

CO₂ 排出量を指標とした電・熱複合供給システムの構成に関する研究

Research on solar battery with hot water supply complex system configuration in which CO₂ emissions are index

鮎澤優輔 *¹
Yusuke AIZAWA

黒澤剛志 *²
Takesi KUROSAWA

霜越俊明 *²
Toshiaki SIMOKOSHI

谷 辰夫 *³
Tatsuo TANI

Abstract

It is necessary to reduce the CO₂ emission. Especially, the CO₂ exhaust in the home increases, so we have to take measures to reduce the CO₂ exhaust. The solar battery is effective as the means to reduce the CO₂ exhaust in the home. However, the solar battery is only able to reduce CO₂ when electricity is generated. In the home, a lot of energy is necessary for supplying hot water. It is necessary to reduce the CO₂ exhausted here. To reduce the CO₂ exhaust from home, the cogeneration system is researched. However, other technologies have progressed. (Solar water heater, Heat pump etc) It is necessary to examine the amount of the CO₂ exhaust in the system that integrates these technology and solar battery. In this thesis, we thought about the 5 kinds of system configuration that combined the solar battery with the system of supplying hot water. And, considered it by using the simulation that what kind of system configuration reduces CO₂ emissions most possible.

キーワード：太陽光発電、給湯、複合システム

Keywords : photovoltaic, Hot water supply, hybrid system

1. はじめに

日本全体から排出される温室効果ガス排出量を1990年度比で6%削減するという義務を定めた京都議定書の締約期間に入した。しかし、日本全体から排出される温室効果ガスの排出量は2006年時点において1990年と比較して6.2%増加しており、京都議定書の義務を達成するためには、合計で12.6%近くの温室効果ガス排出量を削減しなければならない。京都議定書において削減の対象となっている温室効果ガスのうち、排出量の大部分を占めるガスはCO₂である。本論文ではこれ以後CO₂排出量に関して論ずる。

CO₂は化石燃料をエネルギー源としたエネルギー消費時に発生する。日本で消費されるエネルギーのうち、46%のエネルギーを消費するのが産業部門である^[1]。エネルギー消費量を抑制しCO₂排出量を削減するためには、エネルギー消費量が多い産業部門におけるエネルギー消費量を削減する事が効果的である。しかし、産業部門で消費されるエネルギーが日本全体で消費されるエネルギー量に占める割合は終戦直後の1965年に62.5%であったが、2003年には46.4%へと低下している。これは、オイ

ルショック以後に急速に発展した省エネルギー技術の進歩や、産業構造の転換といった事による。つまり、産業部門は省エネルギー対策、CO₂排出量削減対策が進んでいる部門なのである。

これに対して、日本全体で消費されるエネルギー量に占める家庭部門で消費されるエネルギーの割合は終戦直後の1965年に9.9%であったが2006年度には14.5%へと増加している。

家庭で消費されるエネルギーの主な用途は、動力・照明他が37%、給湯が28%、暖房が25%である^[2]。このうち、動力・照明で消費されるエネルギーを削減する対策として太陽光発電の活用が有望である。しかし、太陽光発電を設置しただけでは家庭から排出されるCO₂排出量を大きく削減する事は難しい。

本研究では、太陽光発電の他に給湯の省エネルギー化にも着目した。家庭における給湯の省エネルギー化技術として、コージェネレーション技術に関する研究が豊富である^{[3][4]}。しかし、ヒートポンプ技術の向上等により、コージェネレーション技術以外の可能性が広がっている。本論文では、限定された条件下であるが、一般家庭に太陽光発電設備と合わせて導入した場合、CO₂排出量を効果的に削減する事が可能な給湯システム構成に関して、シミュレーションを用いて求めた結果を報告する。

*¹ 諏訪東京理科大学院生 (〒391-0292 長野県茅野市豊平 5000-1)

E-mail : tani@rs.suwa.tus.ac.jp

*² 諏訪東京理科大学卒研究生

*³ 諏訪東京理科大学教授

(原稿受付：2009年4月1日)

2 システム構成

本研究では、一般住宅に設置し電力供給と給湯を行う5種類のシステム構成を想定した。これらのシステムは現在の技術で実現する事が可能なシステム構成である。現在の技術で実現可能なシステム構成に限定した理由として、エネルギー供給システムの寿命が比較的長く、一つの設備が10年単位で利用される事が挙げられる。エネルギー供給システムは機器の寿命が長い。システム構成を現在の技術で実現することが出来るものに限定したとしても、機器の世代交代により社会として技術の恩恵を受けることが出来るまでには10年単位の時間を要する。このため、現在開発中の技術を論ずる事は現実的な対策になりにくいと考へ、適応する技術水準を現在の技術に限定した。

