

太陽電池モジュールの信頼性向上と 試験法開発に関するコンソーシアム研究

— 「高信頼性太陽電池モジュール開発・評価コンソーシアム」の運営 —

増田 淳^{1*}、井川 奈々子²

太陽電池モジュールの信頼性向上と長寿命化、さらにはモジュール寿命を正確に評価可能な試験法の開発を目的として、モジュール部材メーカーを中心に延べ90以上の機関が参画した「高信頼性太陽電池モジュール開発・評価コンソーシアム」の設立経緯と運営方針について紹介する。競合する企業を含む多数の機関が参画するコンソーシアムが円滑に運営されるには、どのような点に留意すべきかを運営側の視点で解説する。

キーワード: 太陽電池モジュール、信頼性、コンソーシアム、部材メーカー、人材育成

Consortium style study on the development of highly reliable photovoltaic modules and acceleration test methods

– Management of the “Consortium Study on Fabrication and Characterization of
Solar Cell Modules with Long Life and High Reliability” –

Atsushi MASUDA^{1*} and Nanako IGAWA²

The “Consortium Study on Fabrication and Characterization of Solar Cell Modules with Long Life and High Reliability” was established by the National Institute of Advanced Industrial Science and Technology. The consortium has over 90 participating organizations, which are mostly module-material manufacturers. The purpose of the consortium is to improve reliability and lifetime of photovoltaic modules, and to develop acceleration test methods for accurate assessment of module lifetime. This paper details the establishment procedures and management policies of the consortium, with particular focus on resolving competing interests among the participants, as viewed from the perspective of the secretariat.

Keywords: Photovoltaic module, reliability, consortium, material manufacturer, human resource cultivation

1 コンソーシアム設立の経緯

太陽光発電のコスト低減には、高効率化や製造コスト低減に加えて、信頼性向上・長寿命化による生涯発電量の増加が欠かせない。太陽電池モジュールの信頼性・寿命を決めているのは、太陽電池セルの電極ならびに配線材、バックシート、封止材、端面シール材、ポッティング材等のいわゆるモジュール周辺部材である。図1に太陽電池モジュールの断面構造図を示す。配線材は太陽電池セルの表面側の電極と裏面側の電極を交互に半田付けで接続する役割

を果たす。バックシートは、モジュールを外界の水分浸入から守る役割を果たすと同時に、電氣的絶縁性の維持、機械的強度の保持にも役立っている。封止材はセルの周辺を強固に固め、破損を防ぐ役割を果たす。端面シール材やポッティング材は、バックシート同様、モジュールを外界の水分浸入から守る役割を果たす。一方で、図1の枠内に示すように、太陽電池モジュールを長期に屋外で曝露するにつれ、これらの部材に起因した劣化が生じ、発電性能の低下に結びつく場合もある。したがって、太陽電池の信頼

1 産業技術総合研究所 太陽光発電工学研究センター 〒305-8568 つくば市梅園 1-1-1 中央第2、2 産業技術総合研究所 イノベーション推進本部産学官連携推進部 〒305-8568 つくば市梅園 1-1-1 中央第2

1. Research Center for Photovoltaic Technologies, AIST Tsukuba Central 2, 1-1-1 Umezono, Tsukuba 305-8568, Japan * E-mail: atsushimasuda@aist.go.jp, 2. Collaboration Promotion Division, Research and Innovation Promotion Headquarters, AIST Tsukuba Central 2, 1-1-1 Umezono, Tsukuba 305-8568, Japan

(現所属: 1 産業技術総合研究所 太陽光発電研究センター 〒305-8568 つくば市梅園 1-1-1 中央第2、2 産業技術総合研究所 企画本部 〒305-8560 つくば市梅園 1-1-1 中央第1; current affiliation: 1. Research Center for Photovoltaics, AIST Tsukuba Central 2, 1-1-1 Umezono, Tsukuba 305-8568, Japan, 2. Planning Headquarters, AIST Tsukuba Central 1, 1-1-1 Umezono, Tsukuba 305-8560, Japan)

Original manuscript received January 16, 2015, Revisions received July 12, 2015, Accepted August 4, 2015

