

戸建住宅における電気エネルギー消費に関する研究

主に東北地方を対象とした太陽光発電の有効性の検討

STUDY ON THE ELECTRIC ENERGY CONSUMPTION IN DETACHED HOUSES

Research on the validity of photovoltaic generation in Tohoku district

佐々木 淑貴*, 赤林 伸一**, 坂口 淳***

Yoshitaka SASAKI, Shin-ichi AKABA YASHI and Jun SAKAGUCHI

1. The purpose of this research is to make the map of solar power generation of the whole country to examine the validity of each region in Japan. Then this research calculated effects on an economical and environmental evaluation when solar power generation was introduced in detached houses.
2. By using the system of solar power generation effectively, investigation of the actual condition of the energy consumption and of the actual measurement of electric energy consumption are carried out. The effect of solar power generation are examined by comparing it with the electric energy consumption that was consumed in detached houses.
3. The effects on an economy and environmental evaluation are examined by introducing the detached houses in seven prefectures in Touhoku area of Japan. Finally the validity of the system of solar power generation are examined

Keyword: Solar Power Generation, Solar cell, Electric power charge for heating
Quantity of solar radiation, Electric energy consumption

太陽光発電, 太陽電池, 暖房用電力料金, 日射量, 電力消費量

1. はじめに

現在、温室効果ガス(主に炭酸ガス)の増加による地球温暖化現象や酸性雨などの環境問題が深刻化している。このため、化石燃料の代替エネルギーの一つとして発電時に炭酸ガスを排出しない太陽光発電システムが注目されている。

この太陽光発電システムは他の発電システムに比較して、

- ①太陽の出ている日中にしか発電ができない。
- ②発電量が天候の影響を受ける。
- ③電力需要に応じて発電量を増減することができない。

などの欠点がある。従って、太陽光発電の経済効果、環境負荷低減効果を評価するためにはAMeDASなどの気象データを用いて各地域における発電量を予測する必要がある。そこで、本研究では最初に全国における太陽光発電量マップを作成し、地域毎の有効性を検討する。

次に、太陽光発電システムを有効利用するには、住宅で使用されるエネルギーの消費実態、年間のエネルギー消費量を詳細に明らかにし、太陽光発電量と比較する必要がある。エネルギー消費量の調査においては吉野¹⁰⁾らは、全電化住宅を対象に月積算値のみで3年間の実測を行っている。また、銚井¹¹⁾、山下¹²⁾¹³⁾らも住宅において月積算値でエネルギー消費量の実態調査を行っている。しかしながら、エネルギー消費量の日変化の詳細に関する実測調査は行われていない。そこ

で、新潟県を含む東北7県の住宅120戸を対象とした電力消費量の実態調査を行い、東北各県の住宅に太陽光発電システムを導入することによる経済効果、CO₂、NO_x、SO_xの排出削減量による環境評価を行い、太陽光発電システムの有効性を検討することを目的としている。

2. 太陽光発電の地域特性に関する検討の概要

2. 1 太陽光発電システムの概要

本研究で対象とする太陽光発電システムは、電力会社から供給される電力とあわせて使用できる系統連系システムで、さらに余剰電力が生じた場合、電力会社に売電するシステムとする。また、本研究では地域性を考慮して年間負荷に対し負荷の割合が高いと推測される冬季

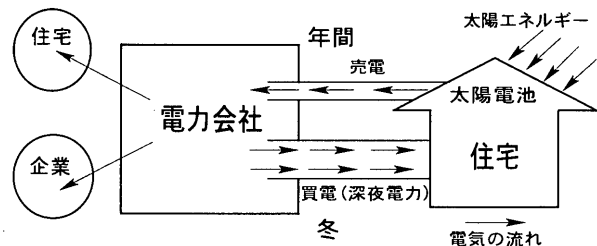


図1 エネルギーの流れ

* 新潟大学大学院自然科学研究科 大学院生・修士(工学)
** 新潟大学大学院自然科学研究科 助教授・工博
*** 県立新潟女子短期大学生生活科学科 講師・博士(工学)

Division of Science and Technology, Graduate School of Niigata Univ., M. Eng.
Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Niigata Univ., Dr. Eng.
Dept. of Human Life and Environmental Niigata Women's College, Dr. Eng.

を対象とし、また、エネルギーを経済的に利用するため蓄熱式暖房機器システムを対象としている。そのため、売電した電力を冬季に深夜電力で買い戻し、暖房に使用するシステム²⁾を仮定する。これは、日中発電した電気を安価な深夜電力で買い戻すことによる経済効果の可能性を検討するためである。エネルギーの流れの概念を図1に示す。また、計算で対象とした太陽電池パネルは、住宅用太陽光発電システムとして普及している一般的な仕様である。太陽電池パネルの仕様を表1に示す。

2.2 対象住宅の概要

対象住宅は新潟市に建つ標準的な木造二階建ての住宅とする。住宅の延床面積は164㎡、冷房にはルームエアコンを使用し、暖房には蓄熱式暖房器を使用する。冷房時設定温度は26℃、暖房時設定温度は20℃に設定している。対象住宅の平面図を図2に、対象住宅の概要を表2に示す。

2.3 対象住宅の熱負荷および年間電力消費量の算出

(1) 冷暖房期間の定義

冷房期間、暖房期間はそれぞれ日平均気温が26℃以上、15℃以下とし、全国各観測地点毎に設定する。

(2) 熱負荷計算方法

対象住宅の熱負荷は住宅用熱負荷プログラム「SMASH」⁹⁾を用いて算出する。換気量は換気回数で入力データ²⁾として設定する。

(3) 年間電力消費量の算出

対象住宅の年間電力消費量は、冷暖房用電力消費量および照明・機器電力消費量の和から求める。また、照明は各室合計で1F、2Fをそれぞれ328Wと定めた。照明及び機器の使用スケジュールは住宅の消費エネルギー計算法小委員会報告書³⁾の値を用いた。

