

# 自然再生エネルギー活用による地球温暖化防止

長戸路 雄厚

The Application of Natural Energy to Prevent Global Warming

Yuukou NAGATORO

地球温暖化に起因する地球環境破壊は、現代社会の懸案である。気候変動に関する政府間パネル (IPCC) の専門家は、このまま温暖化が続くと、21 世紀末までに地球環境は大きく損なわれるであろうと警告している。

生産部門や民生部門で大量に排出される二酸化炭素は、地球温暖化の最大要因である。

本論文では、二酸化炭素排出ゼロの太陽光発電エネルギーを民生部門、特に一般家庭で活用することの重要性と最適性を主張する。

## 1. はじめに

地球温暖化は 20 世紀以降、特に第二次世界大戦後顕著となった。この 100 年間で平均気温は約 0.6℃、海面は 10 ～ 20cm 上昇したと考えられている。<sup>1)</sup>

世界の人口は現在約 63 億人である。これらの人々が文化的な生活を営むために、膨大な量の化石燃料が消費されている。大量の化石燃料から大量の二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) が排出され、それが大気圏を温め地球温暖化を進めている。地球環境を守るために、CO<sub>2</sub> 排出量削減を目指して知恵を絞ることが、人類にとって急務である。

本論文では、CO<sub>2</sub> を排出しないで新エネルギー (自然再生エネルギー) を生み出す太陽光発電に着目し、そのアクティブな活用を提案する。特に CO<sub>2</sub> 排出が近年大きく増加している民生部門、その中でも一般家庭に太陽光発電システムを普及させることが、地球温暖化防止に有効な方法であることを示す。

## 2. 地球温暖化について

### 2. 1 地球温暖化とその原因

地球は太陽光で温められ、その地球は熱源となって赤外線形で宇宙へ熱を放射している。地球を取り囲む大気中の CO<sub>2</sub>、メタン (CH<sub>4</sub>) 等のガスは、波長の長い赤外線を通しにくい性質を持っていて、温室効果ガスと呼ばれる。大気中に温室効果ガスが全く存在しなければ、地球の平均気温は氷点下 18℃ になり、生命活動に適さない環境になってしまう。<sup>2)</sup> しかし、近

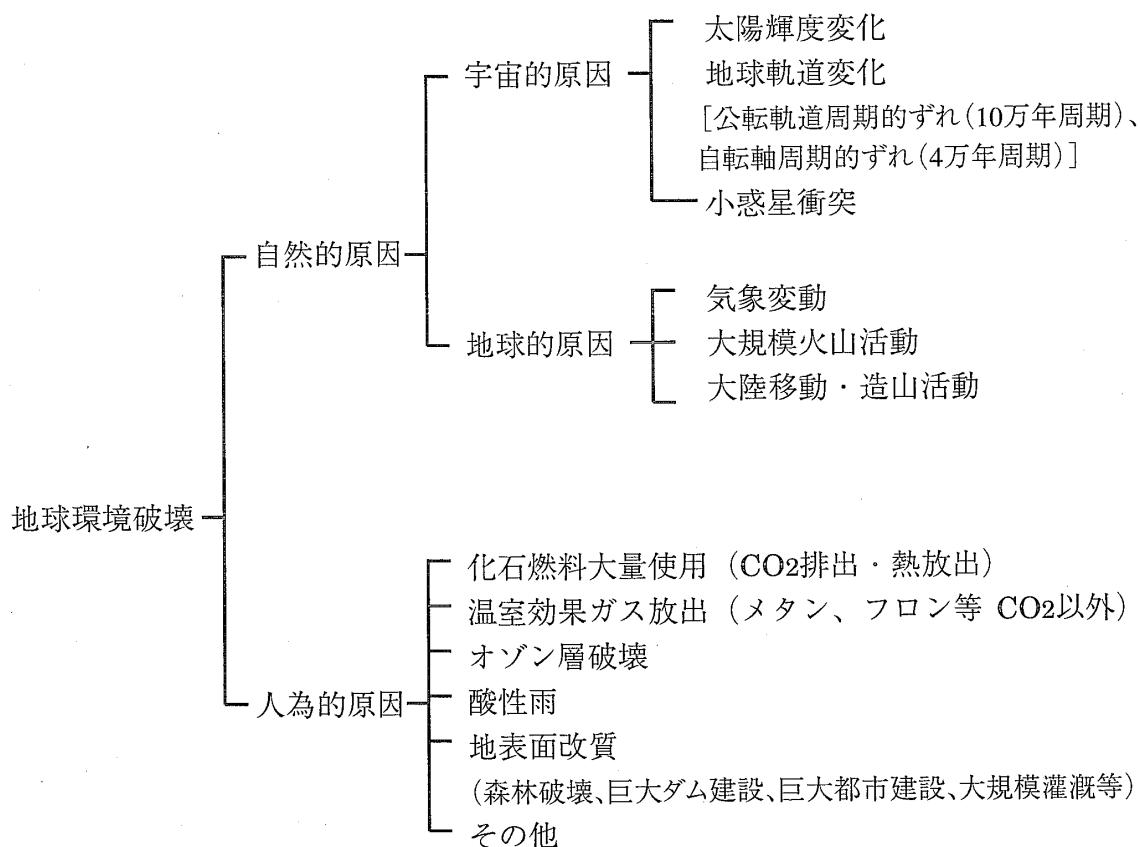
年はCO<sub>2</sub>等の大気中濃度が高まり、過度の温暖化が憂慮されている。