性向上・長寿命化のためには、太陽電池メーカーとこれらの部材を製造している化学メーカーや部材メーカーの知見を結集し、物理学、化学、電気・電子工学、材料科学等の幅広い知識をもとに、劣化を抑止可能な材料開発からモジュールの組み立てに至るまで、多くの段階での研究開発が必須となる。そこで、独立行政法人産業技術総合研究所（当時、現在は国立研究開発法人産業技術総合研究所、以下、産総研と略す）太陽光発電研究センター（当時、その後、太陽光発電工学研究センターを経て、現在は再び太陽光発電研究センターに改称）では、太陽電池モジュール部材を現に扱っていたり、当該分野への進出を計画していたりする国内の化学メーカー、部材メーカーを中心としたコンソーシアムを創設し、太陽電池メーカーとの緊密な連携の上に研究開発を推進することを企画し、平成 20 年度下期から研究センター内で準備を開始した。この背景には、本コンソーシアムの設立を企画した平成 20 年当時は、モジュールの試作・評価を行える大学や公的研究機関が国内になかったため、ドイツの Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (Fh-G ISE) やオランダの Energy research Centre of the Netherlands (ECN) まで社員や部材を送らないとモジュール部材の有効性検証ができないので、試作・評価ラインを国内でも整備してほしいとの化学メーカー、部材メーカー等からの要望があった。もちろん、国内太陽電池メーカーでの検証も考えられるが、新規部材の検証にはなかなか応じてもらえないとともに、検証した場合でも結果が開示されなかったり、良い結果が出たとしてもその太陽電池メーカーとしか組めなかったりなど、

化学メーカーや部材メーカーにとっては好ましい条件でない場合が多かった。もう一つの背景として、大学や公的研究機関での太陽電池の研究は、いわゆる前工程であるセルの研究一辺倒であり、モジュール工程等のいわゆる後工程の研究が当時はほとんど行われておらず、太陽電池メーカーが社内でノウハウとしてきたモジュールの信頼性に関して、科学的知見に基づき学術的に体系化していきたいという産総研の意図があった。

コンソーシアムメンバーは、これ以前に太陽光発電研究センターで実施していた「フレキシブル太陽電池基材コンソーシアム」^[1]の経験を活かして、公募により広く集めることとした。公募説明会を平成 21 年 2 月 2 日に東京で開催し 168 名の参加者を、同年 2 月 17 日に福岡で開催し 117 名の参加者を得た。福岡で公募説明会を開催したのは、産総研九州センターで平成 22 年 10 月から運用開始する太陽電池モジュール試作・評価一環ラインを用いて研究の一部を実施する計画にしていたためである。公募説明会を通じて本コンソーシアム設立に興味をもった参加者とは後日個別に面談の機会を持つこととした。面談をしたコンソーシアム参加候補者 101 名を一堂に集め、平成 21 年 5 月 28 日に都内で設立準備会を開催した。設立準備会では、コンソーシアムの理念や運営方針等を説明し、候補者全員で意見交換と懇親の場を持った。同年 7 月 9 日には、つくばで第 2 回設立準備会を開催し、コンソーシアム参加が正式に確定した機関から 90 名が参加した。コンソーシアムは「高信頼性太陽電池モジュール開発・評価コンソーシアム」と命名され、参加機関（民間企業 31 社）、連携機関（太陽

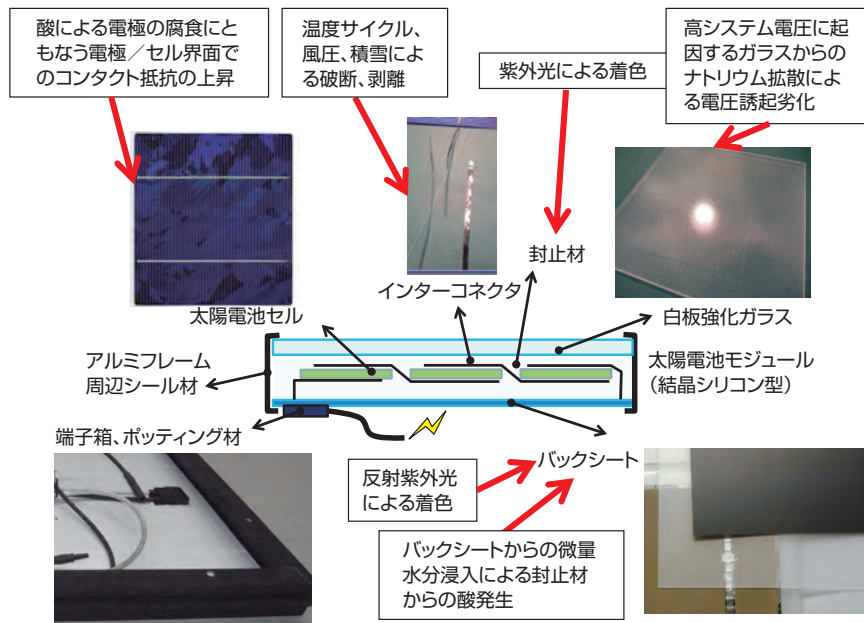


図 1 太陽電池モジュールの断面構造図
枠内にはモジュール部材に起因した劣化要因を示す。

光発電技術研究組合)、協力機関9機関の参加を得て、平成21年10月1日に正式に発足した(途中加入により、最終的には第I期の参加機関は民間企業33社、協力機関は10機関となった)。

