再資源化燃料を用いた新規ハウス加温システムに係る環境影響評価

材料環境部
帆秋圭司
イマリ・ホットエアタービン
山田義人

本研究では，再資源化燃料（RPF）を用いた新規ハウス加温システムの環境負荷低減効果をライフサイクルアセスメント（LCA）手法を用いて定量的に評価した．LCA 評価の結果，佐賀県唐津市のハウスみかん栽培用ビニルハウス 1 棟（3a）における 7 年間のライフサイクル全体における温室効果ガス（GHG）排出量は 199.2 t-CO_2eq となった．これは従来の A 重油加温機と比較して約 21%（52.6t-CO_2eq）の GHG 排出削減効果があることが明らかとなった．このことから，新規加温システムは，廃棄物の有効利用による循環型社会の形成と施設園芸分野におけるカーボンニュートラル化を進める有効な手法であることが示唆された．

1. はじめに

現在，世界全体で気候変動への対応が喫緊の課題となっている．2015 年 12 月にパリ協定が採択されたことを受け，世界各国・地域は温室効果ガス（以下，GHG）排出量削減に向けた目標を掲げ，2050 年のカーボンニュートラル実現に向けた対応を加速させている．

日本においても，2020 年 10 月に「2050 年カーボンニュートラル」を宣言し，2021 年 10 月には「地球温暖化対策計画」を策定，2030 年度において GHG を 46%削減（2013 年度比）することを目指すと表明した．その後，同計画は 2025 年 6 月に改訂され，2050 年までの「ネット・ゼロ」実現に向け，2035 年度に 60%削減，2040 年度には 73%削減（いずれも 2013 年度比）という野心的な目標を定めた [1]．これにより，関係府省庁や企業等と連携し，脱炭素と経済成長の同時実現に向けた施策が講じられている．

これらの動向を受け，農林水産省では農林水産業の CO_2 ゼロエミッション化を目指し，2021 年 5 月に「みどりの食料システム戦略」を策定した．同戦略では，2050 年までに化石燃料を使用しない施設への完全移行を掲げており，施設園芸においては，従来の A 重油燃焼式暖房機から，GHG 排出の少ないヒートポンプやカーボンニュートラルなバイオマス燃料等への導入推進が図られている．

しかしながら，かつて A 重油と比較して安価とされていた電力や LPG の価格は，近年上昇傾向にある．また，木質ペレット等のバイオマス燃料については，暖房機自体の導入コストが高額である点や，運用・メンテナンス面での課題から，普及が十分に進んでいないのが現状である．

イマリ・ホットエアタービンでは，廃棄物系バイオマスや廃プラスチック，古紙，廃木材等を原料とした再資源化燃料である RPF（Refuse Paper & Plastic Fuel）に注目し，従来の A 重油を燃料とする施設園芸用温風暖房機に代わる次世代の施設園芸用加温機として RPF を燃料とした「Multi-waste fuel ハウス加温機」（図 1）の開発を行っている．

本研究では，製品の資源採取から製造，流通，使用，廃棄に至る全過程における環境影響を定量的に把握する手法であるライフサイクルアセスメント（以下，LCA）を用い，イマリ・ホットエアタービンが開発した新規ハウス加温システムの環境負荷低減効果について評価を行った．



図 1　Multi-waste fuel ハウス加温機

2. 評価手法

2.1 目的及び調査範囲の設定

本研究の目的は，従来の A 重油を燃料とする施設園芸用温風暖房機から，RPF を使用する新規加温システムへ移行した場合の環境負荷低減効果を，LCA 手法を用いることにより GHG 排出量を定量的に明らかにすることである．

本評価における機能単位は,「佐賀県唐津市におけるハウスみかん栽培用ビニルハウス 1 棟（3a）に対し，7 年間にわたって温熱供給を行うこと」と定義した．

評価対象期間は，農業用加温設備（ボイラー等）の法定耐用年数[2)]に従い，7 年間と設定した．

2.2 システム境界

評価対象となるシステム境界を図 2 に示す．装置の原料調達から製造・組立，ビニルハウスへの輸送（伊万里市～唐津市浜玉町），使用段階，および廃棄・リサイクルに伴う輸送と処分（～唐津市鎮西町）に至る「Cradle to Grave（ゆりかごから墓場まで)」を対象とした．

また，燃料として使用する RPF については，その製造工程（佐賀市富士町）から輸送，および加温機での燃焼段階を評価範囲に含めた．なお，以下の項目については，環境影響が極めて軽微，あるいは両システム間で差異が生じないと判断し，システム境界から除外（カットオフ）とした．

