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-②　複数の機能を有する事業（輸入バイオマス利活用等）　編

令和３年７月策定

環　　境　　省

目　　次

１．第Ⅳ部-②の位置づけ ····· 1
1.1　第Ⅳ部-②の位置づけ ····· 1
1.2　対象とする再生可能エネルギー等導入事業 ····· 2
1.3　温室効果ガス削減効果が十分ではないバイオ燃料 ····· 3
1.4　森林からの木材搬出に伴う温室効果ガス排出量の取扱い ····· 8

２．複数の機能を有する事業（輸入バイオマス利活用等）のLCAの基本的な考え方に関する留意事項 ····· 10
2.1　機能単位の設定に関する留意事項 ····· 10
2.2　プロセスフローとシステム境界の明確化に関する留意事項 ····· 11
2.3　比較対象とするオリジナルプロセスの設定に関する留意事項 ····· 17

３．活動量データの収集・設定に関する留意事項 ····· 22
3.1　原料調達段階に関する留意事項 ····· 23
3.2　製造段階に関する留意事項 ····· 39
3.3　流通段階に関する留意事項 ····· 40
3.4　使用段階に関する留意事項 ····· 40
3.5　処分段階に関する留意事項 ····· 41
3.6　温室効果ガス排出削減活動に関する留意事項 ····· 42
3.7　配分（アロケーション）の方法に関する留意事項 ····· 44

４．温室効果ガス排出原単位データの収集が困難な場合に関する留意事項 ····· 52

５．温室効果ガス排出量の評価に関する留意事項 ····· 56
5.1　感度分析の実施 ····· 56
5.2　温室効果ガス排出削減効果の評価 ····· 56

６．レビューの実施に関する留意事項 ····· 57

７．参考文献 ····· 59

１．第Ⅳ部-②の位置づけ

1.1　第Ⅳ部-②の位置づけ

本ガイドラインが対象とする再生可能エネルギー等のすべてに共通する基本的事項は、「第Ⅰ部　基本編」に集約した。また、「発電」や「熱利用」等を主な機能とする再生可能エネルギー等の LCA に特有の事項については、「第Ⅱ部　『発電』を主な機能とする事業（バイオマス利活用を除く）　編」～「第Ⅳ部　複数の機能を有する事業（①国内バイオマス利活用等、②輸入バイオマス利活用等）　編」として、別冊の資料に整理した。再生可能エネルギーの種類ごとに関連するガイドラインの判定フローを図 1-1 に示す。

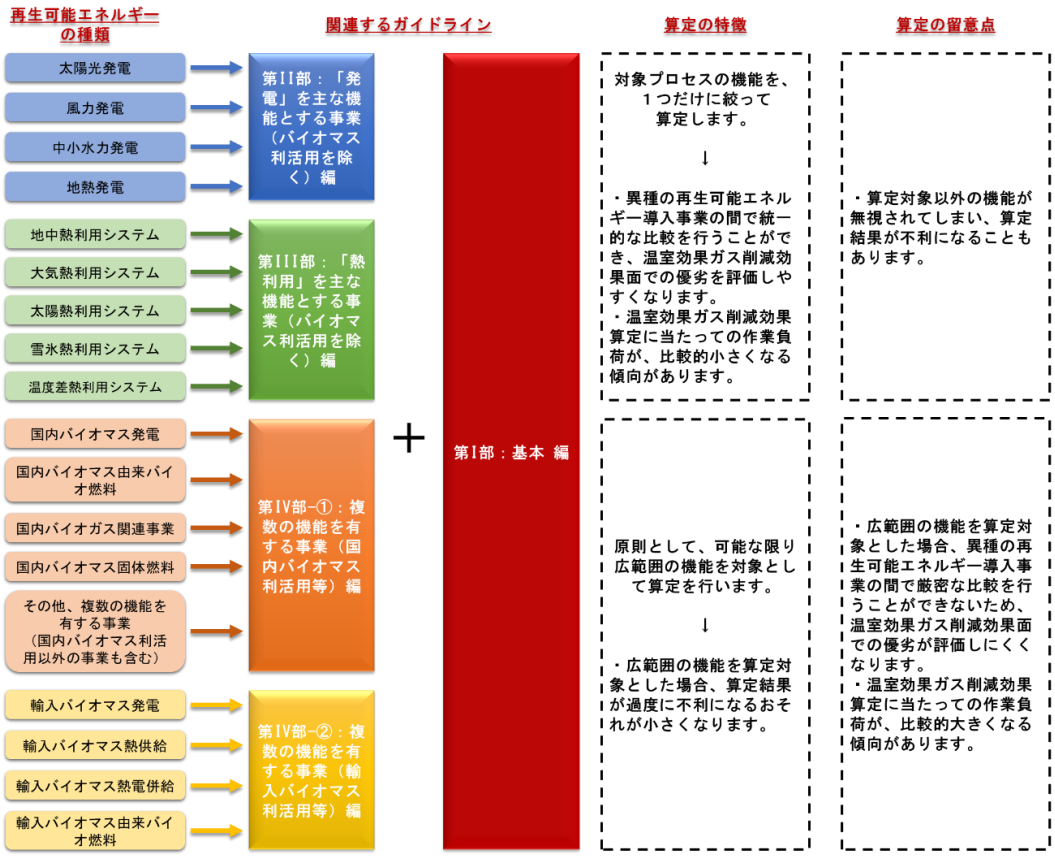


図 1-1　再生可能エネルギーの種類ごとの関連ガイドラインの判定フロー

輸入バイオマスを用いた事業は、LCA の実施にあたっては、機能単位やシステム境界の設定、海上輸送に係る温室効果ガス排出量の考え方、配分の実施等において他事業と比べて複雑な側面があることから、第Ⅰ部：基本編の補足として、第Ⅳ部-②　輸入バイオマス利活用等 編を策定した。策定にあたり、第Ⅰ部：基本編と同様の規定とする項目（例：カットオフ基準）については、記述を割愛することとした。そのため、輸入バイオマスを用いた事業について LCA を行う際には、第Ⅰ部：基本編を合わせて参照いただきたい。

1.2　対象とする再生可能エネルギー等導入事業

対象とする再生可能エネルギー等導入事業は、以下のとおりとする。

1) 輸入バイオマス発電事業
2) 輸入バイオマス熱供給事業
3) 輸入バイオマス電熱併給事業
4) 輸入バイオマス由来バイオ燃料製造事業
5) その他、輸入バイオマスを用いた事業

【解説・注釈】

・上記 1)～5)に挙げた再生可能エネルギー等導入事業については、表 1-1 に示すような原料を用いたすべての事業を対象とする。

表 1-1　輸入バイオマス利活用等事業において活用される原料の例

原料区分	原料例	主な輸入国
木質系バイオマス	間伐材、林地残材、未利用材等	アメリカ、カナダ、ベトナム、オーストラリア等
資源作物	パーム油、大豆油、ジャトロファ種子等	インドネシア、マレーシア、タイ、中国等
資源作物から発生する残さ	パーム椰子殻（PKS）、パーム空果房（EFB）、ココナッツ殻等	インドネシア、マレーシア、フィリピン等

1.3　温室効果ガス削減効果が十分ではない可能性のあるバイオ燃料

以下に示す事象においては、基本的に温室効果ガス削減効果が十分に得られない可能性が高いため、本ガイドラインを適用する以前に、関連する知見を利用し事業の意義を再検討すべきである。

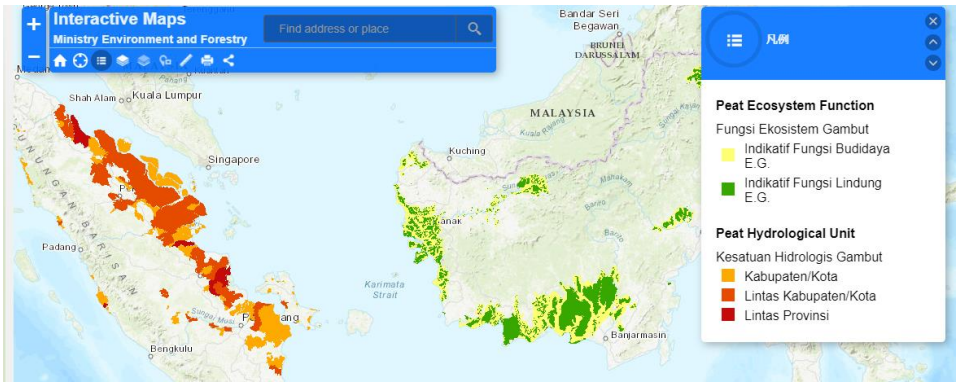
① 森林減少（森林から農地への土地利用変化）を伴う事業
② 泥炭地の新規開発を伴う事業
③ 天然林や人工林等、森林からの木材搬出を行う場合に、現場の生体バイオマス炭素ストック量（動植物が保有する炭素量）の減少を伴う事業（土地利用変化に該当しない場合も含む）（詳細は 1.4「森林からの木材搬出に伴う温室効果ガス排出量の取扱い」を参照）
④ 生産されるバイオ燃料量と比較して過剰の化石燃料を使用するバイオ燃料を用いた事業

※例えば、生産されるバイオエタノール重量の２分の１の重油量を用いて製造するケース

【解説・注釈】

・森林減少については、土地利用変化によって森林が持つ炭素ストック量が大きく失われることから、事業実施前後で土地利用変化による炭素減少量を復元することは現実的ではなく、温室効果ガス削減効果が十分に得られない可能性が高い。

・泥炭地の新規開発については、排水・耕起等で土壌有機物の分解が生じ大きな排出源となることから、温室効果ガス削減効果が十分に得られない可能性が高い。事業を行う土地が泥炭地であるかどうかについては、事業を行う国における土壌マップ等を活用し把握することが望ましい（図 1-2）。

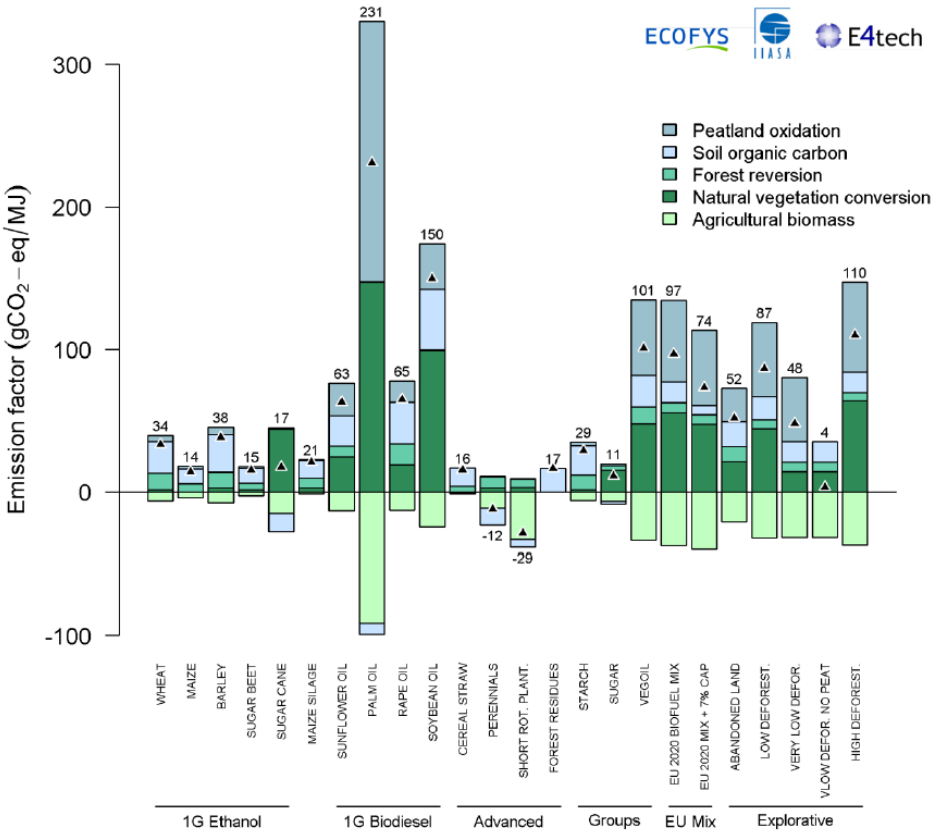


出典：Ministry Environment and Forestry, Indonesia

図 1-2　土壌マップの例（インドネシア）

参考：森林減少、泥炭地開発による温室効果ガス排出量

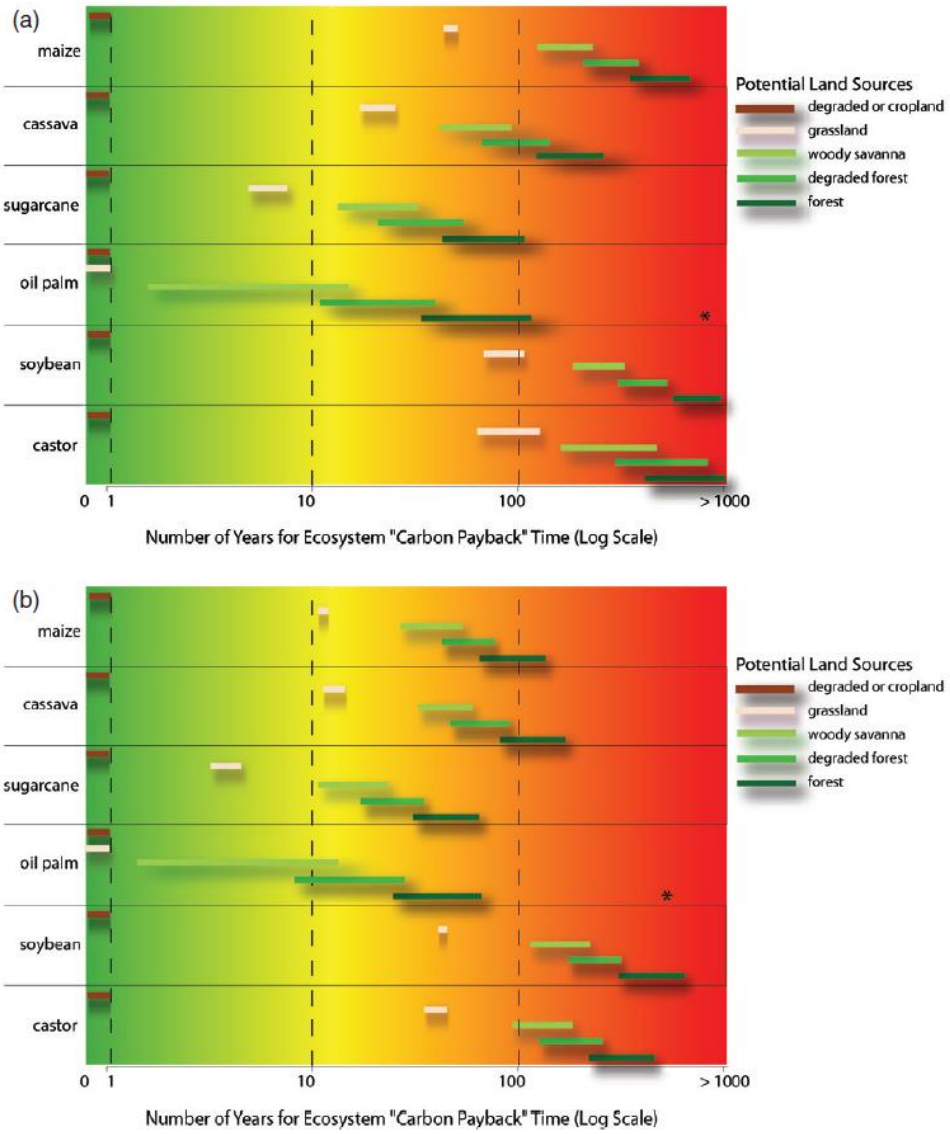
森林減少や泥炭地開発による温室効果ガス排出量を分析した研究は数多く行われている。図 1-3 は、複数のバイオ燃料に対し、土地利用の転用を伴いプランテーションが造成された場合における温室効果ガス排出量について、数値モデルによる計算結果を示している。その結果は、多くのバイオ燃料において、Natural vegetation conversion（図 1-3、緑）もしくは Peatland oxidation（図 1-3、水色）が生じた場合に、多くの温室効果ガスが放出される可能性があることを明らかにしている。



出典：Valin, Hugo, et al. "The land use change impact of biofuels consumed in the EU: Quantification of area and greenhouse gas impacts." (2015).

図 1-3　シナリオごとの土地利用変化における温室効果ガス排出量

また、森林等の転用を伴うバイオ燃料の製造については、カーボンペイバックタイム（CPT: Carbon Payback Time）の観点からも同様の指摘がされている。ここでの CPT とは、バイオマス等を使用することによる温室効果ガス削減量が、土地の転用時における温室効果ガス排出量を相殺し、炭素削減効果が発現するまでの期間を示す。この期間はプランテーションに転用される前の土地の状態や転用後に栽培される資源作物の種類に依存し（図 1-4）、土地転用前の炭素ストック量を復元するためには、CPT より長い時間事業を継続する必要がある。そのため、事業実施期間が CPT より短い場合には温室効果ガス削減効果が十分に得られない可能性が高いと言える。



出典：Bioenergy, I.E.A. "Bioenergy, land use change and climate change mitigation." Report for policy advisors and policy makers. IEA Bioenergy: ExCo 3 (2010). （IEA の文書にて掲載されている図は Gibbs, Holly K., et al. "Carbon payback times for crop-based biofuel expansion in the tropics: the effects of changing yield and technology." Environmental research letters 3.3 (2008): 034001.より引用）

図 1-4　バイオ燃料の原料ごとのカーボンペイバックタイム：(a) 2000 年時の収量を用いて計算を行った場合の CPT、(b) 世界上位 10%の収量を用いて計算を行った場合の CPT

・生産されるバイオエタノールの半分量の重油を使用したケースを想定し、1L のバイオエタノールによって削減できる温室効果ガス排出量と 0.5L の重油を燃焼した際の温室効果ガス排出量を算定すると以下のような結果となる。このような場合は、温室効果ガス排出量削減に寄与しないことが明らかであるため、このようなケースにおけるバイオ燃料は LCA 対象外とする。

（例）

・1L のバイオエタノールによって削減できる GHG 排出量

→21.2(MJ/L-EtOH)/ 32.9(MJ/L-ガソリン)×2.38(kgCO_2/L-ガソリン)

=1.53(kgCO_2/L)

・0.5 L の重油を燃焼した際の GHG 排出量

→0.5L×2.98(kgCO_2/L)

=1.49(kgCO_2/L)

・生産されるバイオ燃料の熱量と比較して数倍の熱量を持つ原料バイオマスを使用して製造されるバイオ燃料等では、使用されるバイオマスを固定燃焼炉の燃料等、液体バイオ燃料への転換以外に活用する方が、温室効果ガス削減効果が大きい場合がある。バイオ燃料の液体燃料としての付加価値等を考慮した上で、その原料の最適な有効利用手段を検討することが望まれる（参考：Assessing Biofuels ,UNEP）。

参考：EU における取組

欧州委員会では、バイオ燃料を含む再生可能エネルギーの活用促進を目的とした様々な施策が講じられている。その代表的な例として 2009 年に策定された再生可能エネルギー指令（EU RED：Renewable Energy Directive）がある。同指令では、EU 全体でエネルギー最終消費量に占める再生可能エネルギーの割合を 20%以上とする数値目標を定め、その達成に向けた義務目標の設定を各国に求めている。また輸送用燃料については、2020 年までにバイオ燃料の混合率を 10%以上とする義務目標が定められた。その 9 年後の 2018 年に策定された改正欧州再生可能エネルギー指令（EU RED II）では、2030 年目標として EU 全体でエネルギー消費量に占める再生可能エネルギーの割合を 32%以上、輸送用燃料に占める割合を 14%とすることが掲げられ、現在その目標達成に向けて EU 各国が再生可能エネルギーの普及を進めているところである。このようにバイオ燃料を含む再生可能エネルギーの推進施策を進めていく中で、EU は泥炭地開発等、多量な温室効果ガス排出に寄与する可能性のあるバイオ燃料について、以下のような持続可能性基準を設けている。

Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources

Article 29（一部抜粋のうえ仮訳）

4：EU RED II における再生可能エネルギーに関する目標にカウントされるバイオ燃料は、2008 年 1 月以降に以下の条件に当てはまる高い炭素蓄積を有する土地を転用した農地で栽培されたものであってはならない。

（a）湿地（永続的又は 1 年の大半が水に覆われている土地）

（b）樹高が最低 5m に達する樹木の樹冠面積率が 30%、面積が 1ha を超える森林

（c）樹高が最低 5m に達する樹木の樹冠面積率が 10~30%、面積が 1ha を超える森林であり、EU RED II で定めるライフサイクル GHG 排出量の基準を満たさない場合

5: EU RED II における再生可能エネルギーに関する目標にカウントされるバイオ燃料は、2008 年 1 月以降に泥炭地であった土地を転用した農地で栽培されたものであってはならない（農地への転用に泥炭地の排水を伴わないことを証明できる場合を除く）。

なお同様に、バイオ燃料の持続可能性認証機関である持続可能なパーム油のための円卓会議（RSPO: Roundtable on Sustainable Palm Oil）や持続可能なバイオ燃料に関する円卓会議（RSB: Roundtable on Sustainable Biomaterials）等においても、森林や泥炭地等の高い炭素蓄積を有する土地の転用を禁止している（禁止する基準年は認証機関によって異なる）。

このような国際的な動向からも、森林や泥炭地等を転用して造成された土地で栽培された原料由来のバイオ燃料については、温室効果ガスの削減効果の観点からその活用は不適切であると言える。

1.4　森林からの木材搬出に伴う温室効果ガス排出量の取扱い

本ガイドラインでは、「バイオマスの燃焼による二酸化炭素排出量はゼロとしてよい」こととしているが（→第 I 部：基本編 5.1.4（p.26））、これは事業の実施後、バイオマス資源を調達する森林における生体バイオマス炭素ストック量が中長期的に復元又は増加[1]することを前提としている。これを行わない場合には本ガイドラインの考え方に合致しなくなるため、本ガイドラインを適用する以前に、関連する知見を利用し、実施する事業の地球温暖化対策としての意義を再検討すべきである。

[1] $CSC = (C_{After} - C_{Before}) \times Area \geqq 0$
CSC：炭素ストック変化量 [t-C], C_{After}：事業実施後におけるバイオマス資源を調達する森林の平均炭素ストック量 [t-C/ha], C_{Before}：事業実施前におけるバイオマス資源を調達する森林の平均炭素ストック量 [t-C/ha], Area：バイオマス資源を調達する森林面積 [ha]
これらデータについては、例えば、実際のデータを調査するほか、事業対象国における National Forestry Inventory や REDD+事業における報告書から把握できる国別データ、2019 年改良 IPCC ガイドラインにおけるデフォルト値データ等の活用が考えられる。

