

炭素税及びエネルギー税導入下での 戸建て住宅用太陽光・熱／大気熱システムの最適構成

Optimum Structure of Photovoltaic/Solar Heat/ Air Heat System for a House
under Carbon and Energy Taxes.

見 目 喜 重*¹
Yoshishige KEMMOKU

中 川 重 康*¹
Shigeyasu NAKAGAWA

榊 原 建 樹*¹
Tateki SAKAKIBARA

Abstract

This paper treats a photovoltaic/solar heat /air heat system for a detached house. Optimum structure of the system is so decided that an annual total cost of the system is minimum. The annual total cost is sum of costs of equipment installed(oil fan heater, gas heater, air conditioner, PV array, solar collector and heat pump), fuel cost, carbon and energy taxes. Input energy to the system and CO₂ emission from the system are calculated as a function of carbon and energy taxes, production rate of PV array being parameter(7, 10, 1000 MW/y).

The main results of a production rate of 10 MW/y are as follows : heat pump as well as PV array is installed when the carbon tax is higher than 160×10^3 yen/t-C, and PV array is installed when the energy tax is higher than 5×10^3 yen/Gcal, and input energy decreases from 20 to 13 Gcal when the carbon tax increases from 80 to 100×10^3 yen/t-C, and CO₂ emission decreases remarkably when carbon tax increases from 140 to 160×10^3 yen/t-C.

Keywords : 太陽光・熱／大気熱システム, 戸建て住宅, 炭素税, エネルギー税, PVアレイの
コスト, 最適構成

1. はじめに

筆者らは、これまでに、民生部門における化石エネルギー消費の削減を目的に、自然エネルギーを利用する太陽光・熱／大気熱システムの戸建て住宅への設置を提案してきた⁽¹⁾⁽²⁾。このシステムでは、化石エネルギー消費やCO₂排出量は大きく減少するものの、従来のシステムに比べて、現状では、年間経費が大幅に増大する。

化石エネルギー消費やCO₂排出量を抑制するためには、原子力や水素をエネルギー源にすればよいというハード的な考え方がある一方、エネルギー税や炭素税の導入といったソフト的な考え方がある。これらの税制は、北欧諸国を中心に一部導入されている^{(3)~(5)}。

例えば、スウェーデンやノルウェーでは、 $\$120 \sim \$160/t-C$ ⁽³⁾の炭素税が施行されている。

太陽光・熱／大気熱システムの重要な構成要素であるPVアレイに関し、今後、その効率は上昇し、コストが大幅に低下することが期待されている⁽⁶⁾⁽⁷⁾。

こうしたことを背景として、本研究では、将来的なPVアレイのデータを用いて、戸建て住宅用太陽光・熱／大気熱システムの最適構成に、炭素税及びエネルギー税の導入がどのような影響を与えるかを検討する。また、これらの税制が最適システムの投入エネルギー及びCO₂排出量削減効果にどのように影響するのかを検討する。

2. システムの概要

2.1 モデル住宅の概要

モデル住宅として、現在新築されている平均的な戸建て住宅(1世帯4人家族用の4LDK2階建て住宅、

* 原稿受付 平成8年5月10日

*¹ 会員 豊橋技術科学大学工学部

(〒441 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1)

屋根面積 100m²)を取り挙げた。住宅の1階床部分は 42mm 厚、外壁・内壁及び2階天井部分は 50mm 厚のグラスウールで断熱し、窓は通常の一重ガラス窓とした。床部分の熱貫流率は 0.82 kcal/m²・h・K、外壁・内壁及び天井部分のそれは 0.69 kcal/m²・h・K とした⁽¹⁾⁽²⁾。

2.2 エネルギー負荷

一般住宅におけるエネルギー負荷には、暖房、冷房、給湯、電力負荷の4種類がある。これらの負荷の値は、住宅の設計条件や外気温・日射量などの気象条件により変化する。

モデル住宅の冷暖房時間は、リビングは7～23時、居室の2部屋は7～9時及び17～23時とした。また、冷房は設定温度を27℃、期間を6～9月、暖房は設定温度を20℃、期間を11～3月とした。給湯は主に入浴に使うものとし、その出湯時を毎日19時、出湯量を500ℓ、給湯温度を50℃とした。