次に、想定した5種類のシステム構成に関して解説する。

a ガス温水器・系統連系システム (Gas System)

Gas Systemはガス温水器と電力系統により構成される。Gas Systemでは、ガス給湯器を用いて給湯を行う。電力負荷へは系統より買電した電力を供給する。このシステムは、CO₂排出量削減対策が施されていないシステム構成を想定した。

b ガス温水器・太陽光発電・系統連系システム (PV System)

PV Systemは、ガス温水器、太陽光発電システム、電力系統により構成される。PV Systemでは、ガス温水器を用いて給湯を行う。電力負荷へは太陽光発電出力を供給する。電力負荷に対して、太陽光発電出力が不足した場合には、系統を介して買電する。電力が余った場合には、系統に売電する。本システムの太陽光発電定格を3kW、太陽電池アレイ面積を20m²と想定した。

c 太陽熱温水器・太陽光発電・系統連系システム (SC System)

SC Systemは、太陽熱温水器、ガス温水器、太陽光発電システム、電力系統により構成される。SCシステムでは、日中に太陽熱温水器を用いてお湯を沸かし蓄湯槽に蓄える。給湯負荷に対しては、蓄湯槽よりお湯を供給する。給湯負荷に対して、蓄湯槽残量が不足した場合には、ガス温水器を使用して給湯を行う。電力負荷に対しては、太陽光発電を使用して電力を供給する。電力負荷に対して、太陽光発電出力が不足した場合には、系統を介して買電する。電力が余った場合には、系統に売電する。シミュレーションにおいて、本システムの太陽熱温水器の設置面積を4m²、太陽光発電定格を2.2kWと想定した。これらの合計設置面積は、他のシステム構成における太陽光発電アレイ面積と同一の20m²と想定した。

d ヒートポンプ・太陽光発電・系統連系システム (HP System)

HP Systemは、ヒートポンプ給湯システム(エコキュートを想定)、太陽光発電システム、電力系統により構成される。HP Systemでは太陽光発電出力を電力負荷へ供給する。電力負荷に対して、太陽光発電出力が不足した場合には、系統より買電する。太陽光発電出力に対して電力が余る場合、過去一ヶ月間の同一曜日における給湯負荷履歴を考慮しヒートポンプを稼働し電力をお湯として貯湯槽に蓄える。給湯負荷履歴以上に太陽光発電出力がある場合、系統を介して売電する。給湯負荷に対して、貯湯槽内の熱残量が不足した場合には、系統より買電した電力でヒ

ートポンプを稼働し給湯を行う。本システムの太陽光発電定格を3kW、太陽電池アレイ面積を20m²、ヒートポンプ定格を5kWと想定した。

e 燃料電池・太陽光発電・系統連系システム (FC System)

FC Systemは、家庭用燃料電池システム、太陽光発電システム、電力系統により構成される。FC Systemでは、燃料電池は電力負荷に追従して運転し、系統への売電は行わない。ただし、過去一ヶ月間の同一曜日における給湯負荷履歴を考慮し、貯湯槽に蓄えられた熱量が、過去の需要平均を超えているならば運転を停止する。太陽光発電を用いて発電もおこなう。電力負荷が燃料電池の定格出力を超えた場合、太陽光発電出力があればそれも使用する。太陽光発電出力を加えても不足する場合には、系統より買電する。電力負荷に対して、燃料電池出力で足り、おりなおかつ太陽光発電出力が余る場合には、太陽光発電出力を売電する。燃料電池発電時に発生した熱は回収し蓄湯槽に蓄える。給湯負荷へは蓄湯槽よりお湯を供給する。給湯負荷に対し、蓄湯槽残量が不足している場合には、小型のガス温水器を使用して給湯を行う。本システムの太陽光発電定格を3kW、燃料電池定格を1kW、太陽電池アレイ面積を20m²と想定した。

3 システム構成要素

本章では、前章で解説した5種類のシステムを構成するシステム構成要素の詳細に関して述べる。

3.1 太陽光発電システム

本研究では、太陽光発電システムを構成する太陽電池セルの種類として多結晶Si型太陽電池を想定した。

太陽電池アレイの出力は式(1)を用いて算出した^[5]。

$$P = n * [1 - \alpha (T - T_0)] * I * S * K \dots (1)$$

式(1)において、P:太陽光発電システム出力[kWh]、 α :多結晶Si温度変化係数、T:外気温度[°C]、T₀:基準温度[°C]、I:1時間当たりの日射量[kWh/m²]、S:太陽電池アレイ面積[m²]、n:太陽電池アレイの変換効率、K:パワーコンディショナにおけるエネルギーロス、太陽電池モジュールの温度上昇による発電効率低下、太陽電池モジュール表面の汚れによる日射量の減少等を考慮した統合補正係数である^[6]。本研究では、これらのパラメータについて、 α を-0.004、T₀を25°C、nを15%、Kを0.771とした。太陽光発電システムは住宅の屋上に設置するものとし、方位を南向き、傾斜角度を30度に設置するとした。

