

■ 研究論文 ■

住宅用太陽光発電システムのライフサイクル分析とCO₂排出削減効果の経済性

A Life-cycle Analysis of Residential PV Power System and Its Economics Based on Reduction Effect of CO₂ Emission

加藤和彦*・温慶茹**

Kazuhiko Kato Ching-Ju Wen

岡島敬一***・山田興一****

Keiichi Okajima Koichi Yamada

(原稿受付日1998年9月4日, 受理日1999年2月3日)

Abstract

It is being a very important issue to discuss the life-cycle of photovoltaic(PV) power systems due to both high energy requirement at the production stage and its low availability at the operation stage.

Authors analyzed the life-cycle of residential PV system with flat-plate polycrystalline PV modules to estimate "Energy Payback Time (EPT)", life-cycle CO₂ emissions and generation cost, assuming both expansion of production scale and progress in production technologies in the near-future. It was found that both EPT and life-cycle CO₂ emissions were low enough for the realization, i. e., 2.7 to 1.0 years and 22 to 8g-C/kWh, respectively. However generation cost was still over a present electricity charge in the residential sector.

Therefore the economics of PV technology as CO₂ mitigation options were calculated considering the difference between the generation cost and the electricity charge as the cost for reducing CO₂ emissions. As a result, the economics of PV technology as a CO₂ mitigation option was as a same level as ocean storage of CO₂, namely 0.03 to 0.08¥/g-C.

1. 緒言

近年, 地球温暖化問題が関心を集めている。その主因である二酸化炭素(CO₂)の排出の多くは現代の我々の生活を支えている電力利用に起因していることから, この分野でのCO₂排出削減方策の実施が急務である。その有効な対策の一つが再生可能エネルギー利用発電技術であるが, これらは一般にその製造段階において相応のエネルギーが使用されており, また, 既存の大規模集中型の発電技術に比べて稼働率が低いことから, CO₂排出削減に対する再生可能エネルギーの有効性を論じるためには, 製造段階におけるエネルギー使用量とそれとともなうCO₂排出量を把握し, その結果を発

電時に得られる電力量と比較・評価することが必要となる。これはつまり再生可能エネルギー利用発電技術に関する「ライフサイクル分析」の必要性を指摘している。

現在実用化が期待されているいくつかの再生可能エネルギー利用発電技術の中で, 太陽光発電は最も有望視されている技術の一つであるが, この太陽光発電こそライフサイクル分析が必要とされる技術の典型である。化学工学会「CO₂と地球環境問題研究会(以下, CO₂研究会)」では, 太陽光発電システム(PVシステム)のライフサイクル分析の必要性をいち早く認識し, これまでに薄型多結晶シリコン(poly-Si)太陽電池およびアモルファスシリコン(a-Si)太陽電池の二種類の太陽電池を対象にPVシステムのライフサイクル分析を行っている¹⁾²⁾。前者は現在における電力用の普及の中心的存在であり, 今後とも市場の主流となってPVシステムの普及拡大を支えていくと考えられる。

本稿では, このような今後の市場動向を踏まえ, 薄

* 東京大学大学院工学系研究科化学システム工学専攻高橋研究室助手
**

〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1

*** 静岡大学工学部物質工学科助手

〒432-8561 静岡県浜松市城北3-5-1

**** 信州大学繊維学部精密素材工学科教授

〒386-8567 長野県上田市常田3-15-1

型poly-Si太陽電池を用いた住宅用PVシステムを対象にCO₂研究会でのライフサイクル分析をさらに発展させ、エネルギー採算性やCO₂排出量、経済性の低減要因を詳細に分析するとともに、PVシステムのもつCO₂排出削減効果を経済性と関連づけて解釈することにより、PVシステムが経済的に自立するためのCO₂排出削減対策費用を試算した。

2. ライフサイクル分析の前提条件

2.1 薄型poly-Si太陽電池モジュールとその製造工程

現在の市場に供給されている薄型poly-Si太陽電池は、その原料Siを半導体産業の規格外品に依存しており、今後の需要増に対する供給量不足が懸念されていることから、本研究では原料珪石からの太陽電池用Si (SOG-Si : Solar-grade Si) 直接製造技術である「NEDO直接還元法」を想定した³⁾。なお、各工程の詳細は文献¹⁾を参照されたい。