2.4 発電量の計算方法

1995年の気象庁AMeDASの四要素(温度、風速、日照時間、降水量)及び気象官署におけるSDPデータの要素(主に湿度)から全国840地点の日射量を算出し、これと太陽電池パネルの表面温度から発電量を算出する。太陽電池パネルの発電量計算方法を表3に示す。

表1 太陽電池パネルの仕様

太陽電池素子	多結晶シリコン
太陽電池容量	3kW
定格発電効率	0.14
パネル面積	24.7㎡
パネル設置傾斜	26度
パネル設置面	真南面設置(架台)
背後通気層	あり

表2 対象住宅の概要

延床面積	164㎡
熱損失係数	1.55kcal/h・℃・㎡
日射取得係数	夏季 0.580 冬季 0.091
冷房設備	ルームエアコン(COP:2.50)
暖房設備	蓄熱式暖房器(深夜電力仕様)
冷房温湿度	26℃ : 60%
暖房温湿度	20℃ : 50%
室顕熱容量	3.0cal/℃・㎡
室潜熱容量	6.0cal/℃・㎡

2.5 太陽光発電量の地域特性の検討

対象住宅の熱負荷計算を行った全国の各地域において、以下に示す(1)~(3)について検討を行う。

(1) 太陽光発電量と年間電力消費量の比較

太陽光発電の年間発電量と対象住宅の熱負荷計算により求めた年間の暖冷房エネルギー消費量を比較し、太陽光発電システムによる発電量が、どの程度の割合であるかを検討する。

(2) 蓄電による経済効果の算定

太陽電池による年間発電電力をすべて昼間の電力として電力会社に売電した場合、冬季の暖房用エネルギーをどの程度賄えるかを算定する。

(3) 地球環境への影響の検討

地球温暖化現象や酸性雨などの地球環境問題に対し、太陽光発電により、発電所から排出されるCO₂、SO_x、NO_xの排出量²⁾をどの程度削減できるかを計算する。

3. 計算結果

(1) 太陽電池発電量

全国の年間太陽光発電量マップを図3に示す。日本海側に比べ、太平洋側で発電量が大きい。また、発電量は関東から紀伊半島の太平洋側や山梨県、長野県の内陸部で高くなっており、その他の地域では平

表3 太陽電池パネルの発電量計算方法

- 太陽電池アレイ出力電力(X)^{10) 15)}

$$X = o \cdot S \cdot K \cdot J_s$$

$$K = K1 \cdot K2 \cdot \dots \cdot (K: \text{補正係数})$$

$$K1 = 0.84 \cdot \dots \cdot (\text{モジュールばらつき、汚れ・経年劣化等の補正値})$$

$$K2 = -0.005 \theta_s + 1.13 \cdot \dots \cdot (\text{パネル表面温度補正係数})$$
- 太陽電池パネル表面温度(θ_s)
 - $\theta_s > \theta_a$ の場合 ($Q_{\text{対流}} = Q_{\text{対流}}$ の定常状態を仮定)

$$\theta_s = \theta_a + (0.5J_s - J_{\text{ms}}) / \alpha_c$$
 - $\theta_s \leq \theta_a$ の場合

$$\theta_s = \theta_a$$
- 対流熱伝達率(ユルゲスの式)
 - $U \leq 5\text{m/s}$ の時

$$\alpha_c = 6.15 + 4.18U$$
 - $U > 5\text{m/s}$ の時

$$\alpha_c = 7.15U^{0.78}$$
- インバータの変換後の出力電力(E)

$$Y = -3.0 \times 10^{-4} X^2 + 7.4 \times 10^{-4} X + 82.7 \cdot \dots \cdot (\text{変換効率}(Y): \text{実測値からの回帰式})$$

$$E = X \cdot Y$$
(出力電力(E)はインバータ変換効率(Y)とアレイ面出力電力(X)を乗じて算出)
- 気象データ
電力消費量測定期間中のAMeDASのデータ。日射量の変換は、赤坂・二宮ら⁴⁾より求める。直散分離は宇田川の式。

$$X: \text{アレイ面出力電力(W)} \quad \rho: \text{定格発電効率}(0.14) \quad S: \text{パネル面積}(24.7 \text{ m}^2)$$

$$J_s: \text{斜面全日射量(W/m}^2\text{)} \quad \theta_s: \text{パネル表面温度(}^\circ\text{C)} \quad \theta_a: \text{外気温度(}^\circ\text{C)}$$

$$J_{\text{ms}}: \text{夜間放射量(W/m}^2\text{)} \quad \alpha_c: \text{対流熱伝達率(W/m}^2\text{C)} \quad U: \text{軒高風速(m/s)}$$