このような負荷設定を行い、愛知県豊橋市の1987年の気象条件を用いて、年間のエネルギー負荷をシミュレーションから計算した⁽²⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾。その結果を表1に示す。なお、電力負荷は文献(10)を参考にした値である。エネルギー負荷の中で最も大きいのが暖房負荷であり、全負荷の半分近くを占める。ついで給湯、電力、冷房負荷の順になっている。

表1 戸建て住宅のエネルギー負荷(年間値)

Type of load	Consumption[Mcal]	Remarks
Heating	7,973 (45.4%)	Set temp.:20 °C
Cooling	1,088 (6.2%)	Set temp.:27 °C
Hot-water	6,054 (34.5%)	Set temp.:50 °C
Electric	2,432 (13.9%)	= 2,742 kWh

2.3 エネルギー供給機器

一般住宅では、各エネルギー負荷に対して、化石エネルギー(灯油、ガス、系統電力)、太陽エネルギー(太陽光発電、太陽熱)、大気熱(大気熱、冷房排熱)からのエネルギー供給が考えられる。

これらのエネルギー源と負荷との組み合わせ(システム構成)は、使用する機器によって、様々なものが考えられる。本研究では、各負荷に対して表2に示す機器を利用するものとする⁽¹⁰⁾。表中の石油ファンヒーター、ガス給湯器、ヒートポンプの最大サイズは、その機器だけでその負荷を賄う場合に、モデル住宅の負荷設定で必要となる最大値である。また、PVアレイ及び集熱器は設置できる面積の上限値である。

表2 エネルギー供給機器及びその最大値

Type of load	Energy supply equipment	Max size
Heating	Oil fan heater	13.3 kW
	Heat pump (Air conditioner)	13.3 kW
Cooling	Air conditioner	9.4 kW
	Heat pump (Air conditioner)	9.4 kW
Hot-water	Gas heater	23.2 kW
	Heat pump (Water heater)	1.8 kW
	Solar collector	40.0 m ²
	Heat storage tank	0.5 m ³
Electric	Photovoltaic array	40.0 m ²

2.4 将来的なPVアレイデータ

発電用太陽電池として多く使用されている多結晶型太陽電池の変換効率、価格、設備エネルギーは、今後、年間生産量の増大に伴って変化していくとされている⁽⁶⁾⁽⁷⁾。本論文では、1994年を基準(7MW/y:ケース1)として、太陽電池の年間生産量が10MW/y(ケース2)、100MW/y(ケース3)のときのPVアレイの性能を、文献を参考に表3のように想定した⁽⁴⁾⁽⁵⁾。なお、価格及び設備エネルギーの値の中にはインバータ及び架台の値も含まれている。

太陽電池に対して、石油ファンヒーター、ガス給湯器などの他のシステム機器は、これまでにかかなり普及しており、多くの改良やコスト低減がなされてきた。そのため、今後大きな技術革新や価格低下は期待できない。そこで、本研究では、太陽電池に関するデータのみが、将来、変化するものとした。

表3 PVアレイの効率及びコストの予測

	Case1	Case2	Case3
Production rate [MW/y]	7	10	100
Efficiency [%]	10.0	12.5	13.8
Cost [yen/Wp]	770	480	275
Equipment energy [Mcal/Wp]	22.6	15.7	8.5

3. 炭素税及びエネルギー税

エネルギー・環境問題への対応をより強力に推進させるためには、公的な介入が必要となる。この公的な介入(環境政策)には、法規制による手段と市場メカニズムを利用した経済政策による手段とがある。経済政策の中には、環境税、補助金、課徴金などがある。これらの中で、環境税は特定産業だけではなく社会全

体に働く効果があるとされ、北欧では一部導入され、またECを中心に積極的な導入が検討されている^{(3)~(5)}。本研究では、環境税の中から炭素税及びエネルギー税という2つの税制を取り挙げる。

炭素税は、化石エネルギー消費に伴って排出されるCO₂の削減を目的としている。CO₂の単位排出量に対して税率を決定し、課税する。

エネルギー税は、化石エネルギー消費の削減を目的としている。石油、ガスなどの化石エネルギーに対して単位エネルギー量または単位消費量当たりの税率を決定し、課税する。

本研究では、炭素税及びエネルギー税の単価を変化させながら、太陽光・熱／大気熱システムの最適構成を経済性の観点から決定し、システムの投入エネルギー（化石エネルギー消費）等の削減効果に与える影響を検討する。

4. システムの評価

4.1 投入エネルギー

システム全体で必要とする化石エネルギーには、システムの運転に必要な燃料エネルギー E_f と、システム機器の製造に必要な設備エネルギー E とがある。これらの1次エネルギーレベルでの和が、投入エネルギー E である。

