

省エネ家電の普及による 温室効果ガス削減効果の将来予測

三島 知行¹・松本 亨²

¹正会員 土木大学教授 工学部土木工学科 (〒808-0135 北九州市若松区ひびきの1-1)

E-mail: m66506@env.kitakyu-u.ne.jp

²正会員 北九州市立大学国際環境工学部 准教授 (〒808-0135 北九州市若松区ひびきの1-1)

E-mail: matsumoto-t@env.kitakyu-u.ne.jp

本研究では、省エネ家電への買い替え行動の温室効果ガス削減効果をLCAによって推計した。推計対象家電は、比較的エネルギー消費が大きく、かつエネルギー消費の改善の大きいエアコン、冷蔵庫とし、各機器の製造年別LC-GHGを算出した。さらに、機器ポピュレーションバランスモデルを構築することで、エアコンと冷蔵庫に起因するGHGの将来予測を2025年まで行った。

標準ケースの他、買替促進ケースについてシナリオ分析を行った。その結果、2025年のエアコン由来LC-GHGの値を見ると、買替促進ケースは標準ケースよりもエアコンで33.1%の削減、冷蔵庫で6.7%の削減となることが明らかになった。

Key Words: LCA, energy-saving home appliance, LC-GHG, population balance model

1. はじめに

2005年2月の京都議定書発効を経て、同年4月には京都議定書目標達成計画が決定された。家庭部門の対策の大きな柱の1つが、1998年度から省エネルギー法に基づき導入されているトップランナー基準のさらなる強化や対象機器の拡大と、省エネルギー機器に関する十分な情報提供等による買い替え・利用の促進である。

また、日本政府は2050年に向けて温室効果ガスを半減する目標を掲げているが、家庭部門の温室効果ガス排出量は現在、2005年度比で36.7%増となっており、目標達成のためには家庭部門の削減も必要となってくることは明確である。それに准じ、環境省は近年の省エネ製品の急速な節電性能の高まりに則さず、買い替えの進んでいない家電製品の買い替え促進を狙い、買い替えの環境・経済メリットを示すための事業を行うことを発表している。

省エネルギー機器への買い替えの温室効果ガス削減効果は、ライフサイクルが短縮させることによる製造時+廃棄時のエネルギー消費増と、使用時のエネルギー消費削減とのバランスで決まる。さらには、LCAの観点からは、部品製造プロセスなどに遡及した詳細な分析が求められる。

そこで、本研究では、省エネ型家電への買い替え行動の温室効果ガス削減効果をLCAによって推計する。さらに、機器ポピュレーションバランスモデルを構築し、

家電起因のGHGの将来予測を2025年まで行った。

機器ポピュレーションバランスモデルでは、全国の世帯数に機器毎の世帯保有率を乗じて、機種選択モデルで求めた機種を考慮した保有台数を求め、各年の国内出荷台数と各機器の生存関数を用いることで、機種別製造年別の保有割合を経年で算出した。これを先に求めた保有台数に乗じることで、機種別製造年別保有台数を算出した。それにより、各年別に2025年までのGHG排出量を算出した。なお、家電製品としては、比較的エネルギー消費が大きく、かつエネルギー消費の改善の大きいエアコン、冷蔵庫とする。

関連の既往研究としては、中野ら¹⁾による、静脈系LCAを用いた家電リサイクル法による地球温暖化防止効果の定量化研究もある。エアコン・テレビ・冷蔵庫・洗濯機を対象として、廃棄量の将来予測に基づいた廃棄段階の LCOD_2 の将来推計が実施されている。しかし、製造時、使用時は考慮されていない。

本研究は、近年の省エネ技術の進展に着目し、使用時の電力消費量をより現実的な値を用いて予測することで、2025年までのGHG排出量の推計に耐えうる評価とした。

2. 推計方法

エアコン、冷蔵庫の2品目の使用時の消費電力については、業界団体や省エネルギーセンターが提供して

いる標準データ²⁾から近似曲線をとり、欠損年と将来値について推計した。エアコンや冷蔵庫の部品には海外生産されたものもあるが、部品やメーカーによって状況が異なるため、本研究では考慮しない。