参考：森林からの木材搬出に伴う温室効果ガス排出量

燃料利用を目的として森林から木材搬出を行った場合の温室効果ガス排出については多くの研究が行われている。欧州委員会の共同研究センター（Joint Research Centre）による、木質系バイオマスに関する研究をレビューした報告書「Carbon accounting of forest bioenergy -Conclusions and recommendations from a critical literature review」（2014 年）では、森林から木材搬出を行った直後には林内の炭素量が大きく失われることから、木質系バイオマスの活用による化石燃料の代替効果が発現するまでに一定の期間を要するとされている。

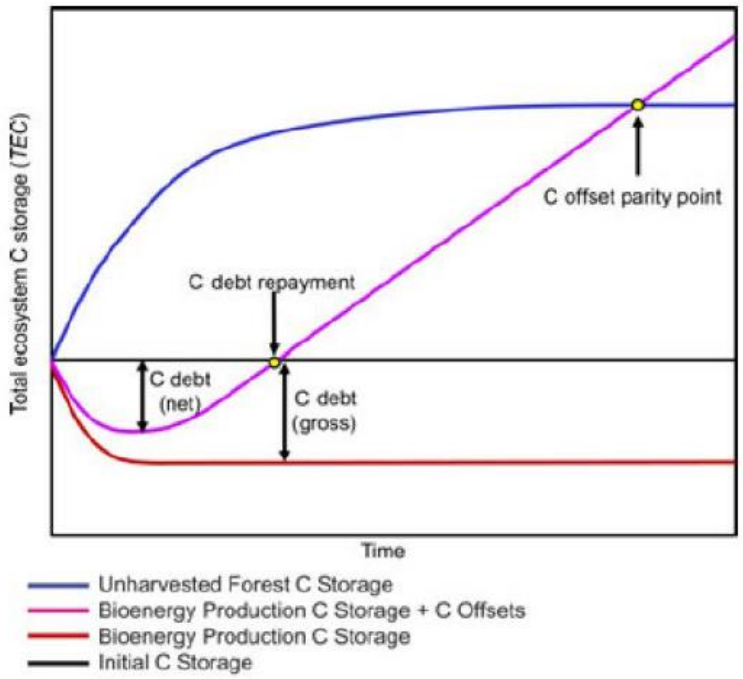


図 1-5　森林から切り出した木質系バイオマスのカーボンペイバックタイム

出典：Joint Research Centre「Carbon accounting of forest bioenergy -Conclusions and recommendations from a critical literature review」(2014 年)

図 1-5 における黒線は、木材搬出を行う前における林内の初期炭素ストック量を示している。また、赤線が木材搬出による炭素ストック量の減少を、青線が木材搬出を実施しなかった場合に得られる林内の炭素ストック量の増加を表している。さらにこの図は、赤線で示される減少分に、木材搬出後の林内炭素ストック量の回復や木質系バイオマスの化石燃料代替効果を考慮した炭素ストック量の変化を紫線で示している。紫線と黒線の交わる「C debt repayment」は、木材搬出を行うことによる森林からの炭素減少量と、木質系バイオマスの燃料利用によって防ぐことができた化石燃料由来の炭素排出量が同等となる時点を表す。また、紫線と青線が交わる「C offset parity point」では、木材搬出を行わなかった場合、林内に蓄積されるはずであった炭素ストック量まで回復するのに要する時間を示している。この C debt repayment や C offset parity point に到達するまでの時間を考慮せず、林内の炭素ストック量の復元又は増加を伴わない事業においては、事業を実施しない場合と比較し多量の温室効果ガスが排出されることになり、地球温暖化対策としての効果が十分に得られない可能性が高いと言える。

２．複数の機能を有する事業（輸入バイオマス利活用等）の LCA の基本的な考え方に関する留意事項

2.1　機能単位の設定に関する留意事項

輸入バイオマス事業の LCA を行う場合の機能単位は、当該事業の目的に応じて設定する。標準的な考え方を以下に示す。

①廃棄物の有効活用を目的として、製材所廃材・建築廃材等を原料として外部に「電力」、「熱」、「燃料」等を供給している輸入バイオマス事業の場合、原則的に「1MJ 相当のエネルギーの供給とそれに伴う廃棄物処理」を機能単位とする。

②輸入バイオマス利活用事業であっても、以下のいずれかに該当し、事業の主な機能を「エネルギー供給」等、単一機能に特定できる場合には、機能単位を「1MJ 相当のエネルギーの供給」としてよい。

1) 比較的大規模な輸入バイオマス発電事業を行う場合
2) 比較的大規模な輸入バイオマス熱供給事業を行う場合
3) 比較的大規模な輸入バイオマス電熱併給事業を行う場合
4) 比較的大規模な輸入バイオマス由来バイオ燃料製造事業を行う場合

2.2　プロセスフローとシステム境界の明確化に関する留意事項

・対象プロセスのシステム境界には以下の６段階を含めるものとする。

1) 原料調達段階
2) 製造段階
3) 流通段階
4) 使用段階
5) 処分段階
6) 温室効果ガス排出削減活動（実施する場合に限る）

・システム境界は、対象プロセスが有する機能に応じてシステム拡張を行い、設定するものとする。ただし、2.1②で前述したように、（１）輸入バイオマス発電事業、（２）輸入バイオマス由来バイオ燃料製造事業の場合には、以下の考え方を採用することもできる。

（１）輸入バイオマス発電事業

事業の主な機能を「発電」のみに特定できる場合には、電力供給に関わるプロセスのみ、システム境界内として設定することができる（必要に応じて、3.7 で後述するプロセス細分化や配分を行う）。

（２）輸入バイオマス由来バイオ燃料製造事業

事業の主な機能を「燃料製造」のみに特定できる場合には、燃料供給に関わるプロセスのみ、システム境界内として設定することができる（必要に応じて、3.7 で後述するプロセス細分化や配分を行う）。

【解説・注釈】

・本ガイドラインのシステム境界の考え方は「事業の評価」に焦点を当てていることから、そのシステム境界の考え方は「燃料の製造」に焦点を当てている EU RED II 等と異なることに留意が必要である（表 2-1）。

表 2-1　LCA ガイドラインと EU RED II におけるシステム境界の違い

<table>
<tr><th colspan="2">LCA ガイドライン</th><th colspan="2">EU RED II</th></tr>
<tr><td rowspan="4">原料調達段階</td><td rowspan="4">・土地利用変化における土壌炭素ストック量の変化期間は 20 年間、生体バイオマス炭素ストック量の変化はプロジェクト期間（設備の実耐用年数）で均等配分
・栽培時に要した肥料、化石燃料や電力、熱等の投入に加え、施肥や野焼き、水田土壌からの CH_4、N_2O 排出を考慮
・原料の貯蔵、中間処理に要した化石燃料や電力・熱等の投入に加え、施設や設備の建設、保守・点検に係るプロセスを考慮
・バイオマス由来燃料（バイオ燃料）等の輸送に伴う排出を考慮</td><td>Land use change</td><td>・地上・地中の炭素ストック変化を 20 年に配分して計上</td></tr>
<tr><td>Extraction / Cultivation</td><td>・原料の栽培や収穫に要した化石燃料や電力・熱の消費、投入する肥料及び化学物質の製造・調達、有機物の発酵及び施肥に伴う GHG の排出</td></tr>
<tr><td>Processing</td><td>・燃料の製造に要した化石燃料や電力・熱の消費、加工に用いられた化学物質の製造・調達に伴う GHG の排出</td></tr>
<tr><td>Transport and Distribution</td><td>・原料の輸送や貯蔵・中間処理に要した化石燃料や電力・熱の消費、および燃料の輸送や貯蔵に要した化石燃料や電力・熱の消費に伴う GHG の排出</td></tr>
<tr><td>製造段階</td><td>・燃料の貯蔵、バイオマス燃焼からの排出（CH_4、N_2O）に加え、施設や設備の建設、保守・点検に係るプロセスを考慮</td><td>Fuel in use</td><td>・バイオマス燃料の使用による CO_2 排出は 0 とみなす
・非 CO_2 温室効果ガス（CH_4、N_2O）排出は含める</td></tr>
<tr><td>流通段階</td><td>・外部電源に接続するための付加的な施設や設備の整備に係るプロセスを考慮</td><td rowspan="3"></td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td>使用段階</td><td>・バイオ燃料の場合、二酸化炭素以外の温室効果ガス、副原料等が燃焼する場合の温室効果ガスは考慮</td></tr>
<tr><td>処分段階</td><td>・余剰バイオガスをフレアスタック等にて処分する場合に同設備の建設等に係るプロセスを考慮</td></tr>
</table>

・輸入バイオマスを用いた事業の場合、上記（1）、（2）に掲げた場合を除き、原則として事業全体をシステム境界に含める。例えば、図 2-1 に示すように、廃材を燃やし、同じ敷地内の別の工場に熱を供給していた製材所が、バイオマス発電による電力供給に切り替えるとともに、熱源として重油ボイラを使うこととなった場合は、事業全体を算定対象とすることが望ましい（少なくとも「電力供給」と「熱供給」を同一事業者が行う場合には、電熱併給事業全体として算定を行う）。

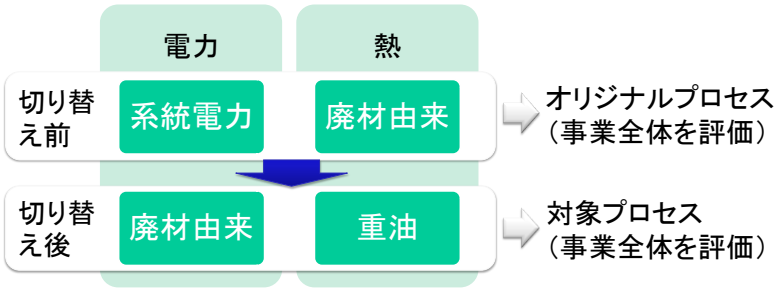


図 2-1　同一事業者が電熱併給事業を行う場合のシステム境界

・輸入バイオマスを用いた事業のシステム境界の例を、図 2-2～2-6 に示す。

図 2-2	廃材と資源作物から発生する残さを原料とした直接燃焼発電事業のシステム境界
図 2-3	木質系バイオマスを原料としたガス化発電事業のシステム境界
図 2-4	資源作物を原料とした植物油直接燃焼発電事業のシステム境界
図 2-5	資源作物から発生する残さを原料とした直接燃焼発電事業のシステム境界
図 2-6	資源作物由来のバイオ燃料のシステム境界

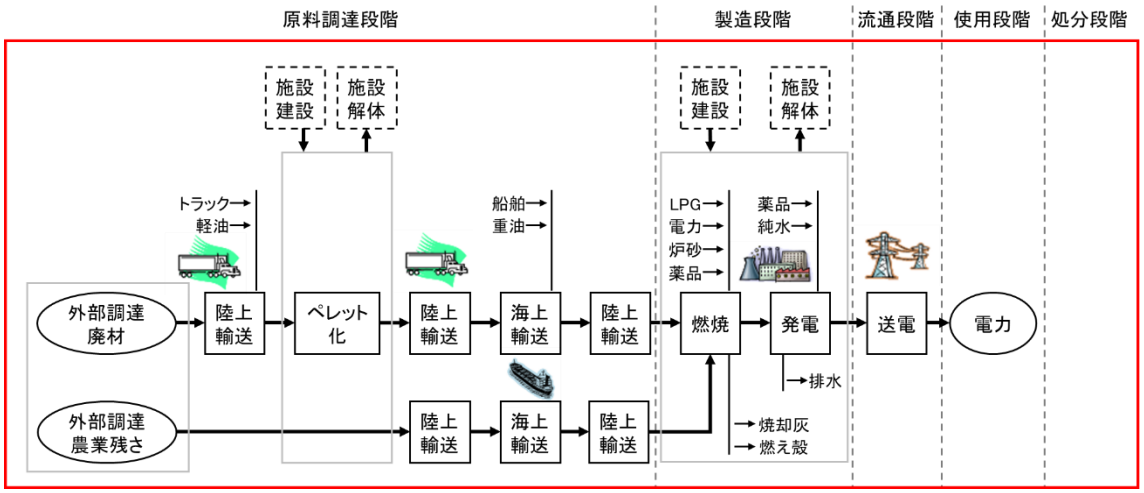


図 2-2　廃材と資源作物から発生する残さを原料とした直接燃焼発電事業のシステム境界

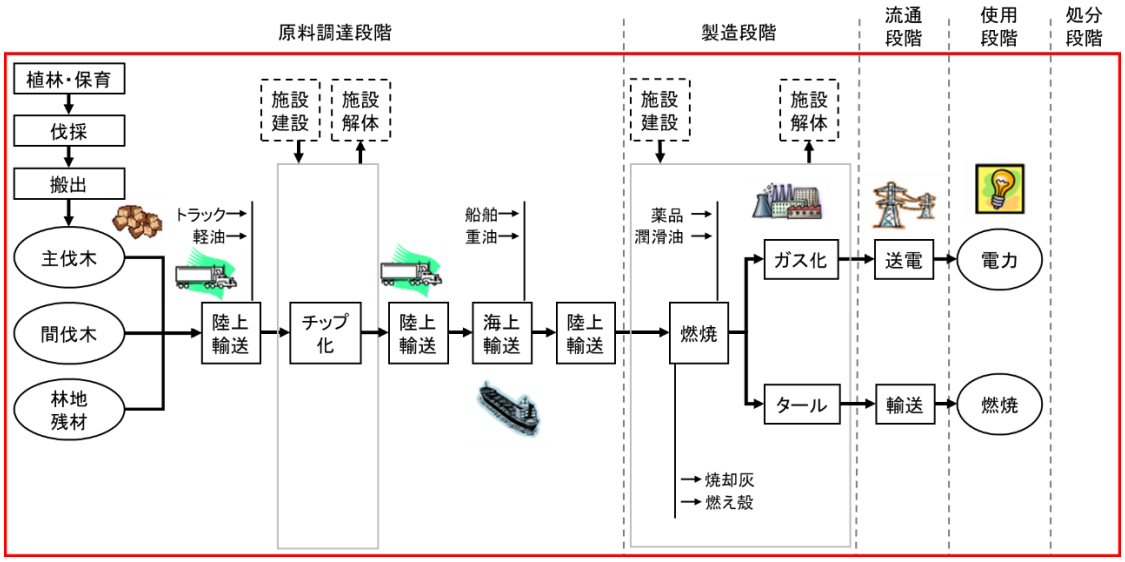


図 2-3　木質系バイオマスを原料としたガス化発電事業のシステム境界

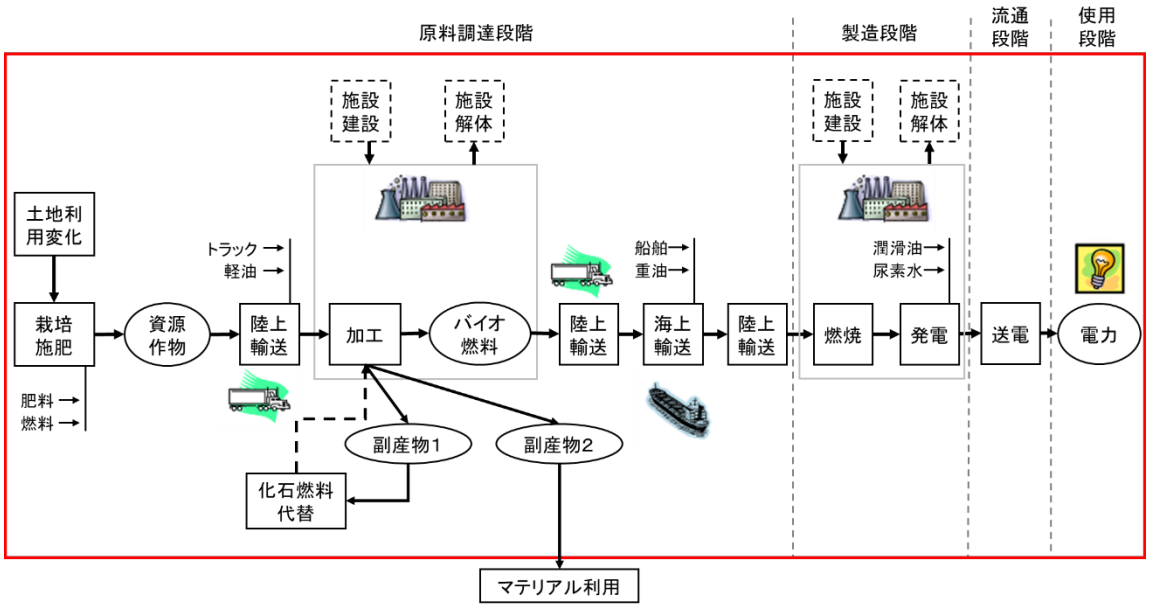


図 2-4　資源作物を原料とした植物油直接燃焼発電事業のシステム境界

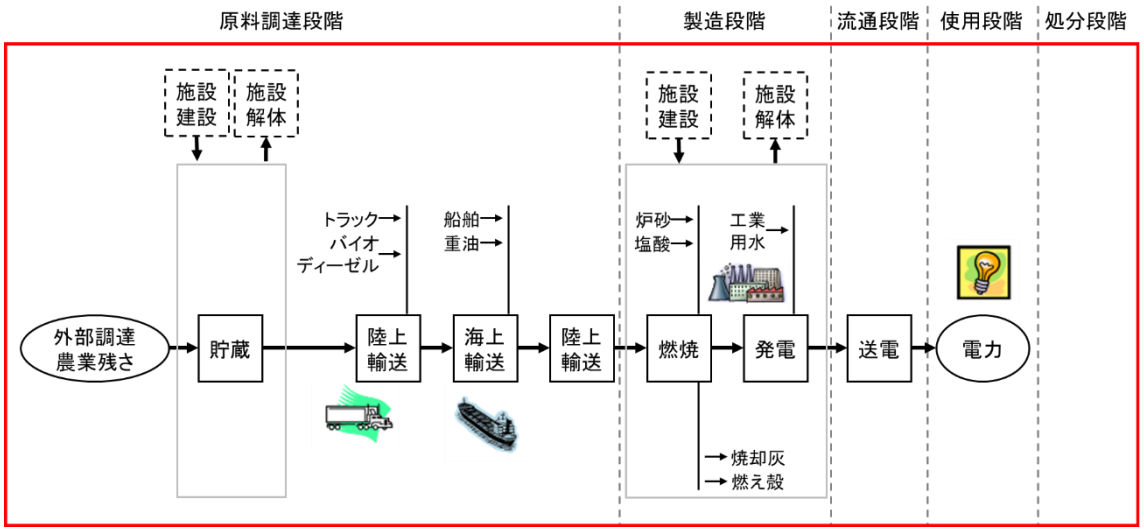


図 2-5　資源作物から発生する残さを原料とした直接燃焼発電事業のシステム境界

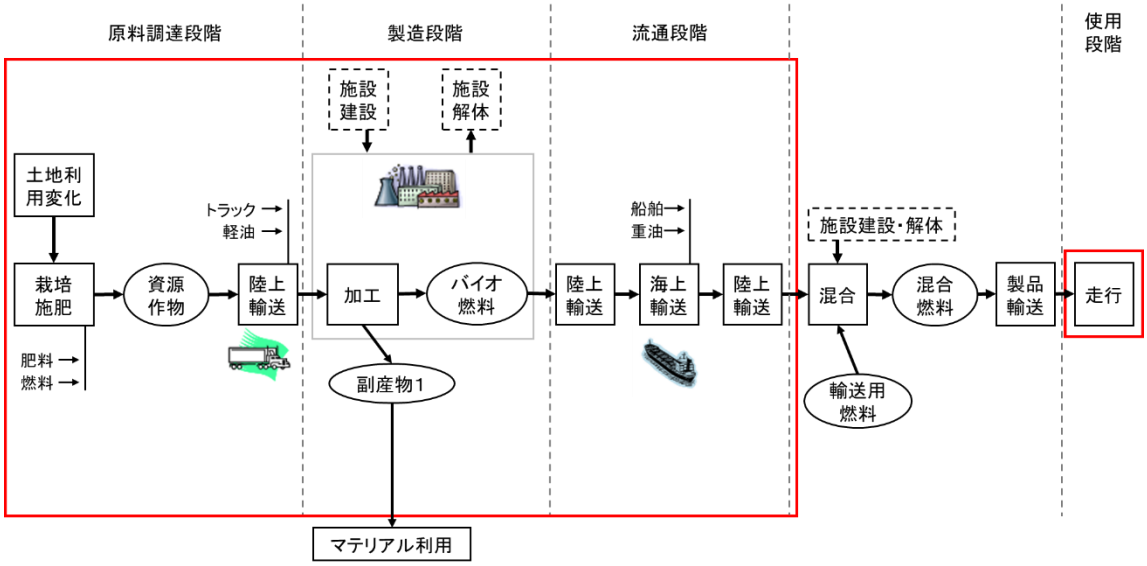


図 2-6　資源作物由来のバイオ燃料のシステム境界

・複数の機能を有する事業においては、施設建設工程、施設解体工程における温室効果ガス排出量が無視できないことも多いため、原則として施設建設工程、施設解体工程をシステム境界内とする。ただし、概略検討等を行った結果として、第Ⅰ部：基本編に示すカットオフ基準を満たす場合は、カットオフの対象とすることができる。

・バイオ燃料の場合は、「輸送」と「走行」の間に「混合」プロセスがあることが多く本来は含めるべきだが、事業者自らがコントロールできない可能性が高く、また詳細データが十分に集積されていないこと等から考慮しなくてよいこととした。

・施設廃棄・処分工程については、以下の理由から必ずしもシステム境界に含めなくてよい。

(1)一般に、施設廃棄・処分工程における温室効果ガス排出量は、施設建設工程よりも相当に小さいと考えられる。

(2)施設廃棄・処分工程における温室効果ガス排出量を算定するためには、事業者が把握しにくい施設の素材別構成（例：鉄系○ｔ、非鉄△ｔ、コンクリート□ｔ）を明らかにする必要があり、それらの情報収集を事業者に求めることになるため、大きな負担となりかねない。

