

「太陽エネルギー技術研究開発／太陽光発電システム次世代高性能
技術の開発・有機系太陽電池実用化先導技術開発」

事後評価報告書（案）概要

目 次

分科会委員名簿	1
評価概要（案）	2
評点結果	6

はじめに

本書は、NEDO技術委員・技術委員会等規程第31条に基づき研究評価委員会において設置された「太陽エネルギー技術研究開発／太陽光発電システム次世代高性能技術の開発・有機系太陽電池実用化先導技術開発」（事後評価）の研究評価委員会分科会（平成27年11月30日、12月1日）において策定した評価報告書（案）の概要であり、NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条の規定に基づき、第47回研究評価委員会（平成28年3月15日）にて、その評価結果について報告するものである。

平成28年3月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会「太陽エネルギー技術研究開発／太陽光発電システム次世代高性能技術の
開発・有機系太陽電池実用化先導技術開発」分科会
（事後評価）

分科会長 庭野 道夫

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 研究評価委員会

「太陽エネルギー技術研究開発／太陽光発電システム次世代高性能技術の

開発・有機系太陽電池実用化先導技術開発」(事後評価)

分科会委員名簿

(平成27年11月現在)

	氏名	所属、役職
分科 会長	にわの 庭野 道夫	東北大学 電気通信研究所 教授
分科 会長 代理	くどう 工藤 一浩	千葉大学 大学院工学研究科 人工システム科学専攻 教授
委員	うさみ 宇佐美 章	一般財団法人電力中央研究所 材料科学研究所 上席研究員
	かきうち 垣内 弘章	大阪大学 大学院工学研究科 精密科学・応用物理学専攻 准教授
	たなか 田中 良	株式会社 NTT ファシリティーズ ソーラープロジェクト本 部 部長
	にしお 西尾 光弘	佐賀大学 大学院工学系研究科 電気電子工学専攻 教授
	ひろせ 廣瀬 文彦	山形大学 大学院理工学研究科 教授

敬称略、五十音順

「太陽エネルギー技術研究開発／太陽光発電システム次世代高性能技術の 開発・有機系太陽電池実用化先導技術開発」（事後評価）

評価概要（案）

1. 総合評価

再生可能エネルギーとして最重要である太陽光発電に対して、産学官連携の下で基礎から実用化までの研究開発を進めた本プロジェクトは、日本の産業力を高める上で、また今後の日本のエネルギー問題を解決する上でも意義が大きい。太陽電池のロードマップに示された発電コストの低減化にむけて、太陽光発電システム次世代高性能技術の開発・有機系太陽電池実用化先導技術開発の二つの事業において、数多くの開発項目を効果的に分類して、体系的に研究開発を行った。太陽光発電システム次世代高性能技術の開発では 2010 年度から 2014 年度の 5 年間研究開発を実施し、素子やモジュール単体の性能だけでなく、周辺技術や共通基盤技術も含めた総合的な開発の取り組みがなされた。世界最高水準の成果が得られているなど、全体としては順調に進展したと評価できる。特に結晶シリコン太陽電池及び CIS 等化合物系太陽電池で顕著な成果が示されており、今後の実用化への進展が期待される。共通基盤技術においても、太陽電池の普及を支える技術開発で顕著な成果が見られる。

一方、実用化のためには、変換効率の向上もさることながら、コストの評価も必要不可欠である。コストは技術の進展・普及度や社会情勢によって大きく変動する可能性があるにしても、コスト面からの評価は都度厳しく行っていく必要がある。また、薄膜シリコン太陽電池の開発においては、コストと性能のトレードオフにおいて大きな壁があると認識され、さらなるブレークスルーが必要と感じた。旧来の研究機関の枠にとらわれず、新しい研究者の参加を得て、真のオールジャパンでの取り組みが必要と思われる。

本事業は、薄膜シリコン太陽電池から CIS 等化合物系、有機薄膜まで含め、研究開発テーマが多岐にわたっており、どの技術が実用化に近いのか、将来どの技術を伸ばしていくかを柔軟に決めていく必要がある。現在、実用化には遠くても、将来技術のブレークスルーによって大きく進展する技術もあるため、技術の多様性を確保しておくことも重要である。また、国際競争の激しい電子技術などの科学技術の進歩には、有能な人材の育成が不可欠である。さらに、社会インフラとして、エネルギーを有効利用するためのシステムの構築が急務であり、太陽電池をそのシステムの中でどのように位置づけるかを今後真剣に検討する必要がある。エネルギーを如何に効率よく作り出すかばかりでなく、どのように供給し、どのように蓄積するかといったことも含めたトータルシステムを具体化することが今後の大きな課題であろう。

2. 各論

2. 1 事業の位置付け・必要性について

太陽光は環境破壊につながらないクリーンエネルギーであり、石油などの資源の乏しい我が国にとってエネルギーの安定確保が重要である点から、その技術開発は、国が率先して取り組むべきテーマである。現在、太陽光発電には発電コストが高いこと等解決すべき課題があるが、その解決を目指した開発は一つの研究機関、大学、企業のみで実施するにはリスクが大きく、また、各所の技術を活かせない事象が生じる恐れがある。NEDO が関係機関をまとめる事により、開発技術の目標を確実に達成出来るよう調査・調整が可能となることから、NEDO の関与が必要である。また、有機系太陽電池実用化先導技術開発は、実使用環境下で具体的な課題抽出を試みた初めてのプロジェクトであり、その意義は極めて大きいと言える。

2. 2 研究開発マネジメントについて

各種太陽電池の効率向上、シリコン製造や加工、新規部材や従来部材の代替化の共通基盤など多岐にわたる技術の開発について、戦略的かつ明確な開発目標が設定されている点は評価できる。それぞれの実施グループには事業化能力を有する企業が入っており、大学で培われたシーズ研究を実用につなげていくという産学連携体制も機能したと認められる。成果の実用化・事業化や知財に関する計画も概ね明確に示されており、NEDO およびプロジェクトリーダーによるマネジメントが十分に行われていると判断される。また、本事業期間中に太陽光発電の普及が大きく進んだことを受け、2014年9月に「太陽光発電開発戦略」がNEDOで策定されており、情勢変化に対して十分な対応をとっている。

一方、変換効率は目標値としてわかり易く、研究推進の際のメルクマールとなることは理解できるが、実際にはコスト、プロセスの簡便性、既存の製造技術との互換性など、実用化や産業化の局面において検討すべき事項は多々ある。変換効率ばかりでなく、開発すべき技術を多面的に捉えていくことも必要である。また、社会状況が大きく変わる中で、開発目標の設定方法や研究開発の進め方をより一層柔軟に変えていく必要があると思われる。結晶シリコン系と、より低コストで製造可能な薄膜シリコン系を、変換効率の面だけで比較するのみでなく、用途や応用分野の棲み分けについて検討することも必要ではないか。