同年10月21日には、経済産業省の鈴木正徳産業技術環境局長(当時)、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(現在は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構)の植田文雄理事、太陽光発電技術研究組合の桑野幸徳理事長(当時)を来賓にお招きし、産総研の野間口有理理事長(当時)出席のもと、都内で発足式を開催した。

参加機関の会費(共同研究費)は一律500万円/年度とした。参加機関は1名以上の共同研究員を産総研に派遣するものとしたが、常駐は義務付けず、研究の進捗に応じて産総研に随時来所し実験を行うこととし、研究員派遣に柔軟性を持たせた。研究員を常駐させるのは困難との参加機関側の事情を汲むと同時に、産総研が所有する研究装置や産総研側スタッフ数の制約があり、31社からの派遣研究員全員が産総研に常駐し毎日実験することが現実的でなかったとの事情もある。また、太陽電池モジュールの信頼性に関しては、コンソーシアム発足前から太陽光発電技術研究組合との強固な連携の下に研究開発を進めていくとの合意が形成されていたこともあり、太陽光発電技術研究組合は連携機関と位置づけ、参加機関は同組合の組合員となることをコンソーシアム参加の要件とした。さらに、直接研究に従事するわけではないが、部材・装置、分析手法の提供、太陽電池モジュールに関するさまざまな知見の提供等によりコンソーシアム研究の進展に協力を依頼するメンバーを協力機関と定義した。協力機関には共同研究費の支払いは求めないものの、必要に応じて共同研究員の派遣は求めた。

この論文で紹介する内容は、コンソーシアム設立と運営に関わる事項を中心とする。コンソーシアムの具体的な研究成果事例については、第6章に一部を紹介するに留め、コンソーシアム期間中に計3回開催した公開の成果報告会で配布した成果報告書^{[2][4]}ならびに成果報告書中にリストを記載している発表文献等を参照されたい。

2 コンソーシアムの理念と運営方針

コンソーシアムにとって何よりも大切なのは理念を掲げ、それに従った方針に基づき、ぶれずに運営することである。本コンソーシアムでは、産総研が提供する技術プラットフォームを用いて研究開発を行い、太陽電池モジュールの信頼性・寿命を大幅に改善し、発電コストの大幅低減と独創的な技術を創出することを基本理念とした。この理

念に従い、コンソーシアム参加機関によるオープンイノベーションの実現を図った。より具体的な運営方針としては、コンソーシアムで得られた研究成果は公開を原則とし、特許取得よりも論文や学会での発表を重視した。また、前述のように、モジュール化技術やモジュールの信頼性に関しては、これまであまり学術的な検討が行われてこなかったことを踏まえ、第4章で述べる第II期コンソーシアムのA会員の研究では、学術的かつ体系的な研究データを取得することを目的に、基盤研究に徹することとした。このような方針を実現するためにも、参加機関間の営利的な利害をコンソーシアムの場に持ち込むことは厳に戒めることとした。

上述の理念ならびに運営方針に基づき、共同研究契約と運営規程を策定した。策定は産総研だけで行うのではなく、コンソーシアム参加機関から有志を募り、産総研の産学官連携推進部門(当時、現在はイノベーション推進本部産学官・国際連携推進部)、知的財産部門(当時、現在はイノベーション推進本部知的財産・標準化推進部)、太陽光発電研究センターの研究者、参加機関からの有志で、半月に1回程度の頻度で議論を重ねた。共同研究契約と運営規程の策定に参加機関も関わったことが、有志として関わった参加機関のみならず、参加機関全体と産総研の間の信頼感を醸成する上で重要な役割を果たしたと考えられる。策定に関わった参加機関からの有志の大半は、コンソーシアム発足後、運営委員会幹事として、コンソーシアム草創時の迷走状態において、月に1回の頻度で開催された幹事会に臨み、数々の困難を産総研スタッフとともに解決した。運営規程では、運営委員会、技術諮問委員会、発明審査委員会等、コンソーシアムを構成する各種委員会についても定義している。とりわけ、10名程度の委員から構成される技術諮問委員会からは、コンソーシアムの理念に基づいた研究の方向性に関して貴重な助言があり、コンソーシアム草創期の運営に欠かせない役割を果たした。技術諮問委員は、太陽電池メーカー、装置メーカー、部材メーカー、大学、産総研のいずれかに所属する者から選出し、特に太陽電池メーカーが蓄積している技術的知見を、部材メーカーが中心のコンソーシアム参加機関の研究に反映させることにより、部材メーカーがより多角的な視点で研究を推進できるよう心掛けた。なお、運営規程に関しては、文献[4]に全文を公開している。

