

太陽熱温水器の屋根方位に対する導入確率と省エネルギー効果の期待値

Estimation of the Probability of Adopting Solar Water Heaters Corresponding to Roof Direction and Expectation of Energy Saving Effect

秋澤 淳 *1 佐藤大幸 *2 宮崎隆彦 *3 柏木孝夫 *4
 Atsushi AKISAWA Takayuki SATO Takahiko MIYAZAKI Takao KASHIWAGI

Abstract

It is a fact that installation of solar water heaters is decreasing recently in Japan although it is effective to reduce fossil fuel consumption. To overcome the market difficulties, it is important to understand the behavior of users to adopt solar water heaters. This study aims at estimating the acceptance of solar water heaters based on the users' preference. The optimal setting to maximize solar contribution corresponding to the collector direction was investigated in order to evaluate the reduction of fuel cost because the cost saving influences the acceptance essentially. Estimated function representing the users' preference gave the probability of the acceptance by the area of collectors. Expected substitution of solar thermal energy for city gas used to supply hot water was calculated taking probability distribution over collector areas into account. The result indicates that the probability of the acceptance is about 1%. If the installation cost could be reduced down to half, the acceptance would increase 4 times as much as the present result. It implies that cost reduction or financial support is significantly required to enhance the installation of solar water heaters.

キーワード： 太陽熱温水器, 省エネルギー効果, 節約金額, 屋根向き, 最適設置

Key Words: Solar water heaters, Primary fuel reduction, Cost savings, Roof direction, Optimal setting

1. はじめに

太陽熱温水器は石油ショックを契機として1980年前半には大きく導入が進んだが, その後の石油価格の低下を受けて導入量は減少傾向を続けた。現在の年間導入量はピーク時の1/10程度と低迷している。近年では地球温暖化抑制のために一次燃料消費の抑制が叫ばれており, 太陽エネルギーの有効利用である太陽熱温水器は再度見直されてよい時期にきているといえる。ヨーロッパでは太陽熱利用が急激に拡大しているのに対し, 日本ではまだまだそのような機運が始まっているようにも見受けられない。

そこで筆者らは東京都における太陽熱温水器の導入ポテンシャルを推計することを目標として, 次の三段階の評価を計画した。

第一段階：太陽熱温水器ユーザーが持つ設備投資と節約金額の評価重み（選好関数）を推定する。

第二段階：太陽熱温水器設置方位（屋根方位）に対する最適設置形態を明らかにするとともに燃料削減量の期待値を推定する。

第三段階：GISを用いて実際の屋根方位分布を推定し, ユーザー選好に基づいて導入可能量を推定する。さらに,

具体的な地域を対象にして太陽熱温水器設備コストの低減が導入拡大に与える効果を導く。

本稿は第二段階に対応する。太陽熱温水器の簡易モデルを用いて平板型集熱器の方位に対して設置角度（仰角）を最適化し, 燃料消費削減量の最大値を推定するとともに, ユーザー選好に基づいて集熱器設置方位別に導入確率および省エネルギー効果の期待値を導くことを目的としている。既存研究でも所与の集熱面積に対して方位・設置角の感度分析を行い, 最適な設置による燃料消費代替量を求めた研究⁽¹⁾があるが, それがユーザーの立場から受け入れ可能かどうかの議論はされていない。ユーザーは様々な選好を持つ集団とみなすのが妥当と考えられ, 本研究では社会的に受け入れられる導入量は導入確率に基づく期待値と位置づけた。さらに本研究では, 太陽熱温水器の設備コストの低減が設備導入率や省エネルギー効果に与える影響を定量的に明らかにする。

2. 太陽熱温水器最適設置モデル化の考え方

2.1 モデルの全体像

太陽熱温水器は住宅の屋根面に設置されるため, 集熱器の方位は屋根面に束縛されると考えられる（切妻屋根をまたぐ場合もありうるが, ここでは屋根と同一方向と仮定する）。一方, 集熱器の設置角は屋根面に直接置く場合には屋根の角度と一致することになるが, この角度は架台にのせることによって調整できると考える。

設置角度を大きくすれば夏場の集熱は難しくなるが, 冬場は太陽高度が低くなることから冬季の集熱量は拡大す

*1 東京農工大学大学院共生科学技術研究院教授
 (〒184-8588 東京都小金井市中町2-24-16)
 e-mail: akisawa@cc.tuat.ac.jp

