

令和2年度

エネルギー需給構造高度化対策に関する
調査等事業（エネルギー多消費産業にお
けるエネルギー消費実態に関する調査）

報告書

2021年3月

一般財団法人 日本エネルギー経済研究所

事業概要

平成27年7月に策定された長期エネルギー需給見通しにおいては、石油危機後と同等のエネルギー効率改善（GDP当たりのエネルギー効率を35%程度改善）を実現し、平成25年度を基準年として令和12年度に対策前比で原油換算5,030万kl程度の省エネルギー（以下「省エネ」という。）を達成するという見通しが示された。この需給見通しの実現を図るため、平成30年7月に策定された「エネルギー基本計画」では、徹底した省エネを実現するため、産業・業務部門に関してはベンチマーク制度の流通・サービス業への拡大や中小企業に対する支援強化、家庭部門については住宅等のゼロ・エネルギー化、さらに運輸部門については次世代自動車の普及等を重要施策として掲げている。また、今後の対応の重点として、ベンチマーク制度について、現在設定されている指標や目標等を検証し、必要な見直し等を行うことによりグローバル・トップレベルにある我が国の省エネルギー水準を更に向上させるための制度として活用していく旨が記された。これらを踏まえ、今後ベンチマーク制度のさらなる検討が必要である。

平成21年に導入されたベンチマーク制度は、工場等におけるエネルギーの使用の合理化に関する事業者の判断の基準（平成21年経済産業省告示第66号。以下「工場等判断基準」という。）の目標として、従来のエネルギー消費原単位の年平均1%以上低減に加え、業界ごとの状況を考慮した新たな指標を設定し、事業者業界における客観的な位置付けに基づいた省エネ取組を促すこととした。現在のベンチマーク制度が、制度開始から10年が経過していることを踏まえ、令和元年度総合資源エネルギー調査会省エネルギー・新エネルギー分科会省エネルギー小委員会工場等判断基準ワーキンググループ（以下「工場等判断基準WG」という。）において、産業部門の一部業種のベンチマーク制度について、指標の見直し等を検討したところである。本事業は、昨年度の調査事業（令和元年度エネルギー需給高度化対策に関する調査等事業（省エネポテンシャルの開拓に向けた省エネ法関連制度等のあり方に関する調査））に引き続き、産業部門のベンチマーク制度の指標・目標等について、より実態を反映したものとなるよう業種毎の見直しを実施する。そのため、エネルギー多消費産業の製造プロセスにおけるエネルギー消費実態に関する調査等を行うほか、海外におけるエネルギー消費効率の実態・関連制度等についても調査を行う。また、本調査も踏まえつつ、目標達成に向けた事業者の毎年度の取組を評価する仕組みの普及等の促進策や、支援策の効果的な活用等も検討することにより、国内の省エネ投資を拡大させていくことが重要である。

上記を踏まえ、本事業では、以下について、具体的な制度設計のための調査・検討を行った。

(1) 産業部門のベンチマーク制度（電力供給業を除く。）に関する現状分析及び指標、目指すべき水準の見直しの検討

- ア. ベンチマーク制度が導入されている産業部門の各業種のうち、特にベンチマーク実績の差異が大きい業種（電炉、製紙等）を対象として、業種ごとに業界団体等へのヒアリング及び文献調査等を行い、ベンチマーク指標に影響を及ぼす要因等を調査した。また、欧米を中心とした海外の関連制度についても調査し、日本のベンチマーク制度との差異等を分析した。
- イ. アの調査結果を踏まえ、業種ごとに対象事業者等（合計100社程度）への調査票の送付を行い、製品及び製造工程等の違いによるベンチマーク指標の値への影響に関して定量的に調査・分析を行い、ベンチマーク指標に関する適切な反映方法の提言等を行った。
- ウ. 海外の技術動向や各種文献等を参考に、国際水準と照らし合わせたベンチマーク指標及び目指すべき水準のあり方に関する調査を行った。具体的には、産業部門のベンチマーク対象業種について、EU-ETSのベンチマーク値を調査し、現在のベンチマーク制度における目指すべき水準が国際水準と比較してどの程度に位置するかを調査した。
- エ. 上記ア～ウの調査においては、当該業界の技術・工程等に関する有識者を活用した。また業種横断的な観点を踏まえた分析・提言を行った。上記ア～ウの調査結果を踏まえ、資源エネルギー庁省エネルギー・新エネルギー部省エネルギー課（以下「省エネルギー課」という。）と十分な調整を行いつつ、各業界団体等との意見交換を行い、新たなベンチマーク指標及び目指すべき水準の検討を行った。

(2) 検討結果に基づく工場等判断基準改正案等の要旨作成

上記(1)に掲げる各項目の検討に関する資料は、工場等判断基準改正案等を作成する際の一助となるよう、関連する審議会における基礎資料として活用することを前提として作成した。

その際、工場等判断基準WGにおける学識経験者、業界団体から必要に応じて十分なヒアリング等を行った。

加えて、過去の関連事業における関連業界の意見等を十分に踏まえて検討した。

(3) その他

上記(1)及び(2)に掲げる内容のほか、各事業内容を実施する上で必要となる事項については、適宜省エネルギー課と調整の上で実施した。また本事業の成果について、次年度以降の調査事業において継続的に活用することが可能となるよう、必要に応じて情報の引き継ぎを行った。

目次

第1章 産業部門におけるベンチマーク制度の全体に関する検討状況	1
1.1. 事業全体の実施状況	1
1.2. 見直しの方針	3
第2章 電炉による普通鋼製造業の検討状況	7
2.1. ベンチマーク指標の達成状況と課題分析	7
2.2. 調査票による実態調査の実施状況	7
2.2.1. 調査票の様式	7
2.2.2. 配布・回収状況	8
2.2.3. データの前処理	8
2.2.4. 品種・鋼種別エネルギー消費原単位	8
2.2.5. エネルギー使用量のバウンダリー等に関するアンケート調査	12
2.3. ベンチマーク指標の見直しの検討状況	16
2.3.1. 補正式	16
2.3.2. 補正手順	17
2.3.3. 補正結果	19
2.3.4. ベンチマーク目標値の見直し	20
2.4. 国際的な観点からのベンチマーク目標の検証	21
2.4.1. EU-ETS のベンチマーク水準	21
2.4.2. CO ₂ ベースへの換算方法と比較結果	22
第3章 電炉による特殊鋼製造業の検討状況	23
3.1. ベンチマーク指標の達成状況と課題分析	23
3.2. 調査票による実態調査の実施状況	23
3.2.1. 調査票の様式	23
3.2.2. 配布・回収状況	24
3.2.3. 上工程：炉容量とエネルギー消費原単位の関係	24
3.2.4. 下工程：対象プロセスのエネルギー使用量等	24
3.2.5. エネルギー使用量のバウンダリー等に関するアンケート調査	30
3.3. ベンチマーク指標の見直しの検討状況	33
3.3.1. 補正式	33
3.3.2. 補正手順	35
3.3.3. 補正結果	37

3.3.4. ベンチマーク目標値の見直し.....	37
3.4. 国際的な観点からのベンチマーク目標の検証	38
3.4.1. EU-ETS のベンチマーク水準.....	38
3.4.2. CO ₂ ベースへの換算方法と比較結果	39
第4章 洋紙製造業の検討状況	40
4.1. ベンチマーク指標の達成状況と課題分析.....	40
4.2. 調査票による実態調査の実施状況	40
4.3. ベンチマーク指標の見直しの検討状況	42
4.3.1. 分析に使用したデータ	42
4.3.2. 分析の場合分け	44
4.3.3. 分析の結果	44
4.3.4. 見直しの方向性.....	45
4.4. 国際的な観点からのベンチマーク目標の検証	47
4.4.1. EU-ETS のベンチマーク水準.....	48
4.4.2. CO ₂ ベースへの換算方法と比較結果	50
第5章 板紙製造業の検討状況	51
5.1. ベンチマーク指標の達成状況と課題分析.....	51
5.2. 調査票による実態調査の実施状況	51
5.3. ベンチマーク指標の見直しの検討状況	57
5.3.1. データの前処理.....	57
5.3.2. 品種別エネルギー消費原単位の推計.....	57
5.3.3. 補正式の一次案.....	60
5.3.4. 補正式の改善案（洋紙製造の事情を考慮した案）	60
1. 問題意識.....	60
2. 洋紙製造の品種構成.....	60
3. 「非塗工印刷用紙」のエネルギー消費原単位の推計.....	61
4. 補正式の改善結果	62
5.3.5. 補正手順.....	63
5.3.6. 補正結果.....	63
5.4. 国際的な観点からのベンチマーク目標の検証	64
5.4.1. EU-ETS のベンチマーク水準.....	64
5.4.2. CO ₂ ベースへの換算方法と比較結果	66

第1章 産業部門におけるベンチマーク制度の全体に関する検討状況

1.1. 事業全体の実施状況

「エネルギーの使用の合理化等に関する法律」（以下「省エネ法」という。）は、石油危機を契機として昭和 53 年に制定、翌 54 年に実施された法律であり、「内外におけるエネルギーをめぐる経済的社会的環境に応じた燃料資源の有効な利用の確保に資するため、工場等、輸送、建築物及び機械器具等についてのエネルギーの使用の合理化に関する所要の措置、電気の需要の平準化に関する所要の措置その他エネルギーの使用の合理化等を総合的に進めるために必要な措置を講ずることとし、もって国民経済の健全な発展に寄与すること」を目的としている。

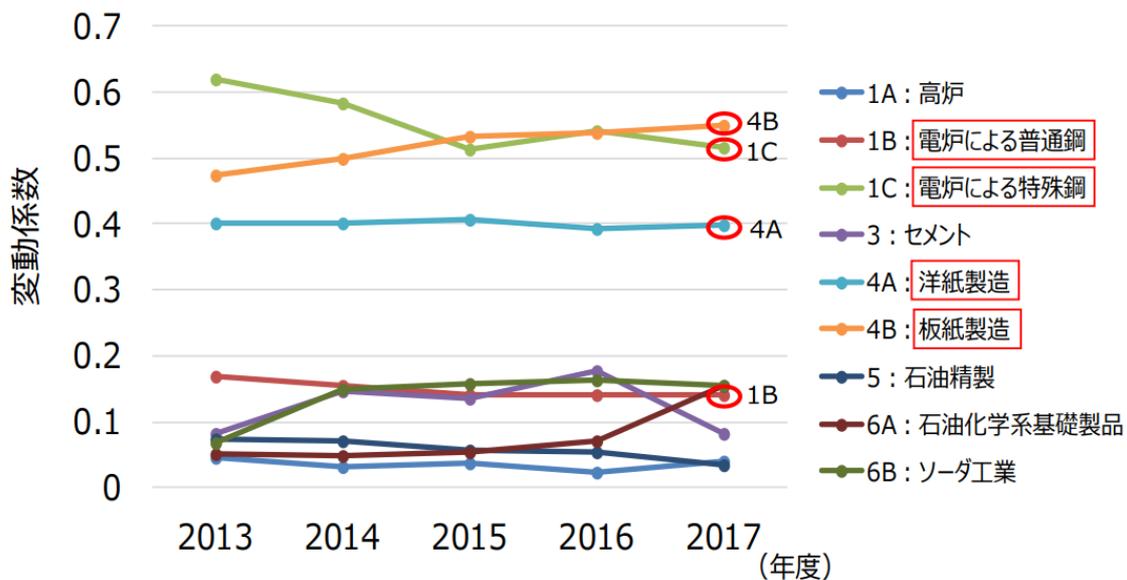
省エネ法では、工場等を設置してエネルギーを使用する者に対し、エネルギーの使用の合理化（省エネ）を求めるとともに、その具体的な目標としてエネルギー消費原単位を 5 年度間平均で年 1%以上低減すること（以下「原単位目標」という。）を努力義務として課してきた。その後、一部の事業者が省エネ努力の結果として相当程度高いエネルギー利用効率を実現したことを踏まえて、これらの事業者を正しく評価できるよう鉄鋼業、セメント製造業、化学産業、製紙業などのエネルギー多消費産業に対しては、原単位目標に加えて、業種別上位 1~2 割程度の事業者のエネルギー消費効率をベンチマーク指標とした産業ベンチマーク制度を平成 21 年度に導入し、中長期的に目指すべき水準（ベンチマーク目標）を定めて達成を求めるようにした。

このベンチマーク制度は開始から 10 年以上が経過する中で、業種別の課題が明らかになっており、個々に指標・目標を見直す必要性が高まっている。とりわけ、昨年度の調査事業及び工場等判断基準 WG 中間取りまとめで以下のことが指摘された。

「一部の事業においては、事業者間のベンチマーク指標の差が極端に大きく、省エネの状況を必ずしも的確に反映できていない可能性がある。そのため、エネルギー消費効率以外の影響要因を可能な限り排除する必要がある。」

具体的には、①生産工程の途中で投入又は除去される原材料や半製品の製造等に使用されるエネルギーによる影響、②代替燃料（廃熱、廃棄物、再エネ等）の投入による影響、③製品構成によるエネルギー使用量の差異のような要因が認められる場合には、見直しの検討を行うべきとされた。

こうした認識を踏まえて、昨年度の調査事業ではベンチマーク制度の対象業種について個別に検討した結果、1A 高炉による製鉄業等一部の業種に関して指標等の見直しを実施した。一方、1B 電炉による普通鋼製造業と 1C 電炉による特殊鋼製造業、4A 洋紙製造業と 4B 板紙製造業は代替燃料や品種構成、生産プロセスの違い等、省エネ取組以外の要素が原因で事業者間のベンチマーク指標のばらつきが大きいという課題が残されている（図 1.1-1 を参照）。



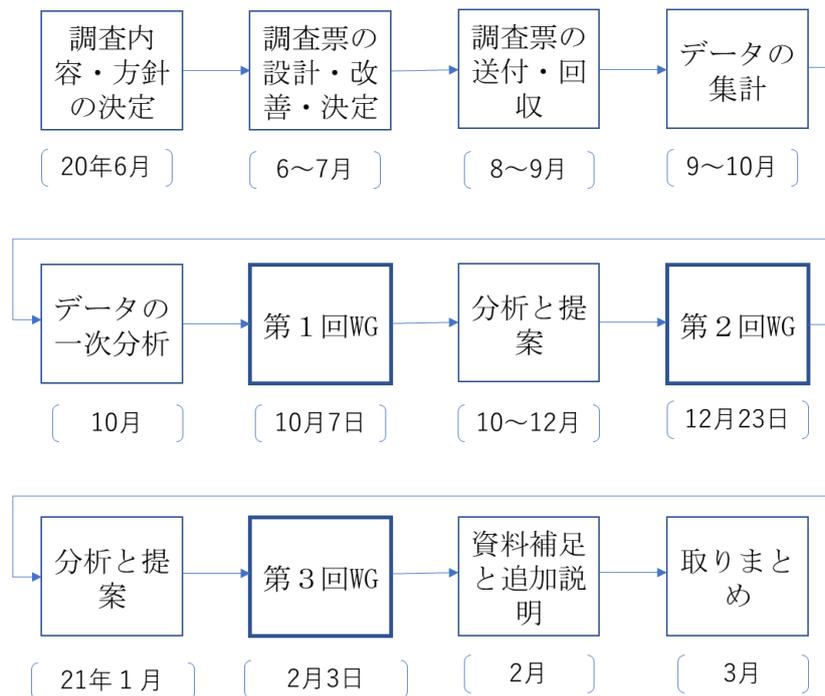
注：変動係数＝標準誤差÷平均値。異なる業種のベンチマーク指標のばらつきを比較できるように標準誤差を平均値で除した（正規化した）指標である。

出所) 令和2年度第1回工場等判断基準WG

図 1.1-1 ベンチマーク対象業種におけるベンチマーク指標の変動係数

そのため、本年度事業において、これらの業種におけるベンチマーク指標のばらつきの原因を特定できるよう調査票による実態調査を実施した。

実態調査は省エネルギー課の指示の下、関係業界団体と密に連携した上で進められ、主に図 1.1-2 に示すとおり、調査票の設計と配布、データの集計と分析、工場等判断基準WGの開催と審議等のプロセスを踏まえて実施された。



注) 電炉による特殊鋼製造業は2020年11月から12月にかけて追加調査を実施したが、図中では省略されている。また、各内容の実施に当たり、省エネルギー課や関係業界団体との協議も実施されたが、図中では省略されている。

図 1.1-2 事業全体の実施状況

1.2. 見直しの方針

工場等判断基準 WG における中間取りまとめ (案)¹で示されているようにベンチマーク指標の見直しに当たっては、以下の方針に従うこととした。

ベンチマーク指標の見直しの方針

1. 当該事業で使用するエネルギーの大部分をカバーできること
2. 定量的に測定可能であること
3. 省エネの状況を正しく示す指標であること (省エネ以外の影響要因を可能な限り排除する) 例: バウンダリーの違い、製品種類の違い、再エネ・廃熱の利用等
4. わかりやすい指標であること (過度に複雑なものは不適切)

また、ベンチマーク目標の見直しに当たっては、以下の考えを基本とした。

ベンチマーク目標の水準の基本的考え方

1. 最良かつ導入可能な技術を採用した際に得られる水準
2. 国内事業者の分布において、上位1~2割となる事業者が満たす水準
3. 国際的にみても高い水準

¹ WG : https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/sho_energy/kojo_handan/2020_003.html

とりわけ、国際的な観点から省エネ法ベンチマーク目標の水準が妥当かを検証するため、EU-ETS（欧州域内排出量取引制度）の製品ベンチマークとの比較を行うこととした。

表 1.2-1 に示すように、日本のベンチマーク制度と類似した国際的な取り組みは複数存在しているが、以下の理由により、EU-ETS 制度を比較対象とした。

EU-ETS 制度は 2005 年に欧州で導入されたキャップ&トレード型の欧州連合域内排出量取引制度（EU ETS: European Union Emissions Trading System）である。同制度は対象活動の固定施設を対象に温室効果ガスの排出権を割当するためにベンチマーク方式を採用した。同ベンチマーク制度は製品ベンチマーク（上位 10%の平均）、熱ベンチマーク（62.3CO₂/TJ）、燃料ベンチマーク（56.1CO₂/TJ）、過去の排出量との優先順位で算出方法を決定する。このうちベンチマーク方法による割当量の算出方法は下式となる。

$Allocation$ （割当量）= $Benchmark$ （ベンチマーク） \times $Historical\ activity\ level$ （歴史的活動水準） \times $carbon\ leakage\ exposure\ factor$ （カーボンリーケージ係数） \times $cross\ sectoral\ correction\ factor\ OR\ linear\ reduction\ factor$ （業種横断調整係数または線形低下係数）²

今回調査事業においては、日本の産業ベンチマーク制度と EU-ETS ベンチマーク制度はともに①製品ベースのベンチマーク、②上位 10%程度の効率水準を採用しているため比較可能な類似制度だと思われる。他方、図 1.2-1 に示すように、ベンチマーク目標水準として米国やカナダ、サウジアラビアの制度では 25%程度、韓国の制度では 50%程度、インドと英国の制度では交渉ベース、中国の制度では国際水準としているため、これらの制度との比較は困難である。

EU-ETS ベンチマーク制度との具体的な比較結果は以下各章を参照されたいが、注意点として以下共通の差異があることを留意されたい。

1. EU-ETS ベンチマーク制度における製品のベンチマーク値には、購入電力による間接 GHG 排出量を含まないのが通常だが、例外として電炉鋼ベンチマーク値には間接電力の GHG 排出量を含む。ただし、割当量の算出時、同ベンチマーク値に係数³をかけて間接排出分を取り除いている。
2. 両制度においては製品、生産プロセス、及びエネルギー使用量のバウンダリーの定義が必ずしも一致しない。
3. 生産プロセスによる温室効果ガスの排出は EU-ETS では含むが、日本のベンチマーク制度では含まない。セメント製造業はそれに該当するが、今年度の調査事業では比較対象外である。
4. EU-ETS ベンチマーク制度では CO₂ベースの原単位となっているが、日本のベンチ

² EU-ETS ベンチマーク制度の参考資料：

https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/docs/ets_handbook_en.pdf

³ 下式は係数の計算式である。ただし、 Em_{direct} は直接電力排出量、 $Em_{indirect}$ は間接電力排出量、 $Em_{NetHeatImport}$ は熱購入量である。

$$\frac{Em_{direct} + Em_{NetHeatImport}}{Em_{direct} + Em_{NetHeatImport} + Em_{indirect}}$$

