

省エネルギー その7ーホール素子、ホール ICー

1. 調査の目的

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、電力の周波数を変えてモータの回転数を制御できることから、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。

本事例はホール素子、ホール IC を用いた DC ブラシレスモータを搭載したインバータエアコンによる CO₂ 排出削減貢献量を定量的に把握するために cLCA による評価を行った。

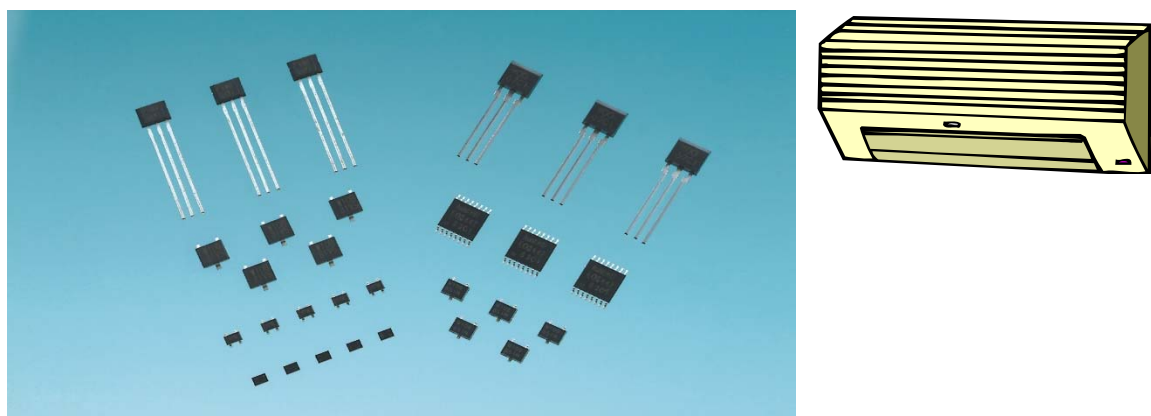


図 42. ホール素子、ホール IC、エアコン

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。DC ブラシレスモータにはホール素子・ホール IC が使用されている。
- ・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。

③DC ブラシレスモータに使用される化学製品例

- ・ホール素子
- ・ホール IC

2. バリューチェーンにおけるレベル

本事例は化学製品であるホール素子・ホール IC を使用したインバータエアコン（DC ブラシレスモータを搭載）と非インバータエアコン（AC モータを搭載）を対象としたものであり、そのバリューチェーンを下図に示す。

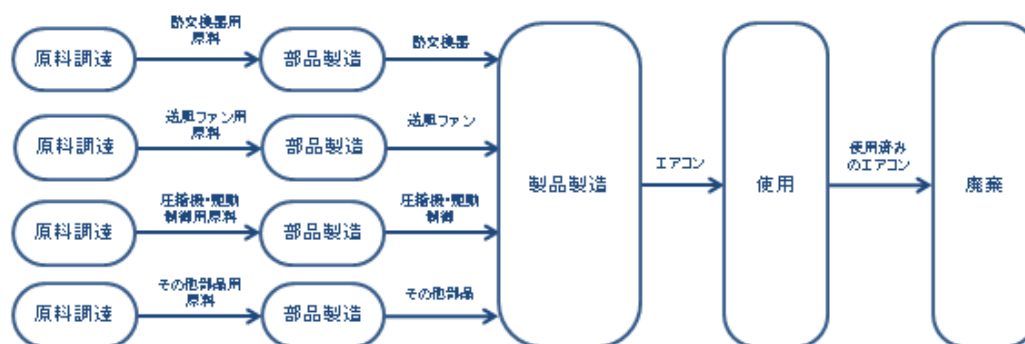


図 43. 本事例のバリューチェーン

3. 製品の比較

評価対象製品はインバータエアコン、比較製品は非インバータエアコンである。どちらの製品もエアコンの使用時に消費される電力量に基づいて CO₂ 排出量を算定している。