・装置の製造組立工程

組立に要するエネルギー消費量が，ライフサイクル全体に対して極めて僅かであるためカットオフとした．

・燃焼灰の処分

RPF の燃焼に伴い発生する焼却灰は，全量を佐賀県みやき町の工場へ輸送し，工業材料の原料として再資源化される．しかし，ライフサイクル全体における焼却灰の発生重量は極めて少なく，工場への輸送に伴う環境負荷（GHG 排出量）は全体に対して無視できるほど微小であることから，カットオフとした．

・ハウスみかんの栽培管理に係る資材等

本研究の主たる目的は新旧の加温システム間の比較評価である．そのため，肥料，農薬，用水等の栽培に係る投入物，ならびにビニルハウス本体の資材および維持管理に伴う環境負荷については，両システムにおいて同等（差異がないもの）とみなし，カットオフとした．

2.3 ライフサイクル影響評価の算定手法

本研究では, ISO 14040/14044 規格に準拠した LCA の手法を用い，以下の手順で GHG 排出量の算定を行った．

(1) インベントリ分析（データの収集）

算定に用いる各プロセスの活動量は，以下のとおり収集した．

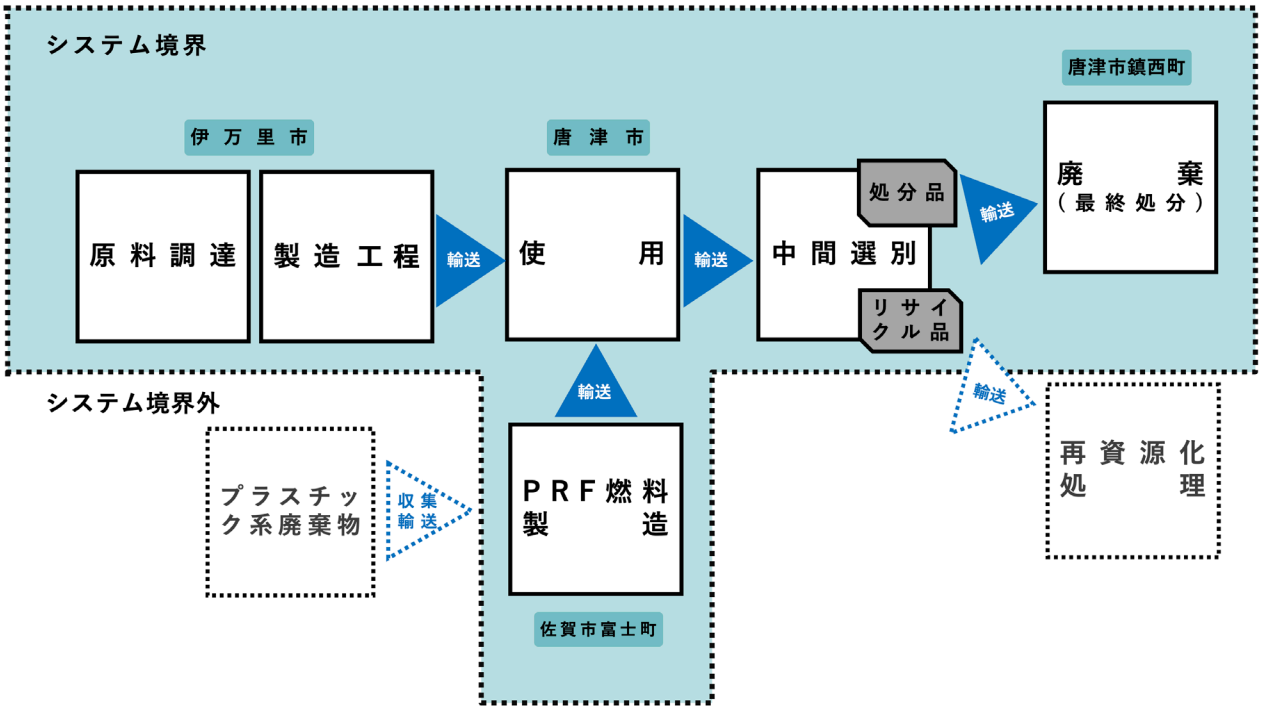


図 2　新規加温システムのシステム境界

・1 次データ
　新規加温機の原材料構成，部品重量，および製造プロセスにおける詳細データについては，イマリ・ホットエアタービンからの提供資料および実測値を用いた．
・2 次データ
　各工程間の輸送距離，RPF の製造プロセス，および廃棄処分にかかる活動量については，事業者へのヒアリングおよび既存の文献値に基づき設定した．
・使用段階の燃料消費量
　本研究の実施段階において，新規加温システムを用いた実証試験データが得られなかったため，使用段階における RPF の消費量は，2008 年佐賀県果樹試験場の研究成果情報に示された A 重油の使用量（9,605L/年）を基準とした．具体的には，A 重油と RPF それぞれの低位発熱量に基づく熱量換算を行い，必要な熱量を賄うために要する RPF の重量を算出して活動量とした．