今後、継続プロジェクトや新規プロジェクトに向けて、得られた技術蓄積を無駄なく活用できる体制を期待する。また長期的視点から、基礎となる基盤技術とデータ収集が必要な項目を精査し、少ない予算でも継続的な技術開発を推進することが重要と思われる。

2. 3 研究開発成果について

全体的に、当初設定した目標は概ね達成されたと認められる。

太陽光発電システム次世代高性能技術の開発では、特に結晶シリコン系と CIS 等化合物系に関して著しい成果が挙げられている。世界最高効率を達成した技術も多く、重要な基盤技術が確立されるなど、良好な成果が得られている。また、目標値まで達していないものであっても、問題点が抽出され解決策が明確になっており、評価できる。知財戦略に関しても、

多くの研究テーマで多数の特許出願をしており、妥当である。また、実用化研究である点を考慮すれば、論文、講演等の件数も妥当である。すべての研究テーマで展示、新聞等を通して、成果の発信が積極的に行われている。

有機系太陽電池実用化先導技術開発に関しては、屋内・屋外を含めてかなりの規模で実証実験を進め、長期間の日射量、温度に対する変換効率、電流密度、開放電圧の変化など有益なデータが得られており、具体的な事業化、製品化へとつながる実りある成果が今後期待できる。

一方、世界初の成果や高い水準に達し得る成果もあるが、それらの成果が世界的にみてどの位のレベルに位置づけられるか、また、どのようなインパクトがあるかについて、必ずしも明確ではない。それぞれの成果の意義について明確にしておく必要がある。また、目標を達成したからよしとするのではなく、その成果を今後さらにどのように活用し、どのように発展させるかについての展望についても明確にしておく必要がある。

有機系太陽電池はまだ開発途中であり、ライフタイムが短いので材料の選定を含めてシーリング等の開発を継続し、寿命と効率の向上に努めることが必要である。

本事業の成果を無駄にしないために、今後も開発の継続が望まれる。太陽光発電を取り巻く情勢は流動的であるが、電力システム内での持続的な普及に必要な施策を、より広い視野から適切に設定することが重要である。また、有機薄膜系太陽電池は安価に作製でき、軽量化や大面積化も可能であるなど、長所は多々あり、それらの長所を活かした更なる技術発展に期待したい。

2. 4 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて

各開発項目において、競合技術と比較しての性能面・コスト面を含んだ優位性が示されている。また、産業技術としての見極めと課題解決の方針がほぼ明確となり、実用化・事業化への見通しがついている。特に結晶シリコンと CIS 等化合物電池の実用化の可能性が高い。また、シリコン加工や封止材などの新規部材や電極部材の代替化などは、幅広い用途の産業技術となり得るので、成長性が期待できる。さらに、多くのテーマにおいて、大学の参加などを通じて、人材育成にも貢献している。

有機系太陽電池についても産業応用技術としての見極めとその課題解決の方針がほぼ明確となり、他の無機系太陽電池とは異なる実用化・事業化へ向けた応用展開が見いだされている。

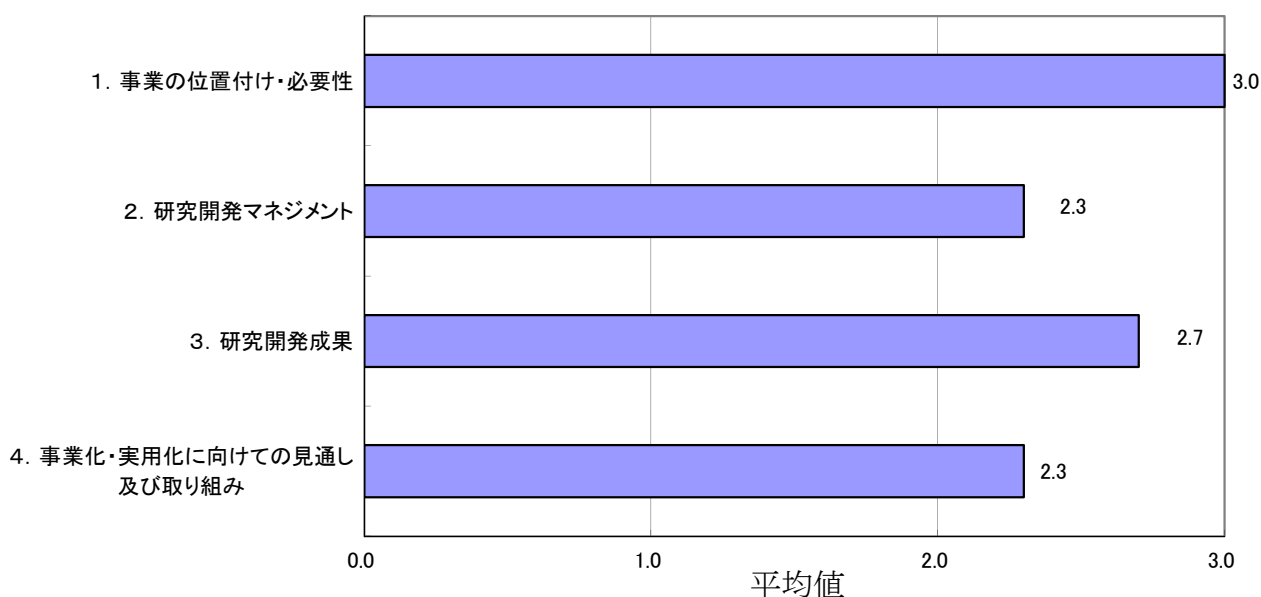
一方、事業化に伴う費用対効果については、やや不明確な印象を受ける。大量普及が重要な太陽電池としては、事業化を推進する上で費用対効果の明確化が重要であり、市場動向を勘案して早急に検討すべきである。利益の社会還元の観点から、事業化の見通しの立たないテーマについても、要素技術として他の太陽電池への応用や、波及効果も含めた成果の展開を積極的に行うことが望まれる。

有機系太陽電池では様々な用途や使用環境を想定した検討が加えられているが、それらの用途や環境が要求する太陽電池としての仕様について、より具体的な検討が必要なものがある。特に屋外用途に関しては、有機系全般に封止や材料自体の安定性などの問題がネックに

なっており、太陽電池としての耐久性の実証データも不十分である。したがって、共通基盤技術として別途開発が進められている封止技術も最大限活用しつつ、耐久性向上に関する取り組みを重点的に継続して欲しい。

太陽光発電は今後 10 年、20 年続く、長期の研究開発である。現在、プロジェクトを実施している研究者、技術者の多くは、近い将来に第一線から退くことになる。したがって、今後の研究開発では次の時代を担う若手研究者や技術者、学生・大学院生の育成が重要となる。今後も NEDO 事業として若手研究者や学生に、太陽電池の素晴らしさを示す機会を数多くつくってほしい。また、今後の技術革新を考えると、開発項目の多様性も重要な要素と考える。実用にはやや遠いと思われる研究テーマも国として幅広く支援していくことが重要と考える。NEDO には多様性も考慮した事業の立案をお願いしたい。