$$Y: \text{変換効率(\%)} \quad Q_{\text{日射}}: \text{日射により得る熱量(W/m}^2\text{)}$$

$$Q_{\text{対流}}: \text{対流により奪われる熱量(W/m}^2\text{)}$$

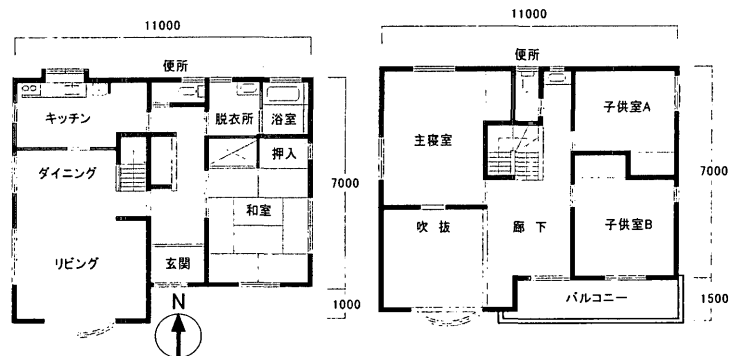


図2 対象住宅の平面図

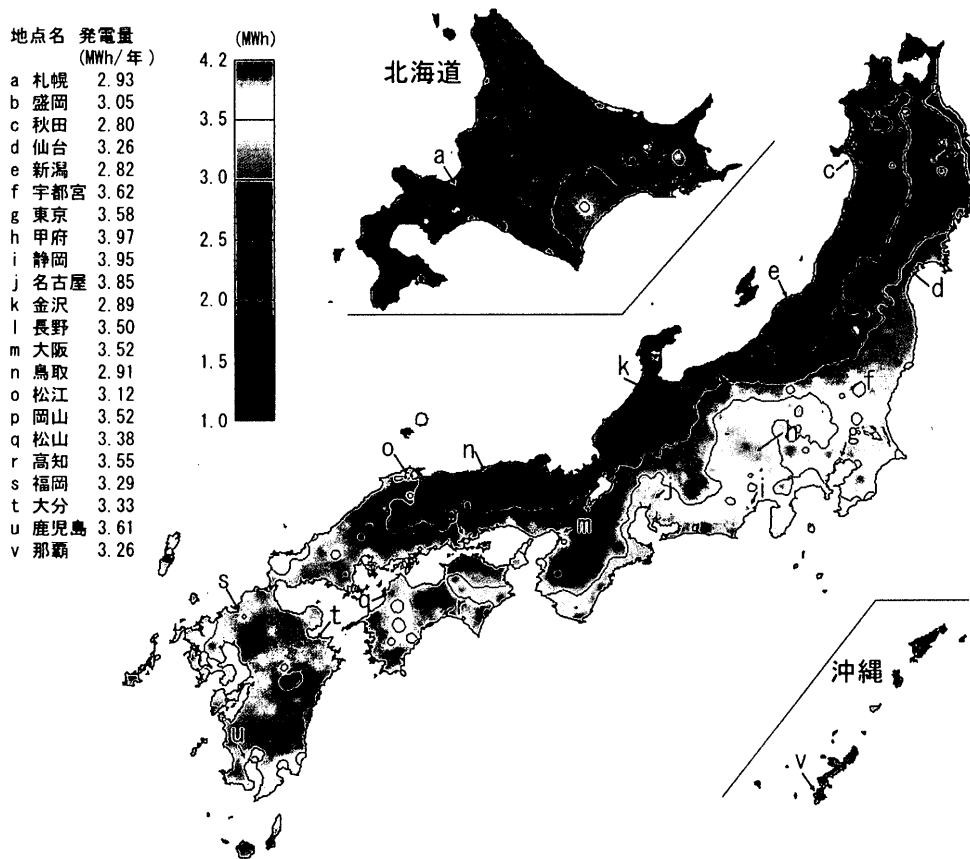


図3 年間太陽光発電量マップ

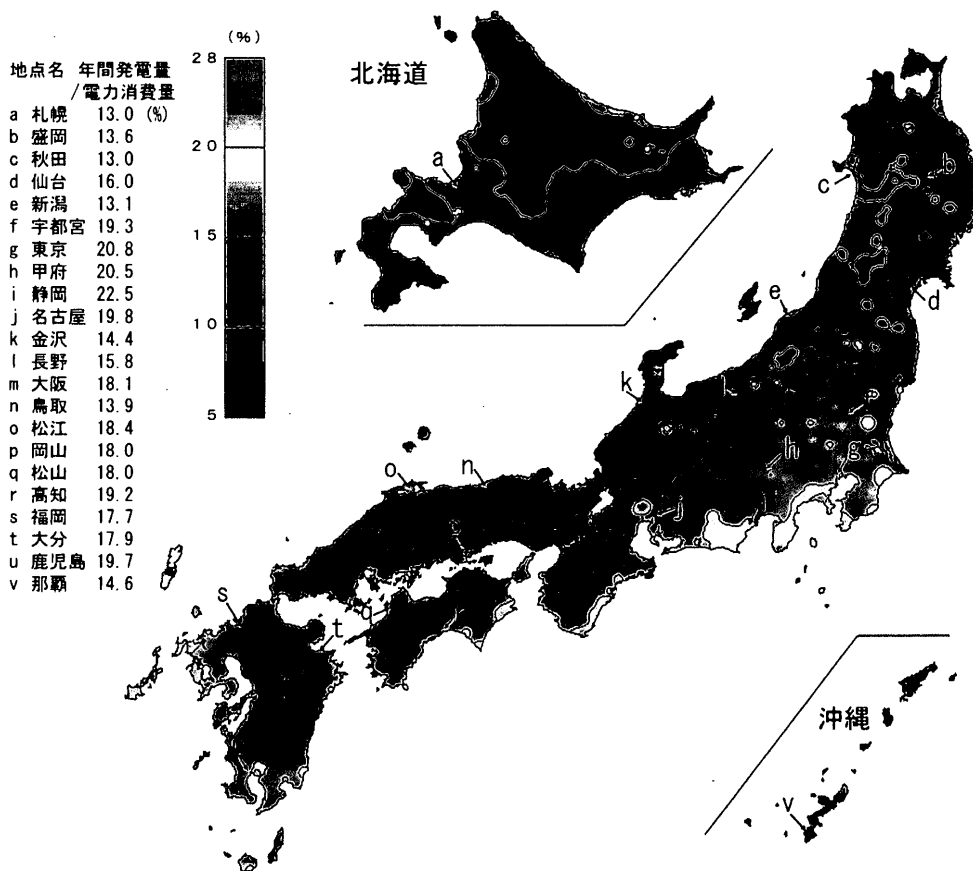


図4 冷暖房・照明等電力消費量に対する太陽光発電量の割合

野部から山沿いに行くに従い、相対的に発電量は小さくなる傾向にある。地域的には、北海道や東北の山沿いで約2～3 MWh/年と発電量が最も小さく、札幌では2.93MWh/年、秋田では2.80MWh/年となる。関東から南側の平野部では3～4 MWh/年程度の発電量となり、発電量の最も大きい地域は甲府、静岡で約4 MWh/年である。

(2) 太陽電池発電量と年間電力消費量の比較

全国の冷暖房・照明等用電力消費量に対する太陽光発電量の割合を図4に示す。全国840地点の約9割の地点において冷暖房・照明等用電力消費量の約10～25%を太陽光発電による発電量で賄うことができる。

