

GX モータ、GX モータドライブ、GX モータドライブシステム に関するガイドラインと事業活用について

Ver.1.0

2026年9月



一般社団法人日本電機工業会

目次

用語集.....	3
第1章 本書の目的・位置付け.....	8
1－1 背景と狙い	8
1－2 本書の内容	10
1－3 本書の構成	11
1－4 想定する読者.....	11
1－5 執筆者と協力者について	12
第2章 GX 製品：GX モータ、GX モータドライブ、GX モータドライブシステムについて.....	13
2－1 GX 製品の排出削減スコープ毎の役割と変化.....	13
2－2 呼称について.....	19
第3章 GX モータドライブシステムの要件.....	21
3－1 要件を表す指標・項目について	21
第4章 国際動向、規格・標準化動向に対する本ガイドラインの位置付け	25
4－1 環境負荷低減製品に関する国際動向	25
4－2 適用または参照する公認基準	26
第5章 本書の活用について	30
5－1 本章の狙いと構成	30
5－2 産業用モータにおける現行トップランナー制度の課題と提案	31
5－3 調達部材および製造のグリーン化.....	34
5－4 使用時・利用時のグリーン化	36
5－5 産業用モータにおける重要資源循環システム構築について.....	42
第6章 おわりに.....	48

【免責事項】

本書の内容は別途記載がない限り執筆時点で入手している情報に基づくものであり、その後の状況変化や追加政策発表等により変わる場合があります。本書に記載した情報の正確性については十二分に配慮しておりますが、記載内容の利用によって何らかの損害が発生したとしても、かかる損害については一切の責任を負うものではありません。

用語集

本提言書で頻度高く使っている関連用語、および一部本提言で新規に用いる用語の意味合いを、下表にまとめる。本ガイドラインは LCA（ライフサイクルアセスメント）の視点で産業用モータを評価することを主眼としていることから、一部の用語については LCA に拡張した形で表現されていることをお断りする。

1) モータ関連用語

#	用語	意味合い
1-1	誘導電動機	Induction Motor (IM) 交流 (AC) 電源を使用し、固定子 (ステータ) の回転磁界と電磁誘導により回転子 (ロータ) に発生する電流との相互作用で回転する。構造が単純で堅牢、安価、保守が容易なため、産業用から家庭用 (扇風機、ポンプ、コンプレッサ) まで最も幅広く使われる。同期速度 (電源周波数と磁極数で決まる速度) より少し遅い速度で回転するため、非同期モータとも呼ばれる
1-2	永久磁石同期電動機	Permanent Magnet Synchronous Motor (PMSM) ロータに永久磁石を使用することで高効率・小型・高出力密度化した交流モータ。電気自動車や家電、産業用ロボットなど、高性能・高精度な制御が求められる用途で主流。インバータを使い滑らかに正確な速度・トルク制御が行える
1-3	リラクタンス同期電動機	Synchronous Reluctance Motor (SynRM) レアアース磁石を使用せず、回転子の磁気抵抗の差を利用して高効率動作する同期モータ。二次銅損がほぼゼロで IE5 クラスの最高レベルの効率を達成し、小型・軽量、省資源、低メンテナンス性が特徴。インバータ駆動により高精度な速度制御が可能で、産業用ポンプやファン、鉄道などの駆動源として、従来の IM や PMSM からの置き換えが進んでいる
1-4	ブラシレス DC モータ	Brushless DC Motor (BLDC) ブラシや整流子の代わりに電子回路 (ドライバ) で電流を制御することを中心とした高効率・長寿命・メンテナンスフリーなモータ。永久磁石ロータと固定子コイルで構成される。扇風機、洗濯機、ドローン、ロボット、産業機器など、静音性と信頼性が求められる用途で広く採用されている
1-5	パワードライブシステム	Power Drive System (PDS)、国内では Motor Drive System (MDS) と呼ぶ場合もある。モータの速度やトルクを可変制御するシステムで、モータとインバータなどの電力変換器、制御部とで構成される。産業用モータの省エネ化や、自動車のハイブリッドシステム、ドリルを制御する油井掘削システムなど、効率的で精密な動作が必要な応用で活用されている
1-6	インバータ	直流を交流に変換し、電圧や周波数を制御する電力変換装置。コンバータ回路で一度直流にした電力を、半導体スイッチング技術で目的の交流に変換することで、モータの回転数制御 (エアコン、エレベーター) やバッテリーからの電源供給 (ソーラー、車) などに使われ、大幅な省エネ効果をもたらす (IEC 61800)
1-7	可変速ドライブ (VSD)	Variable Speed Drive の略。 インバータを用いてモータの回転速度を負荷の需要に合わせてリアルタイムに自動調整する技術。圧縮空気の需要変動に対応するコンプレッサやポンプ、コンベアなどで、高効率かつ省エネを実現している

1-8	IE クラス	International Energy-efficiency Class の略 IEC（国際電気標準会議）が定めた産業用モータのエネルギー効率基準。現状実用段階として IE1（標準）～IE5（超高効率）のクラスがあり、数字が大きいくほど高効率で省エネ性能が高い。日本では IE3 がトップランナー基準として法規制（2014 年～）対象となっている
1-8a	Motor IE クラス （モータ単体の IE クラス）	1.DOL（商用電源直結）用モータ IEC 60034-30-1 に規定される IE1～IE5 を用いる（0.12～1000 kW、2/4/6/8 極）。 2.可変速専用モータ（VSD only） IEC TS 60034-30-2 を用い、PMSM・SynRM・励磁同期など、DOL 運転を前提としない可変速専用機を対象とする。
1-8b	Drive IE クラス （ドライブ単体の効率クラス： IEC 61800-9-2）	可変速ドライブ（VSD）の基準損失に基づく IE 等級で、IEC 61800-9-2 が測定点・算定法・損失上限値を規定する •Drive IE：IE0／IE1／IE2／IE3… •EU では 2021 より標準 VSD に IE2 の MEPS が適用開始（回生型・多出力 VSD など一部カテゴリーは適用外） 本指標は、本ガイドラインにおけるドライブ単体の最低性能指標として参照する
1-8c	PDS IES クラス （PDS の系統効率：IEC 61800-9-2）	PDS（Drive + Motor）の基準損失合計に基づくシステム効率指標で、最新の IEC 61800-9-2（2023）では IES1～IES5 が定義されている •ドライブ損失：IEC 61800-9-2（CDM/SDM） •モータ損失：IEC TS 60034-30-2（可変速モータ参照損失） •複数負荷点（120％／100％／75％／50％／25％）における相対損失を評価 PDS IES は、モータ単体効率では評価できない“Drive + Motor の全体最適”を判断するための国際整合指標として、本ガイドラインに正式採用する
1-9	トップランナー制度	家電・機器などにおいて、市販製品の中で最も省エネ性能が高い機種の数値を基準とし、将来の目標年度までにその水準を達成することをメーカーに義務付ける制度。エネルギー効率の向上と省エネ法に基づく技術開発の促進を目的に、現在産業用モータを含む 30 品目以上の機械器具が対象となっている
1-10	法制度との関係（EU／日本）	EU（2019/1781） • モータ：IE3／IE4 義務化 • VSD：IE2 義務化 • PDS IES：規制値ではないが、設計・調達比較で急速に普及 日本 • トップランナー制度は モータ単体 IE が対象 • Drive IE、PDS IES に関する制度整備は未実施 本ガイドラインでは 任意インセンティブの基準 として位置付ける

2）環境関連用語

#	用語	意味合い
2-1	環境負荷	人間の産業活動や日常生活によって環境に加えられる、生態系や人体に悪影響を及ぼす（またはその恐れがある）全ての負担のこと。CO ₂ 排出による地球温暖化、廃棄物の増加、エネルギー資源の枯渇、汚染物質の排出など
2-2	GX	GX（グリーン・トランスフォーメーション）とは、化石燃料をできるだけ使わず、グリーンなエネルギーを活用していくための変革やその実現に向けた活動のこと

2-3	GX 商材、製品	GX 活動を通じてライフサイクルの環境負荷を段階的に低減することで持続可能な社会の実現に貢献する製品
2-4	グリーン商材、製品	環境負荷低減に資する製品（グリーン購入法を参考）
2-5	グリーン価値	① 商材の製造、提供、利用、廃棄、再利用のライフサイクル工程に付随する環境負荷の低減価値 ② グリーン製品とそうでない製品の対価の差（上乗せ分） （CO ₂ を排出する製品と、CO ₂ を排出しない製品のコスト差）
2-6	グリーンインセンティブ	グリーン商材を購入・使用するよう、行動を変化させる動機付け
2-7	カーボンクレジット （GHG クレジット）	① プロジェクトが実施されたことによる実際の GHG 排出量および吸収・除去量とそのプロジェクトが実施されなかった場合の GHG 排出量および吸収・除去量の差分について、測定・報告・検証を経て、国や企業等の間で取引できるよう認証したもの（カーボンクレジットレポート＜経済産業省＞（2022）） ② GHG 排出量の目標達成のために用いられる、GHG オフセットから転換されたもの（GHG プロトコル Corporate Standard（2005））
2-8	カーボンプライシング	① 炭素に価格を付け、排出者の行動を変容させる経済的手法（経済産業省） ② GHG 排出の外部費用を補足し、通常は排出された CO ₂ の価格の形で、排出源にその外部費用を結び付ける手法（世界銀行 HP）
2-9	CFP （製品のカーボンフットプリント）	製品やサービスの原材料調達から廃棄、リサイクルに至るまでのライフサイクル全体を通して排出される GHG の排出量を CO ₂ 排出量に換算し、製品に表示された数値もしくはそれを表示する仕組み（カーボンフットプリントガイドライン＜経済産業省・環境省＞（2023）） ライフサイクルで評価し、CO ₂ 排出量に換算して表示された、製品システムの GHG 排出量と除去量の和（ISO 14067（2018））
2-10	LCA	Life Cycle Assessment の略。製品システムのライフサイクル全体を通しての環境影響の評価または評価軸（ISO 14040:2006 / ISO 14044:2006）
2-11	Cradle-to-Gate	原材料の採取、調達から製造に至る出荷前までの工程に焦点を当てた環境影響の評価（ISO 14040 / ISO 14044 / ISO 14067:2018）
2-12	Cradle-to-Grave	原材料の採取、調達から製品の製造、使用、廃棄に至るライフサイクル全体の環境影響の評価。LCA の中で最も包括的な手法（同上）
2-13	GHG プロトコル	温室効果ガス（GHG）の排出量の算定し、報告に関する国際基準。企業のサプライチェーン全体の排出量を「Scope1、Scope2、Scope3」の 3 区分に分け、正確な排出量の把握と削減に向けた取り組みを促進する（GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard）
2-14	スコープ 1 (Scope1)	直接排出、自社での化石燃料の燃焼、セメントの製造（CaCO ₃ →CaO+CO ₂ ）、フロンガスの漏洩
2-15	スコープ 2 (Scope2)	エネルギー起源の間接排出、自社が購入・使用した電気・熱・蒸気の生産
2-16	スコープ 3 (Scope3)	Scope2 以外の間接排出（自社事業の活動に関連する他社の排出）
2-17	欧州エコデザイン規則 （ESPR）	Ecodesign for Sustainable Products Regulation の略。EU 市場に投入されるほぼ全ての物理的な製品を対象に、持続可能性と資源循環性の向上を義務付ける包括規制（Regulation(EU)2024, Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR)）
2-18	デジタル製品パスポート（DPP）	Digital Product Passport の略。製品の原材料調達から製造、流通、使用、そして廃棄・リサイクルに至るまでのライフサイクル全体にわたる情報を記録し、電子的にアクセス可能とする仕組みのこと

2-19	ダイナミックラベリング	従来の固定情報に基づく（スタティック）ラベリングに対し、QR コード*などを用いて時間変化を含む情報を見える化するラベリングシステムを指す。環境ラベルにおける各種情報の経過情報、最新情報をスマートフォン等でリアルタイムに確認できるようになることが特長 *株式会社デンソーウェーブの登録商標
2-20	炭素国境調整措置（CBAM）	Carbon Border Adjustment Mechanism の略。気候変動対策が不十分な国からの輸入品に対し、製造過程で排出された温室効果ガス（GHG）量に応じて費用負担を求める仕組み
2-21	ISO 14064-1	組織（企業、事業所等）における温室効果ガス（GHG）の排出量及び除去量の算定、報告に関する国際規格。組織レベルの GHG インベントリを透明性及び一貫性をもって作成・報告するための基本ルールを規定している
2-22	カーボンオフセット （GHG オフセット）	① 製品システム外のプロセスにおける GHG 排出量の抑制・削減・除去によって、CFP の全部または一部を補償する仕組み（ISO 14067(2018)） ② GHG 排出量の目標達成等のために、GHG 排出の補償として用いられる別の場所における GHG 排出の削減量（GHG プロトコル Corporate Standard(2005)）
2-23	削減貢献量：AEP （Avoided Emission of Product）	① 製品・サービス等が提供されることにより、当該製品・サービス等が提供されなかった場合と比較して実現または実現することが見込まれる GHG 排出量の削減量（温室効果ガス削減貢献定量化ガイドライン＜経済産業省＞（2018）） ② リファレンスシナリオ（評価対象のソリューションが存在しなかった場合に最も起こり得る状況）における GHG 排出量と、ソリューションシナリオ（評価対象のソリューションを導入した場合）における GHG 排出量との差（WBCSD Guidance on Avoided Emission(2023)） ③ 評価対象製品・サービスを導入した場合の GHG 排出量と、導入しなかった場合又は代替製品を用いた場合の適切に設定されたリファレンスシナリオとの GHG 排出量の差として評価される GHG 排出削減量（IEC 63372(2026)） 注）経済産業省「温室効果ガス削減貢献定量化ガイドライン」（2018）、WBCSD Guidance on Avoided Emissions（2023）及び IEC 63372（2026）は、いずれも評価対象製品・サービス（＝ソリューション）を導入した際の排出量とリファレンスシナリオにおける排出量との差を削減貢献量として評価するという基本的な考え方を共有している。なお、WBCSD Guidance 及び IEC 63372 では AEP（Avoided Emissions of Products）という略称は用いられていないが、本ガイドラインでは「AEP」を略称として使用し、続項 REP と対比できる形で表現する
2-24	削減実績量：REP （Reduced Emission of Product）	① 実測に基づき実際に削減した排出量を製品単位で算定した製品単位排出削減量のこと ② 製品製造において製造ラインにおける実際の排出削減量を製品に反映したものが典型例となる ③ LCA を踏襲し、製品の使用やその後の再利用、リサイクルの各段階でも①の定義に沿い削減実績量を拡張できるものとする（本書でその例題を提示）（経済産業省「GX リーグ 製品単位排出削減量（削減実績量）に関する考え方」（2023））
2-25	燃焼回避排出量：ACE （Avoided Combustion Emission）	役目を終えたケミカル製品等をリサイクルした場合、それによって燃焼廃棄を回避できたことで本質的に回避削減した排出量のこと。現状では定量評価・検証が難しいこともありこの潜在価値を活用するには至っていない。 （ISO14044:2006 <i>Environmental management —Life cycle assessment</i> ）
2-26	マスバランス方式	ある特性を有する材料・製品が、その特性を有さない材料・製品と混合された場合に用いる管理手法（ISO 22095（2020））

2-27	GX-ETS	経済産業省が主導する GX 遂行に向けた企業コンソーシアム GX リーグの参画企業間で導入が進められている排出量取引制度。ETS は Emissions Trading System の略
2-28	サーキュラーアウフロー率	製品がどれだけ再利用やリサイクルされたかを表す指標
2-29	サーキュラーインフロー率	製品にどれだけ再利用やリサイクルされた部材・部品が使われているかを表す指標
2-30	追加性/物理削減	追加性（Additionality）と物理削減（Physical Reduction）は、企業が脱炭素化を進める上での核心概念。環境証書などの仮想施策と対比される場合が多い。 追加性（Additionality）は、当該施策がなければ実現しなかった削減であることを指し、物理削減は設備導入等により実際に発生した排出削減を意味する。 (Guidance on Avoided Emission<WBCSD> (2023), Policy and Action Standard< GHG Protocol>)