評点結果〔太陽光発電システム次世代高性能技術の開発〕



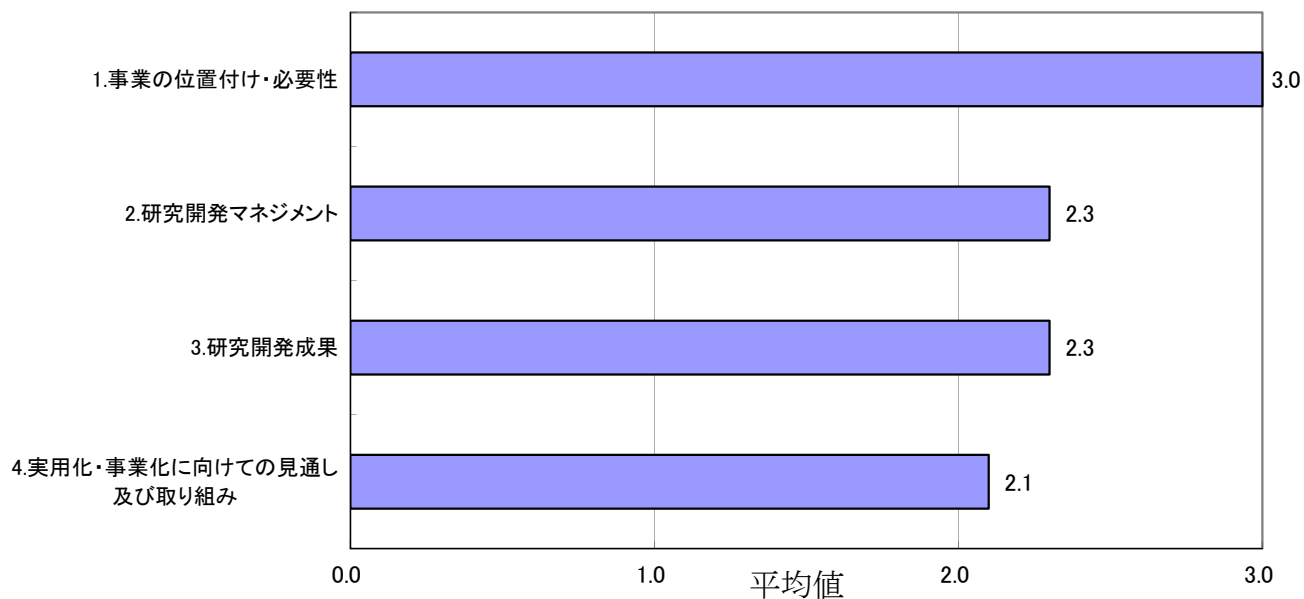
評価項目	平均値	素点 (注)							
		A	A	A	A	A	A	A	A
1. 事業の位置付け・必要性について	3.0	A	A	A	A	A	A	A	A
2. 研究開発マネジメントについて	2.3	B	B	B	B	B	A	A	
3. 研究開発成果について	2.7	A	B	A	A	A	A	A	B
4. 事業化・実用化に向けての見通し及び取り組みについて	2.3	B	B	B	B	A	A	A	B

(注) 素点：各委員の評価。平均値は A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算し算出。

〈判定基準〉

- | | |
|--------------------|------------------------------|
| 1. 事業の位置付け・必要性について | 3. 研究開発成果について |
| ・非常に重要 →A | ・非常によい →A |
| ・重要 →B | ・よい →B |
| ・概ね妥当 →C | ・概ね妥当 →C |
| ・妥当性がない、又は失われた →D | ・妥当とはいえない →D |
| 2. 研究開発マネジメントについて | 4. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて |
| ・非常によい →A | ・明確 →A |
| ・よい →B | ・妥当 →B |
| ・概ね適切 →C | ・概ね妥当 →C |
| ・適切とはいえない →D | ・見通しが不明 →D |

評点結果〔有機系太陽電池実用化先導技術開発〕



評価項目	平均値	素点 (注)							
		委員1	委員2	委員3	委員4	委員5	委員6	委員7	委員8
1. 事業の位置付け・必要性について	3.0	A	A	A	A	A	A	A	A
2. 研究開発マネジメントについて	2.3	B	B	B	B	B	A	A	
3. 研究開発成果について	2.3	A	B	B	B	C	A	A	
4. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて	2.1	B	C	B	A	B	A	B	

(注) 素点：各委員の評価。平均値は A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算し算出。

研究評価委員会

「太陽エネルギー技術研究開発／太陽光発電システム次世代高性能技術の開発・
有機系太陽電池実用化先導技術開発」
(事後評価) 分科会

日 時： 平成 27 年 11 月 30 日 (月) 9:40～18:15 (1 日目)

平成 27 年 12 月 1 日 (火) 9:40～17:20 (2 日目)

場 所： WTCコンファレンスセンターRoom A

〒105-6103 東京都港区浜松町2-4-1世界貿易センタービル 3階

議事次第

(分科会 1 日目)

【公開セッション】

1. 開会、資料の確認 (説明 5 分) 9:40～ 9:45
2. 分科会の設置について (説明 5 分) 9:45～ 9:50
3. 分科会の公開について (説明 5 分) 9:50～ 9:55
4. 評価の実施方法について (説明 5 分) 9:55～10:00
5. プロジェクトの概要説明
- 5.1 「事業の位置付け・必要性」「研究開発マネジメント」
「研究開発成果」「実用化・事業化に向けての見通しおよび取り組み」について
<NEDO> (説明 30 分) 10:00～10:30
- 5.2 質疑応答 (質疑 30 分) 10:30～11:00

----- (実施者入替) -----

11:00～11:05

【非公開セッション】

<実施者入替>

6. プロジェクトの詳細説明および実用化・事業化に向けての見通し及び取り組み
- 6.1 結晶シリコン太陽電池
- 6.1.1 極限シリコン結晶太陽電池の研究開発
(説明 30 分) 11:05～11:35
(質疑 28 分) 11:35～12:03
(入替 2 分) 12:03～12:05
- 6.1.2 赤外線 FZ 法による N 型四角形状シリコン単結晶育成方法の研究開発
(説明 10 分) 12:05～12:15
(質疑 8 分) 12:15～12:23

