



温室効果ガス 削減に向けた 新たな視点



国内および世界における化学製品の ライフサイクル評価

carbon-Life Cycle Analysis (c-LCA)



2012年12月
一般社団法人 日本化学工業協会



温室効果ガス削減に向けた新たな視点
-国内および世界における化学製品の
ライフサイクル評価-
carbon-Life Cycle Analysis (c-LCA)

ある一定の条件を設定した上で算出したケーススタディ



2012年12月
一般社団法人 日本化学工業協会



目 次

はじめに.....	1
エグゼクティブ・サマリー.....	2
<u>1. 化学産業について.....</u>	<u>9</u>
1. 1 化学産業の特徴.....	9
1. 2 日本の化学産業の特徴（2010年における概要）.....	9
1. 3 日本における化学産業の地球温暖化防止への取組み.....	10
<u>2. c-LCA（carbon-Life Cycle Analysis）について.....</u>	<u>18</u>
2. 1 c-LCA の概念.....	18
2. 2 ICCA の c-LCA レポート.....	19
<u>3. 日本国内における c-LCA 評価について.....</u>	<u>23</u>
3. 1 背景と目的.....	23
3. 2 評価対象.....	23
3. 3 評価対象期間に関する考え方.....	25
3. 4 排出削減貢献量の算定.....	25
<u>4. 評価事例（ある一定の条件を設定した上で算出した CO₂ 排出量）.....</u>	<u>26</u>
4. 1 再生可能エネルギー その1 -太陽光発電用材料-	26
4. 2 再生可能エネルギー その2 -風力発電用材料-	30
4. 3 省エネルギー その1 -自動車用材料（炭素繊維）-	34
4. 4 省エネルギー その2 -航空機用材料（炭素繊維）-	38
4. 5 省エネルギー その3 -低燃費タイヤ用材料-	42
4. 6 省エネルギー その4 -LED 関連材料-	51
4. 7 省エネルギー その5 -住宅用断熱材-	55
4. 8 省エネルギー その6 -ホール素子、ホール IC-	59
4. 9 省エネルギー その7 -配管材料-	67
4. 10 省エネルギー その8 -海水淡水化プラント材料(RO 膜)-	70
4. 11 省資源 -高耐久性マンション用材料-	73
<u>5. 結論と提言.....</u>	<u>77</u>
5. 1 評価事例のまとめ.....	77
5. 2 結論と提言.....	78
<u>6. 化学業界が進める今後の計画.....</u>	<u>79</u>
6. 1 国内における c-LCA 評価事例の拡大.....	79
6. 2 国際貢献の推進.....	79
6. 3 革新的技術の開発.....	80
<u>7. 「c-LCA 報告書（初版）」レビュー委員会.....</u>	<u>82</u>
7. 1 レビュー委員会の概要.....	82
7. 2 「c-LCA 報告書」に対する識者の意見.....	82
<u>8. 「c-LCA 報告書（第2版）」レビュー.....</u>	<u>87</u>
8. 1 レビューの概要.....	87
8. 2 「c-LCA 報告書 第2版」に対する識者の意見.....	87
<u>9. 謝辞.....</u>	<u>90</u>
<u>10. 付録 c-LCA ファクトシート.....</u>	<u>91</u>

はじめに



1992年の地球環境サミットから20年が経過した本年6月、20年前と同じブラジルのリオデジャネイロで「国連持続可能な開発会議（リオ+20）」が開催されました。この会議において気候変動への取組みの重要性があらためて確認され、気候変動対策においてCO₂を中心とした温室効果ガスについては、これまでに行ってきた個々の削減努力に加え、地域・国家や産業間の壁を越える統一した取組みが重要であるとの認識で一致しました。

国際化学工業協会協議会（ICCA）は2009年に、化学製品を使用した最終製品のライフサイクル全体で排出されるCO₂排出量と、比較製品のライフサイクル全体で排出されるCO₂排出量の差分によりCO₂排出削減貢献量を算定する、“カーボン・ライフサイクル分析（c-LCA）”という論理的で実証的な解析を行い、化学製品が世界のCO₂排出削減に大きく貢献していることを提示しました。

化学産業は、私たちの生活に不可欠な製品を供給するとともに、新素材やプロセスの開発により新たなマーケットを創出し人類への貢献を果たしていますが、これに加え、温室効果ガスの削減を中心とする気候変動対策に関して次のような役割を果たしています。

- 化学産業は、生産量の増加にもかかわらずエネルギー使用効率の向上と燃料転換などにより、CO₂排出量を削減している。
- 化学産業は提供する製品や技術を通じ、人びとの生活や他の産業におけるCO₂排出量削減に極めて大きく貢献している。
- 化学産業は、気候変動対策に必要な製品と技術を提供していく“ソリューション・プロバイダー（解決策の提供者）”である。

日本化学工業協会（日化協）は2011年7月に、原料採取から製造、使用、廃棄・リサイクルに至る化学製品のライフサイクル全体を俯瞰したc-LCAの事例を紹介する「国内における化学製品のライフサイクル評価（日化協レポート）」の初版を発行しました。また、2012年2月には、CO₂排出削減貢献量算定のルールの特明確化、および実践上の留意事項を整理した「CO₂排出削減貢献量算定のガイドライン」を発表し、c-LCAの透明性と信頼性向上を図りました。

この度これらに引き続き、レポート初版掲載事例のガイドラインに基づく再評価と新たな事例の追加により、国内の貢献10事例と世界の貢献4事例を掲載し、タイトルを「国内および世界における化学製品のライフサイクル評価」と改めた日化協レポート第2版を発行する運びとなりました。

日化協が作成したガイドラインに関しては、ICCAを通してグローバルな化学セクターのガイドラインの策定、さらには世界の産業界への拡大を展開中です。

本レポートおよび一連の日化協の地球温暖化問題への取組みを通じ、化学産業がCO₂排出削減において社会に貢献する“ソリューション・プロバイダー”であることをご理解いただくとともに、製品のライフサイクルを通じたCO₂排出状況を考慮した地球温暖化対策により、真のCO₂削減を目指していくことが重要であることをご理解いただければ幸いです。

2012年12月
一般社団法人 日本化学工業協会会長

高橋恭平

エグゼクティブ・サマリー

1. 概要及び結論

日本化学工業協会は、これまで製品・技術の GHG¹ 排出に係る議論において、化学製品のライフサイクルでの GHG 排出量評価の重要性を訴えてきた。

本報告書は 2011 年に発行した「国内における化学製品のライフサイクル評価 carbon-Life Cycle Analysis(c-LCA)」についての改訂版であり、初版同様 GHG の中の CO₂ 排出量を対象としている。1-1、1-2 及び 1-3 の項では、これまでに発行した化学産業の成果物の要点を述べ、1-4 で改訂の内容を概説し、そのあと結論を概括する。

1-1 ICCA レポート (2009 年 7 月)

化学産業（プラスチック、ゴムを含むが、金属、硝子、セメントは含まない²）は製品の使用を通じて、他の業界及び社会全体の CO₂ 排出削減に貢献している。この観点より ICCA（International Council of Chemical Association：国際化学工業協会協議会）では、原料採取から製造、使用、廃棄に至るライフサイクル全体を俯瞰した視点で、世界の化学製品の CO₂ 排出量を調査し、c-LCA レポートを作成した。

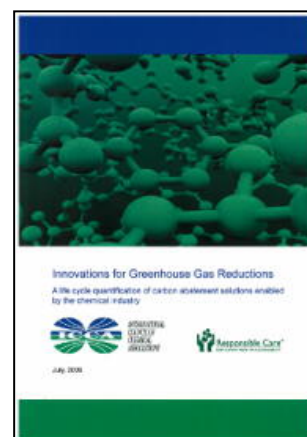


図 1: ICCA レポート

1-2 日本化学工業協会（日化協）レポート (2011 年 7 月)

日化協が 2011 年 7 月に発行した初版では、2020 年を評価対象年として、対象年 1 年間に製造された製品をライフエンドまで使用した時の CO₂ 排出削減貢献量を評価した。その結果にもとづき国内における具体的な化学製品の使用による社会全体での CO₂ 排出削減貢献量の定量化を目的に、再生可能エネルギー、省エネルギーの分野で国内にデータがある 9 事例について分析した。なお、評価対象となる製品は、現状の製品と 2020 年時点で普及する見込みの製品を比較するのではなく、化学製品がなかった場合に使わざるを得ない製品を対象として比較した。



図 2: 日化協レポート

これらの分析の結果、化学製品は、完成品ベースで約 1.1 億トンの CO₂ 排出削減に貢献するキーマテリアルであることがわかった。

なお後述する日化協発行の「CO₂ 排出削減貢献量算定のガイドライン」において記載されているように、削減貢献の寄与率の配分は行っていない。記載内容を以下に示す。

ある評価対象製品が CO₂ 排出削減を実現した場合、単独での効果発現は少なく、複数の構成要素が貢献しているケースがほとんどである。この場合、それぞれの構成要素の貢献度に応じた寄与率を求めることができれば、化学製品・技術の CO₂ 排出削減貢献量としてアピール効果

¹ Greenhouse Gas：二酸化炭素(CO₂)、メタン(CH₄)、亜酸化窒素(N₂O)（一酸化二窒素）、ハイドロフルオロカーボン類(HFCs)、パーフルオロカーボン類(PFCs)、六フッ化硫黄(SF₆)の 6 種類

² 経済産業省ウェブサイト「工業統計調査 分類関係資料 産業分類名称ファイル」
<http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/kougyo/result-4.html#menu08> 産業中分類(2 桁)で 16、18、19 が対象。

を高めることが期待できるが、客観的かつ合理的な寄与率の算定手法が確立されておらず、寄与率を求めることは困難であるため、寄与率算定手法の設定は執り行っていない。

1-3 日化協ガイドライン（2012年2月）

初版発行後、日化協では、c-LCAの透明性、信頼性を確保するために、LCAワーキンググループで「CO₂排出削減貢献量算定のガイドライン」の策定を行い、2012年2月に冊子を発行した。

ガイドラインは、①化学産業がc-LCA手法を使ってCO₂排出削減貢献量を算定する方法の統一基準を提示し、実践上の留意事項を抽出・整理すること、②手法・算定方法の違いによる結果のバラツキを防止し、c-LCAの透明性、信頼性を高めることを目的に作成された。



図3：日化協ガイドライン

CO₂排出削減貢献量算定のガイドラインの概要

- ◆ ガイドラインの目的・使い方
- ◆ 用語の定義
- ◆ c-LCA評価の基本的な考え方(中間財・最終製品)
- ◆ CO₂排出削減貢献量の算定方法(基本形・簡易法)
- ◆ CO₂排出削減貢献量算定における諸条件の設定
 - ・比較製品選定の要件(製法が異なる・代替技術が異なる)
 - ・貢献製品とする範囲の特定
 - ・評価対象製品の市場規模・普及率等の条件設定方法(現在・過去・将来予測)
 - ・評価年と製品の生産・使用期間の設定方法
- ◆ データの透明性、信頼性、妥当性
(一次・二次データ、製品使用段階に関する算定条件、地域性、代表データ及び出典)
- ◆ 寄与率
- ◆ CO₂排出削減貢献量及び削減貢献の度合い活用にあたっての留意点
- ◆ 算定結果の信頼性確保(妥当性の確認)

1-4 日化協レポート改訂版（2012年10月）

今回、2012年2月に策定したガイドラインに基づき、①初版に掲載した事例のc-LCA評価結果の改訂と、②新たな事例の追加により、国内での貢献10事例と世界での貢献4事例の評価を行い事例を拡充した改訂版を発行することとした。

(改定内容)

①出典の継続調査による算定用数値の見直し

出典の継続調査の結果、ホール素子、ホールICの事例について、モータ効率、製品寿命の数値を見直し、再評価した。

②事例の追加

国内：低燃費タイヤ用材料、高耐久性マシオン用材料

世界：自動車用材料（炭素繊維）、航空機用材料（炭素繊維）、エアコン用材料（ホール素子、ホール IC）

③2020 年度の電力排出係数（受電端）

初版では、電力排出係数として「経団連 低炭素社会実行計画」において設定された電気事業連合会目標値

0.33kg-CO₂/kWh を使用して、電力使用に伴い排出する CO₂ 排出量を算定した。

例として、LED 電球の CO₂ 排出削減貢献量の算定において、比較製品である白熱電球の使用段階での CO₂ 排出量は、電力使用量に電力排出係数を掛けてもとめるため、電力排出係数の寄与は大きい。この電力排出係数は、エネルギーミックス（火力、原子力発電、再生可能エネルギーの電力供給）で決まるため、電源構成が重要となる。

初版発行後、東日本大震災の発生とそれによって生じた原子力発電所の事故により、電源構成の変化が予想されるため、本来であれば 2020 年度の電力排出係数目標値の見直しが必要と考えられる。しかしながら、見直し目標値の確定時期が不明なことと、CO₂ 排出削減貢献量を算定する上で 0.33kg-CO₂/kWh の数値を使用しておけば、電源構成変化後の数値を使用した場合と比較して削減貢献量は小さい値であることから、改訂版においてもこれを使用した。

初版、第 2 版を通し、グローバルな課題である CO₂ 排出削減を推進するためには、製造時における CO₂ 排出削減といった部分最適の視点ではなく、製品のライフサイクルを十分に理解したうえで、全体最適の視点からの対策が重要であることが明らかとなってきた。今後、化学産業は製造時の排出削減にとどまらず、ライフサイクル全体における化学技術・製品の活用による削減貢献を目指し、社会全体の CO₂ 排出削減を推進していきたい。

2. 日本の化学産業

化学産業は、石油を中心とした化石資源を、燃料及び原料として使用するエネルギー多消費型産業だが、日本の化学産業は、石油ショック以降、省エネに対する積極的な取組みを推進し、世界最高レベルのエネルギー効率を達成している。その結果、日本における化学製品が製造時に排出するエネルギー起源の CO₂ は、2009 年において約 5,800 万トンで、日本全体（約 11.5 億トン）の約 5% を占めている状況である。

化学産業のCO₂排出量は、
日本全体の5%である

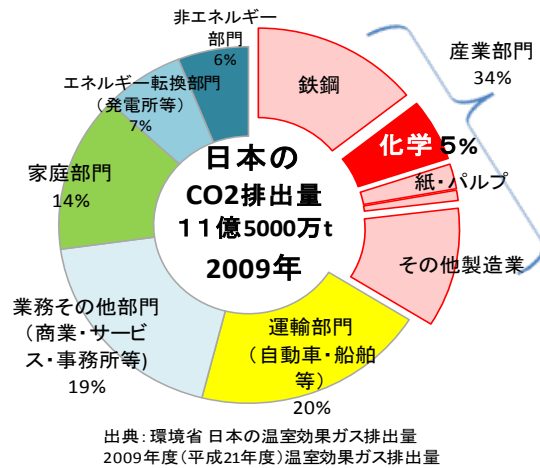


図 4 化学工業の CO₂ 排出量

3. c-LCA のコンセプト (ICCA レポートより)

化学産業は、自動車、電機・電子などのユーザー企業に製品を提供し、他産業を支える基盤産業である。c-LCA の評価方法とは、他産業および消費者で使用される時に排出される GHG に注目し、化学製品を使用した完成品と、比較製品を使用した完成品におけるライフサイクルでの排出量を比べ、その差分を 化学製品がなかった場合に増加する排出量と考え、正味の排出削減貢献量 として算出する。

c-LCA の評価方法 (正味の排出削減貢献量算出)

c-LCA (carbon - Life Cycle Analysis) の概念



図 5 c-LCA の評価方法

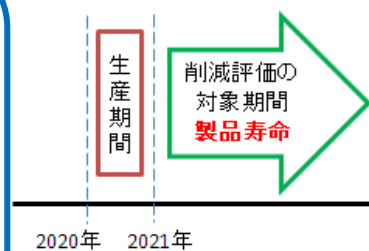
4. 2020年に製造される製品の日本国内の評価事例まとめ

【対象期間】

評価対象年を2020年とし、対象年1年間に製造された製品をライフエンドまで使用した時のCO₂排出削減貢献量を評価。

【削減効果に貢献する対象製品の範囲】

化学製品はエネルギー部門、輸送部門、民生家庭部門など様々な分野の完成品において、他の素材、部材関連の製品と連携してCO₂排出削減に貢献。





	再生可能エネルギー		省エネルギー		
	太陽光発電	風力発電	自動車	航空機	自動車用タイヤ
コンセプト					
機能・特長	太陽光のエネルギーを半導体の原理により直接電気に変換。	風力により発電機を直接回す。炭素繊維使用した高剛性大型ブレード。	炭素繊維を用い、従来と同じ性能・安全性を保ちつつ軽量化。	同左	自動車に装着。走行時に路面との転がり抵抗を低減。
評価対象製品 (化学製品を使用した完成品)	多結晶シリコン系太陽電池	炭素繊維強化プラスチック製風力タービン	炭素繊維強化プラスチックを使用した自動車	炭素繊維強化プラスチックを使用した航空機	低燃費タイヤ ・乗用車用(PCR) ・トラック・バス用(TBR)
比較製品 (比較製品を使用した完成品)	公共電力	公共電力	従来自動車	従来航空機	汎用タイヤ
削減効果の内容	化石燃料未使用でCO ₂ 排出なし	同左	軽量化により燃費が向上、燃料消費量が減少	同左	転がり抵抗を低減することで自動車の燃費向上
完成品の製品寿命	20年	20年	10年	10年	PCR 3万km TBR 12万km
生産量	176万kW	150基	15,000台	45機	PCR 73,000千本 TBR 5,000千本
完成品：原料、製造、廃棄排出量(トン)	—	—	自動車 9.3万	航空機 17.6万	タイヤ 319万
()は化学製品*	Si等(129万)	炭素繊維(0.9万)	—	—	合成ゴム等(174万)
正味の削減貢献量(トン)	▲898万	▲854万	▲7.5万	▲122万	▲636万
合計	2020年1年間に製造された製品をライフエンドまで使用した時のCO₂排出削減				

* 化学製品の原料採取、製造、廃棄(使用段階は除く)におけるCO₂排出量 6品目で計637万トン

【削減貢献量】

今回の 10 事例の評価結果から化学製品は、**ライフエンドまでに約 1.3 億トン¹⁾の排出削減に貢献するキーマテリアル**であることが分かる。

これらの事例は、いずれも、化学製品あるいは化学製品を使用した完成品自体が排出する CO₂ 排出量に対して、これを上回る削減の実現に貢献していることが読み取れる。

省エネルギー				省資源
LED 電球	住宅用断熱材	エアコン	配管材料	マンション
				
電流を流すと発光する半導体。発光効率が高く、長寿命。	住まいの気密性と断熱性を高める。	整流子のない DC モーターを搭載したインバータはモーター効率が向上。	鋳鉄製パイプと同じ性能を有し、上下水道に広く使われている。	鉄筋コンクリートに強度と耐久性を与える。
LED 電球	発泡断熱材 ポリウレタン ポリスチレン	インバータエアコン (部品としてホール素子)	塩ビ製パイプ	乾燥収縮低減剤を添加した高耐久性マンション
白熱電球	昭和 55 年省エネ基準以前の住宅 (断熱材を使用しない住宅)	非インバータエアコン	ダクタイル鋳鉄製パイプ	減水剤のみ添加した一般的なマンション
長寿命、かつ消費電力が少ない。	断熱性向上により、冷暖房の消費電力を減らす。	エネルギー効率を上げて消費電力を減らす。	製造時に高温を使用しないため、エネルギー消費量が少ない。	コンクリート乾燥時のひび割れを抑制し、耐久性向上。
10 年	戸建住宅 30 年 集合住宅 60 年	14.8 年	50 年	100 年
28 百万個	戸建住宅 367,000 戸 集合住宅 633,000 戸	7,460 台 (エアコン台数)	493,092 トン	61,000 戸
LED 電球 9.2 万	—	—	—	マンション 1,655 万
—	断熱材 (235 万)	—	塩ビ配管 (74 万)	乾燥収縮剤等 (24 万)
▲745 万	▲7,600 万	▲1,640 万	▲330 万	▲224 万
<p>貢献量(ある一定の条件を設定²⁾し算出): ▲1 億 3,057 万トン</p>				

1)参考：2009 年度の日本の CO₂ 排出量 11 億 5,000 万トン (図 4)

2) 算定する上での前提条件は、各事例の説明文に明記。

5. 2020年に製造される製品の世界の評価事例まとめ

2020年に日本企業が国内あるいは海外で製造した化学製品による世界のCO₂排出削減への貢献量（ポテンシャル）を算定した。

【削減貢献効果】

今回の4事例の評価結果から化学製品は世界においてもライフエンドまでに3.9億トンの排出削減に貢献するキーマテリアルであることが分かる。

	省エネルギー			
	海水淡水化プラント	エアコン	自動車	航空機
コンセプト				
機能	半透膜を用い、逆浸透原理により海水を淡水化。	整流子のないDCモータを搭載したインバータはモータ効率が向上	炭素繊維を用い、従来と同じ性能・安全性を保ちつつ軽量化。	同左
評価対象製品 (化学製品を使用した完成品)	RO膜法による海水淡水化プラント	インバータエアコン	炭素繊維強化プラスチックを使用した自動車	炭素繊維強化プラスチックを使用した航空機
比較製品 (比較製品を使用した完成品)	蒸発法	非インバータエアコン用	従来の自動車	従来の航空機
削減効果の内容	加熱を必要としないため、エネルギー消費量少。	エネルギー効率を上げて消費電力を減らす。	軽量化により燃費が向上し、燃料消費量減少。	同左
完成品の製品寿命	5年	14.8年	10年	10年
生産量	RO膜 610千本	47,311千台 (エアコン台数)	300,000台	900機
完成品：原料、製造、 廃棄排出量(トン) ()は化学製品	海水淡水化プラント 150万	—	自動車 186万	航空機 351万
	—	—	—	—
正味の削減貢献量 (トン)	▲17,000万	▲18,995万	▲150万	▲2,430万
合計	2020年1年間に製造された製品をライフエンドまで使用した時のCO₂排出削減貢献量(ある一定の条件を設定^{注)}して算出)：▲3億8,575万トン			

注) 算定する上での前提条件は、各事例の説明文に明記。

1. 化学産業について

1. 1 化学産業の特徴

化学産業は自動車、電機・電子、医薬品、化粧品など多くの産業へ原料・素材を供給し、国民生活に重要な役割を果たしている。

暮らしと産業を支える化学工業



図 6. 暮らしと産業を支える化学産業

1. 2 日本の化学産業の特徴（2010年における概要）

- ① 日本の製造業の中で付加価値額が第1位の産業。
- ② 88万人の雇用を担う
- ③ 高度な部材の供給を通じて、自動車、電機・電子などのユーザー企業に製品を提供し、日本の産業の競争力を支える基盤産業
- ④ 原料、燃料用に化石資源を使用するエネルギー多消費型産業
- ⑤ 欧米、アジア等との国際競争にさらされている産業

表 1 産業別出荷額、付加価値額、従業員数

	出荷額	付加価値額	従業員数	一人当たり付加価値額
	兆円	兆円	万人	万円
製造業合計	289.1	90.7	766.4	1,183
化学工業全体 (対製造業合計の比率)	40.1 (14%)	15.4 (17%)	88.2 (11%)	1,741
電気・情報・電子全体	44.3	14.3	114.9	1,243
輸送機械器具製造業	54.2	13.7	94.9	1,439
一般機械器具製造業	30.6	11.5	108.0	1,067

出典：経済産業省「工業統計表」、総務省「科学技術研究調査」
財務省「法人企業統計調査」

1. 3 日本における化学産業の地球温暖化防止への取組み

(1) CO₂排出の現状

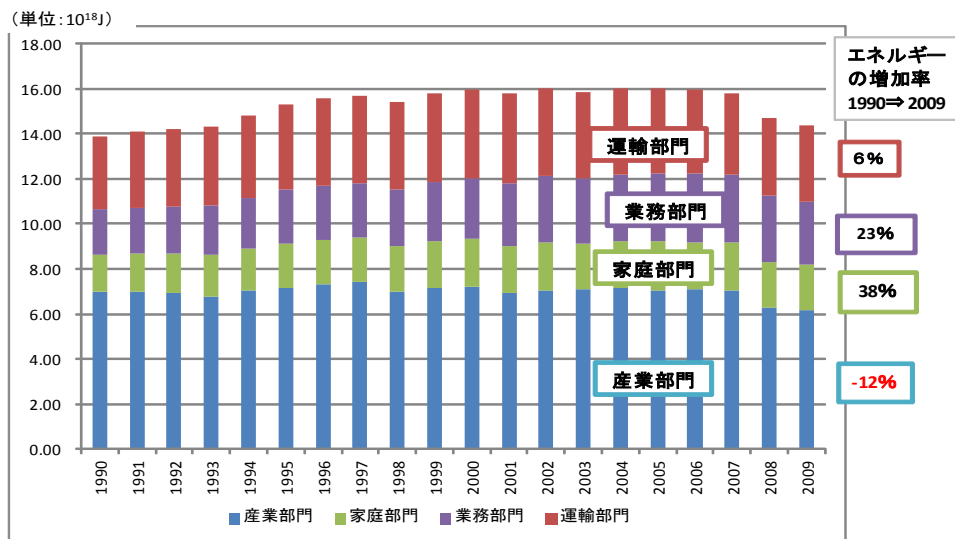
「部門別 CO₂排出量の割合」

産業分野の CO₂ 排出量は日本全体の 34% で、残り 66% は業務、運輸、家庭などからの排出が占めている。産業部門における化学のポジションは、前述した図 4 に示すように鉄鋼に次ぎ第 2 位の排出量で、日本全体の 5% を占めている。

(2) 日本の化学産業における省エネ活動の取組み

「部門別エネルギー使用量の推移」

化学産業が属する産業部門のエネルギー消費量は 1990 年比で減少。一方で、近年、業務、家庭部門でのエネルギー使用量は増加しており、日本全体での CO₂ 排出削減に向けた課題となっている。



出典: エネルギー経済白書2011

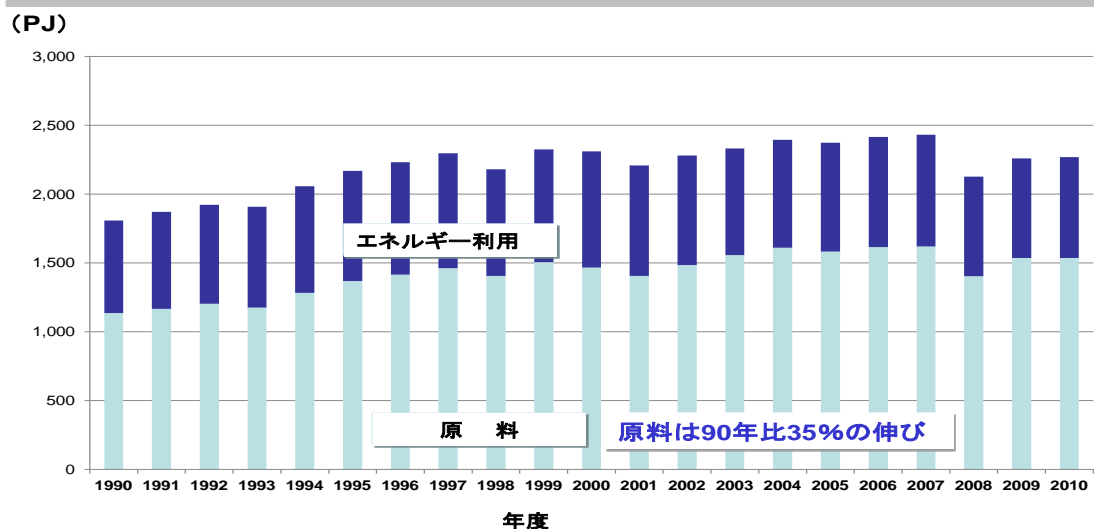
図 7. 部門別エネルギー使用量の推移

「省エネ活動の全体的な推移」

化学産業は化石資源を燃料として多く使用するが、各種製品の原料としても大量に使用しており、燃料及び原料両面のセキュリティ確保の観点からオイルショック以降、省エネに対する取組みを積極的に推進し、1980 年代後半までに大幅な省エネを進めてきた。

エネルギー換算したエチレンなど石化製品の原料としての消費量の推移は、生産量の伸びにより増加傾向だが、エネルギー（燃料等）としての利用量は横這いで、継続的な省エネ活動に努めていることが分かる。

原料・燃料に化石資源を使用



出典: 経済産業省 資源エネルギー庁 平成22年度エネルギー需給実績

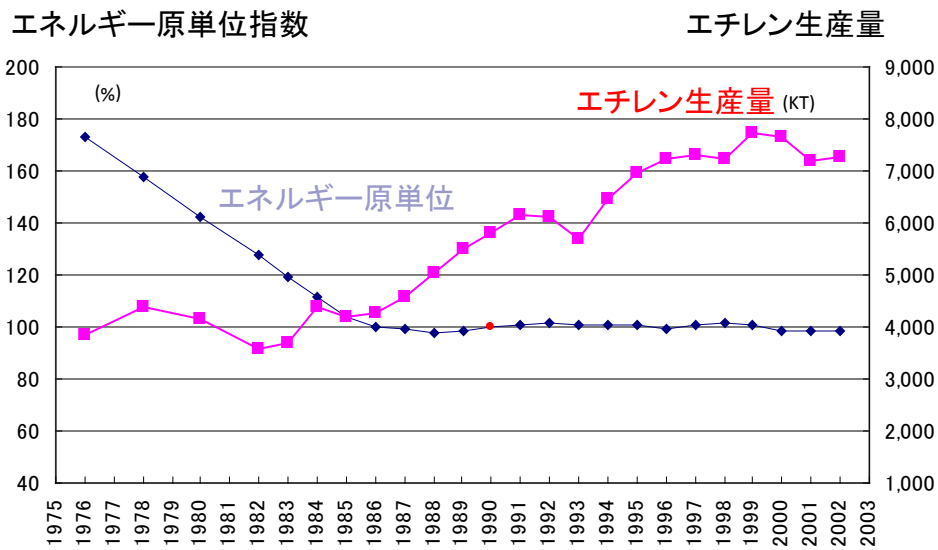
図 8. 日本における最終エネルギー消費の推移³

「製品別省エネ活動の推移」

製品別に分析すると、1990年までにエチレン生産におけるエネルギー原単位はおよそ半減。かきソーダの電力原単位は約30%改善してきた。

³ 経済産業省 資源エネルギー庁 平成22年度エネルギー需給実績
<http://www.enecho.meti.go.jp/info/statistics/jukyu/result-1.htm>

省エネ活動の実績 ① (日本のエチレン生産量と原単位推移)

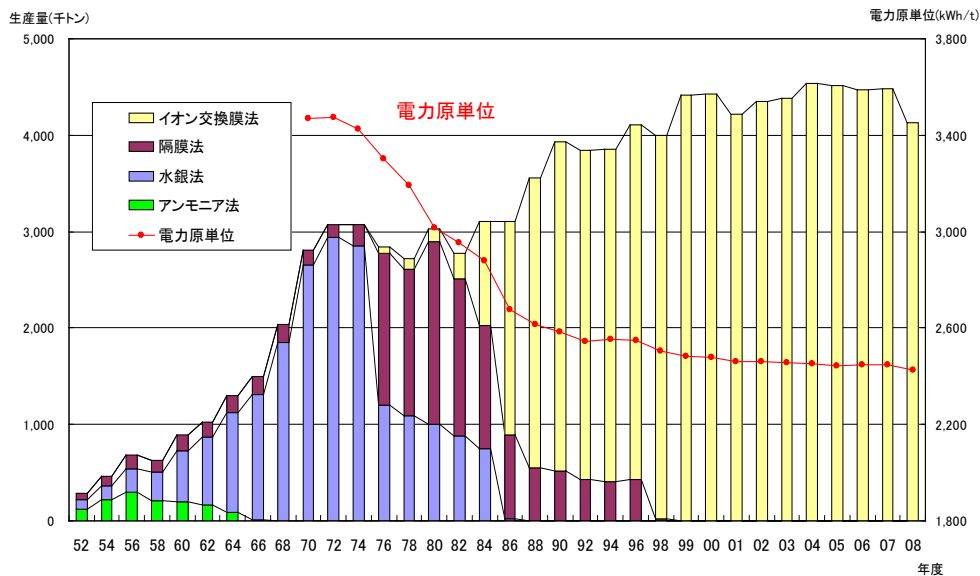


1990年までにエネルギー原単位をおよそ半減とする改善を達成

出典: 2003 NEDO調査資料

省エネ活動の実績 ②

日本におけるか性ソーダ製法別生産量と電力原単位の推移



1990年までに電力原単位を約30%改善するとともに、
1999年には最新技術であるイオン交換膜法にほぼ100%転換

図 9.日本におけるエチレン及びか性ソーダ製造プロセスの原単位推移

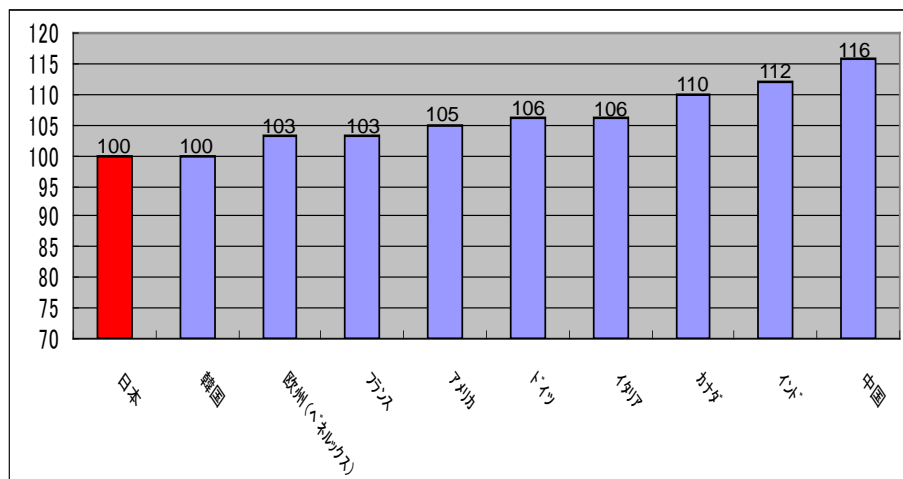
(3) 化学産業のエネルギー効率の国際比較

「エネルギー効率の全体的な国際比較」

化学産業はオイルショック以降、①製法転換、プロセス開発、②設備・機器効率の改善、③運転

方法の改善、④排出エネルギーの回収、⑤プロセスの合理化等の省エネ活動を積極的に推進してきた。これらの省エネ努力により化学・石油化学産業全体において、世界最高レベルのエネルギー効率を達成している。

化学・石油化学産業における各国エネルギー効率の比較

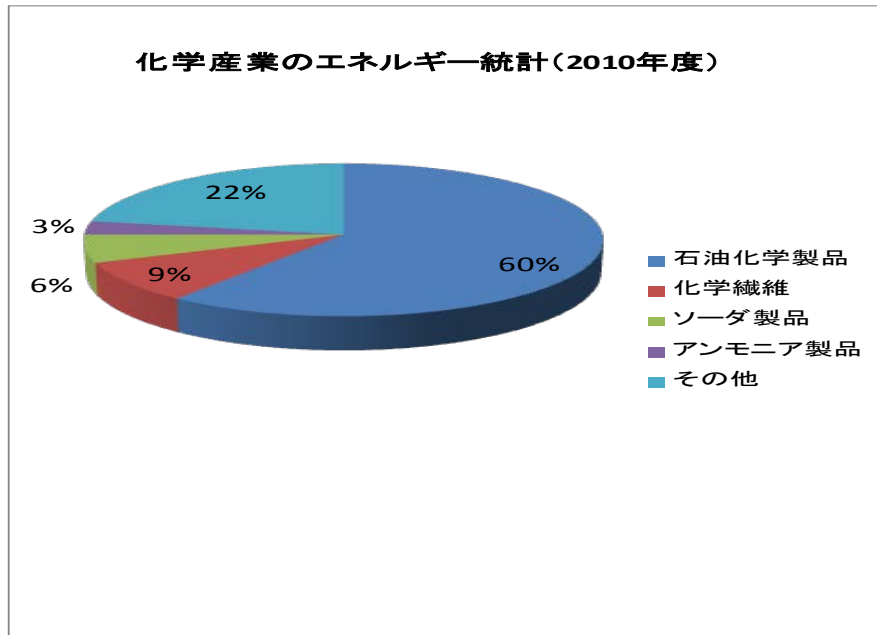


IEA Energy Efficiency Potential of the Chemical & Petrochemical sector by application of Best Practice Technology Bottom up Approach -2006 including both process energy and feedstock use-

図 10. 化学産業におけるエネルギー効率の国際比較

「製品別エネルギー効率の国際比較」

化学産業のエネルギー消費を業態毎に区分すると、その内訳は石油化学製品、化学繊維、ソーダ製品、アンモニア製品、その他に分類されている。この中で石油化学製品におけるエチレンプラントとソーダ製品に関する製造プロセスのエネルギー効率は、世界最高レベルを達成している。



1) 出典：経済産業省 資源エネルギー庁 エネルギーバランス表

図 11. 化学産業におけるエネルギー消費量の部門別内訳 (2010 年度)