3.2 ヒートポンプ

ヒートポンプは自然冷媒ヒートポンプ式電気給湯機(エコキュート)型を想定した。ヒートポンプを用いて給湯を行う場合の消費電力は式(2)より算出した。

$$Q = \frac{L}{APF} \dots (2)$$

式(2)において、Q:消費電力[kW]、L:熱負荷[kW]、APF:年間給湯効率^[7]である。年間給湯効率とは、1年を夏期・中間期・冬期・

冬期高温・着霜期の5つの区間で区切り、各期間内で期間で定められた給湯条件で給湯を行った場合の給湯効率より算出された年間平均の給湯効率である。本研究では、APFを2009年1月時点のメーカーカタログより3.0と想定した^[8]。

3.3 燃料電池システム

燃料電池は固体高分子型燃料電池を想定し、燃料電池の燃料は都市ガス13Aを使用する。燃料電池におけるエネルギー変換効率は、新エネルギー財団を中心に行われている大規模実証試験により取得された実測値より、年間を通じての発電効率を30.1%、熱回収効率を42.2%とした^[9]。燃料電池の電力定格出力は1kWhとした。シミュレーションにおいて、燃料電池は瞬時に起動・停止が行われるものと想定した。

3.4 ガス温水器システム

ガス温水器は潜熱回収型を想定し、燃料としては都市ガス13Aを使用する。ガス温水器の熱回収効率は一年を通じて95%とした^[10]。

3.5 太陽熱温水器

本研究では、太陽熱温水器として自然循環式太陽熱温水器を想定した。システムにおいて、集熱部は平板型集熱器とし想定集熱量計算には式(3)を用いた^[11]。

$$Q_C = \{F_R(\tau\alpha)_e I - F_R U_L(\theta_i - \theta_o)\} A_C \dots (3)$$

式(3)において、 Q_C :集熱量[W]、 I :集熱面全日射量[W/m²]、 $(\tau\alpha)_e$:有効透過率吸収積、 F_R :集熱器熱除去係数、 U_L :集熱器総合熱損係数[W/m²・K]、 A_C :集熱面積[m²]、 θ_w :平均集熱温度[K]、 θ_i :集熱器入口流体温度[K]、 θ_o :外気温度である。本研究では、太陽熱温水器として自然循環式を想定した。式(3)における各種パラメータは $F_R(\tau\alpha)_e$ を0.77、 $F_R U_L$ を5.0W/m²・Kとした^[11]。太陽熱温水器は住宅の屋上に設置するものとし、方位を南向き、傾斜角度を30度に設置するとした。

3.6 蓄湯槽

蓄湯槽の蓄熱槽容量は250リットル、負荷への給水温度は65℃とした。蓄湯槽のエネルギー貯蔵効率は年間を通じて一時間あたり95%一定とした。

4 シミュレーション条件

本研究では、各システム構成から排出される年間合計CO₂排出量を、1時間毎1年間にわたるシミュレーションにより算出した。次に、シミュレーション条件について示す。

4.1 負荷条件

本研究では、関東地区における実測値を参考に1時間毎1年間の電力負荷パターンと給湯負荷パターンを作成した^[12]。Fig.1に負荷パターンの一例として、春の負荷パターンを示す。このパターンにおいて、電力負荷は一日を通じて大きく変化しない。給湯負荷は夕方方にピークが来るのが特徴的である。負荷パターンの作成にあたり次の条件に従い負荷パターンを作成した。

・熱電比の異なる3種類の負荷パターン

本研究で想定した5種類のシステム構成のうちFCシステムはコージェネレーションシステムである。コージェネレーションシステムでは、システムの熱電比と負荷の熱電比が一致している場合、高いエネルギー変換効率を達成する事が出来る。

本研究では、電力負荷と給湯負荷の年間合計エネルギー消費量を10000kWhに固定し、負荷の熱電比がFC Systemと一致する1.4、電力負荷量と給湯負荷量が同じ1、熱電比がFC Systemと逆の0.7の3種類に変化させシミュレーションを行った。表1に各熱電比における年間合計エネルギー消費量を示す。

・月毎の負荷消費率

日本には四季がある。このため、住宅における月ごとのエネルギー消費量は季節により変化する。本研究では、新エネルギー財団が実施した「定置型燃料電池 大規模実証試験」より取得された年間合計エネルギー消費量に対する月毎のエネルギー消費率を負荷に適応した^[9]。

