

平成 30 年度

セルロースナノファイバー利活用による CO2 排出削減効果等

評価・検証事業委託業務

成果報告書

平成 31 年 3 月

一般社団法人産業環境管理協会

要約

1. 本事業の業務内容

本事業では、「セルロースナノファイバー（CNF）等の次世代素材活用推進事業」の各委託業務と連携し、CO₂排出量の算定及びCO₂削減ポテンシャル量を把握することを目的として、CNFの製造から利用までの各段階の技術のCO₂排出量及びCO₂排出削減ポテンシャル量の算定方法を検討した。

1.1 国内外のCO₂排出量の評価手法に係る情報の収集・整理、該当評価手法の検討

平成27年度から実施しているセルロースナノファイバー（CNF）等の次世代素材活用推進事業に関連し、国内外におけるCNF関連技術のLCAに係る情報について、最新情報の収集・整理・体系化を行った。その際、「原材料調達」「CNF製造」「最終製品への加工」「リサイクル」「廃棄」を含む各段階の技術・システムごとにCO₂削減ポテンシャル等を整理した。

また、化学工学的知見に基づくCO₂排出量の調査のほか、実測によるデータをもとに、量産化を考慮したデータ分析を行い、CO₂排出量の把握についても検討した。

1.2 CNF サプライチェーンのCO₂削減効果の算定手法の検討

CNF サプライチェーンのCO₂削減効果の適切な算定手法について検討した。検討にあたっては、1.1項で記載した既存の文献調査を参考にCNF サプライチェーンのCO₂削減効果の評価手法を検討した。その際、既存文献調査による論点や課題を踏まえて算定手法の検討を行った。

1.3 CNF サプライチェーンのCO₂削減効果の評価するためのガイドライン案の策定

1.2項で検討した算定手法を用いてCNF サプライチェーンのCO₂削減効果の評価するためのガイドライン案を策定した。ガイドライン案では共通的なLCA算定が可能である「セルロースナノファイバーに関する温室効果ガス排出量削減効果算定ガイドライン」及び個別の算定ルール作成を支援するための「算定条件宣言シート作成ガイダンス」を作成した。

1.4 「セルロースナノファイバー(CNF)等の次世代素材活用推進事業」におけるCO₂削減効果等の検討

平成27年度以降に実施しているセルロースナノファイバー（CNF）等の次世代素材活用推進事業において実証するCNF利活用の現在及び将来（2025年～2035年）のCO₂削減効果やCNF供給価格等についての検討等を行った。

1.5 CNF サプライチェーン構築及びCO₂データの共有に向けた課題整理

CNF サプライチェーン構築上の経済的課題、制度的課題、社会的課題等について対応案を含めて整理した。整理にあたっては、カーボンナノチューブや炭素繊維、バイオマスを参考とした。また、事業者が簡易および継続的にCNF評価を実施できるように、CNFに係るGHGデータの共有方法について、既存の情報伝達スキーム等を参考にして検討を行なった。

2. 業務実施期間

平成30年7月11日～平成31年3月29日

Summary

1. Project overview

The project, “Promotion of utilization of next-generation materials using cellulose nanofibers”, relating to the project, “enhancement of utilization of next-generation materials, cellulose nanofibers (CNF)” aims to examine the amount of carbon dioxide (CO₂) reduction potential of CNF. To achieve the goal, we calculated the amount of CO₂ emissions at each process from production to use stages of CNF. We also examined appropriate evaluation methodologies for CO₂ reduction effects throughout the CNF supply chains, and prepared guidelines for the calculation of the amount of CO₂ emissions.

1.1 Research on methodologies for estimation of the amount of CO₂ emissions in Japan and abroad

The main goal in this section was to review the latest information on LCA evaluating CNF related technologies in Japan and overseas, in relation to the project promoting the utilization of next-generation materials, cellulose nanofibers (CNF) that have been implemented since FY2015. Based on literatures and reports, we systematically classified information on CO₂ reduction potential into each technology / system at each stage including "raw materials procurement", "CNF manufacturing", "processing to final product", "recycle", and "disposal".

In addition, we estimated the amount of CO₂ emissions when CNF are mass-produced, using data obtained from actual measurements based on chemical engineering aspects.

1.2 Examination of calculation methodologies for CO₂ reduction effects in CNF supply chains

We examined appropriate methodologies for estimation of CO₂ reduction effects in CNF supply chains. The examination was conducted with reference to the existing literature research described in section 1.1. At the same time, we took the issues raised in the existing literature survey into consideration.

1.3 Preparation of guidelines for evaluation of CO₂ reduction effects in the CNF supply chains

We prepared a guidelines for assessing CO₂ reduction effects in CNF supply chains, using the calculation methodologies discussed in section 1.2. The guidelines includes “Guidelines for estimating GHG emissions reduction effects of cellulose nanofibers” to make common LCA calculation methodologies available, and “A guide for preparation of declaration sheet of calculation conditions” to support to create individual calculation rules.

1.4 Examination of CO₂ reduction effects of CNF demonstrated in the project, “enhancement of utilization of next-generation materials, cellulose nanofibers (CNF)”

We evaluated the current utilization of CNF, expected CO2 reduction effects and supply price in the future (2025-2035) of CNF, which have been demonstrated in the project, “enhancement of utilization of next-generation materials, cellulose nanofibers (CNF) implemented since FY2015.

1.5 Analyses on issues in CNF supply chain constructions and CO2 data sharing

We classified issues, which could be raised in CNF supply chain constructions, into economic, institutional, and social issues, and considered countermeasures for those issues, using previous studies on carbon nanotubes, carbon fibers, and biomass as reference information. We also examined data sharing scheme for GHG calculation in CNF supply chains, so that evaluation of CO2 emissions can be plainly and continuously conducted.

2. Execution period

July 11, 2018-March 29, 2019

目次

第1章. 国内外のCO ₂ 排出量の評価手法に係る情報の収集・整理、該当評価手法の検討	2
1.1 最新情報の収集・整理・体系化	2
1.2 CNFの種類・製造方法の体系的整理	6
1.2.1 関連研究の計量書誌分析	6
1.2.2 CNF製造方法の類型化	7
1.2.3 CNFおよび製造技術に関する情報の構造化の試み	9
1.2.4 参考文献	11
1.3 CNFに係る原単位作成の検討	12
1.3.1 TEMPO酸化ナノ解繊CNFの原単位作成	13
1.3.2 変性パルプ樹脂混合によるCNFの原単位作成	18
1.3.3 考察および今後の展望	21
1.3.4 参考文献	22
第2章. CNFサプライチェーンのCO ₂ 削減効果の算定手法の検討	23
2.1 既存のCO ₂ 削減効果の算定手法の整理	23
2.1.1 既存ガイドラインの種類と特徴について	24
2.1.2 既存ガイドラインの整理について	26
2.2 CNFサプライチェーンのCO ₂ 削減効果の算定	27
2.2.1 評価対象製品等の算定（ステップ1）	28
2.2.2 比較対象製品等の算定（ステップ2）	30
2.2.3 削減効果ポテンシャル量の算定（ステップ3）	32
2.2.4 簡易算定の方法	34
第3章. CNFサプライチェーンのCO ₂ 削減効果の評価するためのガイドラインの策定	35
3.1 ガイドラインの文書体系の検討	35
3.1.1 単一構造型及び階層構造型	35
3.1.2 共通ルール型と自己宣言型	36
3.2 算定条件宣言シート	37
3.3 検証（レビュー）の有無	37
第4章. CNF等の次世代素材活用推進事業におけるCO ₂ 削減効果等の検討	38
4.1 CNF等の次世代素材活用推進事業におけるCO ₂ 削減効果等の整理	38
4.2 CO ₂ 削減効果やCNF供給価格等の試算及び情報整理	42
4.2.1 第一工業製薬株式会社	44
4.2.2 国立大学法人九州大学 大学院農学研究院	47
4.2.3 トクラス株式会社	51

4.2.4	トヨタ車体株式会社.....	54
4.2.5	国立大学法人静岡大学.....	57
4.2.6	パナソニック株式会社.....	60
4.2.7	国立大学法人京都大学.....	63
第5章.	CNF サプライチェーン構築及びCO ₂ データの共有に向けた課題整理.....	66
5.1	経済的課題、制度的課題、社会的課題等の整理.....	66
5.1.1	環境省のCNF事業にて、検討されている製品等の整理.....	67
5.1.2	課題を整理する上での考慮事項.....	70
5.1.3	CNFの課題の整理について.....	76
5.1.4	CNFにおける社会的、経済的、制度的課題整理.....	83
5.1.5	CNFの課題及び対応案について.....	85
5.2	CNFのCO ₂ 排出量データ共有方法の検討.....	88
5.2.1	LCA日本フォーラムについて.....	90
5.2.2	Global LCA Data Access network (GLAD)について.....	92
5.2.3	一般社団法人日本化学工業協会が検討するCO ₂ 排出量DBについて.....	94
5.2.4	Environmental Product Declaration (EPD).....	96
第6章.	有識者会議の設置・運営.....	98
6.1	委員会の設置及び構成.....	98
6.2	委員会の開催日程.....	99
第7章.	本年度業務のまとめと課題の整理.....	102
7.1	本年度業務のまとめ.....	102
7.2	今後の課題と対応方針案.....	104
第8章.	参考資料.....	106

はじめに

I. 業務の目的

セルロースナノファイバー（以下、CNF）は、植物由来のカーボンニュートラルな材料で、高い比表面積と空孔率を有していることから、軽量でありながら高い強度や弾性を持つ素材として、様々な基盤素材への活用が期待され、精力的な開発が進められている。

特に、高強度材料（自動車部品、家電製品筐体）や高機能材料（住宅建材、内装材）への活用は軽量化や高効率化等によるエネルギー消費の削減に繋がることから、地球温暖化対策への多大なる貢献が期待されている。

一方、CNFの製造や加工の過程等においては多量のCO₂が排出されると想定されるため、地球温暖化対策の観点からは、特にCNFサプライチェーン全体を通じてのCO₂排出削減が重要である。しかし、現在、CNFサプライチェーン全体を通じたCO₂排出量の評価手法は確立されておらず、今後のCNFを活用した地球温暖化対策推進のためには、当該手法を確立することが必要である。

以上より、本業務では、CNFの製造から利用までの各段階の技術のCO₂排出量を検証し、サプライチェーン全体でのCO₂削減効果の適切な評価手法について検討することを目的とする。

II. 業務の実施体制

本業務では、一般社団法人産業環境管理協会が受託し、一部を化学工学及びLCAの専門性を有する東京大学サステイナビリティ学連携研究機構に外注した。

第1章. 国内外の CO₂ 排出量の評価手法に係る情報の収集・整理、該当評価手法の検討

国内外における CNF 関連技術の LCA に係る情報について、最新情報の収集・整理、CNF 製造方法に関する体系化を行った。情報の収集・整理に当たっては、文献等の調査や化学工学的知見に基づく CO₂ 排出量の調査のほか、関係事業者や研究機関等にヒアリングを行うこととし、実測による CO₂ 排出量の把握についても検討した。

国内外の CO₂ 排出量の評価手法に係る情報の収集・整理については 1.1 に CNF の種類・製造方法の体系的整理について 1.2 に CNF に係る原単位作成については 1.3 に示す。

1.1 最新情報の収集・整理・体系化

国内外の CNF の LCA に係る情報整理を行った。整理においては、Google Scholar 等の検索エンジンを用いて調査した。CNF は国際規格等により正確に名称が統一されているわけではないため、いくつかのキーワードをもとに調査を実施した。そのキーワード及び条件については表 1.1.1 の通りである。

表 1.1.1：キーワード及び条件

検索の条件等	
検索キーワード	<ol style="list-style-type: none">1. cellulose nanofiber2. microfibrillated cellulose3. nanocrystalline cellulose4. bacterial nanocellulose5. Microfibril6. Nanofibrillated Cellulose7. Microfiber
条件	<ul style="list-style-type: none">➤ 「LCA」のキーワードが入っている➤ 少なくとも 1 件は他の文献に引用されている

表 1.1.1 のキーワードのみでヒットした約 6,000 件程度の中から、条件で絞り込み、表 1.1.2 の通り 7 件を得た。それら文献の内容については、表 1.2.3 及び表 1.2.4 に整理した。

CNF の文献調査の結果、文献の多くはラボデータでの試算であり、商用化を加味した文献は Progress towards Sustainable Production: Environmental, Economic, and Social Assessments of the Cellulose Nanofiber Production Process (Dami Moon et al.) の 1 件のみであった。ラボデータであることに起因して kg 当たりの CO₂ 排出量が非常に高い文献も見られた。また、この 7 件の CNF の原料は従来の木材から人参の食品廃棄物まで多様である。そのため、CO₂ 排出量としては、7.5kg-CO_{2e}/kg 程度から 1,200kg-CO_{2e}/kg 程度と幅のある結果となっている。

以上の文献調査の結果より、商用、量産化を加味したデータが未だ少ない状況であることを確認した。これを受けて、ヒアリングや実際のデータをもとに量産化を加味したシュミレーションデータの作成を検討した。1.3 に検討内容を示す。

表 1.1.2 : CNF の LCA に係る文献一覧

文献一覧		
①	論文名	Are Cellulose Nanofibers a Solution for a More Circular Economy of Paper Products?
	作者等	Delgado-Aguilar, M et al, ENVIRON SCI TECHNOL, V49, P12206 (2015)
②	論文名	Nanocellulose Life Cycle Assessment
	作者等	Li, QQ et al, ACS SUSTAIN CHEM ENG, V1, P919 (2013)
③	論文名	Life Cycle Assessment of Cellulose Nanofibrils Production by Mechanical Treatment and Two Different Pretreatment Processes
	作者等	Arvidsson, R et al, ENVIRON SCI TECHNOL, V49, P6881 (2015)
④	論文名	Life cycle assessment of nanocellulose-reinforced advanced fibre composites
	作者等	Hervy, M et al, COMPOS SCI TECHNOL, V118, P154 (2015)
⑤	論文名	Multi-perspective application selection: a method to identify sustainable applications for new materials using the example of cellulose nanofiber reinforced composites
	作者等	Piccinno, F et al, J CLEAN PROD, V112, P1199 (2016)
⑥	論文名	Life Cycle Assessment of a New Technology To Extract, Functionalize and Orient Cellulose Nanofibers from Food Waste
	作者等	Piccinno, F et al, ACS SUSTAIN CHEM ENG, V3, P1047 (2015)
⑦	論文名	Progress towards Sustainable Production: Environmental, Economic, and Social Assessments of the Cellulose Nanofiber Production Process
	作者等	Moon, D et al, SUSTAINABILITY-BASEL, V9 (2017)

表 1.2.3:CNF の LCA に係る文献の整理表

調査項目	Are Cellulose Nanofibers a Solution for a More Circular Economy of Paper Products?	Nanocellulose Life Cycle Assessment	Life cycle assessment of cellulose nanofibrils production by mechanical treatment and two different pretreatment processes	Life cycle assessment of nanocellulose-reinforced advanced fibre composites
セルロースナノファイバー類の種類	珪木パルプ	マイクロファイバセルロース(MFC)	セルロースナノフィブリル(CNF)	セルロースナノファイバー(ナノファイバー)強化エポキシ樹脂複合材 (NFC/epoxy) ナノファイバセルロース強化エポキシ樹脂複合材 (BC/epoxy)
主な製法	ハルプのホモジナイザーによる機械的処理	TEMPO酸化(TO)、クロロ酸酸化セルロース(CAC)、ホモジネーション(HO)、濃硫酸法(SO)	①酵素(前処理:酵素) ②カルボキシル化(前処理:カルボキシル化) ③前処理なし	酵素法(Supermasscollolabr、基業産業)
セルロースナノファイバーの性状	21~47 nmのリグセルロースナノファイバー	不明(リグセルを扱った後の状態はおそらく液体)だが、化学処理では酵素処理による最終的なナノセルロースナノファイバも液体の様。	木材(未処理) Elementary chlorine free(ECF)クラフトパルプ 無漂白クラフトパルプ 漂白パルプ	
想定されている用途	紙			
著者・情報提供者	Marc Delgado-Aguilar(1), Quim Torres(1), M. Angeles Pellic(1), Pere Manjé(1), and Pere Fullana-Palmer(2). High Polytechnical School, University of Girona, C/ Maria Aurel i Bachamany81 -17071 Girona, Spain. 2) UNESCO Chair in Life Cycle and Climate Change, Escola Superior de Comerç, Internacional (ESCI), Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Spain.	U. O. McGinnis, S. S. Saylor, C. Wong, A. and Remeckel, S.	Aviðsson, R., Nguyen, D., and Svanström, M.	Hery, M., Evangelisti, S., Lettini, P., and Lee, K.-Y.
所属組織		Virginia Tech、米国	Chalmers University of Technology、スウェーデン	Imperial College London、英国
情報源(文献誌、URL等)		ACS Sustainable Chemistry & Engineering	Environmental Science and Technology	Composites Science and Technology
情報源(発行・産業界)	2015/10/1	2013	2015	2015
セルロースナノファイバーの地理的有効範囲	スペイン	電力:USクレジット(2009年の平均値)37%石炭、22%原子力、17%天然ガス、10%再生エネルギー。CO2排出量は石炭使用割合の減少に伴って減少している。	電力:スウェーデン、電力はほぼ100%が再生エネルギーから調達。パルプ製造はスウェーデンとロシア、韓国。製造はデンマークを想定。	電力:英国(天然ガス:45.9%、石炭:28.3%、原子力:16.3%、重質燃料油:1.9%、石炭ガス:0.3、再生エネルギー:8%)
セルロースナノファイバーの技術的スケール	ラボ	記載なし	2007、2008、2012年	記載なし
原料:パルプのみ	原料:パルプのみ	記載なし	ラボレベル	ラボレベル
エネルギー:機械精製に係る電力重、およびCNF調製に係る電力重のみ	エネルギー:機械精製に係る電力重、およびCNF調製に係る電力重のみ	原料:USクレジット(2009年の平均値)37%石炭、22%原子力、17%天然ガス、10%再生エネルギー。CO2排出量は石炭使用割合の減少に伴って減少している。	電力:スウェーデン、電力はほぼ100%が再生エネルギーから調達。パルプ製造はスウェーデンとロシア、韓国。製造はデンマークを想定。	電力:英国(天然ガス:45.9%、石炭:28.3%、原子力:16.3%、重質燃料油:1.9%、石炭ガス:0.3、再生エネルギー:8%)
リサイクル回数:機械精製によるリサイクル=3回、CNF添加によるリサイクル=2回	リサイクル回数:機械精製によるリサイクル=3回、CNF添加によるリサイクル=2回	原料:USクレジット(2009年の平均値)37%石炭、22%原子力、17%天然ガス、10%再生エネルギー。CO2排出量は石炭使用割合の減少に伴って減少している。	電力:スウェーデン、電力はほぼ100%が再生エネルギーから調達。パルプ製造はスウェーデンとロシア、韓国。製造はデンマークを想定。	電力:英国(天然ガス:45.9%、石炭:28.3%、原子力:16.3%、重質燃料油:1.9%、石炭ガス:0.3、再生エネルギー:8%)
比較対象	機械精製によるリサイクルと、CNF添加によるリサイクルを比較	各製造法の比較	各製造法の比較	各製造法の比較
原料調達	スペインのメーカーより入手	化学処理(TEMPO酸化、クロロ酸酸化セルロース)→電力・排出ガス・材料	ハルプ製造	木材(未乾燥)
CNF製造	ハルプ蒸餾後にはホモジナイズ	物理処理(ホモジナイズ、濃硫酸法)→使用電力のみ	①酵素(前処理:酵素) ②カルボキシル化(前処理:カルボキシル化) ③前処理なし	原料調達→製造→使用→廃棄
最終製品のへの加工	ハルプスラリーを蒸餾用シート形成機でシート化	記載なし	記載なし	記載なし
各段階の技術・生産効率情報	1000kgの紙を機械精製によってリサイクルを3回行う場合の1回あたりの排出量=407 kg-CO2e/t 1000kgの紙をCNF添加によってリサイクルを7回行う場合の1回あたりの排出量=447 kg-CO2e/t	CEHO: 300kg-CO2e/kg-CN CESO: 1160kg-CO2e/kg-CN TOHO: 980kg-CO2e/kg-CN TOSO: 980kg-CO2e/kg-CN	①酵素(前処理:酵素)→2kgCO2e/kgCNF ②カルボキシル化(前処理:カルボキシル化)→約100kgCO2e/kgCNF ③前処理なし→2kgCO2e/kgCNF	Cradle to gate (単位:kgCO2e/t.u.) PLA: 4.6, GF/PP: 4.9, NFC/epoxy: 8.6(epoxy比0.65), BC/epoxy: 13.8 Cradle to grave (単位:kgCO2e/kg.u.) GF/PP: 28.9, GF/PP: 19.3, NFC/epoxy: 19.9(epoxy比理0.65), BC/epoxy: 27.1 (機能単位は引張強度特性を改善しているため、重量がPLA: 1.98kg, GF/PP: 1.24kg, NFC/epoxy: 1kg, BC/epoxy: 1.17kg)
各段階のコスト情報	記載なし(Economyは1を使用)	記載なし	記載なし	不明
他の環境影響情報	酸性化、毒、合計14の影響領域	酸性化、水資源、生態系、資源	酸性化、水資源、生態系、資源	化学原料消費ポテンシャル(Ach) 温暖化 酸性化 淡水生態毒性 光化学オゾン生成ポテンシャル
備考	ラボスケールでのCNF製造エネルギーであるため、技術進歩、スケールアップにより、改善される余地はある。	目的法によるエンドポイントカテゴリ(人間健康、生態系、資源)	ハルプ製造などのシナリオに基づいて環境影響を考慮に入れて、これは前処理でカルボキシル化手法は引張強度特性が大きい。これは前処理で処理されるエネルギー、イプロロノール、メタノールの使用によるコストが大きい。	構築40kgの部材、60kgの部材、60kgの部材(グラスファイバーのみ100%増量)としている(自前報のポリマー部材の裏面に基づく)。

表 1.2.4:CNF の LCA に係る文献の整理表

調査項目	Multi-perspective application selection: a method to identify sustainable applications for new materials using the example of cellulose nanofiber reinforced composites	Life Cycle Assessment of a New Technology To Extract, Functionalize and Orient Cellulose Nanofibers from Food Waste	Progress towards Sustainable Production: Environmental, Economic, and Social Assessments of the Cellulose Nanofiber Production Process
セルロースナノファイバー類の種類	記述なし	にんじんジュースの搾りかす	木材チップ
主な製法	記述なし	にんじんがたを蒸解精練、酵素処理してMFCCを生成し、3つのルートで精練糸化	メカノミカル処理(予備粉砕、微粉砕、分級)
セルロースナノファイバーの性状	記述なし	書及なし	書及なし
想定されている用途	ヘルメット	新橋糸	プラスチック添加強化剤
著者・情報発信者	Fabiano Piccinini(1), Roland Hiescher(1), Andrew Saba(3), Denise Mitram(1), Stefan Seeger(2), Claudia Som(1)	Fabiano Piccinini(1,2), Roland Hiescher(1), Stefan Seeger(2), and Claudia Som(1)	Dami Moon, Masayuki Sagsaka, Kyotaka Tahara and Kentshiro Takahara
所属組織	(1) Technology and Society Lab, EMPA, Lerchenfeldstrasse 5, 9014 St. Gallen, Switzerland (2) Department of Chemistry, University of Zurich, Winterthurerstrasse 190, 8057 Zurich, Switzerland (3) ALPAS s.r.l, Strada Padana 10 Ovest, 15029 Solero, Italy	(1) Technology and Society Lab, EMPA, Lerchenfeldstrasse 5, 9014 St. Gallen, Switzerland (2) Department of Chemistry, University of Zurich, Winterthurerstrasse 190, 8057 Zurich, Switzerland	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (国立研究開発法人産業技術総合研究所-AIST)
情報源(雑誌誌, URL等)	Journal of Cleaner Production	ACS Sustainable Chemistry & Engineering	Sustainability
情報源(発行・発表日)	2015/5/27(要旨日)	2015/7/18	2017/12/18
セルロースナノファイバーの地理的有効範囲	記述なし	ヨーロッパ中で行われること想定した生産技術データを採用した。電力はヨーロッパミックス電源を前提とし、地熱温暖化の評価については、他文献との比較のためにプラジミックス電源による評価も行った。	日本でONFを製造している企業から得た計算値
セルロースナノファイバーの時間的有効範囲	2010年2(使用データベースが、ecoinvent2010)	2014年	2015年
技術的スケール	記述なし	ラボ	商用
評価対象範囲(段階)	ヘルメット外殻の製造と使用	人参加からMFC(CNF)の製造 当該MFCからの新橋糸の製造	木材補充え付け製糖、伐採、チップ化、輸送、ONF化(予備粉砕、微粉砕、分級)
比較対象	ポリカーボネート、グラスファイバー、カーボンファイバー	A. コットン原料としたプラジミックス電力評価 B. 未熟ココナッツ原料としたプラジミックス電力評価 C. クロロ酢酸によるエーテル化+ホモジナイズのUS電力評価 D. クロロ酢酸によるエーテル化+超音波処理のUS電力評価 E. TEMPO酸化+ホモジナイズのUS電力評価 F. TEMPO酸化+超音波処理のUS電力評価 (9つ+他文献の値)	汎用プラスチック材料(文献値)
各段階の技術・生産効率情報	記述なし	にんじんの食品廃棄物(それ以上の説明はなし)	プラジミックスあるいは日本で製造した木材
最終製品のへの加工	記述なし	にんじんを水中で煮出し、酵素処理して溶解したセルロースをろ取、水に再分散してホモジナイズ	メカノミカル処理(予備粉砕、微粉砕、分級)
最終製品のへの加工	記述なし	コーティングありの湿式糸糸、コーティングなしの湿式糸糸、電解糸糸の3ルートで新橋糸を製造	書及なし
各段階のCO2排出量 及び削減ポテンシャル情報	CO2排出量 (kg-CO2e/kg) 機能単位は、ヘルメット外殻1個分(1.2kg) およそ19 kg-CO2e およそ1.9 kg-CO2e	ヨーロッパ電力(人参加前ゼロ): 0.11 kg-CO2e/g フランス電力(人参加前ゼロ): 0.06 kg-CO2e/g US電力(人参加前ゼロ): 0.15 kg-CO2e/g ヨーロッパ電力(人参加あり): 0.14 kg-CO2e/g フランス電力(人参加あり): 0.10 kg-CO2e/g US電力(人参加あり): 0.19 kg-CO2e/g A.: 0.12 kg-CO2e/g B.: 1.10 kg-CO2e/g C.: 0.38 kg-CO2e/g D.: 1.16 kg-CO2e/g E.: 0.19 kg-CO2e/g F.: 0.88 kg-CO2e/g (A~Fはすべて他文献の値)	7,597 kg-CO2e/kg (Total) 1,833 kg-CO2e/kg (Biomass炭素名除) 0.023 kg-CO2e/kg (製糖+伐採) 0.047 kg-CO2e/kg (チップ化) 0.015 kg-CO2e/kg (輸送) 1.723 kg-CO2e/kg (予備粉砕) 5,513 kg-CO2e/kg (微粉砕) 0.276 kg-CO2e/kg (分級)
各段階のコスト情報	書及なし (Ecoinvent2010を使用)	書及なし	1615.6円 (GNF製造Total) 16.0円 (製糖+伐採) 7.5円 (チップ化) 298.3円 (予備粉砕) 1099.7円 (微粉砕) 254.3円 (分級)
他の環境影響領域	書及なし 書及なし 書及なし 書及なし	書及なし 書及なし 書及なし 書及なし	上記に同じ 書及なし
備考	ReCiPeエントロピー、CED	CED (Cumulative energy demand, ReCiPe, Eco-indicator 99) による各種評価	社会影響について評価
	新橋糸製造技術に対して、技術的・経済的・環境的3つの側面を評価するMPASを行うために、簡略化LCAを実施	MFC製造+ペンベントリデータ、MFCから3つの製造ルートにおける新橋糸製造+ペンベントリデータ記載 CO2排出量は、プロセスへの電力投入量とほぼ比例する 実験室レベルの定性的評価であり、絶対量は慎重に扱われるべき、とのこと	特になし

1.2 CNF の種類・製造方法の体系的整理

CNF は様々な原料、製造方法、製品、用途が精力的に検討、開発され続けている段階にあり、関連する知識は膨張しながら分散している。「CNF の LCA」の実施において、対象となり得る CNF の種類は多岐に渡り、LCA の対象とする CNF の種類を特定するのが難しい状態にある。ここで、データドリブンな計量書誌分析と、専門家の経験知による検証の両面から、CNF 製造プロセスの種類に基づいた一定のパターンに分類した「類型化」を試みた。

1.2.1 関連研究の計量書誌分析

CNF 関連研究を定量的な分析に基づいて体系化するために、計量書誌分析を適用した。既往研究のタイトルおよび要旨に対するテキストマイニングとネットワーク分析を行い、研究トレンドや中心的な研究を抽出する。分析には学術俯瞰システム[1]を使用し、対象文献は学術文献データベース Web of Science[2]を用いて検索した。検索条件を“cellulose nanofiber” or “microfibrillated cellulose” or “nanocrystalline cellulose” or “bacterial nanocellulose” or “microfibril” or “nanofibrillated cellulose” or “Microfiber” として検索を行うと 6078 文献が該当し、これら文献を対象とした計量書誌分析により、図 1.2.1.1 のようなネットワーク図が得られた。

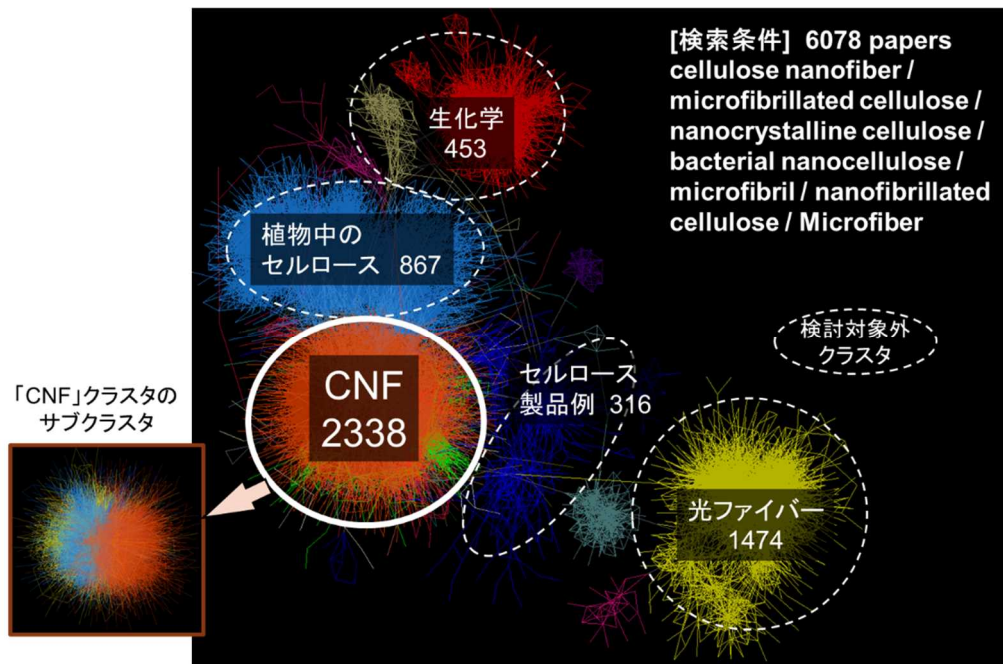


図 1.2.1.1：計量書誌分析の結果

上記の検索条件では幅広く関連文献を検索できるように、例えば Microfiber のようなセルロース以外の繊維材料も含みうるキーワードを用いたため、生化学や光ファイバーに関する研究などのクラスタも生成され、クラスタのひとつとして 2338 文献を含む CNF 関連クラスタが生成された。ここで、CNF 関連クラスタに含まれた文献を対象として、再度クラスタリングを実行したが、図の左下に見られるように、3 種類のクラスタが生成されるものの、明確な境界が認識できないクラスタ間の関係となった。これは CNF 製品の種類や製造方法がそれぞれのクラスタとして認識されるほどには製品および製造方法の関

係が整理、分離されていないためと考えられる。また、当事業の委員会で得られた意見として、Cellulose nanofiber、Microfibrillated cellulose、Nanocrystalline cellulose など、CNF 関連材料を指す用語が複数あり、大まかな違いはあるものの、明確な定義はなされていない、という点も体系化が難しい要因のひとつと考えられる。

1.2.2 CNF 製造方法の類型化

CNF のライフサイクルを図 1.2.2.1 に示す。ここで、原料、化学的・物理的・生物的处理の方法、加工方法にはそれぞれについて多様な選択肢が存在するため、その組合せで構成される CNF の種類や製造方法は無数に存在しており、さらにその種類は研究の進展とともに増え続けている。CNF の種類および製造方法に関しては、既往のレビュー論文[3-8]にて整理が試みられてきたが、上記のような研究開発の状況において、すべてを網羅することは不可能といえる。「CNF の LCA」を実施するにあたり、どの種類、製法の CNF を LCA の対象とするか、という観点での分類が必要である。

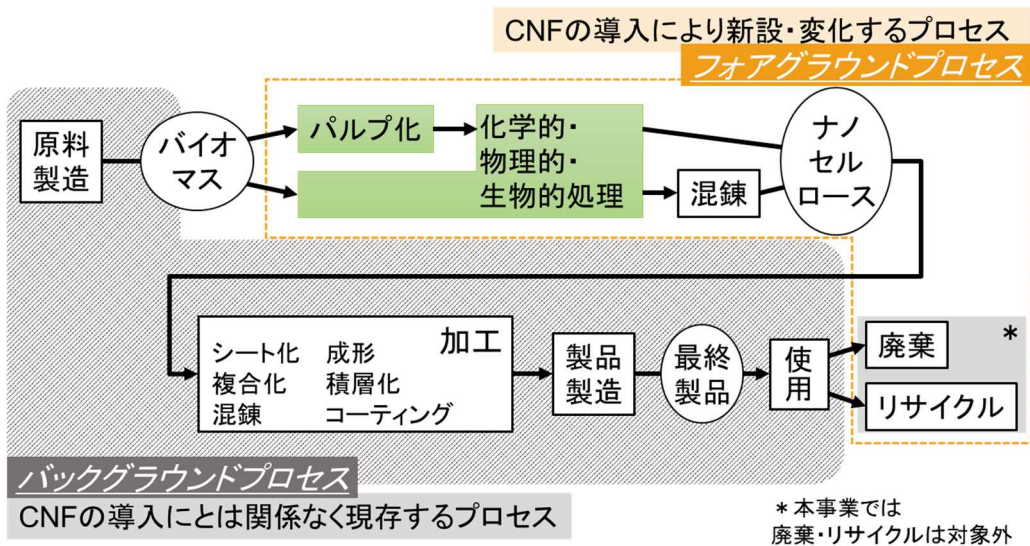


図 1.2.2.1 : CNF のライフサイクル

各種レビュー論文[3-8]からの情報抽出と、製造プロセスに基づく分類により、類型化を行った。その類型パターンについて、本事業の委員会にて国内の CNF 研究を代表する専門家へのヒアリングを通して検証と修正を繰り返し、13 種類のパターンに類型化した。大きな分類として、パルプ製造を経由する／しない製造方法、化学処理を行う／行わない製造方法に分類でき、いずれにも該当しないものとしてバクテリアセルロース (BC) が挙げられる。BC 以外の製造方法については、微細化を目的とした機械的処理 (Mechanical treatment) が少なくとも 1 回必要であり、2 回に分けて行う製造方法もある。化学的処理 (Chemical treatment) を経る製造方法については、機械的処理の前後に付加される形で 1~2 種類の処理が行われる。機械的処理による分散性を高める目的で行われるものと、樹脂等に添加する場合にその特性を向上させる目的で行われるものがある。

これらの類型により、現時点で確認できているすべての製造方法が包含できていることは確認できているが、現存する全ての製造方法を網羅的に確認できているわけではないこと、また今後この類型にあ

てはまらない新たな製法も出現しうることから、ここで示す類型化は完成形ではなく、常に更新していく必要があることに留意する必要がある。しかし、このような類型化により、無数に存在する製造方法に対して、パターンとしての網羅性を確保することができ、類型に基づく CNF 製造方法の整理と、各類型を対象とした LCA が可能となる。

1.2.3 CNF および製造技術に関する情報の構造化の試み

CNF の研究開発は発展中であるため、その種類や製造方法、そしてそれらの関連知見は増え続けている。これらの蓄積と再利用を促進するためには、適切に設計されたリレーショナルデータベース (RDB) に情報を格納していくことが有効である。RDB の身近な例として、図書館の予約管理システムを図 1.2.3.1 に示す。RDB の設計にはデータモデルが利用される。ここではエンティティ・リレーション (ER) 図を利用した RDB 設計を挙げる。エンティティとは「実体」であり、データベースで取り扱われる対象物を示す。エンティティ間の関連をリレーションとして示したものが ER 図である。図 1.2.3.1 の例では予約申込書の実体から、予約および貸出や図書管理に必要な情報を抽出し、ER 図としてモデリングと可視化を行っている。ここからデータベースに格納されるべきテーブルの種類と構造を設計することができる。

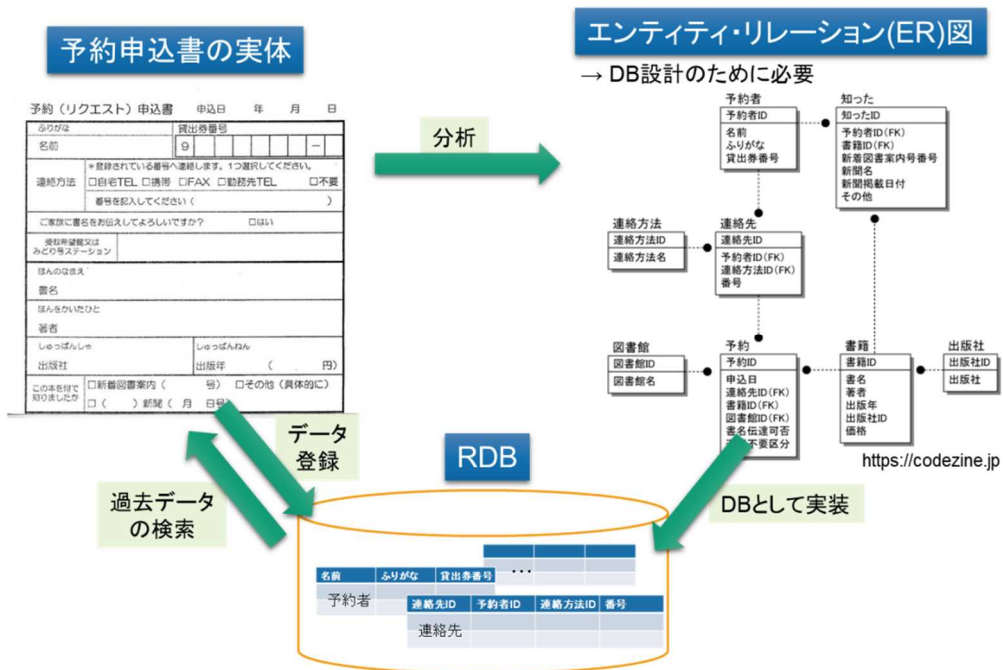


図 1.2.3.1：図書館の予約管理システムにおける RDB の例

化学プロセス設計ではプロセスシミュレータが活用されるが、プロセスシミュレータの設計は単位プロセスのモデリングと、化学プロセスのデータモデリングに基づいて行われてきた。化学プロセスシミュレーションのための単位プロセスモデルとデータモデルの概念図を図 1.2.3.2 に示す。単位プロセスやプロセス流体を表現するためのデータと、そのデータ間の構造のデータモデルを構築しておき、例えば種類の異なる単位プロセス間での共通構造と個別構造を定義しておけば、様々な単位プロセスのシミュレーションモデルを共通のフォーマットで表現でき、相互に単位プロセスモデルを接続することで複雑な化学プロセスを表現し、シミュレーションを実行することができる。

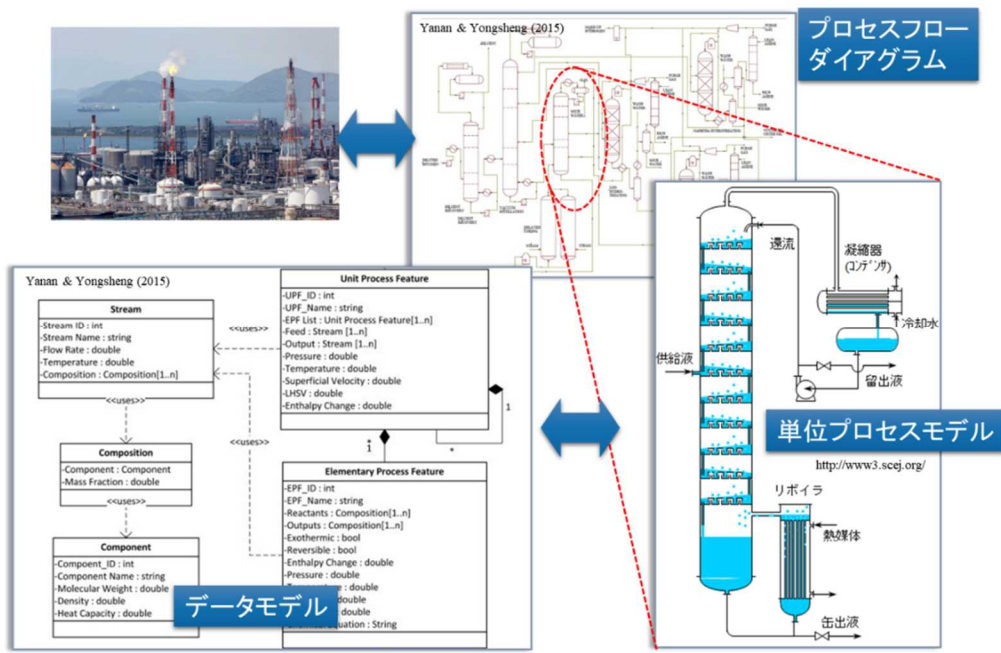


図 1.2.3.2 : 化学プロセスシミュレーションのための単位プロセスモデルとデータモデル (Y. Xie & Y. Ma (2015)[8]に基づき作成)

同様の手法により、CNF 製造プロセスについても単位プロセスごとのシミュレーションモデルを構築し、CNF 製造プロセスシミュレータを構築できる可能性がある。CNF 製造プロセスシミュレータを実用化できれば、現存しない量産プロセスの設計のためのシミュレーションが可能となる。またプロセスインベントリの推算が可能となり、実プロセスが存在しない状態での将来技術に対する LCA が可能となる。本事業では実験的に CNF 製造プロセスのデータモデルの構築を試みた。データモデル構築のためのモデリング手法としては統一モデリング言語 UML のクラス図を適用した。図 1.2.3.3 にクラス図における記法を示す。

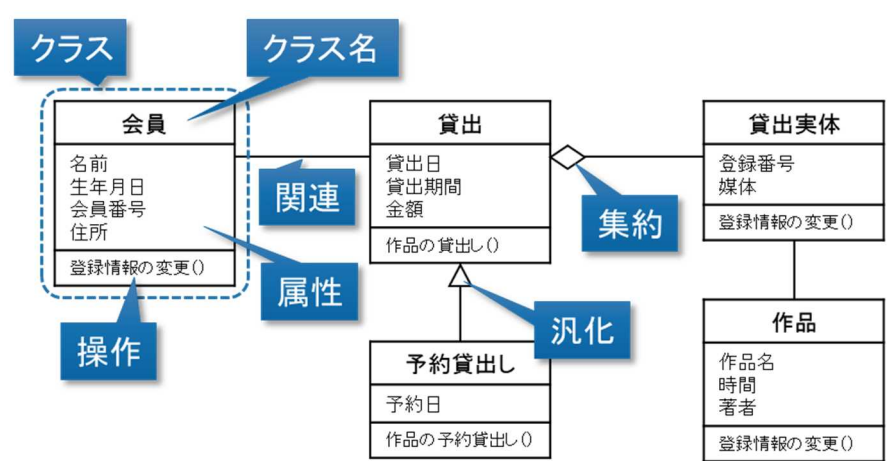


図 1.2.3.3 : UML クラス図の記法

1.2.2 で実施した類型化の結果と、委員会における専門家ヒアリングに基づいて作成した CNF 製造プロセスのデータモデルの試作版を図 1.2.3.4 に示す。これは初期的な検討であり、実用的なデータモデルとするためには、類型化や LCA の実施と併せて、より詳細な専門家ヒアリングを通して検証と改善を行う必要がある。

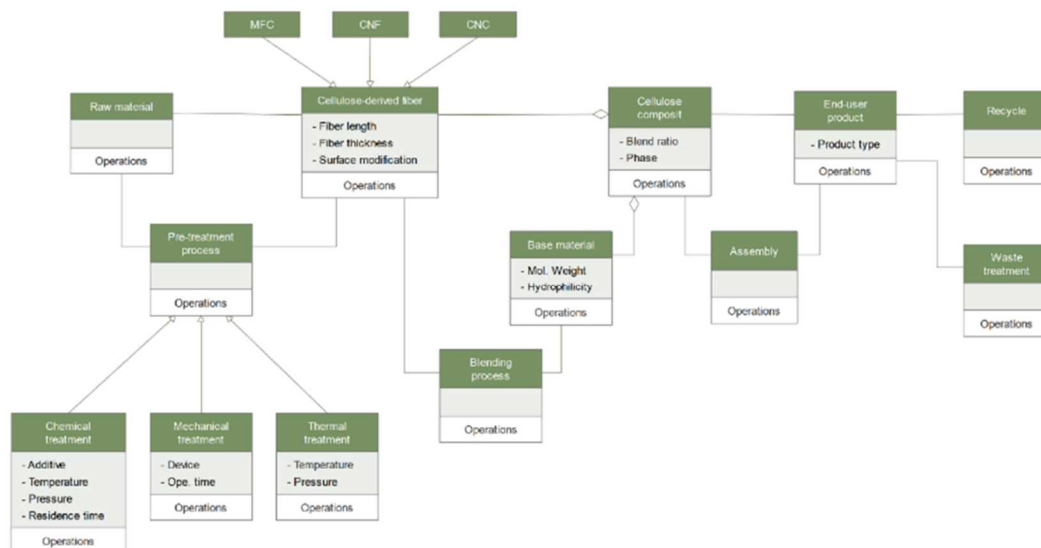


図 1.2.3.4 : CNF 製造プロセスのデータモデル (試作版)

1.2.4 参考文献

1. 東京大学総合研究機構イノベーション政策研究センター & 東京工業大学大学院イノベーションマネジメント研究科梶川研究室 (2013) 学術俯瞰システム、<https://academic-landscape.com/>
 2. Thomson Reuters, Web of Science, <https://clarivate.jp/products/web-of-science/>
 3. Nascimento DM et al. Nanocellulose nanocomposite hydrogels: Technological and environmental issues. Green Chem 2018;20:
 4. Kontturi E et al. Advanced Materials through Assembly of Nanocelluloses. Adv Mater 2018;30
 5. Habibi Y. Key advances in the chemical modification of nanocelluloses. Chem Soc Rev 2014;43
 6. Nascimento DM et al. Nanocellulose nanocomposite hydrogels: Technological and environmental issues. Green Chem 2018;20:
 7. Kontturi E et al. Advanced Materials through Assembly of Nanocelluloses. Adv Mater 2018;30
 8. Habibi Y. Key advances in the chemical modification of nanocelluloses. Chem Soc Rev 2014;43
- Xie, Y., & Ma, Y. (2015). Design of a multi-disciplinary and feature-based collaborative environment for chemical process projects. Expert Systems with Applications, 42(8), 4149–4166. doi:10.1016/j.eswa.2015.01.009

1.3 CNF に係る原単位作成の検討

CNF はごく一部の種類の製品が商用化されているが、市場が確立されていない現段階では本格的な量産化がなされているわけではない。また、商用化がなされておらず、量産化が今後進められていく CNF 製品が大部分である。CNF の LCA を試みた既往の研究においては、大部分が実験室スケールでの原料、溶媒、電力などの消費量のデータに基づく分析であるが、炭化水素系のプラスチック材料に比べて数 10～数 100 倍の CO₂ 排出原単位の評価結果を提示しているものが多数ある。量産プロセスにおいては、装置効率（加熱／冷却や昇圧／降圧など）のスケールメリット、溶媒の回収と再利用などの効果が得られることが多く、CNF のような萌芽期にある技術を評価する場合には、これらの効果を加味した評価を行うことが必要である。