第1章 本書の目的・位置付け

1-1 背景と狙い

【背景1：GX-ETS】

CO₂をできるだけ排出しない社会への変革をめざす「GX（グリーントランスフォーメーション）」は国の重要な環境施策であり、その施策の柱は3本あると言われている。

- 1) 石炭や石油など化石エネルギーに依存する産業・社会構造から CO₂を排出しないクリーンエネルギー活用へのエネルギーの転換、具体的には再生可能エネルギーの経済化、原子力の本質安全化
- 2) 省エネ・効率化によるエネルギー消費削減による CO₂排出削減
- 3) 新技術の開発と実用化（水素・アンモニア等新エネルギー、電気自動車に代表される電化、炭素回収・利用・貯留（CCU/CCS）、資源循環・リサイクル）

2025年2月、「第7次エネルギー基本計画」と同時に国家戦略として「GX2040 ビジョン」が閣議決定され[1.1.1]、国や企業が環境行動を本格化させる具体的な GX の実現施策が開始された。この具体的な取り組みの一つとして GX-ETS（ジーエックス・イーティーエス）が挙げられる。

GX-ETS は経済産業省が主導する GX 遂行に向けた企業コンソーシアム GX リーグ[1.1.2]（2026年4月に GX フューチャー・コンソーシアム[1.1.3]として再定義）の参画企業間で導入が進められている排出量取引制度（Emissions Trading System）である[1.1.4]。企業が温室効果ガス（GHG）の排出削減に対し自主目標を宣言するとともに、定められた期間内での目標達成・未達を企業間の排出枠売買により調整する日本初の仕組みである。脱炭素化と経済成長の両立の初動手段として、2026年4月からの本格稼働に向け段階的に社会実装が進められてきた。具体的には2025年5月に成立した改正 GX 推進法に基づき、2026年度から10万トン以上の CO₂を直接排出する事業者を対象に排出量取引制度への参画が義務化される。

経済産業省は上記 GX-ETS の続く施策として GX 投資や GX に資する取り組みを通じて実現される製品・サービスを排出削減効果と産業競争力強化の両者に貢献する“GX 製品・サービス”として社会に浸透させることを検討している[1.1.5]。

【背景2：産業用モータの省エネ化】

日本電機工業会(JEMA)における重要商材の一つであり上記 GX 3本の柱の一つである省エネ・効率化を実現する製品・サービスとして各種産業用モータとその応用が挙げられる。一般的に産業用モータは高い耐久性・信頼性を持ち、高効率で省エネ、過酷な環境下での連続運転に耐える特性を有している。他、幅広い用途に応じた精密な制御（速度・トルク・位置決め）が実現されている。モータの構造種としては誘導モータ（IM）、永久磁石同期モータ（PMSM）、リラクタンス同期モータ（SynRM）、サーボモータ、ブラシレスモータ（BLDC）などがあり、「小型・軽量化」や「低振動・低騒音化」も特徴となっている。特に、電力消費が大きい大規模システム用途では効率が重視され、トップランナーモータ[1.1.5]のような省エネ法規制の対象とすべく高効率設計が進展している。2015年に国内市場にて開始されたモータのトップランナー制度は普及が進む誘導モータに適用され、以降規格レベルがより高い省

エネモータの普及促進に貢献してきた。[1.1.5]によれば制度開始当初主流であった標準規格 IE1 は徐々に後継規格に替わってきており、2021 年時点では出荷品の約 70%が IE3 に置き換わっている。ただ、一般的に 20～30 年にも及ぶ高い耐久性から置き換えの速度は遅く現時点で IE3 の普及は約 8%程度と推定されている（5 章 4 節にて詳報）。

一方、モータの省エネ技術は関係者のご努力によりその後も着実に進展しており直近では次世代規格となる IE 4 や IE5 に対応した製品化と応用展開が進んできている[1.1.7～11]。これらの最新機種は回転子に永久磁石を使用した永久磁石同期モータ（PMSM）や、永久磁石を使用しないリラクタンス同期モータ（SynRM）、一部磁性材料などに工夫を凝らした改良型 IM モータであり、省エネ・小型・低騒音・高精度制御がさらに進展している。

また、回転数 3,600rpm を超える高速モータとドライブ技術の進展により、従来タービン駆動や増速ギアを用いてきた機械システムに替わり直接超高速駆動することが可能となった。省スペース、小型化やギアレスに伴う機械損失低減や低騒音・高耐久性などが実現されている他、近年ではさらなる大容量・高速化の要求が出てきている。

さらに重要な進展として PMSM と SynRM で必須となるインバータ制御によりモータの駆動条件の適正化による高度化が計られている点が挙げられる。これはモータハードの潜在性能だけではなくモータ駆動に係るソフト運用による性能改善を組み合わせた総合性能が重要となっていることを示している。

【背景 3：重要性を増す資源リサイクル】

一方、高効率モータにはさまざまな先端高性能素材が使われており、それらの先端開発と安定的な調達・確保が事業成功と継続性の鍵となっている。高性能 PMSM で不可欠となるネオジム、ジスプロシウムなど希土類の供給は特定国への依存度が高い現状であり、この課題の典型である。地政学的リスクから中長期的な安定供給が長年の懸案であったが、特に直近では、国際的な政治軋轢に伴うリスクが顕在化しており抜本対策が待ったなしの状況となっている[1.1.12]。

安定的な資源調達の一助として、役目を終えたモータを確実に回収し、レアアースと同時に高磁性鉄や銅などの貴重金属資源をリサイクル活用することは益々重要となってきたと言える。一般的に PMSM 内部の希土類磁石は堅牢で構造が複雑なため分解が難しく、従来そのほとんどが鉄スクラップとして廃棄処理され、貴重資源が有効利用されてこなかった。実際、世界的に見てもネオジム系磁石のリサイクル率は 1～2%程度に留まり、アルミニウム（約 50%）や銅（約 40%）と比べ著しく低いとされている[1.1.13]。このように希少資源である希土類を含む部材がほぼ回収・再利用されずに失われている現状は、資源の持続可能利用や経済安全保障の観点から大きな課題と考えられる。

【参考文献、参考情報】

[1.1.1] <https://www.meti.go.jp/press/2024/02/20250218004/20250218004.html>

[1.1.2] <https://gx-league.go.jp/>

[1.1.3] <https://gx-future-consortium.go.jp/>

[1.1.4] <https://gx-league.go.jp/action/gxets/>

[1.1.5] <https://gx-league.go.jp/news/20241206/>

[1.1.6] https://www.jema-net.or.jp/randb-archives/DS5238_202111.pdf

[1.1.7] <https://www.hitachi-ies.co.jp/products/motor/amorphous/index.html>

[1.1.8]

https://www.fujielectric.co.jp/products/drive_ctrl_equipment/motor/product_series/pm_lineup_motor.html

[1.1.9] https://www.tmeic.co.jp/product/rotating_machinery/motor/tm21/tm21_ie4_im/

[1.1.10] https://www.mitsubishielectric.co.jp/fa/products/drv/i_motor/ex/renew/renewal/index.html

[1.1.11] https://www.meidensha.co.jp/news/news_03/news_03_01/_icsFiles/afieldfile/2025/10/17/20251017_1.pdf

[1.1.12] <https://www.spf.org/spf-china-observer/document-detail071.html>

[1.1.13] https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/seizo_sangyo/pdf/019_02_00.pdf

1－2 本書の内容

【検討経緯】

JEMA では 2023 年 4 月に有志会員メンバからなる環境価値可視化・活用検討委員会を立ち上げ、GX の時流に則した産業用モータとその応用システムのあるべき形を継続的に議論してきた。2024 年度にはモータとインバータによる CO₂ 排出削減の実績値を認証・表示する新システムを構築した[1.2.1]。

既存のモータドライブシステムへのインバータ導入による省エネ化とモータ駆動電力のグリーン化を 2 つのモータ応用システムにて実施し、実際に削減された CO₂ 排出量を時系列表示する新たなシステムを構築している。省エネ化とグリーン化の両効果を加算したトータルの排出削減量を第三者認証した上で、CO₂ 排出削減状況を可視化している。可視化には多くのステークホルダーがスマートフォン等でリアルタイム確認できるように QR コードを用いた見える化システム環境「ダイナミックラベリング」を新たに構築し導入している。

【本書の検討内容】

これらの検討を踏まえ、2025 年 11 月には環境価値可視化・活用検討委員会傘下にグリーンモータ・ドライブシステム専門委員会が設置された。また、同専門委員会配下に戦略策定とグリーン要件を検討する 2 つの分科会を設け、約半年にわたりそれぞれの検討が進められた。本書はその検討結果をもとに、産業用モータと関連応用製品・サービス事業の成長戦略と必要な政策提言に関し委員会メンバが共同でまとめたものである。具体項目は以下の 3 点である。

- (1) 産業用モータを“GX 製品・サービス”と位置付けるための基本要件について
- (2) 次世代高効率モータを効率的に普及・促進するための新たな政策支援について
- (3) 重要鉱物資源の国内循環ループの構築に向けた施策について

【参考文献、参考情報】

[1.2.1] <https://www.jema-net.or.jp/about/news/250226.html>

1－3 本書の構成

第1章で背景と狙いを説明した後、第2章では産業用モータを GX 製品として考える際の基本的な考え方を示す。まず、GX 製品の基本性能となる排出削減に関し、排出削減スコープ毎に GX 製品を整理した上で、産業用 GX モータの GX 潜在価値について議論する。

第3章では産業用 GX モータの定量指標要件を詳述する。用いる指標や算定要件、数値目標等のクライテリアおよび認証・認定の考え方がその具体内容となる。

第4章に国際動向、規格・標準化動向に対する本ガイドラインの位置付けについてまとめた。

第5章には本提言に賛同を頂いた企業各社が考える産業用 GX モータとグリーン価値実現のアイデアをユースケース集としてまとめる。これらの中には既に上市を開始した段階にあるもの、コンセプトの有効性や経済価値の検証段階にあるもの、コンセプトの提案段階にあるものなど実現フェーズの異なるものが例題として記載されている。また国内市場を想定し、本ガイドラインに記載の GX モータや応答製品が普及した場合の環境面での効果の試算例を示している。

読者によっては第5章から読み始めた方がわかりやすいかもしれない。

第6章は全体のまとめの他、今後の課題、計画などについて述べる。

1－4 想定する読者

想定する読者は以下の通りである。幅広い方々に興味を持っていただければ幸いである。

- 産業用 GX モータと関連商材の提供側
 - ・ 環境経営を率先する企業経営者
 - ・ 事業戦略立案・事業企画に携わる者
 - ・ 製品・サービス企画・製造・営業に携わる者
- 産業用 GX モータと関連商材の利用側
 - ・ グリーン調達に携わる者
 - ・ グリーン調達の制度設計に携わる者
 - ・ グリーン調達を検討している者
- ルール形成・立案側
 - ・ 「グリーン製品」、「環境物品」、「環境配慮製品」、「GX 製品」に関する政策立案に携わる者
 - ・ 各商材のプロダクトカテゴリールールに携わる者
 - ・ 関連する支援機関、コンサルティング会社など
- システム・基盤の利用側
 - ・ 事業会社、行政機関などでグリーン調達に携わる者
 - ・ 金融機関、グリーンファイナンス、サステナブルファイナンスに携わる者
 - ・ 関連する支援機関、コンサルティング会社
- システム・基盤の提供側、関連事業者

- DX 基盤、ツール提供に携わる者
- 検証機関、認定機関、評価機関（各種イニシアチブ、ESG 評価機関など）
- 関連する支援機関、コンサルティング会社など

1－5 執筆者と協力者について

表 1－5－1 に章、節毎の執筆者と協力者を記す。

提言の趣旨にご理解を賜り多忙の中、快くご支援・ご協力を頂いた皆さまに心から感謝いたします。

表 1－5－1 章、節毎の執筆者、協力者（敬称略）

章	節	執筆（◎主筆者）	協力者：記載内容の確認・改定提案 編集（◎主編集者）
1 章	1	◎青木雅博／日立製作所、小川晋／JEMA	グリーンモータ・ドライブシステム専門委員会参画企業の委員*と JEMA 関係者（技術指導**、事務局***）**
	2	◎青木雅博／日立製作所	
	3	◎青木雅博／日立製作所	
	4	◎青木雅博／日立製作所	
	5	◎青木雅博／日立製作所	
2 章	1	◎青木雅博／日立製作所	*委員 酒井浩／TMEIC 内山翔、林拓司／明電舎 茂原学、瀬戸昌和、刑部雅浩／富士電機
	2	◎青木雅博／日立製作所	
3 章	1	◎青木雅博／日立製作所	**技術指導 齋藤潔／JEMA
4 章	1	◎高橋弘／富士電機、小川晋／JEMA	
	2	◎高橋弘／富士電機	***事務局 ◎佐藤恭子、石川静、芦義光、黒田健一／JEMA
5 章	1	◎青木雅博／日立製作所	
	2	◎開発慶一郎／日立産機システム、◎小川晋／JEMA	
	3	◎青木雅博／日立製作所、山下智史／富士電機	
	4	◎小川晋／JEMA、◎青木雅博／日立製作所	
	5	◎森川達也／日立製作所	
6 章	1	◎青木雅博／日立製作所	

第2章 GX 製品：GX モータ、GX モータドライブ、GX モータドライブシステムについて

2-1 GX 製品の排出削減スコープ毎の役割と変化

【GX 製品普及の本質課題】

本章では GX モータ、GX モータドライブ、GX モータドライブシステムの基本要件について考察するが、最初にこれら製品の GX の役割の明確化を試みる。

一般的に GX の遂行には新エネルギーや革新的な省エネ、炭素除去等に係る新技術の採用が不可欠な場合が多い。そのため付加的な費用が少なからず発生し、経済負担が普及拡大の障壁となることが多い。また、企業などが提供する商品やサービスの新しい付加価値として部素材の調達や製造段階で GX を活用する場合、商品やサービス自体の性能や内容が変わらないものが多いため、付加的費用の市場負担が現段階では課題となっていると考えられる。これらの本質課題を克服し、持続性/永続性のある取り組みとして GX を社会実装させていくためには、GX を経済・環境のエコシステムとして浸透させ、サプライチェーンを構成する全ての企業と消費側となる公官庁や民間市場、最終的には市民も含めた市場全体の行動変容に結びつけることが少なくとも必要である。この意味合いから、初動として経済活動を担う企業が提供する製品やサービスなど商材の視点で排出削減やリサイクルなどに係る環境性能を開示、評価する重要性が指摘されている[2.1.1-2]。

このような背景の下、一部の環境先進企業では自社の排出削減の取り組みに加えサプライチェーン全体で低炭素化、脱炭素化を進める動きが出てきた[2.1.3]。商材視点で排出削減を評価することが重要となり、これは商材提供側企業の排出（スコープ1・スコープ2排出）を商材購入・利用側の排出（スコープ3排出）に結びつけていくことに繋がる。国においても前述の GX-ETS に続く重要施策として低炭素化、脱炭素化をめざす製品・サービスを“GX 製品”と定め、サプライチェーンを構成する企業間での GX 製品流通を促進させる仕組みや制度設計の検討が進められようになってきている[2.1.4]。