Fig.2に年間合計エネルギー消費量に対する月毎のエネルギー消費量を示す。Fig.2より、本研究で想定した負荷パターンは夏季において電力消費量と熱消費量が乖離が大きくなる傾向にある。これは、夏季において、エアコンによる電力消費が増大するのに対し、気温が高いため給湯需要が低下するためである。

Table.1 Annual total loading dose

| Thermoelectric ratio | Total electric power load[kWh/year] | Total heat load[kWh/year] |
|----------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| 1.4 | 5833 | 4167 |
| 1 | 5000 | 5000 |
| 0.7 | 4167 | 5883 |

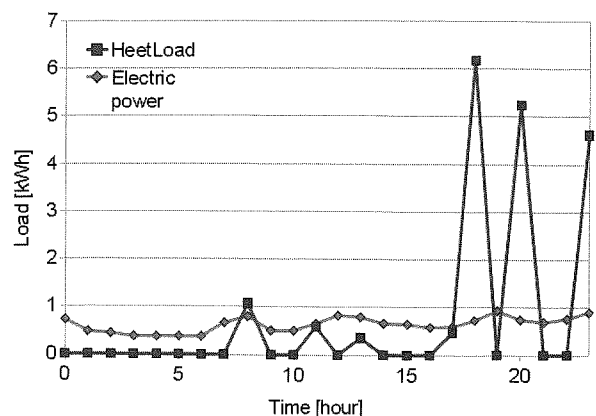


Fig.1 Example of load (Spring)

¹ 燃料改質を含む変換効率である。

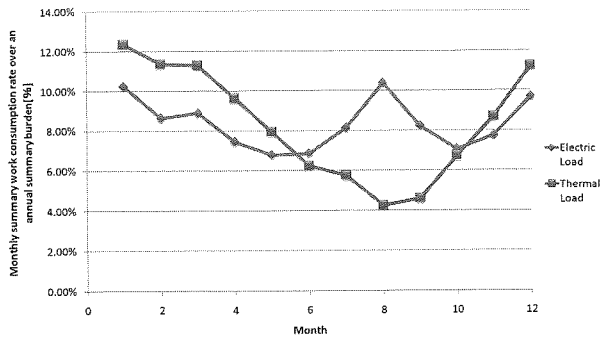


Fig.2 Monthly summary work consumption rate over an annual summary burden

4.2 環境条件

太陽電池アレイ、太陽熱温水器の出力計算には、日射情報と外気温情報が必要である。本研究では、METPV-3より東京地点、平均年における傾斜面全天日射強度(方位:真南、傾斜角:30度)と外気温を取得した^[13]。

4.3 CO₂ 排出量算出方法

本研究では、システム内で消費されたエネルギーを発生するために排出されたCO₂排出量を算出し比較した。CO₂排出量の算出には式(4)を用いた。

$$O = \sum_n^i (E_i * U_i) - (PvU * Sold) \dots (4)$$

式(4)において、O:システム内で消費されたエネルギーを生成するために排出されたCO₂排出量、E_i:エネルギー種別毎のエネルギー消費量、U_i:消費したエネルギー源におけるCO₂排出係数、PvU:太陽光発電におけるCO₂排出係数[kgCO₂/kWh]、Sold:太陽光発電された電力のうち売電した電力量[kWh]である。

CO₂排出量の算出に用いたエネルギー種別ごとのCO₂ 排出係数を表2 に示す^{[14][15][16]}。表2において、電力系統から供給される電力のCO₂排出係数は0.2 kgCO₂ /kWh から0.7kgCO₂/kWhまで可変とした。これは、電力系統から供給される電力のCO₂排出係数が電力系統の電源構成により年度毎に変動しているためである。単年度だけの値を参考にシステムからのCO₂排出量を算出したとしても、電源構成が変動し電力系統から供給される電力のCO₂排出係数が変化した場合には実情を示した値にならない。本研究では、この値を可変とする事で、それぞれの電源構成に対するCO₂ 排出量を算出した。

Table.2 CO₂ emission factor

| Energy source | CO ₂ emission factor |
|-----------------------|---------------------------------|
| Town gas | 2.21kgCO ₂ /m3 |
| PV | 0.045kgCO ₂ /kWh |
| Electric power system | 0.2~0.7kgCO ₂ /kWh |

5 結果と考察

5.1 システムと年間合計CO₂ 排出量の比較

Fig.3に負荷の熱電比が1.4におけるシステム構成毎の年間合計CO₂ 排出量を、Fig.4に負荷の熱電比が1におけるシステム構成毎の年間合計CO₂ 排出量を、Fig.5に負荷の熱電比が0.7におけるシステム構成毎の年間合計CO₂ 排出量を示す。Fig.3、Fig.4、Fig.5において、横軸は電力系統から供給される電力のCO₂ 排出係数、縦軸はシステムから排出される年間合計CO₂ 排出量である。