*2 石川島播磨重工業

*3 東京農工大学大学院共生科学技術研究院助教

*4 東京工業大学大学院統合研究院教授
 (原稿受付: 2008年7月3日)

る。一般に住宅における給湯負荷は夏場よりも冬場が卓越することから、給湯器の熱負荷を代替するには設置角度を大きめに取る方が有利に働くと思われる。

対象地域は東京とし、METPV2の一時間ごとの日射量データ、戸建住宅熱負荷データを使用して設置形態に応じた一年間の燃料消費削減量を計算した。なお、通常の屋根置き式太陽熱温水器を想定し、平板型集熱器に200リットルのタンクが設置されているものとした。

2.2 最適化の評価基準

設置方位所与の下における最適化の目的関数は、太陽熱による年間燃料代替量の最大化とした。制御変数は集熱器設置角度であり、目的関数は次式で表される。

$$z = \sum_{t=1}^{8760} Q(t) \rightarrow \text{Max.} \quad (1)$$

3. 太陽熱温水器による集熱の定式化

3.1 集熱の計算方法

太陽熱温水器の集熱シミュレーションには数多くの研究例がある。非定常の集熱プロセスをモデル化した平板型集熱器の解析手法⁽²⁾⁽³⁾、貯湯槽内の温度分布の計算手法⁽⁴⁾、計算機シミュレーションではなく線図を用いた簡易計算法⁽⁵⁾などが提案されている。ここでは精密な挙動を解くことが主要な目的ではないことから、エネルギーバランスに基づく簡易なモデル化した。

屋根置き型の平板型集熱器を想定する。ただし、集熱器およびタンクは一体の系として扱い、内部の熱移動やタンク内の温度分布をシミュレーションすることはせず、熱量バランスのみを考慮してタンク内平均の温水温度を算出した。モデルを図1に示す。計算の方法は次の通りである。

- ①太陽集熱によるタンク内平均温度の上昇を求める
 - ②給湯量を放出し、その分だけ水道水を補給する
 - ③タンク内は一様温度として、温水温度を算出する
- 以上を一時間単位で繰り返し、一年分を計算する。

3.2 給湯負荷

太陽熱温水器へは水道水温で給水され、給湯温度は44°Cと仮定した。給湯負荷は給湯量として与え、熱量ベースの

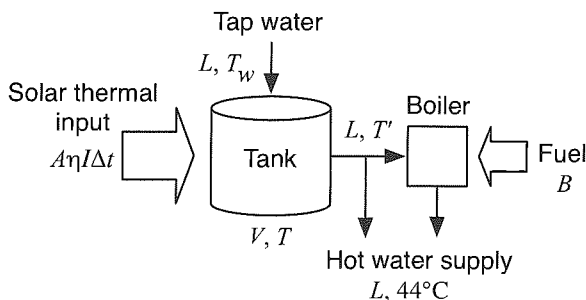


Fig. 1. Model of solar water heating system.

給湯需要からt時間帯の給湯水量を次式で求めた。なお、簡単のため水道水温は時間によらず月毎に一定値とした。

$$L(t) = \frac{D(t)}{\rho C(44 - T_w)} \quad (2)$$

3.3 集熱器・タンクのモデル

集熱効率は一般的な平板型集熱器の性能として次式で記述されるものとした。

$$\eta(t) = \eta_0 - \frac{U(T_m(t) - T_a(t))}{I(t)} \quad (3)$$

集熱器内代表温度 T_m は集熱器入口・出口の平均値であるが、ここでは入口温度を集熱前のタンク内温度 T 、出口温度を集熱後のタンク内温度 T' を用いて次式で近似した。

$$T_m(t) = \frac{T(t) + T_{out}(t)}{2} = \frac{T(t) + T'(t)}{2} \quad (4)$$

集熱器タンク内は十分混合されるものとし、動的な温度上昇は次式で与えた。ここではタンクの放熱は無視した。

$$\rho CV(T'(t) - T(t)) = A\eta(t)I(t)\Delta t \quad (5)$$

(3)~(5)式をまとめて整理することにより、集熱後の温度は次式で表される。

$$T'(t) = T(t) + \frac{A\Delta t}{\rho CV + UA/2} [\eta_0 I(t) - U(T(t) - T_a(t))] \quad (6)$$

各時間帯において温水は集熱後に需要に応じて供給し、タンク内に水道水を補給して規定水量 V が常時貯まっている状態にすると仮定した。補給後のタンク内温度 $T(t+1)$ 時間帯の初期値)は次式で表される。

$$T(t+1) = \frac{(V - L(t))T'(t) + L(t)T_w}{V} \quad (7)$$

以上の集熱システムのモデルを表現するパラメータを表1の通り与えた。

Table 1. Parameters for the solar thermal system.