(3) 蓄電による経済効果

太陽光により発電した電力をすべて売電し、冬季の夜間に買電し暖房のみに使用した場合の暖房用電力料金の収支を表4に示す。北海道、東北地方の日本海側及び山沿いの暖房負荷の大きい地域では、太陽光による発電電力で暖房用電力料金のすべてを賄うことは不可能であるが、その他の地域では太陽光発電のみで暖房負荷を賄うことができる。

(4) 地球環境への影響

CO₂、SO_x、NO_xの排出削減量は太陽光発電量に比例しており、発電量の大きな地点では削減量も大きくなる。主要都市のCO₂、SO_x、NO_xの削減量を表5に示す。

4. 戸建住宅におけるアンケート調査及び電力消費量実態調査

4.1 調査概要

東北7県の住宅において調査の協力の得られた120戸の戸建住宅を対象としてアンケート調査及び電力消費量の計測^{※4)}を行った。

アンケート調査は、各質問項目を対象住宅120戸に対してアンケート調査表を配布して行った。表6にアンケート調査内容を示す。

電力消費量の計測は計測期間を1994年4月から1995年3月までとし、各住戸における電力消費量の計測を行った。計測方法は、各住戸の配電盤に電力電圧変換器及びA/D変換器を設置し、総電力消費量の1時間の積算値をメモリに記憶し、毎日定時に電話回線でデータを送るシステムを使用した。

4.2 アンケート調査及び電力消費量の調査結果

(1) アンケート調査結果

集計結果の一例として図5に世帯人数、図6に延床面積を示す。世帯人数は各県で2～4人の住宅が全体の7割程度を占め、延床面積は100～200㎡の住宅が6～9割程度と多くなっている。

また、表7に電気冷暖房機器及びガス・灯油暖房機器の保有台数、表8に家庭電化製品の保有台数を示す。夏季はエアコン、冬季は電気こたつやエアコンを多く使用している住宅が多い。ガス・灯油暖房機器

表6 アンケート調査内容

調査項目	調査内容
①居住状況	世帯人数、年収
②住宅構造	建築構造、断熱材、窓タイプ 延床面積等
③暖房機器(ガス、灯油)保有状況	FFストーブ、灯油ストーブ ガスFFストーブ等
④電気冷暖房機器保有状況	電気こたつ、電気ストーブ エアコン、電気カーペット等
⑤家電各種保有状況	テレビ、冷蔵庫、電子レンジ 炊飯器、洗濯機等

表4 主要都市の暖房用電力料金の収支

	暖房用 料金(円)	暖房負荷 (MWh/年)	暖房日数 (日)	暖房負荷/年間 電力消費量(%)		暖房用 料金(円)	暖房負荷 (MWh/年)	暖房日数 (日)	暖房負荷/年間 電力消費量(%)
札幌	■50800	17.7	193	78.9	長野	■ 7788	13.6	170	61.5
盛岡	■34031	15.8	185	70.2	大阪	○41222	6.7	158	34.3
秋田	■32718	14.7	181	68.1	鳥取	○ 2508	10.0	136	48.0
仙台	○ 2215	11.3	208	55.7	松江	○27839	9.2	141	45.8
新潟	■13031	11.9	172	55.5	岡山	○35085	7.6	158	38.6
宇都宮	○26244	9.2	155	48.8	松山	○40555	6.3	136	33.4
東京	○46932	6.1	136	35.3	高知	○50990	5.4	124	29.1
甲府	○43388	8.0	135	41.2	福岡	○38528	6.2	136	33.5
静岡	○60707	5.4	154	30.9	鹿児島	○63196	3.9	96	21.0
名古屋	○44826	7.3	148	37.8	那覇	○80980	0.1	4	0.3
金沢	■ 4964	11.0	169	54.8					

※表中の○数字は電力会社から返金される金額を示す

■数字は電力会社に支払う金額を示す

表5 主要都市のCO₂、SO_x、NO_xの削減量

削減量	CO ₂		NO _x		SO _x		削減量	CO ₂		NO _x		SO _x	
	火力(t)	平均(t)	火力(kg)	平均(kg)	火力(kg)	平均(kg)		火力(t)	平均(t)	火力(kg)	平均(kg)	火力(kg)	平均(kg)
札幌	2.14	1.37	2.11	1.35	1.46	0.94	長野	2.56	1.63	2.52	1.61	1.75	1.12
盛岡	2.23	1.43	2.20	1.40	1.53	0.98	大阪	2.57	1.64	2.53	1.62	1.76	1.13
秋田	2.05	1.31	2.02	1.29	1.40	0.90	鳥取	2.13	1.36	2.09	1.34	1.45	0.93
仙台	2.38	1.52	2.35	1.50	1.63	1.04	松江	2.70	1.72	2.65	1.69	1.84	1.18
新潟	2.07	1.32	2.03	1.30	1.41	0.90	岡山	2.58	1.64	2.54	1.62	1.76	1.13
宇都宮	2.65	1.69	2.60	1.66	1.81	1.16	松山	2.48	1.58	2.44	1.56	1.69	1.08
東京	2.62	1.67	2.58	1.65	1.79	1.15	高知	2.60	1.66	2.55	1.63	1.77	1.13
甲府	2.90	1.85	2.86	1.83	1.98	1.27	福岡	2.41	1.53	2.37	1.51	1.64	1.05
静岡	2.89	1.84	2.84	1.82	1.97	1.26	鹿児島	2.64	1.68	2.60	1.66	1.80	1.15
名古屋	2.82	1.80	2.77	1.77	1.92	1.23	那覇	2.38	1.52	2.35	1.50	1.63	1.04
金沢	2.11	1.35	2.08	1.33	1.44	0.92							

※火力:火力発電所における削減量

平均:総電力平均の削減量

は青森県、秋田県で保有台数が多くなっている。家電機器はテレビ(2.7台/1住戸)、冷蔵庫、掃除機(1.4台/1住戸)等の保有台数が多い。

(2) 電力消費量の年変化

図7に新潟県、図8に宮城県における1住戸あたりの平均電力消費量の年変化を示す。新潟県では年間の最大電力消費量は夏季の8月10日(1620Wh)にピーク日となる。一方、宮城県では冬季の1月30日(1401Wh)に年間最大電力消費量のピーク日になる。