2.2 分析ケースの設定

上述した太陽電池モジュールの製造工程のライフサイクル分析は、表1に示した生産規模と製造技術水準の異なる三つのケースについて行った。“Case1-10MW”は現状の生産規模と製造技術を想定したものである。一方、他の二つのケースは将来の生産規模の拡大を考慮して1GW/年とし、“Case2-1GW”では近い将来に実現可能なセル効率や製造技術水準を想定した。また、“Case3-1GW”では技術的に可能と思われるセル効率及び製造技術のさらなる進展を想定した。

2.3 PVシステムおよび周辺装置

後述のように本研究ではPVシステムとしてのライフサイクル分析に有用ないくつかの指標を導出する。そのためにはPVシステムを特定しその周辺機器を考慮する必要があり、また、評価対象とするシステムの年間発電電力量についても明確にしておく必要がある。

本研究では、近年わが国において急速に導入が進んでおり、また、今後とも大きな導入量が期待されている系統連系（逆潮流あり/蓄電池なし）タイプの住宅用PVシステム（容量3.5kW）を日本国内に設置することを前提した。

(1) 住宅用PVシステムの周辺装置

この住宅用PVシステムで考慮すべき周辺機器は、アレイ支持架台、配線材料、パワーコンディショナ（インバータ・遮断器等）である。これらの機器の製造時における投入エネルギー、CO₂排出量および製造コストについては表2のように定めた⁴⁾⁵⁾。なお、耐用年数については、システム全体、アレイ支持架台および配線材料を20年とし、パワーコンディショナのみ10年とした。したがって、ライフサイクル分析においては2台のパワーコンディショナを考慮した。

(2) 住宅用PVシステムの年間発電電力量

実際のPVシステムの発電電力は、設置地域の気候条件やPVシステムの設置環境などによって変化するため一意的には決定できないが、本研究では朝気象協会の日射量データベースである“METPV”の東京における「真南-傾斜角30°」での年間日射量=1295

表1 分析ケースの設定と前提条件の違い

分析ケース		Case1-10MW	Case2-1GW	Case3-1GW	
項目	単位				
(A)系統電力の熱効率向上	-	0.35	0.37	0.40	
(B)量産効果	セル生産規模	GW/年	0.01	1.0	100
	SOG-Si 製造歩留	-	0.51	0.54	0.61
	鋳造工程歩留	-	0.8	0.85	0.9
	インゴット縦割り歩留	-	0.94	0.96	0.98
	スライス工程歩留	-	0.93	0.95	0.97
	セル製造工程歩留	-	0.94	0.95	0.96
	ウェハ(セル)面積	m ²	0.01	0.0225	0.04
	カーフロス	um	280	250	200
	ウェハ厚	um	250	200	200
	インゴット切断本数	本/インゴット	2	3	3
	インゴット切断線速	m/分	300	400	500
	セル製造工程稼働率	-	0.58	1.0	1.0
	セル製造速度比	-	1	1.5	2.0
	モジュールの有効面積比	-	0.82	0.87	0.89
	保護ガラス厚	mm	3.2	2.0	2.0
(E)セル効率向上	-	0.15	0.17	0.20	
(F)CO 廃熱の回収	-	なし	あり	あり	
(G)Si スクラップの回収	-	なし	あり	あり	

表2 住宅用PVシステムの周辺機器に関する製造エネルギーおよびコスト^{4) 5)}

	単位重量	製造エネルギー		コスト	耐用年数
		電力	化石燃料		
架台・設置工事 (架台, 配線材料等)	9.6kg/m ²	4.8kWh/m ²	48Mcal/m ²	70円/W	20年
パワーコンディション (インバータ, 開閉等)	16kg/台	88.4kWh/台	164Mcal/台	40円/W	10年

kWh/m²/年)を用いた。また、インバータ運転効率 (=0.94) や太陽電池出力の温度補正係数、汚れ補正係数、アレイ負荷整合補正係数などを考慮して、年間発電電力量を3.8×10³kWh/年とした。

3. 評価指標とその導出手順

本研究では、PVシステムのライフサイクル分析に有用な三つの指標、すなわち、エネルギー・ペイバック・タイム、ライフサイクルCO₂排出原単位、および発電コストを導出した。

