

「太陽光発電システム共通基盤技術研究開発」
(事後評価) 分科会
資料5

「新エネルギー技術開発プロジェクト
太陽光発電システム共通基盤技術研究開発」

事業原簿

担当部	独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 新エネルギー技術開発部
-----	--

—目次—

概要.....	i ~vii
プロジェクト基本計画.....	①~⑧
プログラム基本計画.....	⑨~⑯
I. 事業の位置付け・必要性について.....	1
1. NEDOの関与の必要性・制度への適合性.....	1
1.1 NEDOが関与することの意義	
1.2 実施の効果（費用対効果）	
2. 事業の背景・目的・位置づけ.....	2
II. 研究開発マネジメントについて	
1. 事業の目標.....	4
2. 事業の計画内容	
2.1 研究開発の内容.....	5
2.2 研究開発の実施体制.....	5
2.3 研究の運営管理.....	8
3. 情勢変化への対応.....	8
4. 評価に関する事項.....	8
III. 研究開発成果について	
1. 事業全体の成果.....	9
2. 研究開発項目毎の成果.....	16
IV. 実用化の見通しについて.....	76
1. 実用化の見通し.....	76

添付資料

発表論文リスト
出願特許リスト

事業原簿（概要抜粋）

作成日 平成21年11月24日

制度・施策 (プログラム)名	新エネルギー技術開発プログラム					
事業(プロジェクト)名	太陽光発電システム共通基盤技術研究開発	プロジェクト番号	P07015			
担当推進部/担当者	新エネルギー技術開発部					
0. 事業の概要	<p>今後の太陽光発電システムの円滑かつ健全な導入拡大のためには、太陽電池の低コスト化だけでなく、共通的な基盤技術の開発・整備が不可欠と考えて以下の研究開発を実施する。</p> <p>(1) 新太陽電池評価技術の開発 大量導入に向けて、新型の太陽電池セル・モジュール、太陽光発電システムの性能及び信頼性等を評価する手法の開発を行う。</p> <p>(2) PV環境技術の開発 これまでの太陽光発電は住宅用を主体に設置されてきているが、今後、非住宅や非建造物など多様な設置環境に適した設置方法など設置のガイドライン策定に向けた検討、太陽電池リサイクル関連技術の開発、太陽光発電のLCA (Life Cycle Assessment) 評価手法の開発等を行う。</p> <p>(3) 標準化支援事業及びIEA国際協力事業等</p> <ul style="list-style-type: none"> ・太陽電池の性能評価及び太陽光発電システムに関する国内外の標準策定に向けた活動を行う。 ・海外における太陽光発電に関する研究開発動向を調査し、今後の技術開発の方向性等を分析・評価する。 					
I. 事業の位置付け・必要性について	<p>太陽光発電システムは、発電時に燃料が不要でかつクリーンな発電技術であり、その供給ポテンシャルも大きい。したがって、エネルギー資源の乏しい我が国の将来に必要な発電技術として、その早期実用化を導入拡大が求められている。太陽光発電システムの自立的な導入拡大を実現するためには、太陽電池の低コスト化ばかりでなく、太陽光発電システムの安全性性能評価や信頼性等に関する共通基盤技術を確立することが不可欠であり、総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会でも「新エネルギーの共通基盤的技術開発については、国が中心となって実施すべき」と報告されている。このような観点から実施する本事業は、公共的性格が濃く、また、太陽光発電技術の導入は我が国の長期エネルギー・環境政策にも密接に関連することから、国（NEDO）が主体的役割を果たすべきものと考えられる。</p>					
II. 研究開発マネジメントについて						
事業の目標	太陽光発電システムが大量に普及する際に必要となる共通基盤技術の研究開発を実施し、今後の太陽光発電システムの円滑かつ健全な導入拡大に資することを目的として、太陽電池セル・モジュール及び太陽光発電システムの性能や信頼性、耐久性、安全性等に関する評価技術を開発するとともに、資源の有効利用や環境負荷低減の観点から、太陽光発電システム構成機器等のリサイクル・リユース関連技術の整備、LCA評価手法の確立などを目標とする。					
事業の計画内容	主な実施事項	H18fy	H19fy	H20fy	H21fy	
	新太陽電池評価技術の開発	←			→	
	PV環境技術の開発	←		→		
	太陽光発電技術開発動向等の調査	←			→	
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	H18fy	H19fy	H20fy	H21fy	総額
	一般会計					
	特別会計(確定額)	石特 909	需給 612	需給 400	需給 350	2271
	総予算額	909	612	400	350	2271
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	黒川浩助(東京工業大 特任教授)				
	委託先(*委託先が管理法人の場合は参加企業数も記載)	産業技術総合研究所、電気安全環境研究所、日本気象協会、岐阜大学、昭和シェル石油、みずほ情報総研、資源総合システム、太陽光発電技術研究組合、日本電機工業会、光産業技術振興協会				
情勢変化への対応	<p>並行して実施する研究開発プロジェクト(「太陽光発電システム未来技術研究開発」)でGIS系、色素増感型、薄膜系などの新技術に成果が期待されるテーマが数多く提案されたので技術開発と並行して各種評価方法、試験方法等の国際標準化を進めることが急務であると考え、当初計画(結晶シリコン、アモルファスシリコン単接合等のみを対象)から外れていた前記の新技術についても加速により対象に加えて実施することとした。また、発電量定格に関する国際標準化の審議が今年度から予想よりも早く開始されたことに伴い、加速により分光日射量のモデル化・データベース化、発電量算出方式の検証を含めた評価技術の開発を加速することとした。</p> <p>昭和シェル石油の「高リサイクル性新型モジュール構造の開発」に関しては、当初の目標であったリサイクル性の高いモジュールの基本構造としての「フレームレスモジュール」の試作品が完成した。今後の開発はこの基本構造をもとに関連事業者が主体的に取り組むべきものと判断し、本テーマは平成19年度末をもって終了することとした。</p> <p>太陽光発電技術研究組合の「太陽光発電技術開発戦略に関する調査」に関しては、評価ツールが計画よりも2年早く完成した。そのため、本テーマは平成19年度末をもって終了することとした。</p>					
【今後の事業の方向性】	次年度から開始される「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(仮称)」の中で実施する					

<p>III. 研究開発成果</p>	<p>(i) 新太陽電池評価技術</p> <p>(1) 太陽電池評価技術の研究開発</p> <p>① 新型太陽電池性能評価技術(AIST)</p> <p>各種新型太陽電池性能評価技術に関して、太陽電池モジュールの高精度な評価に必須な、モジュール内要素セルおよびモジュール全体の分光感度特性を測定可能な実用的モジュール分光感度特性測定技術・装置を世界で初めて開発した。結晶 Si、薄膜 Si、CIGS、多接合等各種太陽電池モジュールの分光感度特性および出力特性の高精度な評価を可能とした。性能評価の基となる IEC 規格の基準太陽光スペクトル改訂が、各種太陽電池の性能表評価に及ぼす影響を世界に先駆けて定量的に明らかにした。これらの世界をリードする高精度な性能評価技術を開発すると共に国際比較等を通して検証し、初期目標を大幅に達成した。</p> <p>可変条件性能評価技術に関して、太陽電池モジュール温度を均一に約 10°C~65°C 以上まで可変できる冷却・加熱装置を新規開発し、高精度な可変条件性能測定を可能とした。太陽電池特性の広範囲な温度照度依存性を精密に再現できる補正式を開発し、JIS 規格に採択。IEC 規格に採択予定。可変スペクトルソーラシミュレータの基本設計を検証した。</p> <p>② 校正技術高度化(AIST)</p> <p>一次基準セル校正技術高度化に関して、AIST におけるソーラシミュレータ法による一次基準太陽電池の校正の不確かさを解析し、その値が 1% 以内であることを明らかにした(この値は、ISO/IEC 17025 に対する適合性認定審査でその妥当性が第三者評価され、国際的にも相互承認された)。以上により、わが国の一次校正が国際最高レベルであることを明らかにして初期の目標を大幅に達成した。</p> <p>また、次世代校正方法の要素技術として、プローブ光として用いる単色光が従来の 5 倍の均一度、2 倍の放射照度を、9 倍の面積で照射可能な高強度・高均一単色光照射機構を開発した。</p> <p>結晶シリコン系二次基準モジュールの屋内校正技術を世界で初めて確立した。温度制御装置を開発し、繰り返し測定の不確かさ目標 0.5% を大幅に上回る 0.2% で測定できる手順を確立した。また、二次基準モジュール法の不確かさ解析の一環として、モンテカルロ・シミュレーションによる各種解析を実施した。その成果は、JIS C 8921「二次基準シリコン結晶系太陽電池モジュール」にも活用され、初期の目標を大幅に達成した。</p> <p>③ 信頼性評価技術(AIST/JET)</p> <p>複合加速試験</p> <p>複合加速劣化試験装置内の改善、恒温槽付減光板精密移動装置の開発などを図り、A 社製モジュール(多結晶 150mm 角セル 12 枚、W345×L972mm)を用いて、3SUN90°C、3SUN75°C、1SUN90°C の条件下で複合加速劣化試験を実施し加速係数を算出した。東京における平均積算日射量との比較では、3SUN90°C 加速試験は加速係数(暫定)160 が得られた。最終的な加速係数の算出には屋外暴露データとの照合が必要であるため、暫定値ではあるが、現行市販モジュールにても十分有効な値が得られ、当初の目標が達成された。</p> <p>更なる加速劣化因子探索のための要素技術として、太陽電池セルまたはモジュールに周期的に変化する順方向・逆方向の電圧を印加することで、セル-インターコネクタ間へストレスを与える劣化試験に着手した。逆バイアス降伏試験の結果、屋外実使用条件下での不具合事例と同様な現象が見られ、本試験方法が新たな加速手法の一つとして有望であるとの結論を得た。</p> <p>・暴露試験</p> <p>商品寿命の長い太陽電池および太陽光発電システムにおいては長期信頼性に関する評価手法が確立されておらず、各方面から長期信頼性評価法の標準化(規格化)や試験方法の確立が要求されている。本開発研究では、20~30 年の屋外暴露に相当する寿命評価試験方法の確立に向けた劣化要因の特定等を目標とした。</p> <p>具体的には、寿命評価試験方法の開発と標準化(規格化)のための基礎となる技術開発を推進した。この要素技術として、実環境下で発生しているモジュールの不具合症状を収集・分析評価し、劣化要因との関係を求めた。さらに、太陽電池モジュールの老化・故障時の交換、将来のリユースを視野に入れた互換性について必要なデータを取得した</p>
--------------------	---

(2)発電量評価技術の研究開発

①太陽電池モジュールの I-V 特性換算方式（発電出力定格技術）を検証するために、複数地域における分光日射量実測データと太陽電池モジュールの I-V 特性データを太陽電池モジュールの屋外測定ラウンドロビン実験によって取得した。被測定太陽電池モジュールは、第1期が、結晶シリコン型が3種、計4枚、アモルファスシリコン型が2種、計2枚であり、第2期が、アモルファスシリコン形が1種、薄膜タンデム型が3種、3枚、CIS 型が2種、2枚であった。

ラウンドロビン実験から得られた全国のデータを基に、各地の晴天および曇天モードを決定した上で、それぞれのモードに対し、線形内挿方式による I-V 特性換算方式によって各時刻の P_{max} を計算し、積算により発電量を計算した。各地から快晴日を選択し、快晴部に対する日積算発電量の推定を行ったところ、6地点での推定誤差は結晶シリコン型とアモルファスシリコン型の両方で±5%（日影有り）、±1%（日影無し）以内程度であった。

これらの実験データと分析を基に、発電量定格方式のための標準報告書（案）をまとめた。

②実フィールドにおける実運転性能データベースの構築

従前の計測項目を継承したデータ計測システム(A)に加え、モジュール温度の多点計測機能を追加したデータ計測システム(B)を開発し、データ計測システム(A)を25サイト、データ計測システム(B)を5サイト、合計30サイトを刷新するとともに、全国47サイトにおけるPVシステムの実運転データを計測・収集して実運転性能データベースを構築した。

モジュール温度は、太陽電池出力を決定する重要な環境因子であるが、その計測方法は任意のモジュール裏面1点をもってアレイ代表温度としており、その妥当性を検証するため、データ計測システム(B)の計測データを基に、実フィールドにおけるアレイの温度分布を把握し、データ計測システム(A)のモジュール温度測定方法について、その妥当性を検証するための基礎データを構築した。

AIST 等が開発する発電量推定モデルによって算出された推定値と実測値（実運転性能データベース）の比較から、その推定精度を検証した（予定）。

なお、住宅用 PV システムの場合、オンサイトでアレイの中心付近を測定することが困難なケースが多々あるため、測定可能な箇所代替測定できる方法を検討し、オンサイトでモジュール温度測定方法（指針）としてまとめた（予定）。（JET）

③ 日射気候区別の分光日射データベースの構築と分光日射量推定のための統計モデルの開発（JWA）

従来よりも広範囲の波長領域（350～1700 nm）の分光日射強度分布を連続測定できる分光日射計を開発し、日射特性が異なる5地域において分光日射等の精密観測を実施した。観測データをもとに、世界初となる連続的な分光データベースの構築を行った。また、全天日射から分光日射を推定する統計モデルの開発を行った。

④分光日射強度推定物理モデルの開発

雲微物理改良型局地気象モデルおよび、中間評価で変更となった分光日射強度推定物理モデルを構築した。これにより、日射強度を、直達光・散乱光ごとにスペクトル分布の形で推定することが可能となった。

(ii)PV 環境技術の開発

①太陽光発電システムのライフサイクル評価に関する調査研究 [みずほ情報総研株式会社]

太陽光発電システムのライフサイクル評価について、住宅用、公共・産業用の両方を対象とし、現在国内で市場に出ている太陽電池種類のほぼ全てを対象とした評価を行った。また、これまでの評価で実施されてこなかった太陽光発電システムの使用後処理(リサイクル・廃棄段階)についても考慮したライフサイクル全体に対する評価を実施した。

		多結晶 Si	単結晶 Si	a-Si/単結晶 Si ヘテロ接合	薄膜 Si ハイブリッド	CIS 系
エネルギー・ペイバック・タイム (年)	住宅用	2.20	3.01	2.42	1.75	1.41
	公共・産業等用	2.58	3.38	2.75	2.31	1.89
CO ₂ ペイバック・タイム (年)	住宅用	2.63	3.48	2.80	2.42	2.08
	公共・産業等用	3.33	4.17	3.41	3.46	2.98
CO ₂ 排出原単位 (g-CO ₂ /kWh)	住宅用	58.6	77.6	62.5	53.8	46.4
	公共・産業等用	69.2	86.8	71.0	72.0	62.0

②高リサイクル性新型モジュール構造の開発

リサイクル性を重視した基本モジュール構造としてフレームレス/バックシートレス構造の合わせガラスモジュール(すなわち、カバーガラスとCIS 系薄膜太陽電池デバイス部が製膜された青板ガラス基板を、架橋したEVA 樹脂で貼り合わせた「ガラス-ガラス・サンドイッチ(合わせガラス)構造」)を試作し、十分な耐久性を持つことを確認した。十分な成果が出たので平成19年度で終了した。

(iii)標準化支援事業及びIEA国際協力事業等

①太陽電池モジュール・アレイ及び太陽光発電システム・周辺機器の標準化に関する調査研究

IEC(国際電気標準会議)/TC82(Solar Photovoltaic Energy System)/WC1(用語)、3(システム)、6(周辺機器)、7(集光モジュール)、JCWG(村落発電)に参画した。用語に関する標準化の整合、システム・機器に関する標準化の検討、モジュール・アレイに関する標準化の検討を行った。その結果 IEC62116 を 2007 年に発行し、JIS を6件改訂した。

②包括的太陽電池評価技術に関する標準化

IEC/TC82/ WG2(地上用太陽電池セル・モジュール)参画し、5件の IEC 規格に反映させた。特に「発電量評価技術の研究開発」で開発した IEC 61853-1 地上用太陽電池モジュールのエネルギーレーティングが FDS 投票をクリアした。その他2件を提案した。

③IEA国際協力事業

IEA(国際エネルギー機関)PVPS(太陽光発電システムに関する研究協力計画実施協定)が1993年に締結されてから NEDO は積極的に参加してきた。2006 年からは PVPS の運営は本事業に引き継がれ Task 1, 2, 8, 9, 10, 11, 12 に参加し、国際協力に貢献している。

④太陽光発電技術開発動向等の調査

欧州諸国、米国等に加え、アジア諸国等の新興国を対象に、太陽光発電に関する研究開発プログラム等について調査するとともに、各国の技術開発の方向性を探った。さらに、太陽光発電の研究開発・技術開発に携わる各国の主要な研究機関や研究プロジェクトの動向、研究体制を調査、分析し、その結果を毎年報告書にまとめた。

⑤太陽光発電技術開発戦略に関する調査

「薄膜シリコン系」「結晶シリコン系」、「化合物系」、「有機・色素系」の材料別の4分科会と、PVシステムを系統連系するときの技術開発課題を調査する「PVシステム」分科会で、各々の分野に分かれて調査研究を行った。中、長期にかけての技術の進展を踏まえ、全体として、効率の良い技術開発の戦略の立案を行った。また、「アセスメントツール分科会」では技術項目をコストで評価するツールを作成した。計画よりも2年早く完成したため、本テーマは平成19年度末をもって終了することとした。

(特許・論文等について件数を記載)	論文発表：17、特許出願：12、標準化提案：33
IV. 実用化、事業化の見通し	得られた太陽電池評価方法、発電量評価方法を元にJIS, IECに提案した。
V. 評価に関する事項	事前評価 平成17年度 担当部 新エネルギー技術開発部 事後評価 平成21年度 担当部 研究評価部 新エネルギー技術開発部
VI. 基本計画	作成時期 平成18年3月制定 変更履歴1 平成19年3月、 変更履歴2 平成20年3月 変更履歴3 平成21年3月

根拠法

本事業は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法15条第1項第1号イの規定に基づき実施する。

(エネルギーイノベーションプログラム・環境安心イノベーションプログラム)

「新エネルギー技術研究開発」基本計画

新エネルギー技術開発部
研究開発推進部

1. 研究開発の目的・目標・内容

(1) 研究開発の目的

資源に乏しい我が国が、将来にわたり持続的発展を達成するためには、革新的なエネルギー技術の開発、導入・普及によって、各国に先んじて次世代型のエネルギー利用社会の構築に取り組んでいくことが不可欠である。

また、資源制約を克服し、環境と調和した持続的な経済・社会の実現と、安全・安心な国民生活を実現するには、革新的な技術の開発等を通じた地球全体での温室効果ガスの排出削減、廃棄物の発生抑制（リデュース）、製品や部品の再使用（リユース）、原材料としての再利用（リサイクル）推進による循環型社会の形成、バイオテクノロジーを活用した環境に優しい製造プロセスや循環型産業システムの創造、化学物質のリスクの総合的な評価及びリスクを適切に管理する社会システムの構築を推進することが重要である。

本研究開発は、2001年3月に閣議決定した「科学技術基本計画」における国家的・社会的課題に対応した研究開発の重点分野であるエネルギー分野、2001年9月の総合科学技術会議における分野別推進戦略であるエネルギー分野に位置づけられるものであり、エネルギーに関する技術開発を目的とする「エネルギーイノベーションプログラム」の一環として、さらに環境分野に関する技術開発を目的とする「環境安心イノベーションプログラム」の一環として実施する。

2005年2月に発効した京都議定書及び2005年3月に制定された新エネルギー技術開発プログラム、2008年4月に制定されたエネルギーイノベーションプログラム、環境安心イノベーションプログラムの対応として、環境負荷が少ない石油代替エネルギーの普及に向けた、新たな技術の開発及びコスト低減・性能向上のための戦略的取り組みが要求されている。

このような中で、2010年までに京都議定書の目標達成に貢献すべく取り組むことに加え、2030年度、更には2050年に向けた長期的視野に立ち、国内の知見・技術を結集して、再生可能エネルギー分野における新素材の研究開発、革新的・新規技術の研究開発、開発技術の適用性拡大、コストの低減、性能の向上等を行い、世界における優位性を確保するためにも、従来技術の延長にない技術革新をも目指した継続的な研

究・技術開発が必要不可欠である。

本研究開発は長期的な目標達成及び新規産業創造と産業競争力強化に資するために、再生可能エネルギー分野の中から革新的な技術開発の発掘等を行うことを目的に、実施する。

また、2006年に閣議決定された第3期科学技術基本計画、同年11月に定められた国際標準化戦略目標において、研究開発と標準化を一体的に推進することが提言された。経済活動のグローバル化に伴い世界市場が急速に一体化する中で、優れた技術でも国際標準を獲得できなければ市場を獲得できないこともあるので、研究開発の成果が世界的に利用されることで産業競争力の維持・強化を行う観点から、必要な技術分野については国際標準化等を目指した取り組みを行う。

(2) 研究開発の目標

本研究開発は、2010年度の目標を押さえつつ、2010年度以降の更なる二酸化炭素等の温室効果ガス排出量削減に向けて制定された新エネルギー技術開発プログラム基本計画等の各分野における中期の技術目標を達成するために、新素材の開発、新技術の開発、開発技術の拡大、性能の向上及びコストの削減を図り、2005年3月総合資源エネルギー調査会需給部会の2030年のエネルギー需給展望(答申)にある2030年度目標値の達成に資する。なお、個々の研究開発項目の目標は別紙「研究開発計画」に定める。

(3) 研究開発の内容

上記目標を達成するために、以下の研究開発項目について、別紙の研究開発計画に基づき研究開発を実施する。

[委託事業]

- ① 新エネルギーベンチャー技術革新事業(制度)
- ② バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発(制度)
- ③ 太陽光発電システム未来技術研究開発
- ④ 太陽光発電システム共通基盤技術研究開発
- ⑤ 太陽エネルギー新利用システム技術研究開発事業
- ⑦ 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)
- ⑧ 単独運転検出装置の複数台連系試験技術開発研究
- ⑨ 洋上風力発電等技術研究開発
- ⑩ 次世代風力発電技術研究開発

[共同研究(負担率: 1/2)]

- ⑥ 太陽光発電システム実用化加速技術開発(制度)

[助成事業(助成率: 1/2)]

⑪ 太陽光発電システム実用化促進技術開発

2. 研究開発の実施方式

(1) 研究開発の実施体制

本研究開発は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO技術開発機構」という。）が、単独ないし複数の原則本邦の企業、研究組合、公益法人等の研究機関（原則、国内に研究開発拠点を有していること。ただし、国外企業の特別な研究開発能力、研究施設等の活用あるいは国際標準獲得の観点からの国外企業との連携が必要な場合はこの限りではない）から公募によって研究開発実施者を選定し実施する。

本研究開発において、NEDO技術開発機構が主体となって行うべき基礎的・基盤的研究開発であると判断される研究開発内容に示した①～⑩の事業は委託により実施し、市場化に向けた産業界の具体的な取り組みが示されるべき実用化研究開発であると判断される研究開発内容に示した⑪の事業は助成（助成率1/2）により実施する。

NEDO技術開発機構は、研究開発に参加する各研究開発グループの有する研究開発ポテンシャルを検討し、これを最大限活用することにより効率的な研究開発を図る観点から、委託先決定後に必要に応じて研究開発責任者（プロジェクトリーダー）を指名し、その下に効果的な研究を実施する。

(2) 研究開発の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有するNEDO技術開発機構は、経済産業省及び研究開発実施者と密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的及び目標並びに本研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には、外部有識者による技術委員会を設置し、開発内容について審議し、その意見を運営管理に反映させる他、プロジェクトリーダーを指名しているプロジェクトは四半期に一回程度プロジェクトリーダー等を通じてプロジェクトの進捗について報告を受けることにより把握する。

3. 研究開発の実施期間

本研究開発の実施期間は研究開発項目ごとに以下のとおりとする。

① 新エネルギーベンチャー技術革新事業

本研究開発の期間は、平成19年度から平成23年度までの5年間とする。

② バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発

本研究開発の期間は、平成16年度から平成24年度までの9年間とする。

③ 太陽光発電システム未来技術研究開発

本研究開発の期間は、平成18年度から平成21年度までの4年間とする。

④ 太陽光発電システム共通基盤技術研究開発

本研究開発の期間は、平成18年度から平成21年度までの4年間とする。

⑤ 太陽エネルギー新利用システム技術研究開発事業

本研究開発の期間は、平成17年度から平成19年度までの3年間とする。

⑥ 太陽光発電システム実用化加速技術開発

本研究開発の期間は、平成17年度から平成19年度までの3年間とする。

⑦ 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）

本研究開発の期間は、平成20年度から平成26年度までの7年間とする。

⑧ 単独運転検出装置の複数台連系試験技術開発研究

本研究開発の期間は、平成20年度から平成21年度までの2年間とする。

⑨ 洋上風力発電等技術研究開発

本研究開発の期間は、平成20年度から平成25年度までの6年間とする。

⑩ 次世代風力発電技術研究開発

本研究開発の期間は、平成20年度から平成24年度までの5年間とする。

⑪ 太陽光発電システム実用化促進技術開発

本研究開発の期間は、平成20年度から平成21年度までの2年間とする。

4. 評価に関する事項

NEDO技術開発機構は、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による研究開発の中間評価及び事後評価を実施する。なお、中間評価結果を踏まえ必要に応じプロジェクトの加速・縮小・中止等の見直しを迅速に行う。評価の時期については、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。なお、評価の実施時期や方法は、研究開発項目毎に別紙研究開発計画に記載する。

5. その他重要事項

(1) 研究開発成果の取扱いについて

① 成果の普及

本研究開発で得られた研究成果についてはNEDO技術開発機構、委託先とも普及に努めるものとする。

② 知的基盤整備事業又は標準化等との連携

得られた研究開発の成果については、知的基盤整備又は標準化等との連携を図るためデータベースへの提供、標準情報（TR）制度への提案等を積極的に行う。

③知的財産権の帰属

本研究開発で得られた研究開発の成果に関わる知的財産権については、「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第25条の規定等に基づき、原則として、すべて委託先に帰属させることとする。

（2）基本計画の変更

NEDO技術開発機構は、研究開発内容の妥当性を確保するため、社会・経済的状況、内外の研究開発動向、政策動向、プログラム基本計画の変更、評価結果、研究開発費の確保状況、当該研究開発の進捗状況等を総合的に勘案し、達成目標、実施期間、研究開発体制等、基本計画の見直しを弾力的に行うものとする。

（3）根拠法

① 新エネルギーベンチャー技術革新事業

「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1項第1号イ」及び「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1項第1号ロ」

② バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発

「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1項第1号ロ」

③ 太陽光発電システム未来技術研究開発

「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1項第1号イ」

④ 太陽光発電システム共通基盤技術研究開発

「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1項第1号イ」

⑤ 太陽エネルギー新利用システム技術研究開発事業

「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1項第1号ロ」

⑥ 太陽光発電システム実用化加速技術開発

「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1項第1号イ」

⑦ 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）

「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1項第1号イ」

⑧ 単独運転検出装置の複数台連系試験技術開発研究

「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1項第1号イ」

⑨ 洋上風力発電等技術研究開発

「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1項第1号イ」

⑩ 次世代風力発電技術研究開発

「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1項第1号イ」

⑪ 太陽光発電システム実用化促進技術開発

「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1項第3号」

(4) その他

本プロジェクトは、平成18年度まで以下の基本計画を定めて実施していたテーマも統合して実施する。

- ・ バイオマスエネルギー高効率転換技術開発
- ・ 太陽光発電システム未来技術研究開発
- ・ 太陽光発電システム共通基盤技術研究開発
- ・ 太陽エネルギー新利用システム技術研究開発
- ・ 太陽光発電システム実用化加速技術開発

6. 基本計画の改訂履歴

- (1) 平成19年3月、6事業を統合して新たに制定。
- (2) 平成20年3月、5事業を追加するとともに、バイオマスエネルギー高効率転換技術開発について研究開発の具体的内容、事業期間及び事業名を変更、太陽光発電システム未来技術研究開発について研究開発の具体的内容及び達成目標を一部変更（平成19年度中間テーマ評価結果に基づき、研究開発項目(イ)～(ハ)について見直し）、太陽光発電システム共通基盤技術研究開発について標準化調査研究等の実施を追加して改訂。
- (3) 平成20年4月、次世代風力発電技術研究開発事業（自然環境対応技術等）を統合し、次世代風力発電技術研究開発に係る研究開発計画を追加するとともに、推進部署に研究開発推進部を追加して改訂。
- (4) 平成20年7月、イノベーションプログラム基本計画の制定により、「(1) 研究開発の目的」の記載を改訂。
- (5) 平成20年8月、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）について内容の明確化のため表現を変更して改訂。
- (6) 平成20年10月、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）について、達成目標の詳細について追記して改訂。
- (7) 平成21年3月、次の変更等により改訂。
バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発について一部公募実施年度を変更
太陽光発電システム未来技術研究開発についてPLの所属を変更
太陽光発電システム共通基盤技術研究開発についてPLの所属及び標準化事業に関する達成目標を変更
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）について

グループリーダーの氏名を追記

単独運転検出装置の複数台連系試験技術開発研究についてP Lの氏名を追記

洋上風力発電技術研究開発について研究開発の具体的内容等を一部変更するとともに、事業名を変更

別紙) 研究開発計画

研究開発項目①～③省略

研究開発項目④「太陽光発電システム共通基盤技術研究開発」

国立大学法人東京工業大学 統合研究院 ソリューション研究機構 特任教授 黒川浩助氏をプロジェクトリーダーとし、その下で連携を取りつつ、以下の研究開発を実施する。

(i) 新太陽電池評価技術の開発

1. 研究開発の必要性

太陽電池の性能評価方法は、これまでに結晶シリコン系及びアモルファスシリコン系太陽電池について JIS/IEC の規格化が完了し、その性能や安全性の評価方法について確立されるとともに、認証試験についても対応することが可能となった。

しかし、近年、新たな材料を用いた太陽電池や、これまでと異なる構造の太陽電池、高性能な太陽電池など新型（色素増感、有機薄膜、多接合、CIS 系、化合物など）のものが活発に開発されてきている。これら新型の太陽電池は、従来の太陽電池と比べ発電特性が大きく異なるため、従来技術で評価することが出来ないという課題がある。また、高精度な基準セルや基準モジュールの供給や大面積なモジュールの評価、各種モジュール性能の実力評価も求められている。

また、太陽電池の性能を表す場合、従来は標準条件(STC)での性能評価(W)で対応してきたが、この方法では温度や日射量、スペクトル等の異なる環境下での発電量を評価できない欠点がある。このため、発電量定格(Wh, kWh)による評価が求められている。同時に、国際的にも発電量定格の標準化が進められつつあり、これへの対応も必須となっている。

一方、製品寿命の長い太陽電池について長期信頼性に関する評価手法が確立されていないため、各方面から長期信頼性に関する規格化や試験方法の確立が要求されている。

2. 研究開発の目的

新型の太陽電池にも対応しうる、太陽電池の普及を進めるために必要な評価方法、試験方法等を整備する。

3. 研究開発の具体的内容

太陽電池評価技術として、新型太陽電池に対応する基本的な評価方法を開発する。また、基準セル校正技術の高精度化や基準モジュールの評価技術等の確立を行い、産業界に供与可能な環境を整える。さらに大型化する太陽電池モジュールにも対応可能な性能評価技術要件を明確にし、各種モジュール性能を評価する。

発電量評価技術として、日本の気候区（I～V）に対応した気象データと実サイトにおける太陽光発電システムによる実運転データを取得し、データベース化を図るとともに規

格化を進め、これらより得られるデータを下に、発電量定格の評価技術を開発し、標準化を図る。

信頼性評価技術として、太陽電池モジュールや太陽光発電システムの屋外曝露試験データを取得、分析評価し、劣化要因を抽出する。これと併せて屋内での寿命評価試験方法を開発し、規格化を推進する。

4. 達成目標（平成21年度）

太陽電池評価技術

- ・ 新型太陽電池の性能評価技術に関して、NEDO技術開発機構開発品も含めて基礎データを収集、分析、評価し、基本的評価手法を確立する。なお、必要に応じ規格化を図る。
- ・ 校正技術の再現性(0.5%以内)及び基準モジュールの校正技術を確立する。
- ・ 大型化する太陽電池モジュールの特性を評価するための大面積化（約2×1.5m程度）に向けた基本的技術要件を抽出・検証し、大面積化の為の技術要件を提示する。

発電量評価技術

- ・ 日本の気候区における気象データ（スペクトルと傾斜面日射量、その他標準的気象データ等）と実際の太陽光発電システムによる運転性能データ等を取得し、関係を明確化するとともに標準化に向けたデータベース構築等の基盤整備を図る。
- ・ 太陽電池モジュール及び太陽光発電システムにおける発電量定格評価に必要な評価技術等を確立する。

信頼性評価技術

- ・ 太陽電池モジュールや太陽光発電システムの屋外曝露試験を行い、電気的物理的な劣化状況に関するデータを収集、分析、評価等を行うとともに太陽光発電システムも含めた劣化要因について抽出する。
- ・ 20～30年の屋外曝露に相当する屋内での寿命評価試験方法等について、モジュール並びにシステムとして基本的な評価技術を開発し、規格化に向けた技術要件を整理する。

5. 評価の時期及び方法

NEDO技術開発機構は、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による研究開発の事後評価を平成22年度に実施する。なお、評価の時期については、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、適宜見直すものとする。

(ii) PV環境技術の開発

1. 研究開発の必要性

これまでの太陽光発電システムは、戸建住宅用を主として初期導入期から大量導入期に移行しつつある。さらに導入を促進するためには住宅用以外への多様な設置環境にも対応したシステムが必要である。従って、使用環境や使用後の大量の更新・廃棄も考慮したモジュール及びシステム等に必要となる性能や基準が要求されるため、これらに対応した基準・規格、環境条件等を明確にすることが求められている。

また、環境対応技術として新たな種類の太陽電池や破損・粉砕された太陽電池モジュール、種類の異なる太陽電池が混ざり合った物などのリサイクル関連技術の充実も必要となってくる。

加えて、太陽電池の製造規模が増大し、廃棄処理についても今後具体的に考慮する必要があるため、これらを加えた LCA 評価が求められている。また太陽電池の生産規模や製造でのエネルギー投入量・排出原単位等基礎となるデータの状況も変化してきており、現実に即した評価手法の見直しやデータ更新が求められている。

2. 研究開発の目的

太陽電池の導入を促進するために、太陽電池の環境負荷を低減することを目的に、必要な技術の開発を行う。

3. 研究開発の具体的内容

大量導入を推進する上で住宅用以外への多様な設置環境（工場屋根、ビル、道路壁、遊休地等々）における設置条件（温湿度や空気質、水質環境、日射条件、風・積雪・ばいじんなど）等を調査分析し、試験・評価条件あるいは技術ガイドライン等を整備する。

環境対応技術として、新たな種類の太陽電池や破損・粉砕された太陽電池モジュール、種類の異なる太陽電池が混ざり合った物などについて、これまでに開発されたリサイクル技術で対応可能かを分析・評価し、不十分な場合は新たなリサイクル等の関連技術の開発を行う。

LCA 評価として、これまでの評価の見直しとリサイクル等の廃棄処理まで考慮した評価を実施する。

なお、必要に応じ環境関連技術、低コスト化技術、高効率化技術などについて問題抽出や課題解決のための方向性検討・調査等を行う。

4. 達成目標

- ・多様な設置環境における太陽光発電システムの設置条件を整理し、設置についての技術ガイドライン等を整備する。

- ・新たな種類の太陽電池にも対応したリサイクル関連技術を確立する。(平成19年度末)
- ・LCA評価の見直しを行い、廃棄を含めたLCA評価を完了する。(平成20年度末)

5. 評価の時期及び方法

NEDO技術開発機構は、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による研究開発の事後評価を平成22年度に実施する。なお、評価の時期については、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、適宜見直すものとする。

(iii) 標準化支援事業及び I E A 国際協力事業等

1. 研究開発の必要性

太陽光発電の市場が、初期導入期から大量導入期へと移行するに伴い、我が国の太陽光発電に関する技術力及び市場競争力をより一層強化するためには、世界的規模での技術開発をリードする必要がある、関連する技術情報の調査、収集が重要となっている。

また、我が国は、これまでの一貫した技術開発と導入策に支えられ、太陽電池生産量、累積導入量ともに世界トップレベルを達成しており、国際的な太陽光発電の普及において主導的な責任を果たすことも期待されており、諸外国との研究協力や情報収集、情報交換等を推進することも必要である。

同時に、我が国の太陽光発電に関する技術の国際競争力を、今後も維持・向上させるために、国内外の標準・規格の策定への取り組みが一層重要性を増している。

2. 研究開発の目的

我が国の太陽光発電分野での国際競争力を維持、向上するための今後のプロジェクト運営に資することを目的に、以下の事業を行う。

3. 研究開発の具体的内容

- ・ 太陽光発電に関する国際的な技術開発状況や諸外国の国家プロジェクト等について、太陽光発電技術に関する学術会議や I E A 活動などから調査・分析し、諸外国の動向等を把握する。
- ・ 上記活動を通して日本の研究開発の進むべき方向性や分析・評価手法等について検討しまとめる。
- ・ 標準化調査研究において、太陽電池の性能評価及び太陽光発電システムに関する国内外の標準策定に向けた活動を行う。

4. 達成目標（平成 21 年度）

- ・ 太陽光発電に関する技術開発や国家プロジェクトの動向等を調査・分析し、世界の動向を把握した上で、次の技術開発の進むべき方向性や目標レベル、分析・評価手法の開発方針等を明確にする。
- ・ J I S 素案を提案するとともに、I E C の改正について提案活動を行う。

5. 評価の時期及び方法

N E D O 技術開発機構は、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による研究開発の事後評価を平成 22 年度に実施する。なお、評価の時期については、当該研究開発

に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、適宜見直すものとする。

研究開発項目⑤～⑪省略

I. 事業の位置付け・必要性について

1. NEDO の関与の必要性・制度への適合性

1.1 NEDO が関与することの意義

資源に乏しい我が国が、将来にわたり持続的発展を達成するためには、革新的な新エネルギー技術の開発、導入・普及によって、各国に先んじて次世代型のエネルギー利用社会の構築に取り組んでいくことが不可欠である。

2005年2月に発効した京都議定書及び2005年3月に制定された新エネルギー技術開発プログラム、2008年4月に制定されたエネルギーイノベーションプログラム、環境安心イノベーションプログラムの対応として、環境負荷が少ない石油代替エネルギーの普及に向けた、新たな技術の開発及びコスト低減・性能向上のための戦略的取り組みが要求されている。

太陽光発電システムは、新エネルギーの中でも発電時に燃料が不要かつクリーンな発電技術であり、その供給ポテンシャルも大きい。したがって、エネルギー資源の乏しいわが国の将来に必要な発電技術として、その早期実用化を導入拡大が求められている。太陽光発電システムの自立的な導入拡大を実現するためには、太陽電池の低コスト化ばかりでなく、太陽光発電システムの安全性性能評価や信頼性等に関する共通基盤技術を確立することが不可欠であり、平成13年の総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会でも「新エネルギーの共通基盤的技術開発については、国が中心となって実施すべき」と報告されている。このような観点から実施する本事業は、公共的性格が濃く、また、太陽光発電技術の導入は我が国の長期エネルギー・環境政策にも密接に関連することから、国（NEDO）が主体的役割を果たすべきものと考えられる。

また、NEDOが2004年策定したロードマップ（PV2030）にも共通基盤技術開発は2030年に向けた太陽光発電全体に必要な、あるいは整備すべき公共性の高い技術開発と位置づけられ、国による委託研究すべきと述べられている。

表 1-1 屋根設置型住宅用太陽光発電システムの EPT,CO₂ 排出原単位

年度規模	10MW		30MW		100MW	
	EPT (年)	CO ₂ 排出原単位 (g-CO ₂ /kWh)	EPT (年)	CO ₂ 排出原単位 (g-CO ₂ /kWh)	EPT (年)	CO ₂ 排出原単位 (g-CO ₂ /kWh)
多結晶シリコン	2.6	71	2.2	62	1.5	46
アモルファスシリコン	2.3	60	1.7	42	1.1	29
CdTe	1.8	51	1.3	39	1.0	30
CIS 系	1.2	33	1.1	30	0.9	26

NEDO H12 年度「太陽光発電評価の調査研究」

表 1-2 エネルギー需給の姿

(原油換算万 kL)

	2005 年度	2020 年度		2030 年度	
	実績	現状固定ケース・努力継続ケース	最大導入ケース	現状固定ケース・努力継続ケース	最大導入ケース
太陽光発電	35	140	350	669	1300
風力発電	44	164	200	243	269
廃棄物発電+バイオマス発電	252	364	393	435	494
バイオマス熱利用	142	290	330	402	423
その他※	687	707	763	638	727
合計	1160	1665	2036	2387	3212