図 1.3.1 に量産効果を考慮した LCA のコンセプトの概要を示す。商用化や量産化がなされていない製品を前提とすると、現存する情報は、主に特許情報や学術論文に示された製法のみであるが、化学工学的な知見に基づいて、量産化を想定したプロセスを設計することができる。量産化プロセスにおけるインベントリを定量的に特定するためには、プロセスシミュレーションが適用可能であり、有効である。このとき、量産化プロセスには適用する単位操作の種類や組合せ、各装置条件などに複数の選択肢が存在する。また、シミュレーションには不確実性が内包されている。そのため、LCA の結果をひとつの数値として提示するよりも、あえて幅のある値として示すことが適切である。以降の評価においては、化学工学的見地から妥当な範囲でのプロセス代替案を対象として、複数の代替案とパラメータの不確実性を考慮した、幅のある値として各 CNF 製品の原単位を算出する。

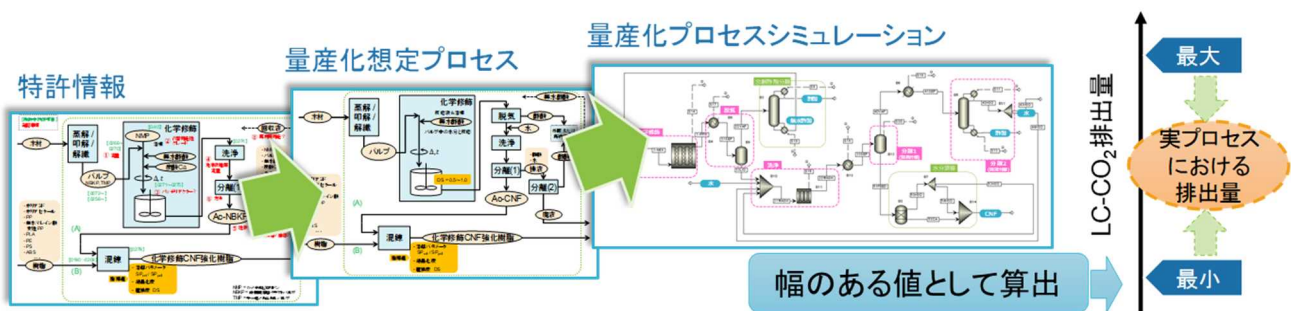


図 1.3.1：将来の量産化を想定した LCA のコンセプト

LCA のバウンダリとして、「ゆりかごから墓場まで」(Cradle-to-Grave) を対象とした分析を行うためには、最終製品としての機能に基づく機能単位の設定が必要となるが、現状においては用途そのものも開発中であり、代表的な用途を特定することも難しい状況にある。本事業においては、原料調達から材料としての CNF を製造する段階までを対象とした「Cradle-to-Gate」の LCA を実施し、CNF の製造原単位（例えば kg-CO_{2e}/kg-CNF）を定量化することを目的とする。CNF 単体としての製造原単位を作成しておくことで、特定用途の CNF 製品の LCA への応用が可能となる。

以下、2 種類の製造方法による CNF を選定し、原単位作成を実施した。ひとつは国内外で最も多くの研究が実施されている「TEMPO 酸化＋ナノ解繊」による CNF を選定した。もうひとつは、その市場規模から波及効果が大きいと考えられる自動車分野での応用が期待される、プラスチックへの混練を想定した変性パルプ樹脂混練による CNF を選定した。

1.3.1 TEMPO 酸化ナノ解繊 CNF の原単位作成

TEMPO 酸化ナノ解繊 CNF（以下、TEMPO-CNF）のライフサイクルフローを図 1.3.1.1 に示す。製紙パルプなどのパルプに対し TEMPO（2,2,6,6-tetramethyl-1-piperidinyloxy radical）を触媒とした酸化反応を行うことで、セルロース繊維中の水酸基をカルボキシル基に置換した、TEMPO 酸化パルプ（TO-pulp）を得る。酸化処理によって繊維間に静電的斥力が働くようになり、その後の機械解繊（図中では湿式微粒化）が効率的に行えるようになる。ナノ解繊されたパルプは TEMPO 酸化セルロースナノファイバー分散溶液（TOCN aq）の状態で作られる。

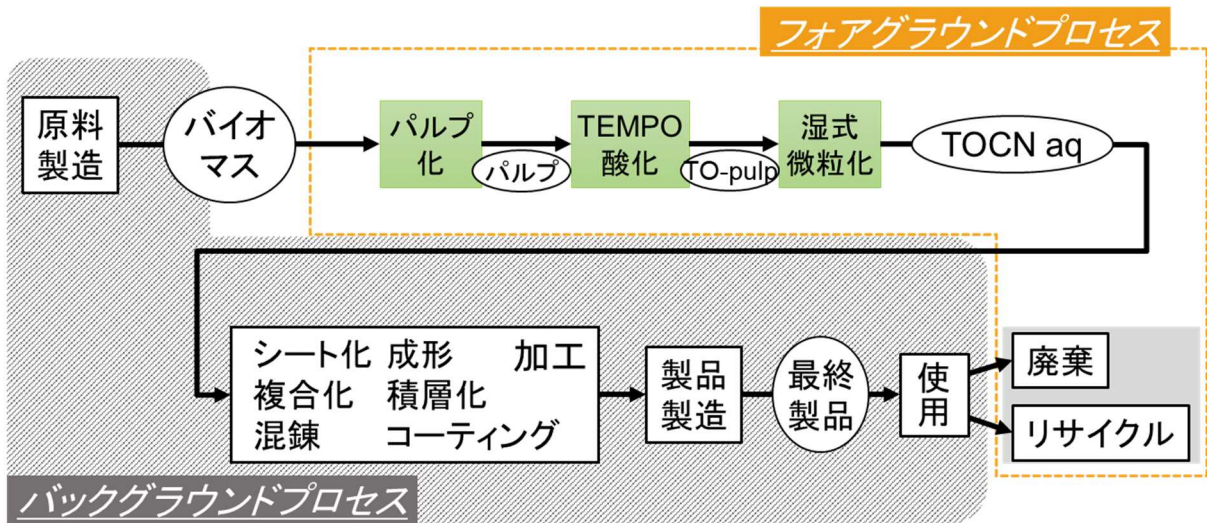


図 1.3.1.1 : TEMPO 酸化ナノ解繊 CNF のライフサイクルフロー

TEMPO の製造原単位

調査した範囲において TEMPO のインベントリデータは存在せず、TOCN の LCA を実施するためには TEMPO のインベントリを推算する必要があった。TEMPO の製造方法に関する文献を調査し、特許情報 [1-3] から原料の種類と使用量を特定した。製造プロセスの所要エネルギーに関する情報は得ることができなかったため、参考値として各原料の累積製造原単位を積み上げた仮想的なインベントリを作成した。原料の累積製造原単位は LCA データベース IDEA v2[4] と ecoinvent v3[5] から取得した。また、参考とした文献には実験室スケールでの製造方法に基づく原料使用量しか掲載されておらず、量産時のインベントリには前述のような不確実性が含まれる。ここでは、量産プロセスにおいて未反応成分を回収再利用できる場合と、洗浄剤および抽剤を回収できる場合を想定し、図 1.3.1.2 のように TEMPO の製造原単位を幅のある値として推算した。

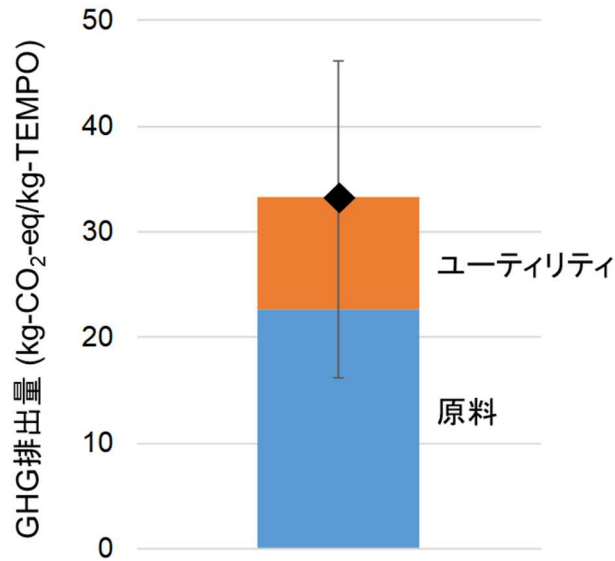


図 1.3.1.2 : TEMPO の製造原単位

TEMPO 酸化パルプの製造原単位

TEMPO 酸化パルプ (TO-pulp) は通常のパルプに、TEMPO 触媒を用いた酸化処理を行った、解繊前の状態のものを指す。TEMPO 酸化プロセスにおいて、TEMPO は触媒として用いられ、TEMPO そのものは再利用が可能である。再利用可能回数についての実験値[6]を参考とし、その回数を上限として再利用を行う場合と行わない場合を量産プロセスにおける代替案として考慮した。また、TEMPO 酸化プロセスにおける攪拌などによる消費エネルギーを文献[7]より調査した。TEMPO 製造原単位として上記で推算した最小値と最大値を適用し、図 1.3.1.3 のように TO-pulp の製造原単位の範囲を推算した。

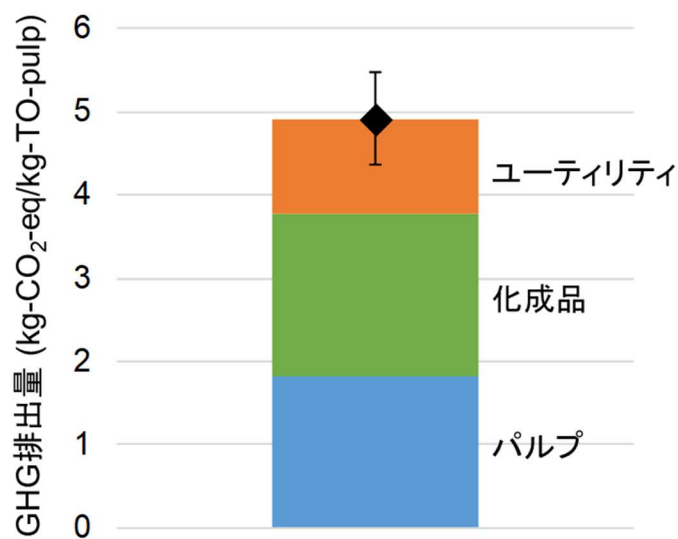


図 1.3.1.3 : TEMPO 酸化パルプの製造原単位

TEMPO 酸化 CNF の製造原単位

TO-pulp を機械解繊プロセスによってナノ分散させることで TEMPO 酸化 CNF を得ることができる。機械解繊には複数の選択肢があるが、ここでは以下で述べるようなプロセスエネルギーの取得が可能であった湿式微粒化を選択した。

湿式微粒化プロセスは、コンプレッサーによって高圧化した TO-pulp 分散液を二方向から噴射し、衝突させることで剪断力を発生させ解繊を行う。コンプレッサーは電力によって昇圧を行っており、実機に電力計を設置することでこのときの消費電力を測定した。測定条件を表 1.3.1.1 に示す。ここで、TOCN は分散液から完全に分離することはできないため、回収製品量は実験担当者へのヒアリングに基づく推算値となっている。消費電力測定結果を図 1.3.1.4 に示す。

表 1.3.1.1：湿式微粒化プロセスの電力測定における実験条件

	条件 1a (2018/12/11) 条件 1b (2019/1/11)	条件 2 (2018/12/12)	条件 3 (2019/1/11)
処理条件	150 MPa, 3 pass	50 MPa, 1 pass	30 MPa, 1 pass
投入原料	2L	1L	1L
TO-pulp 濃度	0.55 wt%(11g)	0.1 wt%(1g)	0.1 wt%(1g)
回収製品液量	1.5~1.7L	0.75~0.85L	0.75~0.85L
TOCN 質量(推定)	(7.5~8.5g)	(0.88~0.92g)	(0.88~0.92g)

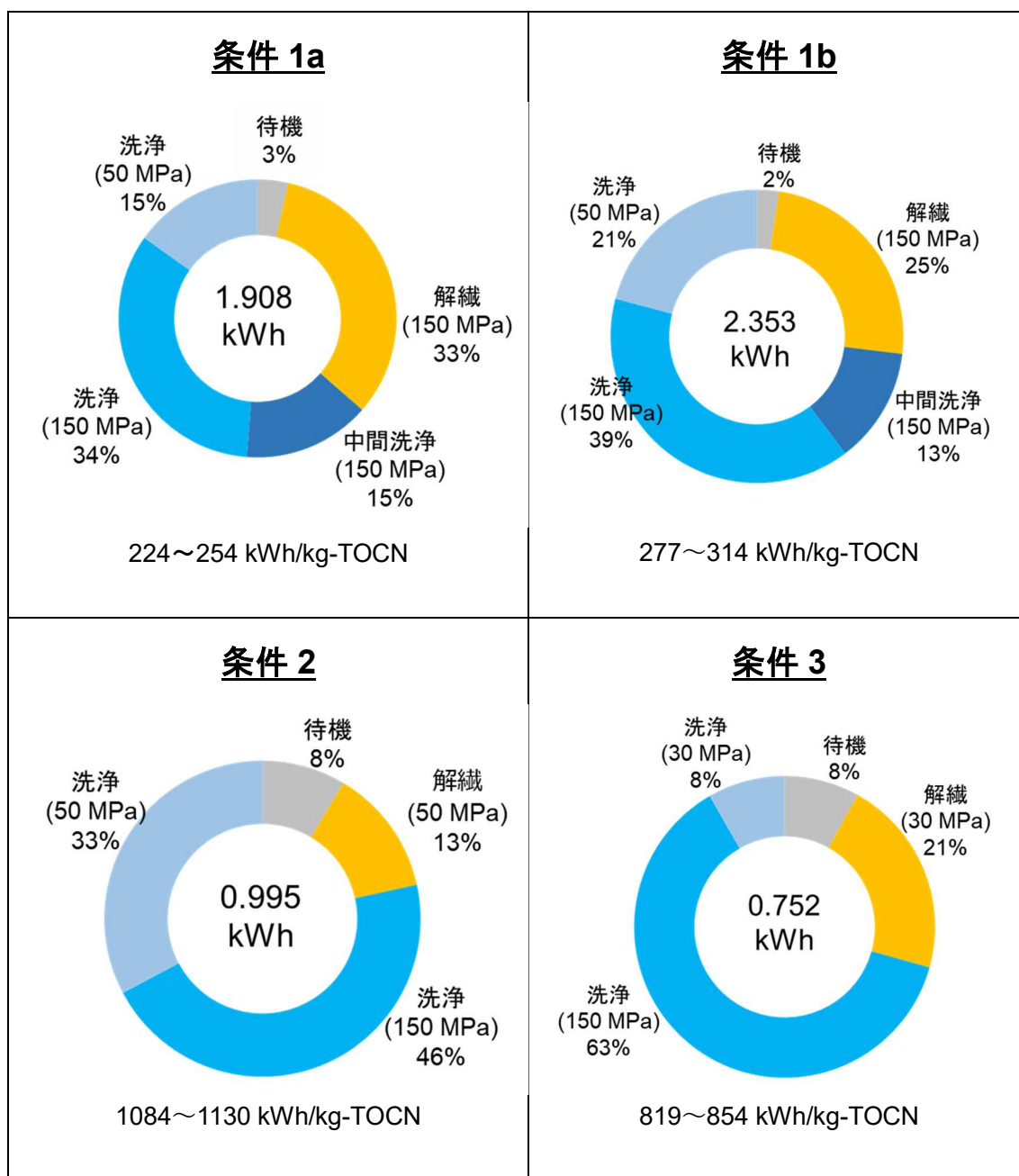


図 1.3.1.4：湿式微粒化プロセス実機の電力測定結果

測定を実施した実験室において、解繊装置は一台であり、目的物質の装置内流路への残留を避けるために解繊の都度、流路洗淨が行われていた。これにより、全消費電力量の3～6割程度が洗淨によるものとなった。しかし、量産プロセスにおいては、装置を直列に複数台接続することで、連続的に流路中の繊維を押し出しながら解繊処理を行える可能性がある。前述の TO-pulp 製造原単位の幅と、表 1.3.1.1 に示した製品回収量の幅を考慮した TEMPO 酸化 CNF の製造原単位について、実験条件と同等の洗淨回数を要すると仮定した場合の結果を図 1.3.1.5 に、量産化において解繊装置を連続化することで洗淨を省略できると仮定した場合の結果を図 1.3.1.6 にそれぞれ示す。なお、このときの TOCN は分

散液中に存在するセルロースナノファイバーの量を基準としており、分散液量あたりの製造原単位を考
 える場合は2~3桁小さい値となることに留意する必要がある。繊維量基準または分散液量基準のどち
 らの製造原単位を適用すべきであるかは、目的とする最終製品とその製造方法によって注意深く検討す
 る必要がある。

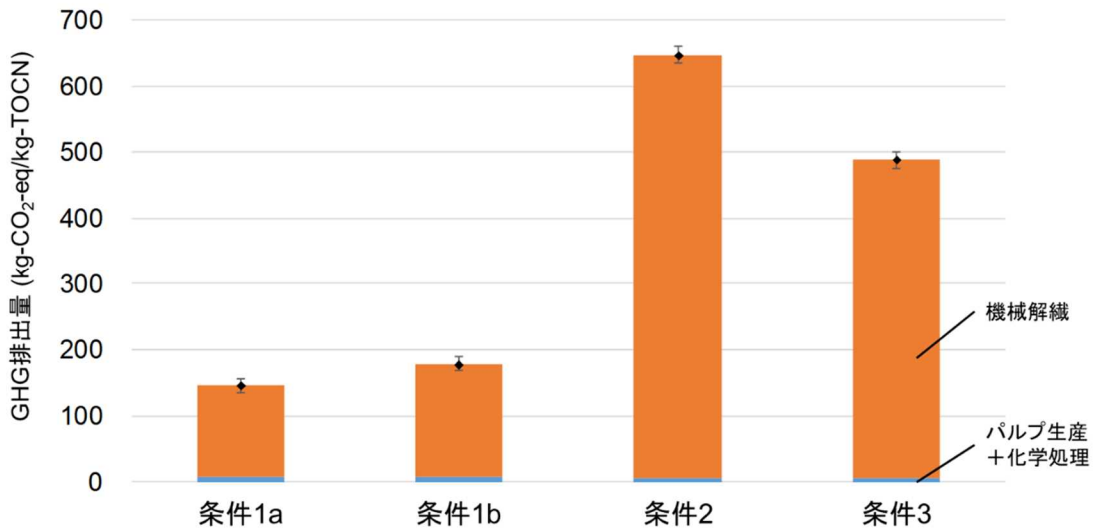


図 1.3.1.5 : TEMPO 酸化 CNF の製造原単位 (実験条件と同等の洗浄回数を要する場合)

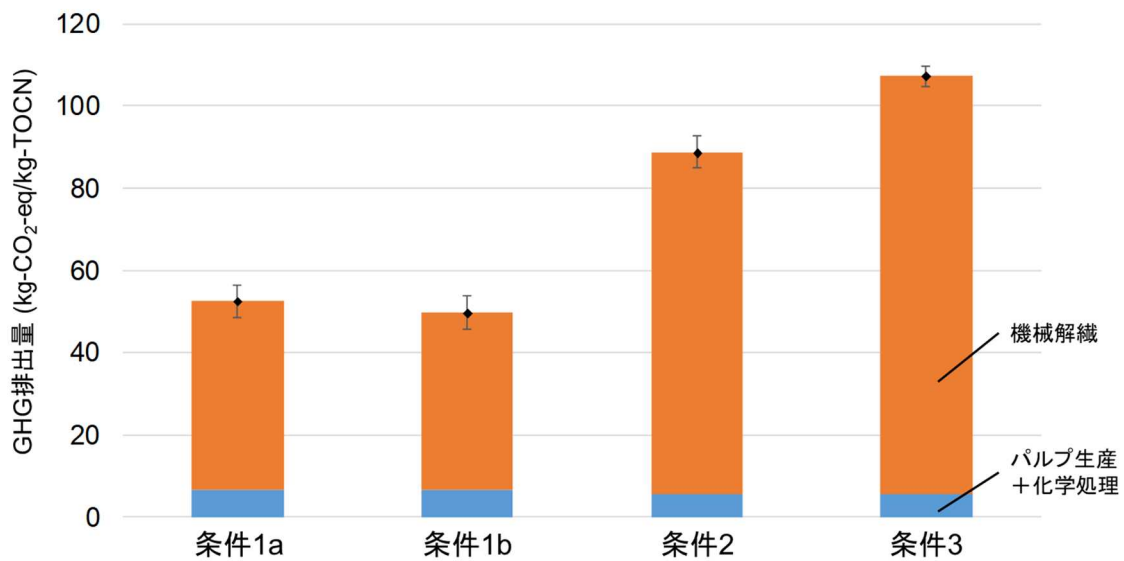


図 1.3.1.6 : TEMPO 酸化 CNF の製造原単位 (連続処理により洗浄を省略できる場合)

1.3.2 変性パルプ樹脂混合による CNF の原単位作成

変性 CNF 強化樹脂のライフサイクルを図 1.3.2.1 に示す。化学修飾したパルプ（変性パルプ。ここではアセチル化パルプ=Ac-pulp）を樹脂と混練しながら、その際の剪断力によって解繊を行い、CNF 強化樹脂（ここではアセチル化 CNF=Ac-CNF）を得る製造方法であり、最終製品製造と密接に結びついている。CNF 単体を得ることはないため、項目名では「変性パルプ樹脂混合による CNF の原単位」という表現とした。

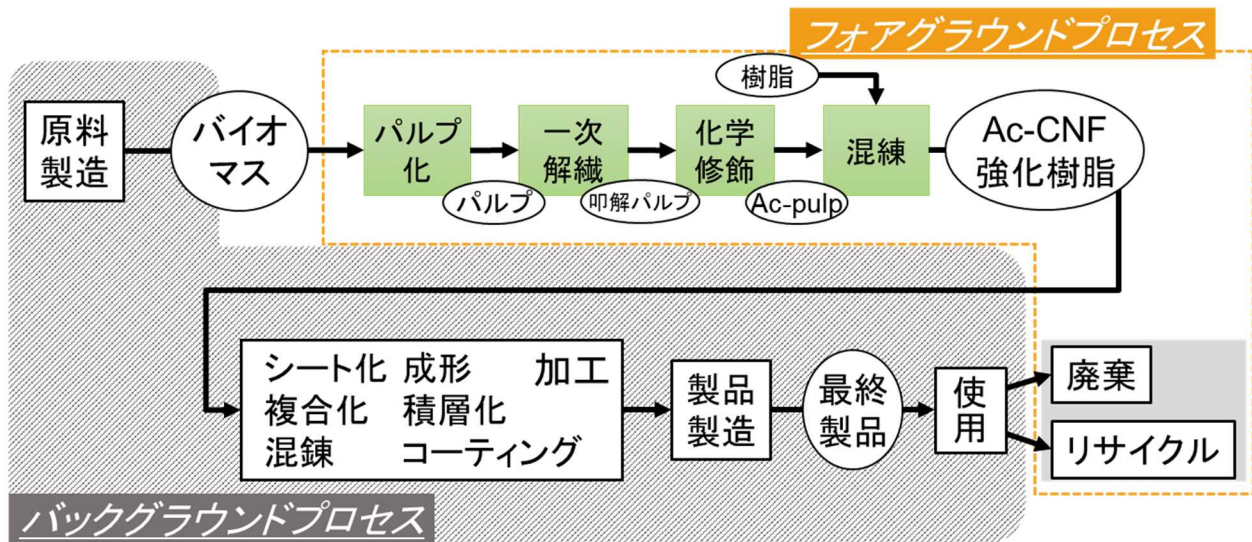


図 1.3.2.1：変性 CNF 強化樹脂のライフサイクル

化学プロセスシミュレーションによる化学修飾プロセスの原単位計算

パルプ生産条件について複数の条件を考慮した化学修飾パルプの製造原単位については「平成 29 年度セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務（社会実装に向けた CNF 材料の導入実証・評価・検証～自動車分野～）」[8]において試算結果が得られている。しかし、この試算においては化学修飾プロセスについては単一のプロセス条件のみが検討されており、量産時に検討されうる複数のプロセス代替案やその装置条件による製造原単位の幅は考慮されていない。本事業では、図 1.3.2.2 に示すような化学修飾の量産プロセスフローを想定し、原料やエネルギーの消費量および廃棄量への影響が大きいと考えられる単位操作について複数の代替案および装置条件を想定したプロセスシミュレーションを実施し、インベントリを幅のある値として推算した。

ここで考慮したプロセス代替案および装置条件は下記のとおりである。

- (1) 反応：ナイロン 6 との混練を想定し、DS=0.4 となるような温度、滞留時間の組合せを探索。また、実験では NMP (n-メチルピロリドン) を溶媒としていたが、反応液である無水酢酸が溶媒の役割も担えるよう、過剰量で供給。このときの供給条件を探索。
- (2) 溶液回収：溶液回収の有無による影響を比較。回収ありの場合、酢酸が 99%以上の純度になるよう分離し、回収した無水酢酸を原料として供給。
- (3) 脱気：製品フローに随伴した酢酸と無水酢酸を分離。温度について、酢酸の沸点である 140°Cを下限、セルロース変性が起きる 250°Cを上限とし、圧力を変えながら、エネルギー消費が小さく、か

十分に分離ができる圧力、温度の組合せを探索。

- (4) 酢酸/無水酢酸精製：製品グレードまで精製する場合としない場合の比較。精製時のエネルギー消費による環境負荷の増大と、分離後の酢酸、無水酢酸の再利用による製造時環境負荷の削減が同時に起きる。
- (5) 水/酢酸精製：製品グレードまで精製する場合としない場合の比較。(4)と同様。

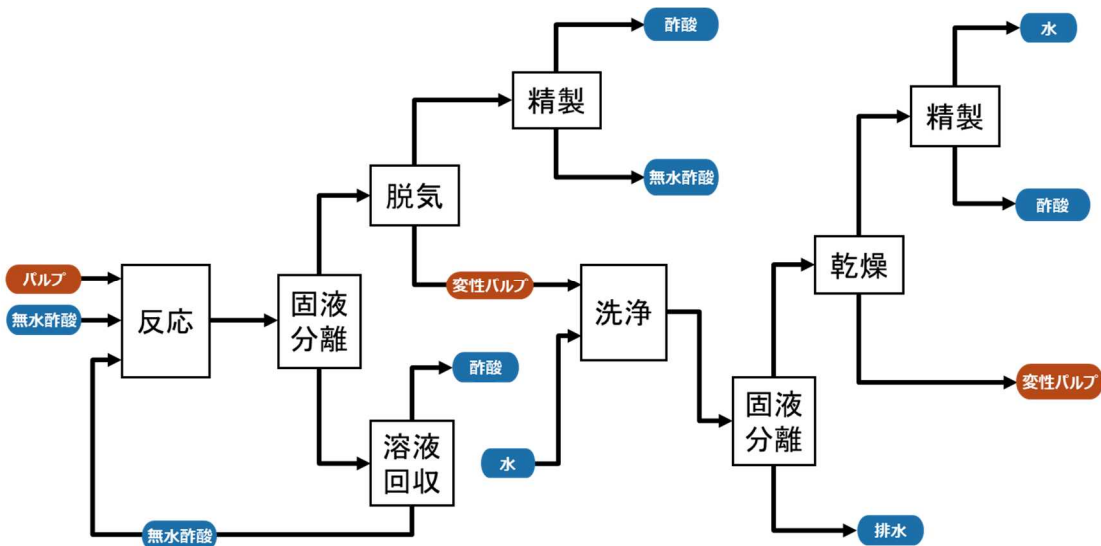


図 1.3.2.2：化学修飾（アセチル化）の量産プロセスフロー

以上のプロセス代替案および条件を考慮し、化学修飾プロセスの原単位は図 1.3.2.3 のようになった。化学修飾プロセスでの物質およびエネルギーの消費による GHG 排出であり、原料パルプ生産による負荷は含めていない。また、ここには溶液分離によって無水酢酸を回収したケースのみを含めた。無水酢酸を回収しないケースでは、無水酢酸の使用量が 10 倍以上となり、GHG 排出量も図 1.3.2.3 における最大値の 10 倍以上となることがわかった。

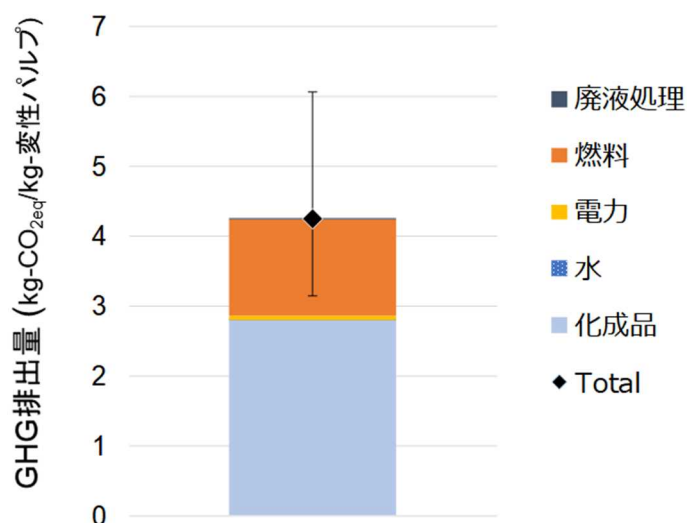


図 1.3.2.3：化学修飾プロセスの原単位

実機の電力測定による一次解繊および混練プロセスの原単位計算

化学修飾プロセスの前後にそれぞれ存在する一次解繊と混練プロセスについては、参照できるデータが存在せず、実機の電力測定を行った。一次解繊についてはリファイナーを、混練については4軸押出混練機を対象とした。いずれも、時間に対して線形に電力消費量が増大する形の電力消費プロファイルが得られ、ここから単位重量のパルプおよび変性パルプの処理に必要な電力消費量、すなわち電力消費原単位を求めた。これらの電力消費とパルプ生産にかかる GHG 排出量を、化学修飾プロセスの原単位と合計し、図 1.3.2.4 のように Ac-CNF の製造原単位を得た。なお、パルプ製造にかかる GHG 排出量は前述の環境省事業[8]で計算された値を用いた。この原単位は強化樹脂中に含まれる Ac-CNF 質量を基準とした製造原単位であり、強化樹脂の質量基準ではないことに注意されたい。

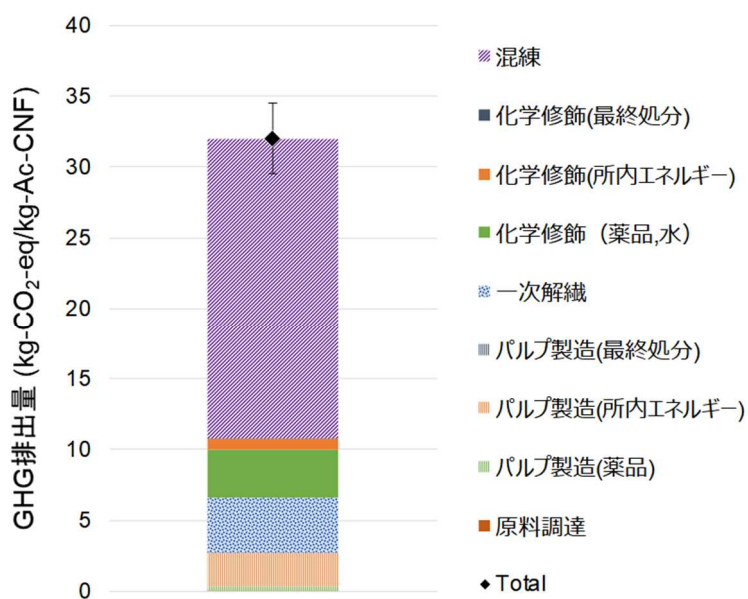


図 1.3.2.4：アセチル化 CNF（強化樹脂中の含有量基準）の製造原単位

図 1.3.2.4 では、一次解繊および混練をフォアグラウンドプロセスであると解釈して製造原単位に含めた。しかし、量産時の状態として、製紙工場において十分に叩解されたパルプが入手可能であるとすると一次解繊は不要となる。また、添加剤を汎用樹脂に混練することは既存の樹脂製造でも行われていることであり、量産時の混練プロセスはバックグラウンドプロセスであると解釈することも可能である。そこで、上記の条件を満たす形で量産化が行われると想定した場合の Ac-CNF 製造原単位は図 1.3.2.5 のようになる。

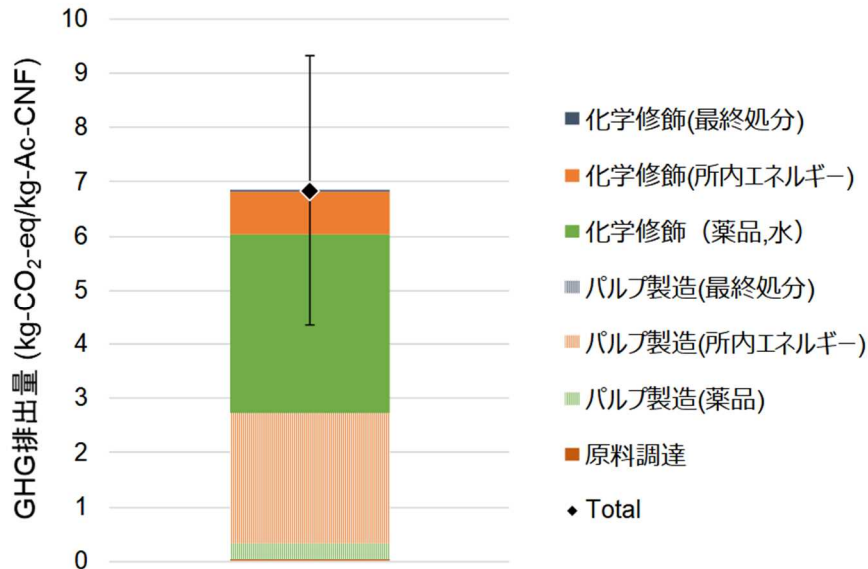


図 1.3.2.5：アセチル化 CNF の製造原単位（量産によって一次解繊と混練がバックグラウンドプロセスとなる場合）

1.3.3 考察および今後の展望

以上のように、TEMPO 酸化ナノ解繊による CNF と変性パルプ樹脂混練による CNF について、量産化効果を考慮した製造原単位を幅のある値として求めた。様々な前提条件を置いており、技術の進展とともに、有力な製造方法が特定された場合や、新たなプロセスが発見された場合には値の更新が必要となる。

また、他の CNF 製造方法の類型に属する代表的な製造方法についても評価を行うことで、類型ごとのおよその製造原単位や量産化特性を特定していくことが必要と言える。

他の類型も含めて、材料としての CNF の製造原単位を特定することで、各種用途に向けて最終製品化された際の LCA に展開することが可能となると考えられるが、既存製品との比較において、CNF によって発現される機能や特性を考慮した機能単位の設定には複雑な解釈が必要となるケースも多いと考えられ、慎重な議論と検討が必要である。

1.3.4 参考文献

1. United States Patent, Patent No. US 6,646,127 B2 (WO2002028833A2)
2. United States Patent, Patent No. US 5,663,351
3. 特開平 6-100538
4. 国立研究開発法人 産業技術総合研究所、一般社団法人 産業環境管理協会、(2017) LCI データベース IDEA version 2. 2
5. Swiss Centre for Life Cycle Inventories. Ecoinvent version 3.2, <http://www.ecoinvent.org/> (2015)
6. Mao, L., Ma, P., Law, K., & Daneault, C. (2010). Studies on Kinetics and Reuse of Spent Liquor in the TEMPO-Mediated Selective Oxidation of Mechanical Pulp. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 49, 113–116
7. Isogai, A., Saito, T., & Fukuzumi, H. (2011). TEMPO-oxidized cellulose nanofiber. *Nanoscale*, 3(71), 71–85
8. 京都大学、平成 29 年度 環境省 セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務 社会実装に向けた CNF 材料の導入実証・評価・検証～自動車分野～ 成果報告書, (2018) https://www.env.go.jp/earth/ondanka/cnf/mat40_kyoto-univH29.pdf

第2章. CNF サプライチェーンの CO₂ 削減効果の算定手法の検討

今回検討・構築する CNF サプライチェーンの CO₂ 削減効果の算定手法においては国際規格である ISO にて策定されている「ISO14040:2006」及び「ISO14044:2006」で定義されている Life Cycle Assessment (LCA) 手法をベースとして検討を勧めた。

本章の検討では、初めに既存の CO₂ 削減効果算定ガイドラインや LCA ガイドライン等を整理し、次いで CNF サプライチェーンの CO₂ 削減効果を算定方法の検討を行った。既存のガイドライン等の整理については 2.1 に、CNF サプライチェーンの CO₂ 削減効果の算定方法の検討については 2.2 に示す。

2.1 既存の CO₂ 削減効果の算定手法の整理

既存のガイドラインとして、LCA ガイドライン、削減貢献量評価等のガイドラインなどがある。今回、表 2.1.1 に示すガイドラインの整理を行い、共通事項等については新規作成のガイドラインにて引用・参照等する形で検討を行った。

表 2.1.1：整理する既存ガイドライン一覧

	発行者	発行年	ガイドライン名称
1	環境省	平成 25 年 3 月	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
2	環境省	平成 28 年 3 月	セルロースナノファイバーを用いた自動車製品に関する LCA ガイドライン (案)
3	環境省	平成 29 年 3 月	セルロースナノファイバーを用いた家電部材及び住宅建材に関する LCA ガイドライン (案)
4	環境省	平成 29 年 5 月	水素サプライチェーンにおける温室効果ガス削減効果に関する LCA ガイドライン Ver.1.0
5	一般社団法人産業環境管理協会	平成 29 年 11 月 1 日	JEMAI 環境ラベルプログラム算定・宣言規程(総則、要求事項)文書管理番号 JR-07-01
6	経済産業省	平成 30 年 3 月	温室効果ガス削減貢献定量化ガイドライン
7	日本 LCA 学会	平成 27 年 2 月 24 日	温室効果ガス排出削減貢献量算定ガイドライン

2.1.1 既存ガイドラインの種類と特徴について

表 2.1.1 に示すガイドラインのうち、1~4 の LCA ガイドラインはそれらガイドラインで対象とする LCA の実施及び機能単位あたりの削減量を評価するガイドラインである。5 に示す JEMAI 環境ラベルプログラム算定・宣言規程（以下、「算定・宣言規程」）は、階層構造を持った LCA ガイドラインの事例である。すなわちこの規程文書は、それに付随する製品群別の算定ルールである Product Category Rules (PCR)と合わせて算定可能となるガイドラインである。PCR については、「ISO/TS14027:2017」として LCA に基づいた環境コミュニケーションを実施するために PCR として設定・定義すべき内容が国際規格化されている。ISO における LCA 及び PCR の位置づけを図 2.1.1.1 に示す。

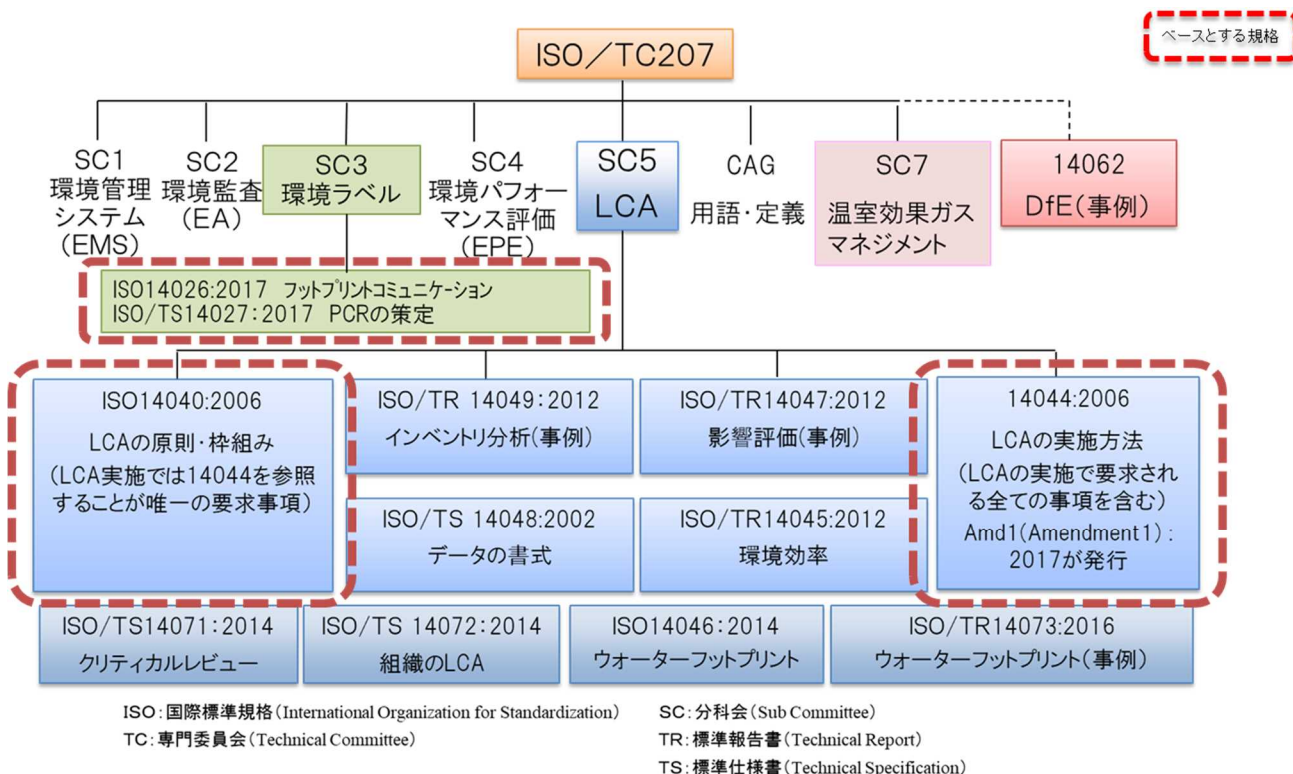


図 2.1.1.1 : ISO における LCA 及び PCR の各規格の位置づけ

また、算定・宣言規程と PCR の関係イメージを図 2.1.1.2 に示す。上位文書である算定・宣言規程では LCA を実施する上で、どのような製品・サービスを評価する際にも共通となる事項を設定しており、PCR に製品群別の細かい算定ルールが設定されている。ただし、これらの文書は表 2.1.1 にある他のガイドライン等と違い、ベースラインを設定して削減効果を求めるような「比較」について慎重な立場をとっており、評価対象製品を評価するためのガイドラインとなっている。

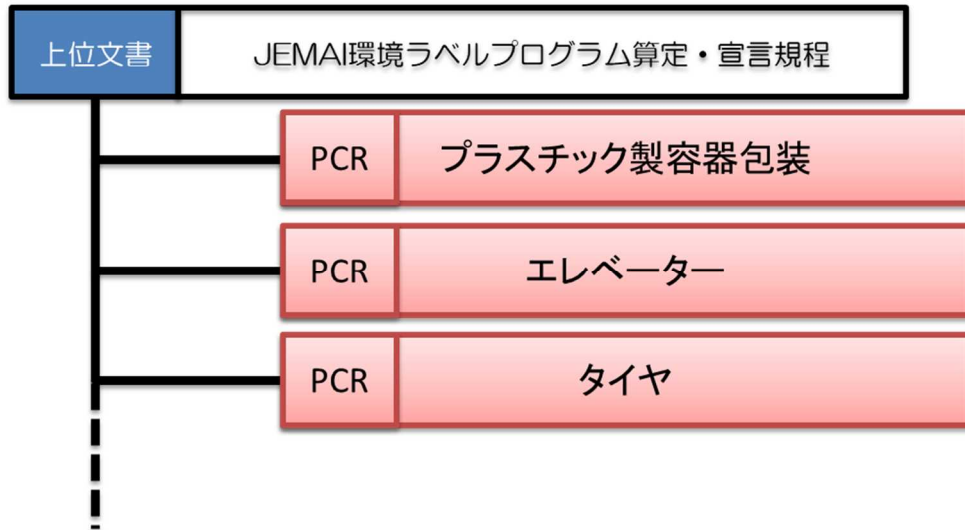
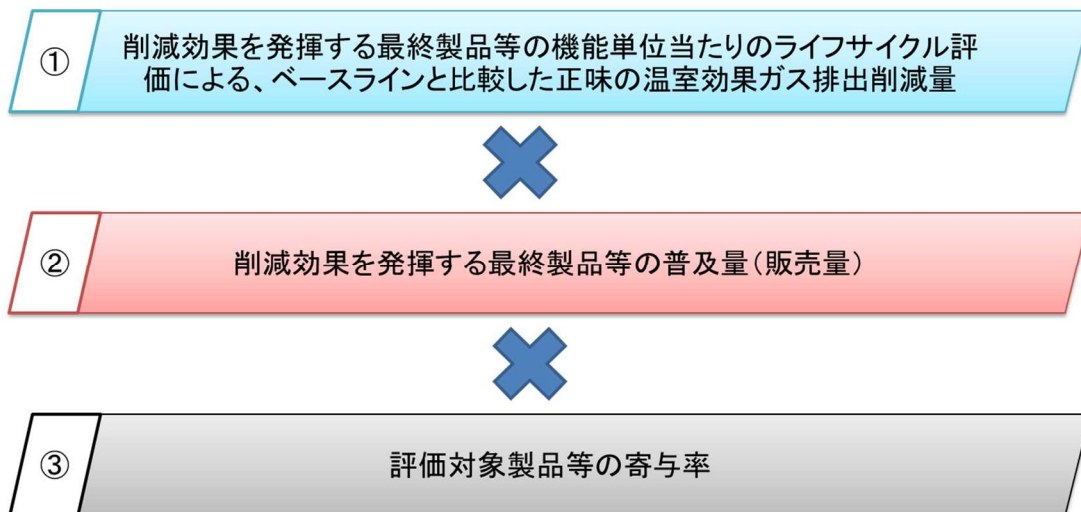


図 2.1.1.2：算定・宣言規程及び PCR の位置づけのイメージ

次に表 2.1.1 にて 6 及び 7 にある削減貢献量評価のガイドラインでは、LCA をベースとして機能単位あたりのベースラインを設定した上で CO₂ 削減量を求めた後、販売量等の普及量を乗じて算出する CO₂ 排出量の削減ポテンシャル量を「削減貢献量」と称し、その削減貢献量を評価するためのガイドラインとなっている。特に 7 の日本 LCA 学会のガイドラインにおいてはバリューチェーンの削減貢献量から、算定実施者分の寄与率をさらに乗じる形にしており、算定実施者の削減貢献量として評価するガイドラインである。この日本 LCA 学会のガイドラインにおける削減貢献量の算定方法を図 2.1.1.3 に示す。



【鶴田祥一郎；音質効果ガス削減貢献量評価の国際動向と考え方（2014年10月31日）引用】

図 2.1.1.3：日本 LCA 学会の削減貢献量ガイドラインにおける算定方法

以上、大きく 3 つのガイドラインの特性があり、これらの整理を基に、新規ガイドライン作成の検討を行った。ガイドラインの整理結果については 2.1.2 に示す。

2.1.2 既存ガイドラインの整理について

表 2.1.1 で示したガイドライン等において、以下の A～G における項目を中心としてガイドラインから抽出し、整理した。整理については 1～5 までの LCA ガイドライン、6～7 の削減貢献量のガイドラインの大きく 2 つに分けて分析を行った。なお、その整理表を参考資料 3 に示す。

- A) システム境界の設定
- B) ベースラインの設定
- C) データ収集精度
- D) カットオフ基準
- E) 資本財を評価に含めるか
- F) 配分の優先順位
- G) 原単位データベース適用の優先順位

複数の既存 LCA ガイドラインの整理の結果、以下の①～⑤に示すようにガイドライン間の不整合に関する課題が挙げられた。

- ① 用語のゆらぎ
例：比較対象システム、オリジナルシステム、ベースラインシナリオ
注：これらは同義語である
- ② 実質執筆組織によって異なる文書構成
- ③ 異なる基準
例：カットオフ基準：5%、1%、または、「原則として認めない」
- ④ 信頼性担保の手段
例：チェックリストに基づく内部レビュー、クリティカルレビュー、検証
- ⑤ 用語整理の必要性
例：算定対象、評価対象、評価対象システム、効果発現製品など

新規ガイドライン検討において、上記ガイドラインを、互いの相違に留意しながら参照した。

2.2 CNF サプライチェーンの CO₂ 削減効果の算定

2.1 で整理した既存のガイドライン等を参考とし、CNF サプライチェーンの CO₂ 削減効果算定手法の検討を行った。検討した算定方法については第 3 章に示す通り文書化を行い、参考資料 1 のガイドライン、参考資料 2 のガイダンスに分けて記載している。本章では算定方法の検討について示す。