3 第I期コンソーシアムの運営

第I期コンソーシアムは、平成21年10月1日～平成23年3月31日の1年半の契約期間で発足した。発足当初のコンソーシアム運営は困難を極めた。その理由はさまざまあるが、産総研側の責に帰することとしては、産総研自体が

モジュールの研究をほとんど行った経験がなかったため、参加機関に対して十分に指導的な役割を果たせず、ほとんど手探り状態で日々の研究活動を行っていた点にある。また、産総研側スタッフも本コンソーシアム設立間近に新たに加わった者が多く、スタッフ間のコミュニケーションもうまく取れなかった点も挙げられる。一方で、参加機関側の課題としては、参加機関による温度差が挙げられる。すでに太陽光発電業界でビジネスを行っているメンバーもいれば、当時盛況を呈していた本業界での機会をうかがうため、ほとんど何の知識も持たずに参加したメンバーもいる。後者のメンバーに関しては、研究が行き詰まった場合に、産総研が解決策を与えるのを待つ姿勢も見受けられた。共同研究とは本来両者が共同で解決策を編み出すものであるが、コンソーシアム発足当初にそのような方針を明確化できていなかったことは反省点でもある。

コンソーシアムにおける発明に関しては、後述のように発明の件数自体が少ないこともあり、発明審査委員会の開催に至るようなメンバー間の意見の対立が生じたことは一度もなかった。全参加機関が同一の契約文書を締結し、同じ立場にあるコンソーシアムでは、他の機関と同じ振る舞いをすべきとの意識が働くこともあり、一対一の契約よりも発明に関するトラブルが生じにくいのではないかとの感もある。一方で、学会や論文での成果の対外発表に関しては、参加機関による文化や戦略の違いに基づく温度差があり、積極的な参加機関もあれば消極的な参加機関もあったことは否めない。

第Ⅰ期コンソーシアムも開始後半年程度を経ると、一部の研究員の間では、コンソーシアム全体としての活動に積極的に関わっていきこうという機運がようやく盛り上がってきた。それが、「共同研究テーマ調査」であり、各参加機関の短期的利益には直結しないが業界全体の課題解決に繋がるテーマを募集し、コンソーシアム全体から有志を募ってそのテーマについて共同で調査を実施するものである。具体的な調査内容は、1)「モジュール封止部材の物性がモジュール性能に及ぼす影響調査」、2)「PVモジュールの故障・劣化の実態」、3)「新モジュール試験法の開発」、の3テーマであり、それぞれ産総研の研究者が主査を務めた。調査結果については技術諮問委員会での意見交換を経て、比較的短期間で研究を開始可能なテーマ2)については直ちに着手し、テーマ1)とテーマ3)については第Ⅱ期コンソーシアムで研究を開始することとした。テーマ2)には11名の研究員が参加し、計12回の会合で研究成果を持ち寄り、議論を深めた。第Ⅰ期成果報告書327ページの1/3以上の紙面を割いて、その結果が詳細に報告されていることから、この共同研究テーマ調査がコンソーシ

アムの土台を固めるのに大きな役割を果たしたことがうかがえる。また、共同研究テーマ調査を実施することが、参加機関側からの提案であったことも特筆すべきことである。

4 第Ⅱ期コンソーシアムの設立

第3章で述べたように、第Ⅰ期コンソーシアムでは未着手のテーマも含めて、3つの共同研究テーマを見つけることができたことにより、著者の中では第Ⅱ期コンソーシアムの構想が練られていった。つまり、参加機関全体で成果の共有が容易な基盤的な研究課題である上記テーマに従事することを軸としたA会員と、自社開発製品であるモジュール部材の有効性を検証することを軸としたB会員にコンソーシアム会員を区分するというものである。

A会員の活動は自社の短期的利益には直結しないものの、太陽電池モジュールの信頼性に関する基盤的な研究成果を生み出すものであり、学界、産業界の双方に貢献するものである。基本的には第Ⅰ期コンソーシアムの「共同研究テーマ調査」に掲げた3テーマを引き継いだ3つのコアテーマに従事する。表1にA会員が従事する3つのコアテーマの研究内容を示す。A会員の研究は太陽光発電業界全体に貢献するものであるため、当然のことながら、A会員の会費は、B会員の会費よりも安価の200万円/年度に設定した。また、コンソーシアム全般を通じた継続的な研究活動を保証する意味でも、A会員のメンバーは3年間の第Ⅱ期コンソーシアムの期間を通じて新規メンバーを加えず、途中の脱退も認めないこととした。また、A会員には特別会員制度を設け、会費を免除するとともに、太陽光発電技術研究組合の組合員であるとの要件を外すこととした。これには次のような理由がある。一つ目は、モジュールメーカーや関連団体を特別会員として会費を免除することにより、これらの参加機関のコンソーシアムへの積極的関与が期待できることである。第Ⅰ期コンソーシアムでは、部材メーカーを中心とするコンソーシアムメンバーと太陽電池メーカーの関連が薄いことが指摘されていたが、この課題を解消することを目的とした。二つ目は、基盤的な研究を行うA会員に学界の知見を取り込むため、会費を免除することで大学等の積極的な関与を得るためである。また、特別会員制度を設けたことで、太陽光発電技術研究組合の組合員でない一部の太陽電池メーカーや大学等がA会員として参加できる道が拓けた。