※「その他」には、「太陽熱利用」、「廃棄物熱利用」、「未利用エネルギー」、「黒液・廃材等」が含まれる。

「黒液・廃材等」の導入量は、基本的にエネルギー需給モデルにおける紙パの生産水準に依存するため、モデルで内生的に試算する。

H21 年 5 月 経済省「長期エネルギー需給見通し」より

1.2 実施の効果（費用対効果）

前述のように、本事業は太陽光発電システムの普及拡大のための共通基盤技術の開発であり、公共的な性格が強い。本事業は、主として太陽光発電技術に関する規格化や標準化といった知的基盤の整備に資する効果が期待されることから、定量的な費用対効果の試算には適さない。しかし、本事業は世界市場で戦う太陽電池産業を下支えする事業でありその効果は計り知れない。また、標準化に関する成果としては国内規格 JIS の改訂ならびに素案作成に寄与した。さらに国際標準化の活動においても IEC/TC82 の太陽光に関する審議の場に積極的参加を行い、日本のもつ技術の提案活動を行ってきた。それらの活動も太陽電池産業を下支えする活動である。

2. 事業の背景・目的・位置づけ

今後の我が国の情報化社会、高福祉社会の進展等により、エネルギー需要、特に電力需要の拡大が予想される中、エネルギー安定供給や地球環境保全への対応等の観点から、無尽蔵かつクリーンな PV システムの普及促進が社会的要請となっている。海外においても、米国、ドイツなどを中心に太陽光発電システムの技術開発並びに導入促進が進められているほか、九州沖縄サミット合意（途上国支援）を踏まえた再生可能エネルギー分野での国際協力拡大に関する検討が、IEA（国際エネルギー機関）等で進められた。

これまで、PV システムの大量導入に向けて、ニューサンシャイン計画を中心とした技術開発、各種の導入助成措置等、種々の施策が講じられてきた。その結果、我が国における PV システムの導入量、生産量はともに世界最高水準にあるが、今後は、平成 13 年 6 月に総合エネルギー調査会でとりまとめられた長期エネルギー需給見通しの導入目標（2010 年度：累積 482 万 kW（4.82GW））達成に向けて、一層の推進が求められている。しかし、2008 年に導入量ではドイツ、スペインに抜かれ、生産量ではドイツ、中国に抜かれた。世界市場での巻き返しをはかっている。また、温暖化効果ガスの削減を政府公約とし、その重要な役割を太陽光発電に期待されている。NEDO が平成 16 年 4 月に策定したロードマップ PV 2030 では、2030 年の太陽光発電の国内導入量を 50GW～100GW と想定している。また、平成 21 年度経済省策定の「長期エネルギー需給見通し」では 2030 年原油換算で最大 1300k l の相当量の太陽光発電の導入見通しである。

しかし、現状の発電コストは、家庭用電力料金の約 2 倍、業務用電力料金の約 4 倍と、依然割高である。したがって、2010 年度の導入目標達成には、PV システムの製造コストの低減や発電性能の向上とともに、PV システムの性能や長期信頼性、安全性等に関する共通基盤技術の整備が不可欠であり、実際に、最近においては太陽電池モジュールの出力不足問題や不良品の回収問題などが発生している。

太陽電池セルやモジュールの性能については、これまでニューサンシャイン計画下において性能評価技術に関する研究開発が進められ、主として Si 系太陽電池の標準化や規格化などに活用されてきた。しかし、近年における先進各国での太陽電池市場の出現や発展途上国における村落電化需要の萌芽から、太陽電池の性能評価はこれまで以上に国際的整合性の重要性が高まりを見せた。我が国では、JET が平成 15 年 4 月から、モジュールの性能・信頼性に対する認証制度を開始した。一方、IEC(International Electrotechnical Commission：国際電気標準会議)では、平成 14 年 10 月に北京で開催された CAB(Conformity Assessment Board：適合性評価評議会)会議において、太陽電池システムの相互認証を通して国際市場で流通できるようにするために、IECEE(IEC System for Conformity Testing to Standards for Safety of Electrical Equipment：IEC 電気機器安全規格適合試験制度)スキームのカテゴリーに太陽電池システムを組み入れて実施することが正式に承認され、平成 16 年 1 月より正式に運用が開始された。(JET)

これまでの太陽光発電システムは、戸建住宅用を主として初期導入期から大量導入期に移行しつつある。さらに導入を促進するためには住宅用以外への多様な設置環境にも対応したシステムが必要である。従って、使用環境や使用後の大量の更新・廃棄も考慮したモジュール及びシステム等に必要となる性能や基準が要求されるため、これらに対応した基準・規格、環境条件等を明確にすることが求められている。

また、環境対応技術として新たな種類の太陽電池や破損・粉碎された太陽電池モジュール、種類の異なる太陽電池が混ざり合った物などのリサイクル関連技術の充実も必要となってくる。

加えて、太陽電池の製造規模が増大し、廃棄処理についても今後具体的に考慮する必要が増してく

るため、これらを加えた LCA 評価が求められている。また太陽電池の生産規模や製造でのエネルギー投入量・排出原単位等基礎となるデータの状況も変化してきており、現実に即した評価手法の見直しやデータ更新が求められている。

最近では、新たな太陽電池として CIS 系薄膜や多接合型薄膜、色素増感型、有機薄膜、高性能 Si などの新型太陽電池の出現や太陽電池モジュールの面積化がすすめられているため、これらに対応した太陽電池の評価技術を確立し、その標準化や規格化に向けた知的基盤を整備することが不可欠である。

一方、太陽電池モジュールの長期信頼性については、現在までに国際規格（IEC）や国内規格（JIS）で定められている耐久性に関する規格は型式認証的な性格が強く、客観的に評価するための試験技術は確立されていないため、ユーザーや業界等からは信頼性、耐久性に関する評価方法を求める要望が強くなってきている

わが国の PV システムの導入は住宅用中心に普及が始まり、2005 年度までに約 25 万戸が導入されており¹、さらに、住宅用以外のシステム導入も進み、2010 年度には住宅用で約 100 万軒の累積導入が見込まれている²。このような普及の進展につれて、PV システムの導入が地域的に広がるとともに、ユーザニーズの多様化や設置形態・設置環境の複雑化が進展し、システム設計の複雑化が想定される。したがって、PV システムの大量導入のためには、設計精度向上や、システムの多様化に対応した性能評価手法等の開発が不可欠であり、PV システムは、民生分野に普及してきた家電製品に比べて使用年数が大幅に長く、稼働部分がない上に、運転状態が日射条件によって一様でないため、設置者がシステムの不具合や故障を知ることが容易ではない。したがって、PV システムの信頼性確保と長期的な性能の向上には、PV システムの性能を診断し、不具合や故障が生じた場合には、それを早期に発見、修復する技術を確立する必要がある。

一方、循環型経済社会の構築が重視される今日、建設資材や家電製品などの処理に関しては、その法整備等も進められ、そのシステムがほぼ完成しているが、PV システムは建設資材と家電製品の両面の性格を有しているにも関わらず、廃棄やリサイクルといった処理技術やそのガイドラインの整備などに関する本格的な取り組みは現在までのところなされていない。今後、PV システムが大量に普及した場合には、それと同等の膨大な廃棄物が発生することになるが、問題発生後の対応では環境負荷を増大させるだけでなく、膨大な時間と費用を要することが懸念される。ニューサンシャイン計画のプレ最終評価³においても、「リサイクル・リユースを含めて、太陽光発電システム廃棄後の処理の仕方にも思いをめぐらし、最大限、再資源化、再利用できるように考えておく必要もある」と言及されている。他方、廃棄された PV システムの構成機器から、再利用可能な資源を回収してリユースあるいはリサイクルする技術とそのための社会体系が整備されれば、循環型経済社会の構築に貢献するばかりでなく、PV システムのコスト低減につながる可能性もある。

NEDO が 2004 年策定したロードマップ（PV2030）にも共通基盤技術開発として 2030 に向けた太陽光発電全体に必要な、あるいは整備すべき公共性の高い技術研究開発を行うことを述べている。その中で、性能評価技術、発電量予測技術、標準化などに資するテーマがあげられている。

また、NEDO が 2009 年に策定したロードマップ（PV2030）+ にも

- イ) 太陽電池やモジュールの性能、信頼性・安全性、発電量等の評価技術の開発
- ロ) 太陽電池モジュールのリサイクル・リユースのための技術開発
- ハ) 環境評価（LCA 分析）、設置環境整備・法整備等への技術面でのサポート（技術開発）
- ニ) 太陽光発電システムの利用拡大に向けた必要技術・技術最適化への技術調査・検討
- ホ) 海外市場での基盤整備、システム利用に関する戦略的共同研究開発、研究交流の実施
（情報収集、基盤整備への技術支援、影響力確保、人材育成（キーパーソン育成）
- ヘ) 海外での太陽光発電システムの技術開発動向と利用環境の調査

1：新エネルギー財団

2：総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会資料

3：太陽光ロードマップ（PV2030+）P60

ト) 国際的な規格制定への技術的な検証

フ) 国際エネルギー機関の技術開発調査活動などへの貢献と我が国からの提案活動を行うべしと述べられている。³

本事業は、太陽光発電システムに関する公共的かつ基盤的要素が強い事業であり、標準化も含めた基礎的研究開発から商用化、運用、廃棄に至る全てのシーンで共通的に活用される必要のある技術開発を進めるものである

Ⅱ. 研究開発マネジメントについて

1. 事業の目標

新エネルギー技術研究開発の目標として、資源に乏しい我が国が、将来にわたり持続的発展を達成するためには、革新的なエネルギー技術の開発、導入・普及によって、各国に先んじて次世代型のエネルギー利用社会の構築に取り組んでいくことが不可欠である。

また、資源制約を克服し、環境と調和した持続的な経済・社会の実現と、安全・安心な国民生活を実現するには、革新的な技術の開発等を通じた地球全体での温室効果ガスの排出削減、廃棄物の発生抑制（リデュース）、製品や部品の再使用（リユース）、原材料としての再利用（リサイクル）推進による循環型社会の形成、バイオテクノロジーを活用した環境に優しい製造プロセスや循環型産業システムの創造、化学物質のリスクの総合的な評価及びリスクを適切に管理する社会システムの構築を推進することが重要である。

本研究開発は、2001年3月に閣議決定した「科学技術基本計画」における国家的・社会的課題に対応した研究開発の重点分野であるエネルギー分野、2001年9月の総合科学技術会議における分野別推進戦略であるエネルギー分野に位置づけられるものであり、エネルギーに関する技術開発を目的とする「エネルギーイノベーションプログラム」の一環として、さらに環境分野に関する技術開発を目的とする「環境安心イノベーションプログラム」の一環として実施する。2005年2月に発効した京都議定書及び2005年3月に制定された新エネルギー技術開発プログラム、2008年4月に制定されたエネルギーイノベーションプログラム、環境安心イノベーションプログラムの対応として、環境負荷が少ない石油代替エネルギーの普及に向けた、新たな技術の開発及びコスト低減・性能向上のための戦略的取り組みが要求されている。

このような中で、2010年までに京都議定書の目標達成に貢献すべく取り組むことに加え、2030年度、更には2050年に向けた長期的視野に立ち、国内の知見・技術を結集して、再生可能エネルギー分野における新素材の研究開発、革新的・新規技術の研究開発、開発技術の適用性拡大、コストの低減、性能の向上等を行い、世界における優位性を確保するためにも、従来技術の延長にない技術革新をも目指した継続的な研究・技術開発が必要不可欠である。

本研究開発は長期的な目標達成及び新規産業創造と産業競争力強化に資するために、再生可能エネルギー分野の中から革新的な技術開発の発掘等を行うことを目的に、実施する。

また、2006年に閣議決定された第3期科学技術基本計画、同年11月に定められた国際標準化戦略目標において、研究開発と標準化を一体的に推進することが提言された。経済活動のグローバル化に伴い世界市場が急速に一体化する中で、優れた技術でも国際標準を獲得できなければ市場を獲得できないこともあるので、研究開発の成果が世界的に利用されることで産業競争力の維持・強化を行う観点から、必要な技術分野については国際標準化等を目指した取り組みを行う。

NEDOが2004年に策定したロードマップ（PV2030）に2030年に向けた太陽光発電全体に必要な、あるいは整備すべき公共性の高い技術開発として位置づけられている。また2009年の改訂したロードマップ（PV2030+）には太陽光発電システムの大量利用や技術発展のための技術的な基礎となる基盤技術の開発、国際貢献などに関する戦略的取り組みが必要であるとして具体的に取り組み課題として

- イ) 太陽電池やモジュールの性能、信頼性・安全性、発電量等の評価技術の開発
- ロ) 太陽電池モジュールのリサイクル・リユースのための技術開発
- ハ) 環境評価（LCA分析）、設置環境整備・法整備等への技術面でのサポート（技術開発）
- ニ) 太陽光発電システムの利用拡大に向けた必要技術・技術最適化への技術調査・検討
- ホ) 海外市場での基盤整備、システム利用に関する戦略的共同研究開発、研究交流の実施（情報収集、基盤整備への技術支援、影響力確保、人材育成（キーパーソン育成））
- ヘ) 海外での太陽光発電システムの技術開発動向と利用環境の調査

- ト) 国際的な規格制定への技術的な検証
- チ) 国際エネルギー機関の技術開発調査活動などへの貢献と我が国からの提案活動があげられている。

2. 事業の計画内容

2.1 研究開発の内容

本事業は

- (i) 新太陽電池評価技術の開発
 - (ii) PV環境技術の開発
 - (iii) 標準化支援事業及びIEA国際協力事業等
- の3つの研究開発項目を実施する。

(i) 新太陽電池評価技術の開発

太陽電池評価技術として、新型太陽電池に対応する基本的な評価方法を開発する。また、基準セル校正技術の高精度化や基準モジュールの評価技術等の確立を行い、産業界に供与可能な環境を整える。さらに大型化する太陽電池モジュールにも対応可能な性能評価技術要件を明確にし、各種モジュール性能を評価する。

発電量評価技術として、日本の気候区（I～V）に対応した気象データと実サイトにおける太陽光発電システムによる実運転データを取得し、データベース化を図るとともに規格化を進め、これらより得られるデータを下に、発電量定格の評価技術を開発し、標準化を図る。

信頼性評価技術として、太陽電池モジュールや太陽光発電システムの屋外曝露試験データを取得、分析評価し、劣化要因を抽出する。これと併せて屋内での寿命評価試験方法を開発し、規格化を推進する。

(ii) PV環境技術の開発

大量導入を推進する上で住宅用以外への多様な設置環境（工場屋根、ビル、道路壁、遊休地等々）における設置条件（温湿度や空気質、水質環境、日射条件、風・積雪・ばいじんなど）等を調査分析し、試験・評価条件あるいは技術ガイドライン等を整備する。

環境対応技術として、新たな種類の太陽電池や破損・粉砕された太陽電池モジュール、種類の異なる太陽電池が混ざり合った物などについて、これまでに開発されたリサイクル技術で対応可能かを分析・評価し、不十分な場合は新たなリサイクル等の関連技術の開発を行う。

LCA評価として、これまでの評価の見直しとリサイクル等の廃棄処理まで考慮した評価を実施する。

なお、必要に応じ環境関連技術、低コスト化技術、高効率化技術などについて問題抽出や課題解決のための方向性検討・調査等を行う。

(iii) 標準化支援事業及びIEA国際協力事業等

- ・ 太陽光発電に関する国際的な技術開発状況や諸外国の国家プロジェクト等について、太陽光発電技術に関する学会会議やIEA活動などから調査・分析し、諸外国の動向等を把握する。
- ・ 上記活動を通して日本の研究開発の進むべき方向性や分析・評価手法等について検討しまとめる。
- ・ 標準化調査研究において、太陽電池の性能評価及び太陽光発電システムに関する国内外の標準策定に向けた活動を行う。

2.2 研究開発の実施体制

本研究開発を実施するための基本計画については、平成17年11月および平成18年2月に外部有識者による太陽光発電技術開発委員会においてその方向性を審議し、平成18年3月に策定された。

本研究開発は、NEDO技術開発機構が選定する企業、大学、民間研究機関、あるいは独立行政法人等（以下、「委託先」という。）が、NEDO技術開発機構と委託研究契約を締結し実施した。

実施した公募の状況は以下のとおりである。

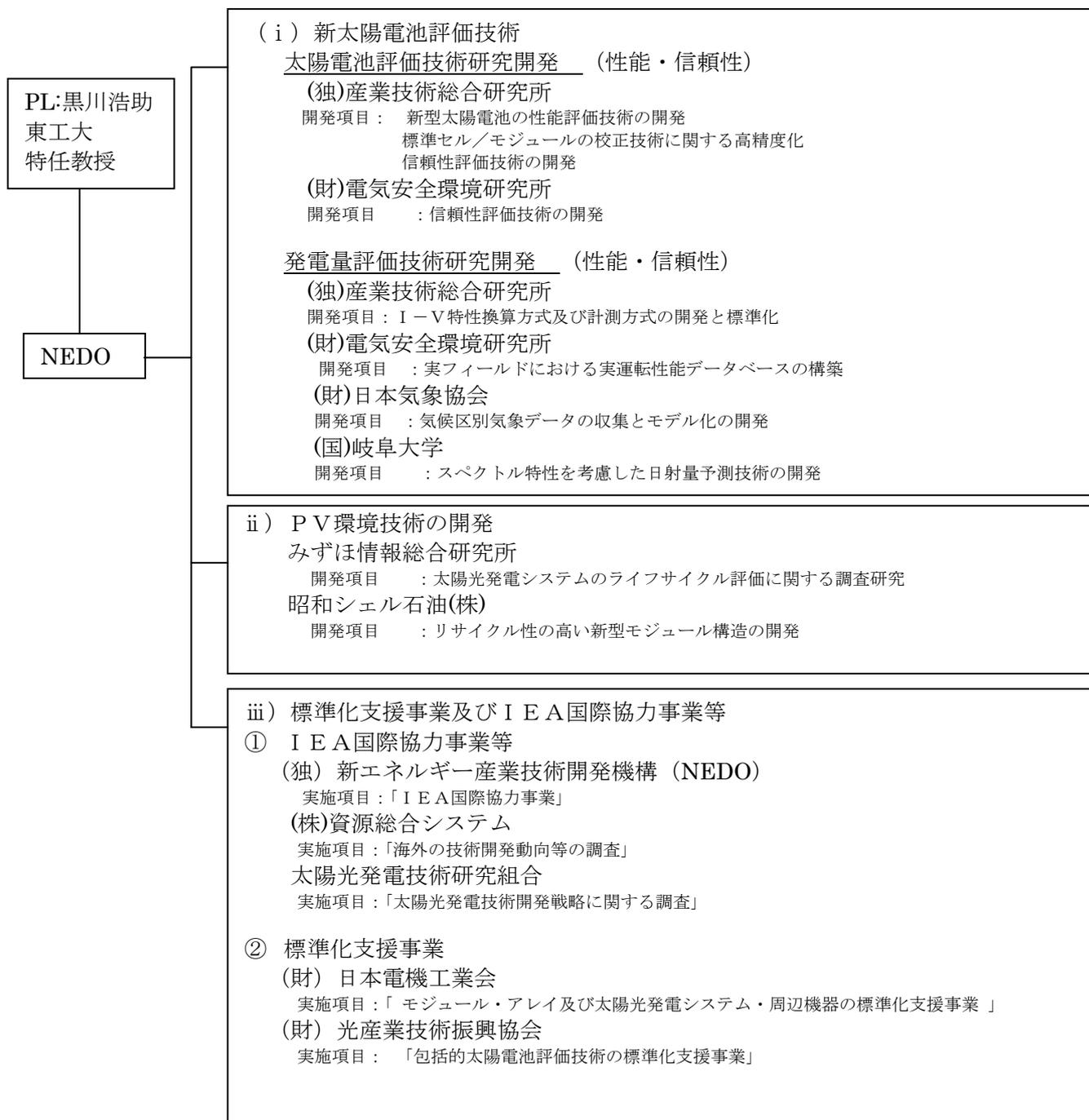
公募期間 平成18年3月15日～4月15日
応募件数 8件

採択件数 8 件（部分採択 3 件を含む）

研究開発の実施体制を図 1 に示す。

別途、標準化支援に関する 2 テーマを公募採用した。

図 1 実施体制



2.3 研究開発の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任と決定権をもつ NEDO 技術開発機構は、経済産業省と密接な関係を維持しつつ、研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施している。また新エネルギー技術開発部で実施する太陽光発電技術開発に関する全事業のあり方やロードマップの策定等について、外部有識者の意見を聴取するために太陽光発電技術研究開発委員会を開催し、運営管理に反映させている。

具体的に本プロジェクトに関しては、平成 17 年 7 月の第 4 回太陽光発電技術委員会から、平成 18 年度以降の技術開発・研究開発の中で取り上げられ、それ以後、技術開発の進め方や公募の開発課題に関する意見を求め、公募要領に反映した。またプロジェクト実施期間中においては、その方向性や実施内容について意見を求め、研究開発の運営に反映した。

また、新太陽電池評価研究開発では、太陽電池評価研究会と発電量評価研究会を設け、年 2 から 3 回開催し研究開発の進捗管理を行っている。

3. 情勢変化への対応

並行して実施する研究開発プロジェクト（「太陽光発電システム未来技術研究開発」）で CIS 系、色素増感型、薄膜系などの新技術に成果が期待されるテーマが数多く提案されたので技術開発と並行して各種評価方法、試験方法等の国際標準化を進めることが急務であると考え、当初計画（結晶シリコン、アモルファスシリコン単接合等のみを対象）から外れていた前記の新技術についても加速により対象に加えて実施することとした。また、発電量定格に関する国際標準化の審議が今年度から予想よりも早く開始されたことに伴い、加速により分光日射量のモデル化・データベース化、発電量算出方式の検証を含めた評価技術の開発を加速することとした。

昭和シェル石油の「高リサイクル性新型モジュール構造の開発」に関しては、当初の目標であったリサイクル性の高いモジュールの基本構造としての「フレームレスモジュール」の試作品が完成した。今後の開発はこの基本構造をもとに関連事業者が主体的に取り組むべきものと判断し、本テーマは平成 19 年度末をもって終了することとした。

太陽光発電技術研究組合の「太陽光発電技術開発戦略に関する調査」に関しては、評価ツールが計画よりも 2 年早く完成した。そのため、本テーマは平成 19 年度末をもって終了することとした。

また、PV 環境技術の開発における設置基準のガイドラインの設定は、本事業でなく、「太陽光発電フィールドテスト事業」で実施し、平成 20 年 3 月に発行した。その際、本事業の実施者も編集委員会に委員として参加した。

4. 評価に関する事項

事前評価	平成 17 年度	担当部	新エネルギー技術開発部
事後評価	平成 21 年度	担当部	研究評価部 新エネルギー技術開発部

Ⅲ. 研究開発成果について

1. 事業全体の成果

1.1 成果の概要

1.1.1 太陽電池評価技術の研究開発

1.1.1.1 新型太陽電池性能評価技術 (AIST)

各種新型太陽電池性能評価技術に関して、太陽電池モジュールの高精度な評価に必須な、モジュール内要素セルおよびモジュール全体の分光感度特性を測定可能な実用的モジュール分光感度特性測定技術・装置を世界で初めて開発した。結晶 Si, 薄膜 Si, CIGS, 多接合等各種太陽電池モジュールの分光感度特性および出力特性の高精度な評価を可能とした。性能評価の基となる IEC 規格の基準太陽光スペクトル改訂が、各種太陽電池の性能表評価に及ぼす影響を世界に先駆けて定量的に明らかにした。これらの世界をリードする高精度な性能評価技術を開発すると共に国際比較等を通して検証し、初期目標を大幅に達成した。

可変条件性能評価技術に関して、太陽電池モジュール温度を均一に約 10°C~65°C 以上まで可変できる冷却・加熱装置を新規開発し、高精度な可変条件性能測定を可能とした。太陽電池特性の広範囲な温度照度依存性を精密に再現できる補正式を開発し、JIS 規格に採択。IEC 規格に採択予定。可変スペクトルソーラシミュレータの基本設計を検証した。

1.1.1.2 校正技術高度化 (AIST)

一次基準セル校正技術高度化に関して、AIST におけるソーラシミュレータ法による一次基準太陽電池の校正の不確かさを解析し、その値が 1% 以内であることを明らかにした（この値は、ISO/IEC17025 に対する適合性認定審査でその妥当性が第三者評価され、国際的にも相互承認された）。以上により、わが国の一次校正が国際最高レベルであることを明らかにして初期の目標を大幅に達成した。

また、次世代校正方法の要素技術として、プローブ光として用いる単色光が従来の 5 倍の均一度、2 倍の放射照度を、9 倍の面積で照射可能な高強度・高均一単色光照射機構を開発した。

結晶シリコン系二次基準モジュールの屋内校正技術を世界で初めて確立した。温度制御装置を開発し、繰り返し測定の不確かさ目標 0.5% を大幅に上回る 0.2% で測定できる手順を確立した。また、二次基準モジュール法の不確かさ解析の一環として、モンテカルロ・シミュレーションによる各種解析を実施した。その成果は、JIS C 8921 「二次基準シリコン結晶系太陽電池モジュール」にも活用され、初期の目標を大幅に達成した。

1.1.1.3 信頼性評価技術 (AIST/JET)

・複合加速試験

複合加速劣化試験装置内の改善、恒温槽付減光板精密移動装置の開発などを図り、A 社製モジュール（多結晶 150mm 角セル 12 枚、W345×L972mm）を用いて、3SUN90°C, 3SUN75°C, 1SUN90°C の条件下で複合加速劣化試験を実施し加速係数を算出した。東京における平均積算日射量との比較では、3SUN90°C 加速試験は加速係数（暫定）160 が得られた。最終的な加速係数の算出には屋外暴露データとの照合が必要であるため、暫定値ではあるが、現行市販モジュールにても十分有効な値が得られ、当初の目標が達成された。

更なる加速劣化因子探索のための要素技術として、太陽電池セルまたはモジュールに周期的に変化する順方向・逆方向の電圧を印加することで、セル・インターコネクタ間へストレスを与える劣化試験に着手した。逆バイアス降伏試験の結果、屋外実使用条件下での不具合事例と同様な現象が見られ、本試験方法が新たな加速手法の一つとして有望であるとの結論を得た。

・暴露試験

商品寿命の長い太陽電池および太陽光発電システムにおいては長期信頼性に関する評価手法が確立されておらず、各方面から長期信頼性評価法の標準化（規格化）や試験方法の確立が要求されている。本開発研究では、20~30 年の屋外暴露に相当する寿命評価試験方法の確立に向けた劣化要因の特定

等を目標とした。

具体的には、寿命評価試験方法の開発と標準化（規格化）のための基礎となる技術開発を推進した。この要素技術として、実環境下で発生しているモジュールの不具合症状を収集・分析評価し、劣化要因との関係を求めた。さらに、太陽電池モジュールの老化・故障時の交換、将来のリユースを視野に入れた互換性について必要なデータを取得した。

表 1.1.1-1 成果と課題

	目標	成果	達成度	今後の課題
1) 新型太陽電池性能評価技術	<ul style="list-style-type: none"> ・新型太陽電池の基本的な評価方法を開発 ・様々な温度照度スペクトルにおける各種モジュールの高精度評価技術開発 	<ul style="list-style-type: none"> ・世界をリードする評価技術を開発 ・国際的整合性を検証 ・JIS規格、IEC規格等に採用 	◎	<ul style="list-style-type: none"> ・新たに開発される新型太陽電池評価技術 ・光照射効果等を考慮した性能評価技術 ・屋外高精度測定技術
2) 校正技術の高度化	<ul style="list-style-type: none"> ・ソーラシミュレータ法による一次基準セル屋内校正技術の高度化 ・二次基準モジュール屋内校正技術の確立 	<ul style="list-style-type: none"> ・ソーラシミュレータ法の不確かさを解析を完了(第三者認定済) ・基準モジュール屋内校正技術確立:JIS化 	◎	<ul style="list-style-type: none"> ・新技術に基づく絶対分光感度法による屋内校正技術の開発 ・薄膜系単接合での検討、多接合型太陽電池への適用可否検討
3) 信頼性評価技術	<ul style="list-style-type: none"> ・寿命評価試験方法の開発と標準化(規格化)のための基礎となる技術開発を推進 ・実環境下で発生しているモジュールの不具合症状を収集分析評価し、劣化要因との関係を解明 	<ul style="list-style-type: none"> ・現行市販モジュールにて有効な加速係数が得られた ・暴露試験等の不具合事例を収集・要素技術試験の結果、不具合発生機構類推・劣化要因を抽出 	○	<ul style="list-style-type: none"> ・各種劣化因子を加速試験へつなぐ試験法の開発 ・特定した劣化要因、新規不具合発生監視(調査、暴露の継続)

1.1.2 発電量評価技術の研究開発

1.1.2.1 発電量定格技術の開発(AIST)

太陽電池モジュールの I-V 特性換算方式（発電出力定格技術）を検証するために、複数地域における分光日射量実測データと太陽電池モジュールの I-V 特性データを太陽電池モジュールの屋外測定ラウンドロビン実験によって取得した。ラウンドロビン実験は、得られたデータが標準規格策定に資する共有情報となるよう、光産業技術振興協会 新型太陽電池標準化委員会 ラウンドロビン小 WG との協同で実施し、国内メーカ 6 社の賛同を得て、国内メーカ 4 社の提供する敷地内でそれぞれ約 1 ヶ月程度の計測を行った。日本気象協会との協同では、日射気候区 I（札幌）と日射気候区 V（沖永良部）の 2 個所でラウンドロビン実験を実施した。結果的に、H19 年度は合計して 6 個所（実験日順：札幌、大津、中津川、神戸、葛城、沖永良部）でのラウンドロビン実験データが得られた。現在までには、諫早、鳥栖、沖永良部（夏季）を加えて 9 個所でのデータが得られた。被測定太陽電池モジュールは、第 1 期が、結晶シリコン型が 3 種、計 4 枚、アモルファスシリコン型が 2 種、計 2 枚であり、第 2 期が、アモルファスシリコン形が 1 種、薄膜タンデム型が 3 種、3 枚、CIS 型が 2 種、2 枚であった。

ラウンドロビン実験から得られた全国のデータを基に、各地の晴天および曇天モードを決定した上で、それぞれのモードに対し、線形内挿方式による I-V 特性換算方式によって各時刻の Pmax を計算し、積算により発電量を計算した。各地から快晴日を選択し、快晴部に対する日積算発電量の推定を行ったところ、6 地点での推定誤差は結晶シリコン型とアモルファスシリコン型の両方で±5%（日影有り）、±1%（日影無し）以内程度であった。

これらの実験データと分析を基に、発電量定格方式のための標準報告書（案）をまとめた。

1.1.2.2 実フィールドにおける実運転性能データベースの構築

平成 9 年度から平成 17 年度まで NEDO が実施していた「太陽光発電システム共通基盤技術研究開

発」において、全国約 100 箇所を展開された住宅用太陽光発電システムのデータ計測サイトを受け継ぎ、平成 9 年度から平成 12 年度に設置された 30 サイトを対象に、新たに計測装置の仕様を見直し、従前の計測項目を継承したデータ計測システム(A)に加え、モジュール温度の多点計測機能を追加したデータ計測システム(B)を開発し、データ計測システム(A)を 25 サイト、データ計測システム(B)を 5 サイト、合計 30 サイトを刷新するとともに、全国 47 サイトにおける PV システムの実運転データを計測・収集して実運転性能データベースを構築した。

実運転性能データベースを活用して AIST 等が開発する発電量評価技術を使った発電量推定モデルについて、その推定精度を検証する方式を AIST と共同で開発するとともに、当該発電量推定に必要な検証対象サイトでの太陽電池アレイの I-V 特性等を現地で実測により取得し、発電量推定モデルによって算出された推定値と実測値（実運転性能データベース）の比較から、その推定精度を検証した（予定）。

モジュール温度は、太陽電池出力を決定する重要な環境因子であるが、その計測方法は任意のモジュール裏面 1 点をもってアレイ代表温度としており、その妥当性を検証するため、データ計測システム(B)の計測データを基に、実フィールドにおけるアレイの温度分布の時系列変化、バラツキ及びモジュール温度の測定位置による精度への影響等を把握し、データ計測システム(A)のモジュール温度測定方法について、その妥当性を検証するための基礎データを構築した。また、住宅用 PV システムの場合、オンサイトでアレイの中心付近を測定することが困難なケースが多々あるため、測定可能な箇所で代替測定できる方法を検討し、オンサイトでのモジュール温度測定方法（指針）としてまとめた（予定）。

1.1.2.3 日射気候区別の分光日射データベースの構築と分光日射量推定のための統計モデルの開発（JWA）

従来よりも広範囲の波長領域（350～1700 nm）の分光日射強度分布を連続測定できる分光日射計を開発し、日射特性が異なる 5 地域において分光日射等の精密観測を実施した。観測データをもとに、世界初となる連続的な分光データベースの構築を行った。また、全天日射から分光日射を推定する統計モデルの開発を行った。

1.1.2.4 分光日射量推定モデルの開発（岐阜大学）

雲微物理過程を改良した物理気象モデルを構築し、これを基礎とした分光日射量推定物理モデルを開発した。そして分光日射量を推定できる環境を公開する。（予定）

表 1.1.2-1 成果と課題

	目標	成果	達成度	今後の課題
1) 発電量定格技術の研究開発	標準モードに対する発電量計算方式の開発	線形内挿方式を用いた発電量計算方式により、日積算発電量の計算精度が±5%以内を達成（結晶シリコン系）。	○	アレイ、システムへの適用範囲の拡大と標準化
2) 年間発電量評価技術の研究開発	PVシステムの実運転性能データベースを構築。	PVシステムの実フィールドにおける運転データを計測・収集。	○	データベース化。アレイ代表温度の測定指針の取りまとめ。
3) 日射気候区別の分光日射データベースの構築	日射特性が異なる5地域において分光日射等の精密観測を実施し、データベースを構築。	2年間以上の分光日射等観測値の収集。	○	分光日射データの補正、欠測や異常データの取り扱い
4) 分光日射強度推定物理モデルの開発	地表面での分光日射強度を推定するモデルを構築	太陽光の直達成分・散乱成分を分離できる分光日射強度推定物理モデルを構築	○	雲微物理改良型局地気象モデルのライダー実測値に基づく精度検証。

1.3 PV 環境技術の開発

1.3.1 太陽光発電システムのライフサイクル評価に関する調査研究 [みずほ情報総研株式会社]

太陽光発電システムのライフサイクル評価について、住宅用、公共・産業用の両方を対象とし、現在国内で市場に出ている太陽電池種類のほぼ全てを対象とした評価を行った。また、これまでの評価で実施されてこなかった太陽光発電システムの使用後処理（リサイクル・廃棄段階）についても考慮したライフサイクル全体に対する評価を実施した。

表 1.3.1-1 調査の結果

		多結晶 Si	単結晶 Si	a-Si/単結晶 Si ヘテロ接合	薄膜 Si ハイブリッド	CIS 系
エネルギー・ペイバック・タイム (年)	住宅用	2.20	3.01	2.42	1.75	1.41
	公共・産業等用	2.58	3.38	2.75	2.31	1.89
CO ₂ ペイバック・タイム (年)	住宅用	2.63	3.48	2.80	2.42	2.08
	公共・産業等用	3.33	4.17	3.41	3.46	2.98
CO ₂ 排出原単位 (g-CO ₂ /kWh)	住宅用	58.6	77.6	62.5	53.8	46.4
	公共・産業等用	69.2	86.8	71.0	72.0	62.0

1.3.2 高リサイクル性新型モジュール構造の開発 (昭和シェル石油)

リサイクル性を重視した基本モジュール構造としてフレームレス/バックシートレス構造の合わせガラスモジュール（すなわち、カバーガラスと CIS 系薄膜太陽電池デバイス部が製膜された青板ガラス基板を、架橋した EVA 樹脂で貼り合わせた「ガラス-ガラス・サンドイッチ（合わせガラス）構造」）を試作し、十分な耐久性を持つことを確認した。十分な成果が出たので平成19年度で終了した。

1.4 標準化支援事業及び I E A 国際協力事業等

1.4.1 太陽電池モジュール・アレイ及び太陽光発電システム・周辺機器の標準化に関する調査研究

IEC(国際電気標準会議)/TC82 (Solar Photovoltaic Energy System) /WG1 (用語)、WG3 (システム)、WG6 (周辺機器)、WG7 (集光モジュール)、JCWG (村落発電) に参画した。用語に関する標準化の整合、システム・機器に関する標準化の検討、モジュール・アレイに関する標準化の検討を行った。その結果 IEC62116 を 2007 年に発行し、JIS を 5 件発行した。

1.4.2 包括的太陽電池評価技術に関する標準化

IEC/TC82/ WG2 (非集光セル・モジュール) に参画し、5 件の IEC 規格に反映させた。特に「発電量評価技術の研究開発」で開発した IEC 61853-1 地上用太陽電池モジュールのエネルギーレーティングが CDV 投票に付された。その他 2 件を提案した。

1.4.3 I E A 国際協力事業

IEA (国際エネルギー機関) PVPS (太陽光発電システムに関する研究協力計画実施協定) が 1993 年に締結されてから NEDO は積極的に参加してきた。2006 年からは PVPS の運営は本事業に引き継がれ Task 1, 2, 8, 9, 10, 11, 12 に参加し、国際協力に貢献した。

1.4.4 太陽光発電技術開発動向等の調査

欧州諸国、米国等に加え、アジア諸国等の新興国を対象に、太陽光発電に関する研究開発プログラム等について調査するとともに、各国の技術開発の方向性を探った。さらに、太陽光発電の研究開発・技術開発に携わる各国の主要な研究機関や研究プロジェクトの動向、研究体制を調査、分析し、その結果を毎年報告書にまとめた。

1.4.5 太陽光発電技術開発戦略に関する調査

「薄膜シリコン系」「結晶シリコン系」、「化合物系」、「有機・色素系」の材料別の 4 分科会と、PV システムを系統連系するときの技術開発課題を調査する「PV システム」分科会で、各々の分野に分かれ

て調査研究を行った。中、長期にかけての技術の進展を踏まえ、全体として、効率の良い技術開発の戦略の立案を行った。また、「アセスメントツール分科会」では技術項目をコストで評価するツールを作成した。計画よりも2年早く完成したため、本テーマは平成19年度末をもって終了することとした。

1.5 成果の普及と広報

鉱工業分野の依頼試験(校正)として、2009年9月より基準太陽電池セルの校正受付を開始した。

発行される校正証明書には、ISO/IEC17025への適合性認定ロゴマークが付けられ、ILAC及びAPLAC加盟国間における国際相互承認を主張することができる。

図1.5-1 成果普及の例

成果普及の例:基準太陽電池セルの校正サービス(依頼試験)の開始



AISTホームページ
2009年9月9日より開始

また、NEDOで毎年、成果報告会を実施し、成果の普及拡大を図ってきた。

表 1.5-1 に特許出願・発表論文等をまとめる

表 1.5-1 成果のまとめ

	H18	H19	H20	H21	計
特許出願	2	9	1		12
論文（査読付き）	2	4	8	3	17
研究発表・講演	13	24	38	16	91
受賞実績	1				1
新聞・雑誌などへの掲載	2	3	1		6
展示会への出展	3	4	8	2	17
JIS 規格・IEC 規格への貢献		7	3	8	18

2. 研究開発項目毎の成果

(i) 新太陽電池評価技術

2.1 太陽電池評価技術の研究開発

2.1.1 新型太陽電池性能評価技術 (AIST)

2.1.1.1 各種新型太陽電池性能評価技術

太陽電池開発の進展に伴って、セルレベルでの性能評価に対してモジュールレベルでの性能評価に対する重要性がより高まっており、その場合モジュールを構成するセルの分光感度が不明な場合も多い。一方、各種太陽電池モジュールの分光感度を高精度に測定する技術は、明らかになっていない。これらのモジュールの性能評価を高精度に実施するために、実用的なモジュール分光感度測定技術の原理(図 2.1.1-1)を開発・検討した上で測定装置の新規開発を行った(図 2.1.1-2)。モジュール中の各セルから独立に出力を取り出せる構造の特注モジュール等を用いて、測定精度の検討を行い、市販サイズ・構造の結晶Si太陽電池モジュールおよび薄膜Siタンデムモジュールについて、高精度な分光感度測定が可能であることを確認した(図 2.1.1-2)。更に、CIGS太陽電池や a-Si/a-Si タンデム太陽電池等、様々な材料・構造のモジュールの任意の要素セル・場所における分光感度特性を測定できることを確認した。