3.1 エネルギー・ペイバック・タイム

エネルギー・ペイバック・タイム (EPT: Energy Payback Time) はPVシステムを製造する際に直接あるいは間接的に消費されたエネルギーを、その年間発電電力で回収するために要する年数を示す指標であり、このEPTがPVシステムの耐用年数よりも短いことが、エネルギーとして採算がとれるための要件となる。

EPTは一般的には以下の式で表される。

$$EPT = \frac{\sum_i (f \cdot E_{in,e,i} + \sum_j E_{in,j,i})}{f \cdot E_{out}} \quad (1)$$

ただし、

EPT [年]: エネルギー・ペイバック・タイム

E_{in,e,i} [kWh/W]: 機器iの電力投入量、

E_{in,j,i} [MJ/W]: 機器iの化石燃料jの投入量、

i=m: PVモジュール, s: 架台・配線, pc: パワーコンディショナ

j=coal: 石炭, oil: 石油, gas: ガス

E_{out} [MJ/W/年]: 年間発電電力量

f [MJ/kWh]: 電力の一次エネルギー換算係数

なお、fについては系統電力全体の平均発熱量を用いた。具体的には“Case1-10MW”の場合に10.3MJ/kWh (熱効率0.35) とし、“Case2-1GW”および“Case3-1GW”で9.73MJ/kWh (同0.37) とした。

3.2 ライフサイクルCO₂排出原単位

ライフサイクルCO₂排出原単位は、PVシステムの製造および使用材料製造時のエネルギー消費などに起因

して排出されたCO₂を、PVシステムの単位生涯発電電力量で測った値であり、その導出式は以下の通りである。

$$g_{pv} = \frac{\sum_i (g_e \cdot E_{in,e,i} + \sum_j g_j \cdot E_{in,j,i})}{E_{out} \cdot L_{pv}} \quad (2)$$

ただし

g_e [g-C/kWh]: 系統電力の平均CO₂排出原単位

g_j [g-C/MJ]: 化石燃料jのCO₂排出原単位

L_{pv} [年]: PVシステムの耐用年数 (=20年)

g_eは電源構成に依存するが、本研究では“Case1-10MW”の場合には1995年度における系統電力の発電用燃料消費および年間発電電力量 (受電端) から求めた114g-C/kWhを用い⁶⁾、他の分析ケースでは将来の電源構成の変化を考慮して100g-C/kWhとした。

3.3 発電コスト

住宅用PVシステムの発電コストは、構成機器の初期導入費用や耐用期間中の修繕・保守費用から算出した⁷⁾。市場での普及時には初期導入費用には製造原価のほかに一般管理費、流通経費、利益などが含まれると考えられることから本研究では製造原価の1.47倍を初期導入費用とした⁵⁾。また、金利は6%/年とし、初期導入費用の1%を年間の修繕・保守費用として見込んだ⁵⁾。したがって、PVシステムの発電コストは次式となる。

$$c = \frac{1.47 \cdot \{(D_{20} + 0.01)(C_n + C_s) + (D_{10} + 0.01) \cdot (1+r) \cdot C_{pc}\}}{E_{out}} \quad (3)$$

ただし、

C_i [円/Wp-system]: 構成機器iの製造原価

D_l: 耐用年数がl [年]の機器の資本回収係数 (D₁₀=0.136, D₂₀=0.0872)。

r [-]: 運用期間内に交換する2台目のパワーコンディショナの現在価値換算係数 (=0.558)

4. 分析結果とその考察

2章で述べたPVモジュールの製造工程について、製造装置、直接製造エネルギー、使用材料、人件費などを詳細に分析し、投入エネルギーやCO₂排出量、製

造コストを導出した。そして、BOSについてのデータとあわせることにより3章で述べたライフサイクル評価指標を試算した。

4.1 EPT, ライフサイクル発電コスト及び発電コスト

表3は各分析ケースにおける住宅用PVシステムのEPT, ライフサイクルCO₂排出原単位及び発電コストを示したものである。

EPTは“Case1-10MW” “Case2-1GW” 及び“Case3-1GW”の各分析ケースでそれぞれ2.7年, 1.6年, および1.0年となった。これらの値はPVシステムの耐用年数である20年と比べて十分短く, 現状技術を用いた小規模生産によっても, 住宅用PVシステムのエネルギー採算性は十分であるといえる。また, ライフサイクルCO₂排出原単位は, 現状の生産規模と技術