本事業において CNF サプライチェーンの CO₂ 削減効果は LCA 手法を用いて算定することとし、CO₂ 削減効果を算定する流れとして、以下の図 2.2.1 の通り、3 ステップの工程を用意した。これは既存のガイドラインにおいて算定実施者等のニーズとして、①評価対象製品等の温室効果ガス排出量を求めたい場合、②比較対象製品等との比較を行いたい場合、③普及量を考慮した削減効果ポテンシャル量を求めたい場合の三つの場合があるものと示唆されているためである。

①を算定したい場合には、ステップ 1 のみの実施で終了してよく、②もしくは③までを算定したい場合はステップ 3 までを実施する形で整理した。

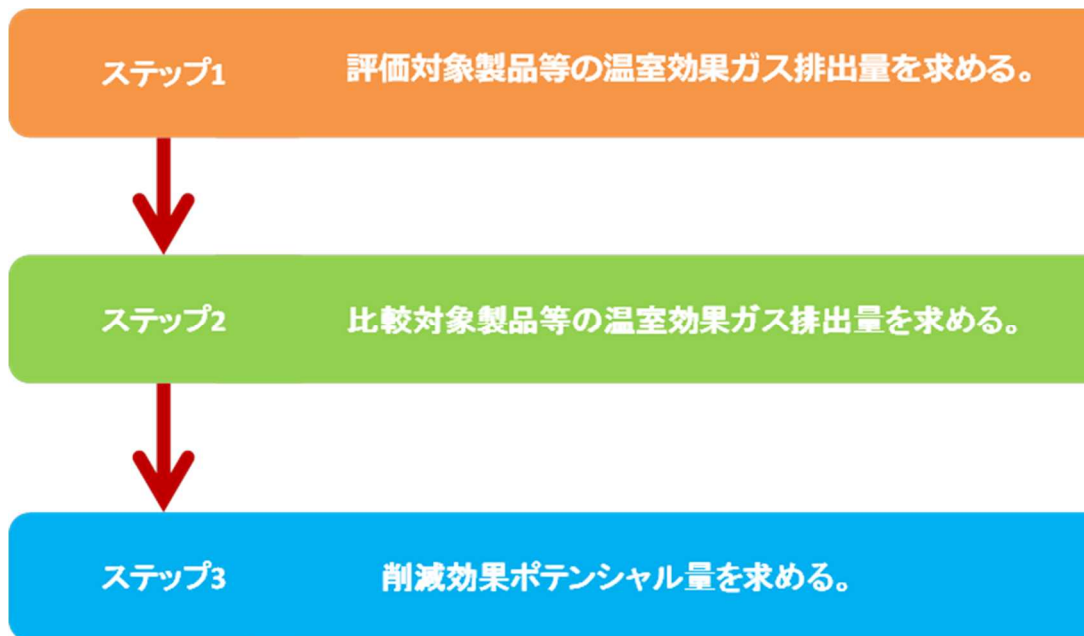


図 2.2.1：基本的なステップ

ステップ 1 では、算定実施者が設定した評価対象の製品等について、ステップ 2 では、比較対象を設定し、比較対象製品等の温室効果ガス排出量を求めることとした。

ステップ 3 では、「ステップ 2 の算定結果」－「ステップ 1 の算定結果」を計算することで算出される単位量当たりの削減量を算出し、その結果に販売・普及量を乗じることで評価対象製品等が販売・普及され、それらを考慮したトータルでの CO₂ 排出削減量を算出する。本事業では、単位量当たりの削減量を「削減効果量」と定義し、また販売・普及量を乗じたトータルでの削減量を「削減効果ポテンシャル量」と定義した。

このステップ 1～3 の詳細な考え方については 2.2.1～2.2.4 に示し、ここで整理された算定方法について第 3 章にて文書化を行うこととした。

2.2.1 評価対象製品等の算定（ステップ1）

ステップ1では、評価対象とする製品・サービス等の温室効果ガス排出量算定の評価を実施する。ステップ1における算定イメージを図2.2.2.1にイメージを示す。図2.2.2.1に示す通り、評価したい製品等のライフサイクルを考慮した算定の実施を基本とする。

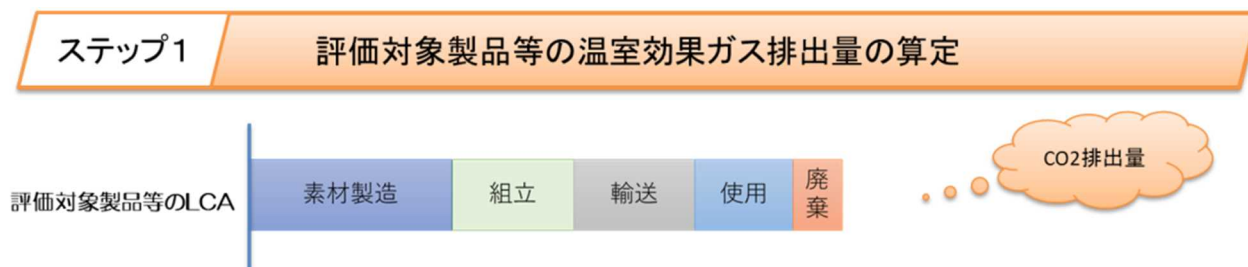


図 2.2.2.1：ステップ1のイメージ

ステップ1を算定するに当たり、既存ガイドライン等の整理より、1.目的、2.評価対象製品等、3.最終製品等、4.機能、5.機能単位、6.評価範囲、7.カットオフ基準、8.データ品質、の8つの項目について算定条件を設定する。それぞれの内容について表2.1.1.1に示す。

ステップ1における温室効果ガス排出量の算定は、設定した条件を基にデータ収集を用い、以下の式を使って温室効果ガス排出量を算定することとした。

$$\text{温室効果ガス排出量} = \Sigma (\text{活動量} \times \text{温室効果ガス排出原単位})$$

※活動量・・・原材料の投入量など、各プロセスにおけるインプット情報とアウトプット情報
温室効果ガス排出原単位・・・単位当たりの温室効果ガス排出量
原単位には地球温暖化係数（GWP）を考慮した数値を用いることが望ましい。

表 2.1.1.1：ステップ1における算定条件の設定項目

	設定項目	内容
1	目的	算定の目的を設定する。意図する用途、実施理由、想定する報告相手などがこの項目に含まれる。 算定の目的は、その後の算定に大きな影響を及ぼす項目である。例えば、評価対象製品の排出量の算定が目的であればステップ1のみであり、削減効果ポテンシャル量まで評価することが目的であればステップ3までの実施となり、データ収集等において大きな影響を及ぼす。
2	評価対象製品等	評価したい製品等を特定する。製品等にはサービスも含まれる。評価対象製品等は削減効果を発揮する最終製品等である場合や、削減効果を発揮する最終製品等の一部の機能を担う素材・部品である場合がある。ここではどちらでも評価対象製品等として設定できるものとする。
3	最終製品等	「評価対象製品等」において削減効果を発揮する最終製品等を設定した場合は、この項目でも同じ内容となるが、「評価対象製品等」において削減効果を発揮する最終製品等の一部の機能を担う部品を設定した場合、この項目では最終製品等を特定する。
4	機能	「最終製品等」の性能を踏まえて、機能を設定する。
5	機能単位	「最終製品等」の機能を踏まえて、機能単位を設定する。 機能単位とは、「機能」をある単位で定量化したものであり、「最終製品等」の使用期間や使用する地域も特定する。使用期間の設定は、「最終製品等」の法定耐用年数、物理的耐用年数、買い替えまでの期間などを参考にすることが望ましい。
6	評価範囲	目的に応じて評価対象製品等の評価を実施する際の評価範囲を設定する。 考慮すべきライフサイクルの段階として、「原材料調達段階」、「生産段階」、「流通段階」、「使用、維持管理段階」、「廃棄、リサイクル段階」の5つの段階を基本とする。中間財や、サービスの評価などの場合には、原材料調達段階及び生産段階のみや、使用段階のみなどの設定としてもよい。なお、含まれる主なプロセスを示したライフサイクルフロー図を作成することが望ましい。
7	カットオフ基準	算定のカットオフ基準について設定する。 全ライフサイクルを網羅的に調査することは事業者には過大な作業負担を課す場合があるため、簡易な試算の結果、製品特性に鑑みて明らかに寄与が小さいと判断できるプロセス・入出力に係る負荷等（例えば、マスクや軍手などの副資材の負荷）は、カットオフを行ってもよい。
8	データ品質	用いるデータの品質について設定する。 各種データの収集や前提条件を置いたシナリオの作成を行った場合、データの透明性を重視し、品質に留意することが望ましい。ラポレベルもしくは量産レベルの実データであるのか、普及時のシナリオを考慮した仮想データ等であるのかを記載した方がよい。

2.2.2 比較対象製品等の算定（ステップ2）

ステップ2では、比較対象とする製品・サービス等の温室効果ガス排出量算定の評価を実施する。ステップ1における算定イメージを図2.2.2.1にイメージを示す。

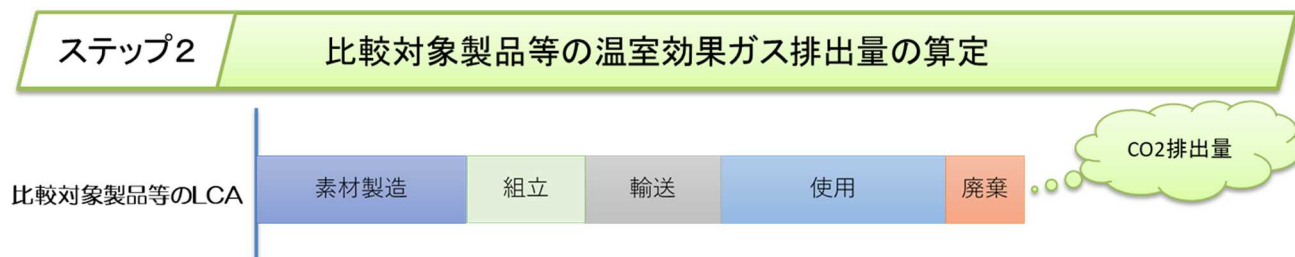


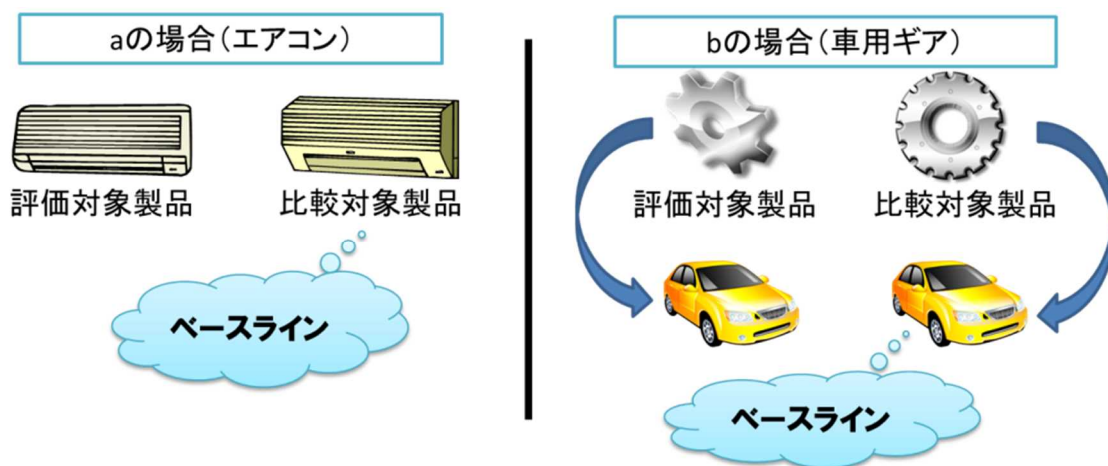
図 2.2.2.1：ステップ2のイメージ

ステップ1の「評価対象製品」とステップ2の「ベースライン」の定義についてイメージを図2.2.2.2に記載する。「a」は、評価対象製品等が、削減効果を発揮する最終製品等であるケースであり、比較対象製品等自体がベースラインとなる。「b」は、評価対象製品等が削減効果を発揮する最終製品等の一部の機能を担う部品等であるケースであり、比較対象製品等を組み込んだ最終製品等がベースラインとなる。

ステップ2にて比較対象製品等の温室効果ガス排出量の算定を実施するに当たり、2.2.1で示した8つの項目に追加して1.比較対象製品等、2.ベースライン（最終製品の場合は1.と2.が同一）、の2項目について算定条件を設定する。その内容について表2.2.2.1に示す。

ステップ2において比較対象のシナリオ設定は、2.2.1に定義する機能単位に合わせた最終製品等を設定する必要がある。

ステップ2で評価するベースラインの温室効果ガス排出量は、ステップ3で使用される。



【鶴田祥一郎；音質効果ガス削減貢献量評価の国際動向と考え方（2014年10月31日）引用】

図 2.2.2.2：比較対象製品とベースライン

表 2.2.2.1：ステップ2における算定条件の設定項目

	設定項目	内容
1	比較対象製品等	<p>評価したい製品等に対して、比較される製品等を設定する。</p> <p>削減効果ポテンシャル量の算定のためには、評価対象製品等が存在しない場合を想定し、評価対象製品等が存在する場合と比較しなければならない。</p> <p>評価対象製品等が存在しなかった場合に普及したであろう製品をここでは、比較対象製品等と定義する。</p>
2	ベースライン (比較対象製品等の最終製品等)	<p>機能単位を考慮して、ベースラインの設定をする。</p> <p>「評価対象製品等」 = 「最終製品等」の場合、「比較対象製品等」 = 「ベースライン」となり、「評価対象製品等」 = 「最終製品等の一部の機能を担う部品」の場合、「比較対象製品等を組み込んだ最終製品等」 = 「ベースライン」となる。</p> <p>「ベースライン」は「最終製品等」と機能単位が同一であることが必要である。</p>

2.2.3 削減効果ポテンシャル量の算定（ステップ3）

ステップ3にて削減効果量及び削減効果ポテンシャル量の算定を実施するに当たり、2.2.1で示した8つ及び2.2.2で示した2つの計10項目に追加して、普及量（販売量）の1項目について算定条件を設定する。その内容について表2.2.3.1に示す。

表 2.2.3.1：ステップ2における算定条件の設定項目

	設定項目	内容
1	普及量（販売量）	温室効果ガス排出量の削減効果ポテンシャル量は、実際に評価対象製品等が使用されて初めて効果が発揮されると考える。算定の目的に応じた期間において、評価対象製品等の普及量（販売量）を把握する必要がある。

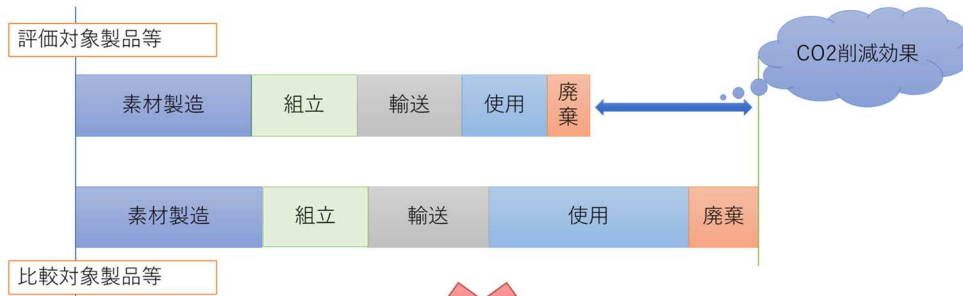
ステップ2で求めたベースラインの算定結果より、ステップ1で求めた評価対象製品等の最終製品等の算定結果を減算し、その差分を削減効果量とする。削減効果量の算定式は以下の通りである。

$$\text{削減効果量 [kg-CO}_{2e}\text{]} = (\text{ベースラインの算定結果 [kg-CO}_{2e}\text{]}) - (\text{評価対象製品等の最終製品等の算定結果 [kg-CO}_{2e}\text{]})$$

次に、削減効果量に販売量・普及量を乗じたものを削減効果ポテンシャル量とする。削減効果ポテンシャル量の算定式は以下の通りであり、削減効果量及び削減効果ポテンシャル量のイメージを図2.2.3.1に示す。

$$\text{削減効果ポテンシャル量 [kg-CO}_{2e}\text{]} = \text{削減効果量 [kg-CO}_{2e}\text{]} \times \text{普及量（販売量）}$$

評価対象製品と比較対象製品の差分を求め、販売量を乗じる。



Sales volume

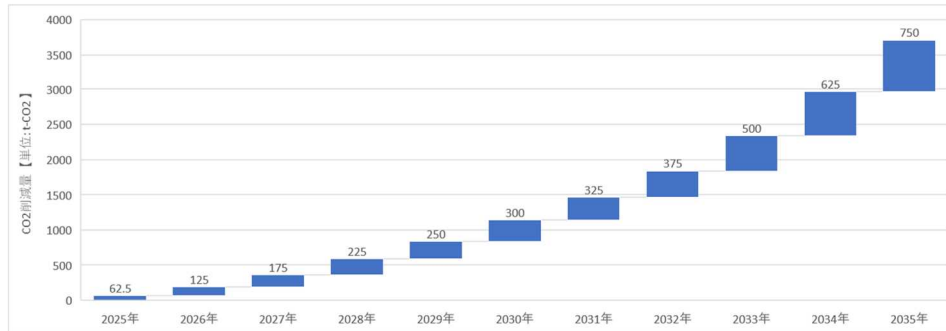
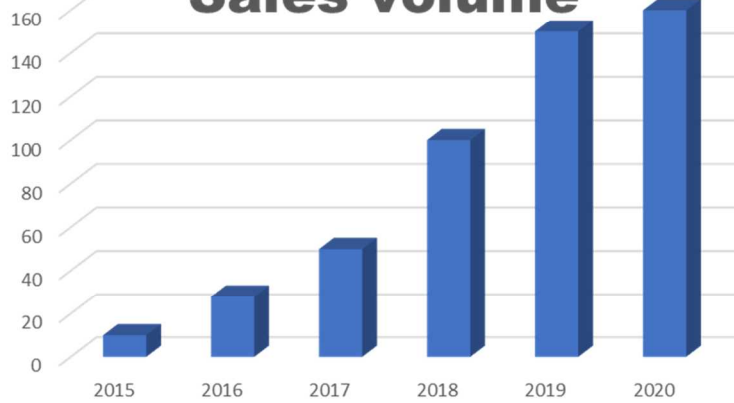


図 2.2.3.1：ステップ 3 のイメージ

2.2.4 簡易算定の方法

ステップ3の削減効果量や削減効果ポテンシャル量の算定では、ステップ1の算定結果とステップ2の算定結果の差分を求める。両者の間で同一もしくは同等のプロセスのデータが存在する場合、目的である差分においては、わざわざこのデータを収集する意味がなくなる。そこで日本LCA学会が発行する温室効果ガス排出削減貢献量算定ガイドラインにおいて評価対象製品等と比較対象製品等の評価システムにおいて同じプロセスが存在する場合、異なるプロセスについてのみデータ収集を行い、削減効果ポテンシャル量を算出する方法（簡易算定手法）が提案されている。

この手法は結果を損ねることなく算定工数を短縮するものであり、本事業でも同様に簡易算定手法を採用することとした。簡易算定のイメージを図2.2.8.1に示す。

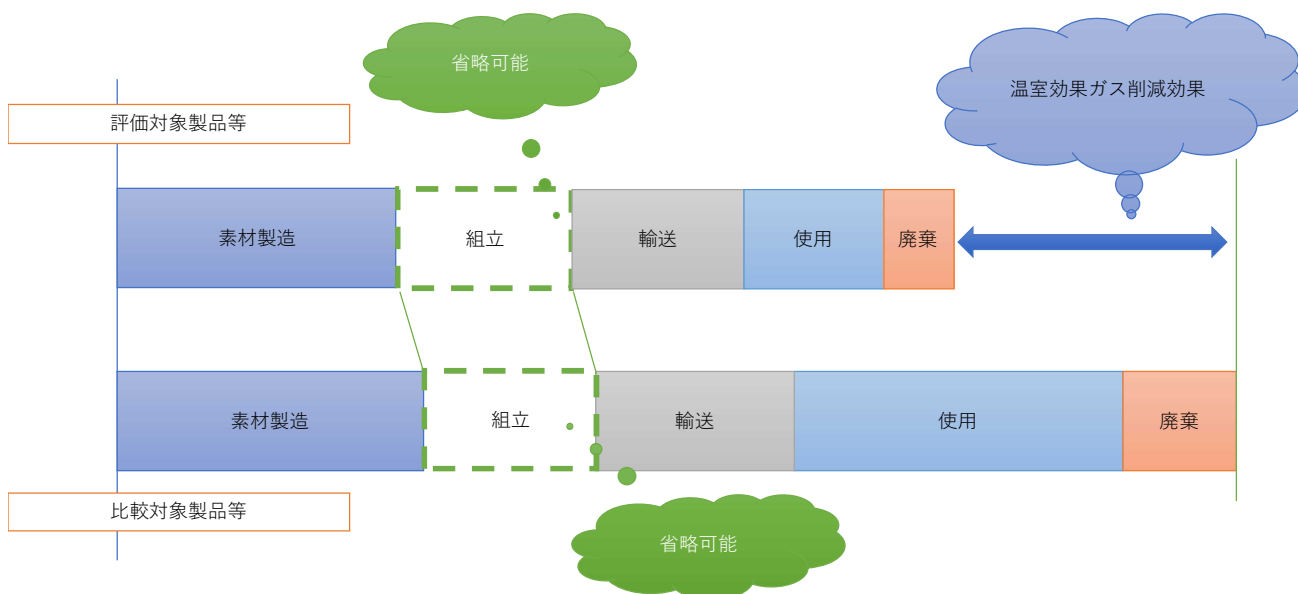


図 2.2.8.1：簡易算定のイメージ

第3章. CNF サプライチェーンの CO₂ 削減効果を評価するためのガイドラインの策定

第 2 章で検討した CNF サプライチェーンの CO₂ 削減効果の算定方法を実施するためのガイドラインを策定した。ガイドラインの策定に当たっては、既存のガイドライン等の文書体系を参考に、広範囲な製品を評価できるガイドラインとなるよう課題等を整理し、策定を行った。

3.1 ガイドラインの文書体系の検討

既存の特定製品の評価を意図した環境省の「セルロースナノファイバーを用いた家電部材及び住宅建材に関する LCA ガイドライン（案）」のような単一構造で完結するタイプ（単一構造型）と、「JEMAI 環境ラベルプログラム算定・宣言規程(総則、要求事項)」のようにどのような評価も実施可能とした、拡張性を持たせて上位文書と下位文書に分けるタイプ（階層構造型）の 2 種類がある。ガイドラインの策定に伴い、どちらが最適か整理・検討し、策定を行った。

また、事業者がガイドラインに則って設定する算定条件について、「共通ルール型」と「自己宣言型」のどちらで運用するのが最適か検討した。

3.1.1 単一構造型及び階層構造型

単一構造型と階層構造型について、特徴を整理し、以下の表 3.1.1.1 にまとめた。

表 3.1.1.1：文書体系のタイプ毎の特徴

		文書体系のタイプ	
		単一構造型	階層構造型
特徴	構成	一度に全部の説明が記載されており、一つの文書で完結する。	上位文書と下位文書に分けて文書を管理する。 上位文書には、大きな概念(共通項)など、大まかな全体像を示し、改訂する可能性が低い項目をまとめる。 下位文書では、上位文書で説明しきれなかった細かな内容を説明する。
	メリット	その文書のみを参照すれば良い。 項目が少ない場合に全体像が把握しやすい。	階層構造で管理するため、文書の利用者は目的の項目を効率的に探すことができる。文書体系の扱う範囲を柔軟に拡張しやすい。
	デメリット	様々なケースを考慮しなくてはならない場合、文書としてのボリュームが増えてしまい、利用者が参照したい箇所を探しづらくなってしまう可能性がある。	そもそもの項目数が少ない場合は、複数の文書に分けてしまうと分かりづらくなる可能性がある。

今回のガイドラインでは、CNF を用いた様々な製品に対してサプライチェーンの CO₂ 削減効果を評価したいため、製品群毎に設定する条件が異なると想定される。

文書体系のタイプを単一構造型にした場合、製品群が増えるたびにガイドラインを改訂する必要が生じてしまい、効率的ではないと判断した。拡張性を持たせるために今回策定するガイドラインは階層構造型とし、上位文書と下位文書に分けて作成することとした。

3.1.2 共通ルール型と自己宣言型

CO₂ 削減効果を計算する上で、様々な条件設定が必要となる。設定した条件が違えば算定結果も当然異なる結果となる。算定条件の設定には「共通ルール型」と「自己宣言型」があり、どちらが適切かを検討した。以下の表 3.1.2.1 に特徴をまとめた。

表 3.1.2.1：算定条件の設定について

	算定条件のタイプ	
	共通ルール型	自己宣言型
概要	運用スキームを設営する。スキームオーナーが、上位ルールに基づき製品群ごとの算定条件（下位ルール）を定める。その算定条件の ISO 適合性を専門家が検証する。妥当性確認された算定条件に従い、事業者は算定を行う。	運用スキームを設営せず、文書体系のみが提示される。文書体系では下位ルールとして事業者自らが設定すべき算定条件の項目のみを規定する。（必要に応じて規定事例を用意する。）事業者は原則として算定結果を公開する際には算定条件も併せて公開する。
信頼性担保	第三者の確認、および、算定条件の透明性で担保する。	算定条件の透明性で担保する。
拡張性	算定条件の新規策定を希望する場合、運用スキームのオーナーに申請する。	公開された算定条件を他事業者が適宜参照し、柔軟に自社算定条件が策定され、これらが WEB 等を介して蓄積されてゆく。

3.1.1 項でも述べたが、今回のガイドラインでは CNF を用いた様々な製品の評価を想定している。「共通ルール型」の場合、既存の算定条件の対象外の製品を評価したい事業者が現れたとき、新規に算定条件が策定されない限りその事業者は評価できなくなってしまう。

そのため、今回策定するガイドラインでは多様な製品に柔軟に対応できる「自己宣言型」を採用した。

各事業者はガイドラインに則って定めた算定条件を「算定条件宣言シート」として明確にし、算定結果とセットで扱うこととした。

3.2 算定条件宣言シート

自己宣言型として、ガイドラインに沿って温室効果ガス排出量の算定および削減効果ポテンシャル量の評価を行う上での最低限設定すべき条件を、資料2「算定条件宣言シート作成ガイダンス」で定めている。

設定すべき条件項目は以下の①～⑫である。

- ①目的
- ②評価対象製品等
- ③最終製品等
- ④機能
- ⑤機能単位
- ⑥評価範囲
- ⑦カットオフ基準
- ⑧比較対象製品等
- ⑨ベースライン（比較対象製品等の最終製品等）
- ⑩普及量（販売量）
- ⑪データ品質
- ⑫出典

「算定条件宣言シート」の各条件項目についての説明および記載例は「算定条件宣言シート作成ガイダンス」に記載している。

前項でも述べたように、算定結果がどのような条件で得られた数値であるかを明確にするため、「算定条件宣言シート」と算定結果は常にセットで扱うこととする。

上記①～⑫は、ステップ3の削減効果ポテンシャル量を求める上で重要な条件項目である。この項目は2.1.2で整理した既存のガイドラインから最低限押さえておくべき共通項として抽出している。

3.3 検証（レビュー）の有無

今回採用した「自己宣言型」では客観性あるいは信頼性を、算定条件の公開という形で担保するが、信頼性をさらに向上させたい場合には、算定事業者は適宜、有識者などの検証（レビュー）を受けることができる。データのトレーサビリティの確保の確認や、設定した算定条件の不備が是正され、これにより信頼性が向上される。

第4章. CNF 等の次世代素材活用推進事業における CO₂ 削減効果等の検討

本事業では、平成 27 年度以降に環境省が実施している「セルロースナノファイバー(CNF)等の次世代素材活用推進事業」において実証する CNF 利活用の現在及び将来(2025 年～2035 年)の CO₂ 削減効果や CNF 供給価格等についての検討を行った。

4.1 CNF 等の次世代素材活用推進事業における CO₂ 削減効果等の整理

平成 27 年度以降に実施している「セルロースナノファイバー(CNF)等の次世代素材活用推進事業」の一覧を表 4.1.1 に示す。「セルロースナノファイバー(CNF)等の次世代素材活用推進事業」は、事業目的によってさらに以下の 3 つの業務に分類されている。

I. セルロースナノファイバー製品製造工程の低炭素化対策の立案実証委託業務：

現状製法によって作成された製品と同等以上の性能を確保しつつ、CNF 複合樹脂材料の製造から CNF 製品の成形加工に至るまでの製造時の CO₂ 排出の総量が従来材料より少ない CNF 複合樹脂製品の実現を目的とする。

II. セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務：

CNF 活用材料で部品等を試作し、実機に搭載することで製品としての信頼性、CO₂ 削減効果等の性能評価を実施するとともに、早期社会実装に向けた導入実証を行うことを目的とする。

III. セルロースナノファイバーリサイクルの性能評価等事業委託業務

CNF 樹脂複合材（材料）を製造する段階での易リサイクル性、リサイクル材料の性能評価の実証を行い、課題を明らかにし、課題解決することを目的とする。

本事業では、過年度の報告書のレビューを中心に必要に応じて実施事業者へのヒアリング調査を実施し、事業ごとに表 4.1.2 に示す 10 項目を整理した。加えて、各事業の成果が社会全体に及ぼす波及効果等を定量的に示した。ただし後述する理由から上記の分類のうち II に属する事業のみを対象とした。

表 4.1.1：対象事業一覧

業務分類	事業期間	代表事業者	事業名
I	平成 27 年度～28 年度	大王製紙株式会社	セルロースナノファイバー 製品製造工程の低炭素化対策の立案事業委託業務(低炭素型ナノセルロース複合ゴム製造工程の開発)
I	平成 27 年度～29 年度	国立大学法人愛媛大学紙産業 イノベーションセンター	セルロースナノファイバー 製品製造工程の低炭素化対策の立案事業委託業務(非加熱プロセスによる樹脂混練用 CNF の製造 - CNF 脱水・溶媒置換法の確立 -)
I	平成 27 年度～29 年度	パナソニック株式会社	セルロースナノファイバー 製品製造工程の低炭素化対策の立案事業委託業務(セルロースナノファイバー製品製造工程における CO ₂ 排出削減に関する技術開発)
II	平成 27 年度～29 年度	第一工業製薬株式会社	セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務(セルロースナノファイバーを適用したアイドリングストップ車用リチウムイオン電池の実用化に向けた課題抽出)
II	平成 27 年度～29 年度	九州大学大学院 農学研究院	セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務(多機能性・竹ナノセルロースの低エネルギー型生産プロセスの確立)
II	平成 27 年度～29 年度	トクラス株式会社	セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務(セルロースナノファイバー添加ウッドプラスチックによる自動車内装部品の軽量化)
II	平成 27 年度～29 年度	トヨタ車体株式会社	セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務(セルロースナノファイバーを用いた機能部品の軽量化検討)
II	平成 28 年度～30 年度	国立大学法人静岡大学	セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務(セルロースナノファイバーを利用した住宅部品高断熱化による CO ₂ 削減)
II	平成 28 年度～29 年度	パナソニック株式会社	セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務(CNF の家電製品搭載に向けた性能評価および導入実証)
II	平成 29 年度～31 年度	国立大学法人京都大学	セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務(社会実装に向けた CNF 材料の導入実証・評価・検証～自動車分野～)
II	平成 29 年度～31 年度	株式会社日建ハウジングシステム	セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務(竹 CNF を活用した建材の開発と、既築集合住宅への実装による CO ₂ 削減効果の実証)
III	平成 29 年度～31 年度	トヨタ車体株式会社	セルロースナノファイバーリサイクルの性能評価等事業委託業務(セルロースナノファイバーを用いた自動車部品のリサイクル性に関する検討)
III	平成 29 年度～31 年度	パナソニック株式会社	セルロースナノファイバーリサイクルの性能評価等事業委託業務(セルロースナノファイバー複合樹脂の高速選別および高強度加工法の開発)
III	平成 29 年度～31 年度	先端バイオマス 利用コンソーシアム (国立大学法人静岡大学)	セルロースナノファイバーリサイクルの性能評価等事業委託業務(樹脂製品機能性添加剤用途をターゲットとしたセルロースナノファイバー複合材廃材のリサイクルモデル評価)

表 4.1.2：整理項目

整理項目	調査・試算方法
①CNF 製品等名称	当該事業で新たに試作している CNF 製品を各事業の成果報告書からレビューした。
②CNF 製造方法	当該事業で活用している CNF の製造方法を各事業の成果報告書からレビューした。製造方法の記載が無い事業については、「不明」とした。
③対象（現行）製品等	当該事業で開発している CNF 製品の現行製品の材料を各事業の成果報告書からレビューした。
④CNF 供給者	当該事業で活用している CNF の供給者を各事業の成果報告書からレビューした。供給者の記載が無い事業については、「不明」とした。
⑤CNF 供給価格	当該事業で活用している CNF の供給価格を各事業の成果報告書および「セルロースナノファイバー関連サンプル提供企業一覧」（京都市産業技術研究所作成）からレビューした。供給価格の記載が無い事業については、「不明」とした。
⑥CNF の導入目的	当該事業で試作対象とした製品に CNF を活用する目的を各事業の成果報告書からレビューした。
⑦CNF 製品のライフサイクル	当該事業で試作した CNF 製品の CO ₂ 排出量の評価にかかるシステム境界を当該事業の成果報告書からレビューした。一部の事業については、事業内で評価されていない製品使用時の CO ₂ 排出量を産業環境管理協会試算した。
⑧現行製品のライフサイクル	当該事業で試作した CNF 製品の現行製品（現行材料による）CO ₂ 排出量の評価にかかるシステム境界を当該事業の成果報告書からレビューした。一部の事業については、事業内で評価されていない製品使用時の CO ₂ 排出量を産業環境管理協会試算した。
⑨現在の CO ₂ 削減量	当該事業の成果報告書をもとに、上記⑦、⑧のシステム境界で評価した CNF 製品の CO ₂ 排出量と現行製品の CO ₂ 排出量を比較し、必要に応じて当該事業を実施した事業者へのヒアリングを行い、CNF 製品 1 単位当たりのライフサイクルでの CO ₂ 削減量をレビューした。一部の事業については、事業内で評価されていない製品使用時の CO ₂ 排出削減量を産業環境管理協会試算した。
⑩普及量	当該事業で試作した CNF 製品の将来（2025 年～2035 年）における普及量を業界等の目標値や、研究機関が発表している文献等により産業環境管理協会試算した。

本事業では、第2章及び第3章で検討した結果を踏まえ、上記で整理した⑨「CNF製品1単位あたりのライフサイクルでのCO₂削減量」に、⑩で整理した「将来（2025年～2035年）の普及量」を乗ずることで、各事業の成果が社会全体に及ぼす波及効果を「将来のCO₂削減効果ポテンシャル量」として定量的に示すこととした。算出方法は次式の通り。

$$\text{【CNF製品・部品等 } i \text{ の将来のCO}_2\text{削減効果ポテンシャル量】} = \sum_j (C_i \times S_j) \quad \dots \text{式}$$

C_i = 評価対象となるCNF製品・部品等 i の1単位あたりのCO₂削減量

S_j = 2025年～2035年における評価対象年 j における普及量（販売量）

次節4.2において、上記10の整理項目に将来のCO₂削減効果ポテンシャル量を加えた各事業の整理表を取りまとめた。

4.2 CO₂削減効果や CNF 供給価格等の試算及び情報整理

4.1 項で示した通り、「セルロースナノファイバー(CNF)等の次世代素材活用推進事業」においては 3 つの業務がある。それらのうち、「Ⅰ.セルロースナノファイバー製品製造工程の低炭素化対策の立案実証委託業務」及び「Ⅲ.セルロースナノファイバーリサイクルの性能評価等事業委託業務」に分類される各事業をそれぞれ表 4.2.1 及び表 4.2.2 に示す。

前者の「Ⅰ.セルロースナノファイバー製品製造工程の低炭素化対策の立案実証委託業務」は CNF 複合樹脂や CNF 製品の成形加工における CO₂ 排出削減を目的としており、また後者の「Ⅲ.セルロースナノファイバーリサイクルの性能評価等事業委託業務」においては、早期に CNF 製品のリサイクル性を検討することで、CNF 材料のマテリアルリサイクルに係る課題を前広に整理、解決し、CNF 製品の社会普及の環境を整えることを目的としている。そのため、これら 2 業務においては、特定の CNF 製品を対象としておらず、上記①～⑩の整理項目での分類が難しい。

表 4.2.1：セルロースナノファイバー製品製造工程の低炭素化対策の立案実証委託業務の各評価内容

代表事業者	事業内での評価項目（平成 28 年及び 29 年度成果報告書より整理）
大王製紙株式会社	<ol style="list-style-type: none"> 1. 乾燥プロセスの選定・最適化および CO₂ 発生量評価 2. CNF 乾燥時の凝集防止・強度向上技術の開発 3. ゴムへの混練プロセス開発・性能評価・CO₂ 発生量評価 4. 製造工程の低炭素化対策の立案
パナソニック株式会社	<ol style="list-style-type: none"> 1. CNF 複合樹脂材料の全乾式製法の開発 2. CNF 複合樹脂材料の成形加工法の開発
国立大学法人愛媛大学紙産業イノベーションセンター	<ol style="list-style-type: none"> 1. 曇点抽出法の確立及び多層ワイヤー脱水技術の開発 2. 脱水および溶媒置換 CNF の樹脂混練の評価 3. 製造工程の低炭素化対策の立案

表 4.2.2：セルロースナノファイバーリサイクルの性能評価等事業委託業務の各評価内容

代表事業者	事業内での評価項目（平成 29 年度成果報告書より整理）
トヨタ車体株式会社	<ol style="list-style-type: none"> 1. 射出成型時の部品製造条件の分類の評価 2. 成形温度および射出成型機内の材料滞留による CNFRP の劣化が材料特性へ与える影響の評価 3. 繰り返し成形性の評価
パナソニック株式会社	<ol style="list-style-type: none"> 1. 選別工法の開発 2. 再生工法の開発
先端バイオマス利用 コンソーシアム (国立大学法人静岡大学)	<ol style="list-style-type: none"> 1. マテリアルリサイクル技術の実証 2. 再生利用の仕組み検証 3. 社会実装の検証

上記理由により、本事業においては「Ⅱ.セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務」

に分類される 8 事業を検討対象として各事業の社会全体に及ぼす波及効果を整理することとした。各事業において開発を検討している CNF 製品等（整理項目①に該当）を表 4.2.3 に示す。ただし、「セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務(竹 CNF を活用した建材の開発と、既築集合住宅への実装による CO₂ 削減効果の実証)」においては、平成 30 年度からの事業であり、現在実データ等を収集している段階である。そのため、それを除く 7 事業において 4.1 の①～⑩の項目を整理した。

なお、4.1 で整理した通り、ライフサイクルでの評価となるよう各事業の報告書等で不足しているデータにおいては追加で収集し、単位当たりの CO₂ 削減効果として試算した。その結果に、別途調べた普及量に乗じる形で CO₂ 削減効果ポテンシャル量とした。単位当たりの CO₂ 削減効果の算出にあたっては、量産化を見越した CNF 原単位等を用いることが望ましいため、第一章の量産化を考慮した TEMPO 酸化ナノ解繊による CNF と変性パルプ樹脂混練による CNF の原単位を用いた算定が可能な事業においては、それも考慮した試算とした。

各事業の整理結果は 4.2.1～4.2.7 に示す。

表 4.2.3：セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務の各事業における検討製品

代表事業者	事業名	対象製品
第一工業製薬株式会社	セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務 (セルロースナノファイバーを適用したアイドリングストップ車用リチウムイオン電池の実用化に向けた課題抽出)	ISS 車用 CNF 適用 リチウムイオン電池
国立大学法人 九州大学 大学院農学研究院	セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務 (多機能性・竹ナノセルロースの低エネルギー型生産プロセスの確立)	ACC-ナノセルロース/PP コン ポジット素材による自動車部品
トクラス株式会社	セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務 (セルロースナノファイバー添加ウッドプラスチックによる自動車内装部品の軽量化)	CNF 添加 WPC 自動車部品
トヨタ車体株式会社	セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務 (セルロースナノファイバーを用いた機能部品の軽量化検討)	CNFRP 製自動車用 バッテリーキャリア
国立大学法人 静岡大学	セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務 (セルロースナノファイバーを利用した住宅部品高断熱化による CO ₂ 削減)	CNF 添加住宅部材
パナソニック株式会社	セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務 (CNF の家電製品搭載に向けた性能評価および導入実証)	CNFRP 製冷蔵庫部品
国立大学法人 京都大学	セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務 (社会実装に向けた CNF 材料の導入実証・評価・検証～自動車分野～)	NCV (ナノセルロース自動車)
株式会社 日建ハウジングシステム	セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務 (竹 CNF を活用した建材の開発と、既築集合住宅への実装による CO ₂ 削減効果の実証)	CNF 活用住宅部材・建材

4.2.1 第一工業製薬株式会社

平成 27 年度～29 年度に実施された「セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務(セルロースナノファイバーを適用したアイドリングストップ車用リチウムイオン電池の実用化に向けた課題抽出)」における情報整理を行った。

単位当たりの CO₂ 排出量及び普及量の考えを以下の A 及び B に示す。

本事業では、「Idling Stop System (ISS)車用 CNF 適用リチウムイオン電池」の検討を行っており、比較対象の現行製品は「ISS 車用鉛蓄電池」となっている。

自動車部品であるため、1 台当たりのライフサイクルでの CO₂ 削減量をもとめ、普及量を乗じて 2025 年～2035 年の試算を行った。

A) 1 台当たりの CO₂ 削減量

上記事業の平成 29 年度の成果報告書では 1 台当たりの廃棄（分解・解体～破碎・選別）時の CO₂ 排出量の評価の記載がないため、CO₂ 排出削減量を産業環境管理協会が試算した。原材料調達～製造～走行における CO₂ 排出削減量（p96 参照）に廃棄時の CO₂ 排出削減量を加えて、0.087t-CO₂/台（10 年で 10 万 km 走行として試算）とした。

B) 普及量の試算

普及量は報告書等から読み取れなかったため、産業環境管理協会が試算を行った。試算については、以下の 1～4 の通り考慮し、表 4.2.1.1 の通り普及量を算出した。

1. 2025 年～2035 年における世界の自動車の普及台数を「ETP(Energy Technology Perspectives) 2017 (IEA)」を基に産業環境管理協会が想定
2. 2025 年～2035 年における世界のガソリン車割合を「ETP(Energy Technology Perspectives) 2017 (IEA)」を基に産業環境管理協会が想定

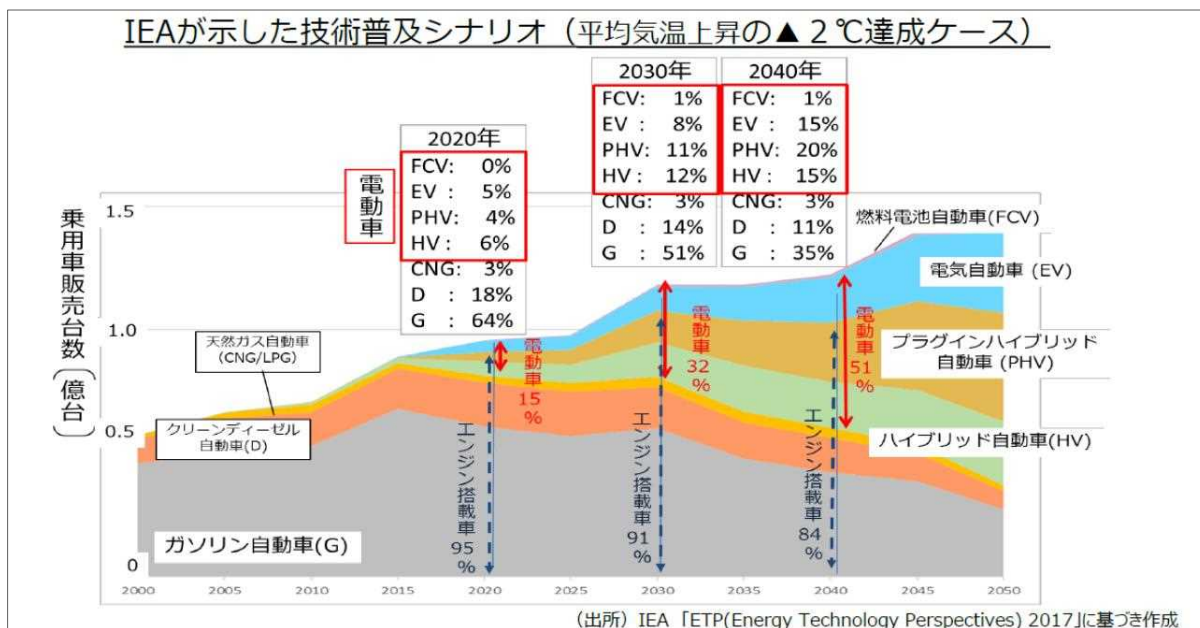


図 4.2.1.1：IEA による自動車の技術普及シナリオ
(出典：経済産業省 自動車新時代戦略会議 第1回資料)

3. 2014年時点でのISSの普及率は50%～60%程度であり、2020年までには80%に達する（「アイドルストップシステム世界市場2015（矢野経済研究所）」）とことから、2025年～2035年におけるISSの普及率を産業環境管理協会で想定
4. 2025年における当該製品の採用率の目標を5%（成果報告書）としていることから、2025年～2035年における当該製品搭載車の割合を産業環境管理協会で想定

上記1～4を基に試算した普及量を表4.2.1.1に示す。

表 4.2.1.1：CNF製品の普及量予測

	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
自動車普及台数(万台)	10,000	10,400	10,800	11,200	11,600	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000
ISS車台数(万台)	3,600	3,744	3,888	4,004	4,147	3,900	3,900	3,900	3,780	3,780	3,360
ガソリン車割合	60%	60%	60%	55%	55%	50%	50%	50%	45%	45%	40%
ISS機能搭載割合	60%	60%	60%	65%	65%	65%	65%	65%	70%	70%	70%
CNF-LIBシェア	5%	5%	5%	5%	5%	8%	8%	8%	8%	8%	10%
普及量(万台)	180	187	194	200	207	312	312	312	302	302	336

上記試算を踏まえ表4.2.1.2の通り整理した。

表 4.2.1.2：第一工業製薬株式会社の整理表

事業名称	セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務 (セルロースナノファイバーを適用したアイドリングストップ車用リチウムイオン電池の実用化に向けた課題抽出)									
事業実施代表者	第一工業製薬株式会社									
CNF製品等名称	ISS車用CNF適用リチウムイオン電池 (LIB)									
CNF製造方法	TEMPO酸化	対象 (現行) 製品等				ISS車用鉛蓄電池				
CNF供給者	第一工業製薬株式会社	CNF供給価格				5,000~10,000 (京都市産業技術研究所調べ)			円/kg	
CNFの導入目的	正極塗工液の水系化、電池劣化の改善 (長寿命化)、高入出力特性 (搭載容量の低減=軽量化)									
対象CNF製品等のライフサイクル	木材チップ~CNF~CNF適用LIB~使用 (走行) ~廃棄									
比較製品等のライフサイクル	鉛電池材料~鉛電池~使用 (走行) ~廃棄									
備考	-									
単位当たりのCO ₂ 削減量	0.087				【単位：t-CO ₂ /台】					
販売量<普及量> 【単位：万台】 ※世界市場										
2025年	2026年	2027年	2028年	2029年	2030年	2031年	2032年	2033年	2034年	2035年
180	187	194	200	207	312	312	312	302	302	336
備考				◇販売量については「平成29年度事業報告書 (第一工業製薬株式会社)」、「HEV、EV関連市場徹底分析調査 2016年版 (富士経済)」、「ETP (Energy Technology Perspectives) 2017 (IEA)」に基づき、産業環境管理協会が試算。						
CO ₂ 削減効果ポテンシャル量 【単位：t-CO ₂ 】										
2025年	2026年	2027年	2028年	2029年	2030年	2031年	2032年	2033年	2034年	2035年
156,766	163,036	169,307	174,358	180,585	271,727	271,727	271,727	263,366	263,366	292,629

年	削減効果ポテンシャル量 (t-CO ₂)
2025年	156,766
2026年	163,036
2027年	169,307
2028年	174,358
2029年	180,585
2030年	271,727
2031年	271,727
2032年	271,727
2033年	263,366
2034年	263,366
2035年	292,629

4.2.2 国立大学法人九州大学 大学院農学研究院

平成 27 年度～29 年度に実施された「セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務(多機能性・竹ナノセルロースの低エネルギー型生産プロセスの確立)」における情報整理を行った。

単位当たりの CO₂ 排出量及び普及量の考えを以下の A 及び B に示す。

本事業では、「ACC-ナノセルロース/PP コンポジット素材による自動車部品」の検討を行っており、比較対象の現行製品は「ポリプロピレン (PP) 製自動車部品」となっている。