＜カットオフ基準（目安）＞

原材料質量の１％程度未満　かつ　原材料調達コストの１％程度未満であること

あるいは、

当該プロセスや投入物が起因する温室効果ガス排出量が当該バイオ燃料の温室効果ガス総排出量に対して１％程度未満であること

2.3　比較対象とするオリジナルプロセスの設定に関する留意事項

・LCA 実施者は LCA 実施に先だってオリジナルプロセスを、対象プロセスと同じ効用が得られる、対象プロセスが実施されなかった場合の通常のプロセス（ベースラインとなるプロセス）として、明確化する必要がある。
・輸入バイオマス利活用事業は、「電力供給」、「熱供給」、「電熱併給」、「燃料供給」といった複数の機能を有することが多いため、対象輸入バイオマス利活用事業が有する機能に応じて、それを代替する機能を持つオリジナルプロセスを設定する必要がある。
・なお、（1）輸入バイオマス発電事業、（2）輸入バイオマス由来バイオ燃料製造事業の場合には、以下の考え方を採用することもできる。

（1）輸入バイオマス発電事業

・実態として発電が主な目的と見なすことができる事業において、ライフサイクルを考慮した排出原単位が入手できる場合、オリジナルプロセスは原則としてその値を使用することとする。入手できない場合には「系統電力」とし、調達先の電力供給者から公表される電気事業者別排出係数（基礎排出係数）を用いて温室効果ガス排出量を算定する。ただし、同一敷地内の自家発電の代替として再生可能エネルギー等を導入する場合には、当該自家発電の電源に関する原単位データを用いる。
・なお、調達先の電力供給者から公表される電気事業者別排出係数（基礎排出係数）には、発電所の建設・解体工程が含まれていないため、製造段階として、それらの工程からの温室効果ガス排出量を合算する必要がある。本ガイドラインでは、系統電力の製造段階における温室効果ガス排出量として、表 2-2 に示す値を用いることを基本とする。ただし、同一敷地内の自家発電の代替として再生可能エネルギー等を導入し、当該自家発電の建設・解体に関する活動量データが入手できる場合には、そちらを用いて温室効果ガス排出量を算定することが望ましい。

表 2-2　系統電力の製造段階における温室効果ガス排出量

工程	温室効果ガス排出量	備考（出典）
発電所設備製造工程	5.01×10^{-4} $kgCO_2/kWh$	（財）電力中央研究所（2016）「日本の発電技術のライフサイクル CO2 排出量評価」における石炭火力（国内炭・輸入炭）の活動量データと、IDEA v2.3 の収録データを用いて算定
発電所建設工程	1.20×10^{-3} $kgCO_2/kWh$	
発電所解体工程	3.86×10^{-5} $kgCO_2/kWh$	常陸那珂発電所 2 号機の事例における活動量データと、IDEA v2.3 の収録データを用いて算定
計	1.74×10^{-3} $kgCO_2/kWh$	

（２）輸入バイオマス由来バイオ燃料製造事業

・実態として燃料製造が主な目的と見なすことができる事業の場合には、オリジナルプロセスは原則として「化石燃料由来の輸送用燃料（ガソリン、軽油、天然ガス)」とし、温室効果ガス排出量は表 2-3 に示すとおりとする。

表 2-3　化石燃料由来輸送用燃料の温室効果ガス排出量

化石燃料由来輸送用燃料	ガソリン	軽油	天然ガス(LNG)
温室効果ガス排出量	2.32 $kgCO_2/L$	2.58 $kgCO_2/L$	2.70 $kgCO_2/kg$
備考（比較対象）	エタノール	バイオディーゼル	バイオガス

出典：環境省「温室効果ガス総排出量算定方法ガイドライン」平成 29 年 3 月

【解説・注釈】

・実態として発電が主な目的と見なすことができる「（１）輸入バイオマス発電事業」、燃料製造が主な目的と見なせる「（２）輸入バイオマス由来バイオ燃料製造事業」の場合については、異種の事業間で統一的な比較を行うことを目的として固定値とした。

・オリジナルプロセスの設定例を以下に示す。

図 2-7	廃材と資源作物から発生する残さを原料とした直接燃焼発電事業に関するオリジナルプロセス
図 2-8	木質系バイオマスを原料としたガス化発電事業に関するオリジナルプロセス
図 2-9	資源作物を原料とした植物油直接燃焼発電事業に関するオリジナルプロセス
図 2-10	資源作物から発生する残さを原料とした直接燃焼発電事業に関するオリジナルプロセス

＜例１：廃材と資源作物から発生する残さを原料とした直接燃焼発電事業に関するオリジナルプロセス＞

製材所廃材を原料とした直接燃焼により、発電と熱供給を行う事業のオリジナルプロセスを図 2-7 に示す。本事業の機能は、「発電」と「それに伴う廃棄物処理」の２つであるため、オリジナルプロセスでは「系統電力（全電源平均）の生産プロセス」と「製材所廃材の処理プロセス」を考慮する必要がある。

「製材所廃材の処理プロセス」としては、通常「活性炭の製造プロセス」が考えられるが、この場合、オリジナルプロセスの機能に「活性炭製造」が含まれてしまうため、製造所廃材を原料として製造される活性炭の量に相当する「従来型の活性炭製造プロセス」（ここでは「ヤシ殻由来の活性炭製造プロセス」とする）を、上記の２種類のプロセスの和から差し引

く必要がある。なお、比較的大規模な輸入バイオマス発電事業においては、事業の機能を「発電」のみとし、図 2-7 における「電力の製造」のみをオリジナルプロセスとすることも可能である。

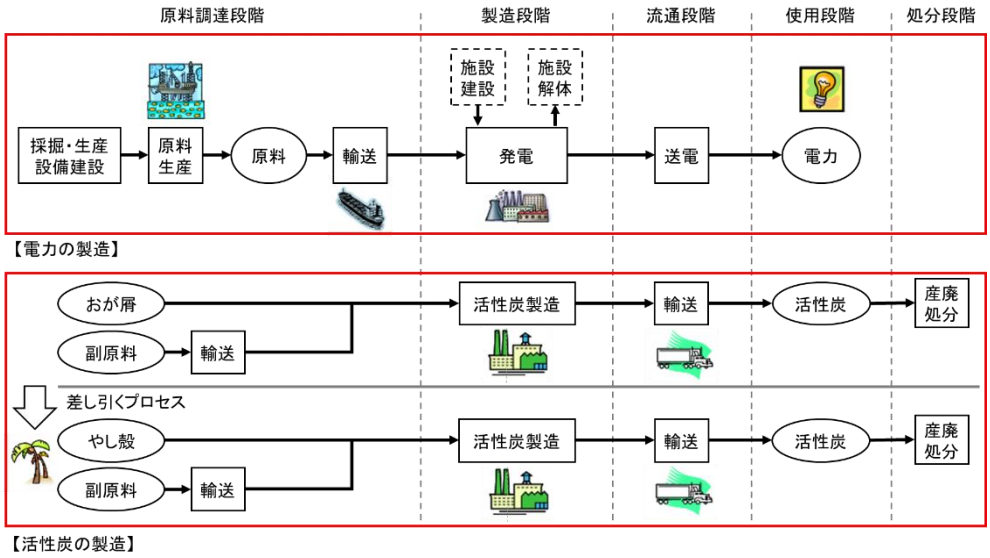


図 2-7　比較対象とするオリジナルプロセスのシステム境界（例）
（廃材と資源作物から発生する残さを原料とした直接燃焼発電事業に関するオリジナルプロセス）

＜例２：木質系バイオマスを原料としたガス化発電事業に関するオリジナルプロセス＞

間伐材、剪定枝等の自然木を主原料としたガス化発電により、電力と燃料（タール）を外部に供給する事業のオリジナルプロセスを図 2-8 に示す。本事業の機能は、「発電」と「燃料供給」の２つであるため、オリジナルプロセスでは「系統電力（全電源平均）の生産プロセス」と「重油の製造プロセス」を考慮する。

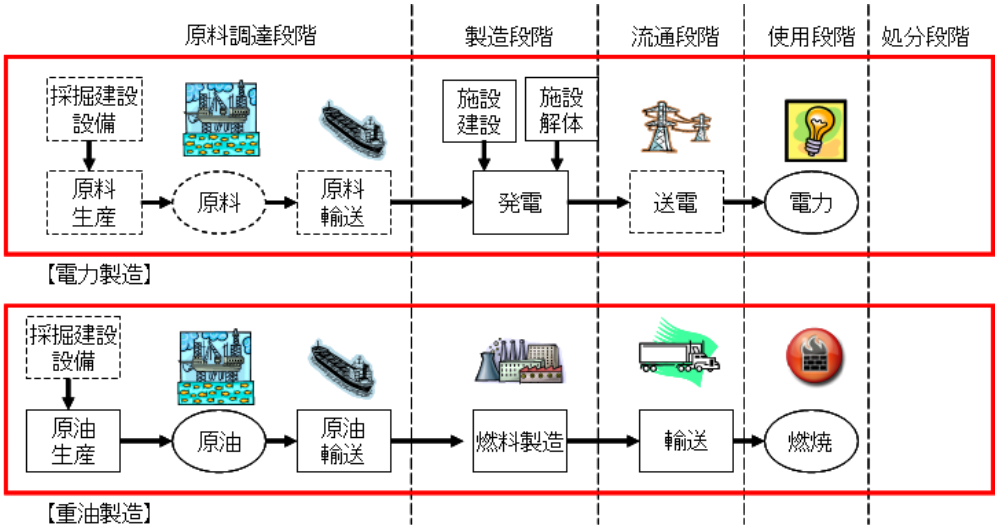


図 2-8　比較対象とするオリジナルプロセスのシステム境界（例）
（木質系バイオマスを原料としたガス化発電事業に関するオリジナルプロセス）

＜例３：資源作物を原料とした植物油直接燃焼発電事業に関するオリジナルプロセス＞

資源作物を原料として製造された植物油の直接燃焼発電事業のオリジナルプロセスを図 2-9 に示す。本事業の機能は「発電」であるため、オリジナルプロセスは「系統電力（全電源平均）の生産プロセス」となる。

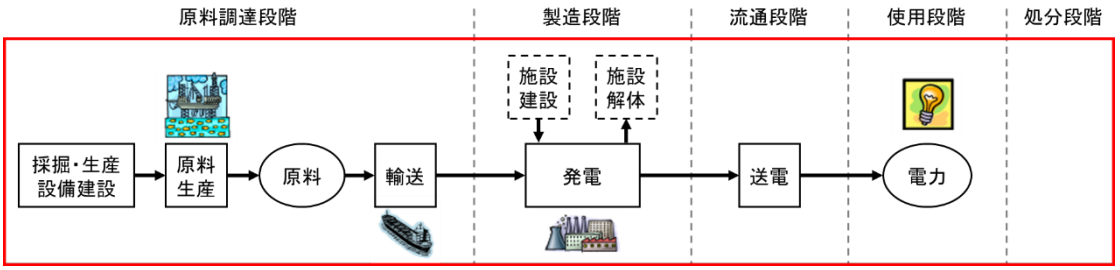


図 2-9　比較対象とするオリジナルプロセスのシステム境界（例）
（資源作物を原料とした植物油直接燃焼発電事業に関するオリジナルプロセス）

＜例４：資源作物から発生する残さを原料とした直接燃焼発電事業に関するオリジナルプロセス＞

資源作物から発生する残さを原料として活用した直接燃焼発電事業のオリジナルプロセスを図 2-10 に示す。本事業の機能は本事業の機能は「発電」であるため、オリジナルプロセスは例３と同様に「系統電力（全電源平均）の生産プロセス」となる。

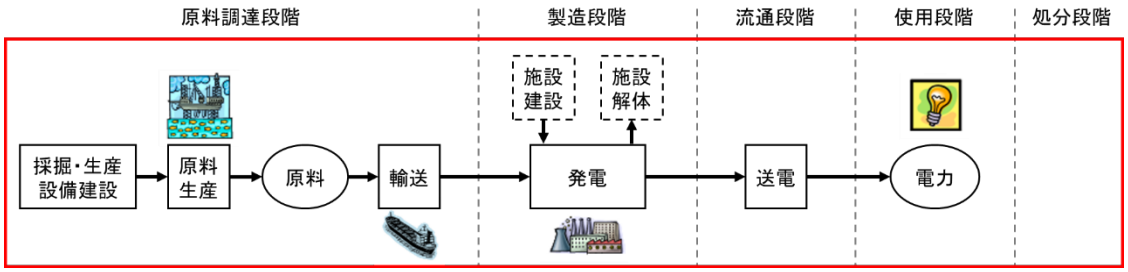


図 2-10　比較対象とするオリジナルプロセスのシステム境界（例）
（資源作物から発生する残さを原料とした直接燃焼発電事業に関するオリジナルプロセス）

３．活動量データの収集・設定に関する留意事項

LCA 実施者は、プロセスフロー図に記述した各プロセスに関して、プロセスごとのエネルギーや投入物の消費量、廃棄物や環境（大気等）への排出物の排出量を明らかにする必要がある。

【解説・注釈】

・活動量データの収集例を表 3-1 に示す。

表 3-1　活動量データ収集例（パーム油を用いた直接燃焼発電事業の場合）

段階	小区分	入出	品名	数量	単位
原料調達	原料栽培	入力	窒素肥料施肥量	○○	kg/日
		入力	リン肥料施肥量	○○	kg/日
		入力	カリウム肥料施肥量	○○	kg/日
		入力	殺虫剤散布量	○○	kg/日
		入力	ディーゼル投入量	○○	L/日
	原料輸送（陸上）	入力	軽油消費量	○○	L/日
	燃料生産施設建設	入力	施設建設費費用	○○	円
	燃料生産施設解体	入力	解体作業（施設面積）	○○	m^2
	原料加工	入力	原料投入量	○○	kg/日
		入力	電力消費量	○○	kWh/日
		出力	POME 発生量	○○	kg/日
		出力	燃料製造量	○○	kg/日
	燃料輸送（海上）	入力	重油消費量	○○	L/日
製造	発電所建設	入力	発電所建設費用	○○	円
	発電所解体	入力	解体作業（施設面積）	○○	m^2
	資材投入	入力	潤滑油投入量	○○	t/日
		入力	尿素水投入量	○○	L/日
	その他管理等	入力	メンテナンス費用	○○	円/年
流通	送電設備建設	入力	送電鉄塔建設費用	○○	円

3.1　原料調達段階に関する留意事項

原料調達段階における活動量データの収集に当たっては、以下の点を考慮する。

（1）輸入バイオマスを用いた事業の場合、原料調達に関するプロセス（原料輸送を含む）を考慮する必要がある。原料調達に関して考慮すべきプロセスは、原料によって主に以下の３種類に分けられる。

1）木質系バイオマスを原料とするケース

①土地利用変化、②植林・保育、③伐採、④搬出、⑤原料加工、⑥燃料輸送

2）資源作物（主に植物油等）を原料とするケース

①土地利用変化、②原料栽培、③原料輸送、④原料加工、⑤燃料輸送

3）資源作物から発生する残さを原料とするケース

①原料加工、②原料輸送

（2）廃棄物を原料とすることにより回避される温室効果ガス排出量については、その効果が明らかであり、かつ定量的に示すことができる場合には、システム拡張を行うことにより考慮するものとする。

（3）ライフサイクル全体に対する寄与度が高いプロセスについては一次データの収集を基本とする。ライフサイクル全体に対する寄与度が低いプロセスや、LCA 実施者が一次データを入手することが困難な場合については、二次データの利用も認める。

【解説・注釈】

・木質系バイオマスを原料とするバイオマス発電の場合、伐採プロセスや搬出プロセスにおける温室効果ガス排出量が LCA の結果に大きな影響を与えることがあるため、留意する必要がある。特に伐採プロセスについて、事業で活用する木質系バイオマスを収集する目的で伐採を行う場合には、伐採にて投入されたエネルギー量等を把握し、当該プロセスの LCA を行う必要がある。なお木質系バイオマスのうち、製材端材や建築廃材等、発生地点が製材工場や建築現場と考えられるものについては、伐採プロセスはシステム対象外とした（詳細については、3.7「配分（アロケーション）の方法に関する留意事項」を参照）。

・製材事業者やその関連事業者が輸入バイオマス発電事業を行っており、製材工場が同一敷地内又は近隣地域にある場合、本来は破砕プロセスや乾燥プロセスを「製造段階」に分類することが望ましいが、その場合、事業により破砕プロセスや乾燥プロセスの位置付けが異なってしまう。そのため、ここでは便宜上、一律に破砕プロセスや乾燥プロセスを「原料調達段階」に分類することとした。

・植物油の搾油工場等、国外に位置する施設の建設・解体に係る温室効果ガス排出量については、その算定に必要な活動量データの入手が困難であることが想定される。一方で、事業のために事業者が独自で建設した設備に対しては、当該排出量についても算定ができ

る可能性が高いことも踏まえ、実情を踏まえたデータの収集・算定を行うことが望ましい。

・廃棄物を原料とする場合に回避される温室効果ガスとしては「放置されているパーム椰子殻から発生するメタンガス」のようなものが考えられる。

・輸入国から日本までの海上輸送について、その復路の取扱いについては、例えば空荷で戻ることが多い場合には往復分を LCA の対象とすることが望ましい。そのため、事業者は輸送に用いる船舶の往路、復路における積載状況を把握し、可能な限りその実態に即した評価を行うことが望ましい。例えば往路にて、事業で活用する輸入バイオマスが最大積載量の 50%、残りの 50%をその他の貨物が占める場合には、往路における船舶の燃料消費に係る温室効果ガス排出量の 50%を当該輸入バイオマスの LCA に含めるといった方法が考えられる（その他の計算例については本資料巻末にある「参考資料」を参照）。なお、貨物積載状況を輸送毎に確認・証明する手段がない場合も考えられ[2]、その場合には、往路のみを考慮した値と往復分を考慮した値を計算する等、感度分析を行うことが望ましい。

参考：船舶による海上輸送からの温室効果ガス排出量

LCA における船舶による海上輸送プロセスから生じる温室効果ガス排出量は、輸送に用いる船舶の燃費等だけではなく、復路の積載率や輸送する輸入バイオ燃料の種類の影響も受ける。

①復路の積載率

使用する輸入バイオマスを対象とした専用船等を用いて海上輸送を行う場合、復路における積載率は 0%になることも考えられる。この場合、日本から輸入バイオマス調達国までの復路の輸送についても、事業で使用する輸入バイオマスの海上輸送プロセスの一部として考えられることから、復路時に生じる温室効果ガス排出量も当該輸入バイオマスの LCA に加味しなければならない。そのため、復路時においても船舶の積載率を一定程度保つことによって、可能な限り輸入バイオマスの LCA に含まれる温室効果ガス排出量を削減することが望ましい。

②輸送するバイオマスの種類

輸入バイオマスが持つ熱量やかさ密度によっても、船舶による海上輸送からの温室効果ガス排出量が大きく異なる。EU RED II ではバイオマスのライフサイクルを栽培工程・加工工程・輸送工程・燃焼工程の 4 つに区分（詳細は 2.2「プロセスフローとシステム境界の明確化に関する留意事項」を参照）し、かさ密度の異なる複数のバイオマスに対してライフサイクル GHG 排出量の既定値を策定している（表 3-2）。

[2] 経済産業省 第 9 回総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会 新エネルギー小委員会 バイオマス持続可能性ワーキンググループ 資料 3「木質バイオオマス発電のライフサイクル GHG について（一般社団法人バイオマス発電事業者協会）」

表 3-2　EU RED II での既定値（一部抜粋）（輸送距離が 10,000km 以上の場合）

バイオマス	かさ密度 [kg/m^3]	栽培工程 [gCO$_2$/MJ]	加工工程 [gCO$_2$/MJ]	輸送工程 [gCO$_2$/MJ]	燃焼工程 [gCO$_2$/MJ]	輸送工程が全体に占める割合 [%]
木質チップ	155	0.0	1.6	20.5	0.4	91.1
木質ペレット	650	0.0	2.4	8.2	0.3	75.2
農業残さ A	125	0.0	0.9	28.3	0.2	96.3
農業残さ B	300	0.0	0.9	13.6	0.2	92.5

（注）木質チップ・木質ペレットについては、原料が「forest residues」の値を記載。
（注）木質ペレットについては、ペレット加工に用いるエネルギー源に木質チップとして、コジェネレーションシステムを用いたシナリオの値を記載
（注）農業残さ A と B の違いはかさ密度の違いである。
（注）輸送工程の値には船舶による海上輸送に加え、陸上輸送からの温室効果ガス排出量も含む。
出典：Europe Commission「Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources」

このようにかさ密度の小さいバイオマスを長距離輸送した場合には、輸送工程からの温室効果ガス排出量の全体に占める割合が非常に大きくなることから、かさ密度の小さいバイオマスを使用する場合には、可能な限り輸送距離を短くすることで船舶による海上輸送からの温室効果ガス排出量を小さくするよう努めることが望ましい。

・原料調達に関するプロセスは、原料の発生地点後のプロセスを考慮するものとする。このため、資源作物から発生する残さ等は、それらが発生するまでの資源作物栽培プロセス等における温室効果ガス排出量はシステム境界に含めなくてよいこととした。ただし、資源作物から発生する残さを主原料とした事業において、残さ以外の原料と混焼する場合（PKS と木質ペレットの混焼等）には、その残さ以外の原料の加工・輸送プロセスにおける温室効果ガス排出量が、システム全体において大きな割合を占める可能性があることから、その主原料と混焼する残さ以外の原料の調達段階を考慮する必要がある。
・土地利用変化や栽培プロセスにおける温室効果ガス排出・吸収量が LCA の結果に大きな影響を与えることがあるため留意する必要がある。土地利用変化に伴って生じる温室効果ガス排出・吸収量、栽培プロセスにおける温室効果ガス排出量は次頁以降に従って算定する。
・「ライフサイクル全体に対する寄与度が高いプロセス」とは、ライフサイクル全体に占める割合が５％以上であることを想定しているが、それ未満であっても温室効果ガス排出量に大きな影響を与えるおそれがある投入物については考慮する必要がある。

（１）土地利用変化に伴う温室効果ガス排出・吸収量の取扱いについて

土地利用変化に伴って発生する温室効果ガス排出・吸収量は以下に従って算定する。なお、土地利用変化に伴い大きく炭素量が損失し、失われた炭素量の中長期的な復元又は増加が困難である場合には、本ガイドラインを適用する以前に、関連する知見を利用し事業の意義を再検討すべきである。

①土地利用区分

土地利用変化を考慮する際の土地利用区分は、森林、農地、草地、湿地、開発地、その他の土地、の６区分とする。

②算定対象とする土地利用変化

本ガイドラインで対象とする土地利用変化は、森林又は資源作物栽培地（農地等）への土地利用変化とする（1.3 に示すとおり、森林や泥炭地からの土地利用変化を含む事業については、事業の意義を再検討すべき事業に該当する）。