エネルギー負荷 L_i に対してエネルギー源 j から S_{ji} のエネルギーを供給するシステムでは、燃料エネルギー E_f は(1)式ようになる。

$$E_f = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^3 E_{ji}, \quad E_{ji} = \frac{1}{k_{ji}} S_{ji} \quad (1)$$

ここで、

E_{ji} : エネルギー源 j から負荷 i へ供給する1次エネルギー

k_{ji} : エネルギー源 j から負荷 i へエネルギーを供給する際の効率

i = 負荷形態の種類

(1: 暖房, 2: 冷房, 3: 給湯, 4: 電力)

j = エネルギー源の種類

(1: 灯油, 2: ガス, 3: 系統電力

4: 太陽光, 5: 太陽熱, 6: 大気熱

7: 冷房排熱)

この燃料エネルギーは、システム構成により大きく変化するため、年間シミュレーション⁽¹⁾⁽²⁾により計算する。シミュレーションでは、まず、システム構成や冷暖房の運転スケジュールを入力し、年間の気象データ（愛知県豊橋市）を読み込む。次に、1時間ごとのエネルギー負荷と、これに必要な供給エネルギーを

求める。続いて、太陽熱集熱量・太陽光発電量を求め、蓄熱槽と各部屋の温度及び系統電力を計算する。こうした計算から、年間の各エネルギー源からの供給量を求める。

設備エネルギーの計算には、積み上げ法を用いる⁽²⁾⁽¹²⁾。この方法では、設備エネルギーを素材、製造、輸送エネルギーの3つに分類して計算する。

素材エネルギーは、素材重量とその素材のエネルギー原単位との積とする。製造エネルギーは文献に無い場合には、素材エネルギーの30%と仮定する。輸送エネルギーは、製品重量に輸送時のエネルギー原単位⁽¹²⁾と輸送距離⁽¹³⁾との積とする。

表4に耐用年数を考慮して求めた各機器の年当たりの設備エネルギーを示す。

表4 システム機器の設備エネルギー及びCO₂排出量（年間値）

Equipment	Equipment energy	CO ₂ emission
Oil fan heater	29.60 Mcal/kW	3.03 kg-C/kW
Gas heater	9.83 Mcal/kW	1.00 kg-C/kW
Air conditioner	23.16 Mcal/kW	2.03 kg-C/kW
Solar collector	13.30 Mcal/m ²	1.15 kg-C/m ²
Heat storage tank	276.0 Mcal/m ³	27.2 kg-C/m ³
Heat pump air	23.16 Mcal/kW	2.03 kg-C/kW

4.2 CO₂排出量

各々のシステム機器のCO₂排出量は、燃料エネルギーに伴う排出量 D_f と設備エネルギーに伴う排出量 D_e との和 D である。

D_f は、使用する化石エネルギーに依存する。石炭、灯油、ガスについては、燃料の炭素重量比と発熱量とからCO₂排出原単位を求める。系統電力のCO₂排出原単位については、現在の発電構成に基づき求める⁽²⁾。

CO₂排出原単位と(1)式とからシステムの運転に伴うCO₂排出量 D_f は(2)式のように表せる。

$$D_f = \sum_{i=1}^4 u_i \left\{ \sum_{j=1}^3 E_{ji} \right\} \quad (2)$$

ここで

u_i : エネルギー源 j のCO₂排出原単位

D_e は、設備エネルギーから計算する。

これら2つの値の和を表4に示す。

4.3 経費

システム全体としての年間経費 C は使用機器の年間コストの総和 $\sum C_{ek}$, 使用エネルギー源の年間燃料費の総和 $\sum C_{ij}$, 炭素税 C_{CT} , エネルギー税 C_{ET} との和である。

$$C = \sum_k C_{ek} + \sum_j C_{ij} + C_{CT} + C_{ET} \quad (3)$$

炭素税はシステムの運転及びシステム機器の製造時に排出される CO_2 両方に課税することとする。エネルギー税についても同様に、燃料エネルギーと設備エネルギーとの1次エネルギーレベルでのエネルギー消費量に対して課税することとする。炭素税単価を T_C , エネルギー税単価を T_E とすると炭素税及びエネルギー税は以下になる。

$$C_{CT} = T_C \cdot (D_f + D_E) \quad (4)$$

$$C_{ET} = T_E \cdot (E_f + E_E) \quad (5)$$

各機器の年間経費 C_{ek} は、定価(カタログ値)に年利 5%を考慮した資本回収係数を乗じ、耐用年数の間、毎年一定額を支払うものとして、算定する。その一例を表5に示す。