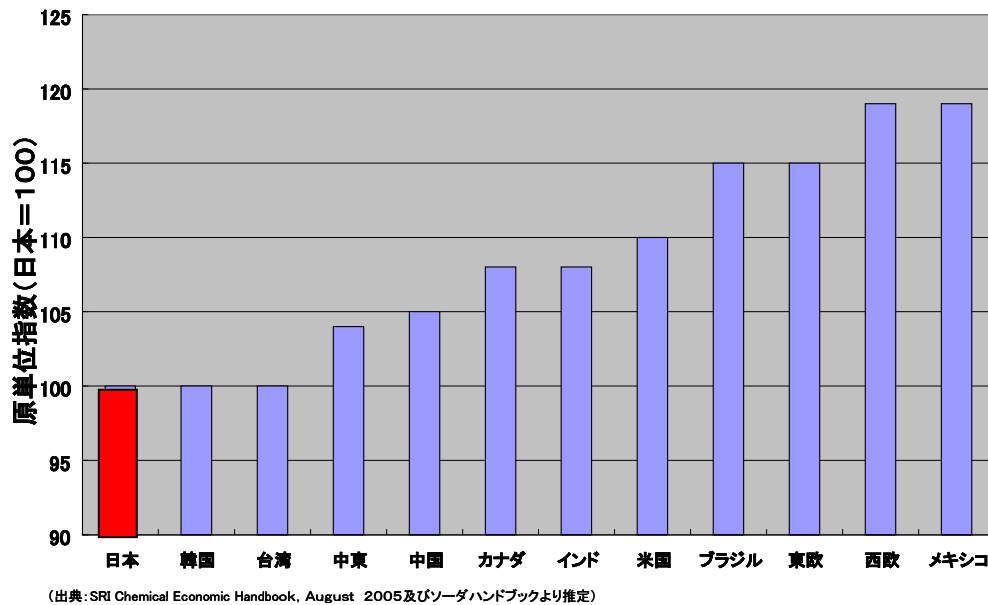
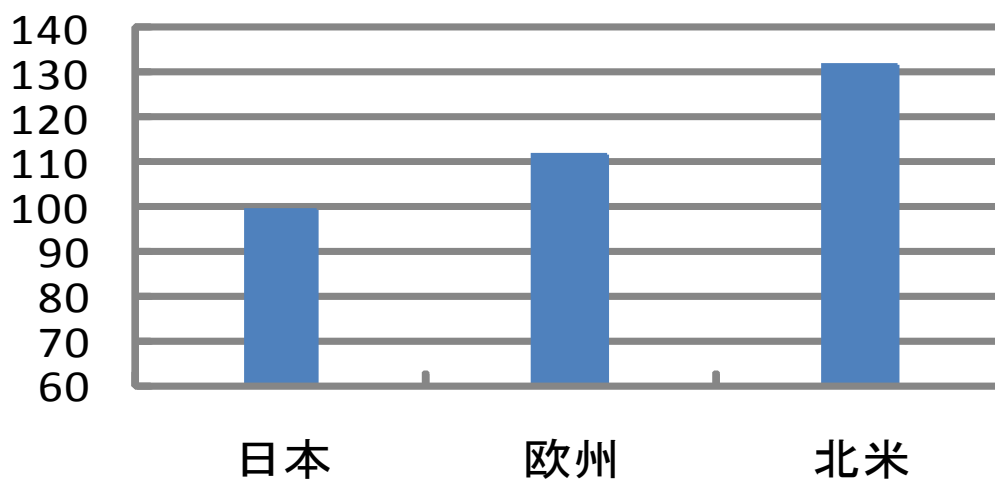


図 12. か性ソーダのエネルギー効率各国比較 (電解電力原単位、2004 年度)



出典: Chemical and Petrochemical Sector 2009
(国際エネルギー機関(OECD傘下の国際機関))

図 13. エチレンプラントのエネルギー効率各国比較 (エネルギー原単位)

化学産業は今後も省エネ活動を継続するとともに、①生産設備更新時の最先端設備及び世界最高水準である BPT (Best Practice Technologies) の普及 (より具体的にはエチレンラッカーの省エネプロセス技術の構築)、②燃料のベストミックス化、③廃棄物の有効利用、④バイオマス等の再生エネルギーの利用等を進め、さらなる省エネルギー・CO₂ 排出削減を進める所存である。

(4) 化学産業 自主行動による削減努力

① エネルギー原単位指数の改善

日本経団連は、1991年の地球環境憲章の制定以来、地球温暖化問題の解決に向け、主体的かつ責任ある取組みを進めてきた。とりわけ、1997年には京都議定書の採択に先駆け、環境自主行動計画（1997～2012年度）を策定し、産業・エネルギー部門を中心に国内のCO₂排出削減に努めてきた。化学産業も、「経団連 環境自主行動計画」に1997年度当初から参画し、エネルギー原単位指数の改善に取組み、2002年度には当初目標を達成した。2007年度には努力目標値を見直し、目標達成に向けて現在も邁進中である。

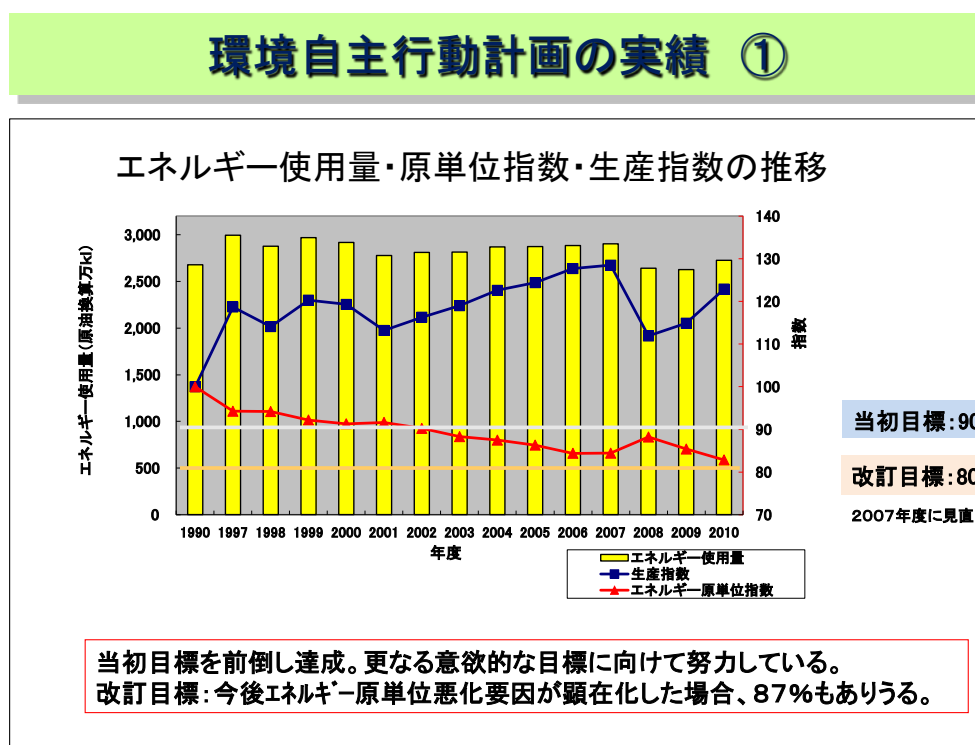


図 14. 化学産業における原単位指数の推移

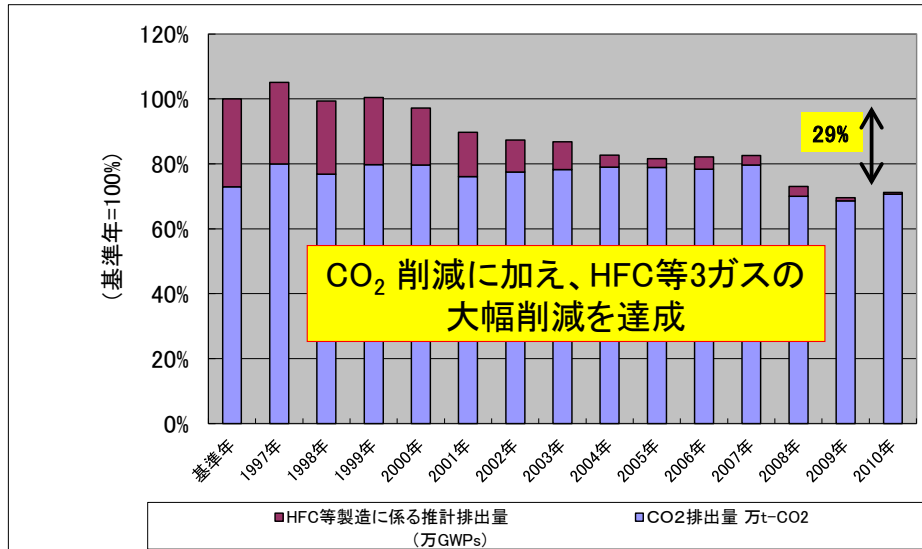
② GHG 排出量の削減

GHG 排出量削減対策の実行により、2010年において基準年（CO₂ は1990年度、代替フロン等3ガス⁴は1995年暦年）比29%削減を達成している。特に代替フロン等3ガスは作業工程の見直し、日常点検強化、設備の計画的更新等の排出削減に努めるとともに、政府からの助成金の活用により稀薄排出ガス燃焼除害設備を設置し、大幅な排出削減を達成した。

⁴ HFCs（ハイドロフルオロカーボン）、PFCs（パーフルオロカーボン）、SF₆（六フッ化硫黄）

環境自主行動計画の実績 ②

エネルギー起源CO₂排出量及びGWP換算HFC等3ガス排出量



注) HFC等の排出量の基準年は1995年、CO₂排出量の基準年は1990年

図 15. 化学産業における GHG 排出量の推移

2. c-LCA (carbon-Life Cycle Analysis) について

2. 1 c-LCA(carbon-Life Cycle Analysis)の概念

c-LCA の評価方法とは、他産業および消費者で使用される時に排出される CO₂ に注目し、化学製品を使用した完成品と、比較製品を使用した完成品におけるライフサイクルでの排出量を比べ、その差分を 化学製品がなかった場合に増加する排出量と考え、正味の排出削減貢献量 として算出する手法である。

ライフサイクルでの CO₂ 排出量とは、原料採取、製造、流通、使用、リサイクル・廃棄されるまでの排出量の合計である。

c-LCA (carbon - Life Cycle Analysis) の概念

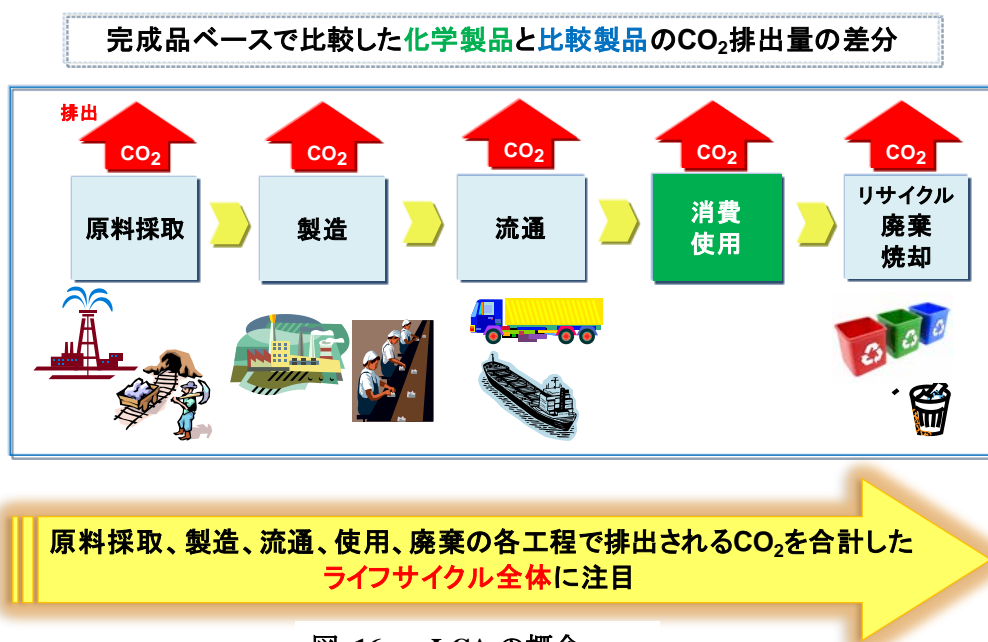


図 16. c-LCA の概念

c-LCAの評価方法 (正味の排出削減貢献量算出)

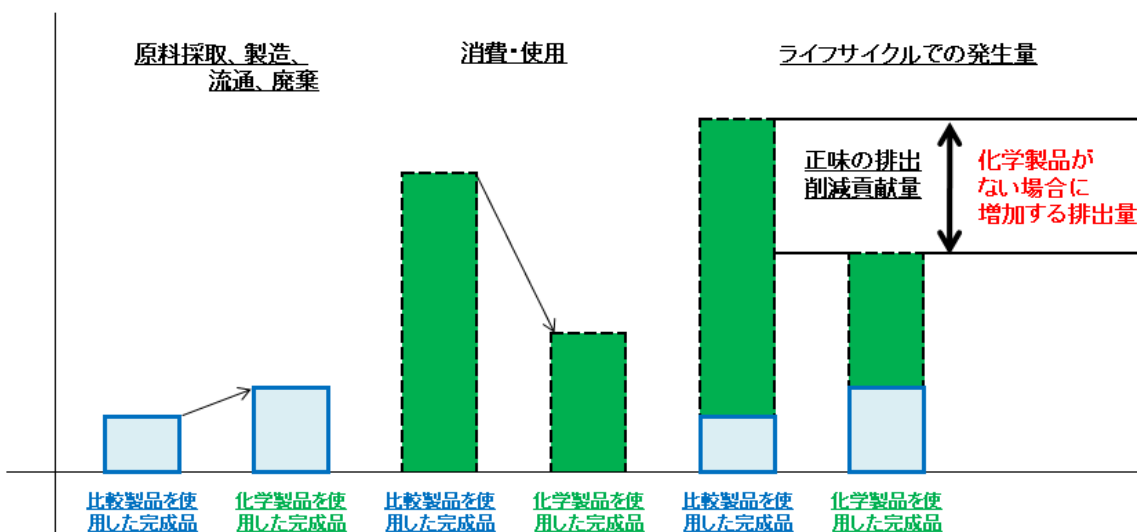


図 17. c-LCA の評価方法

2. 2 ICCA⁵のc-LCAレポート

(1) 目的と概要

今後、世界的にCO₂排出削減を進めるにあたって、これまで注力してきた製造時の省エネ・CO₂排出削減努力に留まらず、民生部門、業務部門などでのCO₂排出削減につながる製品開発、普及により、社会全体でのCO₂排出削減貢献を図ることが重要となってきた。

こうした背景から、原料採取、製造、流通、消費を経てリサイクル・廃棄に至るライフサイクル全体を俯瞰した新しい視点でCO₂の排出状況、及び削減への貢献を訴える手段として、

“Innovations for Greenhouse Gas Reductions :邦題「温室効果ガス削減に向けた新たな視点」” というc-LCAレポートが2009年7月にICCAより発表された。

ここでc-LCAとは、原料採取、製造、流通、使用、廃棄の全段階を通じて世界全体で排出する、特定用途における化学製品のGHG排出量すなわちCO₂e (eはequivalentの略で、温室効果ガスの二酸化炭素換算の数値) 排出量を化学産業以外の次善の代替製品と比較したもので、化学製品が社会全体の炭素収支に与える影響を評価するため、100以上の化学製品利用事例についての「CO₂eライフサイクル分析」を行っている。

なお、このICCAのc-LCAは客観性・透明性を期するため、手法はMcKinsey社が提案する方法を採用し、数値解析の分野別定量データはドイツの第三者機関である「エコ研究所」によって検証された。

「c-LCAレポート」

“Innovations for Greenhouse Gas Reductions”

邦題「温室効果ガス削減に向けた新たな視点」

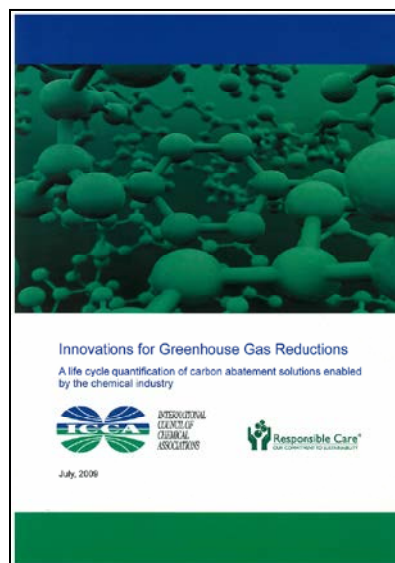


図 18 ICCA レポート

(2) 2005年の評価結果

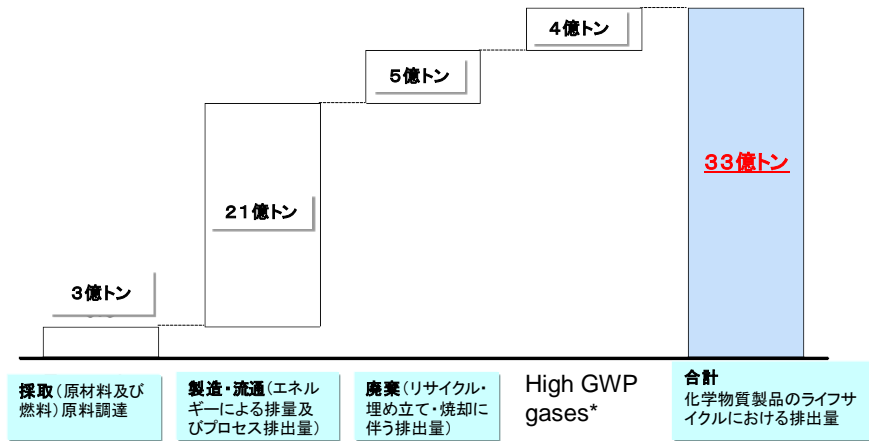
「化学産業における全世界でのCO₂排出量」

c-LCAの結果、2005年における化学産業に係わるGHG排出量は全世界で33億トンであった。そのうち過半数以上の21億トンは、化学産業が原料を仕入れ化学物質を製造した結果である。また、温室効果が高い代替フロン等3ガスの排出が4億トン含まれている。

⁵ International Council of Chemical Associations : 国際化学工業協会協議会

化学産業に由来するCO₂排出量（2005年）

原料採取～製造～流通～廃棄に関連したCO₂e発生量合計：33億トン



* HFC-23, HFC-32, HFC-125, HFC-134a, HFC-143a, HAFC-1521, HFC-227ea, HFC-236fa, HFC-4310mee, CF₄, C₂F₆, C₄F₁₀, C₆F₁₄, SF₆;
GWP factors according to IPCC 1996
Source: IEA, EPA, IPCC, WEF ("Contribution of the chemical industry to greenhouse-gas reduction" December 2007), McKinsey analysis

図 19. 2005 年化学産業に由来する CO₂排出量（全世界）

「正味の排出削減貢献量」

c-LCA 評価結果から、化学産業の 2005 年における正味の排出削減貢献量は 36 億トンであり、使用を除くライフサイクルで排出された 33 億トンを上回る結果となった。うち削減量の大きい事例としては、断熱材、照明がトップ 2 を占めている。

農業分野については、国や地域における農業技術のバラツキが大きく、農業資材（農薬、肥料等）の CO₂ 排出削減効果への共通理解が得にくいと考えられたため、合計から除外した。

c-LCA 評価結果 2005

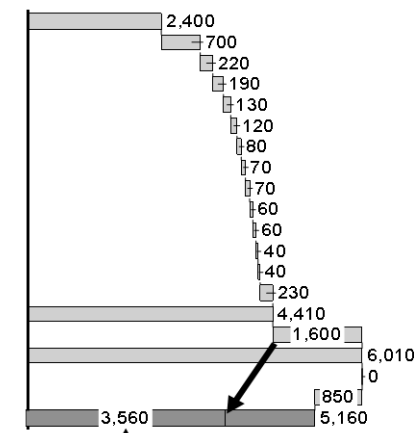
(除: 農業)

正味の削減量
単位: 百万CO₂トン

- 断熱
- 照明
- 包装
- 船舶防汚
- 合成繊維
- 自動車軽量化
- 太陽光発電
- 低温合成洗剤
- エンジン効率化
- 配管
- 風力発電
- 地域暖房
- グリーンタイヤ
- その他
- 小計
- 肥料及び植物防疫
- 合計
- 1 : 1
- 0 : 1
- Net

化学製品使用による
正味GHG
排出削減量
単位: 百万トン

正確に計算できない製品
代替品が存在しない製品



肥料及び植物防疫がない場合

正味削減量：5160-1600=3560百万t ⇒ 36億トン

Source: ICCA/ McKinsey analysis

図 20. 2005 年の正味排出削減貢献量

(3) 2030年の評価結果

「化学産業における全世界でのCO₂排出量予想量」

化学産業に由来する2030年のBAUケース（business-as-usual：現状の規制、生活スタイルはそのまま、省エネの努力を現状並みに推進した場合）と、2030年に実現するとみられる革新技術の利用及び可能な規制を盛り込んだ最大努力ケースのCO₂排出量を示す。

2030年BAUは、2005年を起点にBAUをベースとした生産拡大分から生産効率を改善した分を控除し、さらに生産基地を移動させたことに伴うCO₂排出増加分を加えた。その結果、CO₂排出量は約2倍の65億トンとなる見通しとなった。

最大努力ケースは、BAUより機能製品の積極的な導入等の施策によるCO₂排出削減効果と、その機能材自体を生産することにより増加するCO₂排出量を加味し算出した。その結果、BAUベースでは約2倍増(33→65億トン)となったものを、1.5倍(33→50億トン)に抑制できる見通しとなった。

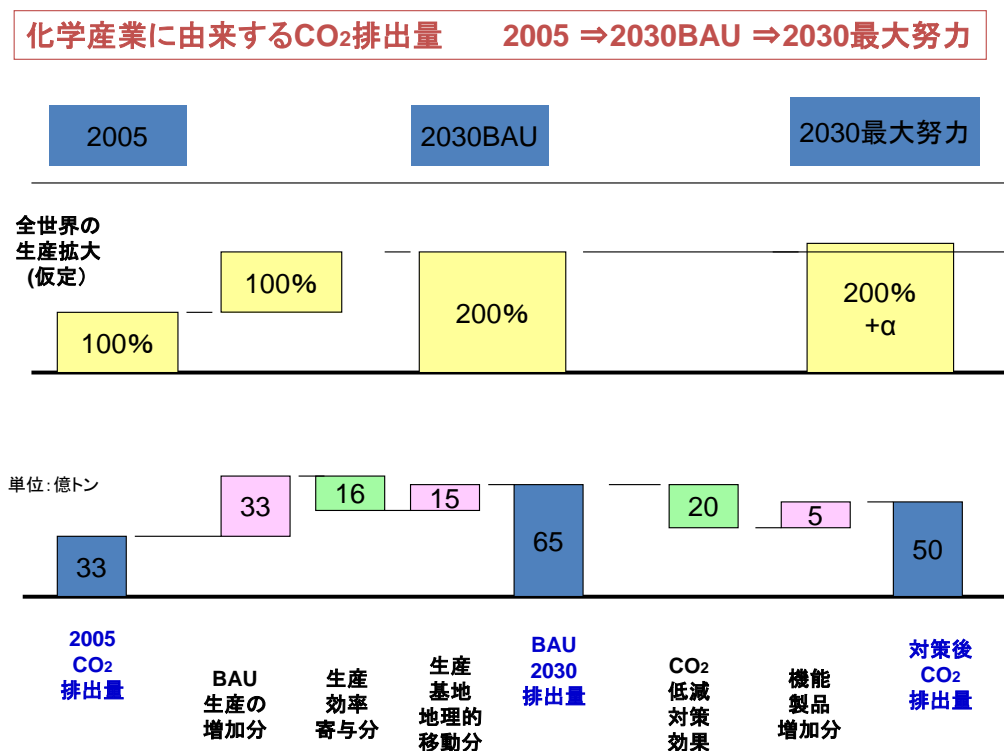


図 21. 2030年の化学産業に由来するCO₂e排出量

「正味の排出削減貢献量」

2030 年における最大努力ケースの正味の排出削減貢献量は、農業資材の CO₂ 発生量を除外し、合計 160 億トンと推計されている。内訳としては、断熱材 (68 億トン)、照明器具 (41 億トン)、太陽光発電 (20 億トン) と続いている。

2005 年における世界全体での人為的 GHG 排出量は、460 億トン程度 (WEF2007⁶) と推定されており、160 億トンの正味排出削減量は、その約 1/3 に相当する。

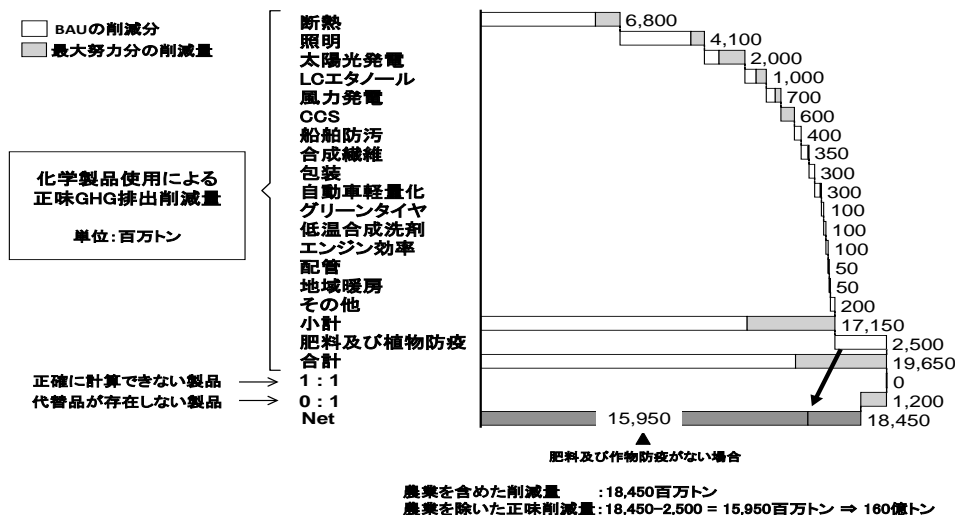
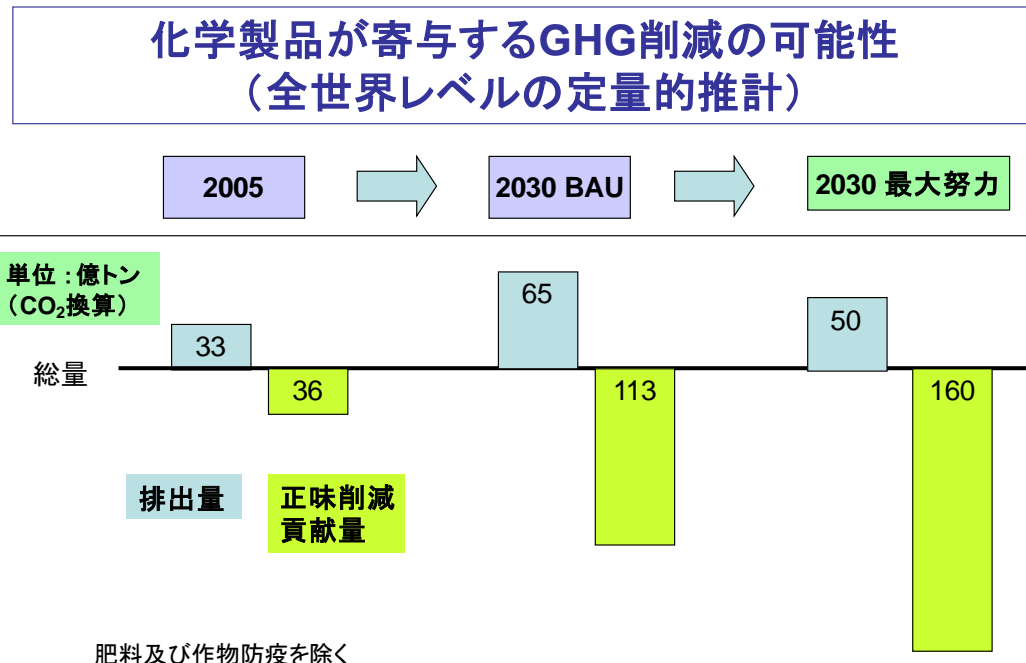


図 22. 2030 年の正味排出削減貢献量 (最大努力ケース)

「まとめ」



出典: Innovations for Greenhouse Gas Reductions By ICCA
 ICCA: International Council of Chemical Associations

図 23. 2030 年の化学産業に由来する排出量と正味の排出削減量のまとめ

⁶ World Economic Forum 2007 (通称: ダボス会議)

3. 日本国内および世界における c-LCA 評価について

3. 1 背景と目的

地球温暖化対策のための中期目標として、2010年8月に経済産業省から公表された「新成長戦略」の工程表では、2020年をターゲット年としている。このような状況下、化学産業は前述の通り製造段階での省エネ・CO₂排出削減努力に加え、化学製品を用いた最終製品の使用段階における削減貢献や、業種間の連携を通じた社会全体のCO₂排出量削減への貢献を目指している。

ICCA レポートは、世界全体の化学産業における2005年と2030年のグローバルな排出削減貢献量を算定した。本報告は、経済産業省「新成長戦略」の工程表を考慮して、日本国内における具体的な化学製品の事例を評価し、CO₂の排出状況を示すことを目的とした。

- ① 経済産業省「新成長戦略」の工程表を尊重し、その対象期間である **2020年** を目標年度として採用した。
- ② 2020年における、**国内**の具体的な化学製品の使用による正味のCO₂排出削減貢献量を定量化した。

初版では、LCI⁷ データが公表され、裏付けのある国内8事例、世界1事例を対象としたが、改訂版では、国内10事例、世界4事例と日本国内および世界の事例を拡充した。今後も低炭素社会実現のため、化学製品・技術の提供による産業全体への貢献を推し進め、排出削減の政策に対して、社会全体の方向性を提供する所存である。

3. 2 評価対象

c-LCA の評価対象としては、① LCI データがあること、② 化学製品の使用によるCO₂排出削減貢献量が大いと考えられる、以下14種の事例を取り上げた。

評価対象とした製品は、2010年時点での現状製品・技術をベースとしており、技術開発の進歩により2020年時点で普及する見込みの製品を対象としていない。

また、比較対象は、化学製品がなかった場合に使わざるを得ない製品を対象としている。排出削減貢献量については、これをベースに 2020年時点での製造予想量 を掛けて算出している。

なお、排出削減貢献量には化学製品だけでなく他の原料、部材関連の製品分も含まれるが、現時点で化学製品分と非化学製品分を定量的に仕分けする手法を持ち合わせていないため、削減貢献量を構成製品毎に配分することは行っていない。

図19、表2に、今回CO₂排出削減貢献量が試算された化学製品と、c-LCA の評価対象となった完成品及び比較対象を示す。

⁷ Life Cycle Inventory : 製造から廃棄されるまでの環境負荷量

日本国内での評価事例

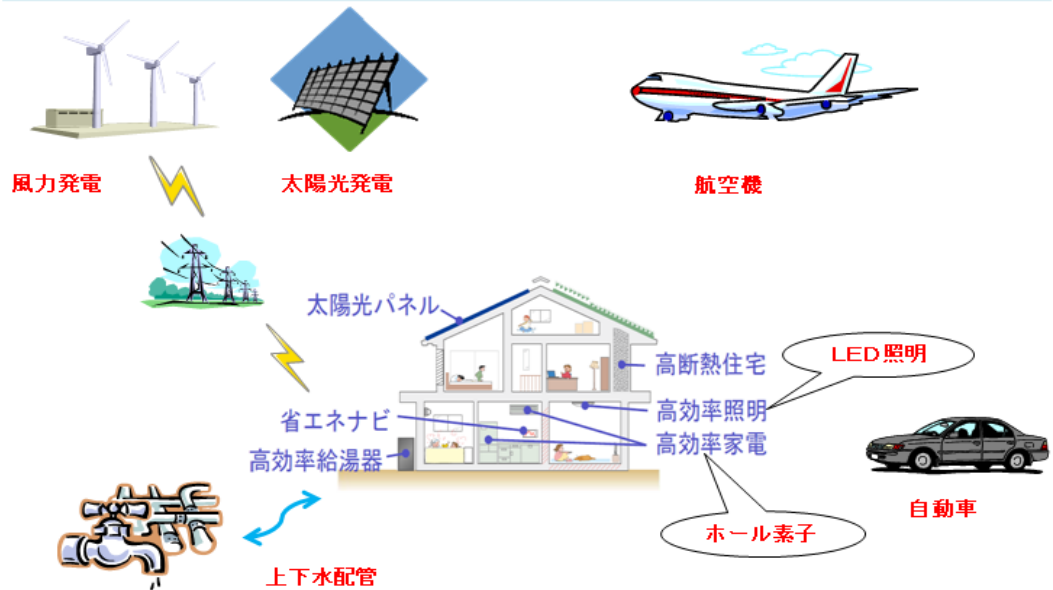


図 24. 評価対象製品イメージ

表 2. 評価対象製品一覧

◆国内

分類	化学製品	評価対象製品	比較対象
再生可能 エネルギー	太陽光発電用材料	太陽光発電設備	公共電力
	風力発電用材料	風力発電設備	公共電力
省エネルギー	自動車用材料	炭素繊維(CFRP)を使用した自動車	従来自動車
	航空機用材料	炭素繊維(CFRP)を使用した航空機	従来航空機
	低燃費タイヤ用材料	低燃費タイヤ	汎用タイヤ
	LED 関連材料	LED 電球	白熱電球
	住宅用断熱材	住宅 (断熱材使用)	昭和 55 年省エネ基準以前の住宅 (断熱材不使用)
	ホール素子、ホール IC	インバータエアコン	非インバータエアコン
	配管材料	ポリ塩化ビニル管	ダクタイル铸铁管
省資源	高耐久性マンション用材料	高耐久性マンション	一般的なマンション

◆世界

分類	化学製品	完成品	比較対象
省エネルギー	海水淡水化プラント材料	海水淡水化プラント (RO 膜)	海水淡水化プラント (蒸発法)
	ホール素子、ホール IC	インバータエアコン	非インバータエアコン
	自動車用材料	炭素繊維(CFRP)を使用した自動車	従来自動車
	航空機用材料	炭素繊維(CFRP)を使用した航空機	従来航空機

3. 3 評価対象期間に関する考え方

- ① 対象年 1 年間に製造された製品を、ライフエンドまで使用した時の CO₂ 排出削減貢献量を評価する。
- ② 対象年時点までに普及し稼働している製品総台数が、対象年 1 年間に稼働することによる CO₂ 排出削減貢献量を評価する。

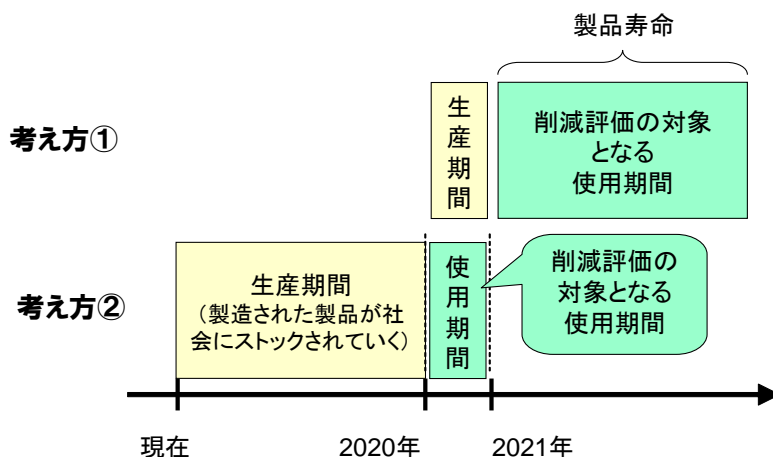


図 25. 評価対象期間に関する 2 つの考え方

今回の c-LCA 評価では、化学製品の排出削減ポテンシャルを把握することを目的としているため考え方①を採用することとし、基準年である 2020 年の 1 年間に製造が見込まれる製品 を対象とした。

3. 4 排出削減貢献量の算定

(1) CO₂ 排出係数

比較対象となる代替製品の CO₂ 排出量は、2020 年での従来製品の技術レベルを予測することが困難なため、現時点で把握できる過去の実績データ を使用（公共電力 CO₂ 排出係数を除く）。

(2) 地理的条件

評価対象製品の使用による CO₂ 排出量の排出削減貢献量に関しては、日本国内および世界全体 での普及による評価を行った。

(3) 算出方式

従来製品が製造されているケースをベースラインとし、評価対象製品が従来製品（比較対象製品）を代替した時の差分に評価対象年 1 年間の製造量を掛けて CO₂ 排出削減貢献量としている。

第 1 ステップ：評価対象製品の単位量（例、kg、個）あたりの CO₂ 排出削減貢献量を算出。

評価対象製品の単位量あたりライフサイクル CO₂ 排出量

$$\text{比較対象の単位量あたりライフサイクル CO}_2\text{ 排出量} = A$$

第 2 ステップ：評価対象製品の 2020 年における製造予想量を掛けて算出。

A の排出削減貢献量 × 2020 年（1 年間）における評価対象製品の製造予想量

4. 評価事例（ある一定の条件を設定した上で算出した CO₂ 排出削減貢献量）

4. 1 再生可能エネルギー その1 ー太陽光発電用材料ー

(1) 太陽光発電の概要

太陽電池は、太陽光のエネルギーを半導体の原理を利用して直接電気エネルギーに変える装置であり、電力を直流から交流に変えるパワーコンディショナーや屋根に設置するための架台などを含めて、太陽光発電システムと呼ばれる。

太陽光発電システムはどのような場所でも発電が可能で、規模を自由に選べるシステムであり、一般の住宅に導入することも可能であることから、さらなる普及が期待される。また、化石資源の枯渇や地球温暖化といった環境問題が顕在化しつつあり、これらの問題を解決するための重要な技術として、「太陽光発電」には大きな期待がよせられている。

①CO₂ 排出削減貢献の内容

化石燃料を使用しないため発電時に CO₂ の排出がない。

②太陽電池の種類と特徴

- ・ 結晶シリコン系：現在の主流、高い変換効率を実現、最も多く流通
- ・ 薄膜シリコン系：低コスト
- ・ 化合物半導体系：シリコン未使用、さらなる低コスト・変換効率向上を期待

③発電効率（太陽光エネルギーを電気エネルギーに変換する効率）

- ・ 現在：結晶シリコン系でのモジュール効率 ～16%程度⁸
- ・ 将来：2025年の目標 - NEDOの技術開発ロードマップ -

結晶シリコン系	25%
化合物系	40%

④日本における太陽光発電の出荷量

- ・ 2009年度：約170万kW⁹
(内訳) 出荷先別：海外約100万kW、国内約70万kW
種類別：多結晶、単結晶シリコン合計146万kW（総出荷量の約90%）
- ・ 2007年までの累積導入量：世界全体7,841MW、日本国内1,919MW

⑤太陽光発電システムに使用される化学製品例

太陽電池はモジュールを構成する材料のうち、多結晶シリコン、バックシート（樹脂）、封止材（樹脂）が主たる化学品であり、これらの材料を算定の対象とした。

- ・ 多結晶 Si、Si ウェハ、SiH₄ ガス

⁸ 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 「2030年に向けた太陽光発電ロードマップ(PV2030)に関する見直し検討委員会」報告書（太陽光発電ロードマップ PV2030+）（2009年6月）

⁹ 太陽光発電協会 太陽電池出荷量（2011年5月）<http://www.jppea.gr.jp/04doc01.html>

- ・ 太陽電池用封止材（エチレン酢酸ビニルコポリマー、フェノール樹脂）
- ・ 太陽電池用バックシート（ポリフッ化ビニル、PET）
- ・ 各種薬品（洗浄液、レジスト剥離剤）
- ・ ジエチル亜鉛、 BCl_3 、CVD 材料
- ・ インバータ向けセラミックス基板、ヒートシンク