マーク制度ではエネルギーベース（MJ や kl 等）の原単位となっている。そのため、CO₂に換算して比較する際、エネルギー構成の違いによるバイアスが生じる。

表 1.2-1 海外諸国のエネルギー消費効率関係制度の一覧表

国・地域	ベンチマーク制度名 (原単位分子の単位)	設定方法	対象業種 数	対象エネルギー多消費 産業
米国	Energy Star (エネルギー使用量)	25%以上	18	鉄鋼、セメント、紙パ ルプ
EU	EU ETS における排出権無償 割当のための製品別ベンチマ ーク	上位 10%平均	全産業	鉄鋼、セメント、紙パ ルプ、化学
中国	国家推奨基準 (エネルギー使用量)	国際水準参照	全産業	鉄鋼、セメント、紙パ ルプ、化学
インド	省エネルギー達成認証取引制 度 (PAT) (エネルギー使用 量)	セクター別・企業別 に調整	11	鉄鋼、セメント、紙パ ルプ、化学
カナダ	Output-based pricing system (CO ₂ 排出量)	業界平均より 2~3 割 アップ	17	鉄鋼、セメント、紙パ ルプ、化学
英国	気候変動協定 (CCA) (エネルギー使用量又は CO ₂ 排出量)	団体又は企業が政府 と交渉	全産業	鉄鋼、セメント、紙パ ルプ、化学
韓国	KETS (CO ₂ 使用量)	業界平均	23	セメント
サウジア ラビア	ベンチマーク制度 (エネルギー使用量)	グローバル上位 1/4 の 水準	3	鉄鋼、セメント、化学

出所) 令和元年度エネルギー需給構造高度化対策に関する調査等事業 (省エネポテンシャルの開拓に向けた省エネ法関連
制度等のあり方に関する調査) 報告書により再掲載

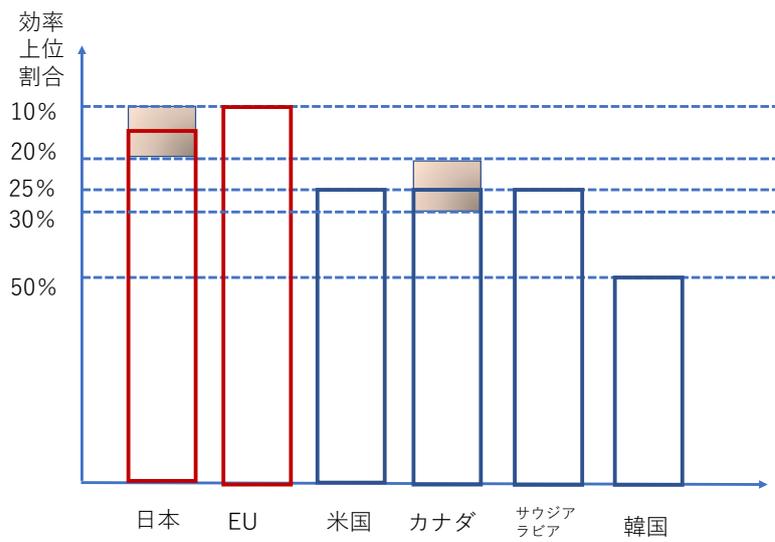


図 1.2-1 海外類似制度における目標水準の考え方

第2章 電炉による普通鋼製造業の検討状況

2.1. ベンチマーク指標の達成状況と課題分析

電炉による普通鋼製造業においては、H21(2009)年度に制度の対象となって以降見直しは実施されておらず、ベンチマーク目標値が 0.143kl/t であるのに対して、R1(2019)年度に報告された平均値は 0.170kl/t である。5 年前の H26(2014)年度と比較して 1.7%減少（改善）したが、変動係数は 0.14 前後で推移し、ばらつきは高止まりの状況が続いている。

表 2.1-1 電炉による普通鋼製造業のベンチマーク指標の達成状況

指標	単位	H27	H28	H29	H30	R1	単純平均
平均値	kl/t	0.180	0.172	0.171	0.170	0.170	0.173
標準偏差	kl/t	0.050	0.024	0.024	0.025	0.022	0.029
変動係数	-	0.278	0.140	0.140	0.147	0.129	0.167
報告事業者数	-	33	33	32	31	31	32.0
達成事業者数	-	6	6	6	6	5	5.8
達成率	-	18.2%	18.2%	18.8%	19.4%	16.1%	18.1%

注：表題の年は報告年度。

出所) 経済産業省 HP

昨年度までの検討及び今年度実施した業界団体へのヒアリングにより、電炉による普通鋼製造業におけるベンチマーク指標のばらつきは、製品によって製造工程（特に圧延工程）が異なることにより生じている可能性が高いことが示唆された。したがって、製品別のエネルギー消費原単位を定量的に把握することを目的として、調査票による実態調査を実施した。

2.2. 調査票による実態調査の実施状況

2.2.1. 調査票の様式

業界団体へのヒアリングを踏まえ、表 2.2-1 に示す調査票様式を作成し、工場・圧延ライン別に記入を求めた。製鋼工程については、高品質の粗鋼を製造する時に必要な不純物の除去や所要の成分の調整をするために、炉外精錬工程（LF 工程）を経る場合があり、通過した場合にエネルギー消費原単位の悪化要因となることから、LF 工程の有無別にエネルギー消費原単位を把握することとした。一方、圧延工程については、製品によって圧延プロセスが異なり、エネルギー消費原単位が異なることが想定されるため、品種・鋼種別にエネルギー消費原単位を把握することとした。

また、本調査票において、ベンチマーク指標計算時のエネルギー使用量のバウンダリー等

に関するアンケート調査を別途実施した。この結果は 2.2.5 に示す。

2.2.2. 配布・回収状況

調査票は電炉による普通鋼製造業のベンチマーク制度対象事業者全 32 事業者に対して実施し、全事業者から調査票を回収した（回収率 100%）。ただし、うち 4 事業者については製鋼工程・圧延工程別のエネルギー消費原単位を把握できていないため、以降の見直しに係る分析の対象外とした。

2.2.3. データの前処理

回収した調査票データに対して、まず以下の前処理を実施した。

- 製鋼工程・圧延工程に分けて報告していない 4 事業者は以下全ての分析から除外。
- 圧延工程の「その他」区分は既存の区分に含めるか除外（2019 年度の圧延量に占める比率は 8%）。
- 生産量での単純按分によるエネルギー使用量データは以下全ての分析から除外。単純按分かどうかの判定は機械的に実施。すなわち、単純按分による結果と入力値の誤差が 1kl 未満の場合はすべて単純按分と判定し、それ以外のデータを活かす。この処理によるデータ数やカバー率の低下については、表 2.2-2 のとおり。

2.2.4. 品種・鋼種別エネルギー消費原単位

調査票データを用いて、品種・鋼種別エネルギー消費原単位等を表 2.2-2 のとおり推計した。

製鋼工程のエネルギー消費原単位は、LF 工程を通過する場合にやや悪化すること、圧延工程のエネルギー消費原単位は異形棒鋼<形鋼<平鋼となることなど、事前の業界団体へのヒアリングによる定性的な見解と整合的な結果が得られた。

表 2.2-1 電炉による普通鋼製造業の調査票の様式

事業者名 0
工場・圧延ライン名

自動計算欄
入力・選択欄

本様式は、工場ごとに複製して用いてください。複製したシートは、様式1と様式3の間に配置してください。なお、1工場に複数の圧延ラインがある場合は、圧延ラインごとにシートを複製してください。この時、製鋼工程に係るデータは1シートにのみ記入してください(圧延ラインごとに按分する必要はありません)。

(記入例)丸鋼「合計」は実測値。鋼種別は原単位の違いを踏まえ、生産量を普通鋼:特殊鋼=1:2で重みづけして「合計」を按分した値。

区分	品種	鋼種orサイズ	生産量(t) ^{※4, ※6}					エネルギー使用量(kJ) ^{※5, ※6} (ベンチマーク指標の算出に用いるエネルギー使用量)					エネルギー使用量の把握方法(選択) ^{※5}	備考(エネルギー使用量の推計方法を記入)
			2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度		
製鋼工程 ^{※1}	粗鋼(LF工程なし)												(未選択)	
	粗鋼(LF工程あり)												(未選択)	
	製鋼工程計		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(未選択)	
圧延工程 ^{※1}	異形棒鋼	D<19φ											(未選択)	
		19φ≤D											(未選択)	
		合計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(未選択)	
	丸鋼	普通鋼											(未選択)	
		特殊鋼 ^{※2}											(未選択)	
		合計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(未選択)	
	形鋼	小形											(未選択)	
		中形											(未選択)	
		大形											(未選択)	
		軌条(軽重)											(未選択)	
		合計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(未選択)	
	H形鋼	合計											(未選択)	
	平鋼	普通鋼											(未選択)	
		特殊鋼 ^{※2}											(未選択)	
		合計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(未選択)	
	角鋼	普通鋼											(未選択)	
		特殊鋼 ^{※2}											(未選択)	
		合計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(未選択)	
	線材	合計											(未選択)	
	鋼板	熱延											(未選択)	
		厚板											(未選択)	
		合計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(未選択)	
		その他1(備考欄に具体的に記入) ^{※3}											(未選択)	
		その他2(備考欄に具体的に記入) ^{※3}											(未選択)	
	その他3(備考欄に具体的に記入) ^{※3}											(未選択)		
	圧延工程計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	(未選択)		

※1: 製鋼工程はピレット輸出分の製造(生産量・エネルギー使用量)を含み、圧延工程はピレット輸入分からの圧延(生産量・エネルギー使用量)を含みます。

※2: 特殊鋼とは、合金元素を一定程度含むものを指します。

※3: 品種・鋼種orサイズの「その他」区分は、当てはまるものがない場合のみ、備考欄に具体的に記入の上、ご使用ください。

※4: 生産量は品種・鋼種orサイズ別に必ず記入してください。

※5: エネルギー使用量も品種・鋼種orサイズ別に必ず記入してください。実測が困難な場合、適切な方法で按分するなどしてください。

エネルギー使用量の把握方法は、プルダウンより必ず選択してください。「推計」を選択した場合、備考欄に処理方法を記入してください。

なお、エネルギー使用量を推計する場合、可能な限り、生産量による単純按分ではなく、エネルギー原単位の違いを反映した重みづけ按分などが望ましいです。

※6: 生産量、エネルギー使用量の合計値(自動計算欄)がお手元のデータと一致しているかご確認ください。

また、表の右側のデータチェック欄に「エラー」と表示されている場合、生産量とエネルギー使用量が整合していないため、データをご確認ください。

表 2.2-2 品種・鋼種別エネルギー消費原単位

区分	品種	鋼種orサイズ	生産量						エネルギー使用量			原単位(kl/t)		(参考)原単位(kl/t)の統計				
			データ数 (工場数×年)	生産量(t) (工場数×年)	生産シェア	データ数 (エネ使用量 把握分)	生産量(t) (エネ使用量 把握分)	カバー率	データ数 (エネ使用量 把握分)	エネ量(kl) (エネ使用量 把握分)	加重平均	注	最小	平均	最大	標準偏差	変動係数	
			a	b	c	d	e	f=e/b	g=d	h	i=h/e(原則)	j	k	l	m	n=m/k		
製鋼工程	粗鋼 (LF工程なし)		75	21,256,599	27%	75	21,256,599	100%	75	2,487,330	0.117		0.094	0.118	0.151	0.012	0.102	
	粗鋼 (LF工程あり)		136	57,275,357	73%	136	57,275,357	100%	136	7,576,609	0.132		0.079	0.131	0.166	0.018	0.136	
	製鋼工程		211	78,531,956	100%	211	78,531,956	※2 100%	211	10,063,939	0.128		0.079	0.126	0.166	0.017	0.135	
圧延工程	異形棒鋼	D < 19 φ	145 ※1	22,728,543	29%	100	16,447,284	72%	100	630,541	0.038		0.023	0.044	0.073	0.014	0.323	
		19 φ ≤ D	122	15,208,431	20%	65	9,205,709	61%	65	381,963	0.041		0.020	0.047	0.129	0.020	0.420	
		—	162	37,936,974	49%	127	32,241,606	85%	127	1,208,119	0.040	1)	0.021	0.040	0.072	0.013	0.317	
	丸鋼	普通鋼	43	1,212,810	2%	12	201,094	17%	12	13,483	0.067		0.052	0.060	0.075	0.007	0.115	
		特殊鋼	13	1,524,992	2%	0	0	0%	0	-	0.072	2)	-	-	-	-	-	
		—	43	2,737,802	4%	20	1,423,564	52%	20	98,554	0.070	1)	0.052	0.064	0.079	0.009	0.132	
	形鋼	小形	30	760,250	1%	10	242,537	32%	10	13,874	0.057		0.054	0.079	0.128	0.026	0.327	
		中形	40	7,689,065	10%	20	4,639,734	60%	20	289,283	0.062		0.054	0.068	0.098	0.013	0.186	
		大形	35	2,483,753	3%	25	1,827,600	74%	25	124,864	0.068		0.055	0.071	0.091	0.011	0.160	
		軌条 (軽,重)	15	215,687	0%	10	204,603	95%	10	17,273	0.084		0.076	0.086	0.099	0.008	0.090	
	H形鋼	—	75	11,148,755	14%	45	7,580,633	68%	45	482,329	0.064	1)	0.054	0.067	0.095	0.012	0.178	
		—	40	10,410,306	13%	35	9,926,865	95%	35	626,854	0.063		0.053	0.064	0.078	0.006	0.097	
		平鋼	普通鋼	25	3,069,185	4%	10	538,389	18%	10	42,983	0.080		0.072	0.085	0.102	0.011	0.125
			特殊鋼	5	154,055	0%	0	0	0%	0	-	0.080	3)	-	-	-	-	-
			—	25	3,223,240	4%	15	2,393,305	74%	15	160,510	0.080	1)	0.060	0.078	0.102	0.013	0.171
		角鋼	普通鋼	0	0	0%	0	0	-	0	-	0.072	4)	-	-	-	-	-
			特殊鋼	9	9,014	0%	4	2,725	30%	4	196	0.072		0.066	0.086	0.104	0.018	0.208
		—	9	9,014	0%	4	2,725	30%	4	196	0.072	1)	0.066	0.086	0.104	0.018	0.208	
		線材	—	22	2,023,827	3%	12	1,899,270	94%	12	115,575	0.061		0.055	0.074	0.132	0.023	0.310
		鋼板	熱延	10	9,028,801	12%	10	9,028,801	100%	10	598,417	0.066		0.052	0.066	0.084	0.011	0.160
			厚板	10	1,063,880	1%	10	1,063,880	100%	10	59,628	0.056		0.049	0.067	0.096	0.016	0.244
—			15	10,092,681	13%	15	10,092,681	100%	15	658,045	0.065	1)	0.049	0.062	0.084	0.011	0.182	
圧延工程			240	77,582,600	100%	240	77,582,600	100%	240	3,987,784	0.051		0.021	0.050	0.095	0.017	0.334	

注1：生産量のデータ数（a列）は、当該品種・鋼種を生産を行っている工場数×年（5年分）の数である。ただし、生産を終了した場合などがあるため5で割り切れないものもある。なお、例えば異形棒鋼・D<19φと19φ≤Dのデータ数の合計と異形棒鋼全体（－）のデータ数が一致しないのは、両方の鋼種を生産している工場があるため。（異形棒鋼において、「D<19φ：145」、「19φ≤D:122」は、それぞれ「－：162」の内数であり重複がある。）

注2：データ数（エネ使用量把握分）（d列、g列）、生産量（エネ使用量把握分）（e列）、エネ量（エネ使用量把握分）（h列）とは、データ数、生産量及びエネルギー使用量のうち、当該区分のエネルギー使用量が（単純按分以外の方法で）把握できているものの合計値である。なお、例えば異形棒鋼・D<19φと19φ≤Dの生産量（エネ使用量把握分）の合計と異形棒鋼全体（－）の生産量（エネ使用量把握分）が一致しないのは、両方の鋼種を生産しており、鋼種ごとのエネルギー使用量は未把握であるが、異形棒鋼全体のエネルギー使用量は把握できている工場があるため。エネルギー使用量についても、同様の理由で合計と内訳は一致しない。（異形棒鋼において、「D<19φ：16,447,284」、「19φ≤D：9,205,709」は、それぞれ「－:32,241,606」の内数であり、重複や「－」のみに含まれるデータもある。）

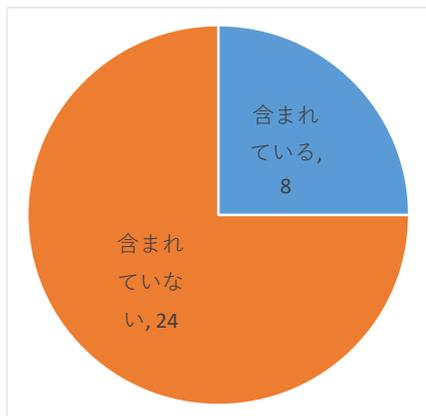
注3：原単位（加重平均）（i列）に関する注釈は以下のとおり。

- 1). 圧延工程・鋼種計：鋼種ごとの生産量と原単位を用いて算出。
- 2). 丸鋼・特殊鋼：エネルギー使用量のデータがないため、普通鋼の原単位と、普通鋼と特殊鋼の両方を生産している事業者の生産量・エネルギー使用量を用いて算出。具体的には、普通鋼と特殊鋼の両方を生産している8データ（エネルギー使用量は丸鋼全体のみ把握）について、普通鋼生産量：607,507t、特殊鋼生産量：614,963t、丸鋼全体のエネルギー使用量：85,072kl であるから、
これより、 $(85072 - 607507 \times 0.067) \div 614963 = 0.072 \text{ kl/t}$ を得た。
- 3). 平鋼・特殊鋼：エネルギー使用量のデータがないため、丸鋼・特殊鋼と同様の手法で原単位を算出したところ、負の値となったため、便宜的に平鋼・普通鋼と同じ値を表に記載した。
- 4). 角鋼・普通鋼：生産事業者がないため、便宜的に角鋼・特殊鋼と同じ値を表に記載した。

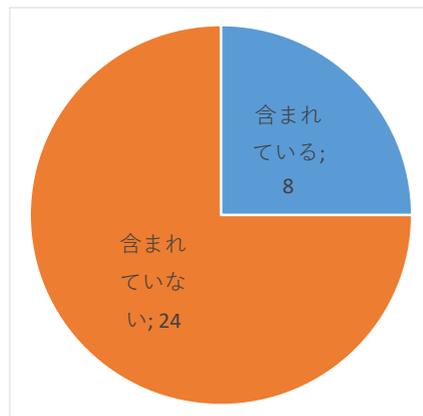
2.2.5. エネルギー使用量のバウンダリー等に関するアンケート調査

調査票の中で、ベンチマーク指標計算時のエネルギー使用量のバウンダリー等に関するアンケート調査を実施した。結果は以下のとおり。回収率は100%である(32/32者)。

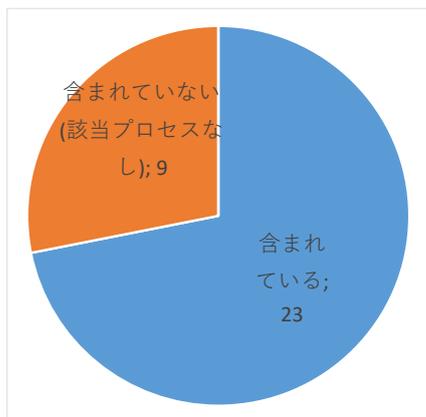
Q1: 「粗鋼量」「圧延量」には検査合格品以外も含まれていますか。



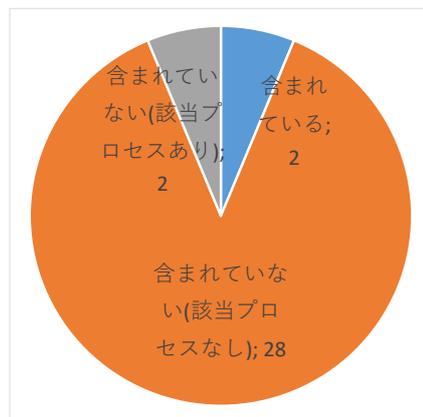
Q2: 「圧延量」には熱間圧延鋼材以外(冷間仕上げ鋼材、最終鋼材)も含まれていますか。