表1に示すようにIPCCは、人類が何ら地球温暖化対策を採らなければ、今後の100年間に気温はさらに5.8℃も高くなり、氷河や南極氷の氷解や水の膨張で海面は88cmも上昇し、人体健康、生態系、農業等多方面に甚大な影響を及ぼすだろうと推測している。<sup>1)</sup>

表1 地球温暖化により生じる影響予測 (21世紀末)

項目	予測される影響
平均気温	1990～2100年までに1.4℃～5.8℃上昇
平均海面水位	1990～2100年までに9～88cm上昇
人体健康への影響	熱中症患者増加、マラリア拡大 等
生態系への影響	一部動物・植物絶滅、生態系破壊 等
農業への影響	穀物生産量減少 (ただし、一部増加地域出現) 等
水資源への影響	水資源減少顕著化 等

表2 地球環境破壊の主要原因



一口に地球環境破壊と言っても、表2に示すように自然的原因、人為的原因の様々な原因があり、CO<sub>2</sub>排出による温暖化はその一つにすぎない。また、今日の地球温暖化の原因は必ずしも明確に断定されている訳ではない。地球史から見れば、地球の気候は寒暖を繰り返しており、現代の温暖化は地球の固有変動の範囲内とみなす説もある。確かに、氷河期の間の