Fig.3、Fig.4、Fig.5より、システム構成により年間合計CO₂ 排出量が異なることがわかる。また、電力系統から供給される電力のCO₂ 排出係数が変化するとCO₂ 排出量が最少となるエネルギー供給システムのシステム構成が変化する事がわかる。表3に電力系統から供給される電力のCO₂ 排出係数が変化した場合、各システム構成が5種類のシステム構成の中で年間合計CO₂ 排出量が最少となる電力系統から供給されるCO₂ 排出係数の値域を示す。

表3において、電力系統から供給される電力のCO₂ 排出係数を0.2kgCO₂~0.7kgCO₂と変化させた場合、年間合計CO₂ 排出量が最少となるシステム構成は大部分の領域でHP SystemかSC Systemである。このうち、電力系統から供給される電力のCO₂ 排出係数が0.32~0.42kgCO₂/kWh以下の場合、HP Systemが年間合計CO₂ 排出量が最少となるシステム構成である。逆に、電力系統から供給される電力のCO₂ 排出係数が0.32~0.42kgCO₂/kWh以上の場合、SC Systemが年間合計CO₂ 排出量が最少となるシステム構成である。

電力系統から供給される電力のCO₂ 排出係数に影響を受けて、年間合計CO₂ 排出量を最小にする事が出来るシステム構成が入れ替わる原因として、給湯時における電力系統への依存率が考えられる。HP Systemの場合、給湯はヒートポンプを用いて電力を消費して行われる。このため、電力系統から供給される電力のCO₂ 排出係数が小さく、電力を多量に消費してもCO₂ の排出が少なくなる領域において有効であると考えられる。対して、SC Systemでは、太陽熱温水器だけで給湯負荷を賄いきれない場合、都市ガスを用いて給湯を行う。このため、電力系統から供給される電力のCO₂ 排出係数が高く電力を消費した場合、CO₂ 排出量が増加する領域において有効な領域となつたと考えられる。

熱電比とシステム構成の関係に関しては、熱電比が低下するほど、電力系統から供給される電力のCO₂ 排出量の変化に対して、SC Systemが有効な値域が広がった。これは、熱電比が低下し電力消費量が増加した場合、電力を消費せずに給湯を行う事が出来るSC Systemの有効性が増したためと考えられる。

熱電比が異なる3種類の負荷に対するシミュレーション結果それぞれにおいて、FC Systemを用いた場合にCO₂ 排出量が最少となる領域は小さいという結果を得た。FC Systemは太陽光発電システム、燃料電池システムを設置した複雑なシステムである。複雑なシステムにも関わらず、CO₂ 排出量が大きく削減されない原因として、本論文ではシステムからのCO₂ 排出量を算出した事

が考えられる。本論文においてCO₂ 排出量はシステム内部で消費されるエネルギーを発生させる場合に排出されるCO₂ のみを算出した。FC Systemでは、他のシステムに比べて多くのエネルギーを発生される。しかし、電力会社との契約上、FC Systemが発電した電力は売電出来ない、夕方や夜における風呂用の給湯に向けて日中からお湯を蓄えなければならないなどの制約により負荷とシステム出力が一致しない。このため、システム出力の多くを外部に売電する事となりエネルギーの自家消費率が低下している。FC Systemのように、外部へのエネルギー出力が多いシステムからのCO₂ 排出量を評価するためには、家庭向けの排出権取引等の評価方法が必要である。

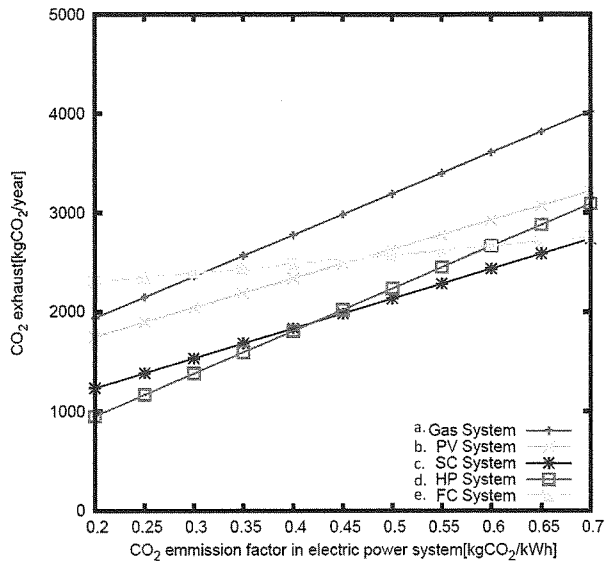


Fig. 3 Annual summary CO₂ emissions (Thermoelectric ratio 1.4)