(3) 日積算電力量と外気温の関係

冷暖房用日積算消費電力量と日平均外気温の関係を図9に示す。約16℃を境に冷暖房が行われ、図の①式では、日平均外気温が1℃下がるごとに電力消費量は約2.5kWh/日大きくなり、図の②式では1℃上がるごとに約3.0kWh/日大きくなる。また、暖房時には-0.92と強い相関関係を示す。

5. 東北地方における太陽光発電システムの導入の効果

5.1 太陽光発電システム導入の概要

アンケート調査及び電力消費量実態調査を行った120戸の住宅に、表1に示した太陽光発電システムを導入すると仮定し、太陽光発電量と電力消費量とを比較し、システム導入の評価を行う。また、システム導入による経済的効果及び環境負荷低減効果を検討する。

5.2 太陽光発電システム導入の評価

(1) 電力消費量ピーク日における太陽光発電量との比較(東北全県)

東北全県の電力消費量ピーク日(夏・冬)の日変化を図10に示す。電力消費量は午前から午後になるにつれて徐々に増大し、午後6時～10時にかけて最大ピークを示す。太陽光発電は午前5時頃から発電を

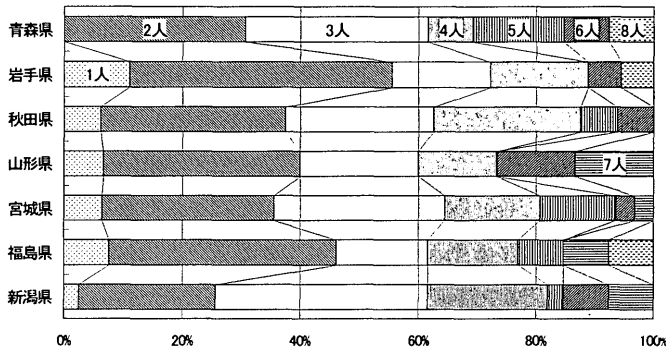


図5 世帯人数

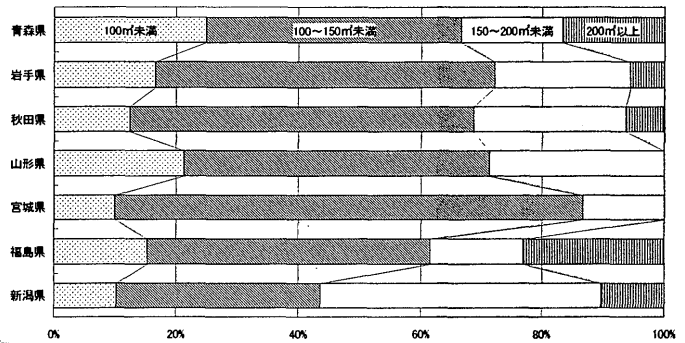


図6 延床面積

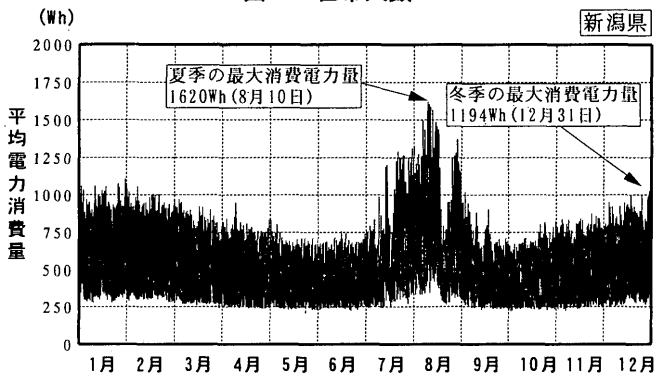


図7 1住戸あたりの平均電力消費量(新潟県)

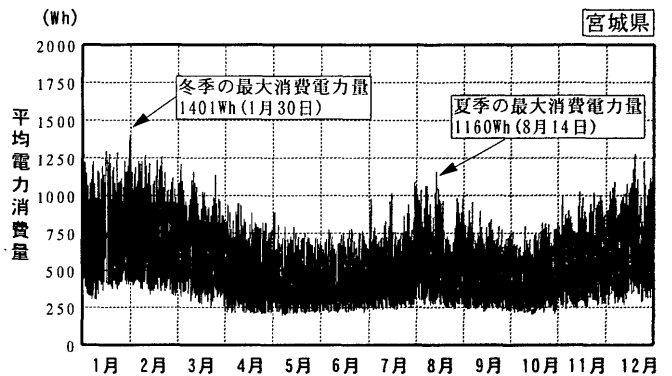


図8 1住戸あたりの平均電力消費量(宮城県)

表7 電気冷暖房機器及びガス・灯油暖房機器の保有台数

(台数/1住戸)	青森	岩手	秋田	山形	宮城	福島	新潟	(台数/1住戸)	青森	岩手	秋田	山形	宮城	福島	新潟
電気コタツ	0.5	1.7	1.1	1.5	0.9	1.2	1.3	FFストーブ	1.5	0.8	1.1	0.8	0.6	0.7	0.4
電気ストーブ	0.6	0.5	0.8	0.3	0.7	0.7	0.6	灯油ストーブ	1.0	1.2	1.1	0.9	0.9	1.3	1.2
エアコン	0.6	0.9	1.2	1.2	1.4	1.8	2.8	ガスFFストーブ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.3
電気カーペット	0.2	0.6	0.6	0.7	1.0	0.9	1.0	ガスストーブ	0.0	0.0	0.4	0.3	0.1	0.0	0.6
電気床暖房	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	ガスファンヒーター	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.5
								煙突ストーブ	0.6	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0