間氷期の気温上昇は著しかったし、10数億年前もCO<sub>2</sub>濃度が異常に高く、現代よりはるかに高温であったと考えられている。

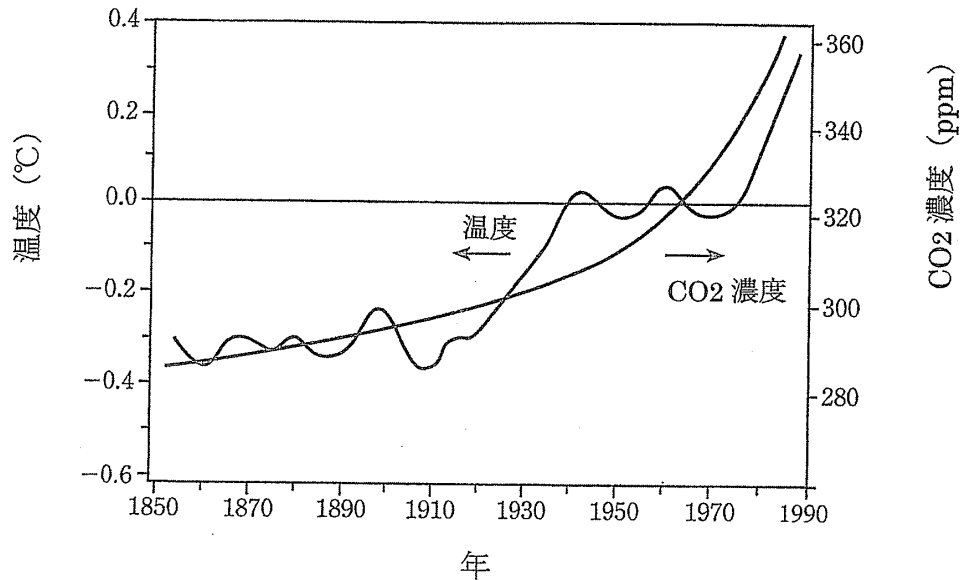


図1 大気中のCO<sub>2</sub>濃度と気温の変化

表3 日本のCO<sub>2</sub>排出量

[単位 百万トンCO<sub>2</sub>]

排出部門		排出量 (年間)		排出量伸び (対1990年比)
		1990年	2003年	
1. 産業		476	478	+0.3 %
2. 運輸		217	260	+19.5 %
3. 民生	1) 一般家庭	129	170	+31.4 %
	2) 業務他 (ビル管理等)	144	196	+36.1 %
4. エネルギー転換 (1次エネルギーから 2次エネルギーへの変換)		82	86	+4.3 %
5. その他		74	71	-4.0 %
合計		1122	1261	+12.4 %

(注) 1次エネルギー＝原油、石炭、天然ガス、原子力、水力等  
2次エネルギー＝電力、ガソリン、都市ガス

しかし、地球の歴史の中で幾たびも起きた温暖化と現代の温暖化とでは、その変化のスピードに大きな違いがあるといわれている。急激な温暖化であったとされる間氷期でさえ100年間で0.08℃の変化であるのに対し、現代の温暖化は100年間で約0.6℃の上昇である<sup>3)</sup>。地球がかつて経験したことのない著しい温度変化率を示す現代の温暖化は、人類が大量に排出する

CO<sub>2</sub>等の人為的原因に依るものと考えるのが妥当であろう。図1に大気中のCO<sub>2</sub>濃度と気温変化の関係を示す。1950年以降、大気中のCO<sub>2</sub>濃度が急激に上昇しているが、これは石油、石炭、天然ガスといった化石燃料の大量燃焼によるものと考えられる。図中の気温変化は、1951～1980年の気温の平均値を基準にして、各年実測値との偏差を示すものである。1950年以降、気温は上昇し、CO<sub>2</sub>濃度との間には相関関係があることが分かる。<sup>4)</sup>

温室効果ガスには、CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>以外にも一酸化二窒素(N<sub>2</sub>O)、フロン等があるが、本論文では、排出量が極めて多く温暖化寄与率の大きいCO<sub>2</sub>に限定する。日本のCO<sub>2</sub>排出量を表3に示す。<sup>1)</sup>2003年の年間排出量は12.6億トンであった。表3には、2003年の排出量の1990年との比較も示した。CO<sub>2</sub>排出量は、1990年比で12.4%増えている。産業、運輸、民生、そしてエネルギー変換の4部門のうち、運輸と民生部門のCO<sub>2</sub>排出量が大きく増加している。特に民生部門は顕著で、一般家庭と業務分野(ビル管理等)共に伸びが著しい。

なお、表3には記していないが、日本のCO<sub>2</sub>排出量はアメリカ、中国、ロシアに次いで4番目に多く、因みにアメリカの排出量は50億トンを越える。世界全体では、ほぼ170億トンに達する。