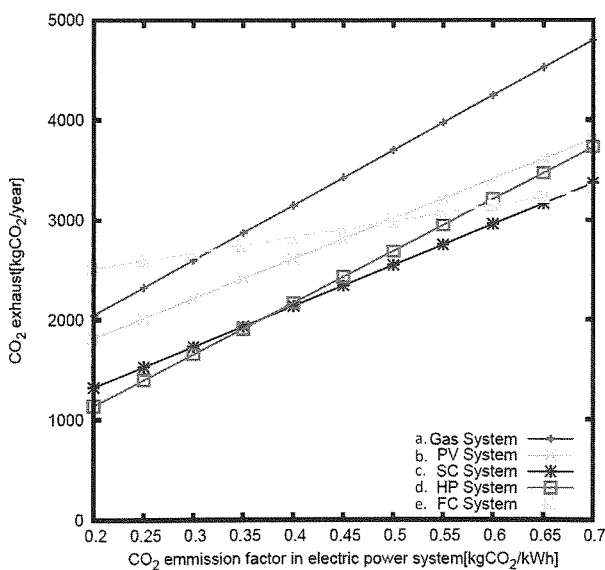


Fig. 4 Annual summary CO₂ emissions (Thermoelectric ratio 1)

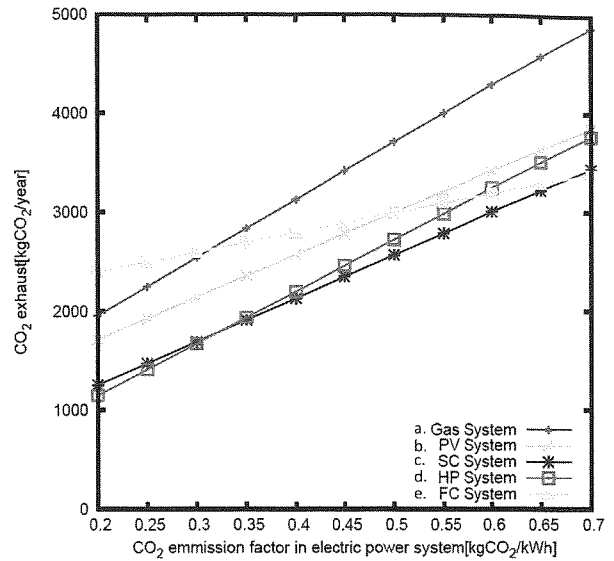


Fig. 5 Annual summary CO₂ emissions (Thermoelectric ratio 0.7)

Table 3 The range where CO₂ emissions serve as the minimum

| Thermoelectric ratio | The range of CO ₂ emission factor of the power supplied from an electric power system [kgCO ₂ /kWh] | | |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|
| | HP System | SC System | FC System |
| 1.4 | 0.2~0.42 | 0.42~0.7 | - |
| 1 | 0.2~0.37 | 0.37~0.7 | - |
| 0.7 | 0.2~0.32 | 0.32~0.68 | 0.68~0.7 |

5.2 基準年におけるCO₂ 排出量との比較

前節で示したシミュレーション結果より、京都議定書の義務を達成する事が可能なシステム構成、システムから排出されるCO₂ 排出量を50%削減する事が可能なシステム構成を読み取る。前節で論じたように、熱電比が変化した場合においても、各システム構成から排出される年間合計CO₂ 排出量の全体的な傾向は大きく変化しない。これ以降は3種類のシミュレーション結果を代表して熱電比0.7のシミュレーション結果を用いて考察する。

・基準年におけるCO₂ 排出量

CO₂ 排出量の削減目標は、1990年を基準年とし、基準年からの削減率で議論される。本論文では、熱電比0.7のシミュレーション結果に対して、基準年度において電力系統から供給された電力のCO₂ 排出係数を適応した場合の年間合計CO₂ 排出量をCO₂ 排出量比較の基準として用いる。

Fig. 6に熱電比0.7のシミュレーション結果に対し、基準年度からCO₂ 排出量が12.6%、50%削減できる領域を書き込んだ図を示す。Fig. 6に対して、基準年度における電力系統のCO₂ 排出係数を適応し、基準年度におけるGas System年間合計CO₂ 排出

量を算出する。基準年度における、電力システムのCO₂排出係数は表4より0.38kgCO₂/kWhである。Fig. 6において、電力システムのCO₂排出係数が0.38kgCO₂/kWh時における年間合計CO₂排出量は3007kgCO₂/yearである。これ以降、CO₂排出量比較の基準としてこの値を使用する。