2011 年時点の評価対象製品のシェアは日本が 100%、中国 30%、欧州 30%、アジア 10%、北米と南米が 0% である。インバータエアコンは今後も普及が進むものとみられているが、削減貢献量を保守的に算定するために 2020 年においても現状の普及率は維持しているものとした。

表 35. 評価対象製品と比較製品

評価対象製品	比較製品
インバータエアコン	非インバータエアコン

4. 機能単位

4.1 機能及び機能単位の詳細

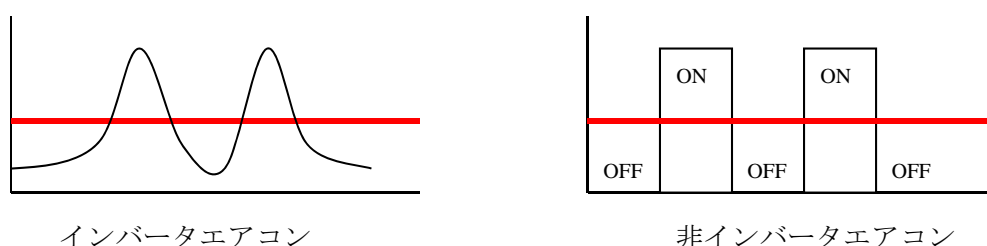
本事例はモータの異なるエアコンの比較であり、評価対象製品と比較製品においてエアコンを使用する際の電気消費量が異なる。機能単位は 2.8kW 型の家庭用エアコン 1 台とした。

インバータエアコンを使用することによって便益を受けるユーザーは同製品の利用者である。

- ・機能
エアコン使用による冷暖房
- ・機能単位
2.8kW 型家庭用エアコン 1 台
- ・便益を受けるユーザー
エアコンの利用者

4.2 品質要件

評価対象製品は DC ブラシレスモータを搭載したインバータエアコン、比較製品は AC モータを搭載したエアコンであり、評価対象製品と比較製品は同等の冷暖房機能を発揮するものである。インバータエアコンは、DC ブラシレスモータを用いることで電力の周波数を変えてモータの回転数を制御することができ、非インバータエアコンよりも電力の損失を低減した。



4.3 製品のサービス寿命

エアコンのサービス寿命は、使用状況やメンテナンスの頻度によって製品毎に異なると考えられるが、比較を行うために評価対象製品と比較製品で同じサービス寿命を設定した。本事例では、エアコンのサービス寿命を実態に合致したデータであることから経過年数調査の結果に基づき 14.8⁴⁹⁾年とした。一般的にエアコンのサービス寿命は、10 年程度と言われており、日本の法人税法の耐用年数は家庭用エアコンが 6 年、業務用エアコンが 13 年である。

4.4 時間的基準と地理的基準

CO₂ 排出量の算定に用いたデータは 2010 年のデータを使用した。2020 年の需要については市場予測に基づいて設定した。

排出削減貢献量は、対象年(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際の CO₂ 排出削減貢献量として算定された。

対象地域は日本、中国、アジア、北米、中南米、欧州、その他とし、需要は市場予測をもとに設定した。エアコンの使用期間における電気消費量は、日本の電気消費量に基づき算定した。本来であれば、エアコンに使用される電気消費量は地域別に設定することが必要であるが、地域別の平均的な電気消費量は把握できなかったため、日本のデータを用いた。