自動車部品であるため、1 台当たりのライフサイクルでの CO₂ 削減量をもとめ、普及量を乗じて 2025 年～2035 年の試算を行った。

A) 1 台当たりの CO₂ 削減量

上記事業の成果報告書では 1 台当たりの CO₂ 排出量の評価の記載がないため、下記の 1～5 の通りライフサイクルでの CO₂ 排出量削減量を産業環境管理協会が算出した。試算結果として、0.00167t-CO₂/台とした。

1. 「重量 500g」相当の自動車部品 (PP 成形品、ピラー×2 or ドリンクボックス×2 or スカッフプレート×1 などに相当)を当該 CNF 素材で代替することを想定
2. 従来品 (PP) と同等の引っ張り強度を勘案した (「上記事業」平成 29 年度成果報告書、p125 参照) CNF 部材の重量を試算することで、走行時の CO₂ 排出削減量を産業環境管理協会が算出
3. 従来品 (PP) と当該 CNF 素材を使用した部品の重量の差分を試算することで、使用済み自動車の廃棄時の CO₂ 排出削減量を産業環境管理協会が算出
4. 自動車走行時の CO₂ 排出量はトヨタ車体成果報告書 (「セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務(セルロースナノファイバーを用いた機能部品の軽量化検討)平成 29 年度成果報告書」、p106) より参照の上、年間平均走行距離 10,000km と平均使用年数 10 年 (「CNF を用いた自動車製品に関する LCA ガイドライン (案) (平成 28 年 3 月)」を引用) に変更し、次式で算出
$$\text{【走行時の CO}_2\text{ 排出量】} = \text{【製品重量】} \times \text{【0.15】} (\text{g-CO}_2\text{/kg-製品重量/km-走行}) \times \text{【10,000】} (\text{km/年}) (\text{年間平均走行距離}) \times \text{【10.0】} (\text{年}) (\text{平均使用年数})$$
5. 成果報告書記載の原料製造～射出成型に係る CO₂ 排出削減量に 3 及び 4 で算出した数値を加算して 1 台当たりの CO₂ 削減量を産業環境管理協会が算出

B) 普及量の試算

普及量は報告書等から読み取れなかったため、産業環境管理協会が試算を行った。試算については、以下の 1～3 の通り考慮し、表 4.2.2.1 の通り普及量を算出した。

1. 2025年～2035年における世界の自動車の普及台数を「ETP(Energy Technology Perspectives) 2017 (IEA)」を基に産業環境管理協会が想定 (図 4.2.1.1 参照)
2. 2025年の国内新車販売台数が約500万台 (「新車販売台数の長期予測に係る調査」、野村総合研究所) であることから2025年時点において、国内で販売される新車の5% (約25万台) に当該CNF部材が採用されると産業環境管理協会が想定 (全世界の自動車普及台数の0.25%相当)

悲観シナリオでは、今後20年間(2013→33年度)で、自動車の新車販売台数は約569万台から約432万台まで減少する

■ 車種別の新車販売台数は、小型/普通乗用車は約302→243万台、軽乗用車は約182→157万台、小型/普通貨物車は約40→15万台、軽貨物車は約44→16万台、乗合車(バス)は約1.2→0.6万台となる見通し

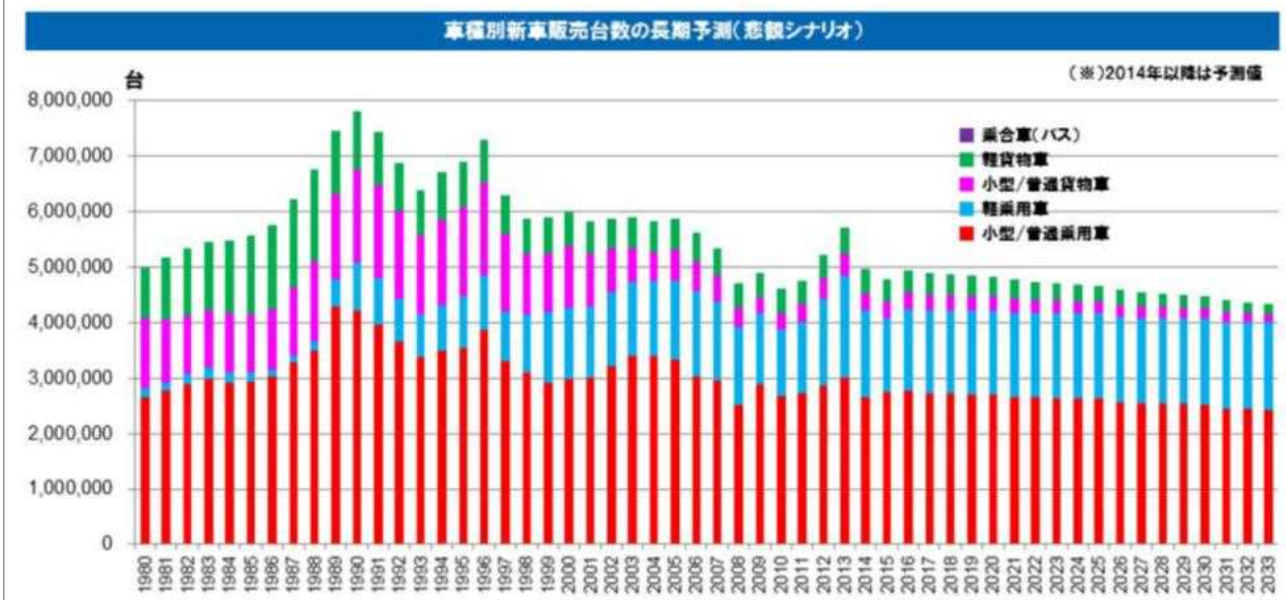


図 4.2.2.1：日本国内での新車販売台数の長期予測
(出典：新車販売台数の長期予測に係る調査)、野村総合研究所、2014年)

3. 2025年～2035年におけるCNF部材採用率を表 4.2.2.1の通り産業環境管理協会が想定

上記1～3を基に試算した普及量を表 4.2.2.1に示す。

表 4.2.2.1 : CNF 製品の普及量予測

西暦	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
全自動車 (万台)	10,000	10,400	10,800	11,200	11,600	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000
CNF 部材 採用率	0.25%	0.30%	0.35%	0.40%	0.45%	0.50%	1.00%	1.50%	2.00%	2.50%	3.00%
CNF 部材 搭載車 (万台)	25	31	38	45	52	60	120	180	240	300	360

上記試算を踏まえ表 4.2.2.2 の通り整理した。

表 4.2.2.2：国立大学法人九州大学 大学院農学研究院の整理表

事業名称	セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務 (多機能性・竹ナノセルロースの低エネルギー型生産プロセスの確立)									
事業実施代表者	国立大学法人九州大学大学院農学研究院									
CNF製品等名称	竹ACC-ナノセルロース樹脂複合材 (PP) を利用した自動車用部品									
CNF製造方法	水中カウンターコリジョン (ACC) 法	対象 (現行) 製品等				PP製自動車用部品				
CNF供給者	中越パルプ工業株式会社	CNF供給価格				不明		円/kg		
CNFの導入目的	自動車部材の軽量化 (薄肉化) 及び低温での射出成型による製造時のCO ₂ 排出量の削減									
対象CNF製品等のライフサイクル	木材チップ～パルプ化～CNF～CNFRP部材～使用 (走行) ～廃棄									
比較製品等のライフサイクル	樹脂材料～樹脂製部材～使用 (走行) ～廃棄									
備考	-									
単位当たりのCO ₂ 削減量	0.00167				【単位：t-CO ₂ /台】					
販売量<普及量> 【単位：万台】 ※世界市場										
2025年	2026年	2027年	2028年	2029年	2030年	2031年	2032年	2033年	2034年	2035年
25	31	38	45	52	60	120	180	240	300	360
備考	◇走行時のCO ₂ 排出量は産業環境管理協会が試算。 ◇販売量については、「ETP(Energy Technology Perspectives) 2017 (IEA)」に基づき、産業環境管理協会が試算。									
CO ₂ 削減効果ポテンシャル量 【単位：t-CO ₂ 】										
2025年	2026年	2027年	2028年	2029年	2030年	2031年	2032年	2033年	2034年	2035年
417	521	631	748	871	1,001	2,003	3,004	4,006	5,007	6,009

年	削減効果ポテンシャル量 (t-CO ₂)
2025年	417
2026年	521
2027年	631
2028年	748
2029年	871
2030年	1,001
2031年	2,003
2032年	3,004
2033年	4,006
2034年	5,007
2035年	6,009

4.2.3 トクラス株式会社

平成 27 年度～29 年度に実施された「セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務(セルロースナノファイバー添加ウッドプラスチックによる自動車内装部品の軽量化)」における情報整理を行った。

単位当たりの CO₂ 排出量及び普及量の考えを以下の A 及び B に示す。

本事業では、「CNF 添加ウッドプラスチック (WPC) 素材による自動車用部品」の検討を行っており、比較対象の現行製品は「自動車用タルク充填プラスチック部品」となっている。

自動車部品であるため、1 台当たりのライフサイクルでの CO₂ 削減量をもとめ、普及量を乗じて 2025 年～2035 年の試算を行った。

A) 1 台当たりの CO₂ 削減量

上記事業の平成 29 年度の成果報告書より下記 1～3 の条件で 1 台当たりの CO₂ 排出削減量を算出した。試算結果として、0.00096t-CO₂/台 (10 年で 10 万 km 走行として試算) とした。

1. CNF 添加 25%コンパウンド CNF 添加 WPC ソリッド成形品で試算 (「上記事業」平成 29 年度成果報告書 p94 参照)
2. 自動車 1 台当たりの従来材料の使用率を 6%と想定 (「上記事業」平成 29 年度成果報告書 p93 参照) し、それらを当該 CNF 素材で代替することを想定して CO₂ 排出削減量を算出 (「上記事業」平成 29 年度成果報告書 p94 参照)
3. 自動車 1 台あたりの重量減少を 0.1%と想定 (「上記事業」平成 29 年度成果報告書 p93 参照) し、使用済み自動車の廃棄時の CO₂ 排出削減量を産業環境管理協会で算出

B) 普及量の試算

普及量は報告書等から読み取れなかったため、産業環境管理協会が試算を行った。試算については、以下の 1～3 の通り考慮し、表 4.2.3.1 の通り普及量を算出した。

1. 2025 年～2035 年における世界の自動車の普及台数を「ETP(Energy Technology Perspectives) 2017 (IEA)」を基に産業環境管理協会が想定 (図 4.2.1.1 参照)
2. 2025 年の国内新車販売台数が約 500 万台(新車販売台数の長期予測に係る調査、野村総合研究所)であることから 2025 年時点において国内で販売される新車の 5% (約 25 万台) に当該 CNF 部材が採用されると産業環境管理協会が想定 (全世界の自動車普及台数の 0.25%相当) (図 4.2.2.1 参照)
3. 2025 年～2035 年における CNF 部材採用率は産業環境管理協会が想定 (2025 年～2030 年は主に国内市場で先行的に普及され、2031 年以降は徐々に世界的に普及されていくことを想定)

上記 1～3 を基に試算した普及量を表 4.2.3.1 に示す。

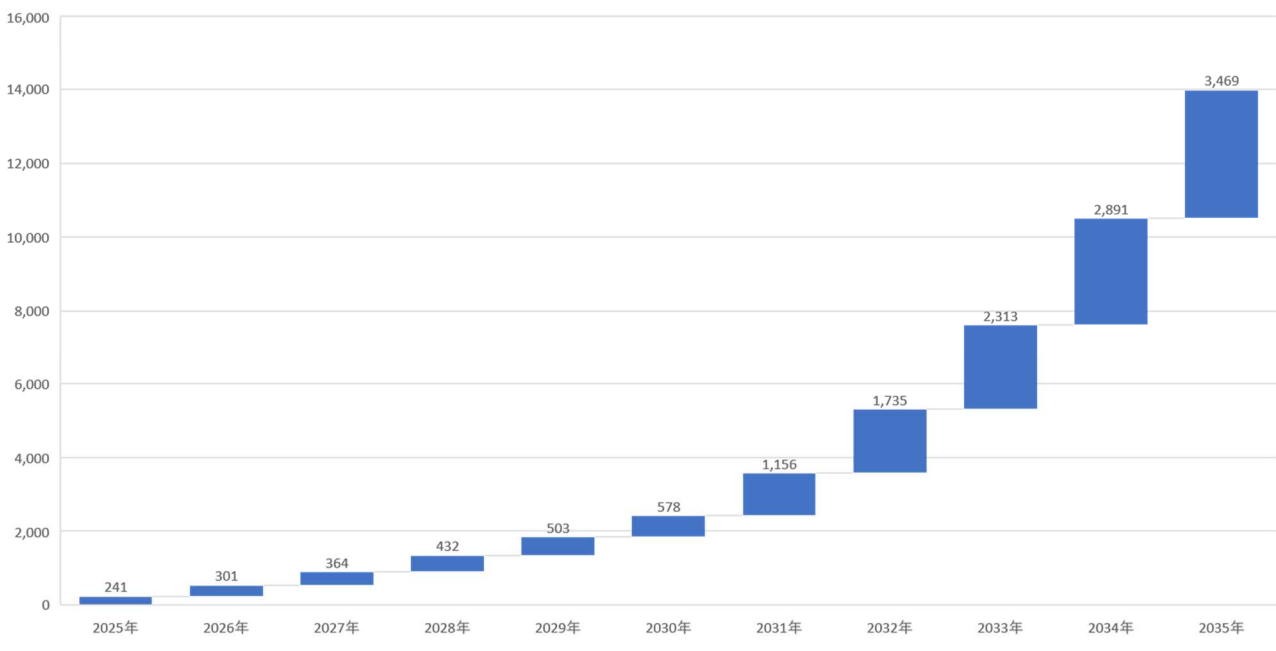
表 4.2.3.1 : CNF 製品の普及量予測

西暦	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
全自動車 (万台)	10,000	10,400	10,800	11,200	11,600	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000
CNF 部材 採用率	0.25%	0.30%	0.35%	0.40%	0.45%	0.50%	1.00%	1.50%	2.00%	2.50%	3.00%
CNF 部材 搭載車 (万台)	25	31	38	45	52	60	120	180	240	300	360

上記試算を踏まえ表 4.2.3.2 の通り整理した。

表 4.2.3.2：トクラス株式会社の整理表

事業名称	セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務 (セルロースナノファイバー添加ウッドプラスチックによる自動車内装部品の軽量化)										
事業実施代表者	トクラス株式会社										
CNF製品等名称	自動車用タルク充填プラスチック部品のCNF添加WPCによる代替										
CNF製造方法	グラインダー法 (マスコライダー)	対象(現行)製品等	自動車用タルク充填プラスチック部品								
CNF供給者	岡山県森林研究所	CNF供給価格	33 (※CNF添加木粉)	円/kg							
CNFの導入目的	タルク充填プラスチック製の自動車部材をCNF添加WPCで代替することで軽量化を図る(燃費の向上およびCO ₂ の削減)										
対象CNF製品等のライフサイクル	木粉～CNF～CNF添加WPC部材～使用(走行)～廃棄										
比較製品等のライフサイクル	タルク～タルク充填プラスチック部材～使用(走行)～廃棄										
備考	-										
単位当たりのCO ₂ 削減量	0.00096							【単位：t-CO ₂ /台】			
販売量<普及量> 【単位：万台】 ※世界市場											
2025年	2026年	2027年	2028年	2029年	2030年	2031年	2032年	2033年	2034年	2035年	
25	31	38	45	52	60	120	180	240	300	360	
備考				◇販売量については、「ETP(Energy Technology Perspectives) 2017 (IEA)」に基づき、産業環境管理協会が試算。							
CO ₂ 削減効果ポテンシャル量 【単位：t-CO ₂ 】											
2025年	2026年	2027年	2028年	2029年	2030年	2031年	2032年	2033年	2034年	2035年	
241	301	364	432	503	578	1,156	1,735	2,313	2,891	3,469	



4.2.4 トヨタ車体株式会社

平成 27 年度～29 年度に実施された「セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務（セルロースナノファイバーを用いた機能部品軽量化検討）」における情報整理を行った。

単位当たりの CO₂ 排出量及び普及量の考えを以下の A 及び B に示す。

本事業では、「自動車用 CNFRP 製バッテリーキャリア」の検討を行っており、比較対象の現行製品は「自動車用金属製バッテリーキャリア（鋼板&樹脂）」となっている。

自動車部品であるため、1 台当たりのライフサイクルでの CO₂ 削減量をもとめ、普及量を乗じて 2025 年～2035 年の試算を行った。

A) 1 台当たりの CO₂ 削減量

上記事業の平成 29 年度の成果報告書（p108 参照）より下記 1～2 の条件で 1 台当たりの CO₂ 排出削減量を算出した。試算結果として、0.0016t-CO₂/台とした。

1. 従来材料製品と CNFRP 活用製品の重量の差分を計算することで、使用済み自動車の廃棄時の CO₂ 排出削減量を産業環境管理協会で算出
2. 自動車走行時の CO₂ 排出量は上記事業成果報告書（「セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務（セルロースナノファイバーを用いた機能部品の軽量化検討）平成 29 年度成果報告書」、p106）より参照の上、年間平均走行距離 10,000km と平均使用年数 10 年に変更し、次式で算出

$$\begin{aligned} \text{【走行時の CO}_2 \text{ 排出量】} &= \text{【製品重量】} \times \text{【0.15】} \text{ (g-CO}_2\text{/kg-製品重量/km-走行)} \times \\ &\text{【10,000】} \text{ (km/年) (年間平均走行距離)} \times \text{【10.0】} \text{ (年) (平均使用年数)} \end{aligned}$$

B) 普及量の試算

普及量は報告書等から読み取れなかったため、産業環境管理協会が試算を行った。試算については、以下の 1～3 の通り考慮し、表 4.2.4.1 の通り普及量を算出した。

1. 2025 年～2035 年における世界の自動車の普及台数を「ETP(Energy Technology Perspectives) 2017 (IEA)」を基に産業環境管理協会が想定（図 4.2.1.1 参照）
2. 2025 年の国内新車販売台数が約 500 万台（新車販売台数の長期予測に係る調査、野村総合研究所）であることから 2025 年時点において国内で販売される新車の 5%（約 25 万台）に当該 CNF 部材が採用されると産業環境管理協会が想定（全世界の自動車普及台数の 0.25%相当）（図 4.2.2.1 参照）
3. 2025 年～2035 年における CNF 部材採用率は産業環境管理協会が想定（2025 年～2030 年は主に国内市場で先行的に普及され、2031 年以降は徐々に世界的に普及されていくことを想定）

上記 1～3 を基に試算した普及量を表 4.2.4.1 に示す。

表 4.2.4.1 : CNF 製品の普及量予測

西暦	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
全自動車 (万台)	10,000	10,400	10,800	11,200	11,600	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000
CNF 部材 採用率	0.25%	0.30%	0.35%	0.40%	0.45%	0.50%	1.00%	1.50%	2.00%	2.50%	3.00%
CNF 部材 搭載車 (万台)	25	31	38	45	52	60	120	180	240	300	360

上記試算を踏まえ表 4.2.4.2 の通り整理した。

表 4.2.4.1：トヨタ車体株式会社の整理表

事業名称	セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務 (セルロースナノファイバーを用いた機能部品軽量化検討)										
事業実施代表者	トヨタ車体株式会社										
CNF製品等名称	CNFRP製バッテリーキャリア (PP-CNF)										
CNF製造方法	不明	対象 (現行) 製品等				金属製バッテリーキャリア (鋼板+樹脂)					
CNF供給者	倉敷紡績株式会社	CNF供給価格				不明	円/kg				
CNFの導入目的	金属製の自動車機能部材をCNFRPで代替することで軽量化を図る(燃費の向上およびCO ₂ の削減)										
対象CNF製品等のライフサイクル	木材チップ～CNF～CNFRP部材～使用 (走行) ～廃棄										
比較製品等のライフサイクル	鋼板&樹脂材料～金属製部材～使用 (走行) ～廃棄										
備考	-										
単位当たりのCO ₂ 削減量	0.0016						【単位：t-CO ₂ /台】				
販売量<普及量> 【単位：万台】 ※日本市場 (トヨタ)											
2025年	2026年	2027年	2028年	2029年	2030年	2031年	2032年	2033年	2034年	2035年	
25	31	38	45	52	60	120	180	240	300	360	
備考				◇販売量については、「ETP(Energy Technology Perspectives) 2017 (IEA)」に基づき、産業環境管理協会が試算							
CO ₂ 削減効果ポテンシャル量 【単位：t-CO ₂ 】											
2025年	2026年	2027年	2028年	2029年	2030年	2031年	2032年	2033年	2034年	2035年	
389	485	588	697	812	933	1,866	2,799	3,732	4,665	5,598	

年	削減効果ポテンシャル量 (t-CO ₂)
2025年	389
2026年	485
2027年	588
2028年	697
2029年	812
2030年	933
2031年	1,866
2032年	2,799
2033年	3,732
2034年	4,665
2035年	5,598

4.2.5 国立大学法人静岡大学

平成 28 年度～30 年度に実施された「セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務(セルロースナノファイバーを利用した住宅部品高断熱化による CO₂削減)」における情報整理を行った。

単位当たりの CO₂ 排出量及び普及量の考えを以下の A 及び B に示す。

本事業では、「CNF 添加住宅部品」の検討を行っており、比較対象の現行製品は「既存住宅部品 (WPC、ウレタン、石膏など)」となっている。

住宅部品であるため、1 住戸当たりの使用時の CO₂ 削減量をもとめ、普及量を乗じて 2025 年～2035 年の試算を行った。

A) 1 住戸当たりの CO₂ 削減量

上記事業の平成 30 年度成果報告書より下記 1～2 の条件で 1 住戸当たりの CO₂ 排出削減量を算出した。試算結果として、6.82t-CO₂/住戸とした。

1. 当該 CNF 住宅部品の製造、住宅製造、使用廃棄と住宅のライフサイクルでの CO₂ 排出削減量として 310kg-CO₂/住戸・年として算出（「上記事業」平成 30 年度成果報告書 p249 参照）
2. 木造・合成樹脂造の法定耐用年数が 22 年のため、それに合わせた耐用年数と設定

B) 普及量の試算

普及量は報告書等から読み取れなかったため、産業環境管理協会が試算を行った。試算については、以下の 1～2 の通り考慮し、表 4.2.5.1 の通り普及量を算出した。

1. 2025 年～2035 年における日本国内の新築着工戸数を「レポート 産業動向<2017 年度版>2030 年の住宅市場～空き家率の抑制に向けて、早急な仕組みづくりが必要～」(野村総合研究所)を基に産業環境管理協会にて想定 (図 4.2.5.1 参照)
2. 当該 CNF 住宅部材の導入率を表 4.2.5.1 の通り産業環境管理協会にて想定

新設住宅着工戸数の予測結果

世帯数の減少や住宅の長寿命化等により、
新設住宅着工戸数は2030年度には約55万戸に減少する見通し

新設住宅着工戸数の推移と予測

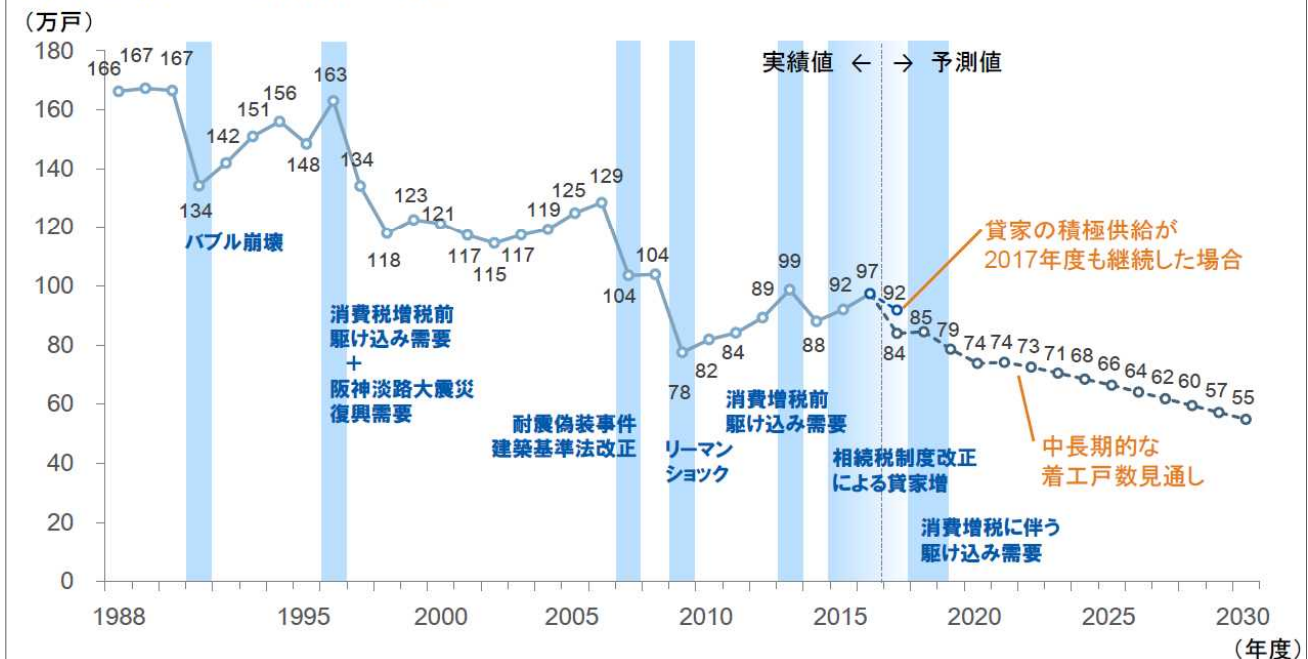


図 4.2.5.1 新設住宅着工戸数の予測

(出典：レポート「産業動向<2017年度版>2030年の住宅市場～空き家率の抑制に向けて、早急な仕組みづくりが必要～」、野村総合研究所)

上記 1～2 を基に試算した普及量を表 4.2.5.1 に示す。

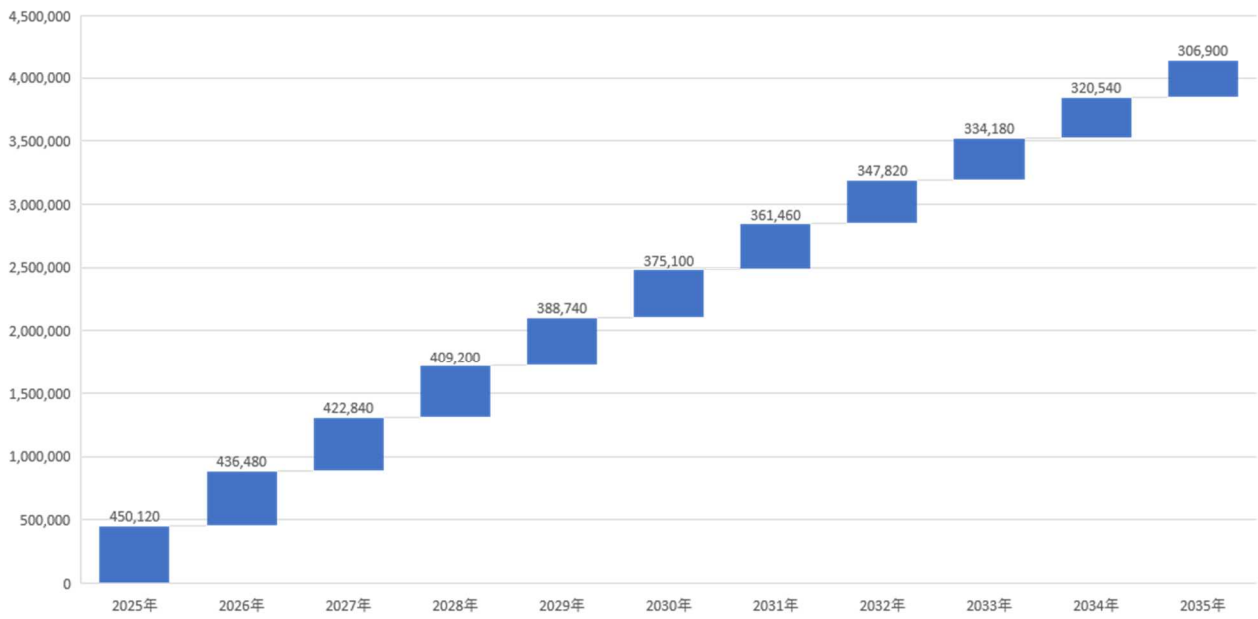
表 4.2.5.1：CNF 製品の普及量予測

西暦	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
新築着工戸数 (万戸)	66	64	62	60	57	55	53	51	49	47	45
CNF 住宅部品の導入率	10%										
CNF 住宅部品採用住戸数 (万戸)	7	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5

上記試算を踏まえ表 4.2.5.2 の通り整理した。

表 4.2.5.2：国立大学法人静岡大学の整理表

事業名称	セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務 (セルロースナノファイバーを利用した住宅部品高断熱化によるCO2削減)										
事業実施代表者	国立大学法人静岡大学										
CNF製品等名称	CNF添加住宅部品 (外皮部品、内装部品)										
CNF製造方法	ウォータージェット製法	対象 (現行) 製品等					既存住宅部品 (WPC、ウレタン、石膏など)				
CNF供給者	株式会社スギノマシン等	CNF供給価格					不明		円/kg		
CNFの導入目的	CNFの特性を活用した高断熱住宅部材の製作による仕様エネルギーの削減 (CO ₂ 排出量の削減)										
対象CNF製品等のライフサイクル	CNF製造～住宅製造～使用～廃棄										
比較製品等のライフサイクル	既存材料～住宅製造～使用～廃棄										
備考	CNF住宅部品を活用した際の暖房消費エネルギーにより評価										
単位当たりのCO ₂ 削減量	6.82					【単位：t-CO ₂ /住戸】					
販売量<普及量> 【単位：万戸】											
2025年	2026年	2027年	2028年	2029年	2030年	2031年	2032年	2033年	2034年	2035年	
7	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	
備考				◇販売量については野村総研のレポートを基に産業環境管理協会が試算。							
CO ₂ 削減効果ポテンシャル量 【単位：t-CO ₂ 】											
2025年	2026年	2027年	2028年	2029年	2030年	2031年	2032年	2033年	2034年	2035年	
450,120	436,480	422,840	409,200	388,740	375,100	361,460	347,820	334,180	320,540	306,900	



4.2.6 パナソニック株式会社

平成 28 年度～29 年度に実施された「セルロースナノファイバー性能評価事業委託業務（CNF の家電製品搭載に向け性能評価および導入実証）」における情報整理を行った。

単位当たりの CO₂ 排出量及び普及量の考えを以下の A 及び B に示す。

本事業では、「CNFRP 製冷蔵庫部材（センターピラー、クロスレール）」の検討を行っており、比較対象の現行製品は「既存冷蔵庫部材（センターピラー：PS 樹脂&鉄製補強版、クロスレール：鋼板）」となっている。ただし、クロスレールについては、鋼板から CNFRP 製部材に置換するだけでは強度が保たれず、冷蔵庫の再設計が必要となり、部品置換による削減効果の算出が難しい。そのため、今回の CO₂ 排出削減量を算定する上ではセンターピラーのみを対象として試算を行った。

家電部品であるため、1 個当たりのライフサイクルでの CO₂ 排出削減量をもとめ、普及量を乗じて 2025 年～2035 年の試算を行った。

A) 1 台当たりの CO₂ 削減量

上記事業の平成 29 年度成果報告書より下記 1～4 の条件で 1 台当たりの CO₂ 排出削減量を算出した。試算結果として、0.0047t-CO₂/台とした。

1. 本事業において検討したアセチル化 CNF の製造原単位の最大値と最小値を使用して、製造時の CO₂ 排出削減量を産業環境管理協会にて試算し、その平均値にて算出
2. センターピラーの寸法は上記報告書（「セルロースナノファイバー性能評価事業委託業務（CNF の家電製品搭載に向け性能評価および導入実証）」、p34）を参考に、CO₂ 排出削減量を産業環境管理協会にて試算
3. 当該 CNF 部品を利用した際の冷蔵庫の電力消費量の削減率（1.6%、「上記事業」平成 29 年度成果報告書 p70 参照）から下記の条件を用いて電力消費削減量を産業環境管理協会にて試算

冷蔵庫（501L 以上）の年間消費電力 （※経済産業省「省エネ性能カタログ 2013 夏」）	266kWh/年
CNF 製センターピラーによる消費電力削減率 （※「上記事業」平成 29 年度成果報告書）	0.2%
冷蔵庫の平均使用年数（※内閣府 消費動向調査）	12 年
電力の CO ₂ 排出量（※IDEAver2.2）	0.58kg-CO _{2e} /kWh

B) 普及量の試算

普及量は報告書等から読み取れなかったため、産業環境管理協会が試算を行った。試算については、以下の 1～2 の通り考慮し、表 4.2.6.1 の通り普及量を算出した。

1. 2025 年～2035 年における世界における冷蔵庫の普及台数を「白物家電 5 品目の世界需要調査（日本電機工業会）」に報告されている 2010 年～2016 年の需要実績を基に、2017 年～2035 年の予測

需要量を 2010 年～2016 年の冷蔵庫需要の平均伸長率より産業環境管理協会にて想定（図 4.2.6.1 参照）

2. 当該 CNF 製品の導入率を表 4.2.6.1 の通り産業環境管理協会にて想定

図表1 白物家電5品目の世界需要推移表

単位：千台、下段は前年比(%)

	実績							2010～16年 平均伸長率(%)
	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	
ルームエアコン	71,468	85,547	82,892	88,981	88,270	83,965	86,310	3.2
	119.5	119.7	96.9	107.3	99.2	95.1	102.8	
電気冷蔵庫	84,544	86,733	88,806	90,601	90,120	89,602	90,250	1.1
	105.0	102.6	102.4	102.0	99.5	99.4	100.7	
電気洗濯機	92,869	96,896	97,928	98,763	98,461	101,014	103,824	1.9
	108.9	104.3	101.1	100.9	99.7	102.6	102.8	
電気掃除機	86,079	88,762	88,873	91,669	94,006	92,981	93,107	1.3
	111.3	103.1	100.1	103.1	102.5	98.9	100.1	
電子レンジ	56,154	59,013	60,122	60,828	62,646	62,226	62,203	1.7
	108.9	105.1	101.9	101.2	103.0	99.3	100.0	

図 4.2.6.1 白物家電の世界需要推移表

（出典：白物家電 5 品目の世界需要調査、2018 年、日本電機工業会）

上記 1～2 を基に試算した普及量を表 4.2.6.1 に示す。

表 4.2.6.1：CNF 製品の普及量予測

西暦	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
冷蔵庫の 販売台数 (千台)	99,588	100,684	101,791	102,911	104,043	105,187	106,344	107,514	108,697	109,892	111,101
CNF 製品率	0.5%（日本国内販売台数である約 400 万台の 10%が CNF 製と仮定）										
CNF 部材 冷蔵庫の 販売台数 (万台)	50	50	51	51	52	53	53	54	54	55	56

上記試算を踏まえ表 4.2.6.2 の通り整理した。

表 4.2.6.2：パナソニック株式会社の整理表

事業名称	セルロースナノファイバー性能評価事業委託業務 (CNFの家電製品搭載に向け性能評価および導入実証)										
事業実施代表者	パナソニック株式会社										
CNF製品等名称	CNFRP製冷蔵庫部材 (センタービラー)										
CNF製造方法	不明	対象 (現行) 製品等					PS樹脂、鉄製補強版				
CNF供給者	不明	CNF供給価格					不明	円/kg			
CNFの導入目的	CNF部材の活用による庫内への熱侵入低減 (センタービラー) による省エネルギー化 (CO ₂ 排出量の低減)										
対象CNF製品等のライフサイクル	木材チップ～CNF～CNF部材製造～使用～廃棄										
比較製品等のライフサイクル	樹脂材料～樹脂製部品～使用～廃棄										
備考	CNF製造原単位にはアセチル化CNFを想定										
単位当たりのCO ₂ 削減量	0.0047					【単位：t-CO ₂ /台】					
販売量<普及量> 【単位：万台】 ※世界市場											
50	50	51	51	52	53	53	54	54	55	56	
備考	◇使用時のCO ₂ 排出量については産業環境管理協会が試算。 ◇販売量については日本電機工業会の世界需要調査を基に産業環境管理協会が試算。										
CO ₂ 削減効果ポテンシャル量 【単位：t-CO ₂ 】											
2025年	2026年	2027年	2028年	2029年	2030年	2031年	2032年	2033年	2034年	2035年	
2,316	2,341	2,367	2,393	2,419	2,446	2,473	2,500	2,528	2,555	2,584	

年	削減効果ポテンシャル量 (t-CO ₂)
2025年	2,316
2026年	2,341
2027年	2,367
2028年	2,393
2029年	2,419
2030年	2,446
2031年	2,473
2032年	2,500
2033年	2,528
2034年	2,555
2035年	2,584

4.2.7 国立大学法人京都大学

平成 29 年度～31 年度に実施された「セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務(社会実装に向けた CNF 材料の導入実証・評価・検証～自動車分野～)」における情報整理を行った。

単位当たりの CO₂ 排出量及び普及量の考えを以下の A 及び B に示す。

本事業では、「ナノセルロース自動車 (NCV)」の検討を行っており、比較対象の現行製品は「現行自動車 (鋼板、樹脂等)」となっている。

自動車部品であるため、1 台当たりの使用時 (走行時) の CO₂ 削減量をもとめ、普及量を乗じて 2025 年～2035 年の試算を行った。ただし、10%程度の車両軽量化を目安とする本事業は継続して実施されており、下記の内容は平成 30 年度の間接結果に基づくものであり、必要に応じて今後のアップデートが必要である。

なお、事業実施者へのヒアリングの結果、上記事業で CO₂ 排出削減量の算定に使用した CNF 原単位の数値と本事業で求めた CNF 原単位に大きな差がなかったことから、走行段階の条件を統一 (「A」-2) に記載) し 1 台当たりの CO₂ 削減量を試算することとした。

A) 1 台当たりの CO₂ 削減量

上記事業の平成 29 年度成果報告書及び事業実施者へのヒアリングにより下記 1～2 の条件で 1 台当たりの CO₂ 排出削減量を 1.6t-CO₂/台とした。

1. 事業実施者へのヒアリングにより、「2020 年時点で技術的には CNF 部材適用が実現可能で、2030 年までの社会実装が見込まれる部材」を調査し、その結果見込まれる車体の軽量化を考慮し、現行車を 10%の軽量化した際の CO₂ 排出削減量として試算
2. 「CNF を用いた自動車製品に関する LCA ガイドライン (案) (平成 28 年 3 月)」に準拠し、走行距離として 10 万 km/10 年の条件を想定

B) 普及量の試算

普及量は報告書等から読み取れなかったため、産業環境管理協会が試算を行った。試算については、以下の 1～2 の通り考慮し、表 4.2.7.1 の通り普及量を算出した。

1. 2025 年～2035 年における世界の自動車の普及台数を「ETP(Energy Technology Perspectives) 2017 (IEA)」を基に産業環境管理協会にて想定 (図 4.2.1.1 参照)
2. 2025 年～2035 年における NCV (ナノセルロース自動車) の普及率を産業環境管理協会にて想定

上記 1～3 を基に試算した普及量を表 4.2.7.1 に示す。

表 4.2.7.1 : CNF 製品の普及量予測

西暦	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
全自動車 (万台)	10,000	10,400	10,800	11,200	11,600	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000
N C V採用率	0.1%	0.2%	0.3%	0.4%	0.5%	0.6%	0.7%	0.8%	0.9%	1.0%	1.1%
N C V車 (万台)	10	20.8	32.4	44.8	58	72	84	96	108	120	132

上記試算を踏まえ表 4.2.7.2 の通り整理した。

表 4.2.7.2：国立大学法人京都大学の整理表

事業名称	セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務 (社会実装に向けたCNF材料の導入実証・評価・検証～自動車分野～)										
事業実施代表者	国立大学法人京都大学										
CNF製品等名称	ナノセルロース自動車										
CNF製造方法	京都プロセス等	対象（現行）製品等				現行自動車（鋼板、樹脂等）					
CNF供給者	不明	CNF供給価格				不明	円/kg				
CNFの導入目的	既存の自動車部材をCNFRPで代替することで軽量化を図る（燃費の向上およびCO ₂ の削減）										
対象CNF製品等のライフサイクル	木材チップ～CNF部材～NCV～使用（走行）～廃棄										
比較製品等のライフサイクル	既存材料～内燃自動車～使用（走行）～廃棄										
備考	-										
単位当たりのCO ₂ 削減量	1.6						【単位：t-CO ₂ /台】				
販売量<普及量> 【単位：万台】 ※世界市場											
2025年	2026年	2027年	2028年	2029年	2030年	2031年	2032年	2033年	2034年	2035年	
10	21	32	45	58	72	84	96	108	120	132	
備考	◇CO ₂ 排出量はヒアリングにより試算。 ◇販売量については、「ETP(Energy Technology Perspectives) 2017 (IEA)」に基づき、産業環境管理協会が試算。										
CO ₂ 削減効果ポテンシャル量 【単位：t-CO ₂ 】											
2025年	2026年	2027年	2028年	2029年	2030年	2031年	2032年	2033年	2034年	2035年	
160,000	332,800	518,400	716,800	928,000	1,152,000	1,344,000	1,536,000	1,728,000	1,920,000	2,112,000	

年	削減効果ポテンシャル量 (t-CO ₂)
2025年	160,000
2026年	332,800
2027年	518,400
2028年	716,800
2029年	928,000
2030年	1,152,000
2031年	1,344,000
2032年	1,536,000
2033年	1,728,000
2034年	1,920,000
2035年	2,112,000

第5章. CNF サプライチェーン構築及び CO₂ データの共有に向けた課題整理

CNF サプライチェーン構築上の経済的課題、制度的課題、社会的課題等について整理した上で、それらの課題への対応策を検討した。また、既存の情報伝達スキーム等を参照して事業者に過度な負担とならないよう、効果的に CNF に係る CO₂ データの共有ができる方法についても検討を行なった。

5.1 経済的課題、制度的課題、社会的課題等の整理

経済的課題、制度的課題、社会的課題等の検討にあたっては、炭素繊維や、カーボンナノチューブ、バイオマスを参考として整理し、CNF の文献調査及びヒアリング調査と合わせて整理を実施した。課題の検討方法及び手順については、図 5.1.1 に示す通り 3 つのステップで検討を行った。

1 考慮事項の抽出

- 現在議論が進められているセルロースナノファイバーはもちろんのこと、先行する他素材を参考に経済的、社会的、制度的観点で考慮事項を洗い出す。
- 他素材については、「炭素繊維」、「カーボンナノチューブ」、「バイオプラスチック」を参考にする。
- 技術的側面については、生産性に関わる観点を検討対象に加えた。

2 課題整理

- CNF サプライチェーン構築上の課題として整理する。
- CNF サプライチェーンにおいては、「製造」、「使用」、「廃棄・リサイクル」で分類する。
- 「製造」においては、植物資源生産～CNF 製造までを含む。

3 対応策の検討

- 課題整理及び対応策については、工業会等へのヒアリングを踏まえながらまとめる

図 5.1.1：課題の検討方法・手順

5.1.1 環境省の CNF 事業にて、検討されている製品等の整理

課題の整理にあたり、まずは平成 27 年度以降に環境省で実施されている事業における検討製品を整理した上で、課題の抽出を行った。

平成 27 年度以降の事業については表 4.1.1 に示した通りであるが、それら事業における検討されている製品及びその素材については表 5.1.1.1 に示す。また、平成 30 年度以降に CNF 部材のリサイクルに係る事業を 3 件採択しており、その 3 件の概要について表 5.1.1.2 に示す。

表 5.1.1.2 により、CNF を用いた製品化として、CNF を数%程度プラスチック等に混ぜて用いられることが多い。そのため、課題の整理については、混ぜものの部材・製品を考えた際の課題を中心として検討した。

表 5.1.1.1 : CNF 事業にて、検討されている製品等

対象製品	検討部品	主な構成素材等
自動車部品	エンジンフード	CNF100%、CNF 紙-エポキシ複合樹脂
	トランクリッド	PA6-CNF 複合樹脂
	エアコンケース	ポリオレフィン-CNF 複合樹脂
	ドアトリム	PP-CNF 複合樹脂
	ピラー	PP-CNF 複合樹脂
	パケトレカバー	PP-CNF 複合樹脂
	インテークマニホールド	PA6-CNF 複合樹脂
	スポイラー	PP-CNF 複合樹脂
	リクライニングシート部品	ACC-ナノセルローズ/PP、CNF 添加 EPDM (エチレンプロピレンジエンゴム)
	窓ガラス	PC (透明樹脂) -CNF 複合樹脂
	サイドレール	アルミ管+CNF 紙
	バッテリーキャリア	CNFRP (CNF 強化樹脂)
	パワースライドユニット	CNFRP (CNF 強化樹脂)
	ウェザーストリップ	CNF 添加 EPDM (エチレンプロピレンジエンゴム)
	スカッフプレート	PP-CNF 複合樹脂
	ビーム	CNF 紙管
内装部品	CNF 添加 WPC、CNF-PMMA 複合樹脂	
住宅建材	複合サッシ	塩ビ-CNF 複合樹脂
	遮熱合わせガラス	ポリエチレン CNF 配合フィルムを挟む複合ガラス
	遮断熱コーティング材	CNF 配合コーティング剤
	外壁部品	CNF 配合材料
	天井部品	CNF 配合材料
	床部品	CNF 配合材料
	内壁部品	CNF 配合材料
	浴槽壁部品	CNF 配合材料
	浴槽天井部品	CNF 配合材料
家電製品	冷蔵庫センターピラー	CNFRP (CNF 強化樹脂)
	冷蔵庫クロスレール	CNFRP (CNF 強化樹脂)
	洗濯機脱水受け	CNFRP (CNF 強化樹脂)
	洗濯機バランスー	CNFRP (CNF 強化樹脂)

表 5.1.1.2 : CNF 部材のリサイクルに係る事業の概要について

検討している リサイクルシステム	主な実施内容
自動車リサイクル	CNFRP (PP-CNF) を用いた、自動車部品の射出成形時の製造条件の分類、射出成形時の温度や滞留時間を考慮した劣化調査及び自動車部材のリペレット性を調査
家電リサイクル	セルロースナノファイバー複合樹脂を適用した使用済み家電製品を対象とし、その解体工程で生じるシュレッダーダスト (CNF-PP および CNF-ABS 混合樹脂等) から、効果的に CNF 複合樹脂を選別し再生することで、単純焼却からマテリアルリサイクルへ変革させる技術
CNF 複合材廃材 リサイクル	熱可塑性プラスチックとの複合化製品 (自動車や家電、建材、包装容器等の用途) から生じる CNF 複合材廃材をフィラー充填プラスチック用マスターバッチ向けに酸変性する技術

5.1.2 課題を整理する上での考慮事項

課題を整理する上で、「炭素繊維」、「カーボンナノチューブ」、「バイオプラスチック」を参考に検討を行った。炭素繊維、カーボンナノチューブ、バイオプラスチックについては、5.1.2.1～5.1.2.3 に示す。

5.1.2.1 炭素繊維について

炭素繊維の概要について図 5.1.2.1.1 に示す。また、炭素繊維を用いた部品・製品等における考慮事項について文献調査等を行い、表 5.1.2.1.1 に整理した。考慮事項については、炭素繊維協会のホームページを中心として、JST 掲載などの結果報告等、インターネット調査で確認し、以下のように整理した。なお、表 5.1.2.1.1 の整理に当たっては、記載内容は一部の文献に基づくものであり必ずしも炭素繊維全てに当てはまるものではないものとして整理している。

炭素繊維とは

- 炭素繊維は、文字通り炭素からなる繊維である。炭素の含有量は標準弾性率の炭素繊維で90%以上、高弾性率の炭素繊維ではほぼ100%が炭素であり、炭素以外の主な元素は窒素である。炭素繊維は、「ポリアクリロニトリル（PAN）繊維」あるいは「ピッチ繊維」といった有機繊維を不活性雰囲気中で蒸し焼きにし、炭素以外の元素を脱離させて作られる。性能とコスト、使いやすさのバランスがよいため、市販されている炭素繊維の90%以上は、PAN繊維を原料とするPAN系炭素繊維である。



炭素繊維の特徴

- 「軽く、強く、腐食しない」21世紀型の先端機能材料と云われている炭素繊維は、軽く、優れた機械的な性質（高比強度、高比弾性率など）と炭素質からくる優れた特性（導電性、耐熱性、低熱膨張率、化学安定性、自己潤滑性及び高熱伝導性など）を併せもつため、いろいろな用途に使われている。