## 2. 2 京都議定書

すでに世界各国は温暖化による地球環境破壊の深刻さを認識し、CO<sub>2</sub>を中心とする温室効果ガス排出削減に向けて協議を重ねてきた。その成果は、1997年12月京都開催の「気候変動に関する国際連合枠組条約第三回条約締約国会議」(COP3)において採択された「京都議定書」に結実した。「京都議定書」の内容概要を表4に記す。<sup>1), 5)</sup>「京都議定書」は、2001年にアメリカが離脱表明したものの、2005年に発効され、現在140ヶ国が批准している。対象温室効果ガスはCO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>Oそして代替フロンである。2008年～2012年の5年間で、1990年での排出量を基準に、日本は6%(カナダ6%、EU8%)の削減を目指すことになった。ただし、森林等を吸収源として認めている。さらに、クリーン開発メカニズム、排出権取引等の「京都メカニズム」と呼ばれる国際協調手段を設けた。

COP3での日本の削減目標6%達成に向けた日本政府の基本方針を表5にまとめる。<sup>1), 5)</sup>概要は下記のように削減と増加が混じるが、合計で6.0%の削減となる。

- 1) 温室効果ガス削減……………2.5%削減
- 2) 植林・森林整備による吸収増……………3.9%削減
- 3) 代替フロン使用促進(代替フロンはオゾン層破壊防止になるが、温室効果ガス)  
……………2.0%増
- 4) 「京都メカニズム」適用……………1.6%削減

既に述べたように、日本の温室効果ガス排出量は、2003年時点で既に1990年比12%以上も上回っている。従って、現時点では18%以上の削減が課せられ、その達成は容易ではない。

表4 京都議定書概要 (\*)

項目	内容
温室効果対象ガス	CO <sub>2</sub> 、CH <sub>4</sub> 、N <sub>2</sub> O 代替フロン (ハイドロ・フルオロ・カーボン他2種類)
削減期限	2008～2012年の5年間
基準年 (削減に関し基準とする年)	1990年 (排出量削減は1990年との比較で行う)
削減目標数値	先進国全体・・・少なくとも5%削減 (日本6%、カナダ6%、EU8%削減等)
温室効果ガス吸収源	森林等吸収源によるCO <sub>2</sub> 吸収算入
京都メカニズム (目標数値実現バックアップ手段)	1) クリーン開発メカニズム (CDM) 先進国が、開発途上国内で排出量削減プロジェクトを実施し、その削減量を先進国が取得 2) 共同実施 先進国同士が先進国内で排出量削減プロジェクトを実施し、その削減量を当事者国で配分 3) 排出量取引 先進国同士が排出権移転(取引)を行う

(\*) : 1997年京都開催の気候変動に関する国際連合枠組条約第三回締結国会議 (COP3) において、日本が議長国としてとりまとめ、温室効果ガス排出量の削減目標数値設定。

### 3. CO<sub>2</sub> 排出量削減における自然再生エネルギーの役割

CO<sub>2</sub>排出量削減に関しては、従来のエネルギー生産システム(特に火力発電)技術改良(天然ガス使用への転換等)、国民各層の電力節減努力、新エネルギー技術(自然再生エネルギー技術)開発等々、各種の方策が鋭意検討されている。

本章では、地球環境破壊防止のために抜本的エネルギー政策と手段を提示する。

現在、日本を含め世界各国のエネルギー政策は、一極集中広域電力供給システムが主流である。日本の総発電量のほぼ60%を生み出して広域に電力を供給しているのは、火力発電所である。従って、現在の日本の発電システムは、化石燃料から膨大な量のCO<sub>2</sub>を排出するシステムでもある。大気中のCO<sub>2</sub>濃度を抑制するために、火力発電の技術改良や節電に取り組むことは大変重要である。しかし、地球生態系の破壊も危惧される21世紀において、本質的な温暖化防止対策となるのは、CO<sub>2</sub>排出ゼロの新エネルギー生産システムの開発であろう。新エネルギーとして考えられるのは、太陽光、太陽熱、風力、波力、海洋温度差、潮汐力、バ

表5 日本の温室効果ガス削減基本方針

[COP3 (\*) での日本削減目標 6 %達成方針]