表5 各機器の経費(年間値)

Equipment	Annual cost
Solar collector	3,300 yen/m ²
Heat storage tank	31,300 yen/m ³
Gas heater	650 yen/kW
Oil fan heater	1,630 yen/kW
Heat pump	9,800 yen/kW
Air conditioner	7,800 yen/kW

5. 最適システムの決定方法

表2に示すような機器を用いて表1に示すような負荷を賄う際、種々のシステム構成が考えられる。これらのシステムは、①時々刻々変化するエネルギー負荷を賄うようエネルギー供給を行う、②PVアレイの面積 A_P と集熱器の面積 A_C との合計値は 40m² (屋根面積の40%) 以下とする、という条件を満足しなければならない。すなわち、

$$L_i = \sum_j S_{ij} \quad (6)$$

$$A_P + A_C \leq 40 \quad (7)$$

これらの制約条件を満足し、経費を最小にするシステム構成を最適システムとする。その目的関数は次式と

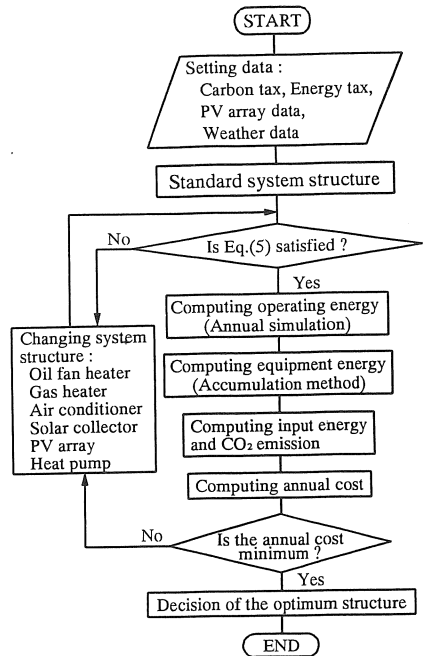


図1 最適システム決定のフロー・チャート

なる。

$$\min C = \sum_k C_{ek} + \sum_j C_{ij} + C_{CT} + C_{ET} \quad (8)$$

暖房に石油ファンヒーター、冷房にエアコン、給湯にガス給湯器を用いる従来型システムを基準として、システム構成を変化させることによって最適システム構成を求める。そのフロー・チャートを図1に示す。

まず、炭素税単価及びエネルギー税単価、PVアレイデータ及び年間の気象データを入力する。次に、従来型システムを出発点とし、投入エネルギー及び CO_2 排出量を計算する。設備エネルギーは積み上げ法、運転エネルギーは年間シミュレーションにより計算する。これらの値に炭素税及びエネルギー税を課税した経費を計算し、経費が最小になるまでシステム構成を変化させる。

6. 最適システム

6.1 炭素税導入下での最適システム

炭素税を 0 から 240千円/t-Cまで変化させて求めた最適システムの冷暖房及び給湯機器を図2に、PVアレイ・集熱器面積を図3に示す。図3及び6において、白いマークはPVアレイ面積を、黒いマーク是集熱器面積を表している。図2、3から以下のことが分

かる。

ケース1では税額によらず集熱器が設置され、PVアレイは設置されない。また、炭素税 160千円/t-C以上では暖房にHPが利用される。ケース2では炭素税 100千円/t-C以上でPVアレイが経済的なメリットを持ち、集熱器に加えて設置される。さらに炭素税が上昇し、160千円/t-C以上になると、暖房・給湯にHPが利用される。給湯にHPを利用する場合、集熱器は設置されず、PVアレイだけが設置される。ケース3では炭素税 80千円/t-C以下では集熱器とPVアレイとが設置され、100千円/t-C以上ではケース2の160千円/t-C以上の場合と同じように、PVアレイのみが設置され、暖房・給湯にHPが利用される。

このように、炭素税の場合、税額を高くしたときにHPを利用したシステムの導入促進効果があることが分かる。また、PVアレイが経済的にペイしないケース2のような段階では、税額を上昇させることによりPVアレイの導入を促進させる効果がある。