Parameter	Value	Unit
η_0	0.86	-
U	4.9	W/(m ² K)
V	0.2	m ³
Boiler efficiency	0.8	-

3.4 ボイラ追い焚き熱量

タンク内の温度が44°C以下であればボイラ加熱により44°Cまで昇温するが、44°C以上であればそのまま供給されるものとした。加熱量を次式で算出した。

$$B(t) = \begin{cases} \rho CL(t)(44 - T'(t)) & T'(t) < 44 \\ 0 & T'(t) \geq 44 \end{cases} \quad (8)$$

3.5 燃料費節約額

熱量ベースの給湯負荷から上記の追い焚き熱量を差引くことによって太陽熱が代替した熱量が求められる。

$$Q(t) = D(t) - B(t) \quad (9)$$

年間の代替熱量の合計をボイラ効率80%で除することによって燃料消費量が求められる。さらに燃料単価を乗じて年間節約金額を算出した。ここでは東京を対象地域としているので従来燃料は都市ガス（価格157円/m³）とした。

4. 屋根方位別最適設置角の解析

まず、屋根方位（集熱器方位）それぞれに対し、年間の燃料消費削減量を最大とする最適な設置角を求めた。

4.1 入力データ

(1) 給湯負荷

対象とする住宅規模は東京都における戸建て住宅の平均延べ床面積に相当する126m²とした。給湯負荷は文献データ⁽⁶⁾による床面積あたり原単位に当該面積を乗じ（年間給湯負荷15.8GJ）、12ヶ月の月ごとに分解した上、季節別に代表日の負荷パターンを与えている。計算に用いた夏季・冬季・中間季の時間帯別給湯負荷（年間合計を100%とする各時間帯の比率）を図2に示す。一日あたり給湯需要は2月、8月、10月それぞれ71、19、32MJ/日である。

(2) 傾斜面日射量

日射量はデータベースMETPV2より屋根方位に対する傾斜面日射量のデータ（8760時間分）を与えた。なお、立地点は東京を想定した。

4.2 設置角の感度分析結果

集熱器設置角を変化させて年間燃料削減量を計算し、最適値を探索した。ソーラーシステム振興協会によれば集熱器面積3m²の時の集熱量は6.5GJ/年⁽⁷⁾であるが、本シミュレーションによる同面積の集熱量は6.6GJ/年（南向き、最適角）であった。条件が必ずしも同じではないが、簡易モデルによるシミュレーションであっても典型的な像を描いているといえる。

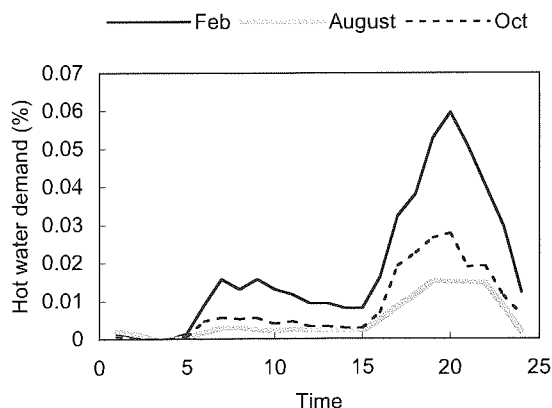


Fig. 2. Daily hot water demand profiles.

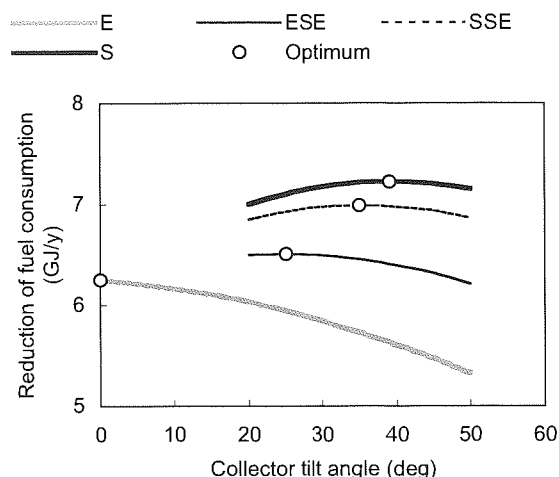


Fig. 3. Effect of collector tilt angle on the annual solar substitution for the collector area of 4 m².