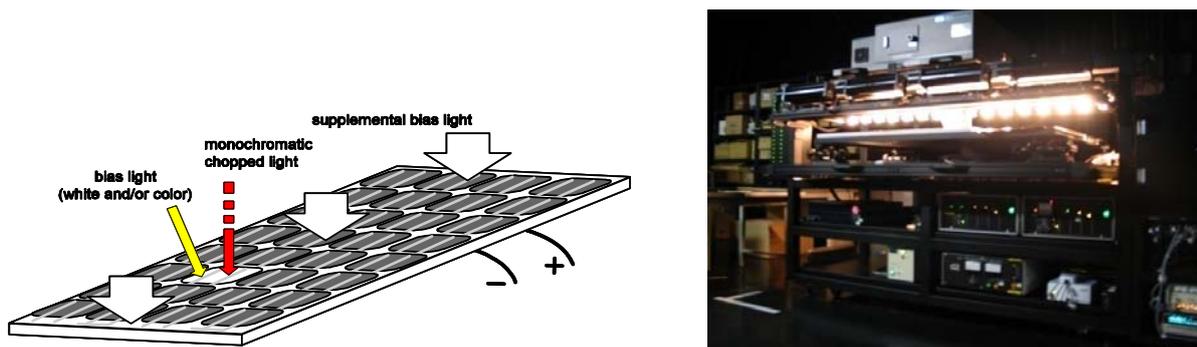


図 2.1.1-1 モジュール分光感度測定技術の原理図(左図)。モジュール中の測定するセルの部分(破線矢印: 赤色)には単色光+白色バイアス光(もしくはカラーバイアス光:黄色細矢印)を照射。その他の部分には補助バイアス光(白色太矢印)を照射することにより、モジュール内の任意のセルの分光感度の測定を可能とした。開発したモジュール分光感度測定装置の外観(右図)。

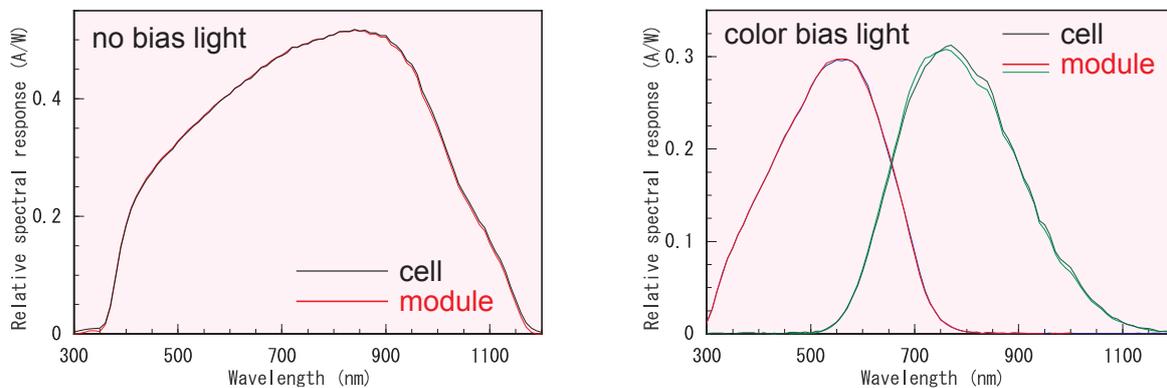


図 2.1.1-2 モジュール分光感度測定技術の精度検証の一例。(左図)単結晶 Si 太陽電池(右図)薄膜 Si タン

デム型太陽電池。いずれにおいても、モジュールの相対分光感度の測定結果は、セルから多読で電極を取り出した測定結果とよく一致しており、スペクトルミスマッチにおよぼす影響は1%以内の精度が得られていることを確認できた。

性能評価の基本となる IEC60904-3 に規定の基準太陽光スペクトルが Ed.1 から Ed.2 に改訂された。このスペクトルの改訂が太陽電池性能評価におよぼす影響を定量的かつ簡便に予測できるシミュレーション法を初めて明らかにし、各種太陽電池における実際の影響を検証した(図 2.1.1-3)。また、1sun 以上の照度を受ける太陽電池に対する性能評価技術の検討を行い、後に述べる線形補間法による照度補正が、1~2sun の高照度領域でも適用可能であることを明らかにした。各種新型太陽電池セルに特有な性能評価技術を検討し、色素増感太陽電池(DSC)、有機薄膜太陽電池(OSC)では、応答速度や温度照度特性は結晶Si太陽電池と線形性等が異なるが、その他の基本的な測定技術は従来の太陽電池と同じものが適用できることを明らかにした。a-Si/DSC やIII-V族超高効率太陽電池等の特殊構造を含めた NEDO 開発品等の性能評価を約 220 サンプルについて実施し、必要な評価技術を開発した。

国際的整合性を持った性能評価技術を推進・検証するために、米国 National Renewable Energy Laboratory (NREL)、ドイツ Fraunhofer Institute of Solar Energy (ISE)等との各種太陽電池モジュールの国際比較測定に参画し、測定結果の良好な一致を確認した。更に最近益々重要になるアジア地域での国際的整合性のある性能評価推進・検証のために、アジア各国の太陽電池評価機関とのモジュール国際比較測定を実施中(21年度中に終了予定)である。

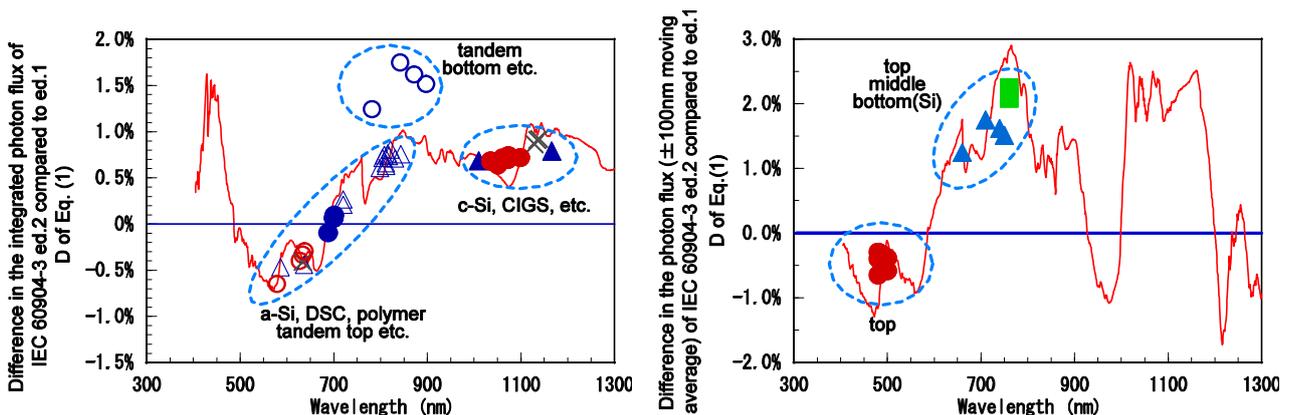
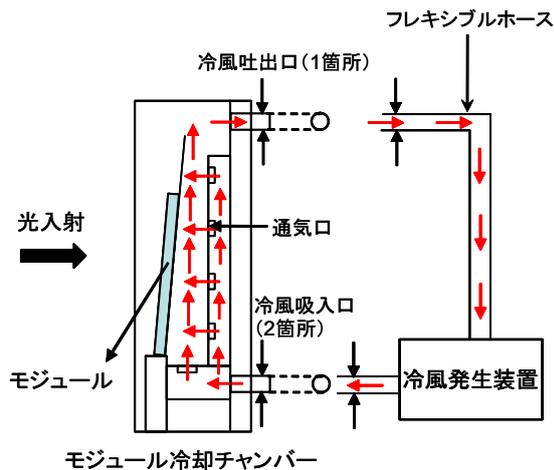


図 2.1.1-3 IEC60904-3 基準太陽光スペクトル改訂が各種太陽電池の出力電流におよぼす影響。単接合(左図)および多接合太陽電池の要素セル(右図)の両方とも各種太陽電池での変化(記号)は、本研究で開発の予測法(実線)と良く一致する。

2.1.1.2 可変条件性能評価技術

太陽電池モジュールの可変条件性能評価を実現するためのモジュール加熱・冷却装置を新規開発した。簡易チャンバの中でモジュールに温風または冷風を吹き付けることにより、モジュール温度を調整する(図 2.1.1-4)。温風または冷風の分布をマルチフロー方式で制御することにより、屋外で頻繁に実現する 10℃~65℃の温度域を中心に、温度均一性が±1.5℃~2℃以内と、太陽電池モジュールの温度依特性を高精度な屋内測定できる技術を開発した。測定した結晶Si太陽電池の様々な温度における電流電圧特性(IV特性)の一例を図 2.1.1-5 左図に示す。結晶Si太陽電池とアモルファスSi太陽電池の出力の温度依存性を図 2.1.1-5 右図に示す。この温度範囲で結晶Si太陽電池の出力は温度に対してほぼ線形であるが、アモルファス太陽電池では低温側で線形から外れる等、各種太陽電池の温度特性は必ずしも単一の温度係数では表現できないことが明らかになった。



太陽電池モジュール冷却装置概略図

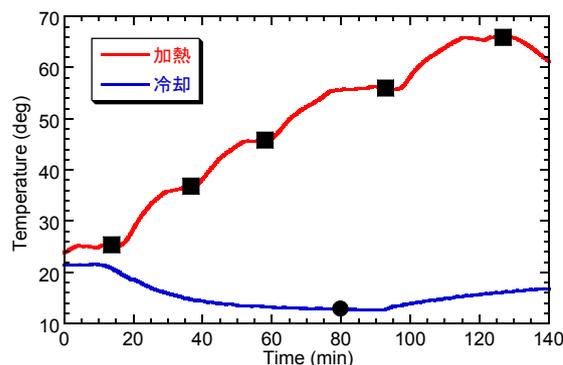


図 2.1.1-4 モジュール加熱・冷却装置の基本構造(左図)およびモジュール温度制御の一例(右図:冷却状態の例)。加熱状態の場合は冷風発生装置を温風発生装置に切り替える。温風発生装置からの温風または冷風発生装置からの冷風をマルチフロー方式でチャンバに導入することにより、モジュール温度を約10°Cから65°C以上まで均一に制御することが可能となった。

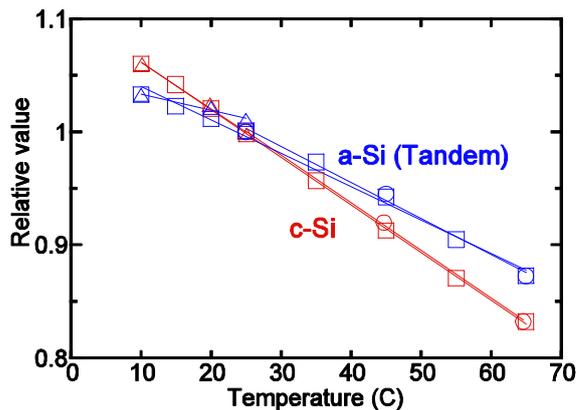
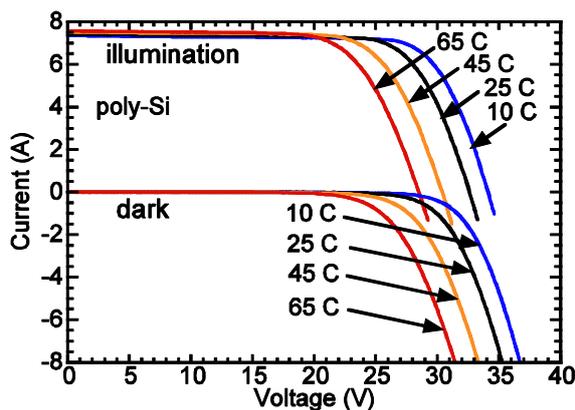


図 2.1.1-5 (左図)第 2.1.1-4 図のモジュール冷却・加熱装置を用いて測定した結晶Si太陽電池モジュールのIV特性における温度特性。(右図)結晶Si太陽電池モジュールおよびアモルファスSi/薄膜結晶Si太陽電池モジュール出力 Pmax の温度特性。

これらの屋内測定データおよび屋外測定データを基に、3～4組の温度・照度における少数の実験データから、直線補間・補外法を用いた I V 特性の温度補正、照度補正技術を用いて、任意の照度・温度における I V 特性を計算する技術を開発した(図 2.1.1-5)。この方法は従来のアモルファス Si 用 JIS 規格に規定された照度補正式を大きく改良したものであり、0～1sun 以上および約 10°C 以下～70°C 以上と非常に広い温度・照度範囲で適用可能である。補正の精度も 1% 以内と非常に良好であり、今後益々重要となる PV の各種気象条件下における性能評価・性能予測を従来よりも大幅に改善できる技術である。また本補正式は、各種気象条件における発電量評価等に展開できる基本技術である。本研究の補正技術は JIS 規格に一部採用済みである。また審議中の IEC 規格 (IEC60891 Ed. 2: PROCEDURES FOR TEMPERATURE AND IRRADIANCE CORRECTIONS TO MEASURED I-V CHARACTERISTICS OF PHOTOVOLTAIC DEVICES) に日本案として提案されて FDIS に採用されている。

また可変スペクトルソーラシミュレータの光学系基本設計の性能検証を、既存の装置の光学系を利用して行った。ロングパルス Xe ランプに可変／可換フィルタ群でスペクトル調整をする構造により、スペクトル可変性と大面積・均一性を両立できることを明らかにした。

$$V_3 = V_1 + a \cdot (V_2 - V_1) \quad I_3 = I_1 + a \cdot (I_2 - I_1)$$

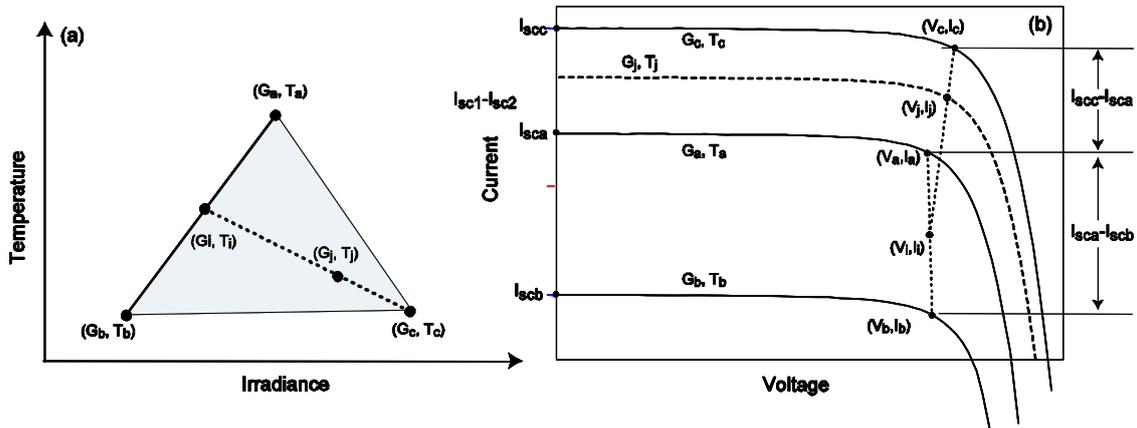


図 2.1.1-6 (左図)太陽電池の IV 特性の線形補間法による温度補正・照度補正における温度と照度の範囲。異なった温度・照度における3つのIV特性実測値を用いて、広い範囲の温度・照度におけるIV特性を計算することが可能である。(右図)線形補間法による温度と照度の同時補正の具体的な手順の一例。IV特性実測値から簡単な補間計算によって温度補正・照度補正を実施することが可能である。

2.1.2. 校正技術高度化 (AIST)

太陽電池の性能表示値の信頼性は、世界市場を視野に入れた太陽光発電の飛躍的普及促進の観点から、非常に重要である。2004 年度には、太陽電池の国際認証制度 (IECEE - CB 制度の一環) がスタートし、2005 年 4 月より、認証ラベル付き太陽電池モジュールが国内市場に流通している。補助制度の必要条件とする国も出てきた。従って、その国際的な意義は極めて大きい。このような状況下において、ISO/IEC 17025 の要求事項に対する適合性認定を受けた方法で校正された基準太陽電池デバイスの使用が必要である。性能表示に関するトレーサビリティの確保と性能表示値の信頼性を確保する上で、校正技術の継続的な高度化と国際整合性の確保は不可欠であり、国際的な意義が高い。

一次基準セル校正技術高度化に関して、AIST におけるソーラシミュレータ法による一次基準太陽電池の校正の不確かさを解析し、その値が 1% 以内であることを明らかにした (この値は、ISO/IEC17025 に対する適合性認定審査でその妥当性が第三者評価されている)。以上により、わが国の一次校正が国際最高レベルであることを明らかにして初期の目標を大幅に達成した (図 2.1.2-1)。

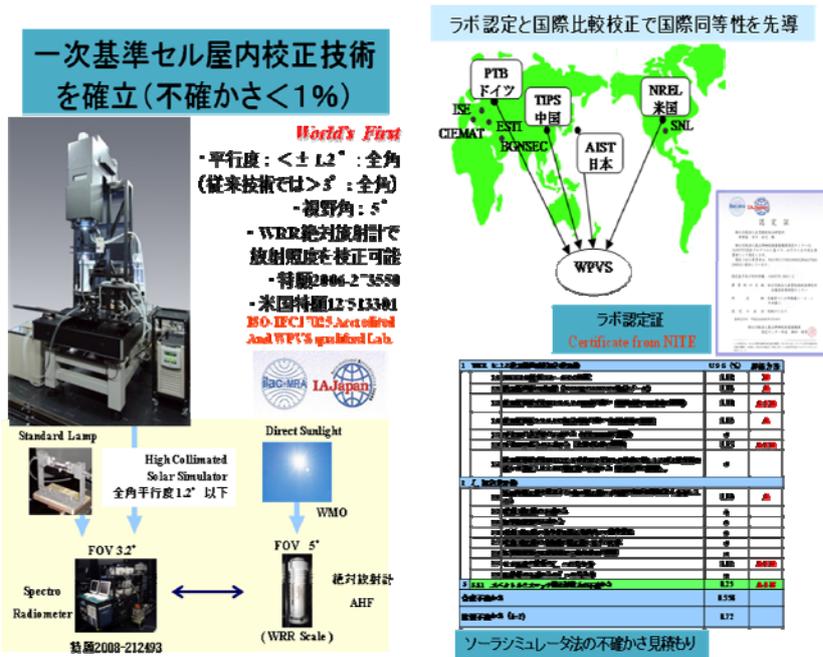


図 2.1.2-1 一次基準セル屋内校正技術の確立

次世代校正方法の要素技術として、プローブ光として用いる単色光が従来の 5 倍の均一度、2 倍の放射照度を、9 倍の面積で照射可能な高強度・高均一単色光照射機構を開発した。

ドイツの計量研究所が実用化している絶対分光感度法 (DSR 法) は、基準太陽電池デバイスの校正コストと不確かさを改善する手法として有力である。そのキーテクノロジーは、プローブ光の高均一化である。従来、わが国が開発してきた分光感度測定技術では主に回折格子を用いて分光したプローブ光を用いてきたことから、十分な均一性が実現できず、絶対値としての精度が不十分であった。本開発により、絶対分光感度法のキーテクノロジーを開発でき、本法による今後の一次基準太陽電池の校正を可能とする技術的な目処を得た。(図 2.1.2-2)。

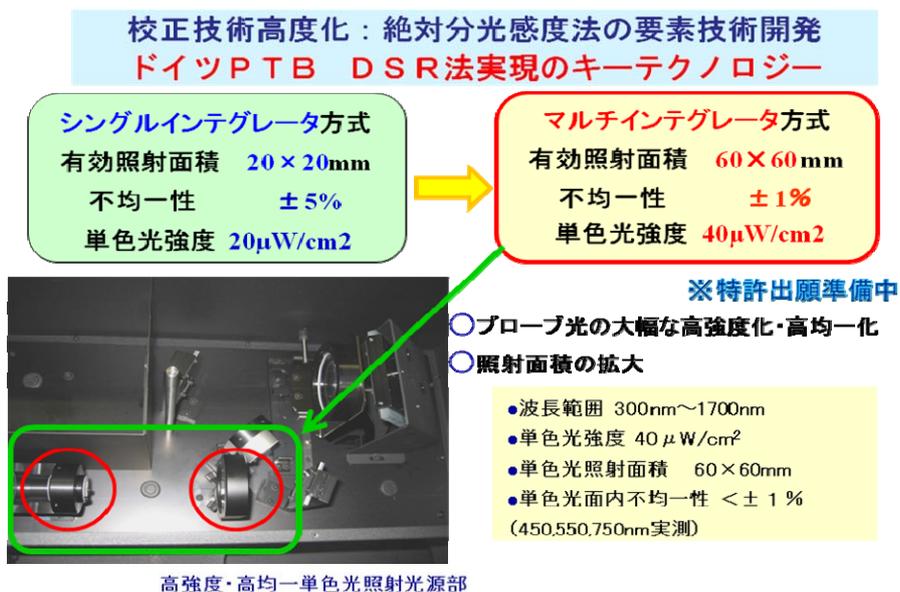


図 2.1.2-2 校正技術高度化：絶対分光感度法の要素技術開発

結晶シリコン系二次基準モジュールの屋内校正技術を世界で初めて確立した。温度制御装置を開発し、繰り返し測定の不確かさ目標 0.5%を大幅に上回る 0.2%で測定できる手順を確立した (図 2.1.2-3)。また、二次基準モジュール法の不確かさ解析の一環として、モンテカルロ・シミュレーションによる各種解析を実施した (図 2.1.2-4)。その成果は、JIS C 8921「二次基準シリコン結晶系太陽電池モジュール」にも活用され、初期の目標を大幅に達成した。

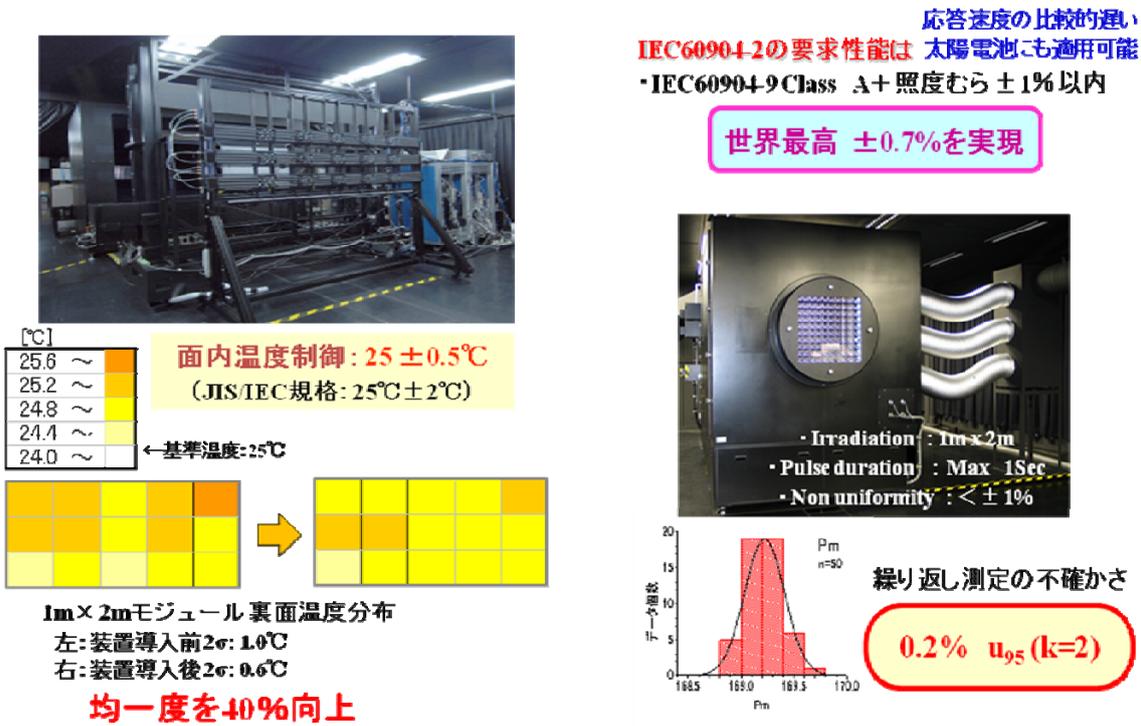


図 2.1.2-3 二次基準モジュールの屋内校正技術, 及び温度制御装置 (特願 2007-315385)

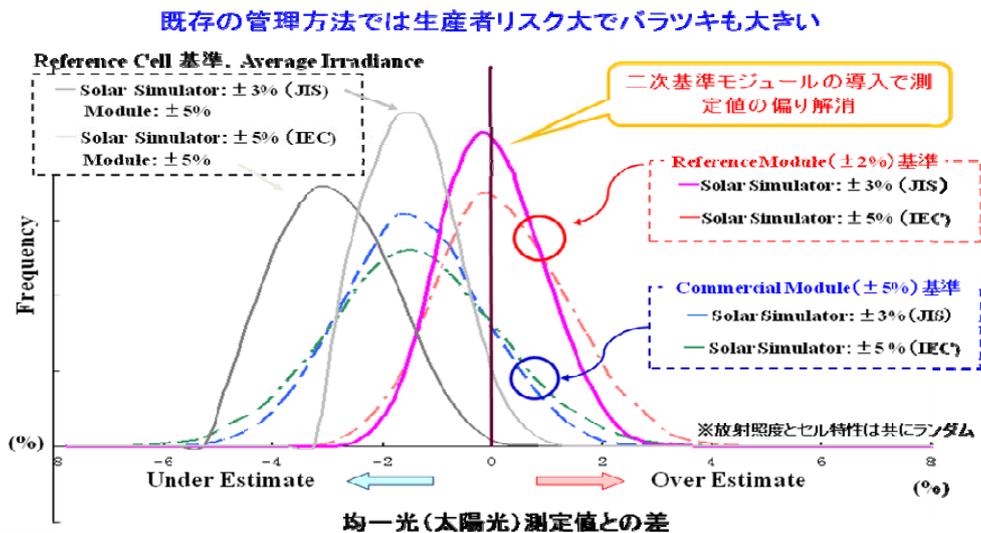


図 2.1.2-4 モンテカル法による基準モジュール法の導入効果の解析

2.1.3 信頼性評価技術 (AIST/JET)

2.1.3.1 複合加速試験

長期信頼性試験に関する業界・団体等の要望を把握・整理するために、太陽電池メーカー4社 (SH、ME、SA、KC) 並びに、中古太陽電池を扱う業者1社にヒアリング調査を実施した。中立機関による試験方法の確立の必要性、要望は各社から得られた。また、劣化判定のための性能指標としては、モジュール出力の初期からの低下量が適切であること、主な故障・劣化症状としては、ガラスの割れ、セルの割れ、電極はがれ、EVAの変色であることを確認した。

複合加速試験に用いるモジュールの選定としては、結晶 Si 系であること、入手しやすいことなどを考慮して、モジュール A (国内 A 社製、多結晶 150mm 角セル 12 枚、W345×L972mm)、モジュール B (国内 B 社製、多結晶 150mm 角セル 42 枚、W990×L1,165mm) を選定し、主として前者のもので検討を進めていく事とした。両形式のモジュールは JET にて、曝露試験を実施開始した。

より精度の高い試験を行うために、現有の複合加速試験装置の改造を実施した。具体的には、複合加速試験装置の扉部内側形状の改良・内部気体循環部の気流整流板の追加により温度分布が改善され、試験部モジュール温度分布を所定の範囲内に抑えることが可能となった。さらに恒温槽付減光板精密移動装置の開発し、測定走査時間の短縮などが改善された。これら試験装置・評価装置を用いて、モジュール A (国内 A 社製、多結晶 150mm 角セル 12 枚、W345×L972mm) を対象とし、3SUN90°C、3SUN75°C、1SUN90°C の条件下で複合加速劣化試験を実施し、加速係数算出に必要な活性化エネルギー値を算出した。東京における平均積算日射量との比較では、3SUN90°C 加速試験は加速係数 (暫定) 160 が得られた。最終的な加速係数の算出には屋外暴露データとの照合が必要であるため、暫定値ではあるが、現行市販モジュールにても十分有効な値が得られ、当初の目標が達成された。

さらに、高温時光照射・温度サイクル試験を実施し、モジュール A でのデラミネーション発生 (図 2.1.3-1)、モジュール C (国内 B 社製、多結晶 125mm 角セル 16 枚、W330×L1,212mm) での裏面ふくらの発生とそれぞれの症状の成長を確認した。

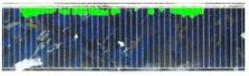
	0時間(試験前)	50時間後	150時間後	250時間後
セルNo.1				
セルNo.12				

図 2.1.3-1 デラミネーション (剥離) の成長の様子。モジュール A の剥離面積成長を試験前、試験後 50、150、250 時間後に観察した様子。図は剥離面積をわかりやすくするために緑色に着色して表示。

宮古島にて暴露中のモジュール A では、1 年経過ものにはデラミネーションが見られないが、2 年経過ものにはデラミネーションが多数見られ、温度サイクル試験のストレスを考慮するときの参考となる知見が得られた (図 2.1.3-2)。

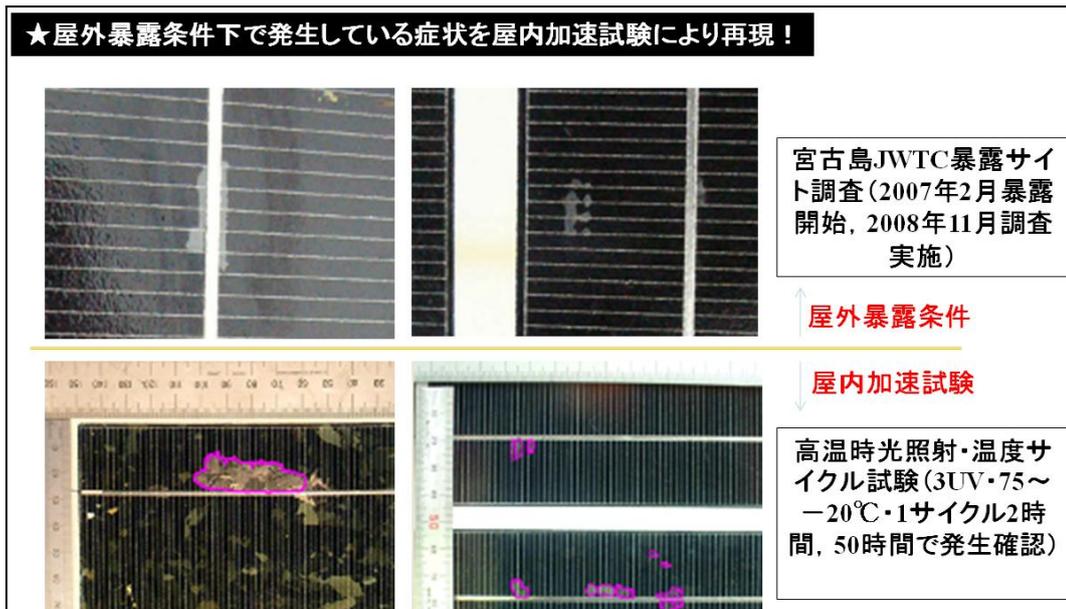


図 2.1.3-2 屋外暴露と屋内加速試験の比較結果とその類似性

不具合事例調査として産総研メガソーラータウンの約半分のシステムについて全数外観検査を行い、システム（メーカー）別、不具合発生割合とその傾向をとりまとめた。システムにより差はあるが不具合事例としては、デラミがもっとも多くみられ、そのほかにコゲ、クラック、変色などが観察された。更なる加速劣化因子探索のための要素技術として、太陽電池セルまたはモジュールに周期的に変化する順方向・逆方向の電圧を印加することで、セルーインターコネクタ間へストレスを与える劣化試験に着手した。逆バイアス降伏試験の結果から、破壊後の IV カーブは4つ程度（シャント抵抗減少型、直線型、疑似健全型、その他）のパターンに分類されることがわかった。降伏後点に見られたコゲは屋外運転中のモジュールでも見られ、類似の症状を確認した。この劣化・不具合モードに対して、逆バイアス電圧印加を取り入れた加速試験が有効であることが明らかになった（図 2.1.3-3）。



図 2.1.3-3 要素技術（更なる劣化因子）開発における類似性の確認

暴露試験は、以下に示す気象的に特徴を持つ3地点で、平成3年3月に北見市、平成4年2月に鳥栖市、平成5年3月に宮古島で試験を開始した。

- ・冬場の最低気温が -15°C にも達する低温地域で、かつ、しばしば夏場の最高気温が 30°C を超える高気温差地域である北海道北見市
- ・年間最低気温が 13°C を下回ることが稀な高温地域である沖縄県宮古島
- ・我が国の平均的な気象条件地域としての佐賀県鳥栖市

一方、試験モジュールは、c-Si, p-Siの結晶シリコン系モジュールとともに、モジュール製造者の協力により1990年代前半の薄膜系(a-Si, a-Si/a-SiGe)の最新モジュールを含め、8機種計24台(北見市)、10機種計30台(鳥栖市)、11機種計33台(宮古島)のモジュールに対する試験を開始した。平成20年度末における暴露試験モジュールは、平成18年度に最新モジュール等を追加し、250台である。

また、暴露サイトでは、気象環境とモジュール劣化の関係を求めるため、南中時にI-V特性の測定、日射強度、UVA、UVB、気温・湿度の気象データを連続して収集した。

さらに、暴露モジュールの正確な出力を求めるために、前段の試験を中断し、暴露サンプルをJETに持ち込み、ソーラシミュレータを用いたモジュールの特性測定、絶縁抵抗の測定、外観検査等からなる定期評価(1回/年)を実施した。

●モジュール出力低下の原因

暴露試験における出力低下の原因を求めるために、モジュール出力(P_m)と出力指標値(I_{sc} , V_{oc} , $F.F$)との関係を比較した。比較結果は、モジュール出力の低下は、 I_{sc} の低下、 V_{oc} の低下、 $F.F$ の低下、 $I_{sc} \cdot F.F$ の低下、 $V_{oc} \cdot F.F$ の低下に分類される原因によって出力が低下した。この暴露試験において、特徴的な出力変化を見せたモジュールの内、暴露試験開始時を1.0とした時、最長15年の暴露試験後、 I_{sc} が0.8程度まで低下し P_m が0.7に至ったモジュール、 V_{oc} が0.8程度まで低下し P_m が0.5に至ったモジュール、 $F.F$ の低下を見せたモジュールのI-Vカーブの例を図2.1.3-4に示す。

●等価回路パラメータ変化比率

等価回路パラメータの変化比率は、冷暗所に保管しておいたモジュール(以下、「リファレンスモジュール」という)と、暴露試験後のモジュールとの太陽電池等価回路パラメータを比較した結果(度数分布)を図2.1.3-5に、特徴を以下に示す。なお変化比率の算出において、 I_{ph} , R_{sh} が1を超える値、 R_s が1以下の値は、異常値として扱い、平均値等の算出には用いなかった。

- ・ I_{sc} の低下に至る I_{ph} (光誘起電流)の低下率は、リファレンスモジュールに比べ、平均で約3%低下した値を示した。サイト別の低下率は、宮古島が最も大きい低下率を示し、次いで鳥栖、北見の順である。この低下率の順位は、気象観測における日射量、UVA量、UVB量、月別平均気温の比率の順位と同一であった。さらに、度数分布にあつては、鳥栖・宮古島と北見との間に差を認めた。
- ・ $F.F$ (高電圧域の電流)の低下に至る R_s (直列抵抗)の上昇率は平均で約30%、上昇率の順位は鳥栖、北見、宮古島の順であった。この上昇率の順位は、気象観測における日射量と月別平均最高温度から算出されるモジュール最高温度と、月別平均最高気温と年間気温差から算出されるモジュール最低温度によって求められるモジュール温度差と同一であった。さらに、度数分布は、宮古島と北見・鳥栖との間に差を認めた。
- ・ $F.F$ (低電圧域の電流)の低下に至る R_{sh} (並列抵抗)の減少率は平均で約40%、低下の順位は鳥

栖, 宮古島, 北見の順であった。この減少率の順位は, 気象観測における月別平均湿度と同一であった。さらに, 度数分布は, 北見と鳥栖・宮古島との間に差を認めた。

・Vocの低下に至るN(ダイオードパラメータ)の低下は, ほとんど認められなかった。

これらの結果から, 結晶系Siモジュールの出力は, I_{ph} (光誘起電流)の低下は紫外線, モジュール温度、 R_s (直列抵抗)の増大はモジュールの温度と温度差の相乗効果、 R_{sh} (並列抵抗)の低下は, 相対湿度, の効果を主たる結果として得た。

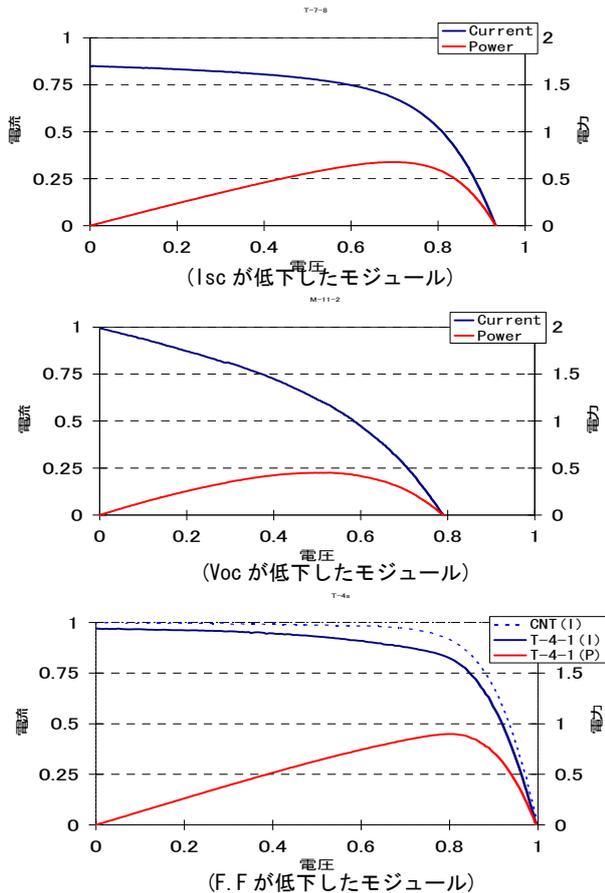


図2.1.3-4 出力の変化したI-Vカーブ

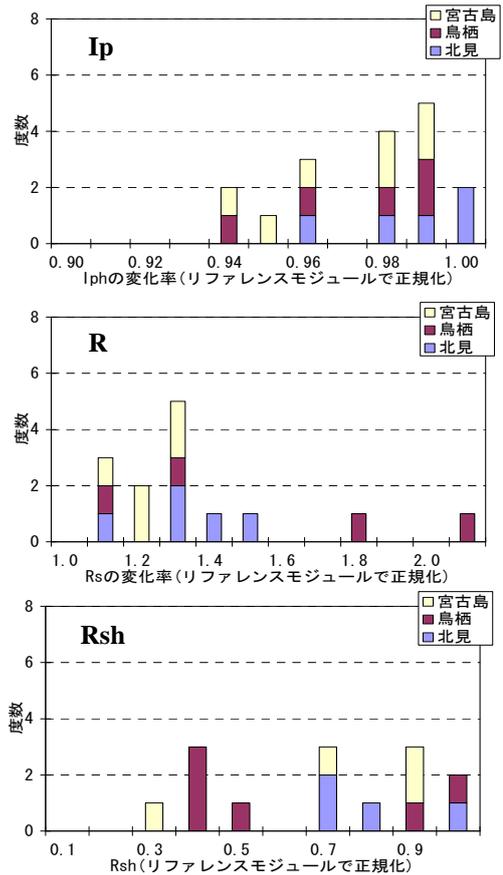


図2.1.3-5 等価回路パラメータ度数分布

2.1.3.2 PVS調査

暴露試験では, 限定されるサンプル数, 種類, 試験期間, 試験環境の補間を目指した国内外の PVS を調査した。国内太陽光発電システムは, 多様な運転期間を求め, 図 2.1.3-6 に示すとおり, 述べ 25 サイト, 40,000 モジュールを実施した(平成 20 年度末現在)。この結果, バックシートの変色, 封止材の褐色化, 封止材の剥離現象, モジュール内への水分の浸入, バスバー相互接続部加熱現象等の発生を認めた。一方, 海外太陽光発電システムでは, 多様な気象条件下で運転されたモジュールを求め, 第 2.1.3-7 図に示す通り, 述べ 10 サイト, 2,800 モジュールの調査を実施した(平成 20 年度末現在)。この結果, バックシートの変色・裂け, 封止材の褐色化, 封止材の剥離現象等が主たる劣化現象であった。

次に, 先の調査結果を表 2.1.3-1 に示すとおり, 劣化事象を5+1の6段階(レベル)に分類し, 記録するとともに, レベル2以上の事象発生率を求めた。

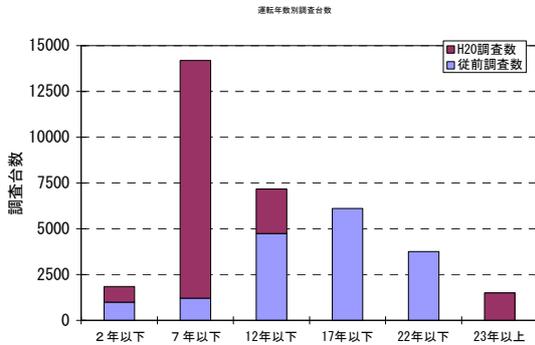


図2.1.3-6 運転年数別調査数
(海外調査分を除く)