表8 家庭電化製品の保有台数

(台数/1住戸)	青森	岩手	秋田	山形	宮城	福島	新潟	(台数/1住戸)	青森	岩手	秋田	山形	宮城	福島	新潟
テレビ	2.5	2.7	2.3	2.8	2.9	2.6	3.1	掃除機	1.5	1.2	1.4	1.3	1.4	1.5	1.6
冷蔵庫	1.3	1.4	1.4	1.2	1.1	1.6	1.4	ステレオ	0.7	0.6	0.8	0.9	1.0	0.5	0.8
炊飯器	1.3	1.3	1.5	1.1	1.2	1.2	1.2	ビデオデッキ	1.2	0.9	1.4	1.5	1.6	1.1	1.4
洗濯機	1.1	1.0	1.1	1.1	1.0	1.0	1.1	ワープロ	0.5	0.4	0.6	0.4	0.5	0.5	0.5
電子レンジ	1.0	0.9	0.9	1.0	0.9	0.8	1.0	パソコン	0.2	0.1	0.5	0.1	0.3	0.3	0.3
ポット	0.6	0.8	0.4	0.5	0.5	1.0	0.6	その他	0.6	1.0	0.9	1.1	1.5	0.5	1.5

開始し、正午頃に最大発電量となり、午後6時頃に発電を終了する。

(2) 電力消費量ピーク日における太陽光発電量との比較(新潟・宮城)

新潟県、宮城県の電力消費量ピーク日(夏・冬)の日変化を図11、12に示す。新潟県では電力消費量が年間最大ピークとなる8月10日は天候が悪いため、太陽光発電量が少なくピークカット効果は低い。しかし、冬季のピーク日は天候に恵まれ、太陽光発電量は多く、午前8時頃から午後3時頃にかけてかなりの余剰電力を生じている。宮城県も同様に、夏季の電力消費量ピーク日は天候が悪いため、太陽光発電量は電力消費量を下回っているが、年間最大ピークとなる冬季は太陽光発電量は多くの余剰電力を生じている。産業・工業用を含めた総電力消費量の太陽光発電によるピークカット効果と考えた場合、太陽光発電は天候に左右され^{※5)}常に安定した発電量を得られる保証はない。そのため、太陽光発電を発電所等の設備投資縮小の有効的手段と安易に判断することには問題がある。

5. 3 経済効果及び環境負荷低減効果

(1) 太陽光発電システム導入による経済効果

東北各県の1住戸あたりの経済効果を図13に示す。各県とも太陽光発電システム導入後は導入前に比べ、5.5~8.5%程度の電気料金を削減することができる。また、太陽光発電により年間に6~7万円の電気料金を削減することが可能である。

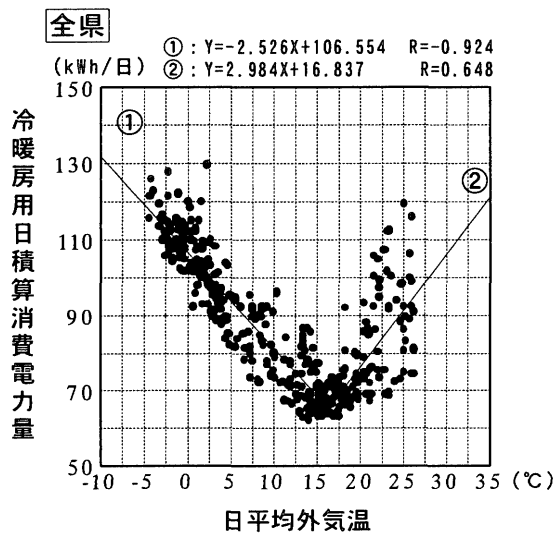


図9 冷暖房用日積算消費電力量と日平均外気温の関係

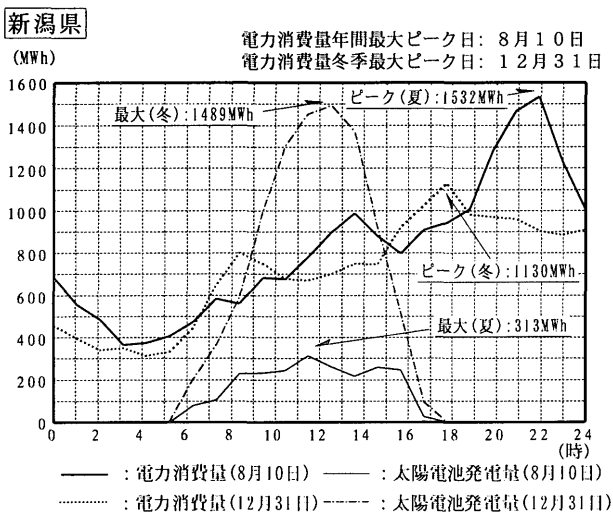


図11 新潟県における電力消費量ピーク日の日変化

を削減することができる。また、太陽光発電により年間に6~7万円の電気料金を削減することが可能である。

(2) CO₂、SO_x、NO_xの排出削減量

東北全県のCO₂、SO_x、NO_xの排出削減量を表9に、燃料使用削減量を図14に示す。太陽光発電によるCO₂、SO_x、NO_xの排出削減量及び燃料使用削減量は太陽光発電システム導入により、それぞれ60%程度の削減が可能である。

6. まとめ

① 太陽光発電量は、東日本では関東から南側の平野部、西日本では紀伊半島の太平洋側の平野部、四国の徳島、九州の長崎、佐賀で特に大きい。相対的に日本海側に比べ、太平洋側で発電量は大きく、これは太平洋側では日本海側に比べ晴天が多く、年間を通じて安定した発電量を得られるためである。

② 暖房負荷の大きい地域では暖房用電力料金の全てを、太陽光発電による発電量で賄うことはできない。関東以南では長野、岐阜等の山岳を除いて、ほとんどの地点で暖房用電力料金の全てを賄うこ