一方で、B会員の会費に関しては、基本額を300万円/年度に設定し、試作数に応じた額(従量制料金)を加算することとした。第Ⅰ期コンソーシアムでは全参加機関500万円/年度の同一の会費としていたが、平均的な活動に従事するB会員の会費が概ね第Ⅰ期コンソーシアムの会費と

表1 A 会員が従事する3つのコアテーマの研究内容

テーマ番号	テーマ名	テーマ概要	研究開発のポイント
1	長期曝露モジュールの詳細調査	長期曝露を経たモジュールの破壊分析あるいは設置中モジュールの調査を通じて、モジュール不良・不具合の発生状況、発電性能の劣化状況を解析する。	<ul style="list-style-type: none"> ・長期曝露モジュールの破壊試験を通じて劣化・不良要因を部材レベルでミクロに調査分析 ・メガソーラーに設置中モジュールの不良・不具合事例の収集
2	テストモジュールによる劣化因子の明確化	劣化箇所が可視化可能なモジュールや故意に劣化因子を含むテストモジュールならびにセンシング技術を開発し、モジュール性能劣化因子を明確化する。	<ul style="list-style-type: none"> ・劣化箇所が可視化可能なテストモジュール、劣化因子を含むテストモジュールの開発 ・劣化状況を把握できるセンシング技術の開発 ・劣化因子の評価を通じた、モジュール部材ならびに構造に対する要求特性の明確化
3	新規信頼性試験法の開発	コアテーマ 1、2 の成果も踏まえ、新規信頼性試験法を開発する。	<ul style="list-style-type: none"> ・主要な劣化因子を複合化させた加速試験法や高加速試験による試験時間の短縮等、新規信頼性試験法の開発 ・新規信頼性試験装置の開発 ・開発成果の規格・標準への反映

同額となるように従量制料金を設定した。第I期コンソーシアムではメンバー間の温度差が課題であったと述べたが、参加機関それぞれコンソーシアムへの参加目的も期待も異なることが温度差を生み出すように思われた。第I期においてはこの温度差を完全に解消するには至らなかったが、第II期において、A会員の基盤研究と、B会員の短期的な開発研究に大まかに研究目的を区分することが、温度差の解消に大いに役立つものと思われる。また、従量制料金に基づいた会費設定も、メンバー間の温度差や不公平感の解消に役立つものと思われる。

さらに、年に4回開催される技術交流会への参加を経て、当該分野の知見を習得し、自社内での開発あるいはB会員への参加に繋げていくようなC会員制度を設けた。技術交流会では外部の専門家に講演を依頼するとともに、公知になる前のA会員の成果を聴講できることとした。実際に運営してみると、技術交流会には平均すると100名程度が参加し、A会員、B会員、C会員、協力機関、技術諮問委員等、コンソーシアム全メンバーの交流の場としての役割も果たすことができた。C会員は50万円/年度の会費設定とし、会費の障壁を低くすることで参加を容易にした。さらに、大学や公的研究機関がC会員に参加する場合の年会費は無料とし、本分野の裾野が一層広がることを期待した。また、C会員は本コンソーシアムの活動に参加するものの、A会員やB会員の研究活動の内容と比べて知的財産の創出に至る可能性が低かったため、A会員やB会員と同等の詳細な共同研究契約を締結することの是非についてはさまざまな議論がなされた。結果的に、知的財産の創出は有り得ないとの解釈を確認しつつ、知的財産に関する条項を大幅に簡略化した共同研究契約を締結するこ

とで、契約関係の保持と円滑な参加体制の確保を両立した。また、第I期コンソーシアム同様、部材・装置、分析手法の提供、太陽電池モジュールに関するさまざまな知見の提供等を通じて、コンソーシアムの研究開発の加速に貢献する協力機関の制度も設けた。A会員、B会員、C会員の主な役割と参加条件を、第I期コンソーシアムの参加機関と対比して、表2に示す。