【GX 製品について】

ここで“GX 製品”の意味合いを考察する。これは GX の取り組みによって、環境負荷の低減が実現された製品やサービスの総称と考えられ、近い将来に化石燃料からクリーンエネルギーへの変革や資源循環を前提とした社会構造へと変遷する過程で生まれる製品やサービスに進化していくことが期待される。重要な点は「変遷する過程で生まれる」という考え方であり、企業や組織と同様に製品やサービスが“グリーントランスフォーム”する考え方に基づくのが現時点では妥当であろう。これを是とする国や企業の視点からは「GX 製品には社会や企業の GX と市場や消費者の GX との橋渡しや、環境と経済のジレンマ克服といった重要な課題の率先解決の役割」が期待されることになる。

【GX 製品の排出削減スコープ分類について】

次に GX 製品の主要な役割となる温室効果ガスの排出削減に関し、いわゆる排出スコープ毎に以下3種に分類し考察してみる。表2-1-1は製品の利用者視点に立ち、排出スコープ毎に代表的な GX 製品種別、具体製品例と製品の潜在提供価値および普及イメージをまとめたものである。以下、各分類の代

表的な製品について具体例を挙げ考察してみる。

表 2－1－1 GX 製品種別と排出削減のスコープ

#	排出削減スコープ *i	代表的な GX 製品種別	具体製品例	製品の潜在提供価値	普及イメージ*ii
1	スコープ 1 (直接排出)	クリーンエネルギー	再エネ電力、水素、合成メタン、 SAF（持続可能航空燃料）等	クリーンエネルギーの利用により 直接的に CO ₂ 排出を抑制できる	未～低
2-1	スコープ 2 (エネルギー起源の 間接排出)	グリーン電力 原子力電力	再生可能エネルギーや原子力に 基づく電力	グリーン電力の利用により間接的 に CO ₂ 排出を抑制できる	中
2-2		省エネ製品	モーター・インバータ、変圧器、 蓄電池、コジエネ高効率化等	省エネ・効率化によるエネルギー 使用削減によりエネルギー費用と CO ₂ 排出を同時に抑制できる	低～中
3	スコープ 3 (スコープ 2 以外の 間接排出)	低カーボンフットプリント 製品	GX スチール、グリーンケミカル等	グリーンエネルギーや循環資源の 利用により製品製造の環境負 荷を低減 (カテゴリー 1：購入製品・サー ビス)	未

*i：GX 製品の利用者視点の排出スコープ、*ii：国内市場における定性イメージ

【GX 製品の先駆事例；再生可能エネルギーによるグリーン電力の進展と残課題】

まず表 2－1－1 の # 2－1 に着目する。同欄に示した再生可能エネルギーや原子力から作られる電力は電力使用者のみなし排出となるスコープ 2 を減らすための重要な製品・サービスである。ここで国内において最初に普及が進んだ GX 製品の事例として太陽光発電に代表されるグリーン電力（再エネ電力）が考えられる（電力提供サービスを“GX 製品”と呼ぶことは一般的ではないが、再生可能エネルギーや原子力等の導入により段階的に CO₂ 排出係数を引き下げてきた電力は「製品やサービスが”グリーントランスフォーム”する考え方」に合致しているためこのように表現する）。国内の深刻な電力不足が生じたいわゆる“3. 1 1”発生の翌 2012 年、国主導でグリーン電力の公的支援制度（（高額）固定価格買取制度（FIT））の取り組みが始まった[2.1.5]。発電事業者に対し、10 年または 20 年の長期期間にわたり国が一般的な電力に比べ高額な買い取りを保証することで土地や関連設備に対する投資回収の予見性を圧倒的に高める制度である。これを契機に“再エネ電力”、“グリーン電力”といった商品名が浸透し市民権を得られるようになったことは記憶に新しい。また、技術進展に伴う価格低減を見越した段階的な買取単価の引き下げ額を公開した上で、電力に対するグリーン価値とその対価（グリーンプレミアム）に関する市場コンセンサスが醸成されたことが本制度の新たな効果と言えよう。FIT 制度開始当時、グリーン電力の価格は通常電力と比較し 2～3 倍程度高価な状況であった。重要な点はこれを解決する一助として、「再生可能エネルギー発電促進賦課金（再エネ賦課金）」の制度を国が併設したことである。電力会社が再エネ電力を高額で買い取る費用の一部を電気料金に上乗せする仕組みである。ここで特筆すべき点は、電力料金の内訳として電力使用量に対する従量課金と再エネ導入に対する利用者課金を明確化したことである。再エネ導入に対する利用者課金は本書で議論するグリーンプレミアム価値の一部に相当するものであり、基本価値と GX 価値とを分離した最初の（現状では唯一の）商材と言える。この考え方は今後の GX 製品の価格構造を決める際に参考になると考えられる。このように国内電力のグリーン化の導入支援に関して国は極めて重要な役割を果たしてきたと言えよう。

続いて大変僭越ではあるが本事例を参考に今後 GX 製品の価格付けや補助金などの価格補助を実施する際の課題を2点述べる。

一点目は、再エネ電力単価の高止まりである。図2－1－2 は2022年における国別の太陽光発電設備コストを比較したものである[2.1.6]。日本の同指標は比較対象となる33カ国の中で圧倒的に高価であり、一番廉価なインドの約3倍、平均値の約2倍となっている。コスト内訳での比較に注目すると、発電モジュール（パネル）やインバータ等の主要部品コストには国別の大差はないものの、機械や電気機器の設置コストは日本が非常に高いことが判る。2012年のFIT制度開始以降、電力の買取価格は段階的に下がってはきたが、逆に再エネ賦課金は上昇の一途をたどってきた。2012年に0.22円/kWhで開始された再エネ賦課金は（ウクライナ危機対応で値下げされた2023年度を除き）毎年徐々に値上げされ昨2025年度時点で3.98円/kWh、2026年度は4.18円/kWhとなっている[2.1.7]。

これらの結果、国内の再エネ電力単価が国際的に見て非常に高いことは周知の事実である。輸入調達される化石燃料から作る国内の電力費が国際的に高いことは致し方ないことと理解されている一方、化石燃料に依存する必要のない再エネ電力費が高止まりすることは、国内産業の国際競争力強化の足かせになりかねない。また、再エネ電力を活用して作られるグリーン水素やそれを原料とする合成メタンやアンモニア燃料などの次世代新エネルギーの価格決定因子でもあるため、これらの国内自給率にも影響を与えかねない[2.1.8]。

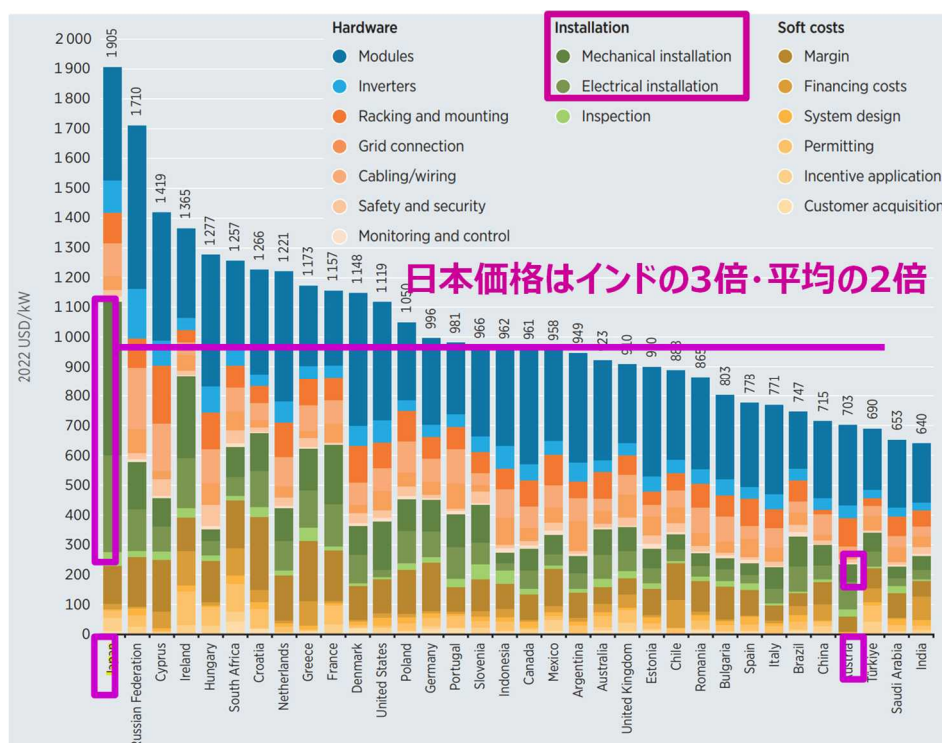


図2－1－2 国別の太陽光発電設備のコストを比較

出典元: Renewable Power Generation Costs in 2022[2.1.6]

また、再エネ電力の経済性を決定する、主要部品の普及価格帯の設計も大事な論点である。FIT制度における太陽光発電事業においては、主要機器となる太陽光パネルや電力調整機器の国内導入の大半は（国

内メーカの先行製品化の実績はあったものの)現状では残念ながら海外製が主流となっている。また、再エネ電力のさらなる普及加速に不可欠と言われている蓄電池や蓄電システムについては、事業立ち上げの初期から海外製品が主流となる類似の傾向が見られている。政府は電源の新設を後押しする新制度「長期脱炭素電源オークション」で、2025年度の応札分から電池の調達国に上限を設けるルールを導入した[2.1.9-10]。蓄電池の調達に係る安全保障の観点から日本以外で製造された電池を使う場合、同一国で製造された電池が落札量の30%未満とする規制である。この考え方は今後GX製品の市場形成期に重要な示唆となる可能性があり、本書が対象とするモータドライブシステムと関連製品についても考慮していくべき事柄である。

二点目の潜在課題はサプライチェーン、バリューチェーンを考慮したGXの推進である。再エネ電力の場合も、関連システムの提供、敷設や電力売買に係る直接当事者の便益だけではなく、バリューチェーンを構成する重要なステークホルダーを考慮に入れた製品・サービス設計、すなわちLCA設計と反映が望ましいと言われてきた。ただ再エネ電力のGX価値は現状主に発電時と使用時のみが考慮されており、LCAの観点が十分考慮されてこなかった。メガソーラー発電所などの大規模施設の開発においては森林破壊と生態系への影響、土砂災害のリスク増大、水資源への影響に加え十数年以後の使用済パネルの破棄等、さまざまな潜在の問題や課題が指摘されていたが、最近そのような観点から国内規制が検討されるようになった事例がある[2.1.11]。産業用モータとドライブシステムは、20年以上の長期期間の利用が想定されていること、物質的にもレアアース、銅他の希少・重要金属資源が豊富に含まれていることを念頭にまさにLCA視点でGX価値を定義することが重要と思われる。本書はこの課題視点に立ちモータドライブが関連する製品とサービスについて生み出される前段過程や役目を終えた後、再資源化される過程も考慮したGX製品の設計とそれを具現する要件を示すものである。

【GX製品として期待されるクリーン人工燃料の課題】

次に表2-1-1の#1に示す水素や合成メタン等による新しいクリーン人工燃料に着目する。同表に示すように、これらは需要家視点では排出削減スコープ1に分類され、GX-ETS制度における企業のGX目標達成の主要手段として今後重要性が増すと期待されている。ただ、これらの人工燃料はクリーン性能の観点から再エネ電力をもとに作られることが想定されるため、上述の再エネ電力コストのこれ以上の改善が見通されない場合、それらの関連国内産業の伸長によるグリーン経済成長の期待に大きな矛盾を抱えることになりかねない。現状では水素や合成メタンなどの新燃料ガス単価は既存燃料に比べ1桁近く高価な状況である。値差補償制度[2.1.12]など価格差を縮める仕組みが検討されているが、前述のFITによるグリーン電力の場合と比較し、コスト低減とそれによる経済合理性実現の予見性が大きな課題となっていると考えられる。

【スコープ3排出を削減する低カーボンフットプリント製品の課題】

現状、一部の先端企業は製造時の環境負荷の低減を訴求する素材製品の上市を計画している。一般社団法人日本鉄鋼連盟とその参画企業が推進するGXスチール(旧グリーンスチール)がその先駆例題である。本事例は定められた取り決め(ガイドライン)[2.1.13]に従い製品製造に係るCO₂排出の削減実績量を任意の製品に割り当てるもので、製品の利用者はいわゆるスコープ3排出を削減することができるようになる。ただ、排出削減の割り当てと相応の価格上乗せ以外、GX製品と一般の製品に違いがあ

るわけではないため、市場提供する際には従来品より高値でも取引先や消費者に受け入れてもらうことが重要と考えられている。

【スコープ2、3排出を削減する GX モータドライブシステム】

表2-1-1の#2-2に示したタイプは省エネ性能に優れる製品である。モータおよびモータドライブシステムおよびそれらの応用はこの代表的な製品である。製品の提供価値としては省エネ・効率化による電力などエネルギー使用量の削減等が挙げられユーザ側のエネルギー費用とスコープ2となるCO₂排出を同時に抑制できることが特長となる。モータドライブシステムの基本機能は、モータの電力駆動によって回転数・トルク・回転方向などを高精度に制御することにあるが、省エネ製品であってもこれらの性能は基本的に変わらない場合が多い。したがって、原理的には導入費用が高くても電気代を節約できる利点などによりユーザが省エネ性能に優れる最新型に切り替えるインセンティブが想定される。しかし実際には、トップランナー制度のような規制措置がないと積極的な置き換えが進んでいけないのが実態となっている。

一方、モータドライブシステムのバリューチェーンに着目すると上流・下流において重要な変化が起きている。バリューチェーン上流では前述の GX スチールのような CFP を削減した素材が上市を検討している他、同下流においては応用製品のサービス提供が検討されている。文献[2.1.14]は産業用モータドライブシステムの応用製品となるエアコンのサブスク提供例である。高額商品を中心にモノの所有から利用の形態に変化しているビジネス動向が出てきているが、これは CO₂ 排出スコープの変化にもつながると考えられる。また、役目を終えた製品の資源循環に係る排出削減は制度が未確立の範疇のものがある。

このように、従来の省エネ性能を中心としたスコープ2削減価値にグリーン素材の適用、サービス型提供、資源循環等の新たなモータドライブシステムの高度化・価値化に関わるスコープ3排出も視野に入れた GX 製品化の検討が必要となってきたと考えられる。

【脱炭素・減炭素単価での比較検討】

図2-1-3は上記議論で言及のあったさまざまな GX 手段について現段階での経済効率の比較を試みた結果である。図の縦軸はさまざまな GX 施策において CO₂ 1 トンを削減するために要する対策費を、横軸はその施策に対する需要家の支払い意思のイメージで社会への普及度を表現したものである。

国内市場において現時点で最も廉価な GX 施策は FIT 非化石証書と考えられ、その対策費は約 0.4 円/kWh である。これを CO₂ 1 トン換算すると約 1,000 円/CO₂-ton となる。この値は同図の左下に示した新エネルギー関連商材（水素、メタネーションガス、CCS/CCUS 他）と比し二桁近く廉価である。このため、FIT 非化石証書の普及・調達量はここ数年急拡大しており、直近のオークション（2025 年度第 4 回）では過去最大級の約 180 億 kWh が約定している状況である。

一方、産業用モータの省エネ性能に関連する対策費については同モータの kW 単価、現状での電力単価の下、投資回収期間 20 年を仮定すると数千円/CO₂-ton 台となることが判っている[2.1.15]。この値は上述の新エネルギー系に比べ格段に低い値であり、産業用高効率モータの省エネ性能を GX 活用する際の重要なベンチマーク指標になるのではと考えられる。オイルプライスが他国間の紛争で目まぐるしく上昇、変動する昨今、産業モータとその応用製品の減炭素・脱炭素経済効率は見過ごされているかもしれ

ない。



図2-1-3 GX手段の経済効率比較 [2.1.15]