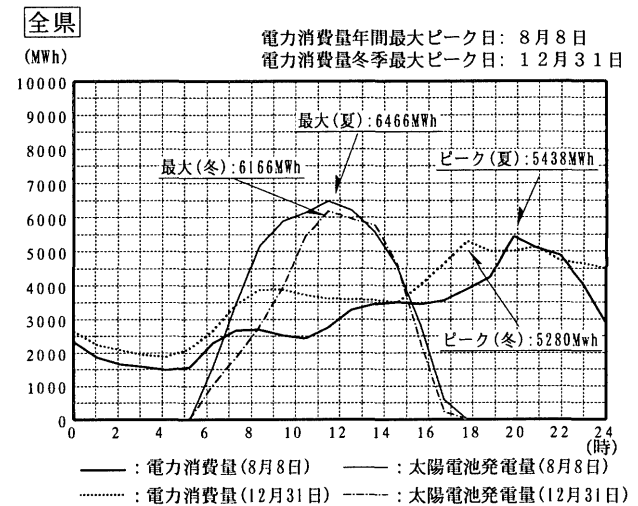


図10 東北全県の電力消費量ピーク日の日変化

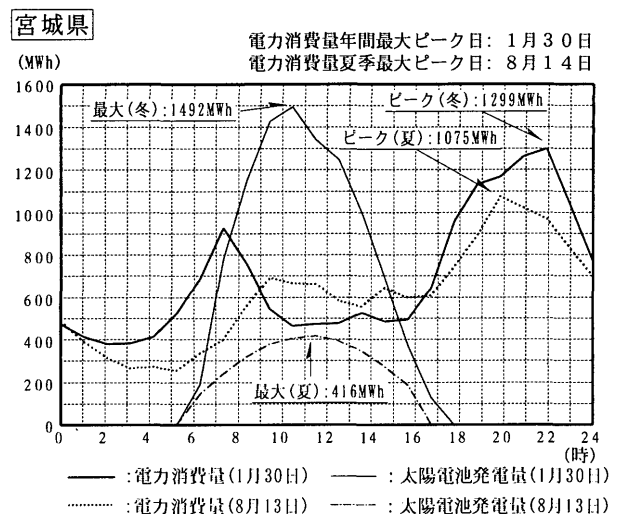


図12 宮城県における電力消費量ピーク日の日変化

とが可能である。

③中間期にあたる日平均気温15～20℃を境に外気温が1℃下がるごとに、また1℃上がるごとにそれぞれ電力消費量は大きくなる。これは外気温が低くなれば暖房が行われ、高くなれば冷房が行われるためと考えられる。図9の結果より、今後の外気温上昇による電力消費量を、ある程度予測することが可能である。

④太陽光発電によるピークカット効果を考えた場合、太陽光発電は天候に左右され、常時安定した発電量を得られる訳ではない。そのため、発電の設備投資縮小の手段として利用するには多くの技術的課題がある。

⑤東北各県で太陽光発電システム導入により電気料金はシステム導入前に比べ2～5割程度となり、その経済的効果は高い。また、CO₂等の排出量や燃料使用削減量も大幅な削減が可能であり環境的有効性も高い。

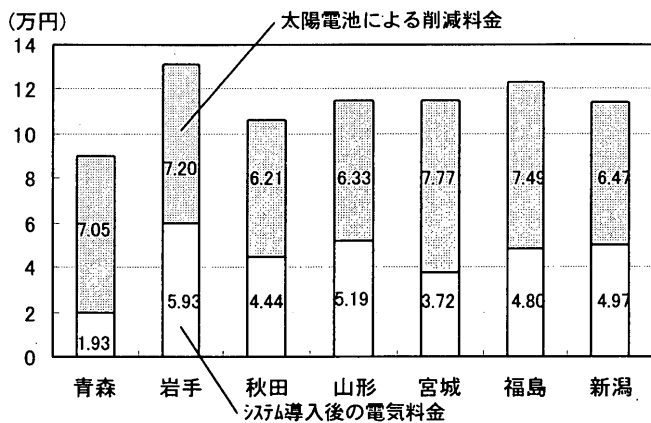


図13 東北各県の1住戸あたりの経済効果

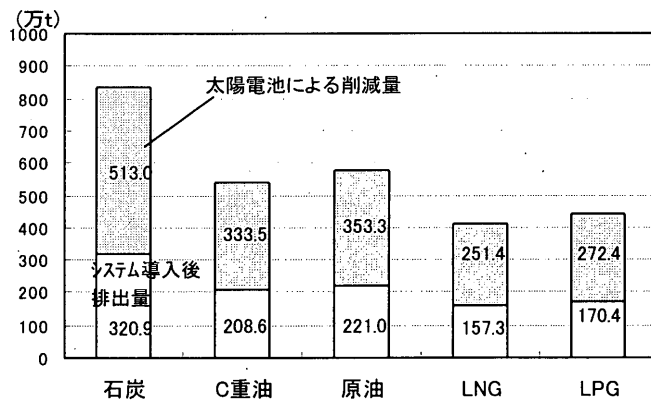


図14 東北全県の燃料使用削減量(注6)

表9 東北全県のCO₂等の排出削減量(年間)

	県平均1住戸あたり		県全体	
	システム導入前 排出量(kg)	システム導入後 排出量(kg)	システム導入前 排出量(万t)	システム導入後 排出量(万t)
CO ₂ 火力発電	23274.9	9069.5	1587.1	610.7
CO ₂ 電力平均	14848.9	5786.1	1012.6	389.6
NO _x 火力発電	22.9	8.9	1.6	0.6
NO _x 電力平均	14.6	5.7	1.0	0.4
SO _x 火力発電	15.9	6.2	1.1	0.4
SO _x 電力平均	10.2	4.0	0.7	0.3

注釈

1) 電気は貯めておき時間をおいて使用することができないため、本研究では太陽光発電量を有効に利用するため、発電量を、売電という行為を通じて貯めておき、冬季の暖房用電力として利用するシステムを対象とした。冬季の暖房用電力は全て深夜電力を用いるものとし、売電価格、深夜電力価格はそれぞれ23.47円/KWh、7円/KWhとして計算を行った。

2) 本研究では、太陽光発電システムの設備製作段階も含めたCO₂排出量は考えていない。太陽光発電により、発電所から排出されるCO₂、SO_x、NO_xを①火力発電所における削減量、②総電力平均の削減量、の2種類について算出を行っている。算出に用いた計算式及び排出原単位を以下に示す。

D_c : CO₂削減量(kg) D_N : NO_x削減量(kg) D_S : SO_x削減量(kg)
 S : 年間発電量(KWh) k : 排出原単位(kg/KWh)
 $D_c = k \times S$ $D_N = k \times S$ $D_S = k \times S$