(2) 環境影響評価（GHG 排出量の算出）

収集した活動量に対し，ライフサイクルインベントリデータベース「IDEA Ver.3.5.1」に収録された排出原単位を乗じる積上げ法により，ライフサイクル全体における GHG 排出量を算出した．

影響評価においては，「IPCC 2021 GWP 100a without LULUCF」を採用し，各排出ガス成分の影響を CO_2 相当量換算（CO_2eq）として統合・評価した．

3. 結果および考察

3.1 新規加温システムの GHG 排出量

図 3 に新規加温システムにおける各プロセス別にまとめた GHG 排出量の評価結果を示す．

結果より，新規加温システムのライフサイクル全体における GHG 排出量を算定した結果，機能単位あたり「199.2 t-CO_2eq」となった．

最も排出量が大きかったのは「使用（RPF 燃焼）」段階であり，全体の約 79.1%にあたる 157.6 t-CO_2eq を占めた．次いで，燃料である「RPF 製造」段階が 39.1 t-CO_2eq で,全体の約 19.6%となった．これら燃料に関連するプロセス（RPF の製造・輸送・使用）の合計は 197.5 t-CO_2eq に達し，ライフサイクル全体の約 99%が燃料由来の負荷であることが明らかとなった．

一方，加温機本体の「原料調達」は 1.66 t-CO_2eq であり，製造工程から廃棄に至る装置自体のライフサイクル負荷は極めて限定的であった．

また，各プロセス間の輸送に伴う負荷は，合計で約 0.8 t-CO_2eq で全体の約 0.4%に留まった．

3.2 A 重油加温機との比較評価

従来の A 重油加温機と新規加温システムの使用段階における GHG 排出量の比較結果を図 4 に示す．

比較にあたっては，同一の熱供給量を条件とし，

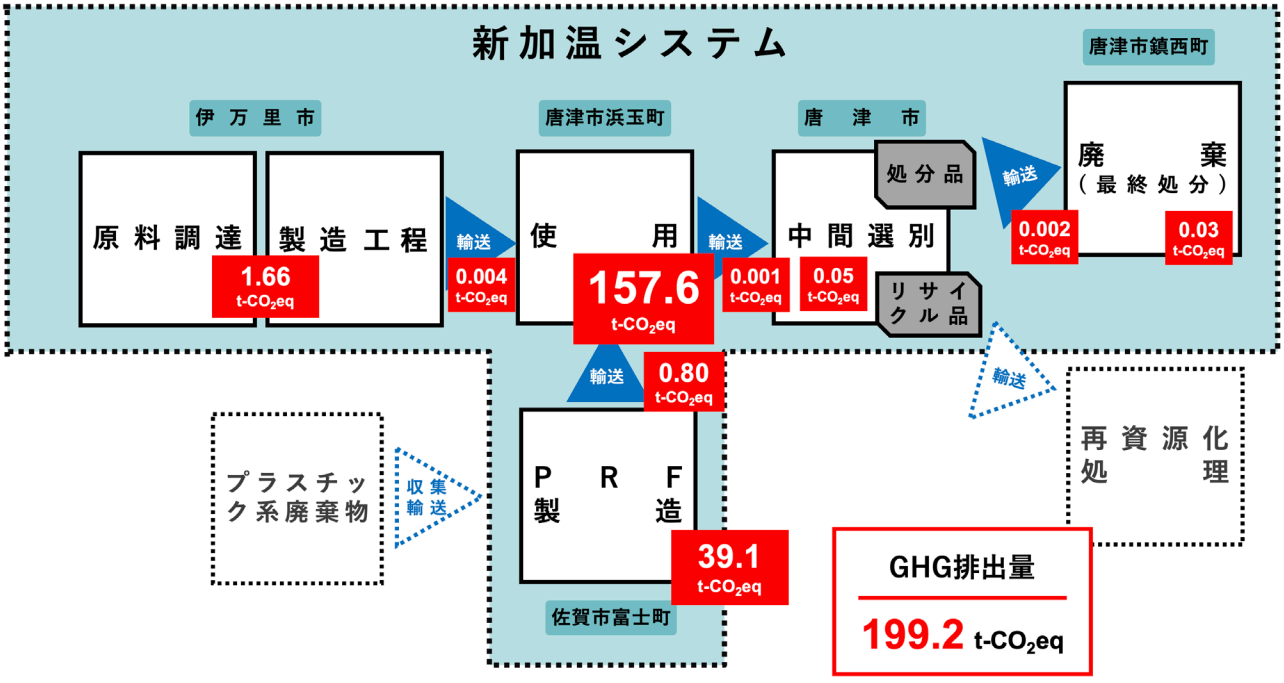


図 3　新規加温システムの GHG 排出量算出結果

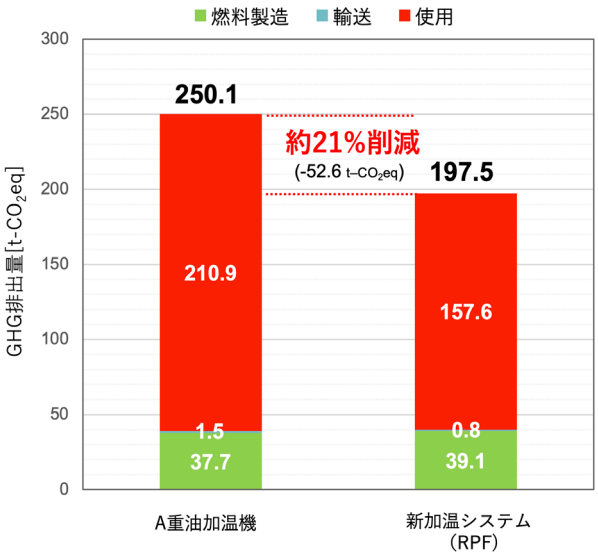


図４　使用段階における GHG 排出量の比較

A 重油の製造（大分県大分市），海上・陸上輸送，および使用（燃焼）の各プロセスを算定した．算定の結果，従来システムのライフサイクル GHG 排出量は 250.1t-CO_2eq となり，新規加温システム（燃料由来分 197.5 t-CO_2eq）へ移行することで，約 52.6 t-CO_2eq（21%）の削減が可能であることが明らかとなった．