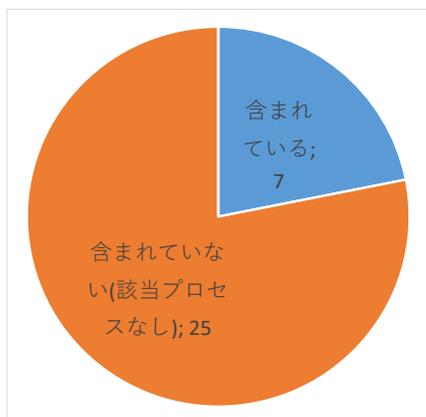
Q3: スクラップ配合、スクラップ予熱のために投入したエネルギー使用量は含まれていますか。



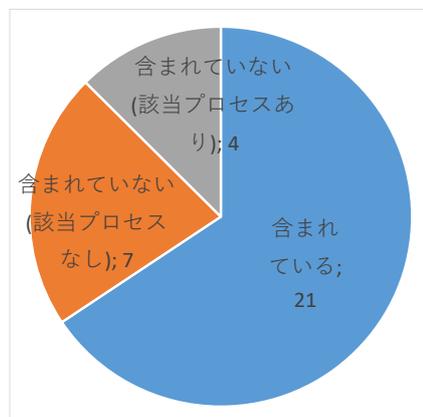
Q4: 自家発電のために投入したエネルギー使用量は含まれていますか。



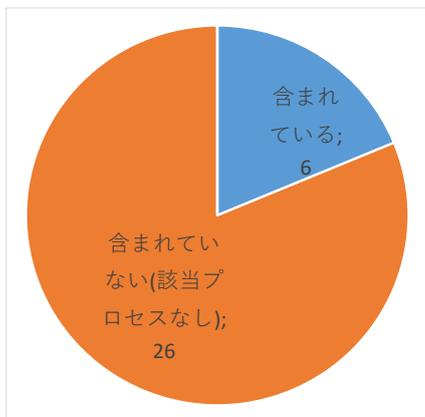
Q5: 自家用蒸気発生のために投入したエネルギー使用量は含まれていますか。



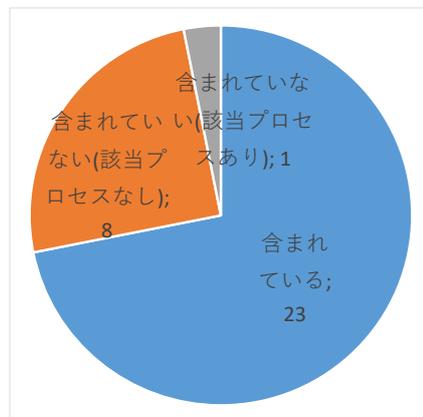
Q6: 産業ガス(酸素、窒素等)の自家製造のために投入したエネルギー使用量は含まれていますか。



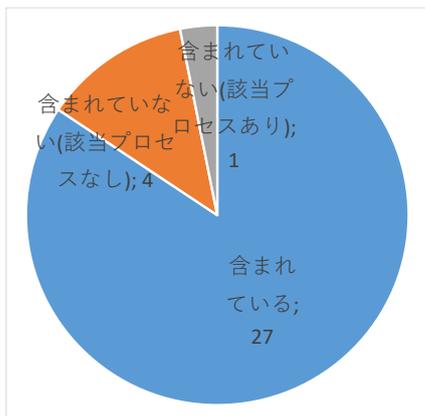
Q7: 冷間仕上（冷間圧延）のために投入したエネルギー使用量は含まれていますか。



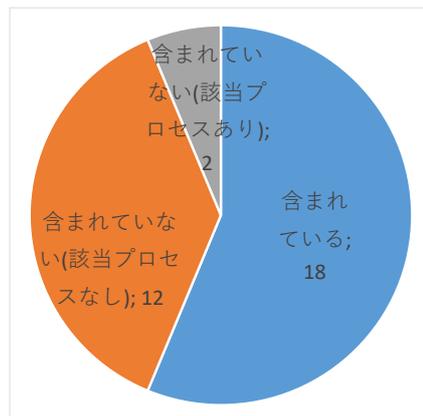
Q8: 排ガス処理のために投入したエネルギー使用量は含まれていますか。



Q9: 排水処理のために投入したエネルギー使用量は含まれていますか。



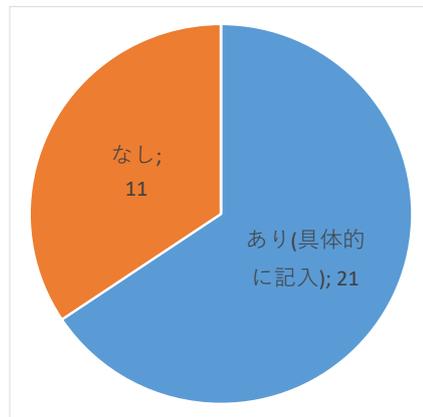
Q10: 廃棄物処理のために投入したエネルギー使用量は含まれていますか。



Q11: 電気炉において、廃棄物の溶融処理に伴うエネルギー使用量の増減は含まれていますか。



Q12: Q3~Q11のほか、エネルギー使用量に含めている付帯設備・プロセスはありますか。



- Q12: Q3～Q11のほか、エネルギー使用量に含めている付帯設備・プロセスはありますか。において、「あり」と回答した事業者の自由記述欄

A社	主設備のほか、事務所、倉庫、スラグ処理、製品加工など工場内全てのエネルギー使用量を対象としている。
B社	主要設備ほどエネルギー量は多くないですが、工場内の電灯動力が含まれています。 コンプレッサー、製品の保管や出荷のクレーンなど。
C社	コンプレッサー、クレーン、原材料コンベア、照明等
D社	事務所、厚生棟の電力量
E社	・スクラップ・資材・製品等構内運搬車両・重機燃料 ・事務所電力 ・製鋼・圧延工場で使用する全てのエネルギー
F社	レードル乾燥装置、タンディッシュ予熱装置、 圧延型決め炉、構内循環冷却水処理設備、 スクラップ検収（クレーン）、出荷プロセス（クレーン等）
G社	ポンプ、集塵機、ファン、搬送用各モーター エアコン、照明、クレーン
H社	RHF設備、クレーン、照明、空調、 構内重機、断面処理
I社	酸素発生設備、水処理設備、集塵機、コンプレッサー、天井クレーン、取鍋（LD）乾燥設備
J社	アングルの塗装工程（LPGによる加熱。ただしA工場全エネルギー量の0.15%のみ）
K社	集塵設備、冷却水設備、排水設備
L社	製品出荷クレーンや出荷ヤード [※] 暑熱対策の空調、保全工場の工作機器や同クレーン、空調のエネルギーを含みます。
M社	A工場：加工品工場、ガス化溶融炉、カラー設備、破碎機等、圧延の生産に無関係な電力が含まれているので、圧延はエネルギー消費原単位が割高になる。 B工場：なし C工場：付帯設備(クレーン・コンプレッサー)、一般動力
N社	メッキ加工設備、鋳造機械製造設備、空気圧縮機等
O社	エレベーターガイドレール加工ライン 塗装ライン 継手加工ライン

P 社	①鑄造品製造プロセス（溶解・熱処理等） ②工場内付帯設備（クレーン、照明等）
Q 社	原料受入プロセス 製品出荷プロセス 製品二次加工プロセス
R 社	鉄筋加工、製品出荷クレーン、厚生施設（浴場）
S 社	精錬炉、連続鑄造機、加熱炉、圧延機、矯正機
T 社	A 工場：特高受変電所、事務所、構内車両 B 工場：特高変電所、事務所、食堂、風呂 C 工場：特高変電所、事務所、構内車両 D 工場：特高受変電所、事務所、厚生棟、構内車両
U 社	焼鈍炉

2.3. ベンチマーク指標の見直しの検討状況

2.3.1. 補正式

新しいベンチマーク指標の計算式は次式による。赤字が製鋼工程、青字が圧延工程の補正係数であり、ともに製品別のエネルギー消費原単位を補正する。

具体的には、補正係数は、基準となる製品（製品構成）に換算したエネルギー使用量を、製造品種を考慮したエネルギー使用量（平均原単位を用いて計算した値）で除したものである。ここで、製品ごとのエネルギー消費原単位は固定値として与える。

$$\text{Benchmark_index} = \frac{EU}{\sum QU_i} \cdot \frac{GU_0 \cdot \sum QU_i}{\sum GU_i \cdot QU_i} + \frac{EL}{\sum QL_j} \cdot \frac{GL_0 \cdot \sum QL_j}{\sum GL_j \cdot QL_j}$$

ここで、

i : 製鋼工程製品（LFなし、あり別）

EU : 製鋼工程エネルギー使用量(kl)

QU_i : 製鋼工程製品別生産量(t)

GU_i : 製鋼工程製品別エネルギー消費原単位(kl/t)

GU_0 : 製鋼工程基準エネルギー消費原単位(kl/t) : **0.126 kl/t（業界単純平均）とする**

j : 圧延工程製品（品種別又は品種・鋼種別）

EL : 圧延工程エネルギー使用量(kl)

QL_j : 圧延工程製品別生産量(t)

GL_j : 圧延工程製品別エネルギー消費原単位(kl/t)

GL_0 : 圧延工程基準エネルギー消費原単位(kl/t) : **0.050 kl/t（業界単純平均）とする**

(参考)

なお上式は、以下のように分子を実績エネルギー使用量、分母を基準となる製品の生産量換算で表すこともできる。

$$\text{Benchmark_index} = \frac{EU}{\sum QU_i \cdot GU_i / GU_0} + \frac{EL}{\sum QL_j \cdot GL_j / GL_0}$$

2.3.2. 補正手順

○製鋼工程の補正

(例) 粗鋼生産量 2000t (LF あり 10000t、LF なし 10000t)、製鋼工程エネルギー使用量 2400kl の場合

※太枠は入力値、赤字は固定値、その他は計算値

i	製鋼工程	原単位 (単位 kl/t)	生産量 (単位 t)	エネ使用量 (単位 kl)
1	LF 工程なし	0.117	10000	1170
2	LF 工程あり	0.132	10000	1320
-	合計	—	20000…A	2490…B

- ① LF なし・あり別の粗鋼生産量を記入 (生産量の合計 : A)。
- ② それぞれの生産量と加重平均原単位 (表 2.2-2) を掛け合わせて足すことにより、LF 工程の有無を考慮したエネルギー使用量を算出 (B)。
- ③ 業界平均を基準とし、 $0.126 \times A / B$ を計算することで補正係数を得る。
- ④ その補正係数を製鋼工程の原単位に掛け合わせることで、LF 工程の通過割合による原単位のばらつきを補正することができる。

$$\begin{aligned}
 \text{製鋼工程BM} &= \text{製鋼工程原単位} \times \text{補正係数} = \frac{2400}{20000} \times \frac{0.126 \times 20000}{2490} \\
 &= 0.120 \times 1.012 \\
 &= 0.121
 \end{aligned}$$

○圧延工程の補正

(例) 圧延量 20000t、圧延工程エネルギー使用量 800kl の場合

※：太枠は入力値、青字は固定値、その他は計算値

i	圧延工程	原単位 (単位 kl/t)	生産量 (単位 t)	エネ使用量 (単位 kl)
1	異形棒鋼	0.040	5000	200
2	丸鋼	0.070	5000	350
3	形鋼	0.064	5000	320
4	H形鋼	0.063	0	—
5	平鋼	0.080	0	—
6	角鋼	0.072	0	—
7	線材	0.061	5000	305
8	鋼板	0.065	0	—
—	合計	—	20000…A	1175…B

- ① 品種・鋼種別の生産量を記入（生産量の合計：A）。
- ② それぞれの生産量と加重平均原単位（表 2.2-2）を掛け合わせて足すことにより、製造品種を考慮したエネルギー使用量を算出（B）。
- ③ 業界平均を基準とし、 $0.050 \times A / B$ を計算することで補正係数を得る
- ④ その補正係数を圧延工程の原単位に掛け合わせるにより、製造品種による原単位のばらつきを補正することができる。

$$\begin{aligned} \text{圧延工程BM} &= \text{圧延工程原単位} \times \text{補正係数} = \frac{800}{20000} \times \frac{0.050 \times 20000}{1175} = 0.040 \times 0.851 \\ &= 0.034 \end{aligned}$$

2.3.3. 補正結果

2019 年度実績を基に算出した補正結果を以下に示す。圧延工程について、品種別に補正した場合と、より細かい品種・鋼種別に補正した 2 通りの結果を試算した。いずれの補正方法であっても、全体の平均値を維持した状態で、変動係数（業界内のバラツキ）は大きく改善する。省エネ取組と関係の薄い要素を排除することで、ベンチマーク指標の適正化が図られる。なお、品種別と品種・鋼種別を比較した場合、変動係数の改善度合いは同程度である。事務局案としては、業界団体へのヒアリング等を踏まえ、品種別の補正を採用した。

ベンチマーク値

	補正前	補正後
最小	0.136	0.127
平均	0.169	0.170
最大	0.211	0.200
標準偏差	0.024	0.018
変動係数	0.142	0.107

達成状況

	補正前	補正後
達成事業者数	7	3
事業者数	28	28
達成率	25%	11%

図 2.3-1 2019 年度実績を基に算出した補正結果
製鋼工程（LF あり・なし別）、圧延工程（品種別）

ベンチマーク値

	補正前	補正後
最小	0.136	0.127
平均	0.169	0.171
最大	0.211	0.201
標準偏差	0.024	0.018
変動係数	0.142	0.107

達成状況

	補正前	補正後
達成事業者数	7	3
事業者数	28	28
達成率	25%	11%

図 2.3-2 2019 年度実績を基に算出した補正結果
製鋼工程（LF あり・なし別）、圧延工程（品種・鋼種別）

2.3.4. ベンチマーク目標値の見直し

ベンチマーク指標の補正を行った結果、ばらつきは改善した一方で、ベンチマーク達成事業者率が 25%から 11%へと減少したため、達成率が 15%程度となるよう、ベンチマーク目標値の見直しの検討を行った。

新たなベンチマーク目標値候補の比較結果を表 2.3-1、補正後のベンチマーク指標の平均・標準偏差を表 2.3-2 にそれぞれ示す。事務局案としては、業界団体へのヒアリング等を踏まえ、0.150kl/t (2019 年度の平均－標準偏差×1.1) を採用した。2019 年度実績を基に算出すると、目標変更後の達成事業者数は 4/28 者であり、達成率は 14%となる。

表 2.3-1 ベンチマーク目標値候補の比較

BM 目標値 (kl/t)	根拠	達成事業者数(達成率)				
		2015	2016	2017	2018	2019
0.143	現状の水準	1 (4%)	2 (7%)	2 (7%)	2 (7%)	3 (11%)
0.146	2019 年度の上位 10%	2 (7%)		3 (11%)		
0.148	2015～2019 年度の上位 10%					
0.149	2019 年度の上位 12.5%	3 (11%)	3 (11%)	3 (11%)	3 (11%)	4 (14%)
0.150	2019 年度の平均－標準偏差×1.1					
0.151	2015～2019 年度の上位 12.5%、 2019 年度の上位 15%					
0.152	2019 年度の上位 15.9% (平均－ 標準偏差)	4 (14%)	4 (14%)	4 (14%)	4 (14%)	5 (18%)
0.153	2015～2019 年度の上位 15.9% (平 均－標準偏差)					

注 1：対象事業者は製鋼工程と圧延工程を分けて報告していない 4 事業者を除く 28 事業者

注 2：2015～2019 年度における平均－標準偏差×1.1 の値は 0.151kl/t

表 2.3-2 ベンチマーク指標の平均・標準偏差 (年度別)

年度	①平均 (kl/t)	②標準偏差 (kl/t)	①－② (kl/t)
2015	0.172	0.017	0.155
2016	0.171	0.018	0.153
2017	0.169	0.017	0.153
2018	0.170	0.016	0.154
2019	0.170	0.018	0.152
2015～2019	0.170	0.017	0.153

2.4. 国際的な観点からのベンチマーク目標の検証

今回見直しを実施したベンチマーク目標値 (0.150kl/t) の国際的な観点からの検証として、EU-ETS のベンチマークと比較した。

2.4.1. EU-ETS のベンチマーク水準

EU-ETS (フェーズ 3) の製品ベンチマークのうち、電炉による普通鋼製造業に相当する製品は EAF carbon steel (電炉炭素鋼) であり、ベンチマーク値は 0.283 tCO₂/トンである。なお、圧延工程は製品ベンチマークの対象外である。また、EU-ETS においては、電力消費による間接排出は無償配分の対象外だが、このベンチマーク値自体には電力消費による排出分が含まれていることに注意を要する。

表 2.4-1 EU-ETS (フェーズ 3) の製品ベンチマークにおける電炉炭素鋼の概要

ベンチマーク値	0.283 tCO ₂ /t
製品単位	鑄造後の二次粗鋼トン
対象製品	8%未満の金属合金元素とトランプ元素を含む鋼で、高い表面品質と加工性が要求されない製品への使用に限定されるもの。
対象プロセス	<ul style="list-style-type: none"> ・ 以下のプロセス単位と直接あるいは間接に関連している全てのプロセスを含む。 ① electric arc furnace : 電気アーク炉 ② secondary metallurgy : 二次精錬 ③ casting and cutting : 鑄造と切断 ④ post-combustion unit : ポスト燃焼ユニット ⑤ dedusting unit : 除塵ユニット ⑥ vessels heating stands : 容器加熱スタンド ⑦ casting ingots preheating stands : 鑄造インゴット予熱スタンド ⑧ scrap drying : スクラップ乾燥 ⑨ scrap preheating : スクラップ予熱 ・ 鑄造の下流工程、例えば熱間圧延用の圧延及び再加熱は含まない。 →熱あるいは燃料ベンチマークの対象
対象排出	<ul style="list-style-type: none"> ・ 電力消費による間接排出は無償配分の対象外だが、BM 値自体には電力消費による排出が含まれる。配分量の計算時に、直接排出量と総排出量の比を乗じることでこれが補正される。 ・ 測定可能な熱 (蒸気、熱水等) の輸出は BM 値に含まれない。ETS 対象の消費者に輸出された場合、消費者が無償配分を受け取る (熱ベンチマーク適用時のみ)。ETS 非対象の消費者に輸出された場

	合、輸出者が無償配分を受け取る。
ベンチマーク値の補正	<ul style="list-style-type: none"> BM 値には電力消費が含まれるため、以下の係数を乗じることで補正される。 (直接排出+輸入熱による間接排出)/(直接排出+輸入熱による間接排出+電力消費による間接排出)

出所) Guidance Document no.9 on the harmonized free allocation methodology for the EU-ETS post 2012 Sector-specific guidance

2.4.2. CO₂ベースへの換算方法と比較結果

日本の電炉による普通鋼製造業のベンチマーク目標値は圧延工程も含むエネルギー消費原単位 (kl/t) であるため、製鋼工程のみの CO₂ベース (tCO₂/t) に換算して EU-ETS のベンチマーク値と比較した (表 2.4-2)。

その結果、日本の電炉による普通鋼製造業におけるベンチマーク目標値を CO₂ベースに換算すると、見直し前で 0.210 tCO₂/t、見直し後で 0.221 tCO₂/t となり、EU-ETS の 0.283 tCO₂/t と比較して遜色ない水準と思われる。ただし、日本のベンチマークと EU-ETS の製品ベンチマークは、生産量やエネルギーのバウンダリーが完全には一致しないため、あくまで参考比較である。

表 2.4-2 CO₂ベースのベンチマーク値への換算方法

指標	単位	見直し前	見直し後	EU-ETS
BM 値 (換算前) a	k/t	0.143	0.150	-
換算係数① (注 1) b	-	0.712		-
換算係数② (注 2) c	kl/GJ	0.0258		-
換算係数③ (注 3) d	tCO ₂ /TJ	53.3		-
BM 値 (換算後) e = a*b/c/1000*d	tCO ₂ /t	0.210	0.221	0.283

注 1: 調査票データより、2018 年度における 28 者の製鋼工程・圧延工程のエネルギー消費原単位の加重平均値を求め、そこから(製鋼工程原単位)/(製鋼工程原単位+圧延工程原単位)を計算して得た。