Table 1. Optimal collector tilt angle and heat supply reduction.

Orientation	Optimal tilt angle (deg)	Substitution for boiler (GJ/y)	
		2 m ²	4 m ²
East	0	4.69	6.25
East-South-East	25	4.91	6.51
South-South-East	35	5.30	6.99
South	39	5.49	7.22
South-South-West	37	5.36	7.09
West-South-West	30	4.98	6.66
West	0	4.69	6.25

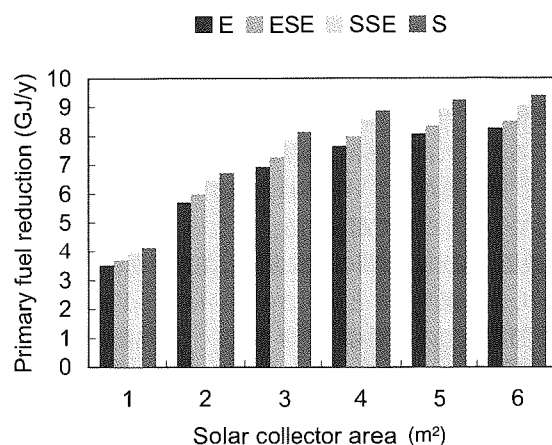


Fig. 4. Effect of solar collector area on the reduction of primary fuel consumption.

集熱器面積4m²の場合について方位別の結果を図3に示す。グラフより削減量を最大にする最適点がある。南向きから東西向きになるにしたがって最適角は小さくなるが、グラフの変化は緩やかであり、最適解周辺でほぼ削減量は同じといえる。なお、南南西、西南西、西向きについては

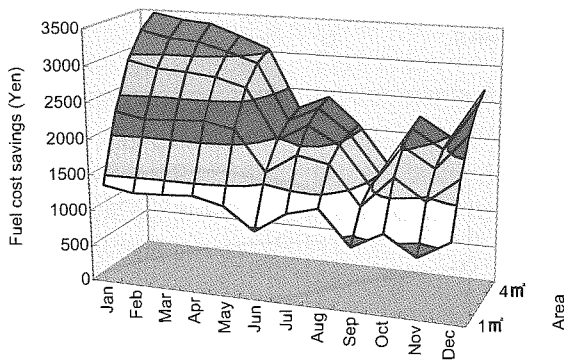


Fig. 5. Monthly fuel cost savings for south orientation.

南南東，東南東，東向きとほぼ同様の値をとる。
 この結果より，集熱器設置方位に対する最適設置角と最大燃料消費削減量は表1の通り得られた（最適角は面積によってわずかに変化する．表中の最適角は4m²に対する値を示す）．設置角のみ調節する最適化の結果，東西方向については水平に設置するのが最適となった．この時，南向きと東西向きの燃料消費削減量には16%の差が生じる．集熱面積を2m²から4m²に増加させても削減効果は1.3倍程度にしか増えず，さらに4m²を5m²に拡大しても効果は4%しか増えない．図5から読み取れるように，面積が拡大するにしたがって熱が余剰となる時期が増えるため，飽和傾向が表れると認められる．

以上の最適角を採用した時に集熱器面積別の都市ガス消費削減量を図4に示す．

4.3 方位別燃料節約金額

南向きについて月別節約金額（都市ガス代削減額）を図5に示す．集熱面積1m²では一年間を通してほぼ一定の節約額となる．集熱面積が拡大すると7月から10月の節約効果は飽和する一方，12月から5月における節約金額は大きく伸びる．これは集熱器設置角が約40°と冬季に適していること，熱負荷が小さい夏季は余剰が発生し削減が頭打ちになってしまうことに起因する．

設置方位別に年間の節約金額と集熱器面積の関係を図6に示した．東西向きと南向きの違いは15～17%と，方位による節約金額の変動幅は大きくない．集熱器面積拡大に対して飽和傾向が見て取れる．最も効果が大きい南向きについて，節約金額は次の推計式がよく当てはまる．

$$S = 33465(1 - \exp[-0.570A]) \quad (R^2 = 0.998) \quad (10)$$

太陽熱温水器のコストを集熱器面積を変数としてカタログから推定したところ，定数項10万円，面積に対する比例係数5万円/m²で概ね表すことができる．したがって，経済性を表す投資回数年数は次式で表される．