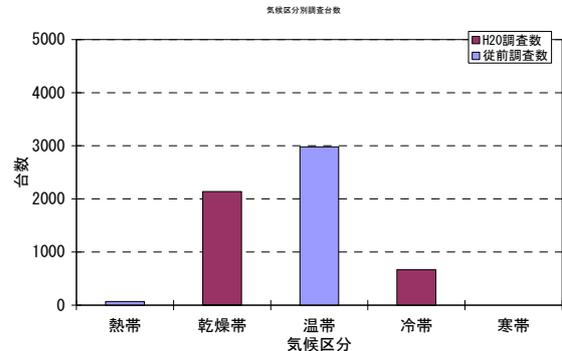


図2.1.3-7 気候区分別調査数
(国内調査分を除く)

表 2.1.3-1 劣化事象のレベルと事象内容

L0	劣化の発生なし
L1	微小・微細な劣化事象を認めた
L2	顕著な劣化事象を認めた
L3	出力又は、安全性に影響を与えている恐れのある事象を認めた
L4	出力又は、安全性に影響を及ぼしている事象を認めた
L5	発煙・発火事象に至る恐れのある事象を認めた

さらに、劣化箇所を、セルとEVAとの界面、EVAと受光面との界面の異常を示す「剥離」、セルの封止材の異常を示す「EVA」、モジュール内部の導電部異常を示す「導電部」、セルの異常を示す「セル」、上記、以外の異常を示す「その他」の部位に、分類し集計した。

また、調査サイト間の比較を、定量的に比較を可能とするために、モジュールに加わり・劣化事象に至ると考える日射量、気温、相対湿度から、表 2.1.3-2 に示すストレス係数、あるいはストレス係数に運転年数を乗じたストレス量を用いて比較を実施した。

表 2.1.3-2 ストレス項目と算出方法

紫外線	UVA, UVBは、放射量のサイト間の比率	$SK_{UV} = \frac{UV_{STB}}{UV_{STA}}$
モジュール温度	モジュールの月間平均温度の値のサイト間差の10℃半減則値	$SK_{MT} = 2^{\frac{(MT_{STB} - MT_{STA})}{10}}$
モジュール温度差	モジュール温度差は、年間モジュール温度差のサイト間比率	$SK_{MTG} = \frac{\Delta MT_{STB}}{\Delta MT_{STA}}$
相対湿度	年間平均相対湿度のサイト間差の10%半減則値	$SK_{RH} = 2^{\frac{(RH_{STB} - RH_{STA})}{10}}$

注：*1 ケッペン気候区分の乾燥帯では、気温に関する要求がない。

2.1.3.3 文献調査

文献調査は、暴露試験、PVS 調査を補間するために、各種学会で発表された論文等(8文献56事例)を対象とした文献から、ケッペン気候区分*1 毎に、太陽電池モジュールの年間出力低下率を集計した。調査結

果は、第 2.1.3-8 図に示す通り、以下に示す特徴的な結果を得た。

・結晶 Si 系モジュールは、熱帯、乾燥帯、温帯、冷帯の順で出力低下率が大きくなった。つまり、結晶 Si 系モジュールは、年間気温差が大きくなる順に出力が低下する可能性を示唆した。

・薄膜 SI 系モジュールは、熱帯、温帯、乾燥帯の順で出力低下率が大きくなった。つまり、薄膜 SI 系モジュールの出力低下は、日射量が大きく影響し、次いで年間気温差が影響を与える可能性を示唆した。

注：(*1) ケッペン（独）が、植生分布に注目した気温と降水量によって、決定される気候分類方法である。

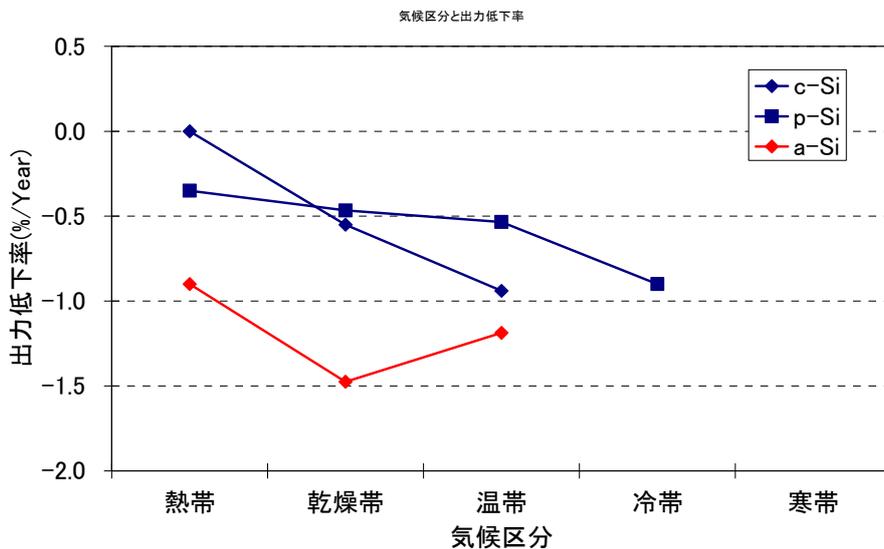


図 2.1.3-8 文献調査結果

調査文献

- 太陽光発電システムの研究開発（平成 13 年 3 月）
- CURRENT-VOLTAGE CHARACTERISTICS WITH DEGRADATION OF FIELD-AGED SILICON PHOTOVOLTAIC MODULES
- Power and energy production of PV modules statistical considerations of 10years activity
- ANALYSIS OF WEATHERED c-Si PV MODULES
- LONG TERM RELIABILITY OF PV MODULES
- DIAGNOSTIC ANALYSIS OF SILICON PHOTOVOLTAIC MODULES AFTER 20-YEAR FIELD EXPOSURE
- Performance Degradation Rates in Commercial Photovoltaic Modules
- 10 年間屋外暴露による結晶系太陽電池モジュールの劣化要因解析

2.1.3.4 互換性標準

● PCS 動作解析

日射急上昇時のパワーコンディショナ (PCS) の日射変化時のアレイ電圧・電流の変化状況は、第 2.1.3-9 図 (A 社) 示すとおり、A 社の PCS では、通常、電圧の振幅を ±2V、8 秒周期で変化させているが。日射強度が急上昇すると、アレイ電流も急上昇するが、アレイ電圧はすぐには変化せず、20 秒程度経過してから上昇を始めている。一方、B 社の PCS では、第 2.1.3-9 図 (B 社) に示すとおり、日射強度が急上昇すると、最初に電圧を 20~30V 増加させる。これらの結果から、PCS の MPPT 制御方法は、製造者によって大きく異なることが分かった。

● 異種モジュール電圧と温度

日射急変時の異種モジュールの電圧と温度の変化状況は、第 2.1.3-10 図に示すとおり、午前9時付近のモジュール電圧が急激に低下(日射が急低下)した時の、モジュール温度が急激に上昇(約 10°C)を認めた。これによって、異種モジュール挿入時の逆電圧現象および発熱現象を確認した。

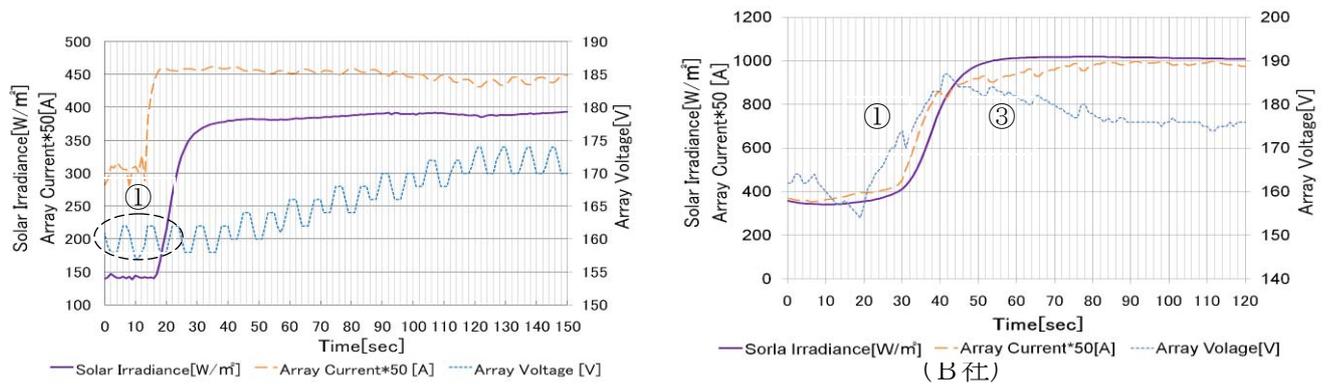


図 2.1.3-9 日射急上昇時のパワーコンディショナ (PCS) のアレイ電圧・電流の変化状況

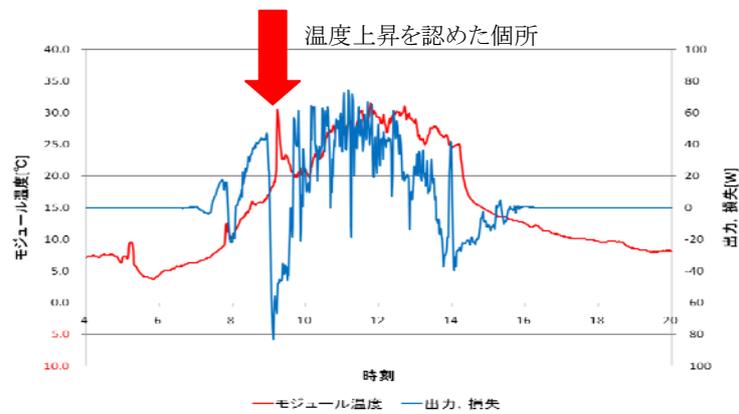


図 2.1.3-10 日射急上昇時のモジュール電圧と温度の変化状況

●シミュレーション結果

実機による日射急変時を含む実証試験におけるアレイ電圧とシミュレーションによるアレイ電圧を第 2.1.3-11 図に示す。この結果実機とシミュレーションとは、最大で4%程度の差でほぼ一致し、シミュレーションを完成した。

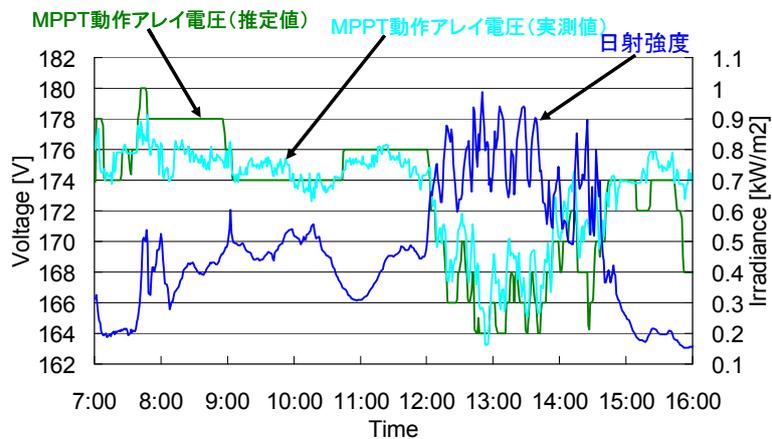


図 2.1.3-11 実証試験におけるアレイ電圧とシミュレーションによるアレイ電圧

2.1.4 成果のまとめ

表 2.1.4-1 に太陽電池評価に係わる成果をまとめる。

表 2.1.4-1 太陽電池評価に係わる成果

	H18	H19	H20	H21	計
特許出願	2	4	1		7件
論文	2	3	4	1	9件
研究発表・講演	13	17	22	9	34件
受賞実績	1				1件
新聞・雑誌等への掲載	2	2	1		5件
展示会への出展	2	2	2	2	8件
JIS規格・IEC規格等への貢献		7	3	8	18件
NEDO開発太陽電池等測定	60	70	60	30	220件

2.2 発電量評価技術の研究開発

2.2.1 発電量定格技術の開発

2.2.1.1 発電量定格方式の開発と標準化

発電量定格を目的とした国際標準規格が IEC において 61853 “PHOTOVOLTAIC (PV) MODULE PERFORMANCE TESTING AND ENERGY RATING”として審議中である。しかし、この審議では、61853 を 4 つのパートに分割して進行しているため、測定および計算の全体像が分かりづらい。そこで、61853 が 4 分割される前の 82/254/NP “Performance Testing and Energy Rating of Terrestrial Photovoltaic (PV) Modules”を原案とした上で、61853-1～4 “Photovoltaic (PV) Module Performance Testing and Energy Rating”の最新の審議動向を反映し、わが国の実情に沿うように技術的内容を変更した国内方式を開発することとした。IEC 61853 の計算方式の基本的な枠組み(図 2-1. フローチャート)は維持しつつも、わが国の標準モデルに資する実際的な測定方法の修正を行っている。特に、放射照度性能および温度性能の測定においては、幅広い放射照度と温度の組み合わせによって発電性能の表(マトリクス)を作成する必要があるが、ここを I-V 特性の線形内挿方式によって簡略化することをねらっている。線形内挿方式とは、IEC 60891(温度・照度補正法: Procedures For Temperature and Irradiance Corrections to Measured I-V Characteristics of Photovoltaic Devices)の改訂審議においてわが国が提案し、3番目の方法として採用されることになった I-V 特性の換算方式である。線形内挿方式を使う最大の利点は、幅広い日射と温度の組み合わせを僅かな I-V 特性計測値で精度良く内挿することである。事前に、太陽電池性能の温度特性等のパラメータを測定する必要がない利点がある。

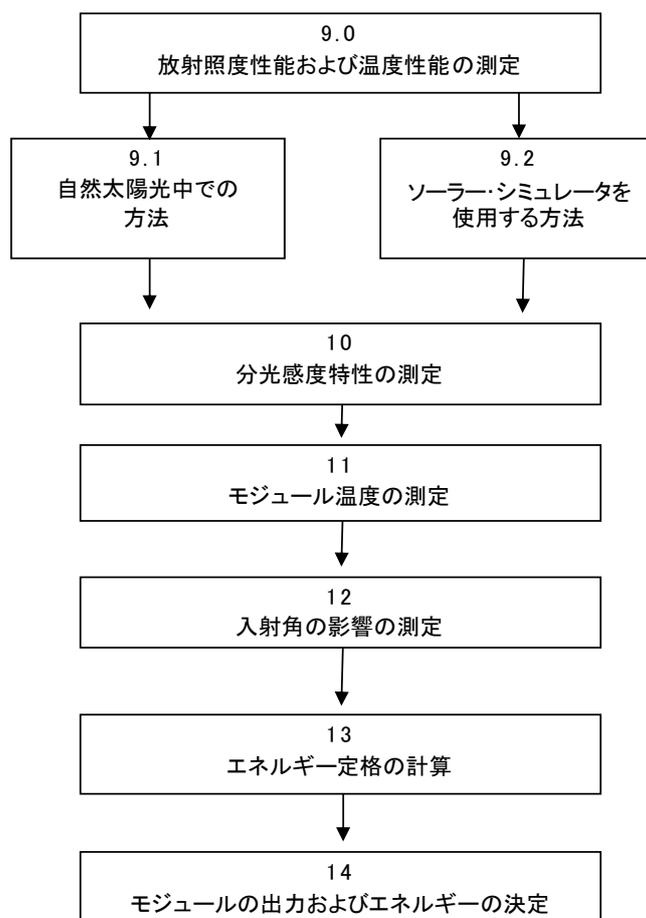


図 2.2.1-1 IEC61853 (82/254/NP)における発電量定格の計算手順

表 2.2.1-1 IEC61853 (82/254/NP)に基づく発電量定格方式の国内原案の目次

序文		11	入射角の影響の測定方法
1	適用範囲	11.1	屋外試験方法
2	目的	11.2	屋内試験方法
3	引用規格	12	モジュール温度の測定方法
4	サンプリング	12.1	試験およびデータ処理
5	マーキング	12.2	装置
6	試験	12.3	試験モジュールの取付け
7	報告書	12.4	方法
8	評価条件	12.5	評価
8.1	出力評価条件	13	エネルギー定格の計算方法
8.2	発電量評価条件	13.1	Isc、Voc および Pmax の補間
9	放射照度性能および温度性能の測定	13.2	透過率 $\tau(\theta)$ の補間
方法		13.3	分光感度特性の補間
9.1	自然太陽光中での方法	13.4	時刻毎のモジュールのピーク出力およびエネルギー出力の決定
9.2	ソーラー・シミュレータを使用する方法	13.5	基準日条件におけるエネルギー定格
10	分光感度特性の測定方法	14	出力およびエネルギーの定格
10.1	補足手順	14.1	出力定格
10.2	分光感度の補間	14.2	エネルギー定格
			解説

2.2.1.2 発電量定格用データの取得(ラウンドロビン測定実験)

2.2.1.2.1 実験概要

太陽電池モジュールの発電量計算方式を検証するために、複数地域における分光日射量実測データと太陽電池モジュールの I-V 特性データを太陽電池モジュールの屋外測定ラウンドロビン実験によって取得した。ラウンドロビン測定実験における計測装置は、データロガーシステム(クリマテック製、特注)、I-V 特性計測器(英弘精機製 MP-160)、気象観測システム(英弘精機製 MS-802, MS-710, MS-712 他)、風速計(アグリウェザー製 ウェザーバケット)により構成されている。計測時間帯は 4:00~20:00、計測間隔は I-V 特性が5分毎、分光日射強度が1分毎、風速が 10 分毎である。被測定太陽電池モジュールは、表 4.2 に示すとおり、平成 19 年8月から測定を開始した第1期において c-Si が3種4枚、a-Si が2種2枚である。平成 20 年 11 月から開始した第2期においては、c-Si が1枚、a-Si(シングル)が1枚、多接合が3種3枚、CIS が2種2枚である。図 2.1-2 には北海道における実験場のセットアップ写真を示す。

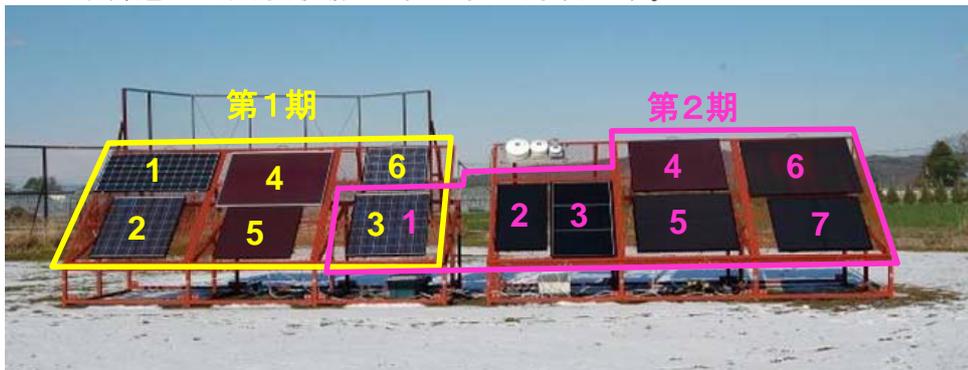


図 2.2.1-2 2008 年 11~12 月の札幌におけるラウンドロビン実験の様子

表 2.2.1-2 ラウンドロビン実験に用いている太陽電池モジュールの一覧

No.	第1期(2007年8月～2008年12月)		第2期(2008年12月～実施中)	
	太陽電池種別	製造年	太陽電池種別	製造年
1	c-Si (ヘテロ接合)	2007/9	c-Si (多結晶)※※	2006
2	c-Si (多結晶)※	2006	CIS	2008
3	c-Si (多結晶)※※	2006	CIS	2008/8
4	a-Si	2006	a-Si	2008/10
5	a-Si	2005/9	薄膜 Si (多接合)	2008/10
6	c-Si (多結晶)	2007/9	薄膜 Si (多接合)	2008
7			薄膜 Si (多接合)	8

※ 発電量の基準値を採るために、第1期の No.2 と No.3 は同一メーカー、同一型式の結晶系モジュールを採用した。

※※ 第2期においても第1期で基準としたモジュールを採用し、第1期と第2期の測定値を間接的に比較することを目指した。

2.2.1.2.2 測定結果

表 2.1-3(a)～(d)には、太陽電池モジュールの各種測定値のまとめを示す。測定場所の地名は全てコード記号で示しており、SPR, OTS, NGW, KBE, KTG, OKE, ISH, TOS はそれぞれ、札幌、大津、中津川、神戸、葛城、沖永良部、諫早、鳥栖を意味する。表中には、それぞれの場所における気象観測値と計測期間を併載している。

日射量(Irradiation)は、期間(Period)中に観測された日射量を積算し、期間日数で割り算した日平均に対し365を掛けて、年平均値とした値である。これにより、測定場所ごとに期間日数の異なる観測値から、日射量の大小比較をわかりやすくした。

表 2.1-3(a)に示す銘板最大電力当たりの期間発電量は、5分毎にサンプリングされた I-V 特性値から最大電力(P_{max})を計算し積算した電力量を、太陽電池モジュールの銘板(公称)最大電力で割り算したものである。銘板最大電力で割って相対化することにより、電気的特性の異なる太陽電池モジュールの発電量を比較可能とした。さらに、表中では、測定場所によって期間の異なる測定値を比較可能とするために、日平均値を計算した上で365日を掛けて年平均値とした。太字で示している数値は、同一場所・期間における最大値である。

銘板最大電力当たりの期間発電量は、結晶シリコン形のモジュール A が最大となる場所・期間が多かったが、アモルファスシリコン形のモジュール E または F が最大となることもあった。デバイス構造の異なるモジュール A と E または F の発電量の逆転現象は、気温では 20℃程度を境界とし、低温の場所・期間ではモジュール A、高温の場所・期間ではモジュール E または F の発電量が上回った。

表 2.1-3(b)に示す期間発電量は、結晶シリコン形のモジュール C を基準として、各モジュールの発電量を比較した値で示している。太字で示している数値は、同一モジュールにおいて最大となった場所・期間を示している。

基準としたモジュール C と同一型式であるモジュール B の発電量は、モジュール C の発電量に対し全ての場所・期間において 1.00 ± 0.01 の値となった。このことは、発電量測定の高精度の検証となり、モジュール C(または B)の基準としての妥当性を示している。

もう一つの示唆は、基準に対する発電量比率の地域・期間差が、結晶シリコン形よりもアモルファスシリコン形の方が大きなバラツキ(表中では標準偏差)を示していることである。これは、発電量の基準としては、デバイス構造を同一とする必要性を意味している。

表 2.1-3(c)に示すモジュール出力係数は、表 2.1-3(a)の日射量と期間発電量の値を用いて計算したものである。太字で示している数値は、表 2.1-3(a)と同様に、同一場所・期間における最大値である。結果も表 2.1-3(a)と同様に、低温の場所・期間ではモジュール A、高温の場所・期間ではモジュール E のモジュール出力係数が上回った。

表 2.1-3(d)に示す加重平均モジュール温度は、同時に観測された日射強度によって加重平均されたモ

ジュール裏面温度の測定値である。加重平均モジュール温度を平均気温との関係で簡単に表すと、平均気温 + 20 数°C程度となった。

表 2.2.1-3 ラウンドロビン実験第1期の測定結果の一覧
(a) 銘板最大電力当たりの期間発電量

Site Information			Yield [Wh/Wp/y]						Period [days]	
CODE	Irradiation [kWh/m ² /y]	Air Tmpr [C°]	c-Si				a-Si			
			A	B	C	D	E	F		
SPR	1901	24.9		1601	1598			1885	1907	9.0
OTS	1466	20.4	1339	1282	1289	1203		1422	1428	39.8
NGW	1486	11.0	1443	1311	1328	1208		1327	1319	25.2
KBE	1284	9.3	1245	1102	1160	1139		1100	1097	22.1
KTG	1119	5.2	1122	1039	1042	1001		978	945	19.1
OKE	1632	16.1	1578	1457	1455	1397		1489	1449	21.2
ISH	1665	14.6	1587	1454	1463	1399		1541	1520	36.1
TOS	1593	21.7	1513	1388	1370	1329		1494	1486	66.8
OKE	2219	29.6	2006	1825	1820	1748		2233	2224	59.5
SPR	913	0.9	685	639	637	570		616	632	30.9
Average	1528	15.3	1391	1310	1316	1222		1409	1401	330

(b) 期間発電量の基準モジュール(C)に対する比率

Site			Relative Yield						Period [days]	
CODE	Irradiation [kWh/m ² /y]	Air Tmpr [C°]	c-Si				a-Si			
			A	B	C	D	E	F		
SPR	1901	24.9		1.00	-			0.77	0.52	9.0
OTS	1466	20.4	1.36	0.99	-	0.56		0.72	0.49	39.8
NGW	1486	11.0	1.42	0.99	-	0.55		0.65	0.43	25.2
KBE	1284	9.3	1.40	0.99	-	0.59		0.62	0.41	22.1
KTG	1119	5.2	1.41	1.00	-	0.58		0.61	0.40	19.1
OKE	1632	16.1	1.42	1.00	-	0.58		0.67	0.44	21.2
ISH	1665	14.6	1.42	0.99	-	0.58		0.69	0.45	36.1
TOS	1593	21.7	1.44	1.01	-	0.59		0.71	0.48	66.8
OKE	2219	29.6	1.44	1.00	-	0.58		0.80	0.54	59.5
SPR	913	0.9	1.41	0.99	-	0.54		0.63	0.43	30.9
Average	1528	15.3	1.41	1.00	-	0.57		0.69	0.46	330
St.Dev			0.03	0.01	-	0.02		0.06	0.05	

(c) モジュール出力係数 (Performance Ratio)

Site			Performance Ratio						Period [days]	
CODE	Irradiation [kWh/m ² /y]	Air Tmpr [C°]	c-Si				a-Si			
			A	B	C	D	E	F		
SPR	1901	24.9		0.84	0.84			0.99	1.00	9.0
OTS	1466	20.4	0.91	0.87	0.88	0.82		0.97	0.97	39.8
NGW	1486	11.0	0.97	0.88	0.89	0.81		0.89	0.89	25.2
KBE	1284	9.3	0.97	0.86	0.90	0.89		0.86	0.85	22.1
KTG	1119	5.2	1.00	0.93	0.93	0.89		0.87	0.84	19.1
OKE	1632	16.1	0.97	0.89	0.89	0.86		0.91	0.89	21.2
ISH	1665	14.6	0.95	0.87	0.88	0.84		0.93	0.91	36.1
TOS	1593	21.7	0.95	0.87	0.86	0.83		0.94	0.93	66.8
OKE	2219	29.6	0.90	0.82	0.82	0.79		1.01	1.00	59.5
SPR	913	0.9	0.75	0.70	0.70	0.62		0.68	0.69	30.9
Average	1528	15.3	0.93	0.85	0.86	0.82		0.90	0.90	330

(d) モジュール裏面温度

Site Information			Weighted PV Temperature [C°]						Period [days]	
CODE	Irradiation [kWh/m ² /y]	Air Tmpr [C°]	c-Si				a-Si			
			A	B	C	D	E	F		
SPR	1901	24.9		51.5	52.3			49.7	50.0	9.0
OTS	1466	20.4	43.8	43.5	43.0	40.9	39.1	39.8	39.8	39.8
NGW	1486	11.0	40.0	40.8	41.0	39.1	36.3	37.9	37.9	25.2
KBE	1284	9.3	25.9	26.0	26.5	26.2	23.0	24.2	24.2	22.1
KTG	1119	5.2	23.3	24.9	24.7	22.7	21.4	21.5		19.1
OKE	1632	16.1	33.2	35.7	35.6	33.4	32.2	31.8	31.8	21.2
ISH	1665	14.6	41.4	40.5	39.8	39.1	36.2	37.9	37.9	36.1
TOS	1593	21.7	41.8	41.3	40.4	40.5	38.2	39.0	39.0	66.8
OKE	2219	29.6	49.9	50.5	52.1	46.3	47.0	46.8	46.8	59.5
SPR	913	0.9	24.0	23.4	23.6	21.8	18.8	21.5	21.5	30.9
Average	1528	15.3	36	38	38	34	34	35	35	330

2.2.2.3 発電量定格方式の検証

発電量定格は、ある場所、ある期間における発電量を基にし、太陽電池の性能を比較可能とする格付け方式である。その目標精度は、気象変動と同等程度を上限とすることが実用的に思われる。さらに、長期間にわたって測定された発電量と日射量等の気象観測値を重回帰式によって結びつけ、統計的に算出可能な推定方式に対して上回る精度を有している必要がある。

気象の統計的には、年間発電量の年較差は、PVSystem.net 発電量シミュレーションによれば過去 13 年間の標準偏差で3~5%程度であった。一年未満・数日以上以上の期間発電量については、四季変化によって年間より大きな標準偏差のために、モードとしては不適と思われる。一日発電量については、年間の同順位の値を取ることで年較差は2, 3% (晴天) 5~8% (曇天) 程度となるため、モードの期間として適切である。そこで、モードは、年間または一日発電量とする。精度は年間および一日発電量については5%程度を目標とするのが適切に思われる。

重回帰式による発電量推定方式によって、測定方式の観点から精度目標を算出した。この方式の利点は、モードのデータセットとして日射量、加重平均温度、波長重心の一組/日を持てば良く、簡便であることである。重回帰式は以下の通りである。

$$\begin{aligned}
 Y_m &= f(Y_r, T_{WA}, \lambda_{WA}) \\
 &= PR \cdot Y_r \\
 &= c_1 \cdot Y_r + c_2 \cdot Y_r \cdot T_{WA} + c_3 \cdot Y_r \cdot \lambda_{WA} \quad (1)
 \end{aligned}$$

沖永良部島(OKE)における春と夏の実験の前後に行われた鳥栖(TOS)における実験データを用いて重回帰式のモデルパラメータを決定し、これを用いてOKEでの日発電量を推定した。その結果、図 2.1-3 に示すとおり、c-Si については推定精度に影響はないものの、a-Si については OKE の夏季における恐らくアニール効果と思われる性能改善の効果が取り込めていないために、10 数%程度の過小評価をすることが分かった。

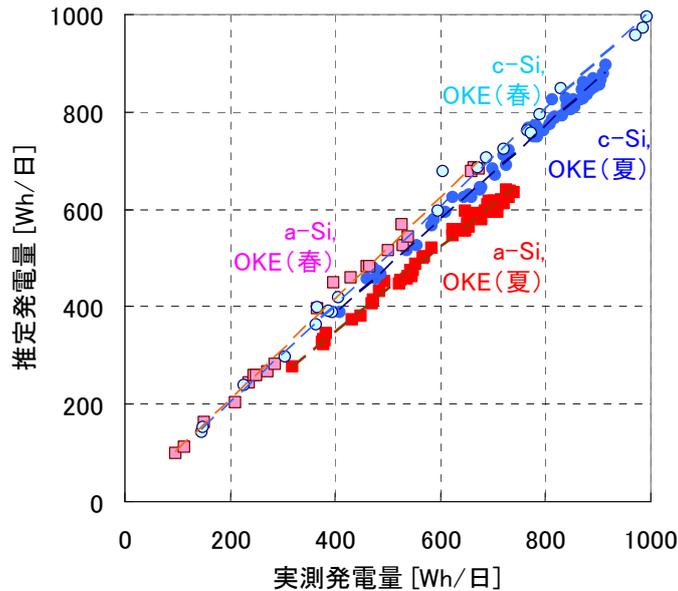


図 2.2.1-3 Estimation results of energy yield of c-Si & a-Si PV module with regression models by using model parameters from a different site.

2.2.2 実フィールドにおける実運転性能データベースの構築

AIST 等が開発する発電量評価技術を検証するため、平成9年度から平成 17 年度まで NEDO が実施していた「太陽光発電システム共通基盤技術研究開発」において、全国約 100 箇所に展開された住宅用太陽光発電システム(以下「PV システム」という。)のデータ計測サイト(以下「サイト」という。)から、日射気候区、設置環境等の諸条件を考慮し 47 サイト程度に整理し、PV システムの実フィールドにおける運転データ(以下「実運転データ」という。)を計測・収集し、実運転性能データベースを構築する。なお、サイトを受け継ぐにあたり、平成 9 年度から平成 12 年度に設置された 30 サイトを対象に、新たに計測装置の仕様を見直し、従前の計測項目を継承したデータ計測システム(A)に加え、モジュール温度の多点計測機能を追加したデータ計測システム(B)を開発し、データ計測システムを刷新する。今回計測するモジュール温度は、太陽電池出力を決定する重要な環境因子であるが、その計測方法は任意のモジュール裏面1点をもってアレイ代表温度としており、その妥当性を検証するため、データ計測システム(B)の計測データを基に、実フィールドにおけるアレイの温度分布を把握し、データ計測システム(A)のモジュール温度測定方法について、その妥当性を検証するための基礎データを構築する。

2.2.2.1 実運転性能データベースの構築

発電量評価技術の検証に必要な基礎データとなる実運転性能データベースを構築するため、平成 9 年度から平成 17 年度まで NEDO が実施していた「太陽光発電システム共通基盤技術研究開発」において、全国約 100 箇所に展開された PV システムのサイトを受け継ぎ、日射気候区、設置環境等の諸条件を考慮して必要となる 47 サイトに整理(図 2.2.2-1)した。

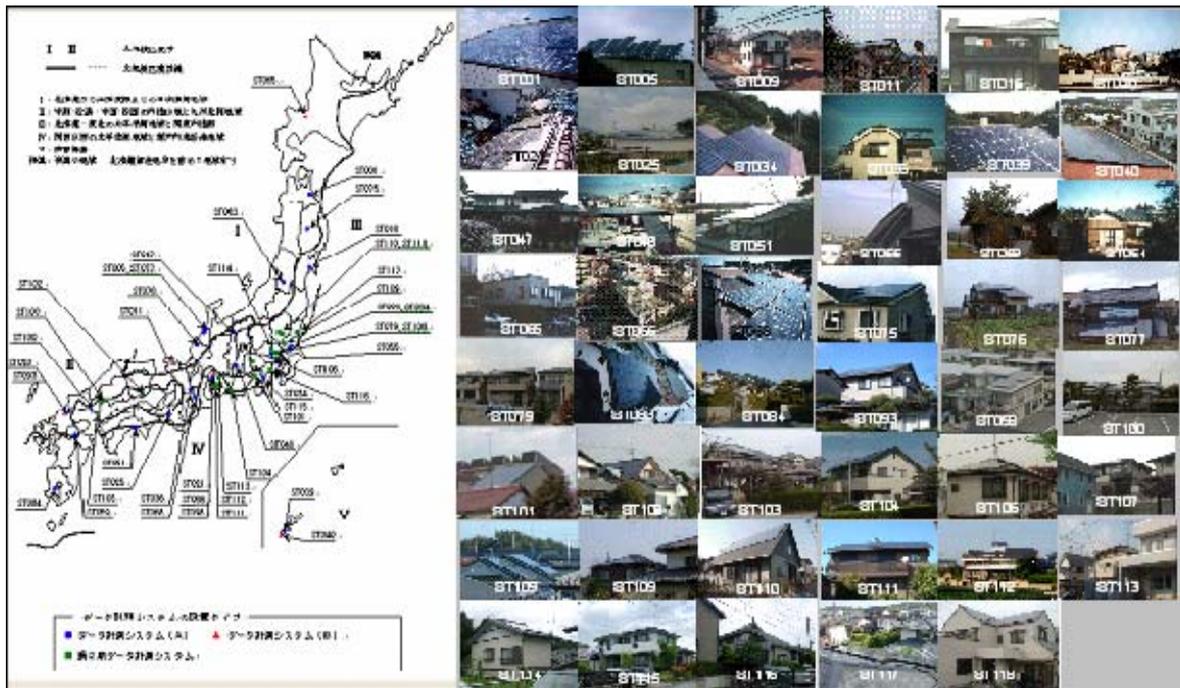


図 2.2.2-1 実運転データ取得サイト(分布及び外観)

平成 9 年度から平成 12 年度に設置された 30 サイトを対象に、新たに機器仕様を見直し、従前の計測項目を継承したデータ計測システム(A)に加え、モジュール温度の多点計測機能を追加したデータ計測システム(B)を開発し、これら開発したデータ計測システムを検証するため、平成 18 年度にデータ計測システム(A)を 2 サイト、データ計測システム(B)を 3 サイトの合計 5 サイトを設置した。図 2.2.2-2 及び図 2.2.2-3 にデータ計測システム(A)及び(B)の構成及び外観を示す。

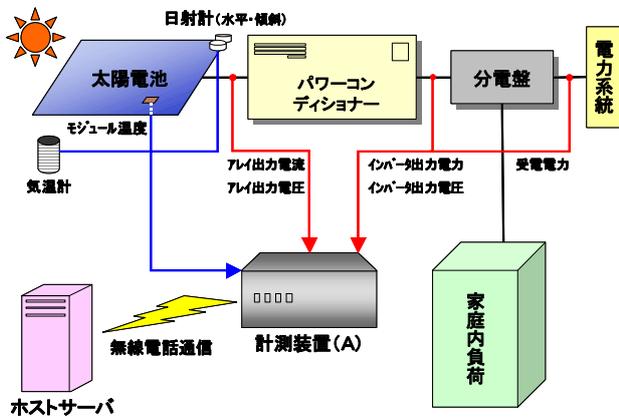


図 2.2.2-2 データ計測システム(A)の構成及び外観

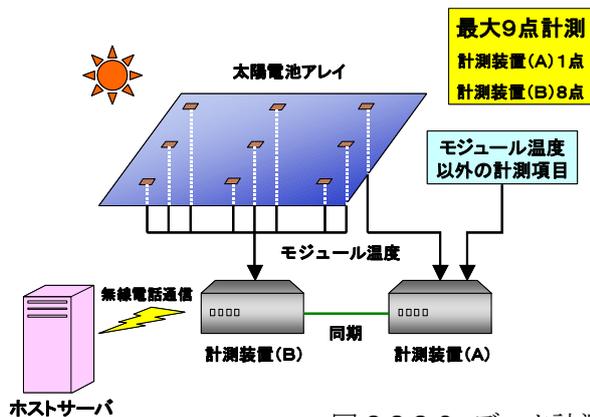


図 2.2.2-3 データ計測システム(B)の構成及び外観

データ計測システム(A)及び(B)で計測する計測項目を表1に示す。これらの計測項目を基に、一部演算させて表 2.2.2-1 に示すデータ項目を実運転性能データベースとする。

表 2.2.2-1 データ計測システム端末の計測項目

		計測項目名
計測システム(A)	1	水平面日射強度
	2	傾斜面日射強度
	3	外気温度
	4	モジュール温度
	5	アレイ出力電圧
	6	アレイ出力電流
	7	インバータ出力電力
	8	受電電力
	9	インバータ出力電圧
計測システム(B)	10	モジュール温度2
	11	モジュール温度3
	12	モジュール温度4
	13	モジュール温度5
	14	モジュール温度6
	15	モジュール温度7
	16	モジュール温度8
	17	モジュール温度9

表 2.2.2-2 データベースとして構築する項目

	データ項目名	備考
1	年	
2	月	
3	日	
4	時	
5	分	
6	水平面日射強度	
7	傾斜面日射強度	
8	外気温度	
9	モジュール温度	
10	アレイ出力電圧	
11	アレイ出力電流	
12	アレイ出力電力	演算(10×11)
13	インバータ出力電力	
14	受電電力	
15	負荷電力	演算(13+14)
16	インバータ運転時間	閾値で判定
17	インバータ故障時間	閾値で判定
18	インバータ運転回数	閾値で判定
19	インバータ出力電圧	
20	モジュール温度2	
21	モジュール温度3	
22	モジュール温度4	
23	モジュール温度5	
24	モジュール温度6	
25	モジュール温度7	
26	モジュール温度8	
27	モジュール温度9	

また、平成 18 年度に開発・検証したデータ計測システム(A)を 23 サイト、データ計測システム(B)を2サイト、合計 25 サイトを平成 19 年度に設置し、全国 47 サイト(図 2.2.2-3)における PV システムの実運転データを計測・収集して実運転性能データベース(図 2.2.2-4)を構築した。