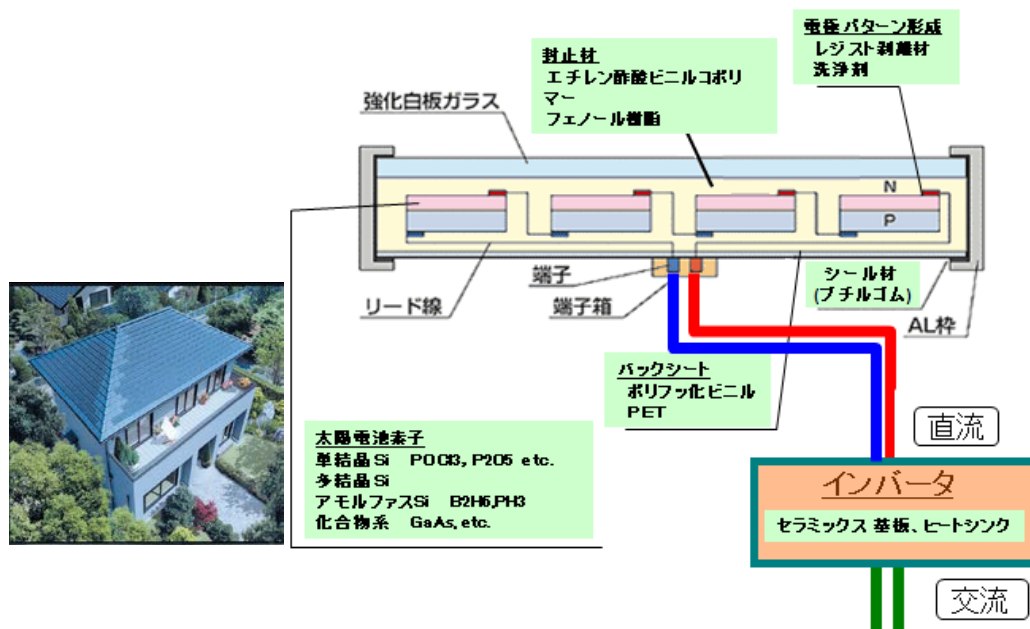


図 26. 太陽光発電システム構造

(2) 評価の条件

①評価対象と比較対象

項目	内容
CO ₂ 排出削減に貢献する化学製品・技術	太陽光発電用材料
評価対象製品	多結晶シリコン系 太陽電池
比較製品	公共電力（火力・原子力・水力等の電源ミックス。日本の発電所の平均構成ベース）
評価年・評価期間	2020年・評価年1年間に製造された製品をライフエンドまで使用した期間

②システム境界（評価した範囲）

太陽光発電については、多結晶シリコン太陽電池による発電システムの原料・製造・使用・保守（部品交換）と廃棄までの排出全てを含む。廃棄は、撤去・回収した太陽電池モジュールからアルミフレームと端子ボックス（結線用ケーブル含む）を除去し、再生業者によってリサイクル。その他のモジュールは産業廃棄物処理とし、その中間処理を経て再生可能な材料はリサイクル、そうでないものは最終埋立処分とした。

公共電力は、電源ミックスによる発電システム及び燃料生産、燃料輸送、廃棄物処分用の原料・製造・使用・保守（部品交換）と廃棄までの排出全てを含む。

③機能単位

- ・太陽光発電システムと公共電力のそれぞれ 1kWh 発電する機能

④排出削減貢献の算定に係る前提

- ・CO₂ 排出係数 (kWh 当たりの発電に伴い排出された CO₂ 排出量)
 - 太陽光発電 : 0.047kg-CO₂/kWh¹⁰
 - 公共電力 : 0.33 kg-CO₂/kWh¹¹
- ・日射量条件 : 東京
- ・太陽光発電システム使用年数¹² : 20 年間
- ・単位導入量あたりの年間 CO₂ 排出削減量 (太陽光発電の定格出力 1kW)
 - 公共電力と太陽光発電との 1kWh 発電時の CO₂ 排出量差分
 - × 出力 1kW あたりの年間発電量

(3) 評価の結果

①CO₂ 排出削減貢献量の算出

東京の日照条件にて発電される年間発電量を基準として、太陽光発電と公共電力の CO₂ 排出量の差を排出削減貢献量とした。

- ・年間発電量 : 902kWh/年/kW
東京の日照条件を適用した太陽光発電出力 1kW あたり
- ・年間 CO₂ 排出削減量 : ▲約 255kg-CO₂/kW/年
出力 1kW 導入時の公共電力発電との差分
- ・太陽光発電 1kW あたりの CO₂ 排出削減貢献量 : ▲5,105kg-CO₂/kW (20 年間)

表 3. 太陽光発電の出力 1kW 当たり CO₂ 排出削減貢献量

	多結晶 Si 太陽電池	公共電力
1) 太陽光発電の CO ₂ 排出削減貢献量		
・発電時の CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /kWh) (a)	0.047	0.33
・太陽光発電 1kW あたり年間発電量 (kWh@東京) (b)	902	902
・太陽光発電 1kW の年間発電量に対する CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /kW/年) (a) x (b) (c)	42.39	(d) 297.66
・太陽光発電 1kW の年間発電量に対する CO ₂ 排出削減貢献量 差分 (kg-CO ₂ /kW/年) (c) - (d)	▲255.27	—
2) 太陽光発電の生涯の CO ₂ 排出削減貢献量 (kg-CO ₂ /kW/20 年間)	▲5,105	—

¹⁰ NEDO 委託業務報告書：太陽電池発電システム共通基盤技術開発
「太陽光発電システムのライフサイクル評価に関する調査研究」(2009 年 3 月)

¹¹ 低炭素社会実行計画 電気事業連合目標値 2009 年時点での 2020 年目標値

¹² 表示に関する業界自主ルール (平成 22 年度) 太陽光発電協会

②日本全体の導入効果

i) ライフサイクルにおける CO₂ 排出削減貢献量

2020 年における日本全体の導入量に対する CO₂ 排出削減貢献量を算定した。

・ 2020 年 1 年分の導入量 : 176 万 kW

導入量の数値により CO₂ 排出削減貢献量が大きく変わるため、評価が過大にならないように配慮して、2005 年と 2020 年の太陽光発電システムの累積導入量¹³の差分をとり、これを 15 年間で割って、1 年の平均増加分を導入量とみなした。

・ 2020 年に生産される太陽光発電の生涯の CO₂ 排出削減貢献量 : ▲898 万トン (20 年間)
 $5,105 \text{ kg-CO}_2/\text{kW}/20 \text{ 年間} \times 176 \text{ kW} = 8,984 \text{ kt-CO}_2$

表 4. 2020 年に導入される太陽光発電システムによる CO₂ 排出削減貢献量

1) 2020 年の導入量		
・ 2005 年の累積導入量実績	(万 kW)	140
・ 2020 年の累積導入量予測	(万 kW)	2,780
2020 年までの年平均増加量	(万 kW) → 2020 年 1 年間の生産量	176
2) 1kW の年間発電量に対する CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /kW/年)		42.39
3) 生涯の CO ₂ 排出削減貢献量 (2020 年、20 年使用分)		(万 t-CO ₂) ▲898

ii) 太陽光発電のライフサイクルでの CO₂ 排出量

・ 太陽光発電の CO₂ 排出量 : 149 万トン
 $42.39 \text{ kg-CO}_2/\text{kW}/\text{年} \times 20 \text{ 年} \times 176 \text{ 万 kW} = 1,492 \text{ kt-CO}_2$

iii) 化学製品の原料採取、製造における CO₂ 排出量 (使用時を除く)

・ 化学製品 (原料～製造) の CO₂ 排出量 : 735kg-CO₂/kW (排出削減貢献量の内数)
 ・ 化学製品製造段階での CO₂ 排出量 : 129 万トン
 $735 \text{ kg-CO}_2/\text{kW} \times 176 \text{ 万 kW} = 1,294 \text{ kt-CO}_2$

¹³ 経済産業省 資源エネルギー庁「再生可能エネルギーの全量買取制度の大枠について」(2010 年 8 月 4 日)
<http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004629/framework03.pdf>

表 5. 化学品製造段階での 1kW あたりの CO₂ 排出量

		多結晶 Si 系 太陽電池
1) 原料～製造段階での CO ₂ 排出量	(kg-CO ₂ /kW)	
・ SiO ₂ 輸送と金属 Si の製造 ¹³		57.95
・ 多結晶 Si 粒塊 ¹³		445.91
・ 多結晶 Si インゴット製造 ¹³		26.72
・ ウェハ製造 ¹³		145.02
・ 封止材 ¹⁴		42.9
・ バックシート ¹⁴		16.5
製造段階合計	(kg-CO ₂ /kW)	735

注：SiO₂の採掘・金属 Si の製造～結晶 Si ウェハの製造、封止材及びバックシートの原料調達～製造まで。

4. 2 再生可能エネルギー その2 -風力発電用材料-

(1) 炭素繊維の概要

PAN 系炭素繊維は、ナフサを粗原料とするアクリロニトリルを重合・製糸して繊維化し、これを熱処理することにより得られる「微細な黒鉛結晶構造をもつ繊維状の炭素材料」である。その軽くて強い機械的性能（高比強度、高比弾性率）と、炭素質であることから得られる特徴（低密度、低熱膨張率、耐熱性、耐腐食性、化学的安定性、X線透過性、自己潤滑性など）を併せ持つため、様々な用途に幅広く使われる。

炭素繊維は単独で使用されることは稀で、通常は樹脂・セラミックス・金属等をマトリックスとする複合材料として使用される。中でも炭素繊維に樹脂を含浸した複合材料 CFRP (Carbon Fiber Reinforced Plastics：炭素繊維強化プラスチック) が広く使われている。

本報告では、この CFRP の使用用途のうち、特に風力発電用途（本節で評価）と、自動車用材料としての用途（4. 3 節）及び航空機用材料としての用途（4. 4 節）について、従来の材料からの環境負荷改善を評価した。

(2) 風力発電の概要



¹⁴ 「太陽光発電工学」(小宮山ら) P147

風力発電は、自然エネルギーの一つとして古くから利用されており、地球温暖化対策につながるクリーンエネルギーとして期待されている。

設備の規模としては、中大型の風車のほか、施設内で発電可能な小型の発電機まで様々な発電規模が存在するが、今後特に大きな伸びが見込まれるのは 3MW 以上の超大型発電機であり、欧米・アジアを中心に導入が進んでいる。発電能力はブレード長さの 2 乗に比例するため大型化は今後ますます進むと考えられ、既にブレード長が 70m を超える 10MW レベルの開発が進んでいる。

①CO₂ 排出削減貢献の内容

化石燃料を使用しないため発電時に CO₂ の排出がない。

②風力発電の特徴

- ・ 風力のエネルギーのうち約 40% を電気エネルギーに変換可能で、自然エネルギーの中では比較的効率の高いエネルギー
- ・ 太陽光発電と異なり、夜間でも発電できるため稼働率が高い
- ・ 稼働率・変換効率が高いことから、発電にかかるコストが太陽光発電に比べ安価
- ・ CO₂ 排出係数が他の自然エネルギーに比べ小さい。また、さらなる発電能力向上、風車ブレードの大型化により CO₂ 排出係数の低減が期待される

太陽光発電：0.047kg-CO₂/kWh¹⁵、風力発電：0.005kg-CO₂/kWh¹⁶

③日本における風力発電導入状況¹⁷

- ・ 2009 年時点：2,200MW
- ・ 2020 年頃：5,000～7,500MW。国の導入予想量は、最大で 450MW/年の増加

④風力発電に使用される化学製品例

発電能力 3MW 以上の超大型機では、風車ブレードの大型化に伴い、風荷重によって生じるブレードのたわみによる風車タワーへの衝突を避けるため、従来のガラス繊維に対して弾性率が 3 倍以上高い炭素繊維がブレード桁材として必要となっている¹⁸。

- ・ 炭素繊維
- ・ エポキシ樹脂など

¹⁵ NEDO 委託業務報告書 太陽電池発電システム共通基盤技術開発

「太陽光発電システムのライフサイクル評価に関する調査研究」(2009 年 3 月)

¹⁶ VESTAS 社報告書 “Life cycle assessment of offshore and onshore sited wind power plants based on Vestas V90-3.0 MW turbines.” (2006 年 6 月)

¹⁷ 経済産業省 ウェブサイト <http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004629/framework.html>

¹⁸ 炭素繊維協会 ウェブサイト <http://www.carbonfiber.gr.jp/>

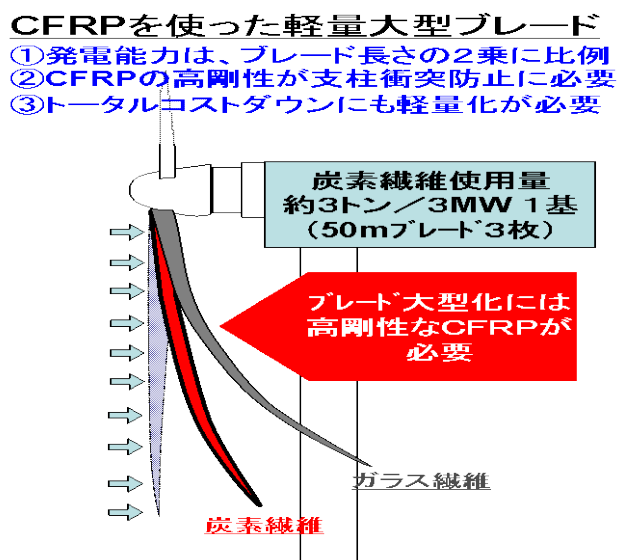


図 27. CFRP 製とガラス繊維製の風力発電用ブレード比較

(3) 評価の条件

①評価対象と比較対象

項目	内容
CO ₂ 排出削減に貢献する化学製品・技術	風力発電用材料（炭素繊維、エポキシ樹脂等）
評価対象製品	炭素繊維強化プラスチックを使用した大型の風力タービン（3MW クラス）
比較製品	公共電力（火力・原子力・水力等の電源ミックス。日本の発電所の平均構成ベース）
評価年・評価期間	2020年・評価年1年間に製造された製品をライフエンドまで使用した期間

②システム境界（評価した範囲）

風力発電については、発電システムの原料・製造・使用・保守（部品交換）までの排出を含む。廃棄段階の CO₂ 排出量は、実績がないため計算の対象外とした。また、炭素繊維の原料から製造までの CO₂ 排出量が考慮されていないため、設備製造時の増加分として加えたが、炭素繊維に代替される材料（例、ガラス繊維等）の排出量は控除していない。

公共電力は、電源ミックスによる発電システム及び燃料生産、燃料輸送、廃棄物処分用の原料・製造・使用・保守（部品交換）と廃棄までの排出全てを含む。

③機能単位

風力発電システムと公共電力のそれぞれ 1kWh 発電する機能

④排出削減貢献の算定に係る前提

- CO₂ 排出係数（kWh 当たりの発電に伴い排出された CO₂ 排出量）

風力発電：0.005kg-CO₂/kWh¹⁶

公共電力：0.33kg-CO₂/kWh¹⁹

¹⁹ 低炭素社会実行計画 電気事業連合目標値 2009年時点での2020年目標値

- ・ 風力発電設備使用年数：20 年間
- ・ 風力発電機 1 機あたり炭素繊維使用量：3 トン
- ・ 単位導入量あたりの年間 CO₂ 排出削減量（出力 3MW の風力発電 1 機）
 公共電力と風力発電との 1kWh 発電時の CO₂ 排出量差分
 × 3MW 風力発電機の年間発電量

(4) 評価の結果²⁰

①CO₂ 排出削減貢献量の算出

出力 3MW/機の風力発電機にて発電される年間発電量を基準として、風力発電と公共電力の CO₂ 排出量の差を排出削減貢献量とした。

- ・ 年間発電量 : 8,760MWh/年/機
 出力 3MW/機、1 時間あたりの発電可能量 1MW/機として算出
- ・ 年間 CO₂ 排出削減貢献量 : ▲ 2,847t-CO₂/機/年
 出力 3MW/機導入時の公共電力発電との差分
- ・ CO₂ 排出削減貢献量 : ▲56,940t-CO₂/機 (20 年間)

表 6. 風力発電の 1 機あたりの CO₂ 排出削減貢献量（風力発電 vs 公共電力）

	評価対象製品	比較対象製品
	風力発電 3MW クラス	公共 電力
1) 風力発電の CO ₂ 排出削減貢献量		
・ 発電時の CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /kWh) (a)	0.005	0.33
・ 風力発電 1 機あたり年間発電量 (MWh) (b)	8,760	8,760
・ 風力発電 1 機の年間発電量に対する CO ₂ 排出量 (t-CO ₂ /機/年) (a) x (b)	(c) 43.8	(d) 2,890.8
・ 風力発電 1 機の年間発電量に対する CO ₂ 排出削減量 差分 (t-CO ₂ /機/年) (c) - (d)	▲2,847	—
2) 風力発電 1 機の生涯の CO ₂ 排出削減貢献量 (t-CO ₂ /機/20 年間)	▲56,940	—

②日本全体の導入効果

i) ライフサイクルにおける CO₂ 排出削減貢献量

2020 年における日本全体の炭素繊維生産量(3MW クラスの風力発電)に対する CO₂ 排出削減貢献量を算定した。

- ・ 2020 年 1 年分の導入予想台数 : 150 機
- ・ 炭素繊維使用量 : 450 トン

国の導入予想²¹では、2020 年頃には年間最大で 450MW の風力発電が追加される。風力発電 1 機あたり 3MW とすると、国内メーカーによる風車導入数は 150 機。1 機当

²⁰ 「炭素繊維協会」の公表しているモデルとは異なる。当該モデルの詳細は 9. 付録参照

²¹ 経済産業省 ウェブサイト <http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004629/framework.html>

たり 3 トン使用されるので、風車用の炭素繊維使用量は 450 トンと推計。

- ・ 2020 年に導入される風力発電の生涯の CO₂ 排出削減貢献量 : ▲854 万トン (20 年間)
 $56,940\text{t-CO}_2/\text{機}/20 \text{ 年} \times 150 \text{ 機} = 8,541\text{k t-CO}_2$

表 7. 2020 年に導入される風力発電による CO₂ 排出削減貢献量

1) 2020 年頃の導入量		
・2020 年の導入量	(MW)	450
・2020 年の風力発電機導入台数	(機)	150
(2020 年の風力発電機用途炭素繊維使用量)	(トン)	(450)
2) 風力発電 1 機の年間発電量に対する CO ₂ 排出量	(t-CO ₂ /機/年)	43.8
3) 生涯の CO ₂ 排出削減貢献量 (2020 年、20 年使用分)	(万 t-CO ₂)	▲854

ii) 風力発電のライフサイクルでの CO₂ 排出量

- ・ 風力発電の CO₂ 排出量 : 13 万トン
 $43.8\text{t-CO}_2/\text{機}/\text{年} \times 20 \text{ 年} \times 150 \text{ 機} = 131\text{k t-CO}_2$

1 機当たり炭素繊維の純増分。代替される材料分 (例、ガラス繊維等) は風力発電の CO₂ 排出係数に含まれているが、抽出が困難であるため控除できず、排出量はダブルカウント。

iii) 化学製品の原料採取、製造における CO₂ 排出量 (使用時を除く)

- ・ 化学製品 (原料～製造) の 1 機あたりの CO₂ 排出量 : 60t-CO₂/機
炭素繊維 1 トン当たりの CO₂ 排出量 20 トン
風力発電 1 機あたり炭素繊維使用量 3 トン
- ・ 化学製品製造段階での CO₂ 排出量 : 0.9 万トン
風力発電 $60\text{t-CO}_2/\text{機} \times 150 \text{ 機} = 9\text{kt-CO}_2$

4. 3 省エネルギー その 1 - 自動車用材料 (炭素繊維) -

(1) 自動車用材料としての炭素繊維の概要²²

自動車用材料としての炭素繊維は、様々な箇所に使用されている。炭素繊維を用いることにより、従来と同じ強度・安全性を保ちつつ自動車の軽量化が可能となる。自動車の軽量化はそのまま燃費向上へとつながり、運輸部門の CO₂ 排出量削減に貢献する。本報告では、炭素繊維を導入した場合における従来型自動車からの燃費向上による CO₂ 排出削減量の評価を行った²³。

²² 炭素繊維の概要は、4. 2 節 風力発電用材料参照

²³ 炭素繊維協会 ウェブサイト <http://www.carbonfiber.gr.jp/>

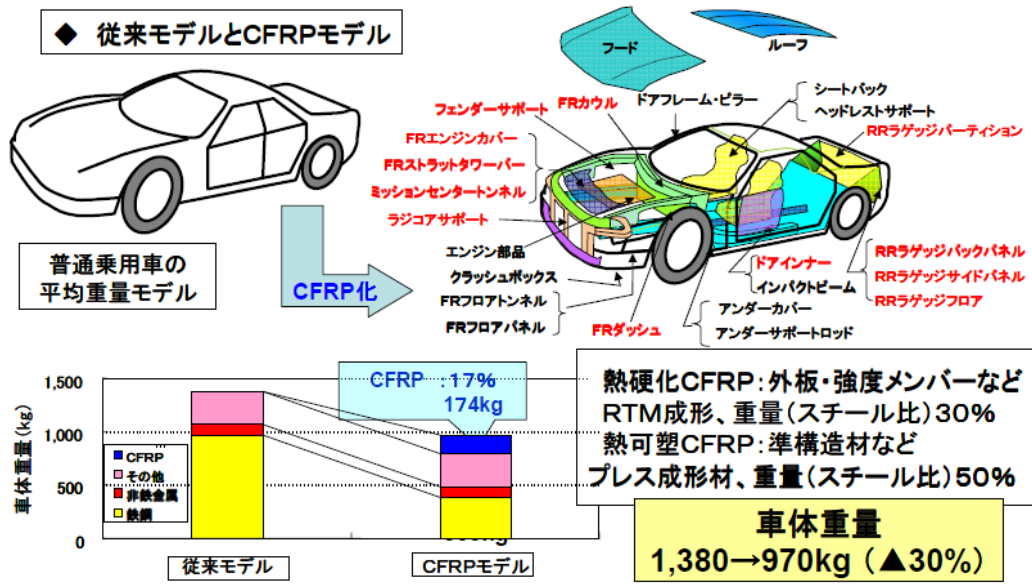


図 28. 自動車向け炭素繊維

①CO₂排出削減貢献の内容

軽量化により燃費が向上し、燃料消費量が削減される。

②自動車に使用される化学製品例

- ・ 炭素繊維
- ・ エポキシ樹脂

(2) 評価の条件

①評価対象と比較対象

項目	内容
CO ₂ 排出削減に貢献する化学製品・技術	自動車用材料 (炭素繊維、エポキシ樹脂)
評価対象製品	従来材料を炭素繊維に代替した自動車 (CFRP モデル)
比較製品	炭素繊維を使用しない自動車 (従来モデル)
評価年・評価期間	2020年・評価年1年間に製造された製品をライフエンドまで使用した期間

②システム境界 (評価した範囲)

自動車のライフサイクル全体を考慮。すなわち、原料の製造から部品製造・自動車組立、使用 (走行)、自動車の廃棄の段階で、CFRP モデルと従来モデルのそれぞれについて評価を実施した。なお、本モデルでは、自動車向け樹脂及び炭素繊維は粉砕し、射出成形時に添加することにより CFRP として再利用するベースで計算している。

③機能単位

CFRP モデル自動車も従来モデル自動車も、同一の期間に同一の距離を走行する機能

④排出削減貢献の算定に係る前提

- 対象の自動車 : ガソリンのみを燃料とする自動車
- 想定車重 : CFRP モデル 970kg/台
従来モデル 1,380kg/台 (2006年時点の平均的車両重量)
→従来モデル比 車重 30%減。CFRP を全体で 174kg/台使用
- 想定燃費²⁴ : CFRP モデル ガソリン1リットルあたり 12.40km 走行
従来モデル // 9.83km 走行

注：c-LCA ガイドライン²⁵の別紙1に示されているとおり、燃費に関するデータは様々な数値があるが、全ての事例において統一することは困難なため、本事例の燃費は改訂前のデータから未変更。

- 生涯走行距離²⁶：使用年数 10 年で 9.4 万 km と想定。

(3) 評価の結果²⁷

①CO₂排出削減貢献量の算出

炭素繊維の使用による軽量化に伴い燃費が向上し、それによって削減されるガソリンの CO₂ 排出量差を排出削減貢献量とした。

自動車に使われる原材料～組立～廃棄までの CO₂ 排出量は、従来モデルに比べて CFRP モデルでは 0.8 トン/台の増加となる。一方、走行時では CFRP モデルが▲約 5.4 トン/台の CO₂ 排出量削減となり、ライフサイクル全体で約▲5 トン/台・10年の CO₂ 排出削減貢献量となっている。

- CO₂ 排出削減貢献量 : ▲5t-CO₂/台 (10年間)

表 8. 自動車 1 台あたりの CO₂ 排出削減貢献量

		CFRP モデル	従来モデル
原料～材料製造段階 CO ₂ 排出量 (t-CO ₂ /台)		5.1	3.9
自動車組立段階 CO ₂ 排出量 (t-CO ₂ /台)		0.8	1.2
自動車 使用 段階	実走行燃費 (km/ℓ・ガソリン)	12.40	9.83
	生涯走行距離 (km)	94,000	
	生涯ガソリン使用量 (ℓ)	7,580	9,560
	ガソリン燃焼時 CO ₂ 排出量 ²⁸ (kg-CO ₂ /ℓ)	2.72	
	使用段階 CO ₂ 排出量 (t-CO ₂ /台・10年)	20.6	26.0
廃棄・リサイクル段階 CO ₂ 排出量 (t-CO ₂ /台)		0.3	0.3
ライフサイクル全体の CO ₂ 排出量 (t-CO ₂ /台・10年)		26.8	31.4
CO ₂ 排出削減貢献量 (t-CO ₂ /台・10年)		▲5	

²⁴ 自動車工業会の資料をもとに設定 (2008年資料、2006年実績)

²⁵ CO₂ 排出削減貢献量算定のガイドライン 一般社団法人日本化学工業協会

²⁶ 国土交通省の資料をもとに設定 (2008年3月調査、2006年実績)

²⁷ 炭素繊維協会 ウェブサイト <http://www.carbonfiber.gr.jp/>

²⁸ 環境省、各協会、各自動車メーカーの値より設定

②日本全体の導入効果

i) ライフサイクルにおける CO₂ 排出削減貢献量

2020 年における日本全体の炭素繊維を使用した自動車（CFRP 自動車）に対する CO₂ 排出削減貢献量を算定した。

・炭素繊維を使用する自動車の導入台数試算方法

2020 年で国内メーカーの製造する炭素繊維が自動車に使用される量を推計し、1 台あたり 100kg 使用されるものと仮定して、炭素繊維を使用する自動車の導入予想台数を求めている。

a. 国内メーカーによる自動車用途の炭素繊維使用量推計²⁹：

日本国内向け 1,500 トン（世界の約 5%）

b. 1 台あたり炭素繊維使用量 : 100kg/台

c. 導入台数 : 日本国内 1.5 万台

・CO₂ 排出削減貢献量 : ▲7.5 万トン（10 年間）

$$5\text{t-CO}_2/\text{台} \cdot 10\text{年} \times 1.5\text{万台} = 7.5\text{万 t-CO}_2$$

表 9. 2020 年に日本で販売される CFRP 自動車による CO₂ 排出削減貢献量

	日本
1) 2020 年の導入量	
・ 2020 年の自動車用途炭素繊維使用量 (トン)	1,500
・ 炭素繊維使用自動車の導入台数 (万台)	1.5
2) CO ₂ 排出削減貢献量	
・ 1 台あたりの CO ₂ 排出削減貢献量 (t-CO ₂ /台・10 年)	▲5
・ 2020 年の自動車 (炭素繊維利用) による CO ₂ 排出削減貢献量 (万トン-CO ₂ /10 年)	▲7.5

ii) CFRP 自動車のライフサイクルでの CO₂ 排出量

・ CFRP 自動車の CO₂ 排出量 : 40 万トン

$$26.8\text{t-CO}_2/\text{台} \cdot 10\text{年} \times 1.5\text{万台} = 402\text{k t-CO}_2$$

iii) 完成品の原料採取、組立、廃棄・リサイクルにおける CO₂ 排出量（使用時を除く）

・ 完成品（CFRP 自動車）の 1 台あたりの CO₂ 排出量 : 6.2t-CO₂/台

・ 完成品（CFRP 自動車）の CO₂ 排出量 : 9.3 万トン

$$6.2\text{t-CO}_2/\text{台} \times 1.5\text{万台} = 93\text{kt-CO}_2$$

③世界での導入効果

i) ライフサイクルにおける CO₂ 排出削減貢献量

2020 年における世界の CFRP 自動車導入予想台数に対する CO₂ 排出削減貢献量を算定した。

・炭素繊維を使用する自動車の導入予想台数試算方法

1 台あたり 100kg 使用されるものと仮定して、炭素繊維を使用する自動車の導入台数

²⁹ 炭素繊維協会推定

を求めた。

- a.自動車用途の炭素繊維使用量推計³⁰：世界全体 3万トン
- b.1台あたり炭素繊維使用量 : 100kg/台
- c.導入台数 : 世界全体 約30万台
- ・CO₂排出削減貢献量 : ▲150万トン(10年間)

表 10. 2020年に世界で販売されるCFRP自動車によるCO₂排出削減貢献量

	世界
1) 2020年の導入量	
・2020年の自動車用途炭素繊維使用量 (トン)	30,000
・炭素繊維使用自動車の導入台数 (万台)	30
2) CO ₂ 排出削減貢献量	
・1台あたりのライフサイクルCO ₂ 排出削減貢献量 (t-CO ₂ /台・10年)	▲5
・2020年の自動車(炭素繊維利用)によるCO ₂ 排出削減貢献量 (万トン-CO ₂ /10年)	▲150

ii) CFRP自動車のライフサイクルでのCO₂排出量

- ・CFRP自動車のCO₂排出量 : 804万トン
 $26.8\text{t-CO}_2/\text{台} \cdot 10\text{年} \times 30\text{万台} = 8,040\text{kt-CO}_2$

iii) 完成品の原料採取、組立、廃棄・リサイクルにおけるCO₂排出量(使用時を除く)

- ・完成品(CFRP自動車)の1台あたりのCO₂排出量 : 6.2t-CO₂/台
- ・完成品((CFRP自動車)のCO₂排出量 : 186万トン
 $6.2\text{t-CO}_2/\text{台} \times 30\text{万台} = 1,860\text{kt-CO}_2$

4. 4 省エネルギー その2 - 航空機用材料(炭素繊維) -

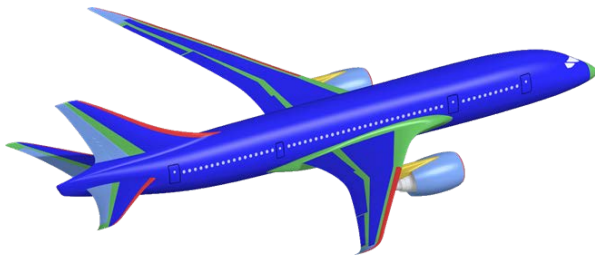
(1) 航空機用材料としての炭素繊維の概要³¹

航空機用材料としての炭素繊維は、航空機の様々な箇所に使用されている。炭素繊維を用いることにより、従来と同じ強度・安全性を保ちつつ航空機の軽量化が可能となる。自動車と同様に航空機の軽量化はそのまま燃費向上へとつながるため、運輸部門のCO₂排出量削減に貢献する。本報告では、炭素繊維を導入した場合における、従来型航空機からの燃費削減によるCO₂排出削減量の評価を行った³²。

³⁰ 炭素繊維協会推定

³¹ 炭素繊維の概要は、4. 2節 風力発電用材料参照

³² 炭素繊維協会 ウェブサイト <http://www.carbonfiber.gr.jp/>



ボーイング767において、ボーイング787と同じ素材構成のモデル機体構造

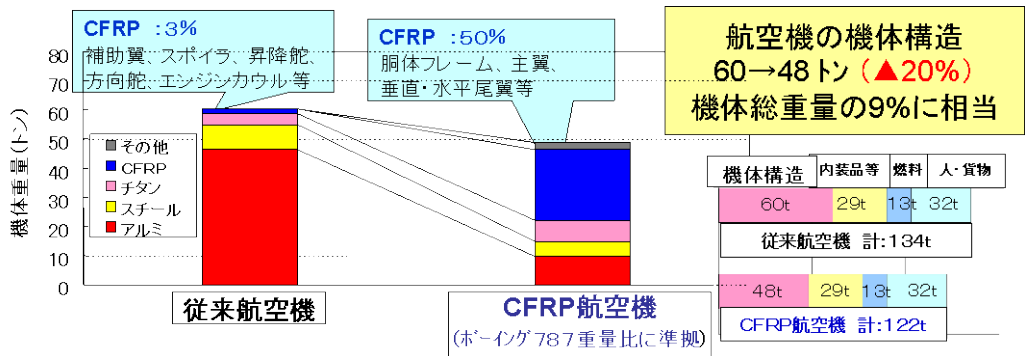


図 29. 航空機向け炭素繊維

①CO₂ 排出削減貢献の内容

軽量化により燃費が向上し、燃料消費量が削減される。

②航空機に使用される化学製品

- ・ 炭素繊維
- ・ エポキシ樹脂

(2) 評価の条件

①評価対象と比較対象

項目	内容
CO ₂ 排出削減に貢献する化学製品・技術	航空機用材料（炭素繊維、エポキシ樹脂）
評価対象製品	機体構造の 50%に CFRP を適用した機体（CFRP 航空機）：ボーイング 767
比較製品	機体構造の 3%に CFRP を適用した機体（従来航空機）：ボーイング 787
評価年・評価期間	2020 年・評価年 1 年間に製造された製品をライフエンドまで使用した期間

②システム境界（評価した範囲）

航空機のライフサイクル全体を考慮。すなわち、原料の製造から部品製造・航空機組立、使用（飛行）の段階を、CFRP 航空機と従来航空機のそれぞれについて評価を実施し、廃棄については実績がないため計算の対象外とした。

③機能単位

CFRP モデル飛行機も従来モデル飛行機も、同一の期間に同一の距離を飛行する機能

④排出削減貢献量の算定に係る前提

- ・ 機体重量 : 従来航空機 60 トン/機 CFRP 使用割合 3%
CFRP 航空機 48 トン/機 " 50% 従来機比 20%削減
- ・ 燃費 : 従来航空機 ジェット燃料1 キロリットルあたり 103km 飛行
CFRP 航空機 " 110km 飛行
- ・ 生涯航行距離: 使用年数 10 年で、羽田空港～千歳空港間 (500 マイル) を年 2,000 便飛行

(3) 評価の結果³³

①CO₂排出削減貢献量の算出

炭素繊維の使用による軽量化に伴い燃費が向上し、それによって削減されるジェット燃料のCO₂排出量差をCO₂排出削減貢献量とした。

航空機 1 機当たりの原料～材料製造時のCO₂排出量は、従来航空機に比べてCFRP 航空機では0.2ktの増加となる。一方、組立時ではCFRP 航空機が▲0.8kt、航行時では▲26.3ktのCO₂排出量削減となり、ライフサイクル全体で▲27ktのCO₂排出削減貢献量となる。

- ・ CO₂排出削減貢献量 : ▲27kt-CO₂/機(10年間)

表 11. 航空機 1 機あたりの CO₂ 排出削減貢献量

		CFRP 航空機	従来航空機
原料～材料製造段階 CO ₂ 排出量 (kt-CO ₂ /機)		0.9	0.7
航空機組立段階 CO ₂ 排出量 (kt-CO ₂ /機)		3.0	3.8
航空機 使用 段階	実走行燃費 (km/kl-ジェット燃料油)	110	103
	生涯走行距離 (マイル)	500 マイル×20,000 便	
	生涯ガソリン使用量 (kl/機)	145,500	155,300
	ジェット燃料燃焼時の CO ₂ 排出量 ³⁴ (kg-CO ₂ /l)	2.5	
使用段階 CO ₂ 排出量 (kt-CO ₂ /機・10年)		364	390
廃棄段階 CO ₂ 排出量 (kt-CO ₂ /機)		No Data	No Data
ライフサイクル全体の CO ₂ 排出量 (kt-CO ₂ /機・10年)		368	395
CO ₂ 排出削減貢献量 (kt-CO ₂ /機・10年)		▲27	

②日本全体の導入効果

i) ライフサイクルにおける CO₂ 排出削減貢献量

2020 年における日本全体の CFRP 航空機の導入台数に対する CO₂ 排出削減貢献量を算定した。

- ・ 炭素繊維を使用する航空機の導入予想機数試算方法

³³ 炭素繊維協会 ウェブサイト <http://www.carbonfiber.gr.jp/>

³⁴ 航空会社の情報をもとに設定

2020 年で国内メーカーの製造する炭素繊維が航空機に使用される量を推計し、1 機当たり 20 トン使用されるものと仮定して、炭素繊維を使用する航空機の導入予想機数を求めている。

a.国内メーカーによる航空機用途の炭素繊維使用量推計³⁵：

日本国内向け 900 トン（世界の約 5%）

b. 1 機あたり炭素繊維使用量 : 20 トン/機

c. 導入機数 : 国内 45 機

・ CO₂ 排出削減貢献量 : ▲122 万トン（10 年間）

$$27\text{kt-CO}_2/\text{機} \cdot 10 \text{ 年} \times 45 \text{ 機} = 1,215 \text{ kt-CO}_2$$