製造、加工方法、用途

- 炭素繊維はPAN系炭素繊維とピッチ系炭素繊維があり、その成形方法については、「ドライカーボン」と「ウエットカーボン」という成形工法がある。それらの違いは、使われている樹脂とカーボンシートの種類が異なる事と、その成形工法に違いがある。（ドライ：エポキシ樹脂、ウエット：ポリエステル樹脂）



東し、ベネテック及び炭素繊維協会ホームページより参照・引用

図 5.1.2.1.1：炭素繊維について

表 5.1.2.1.1：炭素繊維の考慮事項について

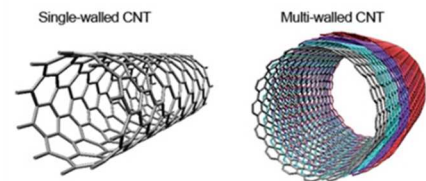
考慮事項	内容
安全性	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 炭素繊維の弾性率は高いものが多く、また繊維径が細いのでショートファイバーは皮膚や粘膜に刺激を与え、痛み・かゆみを生じる場合がある。皮膚の露出、防塵への注意が必要である。 ✓ 炭素繊維は導電性を有するのでフライや糸くずが電気系統の短絡の原因になることがある。
生産性（生産速度、量産性）	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 加熱することで固化し、再加熱しても軟化しない熱硬化性樹脂を用いた炭素繊維強化樹脂は、部品の成形にかかる時間が数分～数時間と長いので、生産性が低い。 ✓ 放置時間や工場内の気温・湿度によっても、仕上がりが違うため、生産にムラができる。
意匠性（塗装等）	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 塗装が極めて難しく、色が黒ずむ。また、表面形状が繊維（織物）形状に依存するという課題がある。特に色彩豊かな色を塗っても下地の黒さは残ってしまう課題がある。
高価格	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 炭素繊維などの構成材料そのものが高価なことと、炭素繊維に含浸させる樹脂材料としてエポキシ樹脂などの熱硬化性樹脂しか利用できないことにより、高価となる。
密着性・接着性（他素材やプリプレグ間等）	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 炭素繊維は軽量かつ強度が高いため、鉄等の構造物の補強・修理材料としても着目されているものの、金属と炭素繊維強化樹脂との接着に関する方法にまだ課題があり、研究が進められている段階である。
焼却処理不可	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 炭素繊維は一般ごみの焼却炉では完全には燃えない。電気集塵機用設置炉では燃え残りの短い繊維（フライ）により電気短絡事故の原因となる。
修理性・リサイクル性	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 経年劣化により取り付けボルト穴などから細かいクラックが入りやすいうえに外部検査では判別しにくく、修理も全体を交換しない限り継ぎ当てしか行えない。 ✓ 基本的には炭素繊維と樹脂を加熱することで一体化させており、熱硬化性樹脂となるということもあり、炭素繊維のみとりだすということが難しい。
取扱	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 浮遊しているフライが開閉器や制御機器の中に入り込むと短絡による事故を起こすことがある。機器内には清浄空気を吹き込み（パーキング）、結線部分には絶縁措置（塗料、テープによる保護）をする。
（自動車向けの場合） 材料認証取得時間	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 自動車向けの製品の場合、各国に定める認証制度に合格、登録等する必要があり、認証には販売実績や基準クリア、時間がかかる。
耐用年数、耐候性	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 炭素繊維自体は腐敗や劣化はしないが、クラックなども入りやすく、修理も難しいため、耐用年数は不明瞭である。 ✓ ドライカーボンの場合、耐熱性等がよい一方で紫外線に弱く、劣化し黄ばんでくることがあり、コーティングが必要となる。

5.1.2.2 カーボンナノチューブについて

カーボンナノチューブ (CNT) の概要について図 5.1.2.2.1 に示す。また、CNT を用いた部品・製品等における考慮事項について文献調査等を行い、表 5.1.2.2.1 に整理した。考慮事項については、CNT に関する考慮事項については、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の報告書や、日本経済新聞社の記事、JST などの結果報告等、インターネット調査で確認し、以下のように整理した。なお、表 5.1.2.2.1 の整理に当たっては、記載内容は一部の文献に基づくものであり必ずしも CNT 全てに当てはまるものではないものとして整理している。

カーボンナノチューブ (CNT) とは

- 炭素によって作られる六員環ネットワーク (グラフェンシート) が単層あるいは多層の同軸管状になった物質である。電気的、機械的な性質が優れ、プラスチックの添加剤や電極の導電助剤として使われている。単層CNT (SWNT) 及び多層CNT (MWNT) があり、いくつか類似点はあるものの、異なる性質をもつ。

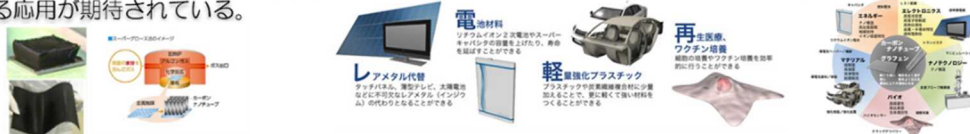


CNTの特徴

- 単層CNTは単層のグラフェンから形成される継ぎ目のない円筒状物質である。スチールよりも格段に高い強度を有する機械的特性、電流容量は銅または金より高く、半導体性単層CNTの電子移動はシリコンよりも高いという電気的特性、特異的な光吸収応答性および蛍光応答性を持ち、カイラリティごとに特有の吸収および蛍光スペクトルを示光学的特性、室温における熱伝導度はダイヤモンドまたは面内方向のグラファイトの値に匹敵する熱的特性をもつ。また、均一性の高い事実上無限長のマイクロ孔をチューブをもち、ガス、特に水素吸着に優れており、燃料電池への活用に期待されている。
- 多層CNTはコストは単層CNTの100から1000分の1程度であるが、少し異なる性質をもつ。複合材料内に適切に導入することで高い伝導性が得られる電気的特性、熱可塑性もしくは熱硬化性の複合材料に用いた場合、その強度は飛躍的に向上する物理的特性、欠損の程度によるが600°Cを超えても熱的に安定するという熱特性、非常に安定しているという科学的特性がある。

製造、加工方法、用途

- CNTの製造方法として、アーク放電法、レーザーアブレーション法、CCVD法、スーパーグローブ法など、いくつか開発されている。CNTはエネルギーエレクトロニクス、ナノテクノロジー、バイオ、マテリアル等の分野において、多岐にわたる応用が期待されている。



島質易、シグマ・アルドリッチジャパン、名城ナノカーボンのホームページより参照引用

図 5.1.2.2.1 : CNT について

表 5.1.2.2.1 : CNT の考慮事項について

考慮事項	内容
安全性、CNT 複合樹脂を含む	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 特定の多層 CNT が「労働安全衛生法第 28 条第 3 項の規定に基づき厚生労働大臣が定める化学物質による健康障害を防止するための指針」の対象物質に追加されている。 ✓ 試作品レベルではドリルの孔開けのように強い力を掛けると、単体が出る可能性がある。 ✓ 英国環境庁では、ナノ次元の構造を破壊するような方法として少なくとも 2 秒間 850°C以上の高温に曝して焼却するか又は化学的に処理することで安全にすることができるとの記載がある。
量産技術	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 単層 CNT は日本ゼオンが「スーパーグロース法」により、量産工場が稼働したばかりであり、生産量は年間 10 トン程度である。 ✓ 多層 CNT は昭和電工等が量産化を進めているが、量産化が早く、販売量が多い多層で年間 400 トン程度であり、非常に生産量としてはまだ少ない。
生産性	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 単層 CNT の製造にはさまざまな反応工程が含まれるため、生成物には残留触媒や他の形態の炭素がさまざまな割合で混入する。多くの場合、これら不純物を除去して純度を高めるための精製プロセスが必要となるため、簡易な製造方法の研究開発が必要である。
金属型と半導体型の分離技術・純度	<ul style="list-style-type: none"> ✓ CNT の生産時には、金属型 CNT と半導体型 CNT の 2 種類の CNT が混ざり合っているようになっており、その分離を行い、純度を高めることが重要である。
分散性	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 他材料と混ぜた際の分散性が重要であるが、多くの CNT の特徴として凝集するため、水にも有機溶媒にも散し難い点が応用上の制約の一つとなっている。分散液が開発されている。 ✓ 樹脂および熱可塑性プラスチックへの分散では、単層 CNT バンドルの絡み合い起因する粘性の著しい増大のために単層カーボンナノチューブの利用が制限される。
生産コスト (高価格)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 2017 年の日経の記事によると単層 CNT の価格は 100 万円/kg、多層 CNT の価格は 1 万円/kg 程度となっている。炭素繊維が 2,000 円/kg 程度であり、代替材料と考えているカーボンブラックが数百円～2,000 円/kg のため、まだ精算コストが高いのが現状である。
用途拡大	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 単層 CNT については、2015 年に世界初の量産工場ができたばかりであり、それをういられた製品としてはまだ少ない。(2018 年 10 月に配管や容器のシール部材としての O リングが販売)

5.1.2.3 バイオプラスチックについて

バイオプラスチックの概要について図 5.1.2.3.1 に示す。バイオプラスチックについては、国際標準化等がないため、文言の統一化がないが、今回は日本バイオプラスチック協会の定義を参考に、微生物によって生分解される「生分解性プラスチック」及びバイオマスを原料に製造される「バイオマスプラスチック」の総称をバイオプラスチックとして整理している。

また、バイオプラスチックを用いた部品・製品等における考慮事項について文献調査等を行い、表 5.1.2.3.1 に整理した。バイオプラスチックに関する考慮事項については、日本バイオマスプラスチック協会のホームページや、メーカーホームページ、JST などの結果報告等、インターネット調査で確認し、以下のように整理した。なお、表 5.1.2.3.1 の整理に当たっては、必ずしもバイオプラスチック全てにあてはまるものではないものとして整理している。

バイオプラスチックとは

- ▶ バイオプラスチックとは、微生物によって生分解される「生分解性プラスチック」及びバイオマスを原料に製造される「バイオマスプラスチック」の総称である。一定の管理された循環システムの中でそれぞれの特性を生かすことで、プラスチックに起因する「プラスチックの3R問題」、「枯渇性資源問題」、「地球温暖化問題」、「海洋プラスチック問題」等、様々な問題の改善に貢献できる可能性があるものである。



バイオプラスチックの特徴

- ▶ 生分解性プラスチックは、プラスチックとしての機能や物性に加えて、ある一定の条件の下で自然界に豊富に存在する微生物などの働きによって、分解し最終的には二酸化炭素と水にまで変化する性質を持つプラスチックである。農業用のマルチフィルムや、食物など有機性廃棄物の堆肥化のための収集袋など、微生物分解性の機能を活用できる分野では、環境負荷低減に寄与することから注目されている。
- ▶ バイオマスプラスチックは特別な性質を利用するものではなく、原料として植物などの再生可能な有機資源を使用することにより、枯渇が危惧され地球温暖化の一因ともされている石油にできるだけ頼らずに持続的に作ることができることから注目されている新しいプラスチック素材である。したがって、バイオマスプラスチックと生分解性プラスチックは、全く異なった2つの概念をもっている。

製造、加工方法、用途

- ▶ 生分解性プラスチックはさまざまな種類のものが開発されているが、製造方法によって分類すると、主に表1の通り3種類に区分できる。バイオマスプラスチックは、植物などの再生可能な有機資源を使用して製造されるものであり、一般的なプラスチック製造方法の原料をバイオマスにして製造することができるものもあり、製造方法は多岐にわたる。

表1: 生分解性プラスチックの種類

分類	内容	例
微生物	微生物が酵素の働きで体内に蓄積するポリエステルなどを利用した高分子から製造	• ポリエステル (PCL, PHB) 2D • ポリアミド • 多糖類 (バクタリジアルデヒド、カード、エポ、ポリブタジエン)
天然由来	植物が蓄積がつくる天然の高分子から製造	• セルロース • デンプン • キチン、キトサン
化学合成	化学合成によってつくられる高分子から製造	• 脂肪族ポリエステル及びその変性系 • ポリビニルアルコール



東大、環境展望台、北九州市、アイコンポロジー、日本バイオプラスチック協会ホームページより参照・引用

図 5.1.2.3.1: バイオプラスチックについて

表 5.1.2.3.1：バイオプラスチックの考慮事項について

考慮事項	内容
生産コスト (高価格)	✓ 生分解性プラスチックのコストは石油由来の汎用プラスチックより 4 倍ほど高いと言われている。
耐熱性	✓ ポリ乳酸などは耐熱温度が低く、一般汎用樹脂たとえばポリスチレン（耐熱温度 80-82°C）と比較しても、低い（耐熱温度 60°C前後）。近年は耐熱性の樹脂で 120°C前後のものもあるが、高価である。
耐久性 (生分解性プラスチックの場合)	✓ 生分解性プラスチックの開発は廃棄時いかに早く分解させるかに主眼がおかれているため、耐久性に難がある。
生分解性 (生分解性プラスチックの場合)	✓ バイオプラスチックの割合のうち、生分解性のプラスチックは多くを占め、環境に優しいイメージはあるが、一定の温度条件や微生物等が必要なため、ただ土に埋めるだけでは分解速度は非常に遅く、また海においてもほとんど分解されないものが多い。
廃棄・リサイクル (生分解性プラスチックの場合)	✓ 微生物によって分解させるので、埋め立て処理などをする場合は、そのときの微生物の状態、気候などにより、結果が異なる。そのため、管理された状況下でないかぎり、分解にどれぐらいかかるのかは分からない。
結晶化速度	✓ バイオマスプラスチックは多くの場合、結晶速度が遅いため、成形時間等に時間を要する場合がある。結晶促進剤の開発等が行われている。
バイオマス生産から樹脂製造までの環境負荷	✓ 複雑な工程を有するバイオマスを用いたプラスチック製造において、カーボンニュートラルの考えを適用してもライフサイクルベースにおける GHG の削減効果がない場合がある。
量産技術	✓ 販売量がプラスチック製品全体の販売量に比べ、少ないため、汎用プラスチックほどは生産できていない。
食料への影響	✓ 現在の需要量における食用用のとうもろこしには影響がないが、将来消費量が数百万トンレベルになった際には、食用から工業用のとうもろこしに生産変換され、食料への影響も懸念される。
認知	✓ 日本バイオプラスチック協会 (JBPA) は、バイオベースプラスチックが 25% 質量以上使用されている製品に「バイオプラマーク」の表示を認証している。一方、日本有機資源協会は、バイオマスの割合 (バイオマス度) が 10% 以上の製品に「バイオマスマーク」を認証している。このように、わが国でも似たようなコンセプトとマークが存在し、なかなか一本化しない。

5.1.3 CNF の課題の整理について

CNF における社会的、経済的、制度的課題整理の手順としては、まずは CNF における文献調査を実施し、表 5.1.1.2 で示した部材・製品等を前提としてヒアリングを実施した。また、5.1.2 の整理事項を考慮し、最終的な CNF の社会的、経済的、制度的課題について整理することとした。

CNF の文献調査による考慮事項の整理を 5.1.3.1 に、ヒアリング結果については 5.1.3.2 に示す。最終的な整理について 5.1.4 に示す。

5.1.3.1 CNF の考慮事項の整理

CNF に関する考慮事項については、主に google scholar を検索エンジンとして、キーワード「cellulose nanofiber」、「toxicity」、「limitation」、「problem」を使って抽出された査読付き論文から整理した。整理結果については表 5.1.3.1.1[1-9]に示す。表 5.1.3.1.1 の整理に当たっては、必ずしも CNF 全てに当てはまるものではないとして整理している。中でも安全性に関する文献の調査結果では関連文献はあったものの、試験方法についても確立されたものではなく、一定の条件下及び試験での結果である。安全性に関しては国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構が安全性評価手法の開発を進めており(2017~2019 年度事業)、その手法開発及び試験結果を待って考慮することが望ましいと考える。

表 5.1.3.1.1 : CNF の文献調査による考慮事項の整理

考慮事項	内容
生産性	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 高粘性のため、パッケージに利用するときなど、製造段階での大量の水分除去を必要とする場合がある。 ✓ 解繊技術などに係る、大量のエネルギーが必要となる（ただしカーボンナノチューブよりは低い）。 ✓ 製造段階での水の使用量が多い。 ✓ 有効成分の分離技術などに係るコストが高い（だがカーボンナノチューブよりは低い）。 ✓ 製造に多くのエネルギーが必要になることがあり、安価に量産化することが必要である。
物理的性質	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 防水性、防湿性、防気性、保香性に乏しく、コーティング等を必要とする。 ✓ 凝集しやすく、凝集した CNF は疎水性の物質と混ざりにくいため、複合材としての性能が落ちる。 ✓ 吸湿性が高く、複合材の品質の低下になる。
用途の限界	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 混ぜる樹脂によっては、できた製品の耐衝撃性が低くなる恐れがある（ポリプロピレン等）。 ✓ 可燃性素材であるため、難燃性を要求される製品への使用が難しい場合がある。 ✓ 比表面積が大きく、熱膨張が小さい性能を活かせる用途がない。 ✓ 透明性、軽量・高強度、寸法安定性、ガスバリアー性などの CNF の特性を活かした新規用途の開発、普及が必要である。
安全性 (人間健康)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 高アスペクト比であるために、吸引時に肺内への繊維付着、軽い免疫力低下の可能性、炎症反応の誘発の可能性。 ✓ バクテリア由来の CNF は、コスト的にも高く食べ物への汚染が懸念される。
安全性 (生態系)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 発光微生物の発光の抑制、藻類の細胞成長に影響（生態毒性）するとの報告もある。 ✓ ゼブラフィッシュ受精卵に対して高い毒性を示した（高い含有率、CNF の加工により違うアスペクト比か材料物質による）という結果が報告されている。 ✓ ミジンコに曝露させることにより動きに異常行動が見受けられるとの報告もある。
名称	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 各セルロースナノマテリアルについて、名称の標準化がないため、規制、商品化が遅れている。
ナノ性物質の飛散 による危険性	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 飛散したナノ物質は、他の毒性物質のキャリアになる可能性がある。 ✓ 汚染物質除去などで使われるフィルターが詰まる要因となる可能性がある。

5.1.3.2 ヒアリングによる考慮事項の整理

整理した考慮事項について、ヒアリングにて精査するとともに、制度的課題についても追加するため、ヒアリングを実施した。

ヒアリングについては CNF 事業で検討されている部材・製品等を考慮し、関連する工業会、企業、学術専門家等、4 者・団体にコンタクトを取り、ヒアリングを実施した。ヒアリングにおける内容については表 5.1.3.2.1～5.1.3.2.4 に示す。

表 5.1.3.2.1：学術専門家へのヒアリング

項目	内容
ヒアリング区分	学術専門家
内容	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 自動車リサイクルは、混ぜ物系のプラスチックの多くはシュレッダーダストとなり、熱回収として使われている。 ✓ 容器包装リサイクル法関係では、PE や PP、PS などを回収している。CNF は PP などに混ぜて使用するということであるが、もし分別等するのであれば工程が増え、コストがかかってしまう。 ✓ 分別が可能であり、複合プラスチックとして分別した際の課題となるのは受け入れ先の問題。今までのプラスチックの多くは中国へと流れていくルートがあったが、現在は規制等でそれが難しくなったため、受け入れ先の問題が大きくなっていると思われる。 ✓ 複合材のマテリアルリサイクルは二種類考えられる。一つは複合材から複合材に返すこと。この場合リサイクル複合材 100%で製品を作る覚悟があるか？というところに帰着する。もう一つは物性低下が許容範囲という前提でバージン材に混ぜて使うということ。10%程度に薄めるなら可能だとする場合、10 倍の製品需要が必要。マテリアルリサイクル量が 1000t 程度の需要だとまだ可能性もあるが、1 万 t レベルでリサイクル材含有製品を供給できますと言われても、今の市場がそこまでなければ現実的な話ではない。 ✓ マテリアルリサイクル先として、プラスチックパレットなどがある。90 数%純度の PP や PE などを使う場合、強度の問題でバージン材と混合して調整しているとのことである。パレットのような射出成型品だとまだよいが、フィルム系はそもそも混ぜものは使えない。 ✓ 複合プラスチックのマテリアルリサイクルという視点では厳しいかもしれないが、プラスチックのガス化等のケミカルリサイクルや、熱回収などのサーマルで考えるとセルロースであるため、燃焼でき、利点として活かせると考えられる。

表 5.1.3.2.2：工業会 A(中間財関連)へのヒアリング

項目	内容
ヒアリング区分	工業会 A(中間財関連)
内容	<ul style="list-style-type: none"> ✓ プラスチック関係はほぼサーマルリサイクルに回っているのが現状である。 ✓ 100g 以上は材質の記載をしないといけない等ルールは存在しているが、同じ PP でも素材の性能等は違うため、同じとして扱うことはできず、それだけを見て判断し、マテリアルリサイクルに回すことは難しいため、サーマルに回している。 ✓ 自動車のマテリアルリサイクルとして重要なことは同じ品質でかつ量を安定的に提供できるかがポイントである。安定供給は特に気になる。 ✓ マテリアルリサイクルとして、各部品メーカーの工程内リサイクルとして実施しているところもあるが、外観製品に用いられるものについてはそれすらも実施されていない会社も多い。つまり一度射出成形等されてしまったものは、品質が落ちてしまい、同一部材でもう一度射出成形に回してもムラができるなど、外観を損なわれる可能性があり、意匠製品では特に嫌われている。詰め物などの意匠性が少ないものにマテリアルリサイクルがあるケースもあるが、小さいものが多いし、数や量も少ないと思われる。 ✓ 自動車の部品の素材決定として、部品ごとに要求があり、その要求及びコストに見合うデザインや素材、加工方法等を決める。 ✓ 高級車では、軽量化が必要なスポーツカー的なものがあり、スポーツカーでは軽量化のためにカーボンなども採用されている例もある。そのため、CNF はそれにとって代わることも検討されるのであればよいと思う。 ✓ 自動車の部品として採用する際の課題として、日本では車両ごとの認証が最低必要である。もちろん部品の品質も重要であるが、日本では車両認証を通すことが重要である。海外では全く同じではなく、中国やアメリカ等では材料認証もある。日本でも難燃材料を〇%使うなども要求としてはあるが、阻害するような認証ではないと思われる。

表 5.1.3.2.3：工業会 B（資源循環関連）へのヒアリング

項目	内容
ヒアリング区分	工業会 B（資源循環関連）
内容	<ul style="list-style-type: none"> ✓ CNF については専門ではないが、焼却可能性があるのであればマテリアルリサイクルを前提とするのではなく、焼却を前提としてものづくりを考えるのも一つの手ではないか。その際、エネルギー回収としてどの程度効果があるのか、調査してはどうだろうか。 ✓ 自動車のリサイクルにおいて、プラスチック製品のうち、取り出し安い部品以外は Automobile Shredder Residue (ASR) として焼却に回るのがほとんどである。そのため、取り外しが可能かつ外しやすい部品に入れることによるリサイクルを検討するのはよいと思うが、それ以外であれば ASR として熱回収として考えるのがよいと思われる。 ✓ 品質チェックの際、例えば伸びは CNF を混ぜるとどのように変化するか気になる場所である。プラスチックの一部には品質のチェック項目として伸びがあるが、伸びがあると、どの程度の劣化具合かを知ることができるが、伸びがない場合、劣化しているのか判断が難しいため、リサイクル品の品質チェックが難しいと思われるため、自動車部品へのリサイクルは適さない可能性がある。分別できたとして、自動車以外の用途、例えば保温性があるのであれば、家電製品の表になかなか見えないところの詰め物プラスチックとして使えはするかもしれない。 ✓ 現状として、PP、PS、ABS 以外は、焼却に回っているものが多いと考えてよいと思われる。 ✓ Fiber-Reinforced Plastics (FRP) の製品の処理が困っている。家のバスタブや船などがあるが、特に船の FRP 船の処理が困っていると話を聞く。セルロースは特に白アリによって分解されており、セルロースともいえども、海では生分解等が進まないという現状を聞くこともあるため、FRP の代替になると海ゴミプラスチック問題にも解決策にもなるし、強靱性や焼却性というところを生かせるのではないか。 ✓ 産業廃棄物の焼却については、プラスチック系など、燃えるものを入れて燃やしている。一般焼却に回るものは赤字でもよいが、産業廃棄物の場合はそうはいかない。そのため、どちらに回す製品かを理解し、マテリアルリサイクルの良さを売るのもよいかと思うが、産業廃棄物にまわるものは焼却性を売り込むのがよいかもしれない。

表 5.1.3.2.4：企業 A（最終財関連）へのヒアリング

項目	内容
ヒアリング区分	企業 A（最終財関連）
内容	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 日本とそれ以外の国でリサイクルの見方が違う。例えば日本は梱包のダンボールが潰れていることですら嫌がる国民性である。海外の方がマテリアルリサイクル材を用いてもそれほど気にしない環境があるかもしれない。 ✓ リサイクル材の場合、色の均一さが合わなくなる。混ぜ方によって、色が統一できないため、外装品に使いづらい。内装材に使うことが多いと思われる。 ✓ リサイクル材を外装でも内装でも同じ値段で買ってくれるかが重要。メーカーによっては新製品でもリサイクル材を入れているためそれほど気にされないかもしれない。 ✓ 業界として、リサイクルというよりリユースとして用いることが多い。それは日本ではリースが多いためである。そのまま回収がうまくいき、使える部品はそのまま使っている。このような状況のため、その材料が採用されるのであれば耐久性の課題はあるものの、リユースの可能性はあるだろう。 ✓ 我々の製品分野はアメリカでは買い切り、ヨーロッパは半々。中国は回収システムの確立を政府から言われているため、対応するために進めている。 ✓ アメリカでは Electronic Products Environmental Assessment Tools (EPEAT) を取得するためにリサイクル工場をもっているか等、点数につながるため、回収に費用（新品に返信用封筒をつけるなど）をかけて各社リサイクルの取り組みをしている。ただし、カートリッジが大半である。それはプラスチックがほとんどの製品であるため。 ✓ カートリッジはマテリアルリサイクル材を用いているが、他社のカートリッジは何が入っているのがわからないため、マテリアルリサイクルには持ち入れず、産業廃棄物として、サーマルリサイクル等にまわしている。 ✓ メーカーによってはオープンリサイクルのものも一部使用していると聞いている。ただし、規格上そこに使わせている素材がはっきりしている場合にリサイクルして再生材料として使用している。 ✓ 他の業界も、リース形式のように、回収するものが同じ会社に戻る仕組みを作ることによってマテリアルリサイクルの強みが出てくる可能性がある。

5.1.3.1 引用文献

1. Bras, J. and Saini, S. 2017、 Nanocellulose in functional packaging in Cellulose-Reinforced Nanofibre Composites Production, Properties and Applications
2. Shatkin, J. A. and Kim B. 2015. Cellulose nanomaterials: life cycle risk assessment, and environmental health and safety roadmap
3. 橋本宗明、2018. セルロースナノファイバーの将来性と課題, 日経バイオテク ONLINE Vol.2877
4. Carpenter, A. W., de Lennoy, C. F., and Wiesner, M. R. 2015. Cellulose nanomaterials in water treatment technologies, Environmental and Science Technology 49: 5277-5287.
5. Sengul, H., Theis, T. L., and Ghosh, S. 2008. Toward sustainable nanoproductions. Journal of Industrial Ecology 12: 329-359.
6. Harper, B. J., Clendaniel, A., Sinche, F., Way, D., Hughes, M., Schardt, J., Simonsen, J., Stefaniak, A. B., and Harper, S. L. 2016. Impacts of chemical modification on the toxicity of diverse nanocellulose materials to developing zebrafish. Cellulose 23: 1763-1775.
7. Bhatnagar, A. and Sain, M. 2005. Processing of cellulose nanofiber-reinforced composites. Journal of reinforced plastics and composites. 24: 1259-1268.
8. Ansari, F., Galland, S., Johansson, M., Plummer, C. J. G., and Berglund, L. A. 2014. Cellulose nanofiber network for moisture stable, strong and ductile biocomposites and increased epoxy curing rate. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing 63: 35-44.
9. 株式会社北海道二十一世紀総合研究所、2017. セルロースナノファイバーの素材供給拠点形成及び市場可能性調査事業報告書

5.1.4 CNF における社会的、経済的、制度的課題整理

CNF で考慮・検討すべき課題について表 5.1.4.1 に示す。経済的課題、制度的課題、社会的課題等の検討にあたっては、炭素繊維や、カーボンナノチューブ、バイオマスを参考として考慮した上で、ヒアリングを実施し、追加検討等を実施している。今回まとめた課題については、文献調査を中心とした CNF に係る懸念事項をまとめたものであり、CNF を混ぜる材料によっては違う結果となることもあることに留意する必要がある。

表 5.1.4.1 : CNF における社会的、経済的、制度的課題整理

	製造（植物資源生産、CNF 製造、CNF 複合材製造）	使用	廃棄・リサイクル
安全性 (健康被害)	労働安全衛生（微細粉末飛散）	自動車走行時タイヤ粉塵 接触・摂取の安全性（食品、化粧品の場合） 事故・災害などによる破損に起因するナノマテリアルの飛散時の吸引 部品修理時の粉塵化等による安全性	焼却処理時の粉末
廃棄・リサイクル性	工程ロス、不良品の処理	—	使用済み品の処理（CNF 複合材のみを分別・再生可能か？）
品質	品質の担保、凝集性などの物理的性質をカバーした製造工程による品質の担保	耐候性、耐久性、修繕性、耐衝撃性	リサイクル品の品質の担保、ニーズの担保
コスト	生産コスト、エネルギー・水需要、量産性	修理コスト	廃棄・リサイクルコスト
納品	材料の確保による安定供給、保管（劣化、長期、吸湿性、腐食）	—	マテリアルリサイクル部材の安定供給、品質保証
環境	資源有効利用、気候変動、水質汚濁、大気汚染、生態毒性、人間健康		
その他	材料認証取得時間（自動車向け）	CNF の特性を生かした用途の拡大	リサイクルシステムへの適合 CNF のリサイクル材受け入れ用途の拡大
CNF および CNF 複合材の生産に関する技術的課題	耐熱性、結晶化速度、生産速度、量産性、純度、分散性、意匠性（塗装等）、密着性・接着性（他素材やプリプレグ間等）	—	—

5.1.5 CNF の課題及び対応案について

表 5.1.4.1 に示した考慮事項の対応案について検討を行った。各課題における対応案について製造、使用、廃棄・リサイクルの 3 つに分けて表 5.1.5.1～5.1.5.3 にまとめる。

表 5.1.5.1：製造段階における課題及び対応案

	考慮・検討すべき課題	対応案
安全性（健康被害）	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 労働安全衛生（微細粉末飛散） 	<ul style="list-style-type: none"> • 経済産業省が産業技術総合研究所に委託し、CNF の安全性評価技術を開発し、手引書等を作成する事業が進行中（2017～2019 年度事業）。その結果を待って判断する
廃棄・リサイクル性	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 工程ロス ✓ 不良品の処理 	<ul style="list-style-type: none"> • 工程ロスや不良品に関しては工程内リサイクルによる品質劣化が少ないとの検討結果があるが、トヨタ車体事業での検証が進んでいる。
品質	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 品質の担保 ✓ 凝集性などの物理的性質をカバーした製造工程による品質の担保 	<ul style="list-style-type: none"> • 規格化（標準化）による品質管理 • 品質・コストのバランスの取れた品種構成の提示 • 分散技術や塗装技術による品質安定化調査 • 物性の試験調査
コスト	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 生産コスト ✓ エネルギー・水需要 ✓ 量産性 	<ul style="list-style-type: none"> • 量産時を見据えた生産エネルギー及びコストのシミュレーションの実施とプロセス設計
納品	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 安定供給 ✓ 保管（劣化、長期、吸湿性、腐食） 	<ul style="list-style-type: none"> • 山林から生産工場、リサイクル工場までのバリューチェーンを通じた安定した供給体制の構築 • 中間貯蔵を含めた保管に関する各種試験の実施
環境	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 資源有効利用、気候変動、水質汚濁、大気汚染、生態毒性、人間健康 	<ul style="list-style-type: none"> • ライフサイクルアセスメント（LCA）調査の実施と設計へのフィードバック
その他	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 材料認証取得時間（自動車向け） 	<ul style="list-style-type: none"> • 既存の自動車関連企業以外への材料認証にかかる情報提供
CNF および CNF 複合材の生産に関する技術的課題	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 耐熱性、結晶化速度、生産速度、量産性、純度、分散性、意匠性（塗装等）、密着性・接着性（他素材やプリプレグ間等） 	<ul style="list-style-type: none"> • 環境省や経済産業省の実証事業に関するヒアリング、文献調査や、国内外の論文調査等の実施による情報開示 • 製造方法別に分けた各物性情報の開示

表 5.1.5.2：使用段階における課題及び対応案

	考慮・検討すべき課題	対応案
安全性（健康被害）	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 自動車走行時タイヤ粉塵 ✓ 接触・摂取の安全性（食品、化粧品の場合） ✓ 事故・災害などによる破損に起因するナノマテリアルの飛散時の吸引 ✓ 部品修理時の粉塵化等による安全性 	<ul style="list-style-type: none"> • 経済産業省が産業技術総合研究所に委託し、CNFの安全性評価技術を開発し、手引書等を作成する事業が進行中。その結果を待って判断する。
廃棄・リサイクル性	-	-
品質	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 耐候性、耐久性、修繕性、耐衝撃性 	<ul style="list-style-type: none"> • 保管・メンテナンス方法を含めた各種試験の実施 • 規格化（標準化）による品質管理 • 塗装技術・方法の調査
コスト	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 修理コスト 	<ul style="list-style-type: none"> • 修理コストの社会的受容性の検討
納品	-	-
環境	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 資源有効利用、気候変動、水質汚濁、大気汚染、生態毒性、人間健康 	<ul style="list-style-type: none"> • ライフサイクルアセスメント（LCA）調査の実施と設計へのフィードバック
その他	<ul style="list-style-type: none"> ✓ CNFの特性を生かした用途の拡大 	<ul style="list-style-type: none"> • 軽量化や焼却性を活かした製品調査
CNFおよびCNF複合材の生産に関する技術的課題	-	-

表 5.1.5.3：廃棄・リサイクル段階における課題及び対応案

	考慮・検討すべき課題	対応案
安全性（健康被害）	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 焼却処理時の粉末 	<ul style="list-style-type: none"> • 経済産業省が産業技術総合研究所に委託し、CNFの安全性評価技術を開発し、手引書等を作成する事業が進行中。その結果を待って判断する。 • 京都大学にて焼却処理の実験をしているので、その結果を待って判断する。
廃棄・リサイクル性	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 使用済み品の処理（CNF複合材のみを分別・再生可能か？） 	<ul style="list-style-type: none"> • 自動車・家電・建材の分野においては、現状のFRPの材料リサイクルは限定的であり、焼却処理も困難である。また、CNF複合材はそれ単体での回収ルートが確立されない限り材料リサイクルに適さないが、焼却可能である。そのため、条件によっては、サーマルリサイクル利用の可能性を検討することも有効と考えられる。
品質	<ul style="list-style-type: none"> ✓ リサイクル品の品質の担保、ニーズの担保 	<ul style="list-style-type: none"> • 自動車・家電・建材の分野においては、CNFは単一素材で多くの量が回収出来なければ材料リサイクルにも適さないため、材料リサイクルに関しては、カスケード利用を前提に用途開発やニーズ担保を検討する。
コスト	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 廃棄・リサイクルコスト 	<ul style="list-style-type: none"> • 環境省でリサイクルの性能評価等事業委託業務を実施中。その結果等を用いて廃棄・リサイクルシステムを検討。
納品	<ul style="list-style-type: none"> ✓ マテリアルリサイクル部材の安定供給、品質保証 	<ul style="list-style-type: none"> • マテリアルリサイクルの可能性を調査。
環境	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 資源有効利用、気候変動、水質汚濁、大気汚染、生態毒性、人間健康 	<ul style="list-style-type: none"> • ライフサイクルアセスメント（LCA）調査の実施と設計へのフィードバックを実施。
その他	<ul style="list-style-type: none"> ✓ リサイクルシステムへの適合 ✓ CNFのリサイクル材受け入れ用途の拡大 	<ul style="list-style-type: none"> • CNF複合材が大量に導入される社会状況になってから対応を再検討する。
CNFおよびCNF複合材の生産に関する技術的課題	-	-

5.2 CNF の CO₂ 排出量データ共有方法の検討

既存の情報伝達スキーム等を参照して事業者には過度な負担とならないよう、効果的に CNF に係る CO₂ 排出量データの共有方法について調査を行った。

CO₂ 排出量データの種類としては、業界平均データ、個社データ、推計データ、産業連関型データなどがある。それぞれの特徴を表 5.2.1 に示す。本事業ではデータ共有という視点からデータを共有・流通させるシステムについて検討を行うため、これらのデータに関するデータ流通システムの調査を行った。

表 5.2.1：データの種類の種類

データの種類の種類	特徴
業界平均データ	工業会等が会員企業から個社データを収集し、平均値・代表値として公開するデータである。代表値・平均値化することで個社の実データ等の機密情報が秘匿されること、及びデータの説明責任がデータをまとめている工業会等の所在となるため、データを公表しやすい傾向がある。
個社データ	個社の実データ等を用いて作成されたデータである。省エネ等の個社の特徴を反映した CO ₂ 排出量を算定することができる。説明責任は当該個社にある。
推計データ	実データを用いずに統計や、類似のプロセスをもつ別製品等のデータを用いて推計するデータである。実データを保持していない第三者がデータを作成するため、実態とはズレが生じる場合もある。
産業連関型データ	産業連関表を用いて作成されるデータである。産業連関表は日本のあらゆる産業分野を網羅しているため、原則として単価データがあればどのような製品等でも金額当たりの CO ₂ 排出量データを作成可能である。ただし、産業連関表は数年に 1 回更新されることや、単価は経時的に変動するため注意が必要である。

CO₂ 排出量や LCA データの共有・流通のプラットフォームとして、表 5.2.2 の通り運営・検討されているものを調査した。その内容について 5.2.1～5.2.4 に示す。これらは LCA 実施のためのデータ流通プラットフォームである。しかし、それぞれに特徴があり、今後 CNF に係るデータについては、守秘性などが絡むことにより、個社ではなく平均値等がよいケース等も想定される。CNF 業界の CO₂ 排出量の算定等を鑑みながらの検討が必要である。

表 5.2.2：各データプラットフォームの概要について

データプラットフォーム名	運営・検討主体	段階	概要
LCA 日本フォーラム LCA データベース (主として業界平均データ、推計データ)	LCA 日本フォーラム (事務局：一般社団法人産業環境管理協会)	運営中	54 工業会データ等を中心とした LCA 実施に係るデータ流通プラットフォームとして会員向けに運営している。工業会がとりまとめている業界平均値のデータを主として、過去の LCA 国家プロジェクト等のデータを搭載している。
Global LCA Data Access network (GLAD) (あらゆるデータが対象となり得る)	Life Cycle Initiative Economy Division UN Environment	運営中	UN Environment のもと、日本を含め、欧州委員会、米国、中国など世界の 13 の国・地域の政府機関が運営に参加し、構築している LCA のデータ流通プラットフォーム。各国で作成されている複数のデータベースの検索エンジンの役割のため、データの作成方法が統一されているわけではない。
CO ₂ 排出量 DB (主として業界平均データまたは個社データ)	一般社団法人日本化学工業協会	検討中	業界として CO ₂ 排出量データベースを構築する動きがある。2018 年 3 月に発行した「Connected Industries 素材分野検討ワーキンググループ検討報告書」にとりまとめられている。個社データをデータベース化することも想定している。現在構築に向けて検討段階であるため、開示方法については、個社データとして開示するのか、業界平均値として開示するのか明確に記載されていない。
Environmental Product Declaration (EPD) (主として個社データ)	各プログラムホルダー (世界で約 60 の EPD プログラムが運営中)	運営中	ISO14025 で規格化された、LCA の情報をラベルとして公開する環境ラベルプログラムである。日本では、産業環境管理協会が運営する JEMAI 環境ラベルがあり、世界で 60 程度のプログラムが運営されている。個社の個別製品ごとに LCA 結果をラベル化し、公開している。

5.2.1 LCA 日本フォーラムについて

LCA 日本フォーラム (JLCA) は、日本におけるライフサイクルアセスメント(LCA)に係わる産業界、学界、国公立研究機関の関係者が集うプラットフォームであり、LCA のデータ流通基盤の一つとして JLCA における LCI データベースがある。このデータベースには、54 の工業会から自主的に提供された「Gate to Gate」の業界平均データ、経済産業省ならびに NEDO 等の事業として実施された LCA プロジェクトの成果等のデータ、JLCA 独自調査、文献調査データ等の推定データが搭載されている。

情報伝達スキームを検討するに当たり、これらのデータベースを活用し、工業会等を通して継続的に提供するシステム構築が考えられる。情報提供をしている 54 工業会について図 5.2.1.1 に示す。

JLCA における工業会データは、各工業会に属する事業者等から、LCA に係るデータを工業会が定期的に情報を収集し、それらを平均化されたものとして公開されている。

工業会によっては更新頻度の差はあるものの、JLCA のデータベースは年に 4 回ほど更新されており、LCA の情報流通基盤として存在するこのシステムを利用して共有できる。JLCA の流通イメージについて図 5.2.1.2 に示す。

なお、公開しているデータは「Gate to Gate」データとなっており、各工業会の所管する範囲のプロセスデータである。使用する際には、このプロセスデータに、上流を接続して計算に用いる等の工夫が必要とされる。

- | | |
|------------------------|------------------------|
| 1 (社)日本電機工業会 | 28 日本酸化チタン工業会 |
| 2 (社)ビジネス機械・情報システム産業協会 | 29 日本石鹼洗剤工業会 |
| 3 板硝子協会 | 30 塩ビ工業・環境協会 |
| 4 (社)日本産業機械工業会 | 31 石油化学工業協会 |
| 5 電気事業連合会 | 32 一般社団法人日本産業・医療ガス協会 |
| 6 日本化学繊維協会 | 33 発泡スチレン工業会 |
| 7 (社)日本自動車工業会 | 34 硫酸協会 |
| 8 (社)日本ガス協会 | 35 ウレタン原料工業会 |
| 9 日本製紙連合会 | 36 エンプラ技術連合会 |
| 10 石油連盟 | 37 日本アクリルニトリル工業会 |
| 11 情報通信ネットワーク産業協会 | 38 印刷インキ工業会 |
| 12 (社)日本化学工業協会 | 39 合成ゴム工業会 |
| 13 (社)日本アルミニウム協会 | 40 日本ABS樹脂工業会 |
| 14 (社)セメント協会 | 41 日本肥料アンモニア協会 |
| 15 (社)日本ガス石油機器工業会 | 42 日本エマルジョン工業会 |
| 16 (社)建築業協会 | 43 日本ソーダ工業会 |
| 17 日本鉱業協会 | 44 メタノール・ホルマリン協会 |
| 18 耐火物協会 | 45 石油化学工業協会内日本メタクリル委員会 |
| 19 (社)日本自動車部品工業会 | 46 石灰石鉱業協会 |
| 20 日本ゴム工業会 | 47 電線総合技術センター |
| 21 (社)電子情報技術産業協会 | 48 電池工業会 |
| 22 (社)日本鉄鋼連盟 | 49 日本チタン協会 |
| 23 (社)プラスチック処理促進協会 | 50 硝子繊維協会 |
| 24 (社)日本塗料工業会 | 51 鉄道総合技術研究所 |
| 25 カーボンブラック協会 | 52 普通電炉工業会 |
| 26 クロロカーボン衛生協会 | 53 ステンレス協会 |
| 27 合成樹脂工業協会 | 54 (社)日本ファインセラミックス協会 |

図 5.2.1.1：JLCA に LCA データに関する情報提供している 54 工業会(引用元 JLCAHP)

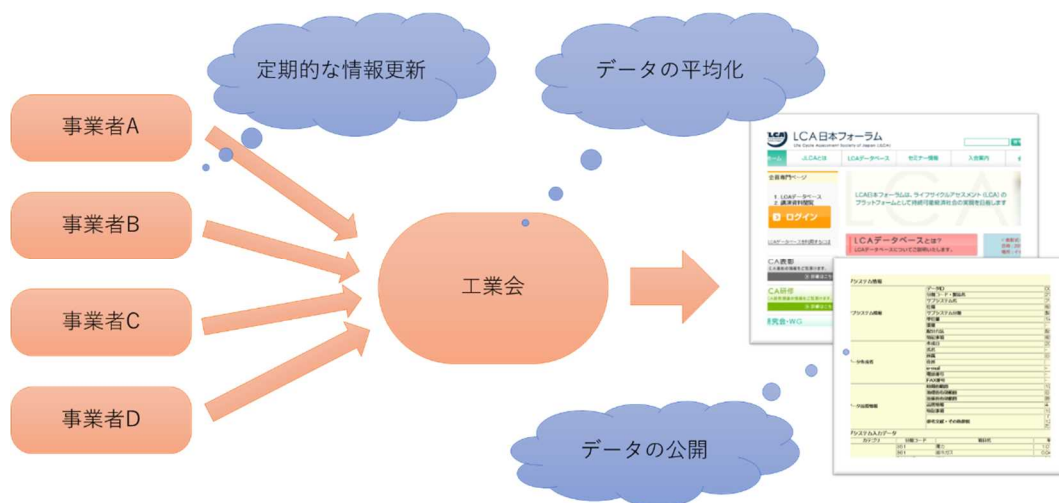


図 5.2.1.2：JLCA におけるデータ流通システムのイメージ図

5.2.2 Global LCA Data Access network (GLAD)について

海外における LCA データ流通プラットフォームとして、The United Nations Environment Programme (UN Environment)のもとに進められている LCA データベース間の国際協調枠組みである「GLAD (Global LCA Data Access)」がある。グローバルに活動する企業にとっては、多様に存在するデータベース間の相互利用性が課題となっている。GLAD では、その課題の解決を見据え、UN Environmentのもと、日本を含め、欧州委員会、米国、中国など世界の 13 の国・地域の政府機関が運営に参加しており、主要なデータベース開発者や専門家が協力して検討を進めている。

GLAD で構築されているシステムは各国で作成されている複数のデータベースの検索エンジンの役割である。そのため、データの作成方法が統一されているわけではなく、個社データや業界データ等に統一されていることもない。なお、構築されたシステムは 2018 年 9 月よりベータ版として紹介・公開している。

データベースプラットフォーム構築参加国を図 5.2.2.1 に示す。また、データベース検索ページを図 5.2.2.2 に、検索結果例を図 5.2.2.3 に示す。ただし、検索結果として閲覧できるデータは、データの対象地域・国や品質などのメタ情報にとどまる場合が多く、必ずしもデータの詳細がすべて確認できるわけではない。