・京都議定書が達成可能な領域

Fig. 6にCO₂排出量を基準年から12.6%削減可能な領域を示す。京都議定書で定められた日本のCO₂排出量削減義務は6%である。しかし、基準年から今日までの間に日本全体におけるエネルギー消費量は増加しており、これに伴いCO₂排出量も増加している。CO₂排出量を基準年と比較した場合、CO₂排出量は6.6%増加しているのが現状である(2007年時点)。このため、京都議定書の目標を達成するためには、基準年の排出量より12.6%の削減が必要である。

2007年度において、電力システムから供給された電力のCO₂排出係数は0.425kgCO₂/kWhである。基準年である1990年度において電力のCO₂排出係数は0.38kgCO₂/kWhであるので排出係数が増加している。これは、地震や事故等のトラブルにより原子力発電所の運転が停止し、電力システム側の電源構成が変化したためである。

Fig. 6より、2007年度においてはSC SystemかHP Systemを用いることにより京都議定書を達成する事が可能である。また、電力システムから供給される電力のCO₂排出係数が2007年度の値よりわずかに低下し、約0.4kgCO₂/kWh程度になればPV Systemを用いても京都議定書の義務を達成する事が出来る。電力システムから供給される電力のCO₂排出係数がさらに低下し0.3kgCO₂/kWh程度に達すると、Gas SystemとFC Systemを用いても京都議定書の義務を達成する事が出来る。以上の結果より、本研究で想定した全てのシステム構成において京都議定書の目標を達成する事は可能である。しかし、どのようなシステム構成を取ればよいかは電力システムから供給される電力のCO₂排出係数、つまりは電力システムの電源構成に依存する。

Table.4 The system configuration in a base year

| Benchmark year | 1990 |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Town gas | Gas System |
| CO ₂ emission factor of the power supplied from an electric power system | 0.38kgCO ₂ /kWh |
| Criterion CO ₂ emissions | 3007kgCO ₂ /year |

・基準年よりCO₂排出量を50%削減可能な領域

2050年度を目途にCO₂排出量を50%削減するという目標が世界的な共通目標になりつつある。Fig. 6にCO₂排出量を50%削減可能な領域に関して示す。Fig. 6より、CO₂排出量を50%削減可能なシステム構成はSC SystemかHP Systemのみとなる事がわかる。また、これらの両システムを用いたとしても電力システムから供給される電力のCO₂排出係数が0.27kgCO₂/kWh以下にならな

ければ目標を達成する事は出来ない。この結果より、システムから排出される年間合計CO₂排出量を半減させるためには、太陽光発電だけで無く、給湯を省エネルギーで行うための対策も必要である。更に、家庭に設置するシステム構成だけで無く、電力システムの電源構成もCO₂排出量が少ない構成に変更する必要がある。

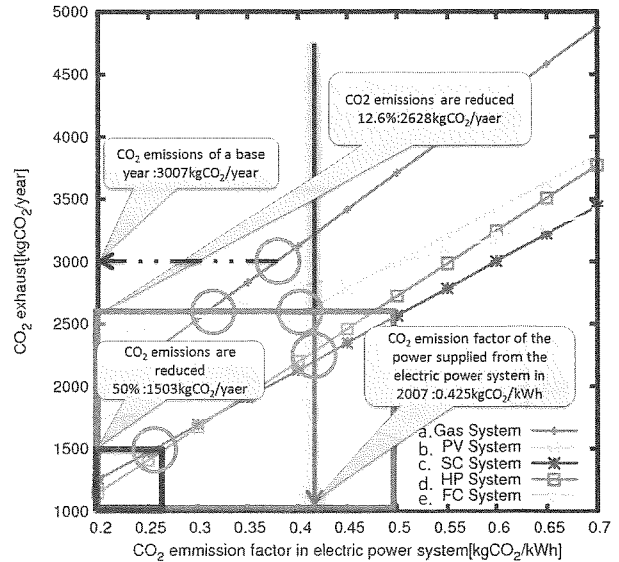


Fig. 6 The region in which goal attainment is possible

6 まとめ

本研究では、家庭に設置する電力供給システムと給湯システムのシステム構成に関して、5種類のシステム構成を想定し、それぞれのシステム構成から排出される年間合計CO₂排出量を、シミュレーションを用いて定量的に算出した。本論文の結果として次の事が明らかになった。

1. 本研究で想定した条件下では、HP SystemかSC Systemが年間合計CO₂排出量を最小にする事が出来るシステム構成となった。
2. 家庭に設置するシステム構成と同様に電力システムから供給される電力のCO₂排出係数も家庭から排出される年間合計CO₂排出量に影響を与える。
3. 電力システムから供給される電力のCO₂排出係数によっては、本研究で想定した5種類全てのシステム構成において、京都議定書の義務を達成する事が可能である。
4. システムから排出されるCO₂排出量を50%削減する事を目指した場合、HP SystemかSC Systemを用いなおかつ、電力システムから供給される電力のCO₂排出係数を現状の値よりも大幅に低下させる必要がある。