注 2: 定期報告書記入要領

注 3: 2018 年度総合エネルギー統計 (詳細表)「電気炉」の排出量とエネルギー使用量より下式で算出。
換算係数[tCO₂/TJ]=(炭素単位表の総合計[10³ tC])÷(エネルギー単位表(本表)の総合計[TJ])×44/12×1000

第3章 電炉による特殊鋼製造業の検討状況

3.1. ベンチマーク指標の達成状況と課題分析

電炉による特殊鋼製造業においては、H21(2009)年度に制度の対象となって以降見直しは実施されておらず、ベンチマーク目標値が 0.36kl/t であるのに対して、R1(2019)年度に報告された平均値は 0.58kl/t である。5 年前の H26(2014)年度と比較して 1.8%増加（悪化）しており、また、変動係数は 0.5 前後で推移し、ばらつきは高止まりの状況が続いている。

表 3.1-1 電炉による特殊鋼製造業のベンチマーク指標の達成状況

指標	単位	H27	H28	H29	H30	R1	単純平均
平均値	kl/t	0.56	0.64	0.69	0.67	0.58	0.63
標準偏差	kl/t	0.33	0.34	0.35	0.36	0.33	0.34
変動係数	-	0.59	0.53	0.51	0.54	0.57	0.55
報告事業者数	-	19	19	16	18	16	17.6
達成事業者数	-	6	5	3	4	5	4.6
達成率	-	31.6%	26.3%	18.8%	22.2%	31.3%	26.0%

注：表題の年は報告年度。

出所) 経済産業省 HP

昨年度までの検討及び今年度実施した業界団体へのヒアリングにより、電炉による特殊鋼製造業におけるベンチマーク指標のばらつきは、製品によって製造工程（特に下工程）が異なることにより生じている可能性が高いことが示唆された。したがって、製品工程別のエネルギー消費原単位を定量的に把握することを目的として、調査票による実態調査を実施した。

3.2. 調査票による実態調査の実施状況

3.2.1. 調査票の様式

業界団体へのヒアリングを踏まえ、事業者別に、表 3.2-1 及び表 3.2-2 に示す調査票様式を作成した（各 3 年分調査）。上工程については、製品によって容量の異なる電気炉を通過する。よって、需要が少ない特殊品を小容量の炉で溶解する場合にエネルギー消費原単位の悪化要因となると想定されるため、電気炉の炉容量とエネルギー消費原単位の関係を把握することとした。一方、下工程については、一部の製品のみが通過するプロセスが存在することにより、エネルギー消費原単位に差が生じていることが想定されるため、業界団体へのヒアリングを踏まえて選定したプロセス別にエネルギー消費原単位を把握することとした。

また、本調査票において、ベンチマーク指標計算時のエネルギー使用量のバウンダリー等

に関するアンケート調査を別途実施した。この結果は 3.2.5 に示す。

3.2.2. 配布・回収状況

調査票は電炉による特殊鋼製造業のベンチマーク制度対象事業者全 16 事業者に対して実施し、うち 15 事業者から調査票を回収した（回収率 94%）。ただし、うち 2 事業者については上工程・下工程別のエネルギー消費原単位を把握できていないため、収集したデータは用いるが、補正結果の試算（3.3.3）は対象外とした。

3.2.3. 上工程：炉容量とエネルギー消費原単位の関係

○前処理

回収した上工程の調査票データに対して、まず以下の前処理を実施した。

- LF 炉が報告されている場合はデータから除外。
- A 社の真空誘導溶解炉はデータから除外（2 炉×3 年）。
※実験設備の延長のような設備ということのため参考に留める。
- 電気炉のうち、低周波炉・高周波炉は「大気誘導溶解炉」の区分に変更。
- 粗鋼製造量 50t 未満の炉をデータから除外（3 炉×3 年）。
※粗鋼製造量 0.9~27t、いずれも B 社の真空誘導溶解炉。

以上の処理により、対象データ数（炉×年）は以下のとおりとなった。

大気誘導溶解炉	： 36
真空誘導溶解炉	： 33
電気炉	： 83
計	： 152

○分析結果

調査票データを用いて、電気炉（誘導溶解炉を含む）の電力消費原単位（MWh/t）を炉容量（t/ch）（※1回の溶解で生産される粗鋼量）で回帰した。

炉容量が小さいほど電力消費原単位が悪化する傾向が確認できる。また、図 3.2-1 中に示している式は指数及び累乗での回帰式であり、決定係数は異常値除外後の累乗で 0.4598 となり相関がある。

3.2.4. 下工程：対象プロセスのエネルギー使用量等

○前処理

回収した下工程の調査票データに対して、まず以下の前処理を実施した。

- 二次溶解
 - A 社：製造量未記入のためイコール作業量と設定。

- B社：VIMが含まれるが、そのままとした（同社ではVIMは補機ラインであるため、下工程として整理しているとのこと）。
- 自由鍛造
 - C社：装入量未記入のためイコール製造量と設定。作業量未記入のため、同社の平均的なヒート数をヒアリングし、装入量に乗じることで設定。
 - D社：作業量の中に圧延向けの重量が含まれるため、製造量が極端に少ない値となっていることから、製造量イコール装入量に再設定。

○分析結果

調査票データを用いて、対象プロセス別エネルギー消費原単位等を表 3.2-3 のとおり分析した。

作業量あたりの加重平均原単位をみると、二次溶解、磨帯鋼を製造する冷間加工工程（付随する熱処理を含む）は比較的对象事業者も多く、かつ大きい値となっている。また、対象プロセスごとに事業者別のエネルギー消費原単位を比較すると、粉末製造と加工工程などばらつきが大きいプロセスも存在する。また、2017～2019年度のベンチマーク対象事業者全体で、対象プロセスが下工程エネルギー使用量に占める割合は24.2%、全エネルギー使用量に占める割合は13.2%となっている。

表 3.2-1 電炉による特殊鋼製造業の調査票の様式（上工程）

工場名	電気炉 ／真空誘導溶解炉	設備記号 (省略可)	粗鋼 製造量 (t) ※1	ch数	t/ch	エネルギー使用量 ※2					原油換算エネ ルギー原単位 (kl/t)	備考
						昼間買電 (MWh)	夜間買電 (MWh)	左記以外の買 電 (MWh)	化石燃料計 (GJ)	合計 ※3 (kl)		
	未選択				#DIV/0!					0	#DIV/0!	
	未選択				#DIV/0!					0	#DIV/0!	
	未選択				#DIV/0!					0	#DIV/0!	
	未選択				#DIV/0!					0	#DIV/0!	
	未選択				#DIV/0!					0	#DIV/0!	
	未選択				#DIV/0!					0	#DIV/0!	
	未選択				#DIV/0!					0	#DIV/0!	
	未選択				#DIV/0!					0	#DIV/0!	
	未選択				#DIV/0!					0	#DIV/0!	
	未選択				#DIV/0!					0	#DIV/0!	
	未選択				#DIV/0!					0	#DIV/0!	
	未選択				#DIV/0!					0	#DIV/0!	
	未選択				#DIV/0!					0	#DIV/0!	
	未選択				#DIV/0!					0	#DIV/0!	

※1: 粗鋼製造量は、ピレット外販分の製造を含みます。また、当該プロセスを経て製造された、最終的な粗鋼量(良塊)を記入してください。すなわち、合計値はベンチマーク指標計算時の「粗鋼量」と等しくなります。

※2: エネルギー使用量はベンチマーク指標の算出に用いるエネルギーと同じ定義(再エネ等を除く)としてください。

※3: 電力の熱量換算では、昼夜間買電の定義に地域差があることを踏まえ、9.625 GJ/MWh (昼間買電9.97と夜間買電9.28の単純平均)を用いています。

表 3.2-2 電炉による特殊鋼製造業の調査票の様式（下工程）

区分	プロセス （「(ご参考)下工程解説」以下のシートもご参照ください。）	プロセス有無	装入量(t)	作業量 (通過量)(t) ^{※2}	ヒート数	製造量(t) ^{※3}	エネルギー使用量 ^{※4, ※5} (プロセス別の昼間買電、夜間買電の区分が困難な場合、工場全体の比率を用いた按分等も可とします。)				エネルギー使用量の把握方法 (選択)	原単位 (k/作業量t)	原単位 (k/製造量t)	備考(エネルギー使用量の推計方法を記入)	
							昼間買電 (MWh)	夜間買電 (MWh)	左記以外の買電 (MWh)	化石燃料計 (GJ)					合計 ^{※6} (k)
圧延等工程 ^{※1}	二次溶解(ESR、VAR等) ※電力は溶解主機電力のみ対象	(未選択)									0	(未選択)	#DIV/0!	#DIV/0!	
	自由鍛造 ※電力は主機電力+補機電力が対象 ※加熱炉燃焼も対象	(未選択)			#DIV/0!						0	(未選択)	#DIV/0!	#DIV/0!	
	磨棒鋼、線材を製造する冷間加工工程 ※電力は主機電力+補機電力が対象 ※付随する熱処理のエネルギーは対象外	(未選択)									0	(未選択)	#DIV/0!	#DIV/0!	
	磨帯鋼を製造する冷間加工工程 ※電力は主機電力+補機電力が対象 ※付随する熱処理のエネルギーは対象外	(未選択)									0	(未選択)	#DIV/0!	#DIV/0!	
	粉末製造と加工工程 ※電力は主機電力+補機電力が対象	(未選択)									0	(未選択)		#DIV/0!	
	磨棒鋼、線材を製造する冷間加工工程 (棒鋼ピレットヒーリング)	(未選択)									0	(未選択)	#DIV/0!	#DIV/0!	
	製管プロセス(ユージン)における、 鋼管ピレットを製造する冷間加工工程	(未選択)									0	(未選択)	#DIV/0!	#DIV/0!	
	製管プロセスにおける、 鋼管を製造する冷間加工工程(ビルガーマイル)	(未選択)									0	(未選択)	#DIV/0!	#DIV/0!	
その他工程 (発生物リサイクル設備)	回転炉床炉(RHF)	(未選択)									0	(未選択)	#DIV/0!	#DIV/0!	
	電気式還元炉	(未選択)									0	(未選択)	#DIV/0!	#DIV/0!	

※1: 圧延等工程はピレット購入分からの圧延を含みます。

※2: 作業量(通過量)は、当該プロセスを通過した延べ重量(炉戻しを行う場合など)を記入してください。

※3: 製造量は、当該プロセス完了後の、切断後の製品重量を記入してください。

※4: エネルギー使用量はベンチマーク指標の算出に用いるエネルギーと同じ定義(再エネ等を除く)としてください。

エネルギーの報告バウンダリは、「(ご参考)下工程解説」以下のシートをご参照ください。

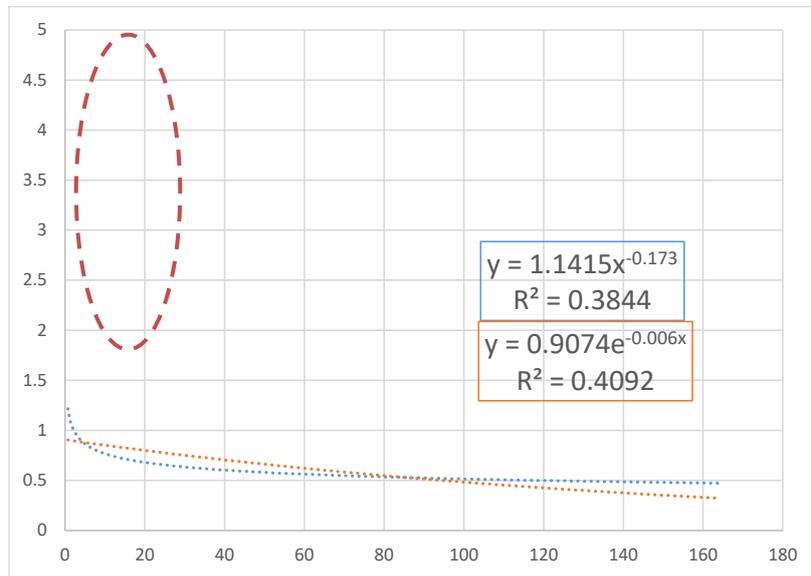
※5: プロセスごとの製造量及びエネルギー使用量は、実測あるいは適切な按分推計などにより、可能な限り記入してください。

プロセスごとのエネルギー使用量の按分推計を行った場合の方法、及び回答困難な場合はその理由などについて、備考欄に記入してください。

※6: 電力の熱量換算では、昼夜間買電の定義に地域差があることを踏まえ、9.625 GJ/MWh(昼間買電9.97と夜間買電9.28の単純平均)を用いています。

注：冷間加工工程について、上表では付随する熱処理のエネルギーは対象外としているが、原単位が比較的大きい「磨帯鋼を製造する冷間加工工程」については、付随する熱処理を含んだエネルギー消費原単位についても上表と同様のフォーマットにより別途追加調査を行った。以降に示すデータはすべて、「磨帯鋼を製造する冷間加工工程」については、付随する熱処理を含んだ値を示している。

異常値除外前



異常値除外後（上図囲み内の2点を除外）

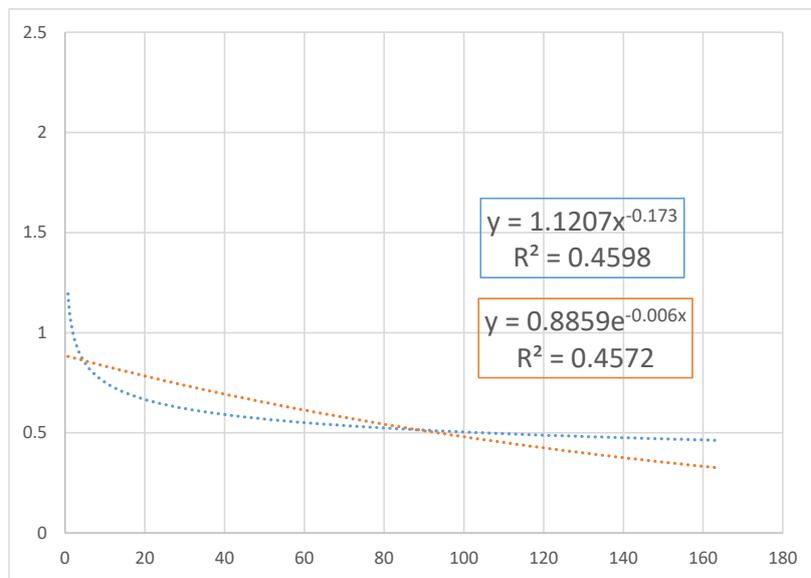


図 3.2-1 炉容量[t/ch] vs 電力原単位[MWh/t]

表 3.2-3 調査対象プロセス別加重平均原単位 (2017~2019 年度)

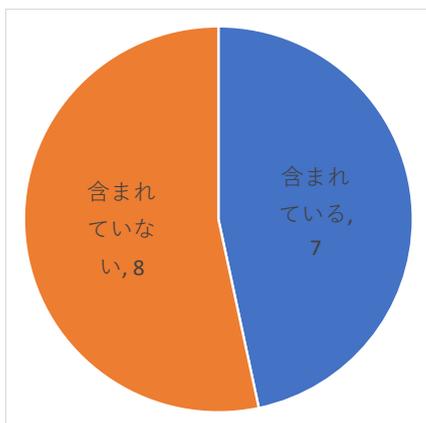
	a	b	c	d	e	f	g=b/e	h=b/f
プロセス	対象事業者数	エネルギー使用量 (kl)	下工程エネルギー使用量に占める割合	全エネルギー使用量に占める割合	作業量 (t)	製造量 (t)	加重平均原単位 (kl/作業量 t)	加重平均原単位 (kl/製造量 t)
二次溶解	7	74,420	1.9%	1.0%	235,699	222,011	0.316	0.335
自由鍛造	7	268,086	6.9%	3.8%	3,055,641	940,762	0.088	0.285
磨棒鋼, 線材を製造する冷間加工工程	6	116,608	3.0%	1.6%	5,229,519	4,911,020	0.022	0.024
磨帯鋼を製造する冷間加工工程	5	403,346	10.4%	5.7%	2,430,470	2,110,217	0.166	0.191
粉末製造と加工工程	4	21,977	0.6%	0.3%	-	39,914	-	0.551
磨棒鋼, 線材を製造する冷間加工工程 (棒鋼ピレットピーリング)	2							
製管プロセス (ユージン) における、鋼管ピレットを製造する冷間加工工程	1							
製管プロセスにおける、鋼管を製造する冷間加工工程 (ビルガーマル)	1							
回転炉床炉 (RHF)	1							
電気式還元炉	1							
合計	-	936,057	24.2%	13.2%	-	-	-	-

注 1：冷間加工工程のうち、「磨帯鋼を製造する冷間加工工程」のみ付随する熱処理のエネルギーを含む。注 2：点線枠は対象事業者が少なく、個社情報となるため、数値未掲載。

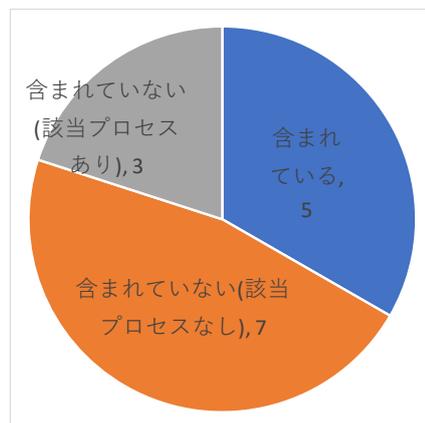
3.2.5. エネルギー使用量のバウンダリー等に関するアンケート調査

調査票の中で、ベンチマーク指標計算時のエネルギー使用量のバウンダリー等に関するアンケート調査を実施した。結果は以下のとおり。回収率は94%である（15/16者）。

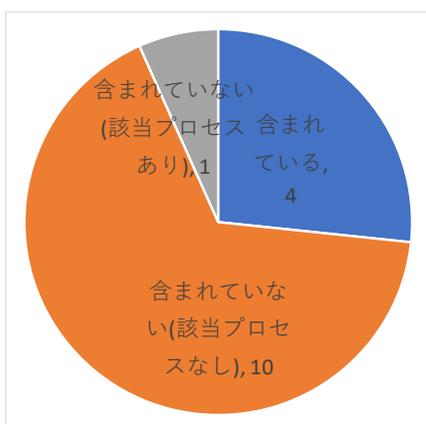
Q1: 「粗鋼量」には検査合格品以外も含まれていますか。



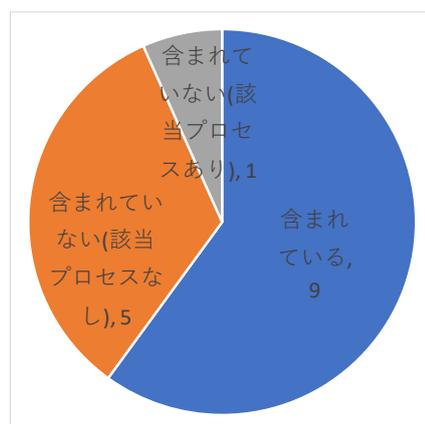
Q2: スクラップ配合、スクラップ予熱のために投入したエネルギー使用量は含まれていますか。