図 5.2.2.1 : GLAD 参加国

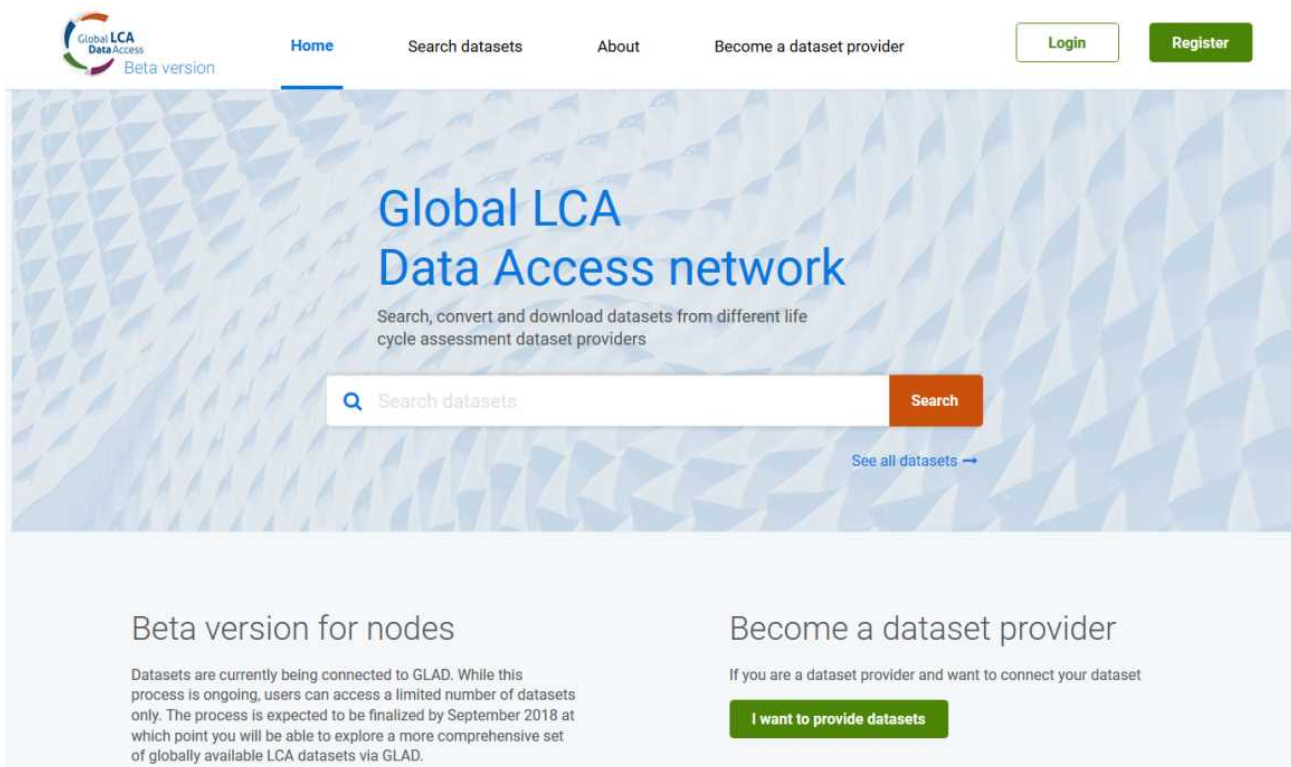


図 5.2.2.2 : GLAD データベース検索システム画面

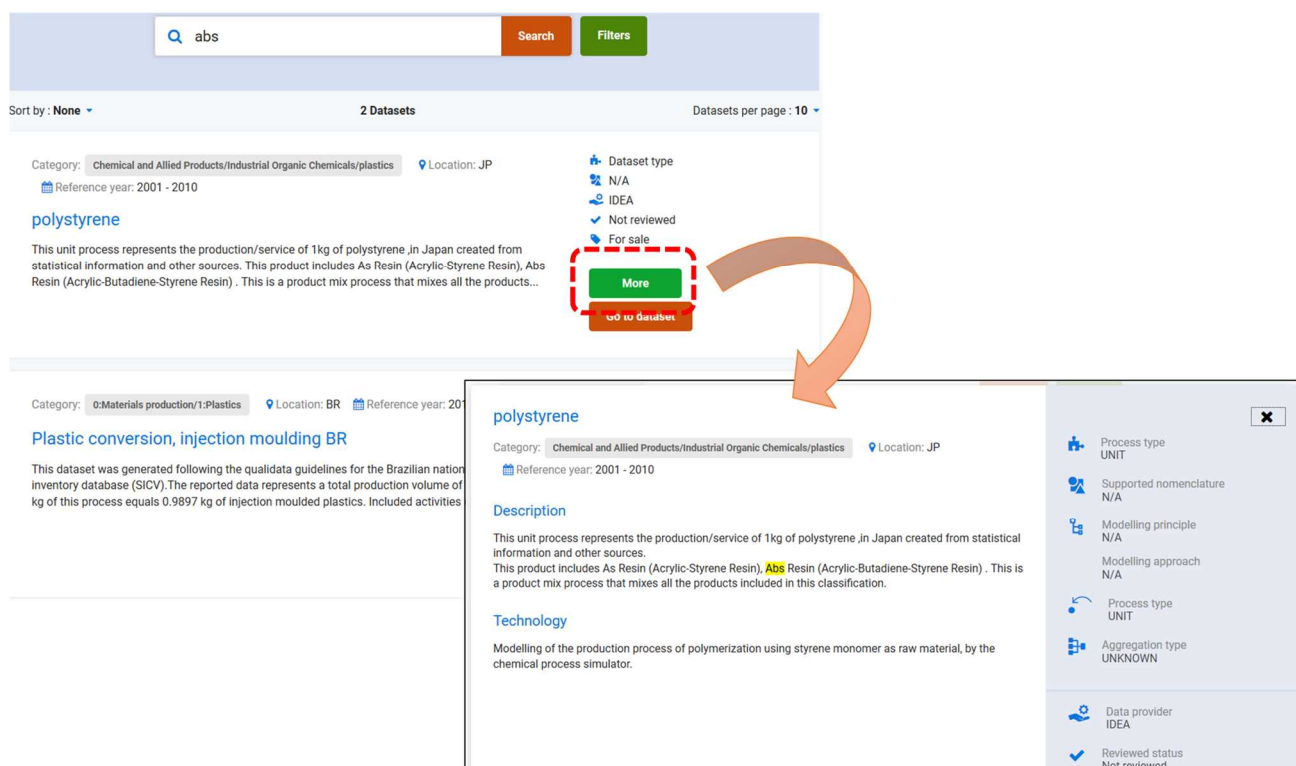
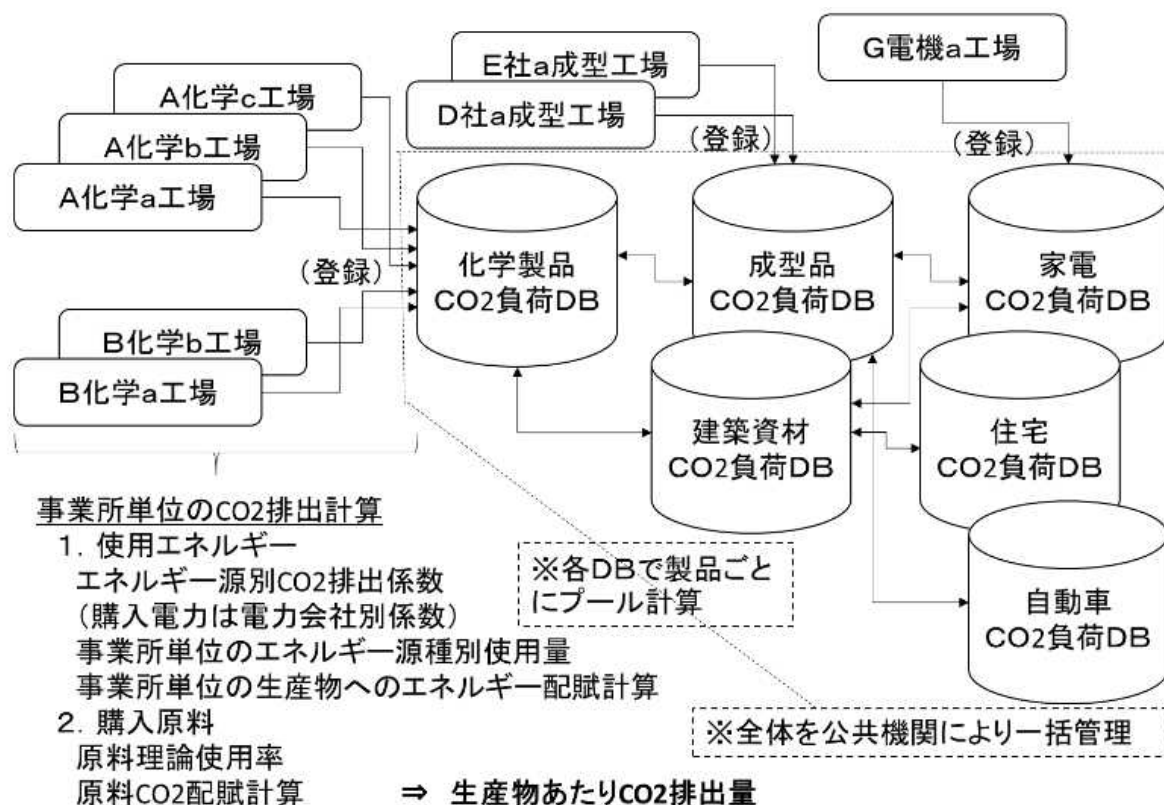


図 5.2.2.3 : GLAD データベース検索結果例

5.2.3 一般社団法人日本化学工業協会が検討する CO₂ 排出量 DB について

日本化学工業協会では、経済産業省が推進する「Connected Industries」における重点領域のひとつに関する提言として「Connected Industries 素材分野検討ワーキンググループ検討報告書」を取りまとめて公開している。その検討している内容の1つに CO₂ 排出量 DB の構築がある。このデータ流通システムにおいては、図 5.2.3.1 に示す通り検討されている。

構築においてはこれからということもあり、日本化学工業協会へ取組状況やコンセプト等についてヒアリングを行った。その内容については、表 5.2.3.1 に示すが、現在経済産業省を中心としてデータベースの箱を構築しており、詳細はこれから詰めながら検討を進めていくとのことであった。



※各個社事業所単位で各製品データを算出し保持する。CO₂負荷DBは集約DBとし、一定期間ごとに大括りの製品単位でトン当たりCO₂排出量を算出し公開する。

図 5.2.3.1 : CO₂ 排出量 DB の構築イメージ

表 5.2.3.1：日本化学工業協会へのヒアリング結果

項目	内容
内容	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 昨年度「Connected Industries 素材分野検討ワーキンググループ検討報告書」が発行され、経済産業省の素材産業課に相談しながら進めている。 ✓ 現在経済産業省が中心となり、データ流通システムの箱を作成し、つなぎ合わせてデータベースの構築を検討している。化学業界が多いが素材産業として作られているイメージである。 ✓ データ流通として、CO₂ 排出量の他に、特許や製品性能等の情報流通が考えられるが、報告書の提言の重要事項として、未活用の技術のマッチングがあげられる。公開可能なデータを入れることにより、それにより判断ができるため、マッチングを促進する。 ✓ 有料のデータベースを想定しており、誰でもアクセス可能となるが、階層等を決めて運用される可能性もある。まだどちらとも言えない。 ✓ 海外はメガ企業と呼ばれる会社があり、その内部・グループ等で技術等の情報を有していればよいが、日本はメガ企業が少ないため、多企業で情報を共有し、企業群をバーチャルメガ企業として海外のメガ企業と戦っていくことが必要である。その役割を果たすため Connected Industries の考えを活用しようとしている。


5.2.4 Environmental Product Declaration (EPD)

ISO14025:2006 (Environmental labels and declarations - Type III environmental declarations - Principles and procedures)等に基づき運営される LCA データを用いた環境ラベルである。ISO におけるタイプⅠ～Ⅲの区分のうちタイプⅢ環境ラベルに位置づけられる。個社の個別製品ごとに LCA 結果をラベル化し、公開するプログラムである。

スウェーデンの EPD プログラム (THE INTERNATIONAL EPD® SYSTEM) や日本の JEMAI 環境ラベルプログラム等、世界では約 60 の EPD 環境ラベルプログラムが運営されており、登録されるラベルは製品ごとにまとめられ公開されている。登録されるデータ及びラベルの例として JEMAI 環境ラベルを図 5.2.4.1 に示す。

LCA の算定においては、各プログラムによって多少の違いはあるものの、Product Category Rules (PCR) という製品群ごとの算定ルールを設定し、それに基づき算定を実施することとされている。なお、設定する PCR については、PCR に記載すべき項目等を規格化した ISO の技術文書 ISO/TS14027 が 2017 年に発行されている。

各プログラム運営者によって多少の違いがあるものの、主としては製品ごとの個別・個社データとしてプログラムに LCA データを登録する制度である。その際、データの品質を確保するため検討等、算定者以外の第三者に確認が必要としており、その確認で修正されたものが登録される。プログラムによっては図 5.2.4.2 に示す通り相互認証されているものもある。




エコローフ
タイプⅢ環境宣言 (EPD)
登録番号: JR-AD-18002E

JEMAI環境ラベルプログラム
一般社団法人産業環境管理協会
東京都千代田区船泊町2-2-1
https://www.jemai-label.jp

JEMAI環境ラベルプログラム
一般社団法人産業環境管理協会
東京都千代田区船泊町2-2-1
https://www.jemai-label.jp

株式会社LIXIL
LIXIL Corporation

フローゼ シーガルステップ
PRO-SE segel step



※ガラスは含まれません。

算定単位 1窓

算定対象段階
 最終材 中間材
 原材料調達、生産、建設、廃棄・リサイクル

製品の型式、主要仕様・諸元
 型式: ビル用サッシ
 PRO-SE Segel step (シーガルステップ)
 サイズ(mm): W900×H600~W1500×H1000
 の範囲に含まれる全ての製品
 代表製品サイズ: W1500mm×H1000mm
 主な製造工場: 土浦工場

問い合わせ先
 株式会社LIXIL LBT-J テクニカルサポート eDESK
 東京都江東区大島2-1-1
edesk@lixil.com

登録番号 JR-AD-18002E
 適用PCR番号 PA-212300-AD-01
 PCR名 窓・サッシ
 公開日 2018年07月20日
 検証合格日 2018年07月10日
 検証方式 個別検証方式
 検証番号 JV-AD-18002E
 検証有効期間 2023年7月19日
 PCRレビューの実施
 認定日・改定日 2018年3月26日
 委員長 神崎 昌之
 (所属: 一般社団法人産業環境管理協会)

第三者検証者*
 外部検証員 南山 賢悟
 ISO14025およびISO21930に従った本宣言及びデータの独立した検証
 内部 外部

登録番号: JR-AD-18002E



エコローフ
タイプⅢ環境宣言 (EPD)
登録番号: JR-AD-18002E

JEMAI環境ラベルプログラム
一般社団法人産業環境管理協会
東京都千代田区船泊町2-2-1
https://www.jemai-label.jp

JEMAI環境ラベルプログラム
一般社団法人産業環境管理協会
東京都千代田区船泊町2-2-1
https://www.jemai-label.jp

1. ライフサイクル影響評価結果

項目	値	単位
気候変動 IPCC 2013 GWP 100a	190	kg (CO2換算)
酸性化	820	g (SO2換算)
光化学オキシダント	1.6	g (EPD換算)

■ ①原材料調達 ■ ②工場への輸送 ■ ③生産
■ ④建設段階 ■ ⑤廃棄・リサイクル

2. ライフサイクルインベントリ分析関連情報

項目	単位
非再生可能元素・非再生材料	2.8E+01 kg
非再生可能エネルギー	2.6E+03 MJ
再生可能材料・元素	6.5E+00 kg
再生可能エネルギー	2.7E+01 MJ
淡水の消費	8.9E-02 m3

3. 材料及び物質に関する構成成分

項目	単位	項目	単位
アルミニウム合金	56 %	その他樹脂部品	0.57 %
ステンレス・鉄部品	34 %		%
アルミ合金部品	8.2 %		%
ゴム部品	0.75 %		%
PVC樹脂部品	0.54 %		%
アルミダイキャスト部品	0.020 %		%

4. 廃棄物関連情報

項目	単位
有害廃棄物	2.00E-05 kg
その他の廃棄物	1.55E+01 kg

5. 算定結果に関する追加情報
 輸送シナリオの概要: 全てPCRシナリオに従って算定しています。この製品にガラスは含まれません。使用段階の環境負荷は含まれません。この算定結果は代表サイズ (W1500mm×H1000mm) の結果を示しています。W900mm×H600mm~W1500mm×H1000mmの範囲に含まれる全ての製品が対象となります。その他のサイズについては、別紙を参照してください。

6-1. その他の環境関連情報
 ISO14001認証取得工場で生産しています。

図 5.2.4.1 : JEMAI 環境ラベルの例示

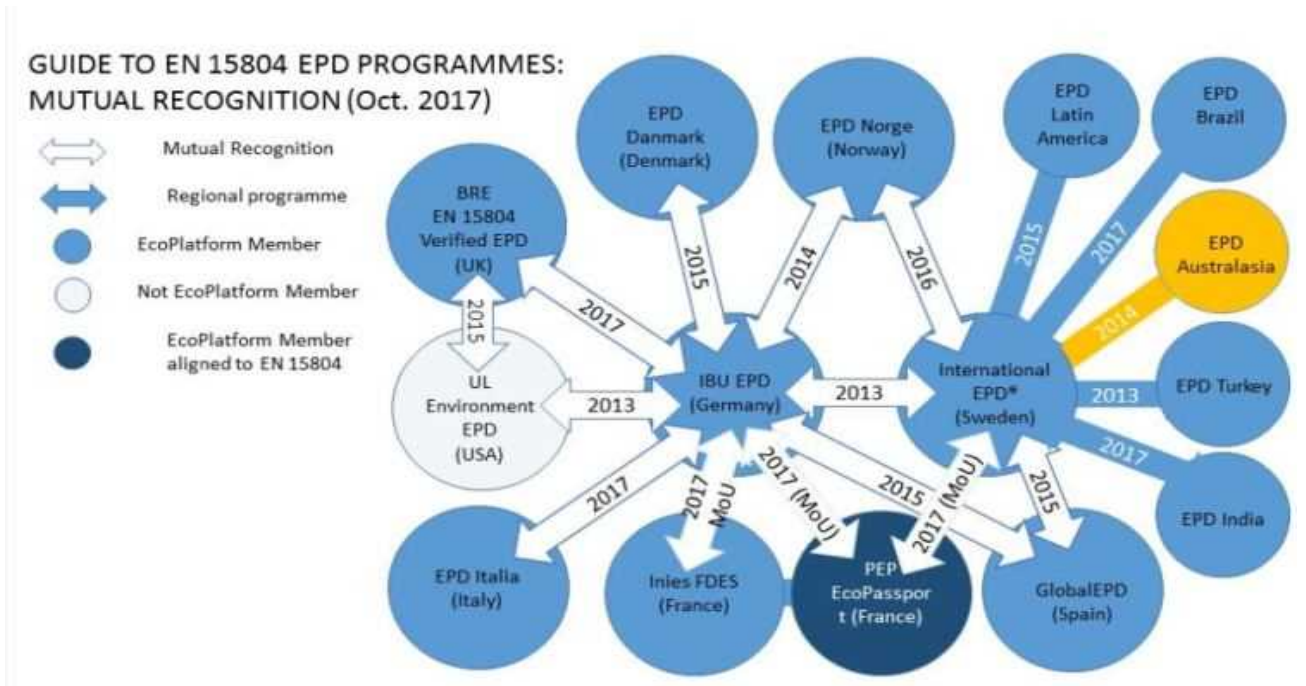


図 5.2.4.2 : EPD の相互認証等

第6章. 有識者会議の設置・運営

6.1 委員会の設置及び構成

本業務では、専門的な観点からの指導・助言等を得ることを目的として、「CNF ライフサイクル評価委員会委員会」を設置し、事業の進捗管理はもちろんのこと、本事業に係る議題事項を検討した。表 6.1 に委員名簿を示す。委員長は木材全般および LCA に造詣の深い東京農工大学の服部順昭名誉教授である。

表 6.1：委員名簿

—	氏 名	所 属・役 職
委員長	服部 順昭	国立大学法人東京農工大学 名誉教授
委員	磯貝 明	国立大学法人東京大学大学院 農学生命科学研究科 生物材料科学専攻 教授
委員	遠藤 貴士	国立研究開発法人産業技術総合研究所 機能化学研究部門 セルロース材料グループ
委員	菊池 康紀	国立大学法人東京大学 サステイナビリティ学連携研究機構 准教授
委員	近藤 哲男	国立大学法人九州大学大学院 農学研究院 サステイナブル資源科学講座 教授
委員	中野 勝行	学校法人立命館 立命館大学 政策科学部 政策科学科 准教授
委員	森井 博一	日本製紙連合会 常務理事
委員	矢野 浩之	国立大学法人京都大学 生存圏研究所 生物機能材料分野 教授

6.2 委員会の開催日程

委員会の開催日及びその議題及び資料について表 6.2.1～表 6.2.3 に示す通りである。

表 6.2.1：第 1 回委員会開催概要

項目	内容
日時場所	開催日時：平成 30 年 10 月 5 日（金） 15：00～17：00 開催場所：TKP 神田駅前ビジネスセンター ミーティングルーム 5D
議題	<ol style="list-style-type: none"> 1. 委員の紹介と委員長を選任について 2. CNF ライフサイクル評価委員会について 3. 本事業の概要および全体スケジュールについて 4. 製造方法別 CNF の整理方針及び CNF 製造原単位作成の方針について 5. 新規ガイドラインの作成方針について 6. 平成 27 年度以降の CNF 事業における整理状況について 7. その他（第二回、第三回委員会開催日程等）
配布資料	<p>資料 1 CNF ライフサイクル評価委員会委員名簿</p> <p>資料 2 CNF ライフサイクル評価委員会設置規程</p> <p>資料 3 平成 30 年度セルロースナノファイバー利活用による CO₂ 排出削減効果等評価・検証事業委託業務の概要</p> <p>資料 4 製造方法別の整理方針及び CNF 製造原単位作成の方針について</p> <p>資料 5 新規ガイドラインの作成方針について</p> <p>資料 6 平成 27 年度以降の CNF 事業における整理状況について</p> <p>参考資料 1 既存文献整理表</p> <p>参考資料 2 既存 LCA ガイドライン整理表</p> <p>参考資料 3 JEMAI 環境ラベルプログラム算定・宣言規程</p> <p>参考資料 4 製品カテゴリールール（PCR）木対象製品</p> <p>参考資料 5 製品カテゴリールール（PCR）ふっ素塗料（中間材）</p> <p>参考資料 6 セルロースナノファイバーを用いた自動車製品に関する LCA ガイドライン（案）平成 28 年 3 月</p> <p>参考資料 7 セルロースナノファイバーを用いた家電部材及び住宅建材に関する LCA ガイドライン（案）平成 29 年 3 月</p>

表 6.2.2：第 2 回委員会開催概要

項目	内容
日時場所	<p>開催日時：平成 30 年 12 月 25 日（火） 13：00～15：00 開催場所：TKP 神田駅前ビジネスセンター ミーティングルーム 5G</p>
議題	<ol style="list-style-type: none"> 1. 第 1 回委員会議事録の確認 2. 本日の委員会の位置づけ 3. CNF の既存文献整理 4. CNF の製造方法別の整理、および製造原単位作成における途中経過について 5. 新規 LCA ガイドライン案について 6. 社会的、経済的、制度的課題の整理方法について 7. 平成 27 年度以降の CNF 事業における整理状況について 8. その他
配布資料	<p>資料 1 CNF ライフサイクル評価委員会委員名簿 資料 2 第 1 回 CNF ライフサイクル評価委員会議事録 資料 3 第 2 回委員会における位置づけ 資料 4 既存文献整理について 資料 5 CNF の製造方法別の整理、製造原単位作成について 資料 6-1 新規 LCA ガイドラインの立て付けとガイドライン案について 資料 6-2 共通 LCA ガイドライン（案） 資料 6-3 CNF 素材を適用した自動車製品 PCR（案） 資料 7 社会的、経済的、制度的課題の整理方針について 資料 8 平成 27 年度以降の CNF 事業における整理状況について</p> <p>参考資料 1 既存文献整理表 参考資料 2 既存 LCA ガイドライン整理表</p>

表 6.2.3：第 3 回委員会開催に関する内容

項目	内容
日時場所	<p>開催日時：平成 31 年 2 月 28 日（木） 15：30～17：30 開催場所：国立大学法人東京大学 農学部キャンパス 5 号館 102 会議室</p>
議題	<ol style="list-style-type: none"> 1. 第 2 回委員会議事録の確認 2. 本日の委員会の位置づけ 3. 平成 27 年度以降の CNF 事業における整理状況報告について 4. 社会的、経済的、制度的課題の整理結果報告について 5. 新規 LCA ガイドライン案について 6. CNF の製造方法別の整理、および製造原単位作成について 7. その他
配布資料	<p>資料 1 CNF ライフサイクル評価委員会委員名簿 資料 2 第 2 回 CNF ライフサイクル評価委員会議事録 資料 3 3 回委員会における位置づけ 資料 4 平成 27 年度以降の CNF 事業における整理状況について 資料 5 社会的、経済的、制度的課題の整理について 資料 6-1 LCA ガイドラインの立て付けとガイドライン案について 資料 6-2 セルロースナノファイバーに関する温室効果ガス排出量削減効果 算定ガイドライン（案） 資料 6-3 算定条件宣言シート作成ガイダンス（案） 資料 7 CNF の製造方法別の整理、製造原単位作成について</p> <p>参考資料 既存 LCA ガイドラインの整理表</p>

第7章. 本年度業務のまとめと課題の整理

本年度業務の総括と課題と対応方針について示す。

7.1 本年度業務のまとめ

(1) 国内外の CO₂ 排出量の評価手法に係る情報の収集・整理、該当評価手法の検討

国内外における CNF 関連技術の LCA に係る論文等の情報について、件数としては少なかったものの、最新情報の収集・整理を行った。製造方法も多様かつラボデータを用いたものがほとんどだったこともあり、CO₂ 排出量としては、7.5kg-CO_{2e}/kg 程度から 1,200kg-CO_{2e}/kg 程度と幅のある整理結果となった。同時に、この調査より量産化データによる LCA 評価が世界的にもほとんどないことが分かった。そこで、実データを基に TEMPO 酸化+ナノ解繊による CNF、及びプラスチックへの混練を想定した変性パルプ樹脂混練による CNF の 2 種類について、量産化を考慮したシミュレーションを実施し、CNF 製造に係る CO₂ 排出量を算定した。ただし、様々な前提条件を置いていることもあり、解釈には慎重な議論と検討が必要である。

また文献調査を通じて、CNF の種類・製造方法の体系的整理として、各種レビュー論文からの情報抽出と、製造プロセスに基づく分類により、類型化を行った。類型パターンについて、本事業の委員会にて国内の CNF 研究を代表する専門家へのヒアリングを通して検証と修正を繰り返し、13 種類のパターンに類型化した。しかし、CNF の研究開発は発展中であるため、その種類や製造方法、そしてそれらの関連知識は増え続けている。そのため、RDB を用いてモデリングデータを整理することで、CNF 製造プロセスシミュレータを構築できる可能性が示唆された。それができることで、実プロセスが存在しない状態での将来技術に対する LCA が可能となる。

(2) CNF サプライチェーンの CO₂ 削減効果の算定手法の検討

国際規格である ISOをはじめ、環境省の LCA ガイドライン等、既存のガイドラインを整理し、委員会で議論を重ねた上で CNF サプライチェーンの CO₂ 削減効果算定手法の構築を行った。①評価対象製品等の温室効果ガス排出量を求めたい場合、②比較対象製品等との比較を行いたい場合、③普及量を考慮した削減効果ポテンシャル量を求めたい場合の三つに対応できるよう整理した。算定においては、CO₂ 削減効果ポテンシャル量を評価するために決めるべき 11 項目について抽出し、算定ができるよう整理した。また、②や③を評価する際、簡易的に算定を実施できるよう簡易算定手法を導入した。

(3) CNF サプライチェーンの CO₂ 削減効果の評価するためのガイドラインの策定

(2) で検討した算定手法のガイドライン化を行った。CNF は現在ボールペンのインクからドラ焼き、掃除機といった家電製品等、様々な製品化がされており、個別の製品に留めず幅広く評価できるものとして検討し、階層構造型のガイドライン構成とした。また、階層構造型においても、運用スキームなどを運用せず、算定の自由度などを考慮し、自己宣言型の算定とするようガイドライン化を行い、「セルロースナノファイバーに関する温室効果ガス排出量削減効果算定ガイドライン」及び「算定条件宣言シート作成ガイドライン」の 2 つからなる文書化を行った。

(4) 「セルロースナノファイバー(CNF)等の次世代素材活用推進事業」における CO₂削減効果等の検討
平成 27 年度以降に環境省が実施している「セルロースナノファイバー(CNF)等の次世代素材活用推進事業」において実証する CNF 利活用の現在及び将来(2025 年～2035 年)の CO₂削減効果や CNF 供給価格等について整理した。整理においては、「セルロースナノファイバー製品製造工程の低炭素化対策の立案実証委託業務」及び「セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務」で実施された 11 事業を対象とし、①CNF 製品等名称、②CNF 製造方法、③対象(現行)製品等、④CNF 供給者、⑤CNF 供給価格、⑥CNF の導入目的、⑦CNF 製品のライフサイクル、⑧現行製品のライフサイクル、⑨現在の CO₂削減量、⑩普及量の 10 項目についてそれぞれ整理し、各事業の成果が社会全体に及ぼす波及効果等を定量的に示した。

(5) CNF サプライチェーン構築及び CO₂データの共有に向けた課題整理

CNF サプライチェーン構築上の経済的課題、制度的課題、社会的課題等について整理した上で、それらの課題に対する対応策を検討した。検討にあたっては、炭素繊維や、カーボンナノチューブ、バイオマスを参考として整理し、CNF の文献調査及びヒアリング調査と合わせて整理を実施した。整理した結果として CNF のライフサイクルを「製造段階」、「使用段階」、「廃棄・リサイクル段階」に分けて、「安全性(健康被害)」、「廃棄・リサイクル性」、「品質」、「コスト」、「納品」、「環境」、「その他」、「CNF および CNF 複合材の生産に関する技術的課題」の観点で課題を抽出し、対応案を整理した。

また、既存の情報伝達スキーム等を参照して事業者には過度な負担とならないよう、効果的に CNF に係る CO₂データ共有ができる方法について調査・検討を行った。結果として取り扱うデータが違う国内外 4 種類のデータ流通プラットフォームを調査したが、CNF の LCA データが少ないため、今後の算定データの取扱等を確認しながら再度、検討が必要と考える。

7.2 今後の課題と対応方針案

本事業の成果は、産業界の活用を意図して策定されてきたものである。本事業の成果を踏まえ、以下の点が今後の CNF 活用の促進に向けての検討事項と考える。

【技術俯瞰とロードマッピング】

技術ロードマップは関係する研究者、技術者、政府、一般市民などのステークホルダーの間で、新規な技術の現状と、開発における今後の可能性を共有するためのものとして、既に自動車や蓄電池など、様々な技術について作成され利用されてきている。これにより、集中投資すべき要素技術や、その改善点などを議論可能とするものである。多様な原料からの多種の製法が明らかになっているナノセルロースは、総称を“CNF”として技術開発がなされているが、その全体を体系的に示すことができず、一般からは必ずしも分かりやすい材料とはなっていない。

技術の俯瞰とロードマッピングを行うことにより、国内外の技術開発の動向を継続的に把握できるようになり、今後の開発戦略を立案しやすくなることが期待できる。

【CNF 製造類型ごとの原単位作成】

天然高分子を材料とし、他の材料との混練により機能を発現する CNF には実用化が進む一方で研究開発要素が多分に残っていると見える。そのため、現段階の需要想定には無いものが得られる可能性を今も秘めている。また需要の広がりにおいて、CNF を微量添加する使い方であってもその最終財全体の CO₂ 排出量の削減ポテンシャルが大規模となることも考えられる。この前提に立脚しつつ、現段階では京都プロセスや TEMPO 酸化パルプ由来製造などに関する技術開発および適用製品の開発が進んでおり、今後は他の製法を含めた環境性に関する有効性の確認が必須といえる。

また、既往の材料ライフサイクルとの違いを厳密に分析してみると、製造工程のどの部分に CNF としての特徴が現れるかが複雑であり、単純な比較評価が困難であることも明らかになってきている。

新規材料としての CNF の有効性を確認するためにも、LCA による多種シナリオの分析と、それを基にした原単位化が不可欠といえる。

【成果の情報発信】

自動車メーカー等は、CNF 部材について LCA から見た環境パフォーマンスについての関心が非常に高い。今年度成果である CO₂ 排出量の CNF 製造原単位、CNF 製造プロセスの類型化、さらにはライフサイクル CO₂ 排出量の削減効果の算定方法を示したガイドラインを、産業界への活用にあ資するべく強く発信してゆくことが重要である。

【LCA ガイドラインを用いたケーススタディの実施】

本年度の成果としてセルロースナノファイバーに関する温室効果ガス排出量削減効果算定ガイドライン」及び「算定条件宣言シート作成ガイダンス」の2つの文書化を行った。本事業では、これまで実施できなかったケーススタディについてこれらガイドラインを用いて実施し、その状況を踏まえて改定等を検討することが必要と考える。

【CNF 素材・部材等のニーズ調査】

CNF サプライチェーン構築上の経済的課題、制度的課題、社会的課題等の整理において、供給側としても、需要側としても品質はもちろんのこと、量が重要となる。CNF を用いた新規製品はもちろんのこと、CNF を含んだリサイクル品においても需要の発掘が重要であり、国内外でどのような製品、部品等に検討・採用されているのか、既存のバイオプラスチックを扱うメーカーなどがどのような状態・性能を望むのか等の調査が必要であり、その要望等に向けて素材・製品開発が加速されることを期待する。また同時に環境省が実施する CNF のリサイクル事業の成果を基に、選別される状態や計上等を把握した上で受け入れ先のマッチング調査も必要と考える。

【事業の連携】

CNF サプライチェーン構築上の課題整理の論点の一つとして安全性があり、経済産業省を中心とした調査が実施されている。その他、国際規格などの進捗などについて、他省庁、自治体、ナノセルロースフォーラム等と連携し情報を共有すること、全般的に可能な範囲で結果を広く公開することが重要である。

第8章. 参考資料

参考資料として本事業で作成した「セルロースナノファイバーに関する温室効果ガス排出量削減効果算定ガイドライン」を参考資料 1 として、また「算定条件宣言シート作成ガイダンス」を参考資料 2 として添付する。

參考資料 1

セルロースナノファイバーに関する
温室効果ガス排出量削減効果
算定ガイドライン

2019年3月

環 境 省

一般社団法人産業環境管理協会

目次

1. はじめに	- 1 -
2. 本ガイドライン策定の目的	- 2 -
3. 本ガイドラインの位置づけ	- 2 -
4. 温室効果ガス排出量の算定	- 3 -
4.1 算定方法について.....	- 3 -
4.2 算定条件宣言シートについて	- 4 -
4.3 算定結果のレビューについて	- 4 -
5. 評価対象製品等の算定	- 5 -
5.1 目的の設定	- 5 -
5.2 評価対象製品等の設定	- 5 -
5.3 削減効果を発揮する最終製品等の機能単位の設定.....	- 5 -
5.4 評価範囲の設定（システム境界）	- 5 -
5.5 温室効果ガス排出量の算定	- 6 -
5.5.1. 活動量の収集について	- 6 -
5.5.2. データ品質について	- 6 -

5.5.3. 排出原単位設定の優先順位.....	- 7 -
5.6 カットオフ基準	- 7 -
6. 比較対象製品等の算定	- 9 -
6.1 比較対象製品等のシナリオ設定	- 9 -
6.2 削減効果を発揮するベースラインの機能単位の設定.....	- 9 -
6.3 ベースラインの算定.....	- 9 -
7. 削減効果量の算定方法	- 10 -
8. 削減効果ポテンシャル量の算定方法.....	- 10 -
8.1 削減効果ポテンシャル量について.....	- 10 -
8.2 普及量の設定	- 11 -
8.3 前提条件・シナリオ設定における注意事項	- 11 -
9. 簡易算定の方法.....	- 12 -
10. 参考文献.....	- 13 -
11. 用語の解説.....	- 14 -

1. はじめに

「SDGs : Sustainable Development Goals (持続可能な開発目標)」が国連で定められ、国連加盟国 193 カ国が 2030 年までに達する目標 (17 の目標と 169 のターゲット) に向けて努力することとなった。その目標に向けて産官学が一体となり共通目標として進めていくことが重要である。これを受けて、産業界では多くの企業が SDGs の目標に取り組んでおり、企業活動を通して目標へのアプローチ等についてコミュニケーションされつつある。国連が発行している「SDG Compass」においては、その定量的な評価で企業のバリューチェーンを通じた影響を測るための 1 つのツールとして「LCA : Life Cycle Assessment (ライフサイクルアセスメント)¹」が有用であるとされており、そのコミュニケーションを行う上での定量的指標として LCA の重要性が高まっている。またパリ協定以降、地球温暖化対策において世界合意がなされた。その合意に基づき各国で地球温暖化対策に関する定量的目標が定められ、その目標に向けて各国環境政策や企業活動が活発になっている。

そこで本ガイドラインではそのような企業活動等を支援すべく、国際規格である ISO14040 及び ISO14044 に基づく LCA における算定について、目的、対象、手順などの考え方を定める文書である。

本ガイドラインの作成においては、既存の LCA ガイドライン等を整理し、まずは地球温暖化に特化し、温室効果ガス排出量²算定及び温室効果ガス排出削減効果のポテンシャルを評価する手法における共通課題を整理した上で、製品・サービス等の LCA を実施するための算定ガイドラインを作成したものである。

2. 本ガイドライン策定の目的

本ガイドラインは、事業者が製品・サービスのライフサイクル全体にわたる環境側面³の見える化を実施する目的のために定めるものである。ただし、本ガイドラインに算定された結果については、対象製品の温室効果ガス排出量の算定（ステップ 1）及び温室効果ガス排出削減効果のポテンシャルを評価する（ステップ 1～ステップ 3）ものであり、環境優位性判定を示すものではない。

3. 本ガイドラインの位置づけ

事業者が、自らが製造又は供給する製品・サービス等の温室効果ガス排出量の算定及び削減効果ポテンシャル量⁴を定量化し、対外的にコミュニケーションする際には、本ガイドラインを参照することが推奨される。また、事業者が提供する製品・サービス等の温室効果ガス排出量の算定及び削減効果ポテンシャル量を集計することで、組織単位で削減効果ポテンシャル量を定量化する際にも同様とする。

なお、本ガイドラインで扱う削減効果ポテンシャル量は、政府機関などによる削減効果ポテンシャル量の認証は想定していない。

本ガイドラインにおいて、製品における LCA を用いた温室効果ガス排出量の算定及び削減効果ポテンシャル量の評価を行う事業者は、以下に定める要求事項に従い、自社の製品の算定を行う。また、別紙の「算定条件宣言シート」にて算定時に設定した条件・シナリオを明確にしなければならない。

本ガイドラインにおける用語の定義・解説は「9 項 用語の解説」に、参考文献は「10 項 参考文献」にそれぞれ記載している。

4. 温室効果ガス排出量の算定

本ガイドラインを基に実施する温室効果ガス排出量の算定および削減効果ポテンシャル量の評価の方法と、結果に対するレビューについて以下に記載する。

4.1 算定方法について

本ガイドラインで扱う削減効果ポテンシャル量を算定するための基本的なステップを図 1 に示す。

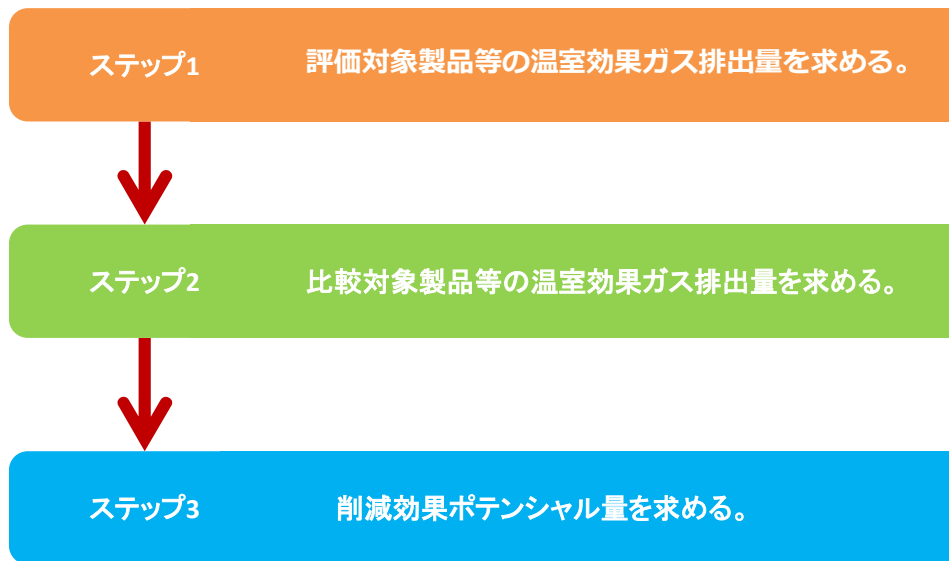


図 1 基本的なステップ

ステップ 1 は「5 項 評価対象製品等の設定」、ステップ 2 は「6 項 比較対象製品等の設定」にそれぞれ詳細を記載している。ステップ 3 は、「ステップ 2 の算定結果」－「ステップ 1 の算定結果」を計算することで算出される単位量当たりの削減効果を算出し、その結果に普及量を乗じて削減効果ポテンシャル量を算出する。

ただし、事業者の算定目的に応じてステップを省略してもよい。事業者の目的が評価対象製品・サービス等の温室効果ガス排出量の算定までの場合、ステップ 1 までで完了となる。

尚、評価対象と比較対象⁵で同じプロセスが存在する場合、異なるプロセスについてのみデータ収集を行い、削減効果ポテンシャル量を算出する方法がある。詳細は 8.簡易算定の方法に記載している。

4.2 算定条件宣言シートについて

本ガイドラインに沿って温室効果ガス排出量の算定および削減効果ポテンシャル量の評価を行う上で最低限設定すべき条件を、別紙「算定条件宣言シート作成ガイダンス」で定めている。

設定すべき条件項目としては以下の①～⑫の通り示す。

- ①目的
- ②評価対象製品等
- ③最終製品等
- ④機能
- ⑤機能単位
- ⑥評価範囲
- ⑦カットオフ基準
- ⑧比較対象製品等
- ⑨ベースライン（比較対象製品等の最終製品等）
- ⑩普及量（販売量）
- ⑪データ品質
- ⑫出典

各条件項目についての説明および記載例は「算定条件宣言シート作成ガイダンス」に記載している。

どのような条件で得られた数値であるかを明確にするため、「算定条件宣言シート作成ガイダンス」は算定結果とセットで扱うこと。

4.3 算定結果のレビューについて

算定された結果および報告書の内容については、自らの所属団体での内部レビュー、もしくは外部レビューを実施すること。レビュー実施者は、算定結果の適切性、妥当性等を評価する。

5. 評価対象製品等の算定

評価対象とする製品・サービス等の評価を実施する。

5.1 目的の設定

定量化を実施する際には、目的を明確にしなければならない。また、その目的に沿って、報告相手、報告手段を明確にすることが望ましい。

5.2 評価対象製品等の設定

本ガイドラインでは、温室効果ガス排出量の算定及び削減効果ポテンシャル量を評価する対象となる製品・サービス等を「評価対象製品等」と定義する。評価対象製品等は、削減効果を発揮する最終製品である場合や最終製品の一部の機能を担う部品・素材等の中間財である場合がある。いずれの場合においても評価対象製品等の機能又は内容等を明確にしなければならない。

なお削減効果ポテンシャル量は、評価対象製品等のライフサイクル全体で効果が測られるものであることから、評価対象製品等が部品・素材等の中間財である場合は、それらが組み込まれる最終製品等を特定することが重要である。

5.3 削減効果を発揮する最終製品等の機能単位⁶の設定

計量可能な機能単位を設定するとともに、必要に応じて評価範囲に応じた機能単位を設定すること。機能単位とは最終製品等の機能を特定し、その機能のある単位で定量化したものである。機能単位には、最終製品等の使用期間ならびに使用する地域も特定しておくが良い。使用期間の設定に当たっては、削減効果を発揮する最終製品等の法定耐用年数、物理的耐用年数、買い替えまでの期間等を参考にすることが望ましい。

5.4 評価範囲の設定（システム境界）

評価範囲を明確にしなければならず、算定製品毎に評価範囲ライフサイクルフロー図を記述することが望ましい。

5.5 温室効果ガス排出量の算定

温室効果ガス排出量は、以下の(1)式により算定することができる。

$$\text{温室効果ガス排出量} = \Sigma (\text{活動量} \times \text{温室効果ガス排出原単位}) \cdots (1)$$

※活動量・・・原材料の投入量など、各プロセスにおけるインプット情報とアウトプット情報を指す。「5.5.1 項 活動量の収集について」に詳細を記載している。

温室効果ガス排出原単位・・・単位当たりの温室効果ガス排出量を指す。原単位には地球温暖化係数(GWP)⁷を考慮した数値を用いることが望ましい。「排出原単位設定の優先順位」に詳細を記載している。

5.5.1. 活動量の収集について

一次データの使用を基本とする。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。

二次データの選択の際、優先順位は①公共機関データ、②業界データ、③文献データ、④産業連関表ベースデータとする。

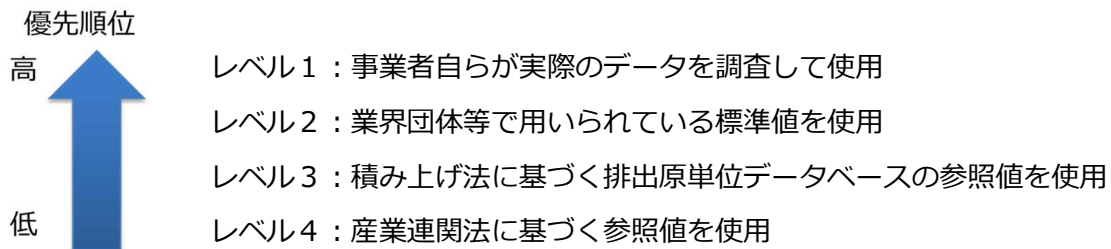
5.5.2. データ品質について

削減効果ポテンシャル量の算定にあたっては、各種データの収集や前提条件を置いたシナリオの作成が必要となるが、データの透明性を重視するとともに、データやシナリオの品質に留意することが望ましい。

基本的に、評価対象製品等と比較対象製品等は、可能な限り前提条件などをそろえ、同程度の信頼性を有するデータを採用することが望ましい。

5.5.3. 排出原単位設定の優先順位

投入物の排出原単位に関して、どのデータベースを使用するかによって LCA の結果が変わるため、排出原単位設定の優先順位を規定する。投入物の排出原単位に関するデータベース利用の優先順位は以下の通りとする。



5.6 カットオフ基準⁸

製品システム⁹を網羅的に調査することは事業者には過大な作業負担を及ぼす場合がある。したがって、算定においては、当該製品のライフサイクルにおいて一般的に重要でないライフサイクル段階、プロセスあるいはフローで、一定の基準を満たすものは、製品システムからカットオフ（算定の対象外とすること）してもよい。カットオフ項目は以下のカットオフ基準毎に設定することができる。

該当する算定ルールに記載されたカットオフ項目についてカットオフすることができる。加えて、以下に定めるカットオフ基準に従い、算定時に算定製品毎にカットオフ項目を追加してもよい。

- ① 投入される部品、素材、容器包装、副資材については、基準フローの質量比で累計 5%までとする。ただし、質量が少ないものでも、影響評価結果が大きいと想定されるものは製品システムに含まなければならない（例：電子機器におけるプリント基板）。
- ② 排出される物質、廃棄物等については、基準フローの質量比で累計 5%までとする。ただし、質量が少ないものでも、影響評価結果が大きいと想定されるものは製品システムに含まなければならない。特に大気・水圏等への直接排出や管理対象の有害物質については注意が必要である。（例：エアコンの冷媒漏洩や窒素肥料起因の亜酸化窒素の放出）。

- ③ 質量で把握できないフローおよびプロセスについては、試算結果に対して、影響領域指標比で累計 5%までとする。（例：サイト内輸送プロセス）

- ④ 信頼性に足る十分な情報が得られず妥当なシナリオのモデル化が困難な領域とする。（例：生産工場の建設や資本財、間接部門）。

6. 比較対象製品等の算定

比較対象とする製品・サービス等の評価を実施する。

6.1 比較対象製品等のシナリオ設定

本ガイドラインでは、評価対象製品等が存在しなかった時に代替となる対象製品・サービス等を「比較対象製品等」と定義する。比較対象製品等のシナリオは、そのシナリオを採用したことの根拠となる考え方を説明しなければならない。

比較対象製品等のシナリオは、例えば、以下のものを使って示すことができる。

- 市場に存在する他の製品・サービス等
- 法規制等で規定された基準値（例：トップランナー基準）
- 製品・サービス等の業界平均値

尚、比較対象製品等についても評価対象製品等と同様に、削減効果を発揮する最終製品である場合や最終製品の一部の機能を担う部品・素材等の中間財である場合がある。「5.2 項評価対象製品等の設定」の記載と同様に明確にする必要がある。

本ガイドラインでは、比較対象製品等の最終製品等を「ベースライン」と定義する。

6.2 削減効果を発揮するベースラインの機能単位の設定

ベースラインは、評価対象製品等の最終製品等と同一の機能単位でなければならない。

6.3 ベースラインの算定

設定したシナリオに沿って、ベースラインの算定を実施する。算定の実施において、「5.5 項～5.6 項」と同様に評価対象製品等の最終製品等の機能単位を前提とする。

7. 削減効果量の算定方法

5項で求めた評価対象製品等の最終製品等の算定結果より、6項で求めたベースラインの算定結果を減算し、その差分を削減効果量とする。計算式は(2)式に記載する。

$$\begin{aligned} \text{削減効果量 [kg-CO}_2\text{e]} &= (\text{比較対象製品等の最終製品等の算定結果 [kg-CO}_2\text{e]}) \\ &\quad - (\text{ベースラインの算定結果 [kg-CO}_2\text{e]}) \cdots (2) \end{aligned}$$