----- (昼食 47 分) -----

12:23～13:10

6.1.3 マルチワイヤーソーによるシリコンウエハ切断技術の研究開発

(説明 10 分) 13:10~13:20

(質疑 8 分) 13:20~13:28

(入替 2 分) 13:28~13:30

6.1.4 銅ペースト量産化技術と試験・評価方法に関する研究開発

(説明 10 分) 13:30~13:40

(質疑 8 分) 13:40~13:48

(入替 2 分) 13:48~13:50

6.1.5 超低コスト高効率 Ag フリーヘテロ接合太陽電池モジュールの研究開発

(説明 10 分) 13:50~14:00

(質疑 8 分) 14:00~14:08

---- (休憩 12 分) ----

14:08~14:20

6.2 薄膜シリコン太陽電池

6.2.1 次世代多接合薄膜シリコン太陽電池の産学官協力体制による研究開発

(説明 20 分) 14:20~14:40

(質疑 18 分) 14:40~14:58

(入替 2 分) 14:58~15:00

6.2.2 高度構造制御薄膜シリコン太陽電池の研究開発

(説明 10 分) 15:00~15:10

(質疑 8 分) 15:10~15:18

---- (休憩 12 分) ----

15:18~15:30

6.3 CIS 等化合物系太陽電池

6.3.1 CIS 系薄膜太陽電池の高効率化技術の研究開発

(説明 15 分) 15:30~15:45

(質疑 13 分) 15:45~16:58

(入替 2 分) 15:58~16:00

6.3.2 CZTS 薄膜太陽電池の高効率化技術の研究開発

(説明 20 分) 16:00~16:20

(質疑 18 分) 16:20~16:38

(入替 2 分) 16:38~16:40

6.3.3 フレキシブル CIGS 太陽電池モジュールの高効率化研究

(説明 10 分) 16:40～16:50

(質疑 8 分) 16:50～16:58

---- (休憩 12 分) ----

16:58～17:10

6.4 共通基盤技術①

6.4.1 発電量評価技術等の開発・信頼性及び寿命評価技術の開発

(説明 20 分) 17:10～17:30

(質疑 18 分) 17:30～17:48

(入替 2 分) 17:48～17:50

6.4.2 広域対象の PV システム汎用リサイクル処理手法に関する研究開発

(説明 10 分) 17:50～18:00

(質疑 8 分) 18:00～18:08

---- (一般傍聴者入室 2 分) ----

18:08～18:10

【公開セッション】

明日の予定、その他

(説明 5 分) 18:10～18:15

閉会

18:15

(分科会 2 日目)

【非公開セッション】

開会、事務連絡

(説明 5 分) 9:40～ 9:45

【非公開セッション】

6.5 共通基盤技術②

6.5.1 ロールツーロールプロセスを可能とする封止材一体型保護シートの研究開発

(説明 10 分) 9:45～ 9:55

(質疑 8 分) 9:55～10:03

(入替 2 分) 10:03～10:05

6.5.2 超ハイガスバリア太陽電池部材の研究開発

(説明 10 分) 10:05～10:15

(質疑 8 分) 10:15～10:23

(入替 2 分) 10:23～10:25

6.5.3 太陽電池発電システムの据付工程簡便化に関する研究開発

(説明 10 分) 10:25～10:35

(質疑 8 分) 10:35～10:43

(入替 2 分) 10:43～10:45

6.5.4 ドレスト光子利用太陽電池技術の研究開発

(説明 20 分) 10:45～11:05

(質疑 18 分) 11:05～11:23

(入替 2 分) 11:23～11:25

6.5.5 次世代長寿命太陽電池モジュールの研究開発

(説明 10 分) 11:25～11:35

(質疑 8 分) 11:35～11:43

---- (昼食 47 分) ----

11:43～12:30

6.6 色素増感太陽電池

6.6.1 三層協調界面構築による高効率・低コスト・量産型色素増感太陽電池の研究開発

(説明 20 分) 12:30～12:50

(質疑 18 分) 12:50～13:08

(入替 2 分) 13:08～13:10

6.6.2 高効率・高耐久性色素増感太陽電池モジュールの研究開発

(説明 10 分) 13:10～13:20

(質疑 8 分) 13:20～13:28

---- (休憩 7 分) ----

13:28～13:35

6.7 有機薄膜太陽電池		
6.7.1 有機薄膜太陽電池モジュール創製に関する研究開発	(説明 20分)	13:35～13:55
	(質疑 18分)	13:55～14:13
	(入替 2分)	14:13～14:15
6.7.2 光電荷分離ゲルによる屋内用有機太陽電池の研究開発	(説明 10分)	14:15～14:25
	(質疑 8分)	14:25～14:33
----- (議題 6.7.2 発表者退室 2分) -----		14:33～14:35
6.8 全体を通しての質疑①	(質疑 10分)	14:35～14:45
----- (休憩 10分) -----		14:45～14:55
6.9 有機系太陽電池実用化先導技術開発		
6.9.0 全体説明	(説明 5分)	14:55～15:00
6.9.1 プラスチック色素増感太陽電池の実用性検証	(説明 10分)	15:00～15:10
	(質疑 8分)	15:10～15:18
	(入替 2分)	15:18～15:20
6.9.2 プラスチック基板DSC発電システムの開発	(説明 10分)	15:20～15:30
	(質疑 8分)	15:30～15:38
	(入替 2分)	15:38～15:40
6.9.3 色素増感太陽電池実証実験プロジェクト	(説明 10分)	15:40～15:50
	(質疑 8分)	15:50～15:58
	(入替 2分)	15:58～16:00
6.9.4 色素増感太陽電池モジュールの実証評価	(説明 10分)	16:00～16:10
	(質疑 8分)	16:10～16:18
	(入替 2分)	16:18～16:20
6.9.5 有機薄膜太陽電池の生産プロセス技術開発および実証化検討	(説明 10分)	16:20～16:30

(質疑 8分) 16:30～16:38

----- (議題 6.9.5 発表者退室 2分) -----

16:38～16:40

6.10 全体を通しての質疑②

(質疑 5分)

16:40～16:45

----- (一般傍聴者入室 5分) -----

16:45～16:50

【公開セッション】

7. まとめ・講評

(講評 25分)

16:50～17:15

8. 今後の予定、その他

(説明 5分)