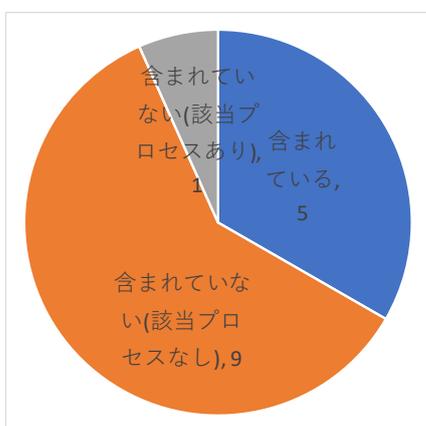
Q3: 自家発電のために投入したエネルギー使用量は含まれていますか。



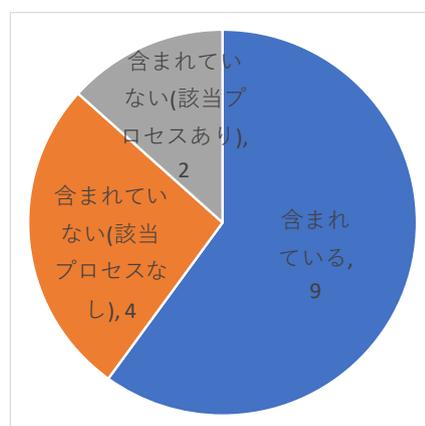
Q4: 自家用蒸気発生のために投入したエネルギー使用量は含まれていますか。



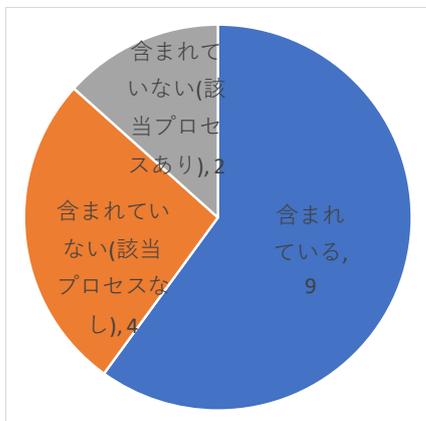
Q5: 産業ガス（酸素、窒素等）の自家製造のために投入したエネルギー使用量は含まれていますか。



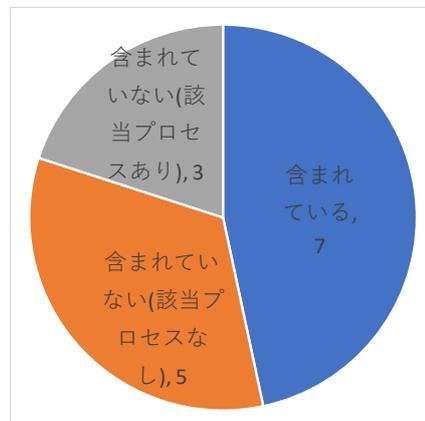
Q6: 排ガス処理のために投入したエネルギー使用量は含まれていますか。



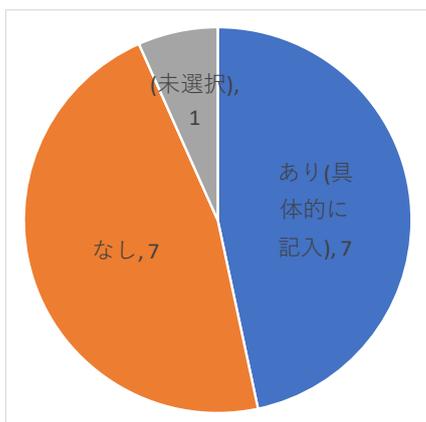
Q7: 排水処理のために投入したエネルギー使用量は含まれていますか。



Q8: 副産物処理（特殊鋼製造過程で生じたスラグ、ダスト、スラッジ等の処理）のために投入したエネルギー使用量は含まれていますか。



Q9: Q2～Q8のほか、エネルギー使用量に含めている付帯設備・プロセス（電炉、連続鋳造機、加熱炉、圧延機など主な設備を除く）はありますか。ある場合、具体的に記入してください。



➤ Q9: Q2～Q8のほか、エネルギー使用量に含めている付帯設備・プロセス（電炉、連続鋳造機、加熱炉、圧延機など主な設備を除く）はありますか。ある場合、具体的に記入してください。において、「あり」と回答した事業者の自由記述欄

A社	調査票に記載したプロセス 事業所全体の総エネルギーから上工程のエネルギーを差し引いたものを下工程のエネルギーと定義しているため、下工程に管理部門、研究部門のエネルギーも含めている。
B社	エアブロー
C社	・製鋼で使用する鍋の乾燥 ・工場内のみで使用する自動車用等の燃料

D 社	蒸気の製造、コンプレッサー、水処理、クレーン
E 社	コンプレッサー、金型予熱用バーナー、集塵機、工場天井灯、事務所空調機
F 社	電炉用補機（冷却水循環ポンプ、ファン） コンプレッサー、集塵機、空調機、照明等
G 社	造塊時のホットトップ

3.3. ベンチマーク指標の見直しの検討状況

3.3.1. 補正式

ベンチマーク指標の補正式は次ページの式による。赤字が上工程、青字が下工程の補正係数である。上工程は炉容量によるエネルギー消費原単位の違いを補正し、下工程はエネルギー消費原単位の大きいプロセスのエネルギー使用量を補正・控除する。

○上工程

- 省エネ以外の要素を可能な限り排除する観点から、**25t/ch 未満の炉のみを補正し、25t/ch 以上の炉については補正を行わない**こととする。業界団体へのヒアリングの結果、航空機エンジンシャフト等の特殊品は、最大で 25t/ch の炉で厳選された原材料を溶解していることがわかった。また、特殊品は需要（生産量）が少なく、通過する炉の大きさも限られ、省エネ取組による容量の拡大が限定的である。
- 基準炉容量は 25t/ch とする。すなわち、25t/ch 未満の炉の電力消費原単位を 25t/ch 相当の電力消費原単位に補正する。25t/ch 以上の炉のみの場合は補正係数が 1 となり、補正がされない。
- なお、上工程のうち、電気炉の電力消費原単位のみを補正するため、上工程全体のエネルギー使用量に占める電気炉の電力使用量（61%）（業界の加重平均値）を補正係数に対して乗じる。

○下工程

- 補正対象プロセスは以下のとおり。
 - 二次溶解
 - 自由鍛造
 - 磨帯鋼を製造する冷間加工工程（付随する熱処理を含む）
 - 粉末製造と加工工程
- 上記以外の 6 プロセスを除外した理由は次のとおり。
 - 対象事業者が 1 社又は 2 社となるプロセスは個社補正となるため（かつ、回転炉床炉と電気式還元炉以外は原単位も小さい）。
 - 「磨棒鋼、線材を製造する冷間加工工程」については、エネルギー消費原単位が小さく影響が少ないため。
- 自由鍛造とそれ以外では下工程のエネルギー使用量の控除方法に違いがある。
 - 自由鍛造：**2 ヒート目以降に換算したエネルギー使用量の実績値を控除**
⇒1 ヒート目のエネルギー使用量を控除せず、省エネインセンティブは残す趣旨
 - それ以外：**事業者平均原単位を用いた補正值（推計値）を控除**
⇒プロセス全体のエネルギー使用量を控除することによる省エネインセンティブの消失を回避する趣旨

○補正式

$$\text{Benchmark}_{index} = \frac{EU}{QU} \cdot \left\{ \frac{g(CU_0) \cdot \sum QQU_i}{\sum g(\min(CU_i, CU_0)) \cdot QQU_i} \cdot \alpha + (1 - \alpha) \right\} + \frac{EL}{QL} \cdot \frac{EL - \sum EELE_j}{EL}$$

$$EELE_j = \begin{cases} EEL_j & (j = \text{"自由鍛造"}) \\ \min(WL_j \cdot GL_j, EEL_j) & (j = \text{"自由鍛造" 以外}) \end{cases}$$

ここで、

i : 上工程個々の炉

EU : 上工程エネルギー使用量(kl)

QU : 上工程製造量(t)

QQU_i : 上工程炉別製造量(t)

CU_i : 上工程炉別炉容量(t/ch)

CU_0 : 上工程基準炉容量(t/ch) : **25t/ch**

$g(CU_i)$: 上工程電力原単位(MWh/t): 炉容量に対する回帰式 (3.2.3 の分析結果より)

$$g(CU_i) = 1.1207 \cdot CU_i^{-0.1734}, \quad g(CU_0 = 25t/ch) = 0.641 \text{ MWh/t}$$

α : 上工程全体のエネルギー使用量に占める電気炉の電力使用量 :

61% (業界の加重平均値)

j : 下工程のうち、エネルギー使用量の控除対象プロセス

(二次溶解、自由鍛造、磨帯鋼を製造する冷間加工工程、粉末製造と加工工程)

EL : 下工程エネルギー使用量(kl)

$EELE_j$: 下工程対象プロセス別エネルギー使用量(kl)

QL : 下工程出荷量(t)

WL_j : 下工程対象プロセス別作業量又は製造量(t)

GL_j : 下工程対象プロセス別エネルギー消費原単位(kl/t) (3.2.4 の分析結果より)

二次溶解 : **0.316 kl/作業量 t**、磨帯鋼を製造する冷間加工工程 : **0.166 kl/作業量 t**

粉末製造と加工工程 : **0.551 kl/製造量 t**

自由鍛造プロセスについては、下式により 2 ヒート目以降のエネルギー使用量を控除対象とする。

$$EEL_{\text{自由鍛造}} = (\text{自由鍛造プロセス全体のエネルギー使用量}) \times \{(\text{作業量}) - (\text{装入量})\} / (\text{作業量})$$

3.3.2. 補正手順

○上工程の補正

(例) 粗鋼生産量 28000t (電気炉 3 基)、上工程エネルギー使用量 11200kl の場合

※太枠は入力値、赤字は固定値、その他は計算値

i	設備記号	粗鋼量 (t)	ch 数	炉容量 (t/ch)	電力原単 位 (MWh/t)	電力使用 量 (MWh)
1	炉 1	20000	625	32	0.641	12820
2	炉 2	6000	1500	4	0.881	5287
3	炉 3	2000	1000	2	0.994	1988
-	合計	28000…A	3125	9	0.766	20095…B

- ① 個々の電気炉ごとに、粗鋼量及び ch 数を記入 (粗鋼量の合計 : A)。
- ② 粗鋼量を ch 数で割ることで炉容量を算出。
- ③ 下式により電力消費原単位 (MWh/t) を算出 (赤字は固定値)。
電力消費原単位[MWh/t]=**1.1207**×炉容量[t/ch]^(-0.1734)
※ただし、炉容量が **25t/ch** を超える場合は、電力消費原単位は **0.641 MWh/t** とする。
- ④ 電力消費原単位の粗鋼量を乗じて炉ごとの電力使用量 (MWh) を算出し、それらを合計 (B)。
- ⑤ **25t/ch** 炉を基準とし、**(0.641×A/B)×0.61+0.39** を計算することで補正係数を得る。
- ⑥ その補正係数を上工程の原単位に掛け合わせることで、小型炉による原単位の悪化を補正することができる。

$$\begin{aligned}
 \text{上工程BM} &= \text{上工程原単位} \times \text{補正係数} = \frac{11200}{28000} \times \left(\frac{0.641 \times 28000}{20095} \times 0.61 + 0.39 \right) \\
 &= 0.400 \times 0.935 \\
 &= 0.374
 \end{aligned}$$

○下工程の補正

(例) 出荷量 27800t、下工程エネルギー使用量 13000kl、全対象プロセスを有する場合

※太枠は入力値、青字は固定値、その他は計算値

i	プロセス	装入量 (t)	作業量 (t)	製造量 (t)	実績エネ 使用量 (kl)	原単位 (kl/t)	控除エネ 使用量 (kl)
1	二次溶解	-	2200	-	700	0.316	695
2	自由鍛造	3300	10000	-	900	-	600
3	磨帯鋼	-	3500	-	600	0.166	581
4	粉末製造	-	-	300	700	0.551	165
-	合計	-	-	-	-	-	2042...A

<二次溶解、磨帯鋼、粉末製造>

- ① 二次溶解、磨帯鋼の作業量、粉末製造の製造量を記入。また、各プロセスの実績エネルギー使用量を記入。
- ② 作業量又は製造量に平均原単位（固定値）を掛け合わせて控除エネルギー使用量を算出。ただし、エネルギー使用量の実績を超過した場合には、実績値で置き換える。

<自由鍛造>

- ① 作業量、装入量、1 ヒート目を含むプロセス全体の実績エネルギー使用量を記入。
- ② 実績エネルギー使用量に、 $\{(作業量)-(装入量)\} \div (作業量)$ を乗じて2 ヒート目以降の控除エネルギー使用量を算出。

<共通>

- ③ 各プロセスの控除エネルギー使用量を集計 (A)。便宜上、以下を計算して補正係数とする。
 $\{(下工程エネルギー使用量)-(控除エネルギー使用量)\} \div (下工程エネルギー使用量)$
- ④ その補正係数を下工程の原単位に掛け合わせるにより、原単位の大きいプロセス通過による原単位の悪化を補正することができる。

$$下工程BM = 下工程原単位 \times 補正係数 = \frac{13000}{27800} \cdot \frac{13000 - 2042}{13000} = 0.468 \cdot 0.843 = 0.394$$

3.3.3. 補正結果

2019 年度実績を基に算出した補正結果を以下に示す。今回の補正により、変動係数（業界内のバラツキ）は 0.54 から 0.44 に改善する。他方、補正実施後も一定のばらつきが残る。

ベンチマーク値

	補正前	補正後
最小	0.30	0.30
平均	0.74	0.60
最大	1.42	1.19
標準偏差	0.40	0.27
変動係数	0.54	0.44

達成状況

	補正前	補正後
達成事業者数	2	2
事業者数	13	13
達成率	15%	15%

図 3.3-1 2019 年度実績を基に算出した補正結果

3.3.4. ベンチマーク目標値の見直し

今回の補正により業界平均値が低下するが、達成事業者数は増減しないことに加え、現在の目標値は業界平均値よりも 1/2 以下の低い水準であることを踏まえ、目標値の見直しは実施しない。

3.4. 国際的な観点からのベンチマーク目標の検証

ベンチマーク目標値 (0.36kl/t) の国際的な観点からの検証として、EU-ETS のベンチマークと比較した。

3.4.1. EU-ETS のベンチマーク水準

EU-ETS (フェーズ 3) の製品ベンチマークのうち、電炉による特殊鋼製造業に相当する製品は EAF high alloy steel (電炉高合金鋼) であり、ベンチマーク値は 0.352 tCO₂/トンである。なお、圧延工程は製品ベンチマークの対象外である。また、EU-ETS においては、電力消費による間接排出は無償配分の対象外だが、このベンチマーク値自体には電力消費による排出分が含まれていることに注意を要する。

表 3.4-1 EU-ETS の製品ベンチマークにおける電炉高合金鋼の概要

ベンチマーク値	0.352 tCO ₂ /t
製品単位	鑄造後の二次粗鋼トン
対象製品	8%以上の金属合金元素とトランプ元素を含む、または高い表面品質と加工性が要求される (具体的要件を規定) 鋼。
対象プロセス	<ul style="list-style-type: none"> ・ 以下のプロセス単位と直接あるいは間接に関連している全てのプロセスを含む。 ① electric arc furnace : 電気アーク炉 ② secondary metallurgy : 二次精錬 ③ casting and cutting : 鑄造と切断 ④ post-combustion unit : ポスト燃焼ユニット ⑤ dedusting unit : 除塵ユニット ⑥ vessels heating stands : 容器加熱スタンド ⑦ casting ingots preheating stands : 鑄造インゴット予熱スタンド ⑧ slow cooling pit : 徐冷ピット ⑨ scrap drying : スクラップ乾燥 ⑩ scrap preheating : スクラップ予熱 ・ FeCr (フェロクロム) コンバーターと工業用ガスの低温貯蔵は含まない。鑄造の下流工程、例えば熱間圧延用の圧延及び再加熱は含まない。→熱あるいは燃料ベンチマークの対象
対象排出	<ul style="list-style-type: none"> ・ 電力消費による間接排出は無償配分の対象外だが、BM 値自体には電力消費による排出が含まれる。配分量の計算時に、直接排出量と総排出量の比を乗じることでこれが補正される。 ・ 測定可能な熱 (蒸気、熱水等) の輸出は BM 値に含まれない。ETS

	対象の消費者に輸出された場合、消費者が無償配分を受け取る（熱ベンチマーク適用時のみ）。ETS 非対象の消費者に輸出された場合、輸出者が無償配分を受け取る。
ベンチマーク値の補正	・ BM 値には電力消費が含まれるため、以下の係数を乗じることで補正される。 (直接排出+輸入熱による間接排出)/(直接排出+輸入熱による間接排出+電力消費による間接排出)

出所) Guidance Document no.9 on the harmonized free allocation methodology for the EU-ETS post 2012 Sector-specific guidance

3.4.2. CO₂ベースへの換算方法と比較結果

日本の電炉による特殊鋼製造業のベンチマーク目標値は下工程も含むエネルギー消費原単位 (kl/t) であるため、上工程のみの CO₂ベース (tCO₂/t) に換算して EU-ETS のベンチマーク値と比較した (表 3.4-2)。

その結果、日本の電炉による特殊鋼製造業におけるベンチマーク目標値を CO₂ベースに換算すると、0.338 tCO₂/t となり、EU-ETS の 0.352 tCO₂/t と比較して遜色ない水準と思われる。ただし、日本のベンチマークと EU-ETS の製品ベンチマークは、生産量やエネルギーのバウンダリーが完全には一致しないため、あくまで参考比較である。

表 3.4-2 CO₂ベースのベンチマーク値への換算方法

指標	単位	省エネ法	EU-ETS
BM 値 (換算前) a	k/t	0.36	-
換算係数① (注 1) b	-	0.454	-
換算係数② (注 2) c	kl/GJ	0.0258	-
換算係数③ (注 3) d	tCO ₂ /TJ	53.3	-
BM 値 (換算後) e = a*b/c/1000*d	tCO ₂ /t	0.338	0.352

注 1：調査票データより、2018 年度における 13 者の上工程・下工程のエネルギー消費原単位の加重平均値を求め、そこから(上工程原単位)/(上工程原単位+下工程原単位)を計算して得た。

注 2：定期報告書記入要領

注 3：2018 年度総合エネルギー統計 (詳細表)「電気炉」の排出量とエネルギー使用量より下式で算出。

換算係数[tCO₂/TJ]=(炭素単位表の総合計[10³ tC])÷(エネルギー単位表(本表)の総合計[TJ])×44/12×1000

第4章 洋紙製造業の検討状況

4.1. ベンチマーク指標の達成状況と課題分析

洋紙製造業においては、H28(2016)年度に目標値の見直しが実施されており、現在の目標値が 6,626MJ/t であるのに対して、平均値は H27(2015)～R1(2019)の 5 年間でほぼ一定である。変動係数も 0.39 前後で推移し、ばらつきは高止まりの状況が続いている。

表 4.1-1 洋紙製造業の達成状況

数値	単位	H27	H28	H29	H30	R1	単純平均
平均値	MJ/t	13,792	13,861	13,991	13,922	13,727	13,859
標準偏差	MJ/t	5,401	5,451	5,588	5,519	5,318	5,488
変動係数		0.392	0.393	0.399	0.396	0.387	0.395
報告事業者数		20	19	18	18	18	18.6
達成事業者		4	4	3	3	3	3.4
達成率		20.0%	21.1%	16.7%	16.7%	16.7%	18.2%

注：表題の年は報告年。

出所) 経済産業省 HP

昨年度の調査分析では、洋紙製造業におけるベンチマーク指標のばらつきは、再エネ使用率との相関が強いことが分かった。また、指標のばらつきは品種構成にも起因している可能性がある。そこで、今年度は再エネ使用率と品種別のエネルギー消費原単位に着眼して調査票による実態調査を実施した。

4.2. 調査票による実態調査の実施状況

今回の実態調査の分析は、再エネの使用率の違いによるエネルギー消費原単位への影響を再確認し、再エネの使用率による補正を検討することを目的とした。また、品種の違いによるエネルギー消費原単位への影響を調査し、品種による補正の可能性を検討することも目的の一つとしている。このため、品種別のエネルギー消費原単位を特定できるように、次のように洋紙の品種を「新聞巻取紙、非塗工印刷用紙、微塗工印刷用紙、塗工印刷用紙、情報用紙、包装用紙」に分けて調査票を設計した。なお、品種別エネルギー使用量を直接把握することは困難であるため、エネルギー使用量合計を調査して統計的な手法で品種別エネルギー消費原単位を推計することにした。

表 4.2-1 調査票による品種別生産量の調査

	品種		生産量(t)		パルプ販売量(t)		原材料使用量(t)						特記事項等 (生産量や原材料使用量に関して、前提 や按分方法など特記事項がある場合は 本欄にその内容を記入ください。)
			2015年度	2019年度	2015年度	2019年度	自給パルプ(t)		購入パルプ(t)		古紙使用量(t)		
	大項目	中項目	2015年度	2019年度	2015年度	2019年度	2015年度	2019年度	2015年度	2019年度	2015年度	2019年度	
パルプ	化学パルプ(KF)												
	機械パルプ												
	古紙パルプ												
	その他パルプ												
	パルプ計		0	0	0	0							
洋紙*	新聞巻取紙												
	非塗工印刷用紙												
	微塗工印刷用紙												
	塗工印刷用紙												
	情報用紙												
	包装用紙												
	洋紙計		0	0			0	0	0	0	0	0	0
板紙**	ライナー												
	中芯原紙												
	白板紙		35,500	35,387									
	紙器用板紙												
	表・トップ・色板紙												
板紙計		35,500	35,387			0	0	0	0	0	0	0	