【参考文献、参考情報】

- [2.1.1] <https://note.com/hideyukihara/n/ndf112ccfa431>
- [2.1.2] <https://www.cct-inc.co.jp/koto-online/archives/805>
- [2.1.3] <https://japan-clp.jp/archives/11219#>
- [2.1.4] https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/gx_budget/gx_sc.html
- [2.1.5] https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/surcharge.html
- [2.1.6] <https://www.irena.org/Publications/2023/Aug/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2022>
- [2.1.7] <https://www.meti.go.jp/press/2025/03/20260319004/20260319004.html>
- [2.1.8] https://www.tansomiru.jp/media/basic/mag_0909/
- [2.1.9] https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/jisedai_kiban/system_review/pdf/103_03_03.pdf
- [2.1.10] https://www.occto.or.jp/assets/market-board/market/files/202507_youryou_gaiyousetsume_long.pdf
- [2.1.11] https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/saisei_kano/pdf/078_s02_00.pdf
- [2.1.12] https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/suisohou_02.html
- [2.1.13] <https://www.jisf.or.jp/business/ondanka/kouken/greensteel/>
- [2.1.14] <https://aircon-senjo.com/subscription/>
- [2.1.15] 日本電機工業会 グリーンモータ・ドライブシステム専門委員会（第4回、2026年6月）

2-2 呼称について

【「GX 製品」の意味合い】

従来、環境に配慮した製品を意味する一般的な呼称として「グリーン製品」が使われている。下記は「グリーン製品の類似呼称」に対する ChatGPT の回答例からの引用である。

- ・環境配慮製品
- ・エコマーク製品/グリーンマーク製品
- ・トップランナー製品（制度） [経産省、エネ庁、2.2.1]
- ・GX 製品 [経産省、2.2.2]
- ・LD-Tech 認証製品 [環境省補助金対象、2.2.3]
- ・環境物品 [環境省 グリーン購入法対象、2.2.4]

前章で述べたように、国や各省庁はそれぞれの目的や予算措置等に応じたスキームを作り、環境に配慮された製品の社会浸透を促進する先駆活動を推進している。ただ現状ではこれらを俯瞰した立場で整理された明確な考え方はまだない状況と推察される。

本書では環境配慮製品、グリーン製品の呼称として、

- ① できる限りグリーン/クリーンエネルギーや循環資源を使い製造、提供することをめざす製品
- ② 省エネ性能に優れ、旧型との交換でエネルギー使用と付随 CO₂ 排出を減らすことをめざす製品
- ③ ①、②の製品を活用したサービス商材

の呼称として「GX 製品」を用いようとしている。上述のようにさまざまな類似のワードがあり、それぞれに個別の経緯や事情があると思われるが、ここではそれら多くに共通する目標になると考えられる「計画的、段階的に化石エネルギー中心の産業・社会構造をグリーン／・クリーンエネルギーに転換していくこと、できる限り再利用し資源循環に展開していくことを表すグリーントランジション」の意味合いで「GX 製品」を用いることとする。

【呼称：“GX モータドライブシステム” について】

上記の「GX 製品」の考え方は産業用モータとそのドライブシステムのめざす方向性と合致していると考えられる。特に、国と電機業界とが協力して上述のトップランナー製品（制度）をいち早く採用し、より省エネ性能に優れた製品を積極的に普及させることに注力してきたことは国が主導する“GX 製品”の主要候補としてふさわしいとも言える。また、鉄鋼事例に則し[2.2.5]“GX モータドライブシステム”の呼称とした。

【製品とサービスについて】

一方適用対象はハード製品（モノ）とサービス（コト）の両者を対象とする考え方が示されている[2.2.2]。サービスを含める意義としては、特に GX 製品を直接購入しない状況でもサービスとして提供されることで従来よりも優れた内容のサービスが提供されることにある。サービス提供型の場合、製造者、サービス提供者、サービス利用者に加え、金融機関やリース会社など複数のステークホルダーから構成される

サプライチェーン上で GX 製品の価値も活用されることになる。この観点で、GX 製品の評価対象は LCA（製造、使用さらには循環）の各段階とすることが重要となる。製品の排出量指標である CFP ではその提案当初から LCA 評価の重要性が指摘されてきた。最近では IoT（Internet of Things）技術、デジタル技術の普遍的活用の進展・普及に伴い、製品・サービスのライフサイクルやサプライチェーン上のさまざまな情報・状況が簡便な手法で把握できるようになった。①設計・調達・製造、②使用・サービス利用、③資源循環（二次利用やリサイクル）に至る LCA の各段階で評価項目を定め、それらを GX 製品の環境性能を測る指標として活用していくことは自然な流れと考えられる。

【参考文献、参考情報】

- [2.2.1] https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/enterprise/equipment/
- [2.2.2] https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/gx_product/index.html
- [2.2.3] https://www.env.go.jp/earth/post_93_00001.html
- [2.2.4] <https://www.env.go.jp/policy/hozen/green/g-law/net/kihonhoushin.html>
- [2.2.5] <https://www.jisf.or.jp/business/ondanka/kouken/greensteel/>

第3章 GX モータードライブシステムの要件

3-1 要件を表す指標・項目について

【用いる指標・項目について】

商材のグリーン価値指標については認知度や重要度が高くかつ導入難易度の低いものから段階的に社会浸透されていくことが想定される。また、グリーン指標だけではなく国や地域における位置付け、重要性や企業や組織の情報開示に係るコンプライアンスなども GX 製品の市場価値に影響を与える。文献[3.1.1]ではこれらの視点に立ち GX 製品の基本要件を定める初期的な指標や項目を解説・整理している。表3-1-1は上記文献からの参照であり、GX 製品の要件を表形式で示したものである。同表では要件の大項目として以下に示す3項目を掲げている。詳細は[3.1.1]を参照されたい。GX モータードライブシステムの要件を考えるに際し、まずこの考え方を踏襲できないかを検討する。検討は各指標自体の採否と指標値の定量化、およびそれらの評価・公表の三段階となることを想定しており、JEMA 参画企業間で十分議論を尽くした上で結論付けられるようなフローとしている。

① 国視点の重要性を表す指標

主に経済安全保障や産業競争力の強化の観点から指定される国家戦略製品など。直近では高市政権が指定した重点投資対象17分野の関係製品・サービスと関連施策[3.1.2]も重要な関連領域となる。

② 環境宣言・情報開示・認証の有無

企業や組織が環境課題に対し責任ある行動をとるための重要な要素であり、これらは環境負荷の低減、ステークホルダーからの信頼獲得を通じて最終的には競争力向上に繋がると考えられる。

③ 具体環境指標

初期指標として脱炭素、減炭素に係る指標（De-carbonization Footprints）と資源循環に係る指標（Circular Footprints）および追加性/物理削減を優先的に取り上げる。脱炭素、減炭素の代表的指標としてカーボンフットプリント（CFP）とこれを有効活用するための補完的な新指標として、削減貢献量（AEP: Avoided Emission of Product）[3.1.3]や削減実績量（REP: Reduced Emission of Product）[3.1.4]の活用を検討する。CFPは製品・サービス単体のライフサイクル排出量を把握する指標として有用である一方、従来技術や既存設備を代替することによる追加的な排出削減効果を評価することには限界がある。このため、過去の実績値を考慮したベースラインシナリオ（リファレンスシナリオ）と比較して回避された排出量を示すAEP（削減貢献量）および、実際の導入・運用結果に基づくREP（削減実績量）を、CFPを補完する指標として位置付け、脱炭素への貢献度と実効性をあわせて評価する。

資源循環指標としては製品がどれだけ再利用やリサイクルされたのかを表す指標（サーキュラーアウトフロー率）や製品にどれだけ再利用やリサイクルされた部材・部品が使われているかを重量/金額での採用割合で表す指標（サーキュラーインフロー率）を活用する。

表3-1-1 GX製品の要件シート例

具体製品	国視点の重要性		環境宣言・情報開示・認証			環境指標						GX評点
	中長期 支援措置	目標への 貢献度合	GX 宣言 EPD	進捗 公開	認証	減炭素指標			資源循環		追加性 物理削減	
						CFP	REP	AEP	サーキュラー アウトフロー 率*1	サーキュラー インフロー率 *2		
重み付け	**%	**%	**%	**%	**%	**%	**%	**%	**%	**%	**%	100 pt max.
製品A	○	○	○	○	○	○	○	○	×	○	×	95
製品B	○	○				○	○	○	×	○	×	85
・												
サービスα	○	○	○	○	○	○	○	×	×	○	×	90
サービスβ	○	○	○	○	○	○	○	×	×	×	×	85
・												

*1：製品がどれだけ再利用やリサイクルされたかを表す指標

*2：製品にどれだけ再利用やリサイクルされた部材・部品が使われているかを表す指標

【「追加性」の整理・拡張について】

環境証書や環境クレジットなど仮想的なグリーン価値による見なし削減の普及が進む一方、再エネや省エネの設備を新設導入することに伴う物理的に新たに排出削減した新価値が見直されようとしている[3.1.5]。

本提言ではこの「物理追加性（Physical Additionality）」に着眼し、これを GX モータドライブシステムの GX 要件に加えることを提案する。「省エネの追加性」、「資源循環の追加性」等、モータドライブシステムは既に重要な物理追加性を具現化または具現化しようとしておりこれを業界全体として GX 要件として活用していくことは重要と考えられる。一般社団法人日本鉄鋼連盟では、経済負担が実際に生じている物理追加性に基づく CO₂ 削減量に着目し、これを第三者認証により透明性を確保した形で管理運営を実施している。また、この CO₂ 削減量をマスバランス方式に従い製品に割り当てることで、市場や顧客のグリーン購入に呼応しようとしている[3.1.6]。このように「物理追加性」を原則とした製品のグリーン化・GX 化は今後製品のカーボンニュートラル化の大事な要件となってくるものと期待される。

【有言・宣言の必要性について】

GX モータドライブシステム製品の市場創生の初期段階において、製品の提供側と購入側とがそれぞれ提供製品と調達行動に関し何らかの目標設定を実施し、それらを開示（宣言）、共有することは大変重要と考えられる[3.1.7-8]。提供側は製品の環境訴求の内容に加え、市場への提供量や価格見通し等の情報を開示することが考えられる。環境訴求については関連指標の現状値に加え、将来のゴール目標値とその達成時期とをできる限り詳細に定量公開することが望ましい。また、調達・購入側はグリーン製品の調達方針などを有言・宣言することで、提供側の開発や製造を計画的に進めやすくできる可能性がある。

このように GX 製品の需給情報をステークホルダー間で共有できるようになると、GX 製品の提供/購入の好循環が生まれやすくなり、その結果 GX 製品の社会浸透を通じ、企業や社会のグリーン経済成長につながっていくものと考えられる。

【トランジション情報開示、見える化の必要性について】

GX 製品に関する情報開示は製品の供給側、調達側双方の意識の向上とそれらによる GX 市場の形成に対し以下の項目例において重要な役割を果たすと考えられる。

1) 消費者の製品選択の支援と市場創生

消費行動に関連する事柄として、特に先進国、先進地域において環境負荷の少ない製品を選ぶ意識が高いいわゆるグリーンコンシューマーや製品に関連する人権や労働条件にも配慮するエシカルコンシューマーが一定数増えてきている。こういった消費行動に対し例えば製品が環境や人権などにどのように配慮されているのかについて信頼度の高い情報開示をすることで、消費者はより志向に沿った選択をしやすくなる。例えば、製品のライフサイクルにおける CO₂排出量や循環資源の使用割合などが第三者検証された開示データとして定量表示されると、上記のような消費側について製品の好選度合いが高まることが期待される。

2) 公共調達における評価基準への適用と初期市場の形成

産業インフラの中核をなす本製品群の市場創成において、国や地方自治体による公共調達は極めて重要な役割を果たす。グリーン購入法や官民によるグリーン契約において、製品のライフサイクルを通じた CO₂排出量や循環資源の使用割合、物理追加性を評価指標として明文化し、信頼性の高い開示データを求める。これにより、単なる価格競争から脱却し、環境価値を統合した「総合評価落札方式」等での優位性が担保される。公的セクターが率先して GX 製品を採用し、定量的データを公開・蓄積することは、民間市場における製品選択の標準モデルとなり、信頼性の高い市場インフラの構築を加速させるポテンシャルが想定される。

3) 企業の透明性と信頼性の向上

企業が GX 製品に関する情報を積極的に開示することで、環境取り組みをより具体的に示せるようになることが期待される。GHG プロトコルルールに沿った現状の企業環境情報の開示に加え、透明性・信頼性の高い製品に係る環境情報を提供することは、ステークホルダーや顧客との信頼関係構築に寄与し、結果的にブランド価値を高める要因となる可能性がある。

4) 規制や国際基準への対応

多くの国や地域では、環境に配慮した製品に対して既に一定の基準や規制が設けられている。例えば、EU の「持続可能な製品のためのエコデザイン規則 (ESPR)」や「REACH 規則」では、環境影響に関する情報開示が義務付けられており、規制に従った詳細な情報開示はこれらの先進市場への対応という意味合いからも重要となる。また、近い将来これらの情報開示が必要となる市場の拡大が現実味を帯びてきていることも付記したい。

また、上記で述べた GX 製品目標の有言・宣言に関し、達成目標の進捗を公開することは製品の魅力と付加価値を継続的に訴求する観点からも重要と考えられる。また、近年二次元バーコードを使った廉価表示の仕組みを使ったトランジション情報の開示例（ダイナミックラベリング）も実現されている[3.1.9]。これらのデジタル廉価技術を使った製品レベルの環境情報開示は欧州で規格化や実用例が進んでいるデジタルプロダクトパスポート[3.1.10-11]との親和性も高い。今後、適切な認証技術と組み合わせ

せ、製品メーカーが顧客や市場に公約した環境性能の達成を定期的に開示していくことは GX 製品の基本的な要件となる可能性がある。

【参考文献、参考情報】

[3.1.1] <https://www.gxdc.jp/pdf/gxvalue.pdf>

[3.1.2] https://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/kaigi/minutes/2025/1112_shiry02.pdf

[3.1.3] https://gx-league.go.jp/aboutgxleague/document/削減貢献量-事業会社による推奨開示仮想事例集-_vf.pdf

[3.1.4] <https://gx-league.go.jp/news/2023120401/>

[3.1.5] <https://www.there100.org/sites/re100/files/2025-04/RE100%20technical%20criteria%20%2B%20appendices%20%2815%20April%202025%29.pdf>

[3.1.6] https://www.jisf.or.jp/business/ondanka/kouken/greensteel/documents/GXSteelGuideline_v4.1.pdf

[3.1.7] <https://initiatives.weforum.org/first-movers-coalition/home>

[3.1.8] <https://sustech-inc.co.jp/carbonix/media/environmental-product-declaration/>

[3.1.9] https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/gx_product/pdf/002_05_00.pdf

[3.1.10] <https://www.env.go.jp/content/000185559.pdf>

[3.1.11] <https://trade-log.io/column/3143>

第4章 国際動向、規格・標準化動向に対する本ガイドラインの位置付け

4-1 環境負荷低減製品に関する国際動向

【総論：効率向上とサーキュラーエコノミーの統合潮流】

国際潮流として、モータドライブシステムの高効率化（IE3→IE4→IE5）と資源循環（リサイクル・リユース・修理性）を同時に追求する志向が強まっている。このような背景の下、EU の ESPR (Ecodesign for Sustainable Products Regulation) や DPP (デジタル製品パスポート) を起点に、耐久性・修理性・再利用性・材料効率・環境フットプリント等の要求が産業用モータや可変速駆動システム (VSD) にも段階的に拡張される見込みである。

2025 年 11 月 28 日の欧州規制ステークホルダー会議 (Regulation (EU) 2019/1781 見直し) では、システム効率 (VSD 適用)、高効率機の普及状況、DPP/EPD 連動、CRM (重要原材料) 対策と循環性要件が主要論点となった。

付録データ[4.1.1]では、2030 年の IE クラス構成 (IE3 : 85%、IE4 : 15%)、価格前提 (例 : 0.75–7.5kW IE3=281€, IE4=329€)、寿命前提 (IE3 以上は+2~4 年) が示され、前提妥当性の検証が求められている。