機器の廃棄におけるCO₂排出量については、家電リサイクル法対象品目（冷蔵庫、エアコン）であることから、リサイクルによる天然資源代替効果があるためマイナスとなる。つまり、廃棄頻度が多くなるほどCO₂が削減されることになり今回の計算には適切でないと判断し、含めないこととした。

エアコンと冷蔵庫の廃棄時のフロンの影響に関しては、やはり家電リサイクル法の対象品目であることから機器回収率を100%とし、今回の分析では中古機器の輸出と不法投棄は考慮しない。機器回収後のフロン回収率は、環境省・代替フロン等3ガスの排出量推計方法より、エアコンを67.1%、冷蔵庫を70.7%とした。なお、特定フロンは1995年末に全廃されたが、今回の分析において1995年製の使用割合は小さいため、全量代替フロンとして計算した。なお、フロン類の温室効果については、地球温暖化係数（GWP 100年値）を用いてCO₂等価換算し、本報告ではCO₂と統一表記する。使用したフロンの条件について表1に示す。

表-1 代替フロン及びフロン代替物質のGWP

	HCFC22	HFC134a	HCFC-141b	R600(イソブタン)
GWP(100年値)	1700	1300	630	3

各製品の素材構成重量については、中野ら³⁾による研究で扱われたモデル家電の素材構成において適用期間が2000年～2010年であるものを用い過去、将来の値については一律同じとした。

なお、梅田ら⁴⁾による類似研究では、最適更新時期算出のための一般式を求めるために年間消費電力の改善率を直線で推計している。しかし、図1からも明らかなように、直線で推計することは実態とは乖離しており、本研究ではより実態に適合する形で、実用性のある値を求めることを重視する。

過去、将来における各年の全国に存在する各家電の台数は一般世帯と単身世帯の世帯数に各家電の各々の保有率を乗じることで算出する。各年次別の台数の予測は1986年から2005年までの出荷台数データをと各家電における生存率を用いることで2005年までの各年次別の台数を予測した。ただし出荷台数と先に求めた全国に存在する台数とに乖離が見られるため加重平均をとり、総台数を全国に存在する台数に合わせることで各年次別の台数を予測した。将来に発生する台数は前年度からの総台数の変化に、前年度より減少した台数を加えることで求めることにする。図1にボピュレーションバランスも出る

(PBM)の計算フローを示す。

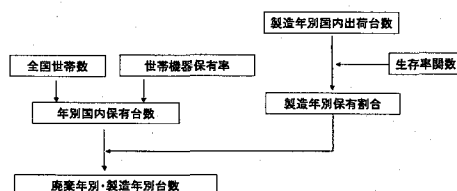


図-1 PBM計算フロー

3. 保有台数の推計方法

全国における過去、将来の各家電製品の年別の総台数を求める。全国の世帯数は1980年から2000年までは国勢調査の値を用い、2005年から2025年までは国立社会保障・人口問題研究所の推計値⁵⁾を用いた。

各家電の世帯保有率は内閣府・消費動向調査年報より1986年から2005年までの値を用い、ロジスティック曲線にて将来推計を行った。その結果については図2、3に示す。以上で求めた世帯数と各家電の世帯保有率を乗じることで年別の保有台数を算出した。

