

【炭素の非化石認証、及びトレーサビリティの確立】

2024年2月7日

産業競争力懇談会 **COCN**

【エクゼクティブサマリ】

＜本推進テーマ活動の基本的な考え方＞

近年、地球温暖化の影響とみられる災害が増加し、気候変動の影響が深刻化している。温室効果ガス（GHG：Greenhouse Gas）の削減が世界的な目標とされ、再生可能エネルギーへの転換やリサイクル、原料転換などの取り組みが行われている。世界のプラスチック生産量は2000年から2019年にかけて倍増し、4億6,000万トンに達しており、プラスチックは世界の温室効果ガス排出量の3.4%を占めている^[1]。将来的にはこれが15%を占める予想もあり^[2]、原料転換への取組は重要である。原料転換ではバイオマス等の非化石原材料の利用が注目されている。バイオマスプラスチックは、2030年までに約200万トン（2022年度のプラスチック生産量の約1/5）の導入が示されており^[3]、今後流通量が飛躍的に増えることが予測される。この来たるべき「バイオマス材料社会」を実現するため、また材料転換の結果が真に環境負荷低減に繋がるためには、環境価値の経済価値化およびその価値算定の基礎となる可視化・データ化が重要である。

環境負荷の可視化・データ化には、カーボンフットプリント（CFP：Carbon Footprint of Products）の考え方が主流となりつつある。CFPは、原材料のみではなく、商品やサービスのライフサイクルの各段階においてGHGの排出量を二酸化炭素（CO₂）に換算し、除去・吸収量を除いた総量を示す指標である。2023年度の本推進テーマ活動ではこのCFPを基軸とし、バイオマスプラスチックを中心に、これを正確に算定するための計測技術や認証方法、情報プラットフォームの構築に関する現状把握と課題の洗い出しを中心に検討を行った。

＜検討の視点と範囲＞

バイオマス材料に関しては、CFP削減側として植物が成長する過程でのCO₂吸収量を考慮した値を反映することができる。しかし、対象となる材料・製品のバイオベース度※をオンサイトで直接計測する手法が無く、正確なCFP削減効果の定量的把握が非常に難しい状況である。

※：バイオベース度とは、製品やプロセスがバイオマスを原料として使用している割合であり、本報告書では14Cと12Cの比率により算出される値とする。

本推進テーマではオンサイトでのバイオベース度計測技術として、高感度レーザー分光計測であるCRDS（Cavity Ring-Down Spectroscopy）を候補とした。樹脂メーカーやそのユーザーなどステークホルダーへのヒアリングの結果でも簡易計測への要望を確認できたため、今後装置開発に加えてユーザビリティの確保や、試料のサンプリング・前処理を含めた測定プロトコルを確立し、新たな非化石認証手法として国際標準化を進めていく。

また、オンサイトで直接計測したバイオベース度のデータに加え、原材料の生産や運搬、製品の使用段階での排出量などを評価し、総合的なGHG排出量を算出するためのトレーサビリティ確保できるプラットフォームを構築・提供することで、CFPの信頼性をあげることを目指した。そのために、IoTやAIを利用し、サプライチェーン全体に対し、「耐改ざん性」、「追跡性」、「真贋性」を確保したプラットフォームが必要である。ただし、

必ずしも非化石情報流通のプラットフォームを単独で構築するのではなく、他に国内で進められている情報プラットフォーム関連のプロジェクトとの連携を視野に入れ進めて行く。

さらに、上記の計測方法と情報プラットフォームを適用し、非化石認証システムを日本が先導して社会実装するために現状の認証システムの課題と望ましい認証のあり方についても考察した。

以上の本推進テーマ活動を通じて、炭素の非化石認証を基本とし、「非化石」の環境価値を含めた領域を視野に入れ以下の名称のワーキンググループを構成し、それぞれで議論を進めた。

- 1) 非化石認証流通プラットフォームの構築 WG
- 2) 前処理を含めた迅速計測手法の確立WG
- 3) 非化石認証（バイオベース度）システム WG

<ヒアリング状況とニーズ仮説>

検討を進める中で、想定されるユーザーに対してヒアリングを行った。結果として本テーマ推進の是非について両方の意見が聞かれた。

[ネガティブ]

- ・マスバランス方式が必要であり、このままで良い。
- ・原料に関しては認証制度が既にあり、現状計測は求められていない

[ポジティブ]

- ・マスバランス方式は過渡期のシステムであり、将来的に実測が必要になると考えられる。
- ・環境価値を重視し、石油由来の原料と分離したセグリゲーション方式を求めるお客様はいる。
- ・欧州の科学的証拠（実測）を必要とする規制が強制力を持ち、他の地域にも及ぶ可能性がある。

今後の検討では後者の想定である、2030 年のバイオマスプラスチックを取り巻く状況変化を元に、計測、データプラットフォーム、さらにはデータに基づく認証システムを準備しておく必要があるとし、検討を進めた。

<2030 年に想定される状況>

今後、世界的に GHG の削減が必要とされる中、プラスチックや化石燃料の使用料削減のため、リサイクルやバイオマス等の非化石原材料への原料転換が極めて重要となる。本推進テーマであるバイオマスプラスチックに関しては、2021 年 1 月、環境省、経済産業省、農林水産省、文部科学省で策定されたロードマップにより 2030 年までに約 200 万トン（2022 年度のプラスチック生産量の約 1/5）の導入が示されており^[3]、国内においても多くのバイオマスプラスチックを使用した製品が流通すると想定される。一方欧州ではこのような環境価値に関して、実態が伴わない環境主張「グリーンウォッシュ」が横行することを避けるために、2023 年 3 月、欧州委員会から「欧州グリーンクレーム（環境主張）指令案」が発表された^[4]。この中では、環境クレームの立証に関する要件のなかに、認められた科学的証拠と最先端の技術的知識に依存すること、ライフサイクルの観点から見た影響、側面、パフォーマンスの重要性を示すこと、また正確な一次情報または二次情報を含むこと等が述べられている。

これらが今後「指令」へと変わると予測される中で、将来的に欧州では従来法からより厳密な炭素の非化石認証・トレーサビリティが求められる可能性が高い。これらは欧州にとどまらず、世界的な動きになると考えられる。バイオマスプラスチックに関しては、バイオベース度だけでなく、材料の種類・産地・加工工程等のフェアトレード

的な観点も入れた証書を伴って販売・流通されることがユーザーに対する責任として製品スペックになることも想定される。このルールチェンジに対して、本分野で世界の先頭に立ち、オンサイトでバイオベース度実計測とプラットフォームによるデータ流通でバイオマスプラスチックの導入を後押しし、産業活動を停滞させずに脱炭素社会・循環型社会を進めることが日本の産業競争力強化につながると考える。

<産業競争力強化のための提言および施策>

炭素の非化石認証を基軸とし、流通や利用も含め炭素の流れを計測・可視化し、エビデンスに基づくトレーサビリティを含めたシステムを実現させる。これにより正確なカーボンフットプリント(CFP)の把握が可能となり、企業などがその効果を可視化し、更にトレーサビリティを確保する事で製品価値の向上と偽造やグリーンウォッシュの対策が可能となる。

環境価値を経済価値として転換すること困難を伴うことが予想されるが、非化石原料利用によるCO2削減効果を「削減貢献量」(≒Scope 1～3における削減)として価値化することで、非化石認証に「削減貢献量」の概念を適用し、業界各社のESG情報開示に活用可能となる。加えて、バイオマス関連商品の利用を促進するためインセンティブ(規制、補助金や税制上の優遇等)などが適用されれば、企業の環境対策活動を後押しすることにもつながる。ただし環境価値製品の導入促進には経済価値以外にも社会受容性に大きく影響するものとしてサプライチェーン全体、エンドユーザーに至るまで啓蒙活動も必要であり、今後社会全体での取り組みが必要である。

また、環境価値の観点からはバイオマスプラスチックに限らず樹脂の使用とリサイクルに関してサーキュラーエコノミー関連の多くのプラットフォームが検討、或いは実装されている中で、バイオマスプラスチックのバイオマス度実測の個別情報ではなくプラットフォーム間で連携することが極めて重要である。

<今後の展開>

本推進テーマにおける今年度の各WG活動では、バイオマスプラスチックを取り巻く状況の現状を把握出来た。ただし、海外動向(規制、標準化、社会受容性)の詳細情報等、調査が不足している部分も多い。また、計測システムについては、オンサイトで使用可能な小型・自動・安価な装置を実現するための開発仕様の策定に向けて議論を進める必要がある。

そこでCOCN推進テーマ二年目の活動を継続し、2030年のバイオマスプラスチック本格導入社会に対応できるシステムの制度設計を行うとともに、以下の公的プロジェクトの獲得を行う。

- ① 欧州を中心とした制度調査を含めたプロジェクト獲得⇒最適なプラットフォームおよび認証の要件調査
- ② オンサイト計測を目的とした卓上CRDSの開発プロジェクト

同時に3年目以降で将来の求められる「非化石認証」について、新たなNEDO実証プロ等の立上げの具体化に必要な要件の議論を行う。

【目 次】

プロジェクトメンバー	.....	1
本文		
1. 緒言	.....	3
2. 非化石認証の現状（WG3 担当）		
① バイオプラスチックの現状と課題	.....	5
② マスバランス方式を活用した ISCC 認証 現状と課題	.....	7
③ 非化石認証の求められる姿	.....	9
3. 炭素同位体 14-C（14C）計測方法の現状と課題（WG2 担当）		
① 概要	.....	11
② 非化石認証に求められる計測手法	.....	11
③ ヒアリングによる考察	.....	13
④ 課題	.....	13
4. 非化石認証流通プラットフォームの構築に向けて（WG1 担当）	.....	14
5. 産業競争力強化のための提言および施策	.....	17
6. 今後の展開	.....	18