3. 3 排出量削減の要因分析

新規加温システムへの LCA 評価の結果，GHG 排出量削減に最も寄与したのは「使用（燃焼）」段階であった．これは，RPF に含まれるバイオマス成分（古紙・木くず等）がカーボンニュートラルとして扱われることで，同じ熱量でも A 重油と比較して GHG 排出量が少ないことによるものと考えられる．また，燃料の製造段階では RPF の GHG 排出量が微増するものの，輸送段階においては，製油所から輸送を伴う A 重油に対し，県内資源を活用する RPF は輸送に係る負荷が低いことから，エネルギーの地産地消による優位性が示された．さらに，本来廃棄物として処理（焼却・埋立）されるはずの廃プラスチックや古紙を燃料化しエネルギーとして有効利用することで，社会全体の廃棄物処理負荷を間接的に低減している点も，本システムの重要な環境貢献と言える．

4. おわりに

本研究では，イマリ・ホットエアタービンが開発した次世代の施設園芸用加温機「Multi-waste fuel ハウス加温機」について，LCA を用いて環境負荷低減効果について評価を行った．

LCA 評価の結果，佐賀県唐津市におけるハウスみかん栽培用ビニルハウス 1 棟（3a）に対し，7 年間の温熱供給を行うことによる GHG 排出量は 199.2 t-CO_2eq となった．

また，従来の A 重油加温機と比較して，使用段階で約 21.0%（52.6t-CO_2eq）の GHG 排出削減効果が見込まれることが明らかとなった．

このことから，RPF を用いた新規加温システムは，施設園芸分野におけるカーボンニュートラル化を推進する上で有効な選択肢であることが示唆された．

本評価はビニルハウス 1 棟という限定的なスケールでの試算であるが，本システムが地域の複数施設へ導入された場合の波及効果も期待される．新規加温システムが地域全体に広がることで，より多くの GHG 排出削減に貢献できる可能性がある．

今後は，LCA 評価の精度を更に向上させるため，実栽培環境下での実測に基づいた RPF 使用量や燃焼効率の検証，および通年でのデータ取得を進めることが必要である．

参考文献

1)　地球温暖化対策計画（2025年6月改訂），内閣官房・環境省・経済産業省 (2025) ．
2)　財務省令第十五号,減価償却資産の耐用年数等に関する省令．