水準を想定した“Case1-10MW”で22g-C/kWhであった。これは3.2節で示した1995年度における系統電力平均のCO₂排出原単位(114g-C/kWh)に比べて十分低いレベルであり, 他の分析ケースでは12g-C/kWh, 8g-C/kWhと大幅に小さくなった。これらことから住宅用PVシステムはCO₂排出削減にきわめて有効な手段であることがわかる。

一方, 住宅用PVシステムの発電コストは, “Case1-10MW”, “Case2-1GW” および “Case3-1GW”の分析ケースでそれぞれ63円/kWh, 33円/kWh, 25円/kWhと, “Case3-1GW”を除いては一般の電気料金水準(25円/kWh程度)より高いコスト水準となった。また, “Case1-10MW”では発電コストに占める太陽電池モジュールの割合が約3/4と大きかったが, “Case3-1GW”では周辺装置が半分近くを占

表3 住宅用太陽光発電システムのEPT, ライフサイクルCO₂排出原単位および発電コスト

分析ケース	Case1-10MW			Case2-1GW			Case3-1GW		
	エネルギー投入量[GJ]とEPT[年]								
	投入量	EPT		投入量	EPT	投入量	EPT		
SOG-Si製造	40	1.0	38%	18.7	0.5	32%	11.2	0.3	29%
ウェハ製造	23	0.6	21%	10.3	0.3	18%	4.6	0.1	12%
セル製造	9	0.2	9%	4.5	0.1	8%	2.7	0.1	7%
モジュール組立	21	0.5	20%	12.3	0.3	21%	10.3	0.3	27%
モジュール小計	94	2.4	87%	45.8	1.2	79%	28.8	0.8	75%
架台	7	0.2	7%	7.4	0.2	13%	5.1	0.1	13%
パワーコンディショナ	4	0.1	3%	1.7	0.0	3%	1.7	0.0	4%
配線材料	3	0.1	3%	2.8	0.1	5%	2.8	0.1	7%
システム合計	107	2.7	100%	57.8	1.6	100%	38.5	1.0	100%
CO ₂ 排出量[kg-C]とライフサイクルCO ₂ 排出原単位[g-C/kWh]									
	排出量	CO ₂ 原単位		排出量	CO ₂ 原単位	排出量	CO ₂ 原単位		
SOG-Si製造	623	8.2	37%	301	4.0	33%	182	2.4	28%
ウェハ製造	345	4.5	21%	163	2.2	18%	75	1.0	12%
セル製造	112	1.5	7%	53	0.7	6%	32	0.4	5%
モジュール組立	325	4.3	19%	195	2.6	21%	164	2.2	26%
モジュール小計	1405	18.5	84%	713	9.4	77%	453	6.0	71%
架台	163	2.2	10%	134	1.8	15%	112	1.5	18%
パワーコンディショナ	58	0.8	3%	27	0.4	3%	27	0.4	4%
配線材料	48	0.6	3%	47	0.6	5%	47	0.6	7%
システム合計	1674	22.1	100%	921	12.1	100%	639	8.4	100%
年経費[千円/年]と発電コスト[円/kWh]									
	年経費	発電コスト		年経費	発電コスト	年経費	発電コスト		
SOG-Si製造	33	8.7	14%	10	2.7	8%	6	1.62	6%
ウェハ製造	42	11.1	18%	18	4.8	15%	9	2.31	9%
セル製造	50	13.2	21%	15	4.0	12%	9	2.26	9%
モジュール組立	50	13.2	21%	32	8.4	26%	27	7.07	28%
モジュール小計	176	46.3	74%	76	20.0	61%	50	13.3	53%
架台/配線材料	23	6.0	9%	20	5.3	16%	18	4.8	19%
設置工事	2	0.5	1%	2	0.5	2%	2	0.5	2%
パワーコンディショナ	22	5.7	9%	18	4.7	14%	18	4.7	19%
修繕・保守費用	17	4.4	7%	9	2.3	7%	7	1.8	7%
システム合計	239	62.9	100%	125	32.9	100%	95	25.1	100%