学術・国際会議 (eemods'24) では、使用段階がライフサイクル負荷の 90%以上を占める実態を踏まえ、効率改善による電力消費削減を最優先しつつ、一方で、製造段階の材料使用量や希少資源 (Nd、Dy 等) の投入差異も重要であることが示され、効率改善と材料効率の両立を図る設計最適化が国際潮流となっている[4.1.2]。

【EU 動向：ESPR・DPP・材料効率の制度化】

ESPR の要求事項 (Annex 想定) では、耐久性／修理性／再利用性／リサイクル性／資源効率／環境フットプリント等 15 項目以上の評価枠組みが提示され、DPP による情報開示が義務化される方向で議論が進んでいる。また、産業用モータ・VSD 向けには、材料効率の測定・表示や EPD (環境製品宣言) の活用が検討されている。

CENELEC TC22X/WG9 を中心に、VSD・モータ・UPS 等を対象とした EN 50743 (案) が議論され、削減貢献量 (Avoided Emissions) の概念や材料効率評価の標準化が前進している。また、投票～発行～法適用に至る 2024~2028 年のロードマップが示されている。

なお、上記の EN50743 については、IEC 側との連携が開始されており、IEC/TC22 AG12 が設立され、国際規格視点でのコメント収集が行われている。

【修理・保守に関する国際フレームワーク】

フランスにおける Repair Index の制度化により、分解性／工具／文書提供／サポート等の観点で修理性指標を B2C 中心に運用。EU 側では耐久性ラベルとの整合を模索している。産業用途では、可用性 (Availability) や予防保全を含めた評価軸の最適化が必要との議論がある。

モータ修理に関しては、EASA 認証 (AR100 等) や IEC 60034-23 に基づくベストプラクティスで、巻替え (リワインド) 時も効率劣化は適切手順でほぼゼロ~±0.5%以内とする研究結果が提示されている。

このような国際的知見を踏まえ、JEMA としては、産業用途における修理・保全を通じたライフ延長は、資源循環を実装する上で重要な役割を果たし得ると評価する。

【技術比較と LCA の示唆】

11kW 級各種モータ、IM (IE3)・SynRM (IE5)・PMSM (IE5) の比較においても前述したように使用段階が環境負荷の 90%以上を占める。一方、製造段階における材料使用量・希少資源投入量にはモータ種毎の差異が明確である。したがって、用途条件（可変速／固定速、負荷プロファイル）に応じた最適技術選択と、トレードオフ評価（材料・CO₂・効率）が不可欠と考えられる。

固定速用途では Line-Start SynRM／PMSM でロータ損失低減による効率化、可変速ではフェライト支援リラクタンス等により希土類回避と高効率を両立する提案が示されている。

【デジタル化：設計段階の可視化・DPP】

設計初期から CAD 連携の CO₂評価ツールや DPP を活用し、耐久性・効率・材料使用量のバランスに基づく設計最適化が国際潮流。産業用途ではシステム全体（ポンプ・ファン・ライン）での削減貢献量を定量化する枠組み（例：IEC 63372）が重要となる。

【まとめ】

国際的には「効率最優先＋資源循環」の二正面作戦。JEMA としては、使用段階の削減効果を最大化しつつ、修理・リユース・リサイクルの制度設計と DPP 整備を並行させ、用途別の最適技術選択を指針化することが要諦である。

【参考文献、参考情報】

[4.1.1] 欧州規制ステークホルダー会議資料『StakeholderMeeting1_Slides_Appendix』

[4.1.2] eemods'24 におけるサーキュラーエコノミー関連発表

4－2 適用または参照する公認基準

【適用または参照する公認基準について】

GX モータについては、産業基盤となるものであるために、複数の基準が関連する。

表 4－2－1 に本書で適用、参照を検討した主な公認基準の一覧を示す（本種内容に適用していないものも含む）。

表4-2-1 本書で適用、参照を検討した公認基準一覧

項目	基準	概要/内容
1	CBAM : Carbon Border Adjustment Mechanism 炭素国境調整措置	【概要】 ○ CBAM (C) は、欧州連合 (EU) が導入する、EU 域内へ輸入される特定の製品に対して、製造工程での CO2 排出量に応じた炭素価格 (追加コスト) を課す制度 ○ 環境規制の緩い国への生産拠点移転 (カーボンリーケージ) の未然防止を通じ EU 内の企業と輸入業者の競争条件を公平にすることが主目的 【内容】 ○ 2028 年 1 月～、新規に製品追加 (2025/12/17) ○ EU では、CBAM 対象を一定の川下製品 (downstream goods) へ拡大するための制度見直しが検討されており、電機製品を含む川下製品への今後の影響を注視する必要がある
2	IEC63366	【概要】 ○ 電気・電子製品およびシステム (EEPS) の LCA に関する共通ルールを定める国際規格 【内容】 ○ タイプ III 環境宣言 (EPD) を作成するための製品カテゴリルール (PCR) を定義し、環境影響評価の透明性と比較可能性を確保 ○ 水平規格としての位置付け: 特定の製品群によらない共通のルールを提供する「水平規格」であり、各専門委員会が個別の製品仕様ルール (PSR) を策定する際の指針となる
3	IEC63372	【概要】 ○ 電気・電子 (EE) 製品およびシステムにおける CFP、GHG 排出削減量、および削減貢献量の算定とコミュニケーションに関する国際規格 【内容】 ○ 電気・電子業界において、製品のライフサイクルを通じた環境影響としてカーボンフットプリント (CFP) を、さらに、GHG 排出削減量と削減貢献量 (Avoided emissions) について透明かつ正確に定量化するための原則、手法、要求事項、およびガイダンスを提供 ○ 削減貢献量の標準化: 特に、製品の使用を通じて社会全体の排出量をどれだけ抑えられたかを示す「削減貢献量」を定量化する初の世界共通ルール

		○ 技術の活用: AI、IoT、デジタルツインなどのデジタル技術を用いた削減効果の算定方法も含まれ、従来からの JEMA 活動とも密接に関係
4	ISO14064-1	【概要】 ○ 組織（企業や団体）が GHG の排出および吸収を算定・報告する際の国際規格 ○ 2026 年現在、最新のバージョンは 2018 年に発行された「ISO 14064-1:2018」、日本国内ではこれに準拠した「JIS Q 14064-1:2023」を運用中 ○ なお、ISO/TC 207/SC 7/WG 4 において現在改訂作業が進められている 【内容】 ○ GHG インベントリの構築: 組織の排出源（工場、オフィス、車両など）を特定し、どれだけの GHG を排出・吸収しているかの目録（インベントリ）を作成 ○ 削減目標の基準: 正確な現状把握により、科学的な根拠に基づいた削減戦略や目標設定が可能となる
5	GX2040 ビジョン （日本政府の国家戦略）	○ 日本が 2040 年までに脱炭素社会と経済成長を両立させるための長期的な国家戦略「脱炭素成長型経済構造移行推進戦略改訂」 2025 年 2 月 18 日に閣議決定 【内容】 ○ エネルギー安定供給と脱炭素の同時実現: 再エネの主力化（40～50%）、原子力（約 20%）および火力（30～40%、水素・アンモニア利用）のバランスの取れた電源構成を提示 ○ DX と連動した GX 産業構造の構築、成長志向型カーボンプライシング（2026 年度から排出量取引制度を本格稼働） ○ 2028 年度からの化石燃料賦課金（炭素税）導入
6	JEMA GX レポート	【概要】 ○ 一般社団法人 日本電機工業会（JEMA）が定期発行。電機産業における GX 取り組みの状況をまとめた報告書 【内容】 ○ 主な目的は、CN に係る 2030 年および 2050 年におけるマイルストーンと会員企業のグローバル事業活動におけるネガティブインパクト（GHG 排出量）の削減実績やポジティブインパクト（削減貢献量）を通じた社会課題解決の貢献を実績や社会貢献を「可視化」し、ステークホルダーとの対話や政策提案に活用すること

		○ 環境価値の定義: 電機産業が提供する貢献を「環境価値」として整理し、カーボンニュートラルに貢献する技術を「JEMA グリーン技術・製品」としてマップ化 ○ 再エネ由来の電力調達の推進による Scope 2 削減と Scope 3 排出の把握・削減促進を課題として提示
7	IEC61800-9	【概要】 ○ 可変速ドライブシステム（PDS: Power Drive System）およびその構成部品（モータ、インバータ）のエネルギー効率、エコデザインに関する国際標準規格 【内容】 ○ 欧州の規制 EN 50598 をベースに策定され、主に産業用モータ駆動システムの省エネ化が主目的 ○ モータ単体だけでなく、インバータとモータ、さらには負荷機械（ポンプ、ファンなど）を含めたシステム全体での省エネ性能を評価する枠組みを提供
8	ACEE Guide118	【概要】 ○ IEC の省エネ諮問委員会（ACEE）が策定した、エネルギー効率に関するガイドライン 【内容】 ○ 各技術委員会（TC）が専門分野の規格に「省エネの観点」を適切に組み込めるよう支援 ○ 省エネに関する基本的な定義や用語の提供 ○ 規格開発においてエネルギー効率を考慮する際の手順や原則を提示 ○ 「システムアプローチ」（製品単体ではなくシステム全体での効率化）を推進

第5章 本書の活用について

5-1 本章の狙いと構成

本章では2章、3章で述べたGX製品の要件の活用について適用製品の事例候補（ユースケース）を示すことで表現する。具体的にはモータやその駆動システムとなるパワードライブシステム（PDS）/モータドライブシステム（MDS）を対象としたグリーン価値創出について、①製造・調達、②使用、③再利用・リサイクル・破棄に至る三つのLCAフェーズについてそれぞれ事例案を示す。以下、それらを具体的に記載するが、既に実現されているものの他に、ありたき姿として将来像を記載したものもある。現段階では、①～③を一つの製品で達成したものではないことをお断りする。

また、各ユースケースでは技術進展に則したGX製品としての特長に加え、本質課題や普及に向けた政策や公的支援の必要性やその具体内容にも言及する。特に、対象製品の更新が急がれるモータドライブシステムに対するトップランナー制度に替わる新制度や緊迫する国際情勢を踏まえたレアアースに対する資源安全保障の考え方とその一助となるモータリサイクルに対する政策提案について詳述する。

表5-1-1は以降の各節で議論するモータドライブの技術進展について本書が着目する技術進展と関連する製品およびその狙いをLCAフェーズ毎に例示したものである。

GXモータの基本価値すなわち使用フェーズにおける“省エネ”に関しては現行の高効率基準であるIE3規格についてトップランナー規制が試行されている。モータ提供各社は定められた省エネ基準を満たすトップランナーモータラインアップを提供することで、早期の市場浸透を図ってきた。一方、モータやドライブ技術の進展に伴い、効率ではIE4/IE5に代表される次世代規格に準拠した高効率製品が、IM、PMSM、SynRM各種モータにおいて実現され実用化が進展し始めた。また、インバータ制御技術の普及が進んだことで、モータの駆動や運用などソフト的な改善によるさらなる省エネが実用段階を迎えている。

一方、調達・製造や資源循環のフェーズにおいては、メーカーの製造CN化により実現される各種グリーン部素材や環境負荷低減とグローバル調達における品質・物量安定化を意図したリサイクル部素材が具体検討されるようになってきた[5.1.1]。これらを活用すると出荷時の製品のCFPを削減した新しいGXモータとその応用製品が実現可能となる。GXスチール、グリーンケミカルなどの部素材および資源循環は国のGX実現に向けた投資促進策を具体化する「分野別投資戦略」の代表製品・施策に位置付けられており[5.1.1]、グリーンバリューチェーン構築における国策の観点からも重要と考えられる。

また、上記のグリーン価値やGX価値を経済価値とあわせ社内外関係者と共有する仕組みも不可欠である。いわゆるデジタルプロダクトパスポート[5.1.2]やダイナミックラベリング[5.1.3]を活用し、バリューチェーンを構成する全てのステークホルダーが簡単に把握できる仕組みである。

以降、まず5章2節で、産業用モータにおける現行トップランナー制度の課題を述べ、改善提案の考え方を述べる。さらに続く5章3節以降で、上記提案の具体内容となるモータドライブシステムのグリーン要件実現の検討事例についてLCAフェーズで整理した形で述べる。

表5－1－1 LCA フェーズ毎のモータドライブの技術進展と期待されるインセンティブなど

GXモータの進化とインセンティブ		LCAフェーズ			狙い・創生価値
		調達・製造	使用	資源循環	
技術 進 化	IM（誘導モータ） モータハードの省エネ：IE3	グリーン素材採用 （鉄・ケミカル）	トップランナー制度 （既存） 高効率基準(IE3) 規制	－	金属 リサイクル Cu/Fe/Al
	PMSM・高性能IM SynRM モータハードの省エネ：IE4/IE5		GXⅢ類型 既存省エネ水準 (IE3)を大きく超える 設備導入促進	レアアース リサイクル 資源安全保障の実 践に対するインセン ティブ導出	
	インバータ製品 インバータ制御 インバータによるモータ運用適正化 に伴うソフト省エネ	製造ライングリーン化 再エネ電力100% で製造ラインを稼働	ソフト効率化 インバータ制御・ 省エネに対する インセンティブ導出	－	－
	改善指標見える化・MRV デジタル手段による開示 ルール適合、認証	Dynamic Labeling (DPP) MRVの適用			
		CFP, REP(ΔCO2), AEP指標のLCA適用			
		Circular In flow適用		Circular In/Out flow指標の適用	

【参考文献、参考情報】

[5.1.1] <https://www.meti.go.jp/press/2024/12/20241227006/20241227006.html>

[5.1.2] <https://www.env.go.jp/content/000185559.pdf>

[5.1.3] https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/gx_product/pdf/002_05_00.pdf

5－2 産業用モータにおける現行トップランナー制度の課題と提案

【現行トップランナー制度の課題（論点整理）】

モータの消費電力が大きいことに着目し、IEC 規格の整備と並行して各国が誘導モータ（IM）の最低効率基準（MEPS：Minimum Energy Performance Standards）で効率規制を始める中、2015年4月、日本においてもトップランナー基準の適用が開始された[5.2.1]。初期対象となったIMに関しては、規制が有効に作用し、出荷ベースにおける産業用モータの高効率化が図られた。他方、膨大な数のモータが既に社会実装されておりそれらを全てリプレースしていくには数十年単位の時間を要する。このため、いわゆるストックベースでの効率改善にはまだまだ時間を要している現況である。制度開始10年を経た現在、その後の産業用モータの技術は著しく進展し、初代トップランナー制度の要件を見直す必要が出てきている。例えば次世代モータの主役となる次世代規格IE4、IE5を実現するSynRM、PMSMや可変速駆動技術（VSD）は現状のトップランナー基準を満たさないことを理由に対象外となっている。結果的に現行制度は古いモータ単体の効率評価に偏重した形で運用されている。これでは経済・環境の両効果を同時に改善し得る新規技術製品を国・市場として死蔵していることになりかねない。特に上述の新技术製品の早期事業化は経済成長に資するGX遂行に不可欠なばかりでなく、先行市場創生に伴う国際競争力

強化の源泉につながると期待される。また、欧州エコデザイン規則（ESPR）や情報開示手段となるデジタルプロダクトパスポート（DPP）等の国際潮流に対し、資源循環対応と評価、情報開示の枠組み等の対応ができておらず、国際標準化の観点からも課題がある。

- 適用範囲の限定

現行トッランナーは主としてかご形回転子三相誘導電動機（SCIM：Squirrel-Cage Induction Motor）を対象に制度設計されており、上述のように VSD や、SynRM、PMSM 等次世代機種に対応できていない。また、システム最適化（PDS/MDS）視点の評価が弱く、用途に応じた省エネ最適化の誘因が限定的である。なお、VSD を規制対象にする場合にはハード構造に対する規制と実際の省エネ運転・運用に関するソフト的な規制に乖離が生じることが予想されるため、全体の整合性が重要となる。