表 12. 2020 年に日本に導入される CFRP 航空機による CO₂ 排出削減貢献量

1) 2020 年の導入量	日本
・ 2020 年の航空機用途炭素繊維使用量 (トン)	900
・ 炭素繊維使用航空機の導入機数 (機)	45
2) CO ₂ 排出削減貢献量	
・ 1 機あたりのライフサイクル CO ₂ 排出削減貢献量 (kt-CO ₂ /機・10 年)	▲27
・ 2020 年の CFRP 航空機（炭素繊維利用）による CO ₂ 排出削減貢献量 (万トン-CO ₂ /10 年)	▲122

ii) CFRP 航空機のライフサイクルでの CO₂ 排出量

・ CFRP 航空機の CO₂ 排出量 : 1,656 万トン(10 年間)

$$368\text{kt-CO}_2/\text{機} \cdot 10 \text{ 年} \times 45 \text{ 機} = 16,560 \text{ kt-CO}_2$$

iii) 完成品（CFRP 航空機）の原料採取、組立、廃棄における CO₂ 排出量（使用時を除く）

・ 完成品（CFRP 航空機）の 1 機あたりの CO₂ 排出量 : 3.9kt-CO₂/機

・ 完成品（CFRP 航空機）の CO₂ 排出量 : 17.6 万トン

$$3.9\text{kt-CO}_2/\text{機} \times 45 \text{ 機} = 176\text{kt-CO}_2$$

③世界での導入効果

i) ライフサイクルにおける CO₂ 排出削減貢献量

2020 年における世界の CFRP 航空機導入機数に対する CO₂ 排出削減貢献量を算定した。

・ 炭素繊維を使用する航空機の導入予想機数試算方法

a.航空機用途の炭素繊維使用量推計³⁶：

世界全体 1.8 万トン

b. 1 機あたり炭素繊維使用量 : 20 トン/機

c. 導入機数 : 世界全体 約 900 機

・ CO₂ 排出削減貢献量 : ▲2,430 万トン（10 年間）

³⁵ 炭素繊維協会推定

³⁶ 炭素繊維協会推定

表 13. 2020 年に世界に導入される CFRP 航空機による CO₂ 排出削減貢献量

1) 2020 年の導入量	世界
・ 2020 年の航空機用途炭素繊維使用量 (トン)	18,000
・ 炭素繊維使用航空機の導入機数 (機)	900
2) 導入シナリオに基づく CO ₂ 排出削減貢献量 (kt-CO ₂)	
・ 1 機あたりのライフサイクル CO ₂ 排出削減貢献量 (kt-CO ₂ /機・10 年)	▲27
・ 2020 年の CFRP 航空機による CO ₂ 排出削減貢献量 (万トン-CO ₂ /10 年)	▲2,430

ii) CFRP 航空機のライフサイクルでの CO₂ 排出量

- ・ CFRP 航空機の CO₂ 排出量 : 33,120 万トン
 $368\text{kt-CO}_2/\text{機} \cdot 10 \text{年} \times 900 \text{機} = 331,200 \text{kt-CO}_2$

iii) 完成品 (CFRP 航空機) の原料採取、組立、廃棄における CO₂ 排出量 (使用時を除く)

- ・ 完成品 (CFRP 航空機) の 1 機あたりの CO₂ 排出量 : 3.9kt-CO₂/機
- ・ 完成品 (CFRP 航空機) の CO₂ 排出量 : 351 万トン
 $3.9\text{kt-CO}_2/\text{機} \times 900 \text{機} = 3,510\text{kt-CO}_2$

4. 5 省エネルギー その 3 -低燃費タイヤ用材料-

(1) 低燃費タイヤの概要

低燃費タイヤは転がり抵抗を小さくすることで自動車の燃料消費を抑えることができ、運輸部門の CO₂ 排出量削減に大きく貢献する。

燃費の向上には、地面と直接接触するトレッド部 (タイヤが路面と接触する部分で、路面から衝撃や外傷から内部を守る役目) が大きく寄与するが、一方でトレッド部には同時にグリップ性能 (ブレーキ性能) が求められる。燃費の向上 (転がり抵抗の減少) とグリップ性能の維持という背反する性能を満たすために、化学製品が大きな役割を果たしている。

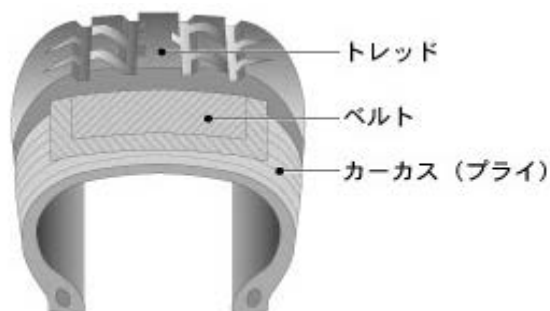
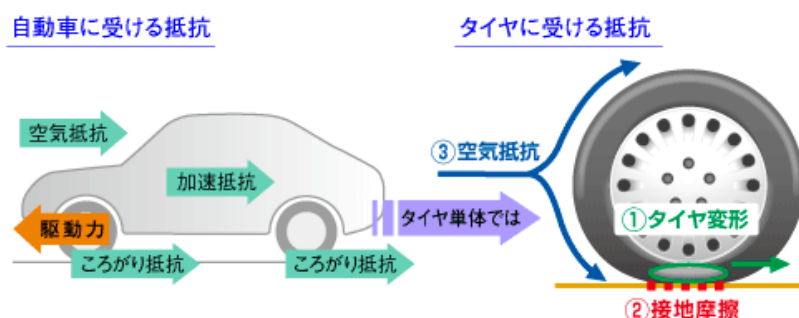


図 30. ラジアルタイヤの構造³⁷⁾

³⁷⁾ 一般社団法人日本自動車タイヤ協会ホームページ <http://www.jatma.or.jp/labeling/faq01.html>

転がり抵抗とは 自動車が行走する際には、駆動力に対してさまざまな抵抗を受けています。

具体的には車体などが受ける空気抵抗、加速時に慣性力によって生じる加速抵抗、更にタイヤが受ける抵抗があり、これが転がり抵抗です。



タイヤの転がり抵抗には、

- ① 走行時のタイヤの変形によるエネルギーロス
- ② トレッドゴムの路面との接地摩擦によるエネルギーロス
- ③ タイヤの回転に伴う空気抵抗によるエネルギーロス

があります。

図 31.転がり抵抗の説明³⁷

トレッド部には天然ゴムや合成ゴム、カーボンブラックやシリカなどのフィラー、シランカップリング剤、加硫剤や加硫促進剤などをはじめとするゴム薬などを含んだゴムコンパウンドを加硫、成形したゴムが使用されている。タイヤの用途により原材料の種類や使用割合は異なるが、合成ゴムとして主に使用されるのは **SBR**（スチレン-ブタジエンゴム）、**BR**（ブタジエンゴム）などである。溶液重合法で合成した **SBR** は、ポリマーの一次構造を制御することで物性を変化させ、タイヤの摩擦による自動車走行時のエネルギーロスを減少させる機能を有しており、この機能が燃費向上に寄与する。またシリカの添加は転がり抵抗の低下とグリップ性の維持を両立させるための重要なポイントとなっている。

平成 22 年 1 月からは国内でラベリング制度が始まり、転がり抵抗とグリップ性能の両性能をグレーディングシステム（等級制度）に基づく表示が行われるようになり、低燃費タイヤの重要性はますます高まっている。

①CO₂排出削減貢献の内容

低燃費タイヤの使用により燃費が向上し、燃料消費量が削減される。

②低燃費タイヤに使用される化学製品例

- ・ 溶液重合 **SBR**（スチレン-ブタジエンゴム）
- ・ **BR**（ブタジエンゴム）
- ・ カーボンブラック（化学変性したもの）
- ・ シランカップリング剤
- ・ シリカ
- ・ 亜鉛華
- ・ 各種ゴム薬

(2) 評価の条件

①評価対象と比較対象

項目	内容
CO ₂ 排出削減に貢献する化学製品・技術	低燃費タイヤ用材料
評価対象製品	自動車（乗用車、およびトラック・バス）に装着した低燃費タイヤ
比較製品	自動車（乗用車、およびトラック・バス）に装着した汎用タイヤ
評価年・評価期間	2020年・評価年1年間に製造された製品をライフエンドまで使用した期間

②システム境界（評価した範囲）

タイヤのライフサイクル全体を考慮。すなわち原料採取、製造・流通・使用（自動車走行時）・廃棄の段階で低燃費タイヤと汎用タイヤのそれぞれについて評価を実施した。

なおタイヤの使用段階については、タイヤが車に装着された状態における自動車の燃料消費量（燃費）を算出した。

③機能単位

低燃費タイヤ装着、汎用タイヤ装着自動車も、同一の期間に同一の距離を走行する機能

④排出削減貢献量の算定に係る前提

表 15 に使用段階における自動車 1 台あたりの CO₂ 排出削減貢献量を示す。

CO₂ 排出削減貢献量の算定に係る前提条件となるタイヤの走行寿命と自動車の燃料消費量は、一般社団法人日本自動車タイヤ協会の「タイヤの LCCO₂ 算定ガイドライン ver2.0」から引用した。

・ 走行寿命	乗用車用 (PCR ³⁸)	: 30,000km
	トラック・バス用 (TBR ³⁸)	: 120,000km

注 1：当協会の作成した c-LCA ガイドライン³⁹の別紙 1 にも示されているとおり、燃費に関するデータは様々な数値がある。本表の燃費は本報告書内 CFRP 自動車事例 (9.83km/l) と異なるが、数値自体に大きな違いはないことから、一般社団法人日本自動車タイヤ協会の作成したガイドラインに掲載されている燃費データを用いた。

³⁸ PCR は Passenger Car Radial、TBR は Truck and Bus Radial の略

³⁹ CO₂ 排出削減貢献量算定のガイドライン 一般社団法人日本化学工業協会

表 14 使用段階における自動車 1 台あたりの CO₂ 排出削減貢献量

項目	PCR		TBR	
	汎用タイヤ	低燃費タイヤ	汎用タイヤ	低燃費タイヤ
実走行燃費 (l/km) *	0.1	0.0975	0.25	0.2375
装着タイヤ本数 (本)	4		10	
タイヤ走行寿命 (km)	30,000		120,000	
使用燃料量 (l)	3,000	2,925	30,000	28,500
燃料燃焼時 CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ e/l)	揮発油 (ガソリン) ; 2.81		軽油 ; 2.89	
使用段階における自動車 1 台あたりの CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ e/台)	8,430	8,219	86,700	82,365
CO ₂ 排出削減貢献量 (kg-CO ₂ e/台)		▲211		▲4,335
タイヤ 1 本当たりの CO ₂ 排出削減貢献量 (kg-CO ₂ e/本)		▲52.75		▲433.5

*実走行燃費は、車種・走行条件により異なるが、この数値は実験・文献に基づく代表値である。

(3) 評価の結果

①CO₂ 排出削減貢献量の算出

低燃費タイヤ及び汎用タイヤを装着した乗用車についての結果を表 16 に、トラック・バスについての結果を表 18 に示す。

なおタイヤの原料採取～生産・流通段階、使用段階（自動車走行時）、廃棄・リサイクル段階の CO₂ 排出量は、一般社団法人日本自動車タイヤ協会の「タイヤの LCCO₂ 算定ガイドライン ver2.0」から引用した。

i) 乗用車用 (PCR)

表 15. 自動車 1 台あたりの CO₂ 排出削減貢献量

<乗用車用 : PCR>		低燃費タイヤ	汎用タイヤ
原料～材料製造段階 CO ₂ 排出量	(kg-CO ₂ /台)	95.6+A	100.0+A
生産段階	(kg-CO ₂ /台)	28.0+B	31.2+B
流通段階	(kg-CO ₂ /台)	6.0+C	6.4+C
使用段階	(kg-CO ₂ /台)	8,219	8,430
廃棄・リサイクル段階 CO ₂ 排出量	(kg-CO ₂ /台)	2.8+D	11.6+D
ライフサイクル全体の CO ₂ 排出量	(kg-CO ₂ /台)	8,351.9+A+B+C+D	8,579.2+A+B+C+D
CO ₂ 排出削減貢献量	(kg-CO ₂ /台)	▲227.3	
タイヤ 1 本あたりの CO ₂ 排出削減貢献量(kg-CO ₂ /本)		▲56.8	

注：原料～材料製造段階の CO₂ 排出量は原材料の輸送分を含む。

A：自動車に使用されるタイヤ以外の原材料の製造段階での CO₂ 排出量、B：自動車に使用されるタイヤ以外の部品の生産段階での CO₂ 排出量、C：自動車に使用されるタイヤ以外の部品の流通段階での CO₂ 排出量、D：自動車に使用されるタイヤ以外の原材料、部品の廃棄・リサイクル段階での CO₂ 排出量

表 16 の詳細は以下の通りである。

【低燃費タイヤ】

◆タイヤ用原料採取～生産・流通：129.6 kg-CO₂/4 本。

- 原材料である合成ゴム、有機ゴム薬品等：95.6kg-CO₂/4 本（原材料の輸送を含む）
- タイヤの生産段階は 28.0 kg-CO₂/4 本
- 流通段階は 6.0 kg-CO₂/4 本

◆使用時（自動車の走行時）：表 15 参照

使用時（30,000km 走行時）に伴って排出される CO₂ は 8,219 kg-CO₂/4 本。

（算定の手順）

- ・自動車一台・1 km あたりの燃料消費量：0.0975 l/km・4 本
- ・揮発油の CO₂ 排出原単位：2.81kg-CO₂/l
- ・使用時の CO₂ 排出量：0.0975 l/km・4 本×30,000km×2.81 kg-CO₂/l=8,219 kg-CO₂/4 本

◆タイヤの廃棄・リサイクル段階（使用済のタイヤの輸送時の排出も含む）

- 低燃費タイヤの廃棄段階において排出される CO₂ は 52.8 kg-CO₂/4 本。
- リサイクルによる削減効果は▲50 kg-CO₂/4 本。

リサイクルによる削減分を加味した場合は 2.8 kg-CO₂/4 本。

補足：一般社団法人日本自動車タイヤ協会のガイドラインによると、乗用車用タイヤの廃棄・リサイクル段階では熱利用が 75%、リサイクル以外の廃棄処理が 25%である。熱利用によって回収されるエネルギーは C 重油を代替したものとみなし、サーマルリサイクルとして利用されたエネルギー相当分を差し引いている。

具体的な考え方、内訳を表 17 に示す。

【汎用タイヤ】

◆タイヤ用原料採取～生産・流通

- 汎用タイヤ（乗用車用）の原料採取に伴って排出される CO₂ は 100.0kg-CO₂/4 本（原材料の輸送を含む）
- 生産段階は 31.2kg-CO₂/4 本
- 流通は 6.4kg-CO₂/4 本

◆使用時（自動車の走行時）表 15 参照

使用時（30,000km 走行時）に伴って排出される CO₂ は 8,430 kg-CO₂/4 本

（算定手順）

- ・自動車 1 台・1 km あたり燃料消費量：0.1l/km・4 本
- ・揮発油の CO₂ 排出原単位：2.81kg-CO₂/l
- ・使用時の CO₂ 排出量：0.1l/km・本×30,000km×2.81 kg-CO₂/l=8,430 kg-CO₂/4 本

◆タイヤの廃棄・リサイクル段階

- 汎用タイヤの廃棄段階において排出される CO₂ は 64.0kg-CO₂/4 本
 - リサイクルによる削減効果は▲52.4kg-CO₂/4 本（廃棄・リサイクル状況及びリサイクルによる削減効果の算定内容については、下記の補足事項を参照）
- リサイクルによる削減分を加味した場合は 11.6 kg-CO₂/4 本。

(補足事項)

低燃費タイヤと汎用タイヤの廃棄・リサイクル段階での CO_{2e} 排出量算出の内訳を表 17 に示す。

表 16. 廃棄・リサイクル段階における GHG 排出量と排出削減効果（単位 kg-CO_{2e}/4 本）

		汎用タイヤ	低燃費タイヤ
リサイクル割合	熱利用	75%	75%
	リサイクル以外	25%	25%
GHG 排出量	回収輸送	1.6	1.6
	熱利用 ^{a)}	46.8	38.4
	単純焼却 ^{b)}	15.6	12.8
	合計 A	64.0	52.8
排出削減効果	熱利用 ^{c)} B	-52.4	-50.0
廃棄・リサイクル段階の CO ₂ 排出量	A+B	11.6	2.8

a) 使用済みタイヤの 75%を熱利用。

●汎用タイヤと低燃費タイヤの差異：

①使用済みタイヤ重量： 汎用タイヤ 7.3kg、低燃費タイヤ 7.0kg

②使用済みタイヤの炭素含有率： 汎用タイヤ 58%、低燃費タイヤ 50%

（表 17 の原料構成比に示すように、低燃費タイヤは合成ゴムとカーボンブラックの含有率が、汎用タイヤより小さい）

（使用済みタイヤ燃焼時のタイヤ 4 本あたりの GHG 排出量）

=（使用済みタイヤの炭素含有率）×44/12×（使用済みタイヤ重量）×4
上記計算値に 0.75 を掛けて算出。

b) 使用済みタイヤの 25%を焼却。

c) 使用済みタイヤの 75%を熱利用。

熱回収効率係数 0.9、代替燃料は C 重油。

（使用済みタイヤ 4 本の熱利用による GHG 排出削減効果）

=（タイヤの発熱量）×（C 重油の GHG 排出係数）×（熱回収効率係数）
×（使用済みタイヤ重量）×4

「CO₂排出削減貢献量」

- ◆ライフサイクル全体を考慮した自動車1台当たりのCO₂排出削減貢献量（低燃費タイヤと汎用タイヤとの差分）

乗用車用 : 227.3kg-CO₂/4本

- ◆タイヤ1本当たりのCO₂排出削減貢献量（低燃費タイヤと汎用タイヤとの差分）

乗用車用 : 56.8kg-CO₂/本

ii)トラック・バス用（TBR）

表 17. 自動車1台あたりのCO₂排出削減貢献量

<トラック・バス用：TBR>		低燃費タイヤ	汎用タイヤ
原料～材料製造段階CO ₂ 排出量	(kg-CO ₂ /台)	1,397+A	1,480+A
生産段階	(kg-CO ₂ /台)	352+B	356+B
流通段階	(kg-CO ₂ /台)	101+C	104+C
使用段階	(kg-CO ₂ /台)	82,365	86,700
廃棄・リサイクル段階CO ₂ 排出量	(kg-CO ₂ /台)	▲309+D	▲311+D
ライフサイクル全体のCO ₂ 排出量	(kg-CO ₂ /台)	83,906+A+B+C+D	88,329+A+B+C+D
CO ₂ 排出削減貢献量	(kg-CO ₂ /台)	▲4,423	
タイヤ1本あたりのCO ₂ 排出削減貢献量(kg-CO ₂ /本)		▲442.3	

注：原料～材料製造段階のCO₂排出量は原材料の輸送分を含む。

注：原料～材料製造段階のCO₂排出量は原材料の輸送分を含む。

A：自動車に使用されるタイヤ以外の原材料の製造段階でのCO₂排出量、B：自動車に使用されるタイヤ以外の部品の生産段階でのCO₂排出量、C：自動車に使用されるタイヤ以外の部品の流通段階でのCO₂排出量、D：自動車に使用されるタイヤ以外の原材料、部品の廃棄・リサイクル段階でのCO₂排出量

【低燃費タイヤ】

- ◆タイヤ用原料採取～生産・流通

- 原材料である天然ゴム、合成ゴム、有機ゴム薬品、無機配合剤等の原料採取に伴って排出されるCO₂は1,397kg-CO₂/10本（原材料の輸送を含む）

- タイヤの生産段階は352kg-CO₂/10本

- 流通段階は101kg-CO₂/10本

- ◆使用時（自動車の走行時）表15参照

使用時（120,000km走行時）に伴って排出されるCO₂は82,365 kg-CO₂/10本
（算定基準）

- ・自動車1台・1kmあたり燃料消費量 : 0.2375 ℓ/km・10本

- ・軽油のCO₂排出原単位 : 2.89kg-CO₂/ℓ

- ・使用時のCO₂排出量 : 0.2375ℓ/km・本×120,000km×2.89kg-CO₂/ℓ=82,365 kg-CO₂/10本

- ◆タイヤの廃棄・リサイクル段階（使用済のタイヤの輸送時の排出も含む）

●低燃費タイヤの廃棄段階において排出される CO₂ は 545 kg-CO₂/10 本

●リサイクルによる削減効果は▲854 kg-CO₂/10 本

リサイクルによる削減分を加味した場合は▲309kg-CO₂/10 本。

補足：一般社団法人日本自動車タイヤ協会のガイドライン⁹²によると、トラック・バス用タイヤの廃棄段階・リサイクル状況は熱利用が 41%、製品再利用（リトレッド）が 16%、材料再利用（マテリアルリサイクル）18%、リサイクル以外の廃棄処理が 25%である。

- ・サーマルリサイクル：熱利用によって回収されるエネルギーは C 重油を代替したものとみなし、利用されたエネルギー相当分を差し引いている。
- ・製品再利用：リトレッドコンパウンドに使用される原材料の製造及び輸送、リトレッドコンパウンド混合、リトレッドタイヤ生産時の CO₂ を含み、新品タイヤの原材料製造及び輸送、新品タイヤ生産を代替したものとリサイクルによる削減効果を算定している。
- ・材料再利用：ゴム粉及び再生ゴムの製造時の CO₂ を含み、配合ゴムの生産を代替したものとリサイクルによる削減効果を算定している。

【汎用タイヤ】

◆タイヤ用原料採取～生産・流通

●原材料である天然ゴム、合成ゴム、有機ゴム薬品、無機配合剤等の原料採取に伴って排出される CO₂ は 1,480kg-CO₂/10 本（原材料の輸送を含む）

●タイヤの生産段階は 356kg-CO₂/10 本

●流通段階は 104kg-CO₂/10 本

◆使用時（自動車の走行時）表 15 参照

使用時（120,000km 走行時）に伴って排出される CO₂ は 86,700 kg-CO₂/10 本
（算定手順）

- ・自動車 1 本・1 km あたり燃料消費量：0.25ℓ/km・10 本
- ・軽油の CO₂ 排出原単位：2.89kg-CO₂/ℓ
- ・使用時の CO₂ 排出量：0.25ℓ/km・本×120,000km×2.89kg-CO₂/ℓ=86,700kg-CO₂/10 本

◆タイヤの廃棄・リサイクル段階

●汎用タイヤの廃棄段階において排出される CO₂ は 582 kg-CO₂/10 本

●リサイクルによる削減効果は▲893 kg-CO₂/10 本

リサイクルによる削減分を加味した場合は▲311kg-CO₂/10 本

「CO₂ 排出削減貢献量」

◆ライフサイクル全体を考慮した自動車 1 台当たりの CO₂ 排出削減貢献量（低燃費タイヤと汎用タイヤとの差分）

トラック・バス用：4,423kg-CO₂/10 本

◆タイヤ 1 本当たりの CO₂ 排出削減貢献量（低燃費タイヤと汎用タイヤとの差分）

トラック・バス用：442.3kg-CO₂/本

②日本全体の導入効果

i) ライフサイクルにおける CO₂ 排出削減貢献量

2020 年の日本全体の導入量に対する CO₂ 排出削減貢献量を算定した。

その結果を表 19 に示す。

■国内タイヤ需要⁴⁰の比率(2011 年) :

乗用車用	85,275 千本 (93.5%)
トラック・バス用 (小型トラック用を除く)	5,920 千本 (6.5%)
計	91,195 千本

■2020 年の低燃費タイヤの年間販売予想量 : 78,000 千本

2015 年の低燃費タイヤの年間販売予想量の 70,000 千本⁴¹に加え、2020 年までに年率 2%成長するものとして 2020 年の年間販売予想量を 78,000 千本と設定した。(当協会による推定)

■2020 年における低燃費タイヤの用途別年間販売予想量 (当協会による推定) :

2011 年の国内タイヤ需要の比率の数値を使用して、各タイヤの年間販売予想量を算出。

乗用車用	78,000 千本×0.935=73,000 千本
トラック・バス用	78,000 千本×0.065= 5,000 千本

■2020 年に販売される低燃費タイヤの CO₂ 排出削減貢献量 : ▲636 万 t-CO₂

乗用車用	▲56.8 kg-CO ₂ /本×73,000 千本=▲415 万 t-CO ₂
トラック・バス用	▲442.3kg-CO ₂ /本×5,000 千本=▲221 万 t-CO ₂

表 18. 2020 年に販売される低燃費タイヤによる CO₂ 排出削減貢献量

1) 2020 年の需要予測とタイヤ 1 本あたりの CO ₂ 排出削減貢献量	乗用車用	トラック・バス用	計
・タイヤ需要予測 (千本)	73,000	5,000	78,000
・低燃費タイヤによるタイヤ 1 本あたりの CO ₂ 排出削減貢献量差分 (kg-CO ₂ /本)	▲56.8	▲442.3	
2) CO ₂ 排出削減貢献量 (万 t-CO ₂)	▲415	▲221	▲636

ii) タイヤ完成品、化学製品の原料採取、製造、廃棄における CO₂ 排出量

a. タイヤ完成品の原料～材料製造段階、生産段階、流通段階、廃棄・リサイクル段階における CO₂ 排出量 (使用を除く) : 319 万トン

【乗用車用】

低燃費タイヤ 33.1kg-CO₂/本*×73,000 千本=2,416kt-CO₂

*表 16 を使用し、95.6/4+28.0/4+6.0/4+2.8/4=33.1kg-CO₂/本

【トラック・バス用】

低燃費タイヤ 154.1kg-CO₂/本×5,000 千本=771kt-CO₂

⁴⁰ 「2011 年自動車タイヤ国内需要実績」一般社団法人日本自動車タイヤ協会

⁴¹ 「2011 年プラスチック高機能化材料の現状と将来展望」(株) 富士キメラ総研

b.化学製品の原料採取、製造における CO₂ 排出量（使用、廃棄を除く）：174 万トン

【乗用車用】

低燃費タイヤ 18.5kg-CO₂/本×73,000 千本=1,351kt-CO₂

【トラック・バス用】

低燃費タイヤ 76.7kg-CO₂/本×5,000 千本=384kt-CO₂

化学製品の原料採取、製造、廃棄における CO₂ 排出量は、次表から算出した（一般社団法人日本自動車タイヤ協会のガイドラインから抜粋）。

表 19. タイヤ原料の構成比とタイヤ 1 本あたりの CO₂ 排出量

	乗用車用 (PCR)				トラック・バス用 (TBR)			
	原料構成		GHG 排出量 (kg-CO ₂ e/本)		原料構成		GHG 排出量 (kg-CO ₂ e/本)	
	汎用	低燃費	汎用	低燃費	汎用	低燃費	汎用	低燃費
新ゴム	100.0	100.0	—	—	100.0	100.0	—	—
天然ゴム	39.0	46.4	1.0	1.1	77.0	78.8	12.7	12.9
合成ゴム	61.0	53.6	6.1	4.8	23.0	21.2	14.3	13.0
カーボンブラック	50.0	41.3	6.7	5.0	52.0	47.3	43.1	38.8
プロセスオイル	8.0	9.6	0.5	0.6	2.0	1.8	0.8	0.7
有機ゴム薬計	8.0	13.1	3.1	4.6	10.0	8.3	24.0	19.7
無機配合剤	7.0	22.8	—	—	9.0	9.9	—	—
亜鉛華	3.0	3.4	0.3	0.3	5.0	4.4	2.6	2.3
硫黄	3.0	2.5	0.001	0.001	3.0	2.7	0.006	0.005
シリカ	1.0	16.9	0.1	1.3	1.0	2.8	0.5	1.5
繊維計	10.0	8.0	2.7	1.9	0.0	0.4	0.0	0.7
スチールコード	15.0	14.1	1.5	1.3	33.0	31.5	21.0	19.9
ビードワイヤ	8.0	9.5	0.8	0.9	11.0	13.3	7.0	8.4
計	206.0	218.4	22.8	21.7	217.0	212.5	126.2	117.9
化学製品計			19.5	18.5			85.3	76.7

注 1：原料構成は新ゴム重量を 100 として設定。

注 2：原材料の輸送における CO₂ 排出量は含まない。

注 3：下線部は化学製品を表す。

4. 6 省エネルギー その 4 - LED 関連材料 -

(1) LED 照明の概要

LED (Light Emitting Diode：発光ダイオード) とは、電流を流すと発光する半導体 (ダイオード) である。その LED を光源とする電球が LED 電球である。LED 電球は、有機 EL 照明と共に次世代の省エネ型の照明として注目されており、省エネの一つの指標である発光効率 (lm/W) は、高効率が期待できる。今後、照明だけでなく IT 機器やエレクトロニクス機器における表示

装置や車向けランプなど様々な用途が期待されている。

①CO₂排出削減貢献の内容

長寿命、かつ消費電力が少ない。

②LED 電球の特徴

- ・ 発光効率 (lm/W) が高い

LED 電球 150 lm/W (2015 年頃の見込み⁴²)

蛍光灯 100 lm/W 前後 (現時点)

白熱電球 15 lm/W 前後 (")

- ・ 小型、長寿命、発熱量が小さい
- ・ 調光機能に優れている

HEMS/BEMS といったエネルギー管理システムの一部に組み込まれ、エネルギー利用のキーテクノロジーとなる可能性を秘めている。

③LED で使用される化学製品例

- ・ LED パッケージ、チップ
- ・ LED 基板 (GaAs、GaP、GaN、SiC、サファイア)
- ・ MO-CVD 用有機金属
- ・ LED 封止材 (エポキシ、シリコーン)
- ・ LED 樹脂パッケージ (リフレクタ樹脂: ポリアミド系、シリコーン、液晶ポリマー)
- ・ LED セラミックスパッケージ
- ・ 蛍光体、高放熱性基板、高反射率フィルム、照度向上塗料など

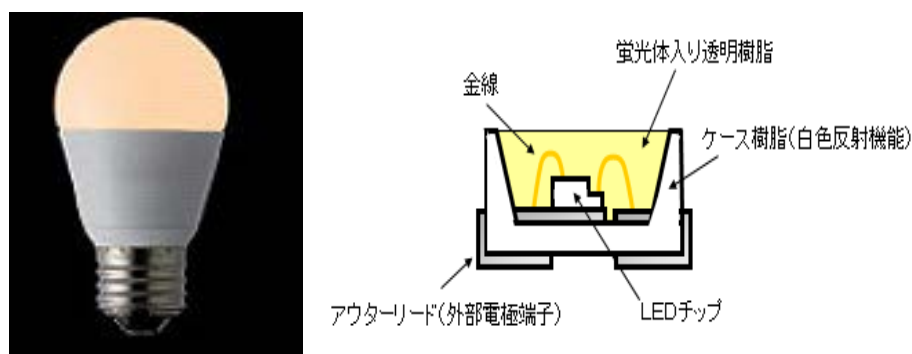


図 32. LED 電球の外観と構造

(2) 評価の条件

①評価対象と比較対象

⁴² LED 照明推進協議会「白色 LED の技術ロードマップ」(2008 年)

項目	内容
CO ₂ 排出削減に貢献する化学製品・技術	LED 用材料
評価対象製品	LED 電球
比較製品	白熱電球
評価年・評価期間	2020 年・評価年 1 年間に製造された製品をライフエンドまで使用した期間

②システム境界（評価した範囲）

完成品（電球）の原料採取、製品製造、使用及び廃棄に関わる全てのプロセスを評価範囲とした。廃棄については、不燃ゴミとして排出され、中間処理後、埋立処分するものとした。

③機能単位

LED 電球も白熱電球も、同一の期間に同一の明るさを提供する機能

④排出削減貢献の算定に係る前提

- ・ LED の製品寿命が 25,000 時間であることから、製品寿命の違いにより LED 電球では必要個数が 1 個に対し、白熱電球は 25 個となる。

- ・ 単位導入量あたりの年間 CO₂ 排出削減量

LED 電球 1 個分の生涯点灯時間 25,000 時間を基準とし、これに見合った電球の必要個数（LED 電球 1 個、白熱電球 25 個）についてのライフサイクル全体の CO₂ 排出量を比較した。

表 20 LED 関連材料の評価対象製品（LED 照明）と比較対象製品（白熱電球）⁴³

	評価対象製品 LED 電球	比較対象製品 白熱電球
製品寿命 (時間)	25,000	1,000
25,000 時間の点灯を達成するために必要な個数 (個)	1	25
消費電力 (W/個)	8	40

(3) 評価の結果

①CO₂ 排出削減貢献量の算出

- ・ 原料～製造～廃棄までに使用する電力の CO₂ 排出量比較

1 個あたりの製造時消費電力は LED 電球の方が 16 倍程度（LED：9.9kWh/個、白熱：0.612Wh/個）大きいですが、製品寿命あたり（25,000 時間）に換算すると、小計値は LED 電球の方が少ない。

- ・ 使用時の消費電力比較

LED 電球は、1 個当たりの消費電力（LED：8W/個、白熱：40W/個）が小さいこと

⁴³ OSRAM “Life Cycle Assessment of Illuminants:A Comparison of Light Bulbs, Compact Fluorescent Lamps and LED Lamps” (2009 年 12 月)

に加え、寿命見合いの必要個数が少ない（25,000 時間まで使用、LED：1 個、白熱：25 個）ため、使用時の消費電力削減が大きな CO₂ 排出削減貢献に繋がる。

- CO₂ 排出係数（kWh 当たりの発電に伴い排出された CO₂ 排出量）
公共電力： 0.33kg-CO₂/kWh⁴⁴
- LED 電球 1 個あたりの CO₂ 排出削減貢献量 : ▲266 kg-CO₂ (25,000 時間)

表 21. LED 電球 1 個あたりの CO₂ 排出削減貢献量⁴³

対象プロセス	LED 電球	白熱電球
① 原料採取～製造・組立時		
原料採取～製造・組立時の消費電力 (kWh/個)	9.9	0.612
LED 製品寿命見合いの製造個数 (個)	1	25
電力の CO ₂ 排出量 ⁴⁴ (kg-CO ₂ /kWh)	0.33	0.33
小計：原料採取～製造に係わる CO₂ 排出量 (kg-CO₂)	3.27	5.05
② 使用時		
25,000 時間使用時の消費電力 (kWh)	200	1,000
電力の CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /kWh)	0.33	0.33
小計：使用に係わる CO₂ 排出量 (kg-CO₂)	66	330
③ 埋立		
埋立個数 (個)	1	25
埋立に係る CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /個)	0.002	0.009
小計：廃棄に係わる CO₂ 排出量 (kg-CO₂)	0.002	0.225
ライフサイクル全体の CO₂ 排出量 (kg-CO₂) (①～③の合計)	69.272	335.275
CO₂ 排出削減貢献量 (kg-CO₂/25,000 時間)	▲266	

②日本全体の導入効果

i) ライフサイクルにおける CO₂ 排出削減貢献量

2020 年におけるの日本全体の販売予想量に対する CO₂ 排出削減貢献量を算定した。

- 2020 年における LED 電球の年間販売予想量⁴⁵ : 28 百万個
- CO₂ 排出削減貢献量 : ▲745 万トン (10 年間)

$$266\text{kg-CO}_2/\text{個} \times 28,000,000 \text{ 個} = 7,448\text{kt-CO}_2$$

⁴⁴ 低炭素社会実行計画 電気事業連合目標値 2009 年時点での 2020 年目標値

⁴⁴ 2020 年度の電力排出係数（受電端）：電気事業連合会目標値

⁴⁵ 富士キメラ総研「2010 LED 関連市場総調査（上巻）」

表 22. 2020 年に販売される LED 電球による CO₂ 排出削減貢献量

1) 2020 年の販売量予測と CO ₂ 排出削減貢献量		
・ LED 電球販売量	(百万個)	28
・ LED 電球 1 個あたりの CO ₂ 排出削減貢献量	(kg-CO ₂ /個)	▲266
2) CO ₂ 排出削減貢献量		(万 t-CO ₂)
		▲745

ii) LED 電球のライフサイクルでの CO₂ 排出量

・ LED 電球の CO₂ 排出量 : 194 万トン
 $69.272\text{kg-CO}_2/\text{個} \times 28 \text{ 百万個} = 1,940\text{kt-CO}_2$

iii) 完成品の原料採取、製造、埋立における CO₂ 排出量 (使用時を除く)

・ 完成品 (原料/製造/埋立) の CO₂ 排出量 : 9.2 万トン
 $3.272\text{kg-CO}_2/\text{個} \times 28 \text{ 百万個} = 91.6 \text{ kt-CO}_2$

4. 7 省エネルギー その 5 - 住宅用断熱材 -

(1) 住宅用断熱材の概要

住宅において消費されるエネルギーのうち、特に割合が大きいもののひとつとして冷暖房 (特に暖房) に用いるエネルギーが挙げられる。冷暖房による消費エネルギーを無駄にしないためには、住まいの断熱性と気密性を高める必要がある。これは、冷暖房によって室内を快適な温度にしても室外との温度差があると、住宅の壁や天井、屋根、床、窓や出入口などから熱が流出・流入してしまうからである。このようなことを避けるために、断熱材を用いて室内を包むようにすき間なく覆うことで、住まいの断熱性を高めることができる。

①CO₂ 排出削減貢献の内容

断熱効果により冷暖房の消費電力を減らす。

②現在使用されている住宅用断熱材の種類

- ・ ロックウールやグラスウールなどを用いたもの
- ・ ポリスチレンやウレタンを中心とした樹脂材料を用いたもの

本評価では、グラスウールと樹脂材料との間では、LCA 的に CO₂ 排出量の差が小さいこと (グラスウールは、同等の断熱性を得るため、樹脂材料より施工時に厚く使うが、製造時の排出量は少ない)、国内での出荷量は樹脂材料のひとつであるビーズ法ポリスチレンフォームが多いことから、ビーズ法ポリスチレンフォームを対象として、断熱材を使用した住宅と、使用しない住宅との比較を行った。

③ビーズ法ポリスチレンフォームの特徴⁴⁶

- ・ ドイツで開発された代表的な発泡プラスチック系の断熱材。
- ・ 「Expanded Poly-Styrene」の頭文字をとって「EPS」と呼ばれる。
製造方法：ポリスチレン樹脂と炭化水素系の発泡剤からなる原料ビーズを予備発泡させた後に、金型に充填し加熱することによって約 30 倍から 80 倍に発泡させる。よって、金型形状を変えることで様々な形状の製品を作ることができる。



図 33. 断熱材

④断熱材として使用される化学製品例

- ・ 押出發泡ポリスチレンフォーム、ビーズ法ポリスチレンフォーム
- ・ 硬質ウレタンフォーム、ウレタン樹脂、酸化プロピレン
- ・ 高発泡ポリスチレンフォーム、フェノールフォーム
- ・ 塩ビサッシ、塩ビ樹脂
- ・ 遮熱塗料、遮熱シート、遮熱フィルム、高断熱カーテン、不織布、アルミナ繊維

(2) 評価の条件

①評価対象と比較対象

項目	内容
CO ₂ 排出削減に貢献する化学製品・技術	住宅用断熱材（ビーズ法ポリスチレンフォーム等）
評価対象製品	断熱材を用いた住宅
比較製品 ^{注)}	昭和 55 年省エネ基準以前の住宅(断熱材を用いない住宅)
評価年・評価期間	2020 年・評価年 1 年間に製造された断熱材をライフエンドまで使用した期間

注) 初版発行後の調査により、我が国の既築住宅（約 5,000 万戸）の省エネ性能については、昭和 55 年の省エネ基準以前の住宅（外壁、天井が無断熱）が 55%（約 2,750 万戸）を占めている¹⁾ことが明らかとなった。一年あたりに新築される住宅戸数は、現状約 80 万戸（2010 年度）であり、古い住宅が無くなり新しい住宅に置き換わっていくものと考えれば、新しい住宅へ入れ替わるまでに 34 年にかかるものと考えられる。また国土交通省は平成 11 年省エネ基準を満たす住宅を 2020 年に義務化する方針であることも公表されている。