注：調査票は2015～2019年度を調査したが、紙面制約のため中間3年間は省略した。下票同様。

表 4.2-2 調査票によるエネルギー使用量の調査

	品種	エネルギー使用量(GJ)						データ範囲	エネルギー 使用量の 把握方法	【計算方法に関する特記事項等】 エネルギー使用量の把握方法において 「推計」(「実測」以外)を選択した場 合は本欄にその前提条件や按分方法 の詳細をご記入ください。また、化石エ ネルギーと再生可能・廃棄物エネル ギー間で計算方法が異なる場合は、そ の詳細についてご記載ください。
		化石エネルギー使用 量(GJ)		再生可能・廃棄物エネルギー使用量(GJ) (洋紙・板紙はベンチマーク対象品種を生産 する際に使用した再生可能・廃棄物エネルギー使用量を 入力)		エネルギー使用量合計(GJ)				
		2015年度	2019年度	2015年度	2019年度	2015年度	2019年度			
	パルプ			0	0	0	0		(未選択)	
	洋紙*			0	0	0	0		(未選択)	(未選択)
	板紙**			0	0	0	0		(未選択)	実測

注：洋紙の選択項目は「パルプ製造分のエネルギー使用量を含む(パルプ外販分も含む)」、「パルプ製造分のエネルギー使用量を含む(パルプ外販分は除く)」、「パルプ製造分のエネルギー使用量は除く」、「パルプを製造していない」

板紙の選択項目は「パルプ製造分のエネルギー使用量を含む(パルプ外販分も含む)」、「パルプ製造分のエネルギー使用量を含む(パルプ外販分は除く)」、「パルプ製造分のエネルギー使用量は除く」、「パルプを製造していない」

配布と回収状況は下表に示すとおりであり、有効回答率は13/18=72.2%となっている。

表 4.2-3 配布と回収状況

対象事業者・配布数	有効回答者	回帰分析対象	補正分析対象
18	13	11	13

報告されたデータにおいて、ベンチマーク対象外製品の生産量を含む報告者は7者、そう

でないのは6者となっている。

また、全13事業者のうち、品種別に分けずに、単に生産量を合計した報告者は5者となっている。さらに、全13事業者のうち、洋紙のみを生産する事業者は9者、洋紙・板紙ともに生産する事業者は4者となっている。

なお、工場ベースでは、全29工場のうち、洋紙のみ生産する工場は26工場、洋紙・板紙ともに生産する工場は3工場となっている。

表 4.2-4 データ範囲に関する報告状況

回答者数	生産量	
	事業者	工場
ベンチマーク 対象外製品を含まない	6	17
ベンチマーク 対象外製品を含む	7	12
合計数	13	29

4.3. ベンチマーク指標の見直しの検討状況

4.3.1. 分析に使用したデータ

今回の分析に使用したデータを以下に示す。ただし、データの不足や再エネ等を使用していないなどの整理を行った後、分析を実施した。

表 4.3-1 分析に使用したデータ

番号	会社名	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2015-2019年度平均
		再エネ比率	再エネ比率	再エネ比率	再エネ比率	再エネ比率	再エネ比率
1	A社	74.3%	74.2%	72.7%	73.6%	74.0%	73.8%
2	B社	53.1%	53.2%	53.2%	51.8%	53.3%	52.9%
3	C社	69.3%	70.4%	73.5%	73.8%	75.3%	72.6%
4	D社	57.3%	57.0%	57.4%	58.1%	59.7%	57.9%
5	E社	78.3%	76.9%	76.4%	74.2%	75.8%	76.3%
6	F社	74.8%	73.7%	72.1%	74.7%	74.1%	73.9%
7	G社	75.1%	73.0%	73.7%	78.3%	78.4%	75.7%
8	H社	31.6%	31.9%	32.9%	35.4%	34.0%	33.1%
9	I社	52.4%	51.3%	53.0%	53.9%	54.1%	52.9%
10	J社	34.3%	35.5%	36.9%	36.6%	37.0%	36.1%
11	K社	58.8%	56.6%	58.0%	56.7%	56.8%	57.4%
12	L社	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
13	M社	-	-	-	-	-	-
(参考)	N社	0.0%	-	-	-	-	-
平均(上記13社)		55.0%	54.5%	55.0%	55.6%	56.0%	55.2%
標準誤差(上記13社)		0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
変動係数(上記13社)		0.41	0.40	0.39	0.39	0.40	0.40
平均(再エネ比率ゼロを除く上記11社)		60.0%	59.4%	60.0%	60.7%	61.1%	60.2%

注1：2015年度のBM達成の水準は「8532 MJ/t」である。2016年度以降のBM達成の水準は「6626 MJ/t」である。

注2：N社は2015年度実績まで洋紙のBMも報告。現在は板紙のBMのみを報告している。

注3：M社の再エネ比率は未回答である。

注4：次の事業者は本調査未回答であるため、記載していない。O社、P社、Q社、R社、S社。

4.3.2. 分析の場合分け

今回の分析においては、次の2つの場合について分析を行った。これは、昨年度に行った調査の結果から、洋紙における再エネ使用率による統計的な説明の有意性（決定係数）が約80%程度であったことから、再エネ使用率がゼロの事業者を含む場合の影響を分析するために、2つの場合について分析を行った。

- ① 全事業者（再エネ使用量がゼロの事業者も含む）
- ② 再エネ使用量ゼロの事業者を除く

4.3.3. 分析の結果

上記の2つの場合において、回帰分析により、エネルギー消費原単位（BM 報告値）を、再エネ使用率（再生可能・廃棄物等エネルギー使用量÷全エネルギー使用量）で説明した結果である。

- ① 決定係数が14.7%と昨年度の結果と比較すると有意性が著しく低下
- ② 決定係数が70%と昨年度の結果と同等の水準

表 4.3-2 回帰分析の結果

	回帰分析 1	回帰分析 2
対象の範囲	全事業者	再エネ使用量がゼロの事業者を除いた場合
対象者	事業者	
定数項	16,936***	29,423***
サンプル数	61	55
決定係数	0.147	0.700

注1：有意水準：*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1。

注2：有意水準は頑健な標準誤差を用いた値である。

注3：上記は2015年度-2019年度の全てのデータを用いて分析した結果である。

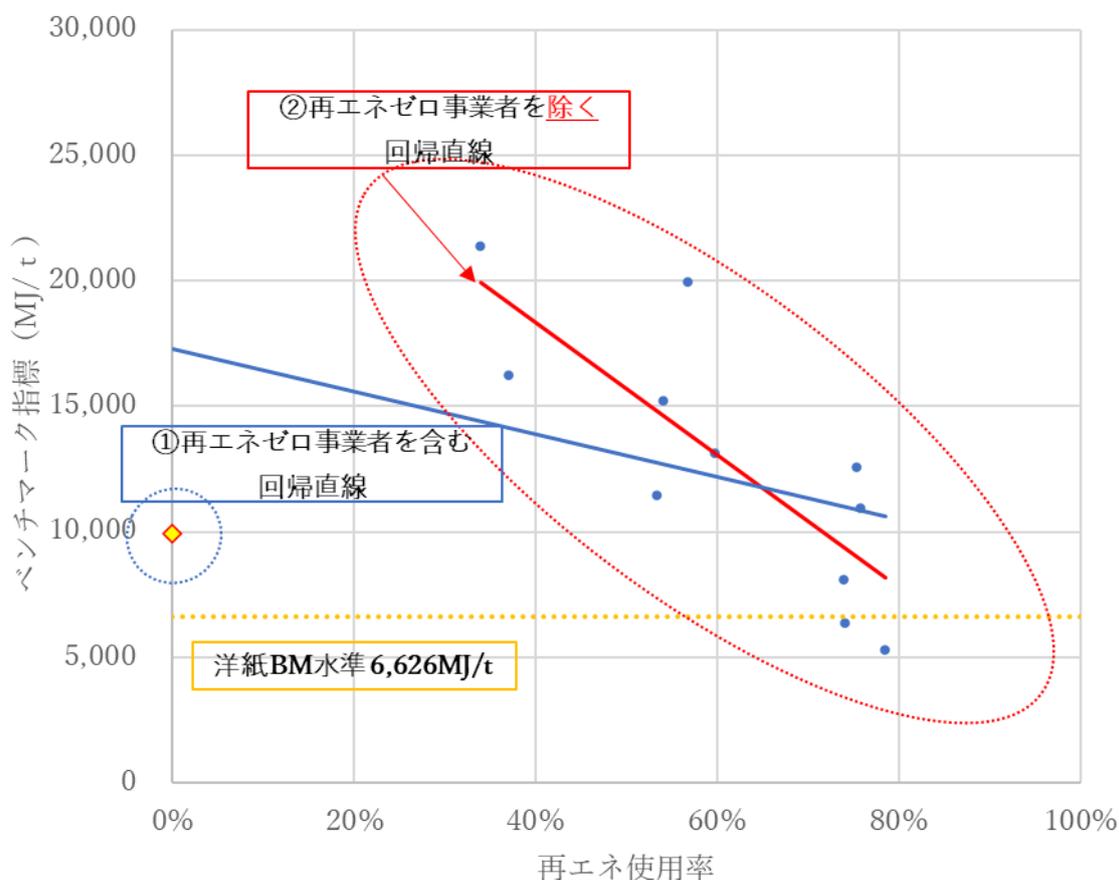
注4：M社は、再エネ使用量が未回答のため、分析対象から除いている。

注5：回帰分析2は分析対象から再エネ使用量ゼロの事業者であるL社(5カ年分)、N社(1カ年分：2015年度まで洋紙BMを報告)のデータを除いた結果である。

ベンチマーク指標であるエネルギー消費原単位と再エネ使用率の分布及び回帰分析（①：青線、②：赤線）を以下の図に示す。この図からも明らかなように、②の場合の回帰線の周辺に分布していることが見て取れる。これは、再エネ使用率がゼロの事業者が分析結果に影響を及ぼしており、分析から除外することで再エネ使用率とベンチマーク指標との有意性を説明することができた。

なお、品種によるベンチマーク指標の有意性については、回帰分析の結果、十分な結果が

得られなかった。



注：上図は回帰分析使用したデータのうち、2019年度のデータのみで散布図を作成したものである。そのため、2015年度のみ洋紙BMを報告しているN社は描画されていない。

図 4.3-1 ベンチマーク指標と再エネ使用率の分布図 (2019)

4.3.4. 見直しの方向性

上記の回帰分析から、改めてベンチマーク指標と再エネ使用率の強い相関性が分かった。その上で、再エネ使用率をどのように勘案することで、各事業者の省エネ取組を促進できるか検討を行った。

省エネ法では、化石エネルギーの使用の合理化を目的としているが、同時に非化石エネルギーである再エネの使用も評価している。しかしコストや工場の物理的な制約等により、再エネを多くは使用できない事業者も存在する。

一方、現在のベンチマーク目標値は、再エネを一定割合以上使用しない場合には達成が困難な水準となっており、化石エネルギーの削減による省エネ努力が、再エネを多くは使用できない事業者にとって評価され難い状況となっている。

そこで、再エネの使用率を踏まえた補正ラインを新たなベンチマーク目標として設定す

ることで、再エネを多くは使用できない事業者についても、省エネ取組を評価し、更なる省エネを促すこととした。

補正ラインの設定に当たっては、次の2つの場合について検討を行った。具体的には、現在の目標値と補正ラインが交差する点を決定し、交点よりも左に位置する事業者は、補正ラインを新たなベンチマーク目標とし、右に位置する事業者は、引き続き現在のベンチマーク値を目標とすることとした。

① 業界の平均再エネ使用率である 61%

② ベンチマーク達成事業者（過去5年間）で再エネ使用率が最も低い者の値である 72%
洋紙製造業ベンチマーク報告事業者への調査の結果、再エネ使用率が 72%であれば、現在のベンチマーク目標を達成している者が存在していることが分かった。すなわち、再エネ使用率が 72%以上の場合には、現在のベンチマーク目標の達成は可能であるが、再エネ使用率が 72%未満の場合には、省エネ取組のみによる目標達成が困難であることが推測される。

このため、下図のとおり、補正ラインとベンチマークラインの交点を 72%と設定し、再エネ使用率が 72%以上の場合には現在のベンチマーク目標値を適用し、再エネ使用率が 72%未満の場合には補正ライン（事業者の再エネ使用率に応じて決定する値）を適用することとし、省エネ取組と再エネ導入のいずれも評価する目標とした。

なお、業界の再エネ使用率の平均値（61%）を考慮することも考えられるが、同程度の再エネ使用率の事業者で現在の目標値を達成している者が存在しない実態を踏まえると、補正值が適用されない再エネ使用率が 61%（～71%）の事業者は、省エネ取組のみによる目標達成が引き続き困難になると考えられる。

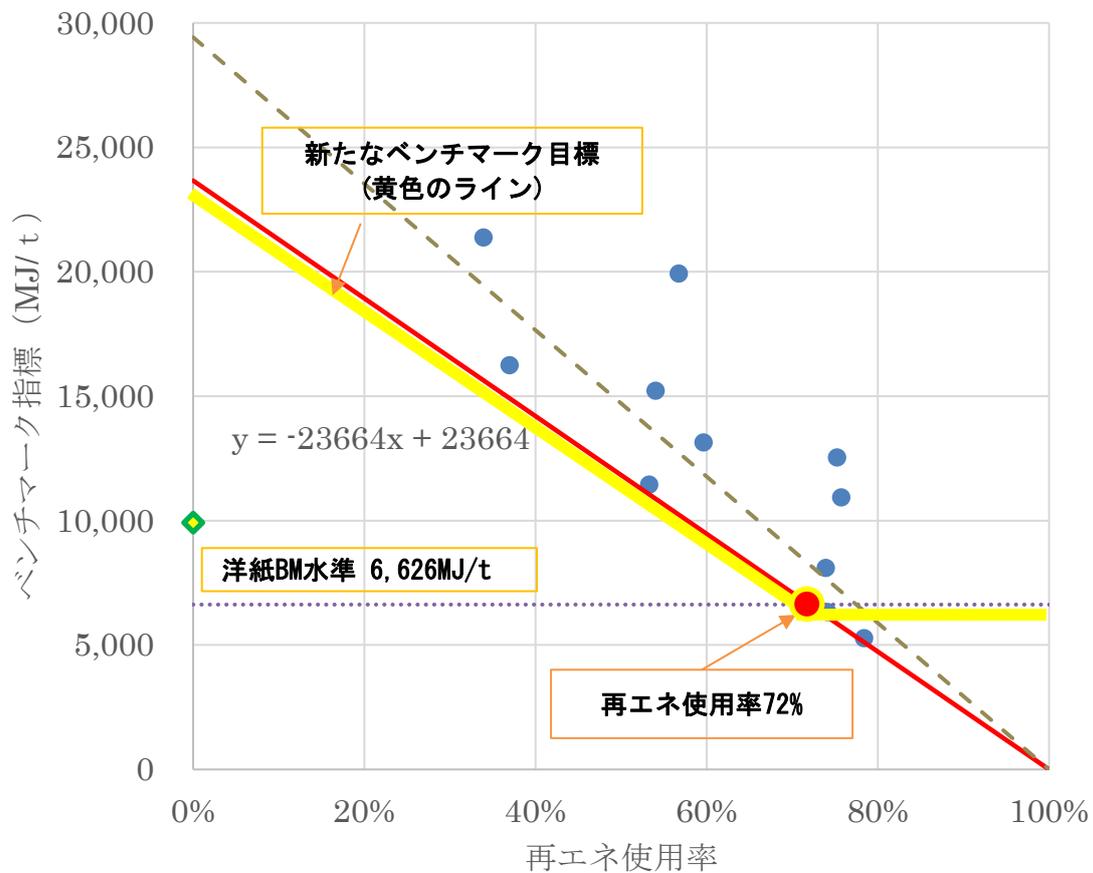


図 4.3-2 新たなベンチマーク目標

上記の新たなベンチマーク目標値は以下のとおりである。

洋紙製造工程の洋紙生産量(t)当たりのエネルギー使用量

- ・再生可能エネルギーの使用率が72%以上の場合
 - ：6,626MJ/t
- ・再生可能エネルギーの使用率が72%未満の場合
 - ： $(-23,664) \times \text{再生可能エネルギー使用率} + 23,664\text{MJ/t}$

4.4. 国際的な観点からのベンチマーク目標の検証

目標値の国際的な観点からの検証として、EU-ETSのベンチマーク水準との比較を行った。EU-ETSとはバウンダリーの考え方や対象の考え方が異なるため、単純な比較を行うことできないが、一つの目安と捉えことは可能であると考え。主な結果を以下に示す。

4.4.1. EU-ETS のベンチマーク水準

EU-ETS のベンチマーク制度における洋紙関連の対象製品とそれぞれの水準は以下3種類で、ベンチマーク値は 0.273～0.318 tCO₂/t となっている。

一方、EU-ETS の対象プロセスは上記3種類共通で①紙の生産設備、②接続されたエネルギー変換ユニット（ボイラー等）、③その他燃料使用プロセスを含む。ただし、EU-ETS においてパルプ製造工程（上工程）は含まないのに対して日本のベンチマークは上工程を含む。

表 4.4-1 EU-ETS のベンチマーク制度における洋紙関連の対象製品（その1）

製品	Newsprint (新聞印刷紙)
ベンチマーク値	0.298tCO ₂ /t (EU-ETS 第3フェーズの値)
製品単位	純販売可能風乾トン (Adt, Air Dried Tonne) (Adt は湿度 6%と定義)
対象製品	新聞印刷用紙は、機械仕上げ又はわずかに表面を滑らかにした、白又はわずかに着色されたもので、活版印刷、オフセット印刷、フレキソ印刷用のリールで使用される。主に、新聞の印刷用に巻取もしくはシート状で使用される。
対象プロセス	製紙における全てのプロセス、特に <ul style="list-style-type: none"> ・ 紙又は板紙の設備 ・ 接続されたエネルギー変換設備 (ボイラー/ CHP) ・ 直接プロセスにおける燃料の使用 含まれていないプロセス <ul style="list-style-type: none"> ・ 製材活動 ・ 木工活動 ・ 販売用化学物質の生産、 ・ 廃棄物処理 (オフサイトの代わりにオンサイトでの廃棄物処理 (乾燥、ペレット化、焼却、埋め立て)) ・ PCC (沈殿炭酸カルシウム) の生産 ・ 臭気ガスの処理 ・ 地域暖房
対象排出	<ul style="list-style-type: none"> ・ 生産に関連する消費電力の排出量は対象外。 ・ 測定可能な熱 (蒸気、温水など) の外販は対象外。

出所) https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/ets/allowances/docs/gd9_sector_specific_guidance_en.pdf

表 4.4-2 EU-ETS のベンチマーク制度における洋紙関連の対象製品（その2）

製品	Coated fine paper (塗工上質紙)
ベンチマーク値	0.318tCO ₂ /t (EU-ETS 第3フェーズの値)

製品単位	同上表
対象製品	塗工上質紙は、主に化学パルプによって製造されコーティングされた上質紙で、様々な用途のプロセスでコーティングされ、主に出版物に使用される。また、機械パルプから作られてコーティングされた製品はグラフィックや雑誌に使用される。主に、記述用、印刷用、グラフィック用、コピー用、転写紙で使用される。
対象プロセス	同上表
対象排出	同上表

出所) https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/ets/allowances/docs/gd9_sector_specific_guidance_en.pdf

表 4.4-3 EU-ETS のベンチマーク制度における洋紙関連の対象製品 (その3)