これらのシステム構成で負荷へ供給されるエネルギーの割合を図4に示す。炭素税が低いときには、暖房に石油ファンヒーターが利用されるシステム構成となり、灯油の供給割合が高くなっている。炭素税が上昇しPVアレイが導入されると（ケース2：炭素税 100～14

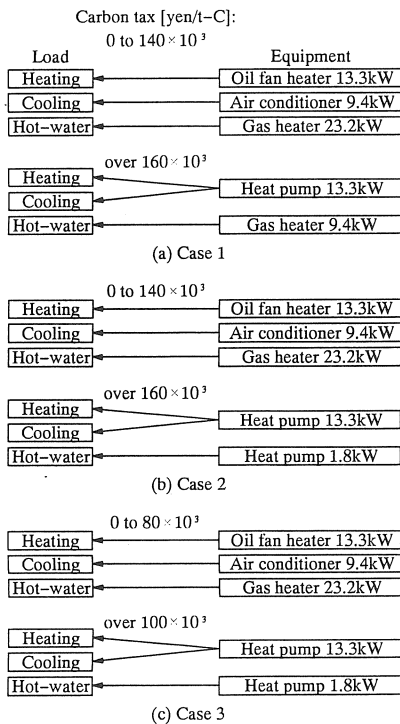


図2 炭素税導入下での最適システムの機器の定格

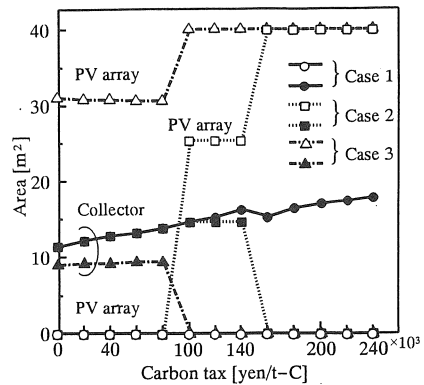


図3 炭素税導入下での最適システムの太陽電池・集熱器面積

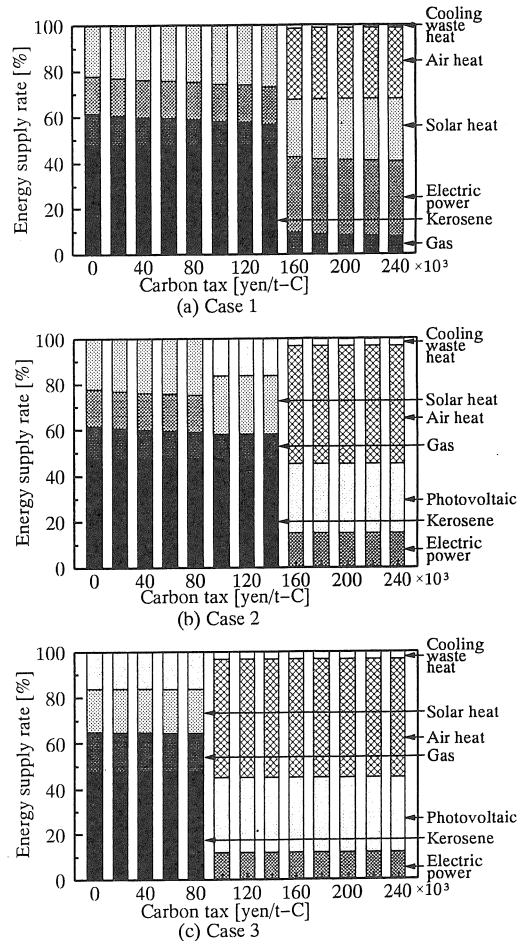


図4 炭素税導入下での最適システムのエネルギー供給構成

0千円/t-C, ケース3:炭素税 0~80千円/t-C), 太陽光発電量が負荷電力量以上となり, トータルで見た場合, 太陽光発電電力の系統への売電量が系統からの購入電力量を超える。そのため, 系統電力の供給割合が0になる。

さらに炭素税が上昇し, 暖房及び給湯にHPが利用されると(ケース2:炭素税 160千円/t-C~, ケース3:炭素税 100千円/t-C~), 必要な電力量が増大するために太陽光発電電力だけでは不足となる。そのため, 系統電力も供給される。暖房及び給湯にHPが利用されるシステムでは, 大気熱及び冷房排熱も活用される。