なお、第II期コンソーシアム設立に際しては、幅広く有識者の知見も取り入れるため、第I期コンソーシアムメンバーの有志と外部有識者から構成される企画委員会を設置し、平成22年8月31日、10月5日、10月28日の3回にわたり、比較的短期間で集中的な意見交換を行った。著者の上記素案をもとに、3回の企画委員会での有識者等の意見も取り入れ、第II期コンソーシアムの骨子、理念を形成し、公募要領に反映した。第II期コンソーシアムの公募説明会は、平成22年12月16日に都内で、同年12月17日に佐賀県鳥栖市で開催し、それぞれ158名ならびに76名の参加者を得た。最終的には第I期コンソーシアムメンバーを上回るA会員19機関、B会員20機関、C会員27機関、協力機関15機関が参加し（機関数は発足時）、平成23年4月1日に第II期コンソーシアムが発足した。

表3に第I期、第II期を通じた全コンソーシアムメンバーのリストを示す。

5 第II期コンソーシアムの運営

第II期コンソーシアムは、平成23年4月1日～平成26年3月31日の3年間の契約期間で発足した。第II期コンソーシアム発足直前の平成23年3月11日に発生した東日本大震災により、産総研つくばセンターに設置していた実

表2 第I期コンソーシアムの参加機関ならびに第II期コンソーシアムのA会員、B会員、C会員の主な役割と参加条件の対比

	第I期参加機関	第II期A会員	第II期B会員	第II期C会員
コンソーシアムでの主な役割	<ul style="list-style-type: none"> 各参加機関が定めたテーマ、目標に従って、基本的には個々に研究を進めるが、研究成果に関しては月次研究会で情報共有する。 	<ul style="list-style-type: none"> 複数のA会員と産総研がグループを形成し、共同でコアテーマ研究を実施する。テーマ毎にグループを形成するが、グループ間で情報を共有する。 役割分担はメンバー確定後に産総研と協議の上、決定する。 モジュールメーカー、標準化に関連する団体、大学・公的研究機関を特別会員と定義する 派遣研究員は産総研でのコアテーマ研究に、協議の上定める比率以上で従事するものとするが、別途費用を支払えば、B会員としての研究課題に従事することも認める。 特別会員については従事率の規程を定めない。 	<ul style="list-style-type: none"> 産総研との個別契約で提案者が所有する部材を用いたモジュール試作・評価を実施する。 必要に応じて、産総研の仲介のもとに他のB会員と連携して共同研究を実施する。 要望があればモジュールメーカーとの連携を産総研が仲介する。 	<ul style="list-style-type: none"> 技術交流会（クローズで運営、公知化される前のA会員、B会員の成果ならびに公知情報を提供）に参加する。
基本参加費	<ul style="list-style-type: none"> 500万円／年度 平成21年度から平成22年度までの複数年度契約 	<ul style="list-style-type: none"> 200万円／年度（ただし特別会員は無料） 平成23年度から平成25年度までの複数年度契約 B会員としての研究課題にも従事する場合の追加基本参加費は100万円／年度（ただし特別会員は300万円／年度） 	<ul style="list-style-type: none"> 300万円／年度 単年度契約 	<ul style="list-style-type: none"> 50万円／年度（ただし大学、公的研究機関は無料） 単年度契約
試作・評価に要する費用	<ul style="list-style-type: none"> 基本参加費に含まれる。 	<ul style="list-style-type: none"> A会員としての研究課題に従事する場合は基本参加費に含まれる。 B会員としての研究課題にも従事する場合は、試作・評価内容（サイズ、数量、占有時間等）を勘案し、従量制で設定する。 	<ul style="list-style-type: none"> 試作・評価内容（サイズ、数量、占有時間等）を勘案し、従量制で設定する。 	<ul style="list-style-type: none"> 該当しない。
産総研との契約	<ul style="list-style-type: none"> 共同研究契約を締結する。基本参加費、人頭経費は共同研究費として産総研に支払うものとし、支払い時期・方法については共同研究契約の定めに従う。 	<ul style="list-style-type: none"> 共同研究契約を締結する。基本参加費、追加費用、人頭経費は共同研究費として産総研に支払うものとし、支払い時期・方法については共同研究契約の定めに従う。 	<ul style="list-style-type: none"> 共同研究契約を締結する。基本参加費、追加費用、人頭経費は共同研究費として産総研に支払うものとし、支払い時期・方法については共同研究契約の定めに従う。 	<ul style="list-style-type: none"> 共同研究契約を締結する。基本参加費は共同研究費として産総研に支払うものとし、支払い時期・方法については共同研究契約の定めに従う。
太陽光発電技術研究組合との関係	<ul style="list-style-type: none"> 太陽光発電技術研究組合への加入申請が必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> 太陽光発電技術研究組合への加入申請が必要である（ただし特別会員は必要としない）。 	<ul style="list-style-type: none"> 太陽光発電技術研究組合への加入申請が必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> 太陽光発電技術研究組合への加入申請を必要としない。