【サイト情報】		【実運転データ】												
サイト名	北九州市-2	時刻	日射強度	傾斜日射強度	外気温度	モジュール温度1	アレイ出力電圧	アレイ出力電流	アレイ出力電力	インバータ出力電力	受電電力	負荷電力	モジュール温度2	モジュール温度3
所在県名	福岡県	001	0.000	0.000	16.4	13.2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	13.4	13.4
システム容量	4 kW	11:56	0.469	0.699	27.1	63.4	146.5	19.37	1.876	206.6	98.9	98.9	53.6	53.6
太陽電池容量	4.192 kWp	11:59	0.469	0.697	27.1	63.1	147.0	19.35	1.870	206.7	98.7	98.7	53.5	53.5
モジュール最大出力	131 W	12:00	0.501	0.696	27.0	63.1	146.7	19.36	1.869	206.9	98.7	98.7	53.1	53.1
モジュール数	32 枚	12:01	0.504	0.695	26.6	62.9	146.7	19.36	1.868	207.6	98.4	98.4	52.9	52.9
アレイ面積	30.8 m ²	12:02	0.504	0.671	26.6	63.0	147.0	19.45	1.876	206.6	98.5	98.5	52.9	52.9
太陽電池直列数	8	12:03	0.505	0.671	26.9	63.2	146.9	19.39	1.871	206.7	98.6	98.6	53.2	53.2
太陽電池並列数	4	12:04	0.510	0.674	26.9	63.2	146.7	19.37	1.871	206.5	98.7	98.7	53.4	53.4
太陽電池種類	単結晶	12:05	0.504	0.670	26.6	63.6	146.6	19.21	1.865	206.9	97.1	97.1	53.4	53.4
アレイ設置場所	切妻屋根上	12:06	0.474	0.646	26.6	63.5	146.6	19.19	1.774	206.1	96.9	96.9	53.2	53.2
アレイ固定方法	屋根置形	12:07	0.479	0.646	26.6	63.2	146.6	19.16	1.765	206.0	96.6	96.6	52.9	52.9
アレイ設置方位	180°	12:08	0.476	0.623	26.1	63.0	146.9	19.16	1.761	206.2	96.6	96.6	52.9	52.9
アレイ傾斜角	25°	12:09	0.465	0.601	27.1	63.1	147.0	19.21	1.872	206.3	96.7	96.7	53.0	53.0
緯度	33.9°	12:10	0.465	0.601	27.1	63.1	147.0	19.26	1.871	206.4	96.9	96.9	53.1	53.1
経度	130.8°	12:11	0.469	0.601	27.0	63.3	147.1	19.49	1.870	206.5	97.0	97.0	53.2	53.2
日射気候区	II	12:12	0.462	0.606	27.0	63.5	147.1	19.49	1.872	206.7	97.1	97.1	53.3	53.3
絶縁変圧器	有	12:13	0.461	0.670	26.6	63.4	147.2	19.52	1.874	206.6	96.9	96.9	53.1	53.1
太陽電池設置日	1999/9/6	12:14	0.474	0.646	26.2	62.7	147.0	19.69	1.823	206.6	96.6	96.6	51.6	51.6
計測開設日	2000/9/21	12:15	0.467	0.662	26.1	62.2	147.1	19.57	1.832	206.6	96.5	96.5	51.3	51.3
		12:16	0.462	0.662	26.0	61.9	147.1	19.59	1.825	206.7	96.0	96.0	50.6	50.6
		12:17	0.445	0.671	25.6	61.5	147.3	19.54	1.829	206.7	94.8	94.8	50.4	50.4
		12:18	0.445	0.671	25.6	61.5	147.3	19.54	1.829	206.6	94.5	94.5	50.4	50.4

図 2.2.2-4 実運転性能データベースのイメージ

2.2.2.2 発電量評価技術の検証方式の開発

構築した実運転性能データベースの運転データを活用して AIST 等が開発する発電量評価技術を使った発電量推定モデルについて、その推定精度を検証する方式を AIST と共同で開発 (図 2.2.2-5) するとともに、当該発電量推定に必要となる検証対象サイトでの太陽電池アレイの I-V 特性(4条件)等を現地で実測により取得する装置を開発した。図 2.2.2-6 に太陽電池アレイ I-V 現地測定装置のイメージを示す。

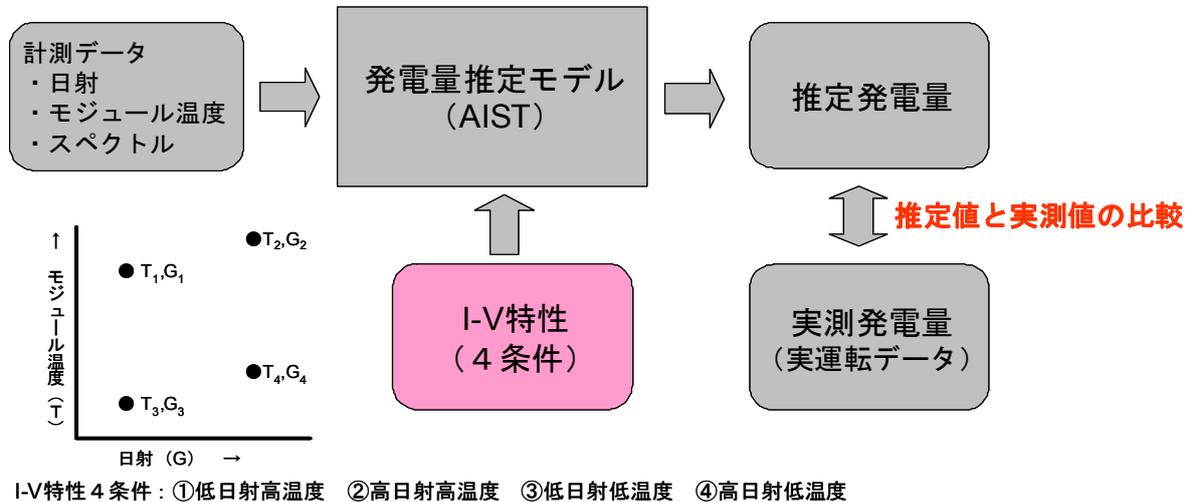


図 2.2.2-5 発電量評価技術の検証方式

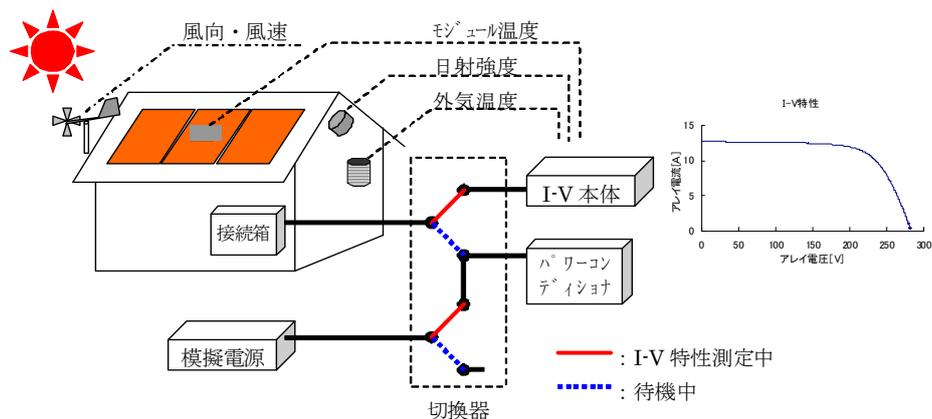


図 2.2.2-6 太陽電池アレイ I-V 現地測定装置のイメージ

また、検証対象サイトで太陽電池アレイの I-V 特性(4条件)等を現地測定で取得 (図 2.2.2-7) し、発電量推定モデルによって算出された推定値と実測値(実運転性能データベース)の比較から、その推定精度を検証した。

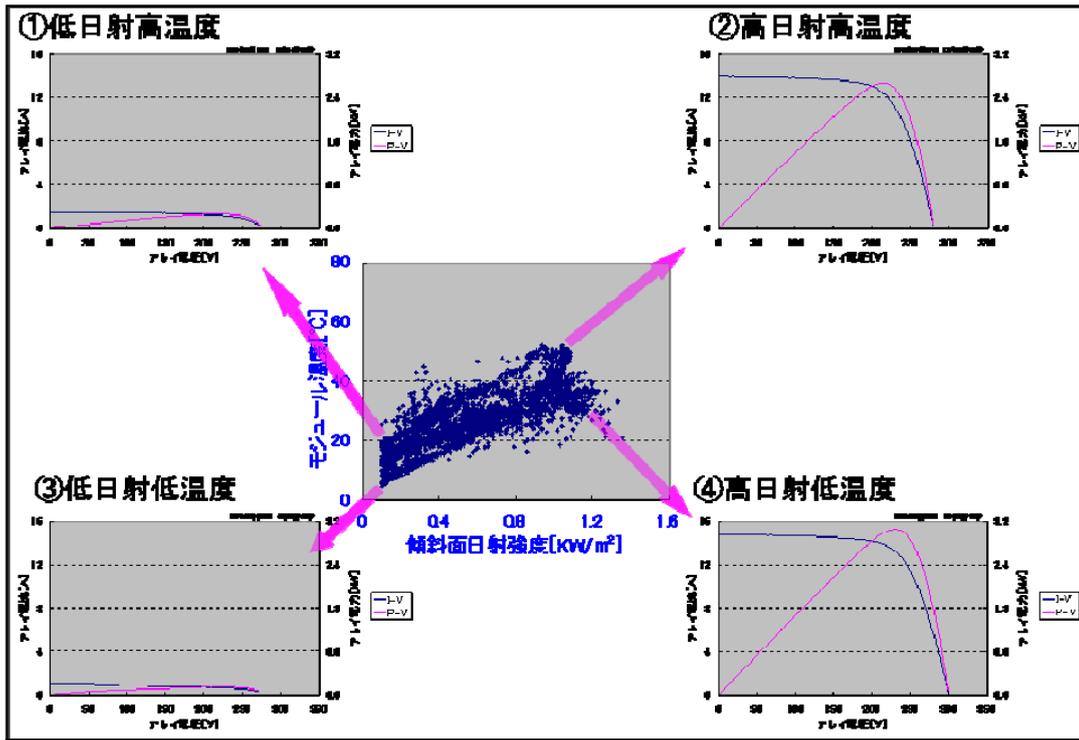


図 2.2.2-7 取得した I-V 特性のモジュール温度-日射の分布及び I-V・P-V 特性例

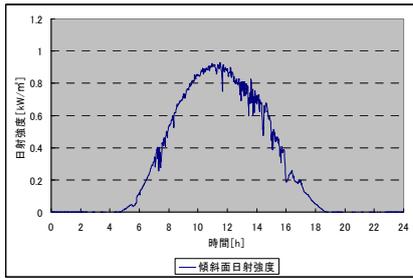
2.2.2.3 モジュール温度測定方法の妥当性の検証

データ計測システム(B)の計測データを基に、実フィールドにおけるアレイの温度分布を把握し、データ計測システム(A)のモジュール温度測定方法について、その妥当性を検証するための基礎データを構築した。なお、アレイの温度分布に大きく影響があると想定される風向・風速については、平成 19 年度に試験的に風向・風速計を一ヶ所の計測サイトに設置(図 2.2.2-8)した。

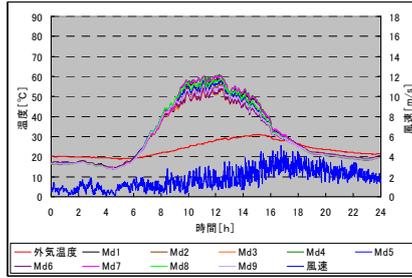


図 2.2.2-8 風向・風速計の設置

データ計測システム(B)の計測データを基に、実フィールドにおけるアレイの温度分布の時系列変化(図 9)、バラツキ及びモジュール温度の測定位置による精度への影響(図 2.2.2-10~図 2.2.2-12)等を把握した。



傾斜面日射強度（1分値）



各モジュール温度・外気温度・風速（1分値）

風上のモジュール温度が低く、風下が高い傾向にある。

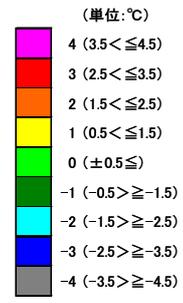
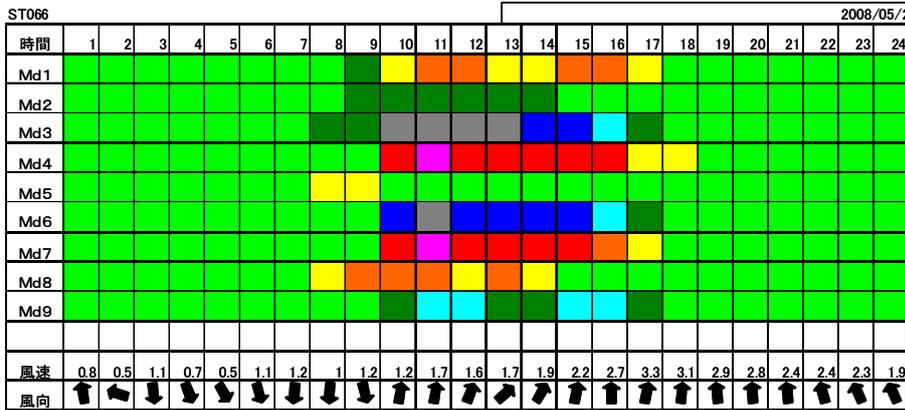
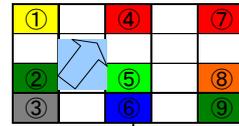


図 2.2.2-9 各モジュール温度の時系列変化(1時間値)

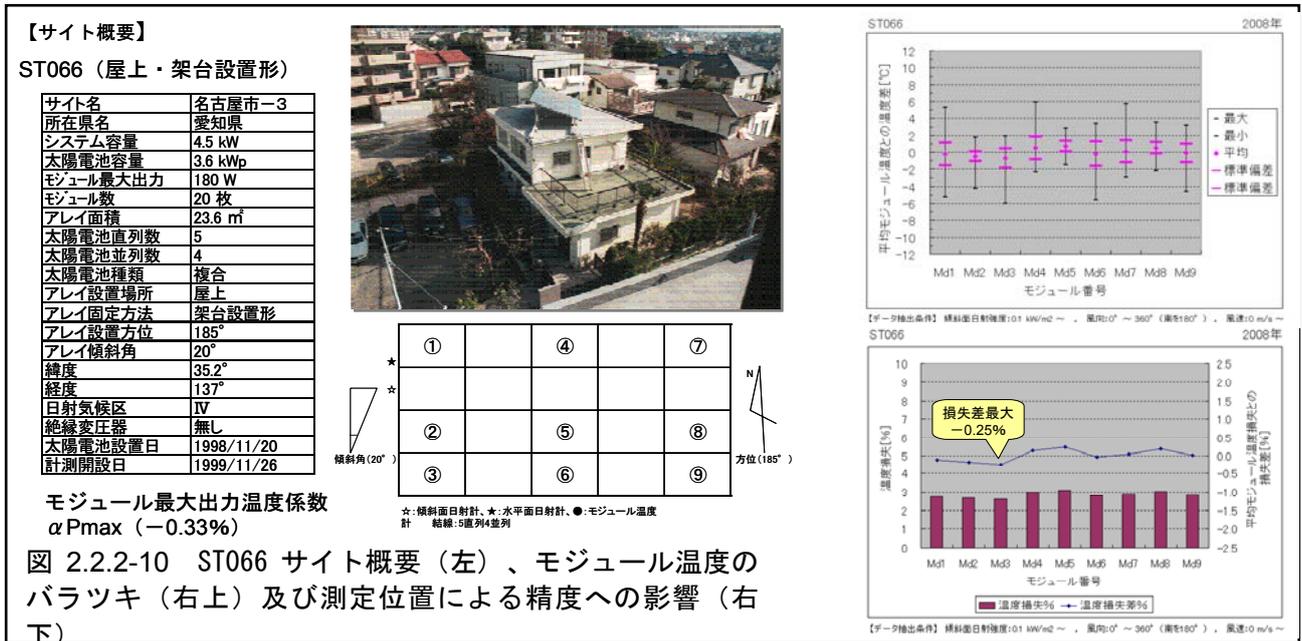
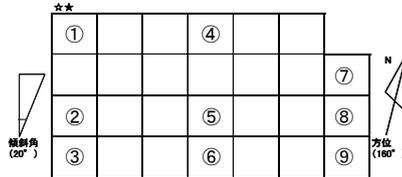


図 2.2.2-10 ST066 サイト概要 (左)、モジュール温度のバラツキ (右上) 及び測定位置による精度への影響 (右下)

【サイト概要】

ST040 (切妻屋根上・屋根置形)

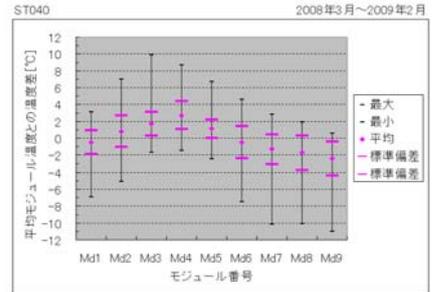
サイト名	糸満市
所在県名	沖縄県
システム容量	4.4 kW
太陽電池容量	3.915 kWp
モジュール最大出力	145 W
モジュール数	27 枚
アレイ面積	28.6 m ²
太陽電池直列数	9
太陽電池並列数	3
太陽電池種類	多結晶
アレイ設置場所	切妻屋根上
アレイ固定方法	屋根置形
アレイ設置方位	160°
アレイ傾斜角	20°
緯度	26.1°
経度	127.7°
日射気候区	V
絶縁変圧器	無し
太陽電池設置日	1998/3/5
計測開設日	1998/11/24



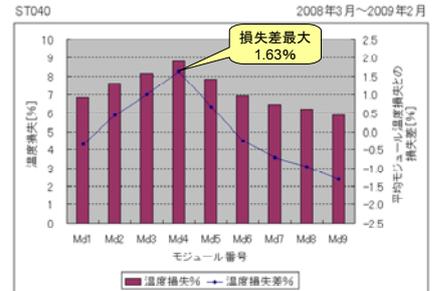
☆☆:傾斜面日射計、★:水平面日射計、●:モジュール温度計
結線:9並列3直列

モジュール最大出力温度係数
 αP_{max} (-0.5%)

図 2.2.2-11 ST040 サイト概要 (左)、モジュール温度のバラツキ (右上) 及び測定位置による精度への影響 (右下)



【データ抽出条件】 傾斜面日射強度:0.1 kW/m²、風向:0° ~ 360° (南を0°)、風速:0 m/s ~

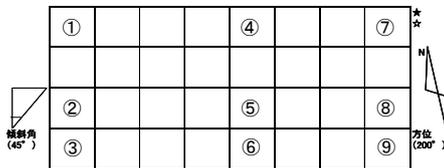


【データ抽出条件】 傾斜面日射強度:0.1 kW/m²、風向:0° ~ 360° (南を0°)、風速:0 m/s ~

【サイト概要】

ST065 (片流れ屋根上・屋根置形)

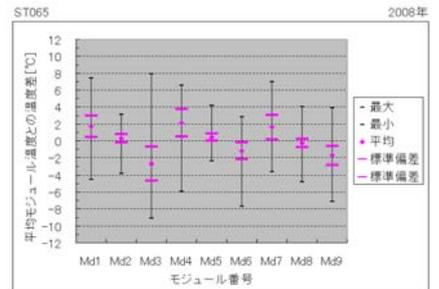
サイト名	札幌市-2
所在県名	北海道
システム容量	4 kW
太陽電池容量	4 kWp
モジュール最大出力	125 W
モジュール数	32 枚
アレイ面積	32.3 m ²
太陽電池直列数	8
太陽電池並列数	4
太陽電池種類	多結晶
アレイ設置場所	片流れ屋根上
アレイ固定方法	屋根置形
アレイ設置方位	200°
アレイ傾斜角	45°
緯度	43.1°
経度	141.3°
日射気候区	I
絶縁変圧器	無し
太陽電池設置日	1998/12/8
計測開設日	1999/2/26



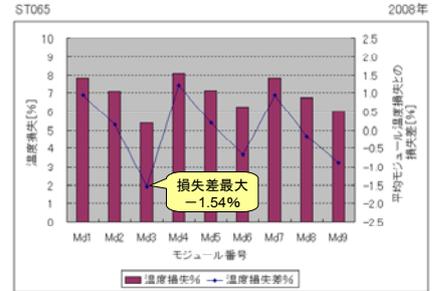
☆☆:傾斜面日射計、★:水平面日射計、●:モジュール温度計
結線:8並列4直列

モジュール最大出力温度係数
 αP_{max} (-0.4%)

図 2.2.2-12 ST065 サイト概要 (左)、モジュール温度のバラツキ (右上) 及び測定位置による精度への影響 (右下)

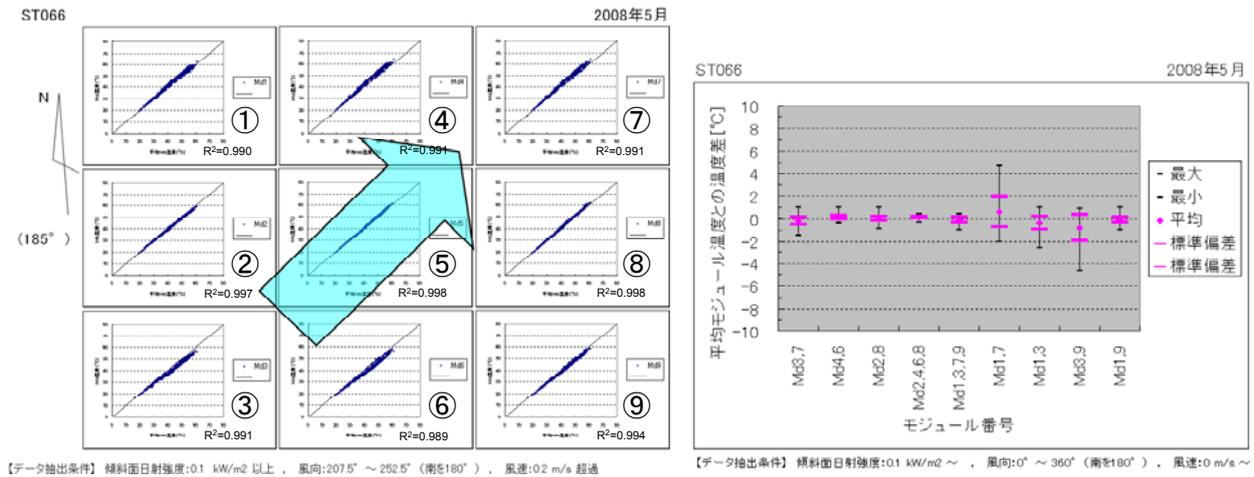


【データ抽出条件】 傾斜面日射強度:0.1 kW/m²、風向:0° ~ 360° (南を0°)、風速:0 m/s ~



【データ抽出条件】 傾斜面日射強度:0.1 kW/m²、風向:0° ~ 360° (南を0°)、風速:0 m/s ~

また、住宅用 PV システムの場合、オンサイトでアレイの中心付近を測定することが困難なケースが多々あるため、測定可能な箇所代替測定(補正方法を含む)できる方法を、平成 19 年度から計測を開始した風向・風速データを参考にしながら検討(図 2.2.2-13)し、図 2.2.2-14 に示すオンサイトでのモジュール温度測定方法(指針)としてまとめた(予定)。なお、ここで得られた成果は、JIS C 8953 の改訂等、標準化検討時の基礎データともなる。



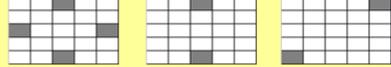
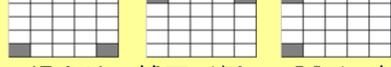
風によるアレイ温度分布の変化

代替測定箇所(モジュール組合せ平均温度)における平均モジュール温度との温度差

図 2.2.2-13 代替測定方法の検討

オンサイトでのモジュール温度測定方法（指針）イメージ

1. モジュールの中央付近を測定する。

2. 中央が測定できない場合は、中央を基準に対象となるよう複数箇所測定する。
 良い例 
 悪い例 
3. 端部 1 点しか測定できない場合は、補正（例：+0°C）する。

備考：年間での評価では補正の必要は特にない。ただし、設置環境等、風の影響以外にアレイ温度分布に片寄りが生じる要因がある場合はこの限りでない。

図 2.2.2-14 オンサイトでのモジュール温度測定方法(指針)イメージ

2.2.3 日射気候区別の分光日射データベースの構築と分光日射量推定のための統計モデルの開発 (JWA)

2.2.3.1 精密観測の実施

分光日射計等を用いた精密観測地点として、以下の 5 地点を選定し、平成 19 年 4 月 1 日より観測を開始した。図 2.2.3-1 に日射気候区毎の観測点の位置図を、表 2.2.3-2 に日射気候区毎の観測地点と傾斜角を示す。

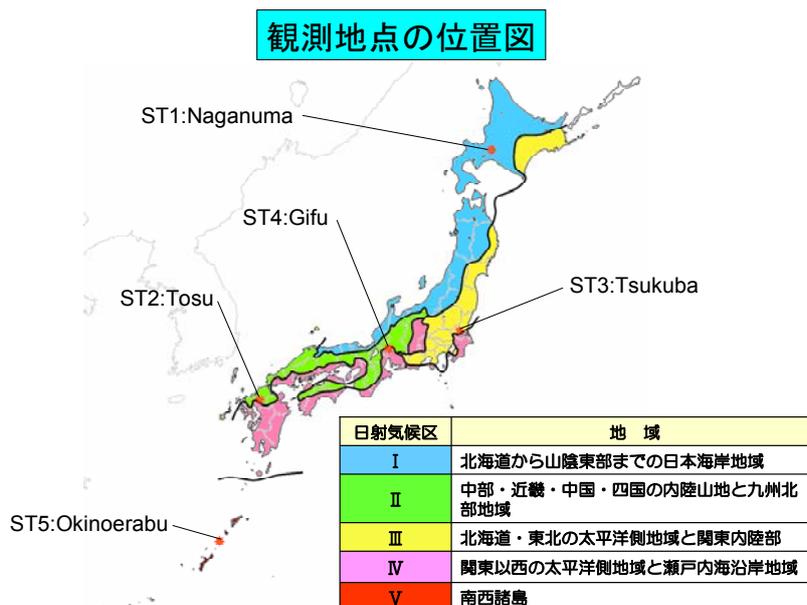


図 2.2.3-1 日射気候区毎の観測点の位置図

表 2.2.3-1 日射気候区毎の観測地点と傾斜角

日射気候区	地 域	観測地点	傾斜角
I	北海道から山陰東部までの日本海岸地域	北海道長沼町 北海道立中央農業試験場	36°
II	中部・近畿・中国・四国の内陸山地と九州北部地域	佐賀県鳥栖市 AIST 九州センター	26°
III	北海道・東北の太平洋側地域と関東内陸部	茨城県つくば市 AIST つくばセンター	15°
IV	関東以西の太平洋側地域と瀬戸内海沿岸地域	岐阜県岐阜市 岐阜大学	32°
V	南西諸島	沖永良部島 関西ペイント敷地内	22°

観測項目の一覧を表 2.2.3-2 に示す。また観測点の外観写真を図 2.2.3-2 に示す。

表 2.2.3-2 観測項目の一覧

観測項目	備 考
分光日射	傾斜面で測定 測定波長領域(350~1700nm)
全天日射	水平面及び傾斜面で測定
直達日射	日照時間も算出、大気透過率の算定
気温	飽和水蒸気量の算出にも利用
湿度	水蒸気量の推定に利用
風向・風速	分光日射データベースの収録項目



図 2.2.3-2 観測点の外観写真（沖永良部地点 左：全景写真、右：各種日射計）

2.2.3.2 分光データベースの構築

分光データベースとしては、分光データだけではなく、関連する気象データやエアマス、太陽入射角等についても併せて収録した。収録間隔は 10 分間隔とした。表 2.2.3-3 に収録した主なデータ項目を示す。

表 2.2.3-3 分光データベース掲載項目の一覧

掲載項目	備考
観測要素	表 2 に示される観測項目の各要素
太陽高度	太陽光入射の状態の評価に使用する
太陽方位角	太陽光入射の状態の評価に使用する
エアマス	太陽光入射の状態の評価に使用する
太陽入射角	分光計に対する入射角の評価に使用する
晴天指数	日射条件（天候）の評価に使用する
散乱比（水平面、傾斜面）	直達日射量と散乱日射量の評価に使用する
大気透過率	雲、エアロゾル量などの簡易的な評価に使用する

また、データの公開に際しては、測器のトラブルや停電等による欠測の扱い、カラスの飛翔や地物からの反射光によると思われる特異データの扱いについても可能な限り対応した。

図 2.2.3-3 は冬季に長沼で観測された日射データの一例である。近隣にあるビニールハウスからの反射光の影響を受け、12:30 頃に斜面日射が上昇している現象が捉えられている。また、分光日射データにも影響が現れている。この現象については、水平面と傾斜面の散乱比を比較することで、ある程度の判別が可能である。

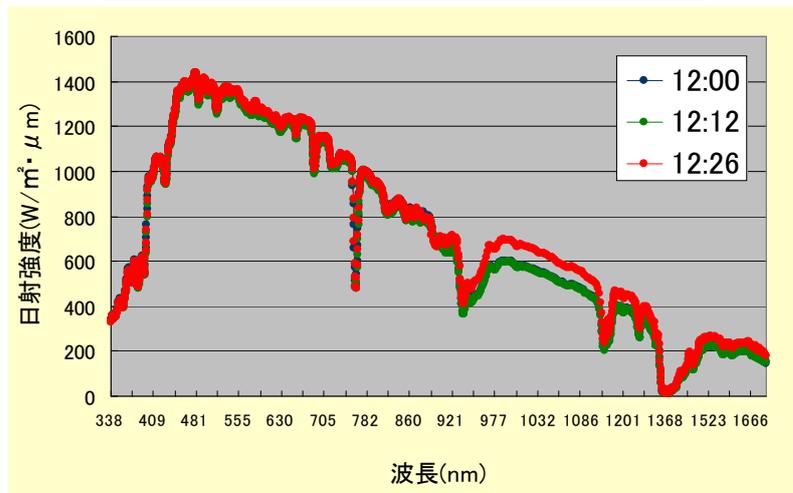
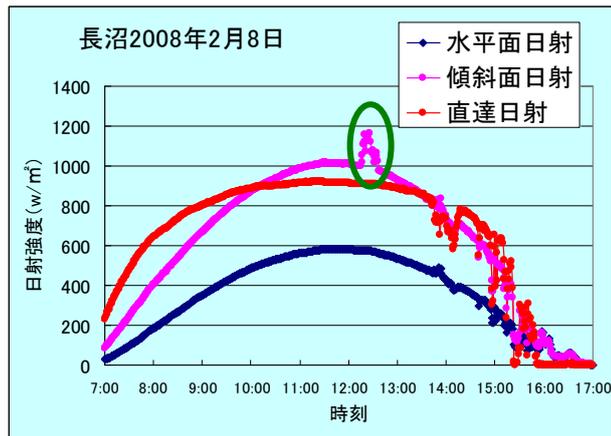


図 2.2.3-3 長沼地点における観測データ (2008年2月8日)
 上：直達日射、水平面・傾斜面日射データ
 下：分光日射データ

2.2.3.3 分光日射量推定モデル (統計モデル) の開発

(2)で構築した観測値に基づく、長期間の分光日射データベースは世界でも類を見ないものであるが、観測値がない地点における日射スペクトルを全天日射から推定できれば便利である。そこで、以下に示す「変換係数」を導入して様々な日射状況における日射スペクトルの形状を解析した。以下に解析結果を例示する。

変換係数: $P(\lambda)$ の定義 $I(\lambda) = I \cdot P(\lambda)$	$P(\lambda)$ の計算方法 $P(\lambda) = I(\lambda) / I$
$I(\lambda)$: 波長(λ)の日射強度 ($W/m^2 \cdot \mu m$) I : 全天日射強度 (W/m^2) $P(\lambda)$: 全天日射強度からの変換係数 ($1/\mu m$)	

図 2.2.3-4(a) は、沖永良部における晴天日の時刻別の分光日射強度、図 2.3-4(b) は各時刻の「変換係数」を図示したものである。これによると、太陽高度の上昇によって大きく変動しているように見える分光日射も「変換係数」で表すとその形状が類似しており、晴天日においては、全天日射から分光日射を推定できることが示唆される。

なお、図中にある AM とは、大気路程（エアマス：Air Mass）と呼ばれ、太陽光が大気中を通過する距離を表し、数値が大きいほど、大気中を通過する距離が長くなる。

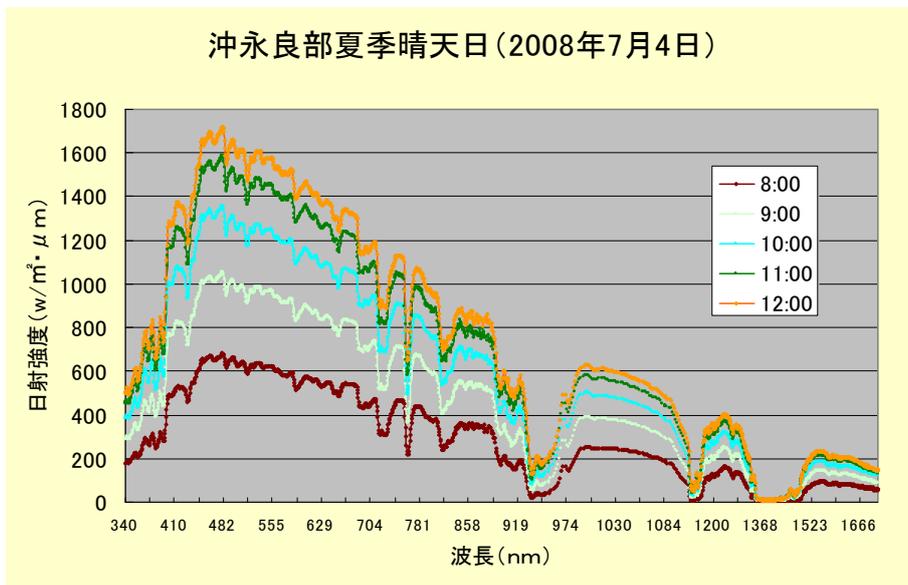


図 2.2.3-4(a) 沖永良部の夏季晴天日の時刻別分光日射強度

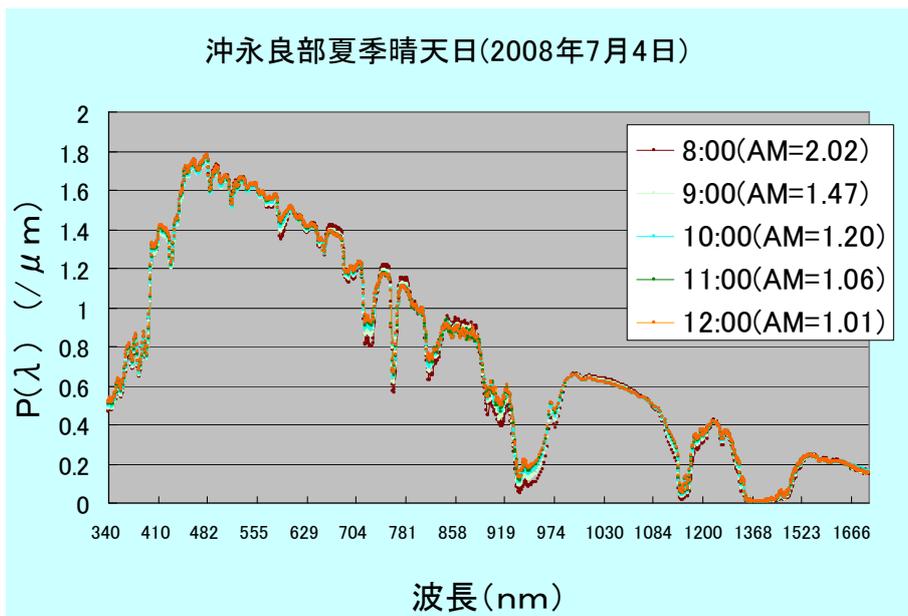


図 2.2.3-4(b) 上記時間帯の時刻別変換係数

図 2.2.3-5 は、同様の解析を午後の時間帯について行った結果を示したものである。これによると、エアマスが 2 以下（太陽高度 30 度以上）の時は変換係数の形状が類似しているが、太陽高度が低くなった 18:00 の形状は大きく異なっている。これは、大気による散乱の影響と考えられる。

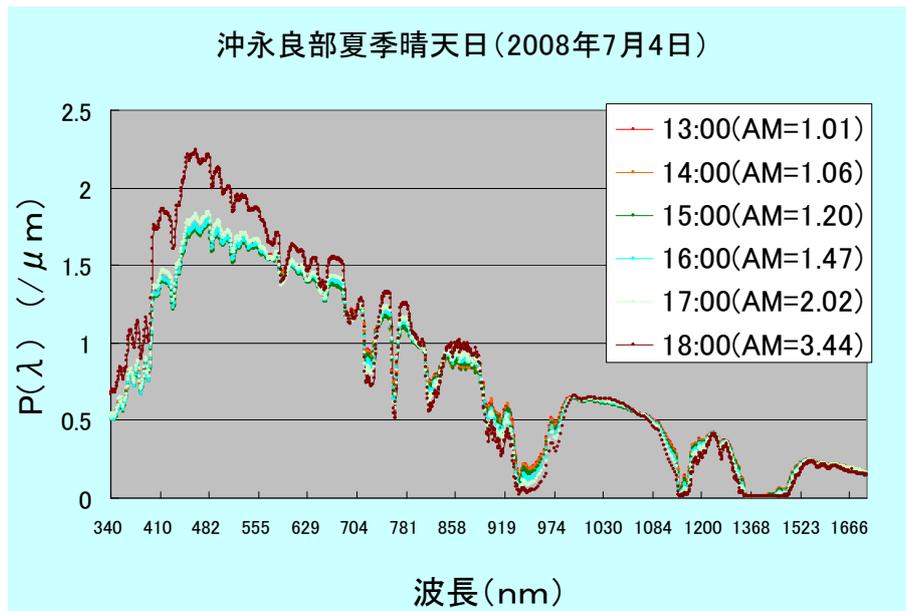


図 2.2.3-5 沖永良部の夏季晴天日の時刻別変換係数

図 2.3-6 は、短時間に日射状況が大きく変動した時の分光日射を示したもののだが、この図を「変換係数」を用いて表すと図 2.3-7 のようになる。日射状況の急変は雲の通過によるものと考えられる。これを表す定量的な指標として各時刻の散乱比（散乱日射強度/全天日射強度）を括弧内に付記した。これによると、晴天時（10：14）と雲に覆われた曇天時（10：22）では、明らかに分光日射の形状が異なっている。両者の中間的な日射状況である 10：13 の「変換係数」を見ると、480nm 付近の peak を境に長波側では曇天時、短波長側では晴天時に類似した形状を示しているように見える。

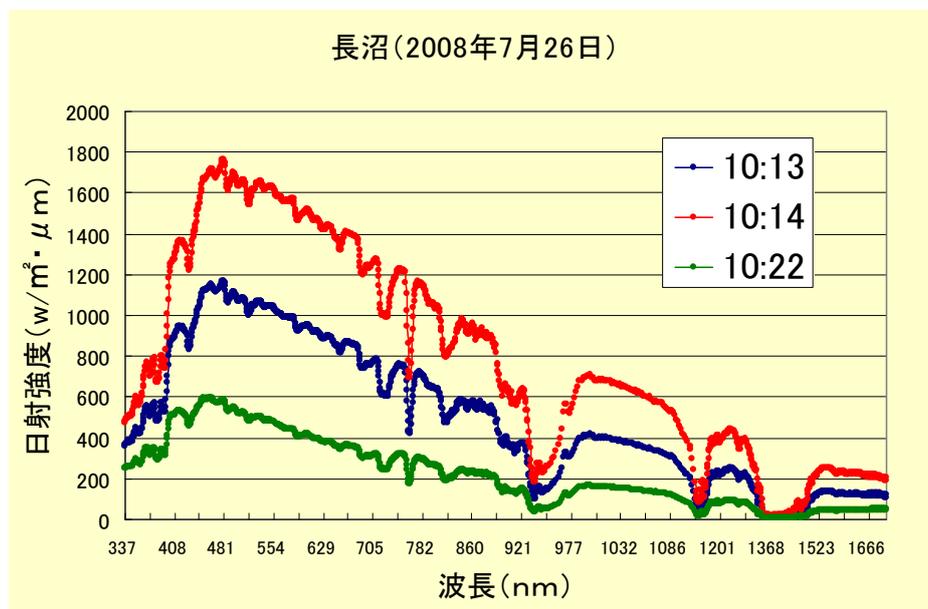


図 2.2.3-6 短時間に日射状況が急変した場合の分光日射強度
(長沼 2008 年 7 月 26 日)