⁴⁶ 発泡スチロール協会・EPS 建材推進部ウェブサイト内「EPS 建材の概要」
<http://www.epskenzai.gr.jp/what/what01.html>

したがって、本報告では、昭和 55 年の省エネ基準以前の住宅が平成 11 年省エネ基準を満たす住宅に置き換わるというシナリオに基づき、昭和 55 年の省エネ基準以前の住宅を比較製品とした。

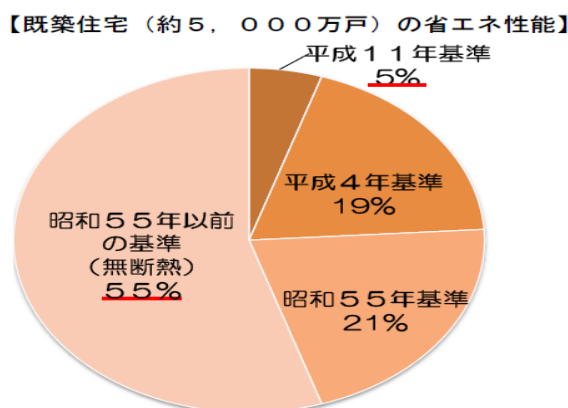


図 34.既存住宅（約 5,000 万戸）の省エネ性能⁴⁷

②システム境界（評価した範囲）

- ・ 断熱材が使用される住宅の対象プロセス
 - a. 断熱材の原料～製造～廃棄に関するプロセス。廃棄については、焼却処理とした。
 - b. 住宅の使用プロセス（主に空調）
- ・ 断熱材を使用しない住宅の対象プロセス
 - a. 住宅の使用プロセスのみ（主に空調）
- ・ 評価対象外のプロセス
 - a. 住宅そのものの建設
 - b. 使用時に使用される空調以外のエネルギー消費量（例、ガスコンロ等）

断熱材を用いた場合と用いない場合でも、同一のプロセスで CO₂ 排出量の差がなく、もしくはその差が非常に少なく、全体に影響を及ぼさないと考えられるため。

③機能単位

- ・ 一定の期間内に、一定の空間及び一定の気温等の条件を実現することのできる住宅の機能（断熱材を使用しない場合、住宅で使用されるエアコンや暖房による冷気、暖気が断熱材を使用した住宅よりも失われやすいことから、失った冷気、暖気を補うために電気や燃料を多く消費する。）

④排出削減貢献の算定に係る前提

- ・ 住宅の使用年数⁴⁸：戸建住宅 30 年、集合住宅 60 年
- 断熱材を使用する場合も使用しない場合も、住宅自体は同じ年数使用されるものとして評価を行った。

⁴⁷ 総合資源エネルギー調査会第 15 回エネルギー部会（2011 年 12 月）

⁴⁸ 発泡スチロール再資源化協会「EPS 製品の環境負荷（LCI）分析調査報告書」（2007 年 4 月）

(3) 評価の結果

①CO₂ 排出削減貢献量の算出

断熱材を使用した場合は、使用しない場合と比較して断熱材の製造にかかる CO₂ 排出量が増加するが、住宅の使用時は、断熱材を使用する場合の方が CO₂ 排出量は少なく排出削減に貢献する。また、1戸あたりの住宅のライフエンド（戸建住宅 30 年、集合住宅 60 年）までの排出削減貢献量⁴⁸ は地域格差が生じ、戸建で 9 トン～45 トン/戸、平均で約 26 トン/戸の削減となり、集合住宅では 44 トン～170 トン/戸、平均では約 105 トン/戸の削減となる。

・ CO₂ 排出削減貢献量 : 戸建て住宅 平均 **▲25,975kg-CO₂/戸(30年間)**
 集合住宅 " **▲104,705kg-CO₂/戸(60年間)**

表 23. 戸建住宅の 1 戸あたりの CO₂ 排出削減貢献量（単位：kg-CO₂/戸・30 年間）

地域	断熱材原料～製造時 CO ₂ 排出量	住宅使用時 CO ₂ 排出削減量	断熱材廃棄時 CO ₂ 排出量	合計
札幌	2,295	▲49,443	2,412	▲44,736
盛岡	1,687	▲40,564	1,773	▲37,104
仙台	1,520	▲28,613	1,598	▲25,495
東京	1,520	▲16,642	1,598	▲13,524
鹿児島	1,520	▲12,140	1,598	▲9,022
平均	1,709	▲29,480	1,796	▲25,975

表 24. 集合住宅の 1 戸あたり CO₂ 排出削減貢献量（単位：kg-CO₂/戸・60 年間）

地域	断熱材原料～製造時 CO ₂ 排出量	住宅使用時 CO ₂ 排出削減量	断熱材廃棄時 CO ₂ 排出量	合計
札幌	1,145	▲173,405	1,204	▲171,056
盛岡	855	▲146,661	899	▲144,908
仙台	714	▲100,622	751	▲99,157
東京	687	▲65,361	722	▲63,952
鹿児島	687	▲45,861	722	▲44,452
平均	818	▲106,382	859	▲104,705

②日本全体の導入効果

i) ライフサイクルにおける CO₂ 排出削減貢献量

上記の平均 1 戸あたりの評価結果を元に、2020 年の戸建住宅、集合住宅の新築数を乗じ、2020 年に新築される住宅のライフエンドを考慮した CO₂ 排出削減貢献量を求めた。

- ・ 2020 年に断熱材を導入する住宅数⁴⁹ : 100 万戸
- ・ 戸建・集合住宅比率⁵⁰ : 戸建住宅 36.7% (36 万 7 千戸)

⁴⁹ 矢野経済研究所「2009 年版 断熱材市場白書」をもとに設定

集合住宅 63.3% (63万3千戸)

※ [算出方法]分譲住宅のマンション数と新築の戸建て
件数の比率から算出

・2020年に新築される住宅の断熱材によるCO₂排出削減貢献量： ▲7,600万トン

表 25. 2020年に新築住宅に使用される断熱材によるCO₂排出削減貢献量

① 2020年の断熱材使用住宅の導入戸数		
・戸建て住宅		36万7千戸
・集合住宅		63万3千戸
② 住宅1戸あたりの断熱材導入によるCO ₂ 排出削減貢献量		
・戸建て住宅 (30年分)	(t-CO ₂ /戸)	▲26
・集合住宅 (60年分)	(t-CO ₂ /戸)	▲105
③ CO ₂ 排出削減貢献量		
・戸建て住宅 (30年分)	(万 t-CO ₂)	▲950
・集合住宅 (60年分)	(万 t-CO ₂)	▲6,650
合計	(万 t-CO ₂)	▲7,600

ii) 化学製品の原料採取、製造、廃棄における1戸あたりのCO₂排出量 (使用時を除く)

- ・化学製品 (原料/製造/廃棄) : 戸建住宅 平均 3,505kg-CO₂/戸
集合住宅 " 1,677kg-CO₂/戸
- ・化学製品 (原料/製造/廃棄) のCO₂排出量 : 235万トン

4. 8 省エネルギー その6 - ホール素子、ホールIC -

(1) DC ブラシレスモータとホール素子の役割

エアコンの室内機と室外機には空調を行うためのFAN用のモータが搭載されている。モータにはDCブラシレスモータとACモータ (誘導モータ) とがある。DCブラシレスモータを搭載したエアコンはインバータエアコンと呼ばれ、電圧・電流・周波数を制御することができることから、非インバータエアコン (ACモータを搭載) に比べ温度を細かく制御でき、消費電力を削減することができる。従来、エアコンの室内機及び室外機のFAN用にはACモータが使用されていたが、省エネ規制の厳しい現在の日本においては、エネルギー効率の良いDCブラシレスモータが使用されている。

現在主流のDCブラシレスモータは、ホール素子の採用によって小型化・損失低減を実現し、高精度な回転制御が可能となった。ホール素子を使うメリットとしては、①非接触で位置を検出できるため耐久性が高い、②磁気を検出するため塵・埃・油などの汚れに強い、③小型化・軽量化・損失低減が可能の3点が挙げられる。

⁵⁰ 国土交通省 「建設統計年報」 (2006年)

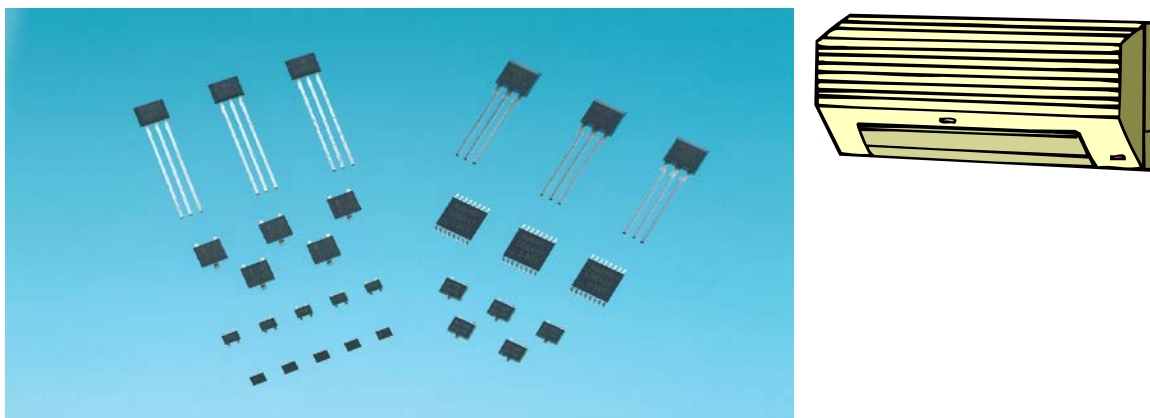


図 35. ホール素子、ホール IC、エアコン

①CO₂排出削減貢献の内容

DC モータを使用したインバータエアコンの使用時における消費電力は、従来の非インバータエアコンよりも少ない。

②エアコンの種類と特徴

- ・インバータエアコン：DC ブラシレスモータを搭載したエアコン。DC ブラシレスモータは AC モータよりも高効率であり、DC ブラシレスモータを搭載した製品の使用時の省電力化に貢献する機器である。
- ・非インバータエアコン：従来の AC モータを搭載したエアコン。

(2) 評価の条件

①評価対象と比較対象

項目	内容
CO ₂ 排出削減に貢献する化学製品・技術	ホール素子、ホール IC
評価対象製品	インバータエアコン (DC ブラシレスモータを搭載したエアコン)
比較製品	AC モータを搭載した非インバータエアコン
評価年・評価期間	2020 年・評価年 1 年間に製造された製品をライフエンドまで使用した期間

②システム境界 (評価した範囲)

本評価で対象とするプロセスはエアコンの使用に関わるプロセスのみとする。

エアコンのライフサイクルでの CO₂ 排出量は使用段階が大半を占めており、原料採取段階、製造・流通段階、廃棄段階での CO₂ 排出量は相対的に小さい⁵¹。また、一般的に DC モータの方が AC モータよりも小型である⁵²ことから、原料採取段階、製造・流通段階、廃棄段階にお

⁵¹ ダイキン工業株式会社ホームページによると、2.8kW クラスの住宅用エアコン (2010 年度機) のライフサイクル CO₂ のうち、使用段階が 95.2% を占める。 <http://www.daikin.co.jp/csr/environment/production/01.html>

⁵² 富士通ゼネラルホームページによると、室外機と室内機のモータの重量の合計は、DC モータは 2.3 kg、AC モータの重量の合計は 2.6 kg である。 <http://www.fujitsu-general.com/jp/products/motor/lineup.html>

ける CO₂ 排出量は DC モータの方が少ないと考えられる。これらより、ガイドライン⁵³の相殺のケースを適用した。

ある程度同じ条件で算出されたインバータエアコンと非インバータエアコンの原料採取、製造・流通、廃棄段階の CO₂ 排出量に関するデータが日本では得られないうえ、諸外国の各地域における原料採取、製造・流通、廃棄に関する CO₂ データも得られないことから、使用段階以外は CO₂ 算定の範囲に含めないこととした。

③機能単位

インバータエアコンも非インバータエアコンも同一の期間に同一の冷暖房機能

④排出削減貢献量の算定に係る前提

- ・製品寿命⁵⁴ : 14.8 年（両製品の寿命は同じ）
- ・年間消費電力量：インバータエアコン 845kWh/台⁵⁵
非インバータエアコン 1,268kWh/台（845 kWh/年×1.5 倍）
非インバータエアコンは、下記のモータ効率の比を利用して設定。
- ・モータの効率 : 同条件下による消費電力量に関する情報が得られなかったため、各モータの効率を用いて、AC モータを搭載した非インバータエアコンの使用段階における消費電力を推定した。AC モータの効率は、以下の事例を参考に非インバータエアコンの消費電力をインバータエアコンの 1.5 倍として CO₂ 排出量の計算を行った。

表 26. モータの効率

	AC モータ効率	DC モータ効率	
事例 1 ⁵⁶	55%	80%	約 1.5 倍
事例 2 ⁵⁷	70%	85%	約 1.2 倍
事例 3 ⁵⁸	39%	58%	約 1.5 倍

- ・インバータエアコン普及率⁵⁹

各地域で使用されているエアコンの現段階で把握できたインバータ普及率を以下に示す。2020 年の導入効果を算定する上で、2020 年のインバータエアコンの普及率予測が必要であるが、その情報がないため、保守的に現段階において把握できた普及率を用いることとした。

⁵³ CO₂ 排出削減貢献量算定のガイドライン 一般社団法人日本化学工業協会

⁵⁴ 平成 22 年度「使用済み家電 4 品目の経過年数等調査」報告書（平成 23 年 3 月） 財団法人家電製品協会

⁵⁵ 経済産業省資源エネルギー庁「省エネ性能カタログ 2011 冬」
冷暖房兼用・壁掛け形・冷房能力 2.8kW クラス省エネルギー型の代表機種 of 単純平均値

⁵⁶ 事例 1 ダウ化工株式会社 熱と環境（2006 年）（20rps）

⁵⁷ 事例 2 ダウ化工株式会社 熱と環境（2006 年）（40rps）

⁵⁸ 事例 3 株式会社上村工業 ホームページ <http://kami-kogyo.co.jp/main2.html>

⁵⁹ 環境省中央環境審議会地球環境部会資料（ダイキン工業の環境取組）
www.env.go.jp/council/06earth/y0611-02/mat02_4.pdf

表 27. 各地域のインバータエアコンの普及率

	日本	中国 ³	アジア	北米	中南米	欧州	その他
普及率	100%	30%	10%	0%	0%	30%	10%

- ・家庭用エアコンの出荷予測量 : 日本 7,950 千台
世界 186,160 千台 (日本を含む)

表 28. 家庭用エアコンの地域別需要動向予測

単位：千台

	2020年(見込)		
	出荷量 ⁴	インバータ エアコン	非インバータ エアコン
日本	7,950	7,950	0
中国	110,730	33,219	77,511
アジア	23,710	2,371	21,339
北米	15,500	0	15,500
中南米	12,800	0	12,800
欧州	11,120	3,336	7,784
その他	4,350	435	3,915
計	186,160	47,311	138,849

注1：インバータエアコンと非インバータエアコンの台数は、インバータ普及率を用いて算出。

注2：2017年地域別需要予測を横這いとして、2020年の予測値を設定。

(3) 評価の結果

①CO₂排出削減貢献量の算出

◆原料～採取段階

前項②システム境界に記述した通り、原料採取段階は相殺するため、計算対象外とした。

◆製造・流通段階

前項②システム境界に記述した通り、製造・流通段階は相殺するため、計算対象外とした。

◆使用段階

- ・評価対象製品 (インバータエアコン)

インバータエアコンの使用段階における CO₂ 排出量は、(2)評価の条件に記載した 845 kWh/年⁵、製品寿命を 14.8 年として計算した。

³ ダイキン工業株式会社 ホームページ <http://www.daikin.co.jp/csr/environment/production/02.html>

⁴ 富士キメラ総研「2012 ワールドワイドエレクトロニクス市場総調査」

⁵ 経済産業省資源エネルギー庁「省エネ性能カタログ 2011 冬」
http://www.enecho.meti.go.jp/policy/saveenergy/seinoucatalog_2011winter.pdf

・比較対象（非インバータエアコン）

インバータエアコンの使用段階における CO₂ 排出量は、(2)評価の条件に記載した効率を参考に 1,268kWh/年（845 kWh/年×1.5 倍）として算出した。なお製品寿命は評価対象製品と同じ 14.8 年とした。電力使用に伴う CO₂ 排出原単位については前項①評価対象製品と同じデータを用いた。

◆廃棄段階

前項②システム境界に記述した通り、廃棄段階は相殺するため、計算対象に含めなかった。

「CO₂ 排出削減貢献量」

インバータエアコンと非インバータエアコンのライフサイクルにおける CO₂ 排出量から、インバータエアコンの機能単位あたりの CO₂ 排出削減貢献量は以下のとおりとなる。

表 29.前提条件と各地域における電力の CO₂ 排出係数

		DC ブラシ レスモータ	AC モータ
使用時に関わるプロセス			
年間の消費電力量 [kWh / 年 / 台]		845	1,268
稼動年数 [年]		14.8	14.8
稼動年数の総電力量 [kWh / 台]		12,506	18,766
電力の CO ₂ 排出係数 ⁶ [kg-CO ₂ /kWh]	日本	0.330	0.330
	中国	0.743	0.743
	アジア	0.745	0.745
	北米	0.466	0.466
	中南米	0.175	0.175
	欧州	0.326	0.326
	その他	0.500	0.500
使用に係る CO ₂ 排出量 [kg-CO ₂ / 台]	日本	<u>4,127</u>	<u>6,190</u>
	中国	<u>9,292</u>	<u>13,938</u>
	アジア	<u>9,317</u>	<u>13,975</u>
	北米	<u>5,828</u>	<u>8,742</u>
	中南米	<u>2,189</u>	<u>3,283</u>
	欧州	<u>4,077</u>	<u>6,115</u>
	その他	<u>6,253</u>	<u>9,380</u>
CO ₂ 排出削減貢献量 [kg-CO ₂ / 台](14.8 年間)	日本		2,063
	中国		4,646
	アジア		4,658
	北米		2,914
	中南米		1,094
	欧州		2,038
	その他		3,127

②日本全体の導入効果

i) ライフサイクルにおける CO₂ 排出削減貢献量

- ・ 2020 年におけるインバータエアコンの年間出荷予想量： 795 万台
- ・ 2020 年に販売されるインバータエアコンの CO₂ 排出削減貢献量

$$\text{インバータエアコン} \quad \blacktriangle 2,063 \text{ kg-CO}_2/\text{台} \times 795 \text{ 万台} = \blacktriangle 1,640 \text{ 万 t-CO}_2(14.8 \text{ 年間})$$

⁶ CO₂Emissions from Fuel Combustion 2011 (International Energy Agency)。2009 年のデータを使用。「その他」地域には世界平均を適用。

表 30. 2020 年に日本で販売されるインバータエアコンによる CO₂ 排出削減貢献量

1) 2020 年の出荷量予測と CO ₂ 排出削減貢献量	インバータ エアコン
・ インバータエアコンの出荷台数 (万台)	795
・ インバータエアコンによる CO ₂ 排出削減量 差分 (kg-CO ₂ /台)	▲2,063
2) CO ₂ 排出削減貢献量 (万 t-CO ₂)	▲1,640

ii) インバータエアコンのライフサイクル CO₂ 排出量 (原料/製造/廃棄は除く)

インバータエアコンのライフサイクル CO₂ 排出量 : 3,281 万トン

$$4,127\text{kg-CO}_2/\text{台} \cdot 14.8 \text{ 年} \times 795 \text{ 万台} = 32,809\text{kt-CO}_2$$

③世界での導入効果

i) ライフサイクルにおける CO₂ 排出削減貢献量

・ 各地域の CO₂ 排出削減貢献量

各地域 1 台あたりの CO₂ 排出削減貢献量 × 地域のインバータエアコンの出荷予測量

表 31. 2020 年に世界で販売されるインバータエアコンによる CO₂ 排出削減貢献量

1) 2020 年の導入量		
・インバータエアコンの導入台数 (万台)	日本	795
	中国	3,322
	アジア	237
	北米	0
	中南米	0
	欧州	334
	その他	44
2) CO ₂ 排出削減貢献量		
・1 台あたりの CO ₂ 排出削減貢献量 (kg-CO ₂ /台)	日本	2,063
	中国	4,646
	アジア	4,658
	北米	2,914
	中南米	1,094
	欧州	2,038
	その他	3,127
・2020 年のインバータエアコンによる排出削減貢献量 (万トン-CO ₂)	日本	1,640
	中国	15,433
	アジア	1,105
	北米	0
	中南米	0
	欧州	680
	その他	136
	総計	18,995

・2020 年における世界での CO₂ 排出削減貢献量：18,995 万トン(14.8 年間)

ii) インバータエアコンのライフサイクルでの CO₂ 排出量

インバータエアコンのライフサイクルでの CO ₂ 排出量：	<u>37,994 万トン</u>
日本	4,127kg-CO ₂ /台・14.8 年×795 万台 = 32,810kt-CO ₂
中国	9,292kg-CO ₂ /台・14.8 年×3,322 万台 = 308,680kt-CO ₂
アジア	9,317kg-CO ₂ /台・14.8 年×237 万台 = 22,081kt-CO ₂
北米	5,828kg-CO ₂ /台・14.8 年×0 万台 = 0kt-CO ₂
中南米	2,189kg-CO ₂ /台・14.8 年×0 万台 = 0kt-CO ₂
欧州	4,077kg-CO ₂ /台・14.8 年×334 万台 = 13,617kt-CO ₂
その他	6,253kg-CO ₂ /台・14.8 年×44 万台 = 2,751kt-CO ₂
総計	379,939kt-CO ₂

4. 9 省エネルギー その7 - 配管材料 -

(1) ポリマー配管材料の概要

ポリマー配管材料には、ポリ塩化ビニル管、ポリエチレン管、ポリブテン管などがあり、金属配管材料（炭素鋼鋼管、亜鉛メッキ鋼管、樹脂被覆鋼管、ステンレス鋼管、銅管、アルミニウム管、鋳鉄管、鉛管）とならんで、水道管（配水管、給水管、排水管）やガス管（低圧導管）として広く使われている⁷。

ポリマー配管材料に共通する特徴は、可撓性が高く、耐震性に優れていることが挙げられる。一方で太陽光線によって劣化するため、埋設管や室内配管が主な用途となる。

このうち、ポリ塩化ビニル管は耐食性に優れているため、住宅内の排水設備や下水道管に広く用いられている。さらに、上水道管においても、ダクタイル鋳鉄管と並び広く使用されている。

上下水道にはポリ塩化ビニル管が広く用いられるのに対して、ガス供給においてはポリエチレン管が用いられている。ポリエチレン管は継手部を融着接合（エレクトロフュージョン接合）できることもあって特に高い耐震性が特徴であり、地震国である日本のガス管材料として適している。

この他の身近なポリマー配管材料としては、温水用配管として用いられるポリエチレン管とポリブテン管があげられる。



図 36 ポリマー配管

①CO₂排出削減貢献の内容

製造時に高温を使用しないため、エネルギー消費量が少ない。

②配管材料に使用される化学製品

- ・ 塩化ビニル（EDC、モノマー、ポリマー）
- ・ 高密度ポリエチレン
- ・ ポリブテン

⁷ 「プラスチック配管材料 最近の動向」（ウェブサイト「三菱化学・三菱樹脂グループの建築・土木・プラント設備」トピック 2008年8月27日掲載）（<http://www.construction-biz.com/topics/topics080827.html>）

(2) 評価の条件

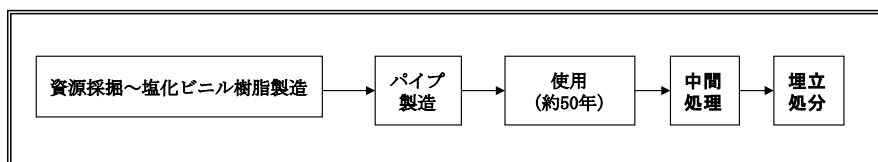
①評価対象と比較対象

項目	内容
CO ₂ 排出削減に貢献する化学製品・技術	配管材料（ポリ塩化ビニル管等）
評価対象製品	ポリ塩化ビニル管
比較製品	ダクタイル鋳鉄管
評価年・評価期間	2020年・評価年1年間に製造された製品をライフエンドまで使用した期間

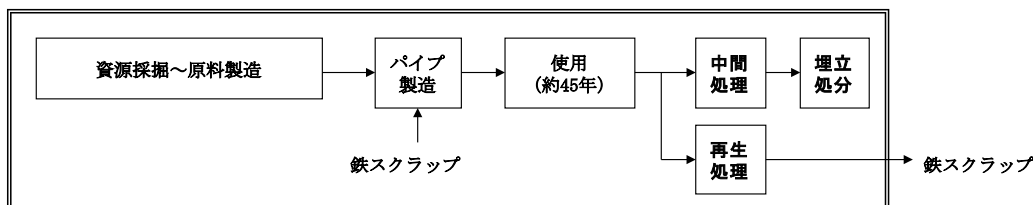
②システム境界（評価した範囲）

本評価で対象とするプロセスは、製品の原材料調達（資源採掘～素材製造）、製品の生産（加工）及び製品の廃棄（全量中間処理後、埋立処分とした）に係わるプロセスであり、製品の使用段階及び製品の輸送に係わるプロセスは評価対象外とした。

塩化ビニル製パイプのライフサイクルフロー



ダクタイル鋳鉄製パイプのライフサイクルフロー



注1：二重線がシステム境界（評価した範囲）

注2：出典によるとダクタイル鋳鉄管に使用される原料は約9割が鉄スクラップである

図 37. 配管のシステム境界

③機能単位

150mm 口径の塩化ビニル管 1 kg 相当量の配管としての機能

ポリ塩化ビニル管とダクタイル鋳鉄管では、比重に加えて、想定寿命も異なることから、これらに対する補正を行った。

④排出削減貢献の算定に係る前提

- ・ 150mm 口径の重量 : ポリ塩化ビニル管 6.7 kg/m
ダクタイル鋳鉄管 23.8 kg/m
- ・ 想定寿命 : ポリ塩化ビニル管 50 年
ダクタイル鋳鉄管 45 年
- ・ 寿命を加味したダクタイル鋳鉄間の塩化ビニル管 1kg 相当量 : 3.95 kg

- ・一般的にポリ塩化ビニル管よりもダクトイル鋳鉄管の方が強度はあり、一定以上の強度を必要とする用途では、当然ながら安全性が優先される。しかしながら、本評価では製品の重量と製品寿命を評価の前提条件とし、強度や安全性を評価結果におりこまなかった。このため、ポリ塩化ビニル管による全用途の代替は見込まず、2020年のポリ塩化ビニル管の生産量は一部代替できない用途があることを考慮して、需要予測について控え目に評価し2005年度と同一とした。

(3) 評価の結果

①CO₂排出削減貢献量の算出

ポリ塩化ビニル管 1kg のライフサイクル CO₂ 排出量及びダクトイル鋳鉄管 1kg の CO₂ 排出量について、文献による評価事例⁸を示す。1m 当たり必要な重量と寿命で補正すると、ポリ塩化ビニル管 1kg あたり、▲6.7kg-CO₂ /kg のライフサイクル CO₂ 排出量を削減する効果があることとなる。

- ・ポリ塩化ビニル管 1kg あたりの CO₂ 排出削減貢献量： ▲6.7kg-CO₂ /kg

表 32. ポリ塩化ビニル管 1kg あたりの CO₂ 排出量

	塩化ビニル管	ダクトイル鋳鉄管
原材料調達（資源採掘～素材製造）(kg-CO ₂ /kg)	1.4	0.146
製品の生産（加工）(kg-CO ₂ /kg)	0.1	1.925
製品の廃棄（埋立）(kg-CO ₂ /kg)	0.018	0.018
合計 (kg-CO₂/kg)	1.5	2.1

表 33. ポリ塩化ビニル管 1kg あたりの CO₂ 排出削減貢献量

	塩化ビニル管	ダクトイル鋳鉄管
150mm 口径・1m 長あたり重量 (kg)	6.7	23.8
想定寿命 (年)	50	45
塩化ビニル管 1kg 相当量 (kg)	1.0	3.95
CO₂ 排出量 (kg-CO₂/kg)	1.5	8.2
CO₂ 排出削減貢献量 (kg-CO₂/kg)	▲6.7	—

②日本全体の導入効果

i) ライフサイクルにおける CO₂ 排出削減貢献量

2020年の塩化ビニル管の生産量を2005年度と同一⁹と仮定して算出。

同等のダクトイル鋳鉄管に対する素材代替効果のCO₂排出削減量は303万トンとなる。

⁸ 塩化ビニルリサイクル推進協議会調査委員会「塩化ビニル樹脂製品のライフサイクル評価」（1995年7月）

⁹ 塩化ビニル管・継手協会 ウェブサイト <http://ppfa.gr.jp>

さらにパイプの接続に用いる「継手」の素材代替効果を加えると、CO₂排出削減量は330万トンとなる。

・CO₂排出削減貢献量 : ▲330万トン(50年間)
 $\triangleleft 6.7\text{kg-CO}_2/\text{kg} \cdot 50\text{年} \times 493,092\text{t} = 3,304\text{kt-CO}_2$

表 34. 2020年に販売されるポリ塩化ビニル管によるCO₂排出削減貢献量

	塩化ビニル管	同継手	合計
2020年想定生産量 (トン) (2005年度実績値と同等と仮定)	452,878	40,214	493,092
CO ₂ 排出削減貢献量 (万トン)	303	27	330

ii) 化学製品の原料採取、製造、廃棄におけるCO₂排出量(使用時を除く)

・化学製品(原料/製造/廃棄)のCO₂排出量 : 74万トン
 $1.5\text{kg-CO}_2/\text{kg} \cdot 50\text{年} \times 493,092\text{t} = 740\text{kt-CO}_2$

4. 10 省エネルギー その8 - 海水淡水化プラント材料 (RO膜) -

(1) RO膜及び海水淡水化プラントの概要

RO膜(逆浸透膜、Reverse Osmosis Membrane)は、分子レベルでイオンや塩類など水以外の不純物は透過させない性質を持ち、真水と塩分などを分離する機能を発揮する半透膜である。

浸透とは、半透膜を経由して希薄溶液から濃厚溶液に溶媒が移行する現象であり、浸透作用が収まり平衡に達した時点で両液間に生じた圧力差のことを浸透圧と呼ぶ。逆浸透は、濃厚溶液側に浸透圧以上の圧力をかけることで溶媒が濃厚溶液側から希薄溶液側に移行する現象である。この原理を利用し、塩分などの除去対象物質を含む溶液(海水など)に圧力をかけ、逆浸透膜を介して水のみを透過させて淡水を得ることが可能であり、海水の淡水化技術として利用されている。



図 38. RO膜

①CO₂排出削減貢献の内容

加熱を必要としないためエネルギー消費量が少ない。

②海水淡水化プラントの種類

- ・ 蒸発法 : 海水を蒸発させて蒸留水を作る方法
- ・ 膜法 : RO 膜による塩分除去法。

③海水淡水化プラントのトレンド

かつては蒸発法による海水淡水化が主流であったが、膜法は造水に要するエネルギー消費量が少なく、大型プラントにおいて膜法の採用が主流となっている。

世界的な淡水需要の増加を反映し、海水淡水化プラントの大型化傾向は続くと考えられ、エネルギー消費量の少ない膜法は、少ないランニングコストで大きな造水量を実現するとともに、エネルギー起源の CO₂ 排出量が少ないといった環境配慮性の優位性もあるため、今後さらに主要な方式としての地位を固めていくことが予想される。

(2) 評価の条件

①評価対象と比較対象

項目	内容
CO ₂ 排出削減に貢献する化学製品・技術	海水淡水化プラント材料 (RO 膜)
評価対象製品	RO 膜法による海水淡水化プラント
比較製品	蒸発法による海水淡水化プラント
評価年・評価期間	2020 年・評価年 1 年間に製造された製品をライフエンドまで使用した期間

②システム境界 (評価した範囲)

評価対象、比較対象ともに、海水淡水化プラントの材料製造、プラント建設、使用に関わるプロセスがシステム境界に含まれている。

廃棄に関しては、RO 膜利用による CO₂ 排出量を評価するため、RO 膜エレメントは、産業廃棄物として埋立処分とした。また RO 膜エレメント以外のプラント構成材料の廃棄処理に関するプロセス、及び材料の輸送プロセスは、システム境界に含まれていないが、それぞれ CO₂ 排出量は相対的に小さく、無視できるレベルである。

③機能単位

- ・ 同一量の淡水を海水から造水する機能

④排出削減貢献の算定に係る前提

- ・ 単位導入量あたりの CO₂ 排出削減量

RO 膜エレメント 1 本分の生涯造水量である 2.6 万 m³ を基準とし、これに見合った量を蒸発法にて造水した時に生じるライフサイクル全体の CO₂ 排出量を比較。

- ・ RO 膜の寿命 : 5 年として試算

(3) 評価の結果

①CO₂排出削減貢献量の算出

RO 膜エレメント 1 本分の生涯造水量である 2.6 万 m³ を実現するため、評価対象 (RO 膜法) における海水淡水化プラントのライフサイクル全体の CO₂ 排出量は 53.0 トン。比較対象 (蒸発法) の CO₂ 排出量 335.9 トンに比べ、▲282.9 トンの排出削減貢献量がある。

・ RO 膜エレメント 1 本あたりの CO₂ 排出削減貢献量 :

▲282.9 トン-CO₂/本 (造水量 2.6 万 m³)

表 35. 海水淡水化プラント材料 RO 膜エレメント 1 本あたりの CO₂ 排出削減貢献量¹⁰

単位：トン-CO ₂ /造水量 2.6 万 m ³ (RO 膜エレメント 1 本分)		評価対象製品	比較対象製品
原材料製造	RO 膜エレメント製造	0.01	—
プラント製造	RO 膜エレメントの原材料製造	0.1	—
	RO 膜エレメント以外の原材料製造、 プラント建設	2.2	12.4
使用		50.5	323.5
廃棄	RO 膜エレメントの廃棄処理	0.15	—
	プラント解体、 RO 膜エレメント以外の原材料廃棄	(システム境界外)	
合計 (トン-CO ₂ /造水量 2.6 万 m ³)		52.96	335.9
CO ₂ 排出削減貢献量 (トン-CO ₂ /造水量 2.6 万 m ³)		▲282.9	

②世界での導入効果

i) ライフサイクルにおける CO₂ 排出削減貢献量

海水淡水化プラントは日本国内での導入規模は小さく、導入の大半が海外であることから、RO 膜に関しては世界全体での導入効果の評価を行った。

また 2020 年の導入規模に関する客観的な資料がないため、最も近縁のデータである 2016 年の導入規模¹¹の資料データ¹²を 2020 年のデータとして用いた。

・ 2016 年に新たに付加される世界の RO 膜淡水化能力 : 約 870 万 m³/日

・ RO 膜の寿命あたり淡水化量 :

$$870 \text{ 万 m}^3/\text{日} \times 365 \text{ 日} \times 5 \text{ 年間} = 158 \text{ 億 } 7,750 \text{ 万 m}^3$$

・ 必要 RO 膜エレメント数 : $158 \text{ 億 } 7,750 \text{ 万 m}^3 \div 2.6 \text{ 万 m}^3 = 610 \text{ 千本}$

・ CO₂ 排出削減貢献量 (2020 年、世界全体) : ▲17,257 万トン(5 年間)

¹⁰ 東レ提供データ 2010 年度推定

¹¹ Desalination Markets 2010,P54

¹² 産業競争力懇談会報告書

「水処理と水資源の有効活用技術【急拡大する世界水処理市場へのアプローチ】(2008 年 3 月 18 日)

表 36. 2020 年に世界で建設される海水淡水化プラントによる CO₂ 排出削減貢献量

1) 2020 年の需要予測と CO ₂ 排出削減貢献量		
・ RO 膜エレメント数需要	(千本)	610
・ RO 膜エレメントによる CO ₂ 排出削減量 差分 (kg-CO ₂ /本)		▲282.9
2) CO ₂ 排出削減貢献量	(万 t-CO ₂)	▲17,257

ii) RO 膜のライフサイクルでの CO₂ 排出量

- ・ RO 膜エレメントの CO₂ 排出量 : 3,231 万トン (5 年間)
52.96t-CO₂/本 × 610 千本 = 32,306 kt-CO₂

iii) 完成品の原料採取、製造、廃棄における CO₂ 排出量 (使用時を除く)

- ・ 完成品の CO₂ 排出量 : 150 万トン
2.46t-CO₂/本 × 610 千本 = 1,501 kt-CO₂

4. 1 1 省資源 -高耐久性マンション用材料

(1) 乾燥収縮低減剤の概要

マンションやオフィスビルは建築の際に大量の資材が使用されるため、資材の消費に伴う CO₂ 排出量が多い建築物である。建築物の耐久性を向上させ長寿命化が達成できれば、建て替え頻度を低くすることができ、結果的に資材の消費に伴う CO₂ 排出量を削減することができる。



鉄筋コンクリート造建築物の寿命に影響するコンクリートの耐久性を低下させる原因は、以下の 2 点が挙げられる。

- ① 鉄筋により拘束されたコンクリートが乾燥する際に収縮することによって、ひび割れが発生し強度低下が起こる。
- ② さらにこのひび割れから大気中の二酸化炭素が進入することでコンクリートの中性化が進み、内部にある鉄筋の腐食が促進される。

コンクリートの乾燥収縮低減剤は、混和剤として生コンクリート製造時に水と同時に添加される。乾燥収縮低減剤の役割は、コンクリート内部の水分が蒸発する際に発生する毛細管張力を低下させることで乾燥による収縮を低減させ、コンクリートのひび割れ発生を抑制することであり、その効果により鉄筋コンクリートの耐久性の向上につながり、鉄筋コンクリート造建築物の寿命を伸ばすことができる。

①CO₂排出削減貢献の内容

乾燥収縮低減剤は、コンクリートの耐久性を向上させることができ、マンションの寿命を延ばすことができるため、マンションの建て替え回数を減らすことができ、マンションの建設時に使用される資源の節約につながる。

②コンクリートの耐久性向上のために使用される主な薬剤

- ・ 乾燥収縮低減剤（特殊ポリオキシアルキレングリコール誘導体）
- ・ 高性能 AE 減水剤（ポリカルボン酸系高性能 AE 減水剤）
- ・ 減水剤（リグニンスルホン酸塩）

(2) 評価の条件

①評価対象と比較対象

項目	内容
CO ₂ 排出削減に貢献する化学製品・技術	乾燥収縮低減剤
評価対象製品	乾燥収縮低減剤を使用した高耐久性マンション
比較製品	一般的なマンション
評価年・評価期間	2020年・評価年1年間に建築されたマンションをライフエンドまで使用した期間