③土地利用変化に伴う温室効果ガス

土地利用変化を伴う場合は、以下の影響による温室効果ガス排出・吸収量の変化を考慮しなければならない。

1) 土壌炭素ストック量の変化
2) 生体バイオマス炭素ストック量の変化

④算定に用いる諸データ

・土地利用変化に伴って発生する温室効果ガス排出・吸収量の算定に使用するデータの優先順位は以下のとおりとする。

1) 事業者自らが実際のデータを調査して使用
2) 事業対象となる国における National Inventory Report（https://unfccc.int/ghg-inventories-annex-i-parties/2020）等で報告されている国別のデータを使用
3) 2006 年 IPCC ガイドライン又は 2019 年改良 IPCC ガイドラインにて示されているデフォルト値データを使用

⑤変化期間の設定

・土壌炭素ストック量の変化期間は 20 年間、生体バイオマス炭素ストック量の変化期間はプロジェクト期間（設備の実耐用年数）と同一とする。

⑥その他

・土地利用形態の変化の基準日については、温室効果ガス排出・吸収量に一定程度以上の影響を及ぼすと考えられる相当な日を考慮する。

【解説・注釈】

・2006 年 IPCC ガイドラインにおける土地利用区分の概要を表 3-3 に示す。事業を実施する国における実際の土地利用区分については、その国の National Inventory Report（NIR）等から把握することが望ましい。

表 3-3　土地利用区分の概要

土地利用区分	概要
森林	各国が National Inventory Report にて定める森林の定義に該当する植生が見られる土地。皆伐等の影響で一時的に定義を満たさない土地も含む。
農地	森林の定義を満たさない土地であり、水田やアグロフォレストリーを含む耕作地。
草地	森林の定義を満たさない低木や草本系植物が占め、農地には該当しない植生が見られる土地。
湿地	森林・農地・草地・開発地に含まれず、恒常的にもしくは 1 年の大半が水に覆われている土地や泥炭採掘が行われている土地。
開発地	各国の定義に該当する開発された土地であり、交通インフラや都市等を含む。
その他の土地	森林・農地・草地・湿地・開発地に含まれない土地。

出典：2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4, Chapter 3

・土地利用変化に伴う温室効果ガス排出に影響を与える炭素プールとしては以下の 3 点が知られている。

1) 土壌炭素
2) 枯死有機物
3) 生体バイオマス

その中の 2) 枯死有機物について、森林からの土地転用は、そもそも温室効果ガス削減効果が十分に得られない可能性が高いため、本ガイドラインを適用する以前に、関連する知見を利用し温暖化対策としての意義を再検討すべきである。また、森林以外の土地利用では、顕著なストック量を持つ炭素プールではない。このため、枯死有機物の炭素プールについては考慮しない。

・土地利用変化に伴う温室効果ガス排出・吸収量は下式により算定する。

算定式

土地利用変化に伴う温室効果ガス排出・吸収量

$=\{(CS_A-CS_B)/20+(BS_A-BS_B)/T\}\times(44/12)$

CS_A：土地利用変化後の土地利用形態における土壌炭素ストック量

CS_B：土地利用変化前の土地利用形態における土壌炭素ストック量

BS_A：土地利用変化後の土地利用形態における生体バイオマス炭素ストック量

BS_B：土地利用変化前の土地利用形態における生体バイオマス炭素ストック量

T　：プロジェクト期間（設備の実耐用年数）

・土地利用変化に伴う土壌炭素ストック量は一般には 20 年間程度をかけて変化するとされており、2006 年 IPCC ガイドライン、EU RED II、英国の再生可能燃料義務（RTFO：The Renewable Transport Fuel Obligation）においても 20 年で均等配分する方式を採用している。

・土地利用変化に伴う生体バイオマス中の炭素ストックは、実際には土地利用変化が起きた時点で全て大気中へ CO_2 として排出される。そのため、土地利用変化に伴う生体バイオマス炭素ストック変化量はプロジェクト期間（設備の実耐用年数）で均等配分することとする。

参考：間接的土地利用変化

近年 EU を中心に、主に植物油等のバイオ燃料を対象とした間接的土地利用変化による温室効果ガスの排出が、国際的に注目を集めている。間接的土地利用変化は、バイオ燃料の原料となる資源作物の生産により、当該土地で従来生産されていた作物等が、別の土地で生産されるようになることに伴う土地転換のことを示す（図 3-1）。

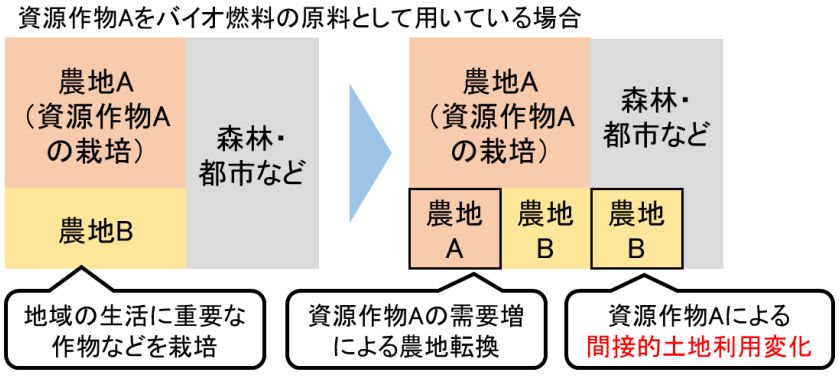


図 3-1　間接的土地利用変化の概要

EU RED II では、複数の資源作物について間接的土地利用変化による温室効果ガス排出量の代表的な値を設定している（表 3-4）。一方でこれら値は参考値としての位置づけであり、EU RED II におけるライフサイクル GHG 排出量に関する持続可能性基準では、間接的土地利用変化は算定対象外である。

表 3-4　EU RED II における間接的土地利用変化による温室効果ガス排出量（g-CO2eq/MJ）

資源作物	平均値	バラつき
穀物・澱粉含有作物	12	8–16
糖料作物	13	4–17
油糧作物	55	33-66

出典：Europe Commission「Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources」

なお、EU RED II 補足文書[3]では、資源作物ごとの 2008 年以降の年拡大栽培面積（表 3-5）を基にした間接的土地利用変化リスクに対する独自の評価手法を定め、「間接的土地利用変化リスクが高い」資源作物の燃料利用を 2030 年までに段階的にゼロとする方針を示している。なお、補足文書策定時点ではパーム油のみが「間接的土地利用変化リスクが高い作物」に位置づけられている。

[3] COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) of 13.3.2019 supplementing Directive (EU) 2018/2001 as regards the determination of high indirect land-use change-risk feedstock for which a significant expansion of the production area into land with high carbon stock is observed and the certification of low indirect landuse change-risk biofuels, bioliquids and biomass fuel

表 3-5　資源作物ごとの 2008 年以降における栽培面積の拡大状況

資源作物	2008 年以降の年平均拡大面積（kha）	2008 年以降の年平均拡大面積（%）	森林からの転用割合（%）	泥炭地等からの転用割合（%）
小麦	-263.4	-0.1	1.0	-
メイズ	4,027.5	2.3	4.0	-
サトウキビ	299.8	1.2	5.0	-
テンサイ	39.1	0.9	0.1	-
菜種	301.9	1.0	1.0	-
アブラヤシ	702.5	4.0	45.0	23.0
大豆	3,183.5	3.0	8.0	-
ひまわり	127.3	0.5	1.0	-

出典：Eurpope Commision「ANNEX to the COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) supplementing Directive (EU) 2018/2001 as regards the determination of high indirect land-use change-risk feedstock for which a significant expansion of the production area into land with high carbon stock is observed and the certification of low indirect land-use change-risk biofuels, bioliquids and biomass fuels」

2021 年 3 月時点では、この EU による独自の手法に基づいた間接的土地利用変化リスク評価が行われた事例はなく、評価手法自体についても EU 内で改善の検討が進められている段階であることから、間接的土地利用変化について信頼性のある評価を行うことは難しいと言える。そのため、改訂ガイドライン策定時点においては、間接的土地利用変化による温室効果ガス排出量は算定対象外とするものの、今後本論点に関する科学的知見が充実していくことで間接的土地利用変化について信頼足る評価が可能となった際には、事業者自らにより間接的土地利用変化による温室効果ガス排出量の評価を行うことが望ましい。

（２）栽培に伴う温室効果ガス排出量の取扱いについて

①算定対象

・栽培時に要した肥料、化石燃料や電力、熱等の投入について考慮しなければならない。

・資源作物の栽培に伴って水田を使用する場合や施肥、野焼きを行う場合には、以下の温室効果ガス排出量を考慮しなければならない。

1) 水田からのメタン（CH_4）の排出

2) 農地からのメタン（CH_4）及び一酸化二窒素（N_2O）の排出

3) 野焼きによるメタン（CH_4）および一酸化二窒素（N_2O）の排出

4) 石灰施用、尿素施用、有機質土壌の耕起による二酸化炭素（CO_2）の排出

・なお、「農地からの一酸化二窒素（N_2O）の排出」は、直接排出（肥料の施肥、作物残さのすき込み、農用地土壌からの排出）と間接排出（大気沈降、窒素溶脱）に大別されるが、このうち直接排出のみを算定の対象とする。

・資源作物の栽培には土壌中の炭素ストック変化も伴うものの、その算定に必要なデータを入手することは困難と思われるため、栽培に伴う土壌中の炭素ストック変化は考慮しないこととする。

②算定に用いるデータ

・水田土壌からのメタン（CH_4）の排出、農地からのメタン（CH_4）及び一酸化二窒素（N_2O）の排出、野焼きによるメタン（CH_4）及び一酸化二窒素（N_2O）の排出、石灰施用、尿素施用、有機質土壌の耕起による二酸化炭素（CO_2）の排出の算定に使用するデータの優先順位は以下のとおりとする。

1) 事業者自らが実際のデータを調査して使用

2) 事業対象となる国における National Inventory Report 等で報告されている国別のデータや FAO stat から把握できる国別の排出量データを使用

3) 2006 年 IPCC ガイドライン又は 2019 年改良 IPCC ガイドラインにて示されているデフォルト値データを使用

【解説・注釈】

1) 水田からのメタン（CH_4）の排出

・水田に水を張ると土壌が還元状態になり、嫌気性細菌の活動が活発化することで土壌中の有機物が分解されメタン（CH_4）が発生する。水田からのメタン（CH_4）の排出量の算定を行うにあたり、実際のデータが把握できない場合や国独自で整備されているデータベース等がない場合には、FAO stat「Rice Cultivation」から把握できる見かけの排出原単位（IEF : Implied Emission Factor）[gCH_4/m^2]に事業実施水田面積を乗じることで排出量を計算することができる。また、事業実施水田における湛水期間や有機物投入量が把握できる場合には 2006 年 IPCC ガイドライン Volume 4 Chapter 5「Cropland」P5.44 (5.5

Methane Emissions from Rice Cultivation）に記載されている算定式等を活用することができる。

算定式

水田からのメタン排出量［kg-CH_4］
＝ 年間水田作付面積［ha/year］×水田種別・地域種別の日排出原単位［g-CH_4/ha/day］
×年間栽培日数［day/year］×10^{-3}

2) 農地からのメタン（CH_4）及び一酸化二窒素（N_2O）の排出

・農地からの一酸化二窒素（N_2O）の排出は、肥料の施肥、作物残さのすき込み、農用地土壌からの排出等が生じ、有機質土壌の排水を伴う場合にはメタン（CH_4）も排出される。それらは以下の６種類の排出源に整理され、このうち、作物の栽培に直接関係しない「放牧家畜の排せつ物に伴う排出」を除いた５種類を算定対象とする。

2-1) 化学肥料の施肥に伴う排出
2-2) 有機質肥料の施肥に伴う排出
2-3) 作物残さのすき込みに伴う排出
2-4) 鉱質土壌（無機質土壌）における土壌中有機物の分解に伴う排出
2-5) 有機質土壌の耕起に伴う排出（※CH_4、N_2O 以外の CO_2 排出も含めて記載する）
2-6) 放牧家畜の排せつ物に伴う排出

2-1) 化学肥料の施肥に伴う排出

化学肥料とは、天然資源原料を化学的に加工して作った肥料を指す。窒素を含む化学肥料を農地に施肥することで土壌中に発生したアンモニウムイオン（NH_4^+）から、微生物の働きによって一酸化二窒素（N_2O）が発生する。

化学肥料の施肥に伴う一酸化二窒素（N_2O）の排出量の算定を行うにあたり、実際のデータが把握できない場合や国独自で整備されているデータベース等がない場合には、FAO stat「Synthetic Fertilizers」における国別の排出量データ[GgN_2O]を国土全体の農地面積[ha]で除することで得られる面積当たりの排出量[GgN_2O/ha]や 2006 年 IPCC ガイドライン Volume 4 Chapter 11「N_2O Emissions from Managed Soils, and CO_2 Emissions from Lime and Urea Application」P11.6（11.2.1 Direct N_2O emission）の算定式等を活用することができる。

2-2）有機質肥料の施肥に伴う排出

有機質肥料とは、家畜の排せつ物（堆肥等、副資材を含む）、なたね油粕といった生物起源の肥料を指す。一酸化二窒素（N_2O）の発生メカニズムは化学肥料と同様である。有機質肥料の施肥に伴う排出量の算定を行うにあたり、実際のデータが把握できない場合や国独自で整備されているデータベース等がない場合には、FAO stat「Manure applied to Soils」における国別の排出量データ[GgN_2O]を国土全体の農地面積[ha]で除することで得られる面積当たりの排出量[GgN_2O/ha]や 2006 年 IPCC ガイドライン Volume 4 Chapter 11「N_2O Emissions from Managed Soils, and CO_2 Emissions from Lime and Urea Application」P11.6（11.2.1 Direct N_2O emission）の算定式等を活用することができる。

2-3）作物残さのすき込みに伴う排出

作物残さのすき込みは、土壌管理や残さ処理のために実施される。すき込まれた作物残さに含まれていた窒素分により発生したアンモニウムイオン（NH_4^+）から、微生物の働きによって一酸化二窒素（N_2O）が発生する。農用地の土壌へのすき込みに伴う一酸化二窒素（N_2O）の算定を行うにあたり、実際のデータが把握できない場合や国独自で整備されているデータベース等がない場合には、FAO stat「Crop Residues」における国別の排出量データ[GgN_2O]を国土全体の農地面積[ha]で除することで得られる面積当たりの排出量[GgN_2O/ha]や 2006 年 IPCC ガイドライン Volume 4 Chapter 11「N_2O Emissions from Managed Soils, and CO_2 Emissions from Lime and Urea Application」P11.6（11.2.1 Direct N_2O emission）の算定式等を活用することができる。

2-4）鉱質土壌（無機質土壌）における土壌中有機物の分解に伴う排出

鉱質土壌（無機質土壌）において、耕起等の営農活動により土壌中の有機物が酸化や微生物の働きによって分解される。その際に炭素は二酸化炭素（CO_2）等の形で失われるが、有機物中の窒素は微生物により無機化され、アンモニウムイオン（NH_4^+）として土壌中に残存する。このアンモニウムイオン（NH_4^+）から、微生物の働きによって一酸化二窒素（N_2O）が発生する。

2006 年 IPCC ガイドライン Volume 4 Chapter 11「N_2O Emissions from Managed Soils, and CO_2 Emissions from Lime and Urea Application」P11.6（11.2.1 Direct N_2O emission）では当該排出に対する算定式が示されているが、その算定には土壌中の炭素ストック減少量を把握する必要がある。本ガイドラインにおいては、栽培に伴う土壌中の炭素ストック変化を考慮しないこととしているため、鉱質土壌（無機質土壌）における土壌中有機物の分解に伴う排出量についてはゼロとすることとする。なお、当該排出が生じていることが明らかな場合には、実際のデータを調査し評価することが望ましい。

2-5) 有機質土壌の耕起に伴う排出

有機質土壌において、耕起等の営農活動により土壌中の有機物が酸化や微生物の働きにより分解されると、有機物中の窒素はアンモニウムイオン（NH_4^+）として土壌中に残存する。このアンモニウムイオン（NH_4^+）から、微生物の働きによって一酸化二窒素（N_2O）が発生する。鉱質土壌における土壌中有機物の分解に伴う排出の算定を行うにあたり、実際のデータが把握できない場合や国独自で整備されているデータベース等がない場合には、FAO stat「Cultivation of Organic Soils」から把握できる見かけの排出原単位（kgN_2O-N/ha）に事業を実施する有機質土壌の面積を乗じることで排出量を計算することができる。また、2006 年 IPCC ガイドライン Volume 4 Chapter 11「N_2O Emissions from Managed Soils, and CO_2 Emissions from Lime and Urea Application」P11.6（11.2.1 Direct N_2O emission）の算定式等も活用することができる。

有機質土壌の耕起に伴い二酸化炭素（CO_2）排出も生じる。この二酸化炭素（CO_2）排出量の算定には、同 2006 年 IPCC ガイドライン Volume 4 Chapter 5「Cropland」P5.16「Organic soils」の算定方法を適用することができる。さらに、有機質土壌の排水を伴う場合にはメタン（CH_4）も発生する。この土壌排水に伴うメタン（CH_4）排出には、2013 湿地ガイドライン Chapter 2「Drained Inland Organic Soils」P2.21「Non-CO_2 emissions and removals from drained inland organic soils」の算定方法を活用することができる。

なお、事業を行う土地が有機質土壌に該当するかは、事業を行う国の土壌マップ等を用いて把握することが望ましい。

3) 野焼きによるメタン（CH_4）及び一酸化二窒素（N_2O）の排出

・農作物残さの野焼きは、土壌管理や害虫病の駆除のために実施される。作物残さを焼却する際の不完全燃焼により、メタン（CH_4）及び一酸化二窒素（N_2O）が大気中に放出される。資源作物の野焼きに伴うメタンガス、一酸化二窒素の排出量の算定を行うにあたり、実際のデータが把握できない場合や国独自で整備されているデータベース等がない場合には、FAO stat「Buring – Crop Residues」における国別の排出量データ[GgN_2O]を国土全体の農地面積[ha]で除することで得られる面積当たりの排出量[GgN_2O/ha]や 2006 年 IPCC ガイドライン Volume 4 Chapter 5「Cropland」P5.24（5.2.4 Non-CO_2 greenhouse gas emissions from biomass burning）の算定式等を活用することができる。

算定式

資源作物の残さの野焼きに伴うメタンの排出量［t-CH_4］

＝焼却面積［ha］×焼却量［t/ha］×燃焼係数［-］×排出原単位［g-CH_4/乾物 kg］×10^{-3}

資源作物の残さの野焼きに伴う一酸化二窒素の排出量［t-N_2O］

＝焼却面積［ha］×焼却量［t/ha］×燃焼係数［-］×排出原単位［g-N_2O/乾物 kg］×10^{-3}

・メタン（CH_4）及び一酸化二窒素（N_2O）の排出の排出原単位や燃焼係数には、2006 年 IPCC ガイドラインにて示されている、表 3-6、表 3-7 のデフォルト値を用いることができる。

表 3-6　資源作物の残さの野焼きに伴うメタン、一酸化二窒素排出原単位

	値	単位
CH_4	2.7	g-CH_4/乾物 kg
N_2O	0.07	g-N_2O/乾物 kg

出典：2006 年 IPCC ガイドライン Volume 4 Chapter 2「Generic Methodologies Applicable to Mu;tiple Land-Use Categories」P2.54 Table 2.5

表 3-7　資源作物の残さの野焼きに関する燃焼係数

作物	値
麦類	0.9
メイズ	0.8
稲	0.8
サトウキビ	0.8

出典：2006 年 IPCC ガイドライン Volume 4 Chapter 2「Generic Methodologies Applicable to Mu;tiple Land-Use Categories」P2.56 Table 2.6

4) 石灰及び尿素の施用による二酸化炭素（CO_2）の排出

・石灰肥料は、土壌の中和や作物に必要な成分の供給のため農地に施用される。また、尿素は必須の栄養素である窒素を作物に与えるために農地に施用される。これらの肥料を農地に施用することにより、二酸化炭素（CO_2）が発生する。石灰及び尿素の施用による二酸化炭素（CO_2）排出量は、事業実施農地における石灰及び尿素の投入量が把握できる場合、表 3-8 の排出原単位を用いることで把握することができる。

表 3-8　石灰及び尿素の施用に関する排出源単位

種類	排出原単位 [t-C/t]
石灰	0.12
ドロマイト	0.13
尿素	0.20

出典：2006 年 IPCC ガイドラインを基に作成

（３）活動量データの例について

・原料栽培や中間処理に関する活動量データを入手することが難しい場合は、表 3-9、表 3-10 に示すデータを参考にすることもできる。これらは、EU RED II にて設定されているライフサイクル GHG 排出量既定値の算定方法を示した JRC Science for policy report[4]、また同レポートで引用されている論文から抽出した数値である。なお、事業者は可能な限り自らが実際のデータを調査することが望ましい。

表 3-9　木質系バイオマスに関する活動量データの例

区分	工程	数量	単位	出典＜対象地域＞
ディーゼル使用量	丸太伐採	0.0107	$MJ/MJ_{woodchips}$	JRC（2017）（Berg and Lindholm 2005 等）＜スウェーデン＞
	切り株伐採・林地残材収集・チップ化	0.0120	$MJ/MJ_{woodchips}$	JRC（2017）（Lindholm et al.2010 等）＜スウェーデン＞
	ハーベスタ	5.76	L/ton	Roder et al.2015＜米国＞
	フォワーダ	4.97	L/ton	Roder et al.2015＜米国＞
	チップ化（ドラムチッパー)	1.85	L/ton	Roder et al.2015＜米国＞
	チップ化	0.00336	$MJ/MJ_{woodchips}$	JRC（2017）（Lindholm et al.2010 等）＜スウェーデン＞
電気消費量	ペレット化	0.05	$MJ/MJ_{woodpellets}$	JRC（2017）（Ryckmans 2012 等）＜全世界における 50 以上のペレット工場を代表する値＞
熱消費量		0.185	$MJ/MJ_{woodpellets}$	
ディーゼル消費量		0.002	$MJ/MJ_{woodpellets}$	

（注）ディーゼル使用量等について、木質チップの熱量当たりの値を示す。

（注）「バイオマスの低位発熱量あたり」の活動量について、事業で用いる輸入バイオマスの低位発熱量が把握できない場合には、バイオマスのデータベースである Phyllis 2（https://phyllis.nl/）等を活用することができる。

（注）出典の詳細は「７．参考文献」を参考のこと。

[4] JRC science for policy report「Definition of input data to assess GHG default emissions from biofuels in EU legislation」（2019 年）、「Solid and gaseous bioenergy pathways: input values and GHG emissions」（2017 年）