番号	項目	内容	削減率 (1990年比)
1	エネルギー起源のCO <sub>2</sub> 排出削減	省エネ、新エネ、燃料転換 (火力発電所の天然ガス使用転換) による削減	±0.0 % (削減ゼロ)
2	非エネルギー起源のCO <sub>2</sub> 、 CH <sub>4</sub> 、N <sub>2</sub> O排出削減	1) 非エネルギー起源のCO <sub>2</sub> 削減 (廃棄物、農地、堆肥等) 2) CH <sub>4</sub> 削減 (天然ガス、反すう動物、水田、 廃棄物埋立地、圃場 等) 3) N <sub>2</sub> O削減 (土壌、農地、有機物 等)	0.5 %削減
3	革新的技術開発および国民の 地球温暖化防止活動推進	1) 省エネ、低消費電力システム推進 2) 物質消費・廃棄量削減	2.0 %削減
4	代替フロン排出削減	1) 代替フロンはオゾン層破壊防止 効果大(家電等で利用促進) 2) 温室効果が有るため使用量 適切化が重要	2.0 %増加
5	吸収源確保	植栽、森林整備、都市緑化等	3.9 %削減
6	京都メカニズムの活用	クリーン開発メカニズム、 共同実施、排出権取引	1.6 %削減  削減率合計 6.0 %

\*COP3 The Third Conference of Parties to the United Nations Framework  
Convention on Climate Change

(気候変動に関する国際連合枠組条約第三回締約国会議の正式英文名称)

イオマスといった自然の力を利用して生み出される自然再生エネルギーである。

残念なことに、今日の技術では波力、海洋温度差、潮汐力からのエネルギー生産の技術的完成度が低く、太陽光等の基礎技術完成度の高いものであっても、エネルギーを効率良く生み出す大電力施設化のレベルにはまだ至っていない。

しかし、一般家庭で消費する電力は平均で高々 3 ～ 4 kW である。この程度の小規模エネルギー量を自然再生エネルギーでまかなうことは、十分可能である。中でも、基礎技術が十分確立していて発電量規模が一般家庭の 1 日の消費電力量に適しているのが、太陽光発電である。

地球温暖化は時間的にも空間的にもスケールが大きい問題であるため、悪影響が現れたと

きには、元に戻すために数百年の年月を見込まねばならないだろうと考えられている。近年、民生部門からのCO<sub>2</sub>排出量は著しく増加しており、一般家庭に太陽光発電を普及させることには大きな意義がある。また、太陽光発電の活用・普及は、日本の電力生産が従来の一極集中大電力生産システムに加え、地域分散型小規模電力生産システムも採りこむ多様化構造へと変化することを意味する。この多様化構造は、エネルギー危機分散の観点からも評価されよう。

## 4. 太陽光発電システム

### 4. 1 基本システム

一般家庭用太陽光発電システムを図2に示す。<sup>5)</sup>また、太陽光発電技術の現状を表6にまとめる。<sup>5)</sup>一般家庭用の屋根に設置した太陽電池アレイ（太陽電池集合体）は、太陽光を受け直流電力を発電する。太陽電池からの配線は接続箱で1本にまとめられ、直流を交流に変換するパワーコンディショナー（インバーター主体）に送られる。交流電力は、分電盤経由で各家庭での使用に供される。また、分電盤は電力会社へ余剰電力を売ったり、電力不足時には電力会社から電力を買ったりの自動切換えを行う。