②システム境界（評価した範囲）

原料採取～製造（建設）、使用・維持管理、廃棄の段階で高耐久性マンションと一般的なマンションのそれぞれについて評価を実施した。各戸における冷暖房などのエネルギー使用については、高耐久性マンションも一般的なマンションも同一部分とみなすことができることから、ガイドライン¹³の簡易算定方法を適用し、同一部分の相殺によって評価対象外とした。

③機能単位

鉄筋コンクリート集合住宅が提供する住居空間1戸分、100年間を機能単位として評価。

④排出削減貢献量の算定に係る前提

- ・ 評価期間（使用期間・製品寿命）

高耐久性マンションの寿命 : 100年¹⁴（長期供用級）

一般的なマンションの寿命 : 50年¹⁵（鉄骨造共同住宅）

高耐久性マンションは100年間使用して廃棄、一般的なマンションは50年間使用して廃棄したのち建て替え、さらに50年間使用して廃棄する。マンションの仕様（広さ、構造、断熱機能など）は同一とし、一般的なマンションにおける50年後の建て替え時にも、同等の機能のマンションに建て替えることとする。

¹³ CO₂排出削減貢献量算定のガイドライン 日本化学工業協会

¹⁴ 建築工事標準仕様書（JASS5 鉄筋コンクリート工事・日本建築学会）

¹⁵ 財務省・PRE戦略検討会 http://www.mof.go.jp/national_property/councils/pre/shiryou/221021_05.pdf

表 37. マンションの仕様¹⁶

地域	東京近郊
構造	RC 造
延床面積	7280.85m ²
階数	地上 9 階
戸数	88 戸

(3) 評価の結果

①CO₂排出削減貢献量の算出

高耐久性マンションのライフサイクル全体の CO₂ 排出量は 271,376 kg-CO₂/戸、一般的なマンションは 308,174 kg-CO₂/戸である。高耐久性マンションの CO₂ 排出削減貢献量は一般的なマンションとの差分をとり、マンションの長寿命化による CO₂ 排出削減貢献量は 36,798 kg-CO₂/戸となる。改修について高耐久性マンションの方が CO₂ 排出量が大きい理由は、一般的なマンションの場合には、50 年の建替によって改修は不要となることによるものである。

表 38. マンション 1 戸あたりの CO₂ 排出削減貢献量 (100 年間)

	高耐久性 マンション	一般的な マンション
建築に伴う CO₂ 排出量		
設計監理 (kg-CO ₂ /戸)	4,517	4,493
新築 (建替含む) (kg-CO ₂ /戸)	79,974	159,948
混和剤 (kg-CO ₂ /戸)	3,888	194
使用維持管理に伴う CO₂ 排出量		
修繕 (kg-CO ₂ /戸)	58,073	58,073
改修 (kg-CO ₂ /戸)	104,571	61,349
維持管理 (kg-CO ₂ /戸)	13,635	13,635
廃棄・リサイクルに伴う CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /戸)	6,718	10,483
ライフサイクル全体の CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /戸)	271,376	308,174
CO₂ 排出削減貢献量 (kg-CO₂/戸)	▲ 36,798	

注 1：修繕は屋根、外壁、外部開口部など外部仕上げに関する資材、内部床、内壁、内部開口部、天井などの内部仕上げに関する資材の修繕に係る CO₂

注 2：改修は屋根、外壁、外部開口部など外部仕上げに関する資材、内部床、内壁、内部開口部、天井などの内部仕上げに関する資材の改修に係る CO₂

注 3：維持管理は保安警備、衛生清掃、昇降機、電気機械設備関係などに伴う CO₂

②日本全体の導入効果

i) ライフサイクルにおける CO₂ 排出削減貢献量

2020 年において日本全体で建築されるマンション戸数に対する CO₂ 排出削減貢献量を算定した。

¹⁶ 日本建築学会「建築物の LCA 指針 (第 3 版)」 集合住宅事例を参考に算出

- ・ 2020 年のマンションの着工件数 : 61,000 戸
2010 年のマンション供給戸数は 92,000 戸¹⁷、2020 年における新規住宅着工件数の見込み¹⁸は現在の 2/3 と設定。

- ・ CO₂ 排出削減貢献量 : 224 万トン (100 年間)

$$36,798 \text{ kg-CO}_2/\text{戸} \times 61,000 \text{ 戸} = 2,244 \text{ kt-CO}_2$$

表 39. 2020 年に新築される高耐久性マンションによる CO₂ 排出削減貢献量

1) 2020 年に建築される戸数		
・ 高耐久性マンションの建築戸数	(戸)	61,000
2) CO ₂ 排出削減貢献量(100 年間)		
・ 1 戸あたりの CO ₂ 排出削減貢献量	(kg-CO ₂ /戸)	▲ 36,798
・ 2020 年に建築される高耐久性マンションによる CO ₂ 排出削減貢献量	(万トン-CO ₂)	▲ 224

ii) 高耐久性マンションのライフサイクルでの CO₂ 排出量

- ・ 高耐久性マンションの CO₂ 排出量 : 1,655 万トン

$$271,376 \text{ kg-CO}_2/\text{戸} \times 61,000 \text{ 戸} = 16,553 \text{ kt-CO}_2$$

iii) 化学製品の原料採取、製造における CO₂ 排出量 (使用、廃棄時を除く)

- ・ 化学製品の原料採取、製造における CO₂ 排出量 : 24 万トン

$$3,887 \text{ kg-CO}_2/\text{戸} \times 61,000 \text{ 戸} = 237.5 \text{ kt-CO}_2$$

	製造時 CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /製品 kg)	使用量 (t/戸)	CO ₂ 排出量 (t-CO ₂ /戸)
高耐久性マンション(乾燥収縮剤) ¹⁹	4.815	0.791	3.806
(高性能 AE 減水剤) ¹³⁴	4.815	0.017	0.081
計	—	0.808	3.887

注：混和剤の使用量はマンション 1 戸に使用されるセメント量を 16.9 t として算出。

¹⁷ マンション供給戸数 (国交省資料) <http://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/torikumi/tenpu/H22stock.pdf>

¹⁸ 住宅着工件数の見込み (経産省資料) http://www.meti.go.jp/policy/jyutaku/jyutaku_vision/files/20070423_06.pdf

¹⁹ MiLCA (database ver1.0.6) 非イオン界面活性剤のデータ

5. 結論と提言

5. 1 評価事例のまとめ

表 40.評価事例のまとめ

◆国内での事例

評価対象製品	完成品：原料～製造～廃棄までの CO ₂ 排出量 (万トン) ()内は化学製品	生産量 (2020 年度)	正味 CO ₂ 排出削減 貢献量 (万トン)	寿命 (年)	比較製品
多結晶 Si 太陽電池	(129)	176 万 kW	▲898	20	公共電力
CFRP 風力発電	(0.9)	150 基	▲854	20	公共電力
CFRP 自動車	9.3	15,000 台	▲7.5	10	従来自動車
CFRP 航空機	17.6	45 機	▲122	10	従来航空機
LED 電球	9.2	28 百万個	▲745	10	白熱電球
住宅用断熱材 (戸建住宅)	(129)	367,000 戸	▲950	30	昭和 55 年省エネ 基準以前の住宅 (断熱材未使用)
(集合住宅)	(106)	633,000 戸	▲6,650	60	
インバータ エアコン	—	7,460 千台 (エアコン台数)	▲1,640	14.8	非インバータ エアコン
塩ビ製配管材料 ^(注1)	(74)	493,092 トン	▲330	50	ダクタイル鉄管
低燃費タイヤ ^(注2)	319 (169)	PCR73,000 千本 TBR5,000 千本	▲636	PCR 3 万 km TBR12 万 km	汎用タイヤ
高耐久性マンション	1,655 (24)	61,000 戸	▲224	100	一般的なマンシ ョン
計			▲13,057		

注 1：使用差ではなく、原料～製造～廃棄時の排出量差

注 2：乗用車用は PCR、トラック・バス用は TBR で表示

◆世界の事例

事例	完成品：原料～製造～廃棄までの CO ₂ 排出量 (万トン) () 内は化学製品	生産量 (2020 年度)	正味 CO ₂ 排出削減 貢献量 (万トン)	寿命 (年)	比較材料等
RO 膜法海水淡水化プラント	150	610 千本	▲17,000	5	蒸発法海水淡水化プラント
CFRP 自動車	186	300,000 台	▲150	10	従来自動車
CFRP 航空機	352	900 機	▲2,430	10	従来航空機
インバータ エアコン	—	47,311 千台 (エアコン台数)	▲18,995	14.8	非インバータ エアコン
計			▲38,575		

5. 2 結論と提言

事例の合計から、化学製品は、完成品ベースで国内で約 1.3 億トン、世界では約 3.9 億トンの CO₂ 排出削減に貢献するキーマテリアルであることが明らかとなった。なお、この CO₂ 排出削減貢献量には化学製品だけでなく他の原料、部材関連の製品分も含まれるが、現時点で他製品分を定量化する手段を持ち合わせていないため、排出削減貢献量を構成製品毎に配分することは行っていない。

また事例に見られる様に化学製品は、エネルギー部門（太陽光発電、風力発電）、民生家庭部門（LED 電球、住宅、エアコン、配管、自動車）、輸送部門（自動車、航空機）など様々な分野の完成品において他の素材、部材関連の製品と連携して CO₂ 排出削減の実現に貢献していることが窺える。

以上のことから、化学産業は原料、部材の供給を通じて産業を支える基盤産業としての位置付けだけでなく、環境が人類にとって喫緊の課題となった現代において、CO₂ 排出削減を通じて社会に貢献する産業であることは明確である。

今後、化学産業は製造時の CO₂ 排出削減にとどまらず、ライフサイクル全体における化学技術・製品の活用による排出削減貢献を目指し、社会全体の CO₂ 排出削減を推進してゆく所存である。

6. 化学業界が進める今後の計画

6. 1 国内および世界における c-LCA 評価事例の拡大

今回の国内 10 事例、世界 4 事例の c-LCA の実施は、日本の化学産業が寄与することで実現する CO₂ 排出削減貢献量の大きさを示した点で非常に意義深いものといえる。しかし、化学製品が CO₂ 排出削減に貢献する低炭素型の最終製品は、今回の 14 事例には留まるものではない。

今後も、次世代自動車用材料（軽量化材料、二次電池部材、燃料電池用部材等）、高効率建築用断熱部材、風力発電用材料などに c-LCA の事例を拡大していく予定である。CO₂ 排出削減に貢献する材料については、c-LCA 評価を通して、エネルギー多消費産業の製品ではあるが、化学製品を積極的に使用することが CO₂ 排出削減に通じるという理解を深めていく必要がある。



図 39. 化学製品の CO₂ 排出削減貢献例

6. 2 国際貢献の推進

化学産業では、製品の開発から製造・使用・廃棄に至る全ての過程において、自主的に環境・安全・健康を確保し、社会からの信頼性向上と社会とのコミュニケーションを推進する「レスポンスブルケア」の精神に則って、今後とも世界最高水準の化学プロセスや省エネ技術、低炭素製品を海外に普及・展開することにより、積極的にグローバルなGHG削減に貢献する所存である。

本報告の海水淡水化プラント材料（RO 膜）、エアコン用ホール素子、自動車・航空機用炭素繊維に見られるように、日本の化学製品・技術の技術移転による海外での CO₂ 排出削減への貢献も今後増々重要となる。

「海外への省エネ・低炭素技術の移転による貢献例」

＜製造技術＞ ー世界最高水準の化学プロセスや省エネ技術を提供ー

- ・ 中東、アジア諸国での CO₂ を原料とするポリカーボネートの製造技術
- ・ インド、中国での最新鋭のテレフタル酸製造設備
- ・ 韓国におけるバイオ技術を用いたアクリルアミド製造技術
- ・ 中東、アジア、欧米でのイオン交換膜法により、電気分解時の省電力を達成したか性ソーダ製造設備
- ・ シンガポールにおける世界トップレベルのエネルギー効率を有したエチレンプラント

＜素材・製品＞ ー使用段階で、従来の素材、方法に比べて大幅な CO₂ 排出削減を可能にー

- ・ 逆浸透膜による海水淡水化技術
- ・ 多段階曝気槽による排水処理システム
- ・ インバーターエアコン用 DC モーターの制御素子

＜代替フロン等 3 ガスの無害化＞ ーNEDO の支援を受けて開発ー

- ・ 排ガス燃焼設備設置による代替フロン等 3 ガスの排出削減
- ・ 基準年比で排出原単位を PFCs は 88%、SF₆ は 95% と大幅な削減を達成
- ・ 今後は国と連携し、企業が保有する代替フロン排出削減の生産技術と、排ガス燃焼設備を活用して、海外技術移転による温室効果ガスの排出削減を推進

6. 3 革新的技術の開発

化学産業は、化石資源を燃料のみならず原料としても使用しており、低炭素社会の実現に向けて、原料・燃料両面での革新的技術開発が中長期的に重要な課題である。

このため、2020 年以降を視野に入れて、開発すべき技術課題、障壁について、政府ともロードマップを共有・連携し、開発を推進する。また、このような技術開発についても c-LCA 的な定量評価を実施することで、それらの環境面への貢献に関する情報を発信していくことが重要である。

化学産業の主要な中長期的技術開発を次に示す。

① 革新的プロセス開発

- ・ 廃棄物、副生成物を削減できる革新的プロセスの開発
- ・ 革新的ナフサ分解プロセスの開発
- ・ 精密分離膜による蒸留分離技術の開発
- ・ 高性能多孔性材料による副生ガスの高効率分離・精製プロセスの開発

② 化石資源を用いない化学品製造プロセスの開発

- ・ CO₂ を原料として用いた化学品製造プロセスの開発
- ・ セルロース系バイオマスエタノールからプロピレンを製造するプロセスの開発

③ LCA 的に GHG 排出削減に貢献する次世代型高機能材の開発

- ・ 高効率建築用断熱材
- ・ 太陽電池用材料（高効率化合物半導体、有機系太陽電池他）
- ・ 次世代自動車
 - 軽量化材料（エンジニアリングプラスチック等）
 - 二次電池部材（正極材、負極材、電解液、セパレータ他）

燃料電池用部材（触媒、固体電解質）

- ・ 次世代高効率照明（高効率 LED、有機 EL 他）
 - ・ フラットパネルディスプレイ用材料（有機 EL 他）
 - ・ 高効率ヒートポンプ用材料（冷媒、蓄熱材）
 - ・ CO₂ 分離膜、水素製造、貯蔵技術、他
- ④ 「Cool Earth エネルギー革新技术計画」に沿った化学技術の開発と新規部材、材料、製品の創出

7. 「c-LCA 報告書(初版)」レビュー委員会

7. 1 レビュー委員会の概要

2012年6月2日 15:00～ 17:00（鉄鋼会館ビル8階 805室）に「c-LCA 報告書」レビュー委員会を開催した。レビュー委員は、平尾雅彦委員長（東京大学 工学系研究科 化学システム工学専攻 教授）、稲葉敦委員（工学院大学 環境エネルギー化学科 教授）、松野泰也委員（東京大学 工学系研究科 マテリアル工学専攻 准教授）、本藤祐樹委員（横浜国立大学 環境情報研究院 准教授）の4名である。調査結果をまとめた資料は予め委員に提示した。本藤祐樹委員については、当日欠席のため、事前に面談で意見を提出した。

なお、レビュー委員は、調査で使用されたデータ取得には関知しておられず、報告書に記載されたデータそのものの完全性、代表性、精度等に関しては、直接の検証を行っていない。従って、データの時間的有効範囲などについて意見を提示した部分以外については責任を有しない。

レビュー委員から指摘を受けた事項については、以下に「レビュー結果の概要」として、項目毎に整理して記述した。

7. 2 「c-LCA 報告書」に対する識者の意見

(1) レビュー結果の概要

1) 正味の排出削減貢献量の算定

海水淡水化の事例についてのみ、正味の排出削減貢献量（1億7,000万トン）の対象が国内でなく海外となっており、9事例の正味の排出削減貢献量の集計値（2億8,197万トン）とは、別扱いとした方がよい。

2) 正味の排出削減貢献量における化学製品の貢献度

本報告書においては、評価対象としている化学製品がない状態を比較対象とすることが基本であるが、排出削減貢献量は化学製品の貢献だけではなく、評価対象製品のトータルの削減効果が記載されている事例がある。例えば、炭素繊維の事例の中で自動車と飛行機の事例では、軽量化（素材の変化）によってもたらされた効果と理解できるが、風力発電の事例における効果は、素材だけではなく装置全体での削減効果であり、異なる性質のものである。

3) 比較製品の妥当性

住宅用断熱材事例における比較対象を断熱を用いない住宅としているが、化学製品ではない断熱材も存在するため、現実との乖離があり、その妥当性に疑義がある。

4) 廃棄処理に関する記述

プラスチックの評価に関する部分において、廃棄段階で焼却処理を想定しておらず、結果的にプラスチックを燃焼する際に発生するCO₂排出量相当分が少なく計算されている。このことで、化学製品に有利な結果を導いているという疑念を持たれる可能性がある。廃棄段階でのCO₂排出量をどのように評価しているのか明確に記載すべきである。

5) CO₂ 排出削減に対する考え方

CO₂ 排出削減貢献量を評価するための比較対象としての BAU (business-as-usual) をどう考えるかという視点でみると、化学製品がないことを想定している本報告書の評価方法は、一般的に実施されている調査と比べて独自の方法である。

6) 2005 年、2020 年の位置づけ

基準年の 2005 年と評価で想定している 2020 年の位置づけは何か。2005 年は 6 年前で、既に世の中の状況は変わっている。2005 年時点の評価をするときは、公共電力も 2020 年の計画値ではなく、2005 年とすべきである。

7) 関係者とのコミュニケーション

原則として、比較に関する調査・公表を行う場合は、比較評価対象となる関係者の全てがレビューに参加することが求められる。今後、本報告書の内容について、当該関係者とのコミュニケーションを図ることが望まれる。

8) 本報告書の意義について

色々なステークホルダーに、素材の貢献（化学の貢献）というものを、どのように考えていくべきかということに注目してもらいよい機会になると思う。

9) 個別事項

① 太陽光発電

2005 年と 2020 年の太陽光発電システムの累積導入量の差分をとり、15 年間で割ったという箇所「CO₂ 排出削減量の評価が過大とならないために配慮した」ことを追記した方がよい。

② 風力発電

日本の評価事例なので、3MW クラスの大型風力発電機だけではなく、小型風力発電機の寄与もあると考える。発電量のばらつきが考えられるので、感度分析を行った方がよいのではないか。一方、本調査は、大きな変動がある将来予測を含む分析なので、個々のパラメータの変動について分析を行うことは困難ではないかという意見もあった。

③ 自動車

比較対象となっている従来モデルの重量、燃費のデータ、生涯走行距離が、現在の値よりも悪いと思われる。引用データが基準年より古いものではないか、時間的有効性の検討が必要である。

④ 配管

ポリ塩化ビニル製配管とダクタイル鋳鉄製配管は用途によって使い分けられていて、常に代替可能とはいえないのではないか。用途別使用状況を記載しておいた方がよい。

⑤ 出典

出典の記載内容は、例えば経済産業省ウェブサイトというような簡略な記載でなく、発行年も含め詳しく記載し、可能な範囲でデータの代表性、時間的有効範囲について記述することが望ましい。

⑥ その他

- ・ レビュー資料のエグゼクティブサマリーは、本報告書内（結論部分か冒頭のいずれか）に取り込んだ方が読者にとって有益である。またエグゼクティブサマリーに書かれている「貢献の内容」に相当する文章を報告書に明記した方がよい。
- ・ 「6. 3 革新的技術の開発」の項目については、もう少し丁寧に記述し、かつ内容を充実してほしい。

(2) レビュー結果に対する検討、対応

1) 正味の排出削減貢献量の算定（地理的条件）

委員の指摘通り、海水淡水化のみ算定対象が海外となっているため、他の国内事例と別扱いとするとともに、国内での正味の排出削減貢献量に加算しないこととした。

2) 正味の排出削減貢献量における化学製品の貢献度

委員の指摘通り、排出削減貢献量には、化学製品だけでなく他の原料、部材関連の製品分も含まれるが、現時点で化学製品と非化学製品分を定量的に配分する手法が確立していないため、本報告書においては、排出削減貢献量について構成製品毎に配分は行わず、その旨を本文に明記した。

3) 比較製品の妥当性

今回は、断熱材の効果の算定に必要な比較製品として、先行文献を鋭意調査した結果、無断熱住宅以外に適切な比較対象がなく、これを採用した。①無断熱住宅、旧省エネ基準、新省エネ基準、次世代省エネ基準の住宅数と断熱性の差異の把握、②ロックウールあるいはグラスウールといった他素材の断熱材との比較等については、算定方法の改良における今後の課題とした。

4) 廃棄処理に関する記述

各事例の廃棄段階におけるCO₂排出量の評価について、以下の如く記述するとともに本文に加筆した。

① 太陽電池

- ・ 撤去・回収した太陽電池モジュールから分別したアルミフレームと端子ボックス（結線用ケーブルを含む）は、再生業者によってリサイクル。
- ・ その他のモジュールは、産業廃棄物処理とし、その中間処理を経て再生可能な材料は、リサイクル、そうでないものは埋立処分とした。

② 風力発電用材料

廃棄実績がないため、計算の対象外とした。

③ 自動車用材料

本モデルでは、自動車向け樹脂及び炭素繊維は、粉碎し、射出成形時に添加することによりCFRPとして再利用することとした。

④ 航空機材料

廃棄実績がないため、計算の対象外とした。

⑤ LED

不燃ゴミとして排出され、中間処理後、埋立処分とした。

⑥ 断熱材（ビーズ法ポリスチレンフォーム）

焼却処理とした。

⑦ ホール素子・IC

エアコンは、家庭用であれば家電リサイクル法に定められた方法で処理される。エアコンの処理方法は、多岐に渡るため、本報告では計算の対象外とした。

⑧ 配管材料

中間処理後、埋立処分とした。

⑨ 海水淡水化

RO 膜エレメントは産業廃棄物として埋立処分とした。

5) CO₂ 排出削減に対する考え方

評価対象となる製品は、2010 年時点の現状製品・技術をベースとしており、技術開発の進歩により 2020 年時点で普及する見込みの製品を対象としていない。また、比較対象は、化学製品がなかった場合に使用されるを得ない製品を対象としている。排出削減貢献量については、これをベースに 2020 年時点での製造予想量を掛けて算出している。

以上の点については、本報告書に記載済みである。

6) 2005 年、2020 年の位置づけ

2005 年度は中期目標における基準年の意味はあるが、本報告書では 2005 年度との比較は行っていない。また 2020 年度を評価年とした理由は「3.1 の背景と目的」に追記した。

7) 関係者とのコミュニケーション

本「c-LCA 報告書」完成後、これを活用し、産学官及び一般市民等、種々のステークホルダーとの対話を通じて、コミュニケーションを一層深めていく予定。

8) 個別事項

① 太陽光発電

2005 年と 2020 年の太陽光発電システムの累積導入量の差分をとり、15 年間で割った数値を導入量として使用した理由を、「②日本全体の導入効果」に追記した。

② 風力発電

今後再生可能エネルギー導入のさらなる促進が予想されるため、小型風力発電機に関する寄与についても、今後設置計画が明確になった時点で見直しを行う予定。

③ 自動車

ベースとなるデータの実績年、出典の発行年度について追記した。

④ 配管

ポリ塩化ビニル製配管では、一部代替できない用途があることを考慮して、ポリ塩化ビニル製配管の需要予測については、控え目に評価したことを追記した。

⑤ 出典

年度、報告書名、URL 等について丁寧に記載した。

⑥ その他

- ・ 指摘のとおり、エグゼクティブサマリーの内容については報告書内に取り込んだ。
- ・ 「6. 3 革新的技術の開発」欄については、より多くの具体的な開発項目を追加し、改訂した。

8. 「c-LCA 報告書(第2版)」レビュー

8. 1 レビューの概要

2011年10月に「c-LCA 報告書第2版」を識者に提示し、意見を求めた。意見をいただいたのは、平尾雅彦委員長（東京大学 工学系研究科 化学システム工学専攻 教授）、稲葉敦委員（工学院大学 環境エネルギー化学科 教授）、松野泰也委員（東京大学 工学系研究科 マテリアル工学専攻 准教授）、本藤祐樹委員（横浜国立大学 環境情報研究院 教授）の4名である。

なお、レビューを担当された4名は、調査で使用されたデータ取得には関知しておられず、報告書に記載されたデータそのものの完全性、代表性、精度等に関しては、直接の検証を行っていない。従って、データについては、その時間的有効範囲などについて意見を提示した部分以外は、レビューの対象外である。

指摘を受けた事項については、以下に「レビュー結果の概要」として、項目毎に整理して記述した。

8. 2 「c-LCA 報告書 第2版」に対する識者の意見

(1) レビュー結果の概要

1) GHGの中で、CO₂のみを対象としていることの明記

本報告書が、CO₂のみを対象としているのならば、その旨を明記する。GHG全般を対象とする場合、植物、農業を取り扱う場合 N₂O 等の GHG の算定が必要となる。

2) エグゼクティブ・サマリー中の表に「生産量」の欄の追加

削減貢献量は生産量に対応した数値なので、2020年における生産量の欄を追加した方が良い。

3) CO₂排出削減貢献量の配分

日化協発行の「CO₂ 排出削減貢献量算定のガイドライン」において、寄与率に関して以下のように記載されている。『ある評価対象製品が CO₂ 排出削減を実現した場合、単独での効果発現は少なく、複数の構成要素が貢献しているケースがほとんどである。この場合、それぞれの構成要素の貢献度に応じた寄与率を求めることができれば、化学製品・技術の CO₂ 排出削減貢献量としてアピール効果を高めることが期待できるが、客観的かつ合理的な寄与率の算定手法が確立されておらず、寄与率を求めることは困難であるため、本ガイドラインでは寄与率算定手法の設定は執り行わない。』

しかしながら、低燃費タイヤの事例において、タイヤ1本・1kmあたりの燃料消費量を算出するに際し、タイヤへの配分(出典ではタイヤの燃費寄与率と記載)が行われており、上記主張との乖離が見られる。

これに対しては、以下2点の対応が考えられる。

①配分はできないという主張を堅持するならば、タイヤへの配分は行わず、自動車の

燃料消費量のみ算定し、低燃費タイヤは燃費向上のキーパーツであることのみ記載する。

②配分は困難であることの主張に留まることのみならず、合理的に配分がなされた事例があることを説明するとともに、今後の検討課題であることを記載する。

配分に関する検討も行われており、課題解決に向けての努力が必要である。

4) 2020年での CO₂排出削減貢献量の算定に関して

2020年でのCO₂排出削減貢献量の算定が、「評価対象製品が無かりせば」という前提で計算されている。製品比較としては、この方法で良いと思うが2020年時点での排出削減貢献という点においては、現状のシナリオは不十分であると思う。今後の課題として、新たなシナリオを検討してはどうか。

5) 個別事項

① 航空機

本報告書では製品寿命が10年と記載されているが、その根拠は何か。

② 低燃費タイヤ

i) タイヤへの配分(乗用車用 0.125、トラック・バス用 0.25)は、一般社団法人 日本自動車タイヤ協会の調査結果に基づくと記載されているが、もうすこしデータの透明性を上げること。

ii) 乗用車用タイヤの廃棄・リサイクル段階のCO₂排出量に関して、低燃費タイヤと汎用タイヤで排出量(汎用タイヤ 2.9kg CO₂/本、低燃費タイヤ 0.7kg CO₂/本)が記載されているが、その内訳は。

iii) 2020年の低燃費タイヤの市場規模の設定の説明

シナリオを分かり易く記載して欲しい。

(2) レビュー結果に対する検討、対応

1) GHGの中で、CO₂のみを対象としていることの明記

本報告書の1. 概要及び結論部に記載した。

2) エグゼクティブ・サマリー中の表に「生産量」の欄の追加

表に2020年における生産量の欄を追加した。

3) CO₂排出量削減貢献量の配分

レビューご指摘の点について、引用元に確認を致しました。引用元である(一社)日本自動車タイヤ協会は、燃費とタイヤの転がり抵抗との関係について、世界レベルで文献調査を実施され、合わせて実テストによるデータを保有されていました。しかしながら、今回の作業に用いたデータは燃費からの配分でなく、汎用タイヤと低燃費タイヤを搭載した自動車1台当たりのCO₂排出量そのものの比較がなされていました。

当方の理解不足に起因するものであり、誤解を招かないように直接比較したデータ表を新たに追加し、CO₂排出量削減貢献量算定の手順を記載しました。

4) 2020年でのCO₂排出削減貢献量の算定

LCA WGでの今後の検討課題として捉え、有識者のご指導も仰ぎつつ進めていきたい。

5) 個別事項

① 航空機

「減価償却資産の耐用年数等に関する省令 別表第一 飛行機 最大離陸重量が 130 トンを超えるもの（財務省）」に記載の耐用年数 10 年を使用した

②低燃費タイヤ

i) タイヤへの配分（乗用車用 0.125、トラック・バス用 0.25）に関し、データの透明性を上げること。

配分については、(2)の 3) にて記載した。実走行燃費については、「車種、走行条件により異なるが、この数値は実験、文献に基づく代表値である」ことを注で記載した。

ii) 廃棄・リサイクル段階の CO₂ 排出量

下記表と説明文を本文に追加した（タイヤ 4 本での評価）。

廃棄・リサイクル段階における GHG 排出量と排出削減効果（単位 kgCO_{2e}/4 本）

		汎用タイヤ	低燃費タイヤ
リサイクル割合	熱利用	75%	75%
	リサイクル以外	25%	25%
GHG 排出量	回収輸送	1.6	1.6
	熱利用 ^{a)}	46.8	38.4
	単純焼却 ^{b)}	15.6	12.8
	合計 A	64.0	52.8
排出削減効果	熱利用 ^{c)} B	-52.4	-50.0
廃棄・リサイクル段階の CO ₂ 排出量	A+B	11.6	2.8

a) 使用済みタイヤの 75%を熱利用。

●汎用タイヤと低燃費タイヤの差異：

①使用済みタイヤ重量： 汎用タイヤ 7.3kg、低燃費タイヤ 7.0kg

②使用済みタイヤの炭素含有率： 汎用タイヤ 58%、低燃費タイヤ 50%

（表 17 の原料構成比に示すように、低燃費タイヤは合成ゴムとカーボンブラックの含有率が、汎用タイヤより小さい）

（使用済みタイヤ燃焼時のタイヤ 4 本あたりの GHG 排出量）

=（使用済みタイヤの炭素含有率）×44/12×（使用済みタイヤ重量）×4

上記計算値に 0.75 を掛けて算出。

b) 使用済みタイヤの 25%を焼却。

c) 使用済みタイヤの 75%を熱利用。

熱回収効率係数 0.9、代替燃料は C 重油。

（使用済みタイヤ 4 本の熱利用による GHG 排出削減効果）

=（タイヤの発熱量）×（C 重油の GHG 排出係数）×（熱回収効率係数）

×（使用済みタイヤ重量）×4

iii) 2020 年の低燃費タイヤの市場規模

2020 年の低燃費タイヤの年間販売予想量の説明文を修正した。

(3) 初版での検討課題に対する対応結果

◆比較製品の妥当性

【初版での検討課題】

今回は、断熱材の効果の算定に必要な比較製品として、先行文献を鋭意調査した結果、無断熱住宅以外に適切な比較対象がなく、これを採用した。①無断熱住宅、旧省エネ基準、新省エネ基準、次世代省エネ基準の住宅数と断熱性の差異の把握、②ロックウールあるいはグラスウールといった他素材の断熱材との比較等については、算定方法の改良における今後の課題とした。

【対応結果】

その後の調査により、我が国の既築住宅（約 5,000 万戸）の省エネ性能については、昭和 55 年の省エネ基準以前の住宅（外壁、天井が無断熱）が 55%(約 2,750 万戸)を占めている^{注)}ことが明らかとなった。一年あたりに新築される住宅戸数は、現状約 80 万戸（2010 年度）であり、古い住宅が無くなり新しい住宅に置き換わっていくものと考えれば、新しい住宅へ入れ替わるまでに 34 年はかかるものと考えられる。また国土交通省は平成 11 年省エネ基準を満たす住宅を 2020 年に義務化する方針であることも公表されている。

したがって、本報告では、昭和 55 年の省エネ基準以前の住宅が平成 11 年省エネ基準を満たす住宅に置き換わるというシナリオに基づき、昭和 55 年の省エネ基準以前の住宅を比較製品とした。

注) 総合資源エネルギー調査会第 15 回エネルギー部会(2011 年 12 月)


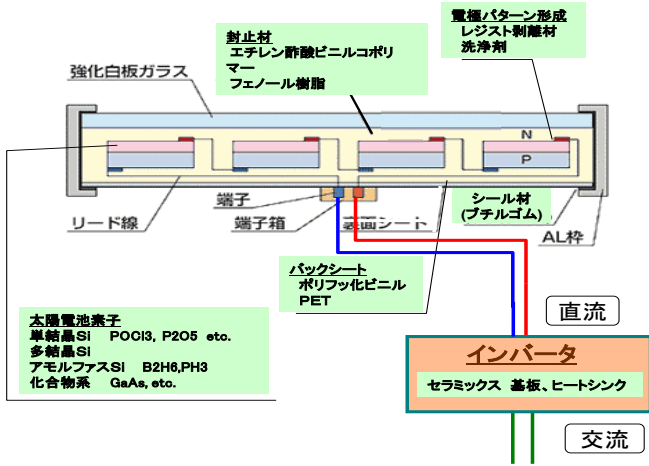
データは 2010 年ベース。

9. 謝辞

本報告書の発刊にあたりご指導、ご支援を賜った「みずほ情報総研株式会社」「株式会社産業情報研究センター」「株式会社エティーサ研究所」及びレビュー委員会の先生方に謝意を表します。

10. 付録 c-LCA ファクトシート

■太陽光発電用材料

No.	項目	内容
1	製品の概要	<p>【太陽電池とは】</p> <p>太陽電池は、太陽光のエネルギーを半導体の原理を利用して、直接光を電気エネルギーに変換する装置であり、どのような場所でも発電が可能で、規模を自由に選べるシステムであるため、一般の住宅に導入することが可能であり、再生可能エネルギーとしてさらなる普及が期待される。</p> <p>【太陽電池の構成】</p>   <p>【太陽電池に使用される化学製品例】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 多結晶 Si、SiH₄ ガス、 Si ウェハ ・ 太陽電池用封止材 (エチレン酢酸ビニルコポリマー、フェノール樹脂) ・ 太陽電池用バックシート (ポリフッ化ビニル、PET) ・ 各種薬品 (洗浄液、レジスト剥離剤) ・ ジエチル亜鉛、BCl₃、CVD 材料 ・ インバータ向けセラミックス基板、ヒートシンク

2	c-LCA 評価の範囲	
2-1	対象とする製品システム	<p>【評価対象製品】</p> <ul style="list-style-type: none"> 多結晶シリコン太陽電池、使用年数：20年、出力：4kW クラス <p>【比較製品】</p> <ul style="list-style-type: none"> 公共電力（電源ミックス）
2-2	機能	<ul style="list-style-type: none"> 一定電力量の供給
2-3	機能単位と基準フロー	<p>【機能単位】</p> <ul style="list-style-type: none"> 発電量：902kWh（出力 1kW あたりの発電量）@東京⁷⁷ <p>【基準フロー】</p> <ul style="list-style-type: none"> 太陽光発電：1kWh 相当分（1kW あたり年間 902kWh 発電） 公共電力（電源ミックス）
2-4	システム境界	<p>【対象とするプロセス】</p> <ul style="list-style-type: none"> 太陽光発電については、多結晶シリコン太陽電池による発電システムの原料・製造・使用・保守（部品交換）と廃棄までの排出全てを含む 公共電力は、電源ミックスによる発電システム及び燃料生産、燃料輸送、廃棄物処分用の原料・製造・使用・保守（部品交換）と廃棄までの排出全てを含む（2020年の予想値）
2-5	c-LCA の前提条件	<ul style="list-style-type: none"> 化学製品による CO₂ 排出量の増加分としては、多結晶 Si、封止材、バックシートの製造分が含まれる。 排出削減貢献量は、公共電力の発電量（2-2）との比較に基づいて算定
3	c-LCA 評価の結果	

⁷⁷ NEDO 委託業務報告書：太陽電池発電システム共通基盤技術開発
「太陽光発電システムのライフサイクル評価に関する調査研究」（2009年3月）

3-1				多結晶 Si 太陽電池	公共電力
	1) 製造段階での CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /kW)				
	・ SiO ₂ 輸送と金属 Si の製造		57.95		
	・ 多結晶 Si 粒塊		445.91		
	・ 多結晶 Si インゴット製造		26.72		
	・ ウェハ製造		145.02		
	・ 封止材		42.9		
	・ バックシート		16.5		
	製造段階合計		735		-
	2) 太陽光発電の CO ₂ 排出削減貢献量				
	・ 発電時の CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /kWh)		0.047	0.33	
	・ 太陽光発電 1kW あたり年間発電量 (東京) (kWh)		902	902	
	・ 太陽光発電 1kW の年間発電量に対する CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /kW/年)		42.39	297.66	
	・ 太陽光発電 1kW の年間発電量に対する CO ₂ 排出削減貢献量 (kg-CO ₂ /kW/年)		255.27		
	3) 太陽光発電の生涯の CO ₂ 排出削減貢献量 (kg-CO ₂ /kW/20 年)		5,105		
3-2	単位導入量あたりの CO ₂ 排出削減貢献量	<p>【前提条件】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 増加分として太陽光発電に使用される化学製品 (結晶 Si ウェハ、バックシート、封止材) 製造時の CO₂ 排出量を算定。太陽光発電 CO₂ 排出係数の内数に含まれる部分を抽出 ・ 排出削減貢献量としては、2020 年に生産される太陽光発電システムが、ライフエンドまで発電し続けることにより、公共電力 (電源ミックス) に対する CO₂ 排出削減貢献量を求める (1kWh あたりで算定) <p>【評価結果】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 公共電力に対する CO₂ 排出削減貢献量 : 5,105 kg-CO₂/kW (20 年間) 			
4	導入シナリオによる評価				
4-1	国等の導入目標	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2020 年の導入量としては、導入量により CO₂ 排出削減効果が大きく変わるため、評価が過大にならないように配慮して、2005 年の累積導入量 (140 万 kW) と 2020 年の累積導入量 (2,780 万 kW)⁷⁸ の差分をとり、これを 15 年間で割って、1 年の平均増加分を導入量とみなした 			
4-2	導入量	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2020 年の導入量は 176 万 kW と想定 			
4-3	太陽光発電のライフサイクル CO ₂ 排出量	<ul style="list-style-type: none"> ・ 太陽光発電のライフサイクル全体の CO₂ 排出量 : 149 万 t-CO₂ 42.39kg-CO₂/kW/年 × 20 年 × 176 万 kW = 1,492kt-CO₂ 			