6.2 エネルギー税導入下での最適システム

エネルギー税導入下での最適システムを求めた結果として, 冷暖房及び給湯機器を図5に, PVアレイ・集熱器面積を図6に示す。

ケース1では税額によらず集熱器だけが設置される。ケース2ではエネルギー税 6千円/Gcal以上でPVアレイが設置される。ケース3では税額によらずほぼ一定の面積の集熱器・PVアレイが設置される。また, 最適システムでは, 税額によらず, 暖房には石油ファンヒータ, 給湯にはガス給湯器が利用される。

このように, エネルギー税の場合, HPを利用したシステムの導入促進効果はない。また, PVアレイが経済的にペイしないケース2のような段階では, 税額を上昇させることによりPVアレイの導入を促進させる効果がある。

これらのシステム構成で負荷へ供給されるエネルギーの割合を図7に示す。暖房には石油ファンヒータ, 給湯にはガス給湯器が常に利用されるため, どの場合も石油と太陽熱の供給割合が高い。PVアレイが導入されると(ケース2:エネルギー税 6千円/Gcal~, ケース3:エネルギー税 0千円/Gcal~), 太陽光発電量がトータルで負荷電力量より大きくなるため, 系統電力の供給割合が0になっている。

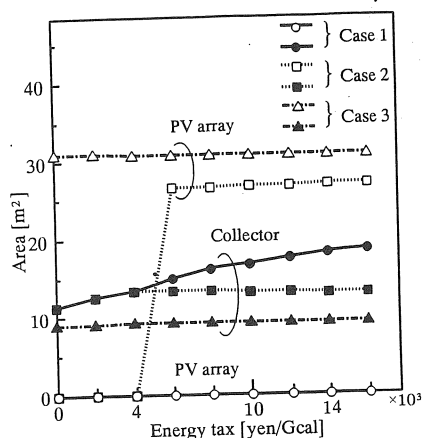
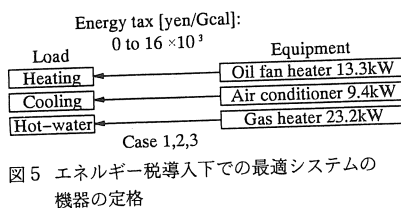


図6 エネルギー税導入下での最適システムの太陽電池・集熱器面積

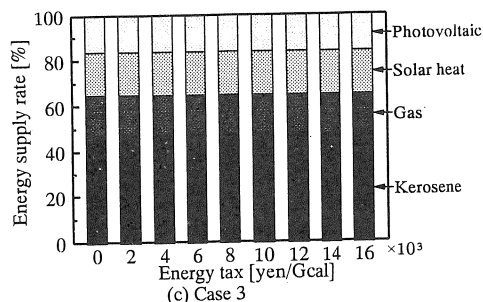
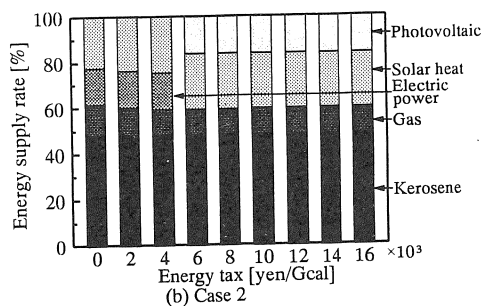
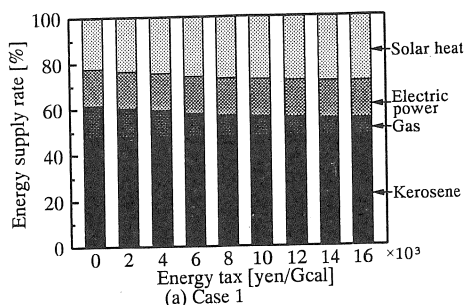


図7 エネルギー税導入下での最適システムのエネルギー供給構成

7. 最適システムの評価

7.1 投入エネルギー

炭素税とエネルギー税とでは税額の単位が異なるため、直接両者の経済的な影響を比較することはできない。両者の従来型システムの年間経費への影響を比較すると、炭素税では 10 千円/t-C で 5.44%，エネルギー税では 1 千円/Gcal で 7.95% 年間経費が上昇する。このことから、炭素税額 10 千円/t-C とエネルギー税額 0.68 千円/Gcal とが需要家に対して同じ経済的な影響を与えることが分かる。

このことに留意しながら、各税額における最適システムの投入エネルギーを比較した結果を図 8 に示す。図中の白いマークは炭素税を導入した場合、黒いマークはエネルギー税を導入した場合の最適システムの投入エネルギーである。横軸の炭素税額とエネルギー税額は、従来型システムの年間経費への影響が等しくなるように合わせてある。