$$PBY = \frac{100000 + 50000A}{33465(1 - \exp[-0.570A])} \quad (11)$$

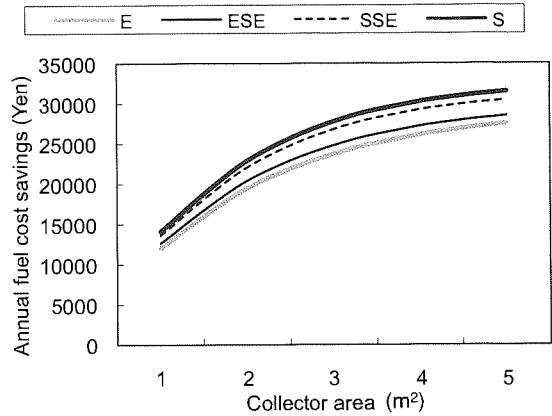


Fig. 6. Effect of collector area on the annual fuel cost savings.

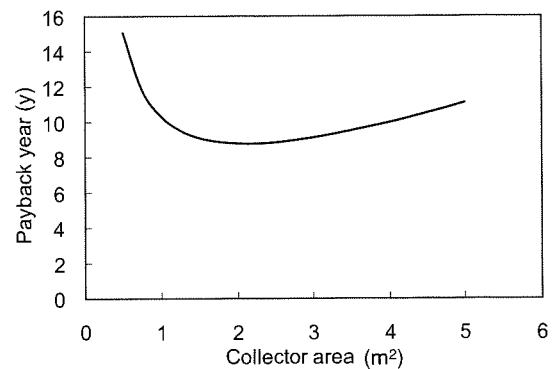


Fig. 7. Payback year of solar water heaters with south orientation.

このグラフを図7に示す．面積が拡大するにつれて回収年数は急速に減少するが，2m²で最小値8.8年をとり増加に転ずる．ただし，グラフより最小値周辺の変化はゆるやかであり，1～3m²の範囲で大きく変わらないことが見て取れる．これより，投資回収年の観点から最も経済的な集熱器サイズを選択するのであれば，現状普及しているものよりも小さめの2m²前後が適切と評価される．

5. 太陽熱による一次エネルギー消費削減効果の評価

5.1 太陽熱温水器ユーザ選好関数

太陽熱温水器に関する第一段階の研究では，全国的なアンケート調査を実施し，太陽熱温水器の設備費と節約金額に関する消費者選好について約1200世帯から回答を集めた⁽⁸⁾．それらをコンジョイント分析にかけ，太陽熱温水器の選択確率を与える次の関数を推定した．ここで，設備費と節約金額の複数の組合せの中からある組合せ*k*が選択される確率を*P(k)*で表している．

$$P(k) = \frac{\exp[\alpha x_k + \beta y_k]}{\sum_i \exp[\alpha x_i + \beta y_i]} \quad (12)$$

全サンプルを対象としてパラメータを推定した結果，次の

重み係数を得た。

設備費： $\alpha = -0.146$

節約金額： $\beta = 0.431$

この結果より、年間 Y (万円) の節約が得られる設備費 X (万円) の太陽熱温水器を購入してもよいと考える消費者の比率は次式で表される。上記の式では離散的に組合せを与えているが、 x, y は連続的であるので積分によって記述される。

$$P(X, Y) = \frac{\int_X^\infty \int_0^Y \exp[\alpha x + \beta y] dx dy}{\int_0^\infty \int_0^{Y_0} \exp[\alpha x + \beta y] dx dy} \quad (13)$$

Y (万円) より節約金額が小さく、設備費 X (万円) よりも高い設備を選択する人にとっては、この (X, Y) の組合せは受け入れられる有利な条件である。したがって、選択比率は $X \leq x < \infty$ かつ $0 < y \leq Y_0$ (Y_0 は従来の燃料費、すなわち節約金額の上限値)の範囲の積分となる。

今、集熱器面積は 1m^2 単位の離散的な値を取るものとする。集熱器面積 A (m^2) の設備費が $X(A)$ 、節約金額が $Y(A)$ とすると、この太陽熱温水器を選択する比率は次式で与えられることになる。

$$\begin{aligned} P(X(A), Y(A)) &= \frac{\int_{X(A)}^{X(A+1)} \int_0^{Y(A)} \exp[\alpha x + \beta y] dx dy}{\int_0^\infty \int_0^{Y_0} \exp[\alpha x + \beta y] dx dy} \\ &= e^{\alpha X(A)} \left\{ 1 - e^{\alpha(X(A+1) - X(A))} \right\} \frac{e^{\beta Y(A)} - 1}{e^{\beta Y_0} - 1} \end{aligned} \quad (14)$$