- 資源循環・修理性の制度反映不足

修理（リワインド）品質の認証活用（EASA／IEC 60034-23 準拠）により効率劣化を抑えられる知見があるが、修理・再生・リユースを制度的に評価する枠組みが整っていない。希少資源（Nd、Dy）の循環活用やフェライト代替など材料面の取り組みも、制度誘因が弱い。

- 国際整合と情報開示（DPP/EPD）の不足

EU の ESPR・DPP や材料効率の潮流に対し、国内制度の情報開示要件・認証連携が限定的。EPD の活用やデジタル基盤が脆弱で、海外市場対応・調達要件で不利となる懸念。

モータの消費電力が大きいことに着目し、IEC 規格の整備と並行して各国が IM の最低効率基準（MEPS）で効率規制を始める中、日本においてもトッランナー基準を適用した。対象の IM に関しては、規制の効果が有効に機能し出荷ベースの高効率化が図られる一方、ストックベースへの改善に至らない点と、可変速を含む対象外製品の高効率化に課題が見られる。このような中、対象範囲の見直しなどに至らなかったため、結果的に現行制度はモータ単体効率評価に偏重し、VSD や次世代機種

（SynRM・PMSM）への対応が不十分である。また、ESPR・DPP 等の国際潮流に対し、情報開示や資源、循環評価の枠組みが脆弱であり、輸出競争力確保の観点からも課題がある。ライフサイクル視点の不足使用段階の削減効果が支配的であるにもかかわらず、設計・運用最適化（インバータ制御条件の最適化等）の評価・表示・ベンチマークが制度上弱い。回避排出（Avoided Emissions）の扱いも十分ではない。

【制度拡充に向けた提案】

トッランナー制度の対象を「モータ単体」から「用途別システム効率＋循環指標＋情報開示」へ拡張し、効率最優先を堅持しつつ資源循環を制度的に後押しできるように制度改変することを提案する。

- 提案 A：評価軸を「システム効率」へ拡張（IEC 61800-9-2 に基づく効率評価との連携、削減貢献量（IEC 63372）評価等への拡張）

トッランナー評価軸をモータ単体効率（IE クラス）に加え、モータ＋VSD＋負荷（ポンプ／ファン／ライン）のシステム効率・削減貢献量や削減実績量の評価へ拡張。用途別ベンチマーク（代表負荷プロファイル）を設定し、運用最適化（制御パラメータ）を含めた省エネ効果を制度反映。

- 提案 B：次世代機種（SynRM／PMSM）への段階適用（用途別・技術中立）

固定速／可変速で最適技術が異なる現実を踏まえ、用途別適用フェーズを設計。SynRM／PMSM の IE5 水準への誘導を、材料トレードオフ（希土類使用／代替）を評価しつつ進める。

- 提案 C：修理・再生の品質認証制度化（EASA・IEC 60034-23 準拠）

EASA 認証や IEC 60034-23 準拠の修理品質を制度的に評価し、リワインドでの効率維持（±0.5%以内）を満たす場合、延命・循環の貢献を加点。第三者監査・記録要件（焼却温度管理、巻線断面・ターン長等）を明記。

- 提案 D：材料効率・資源循環指標導入（過度な再生材義務化には反対、まずは分解指示・トレーサビリティ）

サーキュラーアウトフロー率（使用済みからどれだけ再資源化）やサーキュラーインフロー率（再生材の採用割合）を初期指標として導入。希土類の回避／代替技術、銅・電磁鋼板の高リサイクル性を評価・表示（EPD/DPP 連動）。

- 提案 E：DPP/EPD による情報開示義務化（IP 保護配慮）

DPP で型式・材料・修理性・回避排出量・保守情報を機械可読に開示。DPP やダイナミックラベリング等のデジタル情報基盤を活用し、型式、材料、修理性、保守情報に加え、必要に応じて CFP や削減貢献量等の環境情報を機械可読な形で提供。EPD で LCA 指標（GER、GWP、廃棄物、有害物質）等を第三者検証付きで公表。国内ラベリングを EU と整合させ、輸出・調達での競争力を確保。

- 提案 F：検証許容差の明確化（IEC 60034-1 との整合）

VSD 導入・最適制御、修理品質認証取得、再生材採用に対する補助・税制優遇を併用。DPP/EPD の整備費やデジタル可視化（動作データに基づく削減量の特定(稼働時の削減実績量)）に対する支援を要請。

【提案の位置付け】

下表は上記提案 A～F を表 5－1－1 に上書きしたものである。

表 5－1－1（再掲） 上記提案 A～F の位置付けを整理

GXモータの進化とインセンティブ		LCAフェーズ			狙い・創生価値
		調達・製造	使用	資源循環	
技術進化	IM（誘導モータ） モータハードの省エネ：IE3	グリーン素材採用（鉄・ケミカル）	トッランナー制度（既存） 高効率基準（IE3）規制	－	金属リサイクル Cu/Fe/Al
	PMSM・高性能IM SynRM		GXⅢ類型	リサイクル	資源安全保障の実践に対するインセンティブ導出
	提案B：次世代機種（SynRM／PMSM）	グリーン素材採用に伴う出荷時のCFP削減	既存省エネ水準（IE3）を大きく超える設備導入促進	資源安全保障の実践に対するインセンティブ導出	資源価格高騰対策他
	インバータ製品 インバータ制御 インバータによるモータ運用適正化に伴うソフト省エネ	製造ライングリーン化 再エネ電力100%で製造ラインを稼働	ソフト効率化 インバータ制御・省エネに対するインセンティブ導出	提案A：評価軸を「システム効率」へ拡張	－
	改善指標見える化・MRV	Dynamic Labeling（DPP）MRVの適用			提案E：DPP/EPDによる情報開示義務化
	デジタル手段による開示ルール適合、認証	CFP, REP(ΔCO2), AEP指標のLCA適用			提案F：検証許容差の明確化
		Circular In flow適用		Circular	

【期待効果】

- 使用段階 CO₂大幅削減（例：11kW ポンプで VSD 導入により年 52→30MWh（42%減）のケース）と、材料・希少資源の循環を両立（表 5－4－2 を参照）
- 修理・延命の正当化により TCO 最適化と URBAN MINE 活用を促進。国際整合（ESPR/DPP/EPD）で輸出競争力を強化

【参考文献、参考情報】

[5.2.1] https://www.jema-net.or.jp/engineering/motor/sansou_yudou.html

5－3 調達部材および製造のグリーン化

【モータの製造・調達に係る排出削減】

一般に製造に係る排出削減の手法として原材料の調達、製造におけるエネルギーの使用量削減と自然エネルギー由来への転換が挙げられる。これらにより Cradle-to-Gate の CFP（製品のカーボンフットプリント）を削減できる。原材料・部品の調達に伴う GHG 排出は、製品 CFP の上流工程を構成するとともに、モータ製造事業者の組織 GHG インベントリでは一般に Scope 3 Category 1（Purchased goods and services）に該当する。モータの場合は構成部材の重量比 9 割以上が金属であり、その内訳は鉄が 8 割以上、他が銅、アルミニウムである。一般に、これらの金属素材は還元・精錬など製造工程で多くのエ

エネルギーを消費して作られるため、製品自体の排出量となる CFP が大きいとされている。これをいわゆるグリーン製品に置き換えることで以下の削減効果概算が期待できる。

- GX スチール：従来材比 20～40% の CO₂排出削減
- 再生銅の利用：従来精錬比 40～60% の CO₂排出削減
- リュース磁石（Nd、Dy）：採掘～精製の負荷回避により 最大 90%超の CO₂排出削減

【GX スチールを適用した GX モータの事例】

文献[5.3.1]の事例は日本製鉄株式会社が提供するマスバランス手法を用いた GX スチールを適用した電動機（モータ）に関するものである。株式会社日立インダストリアルプロダクツが製造する一部モータの主要部材となる鉄芯に無方向性電磁鋼板を用いており、この機能部材の製造において、GX スチール「NSCarbolex® Neutral（エヌエスカーボレックス ニュートラル）」[5.3.2]が適用された。本製品では製造プロセスの変革・改善等により削減した CO₂ 排出量を任意の製品に割り当てる手法を採用している。今後、本事例のようなバリューチェーン上流から購入・調達する部材の CO₂ 排出量削減に向け、調達先のパートナー連携・協力を進める取り組みが増えてくることが期待される。

本例では「製造プロセスの変革・改善等」の具体的な内容は開示されていないが、世界に目を向けると事例[5.3.3]では、再エネ電力に基づくグリーン水素を使った水素製鉄の実用化に向けた動きが既に始まっている。スウェーデンの Stegra（ステグラ、旧 H2 Green Steel）は「マスバランス手法による仮想的なグリーン化」とは異なる“より直接的な”削減に基づく鉄鋼の実用を推し進めている。同社には兆円規模の投資が世界中から集まっている等、グローバル規模の鉄鋼グリーン化が具体化されようとしている。投資企業には独メルセデス・ベンツ、米マイクロソフトなどと並び日本勢では 22 年に日立製作所子会社の日立エナジーが出資して業務面でも連携すると発表されている[5.3.4]。

今後、減炭素・脱炭素製品を語る際に、具体的な削減手段やその物理由来に関する詳しい情報、さらにはそれらの情報から一義に決定される CFP および関連する削減実績量（REP）などが GX 製品の実績に基づく環境価値を決定する重要な指標になっていくことが予想される[5.3.5]。今後追加性とあわせ、この物理削減手段の開示が要件化されていく可能性がある[5.3.6]。

【低圧インバータの製造に係る CO₂ 排出量削減の事例】

低圧インバータは、産業用モータの回転数を制御する機器である。工場や施設のファン・ポンプ等を負荷に応じて最適に稼働させることで、大幅な省エネルギーを実現する（後述 5－4）。一方、サプライチェーン全体を見据えれば、製品自体の製造工程における CO₂ 排出量削減も重要な課題と言える。この対策としては、モータ製造と同様、製造時のエネルギー使用量の削減や再生可能エネルギーへの転換が有効である。

文献[5.3.7]では、製造工程の使用電力が 100%再生可能エネルギー由来と認定された事例が紹介されている。富士電機株式会社は、製造設備の動力負荷や建屋の空調負荷を低減するなど、製造時のエネルギー使用量の削減を推進。あわせて、自社の太陽光発電設備による再生可能エネルギーを製造ラインに供給し、その供給量がラインの電力使用量を上回る運用を行うことで、製造時の CO₂ 排出量ゼロを達成した。加えて、第三者機関「パワード・バイ・アールイー認定委員会」の認証を通じて、使用電力の再生可能エネルギー由来を明確化。排出量ゼロという内容の妥当性を、客観的に担保している。

この取り組みは、自社の CO₂ 排出量削減にとどまらず、脱炭素化された製品の提供を通じて社会全体の CO₂ 排出量削減に寄与するものである。また、第三者認証によって製品の環境性能を裏付けることで、環境価値を向上させた先進的な事例と言える。

こうした製造工程の脱炭素化と認証を組み合わせたモデルは、他の製品や工場への水平展開が可能である。今後、サプライチェーン全体での CO₂ 排出量削減に向けて、こうした取り組みを広く普及することが期待される。

【GX 製品要件シート】

本事例での GX 製品要件シート例を記す。

具体製品	国視点の重要性		環境宣言・情報開示・認証			環境指標						GX評価
	中長期 支援措置	目標への 貢献度合	GX 宣言 EPD	進捗 公開	認証	減炭素指標			資源循環		追加性 物理削減	
						CFP	REP	AEP	サーキュラー アウトフロー 率＊1	サーキュラー インフロー率 ＊2		
重み付け	**%	**%	**%	**%	**%	**%	**%	**%	**%	**%	**%	100 pt max.
GXモーター			—	—	○	(○)	(○)		—	—	○	

*1：製品がどれだけ再利用やリサイクルされたかを表す指標

*2：製品にどれだけ再利用やリサイクルされた部材・部品が使われているかを表す指標

【参考文献、参考情報】

[5.3.1] <https://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2024/12/1212.html>

[5.3.2] https://www.nipponsteel.com/news/20241212_200.html

[5.3.3] <https://www.nikkei.com/prime/gx/article/DGXZQOUC02BCS0S4A201C2000000>

[5.3.4] <https://stegra.com/news-and-stories/hitachi-energy-partners-with-h2-green-steel>

[5.3.5] https://www.renewable-ei.org/pdfdownload/activities/241206_REI_Comment_MassBalanceApproach.pdf

[5.3.6] <https://www.ilcaj.org/assets/doc/kenkyukai/02/guideline.pdf>

[5.3.7] https://www.fujielectric.co.jp/about/news/detail/1205146_4830.html

5－4 使用時・利用時のグリーン化

【モータの省エネ類型】

統計によると世界では総電力使用量の約 46%が、日本国内では総電力使用量の約 55%が、それぞれモータにより消費されていると言われている[5.4.1]が一般的にこの事実はほとんど知られていない。このため GX 実現は再エネ電力、水素などエネルギー供給側の視点から語られることが多く、電力消費の削減を論点とした議論や取り組みは比較すると少ない。本書ではモータとそのドライブシステム（PDS/MDS）の省エネは GX や CN 実現に向けた重要な取り組みとなることを繰り返し述べている。また、これら製品が支える産業系商材としては各種製造装置、昇降機、排気用ファン、印刷機、業務用洗濯機、業務用空調、業務用コンプレッサ、上下水関連機器、等々、実に多岐にわたる用途がある。この裾野の広がりから企業が自社の製品・サービスを通じた排出削減への寄与ポテンシャルを表す指標となる削減貢献量（AEP）を算定する際、モータの省エネに関連する事案も多いことが推察される。

一方、省エネ法に基づく省エネトップランナー制度[5.4.2]により、モータ性能の省エネ化は徐々に進められつつある。現行制度はモータ高効率化に伴う省エネ性能に着目したもので、ここでは「効率改善型」と呼ぶことにする。一方、モータの稼働状況や負荷に合わせ回転速度を制御する可変速駆動（VSD：Variable Speed Drive）等、きめ細かくモータの動作を適正化することにより省エネを計ることができ、こちらを「運用改善型」と呼ぶ。一般的に、可変速が必要とされる設備割合は、全体の1割程度と言われているが、さまざまな種類、異なる効率・駆動方式のモータに対し効果を推定した改善策を採用することが望ましい。

【モータの省エネタイプの効果試算】

続いて産業用モータにおける省エネの排出削減ポテンシャルを定量検討する。前述の通りモータの省エネは大きく ①効率改善型（ハードの高効率化）と ②運用改善型（ソフトによる最適化）に区分される。以下、それぞれに対する改善効果について改善タイプ毎に効果試算を試みる。

① 効率改善型（ハード改善）

モータハード自体の高効率化に伴う省エネ実現は基本的かつ普及実績も数多い重要な省エネ手段である。前述のようにトップランナー制度により IE3 の普及が進み、直近では IE4、IE5 への移行が始まっている。

以下、トップランナー制度による旧機種 IE1 から IE3 への代替を次世代規格 IE4、IE5 への代替とした場合のモータ1台当たりの改善効果を推定する。結果を表5-4-1にまとめる。