表 3-10　資源作物に関する活動量データの例

区分	工程	数量	単位	出典＜対象地域＞
苗木生産量	ひまわり栽培	0.00035	$kg/MJ_{sunflower\ seed}$	JRC（2019）（FAO stat 等）＜地域共通＞
	大豆栽培	0.00173	$kg/MJ_{soybean}$	JRC（2019）（FAO stat 等）＜EU＞
		0.00122	$kg/MJ_{soybean}$	JRC（2019）（Jungbluth et al.2007 等）＜ブラジル＞
		0.00157	$kg/MJ_{soybean}$	JRC（2019）（Hilbert et al.2010 等）＜アルゼンチン＞
		0.00118	$kg/MJ_{soybean}$	JRC（2019）（Pradhan et al.2011 等）＜米国＞
	パーム栽培	0.00033	$seed/kg_{FFB}$	Choo et al.2011＜マレーシア＞
	メイズ栽培	0.00050	kg/MJ_{maize}	JRC（2019）（FAO stat 等）＜EU＞
	菜種栽培	0.00036	$kg/MJ_{rapeseed}$	JRC（2019）（FAO stat 等）＜地域共通＞
P_2O_5施肥量	ひまわり栽培	0.00061	$kg/MJ_{sunflower\ seed}$	JRC（2019）（ADEME 2010 等）＜フランス＞
	大豆栽培	0.00040	$kg/MJ_{soybean}$	JRC（2019）（IFA 2013 等）＜EU＞
		0.00122	$kg/MJ_{soybean}$	JRC（2019）（IFA 2013 等）＜ブラジル＞
		0.00032	$kg/MJ_{soybean}$	JRC（2019）（IFA 2013 等）＜アルゼンチン＞
		0.00021	$kg/MJ_{soybean}$	JRC（2019）（IFA 2013 等）＜米国＞
	メイズ栽培	0.00030	kg/MJ_{maize}	JRC（2019）（IFA 2013 等）＜EU＞
K_2O 施肥量	ひまわり栽培	0.00046	$kg/MJ_{sunflower\ seed}$	JRC（2019）（IFA 2013 等）＜フランス＞
	大豆栽培	0.00057	$kg/MJ_{soybean}$	JRC（2019）（IFA 2013 等）＜EU＞
		0.00117	$kg/MJ_{soybean}$	JRC（2019）（IFA 2013 等）＜ブラジル＞
		0.000003	$kg/MJ_{soybean}$	JRC（2019）（IFA 2013 等）＜アルゼンチン＞
		0.00039	$kg/MJ_{soybean}$	JRC（2019）（IFA 2013 等）＜米国＞
	メイズ栽培	0.00030	kg/MJ_{maize}	JRC（2019）（IFA 2013 等）＜EU＞
$CaCO_3$施肥量	大豆栽培	0.00166	$kg/MJ_{soybean}$	JRC（2019）（JRC による計算）＜EU＞
		0.01000	$kg/MJ_{soybean}$	JRC（2019）（JRC による計算）＜ブラジル＞
		0.00771	$kg/MJ_{soybean}$	JRC（2019）（JRC による計算）＜アルゼンチン＞
		0.00453	$kg/MJ_{soybean}$	JRC（2019）（JRC による計算）＜米国＞
	パーム栽培	0.00000	kg/MJ_{FFB}	JRC（2019）（MPOB へのヒアリング結果）＜マレーシア＞
	メイズ栽培	0.00130	kg/MJ_{maize}	JRC（2019）（JRC による計算）＜EU＞
N_2施肥量	大豆栽培	0.00004	$kg/MJ_{soybean}$	JRC（2019）（GNOC モデル）＜EU＞
		0.00009	$kg/MJ_{soybean}$	JRC（2019）（IFA 2013 等）＜ブラジル＞
		0.00013	$kg/MJ_{soybean}$	JRC（2019）（IFA 2013 等）＜アルゼンチン＞
		0.00005	$kg/MJ_{soybean}$	JRC（2019）（GNOC モデル）＜米国＞
	パーム栽培	0.00032	kg/MJ_{FFB}	JRC（2019）（GNOC モデル）＜マレーシア＞
	メイズ栽培	0.00110	kg/MJ_{maize}	JRC（2019）（GNOC モデル）＜EU＞
EFB の堆肥化	パーム栽培	0.01420	kg/MJ_{FFB}	JRC（2019）（Schmid 2007 等）＜インドネシア・マレーシア＞
殺虫剤散布量	大豆栽培	0.00014	$kg/MJ_{soybean}$	JRC（2019）（CAPRI データ）＜EU＞
		0.00003	$kg/MJ_{soybean}$	JRC（2019）（Jungbluth et al.,2007 等）＜ブラジル＞
		0.00012	$kg/MJ_{soybean}$	JRC（2019）（Muzio et al.2009 等）＜アルゼンチン＞

区分	工程	数量	単位	出典＜対象地域＞
		0.00003	kg/$MJ_{soybean}$	JRC（2019）（Pradhan et al.2011 等）＜米国＞
	パーム栽培	0.00005	kg/MJ_{FFB}	JRC（2019）（Choo et al.2011 等）＜マレーシア＞
	メイズ栽培	0.00001	kg/MJ_{maize}	JRC（2019）（CAPRI データ）＜EU＞
ディーゼル消費量	大豆栽培	0.05802	MJ/$MJ_{soybean}$	JRC（2019）（CAPRI データ）＜EU＞
		0.02810	MJ/$MJ_{soybean}$	JRC（2019）（Pradhan et al.2011 等）＜ブラジル＞
		0.03130	MJ/$MJ_{soybean}$	JRC（2019）（Muzio et al.,2009 等）＜アルゼンチン＞
		0.02742	MJ/$MJ_{soybean}$	JRC（2019）（Pradhan et al.2011 等）＜米国＞
	パーム栽培	0.00537	MJ/MJ_{FFB}	JRC（2019）（Choo et al.2011 等）＜マレーシア＞
	メイズ栽培	0.03120	MJ/MJ_{maize}	JRC（2019）（CAPRI データ）＜EU＞
電力消費量	稲・麦ペレット化	0.02000	MJ/$MJ_{pellets}$	JRC（2017）（複数文献に基づく）＜EU＞
電力消費量	パーム油精製	0.00116	MJ/MJ_{oil}	JRC（2019）（Choo et al.2011 等）＜マレーシア＞
H_3PO_4 消費量		0.00002	kg/MJ_{oil}	
漂白土消費量		0.00025	kg/MJ_{oil}	
蒸気消費量		0.01160	MJ/MJ_{oil}	

（注）「バイオマスの低位発熱量あたり」の活動量について、事業で用いる輸入バイオマスの低位発熱量が把握できない場合には、バイオマスのデータベースである Phyllis 2（https://phyllis.nl/）等を活用することができる。

3.2　製造段階に関する留意事項

製造段階における活動量データの収集に当たっては、以下の点を考慮する。

（1）原料の貯蔵、中間処理に要した化石燃料や電力・熱等の投入を含むものとする。

（2）原則として、施設や設備の建設（建設資材製造、建設資機材輸送、設備建設)、保守・点検に係るプロセスを考慮するものとする。

（3）製造されたエネルギーの全量を施設内で利用している場合、仮想的に「生産したエネルギーを外部に供給するとともに、施設内で利用するエネルギーを外部から購入する」というシナリオを設定して、LCA を行ってよいこととする。

（4）本来的には全ての投入物の活動量に対して一次データを取得することが望ましいが、最低限、物理量（質量、発熱量等）又は経済価値（価格）が相当割合を占める活動量について一次データを取得し、温室効果ガス排出量を算出することを必須とする。

【解説・注釈】

・複数の機能を有する事業では、施設や設備の建設に係る温室効果ガス排出量が無視できない可能性があるため、これらの工程を考慮して LCA を実施することとした。

・施設や設備の建設に係るプロセスとしては、対象プロセスの機能に関する施設（ガス化施設、発電施設等）のみを考慮するものとし、例えば、環境学習施設等が併設されている場合、当該部分は考慮しない。環境学習施設等が併設されているが、施設全体の建設費・土木費しか入手できない等の場合には、延床面積等を基準とした配分を行ってもよいこととする。

・施設や設備の想定使用期間は、以下①～③のいずれかの方法で設定する。

①実績値（複数ある場合にはその平均値）から設定

②公的統計資料等に基づく平均的な使用年数を想定

③法定耐用年数を参考にして設定

・複数の機能を有する電事業において、生産電力の全量を施設内で利用している場合、システム境界外に出力されるエネルギーはゼロとなるため、厳密には「1MJ のエネルギー供給」を機能単位とした LCA は実施できない。しかしながら、同様の事業であっても生産電力を外部供給する場合には評価可能となる。その整合を図るため、本ガイドラインでは生産電力の全量を施設内利用している場合にあっても、仮想的に外部供給しているシナリオを設定してもよいこととした。

・上記（5）でいう「相当割合」とは、ライフサイクル全体に占める割合が５％以上であることを想定しているが、それ未満であっても温室効果ガス排出量に大きな影響を与えるおそれがある投入物については考慮する必要がある。

3.3　流通段階に関する留意事項

流通段階における活動量データの収集に当たっては、以下の点を考慮する。

・生産した電力を外部供給する場合、外部電源に接続するための付加的な施設や設備の整備については考慮する必要がある。なお、既存の施設や設備が活用可能な場合は、活用可能な範囲については考慮しなくてもよい。

・生産した熱や電気を既存の施設・設備により輸送・販売する場合には、それら既存の施設・設備については考慮しなくてよいが、付加的な施設や設備については考慮する必要がある。

【解説・注釈】

・既存の施設や設備についても何らかの配分等を行うことも考えられるが、それらのデータを入手することは容易ではないこと、既存インフラ部分の温室効果ガス排出量は全体として些少と考えられることから、付加的な整備部分についてのみ考慮すればよいこととした。

3.4　使用段階に関する留意事項

使用段階における活動量データの収集に当たっては、以下の点を考慮する

・バイオ燃料の燃焼による二酸化炭素（CO_2）排出はゼロとしてよい。ただし、二酸化炭素（CO_2）以外の温室効果ガスが発生する場合は考慮しなければならない。

・副原料等が燃焼する場合の温室効果ガス排出量は考慮しなければならない。

【解説・注釈】

・輸送設備の製造に関わる温室効果ガス排出量は考慮しなくてよい。

・混合燃料（E10、B5 等）について、混合したバイオエタノール、バイオディーゼル単位量あたりの効果を、代替される化石燃料由来の液体燃料と比較することを念頭においている。そのため、混合するガソリンや軽油の温室効果ガス排出量を考慮する必要はない。

・バイオ燃料の使用段階で考慮しなければならない温室効果ガス排出量としては、「バイオディーゼル製造時に用いる化石燃料起源のメタノール中の炭素分の燃焼による温室効果ガス排出量」等が挙げられる。

3.5　処分段階に関する留意事項

処分段階における活動量データの収集に当たっては、以下の点を考慮する。
・処分段階については状況に応じて考慮するものとする。

【解説・注釈】

・処分段階において考慮すべき例として、例えば余剰バイオガスをフレアスタック等により処分すること等が考えられる。その場合、バイオガスの燃焼に係る二酸化炭素（CO_2）排出量についてはカーボンニュートラルによりゼロとしてよいが、当該フレアスタック設備の建設等に関しては考慮する必要がある。
・また、バイオガスの製造に伴い発生する廃棄物の処理や排水処理については、製造段階で考慮するものとする。
・施設や設備の廃棄・処分プロセスについては、2.2 で前述した理由から、必ずしもシステム境界に含めなくてよい。

3.6　温室効果ガス排出削減活動に関する留意事項

事業者による以下のような自発的に行う追加的な活動によって、事業からの温室効果ガス排出量が削減できる場合、排出削減として排出量から差し引くことができる。

・農業管理手法の改善による温室効果ガス排出削減
・炭素回収・貯留による温室効果ガス排出削減（CCS：Carbon Capture and Storage）
・炭素回収・有効利用による温室効果ガス排出削減（CCU：Carbon Capture and Utilization）

【解説・注釈】

・温室効果ガス排出削減活動は、評価対象となる事業の中で実施される活動でなければならず、評価事業のシステム境界を超えた活動は対象外とする（例：評価事業を実施する事業者が別事業として行う炭素クレジットの購入や、CSR 活動として実施する森林保全活動等は、評価事業における温室効果ガス排出削減活動とはみなさない）。
・農業管理手法の改善による温室効果ガス排出削減については、事業開始以降に始まった取組でなければなければならない。
・農業管理手法の改善に関する具体的な活動例は以下のとおりである。
  1）原料栽培手法の改善（不耕起栽培の実施等）
  2）農業サイクルの改善や食物残さ管理手法の改善
  3）肥料や緑肥管理手法の改善
  4）土壌改良剤の使用（バイオ炭の施用等）
・温室効果ガス削減活動による排出量削減効果を評価する場合、削減量だけではなく、その活動を実施するために投入したエネルギー消費による温室効果ガス排出量等の付随的な排出活動も考慮しなければならない。
・炭素回収・有効利用による温室効果ガス排出削減については、回収された CO_2 を材料として製造した製品の LCA についても考慮し、従来の手法で作られる同製品の LCA をオリジナルプロセスに含めた温室効果ガス排出削減量を評価することが望ましい（図 3-2）。

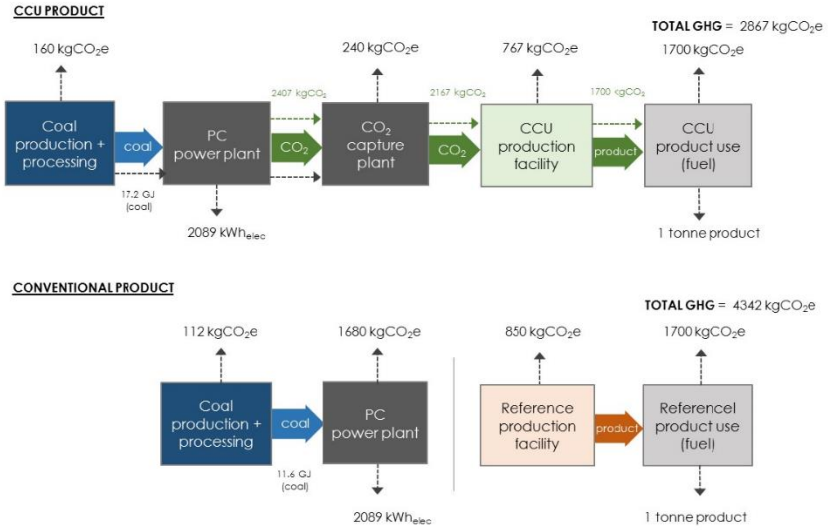


図 3-2　CCU を実施した場合における温室効果ガス排出削減効果の考え方

出典：IEA GREENHOUSE GAS R&D PROGRAMME「2018-TR01b Greenhouse Gas Emissions Accounting for CO2 Capture and Utilisation (CCU) Technologies」(2018 年)

・温室効果ガス排出削減効果の算定の実施にあたっては、以下に示すような算定手法を詳細に述べた既存のガイドラインを参照することが望ましい。

1) 農業管理手法の改善による温室効果ガス排出削減

・バイオ燃料の持続可能性に関する国際的な認証スキームである International Sustainability et Carbon Certification（ISCC）が作成したライフサイクル GHG 排出量算定マニュアル（ISCC「ISCC 205 Greenhouse gas emission version 3.0」(2016 年)）

・「バイオ炭の農地施用」等、日本の J-クレジット制度にて対象としている取組については、同制度が定めている方法論　等

2) 炭素回収・貯留による温室効果ガス排出削減

・ISCC 205 Greenhouse gas emission version 3.0

・国際エネルギー機関（IEA：International Energy Agency）による報告書「Review of GHG Accounting Rules for CCS」(2016 年)　等

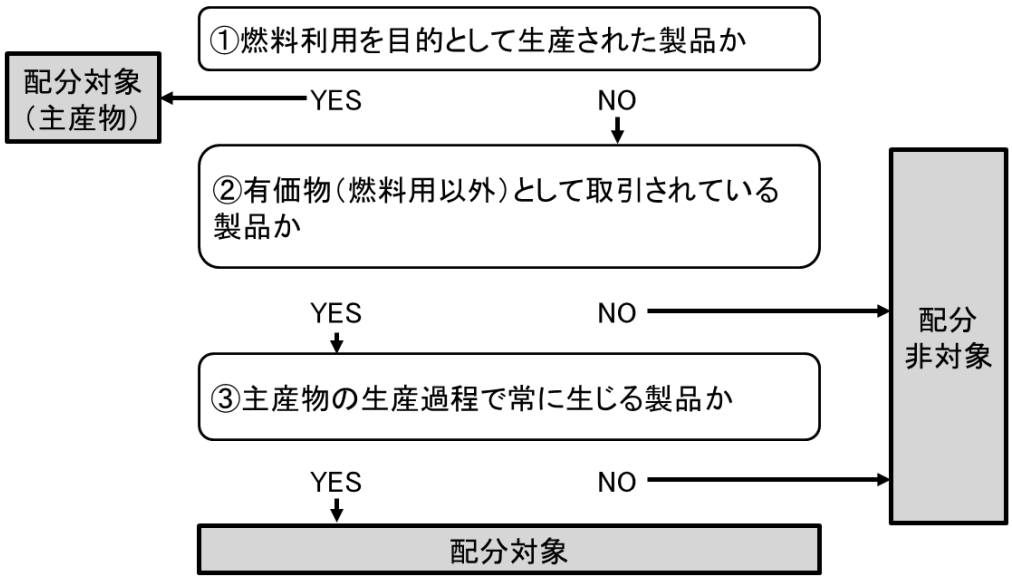
3) 炭素回収・有効利用による温室効果ガス排出削減

・IEA が作成した CCU に関するガイドライン「Greenhouse Gas Emission Acounting for CO_2 Capture and Utilisation (CCU) Technologies -Greenhouse Gas Accounting Guidelines for CCU」(2018 年)　等

3.7　配分（アロケーション）の方法に関する留意事項

・プロセスの細分化を図ることにより、配分を回避することを原則とする。配分はどうしても回避できないプロセスについてのみ行うものとする。

・2.1 で前述したとおり、「事業の主な機能を『発電』のみに特定できる輸入バイオマス発電事業」、「事業の主な機能を『燃料供給』のみに特定できる輸入バイオマス由来バイオ燃料製造事業」等については、エネルギー供給に関わるプロセスのみをシステム境界内として算定してよいこととしているが、特にパーム油等、資源作物を用いたバイオ燃料については、そのシステム境界内で発生する製品が多岐に渡ることから、それら製品の中での配分を行う対象については、図 3-3 に示すフローチャートにて「配分対象」となったものについて行うこととする。



（補足）「③主産物の生産過程で常に生じる製品か」が「Yes」となる例としては、パーム油の搾油時に生じる PKS 等がある。一方「No」となる例としては、食用ココナッツ油製造時に偶発的に生じる、低品質であり食用に用いることができないココナッツ油（燃料用）等がある。

図 3-3 配分対象の決定フローチャート

・この場合の「主産物とその他製品間の配分」においては、図 3-4 に示す手順で配分を行うこととする。

・以下、「事業の主な機能を『発電』のみに特定できる輸入バイオマス発電事業」、「事業の主な機能を『燃料供給』のみに特定できる輸入バイオマス由来バイオ燃料製造事業」における「主産物とその他製品間の配分」に関する配分の方法を示す。

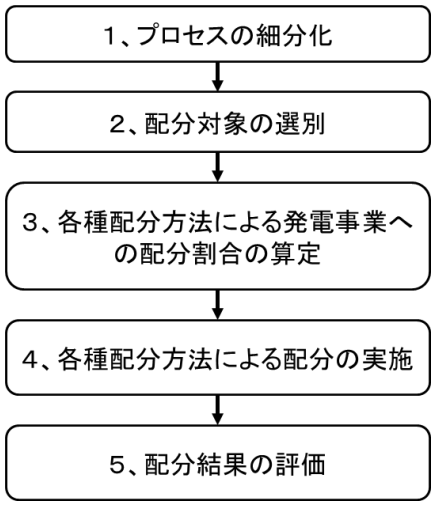


図 3-4　主産物とその他製品間の配分の手順
（事業の主な機能を「発電」のみに特定できる輸入バイオマス発電事業の場合）

【解説・注釈】

・配分（アロケーション）は原則として避けることが LCA の基本であり、分割できるプロセスは全て分割する。それでも原理的に分けられないものが発生した場合に限り配分を実施するものとする。

・輸入バイオマス利活用事業の場合、配分方法によって算定結果が比較的大きく変わる傾向にあるとともに、生成する製品によって適切な配分方法も異なるため、各種配分方法による配分を行い、その結果を評価することとした。

（１）プロセス細分化

配分対象となるプロセスを製品別に分かれるよう出来る限り細かな小プロセスに細分化して、これら小プロセスの活動量データを収集するよう努めなければならない。

（２）配分対象の選別

小プロセスへの配分が困難な場合には図 3-3 のフローチャートに基づき、配分対象を決定する。

例１）非食用の RBD パーム油発電事業例における配分対象

図 3-5 に示すような想定事業では、農園で栽培したパーム椰子を搾油・精製することで得られる RBD パーム油を発電用燃料として用いる。その過程で生じる PKS や EFB 等の残さや、搾油時に得られるパーム核油・パーム核粕等の利用形態、またその利用形態に基づいた配分対象の決定は表 3-11 のとおりである。