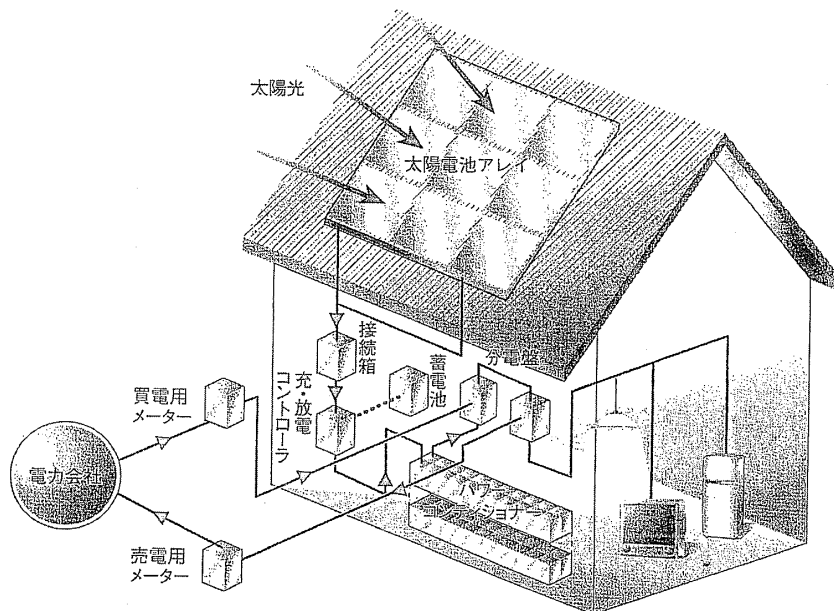


図2 基本的な太陽光発電システム

一般家庭の必要電力は3～4 kWであるから、太陽電池アレイの設置面積として概略25～35平方メートルが必要となる。この面積は、一般家庭の屋根の面積で十分賄える広さである。太陽電池のエネルギー変換効率は10～20%（理論値40%）で、単位面積当たりの発電量は100～150W/平方メートルである。大気圏に到達した太陽光のエネルギーは1.37kW/平方メートルである。太陽光はエネルギー密度は小さいが、しかし無尽蔵のエネルギーである。

年間利用時間は、天候や日照時間を考慮して、約 1000 時間可能であろう。これは、年間設備利用率から考えると 10 数％に相当する。

表 6 太陽光発電技術の現状（一般家庭用）

項目	現状性能
太陽電池	おもにシリコン半導体（多結晶、単結晶）で製造する最小発電素子
太陽電池アレイ	太陽電池の集合体（屋根置型、屋根材型） 製品実例 1) 3.2Kw（25.2平方メートル、130W*24枚） 2) 4.2Kw（35.6平方メートル、75W*56枚）
エネルギー変換効率	（10～20）％（理論値40％）
発電量 （単位面積当たり）	（100～150）W/平方メートル
設置面積	（25～35）平方メートル
設備利用効率	10数％（年間利用時間約1,000時間）
発電コスト	～60円/kWh （参考値 現在の一般家庭電力料金23円/kWh）
設備費	一式（240～350）万円 （～80万円/kW）
売電・ 買電システム	電力会社と契約 1) 売電・・・余剰電力売却 2) 買電・・・不足電力購入（夜間、雨天 等）

（注）延床面積100数十平方メートル、あるいはそれ以上の一般家庭を想定

設備費は240～350万円で、1 kW 当たり 80 万円程度である。発電コストは約 60 円／kWh で、現在の電力料金 23 円／kWh と比べると高い。

ここで、一般家庭における太陽光発電の発電量を試算する。日本の世帯数は約 2,500 万世帯である。仮にその半分の世帯が 3 kW 容量の太陽光発電システムを設備すると、合計 3,750 万 kW となり、日本の全ての発電設備の総容量 2 億 2,900 万 kW（2000 年次）の 16％に相当する。システムを設置した家庭の年間設備利用率を 10％と仮定すると、年間の太陽光発電量は 329 億 kWh となり、2002 年の日本の総発電量 10,820 億 kWh の約 3％に当たる。今後の技術進歩で太陽電池エネルギー変換効率が 2 倍に向上すれば、年間の太陽光発電量は総発電量（2002 年次）の約 6％になる。総発電量の約 6％を太陽光発電で賄うと、火力発電所の発電量を概算で約 10％削減することが出来る。これは、100 数十万トンの CO<sub>2</sub> 排出削減につながる。太陽光発電システムを設備する一般家庭が増えれば、大きな温暖化抑止力になる。