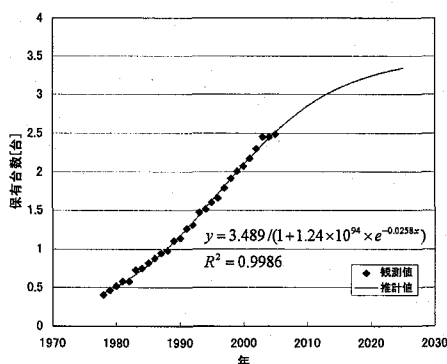


図-2 エアコンの世帯保有率の推計

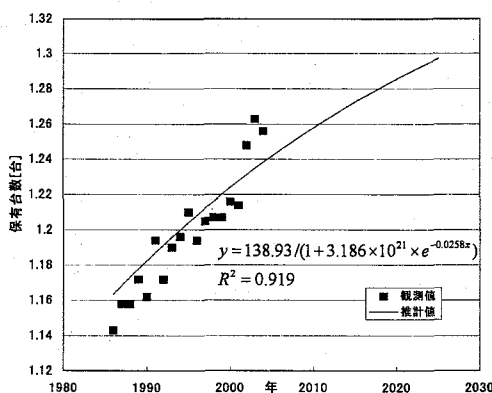


図-3 冷蔵庫の世帯保有率の推計

次にJEMA発表の1986年から2005年までの出荷台数と田崎ら⁹⁾の研究を参考として求めた生存率を用いて、製造年次の保有割合を算出した。ここで示す生存率は、田崎らの研究を参考とし、最長年数を30年としてワイブル関数を用いて求めた。また買い替え促進ケースとして、生存率を50%値を同じ値として、最長年数を5年短い25年となるように設定した。エアコン、冷蔵庫における生存率を図4、5に示す。求めた生存率と出荷台数を用いることで、2005年における製造年次別保有割合を求め、先に求めた年別の保有台数より2005年次における年次別の台数を推計した。