⁷⁸ 経済産業省 資源エネルギー庁「再生可能エネルギーの全量買取制度の大枠について」(2010 年 8 月 4 日)
<http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004629/framework03.pdf>

4-4	化学製品の CO ₂ 排出量	<ul style="list-style-type: none"> ・多結晶 Si ウェハ、バックシート、封止材の原料採取、製造における CO₂ 排出量：129 万 t-CO₂ 735kg-CO₂kW×176 万 kW=1,294kt-CO₂
4-5	CO ₂ 排出削 減貢献量	<p>【算出方法】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ (3-2) × (4-2) <p>【算出結果】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 898 万 t-CO₂ (20 年間)

■風力発電用材料

No.	項目	内容
1	製品の概要	<p>【風力発電とは】</p>  <p>風力発電は、自然エネルギーの一つとして古くから利用されており、地球温暖化対策につながるクリーンエネルギーとして期待される。風力発電は、夜間でも発電できることから稼働率も高く、また変換効率が高いこともあり、発電にかかるコストも安価なエネルギーである。</p> <p>風力発電の発電量向上にはブレードの大型化が必須であるが、ブレードのタワーへの衝突を防ぐため、ブレードの剛性向上が重要である。そのため、従来のガラス繊維に対して弾性率が3倍以上高い炭素繊維をブレードの桁材に適用した大型ブレードが増えている。今後は風況がよく高速回転も可能な洋上風力発電が世界的に大きく伸びる予定であり、ここでは3MW以上の大型風車が採用される。さらに5MW、10MWと大型化が進んでおり、炭素繊維の重要性がますます拡大する。</p>

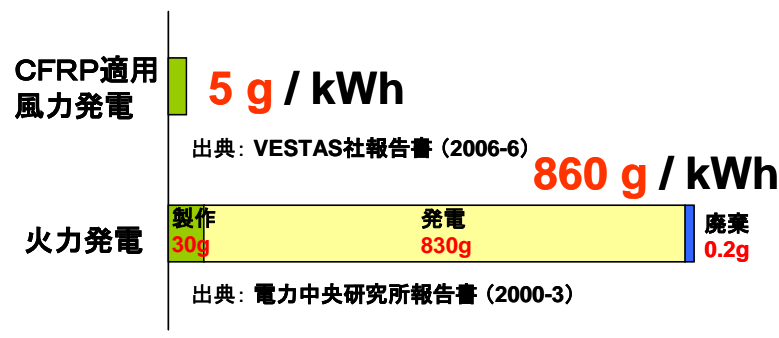
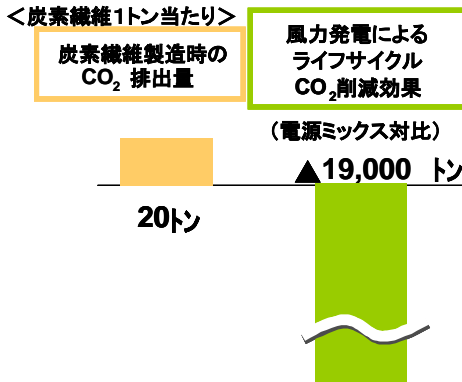
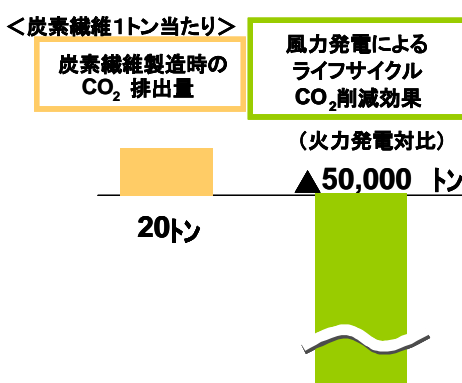
		<p>【風車のイメージ】⁷⁹</p> <p>CFRPを使った軽量大型ブレード ①発電能力は、ブレード長さの2乗に比例 ②CFRPの高剛性が支柱衝突防止に必要 ③トータルコストダウンにも軽量化が必要</p> <p>炭素繊維使用量 約3トン/3MW 1基 (50mブレード*3枚)</p> <p>ブレード大型化には 高剛性なCFRPが 必要</p> <p>炭素繊維</p> <p>ガラス繊維</p> <p>【風力発電に使用される化学製品】</p> <ul style="list-style-type: none"> 炭素繊維 エポキシ樹脂
2	c-LCA 評価の範囲	
2-1	対象とする製品システム	<p>【評価対象製品】</p> <ul style="list-style-type: none"> 炭素繊維強化プラスチックを使用した大型の風力タービン 使用年数：20年、出力：定格3MW（実効1MW） （炭素繊維を桁材の剛性部材に適用したもの） <p>【比較製品】</p> <ul style="list-style-type: none"> 公共電力（電源ミックス）
2-2	機能	<ul style="list-style-type: none"> 一定の電力量を提供する機能
2-3	機能単位と基準フロー	<p>【機能単位】</p> <ul style="list-style-type: none"> 風力発電機：3MW クラス1機 発電量：175,200MWh（風力発電1機の生涯発電量） 電源ミックス：上記発電量に相当する分量
2-4	システム境界	<p>【対象とするプロセス】</p> <ul style="list-style-type: none"> 風力発電については、発電システムの原料・製造・使用・保守（部品交換）までの排出全てを含む。廃棄については、実績がないため計算の対象外とした。また、炭素繊維の原料から製造までのCO₂排出量が考慮されていないため、設備製造時の増加分として加えたが、炭素

⁷⁹ 炭素繊維協会 ウェブサイト <http://www.carbonfiber.gr.jp/>

		<p>繊維に代替される材料（例、ガラス繊維等）の排出量は控除していない</p> <ul style="list-style-type: none"> 公共電力は、電源ミックスによる発電システム及び燃料生産、燃料輸送、廃棄物処分用の原料・製造・使用・保守（部品交換）と廃棄までの排出全てを含む（2020年時点の予想値） 																				
2-5	c-LCA の前提条件	<ul style="list-style-type: none"> 化学製品による CO₂ 排出量の増加分は、炭素繊維の製造分を考慮 排出削減貢献としては、風力発電と電源ミックスの同じ発電量((2-2)の機能を同一に有するもの)における比較にもとづいて算定を実施した 																				
3	c-LCA 評価の結果	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>風力発電 3MW クラス</th> <th>電源 ミックス ケース A</th> <th>火力発電 ケース B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>電力の原単位 (kg-CO₂/kWh)</td> <td>0.005⁸⁰</td> <td>0.33</td> <td>0.86</td> </tr> <tr> <td>風力発電 1 機あたり年間発電量 (MWh)</td> <td>8,760</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>風力発電 1 機の年間発電量に対する CO₂ 排出量 (千 t-CO₂/機/年)</td> <td>0.04</td> <td>2.9</td> <td>7.5</td> </tr> <tr> <td>風力発電 1 機の生涯発電量に対する CO₂ 排出量 (風車ライフ 20 年) (千 t-CO₂/機/年)</td> <td>0.8</td> <td>58</td> <td>150</td> </tr> </tbody> </table>		風力発電 3MW クラス	電源 ミックス ケース A	火力発電 ケース B	電力の原単位 (kg-CO ₂ /kWh)	0.005 ⁸⁰	0.33	0.86	風力発電 1 機あたり年間発電量 (MWh)	8,760	—	—	風力発電 1 機の年間発電量に対する CO ₂ 排出量 (千 t-CO ₂ /機/年)	0.04	2.9	7.5	風力発電 1 機の生涯発電量に対する CO ₂ 排出量 (風車ライフ 20 年) (千 t-CO ₂ /機/年)	0.8	58	150
	風力発電 3MW クラス	電源 ミックス ケース A	火力発電 ケース B																			
電力の原単位 (kg-CO ₂ /kWh)	0.005 ⁸⁰	0.33	0.86																			
風力発電 1 機あたり年間発電量 (MWh)	8,760	—	—																			
風力発電 1 機の年間発電量に対する CO ₂ 排出量 (千 t-CO ₂ /機/年)	0.04	2.9	7.5																			
風力発電 1 機の生涯発電量に対する CO ₂ 排出量 (風車ライフ 20 年) (千 t-CO ₂ /機/年)	0.8	58	150																			
3-1	ライフサイクル全体に係わる CO ₂ 排出量	<ul style="list-style-type: none"> 電力の原単位 (kg-CO₂/kWh) 風力発電 1 機あたり年間発電量 (MWh) 風力発電 1 機の年間発電量に対する CO₂ 排出量 (千 t-CO₂/機/年) 風力発電 1 機の生涯発電量に対する CO₂ 排出量 (風車ライフ 20 年) (千 t-CO₂/機/年) <p><ライフサイクル CO₂ 排出量>⁸¹ <1kwh 当たり></p> <p>【ケース A】(対 電源ミックス)</p> <p>CFRP適用風力発電 5 g / kWh 出典: VESTAS社報告書 (2006-6)</p> <p>電源ミックス 330 g / kWh</p>																				

⁸⁰ VESTAS 社報告書 “ Life cycle assessment of offshore and onshore sited wind power plants based on VesTas V90-3.0 MW turbines.” (2006年6月)

⁸¹ 炭素繊維協会 ウェブサイト <http://www.carbonfiber.gr.jp/>

		<p>【参考：ケースB】（対 火力発電）</p>  <p>CFRP適用 風力発電 5 g / kWh 出典：VESTAS社報告書 (2006-6)</p> <p>火力発電 860 g / kWh 製作 30g 発電 830g 廃棄 0.2g 出典：電力中央研究所報告書 (2000-3)</p>
3-2	<p>単位導入量 あたりの CO₂ 排出削 減貢献量</p>	<p>【ケースA】（対 電源ミックス）</p> <ul style="list-style-type: none"> CO₂ 排出削減貢献量：56,940 (t/機・20年) CF²¹使用量：3 (t/機) <p>⇒ CF 1t 当たりの CO₂ 排出削減貢献量=19,000 (t)⁸²</p>  <p>＜炭素繊維1トン当たり＞</p> <p>炭素繊維製造時のCO₂ 排出量 20トン</p> <p>風力発電によるライフサイクルCO₂削減効果 (電源ミックス対比) ▲19,000 トン</p> <p>【参考：ケースB】（対 火力発電）</p> <ul style="list-style-type: none"> CO₂ 排出削減貢献量：150,000t/機 (20年間) CF 使用量：3 (t/機) <p>⇒ CF 1t 当たりの CO₂ 排出削減貢献量=50,000 (t)</p>  <p>＜炭素繊維1トン当たり＞</p> <p>炭素繊維製造時のCO₂ 排出量 20トン</p> <p>風力発電によるライフサイクルCO₂削減効果 (火力発電対比) ▲50,000 トン</p>

⁸² 炭素繊維協会 ウェブサイト <http://www.carbonfiber.gr.jp/>

4	導入シナリオによる評価	
4-1	導入予測	<p>(国の導入予想に基づく試算)</p> <ul style="list-style-type: none"> 2020年の日本の年間風車導入量：450 (MW) 2020年の日本の風車用途 CF 使用量：450 (t) <p>【参考】(炭素繊維協会試算値)</p> <ul style="list-style-type: none"> 炭素繊維協会の2020年の日本の年間風車導入量：1,500 (MW) 2020年の風車用途 CF 使用量 (国内 PAN 系 CF メーカー3社が世界で生産し、風車に使用される量) 世界：30,000 (t) 日本：1,500 (t) (世界の5%)
4-2	導入量	<p>(国の導入予想に基づく試算)⁸³</p> <ul style="list-style-type: none"> 2020年の日本の年間風車導入量：450 (MW) CF 使用量：3 (t/機) 風力発電機：3MW クラス/1 機 2020年の日本の CFRP 適用風車数：150 (機) <p>【参考】(炭素繊維協会試算値)</p> <ul style="list-style-type: none"> 2020年の使用量は2007年実績の15倍と推定⁸⁴ CF 使用量：3 (t/機)。 風力発電機：3MW クラス/1 機 2020年の CFRP 適用風車数 世界：10,000 (機) 日本：500 (機)
4-3	風力発電のライフサイクルCO ₂ 排出量	<p>(国の導入予想に基づく試算)</p> <ul style="list-style-type: none"> ライフサイクル全体のCO₂排出量：13万 t-CO₂ 43.8t-CO₂/ 機/年×20年×150機=131kt-CO₂ <p>【参考】(炭素繊維協会試算値)</p> <ul style="list-style-type: none"> ライフサイクル全体のCO₂排出量 世界：876万 t-CO₂ 日本：44万 t-CO₂
4-4	化学製品のCO ₂ 排出量	<p>(国の導入予想に基づく試算)</p> <ul style="list-style-type: none"> 炭素繊維の原料採取、製造におけるCO₂排出量：0.9万 t-CO₂ 60t-CO₂/ 機/年×150機=9kt-CO₂ <p>【参考】(炭素繊維協会試算値)</p> <ul style="list-style-type: none"> 炭素繊維の原料採取、製造におけるCO₂排出量 世界：60万 t-CO₂

⁸³ 経済産業省 ウェブサイト <http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004629/framework.html>

⁸⁴ 炭素繊維協会 ウェブサイト <http://www.carbonfiber.gr.jp/>

		日本：3万 t-CO ₂
4-5	CO ₂ 排出削減貢献量	<p>(国の導入予想に基づく試算／対 電源ミックス)</p> <ul style="list-style-type: none"> • CF 1t 当たりの CO₂ 排出削減貢献量が 19,000t (20 年間) • 2020 年の日本の CO₂ 排出削減貢献量：854 万 t-CO₂ (20 年間) <p>【参考：ケースBの場合】(炭素繊維協会試算値／対 火力発電)</p> <ul style="list-style-type: none"> • CF 1t 当たりの CO₂ 排出削減貢献量が 50,000t (/20 年間) • 2020 年の CO₂ 排出削減貢献量 世界：150,000 万 t-CO₂ (20 年間) 日本： 7,500 万 t-CO₂ (20 年間)

■自動車用材料（炭素繊維）

No.	項目	内容
1	製品の概要	<p>【自動車用炭素繊維とは】</p> <p>自動車用材料としての炭素繊維は、様々な箇所に使用されている。炭素繊維を用いることにより、従来と同じ強度・安全性を保ちつつ、自動車の軽量化が可能となる。自動車の軽量化はそのまま燃費向上へとつながり、運輸部門のCO₂排出量削減に貢献する。</p> <p>本報告では、炭素繊維を導入した場合の、従来自動車からの燃費削減によるCO₂排出削減貢献量の評価を行う⁸⁵。</p> <p>【普通自動車の従来モデルとCFRPモデル】⁸⁵</p> <p>◆ 従来モデルとCFRPモデル</p> <p>普通乗用車の平均重量モデル</p> <p>CFRP化</p> <p>CFRP: 17% 174kg</p> <p>熱硬化CFRP: 外板・強度メンバーなど RTM成形、重量(スチール比)30% 熱可塑CFRP: 準構造材など プレス成形材、重量(スチール比)50%</p> <p>車体重量 1,380→970kg (▲30%)</p> <p>従来モデル: スチール 969kg</p> <p>CFRPモデル: スチール 385kg</p> <p>【使用される化学製品】</p> <ul style="list-style-type: none"> 炭素繊維 エポキシ樹脂
2	c-LCA 評価の範囲	
2-1	対象とする製品システム	<p>【評価対象製品】</p> <ul style="list-style-type: none"> 普通自動車のCFRPモデル <p>CFRP利用車: CFRP17%適用、30%軽量化(従来車対比)</p> <p>車両重量 : 970 (kg)</p> <p>・・・CFRP17% (174kg)適用による全体重量30% (410kg)減</p>

⁸⁵ 炭素繊維協会 ウェブサイト <http://www.carbonfiber.gr.jp/>

		生涯走行距離：9.4万 (km) (平均使用年数 10年) 実走行燃費：12.40 (km/l) ⁸⁶ 【比較製品】 ・普通自動車の従来モデル 車両重量：1,380 (kg) 生涯走行距離：9.4万 (km) ⁸⁶ (平均使用年数 10年) 実走行燃費：9.83 (km/l)		
2-2	機能	・普通自動車の平均重量モデルの生涯走行距離、機能を実現する		
2-3	機能単位と 基準フロー	【機能単位】 ・普通自動車の CFRP モデル：1台 (平均使用年数 10年) ・普通自動車の 従来モデル：1台 (平均使用年数 10年) ・生涯走行距離：9.4万 km (平均使用年数 10年)		
2-4	システム境界	【対象とするプロセス】 ・原材料から製造に係わるプロセス ・製品の組み立てに係わるプロセス ・製品の使用に係わるプロセス ・製品の廃棄に係わるプロセス 【省略するプロセス】 ・製品の輸送に係わるプロセス		
2-5	c-LCA の前 提条件	・対象とする製品の使用時における c-LCA の評価は、(2-2) の機能を同一に有するものとし、比較のために追加及び省略する機能はないと仮定した		
3	c-LCA 評価 の結果	対象プロセス	CFRP 自動車	従来 自動車
3-1	原料から材料 に係わる CO ₂ 排出量	原料から材料に係わる CO ₂ 排出量 (t-CO ₂ /台)	<u>5.1</u>	<u>3.9</u>
3-2	組立に係わ る CO ₂ 排出 量	組立に係る CO ₂ 排出量 (t-CO ₂ /台) ・重量比で低減と仮定	<u>0.8</u>	<u>1.2</u>
3-3	使用に係わ る CO ₂ 排出 量	使用時のガソリンの燃焼に係わるプロセス		
		車両重量 (kg/台)	970	1,380
		実走行燃費 (km/l・ガソリン)	12.40	9.83
		生涯走行距離 9.4万 (km)のガソリン量 (l/台)	7,580	9,560
		ガソリン燃焼の原単位 (kg-CO ₂ /l)	2.72	2.72
		使用に係わる CO ₂ 排出量 (t-CO ₂ /台・10年)	<u>20.6</u>	<u>26.0</u>

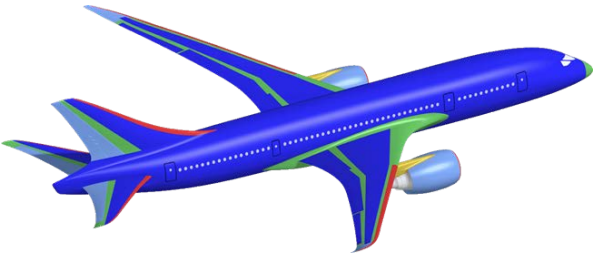
⁸⁶ 炭素繊維協会 ウェブサイト <http://www.carbonfiber.gr.jp/>

3-4	廃棄に係わる CO ₂ 排出量	<u>廃棄に係わる CO₂ 排出量 (t-CO₂/台)</u> <ul style="list-style-type: none"> 鉄、非鉄は 90%以上リサイクル CFRP 部材はミルド CF として 100%リサイクル (他用途向け) 	<u>0.3</u>	<u>0.3</u>
3-5	ライフサイクル全体に係わる CO ₂ 排出量	<u>ライフサイクル全体に係わる CO₂ 排出量 (t-CO₂/台・10年) (3-1~3-4の合計)</u>	<u>26.8</u>	<u>31.4</u>
3-6	単位導入量あたりの CO ₂ 排出削減貢献量	<ul style="list-style-type: none"> CO₂ 排出削減貢献量 : 5t/台 (10年間) CF 使用量 : 0.1 (t/台) ⇒ CF1t 当たりの CO ₂ 排出削減貢献量 = 50 (t) ⁸⁷ <炭素繊維1トン当たり> <p>The chart shows two bars on a horizontal axis. The left bar is orange and labeled '炭素繊維製造時の CO₂ 排出量' with the value '20トン' below it. The right bar is green and labeled 'ライフサイクル CO₂ 削減効果 (製造時含む)' with the value '▲50トン' above it.</p>		
4	導入シナリオによる評価			
4-1	導入予測	<ul style="list-style-type: none"> 2020年の自動車用途 CF 使用量⁸⁷ (国内 PAN 系 CF メーカー3社が世界で生産し、自動車に使用される量) 世界 : 30,000 (t) 日本 : 1,500 (t) (世界の 5%) 		
4-2	導入量	<ul style="list-style-type: none"> 2020年の使用量は 2007年実績の 15倍と推定 CF 使用量 : 0.1 (t/台) 2020年の CFRP 適用自動車数 世界 : 30万 (台) 日本 : 1.5万 (台) 		
4-3	CFRP 自動車のライフサイクル CO ₂ 排出量	<ul style="list-style-type: none"> ライフサイクル全体の CO₂ 排出量 世界 : 804万 t-CO₂ 26.8t-CO₂/台 × 10年 × 30万台 = 8,040kt-CO₂ 日本 : 40万 t-CO₂ 26.8t-CO₂/台 × 10年 × 1.5万台 = 402kt-CO₂ 		

⁸⁷ 炭素繊維協会 ウェブサイト <http://www.carbonfiber.gr.jp/>

4-4	完成品のCO ₂ 排出量	<ul style="list-style-type: none"> CFRP 自動車の原材料～組立～廃棄まで（使用時を除く）のCO₂排出量（6.2 t-CO₂/台から算出） 世界向け：186 万 t-CO₂ 6.2t-CO₂/台×30 万台 =1,860kt-CO₂ 日本向け：9.3 万 t-CO₂ 6.2t-CO₂/台×1.5 万台 =93kt-CO₂
4-5	CO ₂ 排出削減貢献量	<ul style="list-style-type: none"> CO₂ 排出削減貢献量：5（t/台・10 年） 2020 年の CO₂ 排出削減貢献量 世界：150 万 t-CO₂(10 年間) 日本：7.5 万 t-CO₂（10 年間）
4-6	その他特記事項	<ul style="list-style-type: none"> 自動車向け樹脂及び炭素繊維は、粉碎し、射出成形時に添加することにより CFRP として再利用するベースで計算している

■航空機用材料（炭素繊維）

No.	項目	内容
1	製品の概要	<p>【航空機用炭素繊維とは】</p> <p>航空機用材料として炭素繊維は航空機の様々な箇所で使用されている。炭素繊維を用いることにより、従来と同じ強度・安全性を保ちつつ航空機の軽量化が可能となる。自動車と同様に航空機の軽量化はそのまま燃費向上へとつながるため、運輸部門のCO₂排出量削減に貢献する。本報告では、炭素繊維を導入した場合の、従来型航空機からの燃費低減によるCO₂排出削減貢献量の評価を行う⁸⁷。</p> <p>【航空機の仕様】</p>  <p>ボーイング767において、ボーイング787と同じ素材構成のモデル</p>

		<p>【使用される化学製品】</p> <ul style="list-style-type: none"> 炭素繊維 エポキシ樹脂
2	c-LCA 評価の範囲	
2-1	対象とする製品システム	<p>【評価対象製品】⁸⁷</p> <ul style="list-style-type: none"> ボーイング 767 の機体でボーイング 787 と同等の素材構成構造とし、機体構造⁸⁸ の 50% に CFRP を適用し 20% 軽量化したものの機体総重量としては、9% の軽量化に相当する。運行：国内線（羽田－千歳：500 マイル）。生涯運行距離：2000 便/年、10 年 <p>【比較製品】</p> <ul style="list-style-type: none"> ボーイング 767、座席数 280 席、機体構造の 3% に CFRP 適用。運行：国内線（羽田－千歳：500 マイル）。生涯運行距離：2000 便/年、10 年
2-2	機能	<ul style="list-style-type: none"> ボーイング 767 と同一の期間旅客運搬サービスを提供する機能
2-3	機能単位と基準フロー	<p>【機能単位】</p> <ul style="list-style-type: none"> ボーイング 787 同等素材構成モデル機：1 機（平均使用年数 10 年） ボーイング 767：1 機（平均使用年数 10 年）
2-4	システム境界	<p>【対象とするプロセス】</p> <ul style="list-style-type: none"> 原料採掘～製品の製造に係わるプロセス 製品の組立に係わるプロセス 製品の使用に係わるプロセス 製品の廃棄に係わるプロセス（但し、廃棄についてはデータがないためカウントしていない） <p>【省略するプロセス】</p> <ul style="list-style-type: none"> 製品の輸送に係わるプロセス 資本財の製造に係わるプロセス
2-5	c-LCA の前提条件	<ul style="list-style-type: none"> 対象とする製品の使用時における c-LCA の評価は、(2-2) の機能を同一に有するものとし、比較のために追加及び省略する機能はないと仮定した

⁸⁸ 航空機の重量は機体構造、内装品等、燃料、人・貨物から構成される

3	c-LCA 評価の結果	対象プロセス	CFRP 航空機	従来 航空機																	
3-1	原料・材料～製造に係わる CO ₂ 排出量	<u>原材料～製造に係わる CO₂ 排出量 (kt-CO₂/機)</u>	<u>0.9</u>	<u>0.7</u>																	
3-2	組立に係わる CO ₂ 排出量	<u>組立に係わる CO₂ 排出量 (kt-CO₂/機)</u> ・ 重量比で低減と仮定	<u>3.0</u>	<u>3.8</u>																	
3-3	使用に係わる CO ₂ 排出量	使用時の燃料消費に係わるプロセス																			
		機体重量 (t/機)	48	60																	
		実飛行燃費 (km/kl)	110	103																	
		生涯飛行でのジェット燃料使用量 (kl/機)	145,500	155,300																	
		ジェット燃焼の原単位 (kg-CO ₂ /l)	2.5	2.5																	
	<u>使用に係る CO₂ 排出量 (kt-CO₂/機・10年)</u>	<u>364</u>	<u>390</u>																		
3-4	廃棄に係わる CO ₂ 排出量	<u>廃棄に係る CO₂ 排出量 (kt-CO₂/機)</u>	<u>No data</u>	<u>No data</u>																	
3-5	ライフサイクル全体に係わる CO ₂ 排出量 ⁸⁷	<u>ライフサイクル全体に係わる CO₂ 排出量 (kt-CO₂/機・10年) (3-1～3-3 の合計)</u>	<u>368</u>	<u>395</u>																	
		<p style="text-align: center;"><ライフサイクルCO₂排出量></p> <p style="text-align: center;">削減効果: 27,000トン(7%)</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <caption>ライフサイクルCO₂排出量 (トン/(機・10年))</caption> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>従来航空機</th> <th>CFRP航空機</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>組立</td> <td>3,800 t</td> <td>3,000 t</td> </tr> <tr> <td>素材製造</td> <td>700 t</td> <td>900 t</td> </tr> <tr> <td>運航</td> <td>386,200 t</td> <td>357,000 t</td> </tr> <tr> <td>廃棄</td> <td>0 t</td> <td>0 t</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td>395,000 t</td> <td>364,000 t</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">CO₂ [トン/(機・10年)]</p>	項目	従来航空機	CFRP航空機	組立	3,800 t	3,000 t	素材製造	700 t	900 t	運航	386,200 t	357,000 t	廃棄	0 t	0 t	合計	395,000 t	364,000 t	
項目	従来航空機	CFRP航空機																			
組立	3,800 t	3,000 t																			
素材製造	700 t	900 t																			
運航	386,200 t	357,000 t																			
廃棄	0 t	0 t																			
合計	395,000 t	364,000 t																			
3-6	単位導入量あたりのCO ₂ 排出削減貢献量 ⁸⁷	<ul style="list-style-type: none"> CO₂ 排出削減貢献量：27,000 t/機(10年間) CF使用量：20 (t/機) <p>⇒ CF1t 当たりのCO₂ 排出削減貢献量=1,400 (t)</p>																			

		<p style="text-align: center;"><炭素繊維1トン当たり></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid orange; padding: 5px; text-align: center;">炭素繊維製造時の CO₂排出量</div> <div style="border: 1px solid green; padding: 5px; text-align: center;">ライフサイクル CO₂削減効果 (製造時含む)</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="width: 50px; height: 20px; background-color: orange; margin-right: 20px;"></div> <div style="text-align: center;">▲1400トン</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="width: 50px; height: 20px; background-color: orange; margin-right: 20px;"></div> <div style="text-align: center;">20トン</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center; margin-top: 20px;"> <div style="width: 50px; height: 100px; background-color: green; margin-right: 20px;"></div> <div style="text-align: center;">▲1400トン</div> </div>
4	導入シナリオによる評価	
4-1	導入予測	<ul style="list-style-type: none"> 2020年の航空機用途CF使用量⁸⁸ (国内PAN系CFメーカー3社が世界で生産し、航空機に使用される量) 世界：18,000 (t) 日本： 900 (t) (世界の5%)
4-2	導入量	<ul style="list-style-type: none"> 2020年の使用量は2007年実績の5倍と推定 CF使用量：20 (t/機) 2020年のCFRP適用航空機数 世界：900 (機) 日本：45 (機)
4-3	CFRP航空機のライフサイクルCO ₂ 排出量	<ul style="list-style-type: none"> ライフサイクル全体のCO₂排出量 世界：3.31億 t-CO₂ 368kt-CO₂/機・10年×900機=331,200kt-CO₂ 日本：1,656万 t-CO₂ 368kt-CO₂/機・10年×45機=16,560kt-CO₂
4-4	完成品のCO ₂ 排出量	<ul style="list-style-type: none"> CFRP航空機の原材料～組立、廃棄までのCO₂排出量 (3.9 t-CO₂/機から算出) 世界向け：351万 t-CO₂ 3.9 kt-CO₂/機×900機 =3,510kt-CO₂ 日本向け：17.6万 t-CO₂ 3.9kt-CO₂/機×45機 =176kt-CO₂
4-5	CO ₂ 排出削減貢献量	<ul style="list-style-type: none"> CO₂削減貢献量：27,000 (t/機・10年) 2020年のCO₂排出削減貢献量 世界：2,430万 t-CO₂ (10年間) 日本：122万 t-CO₂ (10年間)

⁸⁸ 炭素繊維協会推定

■低燃費タイヤ


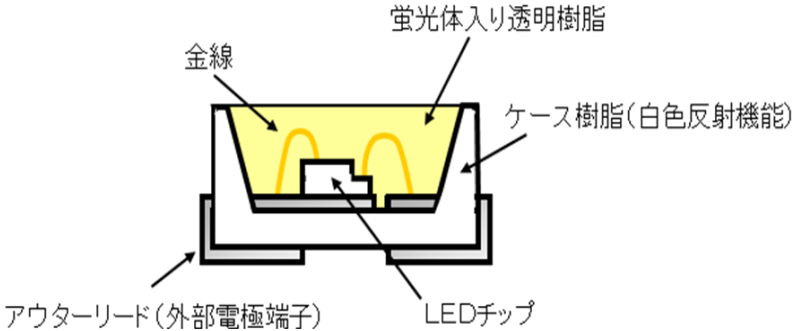
No	項目	内容
1	製品の概要	<p>【低燃費タイヤとは】</p> <p>低燃費タイヤは転がり抵抗を低減することで自動車の燃費向上に直接的に寄与し、運輸部門のCO₂排出量削減に大きく貢献する。</p> <p>燃費の向上には、地面と直接接触するトレッド部（タイヤが路面と接触する部分で、路面から衝撃や外傷から内部を守る役目）が大きく寄与するが、一方でトレッド部には同時にグリップ性能（ブレーキ性能）が求められる。燃費の向上（転がり抵抗の減少）とグリップ性能の維持という相反する性能を満たすために、化学製品が大きな役割を果たしている。</p> <p>例えば、溶液重合法で合成した SBR はポリマーの一次構造を制御することで、物性を変化させ、タイヤの摩擦による自動車走行時のエネルギーロスを減少させる機能を有しており、この機能が燃費向上に寄与する。またシリカの添加は転がり抵抗の低下とグリップ性の維持を両立させるための重要なポイントとなっている。</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>【低燃費タイヤに使用される化学製品例】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・溶液重合 SBR（スチレン-ブタジエンゴム） ・BR（ブタジエンゴム） ・カーボンブラック（化学変性したもの） ・シランカップリング剤 ・シリカ ・亜鉛華 ・各種ゴム薬
2	c-LCA 評価の範囲	
2-1	対象とする製品システム	<p>【評価対象製品】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・自動車（乗用車、およびトラック・バス）に装着した低燃費タイヤ <p>【比較製品】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・自動車（乗用車、およびトラック・バス）に装着した汎用タイヤ
2-2	機能	<ul style="list-style-type: none"> ・同一の期間に同一の距離を走行する ・

No	項目	内容	
2-3	機能単位と基準フロー	<p>【機能単位】</p> <ul style="list-style-type: none"> 低燃費タイヤも、従来タイヤも、ライフエンドまで同一の期間に同一の距離を走行。 <p>【基準フロー】</p> <ul style="list-style-type: none"> 低燃費タイヤを装着した自動車：1台 従来タイヤを装着した自動車：1台 	
2-4	システム境界	<p>【対象とするプロセス】</p> <ul style="list-style-type: none"> 原料採取、製品製造、流通、使用、廃棄段階まで 	
2-5	c-LCA の前提条件	<ul style="list-style-type: none"> 対象とする製品の使用時における c-LCA の評価は (2-2) の機能を同一に有するものとし、比較のために追加及び省略する機能はないものとした。 	
3	c-LCA 評価の結果	低燃費タイヤを装着した自動車	従来タイヤを装着した自動車
3-1	タイヤ用原料・材料～製造に係わる CO ₂ 排出量 ⁸⁹	<p>[乗用車用タイヤ]</p> <p>原料調達：95.6kg-CO₂/4本+A 生産段階：28.0 kg-CO₂/4本+B 流通段階：6.0 kg-CO₂/4本+C</p> <p>[トラック・バス用タイヤ]</p> <p>原料調達：1,397 kg-CO₂/10本+A 生産段階：352 kg-CO₂/10本+B 流通段階：101 kg-CO₂/10本+C</p> <p>A:車に使用されるタイヤ以外の原材料の排出量 B: 車に使用されるタイヤ以外の部品の生産段階での排出量 C;タイヤ以外の部品の流通段階での排出量</p>	<p>[乗用車用タイヤ]</p> <p>原料調達：100.0kg-CO₂/4本+A 生産段階：31.2kg-CO₂/4本+B 流通段階：6.4kg-CO₂/4本+C</p> <p>[トラック・バス用タイヤ]</p> <p>原料調達：1,480kg-CO₂/10本+A 生産段階：356kg-CO₂/10本+B 流通段階：104kg-CO₂/10本+C</p>
3-2	使用に係わる CO ₂ 排出量 ⁸⁹	<p>タイヤの使用時（自動車の走行時）に伴って排出される CO₂</p> <p>[乗用車用タイヤ]</p> <p>8,219kg-CO₂/4本（30,000km 走行）</p> <p>[トラック・バス用タイヤ]</p> <p>82,365kg-CO₂/10本（120,000km 走行）</p>	<p>タイヤの使用時（自動車の走行時）に伴って排出される CO₂</p> <p>[乗用車用タイヤ]</p> <p>8,430kg-CO₂/4本（30,000km 走行）</p> <p>[トラック・バス用タイヤ]</p> <p>86,700kg-CO₂/10本（120,000km 走行）</p>

⁸⁹ 一般社団法人 日本自動車タイヤ協会 「タイヤの LCCO₂ 算定ガイドライン ver2.0」

No	項目	内容	
3-3	タイヤの廃棄に係わるCO ₂ 排出量 ⁸⁹	タイヤの廃棄・リサイクル段階に排出されるCO ₂ [乗用車用タイヤ] 2.8 kg-CO ₂ /4 本+D [トラック・バス用タイヤ] -309kg-CO ₂ /10 本+D D:車に使用されるタイヤ以外の原材料、部品の廃棄・リサイクル段階での排出量	タイヤの廃棄・リサイクル段階に排出されるCO ₂ [乗用車用タイヤ] 11.6kg-CO ₂ /4 本+D [トラック・バス用タイヤ] -311kg-CO ₂ /10 本+D
3-4	ライフサイクル全体におけるCO ₂ 排出量 ⁸⁹	[乗用車用タイヤ] 8,351.9 kg-CO ₂ /4 本+A+B+C+D [トラック・バス用タイヤ] 83,906 kg-CO ₂ /10 本+A+B+C+D	[乗用車用タイヤ] 8,579.2 kg-CO ₂ /4 本+A+B+C+D [トラック・バス用タイヤ] 88,329 kg-CO ₂ /10 本+A+B+C+D
3-5	単位導入量あたりのCO ₂ 排出削減貢献量	・ 従来タイヤに対するCO ₂ 排出削減貢献量： [乗用車用タイヤ]：227.3 kg-CO ₂ /4 本。1本あたり 56.8kg-CO ₂ /本 [トラック・バス用タイヤ]：4,423kg-CO ₂ /10 本。 1本あたり 442.3kg-CO ₂ /本	
4	導入シナリオによる評価		
4-1	導入予測	・ 2020年における低燃費タイヤ需要見込み（乗用車用 73,000 千本、トラック・バス用 5,000 千本）	
4-2	導入量	・ 2020年の導入本数を乗用車用 73,000 千本、トラック・バス用 5,000 千本と想定	
4-3	低燃費タイヤのライフサイクルCO ₂ 排出量		
4-4	タイヤ完成品のCO ₂ 排出量	・ タイヤ完成品の原料採取、製造、廃棄におけるCO ₂ 排出量：319万 t-CO ₂	
4-5	化学製品のCO ₂ 排出量	・ 合成ゴム、カーボンブラック、シリカ等の化学製品の原料採取、製造におけるCO ₂ 排出量：174万 t-CO ₂	
4-6	CO ₂ 排出削減貢献量	【算出方法】 ・ (3-5) × (4-2) 【算出結果】 ・ 636万 t-CO ₂ （乗用車用 415万 t-CO ₂ ,トラック・バス用 221万 t-CO ₂ ）	

■LED 関連材料

No.	項目	内容
1	製品の概要	<p>【LED とは】</p> <p>LED (Light Emitting Diode) とは、電流を流すと発光する「発光ダイオード」のことであり、化合物半導体から作製される半導体素子の一つである。従来の主流だった白熱灯や蛍光灯と異なり、発熱せずに発光するため、高効率照明として期待されている。</p> <p>【LED の構成】</p>   <p>【LED で使用される化学製品例】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ LED パッケージ ・ LED チップ ・ LED 基板 (GaAs、GaP、GaN、SiC、サファイア) ・ MO-CVD 用有機金属 ・ LED 封止材 (エポキシ、シリコーン) ・ LED 用樹脂パッケージ (リフレクタ樹脂: ポリアミド系、シリコーン、液晶ポリマー) ・ LED 用セラミックスパッケージ ・ 蛍光体、高放熱性基板、高反射率フィルム、照度向上塗料など
2	c-LCA 評価の範囲	