める結果となった。したがって、将来における住宅用PVシステムの経済性のより一層の向上には、パワーコンディショナや架台などのコスト低減と長寿命化が重要になってくると考えられる。

4.2 投入エネルギーと投入コストの低減要因

本研究は表1に示したような製造技術に関する前提のもとづく積上げ評価であり、個々の技術前提が太陽電池モジュール製造の投入エネルギーや製造コストに及ぼす効果を詳細に分析することが可能である。

図-1及び図-2は、表1に分類した各分析ケース間の前提条件の違いによる太陽電池モジュールの製造エネルギーおよび製造コストの低減効果をCase1-10MWでの試算結果を1とした場合の比率として製造工程別に示したものである。

(1) SOG-Si製造工程

表3に示したように、“Case1-10MW”では本工程の投入エネルギーが住宅用PVシステム全体に対して高い割合を占めたが、他の分析ケースでは大幅に低下した。図-1から“Case2-1GW”でのこの低減には量産効果(B)、Si歩留向上(C)および技術進歩(D)がほぼ同等の寄与を示しており、また、“Case3-1GW”では特にSi歩留の向上(C)の寄与が大きいことがわかる。一方、図-2に示す製造コストについては、“Case2-1GW”での量産効果(B)による労務費および装置費の低減が顕著であり、また“Case3-1GW”

では、Si歩留の向上(C)による高純度カーボンのコスト低減効果が大きいことがわかった。

(2) ウェハ製造工程

“Case1-10MW”のケースでは、SOG-Si製造工程についてこの工程がモジュールの投入エネルギーや製造コストに占める割合が大きかったが、これも他の分析ケースでは大きく減少した。図-1および図-2から、これらの減少に最も寄与しているのは製造技術の進歩(D)であり、カーフロスやウェハ厚みの減少によるSi消費原単位の向上や、インゴット面積の大型化およびウェハ切り出し速度の向上によるスループット向上がエネルギー投入量と製造コストの低減に有効であることを示している。

(3) セル化工程

表3からEPTに占めるこの工程の割合は分析ケースによらず小さい。本工程は上記二工程のようなSi溶融が不要であるため直接エネルギー消費は相対的に小さく、また、Siの損失も少ないことがこの要因として挙げられる。一方、表3からわかるように、この工程が発電コストに占める割合は、Case1-10MW、Case2-1GWおよびCase3-1GWの各分析ケースで20%、12%、9%とEPTに占める割合より高い。この工程でのコスト低減の要因は、スループットの向上などによる技術進歩(D)および量産効果(B)であり、それらが装置費や労務費の低減に貢献していることがわかった。