【プロジェクトメンバー】

リーダー	西本 尚弘	株式会社島津製作所 基盤技術研究所 所長	
CO リーダー	福田 桂	株式会社三菱総合研究所 サステナビリティ事業本部	プラットフォーム
		GX グループ 主任研究員	WG 主査
メンバー	国岡 正雄	国立研究開発法人産業技術総合研究所 企画本部	認証
		知財・標準化推進部 標準化推進室 標準化オフィサー	WG 主査
	加藤 晴久	国立研究開発法人産業技術総合研究所 計量標準総合センター 物質計測標準研究部門 ナノ材料構造分析研究グループ兼) 物質計測標準研究部門 粒子計測研究グループ 主任研究員	
	内山 倫行	株式会社日立製作所 エネルギー事業統括本部 エネルギーソリューション 事業統括本部カーボンニュートラル事業部 主管技師長	
	阪倉 一成	株式会社日立製作所 エネルギー事業統括本部 エネルギーソリューション 事業統括本部カーボンニュートラル事業部 水素事業推進室 技師	
	深田 彰	NEC ソリューションイノベータ株式会社 第二 PF ソフトウェア事業部 シニアプロフェッショナル ブロックチェーン技術センター センター長	
	川崎 貴夫	NEC ソリューションイノベータ株式会社 第二 PF ソフトウェア事業部 主任 ブロックチェーン技術センター	
	坂口 隆明	三菱電機株式会社 産業政策渉外室 科学技術・イノベーション担当部長	
	斎藤 真司	株式会社東芝 生産技術センター 光学・検査技術研究部 上席研究員	
	橋本 玲	株式会社東芝 生産技術センター 光学・検査技術研究部 研究主幹	
	田中 裕也	富士通株式会社 ソーシャルソリューション事業部 Energy & Env 推進室 副室長	
	町川 高明	富士通株式会社 ソーシャルソリューション事業部 Energy & Env 推進室 シニアディレクター	
	小林 大樹	富士通株式会社 ソーシャルソリューション事業部 Energy & Env 推進室	
	橋本 宣明	日本電気株式会社 政策渉外部 シニアプロフェッショナル	
	広明 敏彦	日本電気株式会社 グローバルイノベーションユニット 上席技術主幹	
	石山 壘	日本電気株式会社 グローバルイノベーションユニット エグゼクティブ リサーチ アーキテクト	
	田中 修吉	日本電気株式会社 グローバルイノベーションユニット ディレクター	
	野中 辰夫	株式会社住化分析センター 千葉ラボラトリー 所長	
	横山 利男	日本プラスチック工業連盟 規格部 主幹	

	木村 俊範	一般社団法人日本有機資源協会 理事 副会長	
	本多 宏子	一般社団法人日本有機資源協会 事務局	
	森 浩之	日本バイオプラスチック協会 顧問	
	竹内 康晃	日本化学繊維協会 技術グループ主幹 大阪事務所長代理	
	東條 公資	株式会社島津製作所 基盤技術研究所 先端分析ユニット 副ユニット長	計測 WG 主査
	古宮 哲夫	株式会社島津製作所 基盤技術研究所 先端分析ユニット グループ長	
	杉本 典史	株式会社島津製作所 産学官・プロジェクト推進室 室長	
	折戸 文夫	株式会社島津製作所 アドバイザー	
サプリーダー	井原 正博	株式会社島津製作所 基盤技術研究所 研究推進室 室長	
事務局	井上 隆志	株式会社島津製作所 分析計測事業部 副事業部長	
	三ッ松 昭彦	株式会社島津製作所 環境経営統括室 マネージャー	
	小西 善之	株式会社島津製作所 技術推進部 国際標準化グループ グループ長	
	若尾 豪	株式会社島津製作所 産学官・プロジェクト推進室 シニアエキスパート	
	南雲 誠心	株式会社島津製作所 産学官・プロジェクト推進室 課長	
COCN 担当 実行委員	姉川 尚史	東京電力ホールディングス株式会社 フェロー	
	古屋 孝明	株式会社三菱総合研究所 常務研究理事	
COCN 担当 企画小委員	今泉 延弘	富士通株式会社 グローバル政策推進本部 政策連携部 シニアマネージャー	
	土肥 英幸	ENEOS 総研株式会社 常勤顧問 エネルギー技術調査部長	
COCN 事務局長	山口 雅彦	一般社団法人産業競争力懇談会 (COCN)	
COCN 副事務局長	五日市 敦	株式会社東芝 技術企画部 技術戦略室 共創企画担当・室長附	
	武田 安司	日本電気株式会社 政策渉外部 シニアマネージャー	
COCN 企画小委員	金枝上敦史	三菱電機株式会社 産業政策渉外室 主席技師長	
	佐藤 桂樹	トヨタ自動車株式会社 R-フロンティア部 担当部長	

【本 文】

【1. 緒言】

近年、世界規模で地球温暖化の影響とみられる災害が相次ぎ、国内においても、毎年のように 豪雨災害が発生するなど、気候変動がもたらす影響は深刻さを増している。

気候変動の原因の一つである温室効果ガス（GHG：Greenhouse Gas）に関して、2021 年 COP26 で温度上昇を 1.5 度に抑えることが世界目標とされ、世界でカーボンニュートラル実現にむけその対策が講じられている。我が国でも 2050 年までにカーボンニュートラルを実現し脱炭素社会の実現を目標としている。

GHG の削減に関しては、その発生源は複雑であり単純な解決策は無い。そのため多くの取り組みが行われている。その中でも、再生可能エネルギーの利用やリサイクルの促進、化石由来から非化石由来の原材料への転換の動きなどは大きな流れと言える。

非化石原材料に含まれる炭素分は、植物がその成長過程において大気中の二酸化炭素（CO₂）を固定したものであり、それを燃焼させても CO₂ の増加にはつながらず、代替された化石原材料分の GHG 排出量を削減することができる。

非化石原材料の用途として、大きく以下の二つがあげられる。プラスチックや繊維などの原材料利用（以後、「バイオマスプラスチック」と言う）と、燃料としてのエネルギー利用（以後、「バイオ燃料」と言う）である。

バイオマスプラスチックに関して、バイオプラスチックと混同される場合も多い。バイオプラスチックは、植物などの再生可能な有機資源を原料とする「バイオマスプラスチック」と微生物等の働きで最終的に二酸化炭素と水にまで分解する「生分解性プラスチック」の総称であり、生分解プラスチックには一部石油由来のプラスチックも含まれている。本推進テーマでは、バイオマスプラスチックを対象とする。

バイオマスプラスチックに関して、European Bioplastics のレポート^[5]によると、世界の年間生産能力は生分解プラスチックを含むバイオプラスチック^[※1]として、2022 年の 2,021 千トンが 2027 年には 6,291 千トンと約 3 倍の増加を予測している。国内では、日本政府により 2030 年までに約 200 万トンのバイオマスプラスチックの導入を目指すことが示された^[3]。この値は、2019 年の日本のバイオプラスチック出荷量である約 4.7 万トンと比較しても、また上記世界の生産能力に対しても、極めて野心的な高い目標である。また、農林水産省の「みどりの食料システム戦略、～食料・農林水産業の生産性向上と持続性の両立をイノベーションで実現～」では、持続可能な資材やエネルギーの調達において、高機能合成樹脂のバイオマス化を拡大として進めている^[6]。今後、バイオマスを使用した市場は大きく拡大することが予測できる。

また、バイオ燃料に関しては、その種類として固形バイオ燃料、バイオエタノール、バイオディーゼル、バイオジェット燃料、バイオメタン・バイオガスに分けられる。これらは、輸送用燃料用途や燃焼などによるエネルギー源とする用途などに利用される。輸送用途では、バイオエタノールやバイオディーゼルが自動車用燃料などに使用されている。またバイオジェット燃料は SAF(Sustainable Aviation Fuel)と呼ばれており、2021 年に国際航空運輸協会が世界の航空運輸業界が 2050 年までに CO₂ の排出を実質ゼロにするとの長期目標を採択した。環境省環境再生・資源循環局の資料^[7]によると、2020 年の世界の SAF 供給量は 6.3 万 kL（世界のジェット燃料供給量の 0.03%）であり、2050 年にはその需要は 4.1 億 kL～5.5 億 kL になると見込んでいる。今後、バイオ燃料の使用も多くの分野で拡大する事が見込まれる。

現在、排出する GHG に関しては、カーボンフットプリント（CFP：Carbon Footprint of Products）の

考え方が主流となりつつある。CFP は、商品やサービスの原材料調達から生産、流通・販売、輸送、廃棄・リサイクルなど製品のライフサイクルステージの各段階において排出される GHG の排出量を CO₂ に換算し、除去・吸収量を除いた総量を示す指標であり、商品やサービスに分かりやすく表示する仕組みである。通常の活動では GHG を排出するのみであるが、バイオマス由来の CO₂ に関しては、算定対象製品のライフサイクルにおいて排出される GHG 量（バイオマス由来の CO₂ を含む。ただし、バイオ燃料の使用に伴う CO₂ は含まない）と除去・吸収される GHG 量をそれぞれ算定し、その排出量から除去・吸収量を差し引いたものを CFP の値として採用することがカーボンフットプリントガイドラインとして示されている^[8]。

カーボンフットプリントガイドラインには、より正確な CFP の把握、排出量削減の効果のモニタリング、顧客へ提供する CFP に削減努力の反映ができるため、1 次データ（企業が各プロセスで直接測定したデータ）を用いた算定の必要性が書かれている。

