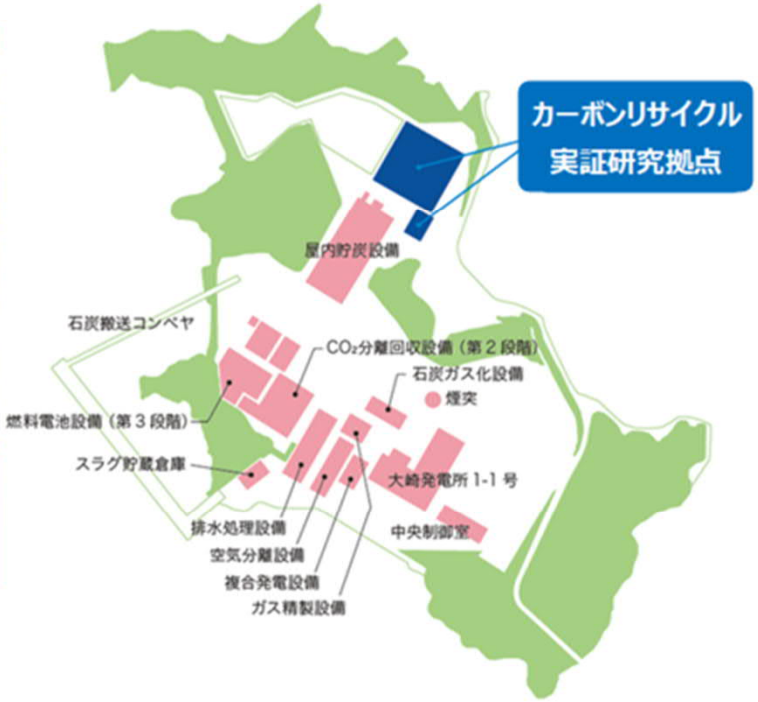
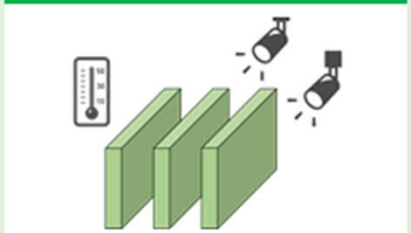
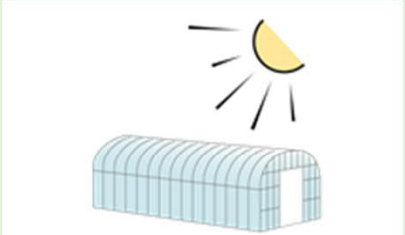


図2　カーボンリサイクル実証拠点の俯瞰（ふかん）図と大崎発電所内の位置

一般社団法人日本微細藻類技術協会（IMAT）の紹介

各種工程に対して複数のアプローチによる技術検証を可能とする研究拠点を整備

培養	収穫・濃縮	乾燥	抽出	分析
				
- パネル型PBR - チューブ型PBR - レースウェイポンド ※光・水温制御が可能	- 遠心分離機 - 濾過分離機 - 化学凝集設備　等	- 噴霧乾燥機 - 凍結乾燥機 - 風熱乾燥機 - 天日乾燥設備　等	- 溶媒抽出装置 - 超臨界流体抽出機　等	- 培地成分 - バイオマス成分 - 脂質成分 等の分析装置

© 2022 Institute of Microalgal Technology, Japan. All Rights Reserved.