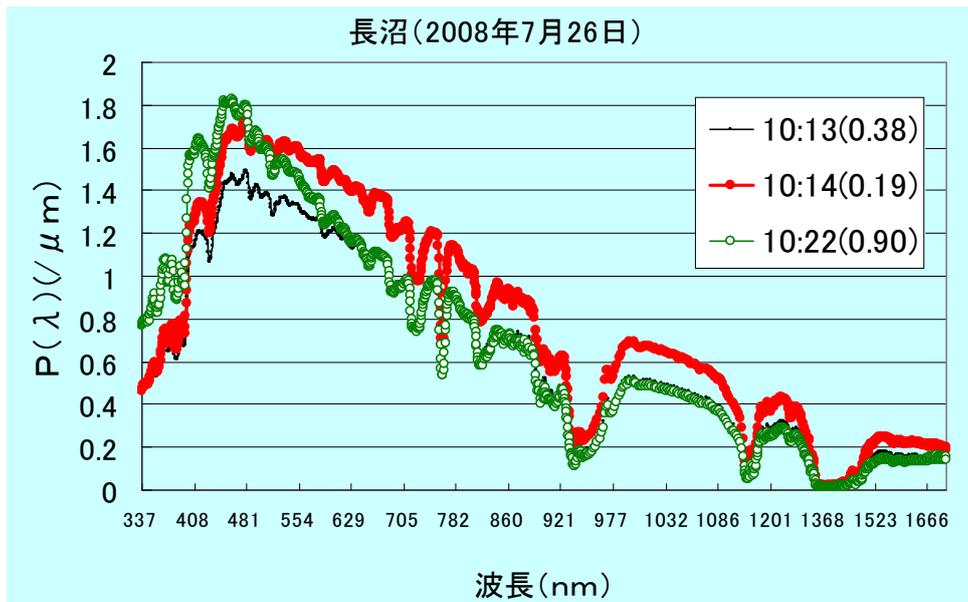


図 2.2.3-7 短時間に日射状況が急変した場合の変換係数(長沼 2008 年 7 月 26 日)
括弧内の数値は散乱比(散乱日射強度/全天日射強度)を表す

上記のような解析結果を踏まえ、エアマスや散乱比を指標として、全天日射から分光日射を推定する統計モデルを開発した。

2.2.4 分光日射量推定モデルの開発 (岐阜大学)

本研究開発は(独)産業総合技術研究所、(財)電気安全環境研究所、(財)日本気象協会、岐阜大学の4者によって行なわれる、研究開発「発電量評価技術の研究開発」の一部であり、太陽光発電システムの発電量を計算機上で評価・予測可能な数値モデルの開発を担っている。

本研究開発では、現在の物理気象モデルを日射強度推定のために雲粒子情報を提供できる「雲微物理改良気象モデル」を構築する。そして雲粒子情報ははじめとする気象モデルからの気象情報を用いて、地表に達する日射を光学過程に従ってスペクトル成分で推定する「分光日射モデル」を構築する。この雲微物理改良気象モデルと分光日射モデルを用いることにより、任意地点・任意日時での分光日射強度を推定できる。一方、物理モデル構築と平行して、ライダーによる大気および雲中の微粒子計測、および上空観測用カメラによる雲移動解析を行う。これらの計測結果、および(財)日本気象協会から提供される分光日射強度計測の結果は、二つの物理モデルの構築に対してモデルの検証と改良のために利用する。

ここで物理気象モデルとは、大気の運動や雲の生成・移動・消散過程、降雨や気温変化などを流体力学や熱力学などの方程式に従い忠実に再現したコンピュータ・シミュレーション・モデルである。この物理気象モデルで再現される大気物理過程の概念図と、再現された中部地方の雲の分布および陸上・海上の風の様子を図 2.2.4-1, 2 に示す。この図の通り、物理気象モデルは上空大気の様子を忠実に再現できるモデルである。一方、分光日射モデルも大気や雲中の水粒子などによる太陽光の反射・散乱・吸収過程を光学的に忠実に再現して地表に達する分光日射強度を推定する物理モデルである。従って、統計モデルに比べてモデル構築に労力や時間を要するが、本物理モデルは分光日射強度推定について以下のメリットがある。

- ・ 日射強度推定に、過去の観測結果を必要としない。
したがって、測器の購入・設置・維持管理などの費用・労力・時間を必要としない。
- ・ 任意の地点、日時での日射強度を推定できる。

したがって、観測データのない地点や海外でもピンポイントで日射強度推定が可能。



図 2.2.4-1 気象モデル内物理課程の概念図

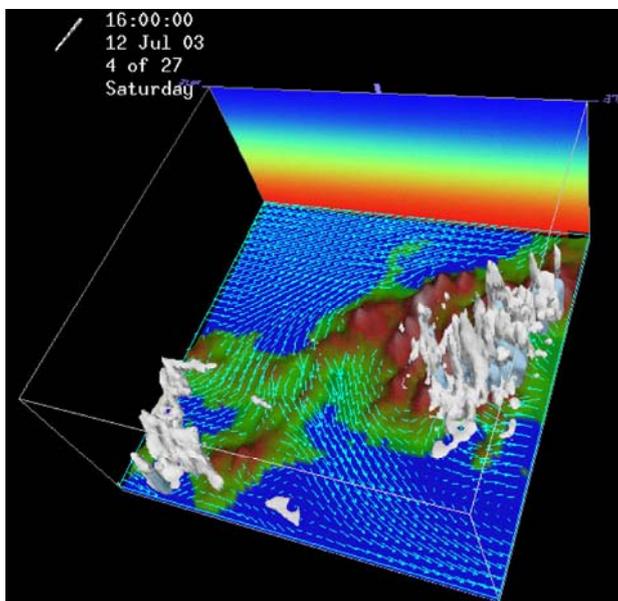


図 2.2.4-2 物理気象モデルによって再現された雲と風の様子

- ・ 日射に関する環境が変化しても日射強度を推定できる。
統計モデルでは環境変化時には再度計測を実施，モデルの再構築が必要となる。
- ・ 日射強度のほか，気温や風速など，モジュール発電効率に關係する気象情報も提供できる。
- ・ 物理気象モデルでは，大気の状態をそのまま再現しているために，日射強度だけでなく，モジュール温度に關係する気温や風向風速，降雨などの気象情報も計算しており，その結果を提供できる。

雲微物理改良モデルや分光日射強度モデルは物理モデルであるため，日射強度推定には特に雲やその構成などの再現性が特に重要である。そこでミクروسケールで雲を構成する水粒子の粒径や総量を計測するライダーや，マクروسケールで雲分布やその移動を追跡する上空観測用カメラを用いて，同時刻に存在する雲に関する情報を多角的に収集し，その計測結果を物理モデルの検証や推定精度の改良のために提供する。また，(財)日本気象協会が実施する分光日射強度計測の結果も物理モデルの検証・改良に活用する。研究要素の構成は図 2.2.4-3 の通りである。

本研究開発では雲微物理改良気象モデルと分光日射モデルを構築することにより，以下のことが可能となる。

- ・ 任意の地点，日時での日射強度を推定できる。
分光日射強度観測が不要で，地点と日時の情報からピンポイントで日射強度の推定が可能とな

- る。また地点を選ばないので、海外地点でも分光日射強度が推定可能である。
- 分光日射強度が推定できる。
スペクトル特性の異なる各種発電モジュールに対して、その発電量を高精度に推定できる情報を提供できる。
 - (財)日本気象協会が実施する分光日射強度計測の計測結果および統計モデルに対して、物理的な裏付けができる。
分光日射強度計測結果の特徴を大気・日射特性から説明でき、計測結果の妥当性を示せる。そして各地の大気・日射特性から統計モデル適用の妥当性検証ができる。
 - 日射強度のほか、太陽光発電効率に関する気温などの気象情報も提供できる。
分光日射強度のほか、気温や風向風速、降雨など、発電モジュールの発電効率に関する気象情報も、地点と日時でピンポイントに提供できる。

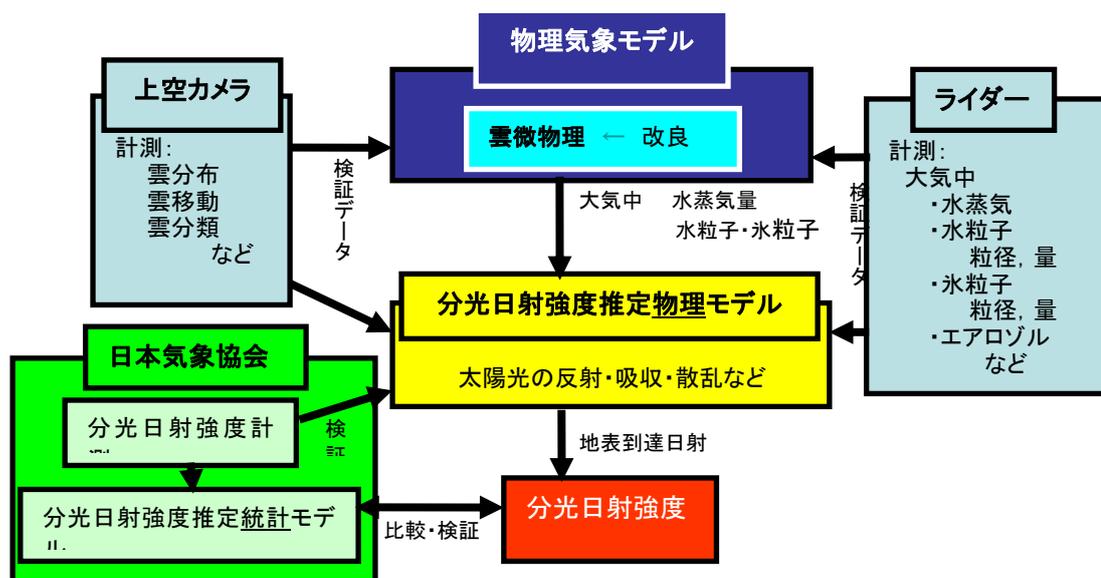


図 2.2.4-3 研究開発の構成

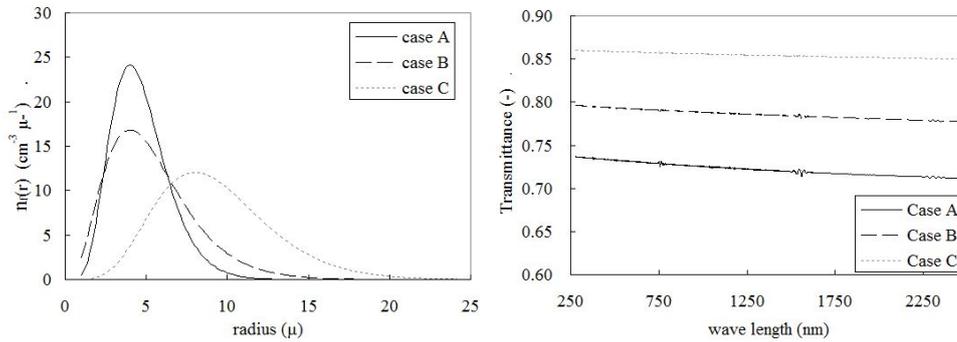
以上により、物理モデルの構築により、各種太陽光発電システムでの実効発電量を推定するために必要な気象データを提供できる。また将来的には、この物理モデルを用いて分光日射強度や気温などの計算結果をデータベースとして整備することにより、簡便かつ瞬時に必要な情報を提供できるようになる。

2.2.4.1 雲微物理過程を改良した物理気象モデルと分光日射強度推定物理モデルの開発

2.2.4.1.1 雲微物理を改良した物理気象モデルの開発

大気中を透過・散乱する太陽光の特性は大気中に存在する水粒子・氷粒子の量だけではなく、その粒子の粒径分布にも依存している。その一例として、総水分量は同じで異なる雲粒分布による透過率の変化を理論的に求めた結果を図 2.2.4-4 に示す。この図のように同じ水分量でも、粒径によって透過率が異なっている。このため、大気中水分の量の推定はもちろん、その構成粒子の粒径まで把握することが分光日射強度推定では必要となる。

分光日射強度を光学的に推定するには、大気や雲中で太陽光を反射・散乱・吸収する水粒子などの粒径・分布特性を把握する必要がある。そこでここでは、これまで用いている物理気象モデルの雲微物理を改良し、大気や雲中に存在する水粒子・氷粒子の粒径やその分布特性を正確に再現する物理モデルを構築した。この物理モデルでは大気や雲の物理過程を忠実に再現するために、流体力学や熱力学などの様々な方程式を解く必要があり、計算負荷が大きい。そのため、このモデルの開発・運用には並列計算機が必要不可欠である。



(a) 粒径分布 (b) 透過率の分光特性
 図 2.2.4-4 異なる粒径分布による透過率の分光特性

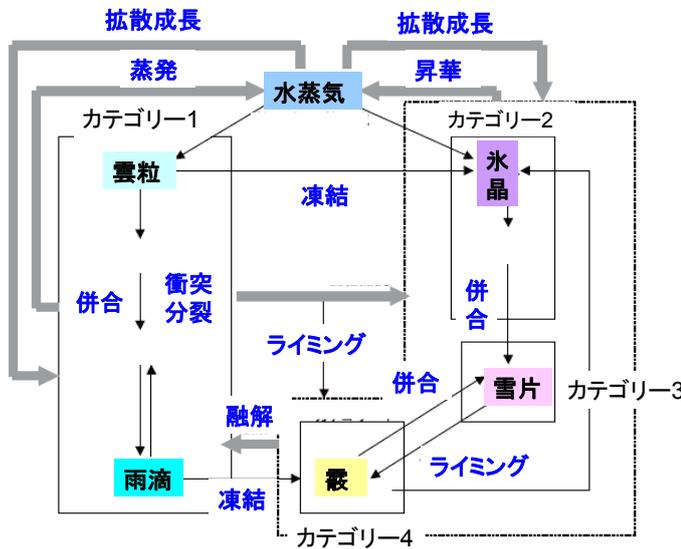


図 2.2.4-5 ビン法雲微物理過程モデルの模式図

本物理モデルのうち、特に分光日射強度推定に関係する改良型雲微物理過程モデルの概要を図-2.2.4-5 に示す。モデル中では図に示すとおり、大気中水分を雨粒、氷晶、雪片、霰の категорияに分け、それぞれのカテゴリは最小 $3 \mu\text{m}$ から最大 8mm まで 35 種類の粒径サイズの粒子 (bin) として構成されている。そして異なる粒径間での拡散成長・衝突併合や、カテゴリ間での昇華・蒸発・凍結・融解、および降水の各プロセスを再現している。このモデルによる計算結果の一例として、大気中水分の高度別粒径分布を図 2.2.4-6 に示す。図中、気圧高度 $1,000 \text{hPa}$ 、 850hPa 、 720hPa はそれぞれ地表面付近、約 $1,500 \text{m}$ 、約 $2,800 \text{m}$ の高度に対応している。この図から、高高度から地表面に近づくに従って、大気中水分は大きな粒径で構成されるようになることが再現されている。

このように雲微物理過程を改良し分光日射強度推定に特化した物理気象モデルを開発した。そしてこれによって大気中水粒子を詳細に再現することが可能となった。またここでは、後述の観測機器による計測結果を用いた検証を行い、精度向上を試みた。

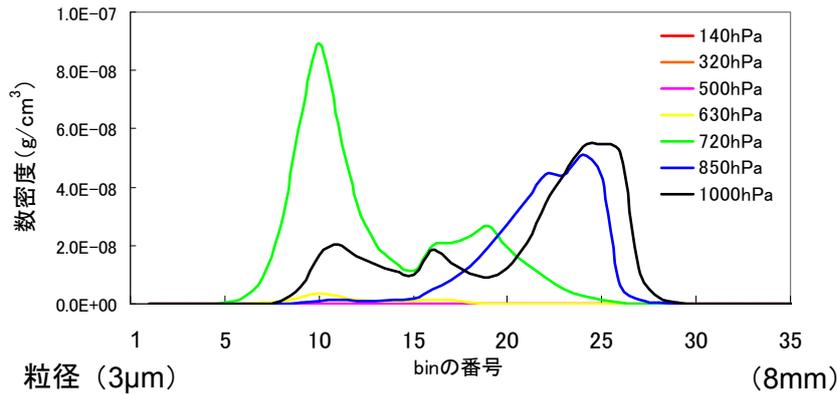


図 2.2.4-6 雲粒の各高度における粒径分布（岐阜市上空，物理気象モデルによる解析結果）

2. 2. 4. 2 分光日射強度推定物理モデルの開発

前節で述べた物理気象モデルによって推定される大気中の水蒸気量や水粒子・氷晶などの粒径の情報を用いて，地表面への日射強度をスペクトルレベルで推定できる分光日射強度推定物理モデルの開発を行った。

開発した分光日射強度推定モデルの構成を図 2. 2. 4-7 に示す．このモデルは米国再生可能エネルギー研究所（National Renewable Energy Laboratory : NREL）と Gueymard ら（Florida Solar Energy Center）により開発された大気放射モデル SMARTS2（Simple Model of the Atmospheric Radiative Transfer of Sunshine）に，新たに構築した Cloud モデルを結合している．SMARTS2 は太陽光が大気中を透過する際に生ずるレイリー散乱やオゾンなどによる散乱・吸収を考慮し，地上に到達する太陽光スペクトルを推定するモデルであり，現在広く活用されているモデルの一つである．しかし SMARTS2 には雲による太陽光の散乱・吸収が考慮されていない．地上に達する日射強度やスペクトルは雲に大きく影響されており，特に日本などの雲による天候の変化の大きい地域ではこの影響を無視することはできない．そこで Cloud モデルでは，雲微物理改良気象モデルにより推定された大気中の雲水や水蒸気量などの雲パラメータを元に，雲の光学的厚さなどを推定する．そしてその結果を SMARTS2 に取り込み，最終的に雲の存在を考慮した太陽光スペクトルを推定している．

この分光日射強度推定モデルを運用する際の流れを図 2. 2. 4-8 に示す．地上に到達する分光日射強度を推定するには，気象庁から配信されるデータを元に物理気象モデルで推定された大気中の雲水や水蒸気量などの気象因子情報を提供するバックグラウンドシステムをあらかじめ用意する必要がある．このバックグラウンドシステムがあれば，ユーザは推定対象となる日時や場所（地点）を指定すれば，その日時・場所での地上に達する分光日射強度の推定値を得ることができる．

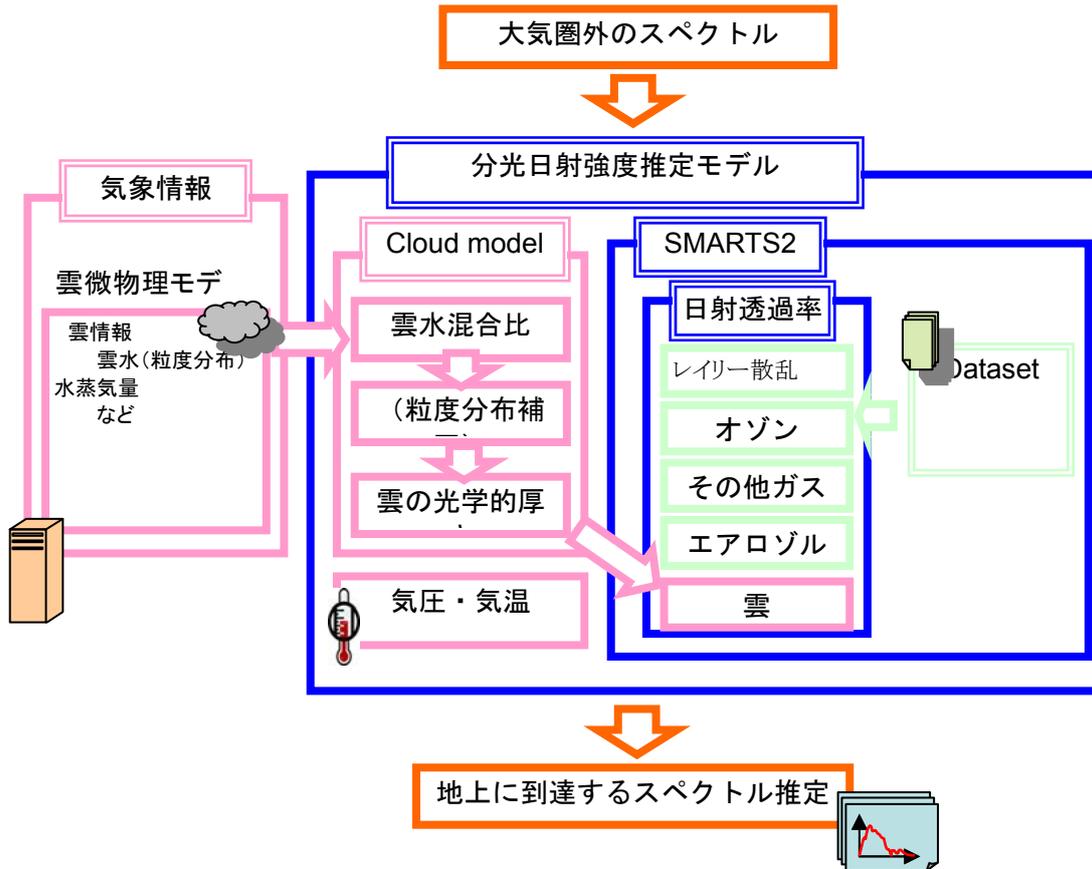


図 2.2.4-7 分光日射強度推定モデルの構成

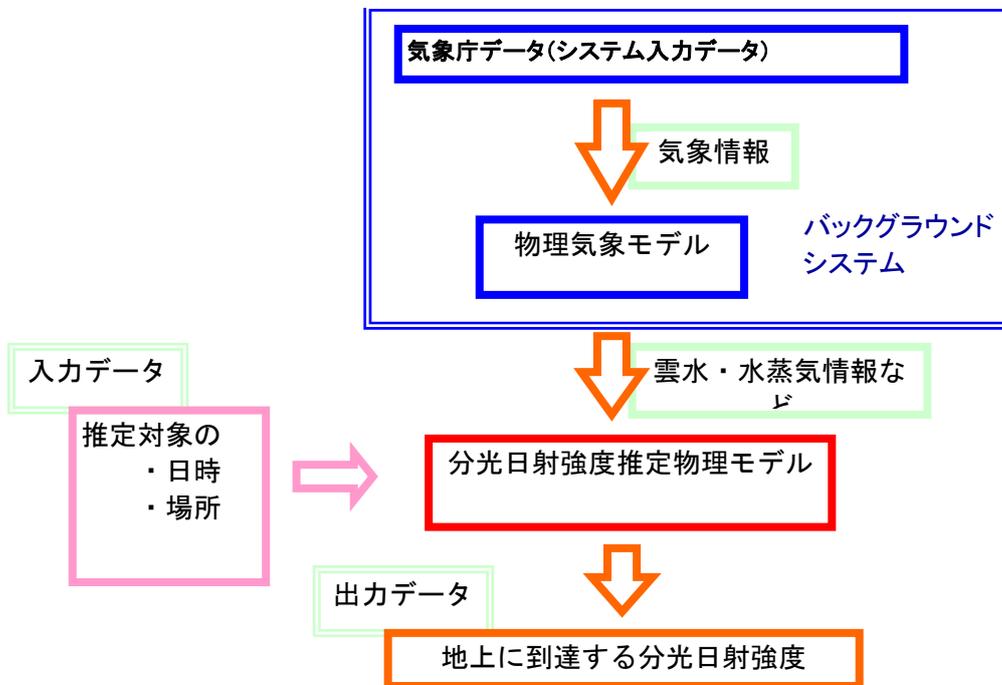


図 2.2.4-8 システム運用時の流れ

このモデルによる分光日射強度推定結果の一例を図 2.2.4-9, 10 に示す. 図 2.2.4-9 は曇天時における分光日射強度の推定結果である. 対象は 2007 年 8 月 7 日 12 時の岐阜大学地点である. このとき, 晴天指数 (大気外での日射強度と地上での日射強度の比) は 0.39 であった. 図中, 実線は本研究で構築したモデルにより推定された分光日射強度, また観測値は同地点において (財) 日本気象協会によって計測された分光日射強度である. この図に示すとおり, 本研究の推定モデルは観測値を良好に再現している.

図 2.2.4-10 は水平面における全天日射強度の時系列変化の推定結果である. 対象は 2007 年 6 月 11 日から 6 月 20 日までの 10 日間, 場所は岐阜大学である. 実線は 12 時間から 24 時間程度先の気象予報値を元にモデルを用いて推定した日射強度, また観測値は同地点において (財) 日本気象協会によって対象地点に於いて計測された日射強度である. 日射強度の変化は太陽高度の変化に対応して毎日山形に変化しており, 曇天日には 6 月 14 日の様に小さい日射強度が推定されている. また雲通過

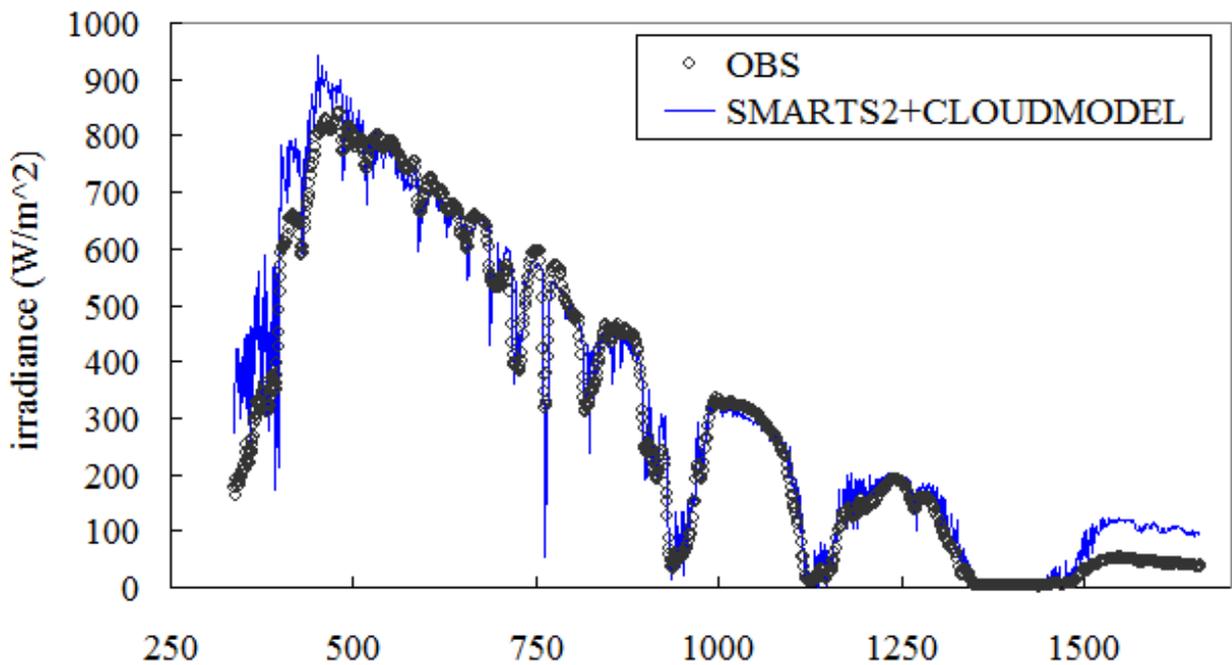


図 2.2.4-9 分光日射強度の推定結果
(2007 年 8 月 7 日 12 時 00 分, 岐阜大学)

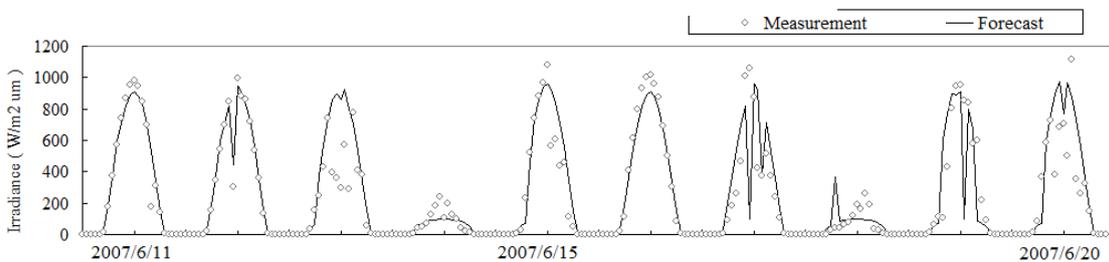


図 2.2.4-10 全天日射強度の時系列変化の推定結果
(2007 年 6 月 11 日~6 月 20 日, 岐阜大学)

時は 6 月 12 日のように一時的に日射強度が低下している様子も再現されている. この図から, 本研究の推定モデルは日射強度の時系列変化も良好に再現していることが分かる.

以上の結果から、本研究で開発した分光日射強度推定物理モデルは雲の存在を考慮して、地上に達する分光日射強度を再現しうるモデルである。しかし曇天時などで精度が低下する場合もあり、今後精度の向上、およびモデル利用の簡便化を進める必要がある。

2.2.4.3 ライダーおよび全天カメラによる上空大気計測

2.2.4.3.1 ライダーによる大気中水粒子情報の計測可能性の検証

すでに物理気象モデルの開発（2.2.1 節）でも述べた通り、大気中を通過する太陽光の再現を試みる本研究開発では大気中に存在する水粒子や氷晶の再現が重要である。ここでは物理気象モデルで再現された水粒子や氷晶の粒径や分布特性を検証するための、実大気中の情報を得るために本研究開発ではライダーを用いた。

ライダーは地上より上空に向けてレーザ光を照射し、大気中や雲中の水粒子などからの散乱光を受信することにより、リモートセンシング的に水粒子などの粒径や分布特性を計測するシステムである。このライダーの概念図とレーザ光照射の様子を図 2.2.4-11 に示す。

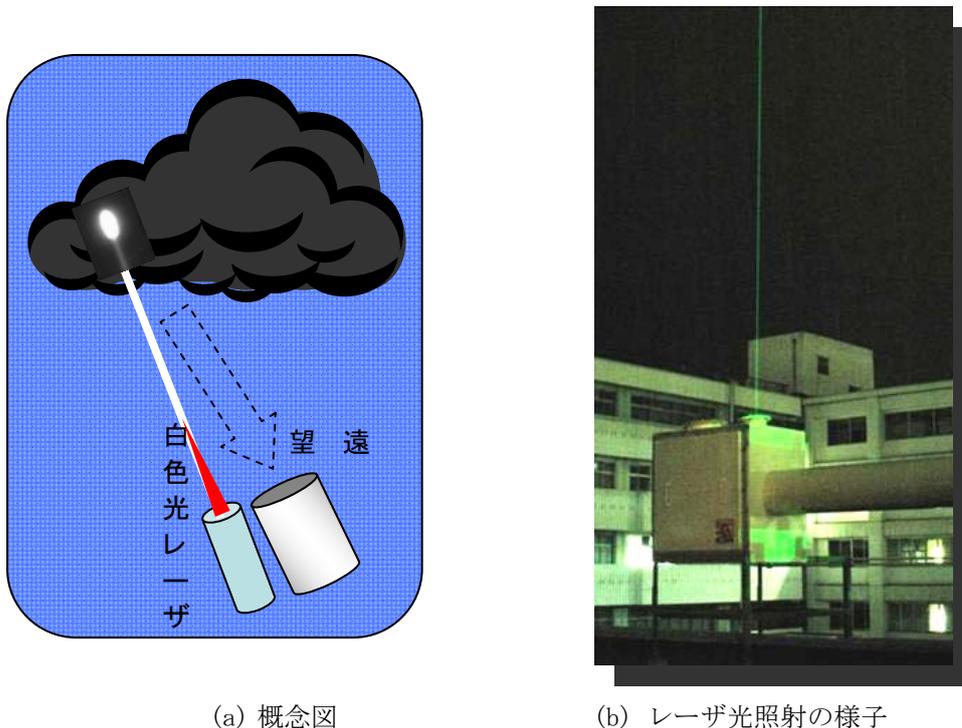
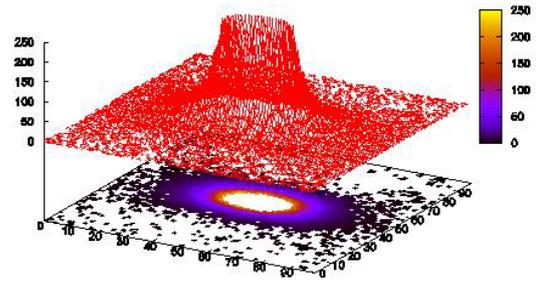


図 2.2.4-11 ライダーによる観測

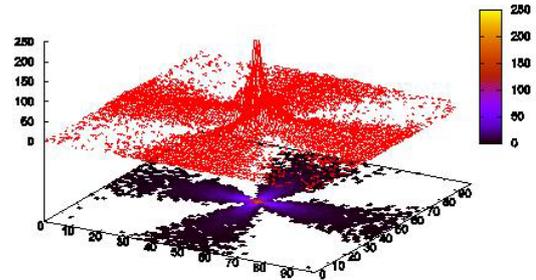
ライダーによって得られる、散乱光の様子を図 2.2.4-12 に示す。この図には粒径が異なる 3 種類の大気を対象とした散乱光の再現計算結果である。この図の通り、粒径により散乱の様子が異なるため、散乱光の広がりから大気中の水粒子・氷晶の粒径が推定できる。実際に計測された散乱光を図 2.2.4-13 に示す。

本研究開発ではこのライダーにより、大気中の水粒子・氷晶の大まかな粒径が計測できた。しかし、当初の目的である、物理気象モデルの計算結果の検証に用いるには、精度は十分ではなかった。これは、ライダーのレーザ光の出力が弱いため、十分な散乱光を受講できなかったためである。物理気象モデルのための検証データを提供するには今後この点を改良する必要がある。

平均粒径 $0.1 \mu\text{m}$



平均粒径 $1 \mu\text{m}$



平均粒径 $10 \mu\text{m}$

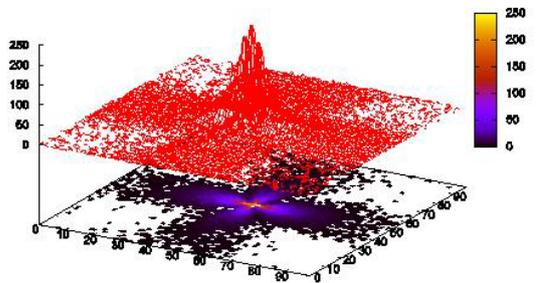


図 2.2.4-12 ライダーによって得られる散乱光の概念

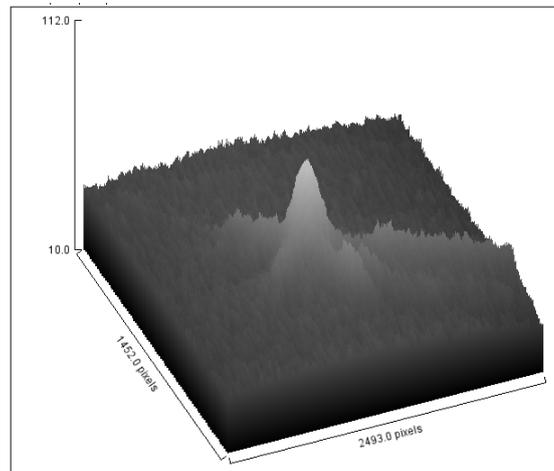


図 2.2.4-13 ライダーによって計測された散乱光

2.2.4.3.2 上空観測用カメラを用いた全天雲情報の計測

地上での日射強度の変化は上空の雲による遮蔽等の影響が大きい。したがって物理気象モデルによるこの雲の生成・移動・消散過程の再現、および日射強度推定モデルによる雲の太陽光の遮蔽・散乱過程の評価が、地表面での日射強度推定で重要となってくる。これら数値モデルの検証のために、本研究開発では上空観測用カメラを導入し、上空の雲の分布特性やその移動などの情報を収集し、数値モデルに提供した。

上空観測用カメラは魚眼レンズを備えたカメラと、それを制御し画像を取得するパソコンから構成されている。これにより全天の様子を取得できる。このカメラの前傾と、それによって得ら

れる雲画像の一例を図 2.2.4-14 に示す.