非化石原材料の使用に伴う GHG 排出量の算出は、バイオベース度を基本に行われる。バイオベース度の計測は、ASTM D6866 や ISO 19984 などに規定されており、放射性同位炭素である ¹⁴C の濃度を計測する。つまり、原材料など直接 ¹⁴C を計測することで、バイオベース度がわかり、1 次データとして CO₂ 吸収量の算出が可能となる。現在のバイオマスベース度評価のための ¹⁴C 計測には加速器質量分析装置（AMS : Accelerator Mass Spectrometry）が主流として採用されている。AMS は、高精度の計測が可能であるが、サイズが大きく電流供給や放射線などの対策を行った特殊な設備が必要であり、サンプルの前処理にも手間がかかるため、オンサイトでのデータ取得は極めて困難である。

現在、プラスチック製造における非化石原材料の使用に際し、セグリゲーション方式とマスバランス方式がある。多くのメーカーではマスバランス方式が採用されている。マスバランス方式は、原材料中の非化石原材料の比率を最終製品に割り当てることを保証する制度である。メーカー側は既存の設備が使えるため大規模な設備投資が不要で、かつユーザー側も製造された製品の性能がほとんど変わらないため、両者にとってメリットがある。非化石原材料の使用を促す目的においても過渡的な段階では有効な方法である。しかし、「マスバランス方式を用いてバイオマス由来特性を割り当てたプラスチックの考え方について」^[9]での報告書にもあるように、割り当てたバイオマス由来特性の量の妥当性を実測等により確認することができないため、実際に非化石原材料が使用されていないにもかかわらず、ライフサイクルでの GHG の排出量を算定する事が懸念される。バイオベース度を計測することにより、企業内で直接計測したデータに基づき GHG の排出量を算定する事が可能となるため、CFP の適正管理のためにはオンサイトでバイオベース度を計測しそれを認証し GHG の排出量を算定に活用することが好ましい。

本推進テーマでは、オンサイトで ¹⁴C を計測する手法の提案(WG2)と、その計測手法の国際標準化を行い、全ての計測メーカーにより使用できるグローバルな手法として認識させ(WG2)、サプライチェーンの多くを担っている企業群に対して、信頼性のあるトレーサビリティを確保したシステムの構築(WG3)を目指した。

本推進テーマでは 3 つのワーキンググループを立ち上げ、各ワーキンググループの検討を総括して提言を行うための調査活動を実施こととする。

WG 1 : 「非化石認証流通プラットフォームの構築」

WG 2 : 「前処理を含めた迅速計測手法の確立」

WG 3 : 「非化石認証（バイオベース度）システム」

【2. 非化石認証の現状】

① バイオプラスチックの現状と課題

WG3 では、本 COCN プロジェクトで、提言をまとめるに当たり、非化石認証（バイオベース度）システムについての現状や課題を抽出し、将来求められるシステム等について議論することとなった。

プラスチックは軽くて丈夫で、様々な性質に調整でき、種々の形状に成形加工が可能であるため多種多様なプラスチック製品が私たちの生活に欠かせないものとなっている。また食品の運搬や室外での飲食、テイクアウト、飲料用容器、製品を運搬、保護するための容器包装材料にもプラスチックは多用されており、特に一回しか使用しないで廃棄されるプラスチックをワンウェイプラスチックと呼んでいる。使用済みのワンウェイプラスチック廃棄物も、きちんと回収して、リサイクルや廃棄物処理することが必要だが、廃棄物処理の社会インフラが整っていない国々で、きちんと管理されていない埋め立て地やごみ集積場からの流出や、そもそも、廃棄物を集めるシステムが機能していないので、不法廃棄等によりワンウェイプラスチックの自然界流出が発生し、最終的にこれらの大量のプラスチック廃棄物が海へ流出している^[10]。将来、現在の割合で流出が続くと、海に存在する魚の量を超えるとの試算もある^[11]。これらの解決のためには、プラスチックの 3R（使用量削減、再使用、リサイクル）推進に加え、自然界への漏出量を少なくするための社会システムの構築が最も重要であるが、どうしても、自然界に流出する可能性のある製品であるアウトドア製品、人工芝、農業用マルチフィルム、農薬肥料カプセル等を生分解性樹脂で生産することも考えられている。現在のプラスチック製品のほとんどが原料を石油に依存しており、プラスチック廃棄物から再資源化して燃料として燃焼処理した場合、化石燃料由来の CO₂ を排出するとともに、その生産において枯渇性資源を消費することになる。そこで、プラスチック製品を再生可能原料である非化石原材料から生産することにより、枯渇性資源の温存、化石燃料由来 CO₂ 排出量の削減に貢献することができる。生分解性プラスチックとバイオマス由来プラスチックは、全く異なる種別のプラスチックである。バイオマス由来の生分解性プラスチックもあれば、石油由来の生分解性プラスチックもある。また、生分解をしないバイオマス由来プラスチックも多く存在する。これらのプラスチックを合わせてバイオプラスチックと呼ぶ。これらのプラスチックは、見た目だけでは、生分解性の有無、バイオマス由来か石油由来か、全く区別することができない。また、生分解度がどの程度あるのか、バイオマス由来のプラスチックがどの程度使われているのかを評価する必要がある。評価方法や評価条件はいろいろあり、国や機関が違えば、結果が異なり、比較できないことが起きる。これらを改善するために、評価方法や条件をグローバルに統一した国際標準が有効であり、これらの国際標準を活用した認証制度によるバイオプラスチックの普及促進が重要である。

バイオマス由来プラスチックに関わる ISO 規格は、ISO/TC61/SC14/WG3（バイオベースプラスチック）で審議されている。現状のバイオマスプラスチックは、コストが高い場合が多く、石油由来のプラスチックが混合されることが多い。また、可塑剤等の添加剤の多くも石油由来の化成品である。このため、バイオマス由来プラスチック製品といえども、全量がバイオマス由来のこともあるが、その一部がバイオマス由来であることが多い。また、市場にバイオマス由来プラスチックを積極的に導入させるために、日本バイオプラスチック協会は、バイオマスプラマーク識別表示制度を行っているが、そのパスレベルは、バイオマスプラスチック度が 25%以上であれば、バイオマスプラとして認証する、というものである。つまり、石油由来プラスチック、添加剤が混じっていてもバイオマスプラと準認証制度（バイオマスプラ識別表示制度^[12]）を運用している（表 1）。また、日本有機資源協会は、バイオマス原料の使用割合を表示できる認証制度（バイオマスマーク制度^[13]）を運用している（表 1）。そのため、どの程度、バイオマス由来の成分、プラスチックが混合しているかを計算、測定する方法が重

要となってくる。緒言で述べたように、プラスチック製品中の非化石原材料由来成分の計算方法は、何を基準にするかによって複数の計算方法があるが、現状、AMS による 14C により測定されているケースが多い。ただし、AMS で処理できる検体数は限られており、利便性の高い新たな計測法への期待が高まりつつある^[14]。

表 1 バイオマス由来プラスチックに対して認証等をする制度とその表示マーク

制 度 等 の 名 称	バイオマスプラマ ーク識別表示制度	バイオマスマーク 認定制度	BioPreferred	OK Biobased	DIN CERTCO Biobased
表 示 マ ー ク		 バイオマスマーク	HP を参照	HP を参照	HP を参照
運 営 団 体	日本バイオプラス チック協会	(一社) 日本 有機資源協会	米国農務省	TÜV Austria (ベルギー)	DIN CERTCO (ドイツ)
概 要	ISO 16620-3 に規定されたバイ オマスプラスチック 度が 25%以上 の樹脂等をポジ ティブリスト(PL) に申請・審査後 掲載。PL 掲載 材料で構成され る申請製品を審 査後、識別表 示承認。協会会 員、マーク会員と しての入会が必 要。2024 年 1 月現在、樹脂 128 種、製品 915 製品登録。	ISO 16620-4 に規定されるバイ オマス度が 10% 以上の申請製品 を認証。マーク に、5% 刻 み で、バイオマス度 の数値を表示可 能。審査、マーク の表示には、審 査料、マーク使 用料、マーク使 用更新料が必 要。2024 年 1 月現在、1945 製品登録。	ASTM D6866 (ISO 16620- 2 と同等) に規 定するバイオベ ース度に基づく。製 品群毎に、パス レベルを設定。最 低値は 25%以 上。マークに実際 のバイオベース度 を記載。米国農 務省の優先調達 プログラムで購入 支援。2023 年 6 月 現 在 14000 以上 の製品が認証。	ASTM D6866 (ISO 16620- 2 と同等) に規 定するバイオベ ース度に基づく。バ イオベース度で 20%以上を認 証。バイオベース 度が高くなるにつ れて、星の数が 多くなる。80% 以上で 4 スター 認証。2023 年 6 月現在 547 の 製品が認証。	ASTM D6866 , CEN/TS 16138 , ISO 16620に規定す るバイオベース度 に基づく。バイオベ ース度で 20%以 上を認証。20- 50%, 50- 85%, >85%の 数値を表示可 能。2023 年 6 月現在 156 の製 品が認証。
参 考 文 献 (HP)	[12]	[13]	[15]	[16]	[17]

原料樹脂等がバイオマス由来であった場合、それらを利用して生産された製品にも、その情報が伝達され、さらなる下流側製品にも、反映されていかなければならない。ただ単に、バリューチェーンを下流側に流れていく製品であれば問題ないが、一般的に下流側に行くほど、多くの原料や部品が追加され製品の構成が複雑に

なっていく。それらを加味した非化石原材料由来率を計算していき、下流側に情報伝達する必要がある。これらの再計算した値が正確であるかどうかの 14C 測定をもちいた再測定による再確認も必要となってくる場合もありうる。