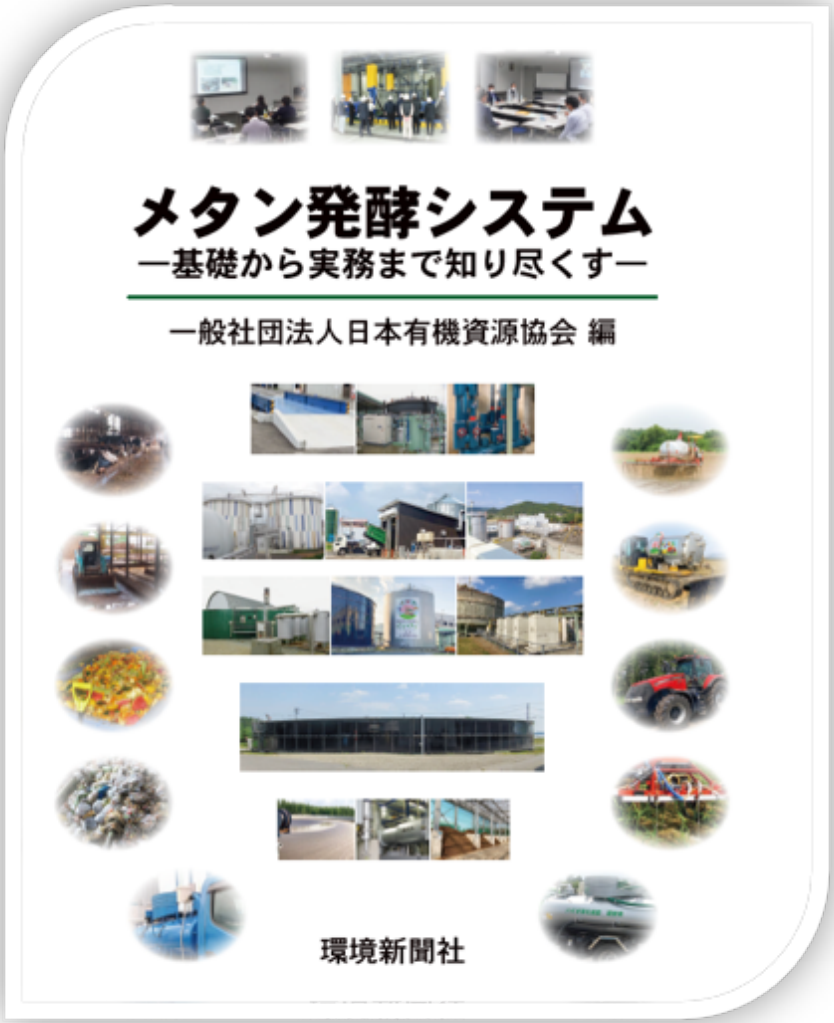
一般社団法人日本微細藻類技術協会(IMAT)会員一覧

IMAT 日本微細藻類技術協会

IHI Realize your dreams 株式会社IHI	ALFA LAVAL アルファ・ラバル株式会社	ENEOS ENEOS株式会社	KYODO YUSHI Essence of Tribology 協同油脂株式会社
SHIMADZU 株式会社島津製作所	CHITOSE 株式会社ちとせ研究所	J-POWER 電源開発株式会社 電源開発株式会社	DENSO Crafting the Core 株式会社デンソー
mazda マツダ株式会社	三菱化工機株式会社 MITSUBISHI KAKOKI KAISHA, LTD. 三菱化工機株式会社	MITSUBISHI ELECTRIC 三菱電機株式会社	ユーグレナ 株式会社ユーグレナ

© 2022 Institute of Microalgal Technology, Japan. All Rights Reserved.

新刊「メタン発酵システム～基礎から実務まで知り尽くす～」

監修：芋生憲司（JORA副会長、東京大学教授）
企画・編集：日本有機資源協会
出版社：環境新聞社
発行日：2023年3月20日
申し込み：https://www.jora.jp/publication/

第1章　メタン発酵の基礎知識
第2章　バイオガス発電機
第3章　メタン発酵バイオガス発電に関わる政策動向と技術展望
第4章　メタン発酵システムの計画と運営
第5章　メタン発酵システムに関わる法制度、法規制、資格
第6章　メタン発酵の設計と施工
第7章　メタン発酵施設の運転管理
第8章　バイオ液肥の利用
第9章　メタン発酵施設におけるトラブル対応の事例と教訓
第10章　メタン発酵システムの収支計画の策定と資金調達
第11章　メタン発酵施設の先行事例