製品	Uncoated fine paper (非塗工上質紙)
ベンチマーク値	0.318 tCO ₂ /t (EU-ETS 第3 フェーズの値)
製品単位	同上表
対象製品	非塗工上質紙は、印刷又はグラフィックに適しており、主にバージンパルプから製造され、コピー用紙や文房具、本などの事務用に使用される。また、機械パルプから製造された非塗工上質紙はパッケージ、グラフィック、雑誌に使用される。主にグラフィック紙、板紙、手すき紙、ロール紙もしくはシート状の紙(新聞用除く)、感光紙の材料、感熱紙の材料、感電性紙の原料、非塗工壁紙の原料に使われている。
対象プロセス	同上表
対象排出	同上表

出所) https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/ets/allowances/docs/gd9_sector_specific_guidance_en.pdf

表 4.4-4 EU-ETS のベンチマーク制度における洋紙関連の対象製品 (その4)

製品	Tissue (衛生紙)
ベンチマーク値	0.273tCO ₂ /t (EU-ETS 第3 フェーズの値)
製品単位	原紙リール(parent reel) 単位)
対象製品	衛生紙は、家庭や商業及び産業施設で使用するための様々なティッシュペーパーやその他の衛生紙で、トイレトペーパー、ティッシュペーパー、キッチンタオル、ハンドタオル、工業用ワイプ、赤ちゃんのおむつの製造、生理用ナプキンなどに使用される。用途は、家庭用もしくは衛生目的のトイレトペーパーやティッシュペーパーである。 主な製品は、ロール状やシート状の家庭用又は衛生用の紙綿、ロール状やシート状の家庭用または衛生用のちりめん紙や織紙、トイレトペーパー、紙ハンカチ及びクレンジングもしくはティッシュペーパー、ハ

	ンドタオル、紙のテーブルクロスやナプキン、乳児用ナプキン及びナプキンライナー、紙のアパレルや衣料品のアクセサリー、家庭用、衛生用、又は病院用の紙製品など。
対象プロセス	同上表
対象排出	同上表

出所) https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/ets/allowances/docs/gd9_sector_specific_guidance_en.pdf

4.4.2. CO₂ベースへの換算方法と比較結果

日本の洋紙製造業のベンチマーク指標はエネルギー消費原単位 (MJ/t) であるため、EU-ETS の tCO₂原単位に換算する。熱量から tCO₂への換算係数は、総合エネルギー統計の「紙」の値より算出する。なお、2018 年度の総合エネルギー統計を利用した。その結果、日本の洋紙製造業におけるベンチマーク目標値を CO₂ベースに換算すると、0.274 tCO₂/t となり、EU-ETS とは遜色ない水準と考えられる。ただし、日本のベンチマークと EU-ETS の製品ベンチマークは、生産量やエネルギーのバウンダリーが完全に一致しないため、参考比較である。

表 4.4-5 CO₂ベースのベンチマーク値への換算方法

指標	単位	値
エネルギー消費量 (注)	TJ	215,091
CO ₂ 排出量 (注)	10 ³ tC	2,408
換算係数	tCO ₂ /TJ(GCV)	40.8
BM 値(4944MJ/t)換算	tCO ₂ /t	0.274

注: 「総合エネルギー統計」 https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/results.html#headline2

第5章 板紙製造業の検討状況

5.1. ベンチマーク指標の達成状況と課題分析

板紙製造業においては、H22(2010)年度制度の対象となって以降見直しが実施されておらず、目標値が 4,944MJ/t であるのに対して、R1(2019)年度に報告された平均値は 7,407MJ/t である。5 年前の H26(2014)年度と比較して 13.3%減少（改善）したが、変動係数は 0.53 前後で推移し、ばらつきは高止まりの状況が続いている。

表 5.1-1 板紙製造業の達成状況

数値	単位	H27	H28	H29	H30	R1	単純平均
平均値	MJ/t	8,486	8,299	7,830	7,764	7,407	7,957
標準偏差	MJ/t	4,417	4,383	4,235	4,211	3,987	4,245
変動係数		0.521	0.528	0.541	0.542	0.538	0.533
報告事業者数		33	30	32	32	32	31.8
達成事業者		6	4	6	6	7	5.4
達成率		18.2%	13.3%	18.8%	18.8%	21.9%	17.0%

注：表題の年は報告年。

出所) 経済産業省 HP

昨年度の調査分析では、板紙製造業におけるベンチマーク指標のばらつきは再エネ使用率との相関が強くないことが分かった。したがって、今年度の調査事業では、品種別のエネルギー消費原単位に着眼して調査票による実態調査を実施した。

5.2. 調査票による実態調査の実施状況

今回の実態調査の分析は、品種の違いによるエネルギー消費原単位の違いを調査し、品種による補正の可能性を検討することを目的の1つとしている。このため、品種別のエネルギー消費原単位を特定できるように、板紙の品種を「ライナー、中芯原紙、白板紙、黄・チップ・色板紙（以降「色板紙等」という。）」に分けて調査票を設計した⁴。なお、品種別エネルギー使用量を直接把握することは困難であるため、エネルギー使用量合計を調査して統計的な手法で品種別エネルギー消費原単位を推計することにした。

⁴ 「経済産業省生産動態統計」の内訳を参考にした。

表 5.2-1 調査票による品種別生産量の調査（再掲載）

	品種		生産量(t)		パルプ販売量(t)		原材料使用量(t)						特記事項等 (生産量や原材料使用量に関して、前提や按分方法など特記事項がある場合は本欄にその内容を記入ください。)
							自給パルプ(t)		購入パルプ(t)		古紙使用量(t)		
	大項目	中項目	2015年度	2019年度	2015年度	2019年度	2015年度	2019年度	2015年度	2019年度	2015年度	2019年度	
パルプ	化学パルプ(KP)												
	機械パルプ												
	古紙パルプ												
	その他パルプ												
	パルプ計		0	0	0	0							
洋紙*	新聞巻取紙												
	非塗工印刷用紙												
	微塗工印刷用紙												
	塗工印刷用紙												
	情報用紙												
	包装用紙												
洋紙計		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
板紙**	段ボール原紙	ライナー											
		中芯原紙											
	紙器用板紙	白板紙	35,500	35,387									
		黄・チツプ・色板紙											
	板紙計		35,500	35,387			0	0	0	0	0	0	0

注：調査票は2015～2019年度を調査したが、紙面制約のため中間3年間は省略した。下票同様。

表 5.2-2 調査票によるエネルギー使用量の調査（再掲載）

	品種		エネルギー使用量(G)						データ範囲	エネルギー使用量の把握方法	[計算方法に関する特記事項等] エネルギー使用量の把握方法において「推計」(「実測」以外)を選択した場合は本欄にその前提条件や按分方法の詳細をご記入ください。また、化石エネルギーと再生可能・廃棄物エネルギー間で計算方法が異なる場合は、その詳細についてご記載ください。
			化石エネルギー使用量(G)		再生可能・廃棄物エネルギー使用量(G)		エネルギー使用量合計(G)				
	2015年度	2019年度	2015年度	2019年度	2015年度	2019年度	2015年度	2019年度			
パルプ			0	0	0	0	0	0	(未選択)		
洋紙*			0	0	0	0	0	0	(未選択)		
板紙**			0	0	0	0	0	0	実測		

注：洋紙の選択項目は「パルプ製造分のエネルギー使用量を含む(パルプ外販分も含む)」、「パルプ製造分のエネルギー使用量を含む(パルプ外販分は除く)」、「パルプ製造分のエネルギー使用量は除く」、「パルプを製造していない」

板紙の選択項目は「パルプ製造分のエネルギー使用量を含む(パルプ外販分も含む)」、「パルプ製造分のエネルギー使用量を含む(パルプ外販分は除く)」、「パルプ製造分のエネルギー使用量は除く」、「パルプを製造していない」

配布と回収状況は下表に示すとおりであり、有効回答率は28/32=87.5%となっている。

表 5.2-3 配布と回収状況

対象事業者・配布数	有効回答者	回帰分析対象	補正分析対象
32	28	23	28

注：補正分析対象とは指標見直しの試算における分析対象

表 5.2-4 データ範囲に関する報告状況

回答者数	事業者		工場	
	生産量	エネルギー 使用量	生産量	エネルギー 使用量
ベンチマーク 対象外製品を含まない	17	17	31	34
ベンチマーク 対象外製品を含む	11	11	17	14
合計数	28	28	48	48

ベンチマーク対象外製品の生産量及びエネルギー使用量を含む報告者は11者、そうでないのは17者となっている。

また、全28事業者のうち、品種別に分けずに、単に生産量を合計した報告者は5者となっている。さらに、全28事業者のうち、板紙のみを生産する事業者は21者（以下Aグループという。）、洋紙・板紙ともに生産する事業者は者社（以下Bグループという。）となっている。

なお、工場ベースでは、全48工場のうち、板紙のみ生産する工場は40工場、洋紙・板紙ともに生産する工場は8工場となっている。

調査票を集計した結果、板紙製造業における生産量、エネルギー使用量及びこれらから計算されるエネルギー消費原単位は表 5.2-5～表 5.2-10 に示すとおりである。生産量の推移をみると、近年合計生産量も品種別生産割合も安定的に推移している。なお、洋紙生産を含めた全ての板紙生産工場（＝事業者ベース）の集計におけるエネルギー消費原単位は、板紙のみ生産工場の集計より1割程度高いことが分かる。これは洋紙製造におけるエネルギー消費原単位が高いためと思われる。

表 5.2-5 板紙生産量の状況（板紙のみ生産工場の集計）

生産量（トン）	ライナー	中芯原紙	白板紙	色板紙	その他板紙計	板紙計
2015	2,070,878	2,116,446	777,242	140,870	3,015,644	8,121,079
2016	2,179,903	2,213,747	777,352	138,673	3,066,042	8,375,717
2017	2,289,578	2,322,088	798,702	138,176	3,012,180	8,560,725
2018	2,393,847	2,285,152	802,730	139,796	3,082,677	8,704,201
2019	2,411,179	2,220,288	796,720	131,314	2,995,250	8,554,752
合計	11,345,384	11,157,722	3,952,746	688,829	15,171,793	42,316,474
生産シェア（％）						
2015	25.5	26.1	9.6	1.7	37.1	100.0
2016	26.0	26.4	9.3	1.7	36.6	100.0
2017	26.7	27.1	9.3	1.6	35.2	100.0
2018	27.5	26.3	9.2	1.6	35.4	100.0
2019	28.2	26.0	9.3	1.5	35.0	100.0
合計	26.8	26.4	9.3	1.6	35.9	100.0

表 5.2-6 板紙生産量の状況（全ての板紙生産工場の集計）

生産量（トン）	ライナー	中芯原紙	白板紙	色板紙	その他板紙計	板紙計
2015	2,463,456	2,501,895	834,722	140,870	3,702,206	9,643,149
2016	2,792,702	2,640,531	831,315	138,673	3,745,641	10,148,862
2017	3,136,214	2,836,654	852,479	138,176	3,705,758	10,669,281
2018	3,227,292	2,811,796	857,506	139,796	3,797,658	10,834,046
2019	3,225,096	2,712,579	844,089	131,314	3,650,543	10,563,622
合計	14,844,759	13,503,456	4,220,111	688,829	18,601,806	51,858,961
生産シェア（％）						
2015	25.5	25.9	8.7	1.5	38.4	100.0
2016	27.5	26.0	8.2	1.4	36.9	100.0
2017	29.4	26.6	8.0	1.3	34.7	100.0
2018	29.8	26.0	7.9	1.3	35.1	100.0
2019	30.5	25.7	8.0	1.2	34.6	100.0
合計	28.6	26.0	8.1	1.3	35.9	100.0

注：全ての生産工場とは洋紙も同時に生産する工場を含めた板紙生産工場。事業者ベースの集計と同義。

以下同様。

表 5.2-7 板紙生産エネルギー使用量の状況（板紙のみ生産工場の集計）

消費量 (MJ)	化石燃料	再エネ	黒液	合計
2015	52,386,662	24,542,037	6,047	76,928,698
2016	51,677,856	25,877,327	0	77,555,183
2017	51,727,014	26,460,653	0	78,187,667
2018	51,955,381	26,745,835	0	78,701,216
2019	51,770,216	26,017,619	0	77,787,834
合計	259,517,128	129,643,470	6,047	389,160,599
消費シェア (%)				
2015	68.1	31.9	0.0	100.0
2016	66.6	33.4	0.0	100.0
2017	66.2	33.8	0.0	100.0
2018	66.0	34.0	0.0	100.0
2019	66.6	33.4	0.0	100.0
合計	66.7	33.3	0.0	100.0

表 5.2-8 板紙生産エネルギー使用量の状況（全ての板紙生産工場の集計）

消費量 (MJ)	化石燃料	再エネ	黒液	合計
2015	66,967,737	33,592,542	5,728,053	100,560,280
2016	67,096,023	36,539,311	6,330,983	103,635,334
2017	67,426,523	40,083,192	7,426,904	107,509,715
2018	67,177,668	39,800,655	7,178,792	106,978,323
2019	66,252,173	38,516,609	7,057,431	104,768,782
合計	334,920,124	188,532,310	33,722,164	523,452,433
消費シェア (%)				
2015	66.6	33.4	5.7	100.0
2016	64.7	35.3	6.1	100.0
2017	62.7	37.3	6.9	100.0
2018	62.8	37.2	6.7	100.0
2019	63.2	36.8	6.7	100.0
合計	64.0	36.0	6.4	100.0

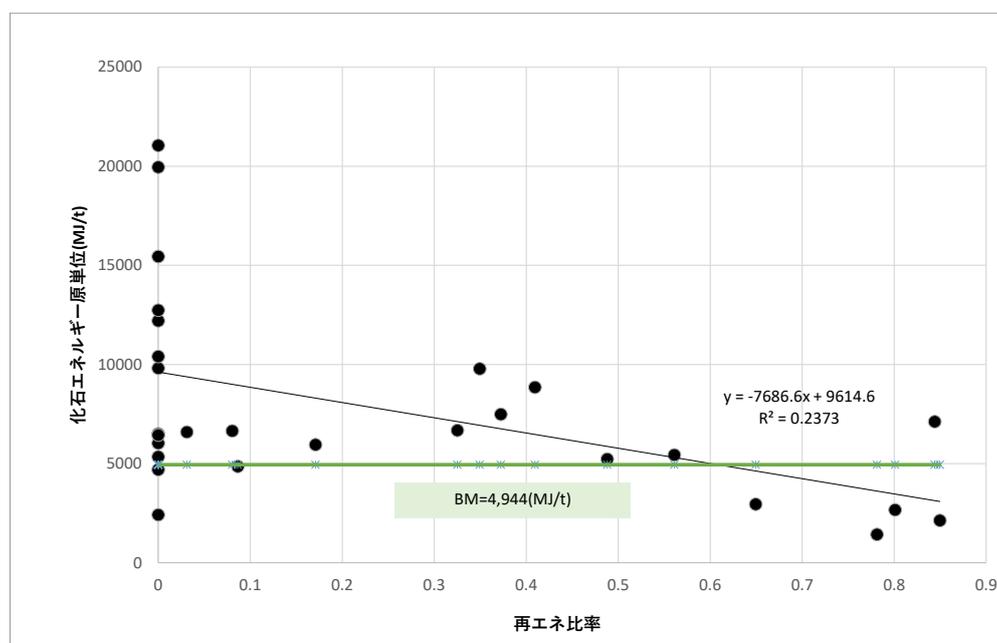
表 5.2-9 板紙生産エネルギー消費原単位状況（板紙のみ生産工場の集計）

原単位 (MJ/t)	化石燃料	再エネ	黒液	合計
2015	6,451	3,022	1	9,473
2016	6,170	3,090	0	9,260
2017	6,042	3,091	0	9,133
2018	5,969	3,073	0	9,042
2019	6,052	3,041	0	9,093
合計	6,133	3,064	0	9,196

表 5.2-10 板紙生産エネルギー消費原単位状況（全ての板紙生産工場の集計）

原単位 (MJ/t)	化石燃料	再エネ	黒液	合計
2015	6,945	3,484	594	10,428
2016	6,611	3,600	624	10,212
2017	6,320	3,757	696	10,077
2018	6,201	3,674	663	9,874
2019	6,272	3,646	668	9,918
合計	6,458	3,635	650	10,094

一方、昨年度の調査事業では、板紙製造業におけるベンチマーク指標のばらつきは、再エネ使用率との相関が強くないことが分かった。図 5.2-1 及び表 5.2-11 に示すように、今年度の実態調査でも同様な結果を得られ、最小二乗法による回帰分析で得られた決定係数は 0.2373 程度となっている。



注：原単位はベンチマーク報告値

図 5.2-1 化石エネルギー消費原単位対再エネ率の散布図（2019年度）

表 5.2-11 推計結果

	定数項	再エネ比率
係数	9,614.6	-7,686.6
t値	9.1443	-2.8440

注：決定係数=0.23728、観測数=28

5.3. ベンチマーク指標の見直しの検討状況

前述のとおり、洋紙製造業とは異なり、板紙製造業におけるベンチマーク指標のばらつきは、再エネ使用率との相関が強くないことから、今年度の調査事業では品種構成の違いによるばらつきを調査し、品種による補正の可能性を検討することを目的の1つとした。

5.3.1. データの前処理

調査票の回答において、合計のみを報告した者の値は「その他板紙計」とする。

回帰分析は、まず事業者ベースで実施した。回帰分析の対象事業者は、板紙のみの生産事業者（Aグループ）とした。これは、Bグループを含めた推計では、係数の符号がマイナスに転落したためである。ただし、Bグループ中の2者において、それぞれ板紙のみの生産工場を集計したデータを事業者のデータとして回帰分析に加えた。その結果、回帰分析対象は23者となった（エネルギー使用量ベースでは84.9%を占める）。

5.3.2. 品種別エネルギー消費原単位の推計

品種別エネルギー消費原単位は下記の式から最小二乗法で推計した。

$$\text{エネルギー使用量合計} = A * \text{ライナー生産量} + B * \text{中芯原紙生産量} + C * \text{白板紙生産量} + D * \text{色板紙等生産量} + E * \text{その他生産量} + \text{誤差} \quad (\text{式1})$$

推計で得られたA～Eの各係数は、エネルギー消費原単位と解釈できる。推計結果は下表に示す。

表 5.3-1 推計結果1（式1より最小二乗法、左辺が総合エネルギー使用量）

品種	ライナー	中芯原紙	白板紙	色板紙等	その他
総合エネルギー消費原単位	7,242	6,141	3,193	12,670	11,794
標準誤差	0.687	0.486	1.085	4.613	0.189
t値	10.536	12.627	12.156	2.747	62.241

注1：決定係数 R²=0.99519、観測数=115

注2：式1と同様、定数項ありの推計では定数項がマイナスとなったため、採用しなかった。

注3：5年間データをつなぎ合わせて推計した。

回帰分析では高い決定係数が得られ、有意な原単位が推計されたと思われる。

また、下図のように推計結果の安定性を検証した。概ね安定した相対関係が得られた。

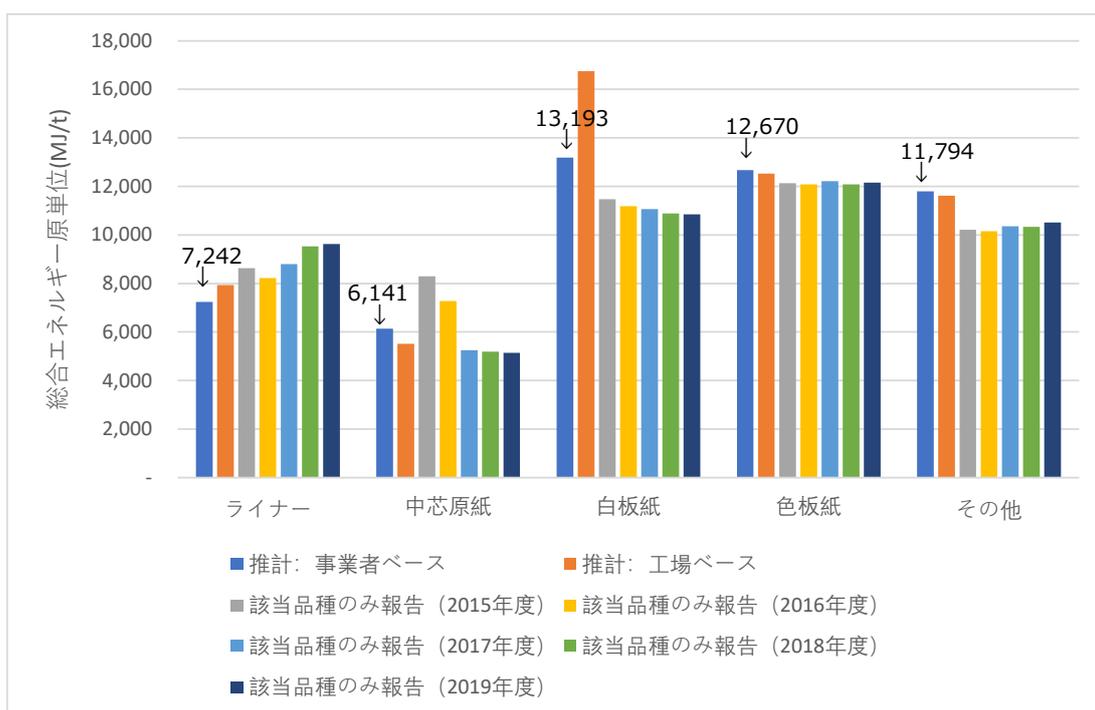


図 5.3-1 総合エネルギー消費原単位の検証

一方で、ここでの「総合エネルギー」とは、化石エネルギーと、省エネ法ではエネルギーに該当しない再生可能エネルギー等が含まれているため、化石エネルギー消費原単位の検証が必要になる。