2022 年 11 月 30 日、欧州委員会が公表した EU のバイオベース、バイオ分解性、および堆肥化可能なプラスチックに関する政策枠組みによれば、「バイオマス含有量を正確に測定することが重要である。放射性炭素を用いた方法は、結果が確実であり、広く受け入れられているため、望ましい」と述べられている。さらに、「バイオマスの利用を Chain of Custody で記録し、マスバランス計算で最終製品に帰属させる方法は、実際のバイオマス含有率の確認には適さないと考えられる。このような方法は、高いレベルの透明性とアカウンタビリティを確保し、グリーンウォッシュ[※]を回避するための合意された基準に裏付けされている場合にのみ使用されるべき」とした。地球環境を維持するためには、日本が先導し、新たな非化石認証の枠組みを制定、普及させることがカーボンニュートラルをリードする日本としての責務であり、この実現に向けて産業界、政府機関、学術機関が連携して課題を整理し、重要な技術要素や推進体制の整備を行う必要がある。炭素の非化石認証やトレーサビリティの確立について検討・提案がなされるべきと考える^[18]。

※「グリーンウォッシュ」については、この次の②「ISCC 認証とマスバランス、現状と課題」で詳しく取り上げる。

② マスバランス方式を活用した ISCC 認証 現状と課題

ISCC は、『International Sustainability & Carbon Certification』の頭文字をとったもので、「国際持続可能炭素認証」として知られる国際的な認証制度である。この制度は、企業や団体がバイオマスやリサイクル品などの持続可能な原材料を使用して製品を製造することを認証している。ISCC には、EU 内でのみ取得可能な「ISCC EU」と、EU 以外でも取得できる「ISCC PLUS」の 2 つの認証制度がある。ISCC EU は、生物由来の農産物と廃棄物や残渣を持続可能な原材料として定義するが、ISCC PLUS では、それに加えてプラスチック廃材などの工業廃棄物も対象に含まれる。この認証ではマスバランス方式が採用されており、これはある特性を持つ原料（例：バイオマス由来原料）とそうでない原料（例：化石資源由来原料）を混合する場合、原料の投入量に応じて製品の一部に特性を割り当てる手法のことを指す。これまで、バイオ燃料やパーム油、紙の認証などの持続可能性の確認に広く使われてきた。

ISO 22095（Chain of custody - General terminology and models）では、マスバランスモデルは特性を持つ原料と持たない原料を加工・流通工程において混合し、特性を持つ原料の投入量に応じて生成物に特性を割り当てるモデルである。マスバランス方式は化学業界で幅広く採用されており、この方式を採用したバイオマス製品は、既存の石油由来品の一部を非化石原材料に置き換えただけであり、基本的な性能は既存の石油由来プラスチックと同等である。



原料の投入量に応じて、生産する製品の一部にその特性を割り当てる

図1．マスバランス方式の一例（再掲）

（出所：住友化学 <https://www.sumitomo-chem.co.jp/news/detail/20230216.html>）

このマスバランス方式は広く化学業界で採用されている。川下ユーザーは既存の加工ラインで最終製品を製造することが可能であり、また、川上の製造側の化学メーカーも新たに設備を投資する必要なく、既存の装置を用いて生産できるため、大きなメリットがある。また、マスバランス方式を採用することで、徐々にバイオマスベース度を増やすことができ、技術の進歩に対応しやすい利点が考慮されている。

一方、国際的に企業が環境に配慮しているように見せかける「グリーンウォッシュ」に対する規制が進行中である。日本でも消費者庁が環境関連の表示において企業を摘発する事例が出始めた。欧米でも、消費者に対して「環境に優しい」といった表現を使用する際には、科学的な根拠が求められる法整備が進んでいる。

日本の法律でも、一部のプラスチックしかリサイクルできないにもかかわらず、全てのプラスチックをリサイクルできるように表示や、特殊条件の実験結果だけをもとに「自然に分解される」と表示することは、景表法が禁じる「優良誤認表示」に該当するおそれがある。

欧米の方が、グリーンウォッシュに対する規制がより厳格である。日本の景表法は商品やサービスの広告表示に対象を絞っており、企業広告は原則として対象外となっている。さらに、優良誤認が認められるのは、品質や性能などを「著しく」優れていると誤解させる場合に限られる。一方、欧米では消費者を誤解させるような行為は広範に規制されており、特に欧州では一般的な広告規制で科学的根拠のない「環境に優しい」といった表現を禁じ、ガイドラインにも明確に記載されている。欧州はグリーンウォッシュのルール作りを先導したいという意向があり、日本としても慎重な対応が必要な状況である^[19]。

これらのグリーンウォッシュの状況を考慮すると、ISCC 認証とマスバランスについては科学的根拠に基づいた改定を行い、認証制度の高付加価値化を目指すことが望ましい。国全体での2050年のカーボンニュートラル目標の達成に向けては、化石資源由来のプラスチック製造から段階的に脱却していく必要があり、バイオマス割当プラスチック（マスバランス）の活用は、2050年までの技術イノベーションを促進するための過渡期の仕組みと位置づけられる。

今回のCOCNプロジェクトでの、関連企業のヒアリング（住友化学）を通して、企業側がマスバランス方式の必要性を感じていることが理解できた。前述したように、すべての化成品が、簡単なプロセス変更で非化石

原材料由来に転換できるわけではなく、また、ナフサクラッカー等による複数の種類の化成品の同時製造は、化石原料と非化石原材料を混合して利用した場合、その混合率が均等になり、一部の製品のみをバイオマス由来にすることは、技術的に困難である。そのため、バイオマス由来に付加価値の高い製品に非化石原材料の使用率の割合を割り当てることにより、非化石原材料の使用率を増加（コスト増加を吸収することができる製品の販売促進）させることを期待している。これらのマスバランスの割り当て量の信頼性の確保のためには、設定したバウンダリー内（特定事業所等）の導入原料の由来やマテリアルフローのデータの信頼性の確保が重要である。企業ヒアリング時に、製品のバイオマス炭素含有率を 14C 濃度等で測定することにより、製造化成品全体に使用した非化石原材料の推定が可能であるかどうかを質問したところ、製品ロットにより日々変動しており、ある期間に対応した非化石原材料使用率は、例えば、年平均のような値で、非化石原材料を利用しているロットと利用していないロットがあり、それは、どのロットに対応するかは判別不可能で、個別の製品のバイオマス炭素含有率から、マスバランス方式の全体バイオマス割り付け量の推定は困難であるとの回答をいただいた。つまり、マスバランス方式における個別の対象製品のバイオマス炭素含有率の測定は意味がないことがわかった。しかしながら、原料として、投入する植物油ナフサ等の脱化石の証拠として、これらのバイオマス炭素含有率の測定は意味があると考えられる。

③ 非化石認証の求められる姿

既存のバイオマス由来の樹脂や製品の認証制度である日本有機資源協会のバイオスマーク認証制度や日本バイオプラスチック協会のバイオマスプラ識別表示制度は、ISO に規定されている 14C 評価法をエビデンスとして採用している。これらは、バイオマス由来製品の販売促進のために開始された制度である。今後は、脱化石原料のために、これらの認証制度の活用が重要になってくると考えられる。これらに加えて、ヨーロッパ域内への輸出に対する国境炭素税や CO2 排出量の算出における Scope3 対応（バリューチェーン全体での炭素排出量の算出）も必要になる状況で、これらに関わる製品を生産する企業がどのような認証制度を要望している、それをどのように活用していきたいかを明確化する必要があると判断された。そのため、バイオマス由来製品を生産する化成品企業や販売企業にヒアリングを行うことにより、そのニーズを探ることとなった。中間報告前には 2 社程度のヒアリングにとどまったがその結果、下記の状況も理解された。

BASF の担当者の方へのヒアリング調査を行った結果、企業担当者としては、原料の脱石油化のみならず、製造プロセスを含めた全体でのカーボンニュートラルを重視しているとの意見が述べられた。非化石原材料由来であることを明示化する評価法が、グローバルに受け入れられるためには、ISO 等の国際標準化が重要であり、それらを活用した認証制度が有効であるという意見が述べられた。また、バイオマス製品総量に対する原料供給の充足については、住友化学の方によると、プラスチック廃棄物のみならず、有機廃棄物を活用することにより、需要に対応できるのではと考えているとのこと。

バイオマス樹脂を使用し、バイオマス由来の包装材料（ショッピングバック等）を製造している株式会社モロフジ^[20]の担当者へのヒアリング調査を行った結果、日本有機資源協会のバイオスマーク認証制度を利用しており、BtoB では、認知度も高く、また、消費者の認知度も上がりつつあるとの認識。バイオスマークの認証は、有効であると感じている。また、認証申請のため以外にも、バイオマス含有率の 14C 測定は、製造製品の購入企業からのバイオマス原料含有の確認の要望で、年数回測定する機会があるとのこと。そのため、簡便なバイオベース度の測定は、ニーズが有ると判断できる。モロフジ担当者の意見として、さらなるバイオマス製品

の市場促進のためには、さらなるインセンティブ（規制、補助金や税制上の優遇等）が必要であることが述べられた。

本プロジェクトの WG3 のメンバーでもある日本有機資源協会の協力により、同協会が運営するバイオスマーク認定制度の認定業者に対して、当該認証制度に関わるヒアリング調査が行われた。当該ヒアリングは、メール、電話等により、簡易的に行われたもので、また、当該制度の利用事業者であるために、どちらかという理解者・推進者側の意見徴収となっており、否定的な意見が集まりにくい状況で行われたことを理解していただきたい。回答を頂いた事業者は、当該制度は有効であると考えており、将来的にも、バイオマス認証制度の運営は、不可欠であることが示された。