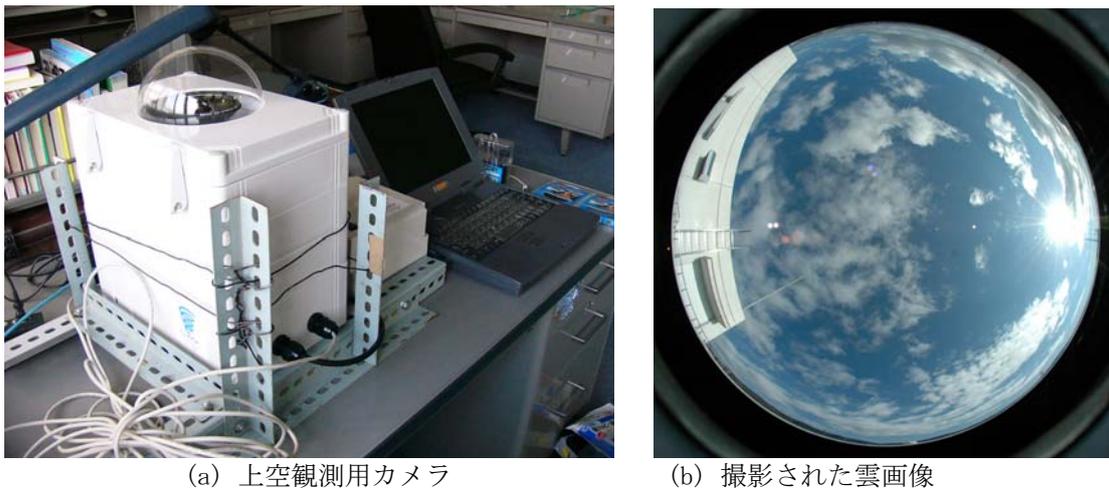


図 2.2.4-14 上空観測カメラと雲画

本研究開発では特に雲量（雲被覆率）に着目し、この雲量を撮影画像から推定する解析手法を確立した。その結果の一例を図 2.2.4-15 に示す。雲量は 0（快晴）から 10（曇天）の数値で表される。図中には岐阜大学で計測・解析された雲量とともに岐阜地方気象台発表の値を合わせて示している。今回計測・解析された値は気象台による値を良好に再現しており、今回開発した手法は妥当であったことを示している。

この上空観測用カメラによって得られた雲量などのデータも数値モデルに活用した。

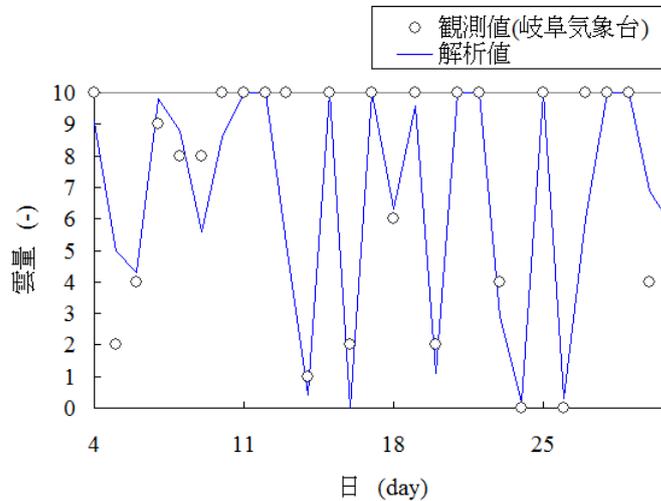


図 2.2.4-15 上空観測用カメラによる雲量の推定結果

2.2.4.3 成果のまとめ

本研究開発では雲微物理改良型局地気象モデルおよび、中間評価で変更となった分光日射強度推定物理モデルを構築した。これにより、日射強度を、直達光・散乱光ごとにスペクトル分布の形で推定することが可能となった。

具体的には以下の3つに要約することができる。

1. 雲微物理改良型局地気象モデルの構築

従来の局地気象モデルに雲微物理過程を改良したモデルを構築し、これにより大気中の雲水粒子・氷晶の粒径分布、鉛直高度分布などを再現することができた。

2. 分光日射強度推定物理モデルの構築

雲やオゾンなどによる太陽光の吸収・散乱を考慮した，現実大気を対象として太陽光の直達成分・散乱成分を分離できる分光日射強度推定物理モデルを構築した．

3. ライダー・上空観測用カメラによる大気状態計測

全天カメラにより日射量変化に重要な雲分布・移動特性を把握，さらにカメラ画像と分光日射特性との関係を導いた．白色光レーダを導入できなかったため，大気中の雲水粒子分布の把握には至らなかった。

2.2.5 成果のまとめ

表 2. 2. 5-1 に発電量評価に係わる成果をまとめる。

表 2. 2. 5-1 発電量評価に係わる成果

	H18	H19	H20	H21	計
特許出願(成立特許)	0	0	0	0	0件
論文(査読付き)	0	1	4	2	7件
研究発表・講演	0	4	16	7	27件
受賞実績	0	0	0	0	0件
新聞・雑誌等への掲載	0	1	0	0	1件
展示会への出展	1	2	6	0	9件
JIS規格・IEC規格への貢献				1	1件

2.3 PV 環境技術の開発

2.3.1 太陽光発電システムのライフサイクル評価に関する調査研究 [みずほ情報総研株式会社]

本調査研究においては、太陽光発電システムのライフサイクル評価について、住宅用、公共・産業用の両方を対象とし、現在国内で市場に出ている太陽電池種類のほぼ全てを対象とした評価を行った。また、これまでの評価で実施されてこなかった太陽光発電システムの使用後処理(リサイクル・廃棄段階)についても考慮したライフサイクル全体に対する評価を実施した。

2.3.1.1 評価範囲

2.3.1.1.1 太陽電池種類

現在、市場の大半は結晶 Si 系太陽電池が占めており、今後も主流であることが想定されるが、一方で原料となるシリコン供給量の制約に対する懸念を回避するために、より一層の結晶 Si 基板の薄型化が期待されているほか、発電素子層として薄膜を用いる太陽電池の台頭も期待されている。薄膜では、高効率化と材料消費量低減の両立を図ることが可能な薄膜 Si ハイブリッド太陽電池が開発されており、Si 系以外の新たな薄膜太陽電池としても CIS 系太陽電池が注目されており、本格的な市場投入が開始されたところである。

このような現状に鑑み、本調査では、ライフサイクル評価の対象とする太陽電池種類として a)多結晶 Si 太陽電池、b)単結晶 Si 太陽電池、c)アモルファス Si/結晶 Si ヘテロ接合太陽電池、d)薄膜 Si ハイブリッド太陽電池、f)CIS 系太陽電池を選定した。

2.3.1.1.2 評価範囲

図 2.3.1-1 に太陽光発電システムの評価範囲を示す。データの収集可能性、結果に及ぼす影響等を考慮し、環境影響の大きい運用の工程をまず考慮し、製造・廃棄・販売や輸送に関する設備の製造・建設については省略した。これらの図に示した工程に加え、モジュールの製造に使用される消耗品や薬剤などのユーティリティの製造工程も考慮した。

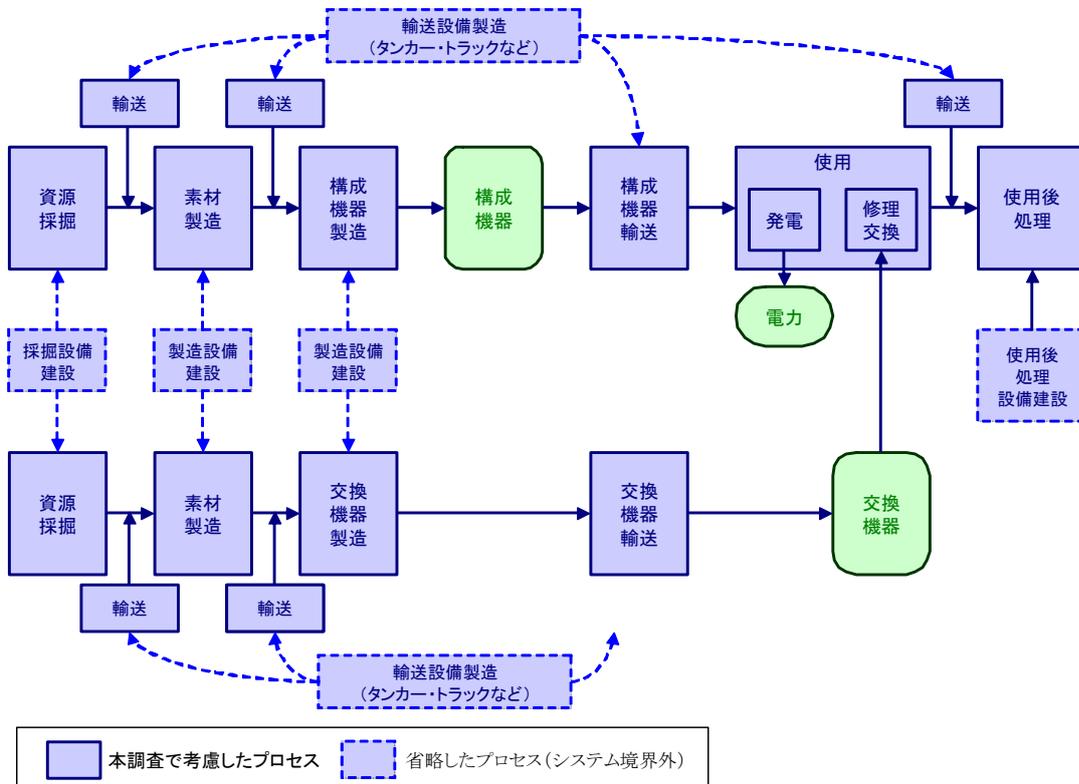


図 2.3.1-1 太陽光発電システムの評価範囲

2.3.1.2 評価結果

2.3.1.2.1 エネルギー消費量及び CO₂ 排出量の評価結果

図 2 及び図 3 に住宅用、公共・産業等用の出力 1kW あたりのエネルギー消費量、CO₂ 排出量の評価結果を示す。公共・産業等用は、エネルギー・CO₂ 共に BOS 製造の寄与度が住宅用に比べて高くなっている。

BOS 製造のエネルギー消費量、CO₂ 排出量は kW あたりのシステムの大きさによるため、効率の高い方に有利に働く。そのため、住宅用ではモジュール製造段階での負荷が大きい結晶系がエネルギー消費量も CO₂ 排出量も大きくなるが、公共・産業等用ではエネルギー消費量ではその差が詰まり、CO₂ 排出量では多結晶 Si や a-Si/単結晶 Si ヘテロ接合太陽電池が薄膜 Si ハイブリッドを逆転する結果となっている。

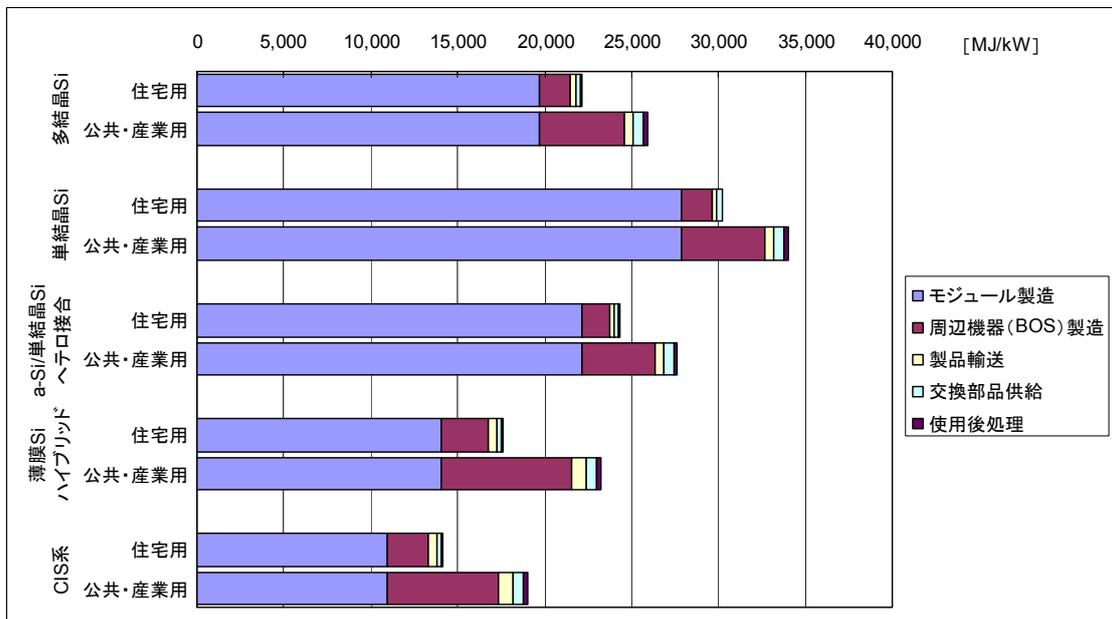


図 2.3.1-2 住宅用および公共・産業等用太陽光発電システムのライフサイクルにおけるエネルギー消費量 (MJ/kW) (基本ケース)

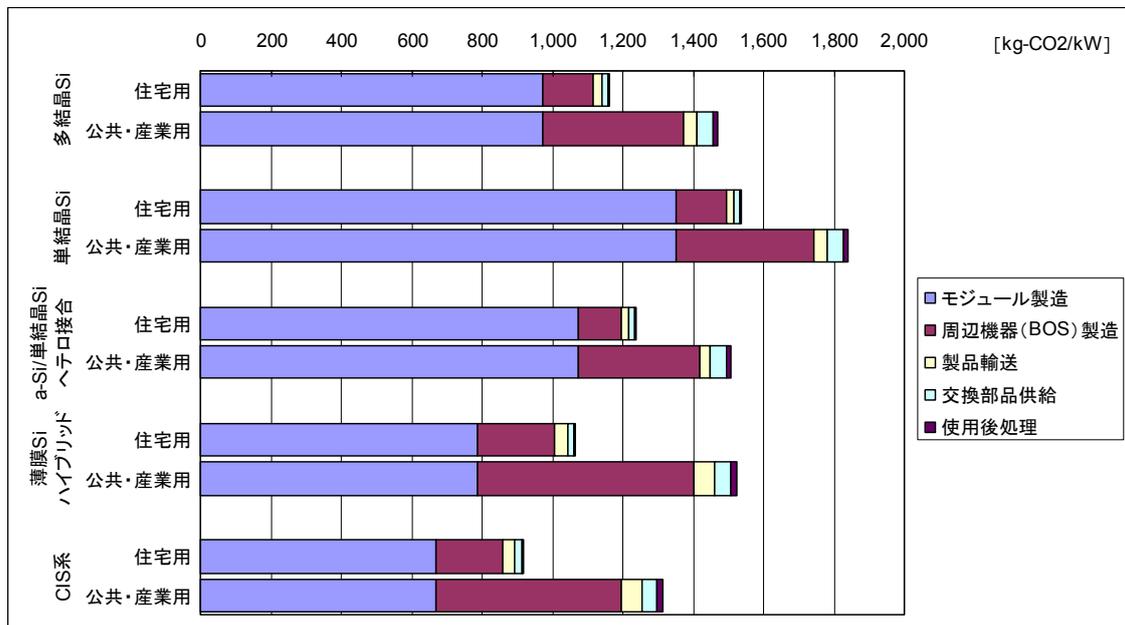


図 2.3.1-3 住宅用および公共・産業等用太陽光発電システムのライフサイクルにおける CO₂ 排出量 (kg-CO₂/kW) (基本ケース)

表 2.3.1-1 に住宅用、公共・産業等用のエネルギー・ペイバック・タイム、CO₂ ペイバック・タイム、CO₂ 排出原単位(発電 1kWh あたりの CO₂ 排出量)の評価結果を示す。エネルギー・ペイバック・タイムは住宅用で 1.4 年～3.0 年、公共・産業等用で 1.9 年～3.4 年、CO₂ ペイバック・タイムは、住宅用で 2.1 年～3.5 年、公共・産業等用で 3.0 年～4.2 年といずれも太陽光発電システムの使用年数に比べ、十分に短い結果となった。

CO₂ 排出原単位は、住宅用で 46～78g-CO₂/kWh、公共・産業等用は BOS が住宅用よりも大きいため、62～87g-CO₂/kWh となったが、いずれの太陽電池も系統電力の排出原単位に比べ十分に小さい結果となっている。本調査は、既存の評価に比べ使用後処理段階や部品交換などを加味し、環境負荷全体への影響の大

きい結晶 Si の製造方法についても精査を行ってきたが、結果としては、太陽光発電システムの環境優位性を示す結果となった。

表 2.3.1-1 太陽光発電システムのエネルギー・ペイバック・タイム、CO₂ ペイバック・タイムおよび CO₂ 排出原単位の算定結果(基本ケース)

		多結晶 Si	単結晶 Si	a-Si/単結晶 Si ヘテロ接合	薄膜 Si ハイブリッド	CIS 系
エネルギー・ペイバック・タイム (年)	住宅用	2.20	3.01	2.42	1.75	1.41
	公共・産業等用	2.58	3.38	2.75	2.31	1.89
CO ₂ ペイバック・タイム (年)	住宅用	2.63	3.48	2.80	2.42	2.08
	公共・産業等用	3.33	4.17	3.41	3.46	2.98
CO ₂ 排出原単位 (g-CO ₂ /kWh)	住宅用	58.6	77.6	62.5	53.8	46.4
	公共・産業等用	69.2	86.8	71.0	72.0	62.0

2.3.1.2.2 エネルギー消費量及び CO₂ 排出量におけるリサイクルによる効果

図 2.3.1-4 及び図 2.3.1-5 に住宅用のシステムあたりのエネルギー消費量、CO₂ 排出量に対するリサイクル効果を示す。また、図 2.3.1-6 及び図 2.3.1-7 に公共・産業等用のシステムあたりのエネルギー消費量、CO₂ 排出量に対するリサイクル効果を示す。

基本ケースに比べ、リサイクル効果考慮ケースにおけるエネルギー消費量の削減効果は、結晶 Si 系約 8% 程度に対し、薄膜 Si ハイブリッドが 17%、CIS 系が 23%と薄膜系で大きな効果が見られる。CO₂ 排出量も同様の傾向である。これは、リサイクル効果が架台の鉄やフレームのアルミなどの kW あたりの重量が薄膜系の方が大きいためである。

一方、リサイクル考慮ケースとリサイクル促進ケースを比較すると、結晶 Si セル材料の回収による効果が大きく、結晶 Si 系の低減効果が大きく出ている。

以上より、回収可能な架台など BOS のリサイクルは、エネルギー消費量、CO₂ 排出量の改善に大きな効果があること、特に結晶 Si 系については、セル材料の回収によって更なる改善が見込めることが期待される。

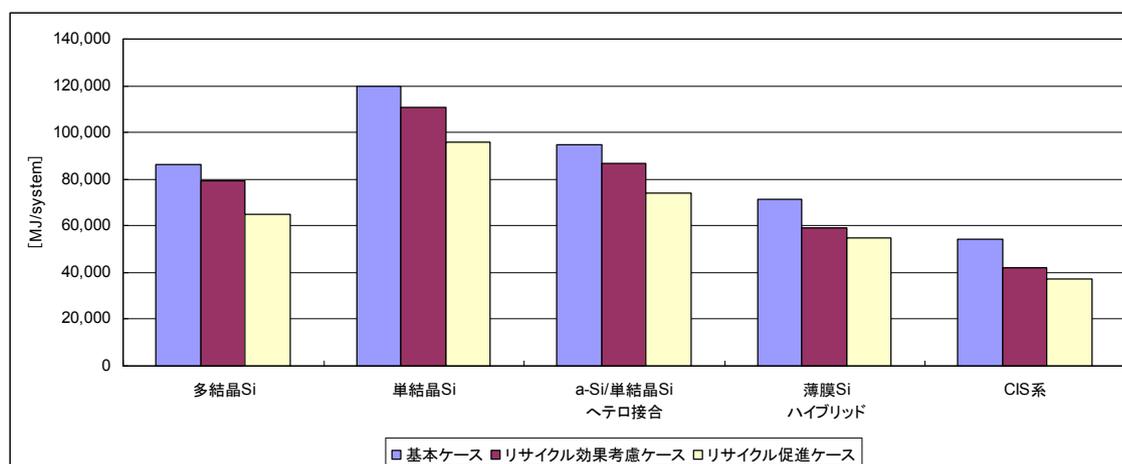


図 2.3.1-4 住宅用太陽光発電システムのライフサイクルにおけるエネルギー消費量 (MJ/システム)

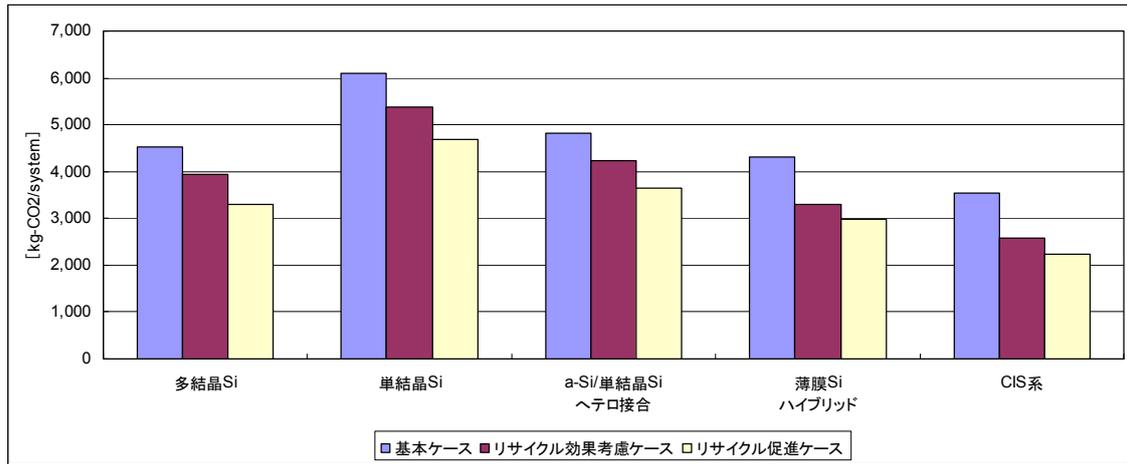


図 2.3.1-5 住宅用太陽光発電システムのライフサイクルにおけるCO₂排出量(kg-CO₂/システム)

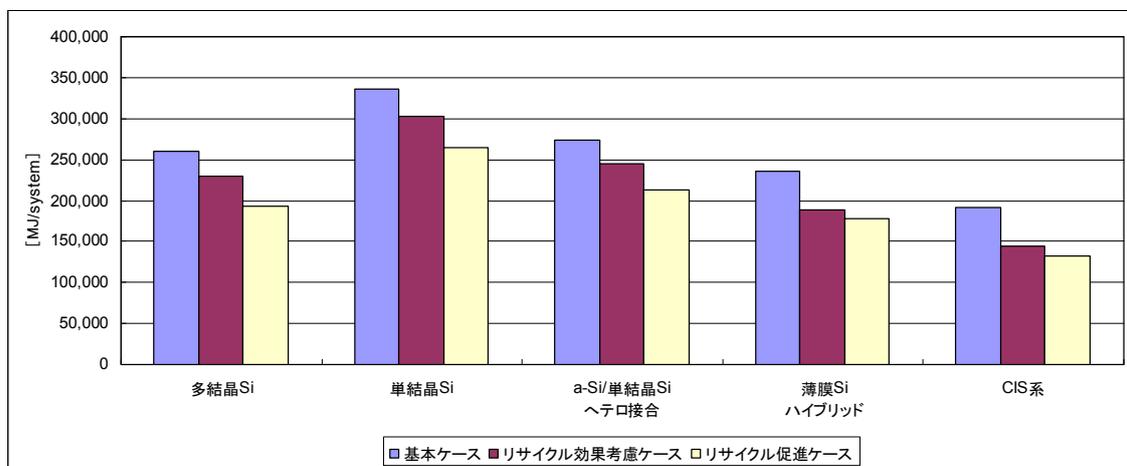


図 2.3.1-6 公共・産業等用太陽光発電システムのライフサイクルにおけるエネルギー消費量(MJ/システム)

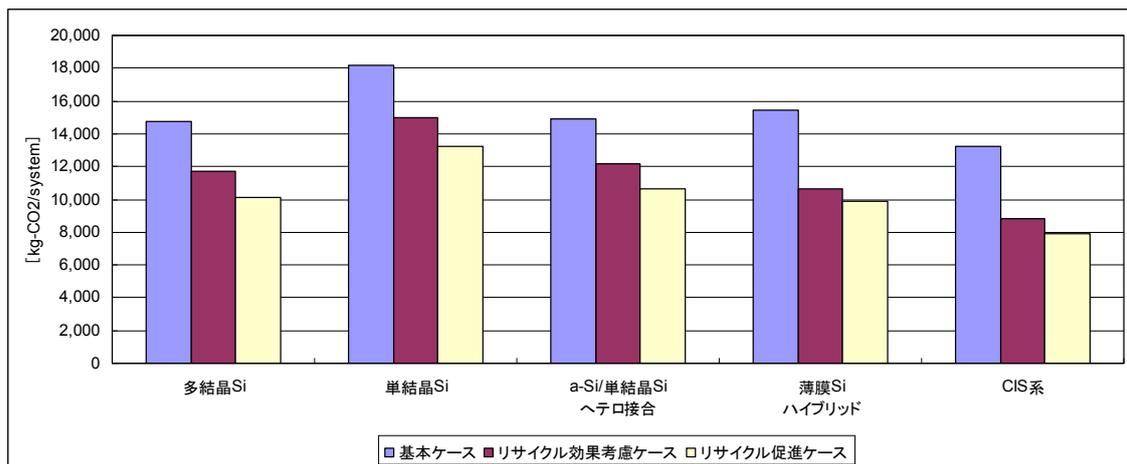


図 2.3.1-7 公共・産業等用太陽光発電システムのライフサイクルにおけるCO₂排出量(kg-CO₂/システム)

表 2.3.1-2～表 2.3.1-4 に住宅用、公共・産業等用のエネルギーペイバックタイム、CO₂ペイバックタイム、CO₂排出原単位(発電1kWhあたりのCO₂排出量)の評価結果を示す。

エネルギー・ペイバック・タイムはリサイクルを考慮することにより、住宅用で0.2～0.3年、公共・産業等用で0.3～0.5年の短縮が見込まれ、BOSの回収・リサイクルにより、さらに間接的な社会のエネルギー節約が期待できる。リサイクル促進ケースではリサイクル考慮ケースに比べ、結晶系では0.4年程度の短縮が見込まれる。

Si 回収が社会のエネルギー消費量削減へ大きく寄与することがわかる。このことは、CO₂ ペイバック・タイムや CO₂ 排出原単位でも同様である。

CO₂ 排出原単位は、リサイクルを促進し、そのリサイクル効果を考慮することで、基本ケースに比べ、住宅用で 20%～40%近く改善し、CIS 系では住宅用で 30g-CO₂/kWh を下回る結果となっている。いずれにしるリサイクルによる社会への間接的な影響は大きく、それらの活動が重要であると考えられる。

表 2.3.1-2 太陽光発電システムのエネルギー・ペイバック・タイム(年):リサイクルによる効果

		多結晶 Si	単結晶 Si	a-Si/単結晶 Si ヘテロ接合	薄膜 Si ハイブリッド	CIS 系
住宅用	基本ケース	2.20	3.01	2.42	1.75	1.41
	リサイクル効果考慮ケース	2.02	2.78	2.22	1.45	1.08
	リサイクル促進ケース	1.65	2.40	1.90	1.35	0.96
公共・産業 等用	基本ケース	2.58	3.38	2.75	2.31	1.89
	リサイクル効果考慮ケース	2.28	3.04	2.45	1.84	1.42
	リサイクル促進ケース	1.91	2.66	2.13	1.75	1.30

表 2.3.1-3 太陽光発電システムの CO₂ ペイバック・タイム(年):リサイクルによる効果

		多結晶 Si	単結晶 Si	a-Si/単結晶 Si ヘテロ接合	薄膜 Si ハイブリッド	CIS 系
住宅用	基本ケース	2.63	3.48	2.80	2.42	2.08
	リサイクル効果考慮ケース	2.29	3.08	2.46	1.84	1.52
	リサイクル促進ケース	1.92	2.68	2.12	1.67	1.32
公共・産業 等用	基本ケース	3.33	4.17	3.41	3.46	2.98
	リサイクル効果考慮ケース	2.64	3.43	2.77	2.37	1.98
	リサイクル促進ケース	2.28	3.04	2.43	2.20	1.78

表 2.3.1-4 太陽光発電システムの CO₂ 排出原単位(g-CO₂/kWh):リサイクルによる効果

		多結晶 Si	単結晶 Si	a-Si/単結晶 Si ヘテロ接合	薄膜 Si ハイブリッド	CIS 系
住宅用	基本ケース	58.6	77.6	62.5	53.8	46.4
	リサイクル効果考慮ケース	51.0	68.6	54.8	41.0	33.8
	リサイクル促進ケース	42.8	59.8	47.2	37.2	29.4
公共・産業 等用	基本ケース	69.2	86.8	71.0	72.0	62.0
	リサイクル効果考慮ケース	55.0	71.4	57.7	49.4	41.1
	リサイクル促進ケース	47.4	63.2	50.6	45.9	37.0

2.3.1.2.3 エネルギー消費量、CO₂ 排出量以外の環境負荷

表 2.3.1-5 及び表 2.3.1-6 に住宅用、公共・産業等用の発電 1kWh あたりの環境負荷の排出量を示す。従来の太陽光発電システムのライフサイクル評価においては、エネルギー消費量、CO₂ 排出量の評価が主であった。一方で海外の評価事例においては、地球温暖化問題だけではなく、大気汚染や富栄養化などの環境問題についても評価が行われている。本調査では、国内の主要な公的な評価として、これらの問題についても評価すべく、下記の項目をライフサイクルで評価した。

a) 大気汚染物質について

発電量 1kWh あたりの評価では、CO₂ やエネルギー消費量では結晶系よりも薄膜系が排出量・消費量が少ない結果であった。しかし、大気汚染物質に関しては、輸送時の重量などが大きく寄与するため、効率が高く、小型化できる太陽電池に有利な結果となっている。なお、SO_x については、日本の平均電力の原単位が非常に小さく、太陽電池に対しても優位な差の無い結果となった。PM10 などについても、差は少なくなっている。

表 2.3.1-5 住宅用太陽光発電システムのライフサイクルにおける発電 1kWh あたりの環境負荷量

			多結晶 Si	単結晶 Si	a-Si/単結晶 Si ヘテロ接合	薄膜 Si ハイブリッド	CIS 系	日本平均 電力
地球 温暖化	CO ₂	g-CO ₂ 換算	58.61	77.61	62.45	53.83	46.39	445.61
	CH ₄	g-CO ₂ 換算	0.03	0.03	0.03	0.02	0.01	0.22
	N ₂ O	g-CO ₂ 換算	0.83	1.12	0.90	0.75	0.73	5.72
	温室効果ガス計	g-CO ₂ 換算	59.46	78.76	63.38	54.60	47.14	451.55
大気 汚染	NO _x	mg	59.09	73.56	60.28	67.99	68.47	238.29
	SO _x	mg	57.87	71.37	58.32	75.63	83.79	83.54
	NMHC	mg	1.30	1.94	1.55	0.66	0.35	17.89
	PM10	mg	1.25	1.40	1.17	1.68	1.55	3.85
	CO	mg	18.22	23.11	18.92	19.97	19.88	88.90
資源	アルミニウム(Al)	mg	653.86	833.41	707.35	969.02	1,260.01	-

消費量	銅(Cu)	mg	47.19	49.94	46.42	67.46	55.35	-
	鉄(Fe)	mg	2,088.57	2,031.63	1,770.36	3,289.21	2,825.09	-
	マンガン(Mn)	mg	13.35	12.95	11.28	20.96	18.01	-
	鉛(Pb)	mg	2.82	0.03	0.04	0.03	1.07	-
	すず(Sn)	mg	6.71	24.70	14.75	26.43	3.32	-
	珪石(Si)	mg	3,907.12	3,893.55	3,234.35	4,938.51	4,530.67	-
	その他*	mg	5.27	6.37	10.66	3.44	17.31	-
埋立廃棄物量		g	4.26	4.11	3.42	7.04	7.32	-

*その他は、ニッケル、クロム、インジウム、モリブデン、セレン、ガリウムなどを含む

表 2.3.1-6 公共・産業等用太陽光発電システムのライフサイクルにおける発電 1kWh あたりの環境負荷量

			多結晶 Si	単結晶 Si	a-Si/単結晶 Si ヘテロ接合	薄膜 Si ハイブリッド	CIS 系
地球温暖化	CO ₂	g-CO ₂ 換算	74.14	92.90	76.05	77.04	66.40
	CH ₄	g-CO ₂ 換算	0.03	0.04	0.03	0.03	0.02
	N ₂ O	g-CO ₂ 換算	0.89	1.18	0.96	0.85	0.81
	温室効果ガス計	g-CO ₂ 換算	75.06	94.12	77.03	77.91	67.23
大気汚染	NO _x	mg	80.71	94.89	79.31	99.89	96.06
	SO _x	mg	69.20	82.63	68.37	92.22	98.05
	NMHC	mg	1.39	2.03	1.63	0.79	0.46
	PM10	mg	2.34	2.47	2.13	3.27	2.94
	CO	mg	24.61	29.41	24.56	29.36	28.01
資源消費量	アルミニウム(Al)	mg	637.81	819.03	691.65	955.12	1,242.72
	銅(Cu)	mg	206.49	212.50	207.83	226.14	208.41
	鉄(Fe)	mg	6,217.86	6,081.58	5,364.28	9,480.17	8,206.82
	マンガン(Mn)	mg	39.66	38.76	34.19	60.42	52.31
	鉛(Pb)	mg	2.82	0.03	0.04	0.04	1.07
	すず(Sn)	mg	6.71	24.70	14.75	26.43	3.32
	珪石(Si)	mg	4,151.77	4,134.13	3,449.36	5,298.10	4,843.57
	その他*	mg	2.49	3.27	4.84	1.76	11.81
埋立廃棄物量		g	4.94	4.79	4.03	8.01	8.16

*その他は、ニッケル、クロム、インジウム、モリブデン、セレン、ガリウムなどを含む

b) 資源消費量について

システムあたりの資源消費量は、鉄が多く住宅用で 150~300kg 程度になっている。また、アルミニウムも 50~100kg と消費量は多い。また、ガラス原料となる珪石は薄膜系では 300~400kg の消費量となっている。そのほか、CIS 系ではインジウムやモリブデン、セレン、ガリウムなども消費されている。

多結晶の基本ケース(住宅用)では、鉄が 160kg、アルミニウムが 50kg 消費されている。kW あたりでは、鉄 40kg、アルミニウムは 13kg が消費されている。これを年産 100 万 kW 生産時の消費量に換算すると、鉄が 4 万 t、アルミニウムは 1 万 3 千 t の消費量となる。国内のこれら資源のマテリアルフローを見ると、鉄は日本の生産量が年間約 1 億 t でこのうち建築・土木に使用されるのは年間 600 万 t 程度になる。アルミニウムは、国内の需要が年間 350 万 t 程度で建材の利用は 70 万 t 程度となっている。年産 100 万 kW であれば、その消費量は鉄が国内建材消費の 1%に満たない数値、アルミも建材利用の 1~2%程度である。しかし、生産量が将来の予測のように 10 倍になった場合には、鉄は建材の 7%、アルミニウムは建材利用の 20%近い数値となり、

アルミニウムでは日本総需要の 3%以上となる。このようなベースメタルで無視できないレベルの消費量になるため、ガリウムやインジウムなどのレアメタルについてはさらにその重要度が増すことが考えられる。

このように今後の生産量・導入量の増加を推進していく上では、コスト面からだけでなく、資源戦略からも素材使用量の低減、材料の再利用を目指すことが重要と考えられる。

c) 廃棄物埋立量について

システムあたりの埋立量は、住宅用で 250kg～600kg、公共・産業等用では 800kg～1.6t になる。kW あたりの廃棄物量を 100kg と考えると、年産 100 万 kW で年間約 10 万 t、年産 1,000 万 t になると約 100 万 t が排出される。現在の産業廃棄物の年間最終処分量(埋立量)は 2,600 万 t(2006 年度)であり、100 万 t になると、この最終処分量(埋立量)の約 4%程度となる。

住宅用では、廃棄物のうち大きな重量を占めるのはガラスであり、この処分量を減らすことが重要である。本調査で試算したリサイクル促進ケースでは、システムあたりで埋立量は 200kg～450kg の削減となり、埋立量を約 1/5 にできる。埋立量を削減するという観点からもリサイクル促進を進めていくことが重要と考えられる。

表 2.3.1-7 太陽光発電システムのライフサイクル評価の成果のまとめ

	H18	H19	H20	計
特許出願(成立特許)	0	0	0	0件
論文(査読付き)	0	0	0	0件
研究発表・講演	0	2	0	2件
受賞実績	0	0	0	0件
新聞・雑誌等への掲載	0	0	0	0件
展示会への出展	0	0	0	0件

2.3.2 高リサイクル性新型モジュール構造の開発(昭和シェル石油)

ガラス-ガラス・サンドイッチ(合わせガラス)構造の CIS 系薄膜太陽電池モジュールを作製し、IEC61646 第2 版等の環境試験を実施し、商品化に耐え得る耐久性を確認した。

2.3.2.1 課題とその解決方法

太陽電池モジュールの設計、製造段階で、3R (Reduce、Reuse、Recycle) コンセプトのうち“簡単にリサイクル”できるモジュール構造を提案した。基本的な方針は、従来から使用してきた部材の一部を省略して構造の簡素化を図るとともに、耐候性を改良することで、信頼性を確保しつつ低コスト化とリサイクル性を確保することであった。

そのような簡素化したモジュール構造で商品化できるかどうかの検証を長期耐久性、耐候性、機械的強度等の必要条件を満足できるかどうかで判定した。

高リサイクル性新型モジュール構造の開発指針を次に掲げる。

- ・リサイクル性を考慮したモジュール構造とする、
- ・従来構造のモジュールより出力特性を高くする、
- ・信頼性試験では、IEC61646 第2 版の合格レベルを満足する、
- ・安全性では、IEC61730 に準拠する。

2.3.2.2 成果

2.3.2.2.1 モジュール基本構造の開発

簡単にリサイクルできるCIS系薄膜太陽電池モジュールをコンセプトに従来のアルミフレームやバックシートのないモジュール構造を検討した。

耐湿性能向上のために、基板ガラス端部からのデバイス部の最適な除去幅を検討し、幅15mmが有効であることを確認した。この結果に基づき試作したガラス-ガラス・サンドイッチ（合わせガラス）構造のCIS系薄膜太陽電池モジュールに対して、IEC61646 第2版のダンプヒート試験（1000時間）を実施した。1000時間後の P_m は初期値の80%であり、 $1.5\text{kWh}/\text{m}^2$ の光照射により98%まで回復した。これはIEC61646 第2版の判定基準に合格のレベルであった。また、ヒートショックを頻繁にしかも長期間与えることを目的に、200サイクルまでのJIS C8917 温湿度サイクル試験を実施した。200サイクル後の光照射 $1\text{kWh}/\text{m}^2$ で、 P_m は初期値の96%まで回復した。

以上より、本研究で開発したデバイス部の15mm幅除去がモジュールの耐久性確保に有効であることを確認した。

2.3.3.2.2 高耐久性エッジシール材の選定とその適用方法の開発

濡れ性が高い金属を同一サイズのカバーガラスと基板ガラスの側端部に塗布したガラス-ガラス・サンドイッチ（合わせガラス）構造のCIS系薄膜太陽電池モジュールを試作した。1000時間ダンプヒート試験を実施し1000時間後の P_m は初期値の79%であったが、光照射により、 P_m は初期値の96%まで回復した。これはIEC61646 第2版の判定基準に合格のレベルであり、本研究で選択した金属がエッジシール材として有効であることを確認した。

2.3.3.2.3 基板エッジ周辺部処理方法の開発

基板ガラス側端部から15mm幅のデバイス部を除去することで、3000時間までのダンプヒート試験に合格できるレベルであることを確認したので、物理的方法であるサンドブラスト法を提案した。デバイス部除去やラミネーションによって変換効率は若干低下したが、 $1\text{kWh}/\text{m}^2$ の光照射により回復傾向にあることがわかった。この結果から、サンドブラスターは加工精度を高精細にできるため、基板ガラス側端部からデバイス部を除去する手段になり得ると結論した。

2.3.3.2.4 電極リボン取り出し構造および取り出し端部処理方法の開発

ガラス-ガラス・サンドイッチ構造の太陽電池モジュールの架台取り付け時に接続箱が邪魔にならない位置として、CISデバイス部除去部分を避けた基板ガラス内側、特に電極リボン下部付近を接続箱取り付け位置とした。接続箱は、電極リボンを引き入れる開口部を持ち基板ガラス裏面に接着剤で直接取り付ける構造で延伸した電極リボン付近の一部の短辺側を含み袋状に覆う構造を提案した。

2.3.3.2.5 マテリアル・リサイクル処理技術の開発

従来型のモジュールでの問題点の洗い出しと資源リサイクル処理実験を実施した。処理量増加への対応実験の過程で、燃焼炉内でEVA樹脂を酸素なしの雰囲気中で加熱した場合、排ガス燃焼炉から下流部（配管）で黒色の粘度の高い酸性物質（チャーと言われる物質）が生成し、配管を閉塞させる恐れがあることを確認した。その結果、排ガス燃焼炉内での燃焼温度の高温化および下流配管の大径化と適切な冷却法の適用など、今後の解決すべき課題が明らかになった。

2.3.2-1表 高リサイクル性新型モジュール構造の開発の成果のまとめ

	H18	H19	計
特許出願	0	5	5件
論文（査読付き）	0	0	0件
研究発表・講演	0	1	1件
受賞実績	0	0	1件
新聞・雑誌などへの掲載	0	0	0件
展示会への出展	0	0	0件

2.4 標準化支援事業及びIEA 国際協力事業等

2.4.1 太陽電池モジュール・アレイ及び太陽光発電システム・周辺機器の標準化に関する調査研究

2.4.2の「包括的太陽電池評価技術に関する標準化」と分担して、標準化を推進した。
標準化の体制を図2.4.1-1に示す。

太陽光発電システム関連の国際標準化体制

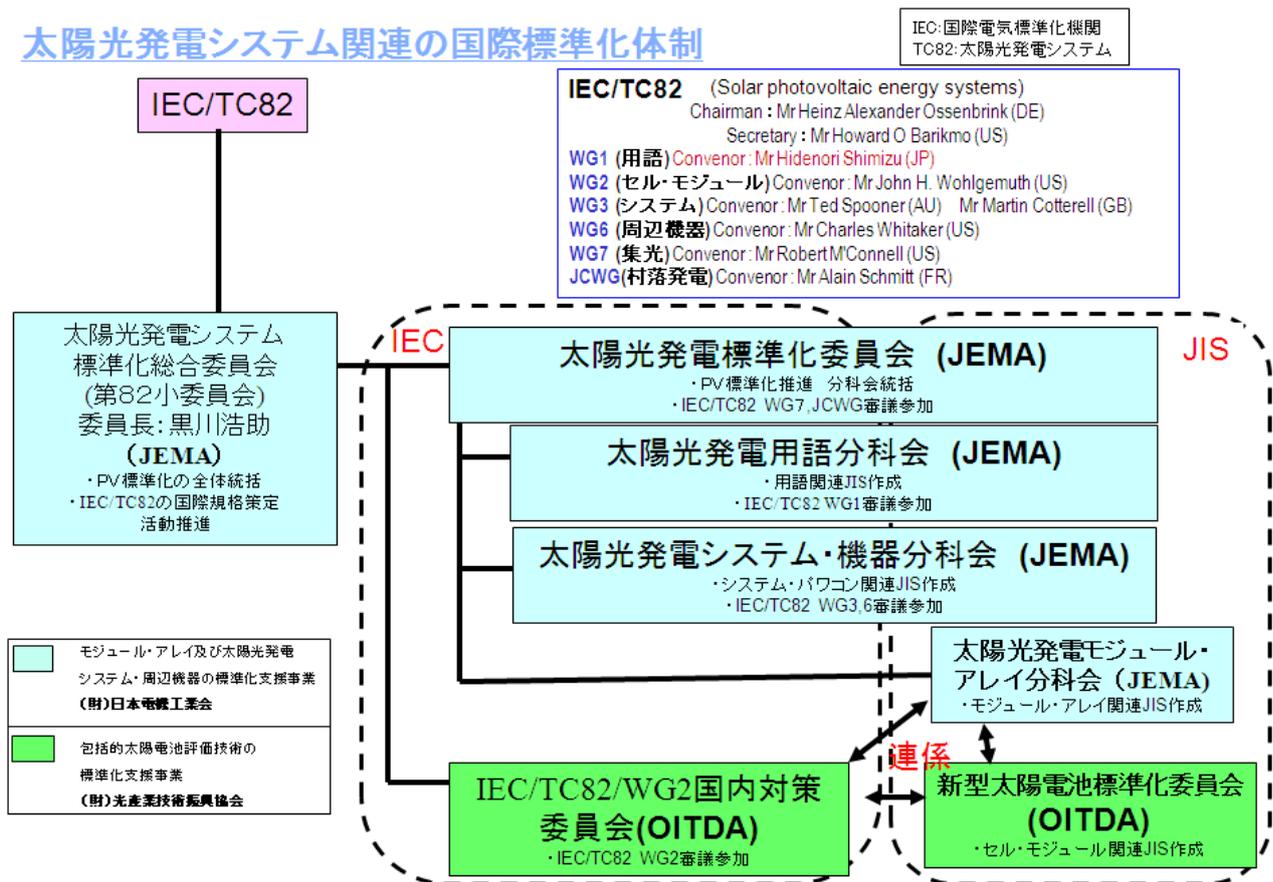


図 2.4.1-1 標準化体制図

太陽電池モジュール・アレイ及び太陽光発電システム・周辺機器の安全性、信頼性、性能、試験方法等に関し、国際規格との整合化を図り、以下の規格の検討・作成を行った。「パワーコンディショナ単独運転検出機能試験方法」については、対応する IEC 規格と整合化を図った JIS 最終素案を作成、製品認証に必要な「太陽電池モジュールの安全適格性確認」の JIS 最終素案の作成、及び