本研究で得られた結果より、現状の技術や社会的な仕組みを

用いて京都議定書の義務を達成することが可能である事が明らかになった。しかし、京都議定書の次を見据えた更に厳しいCO₂排出量規制を目指した場合、現状の技術、社会的な枠組みでは目標を達成することは難しいという事も明らかになった。

今後のCO₂排出量抑制対策としては更なる技術的発展、社会的な枠組み再構築が必要となる。本研究では、一般家庭に設置するシステム構成によりCO₂排出量を大幅に削減するシステム構成を求めた。しかし、家庭に設置するシステム構成だけでは削減可能なCO₂排出量には限りがある。更に多くのCO₂排出量を削減するためには電力系統の電源構成を含めて電力システム全体のシステム構成を考えなければならない。このためには、再生可能エネルギーといった今以上にコストの高い電源、原子力といったリスクの高い電源の使用も必要となると考えられる。これらの電源を使用するには、電力受給者ひいては社会としての合意が必要となる。

地球温暖化問題に対処するためには、個別技術のみの対策では不十分である。電力を使用する全ての者が電力システムを俯瞰しバランスの取れたエネルギー戦略を持つことが必要である。

参考文献

- 1) 日本エネルギー経済研究所計量分析ユニット (編), 図解エネルギー・経済データの読み方入門, p. 61, 省エネルギーセンター, 改訂版, 2004, 図1-3-2 日本の最終エネルギー消費部門別シェアの推移
- 2) 資源エネルギー庁, エネルギー白書2006 年度版, 【第212-2-4】世帯当たりのエネルギー消費量と用途別エネルギー消費の推移, 2006
- 3) 桶真一郎, 見目喜重, 滝川浩史, 榊原建樹, 太陽光・熱/コージェネシステムのCO₂排出量に与えるシステム運転法の影響, P930-937, 電気学会論文誌B 125 巻10号, 2005
- 4) 浅野浩志, 高橋雅仁, 西尾健一郎, 民生用コージェネレーション普及による需給両面におけるCO₂排出変化の分析, P987-993, 電気学会論文誌B 127 巻9号, 2007
- 5) 谷辰夫, 平田陽一, 安藤静敏, 関口直俊, 21世紀のクリーンな発電として太陽電池改訂版- 原理から応用まで, p. 49, パワー社, 2008
- 6) 新エネルギー財団, 都道府県別kW当たりの年間発生電力量と年間売電電力量 (10年間), <http://www.solar.nef.or.jp/josei/h18-07.pdf>, 2006
- 7) 社団法人日本冷凍空調工業会, Jraia [社団法人日本冷凍空調工業会] 家庭用ヒートポンプ給湯機
<http://www.jraia.or.jp/product/heatpump/performance02.html>, 2009
- 8) ダイキン工業株式会社, ダイキンエコキュート | k 型ラインアップ | ダイキン工業株式会社,
<http://www.daikinaircon.com/sumai/alldenka/ecocute/itiran/index.html?p=snaveiq>, 2009
- 9) 経済産業省資源エネルギー庁燃料電池推進室長遠藤健太郎, 平成19年度 定置用燃料電池 大規模実証試験報告会資料, 新エネルギー財団, 2008
- 10) 東邦ガス, 潜熱回収型給湯器 エコジョーズ,
http://www.tohogas.co.jp/press/414_2.html, 2009
- 11) 田中俊六, 省エネルギーシステム概論- 21世紀日本のエネルギーシステムの選択, p. 195, オーム社, 2003
- 12) (社) 日本建築学会住宅内のエネルギー消費量に関する調査研究委員会, 用途別総エネルギー消費量 (2003年調査結果),
<http://tkkankyo.eng.niigata-u.ac.jp/HP/HP/database/japan2/index.htm>, 2003
- 13) 日本気象協会, 太陽光発電のための基礎データとして有用な標準気象データのご案内, <http://www.jwa.or.jp/content/view/full/1947/>, 2009
- 14) NEDO, 太陽光発電システムのCO₂削減効果試算の前提条件,
<http://www.nedo.go.jp/nedata/16fy/01/h/0001h001.html>, 2009
- 15) 東京ガス株式会社, 都市ガスの熱量・圧力・成分,
http://home.tokyo-gas.co.jp/userguide/userguide_06.html, 2009
- 16) 東京電力グループ, サステナビリティレポート2008, 2008, p. 38