また、WG1、3 の合同開催において、プラットフォーム構築を視野に入れた IT ベンターの本プロジェクトのメンバーである富士通の担当者より、プラットフォームの例が説明された。その議論の中で、プラットフォーム運営の事業者が、確定しているわけではないが、現状のバイオマスの認証制度等を運営している協会より、次の意見が寄せられた。現状は申請時のみの審査であるが、審査企業の毎年、ロット毎、入出荷の審査となると、リソース、コストの問題で、審査・管理体制強化や追加の運営コストの確保を考えなくてはならないとの意見が述べられた。

図 2 に本 WG3 の調査、議論に基づくバイオマスプラスチックの導入促進のための将来展望をまとめる。バイオマスプラスチックの導入メリットは脱石油、GHG ガスの抑制等に効果がある。また、現状でも、環境影響を考慮した製品スペックとなっている。これらの導入促進のためには認証制度が重要で、現状でも信頼性の確保につながり、製品の価値向上につながっている。将来的にさらに、製品導入促進するためには、オンデマント、その場測定等の簡易測定法により、環境価値を示す指標であるバイオベース度を正確に評価し、マスバランス等も考慮して認証していく効率的に運営される制度が必要である。今後は、それらを活用した認証制度のニーズについて、検討していく。バリューチェーンの下流側の企業の状況やニーズ、リサイクルとの整合性、GHG 排出量削減に関わる位置づけ等についても、状況を調査していき、将来の求められる「非化石認証」について、また、「非化石認証」を含む環境性能価値総合的に判断する認証制度を新たに設置予定のコンソーシアム等で検討を進めていく。

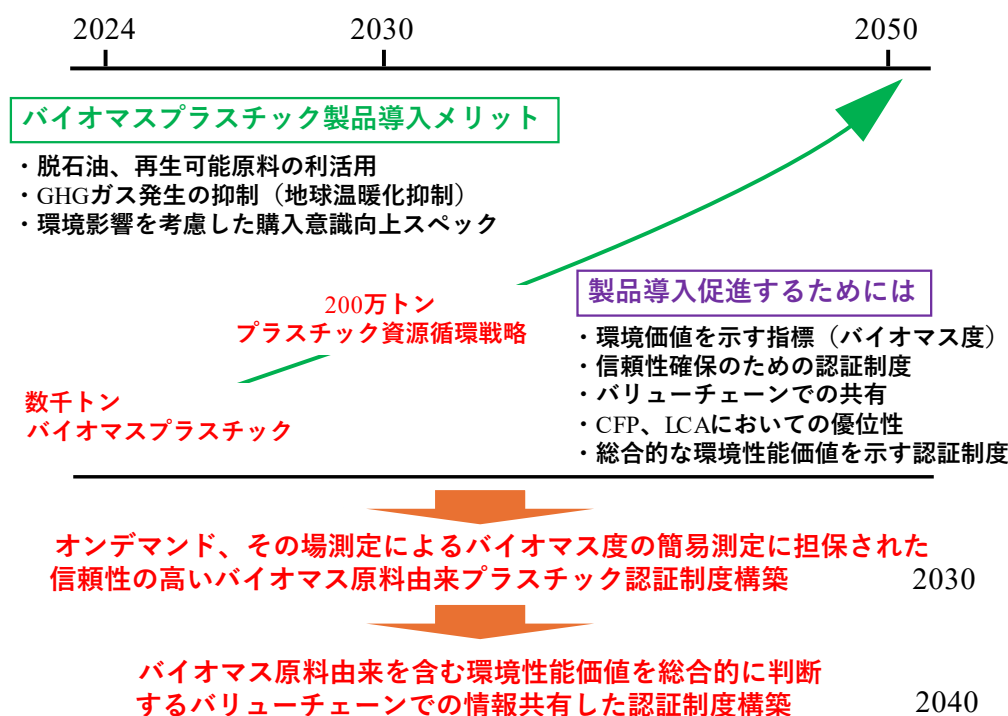


図 2. バイオマスプラスチックの導入促進のための将来展望

【3. 炭素同位体 14-C (14C) 計測方法の現状と課題】

① 概要

カーボンニュートラル社会の実現に向け、再生可能エネルギーの普及と共に化石原料の削減が求められる。今後、非化石原材料であるバイオマスプラスチックやバイオマス燃料等の普及促進に向けた取り組みが加速すると考えられるが、原料がバイオマス(非化石)由来か化石由来かを判別し、環境価値として可視化・データ化する計測手法の確立は重要である。

国内では図 2 のように 2030 年を目標にバイオマスプラスチックの野心的な導入ロードマップが示され^[3]、また海外での導入増加も予測されている。欧州委員会が公表したバイオプラスチックに関する政策枠組みには^[4]、「バイオマス含有量を正確に測定することが重要である。放射性炭素を用いた方法は、結果が確実であり、広く受け入れられているため、望ましい」と述べられおり、グリーンウォッシュの回避や CFP の 1 次データ取得等において、放射性炭素を用いたバイオベース度計測の重要性は今後高まることが予測される。

WG2 ではこの非化石認証に求められる計測手法に関して、現行の計測手法について調査し課題の洗い出しを実施、更に AMS を使用した受託計測を行っている企業へのヒアリングを行った。

その結果、現行手法では前処理方法や計測時間、測定コストなどに課題があることが分かった。また、今後の計測需要を鑑み、オンサイトでの新たな迅速計測手法に向けて要求される仕様案の検討を行った。さらに多様なカーボンフットプリント算定のための複合計測についても検討を行った。

② 非化石認証に求められる計測手法

大気中の CO₂ には一定割合の 14C が含まれており、その割合は植物に固定化される。一方、化石由来

の ^{14}C は半減期 5730 年でほぼ全量が崩壊しているため、 ^{14}C 濃度を測定することにより非化石由来との判別ができる^[21]。測定感度として大気中の ^{14}C の濃度である 1×10^{-12} の 5% が測れることが求められる。 ^{14}C 濃度測定法は米国試験材料規格 ASTM D6866-12、ヨーロッパ規格 CEN/TS16137、ISO 国際標準規格 ISO/CD16620 で規定されており、具体的な手法としては加速器質量分析法(AMS)、液体シンチレーションカウンタ法(LSC : Liquid Scintillation Counter)等がある。このうち AMS は試料を CO_2 に変換してさらにグラファイトに還元し、このグラファイトをイオン化して炭素 12、13 及び 14 の割合が測定できる加速器にかけて質量分析し、 ^{14}C の割合を計測する。測定精度は 2% 以下と高精度であり、デファクトスタンダードとなっているが、設置には 100m^2 以上が必要な大型で高価（数億円）な装置であり、保有している機関も限られる（国内で数台）。測定時間は数十分であるが、前処理のグラファイト化には数日を要する。専門のオペレータが必要であり、測定コストも 1 サンプルあたり約 7 万円と高額である。LSC は試料を CO_2 に変換し、さらにベンゼンに転換して液体シンチレータと混合してシンチレーションカウンタにかけ、 ^{14}C 数をカウントする。外部放射線の影響を受けるため、完全なシールドが必要である。前処理としてベンゼンへの転換に数日以上時間を要すること、露光時間が 4 時間以上必要といった問題がある。以上のように現行計測手法の課題として、前処理の手間、測定時間、設置場所、運用コストなどが挙げられ、化石認証で想定される原料の受け入れ、出荷品質保証、認証申請、抜き打ち検査、などの各シーンで必要となると考えられるオンサイトでの迅速な分析手法からは程遠いものとなっている。

大型の加速器や放射線測定に頼らない同位体分析法として、分子種の光吸収量の同位体依存性を利用したレーザー分光法が挙げられる。中でもキャビティリングダウン分光法（CRDS : Cavity Ring-Down Spectroscopy）は共振器内の分子吸収に依存する光子寿命を測定することで極めて高感度な分析を可能とした手法である。名古屋大学やイタリアのベンチャー企業などで実際に ^{14}C の測定が実施されており、LSC や AMS との比較によるバリデーションも行われている^{[22] [23]}。現行手法と同様に前処理は試料を CO_2 に変換する必要があるが、測定時間は 10 分程度と見込まれている。近年、量子カスケード型半導体レーザー（QCL : Quantum Cascade Laser）や中赤外域の高感度光検出器、さらに高反射率ミラーなどの中赤外域光学素子の発展により CRDS の高感度化が進んでおり、非化石認証で必要とされる有力なオンサイト分析手法として注目される。

表 2 に現行計測手法と CRDS の比較を示す。迅速なオンサイト分析手法としては、測定感度および精度を確保しつつも、前処理に手間がかからず自動化が可能なこと、測定時間が 10 分程度で済むこと、卓上サイズであることが求められると見られ、CRDS が最有力候補となる。

表 2 非化石認証のための分析手法の比較（独自調査結果）

	測定装置		
	AMS	LSC	CRDS
前処理	ガス化	ガス化	ガス化
	夾雑ガストラップ	夾雑ガストラップ	夾雑ガストラップ
	グラファイト化	ベンゼン変換	不要
前処理時間	約 2 日	～10 日	数時間
計測時間	10～30 分	4～12 時間	～10 分
測定感度※	10^{-15}	10^{-13}	10^{-13}
測定精度(pMC)	0.2%～2%	2%～5%	5%
測定コスト	1 サンプル：約 7 万円	—	—
設置サイズ等	大型施設(超高真空)	シールドが必要	テーブルトップ