8. 削減効果ポテンシャル量の算定方法

(2)式で求めた削減効果量に普及量を乗じたものを削減効果ポテンシャル量とする。

計算式は(3)式に記載する。

$$\text{削減効果ポテンシャル量 [kg-CO}_2\text{e]} = \text{削減効果量 [kg-CO}_2\text{e]} \times \text{普及量} \cdots (3)$$

8.1 削減効果ポテンシャル量について

評価期間における削減効果ポテンシャル量の算定方法においては、フローベースやストックベースなど、いくつか考え方ががあるが、ここでは販売期間、使用期間をそろえたフローベースの考え方を記載する。

◆ フローベース

組織単位で削減効果ポテンシャル量を定量化する場合には、「8項 削減効果ポテンシャル量の算定方法」に記載している(3)式に則り算定する。これにより事業者が評価期間における評価対象製品等の削減効果ポテンシャル量を示すことができる。

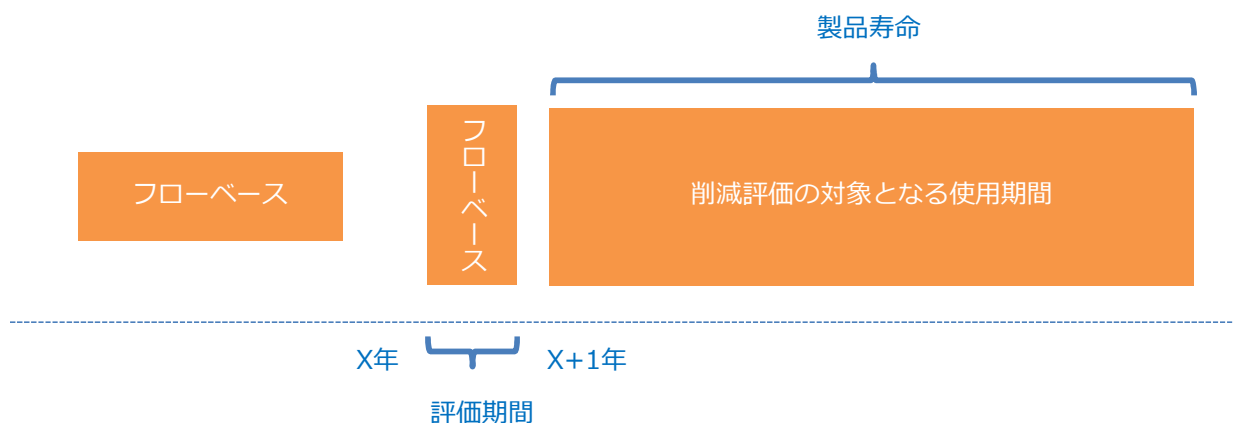


図 2 フローベースの考え方

なお、上記は削減効果ポテンシャル量の算定方法の代表例として記載しているが、必ずしも上記の算定方法による必要はない。

8.2 普及量の設定

温室効果ガス排出削減は、実際に評価対象製品等が使用され、普及して初めて効果を発揮すると考える。そのため、定量化の目的に応じた期間における評価対象製品等の普及量を把握することが望ましい。

なお、普及量のデータ入手が難しい場合は、生産量もしくは出荷量を用いるなど、他のデータから推計する方法も考えられる。

8.3 前提条件・シナリオ設定における注意事項

削減効果ポテンシャル量の定量化にあたっては、各種データの収集や前提条件を置いたシナリオの作成が必要となるが、データの透明性を重視するとともに、データやシナリオの品質に留意することが望ましい。

基本的に、評価対象製品等とベースラインシナリオは、可能な限り前提条件などをそろえ、同程度の信頼性を有するデータを採用することが望ましい。

【海外での削減効果ポテンシャル量を定量化する場合】

海外では国毎に機器の効率等の基準が異なり、データ収集にかかる負荷も大きいことから、評価対象製品等の特性を踏まえ、前提条件の設定やデータの収集の方法を柔軟に検討することが必要である。

9. 簡易算定の方法

削減効果を発揮する最終製品等及びベースラインが、同一もしくは同等の段階やプロセスを有しているなど、温室効果ガス排出量に差がないと認められる場合には、それらの算定を省略してもよいと考える算定方法論である。簡易算定のイメージを図 3 に示す。

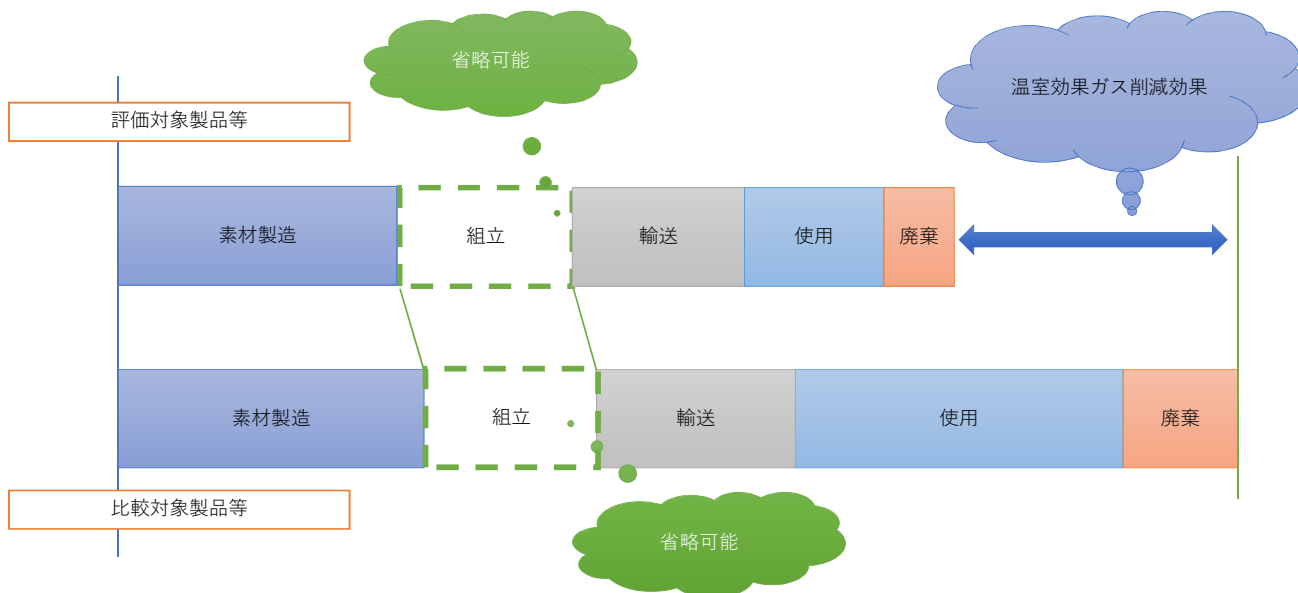


図 3 簡易算定のイメージ

10. 参考文献

- ◇ 一般社団法人日本化学工業協会. 温室効果ガス削減に向けた新たな視点－国内および世界における化学製品のライフサイクル評価 第3版サマリー編. 2014年3月発行.
- ◇ 川崎市. 域外貢献量算定ガイドライン. 2018年3月発行.
- ◇ 日本LCA学会. 温室効果ガス排出削減貢献量算定ガイドライン 第1版. 2015年2月24日発行.
- ◇ 環境省. 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I部 基本編. 平成25年3月発行.
- ◇ 環境省. 水素サプライチェーンにおける温室効果ガス削減効果に関するLCAガイドライン Ver.1.0. 平成29年5月発行.
- ◇ 環境省. セルロースナノファイバーを用いた家電部材及び住宅建材に関するLCAガイドライン(案). 平成28年3月発行.
- ◇ 一般社団法人産業環境管理協会. JEMAI 環境ラベルプログラム算定・宣言規程(総則、要求事項)文書管理番号 JR-07-01. 平成29年11月1日発行.

以上

11.用語の解説

¹ LCA (Life Cycle Assessment) 、ライフサイクルアセスメント

製品システムのライフサイクルの全体を通じたインプット、アウトプットおよび潜在的な環境影響のまとめ、並びに評価。(ISO 14040:2006/JIS Q 14040:2010 引用)

²温室効果ガス排出量、GHG (Green House Gas) 排出量。

特定の期間(例:1年間)に大気中に排出される温室効果ガスの全重量をCO₂の重量に換算したもの。温室効果ガスには、二酸化炭素(CO₂)、メタン(CH₄)、亜酸化窒素(N₂O)、ハイドロフルオロカーボン(HFCs)、パーフルオロカーボン(PFCs)及び六ふっ化硫黄(SF₆)が含まれる。この7種類の温室効果ガスの重量に各ガスの地球温暖化係数(GWP:Global-Warming Potential)を乗じてCO₂の排出量に換算したものを合算することにより求められる。

³ 環境側面

環境側面は環境影響をもたらす可能性がある。著しい環境側面とは、一つ又は複数の著しい環境影響を与える又は与える可能性がある。組織は、一つ又は複数の基準を適用して著しい環境側面を決定する。

⁴削減効果ポテンシャル量

温室効果ガス削減に資する環境性能の優れた製品・サービス等が提供されることにより、それに代わる製品・サービス等が提供される場合(比較対象のシナリオ)と比べた温室効果ガス排出削減・抑制への貢献分をライフサイクルでの比較により定量化したもの。

⁵ 比較対象

評価対象製品・サービス等が普及しなかった場合に、最も起こりうる仮想的なシナリオ。

⁶ 機能単位

製品システムの性能を表す定量化された参照単位。

⁷地球温暖化係数(GWP:Global-Warming Potential)

二酸化炭素を基準とし、他の温室効果ガスがどれだけ温暖化する能力があるかを表した数値。IPCC第5次報告書に記載された100年係数を使用し、算定対象とする温室効果ガスを7種類のガス(二酸化炭素[CO₂]、メタン[CH₄]、一酸化二窒素[N₂O]、ハイドロフルオロカーボン[HFC]類、パーフルオロ

カーボン [PFC]類、六フッ化硫黄 [SF₆]、三フッ化窒素[NF₃]とする。IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) とは国連気候変動に関する政府間パネル。人為起源による気候変化、影響、適応及び緩和方策に関し、科学的、技術的、社会経済学的な見地から包括的な評価を行うことを目的として、1988年に国連環境計画 (UNEP) と世界気象機関 (WMO) により設立された組織。

⁸ カットオフ基準

調査から除外されている、物質若しくはエネルギーのフローの量又は単位プロセス若しくは製品システムにかかわる環境面での重要度の仕様。

⁹ 製品システム

基本フロー及び製品のフローを伴い、一つ以上の定義された機能を果たし、かつ、製品のライフサイクルをモデル化した単位プロセスの集合体。

參考資料 2

算定条件宣言シート

作成ガイドンス

2019年3月

環 境 省

一般社団法人産業環境管理協会

1. はじめに

本文書は「セルロースナノファイバーに関する温室効果ガス排出量削減効果算定ガイドライン」(以下、ガイドライン) に基づいて算定を行う際に設定すべき条件についての説明を記載している。

2. 条件項目

設定すべき条件項目として①～⑫を以下の通り示す。

- ① 目的
- ② 評価対象製品等
- ③ 最終製品等
- ④ 機能
- ⑤ 機能単位
- ⑥ 評価範囲
- ⑦ カットオフ基準
- ⑧ 比較対象製品等
- ⑨ ベースライン (比較対象製品等の最終製品等)
- ⑩ 普及量 (販売量)
- ⑪ データ品質
- ⑫ 出典

ただし、目的によっては、全ての項目を記載する必要がなくなる。評価対象製品等の温室効果ガス排出量を算定する目的であれば、ステップ 1 に該当する項目のみを記載すればよい。記載すべき項目については表 1 に早見表を示す。

表 1 必要項目早見表

評価範囲	設定すべき条件項目
ステップ 1 まで	①目的 ～ ⑦カットオフ基準 + ⑪データ品質 + ⑫出典
ステップ 1～3	①目的 ～ ⑫出典

3. 設定条件

「2.条件項目」に示す①～④について、各項目に記載してほしい内容を以下の通り示す。設定にあたっては、ガイドライン及び以下の説明事項を考慮し、設定すること。

記載例については、4項に示す。

#	条件項目	説明
①	目的	<p>「セルロースナノファイバーに関する温室効果ガス排出量削減効果算定ガイドライン」において事業者は定量化を実施する際には、目的を明確にすること。</p> <p>① 意図する用途は何か？</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 社内で製品開発に活用するため ✓ CSR 報告書に掲載して一般公開するため <p>② なぜ LCA を実施するのか？</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 新製品における温室効果ガス排出量を削減するため ✓ 既存製品の温室効果ガス排出量を一般公開するため <p>③ 誰に報告するのか？</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 社内（開発チーム）に報告するため ✓ 一般消費者に公開するため
②	評価対象製品等	<p>評価対象製品は削減効果を発揮する最終製品等である場合や、削減効果を発揮する最終製品等の一部の機能を担う部品である場合がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 削減効果を発揮する最終製品等の例：自動車、冷蔵庫など • 削減効果を発揮する最終製品等の一部の機能を担う部品の例：タイヤ、冷媒など <p>ここでは、どちらも評価対象製品として設定できるものとする。</p> <p>その際、販売された年式等を記載することが望ましい。</p>
③	最終製品等	<p>「評価対象製品等」において削減効果を発揮する最終製品等を設定した場合は、この項目でも同じ内容を記載する。「評価対象製品等」において削減効果を発揮する最終製品等の一部の機能を担う部品を設定した場合、この項目では最終製品等を特定し記載する。最終製品等が複数ある場合は、それぞれに算定する。ただし、複数ある最終製品等の全てについて算定することが困難な場合には、代表製品を決めて算定できる。この時、選定理由を明確に示してください。</p>
④	機能	<p>「最終製品等」の性能を踏まえて、機能を設定する。</p> <p>算定対象とする機能は場合分けをして複数記載してもよい。</p> <p>例) 最終製品等が飲料容器の場合：飲料をこぼさずに運ぶ機能など</p>

⑤	機能単位	<p>「最終製品等」の機能を踏まえて、機能単位を設定する。</p> <p>「機能」をある単位で定量化したものであり、「最終製品等」の使用期間や使用する地域も特定する。使用期間の設定は、「最終製品等」の法定耐用年数、物理的耐用年数、買い替えまでの期間などを参考にすることが望ましい。</p>
⑥	評価範囲	<p>削減効果の算定においては、ライフサイクル全体における評価結果を比較することが必要である。その際、「最終製品等」の特性に合わせてライフサイクルの段階の名称、段階数を設定してもよい。</p> <p>削減効果ポテンシャル量を算定する際には、「最終製品等」と「ベースライン」のライフサイクルの違いが把握できるように、製品システムに含まれる主なプロセスを示したライフサイクルフロー図を作成することが望ましい。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 原材料調達段階 • 生産段階 • 流通段階 • 使用、維持管理段階 • 廃棄、リサイクル段階
⑦	カットオフ基準	<p>対象とする段階、プロセスおよびフローには以下のようなものが挙げられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 製品を生産する設備などの資本財の使用時以外の負荷 • 生産工場などの建設に係る負荷 • 投入物を外部から調達する際に使用される容器包装や輸送資材の負荷 • 副資材のうち、マスク、軍手などの汎用的なものの負荷 • 事務部門や研究部門などの間接部門にかかる負荷 <p>その他、以下に該当する内容については、具体的なカットオフ項目を記載することが望ましい。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 妥当なシナリオのモデル化ができないプロセスに係る負荷。 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 流通段階の保管に係る負荷、土地利用変化に係る負荷等 • 試算の結果、製品特性に鑑みて明らかに寄与が小さいと判断できるプロセス・入出力に係る負荷 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 流通時の梱包資材に係る負荷、一部の副資材等
⑧	比較対象製品等	<p>削減効果ポテンシャル量の算定のためには、評価対象製品等が存在しない場合を想定し、評価対象製品等が存在する場合と比較しなければならない。</p> <p>評価対象製品等が存在しなかった場合に普及したであろう製品をここでは、比較対象製品と定義している。</p> <p>比較対象製品の設定においては、以下を参照することもできる。</p>

		<ul style="list-style-type: none"> 市場で最も高いシェアを持つ製品、業界平均値 自社の直近の旧製品 法又は制度などによる基準値を実現する製品（トップランナー基準など） 新たな技術が開発される従前の製品
⑨	ベースライン (比較対象製品等の最終製品等)	<p>「評価対象製品等」 = 「最終製品等」 の場合、「比較対象製品等」 = 「ベースライン」となり、「評価対象製品等」 = 「最終製品等の一部の機能を担う部品」 の場合、「比較対象製品を組み込んだ最終製品等」 = 「ベースライン」となる。</p> <p>「ベースライン」は「最終製品等」と機能単位が同一であることが必要である。「ベースライン」の設定によっては、ISO14040、ISO14044 に記載のある通り比較主張になる場合があるので注意が必要である。</p>
⑩	普及量 (販売量)	<p>温室効果ガス排出量の削減効果ポテンシャル量は、実際に評価対象製品等が使用されて初めて効果が発揮されると考える。算定の目的に応じた期間において、評価対象製品等の普及量（販売量）を把握する必要がある。</p> <p>販売量としてのデータ入手が難しい場合、生産量もしくは出荷量を用いてもよい。この時、「最終製品等」が使用される国や地域を確認し、算定方法を明確にすることが望ましい。</p> <p>また、新しく開発した製品による将来の削減効果ポテンシャル量を算定する場合は、将来の販売シナリオを普及量（販売量）として用いてもよい。この場合、設定した将来の販売シナリオの説明をしなければならない。過去に販売した製品の削減効果ポテンシャル量を算定する場合は、今までの販売実績を用いなければならない。</p>
⑪	データ品質	<p>各種データの収集や前提条件を置いたシナリオの作成を行った場合、データの透明性を重視し、品質に留意することが望ましい。ラボレベルもしくは量産レベルの実データであるのか、普及時のシナリオを考慮した仮想データ等であるのかを記載した方がよい。</p> <p>また、排出源単位などの二次データを用いた場合、用いた排出源単位名等を記載しなければならない。</p>
⑫	出典	<p>少なくとも自社内で算定実施者以外の人が見たときに、再現できる程度には出典資料を明確にした方がよい。</p>

4. 記載例

上記ガイダンスにおける記載例を以下(1)～(3)に示す。

4.1 CNF 含有たい焼き

評価対象製品等と最終製品等は同じとし、ステップ 1 までの温室効果ガス排出量の算定まで行うことを想定している。

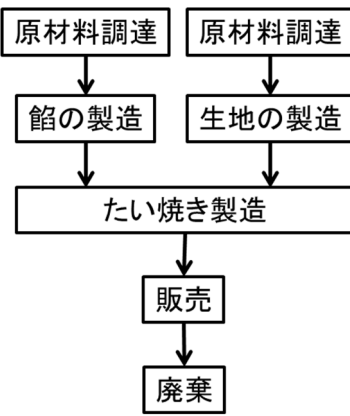
4.2 CNF 配合アイロン

中間財であるペレットを評価対象とし最終製品はそのペレットを使用して製造したアイロンという設定。ステップ 3 である削減効果ポテンシャル量の評価を行うまでを想定している。

4.3 CNF 製ボンネット

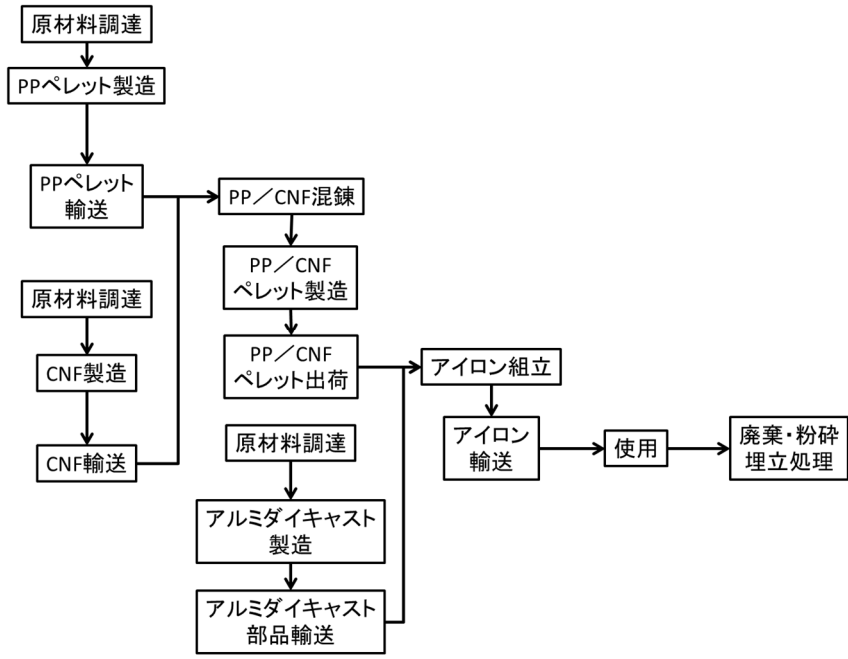
評価対象製品等は最終製品である車の一部品のボンネットという設定。最終製品は車として評価する。ステップ 3 である削減効果ポテンシャル量の評価を行うまでを想定している。

4.1 CNF 含有たい焼き ステップ 1 まで

#	条件項目	算定条件
①	目的	社内での製品開発のため、新製品における温室効果ガス排出量を算定し、社内開発チームに報告することを目的とする。
②	評価対象 製品等	CNF を含有するたい焼き
③	最終製品等	2017 年に開発した我が社の新たい焼き
④	機能	たい焼き 1 個を提供すること
⑤	機能単位	たい焼き 1 個の販売量
⑥	評価範囲	<div style="text-align: center;">  <pre> graph TD A[原材料調達] --> B[餡の製造] C[原材料調達] --> D[生地の製造] B --> E[たい焼き製造] D --> E E --> F[販売] F --> G[廃棄] </pre> </div> <p>原材料調達⇒餡・生地の製造⇒たい焼きの製造⇒販売⇒廃棄までを評価範囲とする。</p>
⑦	カットオフ 基準	副資材のうち、マスク、軍手などの汎用的なものの負荷 生産工場などの建設に係る負荷 投入物を外部から調達する際に使用される容器包装や輸送資材の負荷 調理器具の製造に掛かる負荷
⑧	比較対象 製品等	
⑨	ベース ライン (比較対象 製品等の 最終製品等)	

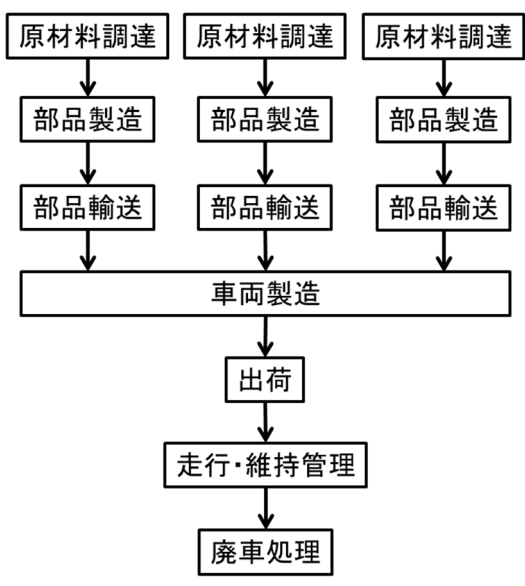
⑩	普及量 (販売量)	
⑪	データ品質	評価対象製品においては、量産時の実データ
⑫	出典	原材料の納品履歴 2017年1月～12月における電気料金明細 2017年1月～12月までの該当製品の販売量(個)

4.2 CNF 含有アイロン ステップ 3 まで

#	条件項目	算定条件
①	目的	下流側のお客様への情報提供のため、セルローズナノファイバー（以下、CNF）を配合したポリプロピレン（以下、PP）ペレットを使用したアイロンの温室効果ガス排出量を算定し、削減効果ポテンシャル量の評価を行うことを目的とする。
②	評価対象 製品等	現在開発中の CNF 配合の PP ペレット
③	最終製品等	CNF/PP ペレットを使用したアイロン
④	機能	衣服のシワを伸ばす機能
⑤	機能単位	衣服のアイロン掛けを 1 日 15 分、5 年間提供する。
⑥	評価範囲	 <pre> graph TD A[原材料調達] --> B[PPペレット製造] B --> C[PPペレット輸送] C --> D[PP/CNF混錬] D --> E[PP/CNFペレット製造] E --> F[PP/CNFペレット出荷] F --> G[アイロン組立] H[原材料調達] --> I[CNF製造] I --> J[CNF輸送] J --> D K[原材料調達] --> L[アルミダイキャスト製造] L --> M[アルミダイキャスト部品輸送] M --> G G --> N[アイロン輸送] N --> O[使用] O --> P[廃棄・粉砕埋立処理] </pre> <p>原材料調達⇒製造⇒使用⇒廃棄までを評価範囲とする。</p>
⑦	カットオフ 基準	<p>製品を生産する設備などの資本財の使用時以外の負荷</p> <p>生産工場などの建設に係る負荷</p> <p>投入物を外部から調達する際に使用される容器包装や輸送資材の負荷</p> <p>副資材のうち、マスク、軍手などの汎用的なものの負荷</p> <p>事務部門や研究部門などの間接部門にかかる負荷</p> <p>流通段階の保管に係る負荷、土地利用変化に係る負荷等</p> <p>流通時の梱包資材に係る負荷、一部の副資材等</p>

⑧	比較対象 製品等	PPペレット
⑨	ベース ライン (比較対象 製品等の 最終製品等)	PPペレットを使用した自社の旧製品であるアイロン
⑩	普及量 (販売量)	直近一年間の製品販売量(台)
⑪	データ品質	評価対象製品においては量産時を考慮した仮想データ。最終製品等におけるアイロンの組立等については、既存の組立工場におけるデータを使用。 比較対象製品においては、自社の実データを使用。
⑪	出典	原材料については、環境省の過年度の●●報告書記載のCNF製造原単位を使用 樹脂部品製造工場及びアルミダイキャスト製造工場、アイロン組立工場における 2018年1～12月の消費電力データ 出荷台数管理帳票における2018年1～12月分の販売台数データ

4.3 CNF 製ボンネット ステップ 3 まで

#	条件項目	算定条件
①	目的	お客様への報告のため、「セルロースナノファイバー（以後、CNF）素材を用いた自動車製品」を対象とした温室効果ガス排出量を算定し、削減効果ポテンシャル量の評価を行うことを目的とする。
②	評価対象 製品等	CNF 素材を適用いた 2017 年製自動車用部品（ボンネット）
③	最終製品等	ガソリン自動車
④	機能	ガソリンエンジンの動力によって車輪を回転させ、路上を走る機能。
⑤	機能単位	自動車 1 台に組み込んだ、1 つの部材の 10 万 km/10 年の走行。
⑥	評価範囲	 <pre> graph TD A1[原材料調達] --> B1[部品製造] A2[原材料調達] --> B2[部品製造] A3[原材料調達] --> B3[部品製造] B1 --> C1[部品輸送] B2 --> C2[部品輸送] B3 --> C3[部品輸送] C1 --> D[車両製造] C2 --> D C3 --> D D --> E[出荷] E --> F[走行・維持管理] F --> G[廃車処理] </pre> <p>原材料調達⇒部品製造⇒部品輸送⇒車両製造⇒出荷⇒走行・維持管理⇒廃車処理までを評価範囲とする。</p>
⑦	カットオフ 基準	<p>生産設備の資本財や原材料の副資材、また、間接部門に係る負荷はカットオフとする。</p> <p>原材料調達コストの 5%程度未満であること。</p> <p>または、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温室効果ガス総排出量に対して 5%程度未満であること。</p> <p>流通段階の保管に係る負荷、土地利用変化に係る負荷等。</p> <p>流通時の梱包資材に係る負荷、一部の副資材等。</p>

⑧	比較対象 製品等	鉄製を適用した自社における旧型の自動車用部品（ボンネット）
⑨	ベース ライン （比較対象 製品等の 最終製品等）	ガソリン自動車
⑩	普及量 （販売量）	部品（ボンネット）の出荷台数＝車の製造台数と仮定した。
⑪	データ品質	評価対象製品及び比較対象製品ともに、量産時の実データを使用 最終製品においては、販売するボンネットが全て製品化することを想定し計上
⑪	出典	自社製品カタログ（鉄製ボンネット） 生産工場における 2017 年 1～12 月の消費電力データ

以上

參考資料 3

分類	項目	環境省	環境省	環境省	環境省	一般社団法人産業環境管理協会
LCA	タイトル	セルロースナノファイバーを用いた家電部材及び住宅建材に関する LCA ガイドライン（案）	セルロースナノファイバーを用いた自動車製品に関する LCA ガイドライン（案）	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 I 部基本編	水素サプライチェーンにおける温室効果ガス削減効果に関する LCA ガイドライン Ver.1.0	JEMAI 環境ラベルプログラム算定・宣言規程(総則、要求事項)文書管理番号 JR-07-01
	発行年	平成 29 年 3 月	平成 28 年 3 月	平成 25 年 3 月	平成 29 年 5 月	平成 29 年 11 月 1 日
基本的な考え方	ガイドラインの目的	<p>セルロースナノファイバー（以下、「CNF」という。）は、木材等のカーボンニュートラルな植物由来の原料で、高い比表面積と空孔率を有していることから、軽量でありながら高い強度や弾性を持つ素材として、様々な基盤素材への活用が期待され、精力的な開発が進められている。特に、高強度材料（自動車部品、家電製品筐体）や高機能材料（住宅建材、内装材）への活用は、軽量化や高効率化などエネルギー消費を削減することから、地球温暖化対策への多大なる貢献が期待されている。</p> <p>また、これまで、国・民間で行われてきた技術開発の蓄積により、CNF は素材として実用段階に入り、CNF の物性を活かした用途開発の取組が活発になりつつあるが、現時点で市場が未熟な CNF の普及には、様々な実証モデル事業を実現させていくことが必要である。</p> <p>その中で、環境省では、家電製品や住宅建材に対して、セルロースナノファイバーへの適応並びに低炭素化を推進しており、「平成 28 年度セルロースナノファイバー性能評価モデル事業（早期社会実装に向けた導入実証）委託業務」等の実証モデル事業を実施している。</p> <p>本ガイドラインは、上述したモデル事業等での、CNF 素材を適用した家電部材及び住宅建材（CNF 部材）ごとの温室効果ガス排出削減効果を、LCA 観点から定量的に、事業者自らが評価する際に活用できるように、作成したものである。</p>	<p>セルロースナノファイバー（以下、「CNF」という。）は、木材等のカーボンニュートラルな植物由来の原料で、高い比表面積と空孔率を有していることから、軽量でありながら高い強度や弾性を持つ素材として、様々な基盤素材への活用が期待され、精力的な開発が進められている。特に、高強度材料（自動車部品、家電製品筐体）や高機能材料（住宅建材、内装材）への活用は、軽量化や高効率化などエネルギー消費を削減することから、地球温暖化対策への多大なる貢献が期待されている。</p> <p>また、これまで、国・民間で行われてきた技術開発の蓄積により、CNF は素材として実用段階に入り、CNF の物性を活かした用途開発の取組が活発になりつつあるが、現時点で市場が未熟な CNF の普及には、様々な実証モデル事業を実現させていくことが必要である。</p> <p>その中で、環境省では、自動車製品に対して、セルロースナノファイバーへの適応並びに低炭素化を推進しており、「平成 27 年度セルロースナノファイバー活用製品の性能評価事業委託業務」等の実証モデル事業を実施している。</p> <p>本ガイドラインは、上述したモデル事業等での、CNF 素材を適用した自動車用製品（CNF 部材）ごとの温室効果ガス排出削減効果を、LCA 観点から定量的に、事業者自らが評価する際に活用できるように、作成したものである。</p>	<p>多様な再生可能エネルギー等の製造事業者や導入事業者が LCA の観点から自らの事業を評価する際に活用されるよう、先に公表した 3 種類のガイドラインの内容を包含した、本ガイドラインを作成することとした。</p> <p>本ガイドラインは主に以下の目的を想定し、策定した。</p> <p>（１）事業者の自主的なプロセス改善、環境情報開示に当たっての「物差し」の提示</p> <p>（２）各種補助事業の採択事業における温室効果ガス削減可能性の評価の促進</p>	<p>エネルギーとしての水素利活用は、有力な温暖化対策の一つとして主要諸国で導入が進められつつある。一方、水素の製造から輸送、供給、利用までの一連のプロセスを通じた温室効果ガスの排出量は、必ずしも既存のエネルギーに対する温室効果ガス排出量と比較して削減効果が見込まれない場合もある。水素エネルギーの利活用にあたっては、利用時の排出量削減効果のみならず、水素製造から利用を通じた一連のプロセスにおいて、削減効果を有することの確認が求められる。その際、様々なサプライチェーンを対象とする観点から、具体的な温室効果ガスの排出量及び削減効果の算定に関する考え方又は手法の共通化・統一化が重要となる。</p> <p>そのため環境省では、製品又はサービスのライフサイクルを通じた環境への影響を評価する手法である LCA（Life Cycle Assessment：ライフサイクルアセスメント）の観点から、今後、水素エネルギーの製造事業者、販売事業者又は利用者等が日本国内において自らの水素エネルギー事業を評価する際に活用することを目的とし、本ガイドラインを策定することとした。</p>	<p>本規程は、一般社団法人産業環境管理協会（以下「協会」という。）が運営管理する「JEMAI 環境ラベルプログラム」（以下「本プログラム」という。）における、エコリーフおよびカーボンフットプリント（以下「CFP」という。）の算定および宣言について定めるものである。</p>

本ガイドライン策定に当たったの考え方			「優良な再生可能エネルギー等導入事業の着実な普及拡大」を目的として、「LCAとしての算定精度」と「事業者等にとっての作業負荷」のバランスに配慮し、事業者が自主的かつ積極的にLCAを実施したくなるようなガイドラインの作成を目指す。		
本ガイドラインの全体構成			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」（本資料）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（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1-2に示す。		
用語の解説	本ガイドラインで使用する用語の解説を以下に示す。（五十音順）	本ガイドラインで使用する用語の解説を以下に示す。（五十音順）	本ガイドラインで使用する用語の解説を以下に示す。（五十音順）	本ガイドラインで使用する用語の解説を以下に示す。（五十音順）	
LCA調査の目的				LCAの実施目的を明確に設定すること 実施目的には、エネルギー用途としての水素利活用の意義を含むこと LCA実施結果が設定した目的に合致しているかを確認すること 内部利用又は外部利用の区分を含む、算定結果の用途を明確に記載すること 結果を伝える相手を明確に示すこと	

算定事業モデルとLCA実施の目的の設定			<p>LCA 実施者は、算定対象とする再生可能エネルギー等を明確化するとともに、LCA 実施の目的を設定する。</p> <p>本ガイドラインでは、再生可能エネルギー等を導入した「サイト」ごとに温室効果ガス削減効果を算定することを原則とする。</p> <p>ただし、本ガイドラインが各種補助事業への応募・終了時に活用されること（上記 3.3 参照）を踏まえ、以下を条件として、バイオマス利活用以外の事業に関し、「製品」単位で算定を行うことも認める。</p> <p>（1）サイトにより違いが生じるパラメータ（設備稼働率等）に関して、現実的に妥当性のある条件を想定して算定すること</p> <p>（2）上記のパラメータに関して、感度分析を行うこと</p> <p>（3）算定した温室ガス排出削減効果を製品カタログ、ホームページ等で表示する場合は、「上記パラメータの想定値」及び「感度分析の結果（概略でよい）」を付記すること</p>		
ガイドライン活用の場面			<p>本ガイドラインは、主として以下の目的・用途で活用されることを想定している。</p> <p>（1）事業者の自主的なプロセス改善・環境情報開示における活用</p> <p>（2）各種補助事業への応募・終了時における活用</p>		
対象とする製品	本ガイドラインでは、CNF 素材を適用した家電部材及び住宅建材（以後、CNF 部材）を対象とする。	本ガイドラインでは、CNF 素材を適用した自動車製品（以後、CNF 部材）を対象とする。		供給する水素の原料・製造方法及び用途を明確に記載すること	

対象とする再生可能エネルギー等			<p>本ガイドラインは、再生可能エネルギー全般を対象とする。</p> <p>・本ガイドラインでは、再生可能エネルギー等導入事業を、機能別に以下の3種類に分けて解説する。</p> <p>①「発電」を主な機能とする事業（バイオマス利活用を除く）：太陽光発電、風力発電、中小水力発電等</p> <p>②「熱利用」を主な機能とする事業（バイオマス利活用を除く）：地中熱利用システム、大気熱利用システム、太陽熱利用システム等</p> <p>③複数の機能を有する事業（バイオマス利活用等）：バイオ燃料、バイオガス関連事業、バイオマス発電等</p>		
LCA実施主体	<p>LCA実施者としては、以下を想定している。</p> <p>・CNF部材の製造者・販売業者</p>	<p>LCA実施者としては、以下を想定している。</p> <p>・CNF部材の製造者・販売業者</p>		<p>LCAの実施主体を明確に設定すること</p> <p>LCAを外部コンサルタント等に委託して実施する場合においても、活動量データの収集等に関しては、事業者自らが責任をもって実施すること</p>	

<p>想定される本ガイドラインの読者等</p>			<p>本ガイドラインの読者としては、以下のいずれかの方々を想定している。</p> <p>①再生可能エネルギー等を生産する設備・施設の製造・販売事業者</p> <p>②再生可能エネルギー等の原料の販売・輸入事業者</p> <p>③再生可能エネルギー等を生産する設備・施設の利用事業者（再生可能エネルギーの製造・販売事業者）</p> <p>④生産された再生可能エネルギー等の利用事業者</p> <p>⑤その他、再生可能エネルギー等の LCA に関心のある方々</p> <p>LCA 実施者としては上記の①～④に該当する事業者が考えられるが、実施者の立場によっては、本ガイドラインで定めた LCA に必要な情報を収集することが難しいケースも考えられる。その場合、必要に応じて原材料の調達先・設備設計者・製造業者・施工業者・設備のユーザー等と相談の上、温室効果ガス削減効果を算定することが望ましい。</p> <p>(例えば、「①再生可能エネルギー等を生産する設備・施設の製造・販売事業者」の場合、使用段階での設備の稼働状況を把握することが難しい場合がある。また、「③再生可能エネルギー等を生産する設備・施設の利用事業者」の場合、原料調達段階での再生可能エネルギー等の原料の輸送状況を把握することが難しい可能性が考えられる。)</p>		
<p>システム境界の考え方</p>	<p>セルロースナノファイバーを用いた家電部材及び住宅建材（CNF 部材）の LCA におけるシステム境界は、原材料調達段階～廃棄（リサイクル）段階とする。</p>	<p>セルロースナノファイバーを用いた自動車製品（CNF 部材）の LCA におけるシステム境界は、原材料調達段階～廃棄（リサイクル）段階とする。</p>		<p>LCA の対象とするサプライチェーン上のプロセスを段階ごとに整理し、調査目的と整合したシステム境界を明確に設定すること</p> <p>各プロセスにおいて使用される全ての燃料・電力・原材料・資本財及び廃棄プロセスは、原則、システム境界内に含めること。ただし、利用段階における資本財は除く。部分的にシステム境界内のプロセスを除外する場合、同プロセスを明記するとともに、その理由を述べること</p> <p>クレジットによる環境価値の移転は算定に含めないこと</p>	

製品システム の精査					該当する PCR に記載されたシステム境界（データの収集範囲）に基づいて算定を行う。ただし、PCR では製品システムに含まれているプロセスが、実際の算定製品の製品システムに存在しない場合はその限りではない。
プロセスフローとシステム境界の 明確化			LCA 実施者は、対象とする再生可能エネルギー等の製品プロセスについて、そのプロセスフローを明確化する。プロセスフローは、「再生可能エネルギー等を生産する設備・施設の利用事業者（再生可能エネルギーの製造・販売事業者）」の視点から、「原料調達段階」、「製造段階」、「流通段階」、「使用段階」、「処分段階」の各段階を設定する。システム境界については、上記の全ての段階を境界内に含めることを基本とする。		
機能単位の 設定	セルロースナノファイバーを用いた家電部材及び住宅建材（CNF 部材）の LCA における機能単位は、それぞれ以下のとおりとする。 ・CNF 部材を組み込んだ家電 1 製品における同一期間に一定の性能を提供する機能 ・1 年間の熱利用のうちの当該部材（断熱材等）が受け持つ機能	セルロースナノファイバーを用いた自動車製品（CNF 部材）の LCA における機能単位は、以下とする。 ・使用段階：同一の車両条件での自動車 1 台に組み込んだ、1 つの CNF 部材の 10 万 km/10 年の走行 ・その他：同一の車両条件での自動車 1 台に組み込んだ、1 つの CNF 部材	LCA 実施者は、対象とする再生可能エネルギー等の機能（性能特性）の仕様を明確にするとともに、その機能単位を明確に定義し、計量可能なものとする必要がある。	計量可能な機能単位を設定するとともに、必要に応じ、評価範囲に応じた機能単位を設定すること 水素の製造から供給の範囲の評価については、機能単位は「燃料 1MJ の供給」で統一すること 利用段階を含む評価を行う場合、適切な利用シナリオを想定、明記した上で機能単位を設定すること	
LCA 実施 フロー	本ガイドラインにおける標準的な実施フローを図 5 に示す。	本ガイドラインにおける標準的な実施フローを図 3 に示す。	再生可能エネルギー等の LCA に関する標準的な実施フローを図 3-3 に示す。	LCA の実施手順を明確に設定すること 参考として、水素燃料の LCA に関する標準的な実施フローを図 3-1 に示す。	
比較対象とするオリジナルシステムの設定に関する留意事項	比較対象とするオリジナルプロセスとして、対象プロセスと同一の機能を持つプロセスを採用し、そのプロセスフローを明確化する必要がある。	比較対象とするオリジナルプロセスとして、対象プロセスと同一の機能を持つプロセスを採用し、そのプロセスフローを明確化する必要がある。	比較対象とするオリジナルプロセスとして、対象プロセスと同一の機能を持つプロセスを採用し、そのプロセスフローを明確化する必要がある。なお、システム境界は、4.4 で設定した対象プロセスのシステム境界に合致させなければならない。	（「オリジナル」という用語は使っていないため別の行として区別した）	
比較対象システムの考え方				評価対象システムが存在しなかった場合に普及したであろう製品のライフサイクルを比較対象システムとすること。なお、比較対象システムは評価対象システムと機能単位が同一である必要がある 評価対象システムのプロセスフローを定義し、比較を行う上での条件を明確化すること	

	製品間比較の取り扱いについて					<p>本プログラムにおける算定結果の製品間比較表示とは、二つ以上の異なる算定結果を、一つの宣言において、「比率」または「併記」の形で表示することとする。</p> <p>なお、削減率は比率に含まれる。</p> <p>一般的に LCA 手法上の限界の観点から(注)、異なる製品間の数値比較を行う際には一定の条件を満たす必要がある。本プログラムでは製品間比較を行う場合の条件を以下に定める。</p> <p>1) 同一事業者における製品間比較であること。</p> <p>2) 同一事業者における算定結果の比較の表示を行う場合は附属書 C (規定) に従わなければならない。</p>
	類似する基準等	国内で公表された LCA に関する、CNF に類似すると思われる基準を表 2 に示す。	国内で公表された LCA に関する、CNF に類似すると思われる基準を表 2 に示す。			
算定事業モデルの設定とプロセスフローの明確化	算定事業モデルの設定	LCA 実施者は、LCA に先立って対象とする CNF 部材を明確化するとともに、その算定事業モデルを設定する。本ガイドラインでは、環境省の CNF 実証事業内での事業モデルを算定事業モデルとして適用する。	LCA 実施者は、LCA に先立って対象とする CNF 部材を明確化するとともに、その算定事業モデルを設定する。本ガイドラインでは、環境省の CNF 実証事業内での事業モデルを算定事業モデルとし適用する。		LCA を実施するに当たり、算定対象の事業モデルを明確に設定すること 事業モデル内で用いられる電力源、熱源又は輸送距離等の条件を明確化すること 現時点では、図 4-1 に示すプロセスを組み合わせた事業モデルが想定される。	
	プロセスフローの明確化	LCA 実施者は、対象とする CNF 部材の製品プロセスについて、そのプロセスフローを明確化する。 プロセスフローは、「CNF 部材の製造・販売事業者」の視点から、「原材料調達段階」、「製造段階」、「流通段階」、「使用段階」、「廃棄(リサイクル)段階」の各段階を設定する。	LCA 実施者は、対象とする CNF 部材の製品プロセスについて、そのプロセスフローを明確化する。 プロセスフローは、「CNF 部材の製造・販売事業者」の視点から、「原材料調達段階」、「製造段階」、「流通段階」、「使用段階」、「廃棄(リサイクル)段階」の各段階を設定する。		LCA の実施者は、対象の製品システムのプロセスフローを明確化し、プロセスフロー図を作成すること	該当する PCR のライフサイクルフロー図を参考として、算定製品ごとにライフサイクルフロー図を記述しなければならない。
活動量データの収集・設定	活動量データの収集・設定	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。	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。	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。	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し、データを収集すること	

<p>【原材料調達段階】 原材料調達段階における活動量データの収集には、例えば以下の5プロセスが含まれる。</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) CNF 素材の原料の調達 (バイオマスの原料調達を含む) (2) CNF 素材の製造 (3) CNF 素材の輸送 (4) CNF 素材の生産設備の資材製造・加工・組立・廃棄 (5) CNF 素材の生産設備の資材輸送・生産設備資材の製造設備や、生産設備資材・原料の輸送設備 (トラック、トレーラー、タンカーなど) 等の製造時における温室効果ガス排出量は算定対象外とする。 	<p>【原材料調達段階】 原材料調達段階における活動量データの収集には、例えば以下の5プロセスが含まれる。</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) CNF 素材の原料の調達 (バイオマスの原料調達を含む) (2) CNF 素材の製造 (3) CNF 素材の輸送 (4) CNF 素材の生産設備の資材製造・加工・組立・廃棄 (5) CNF 素材の生産設備の資材輸送・生産設備資材の製造設備や、生産設備資材・原料の輸送設備 (トラック、トレーラー、タンカーなど) 等の製造時における温室効果ガス排出量は算定対象外とする。 	<p>【原材料調達段階】 ・ 原料調達段階における活動量データの収集には、例えば以下のようなプロセスが含まれる。</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) 原料の輸送 (バイオマス利活用事業の場合) (2) 再生可能エネルギー等生産設備の資材製造 (バイオマス利活用以外の事業の場合) (3) 再生可能エネルギー等生産設備の資材輸送 (バイオマス利活用以外の事業の場合) <p>・ 原料輸送や設備資材輸送については、事業の計画や実情を踏まえて片道分か往復分のどちらかを判断する。</p> <p>・ 設備資材の製造設備や、設備資材・原料の輸送設備 (トラック、トレーラー、タンカーなど) 等の製造時における温室効果ガス排出量は敢えて考慮しなくてもよい。</p> <p>・ 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。</p>	<p>【原材料調達段階】 ・ 原料調達にかかるプロセス (設備導入・運用、輸送、廃棄等) を明確にし、それらにまつわる全ての活動量データを明らかにすること</p> <p>・ 廃棄物を原料とする場合に回避される温室効果ガス排出量又は新たに発生する温室効果ガス排出量は、定量化しその増減分を評価対象システムにおいて考慮すること</p>	
--	--	---	---	--