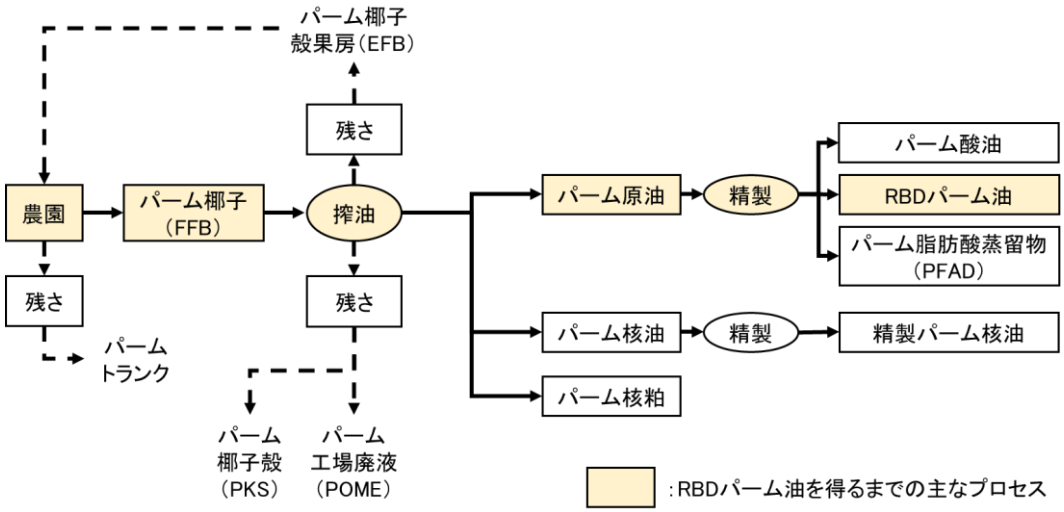


図 3-5 パーム油を用いた発電事業例

表 3-11　図 3-5 の事業例における配分対象

製品	本事業における利用形態	フローチャートのチェック項目			配分
		①	②	③	
パームトランク	燃料利用（ペレット化）	No	No	-	非対象
PKS	燃料利用（直接燃焼）	No	No	-	非対象
EFB	一部燃料利用（ペレット化）、一部肥料として農地に還元	No	No	-	非対象
POME	廃棄	No	No	-	非対象
パーム核油	化学製品の原料として利用	No	Yes	Yes	対象
パーム核粕	家畜用飼料として利用	No	Yes	Yes	対象
パーム酸油	廃棄	No	No	-	非対象
RBD パーム油	発電用燃料	Yes	-	-	主産物
PFAD	廃棄	No	No	-	非対象

①燃料利用を目的として生産された製品か、②有価物（燃料用以外）として取引されている製品か、③主産物の生産過程で常に生じる製品か

例２）PKS 発電事業例における配分対象

PKS は主産物ではないため、それらが発生するパーム椰子の搾油後に生じるプロセスを考慮する。しかし、搾油後のプロセスで生じる他の製品はないことから、配分対象となるその他製品は存在しない（図 3-6）。

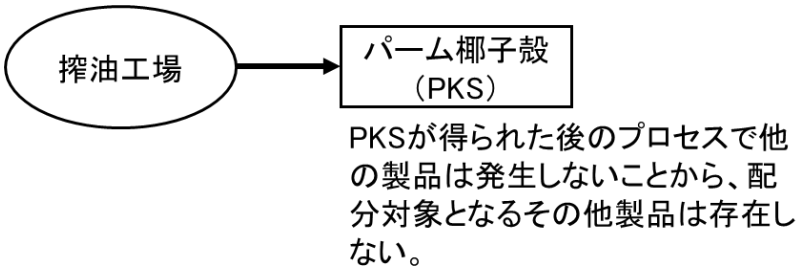


図 3-6　PKS を用いた発電事業例

例３）木質系バイオマス事業例におけるフローチャートの活用

木質系バイオマス等では、原料によっては主産物として利用されるものと主産物以外として利用されるものがあり、事業で利用するバイオマスが主産物であるかどうかの判断にも同フローチャートを活用することができる。木質系バイオマスの事例においては、主産物かどうかによって、植林・保育、伐採プロセスの扱いが変わってくることから、表 3-12 のとおり同フローチャートより植林・保育、伐採プロセスをシステム境界内に含めるのかどうか判断することも可能である。

・パターンA：育林・保育のために行われた間伐によって発生したものであり、従来山林に切り捨てられていた木質系バイオマス

・パターンB：バイオマス発電への活用を目的として伐採された木質系バイオマス

・パターンC：製紙用を目的として伐採された木材のうち、品質の問題から製紙用には利用できず、発電用にのみ活用できる木質系バイオマス

表 3-12　木質バイオマス事業例におけるフローチャートの活用

	フローチャートのチェック項目			植林・保育、伐採プロセスの扱い
	①	②	③	
パターンA	No	No	-	主産物ではないことからシステム境界外
パターンB	Yes	-	-	主産物であるためシステム境界内
パターンC	No	No	-	主産物ではないことからシステム境界外

①燃料利用を目的として生産された製品か、②有価物（燃料用以外）として取引されている製品か、③主産物の生産過程で常に生じる製品か

（3）各種配分方法による発電プロセスへの配分割合の算定

配分割合の算定にあたっては、以下の５種類の配分方法について全て算定することが望ましい。

①全量割当

②代替法

③重量按分法

④熱量按分法

⑤市場価値按分法

【解説・注釈】

・バイオマス発電の配分では、その配分方法によって算定結果上の大きな差異が生じることが多く予想されるため、５種類の配分方法の全てについて検討することを基本とした。

・全量割当は本来的には配分とは言えないが、配分実施前の算定値を認識することも必要と考えられることから、あえて一つの配分手法と位置付けることとした。

・各種配分方法の特徴と算定方法を表 3-13 に示す。

表 3-13　各種配分方法の特徴と算定方法

方法	特徴	配分方法	配分割合の算定方法
全量割当	事業者の恣意性が入りにくいが、実際の排出量よりも大きく評価される恐れがある。	分離できないプロセスは全て発電のためのプロセスとみなす。	全ての温室効果ガス排出量を発電プロセスの温室効果ガス排出量とする。
代替法	他製品と同等の製品を個別に製造する際の温室効果ガス排出量が既知の場合に有効。ただし、他製品の生成量が大きな場合には誤差が生じやすい（そのような場合には適用すべきではない)。	他製品と同等の製品を個別に製造する際の温室効果ガス排出量を、主産物と他製品の両者を含む温室効果ガス排出量全体から差し引く。	全温室効果ガス排出量から他製品と同等の製品を個別に製造する際の温室効果ガス排出量を差し引いたものを発電プロセスの温室効果ガス排出量とする。
重量按分法	算定方法は単純だが、他の方法と比較して説得力や妥当性に欠ける。	主産物および他製品の重量比による。	製造される主産物と他製品の重量比によって本プロセスから発生する温室効果ガス排出量を配分する。
熱量按分法	他製品がエネルギー源である場合には有用。ただし、マテリアル利用されるものである場合にはあまり意味をなさなくなる。	主産物および他製品の熱量比による。	製造される主産物と他製品の熱量比によって本プロセスから発生する温室効果ガス排出量を配分する。
市場価値按分法	市場価値は様々な外的要因によって変化しうるため、一貫性のある評価は困難。	主産物および他製品の市場価値比による。	製造される主産物と他製品の市場価値比によって本プロセスから発生する温室効果ガス排出量を配分する。なお、将来の市場価値を想定する場合には想定根拠を示す必要がある。

・各種配分方法における配分方法の算定例を表 3-14 に示す。

表 3-14　各種配分方法における配分割合の算定例（バイオエタノール）

配分方法	配分過程			バイオエタノールへの配分割合
	製品	換算データ等	配分量	
全量割当	バイオエタノール	-	-	100%
	他製品	-	-	
代替法	バイオエタノール	（主産物、他製品の両者を含む温室効果ガス排出量全体：40,000t-CO2）－（他製品と同等の製品を個別に製造する際の温室効果ガス排出量：500t-CO2）	39,500tCO_2	98.8%
	他製品	他製品と同等の製品を個別に製造する際の温室効果ガス排出量：500t-CO2	500tCO_2	
重量按分法	バイオエタノール	0.789t/kL	20,000t	57.1%
	他製品	-	15,000t	
熱量按分法	バイオエタノール	21.2GJ/kL	537,399GJ	68.8%
	他製品	16.3GJ/dry-t	244,500GJ	
市場価値按分法	バイオエタノール	120 円/L	30.4 億円	91.6%
	他製品	18,900 円/t	2.8 億円	

（４）各種配分方法による配分の実施

配分の実施にあたっては、（３）で算定した配分割合に応じて配分する。

【解説・注釈】

・各種配分方法における配分実施結果例を表 3-15 に示す。

表 3-15　各種配分方法による配分実施結果例

段階	配分手法別の温室効果ガス排出量（$kgCO_2/GJ$）				
	全量割当	代替法	重量按分法	熱量按分法	市場価値按分法
原料調達	5.0	4.9	2.9	3.4	4.6
製造	20.0	19.8	11.4	13.8	18.3
流通	10.0	9.9	5.7	6.9	9.2
使用	30.0	29.6	17.1	20.6	27.5
処分	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
合計	75.0	74.1	42.8	51.6	68.7

（５）配分結果の評価

・各種配分方法における算定結果を示し、感度分析を実施することが望ましい。

・各種配分方法における算定結果、感度分析の結果を踏まえ、出来る限り合理的に説明できる配分方法を採用する。

【解説・注釈】

・感度分析を実施することで、算定結果に対する各プロセスの影響度合いを評価する必要がある。ここで示す感度分析とは、原料調達、製造、流通、使用の各プロセスにおいて配分を実施した際の変動幅が合計の温室効果ガス排出量にどの程度影響しているかを確認するものである。

・各種配分方法による算定結果を示すことが求められる。図 3-7 に例を示す。

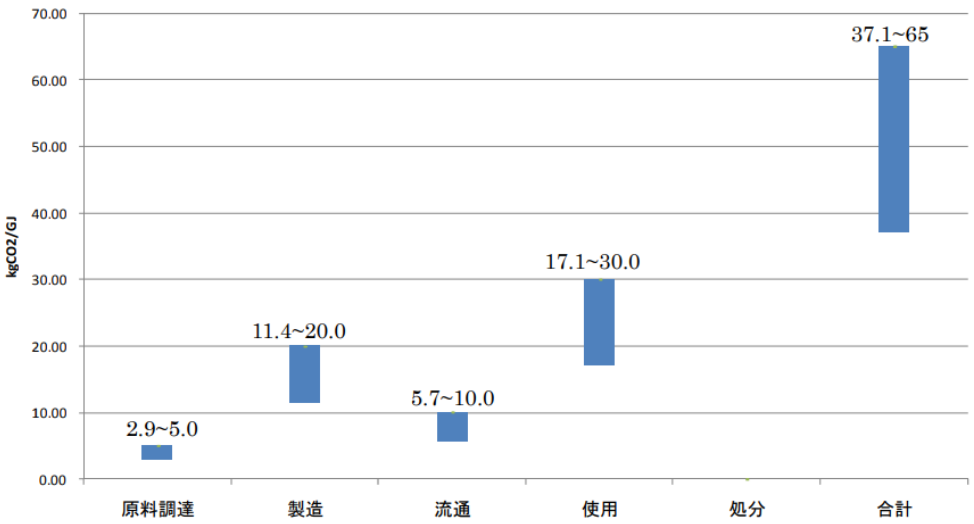


図 3-7　各配分方法による感度分析結果例

4. 温室効果ガス排出原単位データの収集が困難な場合に関する留意事項

・設定したプロセスに適した原単位が収集できない場合は、必要としている原単位に最も近似していると考えられる原単位で代替してもよい。

【解説・注釈】

・設定したプロセスによっては、原単位データの収集が困難であるため、その場合は必要としている原単位に近い原単位を設定してよいこととした。ただし、その場合は、感度分析の実施によりインベントリ分析結果に与える影響を評価しておくことが望ましい。なお、収集すべき活動量データの単位（重量、価格等）は、入手可能な原単位データの単位にも影響されるため、最終的な活動量データ、原単位データの選定にあたっては、双方のデータの精度を高めるように配慮しなければならない。

・輸入バイオマスによっては、LCA に関する科学的知見が十分ではなく、近似する原単位データの収集についても困難であることが想定される。その場合は利用する輸入バイオマスに最も類似していると考えられる作物の排出原単位で代替してもよいこととした。この「最も類似していると考えられる作物」については、例えば、以下のような考え方を用いることができる。

例１）苗木栽培に係る排出原単位における「類似する作物」の考え方の例

例えば、苗木生産にかかる排出原単位は同じイネ科植物では近い値を示す一方で、異なる科であるテンサイとは大きく値が異なる（表 4-1）。

表 4-1　苗木生産にかかる排出原単位の違い［gCO_2eq/kg］

作物種	大麦	メイズ	ライ麦	小麦	テンサイ
排出原単位	310.6	310.6	312.1	283.9	3,651.7

出典：JRC Science for policy report「Definition of input data to assess GHG default emissions from biosuels in EU legislation Version 1d」(2019 年) Table 44

例２）土壌中からの N_2O 排出に係る排出源単位

2019 年改良 IPCC ガイドラインでは、農地からの直接 N_2O 排出量の計算に用いる排出原単位を Wet と Dry の２つの気候区分で設定している（表 4-2)。

表 4-2　気候条件によって排出原単位が異なる例

	区分	値	下限値～上限値
化学肥料の施肥における土壌中有機物の分解に関する排出原単位 [kgN_2O-N/kgN]	Wet climates	0.016	0.013～0.019
	Dry Climates	0.005	0.000～0.011

出典：2019 年改良 IPCC ガイドライン、Volume 4、Chapter 11、Table 11.1

例３）中間処理方法による「類似する作物」の考え方の例

輸入バイオマスの中間処理方法は用いるその種類によって異なり、例えば、国内での利用が想定されるバイオマスの中間処理方法は表 4-3 のように分類される。

表 4-3　国内での利用が想定されるバイオマスを対象とした中間処理方法の分類例

処理方法	処理方法が該当するバイオマスの種類
精製・搾油	植物油等 （例：パーム油、大豆油、脱炭酸 PAO 等）
ペレット化	果房を含む木質系バイオマス、草本系バイオマス等 （例：木質ペレット、EFB、稲わらペレット等）
チップ化	木質系バイオマス等 （例：木質チップ等）
加工処理を必要とせず直接燃焼するもの	椰子殻を含む果実殻等 （例：未利用ココナッツ、ベンコワン種子、くるみ殻等）

・輸入バイオマス利活用事業を対象とした LCA において使用頻度が高い LCI データの例を表 4-4、4-5 に示す。ここで示すデータは、表 3-8、表 3-9 と同様に EU RED II にて設定されているライフサイクル GHG 排出量既定値の算定方法を示した JRC Science for policy report、また同レポートで引用されている論文から抽出した値に加え、EU RED II における既定値、また IDEA v2.3 での IDEA 製品コードを示している。

表 4-4　輸入バイオマス事業を対象とした LCA において使用頻度が高い LCI データー覧

工程			数量	単位	出典＜対象地域＞
大区分	中区分	小区分			
原料調達段階	陸上輸送におけるディーゼル消費	40t トラック、復路：空荷	0.81	MJ/tkm	JRC（2019）（EMEP/EEA 等）＜地域共通＞
			0.0034	gCH_4/tkm	
			0.0015	gN_2O/tkm	
		12t トラック、復路：空荷	2.24	MJ/tkm	JRC（2019）（Lastauto Omnibus Katalog 等）＜地域共通＞
			0.002	gCH_4/tkm	
			0.0015	gN_2O/tkm	
	海上輸送船舶	バルク運搬船			IDEA v2.3：451200105「その他バルク運搬船輸送サービス,＜8 万 DWT」、451200106「その他バルク運搬船輸送サービス,＞8 万 DWT」
		コンテナ船			IDEA v2.3：451200107「コンテナ船輸送サービス，＜4000TEU」、451200108「コンテナ船輸送サービス,＞4000TEU」
	電力消費	公共電力			IDEA v2.3：332001015~332142015（各国の公共電力使用に係る排出係数）
	燃料のライフサイクル GHG 排出量	ディーゼル	95.1	$gCO_2eq/MJ_{final\ fuel}$	JRC（2019）（EU での設定値）＜地域共通＞
		ガソリン	93.3	$gCO_2eq/MJ_{final\ fuel}$	
		HFO	94.2	$gCO_2eq/MJ_{final\ fuel}$	JRC（2019）（WELL-TO-TANK Report Version 4a）＜地域共通＞

（注）出典の詳細は「7．参考文献」を参考のこと

表 4-5　資源作物を用いた事業を対象とした LCA において使用頻度が高い LCI データー覧

工程			数量	単位	出典＜対象地域＞
大区分	中区分	小区分			
原料調達段階	苗木生産	パーム栽培	0.0500	$kgCO_2eq/seedling$	Choo et al.,2011＜マレーシア＞
		菜種栽培	0.7565	$kgCO_2eq/kg$	JRC（2019）（Kaltschmitt, 1997 等）＜地域共通＞
		ひまわり栽培	0.7565	$kgCO_2eq/kg$	
		メイズ栽培	0.3106	$kgCO_2eq/kg$	
	肥料製造	P_2O_5 製造	0.5417	$kgCO_2eq/kg$	JRC（2019）（Fertilizer Europe 等）＜地域共通＞
		K_2O 製造	0.4167	$kgCO_2eq/kg$	
		$CaCO_3$ 製造	0.0391	$kgCO_2eq/kg$	JRC（2019）（モデル計算等）＜地域共通＞
		N_2 製造	4.5719	$kgCO_2eq/kg$	JRC（2019）（JRC による計算）＜地域共通＞
	土壌酸性化の中和処理	大豆栽培	0.44534	$gCO_2eq/MJ_{soybean}$	JRC（2019）（JRC による計算）＜EU＞
			4.30911	$gCO_2eq/MJ_{soybean}$	JRC（2019）（JRC による計算）＜ブラジル＞
			3.39811	$gCO_2eq/MJ_{soybean}$	JRC（2019）（JRC による計算）＜アルゼンチン＞
			1.56184	$gCO_2eq/MJ_{soybean}$	JRC（2019）（JRC による計算）＜米国＞
	搾油	パーム搾油（CH_4 回収有）	3.8	gCO_2eq/MJ	EU RED II における既定値（EU RED II ANNEX V）＜マレーシア＞
		パーム搾油（CH_4 回収無）	21.8	gCO_2eq/MJ	
		菜種搾油	3.1	gCO_2eq/MJ	EU RED II における既定値（EU RED II ANNEX V）＜EU＞
		ひまわり搾油	3.0	gCO_2eq/MJ	
		大豆搾油	3.4	gCO_2eq/MJ	
	搾油以外の燃料加工	菜種油加工	0.6	gCO_2eq/MJ	EU RED II における既定値（EU RED II ANNEX V）＜EU＞
		ひまわり油加工	0.8	gCO_2eq/MJ	
		大豆油加工	0.8	gCO_2eq/MJ	

（注）出典の詳細は「7．参考文献」を参考のこと

５．温室効果ガス排出量の評価に関する留意事項

5.1　感度分析の実施に関する留意事項

感度分析では、データの妥当性や算定結果の信頼性を評価することを目的として、LCAで採用した活動量データや原単位データをある範囲で変動させたり、配分手法等を変更したりすることにより、温室効果ガス排出量の算定結果にどの程度の影響を及ぼすか、それが許容範囲であるかどうかを検討する。

5.2　温室効果ガス排出削減効果の評価に関する留意事項

・温室効果ガス排出削減効果を表す場合は、以下のいずれかの方法で算定する。

①排出削減量＝オリジナルプロセスの排出量－対象プロセスの排出量

②排出削減率＝（オリジナルプロセスの排出量－対象プロセスの排出量）
÷オリジナルプロセスの排出量　×100(%)

・温室ガス排出削減効果を製品カタログやホームページ等に表示する場合は、想定した「機能単位」、「システム境界」、「オリジナルプロセス」、「想定寿命（想定使用年数）」を付記しなければならない。また、製造されたバイオガスを燃料として得られるエネルギーの全量を所内で利用している場合等、仮想的に「生産したエネルギーを所外に供給するとともに、所内で利用するエネルギーを外部から購入する」というシナリオを採用した場合には、その旨を付記することとする。

６．レビューの実施に関する留意事項

LCA 実施者は、自らの所属団体で内部レビューを実施する。レビュー実施者はチェックリスト等を基にレビューを行い、結果の適切性、妥当性等を評価する。

【解説・注釈】

・レビューはデータの選択や結果等が LCA 実施主体にとって過度に有利でないかどうかを確認し、LCA の結果を客観的に評価し信頼性を高める手続きとして位置づける。

・ここでいうレビューとは、ISO14040/14044 への準拠を確認するものではなく、本ガイドラインの算定基準との整合性を取ることを目的とする。

・ISO14040 では、本ガイドラインにおける「対象プロセス」と「オリジナルプロセス」のように、異なる製品間の比較主張を行う場合、利害関係者によるレビューを実施しなければならないこととされているが、本ガイドラインでは「事業者にとっての作業負担」を考慮し、内部レビューでよいこととした。ただし、算定結果の適切性や妥当性等に疑義がある場合や、内部レビューのみでは不十分と考えられる場合には、外部レビューを行うことが望ましい。

・内部レビューを行うにあたっては、次頁に示すようなチェックリストを用いて行うことが求められる。

表 6-1　内部レビューにおけるチェックシート（例）

		レビュー年月日	○○年○月○日	
		レビュー実施者	○○○○	
章	タイトル	項目		Check
2	LCA の基本的な考え方に関する留意事項	1. LCA を実施する当該事業と LCA の実施目的が明確か？		□
		2. 機能単位の設定は適切か？		□
		3. システム境界内に建設段階が含まれているか？		□
		4. 実態に応じて、船舶による海上輸送における復路便が考慮されているか？		□
		5. 当該事業実施の主目的の一つに廃棄物処理がある場合、オリジナルプロセスがシステム拡張されているか？		□
		6. 事業実施後、事業者がバイオマス資源を調達する森林における生体バイオマス炭素ストック量が中長期的に減少しないか？		□
3	活動量データの収集・設定に関する留意事項	1. 生産したエネルギーのうち施設内で消費されるエネルギー量と外部に供給される量をそれぞれ把握しているか？		□
				□
		2. 輸入バイオガス関連事業では、オリジナルプロセスにおいて、メタン発酵に伴う堆肥製造量の減少分を差し引いているか？		□
		3. 製造段階の排水処理は、処分段階ではなく製造段階に含まれているか？		□
4	温室効果ガス排出原単位データの収集・設定	1. 設定したプロセスに適切な排出原単位が使用されているか？		□
		2. 排出原単位使用の優先順位が守られているか？		□
		3. 排出原単位は最新のものが使用されているか？		□
		4, 電力の原単位は、利用している電力事業者が公表している原単位が使用されているか？		□
		5. 電力の原単位は、基礎排出係数が使用されているか？		□
5	温室効果ガス排出量の評価	1. 温室効果ガス排出量の算定は適切に行われているか？		□
		2. 感度分析は適切に行われているか？		□
		3. 温室効果ガス排出削減効果の評価は適切に行われているか？		□

7．参考文献

表 3-9、表 3-10、表 4-4、表 4-5 に記載した各種数値の出典の詳細は以下のとおりである。

- Direction de l'Agriculture et des Bioénergies dei l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie France (ADEME), 2010, Direction Production et Energies Durables (DEPD), Life Cycle Assessments Applied to First Generation Biofuels Used in France, Final report, February 2010 and Appendix to final report, December 2009.
- Berg, S., Lindholm, E. L., 2005, 'Energy use and environmental impacts of forest operations in Sweden', Journal of Cleaner production, (13) 33–42.
- CAPRI database <https://www.capri-model.org/dokuwiki/doku.php?>
- Choo, Y. M., Muhamad, H., Hashim, Z., Subramaniam, V., Puah, C. W., Tan, Y., 2011, 'Determination of GHG contributions by subsystem in the oil palm supply chain using the LCA Approach', Int J. Life Cycle Assess, (16) 669-681.
- EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook — 2013 - Technical report N12/2013 <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013>
- FAO stat <http://www.fao.org/faostat/en/>
- FEDIOL, 2013, Lifecycle assessment of EU oilseed crushing and vegetable oil refining', May 2013.
- Fertilizer Europe <https://www.fertilizerseurope.com/>
- Franke, B., Reinhardt, G., Malavelle, J. and Faaij, A. P. C., Fritsche, U., 2012, Global Assessments and Guidelines for Sustainable Liquid Biofuels. A GEF Targeted Research Project. Heidelberg/Paris/Utrecht/Darmstadt.
- Global Emissions Model for Integrated Systems (GEMIS) v.4.93 <http://iinas.org/gemis.html>
- Global Nitrous Oxide Calculator (GNOC) <https://gnoc.jrc.ec.europa.eu/>
- Hagberg, L., Särnholm, E., Gode, J., Ekvall, T. and Rydberg, T., 2009, LCA calculations on Swedish wood pellet production chains, IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd., Stockholm. Sweden.
- Hilbert, J. A., Donato, L. B., Muzio, J. and Huega, I., 2010, 'Comparative analysis of energy consumption and GHG emissions from the production of biodiesel from soybean under conventional and no-tillage farming systems', Communication to JRC and DG-TREN 09.09.2010. INTA document IIR-BC-INF-06-09 by Instituto Nacional de Technologia Agropecuaria (INTA).
- IMO, 2009. Buhaug, Ø., Corbett, J. J., Eyring, V., Endresen, Ø., Faber, J. et al., 2009, Second IMO GHG Study 2009, prepared for International Maritime Organization (IMO), London, UK, April 2009.
- Internalional Fertilizer Association (IFA) <https://www.fertilizer.org/>
- Jungbluth N., Chudacoff M., Dauriat A., Dinkel F., Doka G., Faist Emmenegger M., Gnansounou

E., Kljun N., Spielmann M., Stettler C. and Sutter J., 2007, Life Cycle Inventories of Bioenergy. Final report ecoinvent data v2.0 No. 17. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, CH.