5. 算定の方法論

本事例では、評価対象製品と比較製品でエアコンの使用段階における CO₂ 排出量を算定対象と

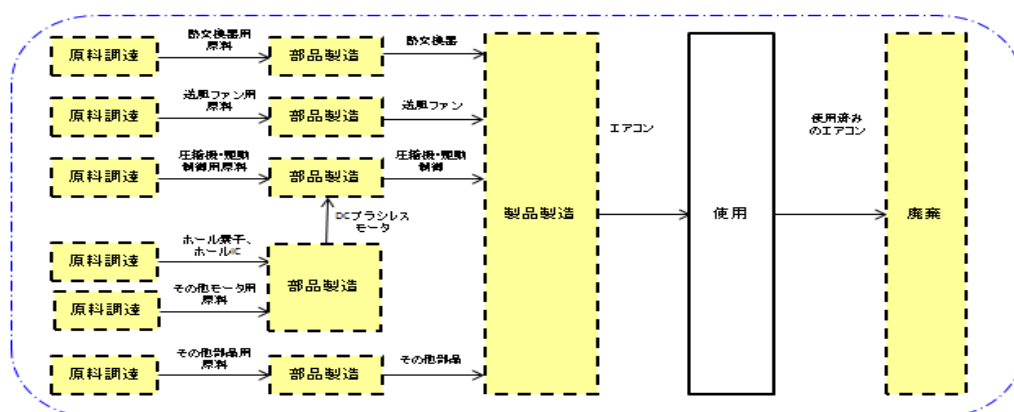
した。

エアコンのライフサイクルにおける CO₂ 排出量を算定した事例⁵⁰⁾では、使用段階の電力消費に伴う CO₂ 排出量は 95.3% を占め、原料調達段階、製品製造段階、廃棄段階は 4.7% である。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⁵¹⁾ことから、原料調達、製品製造、廃棄段階における CO₂ 排出量に大差はないものと考えられる。本事例においては、エアコンに搭載されているモータの違いが反映される使用段階の電力消費に伴う CO₂ 排出量が主要なパラメータであることから、エアコンの使用段階のみを算定の対象とした。

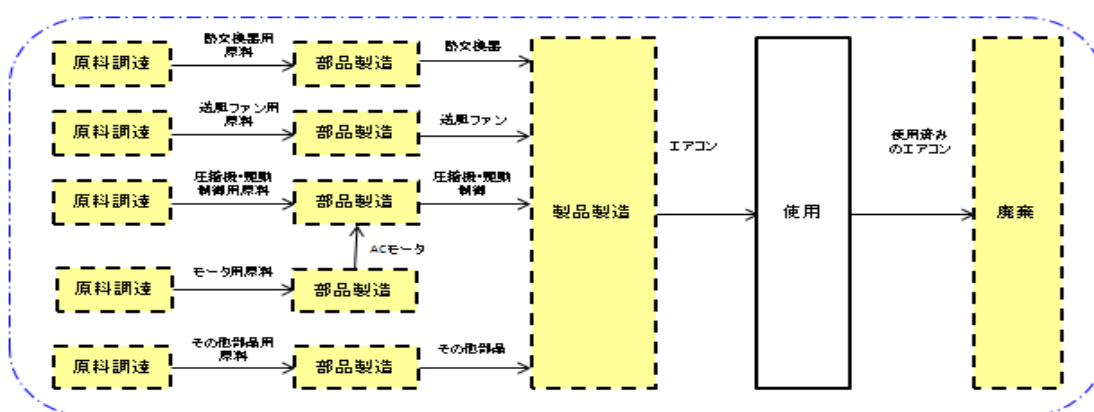
5.1 境界の設定

本事例では使用时以外はライフサイクルでの排出量の 5% 以下であることからカットオフし、エアコンの使用段階のみを算定の対象とした。

【インバータエアコンのシステム境界】



【非インバータエアコンのシステム境界】



注：本図ではプロセス間の輸送を省略している。

- CO₂ 排出量を考慮しているプロセス
- CO₂ 排出量をカットオフしたプロセス
- システム境界

図 44. システム境界

5.2 前提条件

- ・製品寿命⁴⁹⁾ : 14.8年（両製品の寿命は同じ）
- ・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 36. モータの効率

	DC モータ効率	AC モータ効率	
事例 1 ⁵²⁾	80%	55%	約 1.5 倍
事例 2 ⁵³⁾	85%	70%	約 1.2 倍
事例 3 ⁵⁴⁾	58%	39%	約 1.5 倍

- ・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、上記のモータ効率の比を利用して設定。
 冷房期間：3.6ヶ月（6月2日～9月21日）
 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
- ・各地域における電力の CO₂ 排出係数

表 37. 電力の CO₂ 排出係数⁵⁶⁾

単位：[kg-CO₂/kWh]