表 3 コンソーシアムに参加したメンバー

会員区分	機関名（五十音順）
第Ⅰ期参加機関	旭化成ケミカルズ、旭硝子、アルバック、エスベック、大倉工業、カネカ、クラレ、シーアイ化成、スリーボンド、積水化学工業、ソニーケミカル & インフォメーションデバイス(現・デクセリアルズ)、ダイキン工業、大研化学工業、ダイセル化学工業(現・ダイセル)、大日本印刷、DIC、デュボン、電気化学工業、東洋アルミニウム、東洋紡績（現・東洋紡）、東レ、東レエンジニアリング、凸版印刷、日産化学工業、日東電工、日立化成工業（現・日立化成）、富士フイルム、藤森工業、三井化学、三井・デュボンポリケミカル、三菱樹脂、三菱レイオン、リンテック
第Ⅰ期連携機関	太陽光発電技術研究組合
第Ⅰ期協力機関	エヌピーシー、菊水電子工業、Qセルズジャパン、コベルコ科研、Saes Getters S.p.A.、帝人デュボンフィルム、電気安全環境研究所、東レ・ダウコーニング、YOCASOL（現・ジャパンソーラーファクトリー）、レーザーテック
第Ⅰ期技術諮問委員選出機関	エスベック、カネカ、岐阜大学、産業技術総合研究所、シャープ、東レ、三菱重工業
第Ⅱ期 A 会員	アルバック、石川県工業試験場、エスベック、カネカ、ダイキン工業、大日本印刷、太陽光発電技術研究組合、長州産業、帝人デュボンフィルム、デュボン、電気安全環境研究所、東京エレクトロニクス、東洋紡績（現・東洋紡）、凸版印刷、日本電機工業会、日立化成工業（現・日立化成）、三菱電機、YOCASOL（現・ジャパンソーラーファクトリー）、立命館大学
第Ⅱ期 B 会員	旭化成、大倉工業、共同印刷、クラレ、信越化学工業、住友精化、ソニーケミカル & インフォメーションデバイス（現・デクセリアルズ）、ダイキン工業、大日本印刷、TANAKA ホールディングス、DIC、電気化学工業、東芝三菱電機産業システム、東洋アルミニウム、東洋紡績（現・東洋紡）、東レ、東レエンジニアリング、凸版印刷、日産化学工業、日東電工、日立化成工業（現・日立化成）、富士フイルム、三井・デュボンポリケミカル、リンテック
第Ⅱ期 C 会員	IHI、IMV、アイテス、岩崎電気、ウシオ電機、エーディーシー、オリックス、鹿児島県工業技術センター、神奈川科学技術アカデミー、金沢工業大学、北九州産業学術推進機構、九州電力、熊本県産業技術センター（くまもと有機薄膜技術高度化支援センター）、クラレ、恵和、佐賀県工業技術センター、佐賀県産業技術センター、佐賀大学、三永電機製作所、サンビック、シーアイ化成、住友化学、積水化学工業、千住金属工業、大研化学製造販売、DIC、デクセリアルズ、東京応化工業、東陽テクニカ、戸上電機製作所、日清紡ホールディングス、NEOMAX マテリアル、フジクラ、プリチストン、三井化学、三菱レイオン、村田製作所
第Ⅱ期協力機関	アイテス、エヌピーシー、オリックス・レンテック、菊水電子工業、Qセルズジャパン、コベルコ科研、Saes Getters S.p.A.、JFE テクノリサーチ、島津製作所、東レ・ダウコーニング、東レリサーチセンター、西川計測、NEOMAX マテリアル、富士電機、レーザーテック
第Ⅱ期技術諮問委員選出機関	エスベック、大阪大学、カネカ、京セラ、産業技術総合研究所、三洋電機、シャープ、ソーラーフロンティア、東レ、富士電機、ホンダソルテック、三菱重工業

験設備やインフラ等にも多大な被害が生じ、数ヶ月間は研究を行える状況ではなかった。また、第Ⅰ期コンソーシアム参加機関にも被災地に事業拠点を有する企業もあり、復旧が最優先された。このような事情もあり、第Ⅰ期コンソーシアムは半年間の延長を審議し、平成 23 年 4 月 12 日に余震等の混乱を避けるために産総研関西センターで開催した第Ⅰ期・第Ⅱ期臨時合同運営委員会で延長を正式決定した。したがって、第Ⅱ期コンソーシアムの最初の半年間は、実験室の復旧に追われるとともに、第Ⅰ期と第Ⅱ期のメンバーが入り乱れて研究を行うといういささか混乱した状況にあった。そのような中でも、つくばセンターの他に九州センターにも実験設備を設置していたことにより、研究への震災の影響が緩和され、危機管理の点からも有効であったと評価される。