17:15～17:20

9. 閉会

17:20

以上

概要

最終更新日

平成 27 年 12 月 25 日

プログラム名	エネルギーイノベーションプログラム						
プロジェクト名	太陽エネルギー技術研究開発 太陽光発電システム次世代高性能技術の 開発	プロジェクト番号	P07015				
担当推進部	新エネルギー部						
0. 事業の概要	<p>本事業では、低炭素社会の実現のため我が国政府が打ち出した目標(2009年4月9日内閣総理大臣講演)(太陽光発電の導入規模を2020年に現状の20倍(26GW)、2030年に40倍(53GW)にする)の達成に資する研究開発として、モジュール高効率化及びコスト低減の観点から、各種太陽電池の変換効率の向上、原材料・各種部材の高機能化、モジュール長寿命化、評価技術等の共通基盤技術等の開発を行う。具体的には以下のテーマを実施する。</p> <p>(イ)結晶シリコン太陽電池のコスト低減技術、高効率化技術 (ロ)薄膜シリコン太陽電池の高効率化技術、製造コスト低減技術 (ハ)CIS・化合物系太陽電池の高効率化技術、製造プロセスの開発、集光型太陽電池の低コスト化開発 (ニ)色素増感太陽電池の高効率化技術、モジュール化技術・耐久性向上技術開発 (ホ)有機薄膜太陽電池の高効率化技術、モジュール化技術・耐久性向上技術開発 (ヘ)共通基盤技術の発電量評価技術、信頼性及び寿命評価技術、リサイクル・リユース技術、共通材料・部材・機器及びシステム関連技術、標準化支援事業及びIEA国際協力事業等</p>						
I. 事業の位置付け・必要性について	<p>環境と調和した健全な経済産業活動と安全・安心な国民生活の実現を図るため、クリーンエネルギーである太陽光発電の更なる普及が待望されている。太陽光発電の更なる普及を実現するためには、これまでに蓄積した技術の更なる高効率化、共通基盤技術の発展及び低コスト化を可能とする革新的技術の開発が不可欠である。本プロジェクトは、経済性・出力安定性といった課題を克服し、新エネルギー等の自律的普及を目標とするエネルギーイノベーションプログラムの一環として実施する。</p> <p>太陽光発電の急速な普及を背景に、海外においては、太陽光発電技術の開発が精力的に取り組まれている。一方、我が国では太陽光発電ロードマップ(PV2030+)で示された技術課題の解決を通じた太陽光発電の普及拡大に邁進しており、まさに、グローバルな開発競争となっている。我が国は太陽光発電の技術開発及びその導入量・生産量において長らく世界一を誇っていたが、欧州を中心に行われている導入普及政策により、市場の中心は欧州へと移っており、当該分野における我が国の競争力再建のためには、これまで以上の技術開発が必要となっている。このため、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)は、産学の科学的知見を結集して太陽光発電の技術開発を行い、これを産業技術へ繋げていく。また、社会の共通基盤として太陽光発電に係る情報の整備・提供を通じて、行政・産業界・地域社会等の関係各界で科学的知見に基づく認識の醸成を図ることを目的に、本プロジェクトを実施する。</p>						
II. 研究開発マネジメントについて							
事業の目標	太陽光発電ロードマップ(PV2030+)に記載の発電コスト目標:14円/kWh(2020年)、モジュール製造コスト目標:75円/W、モジュール変換効率目標:20%(2015~2020年時点)の実現に資する各種太陽電池の高効率化、低コスト化に係る技術を確立することを目標とする(太陽電池種類毎の具体的な達成目標は後述)。						
事業の計画内容	主な実施事項	H22fy	H23fy	H24fy	H25fy	H26fy	
	結晶シリコン太陽電池	←					→
	薄膜シリコン太陽電池	←					→
	CIS・化合物系太陽電池	←					→
	色素増感太陽電池	←					→
	有機薄膜太陽電池	←					→
	共通基盤技術	←					→
開発予算 (会計・勘定別に事業費の実績額を記載)(単位:百万円)	会計・勘定	H22fy	H23fy	H24fy	H25fy	H26fy	総額
	一般会計	-	-	-	-	-	-
契約種類: 委託(100%)、共	特別会計(需給勘定)	2,932	3,979	7,477	5,596	4,191	24,175
	増額予算	1,389	2,287	-	-	-	3,676

同研究(2/3)	総予算額	4,321	6,266	7,477	5,596	4,191	27,851
	(委託)	3,595	5,030	6,200	4,539	3,441	22,805
	(共同研究) :負担率 2/3	726	1,236	1,276	1,058	750	5,046
開発体制	経産省担当原課	資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部 新エネルギー対策課					
	プロジェクトリーダー	山口真史(豊田工業大学大学院工学研究科特任教授)(担当:下記以外)および黒川浩助(東京工業大学統合研究院特任教授)(担当:共通基盤技術の発電量評価技術、信頼性及び寿命評価技術、リサイクル・リユース技術、標準化支援事業及びIEA国際協力事業)					
	委託先・共同研究先	豊田工業大学、新日本ソーラーシリコン(株)、京都大学、東北大学、(株)SUMCO、九州大学、(独)物質・材料研究機構、コマツ NTC(株)、兵庫県立大学、(独)産業技術総合研究所、奈良先端科学技術大学院大学、東京工業大学、岐阜大学、シャープ(株)、三菱電機(株)、京セラ(株)、明治大学、(株)コベルコ科研、太平洋セメント(株)、弘前大学、東京大学、名古屋大学、(株)クリスタルシステム、ナミックス(株)、太陽光発電技術研究組合、(株)カネカ、富士電機(株)、ソーラーフロンティア(株)、(独)産業技術総合研究所、富士フイルム(株)、(株)アルバック、鹿児島大学、筑波大学、龍谷大学、(株)ホンダソルテック、豊橋技術科学大学、三井造船(株)、九州工業大学、信州大学、新日鐵化学(株)、住友大阪セメント(株)、メルク(株)、山形大学、桐蔭横浜大学、ゲンゼ(株)、(株)フジクラ、東京理科大学、住友化学(株)、出光興産(株)、(株)東芝、パナソニック電工(株)、早稲田大学、三菱樹脂(株)、積水化学工業(株)、デュポン(株)、(財)日本気象協会、(財)北九州産業学術推進機構、(株)資源総合システム、みずほ情報総研(株)、日清紡ホールディングス(株)、ポリプラスチックス(株)、三菱化学(株)、(特非)ナノフォトニクス工学推進機構 (注)名称に変更があった場合は、契約期間中最終時の名称を記載。					
情勢変化への対応	事業開始後の太陽光発電関連産業の事業環境の変化を踏まえ、研究開発目標、計画の見直しを柔軟に実施した。また、研究開発の進捗に応じ、事業の加速、中止も実施した。 さらに、太陽光発電システムの市場競争力を高めるため、新たな着想、方式、材料等を用いた太陽電池モジュールの低コスト化、高効率化、長寿命化に資する研究開発テーマの強化を狙い、平成24年度には、追加公募を実施し、実施テーマの拡充を図った。						
中間評価結果への対応	事業実施者との間で、コストに関する情報交換、議論を強化。開発目標がコスト低減に及ぼす効果を精査し、可能な限り実施計画に反映した。 また、実用化等、成果の最大化が期待できるテーマの加速(増額)、実用化の見通しが立たないテーマは中止する等、平成25年度以降のマネジメントに反映した。						
評価に関する事項	事前評価	事前評価 平成21年度 担当部 新エネルギー技術開発部					
	中間評価	中間評価 平成24年度 担当部 新エネルギー部					
	事後評価	事後評価 平成27年度 担当部 新エネルギー部					
Ⅲ. 研究開発成果について	<p>豊田工業大学 大学院工学研究科特任教授 山口 真史氏を基本計画の研究項目ごとに設定した下記のテーマ(イ)~(ホ)および(ヘ)の共通部材のプロジェクトリーダー、東京工業大学 ソリューション研究機構 特任教授 黒川 浩助氏をテーマ(ヘ)の発電量・寿命評価およびリサイクル技術のプロジェクトリーダーとし、その下で各研究開発の効率化を図りながら、太陽電池の種類ごとに研究分科会(後に進捗報告会に名称変更)を設け、プロジェクトリーダー及び実施者間での情報交換等により進捗状況の把握、研究方針のチェックと指導を行った。分野別に、成果概要を以下に示す。</p> <p>(イ)結晶シリコン太陽電池 結晶シリコン太陽電池の高効率化技術及び低コスト化に資する技術の開発を目的として研究開発を行った。「極限シリコン結晶太陽電池の研究開発(次世代超薄型結晶シリコン太陽電池の低コスト・高効率化プロセス開発)(委託先シャープ株式会社)」においては、ヘテロ接合バックコンタクト太陽電池セルの開発により、世界最高レベルの変換効率 25.1%を達成した。また、「極限シリコン結晶太陽電池の研究開発(太陽電池向け 100 μm ウエハの高効率加工技術の構築)(委託先コマツ NTC 株式会社)」では、細線ワイヤによる切断条件を改良し、ウエハ厚さ 100 μm、カーフロス 75 μmを達成した。「超低コスト高効率 Ag フリーヘテロ接合太陽電池モジュールの研究開発(共同研究先</p>						