「太陽光発電システムの電磁両立性」の TS 最終素案を作成した。「パワーコンディショナ安全性設計標準」については、対応する IEC 規格の検討を行った。

太陽光発電システムの用語に関して、対応する IEC 規格と定義の整合化を図り、既存 JIS の増補・改正の検討を行った。IEC(国際電気標準会議)／TC82 (Solar Photovoltaic Energy System)／WG1 (用語)、WG3 (システム)、WG6 (周辺機器)、WG7 (集光モジュール)、JCWG (村落発電) に参画した。用語に関する標準化の整合、システム・機器に関する標準化の検討、モジュール・アレイに関する標準化の検討を行った。その結果 JIS 制定を 5 件、JIS の改訂を 6 件、IEC 規格の制定を 2 件、IE 規格の改訂を 1 件行った。

【2006 年度】

JIS 制定(2 件)

- (1) JIS C 8954 太陽電池アレイ用電気回路設計標準
- (2) JIS C 8981 住宅用太陽光発電システム電気系安全設計標準
対応国際規格：IEC 61730-2 Photovoltaic (PV) module safety qualification - Part2:Requirements for testing

JIS 公表(2 件)

- (1) TS C 8992-1 太陽電池モジュールの安全適格性確認—第 1 部：構造に対する要求事項
対応国際規格：IEC 61730-1 Photovoltaic (PV) module safety qualification - Part1：Requirements for construction
- (2) TS C 8992-2 太陽電池モジュールの安全適格性確認—第 2 部：試験に関する要求事項
対応国際規格：IEC 61730-2 Photovoltaic (PV) module safety qualification - Part2:Requirements for testing

JIS 改正 (2 件)

- (1) JIS C 8953 結晶系太陽電池アレイ出力のオンサイト測定方法
対応国際規格：IEC 61829 Crystalline silicon photovoltaic (PV) array - On-site measurement of I-V characteristics
- (2) JIS C 8980 小出力太陽光発電用パワーコンディショナ

【2007 年度】

IEC 規格制定 (1 件)

- (1) IEC 62116 系統連系形太陽光発電システム用パワーコンディショナの単独運転防止機能の試験方法 (日本提案)

IEC 規格改正 (1 件)

- (2) IEC TS 61836 太陽光発電用語

【2008 年度】

JIS 制定(0 件)

JIS 改正 (2 件)

- (1) JIS C 8961 太陽光発電用パワーコンディショナの効率測定方法
対応国際規格：IEC 61683 SP photovoltaic systems - Power conditioners - Procedure for measuring efficiency
- (2) JIS C 8962 小出力太陽光発電用パワーコンディショナの試験方法

【2009 年度】

JIS 制定(3 件)

- (1) JIS C 8992-1 太陽電池モジュールの安全適格性確認—第 1 部：構造に対する要求事項
対応国際規格：IEC 61730-1 Photovoltaic (PV) module safety qualification - Part1：Requirements for construction
- (2) JIS C 8992-2 太陽電池モジュールの安全適格性確認—第 2 部：試験に関する要求事項
対応国際規格：IEC 61730-2 Photovoltaic (PV) module safety qualification - Part2:Requirements for testing

- (3) TS C xxxx 太陽光発電システム用パワーコンディショナの電磁両立性試験及び測定技術

JIS 改正 (2 件)

- (1) JIS C 8960 太陽光発電用語

対応国際規格：IEC 61836 Solar photovoltaic energy systems - Terms, definitions and symbols

- (2) JIS C 8980 小出力太陽光発電用パワーコンディショナ

IEC 制定 (1 件)

- (1) IEC 62446 Grid connected photovoltaic systems - Minimum requirements for system documentation, commissioning tests and inspection

【2006 年度～2009 年度】

- (1) 国際規格に反映された主要な提案

IEC TS 61836 太陽光発電用語

(提案内容：JIS からの用語追加)

IEC 62116 系統連系形太陽光発電システム用パワーコンディショナの単独運転防止機能の試験方法

(提案内容：単独運転防止機能の試験方法)

- (2) その他、審議を行なった国際規格

IEC 62253、IEC 62548、IEC 62109-1、IEC 62509

- (3) 参加した IEC/TC 82 総会及び WG 1, 3, 6 会議

2006 年 5 月 15 日～5 月 20 日 : IEC/TC 82/ WG 3, 6 オーストラリア パース会議

2006 年 10 月 16 日～10 月 20 日 : IEC/TC 82 総会及び WG 1, 3, 6 東京会議 (開催)

2006 年 11 月 21 日～11 月 22 日 : IEC/APCC シンガポール会議

2007 年 1 月 30 日～2 月 1 日 : IEC62109 カナダ バンクーバー会議

2007 年 4 月 16 日～4 月 18 日 : IEC/TC 82/WG 3, 6 スペイン パンプローナ会議

2007 年 7 月 3 日～7 月 3 日 : IEC/TC 22/Adhoc ドイツ フランクフルト会議

2007 年 6 月 27 日～6 月 29 日 : IEC/TC 82/WG 1 フランス ニース会議

2007 年 9 月 24 日～9 月 25 日 : CISPR/BWG1 オーストラリア シドニー会議

2007 年 10 月 29 日～11 月 2 日 : IEC/TC 82/WG 3, 6 スイス ブルグドルフ会議

2008 年 5 月 19 日～5 月 23 日 : IEC/TC 82 総会及び WG 1, 3, 6 米国 サンフランシスコ会議

2008 年 10 月 6 日～10 月 8 日 : JISC-CENELEC スペイン マドリッド会議

2008 年 10 月 20 日～10 月 24 日 : IEC/TC 82/WG 3, 6 韓国 釜山会議

2008 年 11 月 24 日～11 月 26 日 : IEC/TC 82/WG 1 スペイン マドリッド会議

2009 年 2 月 10 日～2 月 11 日 : CISPR/BWG1 ドイツ フランクフルト会議

2009 年 2 月 18 日～2 月 19 日 : CENELEC/TC82 ベルギー ブリュッセル会議

2009 年 9 月 28 日～10 月 7 日 : IEC/TC 82 総会及び WG 1, 3, 6 フランス エクスレバン会議

2.4.2 包括的太陽電池評価技術に関する標準化

制定、改正した規格、または作成した規格原案等は次のとおり。

2.4.2.1 JIS 関連

【2005 年度～2007 年度】

- JIS 制定(6 件): 結晶シリコン太陽電池、アモルファス太陽電池に続くシリコン系新型太陽電池の評価規格

(1) JIS C 8941 二次基準多接合太陽電池要素セル

(2) JIS C 8942 多接合太陽電池測定用ソーラシミュレータ

(3) JIS C 8943 多接合太陽電池セル・モジュール出力測定方法(基準要素セル法)

(4) JIS C 8944 多接合太陽電池分光感度特性測定方法

(5) JIS C 8945 多接合太陽電池出力電圧・出力電流の温度係数測定方法

(6) JIS C 8946 多接合太陽電池セル・モジュール屋外出力測定方法

【2006 年度～2008 年度】

- JIS 改正(1 件):
 - (1) JIS C 8990 (対応国際規格 IEC 61215:2005) 地上設置の結晶シリコン太陽電池 (PV) モジュール
— 設計適格性確認及び形式認証のための要求事項
- TS(標準仕様書) 原案(5 件): 化合物系新型太陽電池の評価 TS
 - (1) TS C JN01 二次基準 CIS 系太陽電池セル
 - (2) TS C JN03 CIS 系太陽電池測定用ソーラシミュレータ
 - (3) TS C JN04 CIS 系太陽電池セル・モジュール出力特性測定方法
 - (4) TS C JN06 CIS 系太陽電池分光感度特性測定方法
 - (5) TS C JN07 CIS 系太陽電池出力電圧・出力電流の温度係数測定方法注: TS 番号は仮番号

【2007 年度～2008 年度】

- OITDA 規格制定(1 件): 色素増感太陽電池の評価規格
 - (1) OITDA-PV01-2009 色素増感太陽電池の性能評価方法

【2008 年度～2009 年度】

- JIS 原案(3 件): 国際規格との整合を取りながら、結晶系、アモルファス系、多接合、化合物系太陽電池を包括する新しい評価規格案(国際規格への提案準備)
 - (1) JIS C 60904-2 太陽電池デバイス 第 2 部: 基準太陽電池に対する要求事項
対応国際規格: IEC 60904-2 Photovoltaic devices - Part 2: Requirements for reference solar devices
 - (2) JIS C 60904-3 太陽電池デバイス 第 3 部: 基準太陽光の分光放射照度分布による太陽電池測定原則
対応国際規格: IEC 60904-3 Photovoltaic devices - Part 3: Measurement principles for terrestrial photovoltaic (PV) solar devices with reference spectral irradiance data
 - (3) JIS C 60904-7 太陽電池デバイス 第 7 部: 太陽電池測定でのスペクトルミスマッチ補正の計算方法
対応国際規格: IEC 60904-7 Photovoltaic devices - Part 7: Computation of the spectral mismatch correction for measurements of photovoltaic devices注: JIS 番号は仮番号
- JIS 改正原案(1 件)
 - (1) JIS C 8991(IEC 61646:2008) 地上設置の薄膜太陽電池 (PV) モジュール
— 設計適格性確認試験及び形式認証のための要求事項

2.4.2.2 IEC(国際電気標準会議)/TC82 (Solar Photovoltaic Energy System) / WG2 (地上用太陽電池セル・モジュール) 対応

【2005 年度～2009 年度】

- (1) 国際規格に反映された主要な提案は次のとおり。
 - IEC 60891 結晶系太陽電池の I-V 特性測定のための温度および照度補正手順
(提案内容: 線形補間法)
 - IEC 60904-4 太陽電池デバイス—第 4 部: 基準太陽電池—校正トレーサビリティを確立するための手順
(提案内容: ソーラーシミュレータ法)
 - IEC 60904-9 太陽電池デバイス—第 9 部: ソーラシミュレータの性能要求事項
(提案内容: 時間的安定性)
 - IEC 61646 地上設置の薄膜太陽電池 (PV) モジュール
— 設計適格性確認試験及び形式認証のための要求事項
(提案内容: ホットスポット試験法、バイパスダイオード試験)
 - IEC 61853 地上用太陽電池モジュールのエネルギーレーティング

(提案内容:線形補間法)

(2) 国際規格に将来反映される予定の主要な提案は次のとおり。

IEC 61215 地上設置の結晶シリコン太陽電池(PV)モジュール
ー設計適格性確認及び形式認証のための要求事項

(提案内容:ホットスポット試験法、バイパスダイオード試験)

IEC 61730 太陽電池モジュールの安全適格性確認

(提案内容:端子ボックス充填材燃焼試験の要求事項、バックシートの部分放電試験)

(3) その他、審議を行なった規格は次のとおり。

IEC 60904-1、IEC 60904-2、IEC 60904-3、IEC 60904-5、IEC 60904-7、IEC 60904-8、IEC 60904-10

(4) 参加した IEC/TC 82 総会及び WG 2 会議は次のとおり。

2005年5月16日～5月20日:中国北京会議 IEC/TC 82 総会及び WG 2 会議

2005年12月5日～12月9日:IEC/TC 82/WG 2 米国アリゾナ会議

2006年4月3日～4月7日:IEC/TC 82/WG 2 スペインセビリア会議

2006年10月16日～10月20日:東京会議 IEC/TC 82 総会及び WG 2 会議

2007年5月7日～5月11日:IEC/TC 82/WG 2 カナダトロント会議

2007年10月8日～10月12日:IEC/TC 82/WG 2 ドイツティティゼー会議

2008年5月19日～5月20日:IEC/TC 82/WG 2 米国サンフランシスコ会議

2008年10月6日～10月10日:IEC/TC 82/WG 2 韓国釜山会議

2009年5月18日～5月22日:IEC/TC 82/WG 2 英国ラフボロ会議

2009年9月28日～10月2日:フランスエクスレバン会議 IEC/TC 82 総会及び WG 2 会議

標準化に係る調査以下の調査を実施した

多接合太陽電池持ち回り試験

CIS 関連評価技術の調査

太陽電池標準モード出力評価方法検討

長期信頼性評価技術標準化のための予備調査

2.4.3 IEA国際協力事業

VPVPS活動の目的 (国際協力活動と通じた PV の普及にむけた国際貢献)

- a)太陽光発電システムの可能性・価値に対するステークホルダーの認識を向上させる
- b)技術的・非技術的障壁の除去により、市場展開を促進する
- c)太陽光発電システムのコスト低減に貢献する
- d)非IEA加盟国との協力を促進させる

1). 実施協定の調印 (1993年3月)

NEDOが実施協定の日本国締結者として外務省から工業技術院を通じて指定。

NEDO 太陽技術開発室長(現 NEDO 新エネルギー技術開発部長)が実施契約締結者として調印。

*実施協定の業務は“太陽光発電研究開発事業”として位置づけられ、その観点で活動が推進された。

2). 各タスクの内容

表2. 4. 3-1各タスクの内容

タスク1	PV システムに関する情報交換と普及(広報)	継続
タスク2	PV システムとサブシステムの運転性能、保守及び評価 (データベース)	終了:タスク 13 に移行
タスク3	独立形及び離島用 PV システムの利用(タスク区のハード版)	終了:タスク 11 へ移行

タスク8	大規模太陽光発電に関する調査研究(タスクVIの発展的タスク)	フェーズ4延長 承認 2009 年ス タート
タスク9	PV 技術の普及:発展途上国との協力(タスク3のソフト版) [途上国 における太陽光発電サービスに名称変更:承認済]	2009 終了予定
タスク10	都市規模での系統連系 PV の応用	2009 終了予定
タスク11	PV ハイブリッド・ミニグリッド	2006 開始
タスク12	PV に係わる健康、安全、環境(HS&E)	2007 年新設

タスク13(長期信頼性)、タスク14(電力系統における普及の課題)が2010年開始予定

3). PVPS運営の経緯

3). 1 1994年～1999年

技術開発協力事業として活動するため、NEDOは各タスクのワークプランに応じた活動推進部隊の構築が必要として業務委託を実施した。

当初太陽光発電技術研究組合(PVTEC)が民間の技術開発力能力を有機的・総合的に活用し、さらに国際的な研究協力・情報交換の核となりことから、NEDOから国際協力支援事務局業務を委託し推進した。

3). 2 1999年～2007年

上記PVTECへの一括委託を見直し、各タスク毎に公募により委託先を決定。

3). 3 2008年

NEDO内にてタスク8及びタスク11の運営・事務管理の実施。

3). 4 2009年

NEDOでプロマネの促進

4). 各タスクの成果

4)-1 タスク1: PV システムに関する情報交換と普及

主な活動予定

- a)日本の太陽光発電(政策、業界動向)に関する報告書の作成
Annual report, Survey report
- b)IEA PVPS 及び加盟国の太陽光発電に関する情報収集
Trend report,
- c)専門家会議をはじめとした国際協力活動(ワークショップ、学会発表等)の参加
EU-PVSE & PVSEC-18 における発表、ワークショップ開催・運営
- d)IEA PVPS ウェブサイト 維持管理
News letter 発刊

4)-2 タスク8: 大規模太陽光発電に関する可能性研究 (2009 年～2011 年)

日本がタスクの OA(運営責任者)を担う活動

参加国:8カ国

主な活動予定

- a) OA として活動の総括的技術管理および運営管理に責任を持ち、上部機構である ExCo(執行委員会)の決定事項を実施する。ワークプランの策定。
- b)タスク活動を実施するための海外専門家の召集と専門家会議の開催運営(年2回)
ExCo(年2回)に対して専門家会議の進捗報告
Status report, Annual report
- c)専門家会議に向けた資料作成
- d)国内外国際会議におけるタスク活動の普及(発表、ワークショップ等)

成果物:

フェーズ1(1999～2002)“Energy from the desert”2003年発刊

- フェーズ2(2003～2005)“Energy from the desert II”2006年発刊
 フェーズ3(2006～2008)“Energy from the desert III”2009年9月発刊
 *2006年 幕張、2007年 EU-PVSEC、PV-Hybrid,mini-grid 2008年 RE2008
 におけるワークショップ開催
 *2009年9月 ワークショップ開催(EU-PVSEC ドイツ)

4)-3 **タスク9** :開発途上国のための太陽光発電 (2004年～2009年)

参加国:12カ国

主な活動予定

- a) 専門家会議への参加(ドイツ)
 専門家会議に臨むに当たり国内作業部会(年3～5回)を構成し日本の課題について審議し、その準備・作業を実施する
- b) 国内作業部会の運営とタスク活動管理
 2006年 成果報告書の作成
- c) 海外 OA・専門家との情報交換

成果物:

- 日本ホスト開催 パネルディスカッション開催(JICA,NEDO)
 専門家会議(タイ)におけるワークショップ
 16回専門家会議 日本の国際協力紹介「シリアにおける水供給」プレゼン
 「日本の海外援助・国際協力による給水サービスのための太陽光発電システム」のデータまとめ(CD化)
 RE2008 韓国 “PV Projects for Water Services by Japanese Organization “ の発表

4)-4 **タスク10** :都市規模での系統連系 PV の応用 (2005年～2009年)

参加国:14カ国

主な活動予定

- a) 専門家会議参加およびワークショップ(米国)
 専門家会議に臨むに当たり国内作業部会(年3～5回)を構成し日本の課題とその準備作業を実施する
- b) サブタスクリーダーとして成果報告書の創出
- c) 国内作業部会の開催・運営
- d) 成果報告書のまとめ
- e) 海外 OA・専門家との情報交換

成果物:

- * [Analysis of PV system's value beyond energy by country and stakeholder]
 (report IEA-PVPS T-10-02 : 2008)
- * 都市規模での PV 導入に関する日本のアンケート実施とそのレポート作成
- * 「Urban BIPV in the New Residential construction Industry」
- * 「Community -Scale PV: Real Example of PV Based Housing and Public Developments」
- * 書籍 「Photovoltaics in Urban Plans and Developments」 2009 発刊

4)-5 **タスク11** (2006年～2011年)

NEDO 内部に国内委員会を設置。運営管理を実施

タスク11: PV ハイブリッド・ミニグリッド

参加国:12カ国

日本:Act25 と Act43 のアクティビティリーダーを担当

レポート完成は 2010 年。アンケート調査を次回専門家会議にて依頼

主な活動予定

- a) 専門家会議参加
 専門家会議に臨むに当たり国内作業部会(年3～5回)を構成し日本の課題とその準備作業を

実施する

b)サブタスクリーダーとして成果報告書の創出

国内作業部会の開催・運営

c)国内作業部会の開催・運営

d)成果報告書のまとめ

e)海外 OA・専門家との情報交換

4)-6 タスク12: PV の環境・健康・安全 (2007 年～2011 年)

日本はタスク12について今年から参加予定 (現在8カ国)

PV モジュールのリサイクル・リユース及び LCA の共通課題を日米欧が情報を共有しステークホルダーに発信する。

2. 4. 4 太陽光発電技術開発動向等の調査

1) 調査の内容

各種太陽電池技術、システム機器、系統連系技術、評価技術、標準化など太陽光発電に関する全分野の技術を網羅し、最新の技術開発動向について調査・分析した。また、欧州諸国、米国等に加え、アジア諸国等の新興国を対象に、太陽光発電に関する研究開発プログラム等について調査するとともに、各国の技術開発の方向性を探った。さらに、太陽光発電の研究開発・技術開発に携わる各国の主要な研究機関や研究プロジェクトの動向、研究体制を調査、分析した。

上記調査結果をもとに、諸外国における太陽光発電研究開発動向について比較を行い、分析した。

- ① 海外諸国の研究開発プログラムに関する動向調査
- ② 海外における最先端の太陽光発電技術研究開発及びシステム技術開発動向調査
- ③ 研究機関、研究体制の調査
- ④ 技術開発動向の比較・分析

2) 海外諸国の研究開発プログラムに関する動向調査の結果

アメリカ合衆国、欧州連合 (EU)、ドイツ、イタリア、スイス、フランスなどにおける太陽光発電の研究開発及び普及状況を調査し、各種太陽電池の研究開発戦略や開発動向をまとめた。

アメリカ合衆国では 2006 年 1 月、大統領による先端エネルギー計画 (AEI) が発表され、柱の一つとして「ソーラー・アメリカ計画 (SAI)」が据えられた。米国エネルギー省 (DOE) 省エネルギー・再生可能エネルギー局 (EERE) の主導により、SAI では目標を 5 年前倒しして、2015 年までに従来電力と競合できる発電コスト、5～10 セント/kWh を目指す。2009 年度太陽エネルギー研究開発予算は、前年度比 79%増の 1 億 3712 万ドルが充当されている。既に、「テクノロジー・パスウェイ・パートナーシップ (TPP)」、「PV モジュール・インキュベータ」、「次世代太陽電池プロジェクト」、「再生可能エネルギー系統連系技術開発 (RSI)」などの各種プロジェクトが実施されている。

2. 4. 5 太陽光発電技術開発戦略に関する調査

本調査は、2004 年 6 月に発表した NEDO のロードマップ (PV2030: 「2030 年に向けた太陽光発電ロードマップ」) の指針に基づき、2010 年以降にその実現に必要な具体的技術開発の内容について提言することを目的に行ったものである。

PV2030 では2030 年までに、太陽光の発電コストを火力発電並にすること (発電コスト7円/kWh) が、大きなターゲットである。2007 年に出された新エネルギー対策でも、CO2 の大幅削減に向けた技術として上記の火力発電並みの経済性を持つ高効率で低コストの太陽電池の利用を加速する技術開発の必要性が出されている。(経産省: 技術戦略マップ2007) 本調査はその目的に沿ったものである。太陽光発電技術は材料としてシリコン材料を中心に化合物材料から有機系材料まで多種類にわたり、又、システムや電力系統連系技術まで広範囲に広がっている。そのため具体的な調査は「太陽光発電技術開発戦略調査委員会」(親委員会)のもとに、技術分野別に、「薄膜シリコン分科会」、「結晶シリコン分科会」、「化合物系分科会」、「色素・有機系分科会」、「PV システム分科会」、「アセスメントツール分科会」の6つの分科会を設置し、各分野別に戦略調査を行い、親委員会で各分科会の調査内容を横断的に討議した。尚、アセスメントツール分科会では、発電コストから見た技術の評価を行うツールを開発した。

戦略作成にあたっては、各太陽電池がPV2030 に向けて研究開発を進めなければならない重要な技術項目を抽出し、それらについて「国内外の最新状況」を調査し、日本に位置付けを明確化するとともに「開発目標」「開発の課題」「開発の効果」について、短期（～2015年）、中期（～2020年）、長期（～2030年）に分けて調査・検討した。更に、親委員会では、分野別の調査研究を横断的に論議するとともに、各分科会に共通する課題も討議した。

IV. 実用化の見通し

1.1 太陽電池評価技術の研究開発

本研究の実用化は、開発した太陽電池評価技術が JIS 規格・IEC 規格等の標準に採用されて産業界に使用されること、および評価技術が普及して太陽電池開発・大量導入に貢献することを指す。

①新型太陽電池性能評価技術 (AIST)

JIS 規格・IEC 規格等の標準化に技術的に貢献するために、国内・アジア地域内および欧米との比較測定・技術協力等による評価技術普及と整合性確保が重要である。

②校正技術高度化 (AIST)

基準太陽電池セルについて、ソーラシミュレータ法による校正は、2 cm 角程度のシングルセルパッケージに限って、実用化されているが、厳密な意味では被測定太陽電池モジュールとの光学特性が一致していないことと、製造方法の難易度が高い。ソーラシミュレータ法によるマルチセルパッケージの一次校正による生産ラインにおける精度向上が実用化の課題である。また、基準デバイスの従来の校正の低コスト化手法の開発が課題である。高精度化に適していながら実現できていない絶対分光感度法が次世代校正技術と位置づけられるなか、世界最高級の校正を実現するための技術開発とその実用化が課題である。

③信頼性評価技術 (AIST/JET)

現行の規格ではふるい分けができないプレミアム（高信頼性）モジュールの評価・判別ができるようになり、日本製の太陽電池の優位性を海外へアピール可能となる。また、日本国内への設置ユーザーへの補助金への正当な判断基準となる。

1.2 発電量評価技術の研究開発

a) 発電量計算方式は、IEC61853 における発電量計算を実用化する方式として取りまとめ、ラウンドロビン実験データと共に計算プログラムを配布し、国内でのデファクトとする。

発電量計算方式は、モジュール温度測定方法の妥当性の検証で得られた成果と共に、JIS C 8953「結晶シリコン系太陽電池アレイ出力のオンサイト測定方法」の改訂に供する。住宅用太陽光発電システムの場合、オンサイトでアレイの中心付近を測定することが困難なケースが多々あるため、測定可能な箇所で代替測定できる方法を検討し、オンサイトでモジュール温度測定方法(指針)としてまとめる。

b) 分光日射等の気象データベースは、IEC61853-4(未審議)においてわが国からの標準データとして供与し、国際標準の発電量定格モードの策定に貢献する。

c) 発電量計算方式と気象データベースは、住宅用太陽光発電システムの竣工時検査として、年間発電量等の期間発電量を推定するのに用いる。

d) 分光日射量推定モデルと雲微物理改良型局地気象モデルは、わが国の分光日射の特性を表現するモデルとして用い、分光日射が付随しない大多数の日射観測データに分光日射情報を付加する推定方式とする。

1.3 PV 環境技術の開発

1.3.1 太陽光発電システムのライフサイクル評価に関する調査研究 [みずほ情報総研株式会社]

LCA 評価は、大きく分けて、以下の3点の目的で行われる

a) 開発する技術の環境性能を証明する

国や企業が技術を開発し、その普及を目指す場合には、その技術の環境性能の高さ・環境への貢献度を明確に示すことが求められる

b) 環境性能を高めるための技術開発項目を抽出する

優れた環境性能を実現するために、環境性能を高めるための開発ポイントを抽出していく必要がある

c) 環境性能の優れた技術の普及・促進に資する資料として

環境性能の高さが証明された製品であって高価な製品を普及・促進するためには、消費者への具体的かつ明確な製品環境情報の提供が効果的である

これらを太陽光発電システムで考えていくためには、下記4点の調査が今後必要となる。

(ア) 次世代型太陽電池への LCA の適用

次世代型太陽電池を導入した場合に、既存の太陽光発電に比べ、1kWh あたりの CO2 排出量などの指標が低くならないければ開発の意義は小さくなるため、次世代型の太陽電池に LCA を適用し、その環境性能を確認及び結果から環境負荷を低くするための開発項目を抽出することが必要となる。

(イ) 既存太陽電池の環境負荷低減を目指した技術開発項目の抽出

昨年度までの評価結果を活用し、既存の太陽光発電の環境負荷をより小さくするために必要となる技術開発方向性の抽出と技術開発による環境負荷低減効果の見積を行うことが必要となる。

(ウ) 太陽光発電の LCA 評価方法の標準化

今後、消費者へのさらなる普及・啓発を目指すためには、太陽電池メーカー各社が実際の自社製品の評価を行い、その結果をカタログなどで公開することが有効と考えられる。その場合、各社で評価の条件やデータ収集方法、LCA の算定方法・表現方法の統一を図っていくことが必要となる。

(エ) 海外の検討動向との整合／対応

すでに標準化へ向けて動いている IEA task12 など海外の LCA 評価方法に関する検討動向を整理し、これとの整合／対応を図る。

1.3.2 リサイクル性新型モジュール構造の開発 [昭和シェル石油]

実際の設置方法を想定した複数枚での屋外曝露試験やダンプヒート試験等の信頼性試験によって、本研究で提案し開発した新構造太陽電池モジュール（ガラス-ガラス・サンドイッチ（合わせガラス）構造の太陽電池モジュール）の耐久性や出力特性を評価する。設置上隣り合うモジュールの電氣的接続方法や端子箱の形状など、ガラス-ガラス・サンドイッチ（合わせガラス）構造のモジュールに相応しく、設置工事を簡略化できる接続方法を開発する。

また、ガラス-ガラス・サンドイッチ（合わせガラス）構造の CIS 系薄膜太陽電池モジュールの設置架台は、通常鋼材を折り曲げた架台や押し出し成形したアルミニウム製架台を使用することになる。このような実用的な架台との組み合わせで、本提案の太陽電池モジュールのたわみを評価することで、実用時に要求される耐久性を確保するために必要な、設置に関する条件を明確にする。必要であれば、対策を検討する。

製造コスト試算では、生産規模に応じた装置費と廃サンド処理費も検討する。また、モジュールリングコストをさらに削減するための技術開発も継続する。

1.4 標準化支援事業及び I E A 国際協力事業等

1.4.1 標準化支援

太陽電池モジュール・アレイ及び太陽光発電システム・周辺機器の標準化に関する調査研究と包括的太陽電池評価技術に関する標準化をあわせて記載する。

成果として上がった標準化案件は今後の太陽光発電産業の発展に寄与するものである。特に以下 3 点は太陽光発電が産業として拡大していくために重要である。

- (a) JIS C 8992(太陽電池モジュールの安全適格性確認:2009 年制定)はモジュールの安全性認証の根拠となるもので、導入が急増している日本におけるモジュールの安全性を担保する規格である。
- (b) IEC 62116(系統連系形太陽光発電システム用パワーコンディショナの単独運転防止機能の試験方法:2007 年制定)はパワーコンディショナの系統連系試験の基礎をなす規格であり、国際標準とすることでパワーコンディショナ産業の発展に寄与するものである。
- (c) JIS C 60904 シリーズの包括化は、セル・モジュールの測定関係における JIS と IEC 規格の体系的整合性をとることで、今後の日本からの国際標準への提案に道筋を開き、国際競争力の強化に資するものである。

今後の太陽光発電の大量導入を控え、必要となる主な標準化案件を記す。

(ア) 太陽光発電の安全性確保

モジュールの安全性の規格は制定されているが、パワーコンディショナについては、国際規格、JIS とも審議途中であり、早急な規格化が望まれる。また、モジュールについても、欧米において事故事例が報告されているため、IEC では安全性について強化する動きが目立ってきており、我が国としても対応が必要となっている。

- ・パワーコンディショナ安全設計標準
- ・太陽光発電システムの現地試験指針
- ・太陽電池アレイ設置・安全基準
- ・モジュールの更なる安全性対策（アーク対策他）
- ・モジュールの主要材料の標準化 等

(イ) 太陽光発電の評価方法

IEC 規格の体系に整合化させた、太陽電池セル・モジュール評価に係る JIS の新規整備は、国内規格と国際規格との相異からくる重荷を軽減し、我が国太陽電池産業の輸出入における競争力強化に資する。

- ・Si 型太陽電池（結晶系、アモルファス系）
- ・新型太陽電池（色素増感、有機薄膜、多接合、シリコン薄膜、CIGS 系、GaAs 系）
- ・集光型太陽電池
- ・太陽電池のオンサイト測定 等

1.4.2 I E A 国際協力事業

国際協力事業で得られた成果を普及促進戦略等に活用したい。具体的に以下の項目を推進する

- (a) 技術開発の促進
 - ・マーケットインの技術開発推進
 - ・技術標準への反映
- (b) 政策スキームの強化
 - ・cool earth 50、低炭素社会
 - ・京都メカニズムの実施支援
 - ・適切な法的スキームの推進
- (c) 普及政策
 - ・マーケティング活動および顧客の拡大推進
 - ・教育ツールの開発

(d) 市場投資の活性化

- ・国際金融機関等の活用
- ・プログラムのアプローチの提示

1.4.3 太陽光発電技術開発動向等の調査

欧州諸国、米国等に加え、アジア諸国等の新興国を対象に、太陽光発電に関する研究開発プログラム等について調査するとともに、各国の技術開発の方向性を探った。また、太陽光発電の研究開発・技術開発に携わる各国の主要な研究機関や研究プロジェクトの動向、研究体制を調査、分析し、その結果を毎年報告書にまとめた。

1.4.4 太陽光発電技術開発戦略に関する調査

戦略調査として以下の提言を行った。

- (a) 産学官の連携研究の推進と強化
- (b) 革新的な新概念の太陽電池の研究
- (c) 基礎研究の中核的拠点の強化
- (d) 国際協力
- (e) 人材育成

また、開発したアセスメントツールを用いて、立案する研究戦略の有効性などの検討に活用するとともに、色素増感や化合物系の新しい太陽電池についても、ツールの開発が必要と考えられる。

添付資料

太陽光発電システム共通基盤プロジェクト

発表論文リスト

出願特許リスト

太陽光発電システム共通基盤 論文発表リスト

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読の有無	発表年
1	菱川善博	産業技術総合研究所	太陽電池性能の測定技術 (IV特性測定技術)	太陽エネルギー 32巻6号 27~32頁		2006年
2	Y. Hishikawa (共著)	産業技術総合研究所	Solar cell efficiency tables (Version 28)	progress in photovoltaics 14巻5号 445~451頁		2006年
3	菱川善博	産業技術総合研究所	太陽電池性能の測定技術概論	太陽エネルギー 32巻5号 29~32頁		2006年
4	菱川善博	産業技術総合研究所	Precise characterization of the outdoor PV module Performance	Proceedings of the renewable energy 2006		2006年
4	猪狩真一	産業技術総合研究所	基準太陽電池校正システムの高度化	AIST Today Vol.17 No.2 22~23頁		2006年
5	Yoshihiro HISHIKAWA (共著)	産業技術総合研究所	TRANSLATION OF THE I-V CURVES OF VARIOUS SOLAR CELLS BY IMPROVED LINEAR INTERPOLATION	Proceedings of the 21st EUPVSEC		2006年
6	猪狩真一	産業技術総合研究所	太陽電池性能表示値のトレーサビリティとその信頼性	電機 702号 14~19頁		2007年
7	猪狩真一	産業技術総合研究所	基準太陽電池校正システムの高度化技術	OHM 2007年3月号 2~3頁		2007年
8	菱川善博	産業技術総合研究所	太陽電池性能の測定技術 (V各種太陽電池特性測定技術)	太陽エネルギー		2007年
9	菱川善博	産業技術総合研究所	太陽電池性能の測定技術 (VI分光放射照度測定技術)	太陽エネルギー		2007年
10	土井卓也 他	産業技術総合研究所	結晶系Si太陽電池セルへの順・逆方向電圧印加と発熱・破壊試験	太陽/風力エネルギー講演論文集 445~448頁		2007年
11	Yoshihiro HISHIKAWA (共著)	産業技術総合研究所	SPECTRAL RESPONSE MEASUREMENTS OF PV MODULES	Technical Digest of the PVSEC17		2007年
12	Yoshihiro HISHIKAWA (共著)	産業技術総合研究所	Performance Measurement Technologies for High-Efficiency Crystalline Silicon Solar Cells	Proceedings of ISES WSC		2007年
13	Yoshihiro HISHIKAWA (共著)	産業技術総合研究所	SPECTRAL RESPONSE MEASUREMENTS OF PV MODULES AND MULTI-JUNCTION DEVICES	Proceedings of the 22nd EUPVSEC		2007年
14	菱川善博	産業技術総合研究所	太陽電池性能の測定技術 (VIIIV特性補正技術)	太陽エネルギー		2008年
15	Yoshihiro HISHIKAWA (共著)	産業技術総合研究所	Solar cell efficiency tables (Version 32)	progress in photovoltaics Vol. 16 No. 5 P. 435~440		2008年
16	Yoshihiro HISHIKAWA (共著)	産業技術総合研究所	Solar cell efficiency tables (Version 33)	progress in photovoltaics Vol.17, Issue 1,		2008年

				P. 85~94		
17	Yoshihiro HISHIKAWA (共著)	産業技術総合研究所	REVISION OF THE STANDARD SOLAR SPECTRUM AND THE INFLUENCE ON THE PV PERFORMANCE MEASUREMENTS	Proceedings of RE2008		2008年
18	Yoshihiro HISHIKAWA et al.	産業技術総合研究所	Evaluation of the Translation of I-V Curves for Irradiance and Temperature from Indoor and Outdoor Measurements	Proceedings of the 33rd IEEE PVSC		2008年
19	猪狩真一	産業技術総合研究所	JIS C 8921 二次基準太陽電池モジュール	電機 721号 6~9頁		2008年
20	津野裕紀 他	産業技術総合研究所	各種太陽電池モジュールの屋外における利得・損失量の定量解析	太陽/風力エネルギー講演論文集		2009年
21	猪狩真一	産業技術総合研究所	太陽光発電システムの実用化と標準化動向:太陽電池の性能評価	標準化と品質管理 62巻12号 4頁~12頁		2009年
22	吉野純・野村俊夫・片山純・木下佳則・安田孝志	岐阜大学	メソ気象モデルMM5によるピンポイント24時間降水量予測の精度について	水工学論文集, Vol. 51, p. 325-330	有	平成20年3月
23	橋本潤, 宇佐美景子, 小林智尚, 吉野純, 安田孝志	岐阜大学	大気放射モデルSMARTS2と局地気象モデルMM5による全天候型分光日射推定モデルの提案	太陽エネルギー, VOL. 34, No. 4, pp. 57-64	有	平成20年8月
24	Jun HASHIMOTO, Keiko USAMI, Tomonao KOBAYASHI, Jun YOSHINO, Takashi YASUDA	岐阜大学	A direct beam and diffuse solar irradiance forecasting model based on a meteorological model	ISES Solar world congress AP 2008, 10p	有	平成20年11月
25	H. Yoshida	岐阜大学	Cloud particle characterization from multiple scattering images of LIDAR	CEReS International Symposium and SKYNET Workshop	有	平成20
26	Jun Hashimoto, Koji Saito, Tomonao Kobayashi, Jun Yoshino, Takashi Yasuda, Akihiko Itagaki, Tomohisa Yamada, Yasuharu Saito	岐阜大学	Spectral solar irradiance estimation with meteorological parameters	ISES Solar world congress 2009, pp. 86-95	有	平成21年10月11-14日
27	吉野純, 野村俊夫, 安田孝志	岐阜大学	降水量予測精度向上のための位置誤差修正法に基づくレーダーデータ同化システムの開発	水工学論文集, Vol. 52, p. 379-384	有	平成21年3月
28	吉野純, 飯田潤士, 安田孝志	岐阜大学	紀伊半島に上陸する可能最大級台風に伴う降水量の地球温暖化による変化	水工学論文集, Vol. 53, (印刷中)	有	平成22年3月
29	Tetsuyuki Ishii, Kenji Otani, Takumi Takashima	産総研	Effects of solar spectrum and module temperature on outdoor performance of photovoltaic modules in round-robin measurements in Japan	Progress in Photovoltaics: Research and Applications	有	2009年
30	Tetsuyuki Ishii, Takumi Takashima,	産総研	Long-term performance degradation of various kinds	Progress in Photovoltaics:	有	2009年

	Kenji Otani		of photovoltaic modules under moderate climatic conditions	Research and Applications		
31	Tetsuyuki Ishii, Kenji Otani, Takumi Takashima, Shinji Kawai	産総研	Estimation of the maximum power temperature coefficients of PV modules at different time scales	Solar Energy Materials & Solar Cells	有	2009年

太陽光発電システム共通基盤 特許出願リスト

番号	出願者	出願番号	国内 海外 PCT	出願日	状態	名称	発明者
1	産業技術総合研究所	特願 2006-273550	国内	2006年10月5日	審査請求	ソーラシミュレータ	猪狩真一
2	産業技術総合研究所	特願 2006-309113	国内	2006年11月15日	審査請求	光束の拡がり角測定装置	猪狩真一
3	産業技術総合研究所	12/513301	米国	2007年11月6日	出願	ソーラシミュレータ	猪狩真一
4	産業技術総合研究所	102007018 825.2	独	2007/04/20	出願	ソーラシミュレータ	猪狩真一
5	産業技術総合研究所	11/748141	米国	2007/05/14	出願	ソーラシミュレータ	猪狩真一
6	産業技術総合研究所	特願2007-315385	国内	2007年12月6日	出願	太陽電池モジュールの温度制御システム	猪狩真一 小椋文雄
7	産業技術総合研究所／ 相馬光学	特願 2008-212493	国内	2008年08月21日	出願	絶対分光放射計	猪狩真一 大倉 力
8	昭和シェル	特願 2007-124590	国内	2007/05/09	出願		
9	昭和シェル	特願 2007-125263	国内	2007/05/10	出願		
10	昭和シェル	特願 2007-126634	国内	2007/05/11	出願		
11	昭和シェル	特願 2007-304438	国内	2007/11/26	出願		
12	昭和シェル	特願 2007-297603	国内	2007/11/16	出願		