※1950 年の 14C 濃度の 14C と 12C 比率： 1×10^{-12}

③ ヒアリングによる考察

今回、AMS を実際に使用し受託計測を行っている企業へのヒアリングを実施し現在の状況をお聞きました。バイオマス計測は、年代測定と比較し少ない状況である。国内でバイオベース度を計測している委託業者も今は少ない。現有の装置は、大型でメンテナンス・調整が大変である。メンテ・調整が改善された小型の AMS も出てきている。また、AMS よりやや測定精度は若干劣る簡便・小型の測定器について利用の可能性を聞いたところ、需要が今より増えれば可能性があるとの事であった。

ヒアリングを実施した結果、ポイントは以下の 2 つである。

- ・ 現有装置のメンテナンスが容易ではないこと
- ・ 国内にバイオベース度を委託計測する企業が少ない事(数社のみ)

いずれも装置の大きさや操作性の煩雑さに起因するものであり、小型 AMS も含め加速電圧が 4 万ボルトに達するような装置^[24]が、一般ユーザーが手軽に配備できるものではないことを示しているともいえる。逆に、これらの問題を解決できれば今後バイオマスプラスチックの導入が増加する中で、CRDS のような簡便・迅速な評価手法が一気に普及する可能性があり、欧州の動向も考慮すると、オンサイトでの迅速な計測が可能な測定装置の開発の重要性は明らかと言える。

④ 課題

上記の様に、バイオベース度の基準である 14C の従来の測定装置は大型高額で、前処理や測定に日数がかかるといった問題があり、化石原料からの転換によるバイオマス導入量増加に対応するための簡便・迅速な評価手法としては不向きである。これに替わる新しい計測手法として CRDS を候補として挙げたが、実用化には現場使用に耐える信頼性・耐久性の確保が必須であり、小型・低コスト化と合わせて、基礎原理からデバ

イス、モジュール、装置にわたる総合的な技術開発が必要となり、その実現には産官学の連携が重要である。

本推進テーマの WG2 ではバイオマスプラスチックやバイオ燃料に関して 14 C によるバイオベース度のみを議論しているが、非化石判別法に加えて、環境や人権等の観点から、バイオマスの原料となる可食穀物、廃木材、微生物産生物など由来の判別ができれば、環境負荷低減に向けた適切なサプライチェーン構造へ導く指針となりうる。現時点では確実な判定方法が存在しないが、炭素や酸素などの安定同位体濃度の地域差による産地同定手法が候補となりうる。

更に、バイオマスプラスチックなどを含むプラスチック全体のリサイクルプロセスにおいても、リサイクル材料のバイオベース度の測定は環境貢献度の指標となり、またリサイクル時に問題となる着色剤などの添加物用の不純物測定が同時にできると、リサイクルの普及にさらに有利に働くと考えられる。

上記のように、単独の計測情報だけでなく複合的な計測情報は、バイオマス材料の普及を促進する有力な手掛かりとなることが予想される。今後、IoT センサーやモニターなどのデジタル化への取り組みも含め、炭素排出量の削減に向けた複合的な計測手法のニーズは高まっていくと考えられ、求められる要素技術やデバイス、要求仕様などの詳細については継続して調査を進め、具体化していく。

【4. 非化石認証流通プラットフォームの構築に向けて】

炭素の由来やそれを用いた原料、また流通も含めた利用などの幅広い領域において、新しい枠組みでの信頼性のあるエビデンスに基づくトレーサビリティを確保するためには、IoT や AI を利用しサイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させたプラットフォームの構築が必要となる。

欧州では、EU 市場に投入される製品が持続可能なものになるように製品の標準化を進める施策を盛り込んだ「持続可能な製品イニシアティブ（SPI: Sustainable Products Initiative）」を 2022 年 3 月に発表し、その中で「デジタルプロダクトパスポート（DPP : Digital Product Passport）」の導入を進めることを謳っている。DPP とは製品の所有者が移転する際、製品の原産地/製造者情報、CO2 排出量などの環境負荷、原材料構成、リサイクル材利用率等の情報を引き継ぐ証明書のようなものであり、サステナブルな製造や製品管理、消費の促進を目的としている。2023 年 7 月には欧州電池指令（EU Battery Directive）が公布され、DPP の先行分野として蓄電池を対象に 2026 年からはバッテリーパスポートの導入が計画されている。

日本では、経済産業省主導の元、サプライチェーン上のデータ連携の仕組みに関するガイドラインα版（蓄電池 CFP・DD 関係）が公表されている。同ガイドラインでは、基本方針として①設計原則、②協調領域と競争領域の峻別、③分散的なデータ連携を掲げ、サプライチェーンデータ連携基盤の構築に向けた業務要件や設計方針等を定めている。

1 データ主権・トラスト確保の原則

データ提供者がデータ提供の管理・制御をできること。データの提供や利用、基盤への接続が、安全で信頼できること。官民の健全なガバナンスが働いていること。

2 インセンティブ・エンフォースメント確保の原則

データを提供する側、システムを利用する側に、インセンティブとエンフォースメントを働かせることができること。

3 UX・導入容易性確保の原則

技術的、費用的に、誰もが容易にデータを利用、処理できること。利用者や組織を中心とした高いユーザ・エクスペリエンスを提供できること。

4 相互運用性確保の原則

分散したシステムやエコシステム同士がモジュール化され、メッシュ型の相互運用ができる基盤であること。インターフェースには国際標準・業界標準を採用し、相互運用性を確保すること。

5 共通基盤利用の原則

分散と集中の適切なアーキテクチャの組み合わせであること。競争領域・協調領域のレイヤー化に応じて、集中型共通基盤を提供できること。

6 デジタル完結の原則

共通データモデル、共通基盤、メッシュ型に連携するモジュール等により、データ主権に基づいたデータ連携を行い、AIによる自動処理を含むデジタル完結の仕組みを提供できること。

図3 サプライチェーンデータ連携基盤の設計原則

(出所) サプライチェーン上のデータ連携の仕組みに関するガイドラインα版（蓄電池 CFP・DD 関係）^[25]

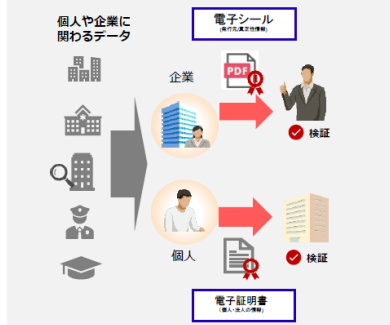
類似の取組は国内外において民間主導でも進められており、自動車産業を例にとるとドイツを中心とした Catena-X、米国を中心とした MOBI において、横断的なデータ連携の検討が行われている。

非化石認証価値の流通に際し、バイオマスベース度の信頼性を担保するために、プラットフォームにおいては「耐改ざん性」、「追跡性」、「真贋性」の確保が必要となる。また、業種や分野を横断した形で情報を共有するためには、効率的なデータの流通・処理・利用とデータ主権確保の両立が重要であり、共有すべき情報と秘匿すべき情報をプラットフォーム上で区別して管理することも求められる。効率的なデータの流通・処理・利用に必要な機能としては事業者・商材等の識別子設定、トレースバック/トレースフォワード性の確保、既存システムとの接続性等が挙げられ、データ主権確保に必要な機能としては分散 DB 連携、データ主権者の同意/承認をトリガーとする制御等が挙げられる。

これらの実現に必要な要素技術としては、デジタルアイデンティティ管理技術、デジタルフットプリント技術、異なるブロックチェーンの連携技術等が挙げられ、各社において現在開発・実装が進められている。プラットフォーム構築に向けて、これらの要素技術をどのように組み合わせるかが重要となる。また、データ連携においては協調領域と競争領域が存在し、前者においては法・規制等のルール整備やデータセットの標準化、オープンソース等のコネクタ利用等が想定される。このようなデジタル技術を活用することで、これまでは製品単位であったバイオマス度認証を、ロット単位等より精緻化することも可能となる。

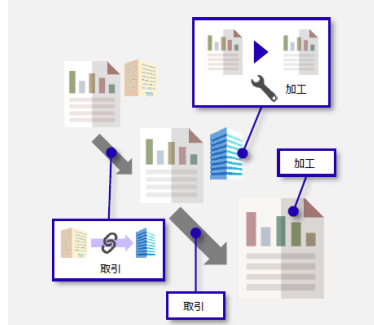
[デジタルアイデンティティ管理技術]

オンライン上で複数の事業者が持つ個人や企業に関わる様々な情報(デジタルアイデンティティ)を、個人や企業自身(自己主権)で安全・高信頼に連携可能にする技術



[デジタルフットプリント技術]

物流やサプライチェーンの記録を、改ざん不能な形で、かつ、開示先をきめ細かく制御しながら、企業間で安全に共有しエンドツーエンドでトレース可能にする技術



[異なるブロックチェーンの連携技術]

企業を跨いで分離管理されているデータベース間で、データ提供やデータ更新の同期をセキュアに実現する技術。データ主権者の同意/承認をトリガーとする制御や、企業ごと・データごとのコントロールが可能。

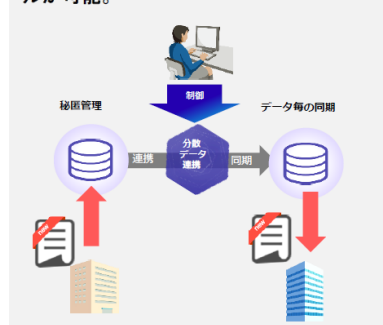


図 4 非化石認証流通プラットフォームにおける要素技術例

(出所) 富士通株式会社資料

プラットフォームの利用者を増やすためには、事業者側に対する情報入力のインセンティブ確保や、利用が負担とならないような API の開発も必要となる。後者については、産業間、会社間で情報をつなぐのは秘密情報もありハードルが高いため、国・自治体等が旗振りをして事業者間の利害を調整することも求められる。