株式会社カネカ)においては、銅メッキ法による電極形成技術やヘテロ接合技術により、6 インチ基板で世界最高記録となる変換効率 24.5%を達成した。更に両面電極としては世界最高記録となる 25.1%の変換効率も達成した。

(ロ) 薄膜シリコン太陽電池

薄膜シリコン太陽電池について、高効率化と製造コスト低減の開発を目的として、研究開発を行った。「次世多接合薄膜シリコン太陽電池の産学官協力体制による研究開発」(委託先:太陽光発電技術研究組合)においては、小面積のトリプルセルにおいて、光劣化抑制技術、光閉じ込め技術などを開発しました。これらの要素技術の融合により、世界最高変換効率である安定化効率 13.6% (AIST 高精度評価)を得た。また製造コスト低減の開発として、大面積(G5 サイズ:1.4m×1.1m)プラズマCVD装置をベースにした高生産製造装置の開発し、 μ -Si 製膜において $\pm 8.56\%$ の膜厚均一性を得た。「高度構造制御薄膜シリコン太陽電池の研究開発」(共同研究先:株式会社カネカ)においては、世界で初めて中間層を有する大面積 3 接合モジュール(a-Si/中間層/a-SiGe/中間層/ μ -Si)を作成し、1420×1100mm:初期 184W(AIST 認証)を達成した。「薄膜シリコンフィルム太陽電池の高速製膜技術の研究開発」(共同研究先:富士電機株式会社)においては、フィルム基板上にアモルファスシリコン(a-Si:H)と微結晶シリコン(μ -Si:H)のセルを積層した多接合太陽電池において、3 接合太陽電池で初期効率 12.6%、安定化効率 11.6%を得た。

(ハ) CIS 等化合物系太陽電池

CIS 系薄膜太陽電池の高効率化技術及び軽量基板上への太陽電池の形成技術の開発を目的として研究開発を行った。「CIS 系薄膜太陽電池の高効率化技術の研究開発」(共同研究先:ソーラーフロンティア株式会社)においては、セレン硫化法による光吸収層の改良と透明導電膜の高性能化により、カドミウム(Cd)を含まない CIS 太陽電池の 2014 年当時世界最高効率を更新する変換効率 20.9%を達成した。「CZTS 系薄膜太陽電池の高効率化技術の研究開発」(委託先:ソーラーフロンティア株式会社、国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人鹿児島大学、国立大学法人筑波大学、学校法人龍谷大学)においては、CZTS セルからサブモジュールへの大面積化に成功し、サブモジュール効率 11.8%を達成した。本研究成果はサブモジュールで小面積セルの世界最高効率に迫るものである。

(ニ) 色素増感太陽電池

色素増感太陽電池の高効率化・高耐久化およびモジュール開発を目的として、研究開発を行った。「三層協調界面構築による高効率・低コスト・量産型色素増感太陽電池の研究開発」(委託先:シャープ株式会社、住友大阪セメント株式会社、富士フィルム株式会社、メルク株式会社、新日鐵化学株式会社、国立大学法人九州工業大学、国立大学法人信州大学)においては、色素増感太陽電池の主となる三要素(TiO_2 電極、色素、電解液)についてそれぞれ最適な材料を開発することにより、1cm 角の色素増感太陽電池セルで世界最高となる変換効率 11.9%を達成した。また、低コスト化が可能な構造のモジュール化技術を開発し、5cm 角サブモジュールにおいても世界最高となる変換効率 10.7%を達成した。「高効率・高耐久性色素増感太陽電池モジュールの研究開発」(委託先:株式会社フジクラ、学校法人東京理科大学)は、1cm 角セルで世界第二位となる 11.8%を達成するとともに、自社測定では最大で 12.45%の光電変換効率を確認した。また、単一ガラス基板サブモジュールとしては 5 cm 角セルで 10.0 %を達成した。

(ホ) 有機薄膜太陽電池

有機薄膜太陽電池の高効率化・高耐久化およびモジュール開発を目的として、研究開発を行った。「有機薄膜太陽電池モジュール創製に関する研究開発」(委託先:株式会社東芝、住友化学株式会社、出光興産株式会社、国立大学法人京都大学)においては、長波長吸収効率の高い有機薄膜材料とそれに適した構造(逆構造)を開発することにより有機薄膜太陽電池セルで世界最高となる変換効率 11.0%を達成した。また、簡単なプロセスで均一な膜を形成できるメニスカス塗布法を開発することによりサブモジュールにおいても世界最高となる変換効率 9.7%(5cm 角)、モジュールにおいても 8.7%(30cm 角)を達成した。「光電化分離ゲルによる屋内用有機太陽電池の研究開発」(委託先:パナソニック株式会社、早稲田大学)では 200Lx下で変換効率 20.2%を達成するとともに、発電蓄電一体化では変換効率 19.8%と蓄電容量 1.3mWh の両立を実現した。また、同じくパナソニック株式会社、早稲田大学においては 2014 年度より新たな追加項目としてペロブスカイト太陽電池の検討を開始し、環境制御(ドライ)により再現性あるプロセス構築した。

(ヘ) 共通基盤技術

発電量評価技術、信頼性および寿命評価技術、PV システム汎用リサイクル処理手法、共通材料・部材の開発、技術動向の調査を目的として、研究開発を行った。「発電量評価技術等の開発・信頼性および寿命評価技術の開発」(委託先:独立行政法人産業技術総合研究所他)においては、気象データから結晶 Si 太陽電池の発電量を $\pm 3\%$ 以内の精度で推定する測定法及び算出法や、太