炭素税の場合、税額が高くなったときに HP システムの導入を促進し、投入エネルギーは減少する（ケース 1 及び 2：160 千円/t-C、ケース 3：100 千円/t-C）。また、PV アレイが導入される点（ケース 2：100 千円/t-C）でも、投入エネルギーが大きく減少している。

エネルギー税の場合、PV アレイが導入される点（ケース 2：6 千円/Gcal）で、投入エネルギーが大きく減少している。しかし、それ以外の点では、エネルギー税の導入による投入エネルギーの大幅な削減効果は見られない。

このように、炭素税もエネルギー税もケース 2 では

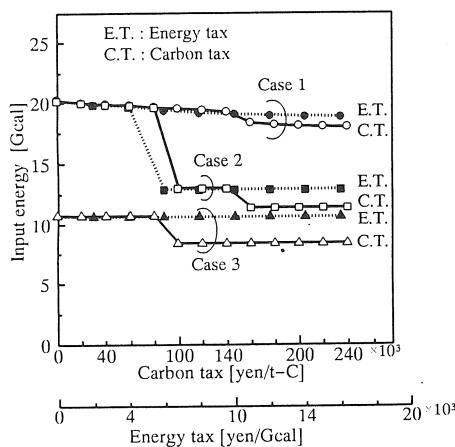


図 8 最適システムの投入エネルギー

PV アレイの導入を促進し、投入エネルギーの削減効果が見られる。炭素税は、さらに HP システムの導入を促進し、より投入エネルギーを削減している。この結果、エネルギー税よりも炭素税の方が投入エネルギーの削減効果が大きくなる。

従来型システムの投入エネルギー（25 Mcal）と比較して、ケース 2 で炭素税を 100 千円/t-C とした場合で 50%，ケース 3 で 160 千円/t-C とした場合で 70%，投入エネルギーを削減できる。

7.2 CO₂ 排出量

図 9 に最適システムの CO₂ 排出量を示す。図中の白いマークは炭素税を導入した場合、黒いマークはエネルギー税を導入した場合の最適システムの CO₂ 排出量である。炭素税に関して見ると、暖房に HP システムが導入される 160 千円/t-C（ケース 1 及び 2）、100 千円/t-C（ケース 3）で CO₂ 排出量は大きく減少している。また、PV アレイが導入される 100 千円/t-C（ケース 2）でも、減少している。エネルギー税に関して見ると、PV アレイが導入される 6 千円/Gcal（ケース 2）でのみ、CO₂ 排出量は減少している。

このように、炭素税もエネルギー税もケース 2 では PV アレイの導入を促進し、CO₂ 排出量の削減効果が見られる。炭素税は、さらに HP システムの導入を促進し、より CO₂ 排出量を削減している。この結果、エネルギー税よりも炭素税の方が CO₂ 排出量の削減効果が大きくなる。

従来型システムの CO₂ 排出量（1.7 t-C）と比較して、ケース 2 で炭素税を 100 千円/t-C とした場合で 60%，ケース 3 で 160 千円/t-C とした場合で 70%，