5.2 方位別面積別導入確率の推定

前述の集熱器の最適設置角の解析から集熱器方位ごと集熱器面積ごとに年間の燃料節約金額が得られた。そのデータと前述の太陽熱温水器設備費を(14)式に代入することによって、それぞれのケースにおける導入確率が計算でき

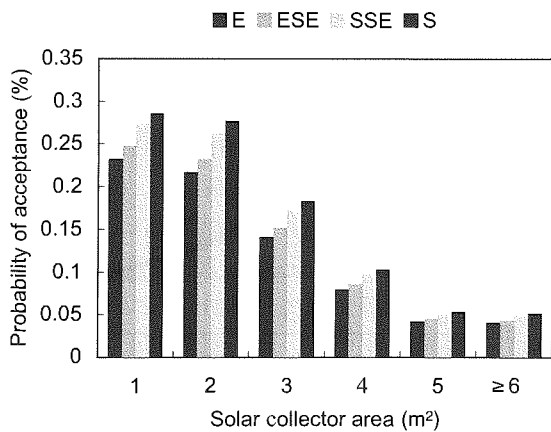


Fig. 8. Probability of acceptance by solar collector areas.

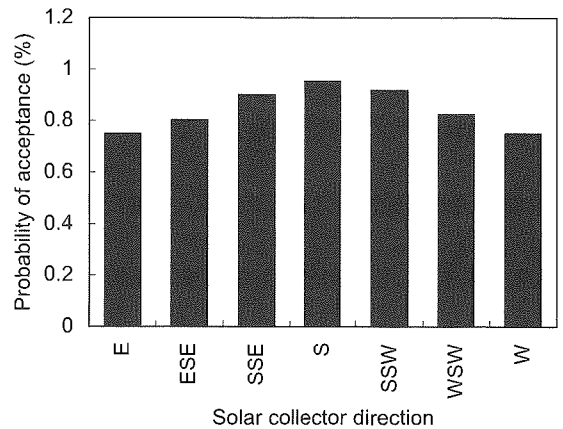


Fig. 9. Probability of acceptance by solar collector directions.

る。その結果を図8に示した。 1m^2 および 2m^2 がほぼ同じ確率を与え支配的であり、 3m^2 以上では導入確率が急速に低下する。この結果は、現状の集熱器面積よりも小型のものがユーザから要望されていることを示唆している。これは図6が示す 2m^2 の経済性評価が最も高いこととも符合した結果である。

図9は集熱器方位別の導入確率(集熱器面積ごとの累積値)を示す。南向きの確率が最も大きく1%弱であり、確率が最も低い東西方向は0.75%であった。平成16年全国消費実態調査によると関東地方における太陽熱温水器の普及率は5.9%である⁽⁹⁾。この数値は太陽熱温水器普及期の導入を反映しているため今回の推定確率よりも大きい。約1%の導入確率は現実にはまる値と考えられる。

5.3 方位別導入効果の期待値

方位別に導入面積の期待値を計算したところ、 $2.47 \sim 2.50\text{m}^2$ であり方位による大きな差は見られなかった。これはいずれの方位でも集熱器面積 $1 \sim 2\text{m}^2$ が同じように支配的であることに起因する。

太陽熱温水器の導入による一次エネルギー消費削減効果

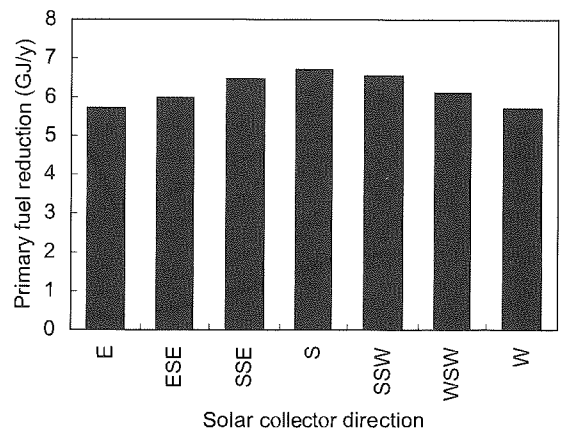


Fig. 10. Expected reduction of primary fuel consumption by solar collector directions.