なお、一般社団法人電子情報技術産業協会（JEITA）では、企業のカーボンニュートラル化の促進と産業・社会の変革につながる新たなデジタルソリューションの創出・実装に向けた活動を推進する場として「Green x Digital コンソーシアム」を設立している。同コンソーシアムでは見える化 WG、バーチャル PPA 早期実現対応 WG の 2 つの WG を中心に活動しており、特に見える化 WG ではデジタル技術を活用したサプライチェーン全体の CO2 データの見える化実現に向け、異なるソリューション間での CO2 データ連携の技術実証（フェーズ 1）の成果を 2023 年 2 月に公表している^[26]。また、戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第 3 期課題「サーキュラーエコノミーシステムの構築」では、サブ課題 A：循環市場の可視化・ビジネス拡大を支えるデジタル化・共通化において循環市場拡大に資するデジタル基盤構築に必要な情報ルールの整理・共通化を研究課題に掲げている^[27]。

非化石価値はデジタルパスポートで求められるような製品のサステナビリティ情報の一つに過ぎないため、必ずしも非化石認証流通プラットフォームを単独で構築するのではなく、これらの取組と連携して、将来的には共通のプラットフォームでの流通を目指すことも有効と考えられる。

なお、非化石認証流通プラットフォームが多くのユーザーに利用されるためには、「非化石」であることを如何に価値化できるかも重要となる。一つの案として考えられるものは、非化石原料利用による CO2 削減効果を「削減貢献量」（≒Scope 1～3 における削減）として価値化することである。非化石認証制度に「削減貢献量」の概念を適用し、業界各社の ESG 情報開示に活用可能とすることで、バイオマス関連商品の利用を促進し、企業の環境対策活動を後押しすることを目指す。

具体的な適用イメージの例としては図 5 のような姿が想定される。バイオマスプラスチックの焼却時 CO2 排出量はバイオマス由来のためカーボンニュートラルと見なすことができるため、バイオマスプラスチックによる石油由来

プラスチック代替の CO2 削減効果についてカーボンクレジットと同様に「償却」の概念を導入し、デジタル認証した証書を流通させる。バイオプラスチックを新たな製品に転換して販売する場合は、償却後にスマートコントラクト技術等を活用して再度証書を自動発行，サプライチェーンの下流に再流通させる。このような概念を更に具体化するとともに、同概念が GHG プロトコルや国内の「サプライチェーンを通じた温室効果ガス排出量算定に関する基本ガイドライン」へ反映されるよう、制度事務局や関係省庁等に働きかけることも重要となる。

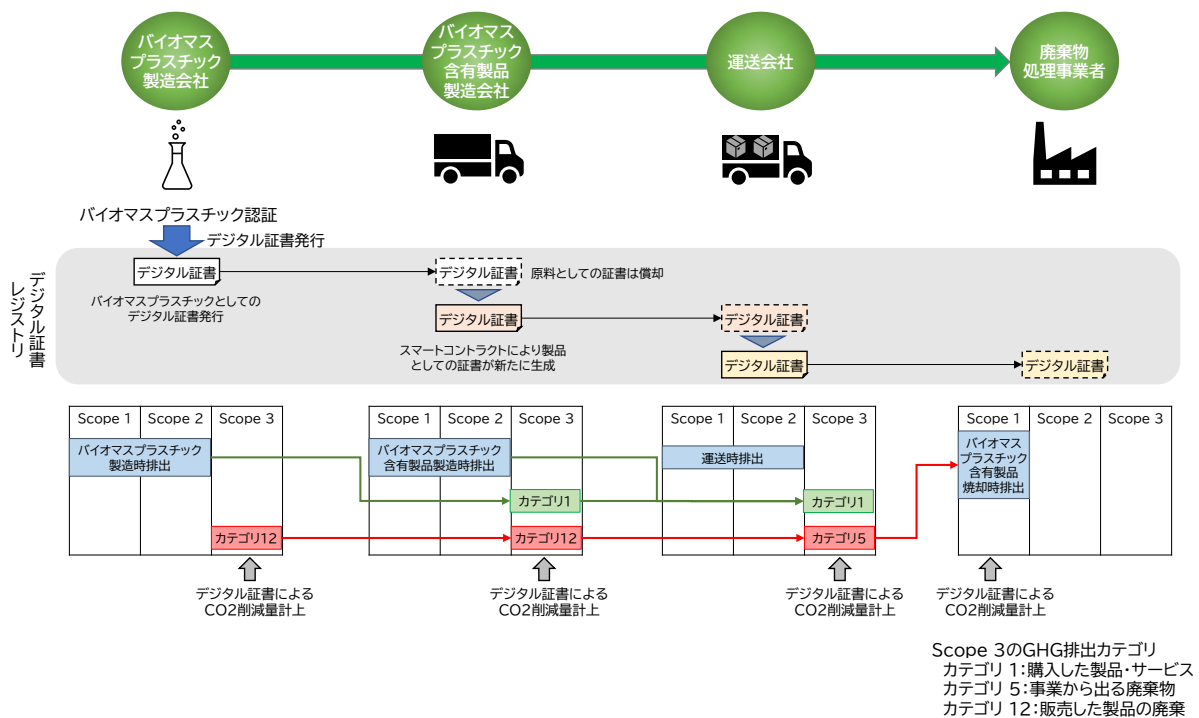


図 5 非化石認証流通プラットフォームにおけるデジタル証書の流通・活用イメージ

【 5. 産業競争力強化のための提言および施策】

<2030 年に想定される状況>

今後、世界的に GHG の削減が必要とされる中、プラスチックや化石燃料の使用料削減のため、リサイクルやバイオマス等の非化石原材料への原料転換が極めて重要となる。本推進テーマであるバイオマスプラスチックに関しては、2021 年 1 月、環境省、経済産業省、農林水産省、文部科学省で策定されたロードマップにより 2030 年までに約 200 万トン（2022 年度のプラスチック生産量の約 1/5）の導入が示されており^[3]、国内においても多くのバイオマスプラスチックを使用した製品が流通すると想定される。一方欧州ではこのような環境価値に関して、実態が伴わない環境主張「グリーンウォッシュ」が横行することを避けるために、2023 年 3 月、欧州委員会から「欧州グリーンクレーム（環境主張）指令案」が発表された^[4]。この中では、環境クレームの立証に関する要件のなかに、認められた科学的証拠と最先端の技術的知識に依存すること、ライフサイクルの観点から見た影響、側面、パフォーマンスの重要性を示すこと、また正確な一次情報または二次情報を含むこと等が述べられている。

これらが今後「指令」へと変わると予測される中で、将来的に欧州では従来法からより厳密な炭素の非化石認証・トレーサビリティが求められる可能性が高い。これらは欧州にとどまらず、世界的な動きになると考えられる。

バイオマスプラスチックに関しては、バイオベース度だけでなく、材料の種類・産地・加工工程等のフェアトレード的な観点も入れた証書を伴って販売・流通されることがユーザーに対する責任として製品スペックになることも想定される。このルールチェンジに対して、本分野で世界の先頭に立ち、オンサイトでのバイオベース度実計測とプラットフォームによるデータ流通でバイオマスプラスチックの導入を後押しし、産業活動を停滞させずに脱炭素社会・循環型社会を進めることが日本の産業競争力強化につながると考える。

<提言および施策>

炭素の非化石認証を基軸とし、流通や利用も含め炭素の流れを計測・可視化し、エビデンスに基づくトレーサビリティを含めたシステムを実現させる。これにより正確なカーボンフットプリント(CFP)の把握が可能となり、企業などがその効果を可視化し、更にトレーサビリティを確保する事で製品価値の向上と偽造やグリーンウォッシュの対策が可能となる。

環境価値を経済価値として転換すること困難を伴うことが予想されるが、非化石原料利用によるCO2削減効果を「削減貢献量」(≒Scope 1～3における削減)として価値化することで、非化石認証に「削減貢献量」の概念を適用し、業界各社のESG情報開示に活用可能となる。加えて、バイオマス関連商品の利用を促進するためインセンティブ(規制、補助金や税制上の優遇等)などが適用されれば、企業の環境対策活動を後押しすることにもつながる。ただし環境価値製品の導入促進には経済価値以外にも社会受容性に大きく影響するものとしてサプライチェーン全体、エンドユーザーに至るまで啓蒙活動も必要であり、今後社会全体での取り組みが必要である。

また、リサイクルでの国内にはサーキュラーエコノミー関連の多くのプラットフォームが検討、或いは実装されている中で、個別ではなく連携することが極めて重要である。

【6. 今後の展開】

本推進テーマにおける今年度の各WG活動では、バイオマスプラスチックを取り巻く状況の現状把握を行う事が出来た。ただし、海外動向(規制、標準化、社会受容性)の詳細情報等、調査が不足している部分も多い。また、計測システムについては、オンサイトで使用可能な小型・自動・安価な装置を実現するための開発仕様の策定に向けて議論を進める必要がある。そこでCOCN推進テーマ二年目の活動を継続し、2030年のバイオマスプラスチック本格導入社会に対応できるシステムの制度設計を行うとともに、以下の公的プロジェクトの獲得を行う。

- ① 欧州を中心とした制度調査を含めたプロジェクト
- ② オンサイト計測を目的とした卓上CRDSの開発プロジェクト

同時に3年目以降で将来の求められる「非化石認証」について、新たなNEDO実証プロ等の立上げの具体化に必要な要件の議論を行う。

本推進テーマ活動を含めた次年度以降のロードマップ案を図6に、またプラスチックの流通に関し2030年の予想概念図を図7に示す。計測データを含めた多くの情報がエビデンスのもと移動し、最終製品のスペックとして最終ユーザーに届く。また、リサイクルにおいても、14Cや不純物など環境価値データ情報が移動し、新たな情報として循環する。これらは単独では不可能であり、他の多く国内プロジェクトと連携を進め、2030年度を目標に全国的な社会実装を目指す。