そこで、式1の総合エネルギー使用量を、再生可能エネルギー等を除いた化石エネルギー使用量に置き換えた回帰分析を行い、下表の結果を得られた。

表 5.3-2 推計結果2 (式1より最小二乗法、左辺が化石エネルギー使用量)

品種	ライナー	中芯原紙	白板紙	色板紙等	その他
化石エネルギー消費原単位	6,478	5,587	8,330	7,045	6,287
標準誤差	0.823	0.582	1.300	5.525	0.227
t 値	7.869	9.592	6.409	1.275	27.701

注1：決定係数 R2=0.98612、観測数=115

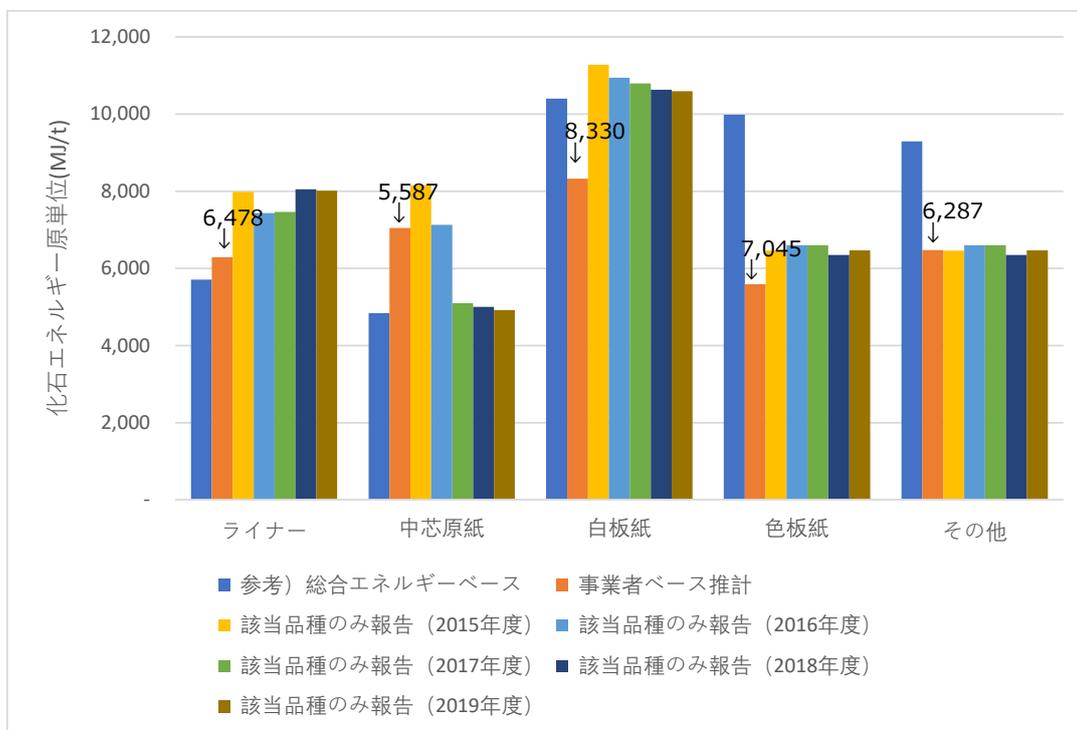
注2：定数項ありの推計では定数項がマイナスとなったため、採用しなかった。

注3：5年間データをつなぎ合わせて推計

この回帰分析でも高い決定係数が得られ、有意なエネルギー消費原単位が推計されたと考えられる。

また、下図のように推計結果の安定性を検証した。概ね安定した相対関係が得られたが、

工場ベースでの回帰分析は有意な結果が得られなかった（色板紙等のエネルギー消費原単位がマイナス。下図には記載無し。）。



注：「参考) 総合エネルギーベースの原単位」は推計結果1（表 5.3-1）から対象回帰分析対象事業者 23 者の再エネ比率の5年平均値 21.2%より化石ベースの原単位に割り戻した値（(1-21.2%）で乗ずる）。

図 5.3-2 化石エネルギー消費原単位の検証

以上の推計結果に基づいて、より安定した推計結果である総合エネルギーベースのエネルギー消費原単位を化石エネルギーベースに換算したエネルギー消費原単位を補正に利用する（図 5.3-1 のうち、各品種の一番左に位置する棒グラフの数値）。具体的には下表に示す化石エネルギー消費原単位となる。

表 5.3-3 補正用の品種別原単位（化石ベース）

	ライナー	中芯原紙	白板紙	色板紙等	その他
参考) 総合ベース推計値	7,242	6,141	13,193	12,670	11,794
化石エネルギー消費原単位	5,709	4,841	10,400	9,987	9,297

注：化石エネルギー消費原単位は、総合エネルギーベースの推計原単位を 23 者再エネ率の 5 年単純平均 21.2%より換算した値（例：5,709=7,242x(1-21.2%））

5.3.3. 補正式の一次案

ベンチマークの新指標の計算式は、次式に示すように品種別のエネルギー消費原単位を補正する。

具体的には、補正係数は、業界の平均的な品種構成になった場合のエネルギー使用量を、品種を考慮したエネルギー使用量（推計原単位を用いて計算した値）で除したものである。ここで、品種別のエネルギー消費原単位は固定値として与える。

$$\text{補正後BM値} = \frac{E}{\sum Q_i} \cdot \frac{G_0 \cdot \sum Q_i}{\sum (G_i \cdot Q_i)} \quad (\text{式 2})$$

ここで、

- i : 品種（ライナー、中芯原紙、白板紙、色板紙、その他板紙）
- E : 板紙生産エネルギー使用量計(MJ)
- Q_i : 品種別生産量(t)
- G_i : 品種別エネルギー消費原単位(MJ/t)
- G_0 : 板紙基準原単位(MJ/t) : **7,706 MJ/t (=23者5年単純平均値)**

5.3.4. 補正式の改善案（洋紙製造の事情を考慮した案）

1. 問題意識

一部の板紙ベンチマーク報告事業者では、洋紙製造に関わるエネルギー使用を「その他板紙」として報告している。一般的に洋紙製造は板紙製造より多くのエネルギーが使用されているため、洋紙を「その他板紙」として補正するとこれらの事業者に不利になると考えられる。よって、洋紙を考慮した板紙の品種補正の方法が望ましい。

2. 洋紙製造の品種構成

洋紙も製造している板紙ベンチマーク報告事業者を調査すると、

- 1) 板紙ベンチマークのみを報告していると回答した事業者は3者
- 2) 洋紙も板紙も報告していると回答した事業者は5者

であることが分かった。さらに、このうち6事業者がそれぞれ1工場で主に板紙を製造しているが、洋紙も製造している。これらの6工場の洋紙品種構成（表 5.3-4）をみると、「非塗工印刷用紙」が大半を占めていることが分かる。この特徴的な品種構成は洋紙のみ製造の全事業所（22工場）でも確認できる。

したがって、洋紙を考慮しつつ、板紙の品種補正が過度に複雑化しないよう、洋紙の補正は「非塗工印刷用紙」を代表品種として「その他の洋紙」として補正することとする。

表 5.3-4 洋紙製造事業所（工場）の品種構成（2019 年度）

	新聞 巻取紙	非塗 工印刷 用紙	微塗 工印刷 用紙	塗工 印刷用 紙	情報 用紙	包装 用紙	その 他洋紙 計	洋紙 計
板紙事業者中洋紙 製造を考慮すべき工 場(6 工場)	14%	63%	0%	0%	0%	23%	0%	100%
洋紙のみ製造工場 (22 工場)	18%	49%	2%	4%	3%	7%	16%	100%

3. 「非塗工印刷用紙」のエネルギー消費原単位の推計

エネルギー消費原単位の推計手法は、板紙の品種別原単位の推計方法と同様の最小二乗法を採用した。具体的には、下記式 3 を利用して推計した。

$$\text{エネルギー使用量合計} = A * \text{新聞巻取紙} + B * \text{非塗工印刷用紙} + C * \text{塗工印刷用紙 (+微塗工)} + D * \text{情報用紙} + E * \text{包装用紙} + F * \text{その他洋紙} + \text{誤差 (式 3)}$$

推計で得られた A～E の各係数は、エネルギー消費原単位と解釈できる。

推計結果は表 5.3-5 に示すとおりである。そのうち、「非塗工印刷用紙」のエネルギー消費原単位（再エネを含めた総合エネルギーベース）は 29,079MJ/t である。ちなみに、「非塗工印刷用紙」を 100%製造している工場(6 工場 5 年分)の単純平均原単位は 30,098 MJ/t となっている。

表 5.3-5 洋紙の品種別原単位の推計

	新聞巻 取紙	非塗工 印刷用紙	塗工印 刷用紙(+微 塗工)	情報用 紙	包装用 紙	その他 洋紙計
総合エネルギー 消費原単位	23,952	29,079	43,548	42,668	29,993	28,871
標準誤差	0.832	0.546	2.593	10.470	4.863	1.467
t 値	28.774	53.232	16.796	4.075	6.167	19.685

注 1：決定 R2=0.98377、観測数=110。注 2：洋紙のみ製造工場ベースで推計した。なお、事業者ベースの推計や板紙も同時生産工場の推計ではマイナス係数が得られた。注 3：非説明変数は再エネを含めたエネルギー消費合計であり、説明変数は品種別生産量（5 年のつなぎ合わせ）。注 4：定数項ありの推定では小さい工場に適し難い高い定数項を得られたため定数項ゼロの推定式を採用した。注 5：マイナス推計結果を回避するため「塗工印刷用紙」と「微塗工印刷用紙」を合体して推計した。注 6：「その他洋紙計」は合計のみを報告した数値や、その他品種として報告した数値である。

上記の総合エネルギーベースの原単位を下記のように、板紙補正に採用した平均再エネ使用率 21.2%を用いて化石燃料ベースの原単位に換算すると、

$$\text{「非塗工印刷用紙」の原単位（化石燃料ベース）} = 29,079 \cdot (1 - 21.2\%) = 22,914 \text{ MJ/t}$$

4. 補正式の改善結果

洋紙製造を考慮した補正式は式4となる。式3と比較して、品種が1つ増加したという違いだけである。

$$\text{補正後BM値} = \frac{E}{\sum Q_i} \cdot \frac{G_0 \cdot \sum Q_i}{\sum (G_i \cdot Q_i)} \quad (\text{式4})$$

ここで、

i : 品種（ライナー、中芯原紙、白板紙、色板紙、その他（板紙）、その他（洋紙））

E : 板紙生産エネルギー使用量計(MJ)（洋紙製造用分を含む）

Q_i : 品種別生産量(t)（洋紙分を含む）

G_i : 品種別エネルギー消費原単位(MJ/t)

G_0 : 板紙基準原単位(MJ/t) : **7,706 MJ/t (=23者5年単純平均値)**

表6 補正用の品種別原単位（化石ベース）

	ライナー	中芯原紙	白板紙	色板紙等	その他板紙	その他洋紙
化石エネルギー消費原単位	5,709	4,841	10,400	9,987	9,297	22,914

5.3.5. 補正手順

(例) 板紙生産量 10,000t、エネルギー使用量 60,000GJ の場合

※： **太枠** は入力値、**青字** は固定値、その他は計算値

表 5.3-6 試算例

i	品種	原単位 (単位 MJ/t)	生産量 (単位 t)	エネ使用量 (単位 GJ)
1	ライナー	5,709	2,000	11,418
2	中芯原紙	4,841	2,000	9,682
3	白板紙	10,400	2,000	20,800
4	色板紙等	9,987	2,000	19,974
5	その他の板紙	9,297	2,000	18,594
6	その他の洋紙	22,914	0	18,594
-	合計	—	10,000…A	80,468…B
-	補正係数	—		0.958…C

- ① 品種別の生産量を記入（生産量の合計 A が算出される）。
- ② それぞれの生産量と品種別原単位（固定値）を掛け合わせて足すことにより、製造品種を考慮したエネルギー使用量が算出される（B）（補正係数分母）。
- ③ 生産量の合計に **7,706**（業界平均原単位）（固定値）を乗じて、業界平均のエネルギー使用量を算出（補正係数分子）。
- ④ で算出したエネルギー使用量を②で算出したエネルギー使用量で割り、補正係数算出（C）。
- ⑤ 補正係数を原単位に乗じて、製造品種による原単位のばらつきを補正。

$$\begin{aligned} \text{補正後BM} &= \text{補正前BM} \times \text{補正係数} = \frac{60,000\text{GJ}}{10,000\text{t}} \times \frac{7,706\text{MJ/t} \times 10,000\text{t}}{80,468\text{GJ}} \\ &= 6,000\text{MJ/t} \times 0.958 = 5,748\text{MJ/t} \end{aligned}$$

なお、例においてはエネルギー消費原単位が平均値（7,706）よりも大きい品種の生産量が多いため、補正係数が 1 を下回り、補正前よりも原単位が小さくなる。

5.3.6. 補正結果

2019 年度実績を元に補正結果を試算した。

表 5.3-7 に示すとおり、補正後の変動係数（ばらつき）が 0.619 から 0.549 に改善され、省エネ取組と関係の薄い要素を排除することで、ベンチマーク指標の適正化が図られた。た

だし、達成状況については、2019 年度の実績値を元に算出したため、実際の達成事業者数とは必ずしも一致しない。

表 5.3-7 試算結果

	補正前	補正後
最小(MJ/t)	1,428	2,193
平均(MJ/t)	7,748	8,031
最大(MJ/t)	21,058	20,858
標準誤差(MJ/t) (標準誤差比)	4,797 100%	4,408 92%
変動係数	0.619	0.549
達成者数	7	7
事業者数	28	28
達成率	25%	25%

5.4. 国際的な観点からのベンチマーク目標の検証

目標値の国際的な観点からの検証として、EU-ETS のベンチマーク水準と比較した。

5.4.1. EU-ETS のベンチマーク水準

EU-ETS のベンチマーク制度における板紙関連の対象製品とそれぞれの水準は以下3種類で、ベンチマーク値は0.237~0.273 tCO₂/t となっている。

一方、前述の再掲載であるが、EU-ETS の対象プロセスは上記3種類共通で①板紙の生産設備、②接続されたエネルギー変換ユニット（ボイラー等）、③その他燃料使用プロセスを含む。ただし、EU-ETS においてパルプ製造工程（上工程）は含まないのに対して日本のベンチマークは上工程を含む。

表 5.4-1 EU-ETS のベンチマーク制度における板紙関連の対象製品（その1）

製品	Testliner and fluting（テストライナーとフルート＝ライナーと中芯）
ベンチマーク値	0.248 tCO ₂ /t（EU-ETS 第3フェーズの値）
製品単位	純販売可能風乾トン（Adt、Air Dried Tonne） （Adt は湿度 6%と定義）
対象製品	1.テストライナーは、輸送用箱が作られる段ボールの外面層としての使用に適格にするために、包装業界によって採用された特定のテストを満たす板紙のタイプを対象とする。テストライナーは、主にリサイクル繊維から得られた繊維から作られている。 2.フルーティングとは、段ボール箱の中央部分を指し、両側がライナー

	<p>ボード（テストライナー/クラフトライナー）に面する。フルーティングは主に再生繊維で作られた紙を対象とするが、化学パルプと半化学パルプでも作られている。</p> <p>3.クラフトパルプを原料したライナー（Kraftliner）は含まれない。</p>
対象プロセス	<p>製紙における全てのプロセス、特に</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 紙又は板紙の設備 ・ 接続されたエネルギー変換設備（ボイラー/ CHP） ・ 直接プロセスにおける燃料の使用 <p>含まれていないプロセス</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 製材活動 ・ 木工活動 ・ 販売用化学物質の生産 ・ 廃棄物処理（オフサイトの代わりにオンサイトでの廃棄物処理（乾燥、ペレット化、焼却、埋め立て）） ・ PCC（沈殿炭酸カルシウム）の生産 ・ 臭気ガスの処理 ・ 地域暖房
対象排出	<ul style="list-style-type: none"> ・ 生産に関連する消費電力の排出量は対象外。 ・ 測定可能な熱（蒸気、温水など）の外販は対象外。

出所) https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/ets/allowances/docs/gd9_sector_specific_guidance_en.pdf

表 5.4-2 EU-ETS のベンチマーク制度における板紙関連の対象製品（その2）

製品	Coated carton board (コートカートン板紙(=色板紙等))
ベンチマーク値	0.273tCO ₂ /t (EU-ETS 第3 フェーズの値)
製品単位	同上表
対象製品	<ul style="list-style-type: none"> ・ 主に、食品、医薬品、化粧品用にパッケージに商業情報を印刷するための商業用途に使用されるもの。バージンパルプ及び/又は回収された繊維から作られ、優れた折り畳み特性、剛性、及びスコアリング能力を備えている。 ・ 主に、冷凍食品、化粧品などの消費財や液体容器のカートンに使用される。ソリッドボード、フォールディングボックスボード、ボックスボード、キャリアボード、コアボードとも呼ばれる。
対象プロセス	同上表
対象排出	同上表

出所) https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/ets/allowances/docs/gd9_sector_specific_guidance_en.pdf

表 5.4-3 EU-ETS のベンチマーク制度における板紙関連の対象製品（その3）

製品	Uncoated carton board (非コートカートン板紙(=白板紙等))
ベンチマーク値	0.237 tCO ₂ /t (EU-ETS 第3 フェーズの値)
製品単位	同上表
対象製品	<ul style="list-style-type: none"> ・ 主に強度と剛性が主な必要特性であり、情報キャリアとしての商業的側面がその次に重要であり、パッケージングアプリケーションに使用される。バージンパルプ及び/又は回収された繊維から作られ、優れた折り畳み特性、剛性、及びスコアリング能力を備えている。 ・ 主に冷凍食品、化粧品などの消費財や液体容器のカートンに使用される。ソリッドボード、フォールディングボックスボード、ボックスボード、キャリアボード、コアボードとも呼ばれる。
対象プロセス	同上表
対象排出	同上表

出所) https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/ets/allowances/docs/gd9_sector_specific_guidance_en.pdf

5.4.2. CO₂ベースへの換算方法と比較結果

日本の板紙製造業のベンチマーク指標はエネルギー消費原単位 (MJ/t) であるため、EU-ETS の tCO₂原単位に換算した。熱量から tCO₂への換算係数は、総合エネルギー統計の「板紙」の値より算出した。なお、2018 年度の総合エネルギー統計を利用した。その結果、日本の板紙製造業におけるベンチマーク値を CO₂ベースに換算すると、0.202 tCO₂/t となり、EU-ETS には遜色ない水準と思われる。ただし、日本のベンチマークと EU-ETS の製品ベンチマークは、生産量やエネルギーのバウンダリーが完全に一致しないため、参考比較である。

表 5.4-4 CO₂ベースのベンチマーク値への換算方法

指標	単位	値
エネルギー消費量 (注)	TJ	105,092
CO ₂ 排出量 (注)	10 ³ tC	1,168
換算係数	tCO ₂ /TJ(GCV)	40.8
BM 値(4944MJ/t)換算	tCO ₂ /t	0.202

注：「総合エネルギー統計」 https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/results.html#headline2