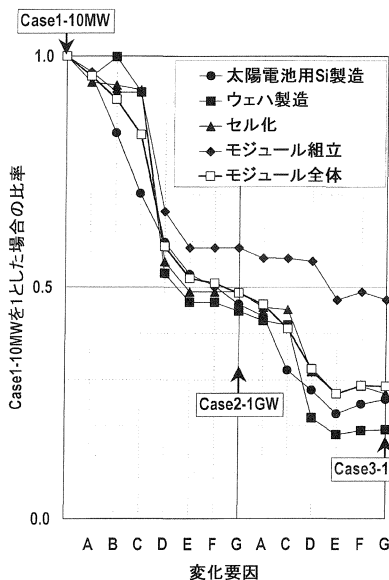


図-1 太陽電池モジュールの製造工程別投入エネルギー低減要因

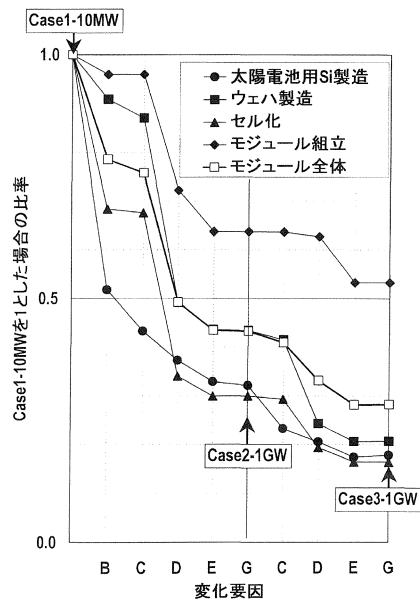


図-2 太陽電池モジュールの製造工程別製造コスト低減要因

(4) モジュール組立工程

この工程は、Case2-1GWやCase3-1GWでEPT自体は減少しているものの、全体に占める割合は逆に増加した。この工程は直接エネルギー投入よりもむしろ表面ガラスやアルミ枠といったモジュール構成材料製造に由来する間接エネルギー投入が大部分を占め、かつそれがモジュール面積に強く依存するという点で他の工程と大きく異なっている。図-1および図-2から、Case1-10MWからCase2-1GWへのEPTおよび投入コスト低減にはガラス厚みの減少やアルミ枠の軽量化といったモジュール構造の改良が相応の寄与をしていることがわかるが、それ以外はセル効率の向上(E)による単位面積あたりの出力増加による効果しか期待し得ないことを示している。

5. 住宅用PVシステムのCO₂排出削減費用

4章の試算結果によれば、“Case1-10MW”や“Case2-1GW”で想定した生産規模と太陽電池モジュール製造技術で得られる住宅用PVシステムの発電コストは一般の電気料金水準(25円/kWh程度)に比べて高価であり、わが国における太陽光発電システムの早期普及拡大には不十分であることがわかった。

しかし、ここで留意すべきはこの発電コストの試算結果はあくまで現在の経済原理に則った評価であるという点であり、4章のCO₂排出原単位が示したPVシステムのCO₂排出削減効果は考慮されていない。そこで、本章では、系統電力の電力料金水準と前の住宅用PVシステムの発電単価との差額をCO₂排出削減に要する費用と考えた場合のCO₂排出削減対策としての住宅用PVシステムの経済性について考察した。

5.1 PVシステムのCO₂排出削減費用の導出手順

炭素換算1gのCO₂排出を削減するための費用を w [円/g-C]とし、PVシステムの発電電力1WhあたりのCO₂排出削減費用を発電コストから控除すると仮定した場合、住宅用PVシステムが経済的に自立可能となる条件は以下となる。

$$w = \frac{c-25}{g_u - g_{pv}} \quad (4)$$

ただし、

g_u [g-C/kWh]: PVシステムの発電電力によって代替される系統電源の発電電力1kWhあたりのCO₂排出量

となる。また、このときに住宅用PVシステム容量1kWpあたりのCO₂排出削減費用をシステム設置時の

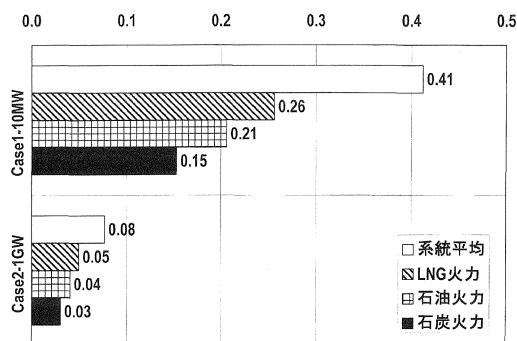


図-3 住宅用PVシステムのCO₂排出削減費用 [円/g-C]

価値に換算した費用 W [円/kWp]は、

$$W = w \cdot (g_u - g_{pv}) \cdot E_{out} \cdot 10^3 / D(L_{pv}) \quad (5)$$

と考えることができる。

5.2 CO₂排出削減費用の試算結果

“Case1-10MW”と“Case2-1GW”の分析ケースに関し、上式を用いて代替される系統電源を石炭火力、石油火力、LNG火力、および系統電源平均とした場合の住宅用PVシステムの w を試算した。なお、代替される各電源の g_u は発電および運用・保守によるもののみを対象とし、また5%の送電損失を考慮した。すなわち、石炭火力、石油火力、およびLNG火力のそれぞれについて、270g-C/kWh、206g-C/kWh、および170g-C/kWhである⁸⁾。また、系統電源平均については前述した1995年度の全発電用燃料消費量から得られる114g-C/kWhを用いた。