#### 4. 2 課題と将来動向

太陽光発電は、地域での小規模発電に適性を有し、各家庭での使用電力の相当量を賄う能力を有している。しかし、太陽光発電の普及にはクリアしなければならない課題も多い。<sup>5)</sup> それらを以下にまとめる。特に、システム一式の設備費と発電コストの低減化が必須である。

- 1) 施設・設備費の低減（現状価格数百万円の低減）
- 2) 発電コストの低減（現状約 60 円／kWh の低減）
- 3) 高エネルギー変換効率の太陽電池開発（現状の 10 ～ 20% 以上の素子）
- 4) 設備の小型化・軽量化
- 5) 蓄電池性能の向上
- 6) 建物との調和（太陽電池アレイの形状・屋根への取付法）
- 7) 電力会社との売電・買電契約制度の充実化

システム一式の設備費は、個人住宅の平均取得価格を考慮すれば、およそ 100 万円以下が望ましく、そして発電コストも現在の電力料金との競合を目標とするべきであろう。

現在、ごく一部の家庭で先駆的に太陽光発電がなされており、日本の太陽光発電は約 110 万 kW である。これは、まだ大型火力発電所や原子力発電所の 1 基分程度の発電でしかない。日本国内の火力発電所が大小含め数百基以上稼動していることを考えると、微々たるものである。

世界各国においても、太陽光発電を始めとして自然再生エネルギーに向ける眼差しは熱くなってきている。中でも、ドイツはこれまで地形から風力発電に力を注いでいたが、最近では高緯度にも拘らず太陽光発電に期待をかけており、国内で必要なエネルギーの約 20% を自然再生エネルギーで生産すると表明している。将来動向として注目するべきであろう。一方、デンマークは風力発電を主体としており、その発電量は 2002 年時点で総発電量の 10% にも至っている。いずれにしろ、各国は、地球温暖化防止に向け、一層の努力を傾けることが大切であろう。

#### 5. おわりに

人類は、今まで経験したことのない温暖化に直面している。地球温暖化は、大量の化石燃料を燃やし、温暖化寄与率の大きい CO<sub>2</sub> を大気中に大量に排出し続けた人為的結果であろう。

本論文では、一般家庭で太陽光発電を活用することの重要性と最適性を主張した。まとめを以下に記す。

- 1) 近年、民生部門、特に一般家庭からの CO<sub>2</sub> 排出量が急激に増加した。CO<sub>2</sub> 削減には、一般家庭で自然再生エネルギーの活用を図るべきである。
- 2) 一般家庭の使用電力量と現在の技術範囲での自然再生エネルギー発電量が合致するの

は、太陽光発電システムである。太陽電池のエネルギー変換効率向上、設備する世帯数の増加、システムの価格低減、発電コスト低減等で技術改良を図れば、太陽光発電は地球温暖化防止に大きく貢献すると期待出来る。

- 3) 一般家庭に太陽光発電が普及すれば、地域小規模電力供給システムの確立になる。
- 4) 今後のエネルギー政策は、化石燃料を燃やす一極集中大電力生産システムに頼ることを軽減し、地域の環境特性も考慮した自然再生エネルギーを生み出す地域分散型小規模電力生産システムとの併用が、エネルギー危機管理の観点からも重要である。

#### 参考文献

- 1) 環 境 省：“平成 17 年版 環境白書”：株式会社 ギョウせい、(平成 17 年)
- 2) 岡本 博司：“環境科学の基礎”、東京電機大学出版局 (2005 年)
- 3) 住 明正：“地球温暖化の真実”、ウエッジ (1999)
- 4) 犬飼 英吉：“エネルギーと地球環境”、丸善株式会社 (平成 9 年)
- 5) 社団法人化学工業会 SCE.Net：“図解 新エネルギーのすべて”、株式会社工業調査会 (2004 年)