表より、既設 IE1 機から最新 IE5 機への通算改善効果は、代表的 11kW 級で年間 22～26% 程度の電力削減が期待される（同表備考1）。また、既設の IE4 機または IE5 機への代替でトップランナー規制（IE3 機代替）に比べそれぞれ 7.7%、13.5%の改善がそれぞれ期待できることが判る（同表備考2）。これらの改善値に IE1 相当機の推定普及台数 4,600 万台を乗じると、IE1→IE4 の置換が完了した時点での全体効果を推定でき、国内全体で 285 億 kWh/年の省エネを達成できることが判る。これは国内の年間電力消費量の推定量 9,000 億 kWh/年の約 3.2%に相当する大きな値である。また、付随する IE1→IE4 全置換時の年間 CO₂削減量は 1,200 万 t-CO₂の排出削減（国内排出量を 10 億 t-CO₂ として約 1.2%）に相当する大きな値である。IE3 クラスのモータを起点とした効率改善では、IE4 への更新により 20～25% 程度、IE5 への更新では 35～40%程度の損失低減効果が見込まれる。これを電力量ベースで換算すると、1 台当たり年間約 200kWh（IE4）、約 330kWh（IE5）の削減効果となる。CO₂削減量としては、それぞれ約 0.09t-CO₂/年、約 0.15t-CO₂/年に相当する。

このようにモータの最新技術をいち早く社会実装することはエネルギー安定供給の制限緩和、経済成長および脱炭素を同時に実現する貴重な商材資源である。エネルギーや素材の供給側に偏重した現状の GX 推進戦略の中に需要側からのアプローチとして経済/環境両立を率先遂行するモータと関連する産業へのより手厚い国の支援を盛り込む必要があると考える。

表5－4－1 効率改善型モータにおける IE 規格比較
(既設モータ (IE1/IE3) を IE3/IE4/IE5 に 置換した場合の1 台当たりの改善効果)

項目	更新前	更新後		
IE 規格	IE1	IE3	IE4	IE5
モータ機種 ^{*1}	IM	IM	IM PMSM	IM PMSM SynRM
消費電力試算 駆動条件：11kW モータ 年間稼働 4,000 時間 モータ1 台当たりの電力削減 モータ1 台当たりの CO ₂ 排出削減 ^{*2}	58～61MWh — —	52 MWh — —	48 MWh 対 IE3 改善 ▲4MWh/年 ▲0.09 CO ₂ -ton/ 年・台	45 MWh 対 IE3 改善 ▲7MWh/年 ▲0.15 CO ₂ -ton/年・台
備考 1 IE1 に対する IE3～5 の改善効果	— —	10～15%改善 (IE1 比)	17-21%改善 (IE1 比)	22-26%改善 (IE1 比)
備考 2 IE3 に対する IE4、5 の改善効果	— —	— —	約 8%改善 (IE 3 比)	約 13%改善 (IE 3 比)
備考 3 IE1 および IE3 相当機全置換時 の電力削減 IE1 および IE3 相当機全置換時の CO ₂ 排出 削減	— —	▲265 億 kWh/年 ▲1,118 万 t-CO ₂ /年	▲293 億 kWh/年 ^{*3} ▲1,240 万 t-CO ₂ /年 ^{*4}	▲314 億 kWh/年 ^{*5} ▲1,328 万 t-CO ₂ /年 ^{*6}
備考 4 推定普及台数 (2024 年度末時点) 5,009 万台 国内保有台数	4,609 万台	400 万台 (IE3 普及率 8%)		

*1 誘導モータ：IM、リラクタンス同期モータ：SynRM、永久磁石同期モータ：PMSM を想定

*2 電力 CO₂排出係数：0.442kg-CO₂/kWh 年を仮定

*3 IE1⇒IE4 の電力削減の▲285 億 kWh/年に IE3⇒IE4 の▲8 億 kWh/年を加算した値

*4 IE1⇒IE4 の CO₂排出削減の▲1,204 万 t-CO₂/年に IE3⇒IE4 の▲36 万 t-CO₂/年を加算した値

*5 IE1⇒IE5 の電力削減の▲301 億 kWh/年に IE3⇒IE4 の▲13 億 kWh/年を加算した値

*6 IE1⇒IE5 の CO₂排出削減の▲1,268 万 t-CO₂/年に IE3⇒IE4 の▲60 万 t-CO₂/年を加算した値

② 運用改善型（ソフト改善：インバータ制御・適正運転）

誘導モータを固定速で運転している装置に VSD（インバータ）を導入することで、負荷に応じた可変速運転が可能となる。この省エネ効果は非常に大きい。ファン・ポンプ用途では流量が立方則で変化するため省エネメリットは特に顕著である。

表5－4－2に上下水ポンプの事例で確認された運用改善による省エネ効果をまとめる。

表5－4－2 運用改善型の省エネ効果試算例（1台当たりの改善効果）

応用システム	運用改善のポイント	使用モータ	年間電力削減	年間 CO ₂ 削減
上下水ポンプ	●流量制御の安定化による品質向上 ●過負荷領域の回避による機器寿命延長（維持管理費低減） ●起動電流低減による電源設備容量の抑制	IE3：11kW	52 MWh → 30 MWh (42%削減)	約 10 t-CO ₂ /年

【モータの運用改善による排出削減の事例】

既に省エネ法に基づく省エネトップランナー制度により、モータ性能の省エネ化は着実に進められつつある。このような状況下、本ユースケースでは、モータは必ずしも最適条件で稼働していない場合があることに着眼し、モータ稼働時の実測に基づく稼働条件・駆動条件の適正化により、さらなる CO₂ 削減をめざす事例を紹介する。なお、PDS/MDS が関連する商材としては、生産ライン各種製造装置、エレベーター、排気用ファン、印刷機、業務用洗濯機、業務用空調、業務用コンプレッサ等多岐にわたる広範な用途がある。これらは数十年にわたる長期稼働が想定されており、必ずしも即時の省エネ機種へのリプレイスが経済的に容易でない場合が多い。このような、製品・システムに対しては機器（ハード）ではなく運用（ソフト）改善で CO₂ 排出削減を図る本ユースケースの適用が有効になる可能性がある。統計によると世界では総電力使用量の約 46%が、日本国内では総電力使用量の約 55%が、それぞれモータにより消費されていると言われており、モータと PDS/MD S の省エネはカーボンニュートラルに向けた極めて重要な取り組みとなる。また、今後企業が自社の製品・サービスがバリューチェーンを通じてどれほど排出削減に寄与しているかを示す指標となる削減貢献量を算定する際もモータの省エネに関連する事案が多いことが想定される。このため、本ユースケースはこういった観点からも重要な位置付けとなると考えられる。

なお、自動車の電動化においてもモータとインバータは排出削減の鍵を握る重要コンポーネンツである。自動車の場合この電動力源はエレクトリックパワートレイン（e-PT）と呼ばれている。本節では上記産業用途向けの PDS/MDS を例題に議論を進めるが、同じ物理原理とグリーン価値のモデルを e-PT にも適用できることおよび e-PT の駆動最適化は特に今後の電動化社会に対し重要な位置付けになることを付記する。

【業務用空調の冷却設備における排出削減の事例】

文献[5.4.3]の2つの事例は、産業向けシステムに用いられる PDS における動作時の CO₂ 排出を省エネ稼働および再エネ電力による稼働によって削減した概念実証である。具体的には、「製品稼働時の消費電力量の計測」に基づき CO₂ 排出削減量の「算定」、「認証」、および「可視化」の4つの項目を設定し実証を進めている。

実証では、モータを駆動源とするプラスチック射出成型機および空調用冷却水ポンプの2種設備について、モータ回転数のインバータ制御の適正化により生み出される電力削減に紐づく CO₂ 排出削減量のリアルデータを従来の駆動条件ベースライン比較に基づく算定ルールから導出している。さらに、次ステップとして当該設備と同じ配電系統内に設置された太陽光発電設備による再エネ電力でモータを稼働することで、削減した使用電力のカーボンニュートラル化を実現している。

図5-4-3は実証におけるCO₂排出削減の効果を模式的に示したものである。図は横軸に空調用冷却水ポンプの駆動時間を取り、省エネ化、再エネ駆動等のグリーン施策により、空調用冷却水ポンプ駆動に係るCO₂排出量の累積値がどう変わったかを示したものである。図中、黒い実線は実証初期に実施したインバータを導入する前の従来構成における排出量累積値であり、黒い破線はこれを同じ傾きで延長したベースラインである。青字で示すSTEP1では、インバータを新たに導入し低負荷運転した場合のもので、インバータ導入による省エネ効果が点線と青い実線の差で表現される。赤色で示すSTEP2はインバータ駆動条件の最適化によりさらなる電力削減を図ったものであり、赤線の傾きがより緩やかになっている。最後に緑色で示すSTEP3はSTEP2の状態駆動電力を100%再エネ由来のものに切り替えた場合を示しており、グラフの傾きはゼロ（累積排出量がゼロ）の状態を表すものである（図中の $\Delta\text{CO}_2\text{-STEP1}\sim 3$ とは、ベースラインからSTEP1~3で削減されたCO₂排出量の差分を示す）。

実証では特に、CO₂排出削減量のリアルデータの第三者認証を実施しているとともに、QRコードへのアクセスによりCO₂排出削減量をリアルタイム確認できるシステム環境「ダイナミックラベリング」を構築・試行していることが特徴となる。本件に関するダイナミックラベリングの一例を図5-4-4に示す。同図上部に示したURLまたはQRコードから省エネやCO₂排出削減量の時系列データがPCやスマートフォンで手軽に把握できるようになっている。

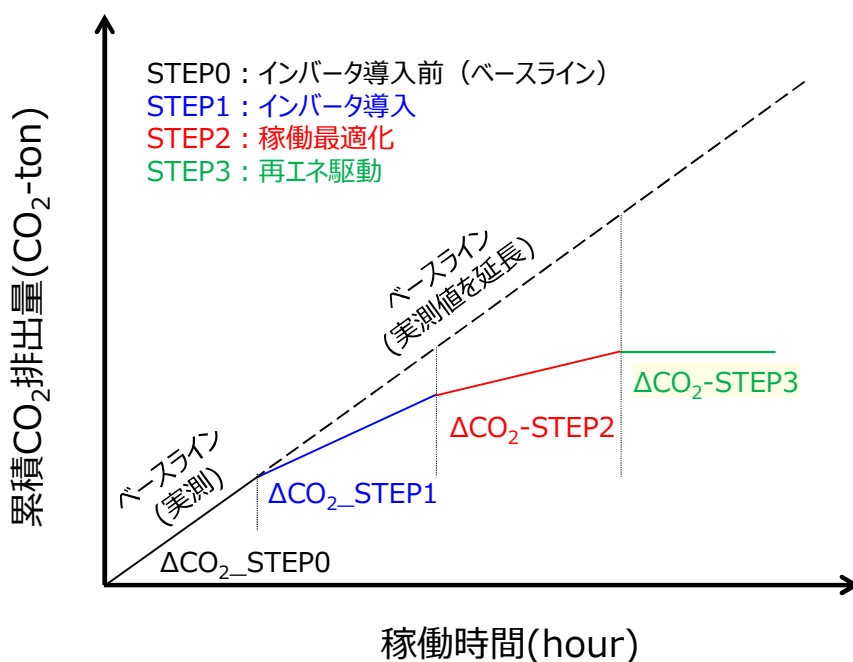


図5-4-3 CO₂排出削減施策と効果、模式図

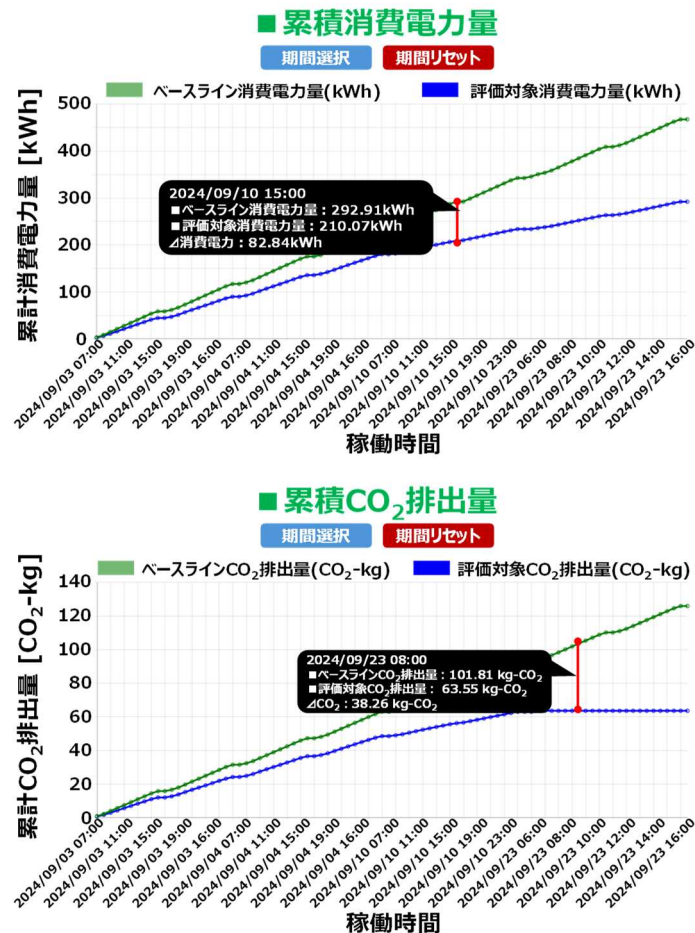


図5－4－4 空調用冷却水ポンプ駆動時のCO₂排出削減量に関するダイナミックラベリング事例

【GX 製品要件シート】

本ユースケースに関する GX 製品要件シートの例を示す。

具体製品	国視点の重要性		環境宣言・情報開示・認証			環境指標						GX評価点
	中長期 支援措置	目標への 貢献度合	GX 宣言 EPD	進捗 公開	認証	減炭素指標			資源循環		追加性 物理削減	
						CFP	REP	AEP	サーキュラー アウトフロー 率*1	サーキュラー インフロー率 *2		
重み付け	**%	***	**%	**%	***	**%	**%	**%	**%	**%	**%	100 pt max.
GXモーター				○	○		○	(○)			○	

* 1：製品がどれだけ再利用やリサイクルされたかを表す指標

* 2：製品にどれだけ再利用やリサイクルされた部材・部品が使われているかを表す指標

【参考文献、参考情報】

[5.4.1] https://www.jema-net.or.jp/randb-archives/DS5238_202111.pdf

[5.4.2] <https://www.jema-net.or.jp/about/news/250226.html>

[5.4.3] <https://www.env.go.jp/content/9005.4.2498.pdf>

5-5 産業用モータにおける重要資源循環システム構築について

【背景と目的】

日本の産業を支える**産業用モータ**の多くには高性能磁石（ネオジム磁石などのレアアース磁石）が使用されており、その性能向上に貢献している。しかし、**レアアース（希土類金属）資源の供給は特定国への依存度が極めて高く**、地政学的リスクから中長期的な安定供給に懸念が生じている。とりわけ重希土類（ジスプロシウムやテルビウムなど）は、輸出規制強化による供給途絶リスクも指摘されている[5.5.1]。一方で、使用済み産業用モータ内部のレアアース磁石は堅牢で構造が複雑なため分解が難しく、従来はそのほとんどが鉄スクラップとして廃棄処理され、有効利用されてこなかった。実際、世界的に見てもネオジム系磁石のリサイクル率は1〜2%程度に留まり、アルミニウム（約50%）や銅（約40%）と比べ著しく低いとされている[5.5.2]。このように**希少資源であるレアアースを含む部材がほぼ回収・再利用されずに失われている現状は**、資源の持続可能利用や経済安全保障の観点から大きな課題である。

本提言は、日本電機工業会（JEMA）の**グリーンモータ・ドライブシステム専門委員会**ならびに**グリーン要件検討分科会**での検討結果をもとに、産業用モータの**重要鉱物資源の国内循環システム構築**に向けた業界としての提言を取りまとめたものである。特に貴重なレアアース磁石や銅の国内循環を促進し、**国内での安定調達と循環経済（サーキュラーエコノミー）の実現**を図ることを目的とする。この提言書では、背景と課題認識、業界横断の連携の意義、仮想ユースケースとしての資源循環モデルの概要、必要な政策的支援策、期待される効果、そして今後の方向性について順に述べる。