日本	0.330
中国	0.743
アジア	0.745
北米	0.466
中南米	0.175
欧州	0.326
その他	0.500

5.3 主要パラメータ

CO₂ 排出量全体に与える影響が大きい主要パラメータは、①運転条件、②モータ効率（≒エアコンの消費電力）である。

5.4 不確実性と将来的進展シナリオの統合

シナリオ分析：将来何の変化もおこらないと想定(2010年時のCO₂削減貢献量を使用)した2020年のCO₂排出量の算定をベースケースとして行った。

6. 貢献の度合い(重要性)

インバータエアコンを使用することによって、長期間にわたって使用されるエアコン稼働時の消費電力を低減することができ、インバータエアコンに使用されるホール素子・ホールICの使用はCO₂排出削減に貢献している。ただし、CO₂排出削減貢献量は、化学産業だけに帰属しておらず、原料調達からユーザーを通じたバリューチェーン全体に帰属している。

7. CO₂排出量の算定結果

エアコン使用段階における地域別の電気消費量とCO₂排出量を表38に示す。

表 38. 各地域における電気消費量とエアコンの使用に係るCO₂排出量

		評価対象製品	比較製品
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
使用に係るCO ₂ 排出量 [kg-CO ₂ / 台]	日本	4,127	6,190
	中国	9,292	13,938
	アジア	9,317	13,975
	北米	5,828	8,742
	中南米	2,189	3,283
	欧州	4,077	6,115
	その他	6,253	9,380

・インバータエアコン1台当たりのCO₂排出削減貢献量

評価対象製品と比較製品のCO₂排出量の差から算出した1台あたりのCO₂排出削減貢献量を表39に示す。

インバータエアコン1台あたりのCO₂排出削減貢献量は、日本2,063 kg-CO₂/台、中国4,646 kg-CO₂/台、アジア4,658 kg-CO₂/台、北米2,914 kg-CO₂/台、中南米1,094 kg-CO₂/台、欧州2,038 kg-CO₂/台、その他3,127 kg-CO₂/台となる。

表 39. エアコン1台あたりのCO₂排出削減貢献量（地域別）

単位：kg-CO₂/台(14.8年間)