- Kaltschmitt, M. and Reinhardt, G., 1997, Nachwachsende Energieträger: Grundlagen, Verfahren, ökologische Bilanzierung; Vieweg 1997; ISBN 3-528-06778-0.
- Lastauto Omnibus Katalog, 2010.
- Lindholm, E.-L., Berg, S. and Hansson, P.-A., 2010, 'Energy efficiency and the environmental impact of harvesting stumps and logging residues', Eur. J. Forest Res., (129) 1223–1235.
- Muzio, J., Hilbert, J.A., Donato, L. B., Arena, P., Allende, D., 2009, 'Argentina's Technical Comments based on information provided by Directorate-General for Energy and Transport on biodiesel from soybean'. INTA document IIR-BC-INF-14-08, by Instituto Nacional de Technologia Agropecuaria (02/04/09).
- Pradhan, A., Shrestha, D.S., McAloon, A., Yee W., Haas, M., Duffield, J.A., 2011, 'Energy Life-cycle assessment of soybean biodiesel revisited', Transactions of the ASABE, 54(3) 1031-1039.
- Röder, M., Whittaker, C. and Thornley, P., 2015, 'How certain are greenhouse gas reductions from bioenergy? Life cycle assessment and uncertainty analysis of wood pellet-to-electricity supply chains from forest residues', Biomass and Bioenergy, 79 50-63.
- Schmidt, J. H., 2007, Life cycle assessment of rapeseed oil and palm oil. Part 3: Life cycle inventory of rapeseed oil and palm oil, Aalborg University.
- Umweltbundesamt (UBA), 1999, Kraus, K., Niklas, G., Tappe, M., 'Umweltbundesamt, Deutschland: Aktuelle Bewertung des Einsatzes von Rapsöl/RME im Vergleich zu DK; Texte 79/99', ISSN 0722-186X.
- JEC (Joint Research Centre-EUCAR-CONCAWE collaboration), Well-To-Tank Report Appendix 1-Version 4.a. Conversion factors and fuel properties. Well-To-Wheels Analysis of Future Automotive Fuels and Powertrains in the European Context, EUR 26237 EN, 2014.

参考資料：輸入バイオマス事業における温室効果ガス削減効果算定事例

１．対象とする再生可能エネルギー等導入事業

（１）対象事業とオリジナルプロセス

本資料で温室効果ガス削減効果の算定事例を提示する再生可能エネルギー等導入事業を、別表 1-1 に示す。なお、本算定事例に当たって、オリジナルプロセスの設定やそれによる削減率の算出をしているが、これらはあくまで一つの算定・比較方法の例示であることに留意が必要である。

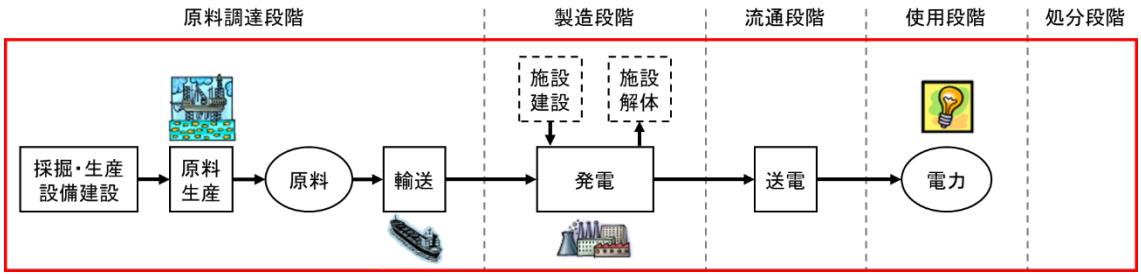
別表 1-1　本資料で対象とする再生可能エネルギー等導入事業

	対象事業	事業の概要
CASE 1	木質ペレットと資源作物から発生する残さを用いた混焼発電事業	異なる国から調達する木質ペレットとパーム椰子殻（PKS）を直接燃焼することで発電を行う。
CASE 2	パーム油を用いた発電･排熱回収発電事業	東南アジアから輸入するパーム精製油を直接燃焼することで発電を行い、同時に燃焼時に発生する排熱を回収することで、排熱回収発電も行う。
CASE 3	資源作物から発生する残さを用いた発電事業と炭素回収･貯留事業	東南アジアから調達する PKS を直接燃焼することで発電を行い、燃焼時に発生する二酸化炭素を炭素回収技術によって回収し、海底への貯留を行う。

上に示す３つの事例は、全て輸入バイオマスを用いた発電事業であることから、これら事業が実施されない場合には、輸入バイオマスの代わりに化石燃料等が発電の燃料として使用される。そのため、３つの事業事例に対するオリジナルプロセスとして、系統電力による電力製造をシステム境界に設定した。

（２）機能単位等の設定

オリジナルプロセスのプロセスフロー図を別図 1-1 に示す。システム境界には、本図のプロセスが全て含まれる。



別図 1-1　オリジナルプロセスのプロセスフロー

（３）プロセスデータの収集

以下にオリジナルプロセスの段階別プロセスデータを示す。

（ア）原料調達段階におけるプロセスデータ

原材料調達にかかるプロセスは製造段階の原単位に含まれるものとし、ここでは計上しないものとした。

（イ）製造段階におけるプロセスデータ

製造段階におけるプロセスデータを別表 1-2 に示す。既存 LCA 文献による発電所モデルケースのデータから、石炭火力発電所の活動量データを引用し、設備容量 100 万 kW、設備利用率 70%、使用年数は 40 年として算定を行った。

別表 1-2　製造段階におけるプロセスデータ

中区分	小区分	入力	数量	単位	情報源区分	備考
発電所建設・解体	発電所設備	鉄鋼（ボイラ）投入量	1.22E-05	kg/MJ	二次情報	財団法人電力中央研究所　Y06「日本における発電技術のﾗｲﾌｻｲｸﾙCO_2排出量総合評価」より石炭火力（国内炭・輸入炭）の数値を引用
		鉄鋼（タービン）投入量	1.31E-06	kg/MJ	二次情報	
		鉄鋼（給水復水）投入量	7.81E-07	kg/MJ	二次情報	
		鉄鋼（脱硫） 投入量	2.68E-06	kg/MJ	二次情報	
		鉄鋼（脱硝） 投入量	5.88E-07	kg/MJ	二次情報	
		鉄鋼（集塵） 投入量	1.75E-06	kg/MJ	二次情報	
		鉄鋼（電気） 投入量	4.42E-07	kg/MJ	二次情報	
		鉄鋼（機械その他） 投入量	5.12E-06	kg/MJ	二次情報	
	発電所建設	鉄鋼（土木） 投入量	3.10E-05	kg/MJ	二次情報	財団法人電力中央研究所　Y06「日本における発電技術のﾗｲﾌｻｲｸﾙCO_2排出量総合評価」より石炭火力（国内炭・輸入炭）の数値を引用
		コンクリート 投入量	1.46E-07	m^3//MJ	二次情報	
		軽油 燃焼量	6.61E-06	L/MJ	二次情報	熱量は温対法により換算
		A重油 燃焼量	4.33E-07	L/MJ	二次情報	熱量は温対法により換算
	発電所解体	解体作業（施設面積）	3.14E-07	m^2/MJ	二次情報	1,000MW相当、常陸那珂共同火力発電所2号機における活動量データより引用
発電	電力の製造	発電量	1.02E-01	kWh/MJ	二次情報	省エネ法により1kWh＝9.76MJで換算
	廃棄物の発生・処分	金属くず 発生・処分量	5.59E-05	kg/MJ	二次情報	建設時投入量と同量とする
		コンクリート 発生・処分量	3.36E-04	kg/MJ	二次情報	建設時投入量と同量とする
	廃棄物輸送	金属くず・コンクリート 輸送距離	5.60E-05	km/MJ	二次情報	建設時投入量と同量とする

（ウ）流通段階におけるプロセスデータ

流通段階に属するプロセスデータはない。

（エ）使用段階におけるプロセスデータ

使用段階に属するプロセスデータはない。

（オ）処分段階におけるプロセスデータ

流通段階と同様、実質的な処分段階におけるプロセスはない。

（４）オリジナルプロセスの LCA 算定結果

オリジナルプロセスの LCA 算定結果を別表 1-3 に示す。本オリジナルプロセスで発生する温室効果ガスは全て製造段階で生じることから、原料調達段階、流通段階、使用段階、処分段階に占める割合は 0.0%となっている。

別表 1-3　オリジナルプロセスの LCA 算定結果（一次エネルギー換算 1MJ あたり）

	工程	原料調達段階	製造段階	流通段階	使用段階	処分段階	合計
温室効果ガス(CO_2換算)※	排出量 (kg/MJ)	0.00E+00	4.75E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.75E-02
	割合	－	100.0%	－	－	－	100.0%

２．CASE 1：木質ペレットと資源作物から発生する残さを用いた混焼発電事業

（１）対象事業の概要

本事例は、東南アジアで生産された木質ペレットと、パーム油生産の際に生じる残さであるパームやし殻（PKS：Palm Kernel Shell）を輸入し、これらを燃料として直接燃焼発電を行う事業である。

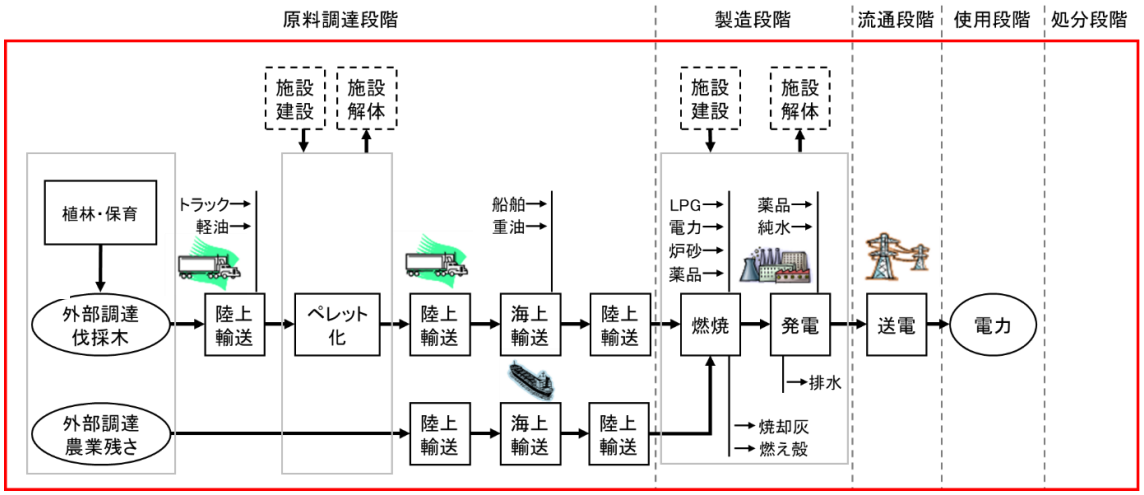
（２）機能単位等の設定

①機能単位の設定

本事業の機能単位は、「一次エネルギー換算 1MJ あたりのエネルギー生産」と設定した。

②対象プロセスのプロセスフローとシステム境界

対象プロセスのプロセスフローを別図 2-1 に示す。システム境界には、本図のプロセスが全て含まれる。本ガイドラインの考え方に沿って、プロセスフローの区分は、原料調達段階と製造段階、流通段階、使用段階、処分段階の５段階とした。



別図 2-1　対象プロセスのプロセスフロー

（３）プロセスデータの収集

①対象プロセスのプロセスデータ

以下に対象プロセスの段階別プロセスデータを示す。

（ア）原料調達段階におけるプロセスデータ

原料調達段階におけるプロセスデータを別表 2-1 に示す。

伐採時の燃料消費量は事業者データが得られなかったため、既往文献から引用した。

事象者へのヒアリングに基づき、別表 2-2 に示した通り、各輸送工程における往路・復路の積荷実態を踏まえて復路分の排出量の算定要否を判断した。なお、往路については、いずれの輸送工程も本事業における原料や燃料を積載率 100%で輸送していることから、輸送に係る全排出量を計上した。

別表 2-1　原料調達段階におけるプロセスデータ

中区分	小区分	入力	数量	単位	情報源区分	備考
木質ペレット						
栽培工程	肥料製造・使用	肥料消費量	9.96E-06	kg/MJ	自社データ	N=30%, P_2O_5=20%, K_2O=15%, S=15%
	伐採	伐採時のディーゼル消費量	1.27E-02	MJ-fuel/MJ	既往文献	-
輸送工程	原料輸送	輸送距離（伐採場所～ペレット工場）	1.23E-08	km/MJ	自社データ	平均値
加工工程	ペレット工場建設・解体	ペレット工場建設費用	8.22E-02	円/MJ	自社データ	耐用年数 10 年
		施設面積	4.93E-06	m^2/MJ	自社データ	-
	ペレット加工	電力消費量	4.81E-03	kWh//MJ	自社データ	-
		潤滑油①消費量	1.48E-06	kg//MJ	自社データ	-
		潤滑油②消費量	7.40E-06	L//MJ	自社データ	-
		ディーゼル消費量	3.70E-05	L//MJ	自社データ	-
	燃料保管場所建設・解体	燃料貯蔵施設建設費用	1.64E-03	円/MJ	自社データ	耐用年数 15 年
		解体作業（施設面積）	1.64E-07	m^2/MJ	自社データ	-
	燃料保管場所運営	電力消費量	6.17E-08	kWh/MJ	自社データ	-
輸送工程	燃料輸送	輸送距離（ペレット工場～港）	1.48E-08	km/MJ	自社データ	-
		海上輸送距離	6.09E-07	km/MJ	自社データ	-
		輸送距離（港～発電所）	2.63E-09	km/MJ	自社データ	-
PKS						

加工工程	ストックヤード建設・解体	ストックヤード建設費用	6.85E-02	円/MJ	自社データ	概算値
		解体作業（施設面積）	1.07E-06	m^2/MJ	自社データ	-
	ストックヤード運営	輸送機器燃料（ディーゼル）消費量	1.49E-04	L/MJ	自社データ	-
輸送工程	燃料輸送	輸送距離（発生地点～ストックヤード）	1.23E-08	km/MJ	自社データ	-
		海上輸送距離	8.22E-07	km/MJ	自社データ	-
		輸送距離（港～発電所）	1.51E-08	km/MJ	自社データ	-

別表 2-2　輸送の実態に基づく復路の取扱い

輸送の種類・行程	往路・復路の積荷の実態 （事業者ヒアリングに基づく）	本試算での復路の取扱い
木質ペレット		
伐採場所～ペレット工場	トラック輸送（30t トラック） 往路は積載率 100%、復路は空荷	積載率 0%の場合の排出原単位を用いて算定・計上
ペレット工場～港	トラック輸送（40t トラック） 往路は積載率 100%、復路は空荷	積載率 0%の場合の排出原単位を用いて算定・計上
海上輸送	載貨重量 19,000DWT 往路は木質ペレット、復路は鋼材/セメントを輸送 積載率は往復ともほぼ 100%	復路は別事業の物資輸送に用いられているため、算定・計上せず
港～発電所	トラック輸送（20t トラック） 往路は積載率 100%、復路は空荷	積載率 0%の場合の排出原単位を用いて算定・計上
PKS		
発生地点～ストックヤード	トラック輸送（20t トラック） 往路は積載率 100%、復路は空荷	積載率 0%の場合の排出原単位を用いて算定・計上
海上輸送	載貨重量 13,000DWT 往路は PKS、復路は鋼材/セメントを輸送 積載率は往復ともほぼ 100%	復路は別事業の物資輸送に用いられているため、算定・計上せず
港～発電所	トラック輸送（10t トラック） 往路は積載率 100%、復路は空荷	積載率 0%の場合の排出原単位を用いて算定・計上

（イ）製造段階におけるプロセスデータ

製造段階におけるプロセスデータを別表 2-3 に示す。

別表2-3　製造段階におけるプロセスデータ

中区分	小区分	入力	数量	単位	情報源区分	備考
施設建設・解体	発電所設備整備	燃料設備費用	2.36E-01	円/MJ	自社データ	耐用年数 15 年
		マハテン設備費用	1.65E-01	円/MJ	自社データ	耐用年数 15 年
		ボイラ設備費用	1.67E+00	円/MJ	自社データ	耐用年数 15 年
		タービン設備費用	1.21E+00	円/MJ	自社データ	耐用年数 15 年
		ユーティリティ設備費用	6.40E-02	円/MJ	自社データ	耐用年数 15 年
		荷役設備費用	6.96E-02	円/MJ	自社データ	耐用年数 15 年

		電気・発電機設備費用	2.58E-01	円/MJ	自社データ	耐用年数 15 年
	施設建設	タービン建屋費用	7.75E-02	円/MJ	自社データ	耐用年数 20 年
		ユーティリティ関連建屋費用	9.62E-02	円/MJ	自社データ	耐用年数 13 年
		燃料置き場・倉庫費用	3.98E-01	円/MJ	自社データ	耐用年数 13 年
	解体	解体作業（発電所施設床面積）	1.15E-06	m^2/MJ	自社データ	耐用年数 13 年
		解体作業（燃料倉庫施設床面積）	2.67E-06	m^2/MJ	自社データ	耐用年数 13 年
燃焼工程	資材投入	外部電力使用量	3.84E-04	kWh/MJ	自社データ	-
		工場用水使用量	7.58E-06	m^3/MJ	自社データ	-
		上水使用量	1.05E-07	m^3/MJ	自社データ	-
		炉砂 投入量	4.93E-04	kg/MJ	自社データ	-
		塩酸 投入量	3.29E-06	kg/MJ	自社データ	-
		苛性ソーダ 投入量	2.47E-06	kg/MJ	自社データ	-
		清缶剤 投入量	6.58E-09	kg/MJ	自社データ	-
		脱酸剤 投入量	9.87E-09	kg/MJ	自社データ	-
		pH調整剤 投入量	1.69E-07	kg/MJ	自社データ	-
		亜硫酸ソーダ 投入量	8.22E-09	kg/MJ	自社データ	-
	資材輸送	炉砂 輸送距離	4.93E-09	km/MJ	自社データ	-
		塩酸 輸送距離	9.21E-09	km/MJ	自社データ	-
		苛性ソーダ 輸送距離	9.21E-09	km/MJ	自社データ	-
		清缶剤 輸送距離	1.76E-08	km/MJ	自社データ	-
		脱酸剤 輸送距離	1.76E-08	km/MJ	自社データ	-
		pH調整剤 輸送距離	1.76E-08	km/MJ	自社データ	-
		亜硫酸ソーダ 輸送距離	1.76E-08	km/MJ	自社データ	-
	廃棄物の発生・処分	燃焼灰（飛灰）発生・処分量	7.70E-07	t/MJ	自社データ	-
		燃焼灰（炉底灰）発生・処分量	8.44E-07	t/MJ	自社データ	-
		燃え殻発生・処分量	3.99E-08	t/MJ	自社データ	-
	廃棄物の輸送	燃焼灰（飛灰）輸送距離	6.58E-11	km/MJ	自社データ	-
		燃焼灰（炉底灰）輸送距離	6.58E-11	km/MJ	自社データ	-
		燃え殻 輸送距離	9.87E-09	km/MJ	自社データ	-

	その他管理等	メンテナンス	1.28E-01	円/MJ	自社データ	-

（ウ）流通段階におけるプロセスデータ

流通段階に属するプロセスはない。

（エ）使用段階におけるプロセスデータ

使用段階に属するプロセスはない。

（オ）処分段階におけるプロセスデータ

処分段階に属するプロセスはない。

（４）LCA の結果の評価

①対象プロセスの LCA 算定結果

対象プロセスの LCA 算定結果を別表 2-4 に示す。GHG 排出量（CO_2 換算）でみると、原料調達段階が全体の 65.6%を占めた。

別表 2-4　対象プロセスの LCA 算定結果（一次エネルギー換算 1MJ あたり）

	工程	原材料調達段階	製造段階	流通段階	使用段階	処分段階	合計
GHG（CO_2 換算）	排出量（kg/MJ）	8.07E-03	4.24E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.23E-02
	割合	65.6%	34.4%	－	－	－	100%