CO ₂ 排出原単位	火力発電需要	0.732
	総電力平均需要	0.467
NO _x 排出原単位	火力発電需要	0.00072
	総電力平均需要	0.00046
SO _x 排出原単位	火力発電需要	0.0005
	総電力平均需要	0.00032

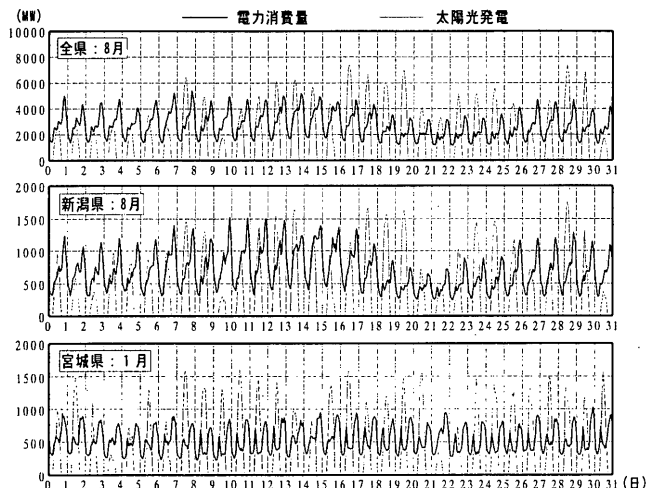
3) 「SMASH」に入力した室入力データの概要を以下に示す。

室名	1F	2F
室容積	196.8	196.8
自然換気回数	0.5回	0.5回
暖房機器の能力	4500kcal/h	4500kcal/h
冷房機器の能力	12500kcal/h	12500kcal/h
室用途	1(居間)	3(主寝室)
負荷項目	数量	数量
在室者	4人/室	2人/室
照明	ワット数	328.0W
発熱器具	顕熱量	86kcal/h
	潜熱量	0kcal/h
	冷却方式	0

※照明: 蛍光灯 4W/m²
 発熱器具: 冷蔵庫 1台(1Fのみ)

4) 各県の対象住宅戸数は青森県(8戸)、岩手県(14戸)、秋田県(12戸)、宮城県(28戸)、山形県(9戸)、福島県(12戸)、新潟県(37戸)である。

5) 東北全県・新潟・宮城県における電力消費量、太陽光発電量の月変化



6) 燃料使用削減量の算定法

$$\begin{aligned}
 U_c &: \text{石炭使用削減量(t)} & U_h &: \text{C重油使用削減量(t)} \\
 U_{cr} &: \text{原油使用削減量(t)} & U_N &: \text{LNG使用削減量(t)} \\
 U_p &: \text{LPG使用削減量(t)} & k &: \text{燃料消費係数} \\
 S &: \text{年間発電量(Tcal)} & \alpha &: \text{需要端効率 } 0.351
 \end{aligned}$$

$$U_c = k \times S / \alpha \quad U_h = k \times S / \alpha \quad U_{cr} = k \times S / \alpha \quad U_N = k \times S / \alpha$$

$$U_p = k \times S / \alpha$$

燃料消費係数

石炭	C重油	原油	LNG	LPG
156.98	102.04	108.11	76.93	83.36

(単位：t/Tcal)

謝辞

AMeDASデータの使用に当たっては、(株)ハザマの御協力を賜りました。アンケート調査及び電力消費量調査にご協力いただいた東北各県の各住宅居住者の各位に多大なご協力を頂きました。データの集計など新潟大学大学院の方々のご協力を得ました。ここに記して、関係者各位に感謝の意を表する次第です。

参考文献

(1) 赤林伸一、坂口淳、田村由佳：太陽光発電の地域特性に関するシミュレーション その1 東北地方を対象とした発電量と暖房負荷の関係、日本建築学会北陸支部(長野)研究報告集 1997.7
 (2) 坂口淳、赤林伸一、山ロー：東北7県の住宅における電力消費量の実態調査、日本建築学会大会学術講演梗概集(中国)、D-2、pp151-152、1999.9
 (3) 宇田川光弘、宿谷昌則、ほか17名：住宅の消費エネルギー計算用設定条件

のモデル化 住宅の消費エネルギー計算法小委員会報告書、(社)空気調和・衛生工学会 空気調和設備委員会 1996.3

(4) 二宮秀典：「AMeDASのデータを用いた時刻別日射量の推定法」空気調和・衛生工学論文集 1989.2
 (5) 宿谷昌則：数値計算で学ぶ光と熱の建築環境学 1993.7
 (6) 吉田作松：「太陽エネルギー」日本太陽エネルギー学会
 (7) 松尾陽他：空調設備の動的熱負荷計算入門 1992.4
 (8) 浜川圭弘、桑野幸徳：太陽エネルギー工学 太陽電池 1995.3
 (9) (財)住宅・建築 省エネルギー機構：住宅用熱負荷計算プログラム SMASH 1989.2
 (10) 石川、吉野、佐々木：仙台市に建設された全電化パッシブ住宅の室内熱環境とエネルギー性能に関する長期実測、日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2、PP117-120、1997.9
 (11) 伊藤、鎌井、前田ら：関西地区における高断熱高気密住宅の室内環境と消費エネルギーの実態調査 その1 室内温熱環境とエネルギー消費量の測定、日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2、PP215-216、1998.9
 (12) 黒柳、山下、長谷川ら：長野県に建設された断熱気密住宅のエネルギー消費量に関する研究 その1 室内温熱環境及びエネルギー消費量に関する調査結果、日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2、PP223-224、1998.9
 (13) 吉竹、山下、長谷川ら：長野県に建設された断熱気密住宅のエネルギー消費量に関する研究 その2 断熱気密住宅3棟を対象とした実測調査、日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2、pp225-226、1998.9
 (14) 黒川、若松：「太陽光発電システム設計ガイドブック」太陽光発電技術研究組合
 (15) 中島康隆：「地球環境のための太陽エネルギー利用法」 1993.12

(2000年9月10日原稿受理、2001年2月20日採用決定)