<p>【製造段階】</p> <p>製造段階における活動量データの収集には、例えば以下の 10 プロセスが含まれる。</p> <p>(1) 原料の加工・処理（貯蔵、中間処理に要した化石燃料等の投入を含む）</p> <p>(2) CNF 部材の製造</p> <p>(3) CNF 部材の生産設備の建設資材製造（生産設備の使用場所における設置工事・土木工事等が発生する場合）</p> <p>(4) CNF 部材の生産設備の建設資機材輸送（生産設備の使用場所における設置工事・土木工事等が発生する場合）</p> <p>(5) CNF 部材の生産設備の加工・組立（生産設備の加工・組立が工場等で行われる場合）</p> <p>(6) CNF 部材の生産設備の輸送（生産設備の工場等から生産設備の使用場所までの輸送が存在する場合）</p> <p>(7) CNF 部材の生産設備の建設（生産設備の使用場所における設置工事・土木工事等が発生する場合）</p> <p>(8) CNF 部材の生産設備の解体</p> <p>(9) 上記（1）～（8）に伴う廃棄物輸送</p> <p>(10) 上記（1）～（8）に伴う廃棄物中間処理</p>	<p>【製造段階】</p> <p>製造段階における活動量データの収集には、例えば以下の 10 プロセスが含まれる。</p> <p>(1) 原料の加工・処理（貯蔵、中間処理に要した化石燃料等の投入を含む）</p> <p>(2) CNF 部材の製造</p> <p>(3) CNF 部材の生産設備の建設資材製造（生産設備の使用場所における設置工事・土木工事等が発生する場合）</p> <p>(4) CNF 部材の生産設備の建設資機材輸送（生産設備の使用場所における設置工事・土木工事等が発生する場合）</p> <p>(5) CNF 部材の生産設備の加工・組立（生産設備の加工・組立が工場等で行われる場合）</p> <p>(6) CNF 部材の生産設備の輸送（生産設備の工場等から生産設備の使用場所までの輸送が存在する場合）</p> <p>(7) CNF 部材の生産設備の建設（生産設備の使用場所における設置工事・土木工事等が発生する場合）</p> <p>(8) CNF 部材の生産設備の解体</p> <p>(9) 上記（1）～（8）に伴う廃棄物輸送</p> <p>(10) 上記（1）～（8）に伴う廃棄物中間処理</p>	<p>【製造段階】</p> <p>・製造段階における活動量データの収集には、例えば以下のようなプロセスが含まれる。</p> <p>(1) 原料の加工・処理（バイオマス利活用事業の場合）</p> <p>(2) 再生可能エネルギー等生産設備の建設資材製造（生産設備の使用場所における設置工事・土木工事等が発生する場合）</p> <p>(3) 再生可能エネルギー等生産設備の建設資機材輸送（生産設備の使用場所における設置工事・土木工事等が発生する場合）</p> <p>(4) 再生可能エネルギー等生産設備の加工・組立（生産設備の加工・組立が工場等で行われる場合）</p> <p>(5) 再生可能エネルギー等生産設備の輸送（生産設備の工場等→生産設備の使用場所までの輸送が存在する場合）</p> <p>(6) 再生可能エネルギー等生産設備の建設（生産設備の使用場所における設置工事・土木工事等が発生する場合）</p> <p>(7) 再生可能エネルギー等生産設備の解体（バイオマス利活用事業の場合）</p> <p>(8) 上記（1）～（7）に伴う廃棄物輸送</p> <p>(9) 上記（1）～（7）に伴う廃棄物中間処理</p>	<p>【製造段階】</p> <p>・製造にかかるプロセス（設備導入・運用、廃棄等）を明確にし、それらにまつわる全ての活動量データを明らかにすること</p> <p>・製造段階における活動量データの収集にあたっては、以下の点を考慮すること</p> <ul style="list-style-type: none"> - 副資材の投入を含むものとする - 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 - 製造プロセスにおける副産物や廃棄物の発生を含むものとする - 製造した水素の回収にあたり回収ロスが発生する場合は、ロス分を考慮する 	
<p>・CNF 部材製造段階のフローとして、生産設備の加工・組立・解体は対象とする。但し、商用化時の生産量を想定する。</p> <p>・CNF 部材生産設備の使用場所で設置工事・土木工事等が発生する場合、建設機材の製造・廃棄に関する温室効果ガス排出量は考慮しなくてもよい。</p>	<p>・CNF 部材製造段階のフローとして、生産設備の加工・組立・解体は対象とする。但し、商用化時の生産量を想定する。</p> <p>・CNF 部材生産設備の使用場所で設置工事・土木工事等が発生する場合、建設機材の製造・廃棄に関する温室効果ガス排出量は考慮しなくてもよい。</p>	<p>・再生可能エネルギー等生産設備の使用場所で設置工事・土木工事等が発生する場合、建設機材の製造・廃棄に関する温室効果ガス排出量は考慮しなくてもよい。</p> <p>・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。</p>		

<p>【流通段階】 流通段階における活動量データの収集には、例えば以下のプロセスが含まれる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・生産した CNF 部材の輸送 	<p>【流通段階】 流通段階における活動量データの収集には、例えば以下のプロセスが含まれる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・生産した CNF 部材の輸送 	<p>【流通段階】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・流通段階における活動量データの収集には、例えば以下のようなプロセスが含まれる。 <ul style="list-style-type: none"> (1) 生産したバイオマス由来燃料等の輸送（バイオマス活用事業の場合） (2) 外部系統等の既存インフラに接続するための付加的な設備の製造（生産した電力や熱を外部供給する場合） (3) 外部系統等の既存インフラに接続するための付加的な設備・施設の建設（生産した電力や熱を外部供給する場合） ・生産したバイオマス由来燃料等の輸送については、事業の計画や実情を踏まえて片道分か往復分のどちらかを判断する。 ・輸送設備（トラック、トレーラー、タンカーなど）等の製造時における温室効果ガス排出量は敢えて考慮しなくてもよい。 ・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手に入れ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。 	<p>(なし)</p>	
<p>(なし)</p>	<p>(なし)</p>	<p>(なし)</p>	<p>【貯蔵・輸送段階】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・製造設備から供給施設までの輸送にかかるプロセスを明確にし、それらにまつわる全ての活動量データを明らかにすること ・輸送にあたり圧縮又は液化等を行う場合、それにかかるエネルギー投入量を考慮すること ・輸送設備（トラック、コンテナ、ローリー等）への充填にあたり、充填ロスが発生する場合は、ロスを考慮すること 	

(なし)	(なし)	(なし)	<p>【供給段階】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・供給施設への受け入れから利用機器への充填までのプロセスを明確にし、それらにまつわる全ての活動量データを明らかにすること ・利用機器への充填にあたり、充填ロスが発生する場合は、ロスを考慮すること ・供給施設で一時貯蔵する場合、貯蔵にかかるエネルギー投入量を考慮すること 	
<p>【使用段階】</p> <p>使用段階における活動量データの収集には、例えば以下のプロセスが含まれる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・CNF 部材を導入した家電製品の使用エネルギー ・CNF 部材を導入した住宅(一戸建て)の熱利用 <p>また、使用段階においては、同一の期間・性能を提供する機能を有する CNF 部材の消費電力量に対して CO2 排出量を算定する。ここでいう性能とは、例えば LED であれば「明るさ」を指す。なお、住宅建材は使用段階において CO2 を排出しないため、本ガイドラインにおける使用段階の CO2 算定については、住宅(一戸建て)でのエネルギー使用量(冷暖房)を用いて CO2 排出量を算定する。</p>	<p>【使用段階】</p> <p>使用段階における活動量データの収集には、例えば以下のプロセスが含まれる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・CNF 部材を導入した自動車の走行 <p>また、使用段階においては、CNF 部材の重量に対して燃費法を用いて CO2 排出量を算定する。</p>	<p>【使用段階】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・使用段階における活動量データの収集には、例えば以下のようなプロセスが含まれる。 <ul style="list-style-type: none"> (1) バイオマス由来燃料等の燃焼 (2) 再生可能エネルギー等生産設備の使用(バイオマス利活用以外の事業の場合) (3) 再生可能エネルギー等生産設備の保守・メンテナンス(バイオマス利活用以外の事業の場合) ・上記(1)に関して、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。ただし、二酸化炭素以外の温室効果ガスが発生する場合や、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。 ・バイオマス利活用以外の事業で、再生可能エネルギー等を導入した「サイト」単位ではなく、「製品」単位で温室効果ガス削減効果を算定する場合は、サイトにより違いが生じるパラメータ(設備稼働率等)に関して、現実的に妥当性のある条件を想定しなければならない。 	<p>【利用段階】</p> <p>設定した機能単位に基づき、水素利用時の温室効果ガス排出量を算定すること</p>	

	<p>【廃棄段階】</p> <p>廃棄段階における活動量データの収集には、例えば以下のようなプロセスが含まれる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ CNF 部材の解体・輸送・中間処理・廃棄 ・ CNF 部材のリサイクル ・ CNF 部材のリユース 	<p>【廃棄段階】</p> <p>廃棄段階における活動量データの収集には、例えば以下のようなプロセスが含まれる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ CNF 部材の解体・輸送・中間処理・廃棄 ・ CNF 部材のリサイクル ・ CNF 部材のリユース 	<p>【処分段階】</p> <p>・ 処分段階における活動量データの収集には、例えば以下のようなプロセスが含まれる。</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 冷媒・不凍液の現場内回収(冷媒・不凍液を使用する場合) (2) 再生可能エネルギー等生産設備の解体(バイオマス利活用以外の事業の場合) (3) 再生可能エネルギー等生産設備の解体廃棄物の輸送(バイオマス利活用以外の事業の場合) (4) 再生可能エネルギー等生産設備の現場内回収物・解体廃棄物の中間処理(バイオマス利活用以外の事業の場合) <p>・ 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。</p>	(なし)	
収集データの精度	一次データの使用を基本とする。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。二次データの選択の際、優先順位は①公共機関データ、②業界データ、③文献データ、④産業連関表ベースデータとする。	一次データの使用を基本とする。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。二次データの選択の際、優先順位は①公共機関データ、②業界データ、③文献データ、④産業連関表ベースデータとする。	LCA 実施者は、収集するデータの精度を高めるように配慮しなければならない。特に温室効果ガス排出量に大きな影響を与えるプロセスについては、高い精度でデータを収集するよう留意する必要がある。	LCA 実施者は、設定した目的を踏まえつつ、収集するデータの精度を高めるように配慮すること	
データ品質基準とデータ収集方法					一次データ、二次データに分けて記述。また、さらにそれぞれの品質基準、収集方法、原単位に分けて詳述。

カットオフ項目					<p>製品システムを網羅的に調査することは事業者には過大な作業負担を及ぼす場合がある。したがって、算定においては、当該製品のライフサイクルにおいて一般的に重要でないライフサイクル段階、プロセスあるいはフローで、一定の基準を満たすものは、製品システムからカットオフ（算定の対象外とすること）してもよい。カットオフ項目は以下のカットオフ基準毎に設定することができる。</p> <p>該当する PCR に記載されたカットオフ項目についてカットオフすることができる。加えて、1.6.3.に定めるカットオフ基準に従い、算定時に算定製品ごとにカットオフ項目を追加してもよい。</p>
カットオフ基準の考え方	<p>本ガイドラインでは、以下の基準を目安としてカットオフを行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・原材料調達コストの 5%程度未満であること、または、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温室効果ガス総排出量に対して 5%程度未満であること 	<p>本ガイドラインでは、以下の基準を目安としてカットオフを行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・原材料調達コストの 5%程度未満であること、または、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温室効果ガス総排出量に対して 5%程度未満であること 	<p>本ガイドラインでは、以下の基準を目安としてカットオフを行う。</p> <p>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</p>	<p>（要求事項なし。推奨事項・許容事項の記述あり）</p>	<p>①投入される部品、素材、容器包装、副資材については、基準フローの質量比で累計 5%までとする。ただし、質量が少ないものでも、影響評価結果が大きいと想定されるものは製品システムに含まなければならない（例：電子機器におけるプリント基板）。</p> <p>② 排出される物質、廃棄物等については、基準フローの質量比で累計 5%までとする。ただし、質量が少ないものでも、影響評価結果が大きいと想定されるものは製品システムに含まなければならない。特に大気・水圏等への直接排出や管理対象の有害物質については注意が必要である。（例：エアコンの冷媒漏洩や窒素肥料起因の亜酸化窒素の放出）。</p> <p>③ 質量で把握できないフローおよびプロセスについては、試算結果に対して、影響領域指標比で累計 5%までとする。（例：サイト内輸送プロセス）</p> <p>④ 信頼性に足る十分な情報が得られず妥当なシナリオのモデル化が困難な領域とする。（例：生産工場の建設や資本財、間接部門）。</p>

	<p>配分（アロケーション）の考え方</p>			<p>・プロセスの細分化やシステム境界の拡張を図ることにより、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。</p> <p>・配分がどうしても回避できない場合は、以下の優先順位に基づいて配分を行う。</p> <p>（１）物理的パラメータ（質量、発熱量など）による配分</p> <p>（２）製品及び機能間のその他の関係を反映する方法（例えば経済価値）による配分</p> <p>ただし、バイオマス活用事業における主産物と副産物の間の配分に関しては、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、生成する副産物によって適切な配分方法も異なる。そのため、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する（詳細は「第IV部：複数の機能を有する事業（バイオマス活用等）編」等を参照）。</p>		
<p>温室効果ガス排出原単位データの収集・設定</p>	<p>地球温暖化対策法に基づく排出係数の利用</p>	<p>・化石燃料の燃焼に伴う発熱量と二酸化炭素排出係数は地球温暖化対策の推進に関する法律施行令第3条において示されている数値を用いるものとする。</p> <p>・電力の原単位データについては、代替値である 0.000579 (t-CO2/kWh) を用いることとする。</p>	<p>・化石燃料の燃焼に伴う発熱量と二酸化炭素排出係数は地球温暖化対策の推進に関する法律施行令第3条において示されている数値を用いるものとする。</p> <p>・電力の原単位データについては、代替値である 0.000551 (t-CO2/kWh) を用いることとする。</p>	<p>・化石燃料の燃焼に伴う発熱量と二酸化炭素排出係数は地球温暖化対策の推進に関する法律施行令第3条において示されている数値を用いるものとする。</p> <p>・電力の原単位データは、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（実排出係数）を使用することを原則とする。ただし、同一敷地内の自家発電を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。</p>	<p>・系統電力に関する原単位データを明確に設定するとともに、出所を明記すること</p> <p>・系統電力消費は、原則として「温室効果ガス算定・報告・公表制度」で報告されている全電源ベースの排出係数（代替値）を使用すること</p>	

LCI データベースの利用の優先順位			<p>・投入物の排出原単位に関するデータベース利用の優先順位は以下のとおりとする。</p> <p>レベル1：事業者自らが実際のデータを調査して使用</p> <p>レベル2：業界団体等で用いられている標準値を使用</p> <p>レベル3：積み上げ法に基づく LCI データベースの参照値を使用</p> <p>レベル4：産業関連法に基づく参照値を使用</p> <p>ただし、</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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、極力レベル 1～3 で対応するものとする。 ・積み上げ法に基づく LCI データベースの参照値のうち、以下の 2 条件に該当する原単位データについては、レベル 4 として取り扱うこととする。 <p>①貨幣単位で示された統計資料を主な情報源にするなどし、原単位が「価格あたり」または「製品数量あたり（例：製品 1 個当たり、1 台当たり）」となっているもの</p> <p>②想定規模・性能等が対象プロセスと一致しない、または想定規模・性能等の記載がない</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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。 	<p>・一次データの収集が困難な場合のデータベース等の利用の優先順位は以下のとおりとする</p> <p>① 積み上げ法に基づく LCI データベースの参照値</p> <p>② 産業関連法に基づく参照値</p> <ul style="list-style-type: none"> ・データ欠損が生じた場合は、既存の関連性の強い研究より関連データを適用し、概算を行うこと 	
活用可能な LCI データベース（国内）			<p>レベル3およびレベル4における LCI データベースとしては、表 6-3 に示すデータベースなどが挙げられる。なお、これらのデータベースと同等以上の精度があると考えられるデータベースも利用できるものとする。</p> <p>レベル3（積み上げ法に基づく参照値） LCA 日本フォーラム、IDEA</p> <p>レベル4（産業関連法に基づく参照値） 3EID（最新は 2005 年表）、Easy LCA</p>		

活用可能な LCI データベース (海外)			<ul style="list-style-type: none"> ・海外のサイトにおける事業や、海外から輸入する原料を使用する事業等については、活用可能なデータベースが政府機関等から公表されている場合、それを利用することができる。 ・本来は当該国で開発されている LCI データベースを活用する必要があるが、各種関連機関のデータや論文等を調べても有効なデータが参照できない場合は、わが国の LCI データベースを準用してもよいこととする。ただし、例えば以下のようなデータについてはわが国のデータを準用することはできないため、独自の計測調査等を実施する必要がある。 <ul style="list-style-type: none"> (1) 土地利用変化により発生する温室効果ガス排出量 (2) 水田土壌から発生するメタンガス 		
LCI データベースの利用	<p>投入物の排出原単位に関して、どのデータベースを使用するかによって LCA の結果が変わるため、排出原単位設定の優先順位を規定する。投入物の排出原単位に関するデータベース利用の優先順位は以下の通りとする。</p> <ul style="list-style-type: none"> レベル 1：事業者自らが実際のデータを調査して使用 レベル 2：業界団体等で用いられている標準値を使用 レベル 3：積み上げ法に基づく LCI データベースの参照値を使用 レベル 4：産業連関法に基づく参照値を使用 	<p>投入物の排出原単位に関して、どのデータベースを使用するかによって LCA の結果が変わるため、排出原単位設定の優先順位を規定する。投入物の排出原単位に関するデータベース利用の優先順位は以下の通りとする。</p> <ul style="list-style-type: none"> レベル 1：事業者自らが実際のデータを調査して使用 レベル 2：業界団体等で用いられている標準値を使用 レベル 3：積み上げ法に基づく LCI データベースの参照値を使用 レベル 4：産業連関法に基づく参照値を使用 		(LCI データベースの利用の優先順位と活用可能なデータベースの行に分かれて記述)	

温室効果ガス排出量の評価	温室効果ガス排出量の算定・評価方法	<p>・温室効果ガス排出量は、下式により算定する。 温室効果ガス排出量 = $\Sigma \{ \text{GWP} \times (\text{活動量} \times \text{排出原単位}) \}$</p> <p>・GWP※(地球温暖化係数)は、IPCC 第 5 次報告書に記載された 100 年係数(表 6 参照)を使用し、算定対象とする温室効果ガスを 7 種類のガス(二酸化炭素 [CO2]、メタン [CH4]、一酸化二窒素 [N2O]、ハイドロフルオロカーボン [HFC]類、パーフルオロカーボン [PFC]類、六フッ化硫黄 [SF6]、三フッ化窒素 [NF3])とする。</p>	<p>・温室効果ガス排出量は、下式により算定する。 温室効果ガス排出量 = $\Sigma \{ \text{GWP} \times (\text{活動量} \times \text{排出原単位}) \}$</p> <p>・GWP※(地球温暖化係数)は、IPCC 第 5 次報告書に記載された 100 年係数(表 6 参照)を使用し、算定対象とする温室効果ガスを 7 種類のガス(二酸化炭素 [CO2]、メタン [CH4]、一酸化二窒素 [N2O]、ハイドロフルオロカーボン [HFC]類、パーフルオロカーボン [PFC]類、六フッ化硫黄 [SF6]、三フッ化窒素 [NF3])とする。</p>	<p>・温室効果ガス排出量は、下式により算定する。 温室効果ガス排出量 = $\Sigma \{ \text{GWP} \times (\text{活動量} \times \text{排出原単位}) \}$</p> <p>・GWP(地球温暖化係数)は、IPCC 第 4 次報告書に記載された数値(表 4-1 参照)を使用する。</p>	<p>温室効果ガス排出量は、下式により算定する 温室効果ガス排出量 = $\Sigma \{ \text{GWP} \times (\text{活動量} \times \text{排出原単位}) \}$</p> <p>GWP は、最新の IPCC 報告書に記載された数値(100 年係数)を用いること ※ GWP(Global Warming Potential 地球温暖化係数)：温室効果ガスの温室効果をもたらす程度を CO2 の当該程度に対する比で示した係数 算定結果は、原料調達、製造、貯蔵・輸送、供給、利用に分けて報告すること 資本財由来の温室効果ガス排出量の算定結果は、ユーティリティ由来の温室効果ガス排出量の算定結果と分けて報告すること 算定結果を報告する場合、利用段階の資本財に係る排出が含まれていない旨を注記する</p>	
	対象影響領域の設定			<p>本ガイドラインでは、環境影響評価を行う領域を「地球温暖化」、算定対象とする温室効果ガスを 7 種類のガス(二酸化炭素[CO2]、メタン[CH4]、一酸化二窒素[N2O]、ハイドロフルオロカーボン[HFC]類、パーフルオロカーボン[PFC]類、六フッ化硫黄[Sf6]、三フッ化窒素[NF3])とする。</p> <p>また、GWP※は、IPCC 第 4 次報告書に記載された 100 年係数(例メタンガス：25)を使用する。</p> <p>※GWP(Global Warming Potential 地球温暖化係数)：温室効果ガスの温室効果をもたらす程度を、二酸化炭素の当該程度に対する比で示した係数</p>		
	比較対象システムにおける温室効果ガス排出量				<p>比較対象システムで用いる燃料の温室効果ガス排出原単位を明確に設定し、その出所を明記すること 比較対象システムのエネルギー消費量、エネルギー効率等を基に、利用時の温室効果ガス排出量を算定すること</p>	

<p>温室効果ガス排出削減効果の評価方法</p>			<p>温室効果ガス排出削減効果は、以下のいずれかの方法により算定する。</p> <p>(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</p> <p>(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</p>	<p>温室効果ガス排出削減効果は、以下のいずれかの方法により評価する</p> <p>① 排出削減量 = 比較対象システムの排出量 - 評価対象システムの排出量</p> <p>② 排出削減率 = (比較対象システムの排出量 - 評価対象システムの排出量) ÷ 比較対象システムの排出量</p>	
<p>配分の方法</p>	<p>・プロセスの細分化やシステム境界の拡張を図ることにより、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。</p> <p>・配分がどうしても回避できない場合は、以下の優先順位に基づいて配分を行う。</p> <p>(1) 物理的パラメータ（質量、発熱量など）による配分</p> <p>(2) 製品及び機能間のその他の関係を反映する方法（例：経済価値）による配分</p>	<p>・プロセスの細分化やシステム境界の拡張を図ることにより、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。</p> <p>・配分がどうしても回避できない場合は、以下の優先順位に基づいて配分を行う。</p> <p>(1) 物理的パラメータ（質量、発熱量など）による配分</p> <p>(2) 製品及び機能間のその他の関係を反映する方法（例：経済価値）による配分</p>	<p>(「活動量データの収集・設定」の章で記述)</p>	<p>プロセスの細分化又はシステム境界の拡張により、配分を回避することを原則とするが、やむを得ず配分を行う場合は、適切な配分方法を適用し、その配分方法を明記すること</p>	<p>プロセスから複数製品が出力される場合、入力フロー及び出力フローを複数製品間で配分する必要が生じるため、次の段階的な手順に従って配分を取り扱わなければならない。</p> <p>a) ステップ1：可能な場合は、次のいずれかによって配分を回避することが望ましい。</p> <p>b) ステップ2：配分が回避できない場合、システムの入力フロー及び出力フローを、異なる製品又は機能の間でそれらの間に内在する物理的な関係を反映する方法で分割して配分することが望ましい。すなわち、そのシステムによって提供される製品又は機能の量的な変化</p> <p>c) ステップ3：物理的な関係だけを配分の根拠として使用できない場合、入出力フローは、製品と機能との間でその他の関係を反映する方法によって、配分することが望ましい。</p>
<p>リユース・リサイクルにおける配分の取り扱い基準</p>					<p>配分の原則はリユース・リサイクルの場合にも適用する。配分の回避ができない場合は次の基準で配分することが望ましい。</p> <p>オープンループ型の場合 廃棄物等の内、リサイクルされるものについては、リサイクルの準備処理を行うサイトまでの輸送プロセスからリサイクルの準備処理までを製品システムに含むものとする</p> <p>廃棄物等の内、リユースされるものについては、廃棄時点までを製品システムに含むものとする</p> <p>クローズドループ型の場合 リユース・リサイクルされるものは配分の対象としない。</p>

代替システムの控除の取り扱い					<p>配分の回避のため共製品に関連する追加機能を含めるよう製品システムを拡張した場合、共製品と同等の機能を有する製品システム（代替システム）による控除分を追加情報として表示することができる。ただし、この場合は、代替システムと共製品の機能の同等性や適切性について注意して評価しなければならない。また、製品システムの一貫性に注意する。そのため、PCR で定められている範囲や条件等を満たす場合に限り行うことができる。リユースやオープンループ型リサイクルによる間接影響を控除する場合も同様とする。</p>
バイオマスの取り扱い					<p>持続可能な方法で管理されているバイオマスや、廃材等の再利用品のバイオマスを燃焼・生分解する際に発生する CO2 は、PCR で特に定められている場合を除き、原則として気候変動の影響領域指標に計上しない。これは、バイオマスは生産（成長）時に大気中の CO2 を固定しており、その燃焼・生分解に際して発生する CO2 はこれと等価であるためである。なお、バイオマスの生産・輸送等のために投入される活動に伴う CO2 排出や、生分解する際に発生するメタン等の温室効果ガスの排出は製品システムに加える必要がある。</p>
カーボンオフセット等の取扱い					<p>気候変動の影響領域指標の算定には、カーボンオフセット等による相殺を含めてはならない。</p>
CO2 の遅延排出並びに製品への炭素貯蔵の取り扱い					<p>耐久財の場合、製品の想定寿命が数十年以上になる場合がある。この場合において、製品の使用、廃棄やリサイクルの際にアウトプットは生産時点から遅延して排出されることになる。いずれにしても、遅延による影響や製品への炭素貯蔵等の影響を考慮せずに算定しなければならない。</p>

	<p>感度分析の実施</p>	<p>・LCA 実施者は、LCA で採用した活動量データや原単位データの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し、算定結果の信頼性を評価するために、感度分析を実施することが望ましい。</p>	<p>・LCA 実施者は、LCA で採用した活動量データや原単位データの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し、算定結果の信頼性を評価するために、感度分析を実施することが望ましい。</p>	<p>LCA 実施者は、LCA で採用した活動量データ、原単位の変動や配分手法による変化が、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し、算定結果の信頼性を評価するために、感度分析を実施することが望ましい。</p>	<p>配分を行った際には、感度分析を行うこと 感度分析を行うにあたっては、以下の手順を踏むこと ① 結果に対して大きなインパクトを与えうるいくつかのパラメータを特定する ② パラメータが採り得る最大値/最小値を特定する ③ パラメータを変化させ、それによる結果へのインパクトを記録する</p>	
	<p>ガイドラインにおけるレビュー</p>	<p>・LCA 実施者は、自らの所属団体内で内部レビューを実施する。レビュー実施者は、算定結果の適切性、妥当性等を評価する。 ・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られる。なお、ここでいうレビューとは、ISO14040 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。</p>	<p>・LCA 実施者は、自らの所属団体内で内部レビューを実施する。レビュー実施者は、算定結果の適切性、妥当性等を評価する。 ・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られる。なお、ここでいうレビューとは、ISO14040 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。</p>	<p>LCA 実施者は、自らの所属団体内で内部レビューを実施する。レビュー実施者は、算定結果の適切性、妥当性等を評価する。</p>	<p>LCA 実施者は、自らの所属団体内で内部レビューを実施すること 内部レビューは、表 8-1 に例示するようなチェックリストを基に行うこと。</p>	
<p>対象とする環境情報</p>						<p>本プログラムでは、LCA に基づくライフサイクルインベントリ分析 (LCI) およびライフサイクル影響評価 (LCIA) 結果に基づき、環境影響の算出を定量的に行い、製品環境情報として提供する。</p>
<p>算定対象</p>						<p>エコリーフは、複数の影響領域に関する環境影響の算出結果を製品環境情報として提供する。CFP の場合には気候変動のみを算定対象とし、その他の影響領域の評価には適用されない。</p>
<p>利用可能なデータベース</p>					<p>時間的、地域的、技術的な条件において、一次データと一貫性を有するデータベースを使用すること 上記を満たすデータベースが得られない場合は、他のデータベースの利用も可とするが、その場合は当該データベースの内容を明らかにすること 主要な LCI データベースの概要を表 6-2 に示す。</p>	<p>本プログラムでは、ライフサイクルインベントリ分析 ライフサイクル影響評価 ライフサイクルインベントリ分析 に使用する原単位データ に使用する原単位データ について、原則として IDEA v2 を使用して算定を行う。</p>

ライフサイクル影響評価手法について						<p>本プログラムでは、特性化係数については、原則として LIME2（Life-cycle Impact assessment Method based on Endpoint modeling）の特性化係数リストを使用する。算定される対象の影響領域は附属書 A に記載する。なお、気候変動に関する特性化モデルは、IPCC 第 5 次報告書の 100 年指数を用いるものとする。</p>
算定根拠の整理						<p>算定の過程が分かるように、各根拠資料と各データ収集項目との対応関係が明確になる形で根拠資料を整理しなければならない。</p>
シリーズ製品の取扱い						<p>製品の仕様と影響評価結果の対応関係において共通の特性を有する製品群について、その特性をもって宣言を系統的に開示することは、算定・宣言プロセスを簡素化できるだけでなく、宣言の読み手に対しても情報を幅広く入手する機会が拡大されることが期待される。このため、製品仕様と影響評価結果の対応関係において、共通の特性を有する製品群を、ここではシリーズ製品と呼ぶことにし、このシリーズ製品の単位で宣言を登録公開することができることとする。</p>
宣言の原則						<p>宣言の基本、宣言を行おうとする事業者等の基本条件、宣言の基本ルール、エコリーフ宣言の内容、CFP 宣言の内容に章立てして説明。</p>

温室効果ガス排出削減効果等の表示				温室ガス排出削減効果を製品カタログ、ホームページ等で表示する場合は、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、バイオマス利活用以外の事業で、再生可能エネルギー等を導入した「サイト」単位ではなく、「製品」単位で算定した温室効果ガス削減効果を表示する場合には、「サイトにより違いが生じるパラメータ(設備稼働率等)に関して想定した値」、及び「感度分析の結果(概略でよい)」を付記するとともに、想定値を用いた算定結果が「どのサイトにも適用可能なもの」といった誤解を与えないように表示する必要がある。		
------------------	--	--	--	--	--	--

分類	項目	経済産業省	日本 LCA 学会
削減貢献	タイトル	温室効果ガス削減貢献定量化ガイドライン	温室効果ガス排出削減貢献量算定ガイドライン
	発行年	平成 30 年 3 月	平成 27 年 2 月 24 日
基本的な考え方	ガイドラインの目的	本ガイドラインは、バリューチェーンを通じた製品・サービス等による温室効果ガスの削減貢献を見える化するための基本的な考え方を提示するものである。これに基づき、組織には、自らの製品・サービス等による削減貢献量を定量化し、ステークホルダーに対して適切な情報発信を行うとともに、低炭素社会構築に向けたさらなる貢献を果たすことが期待される。	本ガイドラインは、ライフサイクル全体で温室効果ガス排出量の削減効果を発揮する製品等や、使用される材料、部品について、それらを製造している企業もしくは団体が従来の製品等と比較して、その効果を算定するためのガイドを示すものである。
	ガイドラインの位置付け	本ガイドラインは、組織が、自らの製品・サービス等がライフサイクル（原材料調達から製造、使用、廃棄に至るまでの各段階）において排出する温室効果ガスを削減する取組について、その削減効果を定量化する際の、基本的な考え方・フレームワークを示すものである。 業界団体は本ガイドラインの下位の文書として自らの特性を踏まえた「業種別ガイドライン」を位置付けてもよい。 なお、本ガイドラインで扱う削減貢献量は、温室効果ガス排出に係るモニタリングや政府機関などによる削減貢献量の認証は想定していない。	
	用語の解説		（「バリューチェーン」といった用語を解説）
	用語と定義	（「組織」や「バリューチェーン」といった用語の定義を記述）	
	ガイドライン活用場面	組織が、自らが製造又は供給する製品・サービス等の削減貢献量を定量化し、対外的にコミュニケーションする際には、本ガイドラインを参照することが推奨される。また、組織が提供する製品・サービス等の削減貢献量を集計することで、組織単位で削減貢献量を定量化する際にも同様とする。 なお、本ガイドラインで扱う削減貢献量は、温室効果ガス排出に係るモニタリングや政府機関などによる削減貢献量の認証は想定していない。	本ガイドラインは、温室効果ガス排出削減に貢献する最終製品または部品等を製造している企業等が、温室効果ガス排出削減貢献量を算定し、その結果を製品開発等において組織の内部で活用、並びに CSR 報告書等への記載による外部へのコミュニケーションにおいて宣言する際に算定方法の指針として活用されることを想定している。また、国や自治体、業界団体などにより、温室効果ガス排出削減貢献量に関する制度の構築、ガイドラインの作成を行う際に算定手法の指針として活用されることも想定している。
	原則	本ガイドラインは以下の原則に基づくものとする。これらの原則は、削減貢献量の定量化において柔軟性や自由裁量を定めている部分や、特定の状況に関して要求事項等が明確に合致しない場合において判断を行う際の指針となるものである。 【目的適合性(Relevance)】 【完全性 (Completeness)】 【一貫性 (Consistency)】 【透明性 (Transparency)】 【正確性 (Accuracy)】	
	対象とする製品	（削減貢献量の定義と定量化のステップ」の章に記載	
	LCA 実施主体	未記載	
	システム境界の考え方	（削減貢献量の定義と定量化のステップ」の章に記載	

	LCA 実施フロー	(削減貢献量の定義と定量化のステップ)の章に記載	
	比較対象とするオリジナルシステムの設定に関する留意事項	(「オリジナル」という用語は使っていないため別の行として区別した)	
	比較対象システムの考え方	(削減貢献量の定義と定量化のステップ)の章に「ベースラインシナリオの設定」として記載	
	類似する基準等	削減貢献量とCO2 クレジットの関係について、コラムとして紹介	
削減貢献量の定義と定量化のステップ		本ガイドラインでは、削減貢献量を「温室効果ガス削減に資する環境性能が優れた製品・サービス等が提供されることにより、それに代わる製品・サービス等が提供される場合(ベースラインシナリオ)と比べた温室効果ガス排出削減・抑制への貢献分をライフサイクルでの比較により定量化したもの」と定義する。 削減貢献量定量化の基本的なステップを以下に示す。	削減貢献量の定義 本ガイドラインでは、削減貢献量とは「環境負荷の削減効果を発揮する製品等の、原材料調達から廃棄・リサイクルまでのライフサイクル全体を考慮し、温室効果ガス排出量をベースラインと比較した温室効果ガスの排出削減分のうち、当該製品の貢献分を定量化したもの」と定義する。
	目的の設定	定量化を実施する際には、目的を明確にしなければならない。また、その目的に沿って、報告相手、報告手段を明確にすることが望ましい。	算定を実施する際には、目的明確にしなければならない。また、その理由、並びに、報告相手、報告手段を明確にすることが望ましい。
	評価対象の設定	評価対象製品・サービス等は、最終製品である場合や最終製品の一部の機能を担う部品・素材等の中間財である場合がある。いずれの場合においても評価対象製品・サービス等の機能又は内容等を明確にしなければならない。 なお削減貢献量は、評価対象製品・サービス等のライフサイクル全体で効果が測られるものであることから、評価対象製品が部品・素材等の中間財である場合は、それらが組み込まれる最終製品を示すことにより説得的な説明が可能となる。	本ガイドラインでは、削減貢献量を算定する対象となる製品等を「評価対象製品等」と定義する。評価対象製品等は、削減効果を発揮する最終製品等である場合や、削減効果を発揮する最終製品等の一部の機能を担う部品等である場合がある(以下に例示あり)。本ガイドラインでは、どちらも評価対象製品等として設定できるものとする。
	削減効果を発揮する最終製品等の特定		評価対象製品等がそれ自体で削減効果を発揮するものであるか、最終製品等の一部の機能を担う部品等であるかを明確にしなければならない。特に、評価対象製品等が削減効果を発揮する最終製品等の一部の機能を担う部品等である場合には、その最終製品等を特定する必要がある。削減効果を発揮する最終製品等の一部の機能を担う部品等であって、削減効果を発揮する最終製品等が複数ある場合は、それぞれに算定する。ただし、複数ある最終製品の全てについて算定することが困難な場合には、代表製品を決めて算定できるものとするが、その選定理由を明確に示さなければならない。
	機能単位の設定		削減効果を発揮する最終製品等の機能単位を設定しなければならない。機能単位とは削減効果を発揮する最終製品等の機能を特定し、その機能のある単位で定量化したものである。機能単位には、削減効果を発揮する最終製品等の使用期間ならびに使用する地域も特定されなければならない。使用期間の設定に当たっては、削減効果を発揮する最終製品等の法定耐用年数、物理的耐用年数、買い替えまでの期間等を参考にすることが望ましい。

<p>ベースラインシナリオの設定</p>	<p>ベースラインシナリオは、そのシナリオを採用したことの説得性を持たせるために、根拠となる考え方とともに説明しなければならない。</p> <p>ベースラインシナリオは、例えば、以下のものを使って示すことができる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ●市場に存在する他の製品・サービス等 ●法規制等で規定された基準値（例:トップランナー基準） ●製品・サービス等の業界平均値 	
<p>ベースラインの設定</p>		<p>削減貢献量の算定に当たっては、評価対象製品等が存在しない場合を想定し、評価対象製品等が存在する場合と比較しなければならない。評価対象製品等が存在しなかった場合に普及したであろう製品等をここでは、比較対象製品等と定義する。評価対象製品等が、削減効果を発揮する最終製品等である場合は、比較対象製品等をベースラインと定義する。</p> <p>評価対象製品が削減効果を発揮する最終製品等の一部の機能を担う部品等である場合は、比較対象製品等を組み込んだ最終製品等をベースラインと定義する。ベースラインは削減効果を発揮する最終製品等と機能単位が同一であることが必要である。その際、ベースラインの設定によっては、比較主張になる場合があるので注意が必要である。比較主張を公に開示する場合は、ISO14044 (2006) / JIS Q 14044 (2010)に準拠する必要がある。</p> <p>比較対象製品等の設定においては、以下を参照することもできる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・市場で最も高いシェアを持つ製品等 ・業界平均を実現する製品等（すでに公的に認められている平均値がもしあれば） ・自社の直近の旧製品等 ・法又は制度等による基準値を実現する製品等 ・新たな技術が開発される従前の製品等 <p>なお、ベースラインの設定にあたっては、その根拠を明確に示す必要がある。</p>
<p>定量化の範囲・内容</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) 対象とする段階について 2) 対象とする温室効果ガスについて 3) 定量化対象となる範囲の明確化について 	
<p>評価範囲の設定</p>		<p>削減貢献量の算定においては、ライフサイクル全体における評価結果を比較することが必要である。その際、削減効果を発揮する最終製品等の特性に合わせてライフサイクルの段階の名称や、段階数を設定してもよい。</p> <p>削減貢献量を算定する際には、削減効果を発揮する最終製品等及びベースラインのライフサイクルの違いが把握できるように、製品システムに含まれる主なプロセスを示したライフサイクルフロー図を作成することが望ましい。</p>

削減貢献量の累積方法	<p>評価期間における削減貢献量の累積方法においては、販売期間、使用期間をそろえた下記の2通りの代表的な考え方がある。削減貢献量の使用目的に応じて、下記のいずれの方法を選択してもよいが、どちらを採用したかを明確にすることが望ましい。</p> <p>なお、ある1つの目的において定量化を実施する場合には、原則として累積方法を統一する。もし、1つの削減貢献量評価文書中に、異なる累積方法に基づく評価結果が混在する場合には明確にすることが望ましい。</p> <p>(1) フローベース：評価対象製品・サービス等のライフタイムでの削減貢献量に着目する場合</p> <p>(2) スtockベース：評価対象製品・サービス等の評価期間の削減貢献量に着目する場合</p>	
削減貢献量の基本的な定量化手順	<p>削減貢献量は、以下の計算式により定量化できる。</p> <p>(フローベース法とストックベース法に分けて計算式を記載)</p>	<p>算定手法</p> <p>削減貢献量は、以下の3項目を乗じることで算定できる。ただし、①の機能単位当たりの温室効果ガス排出削減量を算定する際には、ISO14040 (2006) / JIS Q14040 (2010)及びISO14044 (2006) / JIS Q 14044 (2010)に準拠して算定しなければならない。</p> <p>① 削減効果を発揮する最終製品等の、機能単位当たりのライフサイクル評価によるベースラインと比較した正味の温室効果ガス排出削減量 【3.6 節を参照】</p> <p>② 削減効果を発揮する最終製品等の普及量（販売量） 【3.7 節を参照】</p> <p>③ 評価対象製品等の寄与率 【3.8 節を参照】</p>
普及量の把握	<p>温室効果ガス排出削減は、実際に評価対象製品・サービス等が使用されて初めて効果を発揮する。そのため、定量化の目的に応じた期間における評価対象製品・サービス等の普及量を把握することが望ましい。なお、普及量のデータ入手が難しい場合は、生産量もしくは出荷量を用いるなど、他のデータから推計する方法も考えられる。</p>	<p>温室効果ガスの排出削減は、実際に評価対象製品等が使用されて初めて効果を発揮する。そのため、算定の目的に応じた期間における評価対象製品等の普及量（販売量）を把握することが必要である。なお、販売量としてのデータ入手が難しい場合は、生産量もしくは出荷量を用いてもよい。この時、削減効果を発揮する最終製品等が使用される国や地域等を確認し、算定方法を明確にすることが望ましい。また、新しく開発した製品による将来の削減貢献量を算定する場合は、将来の販売シナリオを普及量（販売量）として用いてもよい。この場合、設定した将来の販売シナリオの説明をしなければならない。過去に販売した製品等の削減貢献量を算定する場合は、今までの販売実績を用いなければならない。</p>
データ品質及び前提条件の設定	<p>削減貢献量の定量化にあたっては、各種データの収集や前提条件を置いたシナリオの作成が必要となるが、データの透明性を重視するとともに、データやシナリオの品質に留意することが望ましい。</p> <p>基本的に、評価対象製品・サービス等とベースラインシナリオは、可能な限り前提条件などをそろえ、同程度の信頼性を有するデータを採用することが望ましい。</p>	
データ収集方法及びデータ品質		<p>データ入手方法及びデータ品質は、ISO14040 (2006) / JIS Q 14040 (2010)及びISO14044 (2006) / JIS Q 14044 (2010)に準拠しなければならない。また、評価対象製品等及びベースライン（比較対象製品等）の共通部分において、それぞれ異なる二次データを用いてはならない。</p>

簡易算定アプローチ		<p>削減効果を発揮する最終製品等とベースラインが、同一の段階やプロセスを有しており、温室効果ガス排出量に差がないと認められる場合には、それらの算定を省略してもよい。</p> <p>また、同一ではないが、非常に類似したプロセスを有していて、類似プロセス間の差異がライフサイクル全体での評価に与える影響が無視できるほど小さいと認められる場合には、これを省略してもよい。本ガイドラインではこれらを「簡易算定アプローチ」と称する。</p> <p>簡易算定アプローチを用いた場合、ベースラインとの比較において削減貢献量の割合を表示する等の手段で宣言をしてはならない。簡易算定アプローチで算定した場合、ライフサイクル全体での評価ではなく、限られた範囲での比較となり、結果として削減割合が大きくなる可能性があるためである。</p>
寄与率		<p>ライフサイクルの排出削減貢献量は、バリューチェーン上の様々なステークホルダーの取り組み成果である。そのため、評価対象製品等の寄与率を設定し、削減効果を発揮する最終製品等の削減貢献量を、評価対象製品等の寄与に応じて配分する必要がある。配分にあたっては、配分の対象となるステークホルダーを決定する必要がある。例えば、製造業者のみに限定した配分や、流通・販売等を含めた全ステークホルダー間での配分等が考えられる。配分には、技術的貢献や生み出した付加価値を配分の基準として用いることができる。</p> <p>また、既存の削減貢献量の算定に関するガイドライン等では、関係者の合意による寄与率の設定方法や評価者独自による客観的な寄与率の設定方法も認められている。本ガイドラインの Reference にこれら既存のガイドライン等の文書名および参照先を示す。ただし、削減貢献量の結果をコミュニケーションする際には、寄与率の設定方法とその根拠を示さなければならない。</p> <p>なお、寄与率の設定が困難な場合は、評価対象製品等が削減効果を発揮する最終製品等においてどのように貢献しているかの定性的な説明を付した削減貢献量としてコミュニケーションしなければならない。</p>
感度分析及び不確実性分析		<p>削減貢献量の算定に当たっては、感度分析及び不確実性分析を実施し、結果がどの程度変わり得るのかを確認することが望ましい。</p>
対象となる温室効果ガス	<p>対象となる温室効果ガスは、原則として、2011年の候変動枠組条約第17回締約国会議（COP17）及び京都議定書第7回締約国会合（CMP7）で合意された7つの温室効果ガス【二酸化炭素（CO₂）、メタン（CH₄）、一酸化二窒素（N₂O）、ハイドロフルオロカーボン（HFCs）、パーフルオロカーボン（PFCs）、六フッ化硫黄（SF₆）、三フッ化窒素（NF₃）】を対象とする。</p>	<p>対象となる影響領域は、地球温暖化とし、2011年の候変動枠組条約第17回締約国会議（COP17）及び京都議定書第7回締約国会合（CMP7）で合意された7つの温室効果ガス【二酸化炭素（CO₂）、メタン（CH₄）、一酸化二窒素（N₂O）、ハイドロフルオロカーボン（HFCs）、パーフルオロカーボン（PFCs）、六フッ化硫黄（SF₆）、三フッ化窒素（NF₃）】を対象とする。ただし、その理由を明確に示せば、特定の温室効果ガスだけを評価してもよい。温室効果ガスの地球温暖化係数は、気候変動に関する政府間パネル（Intergovernmental Panel on Climate Change）の評価報告書の最新版の係数を用いることが望ましい。なお、地球温暖化以外の影響領域において、顕著な影響が見込まれる場合には、その影響について報告書で注記することが望ましい。</p>

<p>検証</p>		<p>削減貢献量の定量化に関する削減貢献量評価文書は、検証（内部検証を含む）を実施することが望ましい。また、削減貢献量評価文書には検証実施の有無、実施した場合には検証実施者およびその内容を明確にすることが望ましい。</p>	
<p>クリティカルレビューと検証</p>			<p>作成した報告書はクリティカルレビューもしくは、検証を実施することが望ましい。ただし、必ずしも第三者による検証に限定しない。</p>
<p>報告</p>		<p>ステークホルダーとコミュニケーションする際には、以下の項目を含めて説明しなければならない。●定量化の目的●評価対象製品・サービス等の機能・内容等●ベースラインシナリオとその設定根拠●定量化の範囲（対象とする段階、対象とする温室効果ガス、定量化の対象範囲）●削減貢献量の定量化結果また、以下の項目については、目的に応じて説明に含めることが望ましい。●報告相手、報告手段●削減貢献量の累積方法●データや前提条件の品質●検証の実施有無（実施した場合には、検証実施者やその内容）●その他特記事項</p>	<p>削減貢献量の算定結果を関係者等へコミュニケーションする際、目的によってその方法が異なることが想定される。第三者向けの報告書には、以下の要件を含むことが望ましい。算定の目的評価対象製品等の設定削減効果を発揮する最終製品等の特定機能単位の設定（製品寿命、時間的及び地理的範囲等を含む）ベースラインの設定（選定の理由を含む）評価範囲の設定簡易算定アプローチ（採用した場合のみ）データの収集方法データ品質普及量（販売量）の把握（普及期間を含む）寄与率の設定削減貢献量算定結果解釈クリティカルレビュー</p>
<p>参考文献</p>		<p>本ガイドラインは、以下の国際規格や既存ガイドライン等を参考に作成している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ISO14040 : Environmental management ~ Life Cycle Assessment ~ Principles and framework (2006) ・ ISO14044 : Environmental management ~ Life Cycle Assessment ~ Requirements and guidelines (2006) ・ IEC TR62726 : Guidance on quantifying greenhouse gas emission reductions from the baseline for electrical and electronic products and systems (2014) ・ World Business Council for Sustainable Development / World Resource Institute, The GHG Protocol for Project Accounting(2005) ・ ISO14064-1 : Greenhouse gases -- Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals (2006) ・ 温室効果ガス排出削減貢献量算定ガイドライン（日本 LCA 学会） ・ CO2 排出削減貢献量算定のガイドライン（一般社団法人 日本化学工業協会） ・ Addressing the Avoided Emissions Challenge (GHG 排出削減貢献に対する意欲的な取り組み（国際化学工業協会協議会（ICCA : International Council of Chemical Associations）と持続可能な開発のための経済人会議（WBCSD）） 	<p>本ガイドラインは、以下の国際規格やガイドライン等を参考に作成している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ISO14040 : Environmental management ~ Life Cycle Assessment ~ Principles and framework (2006) ・ ISO14044 : Environmental management ~ Life Cycle Assessment ~ Requirements and guidelines (2006) ・ L.1410 : Methodology for the assessment of the environmental impact of information and communication technology goods, networks and services (2012) ・ IEC TR62726 : Guidance on quantifying greenhouse gas emission reductions from the baseline for electrical and electronic products and systems (2014) <p>また、以下の既存のガイドライン等をレビューした上で、温室効果ガス排出削減貢献量算定に関する考え方を整理している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ World Business Council for Sustainable Development / World esources Institute, The GHG Protocol for Project Accounting (2005) ・ 川崎市、域外貢献量算定ガイドライン (2012) ・ 滋賀県、滋賀県製品等を通じた貢献量評価手法 算定の手引き (2013) ・ International Council of Chemical Associations / World Business Council for Sustainable Development Chemicals、Addressing the Avoided Emissions Challenge (GHG 排出削減貢献に対する意欲的な取り組み) (2013)（一般社団法人日本化学工業協会より和訳版が発行されている。） ・ グリーン IT 推進協議会調査分析委員会、グリーン IT 推進協議会調査分析委員会総合報告書（2008 年度～2012 年度）～低炭素社会に向けたグリーン IT の貢献～ (2013)