	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度	2028年度	2029年度	2030年度
本年度推進テーマ活動（2023）								
WG1) 非化石認証流通プラットフォームの構築WG	→							
WG2) 前処理を含めた迅速計測手法の確立WG	→							
WG3) 非化石認証（バイオベース度）システムWG	→							
（仮）次年度推進テーマ活動（2024）								
非化石認証及び流通の制度設計		→						
（仮）NEDOプロ								
・欧州を中心とした制度調査（NEDO調査研究）		→						
・前処理を含めたオンサイトCRDS開発（NEDO先導研究）		→	→	→	→	→	→	→
（仮）NEDOプロ								
・NEDOプロ（仕組み準備）			→	→	→	→	→	→
・NEDOプロ（実証プロジェクト、他のPJとの連携）				→	→	→	→	→
・国際標準化（非化石計測手法）					→	→	→	→

全国的な社会実証プロジェクトを目指す

図 6 次年度以降のロードマップ案

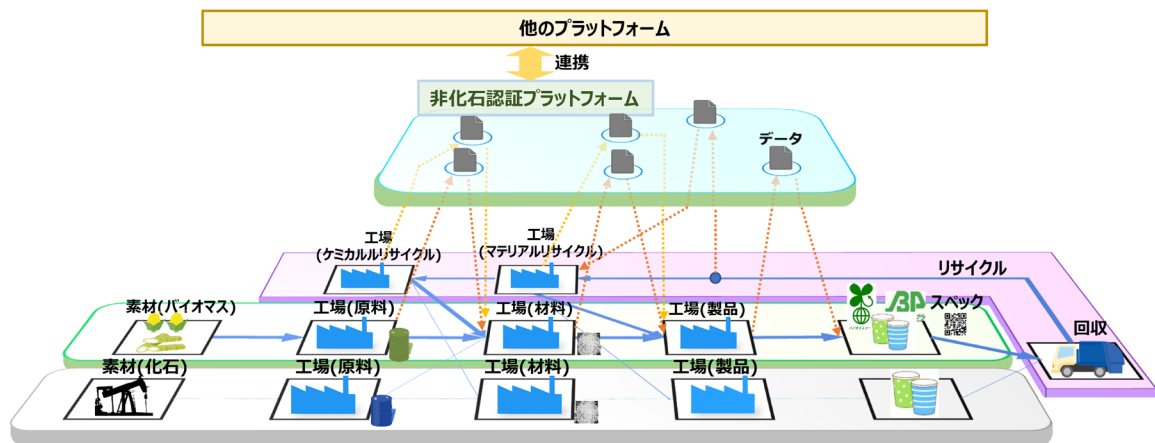


図 7 2030 年のプラスチック流通の予想概念図

以上

参考文献

- [1] “Plastic pollution is growing relentlessly as waste management and recycling fall short, says OECD,”
<https://www.oecd.org/environment/plastic-pollution-is-growing-relentlessly-as-waste-management-and-recycling-fall-short.htm>.
- [2] “The New Plastics Economy Rethinking the future of plastics,”
https://www3.weforum.org/docs/WEF_The_New_Plastics_Economy.pdf
- [3] 日本バイオプラスチック協会, “バイオプラスチック導入ロードマップ検討会資料 バイオプラスチック概要,” <https://www.env.go.jp/content/900534469.pdf>
- [4] 欧州委員会, “Proposal for a Directive on Green Claims,”
https://environment.ec.europa.eu/publications/proposal-directive-green-claims_en.
- [5] “BIOPLASTICS MARKET DEVELOPMENT UPDATE 2022,”
https://docs.european-bioplastics.org/publications/market_data/2022/Report_Bioplastics_Market_Data_2022_short_version.pdf
- [6] 農林水産省, “みどりの食料システム戦略,”
<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/midori/>
- [7] 環境省環境再生・資源循環局, “持続可能な航空燃料(SAF)について,”
<https://www.env.go.jp/content/000044157.pdf>
- [8] 経済産業省, 環境省, “カーボンフットプリント ガイドライン,”
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/carbon_footprint/pdf/20230526_3_1.pdf
- [9] 令和4年度 マスバランス方式に関する研究会, “マスバランス方式を用いてバイオマス由来特性を割り当てたプラスチックの考え方について,”
<https://www.env.go.jp/content/000142721.pdf>
- [10] “海を脅かすプラスチック,” *National Geographic*, 2018.6 月号.
- [11] 世界経済フォーラム, “The new Plastics Economy Rethinking the future of plastics,”
<https://jp.weforum.org/publications/the-new-plastics-economy-rethinking-the-future-of-plastics/>
- [12] 日本バイオプラスチック協会, “日本バイオプラスチック協会 HP,”
<http://www.jbpaweb.net/index.html>.
- [13] 日本有機資源協会, “バイオマスマーク,” <https://www.jora.jp/biomassmark/>
- [14] 国岡 正雄, “バイオプラスチックの ISO 国際標準化動向ー生分解度, バイオベース度の評価方

- 法等,” *オレオサイエンス* (2021), 第 巻 21, 第 12, p. 497, 2021.
- [15] 米国農務省, “BioPreferred HP,” <https://www.biopreferred.gov/BioPreferred/>
 - [16] TUV Austria, “OK Biobased HP,”
<https://www.tuv-at.be/okcert/certifications/ok-biobased/>
 - [17] DIN CERTCO, “Biobased Products,”
<https://www.dincertco.de/din-certco/en/main-navigation/products-and-services/certification-of-products/packaging/biobased-products/>
 - [18] 環境省, “マスバランス方式に関する国内外の状況等,”
<https://www.env.go.jp/content/000143869.pdf>
 - [19] 日本経済新聞, “偽の「エコ」に厳しい目,” *日本経済新聞*,
<https://www.nikkei.com/article/DGKKZO72932170R20C23A7TCJ000/>, 24 7 2023.
 - [20] モロフジ株式会社, “モロフジ株式会社 HP,” <https://morofuji.co.jp/>
 - [21] M.Kunioka, “Measurement Methods of Biobased Carbon Content for Biomass -Based Chemicals and Plastics,” *RADIOISOTOPES*, 第 巻 62, pp. 901-925, 2013.
 - [22] V. Sonnenschein, “A cavity ring-down spectrometer for study of biomedical radiocarbon-labeled samples,” *J. Appl. Phys.*, 12, 2018.
 - [23] M. G. D. Santi, “Precise radiocarbon determination in radioactive waste by a laser-based spectroscopic technique,” *PNAS ,APPLIED PHYSICAL SCIENCES*, 119, 28, 2022.
 - [24] 日本原子力研究開発機構, “原子力機構の研究開発成果 2023-24, 9-4 加速器質量分析装置超小型化への挑戦, P83,”
https://rdreview.jaea.go.jp/review_jp/2023/pdf/j2023_all.pdf
 - [25] 経済産業省, デジタルアーキテクチャ・デザインセンタ(DADC), “サプライチェーン上のデータ連携の仕組みに関するガイドライン α 版,”
https://www.ipa.go.jp/digital/architecture/Individual-link/ps6vr7000001m4n6-att/guideline_for_datacooperation_in_BattCFPDD.pdf
 - [26] Green x Digital Consortium, “Green x Digital Consortium 見える化 WG 実証実験フェーズ1成果報告書,” <https://www.gxdc.jp/pdf/report.pdf>
 - [27] “SIP 課題「サーキュラーエコノミーシステムの構築」,”
<https://www.erca.go.jp/erca/sip/ce.html>.

ワーキンググループメンバー構成は以下の通りである。

表3 WGメンバー構成表

区分	企業名・メンバー
WG1 非化石認証流通プラットフォームの構築	NEC ソリューションイノベータ(株) : 深田彰, 川崎貴夫 (株)島津製作所 : 折戸文夫, 井原正博, 若尾豪, 南雲誠心 (株)日立製作所 : 内山倫行, 阪倉一成 富士通(株) : 田中裕也 日本電気(株) : 橋本宣明 (株)三菱総合研究所 : 福田桂 三菱電機(株) : 坂口隆明
WG2 前処理を含めた迅速計測手法の確立	NEC ソリューションイノベータ(株) : 深田彰 (株)島津製作所 : 東條公資, 古宮哲夫, 折戸文夫, 井原正博 (株)住化分析センター : 野中辰夫 (株)東芝 : 斎藤真司, 橋本玲
WG3 非化石認証（バイオベース度）システム	NEC ソリューションイノベータ(株) : 川崎貴夫 産業技術総合研究所 : 国岡正雄, 加藤晴久 (株)島津製作所 : 東條公資, 折戸文夫, 井原正博, 三ッ松昭彦 小西善之, 若尾豪, 南雲誠心 日本電気(株) : 広明敏彦, 石山壘, 田中修吉 日本バイオプラスチック協会 : 森浩之 日本プラスチック工業連盟 : 横山利男 (一社)日本有機資源協会 : 木村俊範, 本多宏子 (株)日立製作所 : 内山倫行, 阪倉一成 富士通(株) : 町川高明, 小林大樹

一般社団法人 産業競争力懇談会（COCN）

〒100-0011 東京都千代田区内幸町 2－2－1

日本プレスセンタービル 6階

Tel : 03-5510-6931 Fax : 03-5510-6932

E-mail : jimukyoku@cocn.jp

URL : <http://www.cocn.jp/>

事務局長 山口雅彦