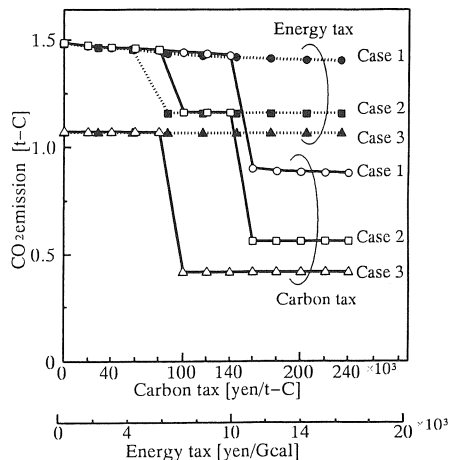


図 9 最適システムの CO₂ 排出量

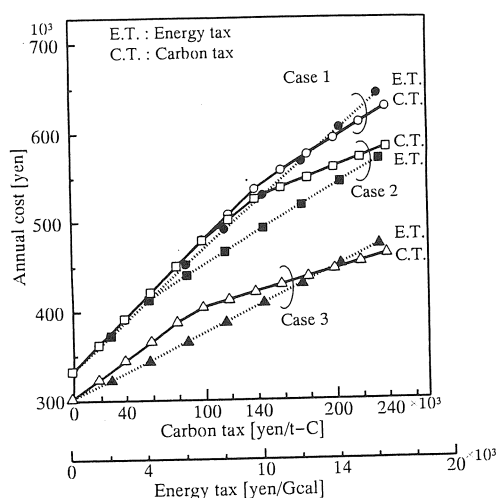


図10 最適システムの年間経費

CO₂排出量を削減できる。

7.3 最適システムの年間経費

図8に最適システムの年間経費を示す。炭素税を導入した場合、システム構成がHPを利用する構成に変化する点(例えば、ケース3の100千円/t-C)で税額に対する年間経費の増加割合が変化している。全体的にはエネルギー税を導入した場合の方が、最適システムの年間経費は若干低めになることが分かる。

8. 炭素税とエネルギー税との比較

以上の結果から炭素税とエネルギー税とを比較すると、炭素税・エネルギー税ともに、PVアレイの経済性が不十分である段階(ケース2)ではPVアレイの導入促進効果を持つ。炭素税はさらに、税額が高くなったときにCO₂排出量の少ないHPシステムの経済性を大幅に改善するため、HPシステムの導入促進効果を持つ。こうした結果、炭素税の方が最適システムの年間経費は若干高めになるものの、投入エネルギー及びCO₂排出量の抑制効果が大きくなる。

9. まとめ

本研究では、将来的なPVアレイの性能やコストのデータを用いて、戸建て住宅用太陽光・熱/大気熱システムの最適構成に、炭素税及びエネルギー税がどのような影響を与えるのかを検討した。また、これらの税制が、システムの投入エネルギー及びCO₂排出量の削減にどのような効果を持つのかを検討した。

炭素税を導入すると、ケース2及び3のときにはHPが設置される。また、ケース2のときには、PVアレイの設置を促進させる効果がある。

一方、エネルギー税を導入すると、HPは設置されないが、ケース2のときにはPVアレイの設置を促進させる効果がある。

このような結果、エネルギー税導入よりも、炭素税導入の方が、投入エネルギー及びCO₂排出量を削減する効果が大きくなる。

これらの削減効果が急激に効いてくる炭素税は、ケース2では160千円/t-C、ケース3では100千円/t-Cである。

参考文献

- (1) 見目, 榊原: 「太陽・未利用エネルギーシステムの一般住宅への導入シミュレーション」, 太陽エネルギー, Vol. 20, No. 4, pp. 15-21, 1994
- (2) 見目, 榊原: 「戸建て住宅の太陽・大気熱活用システムの投入エネルギー及びCO₂排出量」, 太陽エネルギー, Vol. 21, No. 3, pp. 44-51, 1995
- (3) 松尾: 「エネルギー税制の現状と環境税導入の動向」, エネルギー・資源, Vol. 14, No. 5, pp. 6-11, 1993
- (4) A. S. Manne and R. G. Richels: "The EC Proposal for Combining Carbon and Energy Taxes", Energy Policy, Vol. 21, No. 1, pp. 5-12, 1993
- (5) K. Yamaji et al.: "A study on economic measures for CO₂ reduction in Japan", Energy Policy, Vol. 21, No. 1, pp. 123-132, 1993
- (6) 滝川: 「コスト評価と普及予測」, 太陽エネルギー, Vol. 20, No. 1, pp. 36-39, 1994
- (7) 桑野: 「太陽電池を使いこなす」, 講談社, pp. 143-145, 1992
- (8) 榊原 他: 「風力・太陽熱ハイブリッド利用暖房システムのシミュレーション」, 電気学会論文誌B, Vol. 105, No. 9, pp. 70-76, 1985
- (9) 見目 他: 「福祉コミュニティに適した太陽光・熱/風力ハイブリッドシステムの運用とその規模」, 太陽エネルギー, Vol. 18, No. 5, pp. 39-45, 1992
- (10) 谷, 横内: 「系統連系型太陽光発電システムの最適設計」, 電気学会論文誌D, Vol. 111-D, No. 6, pp. 475-481, 1991
- (11) 手塚 他: 「都市におけるエネルギー代替の評価」, エネルギー・資源, Vol. 14, No. 2, pp. 27-33, 1993
- (12) 内山, 山本: 「発電プラントのエネルギー収支分析」, 電力中央研究所報告, Y90015, 1991
- (13) 科学技術庁資源調査会編: 「衣・食・住のライフサイクルエネルギー」, 大蔵省印刷局, 1979