の期待値を方位別に推計した結果を図10に示す。太陽熱温水器一台あたり年間5.7～6.7GJの都市ガス消費量を削減できると推計された。これは元々の給湯用都市ガス消費量19.6GJ/yの29～34%に相当する。すなわち、太陽熱によって給湯用燃料の約1/3が代替可能といえることができる。

6. 太陽熱温水器設備コスト低減が導入促進に及ぼす効果

太陽熱温水器は給湯用燃料消費削減に効果があることが推計されたが、住宅全体からみれば導入件数は高々1%と見積られた。太陽熱利用による化石燃料消費抑制を促進するためには導入件数を大幅に拡大することが不可欠である。ここでは太陽熱温水器の設備コストを低減させることが導入確率向上、したがって一次エネルギー消費削減に及ぼす効果を推計する。

設備コストの現状値を基準に取り、コストが1/2まで低減した時の集熱器面積別の選択確率（南向き）の変化を図11に示した。コストが低下するにつれて選択確率が最大となる面積が増大する傾向が見て取れる。なお、面積6m²に対する確率は6m²以上の面積を許容するユーザすべてを対象としている。コスト低下によってこの確率が大きく伸びていることから、確率の分布形状が大きく裾を引いており、大型の太陽熱温水器を受け入れるユーザの増加に大きく寄与すると解釈できる。

南向きユーザによる選択確率の向上に伴う、集熱器面積期待値、燃料消費削減量期待値、社会全体での燃料消費削減量期待値の変化（現状想定値に対する結果を基準）を図12に示した。1/2までのコスト低下によって集熱器面積の期待値は47%増になるが、大型化による一台あたりの燃料消費削減効果は17%増にとどまる。一方、社会による受入れが4倍に増加する結果、トータルとしての一次エネルギー消費削減効果は4×1.17=4.6と約5倍にまで拡大すると推定された。

平成16年全国消費実態調査によれば二人以上の世帯にお

ける太陽熱温水器の普及率は全国で9%であり、所有数量は平成11年調査時から0.8倍に減少している⁽¹⁰⁾。本研究の結果によれば現状の設備コストを前提にすると、地域性を無視して東京と同様と仮定すれば普及率1%程度にまで落ち込むと予想される。化石燃料消費抑制のために太陽熱利用を強化するためには大幅なコスト低減を実現することが極めて重要な課題といえる。

7. おわりに

本研究では太陽熱温水器のポテンシャルを理解するために、屋根方位に束縛される集熱器の向きを区別し、給湯負荷を太陽熱で代替する最適設置角を求めるとともに、面積に応じた設備費と節約金額に基づいて選択確率を求めた。その結果、1～2m²の集熱面積の選択確率が支配的であり、従来の規模よりも小型の設備への要望が高いことが導かれた。また、最も選択確率が高い南向きの場合でも太陽熱温水器の導入確率は1%程度と推計された。面積別の選択確率に基づいて算出した太陽熱給湯器一台あたりの一次エネルギー消費削減量の期待値は6GJ/年程度であり、給湯負荷の約1/3に相当した。

一方、太陽熱利用により化石燃料消費を抑えることを想定し、設備コストを低減することによる効果を算出した。その結果、コストを1/2にすれば選択確率は現状の4倍に増大し、一次エネルギー消費削減量は4.6倍に拡大すると予想された。

太陽熱温水器は地球温暖化抑制のために再生可能エネルギーの一環として導入を進める必要がある。コストを半分ににしても導入確率は4%なので、太陽熱温水器の導入を強化するには設備コスト低減のみならず、RPS（リニューアブル・ポートフォリオ・スタンダード）やカーボンオフセットなど二酸化炭素排出低減を明示的に取り入れた社会的仕組みのような支援策が求められる。

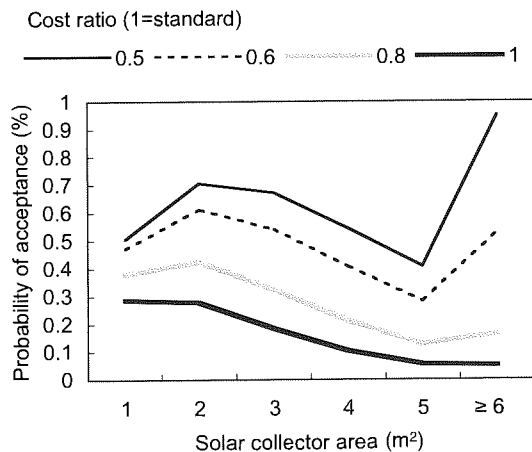


Fig. 11. Probability of the acceptance by solar collector areas with the cost ratio of 0.5 to 1.0.