2-1	対象とする製品システム	【評価対象製品】 ・ LED 電球、寿命 ⁹⁰ ：25,000（時間/個）、消費電力：8（W/個） 【比較製品】 ・ 白熱電球、寿命 ⁹⁰ ：1,000（時間/個）、消費電力：40（W/個）		
2-2	機能	・ c-LCA 評価の対象は、同一の期間に同一の明るさを提供する		
2-3	機能単位と基準フロー	【機能単位】 ・ 寿命：25,000（時間） 【基準フロー】 ・ LED 電球：1 個 ・ 白熱電球：25 個		
2-4	システム境界	【対象とするプロセス】 ・ 原料の採掘・輸送～製品の製造に係わるプロセス ・ 製品の使用に係わるプロセス ・ 製品の廃棄に係わるプロセス		
2-5	c-LCA の前提条件	・ 対象とする製品の使用時における c-LCA の評価は、(2-2) の機能を同一に有するものとした		
3	c-LCA 評価の結果	対象プロセス	LED 電球	白熱電球
3-1	原料の採取～製造に係わる CO ₂ 排出量	① 原料の採取～製造時		
		製造時の消費電力（kWh/個）	9.9	0.612
		製造個数（個）	1	25
		電力の原単位 ⁹¹ （kg-CO ₂ /kWh）	0.33	0.33
		原料の採取～製造に係わる CO₂ 排出量 (kg-CO₂)	<u>3.27</u>	<u>5</u>
3-2	使用に係わる CO ₂ 排出量	② 使用時		
		使用時の消費電力（25,000 時間）（kWh）	200	1,000
		電力の原単位 ⁹¹ （kg-CO ₂ /kWh）	0.33	0.33
		使用に係わる CO₂ 排出量 (kg-CO₂)	<u>66</u>	<u>330</u>
3-3	廃棄に係わる CO ₂ 排出量	③ 埋立		
		埋立個数（個）	1	25
		埋立の原単位（kg-CO ₂ /個）	0.002	0.009
		廃棄に係わる CO₂ 排出量 (kg-CO₂)	<u>0.002</u>	<u>0.225</u>
3-4	ライフサイクル全体に係わる	ライフサイクル全体に係わる CO₂ 排出量 (kg-CO₂/25,000 時間) (①～③の合計)	<u>69.272</u>	<u>335.225</u>

⁹⁰ OSRAM “Life Cycle Assessment of Illuminants: A Comparison of Light Bulbs, Compact Fluorescent Lamps and LED Lamps” (2009 年 12 月)

⁹¹ 2020 年度の電力排出係数（受電端）：電気事業連合会目標値

	る CO ₂ 排出量	<p>ライフサイクル全体に係るCO₂排出量[kg-CO₂]</p> <p>■ 製造 ■ 使用 □ 廃棄</p>
3-5	単位導入量あたりの CO ₂ 排出削減貢献量	<p>【前提条件】</p> <ul style="list-style-type: none"> ある年に生産された LED 電球が、ライフエンドまで点灯し続けることによる代替の白熱電球との比較により CO₂ 排出削減貢献量を求めた 生涯点灯時間は 25,000 (時間) として評価する <p>【評価結果】</p> <ul style="list-style-type: none"> 266 (kg-CO₂/個)
4	導入シナリオによる評価	
4-1	国等の導入目標	<p>【エネルギー基本計画】</p> <ul style="list-style-type: none"> 高効率照明 (LED 等) を 2020 年にフローで 100 %、2030 年にストックで 100 %
4-2	導入量 ⁹²	<ul style="list-style-type: none"> 将来の年間の販売予測を導入シナリオとする LED 電球の年間の販売量 (千個) : 28,000 (2020 年、国内)
4-3	LED 電球のライフサイクル CO ₂ 排出量	<ul style="list-style-type: none"> ライフサイクル全体の CO₂ 排出量 : 194 万 t-CO₂
4-4	完成品の CO ₂ 排出量	<ul style="list-style-type: none"> LED 電球の原料採取、製造、埋立における CO₂ 排出量 : 9.2 万 t-CO₂ 3.272kg-CO₂/個 × 28 百万個 = 91.6kt-CO₂
4-5	CO ₂ 排出削減貢献量	<p>【算出方法】</p> <ul style="list-style-type: none"> (3-5) × (4-2) <p>【算出結果】</p> <ul style="list-style-type: none"> 745 万 t-CO₂ (10 年間)

⁹² 富士キメラ総研「LED 関連市場総調査 (上巻)」(2010 年)

■住宅用断熱材

No.	項目	内容
1	製品の概要	<p>【住宅用断熱材の役割】⁹³</p> <p>住宅において消費されるエネルギーのうち、割合が大きいエネルギーに冷暖房（特に暖房）が挙げられる。</p> <p>冷暖房による消費エネルギーを無駄にしないためには、住まいの断熱性と気密性を高める必要がある。これは、冷暖房によって室内を快適な温度にしても、室外との温度差があると住宅の壁や天井、屋根、床、窓や出入口などから熱が流出・流入する。断熱材を用いて室内を包むようにすき間なく覆えば、住まいの断熱性を高めることができる。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p>【住宅用断熱材として使用される化学製品例】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 押出発泡ポリスチレンフォーム ・ ビーズ法ポリスチレンフォーム ・ 硬質ウレタンフォーム、ウレタン樹脂、酸化プロピレン ・ 高発泡ポリスチレンフォーム ・ フェノールフォーム ・ 塩ビサッシ、塩ビ樹脂 ・ 遮熱塗料、遮熱シート、遮熱フィルム、高断熱カーテン、不織布 ・ アルミナ繊維 <p>【ビーズ法ポリスチレンフォームとは】⁹⁴</p> <p>ビーズ法ポリスチレンフォームは「Expanded Poly-Styrene」の頭文字をとって「EPS」と呼ばれており、ドイツで開発された代表的な発泡プラスチック系の断熱材である。</p> <p>ビーズ法ポリスチレンフォームの製造方法は、ポリスチレン樹脂と炭化水素系の発泡剤からなる原料ビーズを予備発泡させた後に、金型に充填し加熱することによって約30倍から80倍に発泡させるというものであり、金型形状を変えることで様々な形状の製品を作ることができる。</p>

⁹³ 住宅生産団体連合会ウェブサイト内「省エネ住宅 web 省エネ住宅すすめよう」
<http://eco.judanren.or.jp/learning/103.html>

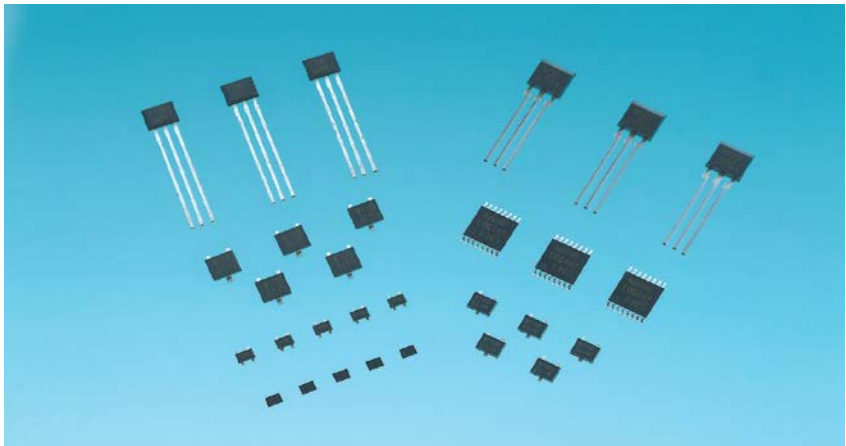
⁹⁴ 発泡スチロール協会・EPS 建材推進部ウェブサイト内「EPS 建材の概要」
<http://www.epskenzai.gr.jp/what/what01.html>

2	c-LCA 評価の範囲							
2-1	対象とする製品システム	【評価対象製品】⁹⁵ <ul style="list-style-type: none"> 戸建住宅（単一素材で断熱）、寿命：30年 集合住宅（単一素材で断熱）、寿命：60年 【比較製品】 昭和55年省エネ基準以前の住宅（断熱材を用いない住宅） <ul style="list-style-type: none"> 戸建住宅 寿命：30年 集合住宅 寿命：60年 						
2-2	機能	<ul style="list-style-type: none"> 2020年に建設が予想される新築住宅 						
2-3	機能単位と基準フロー	【機能単位】 <ul style="list-style-type: none"> 寿命：30年（戸建住宅）、60年（集合住宅） 【基準フロー】 <ul style="list-style-type: none"> 戸建住宅：36万7千戸（評価対象製品、比較製品共通） 集合住宅：63万3千戸（評価対象製品、比較製品共通） 合計：100万戸 						
2-4	システム境界	【対象とするプロセス】 <ul style="list-style-type: none"> 断熱材の原料、製造、廃棄に係わるプロセス 住宅の使用に係わるプロセス 【省略するプロセス】 <ul style="list-style-type: none"> 住宅の製造及び廃棄に係わるプロセス 使用時に使用される空調以外のエネルギー消費量（例、ガスコンロ等） 						
2-5	c-LCA の前提条件	<ul style="list-style-type: none"> 対象とする製品の使用時における c-LCA の評価は、(2-2) の機能を同一に有する 						
3	c-LCA 評価の結果 (戸建住宅)	対象プロセス	札幌	盛岡	仙台	東京	鹿児島	平均
3-1	製造段階での CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /戸)		2,295	1,687	1,520	1,520	1,520	1,709
3-2	使用段階での CO ₂ 削減量 (kg-CO ₂ /戸)		-49,443	-40,564	-28,613	-16,642	-12,140	-29,480
3-3	廃棄段階での CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /戸)		2,412	1,773	1,598	1,598	1,598	1,796
3-4	<u>一戸あたりの CO₂ 排出削減貢献量</u> <u>(kg-CO₂/戸)</u>		<u>-44,736</u>	<u>-37,104</u>	<u>-25,495</u>	<u>-15,122</u>	<u>-9,022</u>	<u>-25,975</u>
4	c-LCA 評価の結果	対象プロセス	札幌	盛岡	仙台	東京	鹿児島	平均

⁹⁵ 発泡スチロール再資源化協会「EPS 製品の環境負荷 (LCI) 分析調査報告書」(2007年4月)

	(集合住宅)							
4-1	製造段階での CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /戸)	1,145	855	714	687	687	818	
4-2	使用段階での CO ₂ 削減量 (kg-CO ₂ /戸)	-173,405	-146,661	-100,622	-65,361	-45,861	-106,382	
4-3	廃棄段階での CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /戸)	1,204	899	751	722	722	859	
4-4	<u>一戸あたりの CO₂ 排出削減貢献量</u> (kg-CO ₂ /戸)	<u>-171,056</u>	<u>-144,908</u>	<u>-99,157</u>	<u>-63,952</u>	<u>-44,452</u>	<u>-104,705</u>	
5	導入シナリオによる評価							
5-1	国等の導入目標	【エネルギー基本計画】 ・ ZEB・ZEH（ネット・ゼロエネ・ビル・ハウス）を 2030 年までに新築平均で実現						
5-2	導入量	【戸建住宅】 ・ 導入戸数：36 万 7 千戸 【集合住宅】 ・ 導入戸数：63 万 3 千戸						
5-3	化学製品の CO ₂ 排出量	化学製品の原料採取、製造、廃棄における CO ₂ 排出量：235 万 t-CO ₂						
5-4	CO ₂ 排出削減貢献量	【戸建住宅】 ・ 排出削減貢献量： <u>計 950 万 t-CO₂(30 年間)</u> 【集合住宅】 ・ 排出削減貢献量： <u>計 6,650 万 t-CO₂ (60 年間)</u>						
5-5	上記 CO ₂ 排出削減貢献量に関する留意点	・ 地域毎の導入戸数については情報がないため、ここでは全ての地域の単純平均値を日本全体の導入戸数に乗じている。より詳細な地域別導入戸数の考え方が必要						

■ホール素子、ホール IC

No	項目	内容
1	製品の概要	<p>【ホール素子、ホール IC の役割】</p> <p>エアコンの室内機と室外機には空調を行うための FAN 用のモータが搭載されている。モータには DC ブラシレスモータと AC モータ（誘導モータ）とがある。DC ブラシレスモータを搭載したエアコンはインバータエアコンと呼ばれ、電圧・電流・周波数を制御することができることから、非インバータエアコン（AC モータを搭載）に比べ、温度を細かく制御でき、消費電力を削減することができる。従来、AC モータが使用されていたが、省エネ規制の厳しい現在の日本においては、エネルギー効率の良い DC ブラシレスモータが使用されている。</p> <p>現在主流の DC ブラシレスモータはホール素子の採用によって、小型化・損失低減を実現し、高精度な回転制御が可能となった。ホール素子を使うメリットとしては、①非接触で位置を検出できるため耐久性が高い、②磁気を検出するため塵・埃・油などの汚れに強い、③小型化・軽量化・損失低減が可能な 3 点が挙げられる。</p> <p>【ホール IC の外観】</p> 
2	c-LCA 評価の範囲	
2-1	対象とする製品システム	<p>【評価対象製品】</p> <ul style="list-style-type: none"> DC ブラシレスモータを搭載したインバータエアコン <p>【比較製品】</p> <ul style="list-style-type: none"> AC モータを搭載した非インバータエアコン
2-2	機能	<ul style="list-style-type: none"> 同一の期間に同一のモータ出力を提供する機能を実現するものとする。
2-3	機能単位と基準フロー	<p>【機能単位】</p> <ul style="list-style-type: none"> 冷房期間：3.6 ヶ月（6月2日～9月21日）

		<ul style="list-style-type: none"> ・ 暖房期間：5.5 ヶ月（10月28日～4月14日） ・ 設定温度：冷房時 27℃／暖房時 20℃ ・ 使用時間：6:00～24:00 の 18 時間 ・ 製品寿命：14.8 年 <p>【基準フロー】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ DC ブラシレスモータと AC モータの機能は同一であるため、エアコン 1 台に搭載されるそれぞれのモータ数は同一である。 		
2-4	システム境界	<p>【対象とするプロセス】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 製品の使用に係わるプロセス <p>【省略するプロセス】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 原料・材料に係わるプロセス ・ 製品の製造に係わるプロセス ・ 製品の輸送に係わるプロセス ・ 資本財の製造に係わるプロセス ・ 製品の廃棄に係わるプロセス 		
2-5	c-LCA の前提条件	<ul style="list-style-type: none"> ・ エアコン 1 台に搭載されるモータにて c-LCA を評価する。 ・ 対象とする製品の使用時における c-LCA の評価は、(2-2) の機能を同一に有するものとし、比較のために追加及び省略する機能はないと仮定した。 ・ ある程度同じ条件で算出されたインバータエアコンと非インバータエアコンの原料採取、製造・流通、廃棄段階の CO₂ 排出量に関するデータが日本では得られないうえ、諸外国の各地域における原料採取、製造・流通、廃棄に関する CO₂ データも得られないことから、使用段階以外は CO₂ 算定の範囲に含めないこととした。 ・ エアコンのライフサイクルでの CO₂ 排出量は使用段階が大半を占めており、原料採取段階、製造・流通段階、廃棄段階は相対的に小さい。また、一般的に DC モータの方が AC モータよりも小型であることから、原料採取段階、製造・流通段階、廃棄段階における CO₂ 排出量は DC モータの方が少ないと考えられる。これらより、使用段階以外についてはガイドラインの相殺のケースを適用した。 		
3	c-LCA 評価の結果	対象プロセス	DC ブラシレスモータを搭載したインバータエアコン	AC モータを搭載したインバータエアコン
3-1	原料・材料に係る CO ₂ 排出量	対象外	—	—
3-2	製造に係る CO ₂ 排出量	対象外	—	—

3-3	使用に係る CO ₂ 排出量	使用時			
		年間の消費電力量 [kWh / 年 / 台]		845	1,268
		稼働年数 [年]		14.8	14.8
		稼働年数の総電力量 [kWh / 台]		12,506	18,766
		電力の原単位 [kg-CO ₂ /kWh]	日本	0.330	0.330
			中国	0.743	0.743
			アジア	0.745	0.745
			北米	0.466	0.466
			中南米	0.175	0.175
			欧州	0.326	0.326
			その他	0.500	0.500
		<u>使用に係る CO₂ 排出量</u> <u>[kg-CO₂ / 台]</u>	日本	<u>4,127</u>	<u>6,190</u>
			中国	<u>9,292</u>	<u>13,938</u>
			アジア	<u>9,317</u>	<u>13,975</u>
北米	<u>5,828</u>		<u>8,742</u>		
中南米	<u>2,189</u>		<u>3,283</u>		
欧州	<u>4,077</u>		<u>6,115</u>		
その他	<u>6,253</u>		<u>9,380</u>		
3-4	廃棄に係る CO ₂ 排出量	対象外		—	—
3-5	ライフサイ クル全体に 係るCO ₂ 排出 量	<u>ライフサイクル全体に 係る CO₂ 排出量</u> <u>[kg-CO₂ / 台]</u>	日本	<u>4,127</u>	<u>6,190</u>
			中国	<u>9,292</u>	<u>13,938</u>
			アジア	<u>9,317</u>	<u>13,975</u>
			北米	<u>5,828</u>	<u>8,742</u>
			中南米	<u>2,189</u>	<u>3,283</u>
			欧州	<u>4,077</u>	<u>6,115</u>
			その他	<u>6,253</u>	<u>9,380</u>
3-6	単位導入量 あたりのCO ₂ 排出削減貢 献量	【前提条件】			
		・ ある年に生産されたDCブラシレスモータを搭載するエアコンが、ACモータを搭載するエアコンを代替することによるCO ₂ 排出削減貢献量を求めることとする。			
		【評価結果】			
			CO ₂ 排出削減貢献量 (kg-CO ₂ /台)		
		日本	2,063		
		中国	4,646		
アジア	4,658				
北米	2,914				

			<table border="1"> <tr> <td>中南米</td> <td>1,094</td> </tr> <tr> <td>欧州</td> <td>2,038</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>3,127</td> </tr> </table>	中南米	1,094	欧州	2,038	その他	3,127																												
中南米	1,094																																				
欧州	2,038																																				
その他	3,127																																				
4	導入シナリオによる評価																																				
4-1	導入予測 ⁹⁶	<ul style="list-style-type: none"> 2020年の世界エアコン需要台数：186,160（千台） <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>出荷量（千台）</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>日本</td> <td>7,950</td> </tr> <tr> <td>中国</td> <td>110,730</td> </tr> <tr> <td>アジア</td> <td>23,710</td> </tr> <tr> <td>北米</td> <td>15,510</td> </tr> <tr> <td>中南米</td> <td>12,800</td> </tr> <tr> <td>欧州</td> <td>11,120</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>4,350</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td>186,160</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> 2020年のインバータエアコンの普及率は、保守的に現段階において把握できた普及率をそのまま横ばいとして用いる⁹⁷。 <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>普及率（%）</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>日本</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>中国</td> <td>30⁹⁸</td> </tr> <tr> <td>アジア</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>北米</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>中南米</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>欧州</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table>		出荷量（千台）	日本	7,950	中国	110,730	アジア	23,710	北米	15,510	中南米	12,800	欧州	11,120	その他	4,350	合計	186,160		普及率（%）	日本	100	中国	30 ⁹⁸	アジア	10	北米	0	中南米	0	欧州	30	その他	10	
	出荷量（千台）																																				
日本	7,950																																				
中国	110,730																																				
アジア	23,710																																				
北米	15,510																																				
中南米	12,800																																				
欧州	11,120																																				
その他	4,350																																				
合計	186,160																																				
	普及率（%）																																				
日本	100																																				
中国	30 ⁹⁸																																				
アジア	10																																				
北米	0																																				
中南米	0																																				
欧州	30																																				
その他	10																																				
4-2	導入量	<ul style="list-style-type: none"> 2020年のインバータエアコンの導入台数）：4,732万台 <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>出荷量（万台）</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>日本</td> <td>795</td> </tr> <tr> <td>中国</td> <td>3,322</td> </tr> <tr> <td>アジア</td> <td>237</td> </tr> <tr> <td>北米</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>中南米</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>欧州</td> <td>334</td> </tr> </tbody> </table>		出荷量（万台）	日本	795	中国	3,322	アジア	237	北米	0	中南米	0	欧州	334																					
	出荷量（万台）																																				
日本	795																																				
中国	3,322																																				
アジア	237																																				
北米	0																																				
中南米	0																																				
欧州	334																																				

⁹⁶ 2009 ワールドワイドエレクトロニクス市場総調査 ～AV、家電、情報・通信機器、電子ユニットの市場分析と今後の動向～」、富士キメラ総研、（2009）

⁹⁷ 「環境省中央環境審議会地球環境部会資料（ダイキン工業の環境取組）」を参考に設定

⁹⁸ ダイキン工業株式会社 ホームページ <http://www.daikin.co.jp/csr/environment/production/02.html>

			その他	44
			合計	4,732
4-3	完成品のライフサイクルCO ₂ 排出量	<ul style="list-style-type: none"> インバータエアコンのライフサイクル全体のCO₂排出量： <ul style="list-style-type: none"> 世界 37,994 万 t-CO₂ 日本 3,281 万 t-CO₂ 		
4-4	CO ₂ 排出削減貢献量	<p>【算出方法】</p> <ul style="list-style-type: none"> (3-6) × (4-1) × (4-2) <p>【算定結果】</p> <ul style="list-style-type: none"> 世界 18,995 万 t-CO₂ (14.8 年間) 日本 1,640 万 t-CO₂ (14.8 年間) 		

■配管材料（ポリ塩化ビニル管）

No.	項目	内容
1	製品の概要	<p>ポリマー配管材料にはポリ塩化ビニル管、ポリエチレン管、ポリブテン管などがあり、金属配管材料とならんで水道管（配水管、給水管、排水管）やガス管（低圧導管）として広く使われている。</p> <p>このうちポリ塩化ビニル管はポリマー配管材料の中でも材料中に占める炭素分の割合が低く、化石資源の消費量が少なくて済むとともに、ライフサイクルを通した CO₂ 排出量が少ないという特徴を有している。</p>  <p>【配管材料に使用される化学製品】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 塩化ビニル（EDC、モノマー、ポリマー） ・ 高密度ポリエチレン ・ ポリブテン
2	c-LCA 評価の範囲	
2-1	対象とする製品システム	<p>【評価対象製品】ポリ塩化ビニル管</p> <p>【比較製品】ダクタイル鋳鉄管</p>
2-2	機能	<ul style="list-style-type: none"> ・ 同一の期間に同一の流体を搬送する管としての機能を発現
2-3	機能単位と基準フロー	<p>【機能単位】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ポリ塩化ビニル管 1kg （150mm 水道管 14.9cm 相当） ・ ポリ塩化ビニル管の想定寿命：50 年 <p>【基準フロー】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 同一口径の塩化ビニル管とダクタイル鋳鉄管の流体を搬送する性能を同等とみなす ・ 寿命の差異による補正を行う

2-4	システム境界	<p>【対象とするプロセス】</p> <ul style="list-style-type: none"> 原料・材料に係わるプロセス（資源採掘～素材製造） 製品の製造に係わるプロセス（管としての加工） 製品の廃棄に係わるプロセス（埋立） <p>【省略するプロセス】</p> <ul style="list-style-type: none"> 製品の輸送に係わるプロセス 製品の使用に係わるプロセス 資本財の製造に係わるプロセス 		
2-5	c-LCA の前提条件	<ul style="list-style-type: none"> 150mm 口径の水道管 1m あたり重量比をもとに、ダクティル鑄鉄管の重量補正の係数を 3.55 倍として設定 想定寿命の差異により、ダクティル鑄鉄管の寿命補正の係数を 0.90 倍として設定する 同一口径・延長における単位重量の補正及び想定寿命による補正を行って、ポリ塩化ビニル管 1kg のライフサイクル CO₂ 排出量をダクティル鑄鉄管 3.95kg のライフサイクル CO₂ 排出量と比較する 		
3	c-LCA 評価の結果	対象プロセス	塩化ビニル管	ダクティル鑄鉄管
3-1	原料・材料に係わる CO ₂ 排出量 ⁹⁹	① 材料調達に係わるプロセス（原料採掘～素材製造）		
		単位重量 (kg)	1	3.95
		原材料調達までの原単位 (kg-CO ₂ /kg)	1.4	0.146
		原材料調達に係わる CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /kg)	1.4	0.577
3-2	製品の生産に係わる CO ₂ 排出量 ⁹⁹	② 製品の生産に係わるプロセス（加工）		
		単位重量 (kg)	1	3.95
		加工の原単位 (kg-CO ₂ /kg)	0.1	1.925
		生産に係わる CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /kg)	0.1	7.60
3-3	製品の使用に係わる CO ₂ 排出量	対象外	—	—
3-4	廃棄に係わる CO ₂ 排出量	③ 製品の廃棄に係わるプロセス（埋立）		
		単位重量 (kg)	1	3.95
		埋立の原単位 (kg-CO ₂ /kg)	0.018	0.018
		廃棄に係わる CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /kg)	0.018	0.071
3-5	ライフサイクル全体に係わる CO ₂ 排出量	<u>ライフサイクル全体に係わる CO₂ 排出量 (kg-CO₂ / kg) (①～③の合計)</u>	1.5	8.2

⁹⁹ 塩化ビニルリサイクル推進協議会調査委員会「塩化ビニル樹脂製品のライフサイクル評価」（1995年7月）

3-6	単位導入量 あたりの CO ₂ 排出削 減貢献量	【前提条件】 <ul style="list-style-type: none"> 生産されたポリ塩化ビニル管 1kg が、ダクタイル鋳鉄管を代替することによるライフサイクル全体の CO₂ 排出削減貢献量を求める 【評価結果】 <ul style="list-style-type: none"> 6.7 (kg-CO₂/kg)
4	導入シナリオによる評価	
4-1	導入予測	<ul style="list-style-type: none"> 2020 年のポリ塩化ビニル管・継手の生産量：493,092 (t)
4-2	導入量	<ul style="list-style-type: none"> 2020 年の日本国内における生産量を 2005 年度実績と同等と仮定¹⁰⁰
4-3	化学製品の CO ₂ 排出量	<ul style="list-style-type: none"> 化学製品の原料採取、製造、廃棄における CO₂ 排出量：74 万 t-CO₂
4-3	CO ₂ 排出削 減貢献量	【算出方法】 <ul style="list-style-type: none"> (3-6) × (4-1) 【算出結果】 <ul style="list-style-type: none"> 330 万 t-CO₂ (50 年間)
4-4	上記 CO ₂ 排 出削減貢献 量に関する 留意点	<ul style="list-style-type: none"> 近年、国内人口の減少や住宅着工数の伸び悩み等を背景に配管材料の需要は減少傾向にあり、今後の動向を見守る必要がある

¹⁰⁰ 塩化ビニル管・継手協会 ウェブサイト <http://ppfa.gr.jp>

■海水淡水化プラント材料 (RO 膜)

No.	項目	内容
1	製品の概要	<p>【RO 膜とは】</p> <p>RO 膜（逆浸透膜、Reverse Osmosis Membrane）は、分子レベルで塩分などをブロックして真水だけを透過させ、塩分などの除去物質を含む濃縮液を分離する機能をもつ水処理用の半透膜のことである。</p> <p>半透膜を通過して希薄溶液から濃厚溶液に溶媒が移行する現象が浸透であり、移行させる力が浸透圧である。一方、濃厚溶液に浸透圧以上の圧力をかけると溶媒が逆に濃厚溶液から希薄溶液に移行する現象が起こり、これが逆浸透である。</p> <p>この原理を利用し、塩分などの除去物質を含む溶液に圧力をかけて膜を介して水を透過させ、淡水（清浄な水）を得ることができ、水処理技術として用いられている。</p>  <p>【海水淡水化プラントへの適用】</p> <p>現在の海水淡水化プラントは、気化海水や加熱蒸気から淡水を得る蒸発法が主流だが、所要エネルギーの大きさが課題視されている。RO 膜の逆浸透作用を活用して圧力をかけて海水から淡水を得る RO 膜法が、エネルギー所要量の少ない海水淡水化方式として注目を浴びている。</p> 
2	c-LCA 評価の範囲	
2-1	対象とする製品システム	<p>【評価対象製品】</p> <ul style="list-style-type: none"> RO 膜法による海水淡水化プラント <p>【比較製品】</p> <ul style="list-style-type: none"> 蒸発法による海水淡水化プラント

2-2	機能	<ul style="list-style-type: none"> 海水を原料とした淡水の製造 		
2-3	機能単位と基準フロー	<p>【機能単位】</p> <ul style="list-style-type: none"> RO 膜エレメント 1 本の生涯造水量 2.6 万 m³ <p>【基準フロー】</p> <ul style="list-style-type: none"> RO 膜法による海水淡水化プラント (RO 膜エレメント 1 本分相当) 蒸発法による海水淡水化プラント (RO 膜法による海水淡水化プラントの RO 膜エレメント 1 本分相当) 		
2-4	システム境界	<p>【対象とするプロセス】</p> <ul style="list-style-type: none"> 製品の製造に係わるプロセス (原料・材料製造プロセスを含む) 製品の使用に係わるプロセス (薬剤の原料・材料製造プロセス含む) 製品の廃棄に係わるプロセス (RO 膜エレメント及び関連部材のみ) <p>【省略するプロセス】</p> <ul style="list-style-type: none"> 製品の輸送に係わるプロセス 製品の廃棄に係わるプロセス (RO 膜エレメント及び関連部材以外) プラントの解体 		
2-5	c-LCA の前提条件	<ul style="list-style-type: none"> 対象とする製品の使用時における c-LCA の評価は、(2-2) の機能を同一に有するものとし、比較のために追加及び省略する機能はないと仮定した 		
3	c-LCA 評価の結果	対象プロセス	RO 膜法	蒸発法
3-1	原料・材料～製造に係わる CO ₂ 排出量	RO 膜エレメント製造プロセス (t-CO ₂ /本)	0.01	—
		RO 膜エレメントの原料・材料の製造プロセス (t-CO ₂ /本)	0.1	—
		RO 膜エレメント以外の原料・材料の製造プロセス、プラント建設プロセス (t-CO ₂ /本)	2.2	12.4
3-2	使用に係わる CO ₂ 排出量	プラント稼働によるエネルギー消費、薬剤の原料・材料の製造プロセス (t-CO ₂ /本)	50.5	323.5
3-3	廃棄に係わる CO ₂ 排出量	RO 膜エレメント、関連部材の廃棄処理 (t-CO ₂ /本)	0.15	—
3-4	ライフサイクル全体に係わる CO ₂ 排出量	<u>ライフサイクル全体に係わる CO₂ 排出量 (t-CO₂/本) (3-1～3-3 の合計)</u>	<u>53.0</u>	<u>335.9</u>


3-5	単位導入量あたりのCO ₂ 排出削減貢献量	<p>【前提条件】</p> <ul style="list-style-type: none"> 単位導入量をRO膜エレメント1本あたりとし、CO₂ 排出削減貢献量はプラントレベルでのライフサイクルCO₂ 排出量全体を考慮し、蒸発法海水淡水化プラントがRO膜法海水淡水化プラントに代替された場合の排出削減効果を表す <p>【評価結果】</p> <ul style="list-style-type: none"> RO膜エレメント1本あたり 282.9t-CO₂/造水量2.6万m³の削減(3-4の「蒸発法」－「RO膜法」より)
4	導入シナリオによる評価	
4-1	国等の導入目標	<ul style="list-style-type: none"> 産業競争力懇談会で技術の強みを活かした新たな水ビジネス産業を育成し、近い将来日本の有力な輸出産業とするため、政府及び関係諸機関の全面的なバックアップ体制の構築の必要性を訴えている。RO膜は、強みを活かせる技術として取り上げられている
4-2	導入量	<ul style="list-style-type: none"> 2016年新たに付加される世界の海水淡水化RO膜による供給能力：約870万m³/day¹⁰¹ 2016年新たに付加される日本メーカーによる海水淡水化RO膜による供給能力：約610万m³/day(シェア70%)¹⁰²
4-3	海水淡水化RO膜プラントのライフサイクルCO ₂ 排出量	<ul style="list-style-type: none"> RO膜プラントのライフサイクル全体のCO₂ 排出量：3,231万t-CO₂
4-4	完成品のCO ₂ 排出量	<ul style="list-style-type: none"> RO膜プラントの原料採取、製造、廃棄におけるCO₂ 排出量：150万t-CO₂

¹⁰¹ Desalination Markets 2010 の Figure4.2

¹⁰² 産業競争力懇談会報告書「水処理と水資源の有効活用技術【急拡大する世界水ビジネス市場へのアプローチ】」(2008年3月18日)の図-9

4-5	CO ₂ 排出削減貢献量	<p>膜の寿命は5～7年であるが、仮に5年として試算</p> <p>【算出方法】</p> $(3-5) \times (4-2) \times 365 \times 5 \div (2-3)$ <p>【算出結果】</p> <p>世界</p> <p>1億7257万 t-CO₂(5年間)</p>
4-6	上記CO ₂ 排出削減貢献量に関する留意点	<ul style="list-style-type: none"> RO膜の製造は国内で行う場合が多いが、実際の使用、運転は海外の水が不足している地域で行われ、CO₂排出削減の効果が現れるのは、海外の割合が高い

■高耐久性マンション用材料

No	項目	内容
1	製品の概要	<p>【乾燥収縮低減剤とは】</p> <p>乾燥収縮低減剤は、コンクリートの耐久性を高め、マンションの長寿命化によって建替頻度を少なくし、ライフサイクル全体の CO2 排出量を削減することができる。</p> <p>鉄筋コンクリート造建築物では、</p> <ul style="list-style-type: none"> ①鉄筋により拘束されたコンクリートの乾燥収縮によりひび割れが発生し強度低下がおこること ②さらにこのひび割れから大気中の二酸化炭素が進入することでコンクリートの中性化が進み、内部の鉄筋腐食が促進されること <p>により、耐久性が低下する。これに対して、乾燥収縮低減剤（コンクリート収縮低減剤）は、生コンクリート製造時に水と同時に添加することで、コンクリート内部からの水分が蒸発する際に発生する毛細管張力を低下させることで乾燥収縮を低減し、ひび割れ発生を抑制することができるため、コンクリートの長寿命化を実現することができる。</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>【長寿命マンションに使用される化学製品】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 乾燥収縮低減剤（特殊ポリオキシアルキレングリコール誘導体） ・ 高性能 AE 減水剤（ポリカルボン酸系高性能 AE 減水剤） ・ 減水剤（リグニンスルホン酸塩）
2	c-LCA 評価の範囲	
2-1	対象とする製品システム	<p>【評価対象製品】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 乾燥収縮低減剤を使用した高耐久性マンション <p>【比較製品】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 一般的なマンション
2-2	機能	<ul style="list-style-type: none"> ・ 同一の期間に住居空間を提供
2-3	機能単位と基準フロー	<p>【機能単位】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 鉄筋コンクリート集合住宅が提供する住居空間 1 戸分、100 年間で機能単位とする。 <p>【基準フロー】</p>

No	項目	内容		
		<ul style="list-style-type: none"> 乾燥収縮低減剤を使用した高耐久性マンション：1戸（建替なし） 一般的なマンション：のべ2戸（建替えあり） 		
2-4	システム境界	【対象とするプロセス】 <ul style="list-style-type: none"> マンションのライフサイクル（原料採取～製造（建設）、使用・維持管理、廃棄） 使用・維持管理にエレベーターなど共用部分のエネルギー消費を含む 		
2-5	c-LCA の前提条件	<ul style="list-style-type: none"> マンション内部に導入されるエネルギー使用型の設備機器（空調機器、調理機器など）は同等とみなして相殺可能であるため、評価対象外とする フローベース法にもとづき、2020年に供給されたマンション（61,000戸）を長寿命化した場合のライフサイクルにおけるCO₂排出削減貢献量を算出 		
3	c-LCA 評価の結果	対象プロセス	高耐久性マンション (kg-CO ₂ /戸)	一般的なマンション (kg-CO ₂ /戸)
3-1	建築に伴うCO ₂ 排出量 ¹⁰³	設計監理	4,517	4,493
		新築（建替含む）	79,974	159,948
		薬剤	3,888	387
3-2	使用維持管理に伴うCO ₂ 排出量	修繕	58,073	58,073
		改修	104,571	61,349
		維持管理	13,635	13,635
3-3	廃棄・リサイクルに伴うCO ₂ 排出量	廃棄・リサイクル	6,718	10,483
3-4	ライフサイクル全体におけるCO ₂ 排出量	<u>ライフサイクル全体</u>	271,376	308,174
3-5	単位導入量あたりのCO ₂ 排出削減貢献量	<ul style="list-style-type: none"> 長寿命マンションの通常マンションに対するCO₂排出削減貢献量： 36,992kg-CO₂/戸/100年 		
4	導入シナリオによる評価			

¹⁰³ 日本建築学会「建築物のLCA指針（第3版）」 集合住宅事例を参考に算出

No	項目	内容
4-1	導入予測	<ul style="list-style-type: none"> 2020年のマンション住宅着工数を6.1万戸と想定（出典：マンション供給戸数：国交省資料、住宅着工件数の見込み：経済産業省資料） この全量が長寿命マンションへ切り替わると仮定した。
4-2	導入量	<ul style="list-style-type: none"> 2020年の建築戸数を6.1万戸と想定
4-3	高耐久性マンションのライフサイクルCO ₂ 排出量	<ul style="list-style-type: none"> 高耐久性マンションのライフサイクル全体のCO₂排出量：1,655万 t-CO₂
4-4	化学製品のCO ₂ 排出量	<ul style="list-style-type: none"> 乾燥収縮剤、高性能 AE 減水剤の原料採取、製造におけるCO₂排出量：24万 t-CO₂
4-3	CO ₂ 排出削減貢献量	<p>【算出方法】</p> <ul style="list-style-type: none"> (3-5) × (4-2) <p>【算出結果】</p> <ul style="list-style-type: none"> 224万 t-CO₂ (100年間)

温室効果ガス削減に向けた新たな視点
国内および世界における化学製品のライフサイクル評価
carbon-Life Cycle Analysis (c-LCA)

<http://www.nikkakyo.org/>



一般社団法人 日本化学工業協会

〒104-0033

東京都中央区新川 1-4-1 住友不動産六甲ビル 7F

TEL 03-3297-2578 (技術部) FAX 03-3297-2612

本冊子の著作権は一般社団法人日本化学工業協会に帰属します。
本冊子の一部または全部を無断で複写・複製・転訳載することを
禁じます。



環境負荷の少ない
ベジタブルオイルインクを
使用しています

2012.12