地域	CO ₂ 排出削減貢献量
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

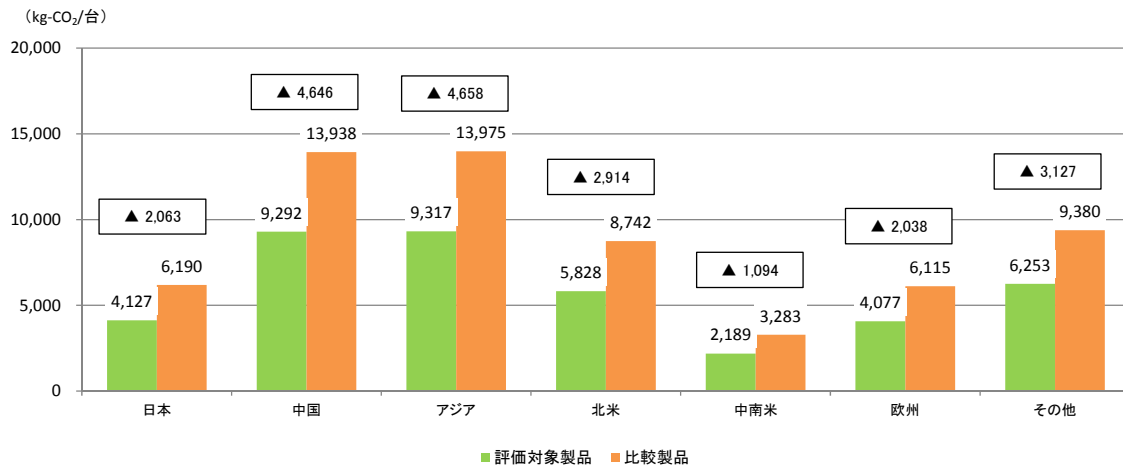


図 45. エアコン1台あたりのCO₂排出量とCO₂排出削減貢献量

8. 今後の予測

8.1 日本での導入効果

2020年の日本におけるCO₂排出削減貢献量は、以下の設定に基づいて算定した。

①評価対象製品の出荷予想 2020年 795万台⁵⁷⁾

②インバータエアコン1台当たりのCO₂排出削減貢献量 2,063 kg-CO₂/台

③CO₂排出削減貢献量

$$\begin{aligned}
 & \text{エアコン1台当たりのCO}_2\text{排出削減貢献量} \times \text{生産量} \\
 & = 2,063 \text{ kg-CO}_2/\text{台} \times 7,950,000 \text{ 台} \\
 & = 16,400 \text{ kt-CO}_2
 \end{aligned}$$

表 40. 2020 年における評価対象製品による 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 (kg-CO ₂ /台)	▲2,063
2) CO ₂ 排出削減貢献量 (万 t-CO ₂)	▲1,640

評価対象製品 1 台あたりの CO₂ 排出量は 4.127kg-CO₂、2020 年の出荷予想は 795 万台であることから、CO₂ 総排出量は 3,281 万 t-CO₂ (4,127kg-CO₂/台×795 万台=32,809kt-CO₂) と
なる。

8.2 世界での導入効果

2020 年の世界における CO₂ 排出削減貢献量は、以下の設定に基づいて算定した。

①評価対象製品の出荷予想 (世界) 2020 年 4,731 万台⁵⁷⁾

表 41. 各地域のインバータエアコンの普及率

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

表 42. 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 ⁵⁷⁾	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。

②インバータエアコン1台当たりのCO₂排出削減貢献量

地域	CO ₂ 排出削減貢献量 (kg-CO ₂ /台)
日本	2,063
中国	4,646
アジア	4,646
北米	2,914
中南米	1,094
欧州	2,038
その他	3,127

③CO₂排出削減貢献量

エアコン1台当たりのCO₂排出削減貢献量 × 評価対象製品の出荷予測台数

世界における導入効果は、日本1,640万t-CO₂、中国15,433万t-CO₂、アジア1,105万t-CO₂、欧州680万t-CO₂、その他136万t-CO₂となり、合計すると18,994万t-CO₂のCO₂排出削減貢献量となる。北米と中南米はインバータエアコンの導入予想が0%であるため、CO₂排出削減貢献量は算出されない。

表 43. 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

地域	導入台数 (万台)	CO ₂ 排出削減貢献量 (kg-CO ₂ /台)	CO ₂ 排出削減貢献量 (万t-CO ₂)
日本	795	2,063	1,640
中国	3,322	4,646	15,433
アジア	237	4,658	1,105
北米	0	2,914	0
中南米	0	1,094	0
欧州	334	2,038	680
その他	44	3,127	136
計	4,732	20,540	18,994

各地域の評価対象製品1台あたりCO₂排出量と導入予想台数から算出される世界のインバータエアコン使用に伴うCO₂排出量は37,994万トンとなる。

インバータエアコンによるCO₂排出量：37,994万トン
 日本 4,127kg-CO₂/台・14.8年×795万台 = 32,810kt-CO₂

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

9. 調査の限界と将来に向けた提言

本事例は冷暖房兼用・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種の CO₂ 排出量を評価しており、2020 年の需要予測に基づいて CO₂ 排出削減貢献量を算定したものである。したがって冷房能力が大きく異なる製品、使用条件（使用時の電気使用量）については個別の評価が必要であり、その結果によっては CO₂ 排出削減貢献量の算定結果に違いが生じる。

【参考文献】

- 49) 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
- 50) ダイキン工業株式会社 CSR 報告書 2012
- 51) 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>
- 52) 事例 1 ダウ化工株式会社 熱と環境（2006 年）（20rps）
- 53) 事例 2 ダウ化工株式会社 熱と環境（2006 年）（40rps）
- 54) 事例 3 株式会社上村工業 ホームページ <http://kami-kogyo.co.jp/main2.html>
- 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種の単純平均値
- 56) 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。
- 57) 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」