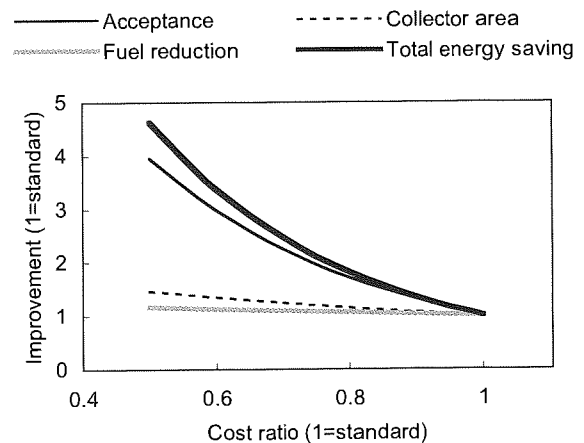


Fig. 12. Enhancement of the acceptance and total energy savings induced by the cost reduction of solar water heaters.

謝辞

本研究は東京農工大学21世紀COEプログラム「エネルギー・物質代謝と『生存科学』の構築」において実施されたものである。関係各位に感謝する。

参考文献

- 1) 下田芳雄, 宇田川光弘, 盧Hyunwoo, シミュレーションによる太陽熱利用システムの総合性能評価 その2 太陽熱給湯システムにおける集熱器設置角度の影響, 太陽/風力エネルギー講演論文集 (2004), 535-538.
- 2) 吉永美香, 奥宮正哉, ソーラーシステムの設計におけるコンピュータシミュレーションの有効利用に関する研究TRANSYSのための非定常平板型集熱器モデルの開発, 日本建築学会計画系論文集, 532 (2000), 37-43.
- 3) Chow, T. T., He, W., Ji, J., Hybrid photovoltaic-thermosyphon water heating system for residential application, Solar Energy, 80 (2006), 298-306.
- 4) 宇田川光弘, 完全混合槽列モデルによる強制循環形太陽熱給湯システムのシミュレーション, 日本太陽エネルギー学会研究発表会講演論文集 (1987), 149-152.
- 5) 宇田川光弘, 太陽熱給湯利用熱量の簡易計算法, 日本太陽エネルギー学会研究発表会講演論文集 (1984), 69-72.
- 6) 都市ガスによるコージェネレーションシステム計画・設計と評価, 空気調和衛生工学会 (1994).
- 7) ソーラーシステム振興協会ホームページ, <http://www.ssda.or.jp/energy/merit.html> (2007年12月アクセス)
- 8) 秋澤淳, 佐藤大幸, 宮崎隆彦, 柏木孝夫, 太陽熱温水器に対するユーザ意識のアンケート調査および選好特性の推定, 太陽エネルギー, 34-6 (2008), 67-72.
- 9) 平成16年全国消費実態調査主要耐久消費財結果表, 総務省統計局ホームページ, <http://www.stat.go.jp/data/zensho/2004/submenu3.htm> (2008年2月アクセス)
- 10) 総務省統計局ホームページ, <http://www.stat.go.jp/data/zensho/2004/taikyu/gaiyo1.htm> (2008年6月アクセス)

記号定義

A : 集熱器面積 (m^2), B : ボイラ加熱量 (kJ), C : 水の比熱 ($kJ/kg K$), D : 給湯負荷 (kJ), I : 日射 (kW/m^2), L : 給湯水量 (m^3), P : 確率 (-), PBY : 回収年数 (年), Q : 太陽熱による燃料削減量 (kJ), S : 節約金額 (円/年), T : タンク内水温初期値 (K), T' : 集熱後のタンク内水温 (K), T_a : 大気温 (K), T_m : 太陽熱集熱器代表温度 (K), T_w : 水道水温 (K), U : 熱損失係数 ($W/m^2 K$), V : 貯湯槽容積 (m^3), X, x : 設備費 (万円), Y, y : 節約金額 (万円/年), Y_0 : 従来の燃料費 (万円/年), α : 設備費の重み係数 (1/万円), β : 節約金額の重み係数 (年/万円), Δt : 時間帯長さ (s), η : 集熱効率 (-), η_0 : 集熱

器の透過吸収率 (-), ρ : 水の密度 (kg/m^3), θ : 集熱器設置角 ($^\circ$). 【添字】 i, k : 組合せの添字, t : 時間帯の添字.