【業界連携の意義】

希少資源の循環利用を実現するためには、業界全体での連携が不可欠である。単一企業のみで製品回収から再資源化まで完結することは困難であり、分解・リサイクルのコスト負担も過大となるためである。以下に業界横断の連携による主な効果を示す。

- **スケールメリットの創出:** 各社が個別に小規模な回収・リサイクルを行うよりも、業界全体で協力し使用済み製品を集約して処理することで規模の経済を得られる。これにより単位当たりコストを低減し、採算性を高めることが可能となる。特に希土類磁石のリサイクルは初期投資と運用コストが高くなる傾向があり、市場規模の拡大と協働による効率化が重要である。
- **標準化と効率化:** 業界共通の取り組みとすることで、**製品設計や情報共有の標準化**を図ることができる。例えば、モータ設計段階からリサイクルを容易にする工夫（磁石モジュールの着脱性向上等）や、回収時に役立つ製品情報の整備を業界標準として推進できる。これにより多種類の製品に対しても効率的な分解・資源選別が可能となり、リサイクル工程全体の最適化につながる。
- **インフラ・コストの分担:** リサイクル施設や回収物流網、情報基盤の整備には多大な投資が必要となるが、**参画企業間で費用やインフラを分担**することで各社単独では困難な仕組みを実現できる。例えば、共同で地域毎のリサイクル拠点を設ける、または既存のスクラップ業者ネットワークを活用する際の調整を業界全体で支援するといったことが考えられる。

- **政策対応と信用性の向上:** 業界団体を通じて**統一的なビジョン**を示すことで、行政への提言力が高まり、補助金・制度などの支援を得やすくなる。また、業界一丸の取り組みは社会・顧客からの信用を高め、企業各社にとっても ESG や SDGs 対応として評価される。将来的に製品へのリサイクル材利用割合の規制等が導入された場合にも、業界標準が整っていればスムーズに適合できる。

以上のように、資源循環に向けた**業界横断の連携・協調**には大きな意義がある。本提言ではこの協調体制の下、各ステークホルダーが果たすべき役割分担と具体的な協働モデルを提示する。

【資源循環モデルの概要（想定ユースケース）】

ー モデルの全体像とフロー

以下に、使用済みモータからレアアース磁石等を回収し、新たな資源として循環させるプロセスの概略を示す。

1. **回収:** 機器ユーザのもとで役目を終えた産業用モータを、メーカーによる下取り・引き取りやリサイクル事業者の収集ネットワークを通じて回収する。製造メーカーは自社製品のみならず**業界横断の回収スキーム**に参画し、他社製品も含め効果的に回収する体制を整備することを想定。ユーザ側には古いモータの返送協力に対しインセンティブ（例：新規購入時の割引等）を提供し、回収率向上を図る。
2. **解体:** 回収されたモータは所定の**リサイクル拠点で分解・解体**される。堅牢かつ複雑な構造を持つ産業用モータから高性能磁石を取り出すため、適切な解体手順と設備が用いられる。例えばモータのステータからロータを分離し、磁石を固定している接着剤を熱処理で軟化させるなど、素材を損なわず磁石や銅線コイルを**安全かつ効率的に取り出すプロセス**が実施される。
3. **再資源化:** 分離回収されたレアアース磁石は、磁石メーカー等により**希土類金属の抽出・精製プロセス**にかけられる。具体的には、回収磁石からネオジムやジスプロシウムといった希土類元素を抽出し、新たな磁石素材として再生する工程である。近年、湿式・乾式冶金などさまざまなリサイクル技術が開発されており、**バージン材と同等の品質を持つ磁石の製造**も可能になりつつある。同時に、モータから回収された銅や鉄スクラップについても既存の金属リサイクルルートで精錬・再資源化され、再生材料として供給される。
4. **再利用:** 再資源化によって得られた希土類や金属材料は、磁石メーカーや部品メーカーにより**新たなモータ用部材として再利用**される。例えば、リサイクルされた希土類から製造したネオジム磁石を用いてモータを製造することで、**希少資源の循環利用ループ**が完結する。こうした再生磁石はバージン磁石と同等の性能を持ち、産業機器の品質・性能を損なうことなく循環利用が可能となる。

また、各段階において、**業界横断の情報共有基盤**により製品・素材データを一元管理し、全プロセスにわたってトレーサビリティと効率性を確保することが望ましい。例えば、製品型式や再資源化可能量などのデータを共有することで、リサイクル工程の最適化や再生資源の信頼性担保（含有物証明等）を図ることが考えられる。この情報基盤はいわば**製品ライフサイクル管理システム**として機能し、将来的ないわゆるデジタル製品パスポート等にも通じる概念である。

ステークホルダーの役割分担

上述のモデルを実現するには、関係する各ステークホルダーがそれぞれの立場で役割を果たし、協調することが必要となる。その主な役割分担を以下表 5－5－1 に整理する。

表 5－5－1 資源循環モデルにおけるステークホルダーに期待される役割

ステークホルダー	期待される役割
モータ製造企業 装置企業	使用済み製品の 回収ネットワーク整備 （引取拠点の設置、他社と共同の回収スキーム参画）、リサイクルを考慮した 製品設計 （解体しやすい構造等）、リサイクル事業者への 製品情報提供 （設計・材質データの共有）
産業機器ユーザ	使用済みモータをメーカ指定のルートで 返送・引き渡し 、回収スキームへの協力（指定引取場所への持ち込み等）。適切な処理への協力に対しインセンティブを活用。
リサイクル事業者	回収品の 解体・分別 とレアアース磁石・銅線・鉄など素材の 回収・選別 、回収量や素材情報の 記録・報告 。安全かつ効率的なプロセスを開発・適用し、高純度の素材回収を実施。
材料メーカ （磁石・金属）	回収された希土類や金属の 精錬・再資源化 、再生素材の品質検証。再生レアアース磁石の製造や、再生銅の精錬等による 新製品への材料供給 。
業界団体（JEMA）	業界全体の 企画・調整 、 ロードマップ策定 と進捗管理、行政への 政策提言 や官民連携のハブ役。

各プレイヤーが上記の役割を担い連携することで、レアアース磁石をはじめとした重要原材料の効果的なリサイクルスキームが構築可能となる。特にモータメーカと材料メーカが連携し、設計段階からリサイクル容易性を織り込む取り組みは、日本の産業界が持つ強みを活かしたアプローチとなる可能性がある。また、磁石メーカ単独では困難だった回収・解体の部分に製造・リサイクル各社が協力することで、現実的な循環モデルが描ける。本提案モデルはあくまで仮想ユースケースであるが、今後の具体的な実証や制度設計のたたき台となるものである。

【政策的支援策に関する提言】

産業界の自主的な取り組みを促進し、上記モデルを実現するためには**政策的支援策**も重要である。本提言では、主に**インセンティブ**を軸とした**政策措置**を提案しつつ、将来的な規制（義務化）の可能性に

も触れる。

- **経済的インセンティブの付与:** 企業がリサイクルループ構築に取り組む動機付けとして、政府による**補助金や税制優遇**の措置を提案する。具体的には、リサイクル設備の導入補助、回収物流費用の補填、再生材利用に対する税額控除などが考えられる。さらに、ユーザからの製品回収に対しメーカーへ奨励金を交付する制度や、逆に適切なリサイクルルートに乗せず廃棄した場合の課徴金措置など、**正のインセンティブと負のインセンティブ**双方を組み合わせることも検討できる。
- **公共調達を起点とした需要創出の強化:** リサイクル材の活用に伴うグリーンプレミアムを許容し、初期需要を創出するため、公共調達の強化も有効な打ち手となる。例えば、国や自治体の調達基準において、一定割合以上のリサイクル資源（レアアース、銅等）を含むモータドライブシステムの採用を奨励することなどが考えられる。これによりサプライチェーン全体に対する投資の予見性を高め、産業界の脱炭素・資源循環を加速させる施策となり得る。
- **情報共有基盤・標準化への支援:** 業界横断のデータ連携基盤の構築や、製品データ標準の策定に向けた公的支援も提案する。具体的には、国主導の**実証事業**においてシステム開発費の支援やデジタル技術（ブロックチェーン等）の活用ガイドラインを共同作成することなどが考えられる。これにより企業間で安全かつ効率的に情報を共有できる環境を整備し、トレーサビリティやサプライチェーン全体の信頼性を高めることが望ましい。
- **規制的手法の検討:** インセンティブによる自主的取り組みの促進が基本方針であるが、**将来的な義務化措置**についても言及しておく。例えば、一定以上の希少資源含有製品について**リサイクル率の達成義務や再生材の利用義務**を課す制度の検討である。欧州連合（EU）では Critical Raw Materials Act において 2030 年までに希土類需要の 15%をリサイクル由来で賄うことを目標に掲げ、各企業にデータ開示や再生材利用を求める動きがある。日本国内でも、経済安全保障推進法によりレアアース磁石が特定重要物資に指定され、安定供給確保策の一環として**国内での回収・リサイクル体制整備**が重要課題となっている。将来的に状況が逼迫した場合には、家電リサイクル法のような**拡大生産者責任（EPR）の法的枠組み**を産業用機器にも拡大し、回収や再資源化をメーカーの責務とする可能性も考えられる。もっとも、過度な負担とならないよう、まずはインセンティブ施策で自発的なループ構築を軌道に乗せ、その上で段階的に規制導入の是非を議論していくことが望ましい。

以上の政策提案により、産業界主体の資源循環モデル構築を後押しする政策支援のアプローチを提言する。

【期待される効果】

提言する資源循環モデルと政策支援の実現により、**さまざまな効果**が期待できる。

- **希少資源の安定確保と調達リスク低減:** レアアース磁石や高純度銅など重要資源が国内で循環利用されることで、海外資源に依存しすぎない**安定供給体制**が構築できる。特に生産国が偏重しているレアアース等は供給源の多様化につながり、地政学リスクによる供給途絶や価格高騰のリスクを低減できる。例えば、本スキームで蓄積された再生希土類により特定国への**依存度を低下**させ、磁石原料調達リスクを軽減することが可能となる。
- **コスト削減と経済的価値創出:** 回収した希土類を再利用することで、長期的には**新規採掘より低コスト**で磁石原料を調達できる可能性がある。実際、リサイクル磁石は新規生産品に比べて 20～30%程度安価に供給できるとの試算もある[5.5.2]。また、国内に新たなリサイクル産業が育成されることで**雇用創出**や関連技術の輸出といった経済波及効果も期待される。希少資源のリサイクルは国富の流出抑制につながり、経常収支の改善にも寄与し得る。
- **環境負荷の低減と持続可能性向上:** レアアースの採掘・精錬には大量のエネルギー消費や有害廃棄物の発生が伴うが、リサイクルによって新品生産を代替することでそうした**環境負荷を大幅に削減**できる。例えば、ネオジム磁石 1 トンをリサイクルすれば、新規採掘約 12 トン分を不要にでき、酸性廃水の発生も大幅に削減できるとの報告がある[5.5.2]。ひいては廃棄物削減や CO₂排出削減にもつながり、カーボンニュートラルや循環経済といった持続可能性目標の達成に貢献する。
- **産業競争力とレジリエンスの強化:** 早期に循環システムを確立することで、日本のモータ・磁石産業は**資源リスクに強いサプライチェーン**を構築できる。他国に先駆けたリサイクル技術の確立は国際競争力強化につながり、将来的に海外での規制強化（例えば EU における再生資源利用義務[5.5.3]）にも自主的に対応できる体制が整う。また、業界の環境対応力向上は企業の ESG 評価を高め、海外顧客から選好される要因となり得る。加えて、国内の希少資源ストック（Urban Mine）の有効活用は資源確保策として戦略的価値を持ち、経済安全保障上の備えとなる。

以上のように、本提言の実現は**経済・環境・安全保障の三面に好循環**をもたらすものである。レアアース磁石のリサイクルは、生産コストを削減し環境破壊を緩和するとともに、サプライチェーンの回復力（レジリエンス）を高め資源のライフサイクルを延長する有効な手段である[5.5.4]。産業界としてこの循環モデルを推進する意義は極めて大きい。

【今後の方向性】

最後に、本提言を踏まえた**今後の取り組みの方向性**について述べる。

まず、**実証プロジェクトの立ち上げ**が喫緊の課題である。提案したモデルを検証するため、業界内の有志企業および関係機関と連携し、限定的なスケールでのパイロット実施を計画したいと考える。具体例として、特定地域・特定機種の産業用モータを対象に、回収から再資源化まで一連のプロセスを試行し、技術的課題やコスト構造のデータを収集・分析する。これにより、モデルの実現可能性を評価し、改善点

を洗い出す。現在リサイクル率が低い要因となっている技術的・経済的課題（採算ラインの確保など）についても、実証を通じて解決策を模索する。

次に、**ステークホルダーの拡大と協働強化**を図る。現段階ではモータ・磁石メーカーを中心とした枠組みであるが、今後は産業機器等のセットメーカー企業やリサイクル業者、商社なども巻き込み、バリューチェーン全体での協調体制を整備することが望ましい。また他産業の取り組みとも知見共有し、**異業種連携による相乗効果**を追求する。国内のみならず海外の事例や技術動向も取り入れ、常にベストプラクティスを検討する。

さらに、**政策当局との継続的対話**を行い、本提言に沿った支援策の具体化を働きかける。同時に、本提言の内容を広く周知し、社会的な理解と協力を得る活動も展開する。特にセットメーカー企業に対しては、**資源循環への協力がもたらす価値**（サステナビリティ貢献や将来の規制適合メリット等）を訴求し、自主的な参加拡大を促す。

以上、本提言で述べた**産業用モータにおける重要資源循環の促進**が、具体的な施策と行動として展開され、我が国の産業競争力と資源持続性の向上につながることを強く期待する。

【参考文献、参考情報】

[5.5.1] <https://newswitch.jp/p/45723>

[5.5.2] <https://www.topmag.in/ja/rare-earth-magnet-recycling/>

[5.5.3] <https://circular-industries.net/2025/03/10/post-2209/>

[5.5.4] <https://www.mdpi.com/2071-1050/16/19/8599>

第6章 おわりに

本提言では、脱炭素社会や循環型社会の実現に資する GX 製品が持つ環境負荷の削減価値「グリーン価値」の基本的な考え方を産業モータドライブに係る製品と関連サービスについて考察し、それをもとに GX モータドライブシステムとは何か、要件をどう設定するのかについて JEMA の会員企業関係者の考え方を整理した。「グリーン価値」を製品の新たな付加価値として経済活用することを前提とし、その具体的なユースケースや活用法を例示した。

製品のグリーン訴求については、その訴求項目、定量値、根拠等に関し既にさまざまな考え方、ルールが示されていて、見解が分かれる事例もある。このため、製品の提供側はいわゆる“グリーンウォッシュ指摘”の懸念からモラル・ハザードを常に意識しながら様子見している側面も否めない現状があり、これは健全なグリーン市場、GX 市場の形成の阻害要因となる可能性がある。

今後、民と官、特に民側で製品の提供側と購入側とが一体となって分かりやすい GX モータドライブシステムのルールを作っていくことは GX 市場、グリーン市場の創成期にある現段階の最重要課題の一つと言っても過言ではない。このためにも GX 価値を経済成長につなげる市場形成の実践場を具体的に作り出していくことが大事である。経済産業省、環境省をはじめとした政府関係各位には継続的なご支援をお願いしたい。

以上

GX モータ、GX モータドライブ、GX モータドライブシステムに関する
ガイドラインと事業活用について

発行年月 2026 年 9 月
発行者 一般社団法人 日本電機工業会
 グリーンモータ・ドライブシステム専門委員会
 〒102-0082 東京都千代田区一番町 17 番地 4
電話番号 03-3556-5888（新事業・標準化推進部）
電子メール tlsp@jema-net.or.jp
URL <https://www.jema-net.or.jp>

©一般社団法人 日本電機工業会

無断複写および転載を禁じます。