2006年以降の出荷台数は、総台数の変化に前年度から減少した台数を加えることで年次の出荷台数とした。その結果を図6、7にて示す。

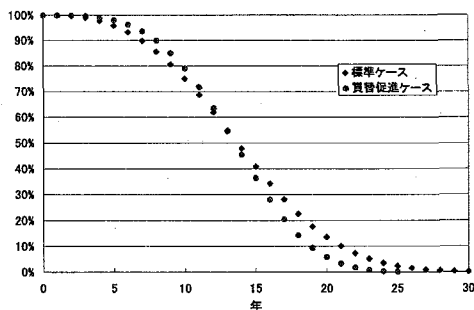


図-4 エアコン保有の生存率推計

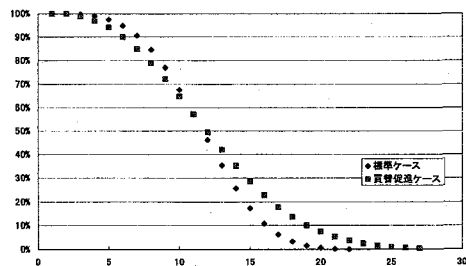


図-5 冷蔵庫保有の生存率推計

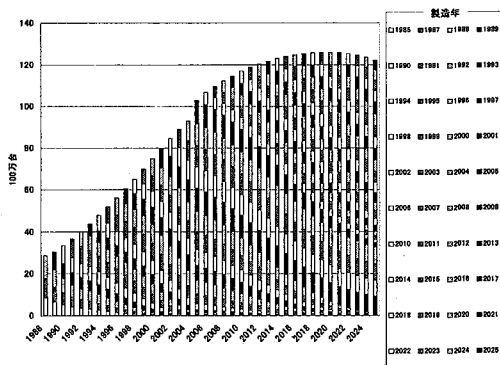


図-6 エアコンの製造年別保有台数予測

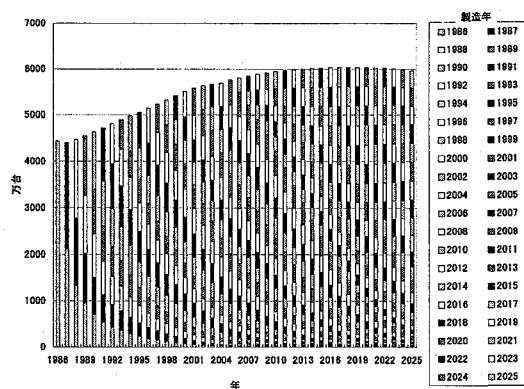


図-7 冷蔵庫の製造年別保有台数予測

4. エアコン

エアコンの使用時の消費電力については、標準モデルとして2.8kW級の機器を想定し、過去の実績として業界団体や省エネルギーセンターが提供している標準データ、日本冷凍空調工業会が公表しているデータに加え、将来については、(財)エネルギー総合研究所が発表している超長期エネルギービジョン2100⁹⁾に記載されているロードマップの2030年、2050年の省エネ目標値を用い、修正指数曲線により近似曲線を求め、1995年から2006年までは観測値として得られたデータを用い、その他の年の年間消費電力は推計値を用いるものとした。(図8)。

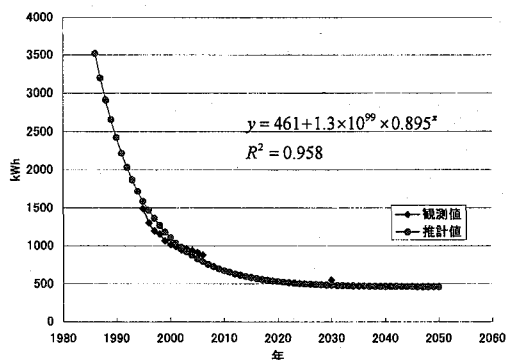


図-8 エアコンの年間消費電力の推計

5. 冷蔵庫

近年、冷蔵庫の機器のサイズは大きくなる傾向がある。そのため、サイズの増大による使用時の消費電力量への

影響を考慮すべきである。また、地球温暖化係数の高い代替フロンからノンフロン冷蔵庫への市場の移行も考慮することが必要である。本研究ではその二点を考慮するために、サイズ変遷の推計では過去の各社主力冷蔵庫の平均内容を省エネルギー便覧より引用し上限を500Lとした修正指数曲線よりもとめた。しかし、乖離が大きくなったため、近時曲線を2通りで求め、将来の予測と過去のデータを得られなかった年度の年間消費電力を推計した。観測データが得られた年はそのまま観測データを用いることとした(図9)。ノンフロン冷蔵庫の移行では2002年以降の市場への投入と環境省データ⁹⁾参照より2010年にノンフロン冷蔵庫が冷蔵庫の全出荷台数の90%になるとしてロジステック曲線より推計を行った(図10)。

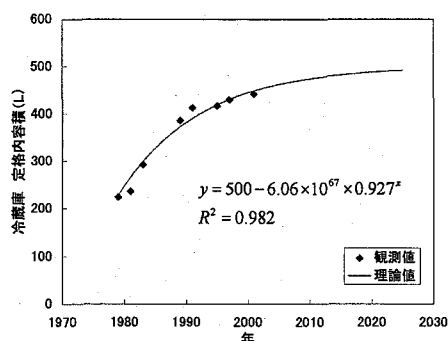


図-9 推計による冷蔵庫のサイズ変遷に関する推計

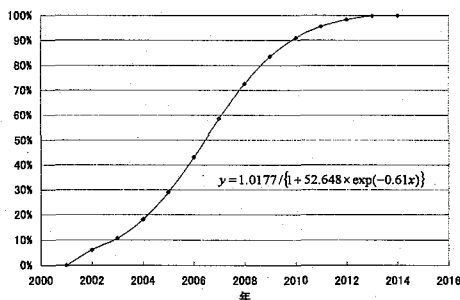


図-10 ノンフロン冷蔵庫の全出荷台数に対する占有率の推計

過去の実績については日本冷凍空調工業会が公表しているデータ、将来については及び総合エネルギー調査会省エネルギー基準部会電気冷蔵庫等判断基準小委員会中間とりまとめ¹⁰⁾を参考にし、2030年・2050年の値を算出、それを用いて修正指数曲線を求め欠損年と過去の値・将来値について推計した。しかし、過去の推計値としては、求めた近似曲線ではその乖離が多であったため、乖離が起こり始めた1991年以前のデー