図-3にその結果を示す。得られた w は代替する系統電源によって異なるが、たとえば、“Case3-1GW”では石炭火力を代替する場合で0.03円/g-C、石油火力で0.04円/g-C、LNG火力で0.05円/g-C、系統電力平均でも0.08円/g-Cであった。文献⁹⁾によれば、火力発電所の排煙からCO₂を分離・回収し海洋貯留するコストは、石炭火力の場合で4~7万円/t-C、LNG火力の場合で4.3~6.6万円/g-C、つまり、0.04~0.07円/g-Cである。したがって、太陽電池の生産規模の拡大と製造技術の進展がある程度進めば、住宅用太陽光発電システムは、火力発電でのCO₂回収処理技術とほぼ同等のコスト水準に達する可能性を有しているといえる。

また、1kWpあたりのCO₂排出削減初期費用 W は、“Case1-10MW”の分析ケースでは約47万円/kWと高かったが、“Case2-1GW”では10万円/kW程度となった。これは(財)新エネルギー財団の平成10年度導入

補助事業における補助額の上限値である34万円/kWの約30%に相当する。

6. 結言

本稿では、薄型poly-Si太陽電池モジュールの製造に関し、現状技術と今後予想される技術進歩、さらには生産規模の拡大による量産効果を想定したライフサイクル分析を詳細に行うとともに、住宅用PVシステムを評価対象としてEPT、ライフサイクルCO₂排出原単位、および発電単価を推定した。

その結果、2.7~1.0年のEPTが得られ、PVシステムの耐用年数に比べて十分短いことが明らかになった。また、ライフサイクルCO₂排出原単位も22~8 g-C/kWhと、現在のわが国における系統電力のCO₂排出原単位に比べて十分小さく、PVシステムがCO₂排出削減に有効な手段であることを示した。一方、発電単価は63~25円/kWhとなり、技術進歩と量産規模によって相応の経済性の向上が可能であることが示されたが、住宅用PVシステムの導入機会を飛躍的に広げるためには、まず系統電力の電力料金水準を下回ること必要であることから、早期により一層のコスト低減が必要であることも明確になった。

そこで本稿では、PVシステムの発電単価と系統電力の電力料金水準との差額をCO₂排出削減費用と見なした場合のPVシステムによる排出削減費用を試算した。その結果、生産規模の拡大と製造技術の進歩が進めば火力発電所におけるCO₂排出対策とほぼ同等な費用効果を得ることができ、これは10万円/kW程度の初期費用に相当することを示した。

ただし、今後のPVシステムの大規模導入を実現するには、現在の系統における供給予備力としての位置づけから、日中の電力需要を相当程度分担するような役割を果たしていく必要があり、その際にはより一層の経済性の向上がPVシステムに求められるであろう。そのためには、PVモジュールやBOSのさらなる低コスト化が必要であることはいうまでもない。現在、高効率でかつ低コスト化が可能な太陽電池として薄膜結晶Si太陽電池の研究開発などが進められているが、本研究で評価対象とした薄型poly-Si太陽電池については、切り屑やウェハ厚の大幅な低減が可能なウェハ製造技術が重要な研究開発課題の一つである。

参考文献

- 1) 化学工学会CO₂研究会；太陽光発電技術の評価II (1995)。
- 2) 加藤ら；太陽光発電システムのCO₂排出原単位に関する考察，化学工学論文集，Vol.21 (1995)，753-759
- 3) 荒谷ら；太陽電池用高純度シリコン製造方法の開発，日本金属学会会報，Vol.30 (1991)，433-435
- 4) 太陽光発電技術研究組合；太陽光発電評価の調査研究，平成9年度NEDO委託業務成果報告書 (1998)
- 5) 産業技術審議会エネルギー・環境技術開発部会太陽エネルギー分科会中間報告；ニューサンシャイン計画における太陽光発電技術開発の今後の進め方 (1997)
- 6) 資源エネルギー庁長官官房企画調査課編；総合エネルギー統計平成9年度版，通商産業研究社 (1998)
- 7) NEDO；太陽光発電利用システムの設計ポイント (1997)
- 8) 内山ら；発電プラントの温暖化影響分析，(財)電力中央研究所研究報告Y91005 (1992)
- 9) RITE；CO₂海洋貯留に関する調査，平成5年度NEDO委託調査報告書 (1994)，128-135