	<p>陽光発電システムの分散発電量予測及び広域発電量予測モデルについて高精度化を図り、電力会社の運用を想定したケーススタディにおいて全数計測ケースと比較して、サンプリング手法、全量把握ケース、日射予測からの推定ケースについて RMES で 0.05kW/m² 以下に抑えることができた。また、新規加速試験技術の開発では、モジュールへの紫外光照射と機械式曲げ荷重試験等を含んだ複合試験の有効性確認と、下限が 10⁻⁵ g/m²day 台の浸入水蒸気量を定量化するモジュール内水蒸気進入経路調査方法等を開発し、水蒸気バリア性を高めることよりも、モジュール内に酢酸を滞留させないことが信頼性向上に重要であるとの知見を得た。</p> <p>「広域対象の PV システム汎用リサイクル処理手法に関する研究開発」(委託先: 公益財団法人北九州産業学術推進機構)においては主要プロセス装置とモジュールの移動に同期して各装置を動作させるシステム制御装置から成る低コスト汎用リサイクル処理技術を開発し、各種モジュールを用いた多数枚連続処理試験を実施し、取得した基礎データから処理システムの安定性・信頼性及び処理コストを評価し、処理コスト目標「5 円/W@年間 200MW 処理」の実現妥当性を確認した。</p> <p>「超ハイガスバリア太陽電池部材の研究開発」(委託先: 三菱樹脂株式会社)においては、水蒸気透過度 10⁻⁶g/m²day、85°C×85%RH 1700hr での水蒸気透過度 10⁻⁵g/m²day 以下、耐候性試験機 3000hr での水蒸気透過度 10⁻⁵g/m²day 以下である、Cat-CVD とシリカ蒸着の複合膜による超ハイガスバリアフィルムのロール to ロールプロセスでの作成に成功。「ロールツーロールプロセスを可能とする封止材一体型保護シートの研究開発」(委託先: 積水化学工業株式会社)においては、厚み精度±4%、接着速度 3m/分で一体成形、接着強度 20N/10mm、全光線透過率 93%の透明性、バリア性 1.8g/m²day の薄膜シリコン太陽電池向け一体型保護シートの実現と同技術のリジッド太陽電池用封止材への展開可能を確認。「太陽光発電システムの据付工程簡便化に関する研究開発」(委託先: デュポン株式会社)においては、ボルトナット不要で部品点数を 60%削減、据付作業に必要な人員を 33%削減、施工時間 45%削減を実現できる据付部品プロトタイプを開発。また、アイオノマー樹脂と薄板ガラスの組み合わせで、従来型構造と比較し約 50%の軽量化と、IEC61215、IEC61730 準拠の各種試験に合格する耐久性を持つ新規モジュール構造を実現した。</p> <p>「次世代長寿命太陽電池モジュールの研究開発」(委託先: 日清紡ホールディングス株式会社、ポリプラスチックス株式会社)においては、PID 防止フィルム及び、本フィルムを用いたモジュールを開発し、85°C 85%RH -1000v 1000hr で発電劣化がないことを確認した。「ドレスト光子利用太陽電池技術の研究開発」(委託先: 東京大学、特定非営利活動法人ナノフォトニクス工学推進機構、三菱化学株式会社)においては、太陽電池の変換効率を向上させるドレスト光子フロントフィルムを開発し、本フィルムを実装した 156mm 角の結晶シリコン太陽電池(効率 η=18.1%)にて変換効率 Δη = +2.1%を達成した。</p>	
(特許・論文等について件数を記載)	<p>H22-H26 年度(2 月末まで)において 特許出願 681 件、論文(査読付)360 件、研究発表・講演 1,554 件</p>	
IV. 実用化の見通しについて	<p>本事業で確立した要素技術は、漸次担当企業で実用化されていく。また要素技術として確立しても、実用化までにもう一段の研究が必要とされるものは、2017 年以降に実用化を行い、2020 年における発電コスト 14 円/kWh、2030 年における発電コスト 7 円/kWh の目標達成を目指す。</p>	
V. 基本計画に関する事項	作成時期	<p>平成 22 年 3 月制定</p> <p>変更履歴</p> <p>(1)平成 23 年 3 月、研究開発項目①「革新的太陽光発電技術研究開発(革新型太陽電池国際研究拠点整備事業)」の 4. 達成目標の中間目標(平成 24 年度末)の追記及び最終目標(平成 26 年度末)を修正。</p> <p>(2)平成 24 年 3 月、新規研究開発項目「有機系太陽電池実用化先導技術開発」を新たに制定したこと等による修正。</p> <p>(3)平成 25 年 3 月、研究開発項目①「革新的太陽光発電技術研究開発(革新型太陽電池国際研究拠点整備事業)」の 4. 達成目標の最終目標(平成 26 年度末)を修正。</p> <p>(4)平成 25 年 6 月、研究開発項目①「革新的太陽光発電技術研究開発(革新型太陽電池国際研究拠点整備事業)」の 4. 達成目標の(2)高度秩序構造を有する薄膜多接合太陽電池の研究開発のグループリーダーの変更に伴う修正。</p>