タから過去の年間消費電力の値を求め、同様に将来値においても2005以降のデータから年間消費電力の値を推計した(図11)。

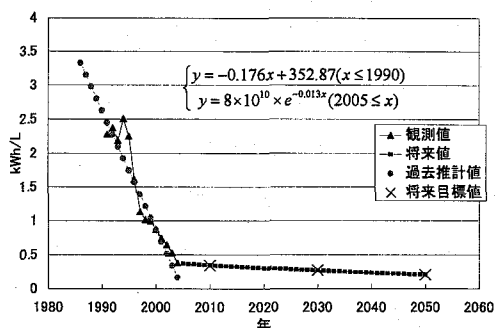


図-11 冷蔵庫の年間消費電力の推計

6. 結論

これまでに求めてたエアコン、冷蔵庫の各年次別の台数に、LCAでもとめた製造、使用、廃棄におけるCO₂排出量を乗じることで、各年次別のCO₂排出量を求めることができる。その結果以下の図12、13に示す。エアコンでは、通常の場合におけるCO₂排出量は2025年で約48Mtに対し、買い替え促進ケースでは約30Mtとなり、33.1%の削減となる。冷蔵庫では、CO₂排出量は2025年でノンフロン冷蔵庫を含めない通常ケースでは約4.7Mtに対し、買い替え促進ケースでは約4.8Mtとなり、2.1%増となった。ノンフロン冷蔵庫を考慮した通常ケースでは約4.4Mtとノンフロン冷蔵庫を考慮しない通常ケースに比べ6.7%削減でき、買い替え促進ケースでは約4.5Mtとノンフロン冷蔵庫を考慮した場合の通常ケースと比べ0.4%の増加となった。

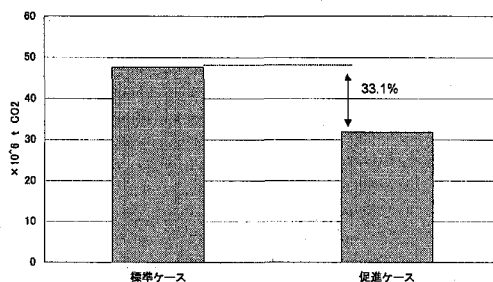


図-12 エアコンのCO₂排出量予測(2025年)

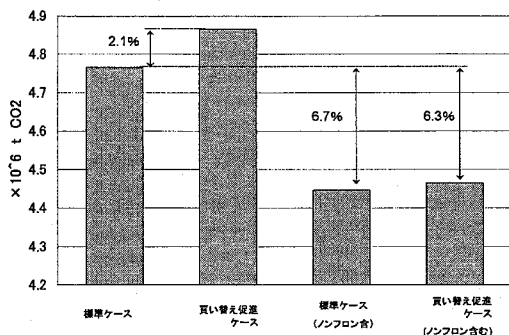


図-13 冷蔵庫のLCO₂排出量予測(2025年)

7. まとめ

将来にわたるエアコン、冷蔵庫の発生台数の予測を行い、LCAを用いることで、将来にわたるCO₂排出量を算出した。また、買い替え促進ケースとして生存率を短くし、買い替え頻度を多くしたケースのCO₂排出量の算出も行った。その結果、2025年には買い替え促進ケースは標準ケースに比べ、エアコンでは33.1%のCO₂排出量削減が見込まれることがわかった。冷蔵庫のケースではノンフロン型冷蔵庫を加味せずに標準ケースと買い替え促進ケースを比較すると2.1%の増加となることがわかった。これは将来にわたる年間消費電力の低下が小さく、製造・廃棄に伴うCO₂排出負荷年間消費電力の低下で削減されるCO₂排出量が買い替え促進によって増加する製造・廃棄によるCO₂排出量を上回ったためである。ノンフロン型冷蔵庫を加味した場合、加味しなかった場合に比べ、標準ケースで6.7%のCO₂排出量の削減が見込まれた。今回の研究ではエアコン、冷蔵庫の2品目についての結果を求めたが、現状として家庭における主要家電であるテレビもまた重要となることは明確である。またテレビではサイズの変遷が生じることもあるためその点も踏まえて今後の課題をあげると下記ようになる。