②温室効果ガス排出削減効果の算定結果

本事業による GHG 排出量の削減率は 74.1%となった。

（５）感度分析の実施

全体のライフサイクル CO_2 排出量に与える影響が最も大きい工程として、原料調達段階のうちペレット加工が挙げられた。これを踏まえ、以下に示すとおり、ペレット加工に係る消費電力を全て再生可能エネルギーで賄うシナリオ（シナリオ１）を設定した。また、燃料の木質ペレットと PKS の混焼率を変化させるシナリオ（シナリオ２）を設定し、「全て木質ペレットとした場合」（ケース１）、「全て PKS とした場合」（ケース２）、「木質ペレットと PKS を半量ずつとした場合」（ケース３）の３ケースについて感度分析を実施した。

感度分析の結果を以下に示す（別表 2-5）。

○シナリオ１：温室効果ガス排出量（CO_2換算）が標準ケースと比較し 35.7%減少し、オリジナルプロセスからの削減率は 83.3%となった。

標準ケース：対象プロセス（輸入元の国における系統電力の排出係数を使用）

○シナリオ２：燃料の混焼率（重量ベース）を変動させる

標準ケース：対象プロセス

ケース１（木質ペレット 100%）：温室効果ガス排出量（CO_2換算）が標準ケースと比較し 48.8%増加し、オリジナルプロセスからの削減率は 61.4%となった。

ケース２（PKS100%）：温室効果ガス排出量（CO_2換算）が標準ケースと比較し 44.1%減少し、オリジナルプロセスからの削減率は 85.5%となった。

ケース３（木質ペレット 50%、PKS50%）：温室効果ガス排出量（CO_2換算）が標準ケースと比較し 2.3%増加し、オリジナルプロセスからの削減率は 73.5%となった。

別表2-5　対象プロセスの感度分析結果

区分	標準ケース	シナリオ１：ペレット加工に係る消費電力を再エネとした場合	シナリオ２：発電における燃料の混焼率（重量ベース）を変動させた場合		
			ケース１	ケース２	ケース３
シナリオの概要	－	ペレット加工に再エネ電力を使用	木質ペレット 100%	PKS 100%	木質ペレット 50%、PKS 50%
温室効果ガス排出量（$kgCO_2e/MJ$）	1.23E-02	7.92E-03	1.83E-02	6.89E-03	1.26E-02
増減割合	－	-35.7%	48.8%	-44.1%	2.3%
オリジナルプロセスからの削減効果	74.1%	83.3%	61.4%	85.5%	73.5%

３．CASE 2：パーム油を用いた発電事業

（１）対象事業の概要

本事例は、東南アジアで栽培されたアブラヤシを原料にしたパーム油を輸入し、直接燃焼発電を行うと同時に、燃焼時に発生する排熱を回収し排熱回収発電も行う事業である。東南アジアでのパーム油の調達は現地会社が担っており、国内事業者はパーム油が日本の港へ到着後のプロセスへ主に関与している。なお、本事業で使用しているパーム油はすべて持続可能性認証である Roundtable on Sustainable Palm Oil（RSPO）認証を取得した認証油である。さらには、加工プロセスに要するエネルギーの 80%以上を農業残さ等の再生可能エネルギーで賄い、搾油時に発生するパーム工場廃液（POME: Palm Oil Mill Effluent）の一部を再利用する等、当該事業で用いるパーム油は、多くの環境に配慮した取組の下で生産されている。

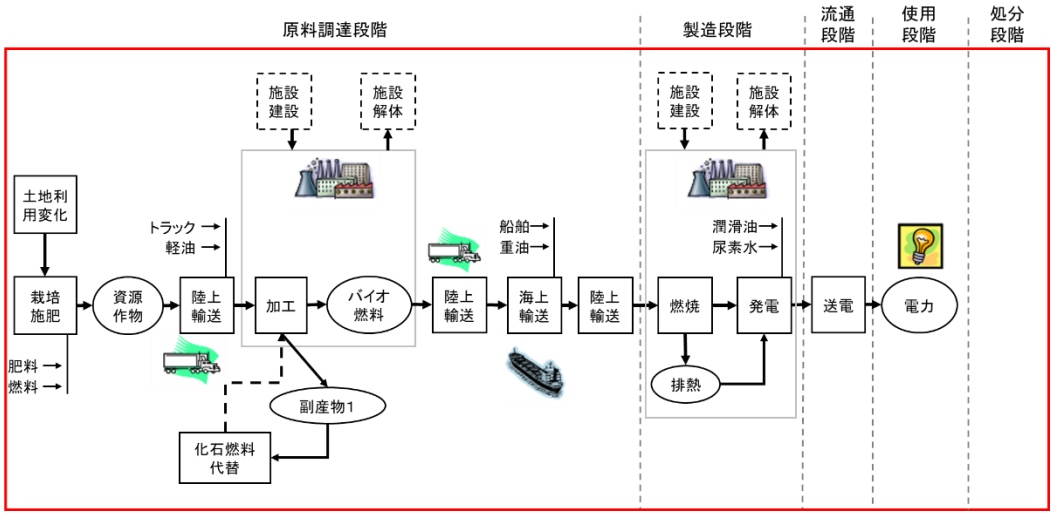
（２）機能単位等の設定

①機能単位の設定

本事業の機能単位は、「一次エネルギー換算 1MJ あたりのエネルギー生産」と設定した。

②対象プロセスのプロセスフローとシステム境界

対象プロセスのプロセスフローを別図 3-1 に示す。システム境界には、本図のプロセスが全て含まれる。プロセスフローの区分は、本ガイドラインの考え方に沿って、「原料調達段階」、「製造段階」、「流通段階」、「使用段階」、「処分段階」の５段階とした。



別図 3-1　対象プロセスのプロセスフロー

（３）プロセスデータの収集

①対象プロセスのプロセスデータ

以下に対象プロセスの段階別プロセスデータを示す。

（ア）原料調達段階におけるプロセスデータ

原料調達段階におけるプロセスデータを別表 3-1 に示す。

本事業で用いるパーム油については生産国における複数の農園から調達を行っていることから、同事業で用いているパーム油のみを対象とした、栽培時における肥料施肥量等、LCA の算定に必要な細かい活動量を把握することが困難であった。そのため、本試算ではパーム油の調達を担当する現地法人が作成する活動報告書を基に、パーム油生産国内で発生する排出源からの温室効果ガス排出量の推計を行った。なお、本事業で使用するパーム油は RSPO 認証油であることから土地利用変化は生じていないとした。

本試算においては、事業者へのヒアリングに基づき、重量按分法を用いて搾油時に発生するパーム油とパーム核油の間で温室効果ガス排出量を配分した（パーム油：パーム核油＝22:5）。

事象者へのヒアリングに基づき、別表 3-2 に示した通り、各輸送工程における往路・復路の積荷実態を踏まえて復路分の排出量の算定要否を判断した。

別表 3-1　原料調達段階におけるプロセスデータ

中区分	小区分	入力	数量	単位	情報源区分	備考
栽培工程	原料栽培	農業機械からの排出量	7.05E-06	$kgCO_2eq/MJ$	推計値	現地法人が作成する活動報告書より推計
		農薬に係る排出量	3.91E-03	$kgCO_2eq/MJ$	推計値	
加工工程	原料加工	発電に係る排出量	9.88E-04	$kgCO_2eq/MJ$	推計値	現地法人が作成する活動報告書より推計
		ボイラからの排出量	4.70E-03	$kgCO_2eq/MJ$	推計値	
		重機器の使用に係る排出量	2.71E-04	$kgCO_2eq/MJ$	推計値	
		その他機器の使用に係る排出量	2.82E-05	$kgCO_2eq/MJ$	推計値	
		購入電力に係る排出量	1.72E-03	$kgCO_2eq/MJ$	推計値	
		購入蒸気に係る排出量	1.37E-04	$kgCO_2eq/MJ$	推計値	
		POME 処理に係る排出量	2.19E-02	$kgCO_2eq/MJ$	推計値	
輸送工程	燃料輸送	国外輸送時における排出量（農園～港）	4.40E-04	$kgCO_2eq/MJ$	推計値	現地法人が作成する活動報告書より推計
		輸送距離	2.32E-06	km/MJ	二次データ	自社データを基に PortWorld ツールより計算
		輸送距離（港～発電所）	1.82E-08	km/MJ	自社データ	

別表3-2　輸送の実態に基づく復路の取扱い

輸送の種類・行程	往路・復路の積荷の実態 （事業者ヒアリングに基づく）	本試算での復路の取扱い
パーム油調達国内で発生する輸送	輸送実態については不明	現地法人が作成する活動報告書を基に輸送に係る排出量を推計
海上輸送	コンテナ船（2,546TEU または 4,578TEU） 往路：パーム油を載せたコンテナは積載率 100%、同コンテナ船に積まれているその他コンテナの状態は不明 復路：パーム油の運搬に使用したコンテナは積載率 0%、同コンテナ船に積まれているその他コンテナの状態は不明	パーム油を運んだコンテナの有無にかかわらずコンテナ船による輸送が行われると考えられるため、算定・計上せず
港～発電所	トラック輸送（最大積載量 13.1t トラック） 往路は積載率 100%、復路は空荷	国土交通省「自動車燃費一覧」（2020 年）の燃費を用いて算定・計上

（イ）製造段階におけるプロセスデータ

製造段階におけるプロセスデータを別表 3-3 に示す。

別表 3-3　製造段階におけるプロセスデータ

中区分	小区分	入力	数量	単位	情報源区分	備考
施設建設・解体	発電所設備	エンジン費用	2.35E-02	円/MJ	自社データ	使用期間：35年
		排熱回収発電費用	8.15E-03	円/MJ	自社データ	使用期間：35年
	発電所建設	発電所建設費用	3.45E-02	円/MJ	自社データ	各種装置を含む値 耐用年数：40年
	発電所施設解体	解体作業（施設面積）	3.04E-08	m^2/MJ	自社データ	
燃焼工程	資材投入	潤滑油 投入量	4.36E-08	t/MJ	自社データ	
		尿素水 投入量	1.62E-06	t/MJ	自社データ	
	資材輸送	潤滑油 輸送距離	1.71E-08	km/MJ	自社データ	
		尿素水 輸送距離	1.71E-08	km/MJ	自社データ	
	その他管理等	メンテナンス費用	1.49E-01	円/MJ	自社データ	

（ウ）流通段階におけるプロセスデータ

流通段階におけるプロセスデータを別表 3-4 に示す。

別表 3-4　流通段階におけるプロセスデータ

中区分	小区分	入力	数量	単位	情報源区分	備考
送電	送電設備建設	送電鉄塔建設費用	5.46E-04	円/MJ	自社データ	

（エ）使用段階におけるプロセスデータ

使用段階に属するプロセスはない。

（オ）処分段階におけるプロセスデータ

処分段階に属するプロセスはない。

（４）LCA の結果の評価

①対象プロセスの LCA 算定結果

対象プロセスの LCA 算定結果を別表 3-5 に示す。GHG 排出量（CO_2換算）でみると、原料調達段階が全体の 91.97%を占め、次いで製造段階が 8.02%となった。

別表 3-5　対象プロセスの LCA 算定結果（一次エネルギー換算 1MJ あたり）

	工程	原材料調達段階	製造段階	流通段階	使用段階	処分段階	合計
GHG（CO_2 換算）	排出量（kg/MJ）	3.85E-02	3.36E-03	1.79E-06	0.00E+00	0.00E+00	4.19E-02
	割合	91.97%	8.02%	0.00%	－	－	100%

②温室効果ガス削減効果の算定結果

本事業による GHG 排出量の削減率は 11.9%となった。

（５）感度分析の実施

対象プロセスにおける全体のライフサイクル CO_2 排出量に与える影響が最も大きい工程は、原料調達段階の「POME 処理に係る排出量」であることが明らかとなった。本事業において東南アジアでパーム油の調達を行っている現地法人は、POME 再利用率を 2030 年までに 40%まで向上させることを目標にしていることから、POME 再利用率 40%目標を達成した場合のシナリオ（シナリオ１）を設定し、感度分析を実施した。また配分を重量按分ではなく熱量按分で行うシナリオ（シナリオ２）、市場価値で按分を行うシナリオ（シナリオ３）についても感度分析を実施した。

感度分析の結果を以下に示す（別表 3-6）。

○シナリオ１

温室効果ガス排出量（CO_2 換算）が標準ケースと比較し、16.21%減少した。

○シナリオ２

温室効果ガス排出量（CO_2 換算）が標準ケースと比較し、0.01%増加した。

○シナリオ３

温室効果ガス排出量（CO_2 換算）が標準ケースと比較し、3.21%減少した。

別表 3-6　対象プロセスの感度分析結果

区分	標準ケース	シナリオ１	シナリオ２	シナリオ３
シナリオ概要	－	POME 再利用率が 40%	配分方法に熱量按分法を適用 1)	配分方法に市場価値按分法を適用 2)
温室効果ガス排出量（$kgCO_2eq/MJ$）	4.19E-02	3.51E-02	4.19E-02	4.05E-02
増減割合	－	-16.2%	0.01%	-3.21%
オリジナルプロセスからの削減効果	11.9%	26.2%	11.9%	14.7%

1) CPO の低位発熱量を 37.02 MJ/kg（自社データ）、PKO の低位発熱量を EU RED II より 37 MJ/kg として按分した。

2) Malaysian Palm Oil Board が公表している 2019 年の CPO と PKO の平均価格を基に按分した。

４．CASE 3：資源作物から発生する残さを用いた発電事業と炭素回収・貯留事業

（１）対象事業の概要

本事業は、東南アジアから調達する PKS を直接燃焼することで発電を行い、燃焼時に発生する CO_2 を炭素回収技術によって回収し、海底への貯留（CCS）を行うものである。対象プロセスとしては PKS の直接燃焼による電力製造とし、CCS については、本ガイドラインの考え方に従い、対象プロセスにおける温室効果ガス排出削減活動として考慮した。

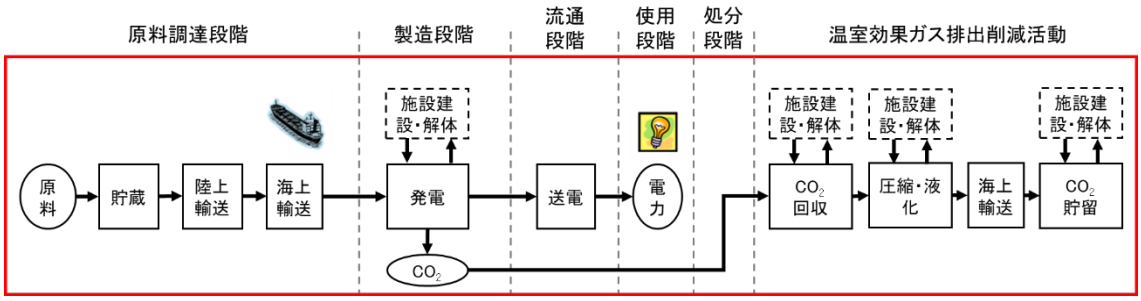
（２）機能単位等の設定

①機能単位の設定

本事業の機能単位は、「一次エネルギー換算 1MJ あたりのエネルギー生産」と設定した。

②対象プロセスのプロセスフローとシステム境界

対象プロセスのプロセスフローを別図 4-1 に示す。システム境界には、本図のプロセスが全て含まれる。プロセスフローの区分は、「原料調達段階」、「製造段階」、「流通段階」、「使用段階」、「処分段階」、「温室効果ガス排出削減活動」の６段階とした。



別図 4-1　対象プロセスのプロセスフロー

（３）プロセスデータの収集

①対象プロセスのプロセスデータ

以下に対象プロセスの段階別プロセスデータを示す。

（ア）原料調達段階におけるプロセスデータ

原料調達段階におけるプロセスデータを別表 4-1 に示す。

事象者へのヒアリングに基づき、別表 4-2 に示した通り、各輸送工程における往路・復路の積荷実態を踏まえて復路分の排出量の算定要否を判断した。

別表 4-1　原料調達段階におけるプロセスデータ

中区分	小区分	入力	数量	単位	情報源区分	備考
輸送工程	燃料輸送	輸送距離（搾油工場～ストックヤード）	6.46E-10	km/MJ	自社データ	バイオディーゼル使用
加工工程	燃料保管場所建設	ストックヤード建築費用	3.45E-04	円/MJ	自社データ	概算値、耐用年数30年
	燃料保管場所解体	解体作業（施設面積）	3.88E-07	m^2/MJ	自社データ	耐用年数30年
輸送工程	燃料輸送	輸送距離（ストックヤード～港）	3.88E-08	km/MJ	自社データ	
		海上輸送距離	1.81E-06	km/MJ	自社データ	
		輸送距離（港～発電所）	3.88E-10	km/MJ	自社データ	

別表4-2　輸送の実態に基づく復路の取扱い

輸送の種類・行程	往路・復路の積荷の実態 （事業者ヒアリングに基づく）	本試算での復路の取扱い
発生地点～ストックヤード、ストックヤード～港	トラック輸送（10t トラック） 燃料にバイオディーゼルを使用 往路は積載率 100%、復路は空荷	環境省「地球温暖化対策事業効果算定ガイドブック（C.輸送機器用）」よりバイオディーゼル燃料の燃費を設定し、算定・計上
海上輸送	10,000t 船舶 往路：PKS で 50~100%を占める。他の貨物も同時に運搬されることもある。 復路：日本出港時は積載率 0%、途中で貨物を載せ、最終的に積載率 50～100%になることが多い。	復路時に発生する温室効果ガス排出量の 75%は他の貨物の責任と考え、残りの 25%を PKS のシステム境界内とし、算定・計上
港～発電所	トラック輸送（10t トラック） 往路は積載率 100%、復路は空荷	積載率 0%の場合の排出原単位を用いて算定・計上

（イ）製造段階におけるプロセスデータ

製造段階におけるプロセスデータを別表 4-3 に示す。

別表 4-3　製造段階におけるプロセスデータ

中区分	小区分	入力	数量	単位	情報源区分	備考
施設建設・解体	発電所建設	発電所建設費用	1.72E-01	円/MJ	自社データ	各種装置を含む、耐用年数30年
	発電所施設解体	解体作業（施設面積）	5.60E-06	m^2/MJ	自社データ	耐用年数30年
燃焼工程	資材投入	工業用水 投入量	3.13E-04	m^3/MJ	自社データ	
		炉砂 投入量	1.42E-06	t/MJ	自社データ	
		塩酸 投入量	4.65E-05	kg/MJ	自社データ	
	資材輸送	炉砂 輸送距離	3.62E-08	km/MJ	自社データ	
		塩酸 輸送距離	3.88E-09	km/MJ	自社データ	
	廃棄物の発生・処分	焼却灰 発生・処分量	1.50E-06	t/MJ	自社データ	
		燃え殻 発生・処分量	1.42E-06	t/MJ	自社データ	
	廃棄物輸送	焼却灰・燃え殻 輸送距離	4.13E-08	km/MJ	自社データ	
	その他管理等	メンテナンス費用	6.46E-02	円/MJ	自社データ	

（ウ）流通段階におけるプロセスデータ

流通段階に属するプロセスはない。

（エ）使用段階におけるプロセスデータ

使用段階に属するプロセスはない。

（オ）処分段階におけるプロセスデータ

処分段階に属するプロセスはない。

（カ）温室効果ガス排出削減活動におけるプロセスデータ

温室効果ガス排出削減活動におけるプロセスデータを別表 4-4 に示す。

別表 4-4　温室効果ガス排出削減活動におけるプロセスデータ

中区分	小区分	入力	数量	単位	情報源区分	備考
温室効果ガス排出削減活動	吸収再生塔建設	鉄鋼（吸収塔・回収塔） 投入量	1.72E-09	t/MJ	自社データ	耐用年数30年
		鉄鋼（パイプその他） 投入量	4.31E-09	m^2/MJ	自社データ	耐用年数30年
		コンクリート 投入量	2.15E-03	m^3/MJ	自社データ	耐用年数30年
	吸収再生施設解体	解体作業（施設面積）	1.03E-06	m^2/MJ	自社データ	耐用年数30年
	資材投入	電力消費	2.67E-04	kWh/MJ	自社データ	
		MEA 投入量	1.79E-04	kg/MJ	自社データ	
		NaOH 投入量	7.23E-05	kg/MJ	自社データ	
	資材輸送	MEA 輸送距離	3.10E-07	km/MJ	自社データ	
		NaOH 輸送距離	3.88E-09	km/MJ	自社データ	
	廃棄物の発生・処分	MEA 廃棄物 発生・処分量	2.26E-04	kg/MJ	自社データ	
	廃棄物輸送	廃棄物 輸送距離	4.13E-08	km/MJ	自社データ	
	資材投入	電力消費	8.26E-03	kWh/MJ	自社データ	
	漏洩	CO_2漏洩量	0.00E+00	tCO_2/MJ	自社データ	
	CO_2輸送	海上輸送距離	1.51E-07	km/MJ	自社データ	
	資材投入	A重油 投入量	2.29E-04	L/MJ	自社データ	

（４）LCA の結果の評価

①対象プロセスの LCA 算定結果

対象プロセスの LCA 算定結果を別表 4-5 に示す。GHG 排出量（CO_2換算）でみると、温室効果ガス排出削減活動の効果により、ライフサイクルで-4.65E-02 kgCO_2/MJ のネガティブエミッションとなった。温室効果ガス排出削減活動を考慮しない場合、製造段階が全体の 57.79%を占め、次いで原料調達段階が 47.21%となった。

別表 4-5　対象プロセスの LCA 算定結果（一次エネルギー換算 1MJ あたり）

	工程	原材料調達段階	製造段階	流通～処分段階	温室効果ガス排出削減活動	合計
GHG（CO_2 換算）	排出量（kg/MJ）	3.94E-03	4.41E-03	0.00E+00	-5.49E-02	-4.65E-02
	割合	47.21%	52.79%	－	－	－

（注）割合は CCS を含まない場合の割合を示す。

②温室効果ガス削減効果の算定結果

GHG 削減効果の算定結果、本事業による GHG 排出量の削減率は 197.9%となった。

（５）感度分析の実施

本事業では、CCS による CO_2 回収が LCA に与える影響が非常に大きいことから、CCS を行わないシナリオ（シナリオ１）を設定し、感度分析を行った。感度分析の結果を以下に示す。

○シナリオ１

ネガティブエミッションであった標準ケースの温室効果ガス排出量（CO_2 換算）が 8.35E-03 $kgCO_2eq/MJ$ の排出となり、この場合のオリジナルプロセスからの削減効果は 82.4%となった。