概要

		作成日	平成 27 年 11 月 6 日		
プログラム名	エネルギーイノベーションプログラム				
プロジェクト名	太陽エネルギー技術開発 有機系太陽電池実用化先導技術開発	プロジェクト番号	P07015		
担当推進部	新エネルギー一部				
0. 事業の概要	<p>本事業では、低炭素社会の実現のため我が国政府が打ち出した目標(2009年4月9日内閣総理大臣講演)(太陽光発電の導入規模を2020年に現状の20倍(26GW)、2030年に40倍(53GW)にする)の達成に資する研究開発として、有機系太陽電池を使用した太陽光発電システムの設計・試作を行い、その性能や品質を実証・評価し、実用化に向けた課題を抽出し、技術開発にフィードバックすることにより、有機系太陽電池の実用化を促進する。具体的には以下のテーマを実施する。</p> <p>A プラスチック色素増感太陽電池の実用性検証 B プラスチック基板 DSC 発電システムの開発 C 色素増感太陽電池実証実験プロジェクト D 色素増感太陽電池モジュールの実証評価 E 有機薄膜太陽電池の生産プロセス技術開発及び実証化検討</p>				
I. 事業の位置付け・必要性について	<p>環境と調和した健全な経済産業活動と安全・安心な国民生活の実現を図るため、クリーンエネルギーである太陽光発電の更なる普及が待望されている。太陽光発電の更なる普及を実現するためには、これまでに蓄積した技術の更なる高効率化、共通基盤技術の発展及び低コスト化を可能とする革新的技術の開発が不可欠である。平成 20 年 4 月、社会の共通基盤として太陽光発電に係る情報の整備・提供を通じて、行政・産業界・地域社会等の関係各界で科学的知見に基づく認識の醸成を図ることを目的に、エネルギーイノベーションプログラムが制定された。NEDO はこの基本計画に基づき「太陽エネルギー技術研究開発」を計画。この研究開発は平成 20 年に開始された「革新的太陽光発電技術研究開発」、平成 22 年度に開始された「太陽光発電システム次世代高性能技術の開発」及び平成 24 年度に開始された本プロジェクトである「有機系太陽電池実用化先導技術開発」の 3 つのプロジェクトからなる。「太陽光発電システム次世代高性能技術の開発」では設置場所の制約の少ない有機系太陽電池の要素技術開発が行われたが、有機系太陽電池はこのプロジェクトを含めたこれまでの技術開発等の成果により、実用化が間近な状況に到達するに至った。本プロジェクトはさらにこの成果を事業化につなげるべく、有機系太陽電池を実際の使用環境下で実証し、実用化に向けた課題の改善を図ることを目的として実施された。</p>				
II. 研究開発マネジメントについて					
事業の目標	本プロジェクトは有機系太陽電池を使用した太陽光発電システムの設計・試作を行い、その性能や品質を実証・評価し、実用化に向けた課題を抽出し、技術開発にフィードバックすることにより、有機系太陽電池の実用化を促進する。				
事業の計画内容	主な実施事項	H24fy	H25fy	H26fy	
	プラスチック色素増感太陽電池の実用性検証	←		→	
	プラスチック基板 DSC 発電システムの開発	←		→	
	色素増感太陽電池実証実験プロジェクト	←		→	
	色素増感太陽電池モジュールの実証評価	←		→	
	有機薄膜太陽電池の生産プロセス技術開発及び実証化検討	←		→	
開発予算 (会計・勘定別に事業費の実績額を記載)(単位:百万円)	会計・勘定	H24fy	H25fy	H26fy	総額
契約種類・助成負担率(2/3)	予算額(NEDO 負担額)	636.6	1,089.3	881.7	2,607.6

開発体制	経産省担当原課	資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部 新エネルギー対策課	
	助成先、委託先	太陽誘電(株) [(株)NTTファシリティーズ総合研究所] ビフレストック(株) 日立造船(株) [日造精密研磨(株)、ペクセル・テクノロジーズ(株)] 日本写真印刷(株) [島根県産業技術センター] シャープ(株) [(国)東京大学、富士フイルム(株)、メルク(株)] (株)フジクラ [(国)東京大学] 三菱化学(株)	
情勢変化への対応	産総研九州センターでの実証試験では、屋外では屋内での耐久性試験で予測された以上にモジュールの劣化が早く、耐久性に課題が多いことがわかった。劣化したモジュールは適宜モジュール構造を改善したものに交換し、試験を継続することで実用化への課題改善に役立てた。		
評価に関する事項	事前評価	事前評価 平成 23 年度 担当部 新エネルギー技術開発部	
	事後評価	事後評価 平成 27 年度予定 担当部 新エネルギー部	
Ⅲ. 研究開発成果について	各テーマで固有の太陽電池、アプリケーションに対し製造、設置、実証試験を行い、実用化に向けた課題抽出、及び改善を行った。産総研九州センターで行った屋外の電力用途としての実証ではその耐久性に課題があるメーカーも多くあった。色素増感太陽電池の特徴を活かした屋外低照度、ビニールハウスでのソーラーシェアリング、意匠性に対する実証試験を通し、各社個別に実用化に向けた方向性を得ることができた。		
(特許・論文等について件数を記載)	H24-H27 年度(7 月末まで)において 特許出願 9 件、研究発表 8 件、新聞・雑誌 48 件、受賞 4 件、展示会 26 件		
Ⅳ. 実用化の見通しについて	<p>【太陽誘電、ビフレストック】 住宅向けもしくは太陽光発電所向けといった比較的大きな規模では太陽光発電の安定稼働が必須なため、定期的なセル交換が低コストでできる様な仕組み、パネルや架台及びサービスの開発が不可欠であり、実用化・事業化が困難なことが分かった。例えば、解体・移動を前提とするテントや仮設住宅や未電化地域の住宅には、軽量・収納性・可搬性が高い本技術はマッチすると考えられるため、実用化に向けた検討を行う。</p> <p>【日立造船】 本助成事業の中で商業施設の屋内設置用途で、実用化の可能性を見出した。ユーザとして D 社の協力のもと試験的に構築された模擬店舗で実証試験を H27 年 2 月から行ない、実環境下(に近い模擬環境)で要件の把握と問題点に対するフィードバックを行っている。</p> <p>【日本写真印刷】 色素増感太陽電池が低照度環境下でアモルファスシリコン太陽電池より高い発電能力を発揮するなど、他方式の太陽電池と差別化できる機能を重視したアプリケーションとして、無線・センサ用電源、デザインランタンの製品化を検討している。無線・センサ用電源は、例えば橋等の構造物の劣化をリアルタイムに計測・管理するセンサや、精度良くこまめな室内の照明、温度の管理するセンサの電源用途など、建設、IoT 関連分野での適用を目指す。また、デザインランタンは山間部などでも利用できるランタン、誘導灯などエクステリア分野での適用を目指す。</p> <p>【シャープ】 色素増感太陽電池の変換効率が光入射角に依存せず、散乱光に対しても高い発電効率を示す特長を活かし、ビル壁面やマンションのベランダへ傾斜角 90 度で設置(壁面設置)する用途が新規市場として挙げられる。また、低光量下においても開放電圧の低下が少なく、効率良く発電できる特長を活かし、屋内で使用する環境センサ用電源などが新規市場として考えられる。</p> <p>【フジクラ】 DSC 実用化の入り口としてエネルギーハーベスティング(環境発電)の分野、次のステップとして BIPV など屋外の日射制限のある場所での発電用途への適用を考えており、展示会における市場へのアピールや、既存営業ネットワークなどを活用して屋外用途への DSC 顧客の探索を進めている。</p> <p>【三菱化学】 プレ・マーケティングとして、既存太陽電池の置き換えのみならず、設置多様化、エネルギーの地産、地消に貢献する多種多様な用途を考慮したサンプルを作成し、用途展開が期待できる各方面で評価を行っている。また、実証実験にて有機太陽電池の優位性などを検証し、有機太陽電池の特長を把握、商品としての性能、信頼性などの諸特性の向上を検討中である。一方、安価に量産できるための製造設備の設計検討も同時並行で検討している。今後の省エネ社会、地産エネルギー社会の実現に貢献する省エネビルや ZEB 本格化前/後の既築物件に対応できる太陽電池として事業化を推進していく。</p>		

V. 基本計画に関する事項	作成時期	平成 23 年 3 月制定
	変更履歴	なし

22

26

5