- ・テレビ等、対象家電の増加
- ・エアコン、テレビの待機電力の考慮
- ・サイズや機種変遷の考慮
- ・より実態に即した電力消費量の反映
- ・感度分析
- ・フロンや素材の変化の考慮

買い替えを促進させるためには、消費者への適切な情報提供が必要である。今回の結果は、2050年を目標に

CO₂排出量を現在より半減させるという長期目標を達成しうる意味で、重要な貢献をすると考える。ただし、買替行動においては、環境面でのメリットのみで消費者すべてが行動を誘発されるわけではないため、同時に経済的メリットが消費者側に容易に情報提供されることも必要となる。なお、今回は電力消費量が多く、かつエネルギー消費効率の改善の大きいトップランナー方式の家電2種をとりあげたが、同じような機器に洗濯機、電動ボット、食器洗い機などが考えられる。これらの機器に関しても同様の分析が可能である。

参考文献

- 1) 中野勝行・成田暢彦・青木良輔：静脈系LCAを用いた家電リサイクル法による地球温暖化防止効果の定量化，第16回廃棄物学会研究発表会講演論文集，廃棄物学会，pp222～224，2005。
- 2) (財)省エネルギーセンター：省エネルギー便覧，pp140-141，2005。
- 3) 中野勝行・青木良輔・成田暢彦・八木田浩史：LCAによる家電リサイクル法の評価検討，第二回日本LCA学会研究発表会講演要旨集，2007。
- 4) 財団法人 製造科学技術センター：インパース・マニファクチャリングフォーラム調査研究報告書，pp24～52，2002
- 5) 国立社会保障・人口問題研究所：日本の世帯数の将来推計(全国推計)，2003。
- 6) 田崎智宏・小口正弘・亀屋隆志・浦野紘平：使用済み耐久消費財の発生台数の予測方法，廃棄物学会論文集 Vol. 12 No. 2 pp49-58，2001。
- 7) 田崎智宏・寺園淳・森口祐一：耐久消費財の使用年数分布の調査方法と家電製品・パソコンの保有属性別使用年数，第14回廃棄物学会研究発表会講演論文集，2003。
- 8) (財)エネルギー総合研究所：超長期エネルギービジョン2100，2006。
- 9) 環境省：代替フロン等3ガスの排出量推計方法について <http://www.env.go.jp/council/06earth/y060-24/ref03.pdf>
- 10) 総合エネルギー調査会：省エネルギー基準部会電気冷蔵庫等判断基準小委員会中間とりまとめ，経済産業省，2006。
- 11) 花岡達也：温暖化抑制対策としてのフルオロカーボン類の回収の評価，エネルギー・資源，vol. 22，No. 1，pp91～96，2001。
- 12) 社団法人 産業環境管理協会，LCA実務入門，pp59～74，1988。

Forecasting Estimation of Effect of Green House Gas Reduction by spreading the Replacement of Energy-saving Home Appliances

Tomoyuki MISHIMA and Toru MATSUMOTO

In this research, the effect of greenhouse gas reduction through the replacement of energy-saving home appliance was calculated by using Life Cycle Assessment method. Because of relative higher energy consumption and higher potential on energy saving improvement, the air conditioner and the refrigerator were chosen for prediction, and LC-GHG by type of machine according year of manufacture were calculated. Furthermore, the population balance model of machinery were formed for predicting of GHG causing by air conditioned and refrigerator till 2025.

Scenario analysis was performed under two scenarios: the standard case and promoting the replacement case. As a result, LC-GHG by promoting the replacement case can be reduced by 33.1% with air conditioners and 6.7% with the refrigerator comparing to standard cases at 2025.