第Ⅱ期コンソーシアムでは、自社開発部材の有効性検証を個別に実施する B 会員の研究内容に対しては、産総研はほとんど関知せず、自主性に任せた方が B 会員自身も研究を進めやすいのではないかと考え、産総研からの主体的な関与ではなく、B 会員が主体的に研究計画を策定・実施し、産総研は研究状況を踏まえて部材・装置、分析手法、その他知見の提供等を行った。その分、A 会員の研究に関しては、産総研が主導し、研究会も毎月 1 回の頻度で午

後半日を使って長時間にわたり開催し、データの解釈はもとより、研究の方向性についても細かくアドバイスした。しかし、時間の経過とともに、B 会員からも定期的な研究会を設けてほしいとの声が上がりが始め、数ヶ月に 1 回の頻度で研究会を開催した。競合する同業他社にデータが開示されることよりも、研究会での議論の有益性をコンソーシアム会員が認識してきた証拠であり、第Ⅰ期コンソーシアムを開始した頃から考えれば、隔世の感がある。なお、第Ⅱ期コンソーシアムでは、技術諮問委員会自体は開催しなかったものの、技術諮問委員は上記 A 会員ならびに B 会員の研究会のメンバーとし、研究の方向性に関して貴重なコメントを得るなど、第Ⅰ期コンソーシアムにも増してその重要性が認識された。技術諮問委員には主として太陽電池メーカーの研究者が従事し、これまでノウハウとしてきたことについても一部については積極的な議論が進んだことから、本コンソーシアムの目的の一つである化学メーカー、部材メーカーと太陽電池メーカーの真の意味での連携も進展したと考えられる。

6 外部発表と知的財産

研究成果は原則として公開するとのコンソーシアムの理念に基づき、論文、学会、展示会等で数多くの外部発表を行っ

た。第Ⅰ期コンソーシアムでの外部発表は、コンソーシアムの立ち上げ期間であったこともあり42件に留まったが、第Ⅱ期コンソーシアムでは152件（コンソーシアム終了時）にのぼった。学会や展示会で受けたコメントが研究を進捗させる上で大きなヒントとなったこともある。何より、参加機関から派遣されている若手研究員が英語での論文執筆や国際会議での発表を通じて研究者として成長するのを実感できた。人材育成でも大きな貢献を果たせたと考えている。

本コンソーシアムで得られた代表的な研究成果としては、以下のようなものが挙げられる。

第Ⅰ期コンソーシアムの成果

・屋外曝露モジュールの調査

158枚の長期屋外曝露モジュールを調査・分析し、封止材とセル表面の剥離箇所にナトリウムが蓄積していること^{[2][5]}や、インターコネクタの不良が主にセル裏面に生じていること^{[2][6]}を見出した。

・高加速試験法の開発

温度サイクル試験時の降温・昇温速度を加速することが、モジュールの物理的・機械的劣化の加速に有効であるとともに、試験中のインピーダンスの実時間観測が、劣化の予兆を見出すのに有効であることを見出した^[7]。

第Ⅱ期コンソーシアムの成果

・長期屋外曝露と加速試験の関連

長年の懸案となっていた長期屋外曝露と高温高湿試験の関係を、モジュール内酢酸量を指標として明確化し、国内での屋外曝露30年が温度85℃、相対湿度85%の高温高湿試験4000時間に該当することを見出した^{[4][8]}。この成果は、6th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion Best Paper Awardの受賞対象の一部となった。

・塩水噴霧と電圧誘起劣化の複合試験

塩水噴霧そのものではモジュールの発電特性に劣化は生じないものの、事前に塩水噴霧を行うことで電圧誘起劣化を促進するとの試験結果を得て、沿岸部で電圧誘起劣化が生じやすいとの事象を裏付けることができた^{[4][9]}。

・新規封止材の有効性実証

封止材にポリビニルブチラルを用いることにより、国際規格に定められた試験時間の15倍にあたる15000時間の高温高湿試験を経ても劣化が生じない薄膜シリコン太陽電池モジュールの開発に成功した^{[4][10]}。

・新規表面カバー部材の有効性実証

カバー部材にアクリル樹脂材料を用いたモジュールを

開発し、従来品のモジュールに比べて重量を半分程度に低減できたのみならず、火災試験ならびに各種信頼性試験に合格することを確認し、さらには電圧誘起劣化耐性にも優れることを実証した^{[4][11]}。

特許に関しては、第Ⅰ期コンソーシアム、第Ⅱ期コンソーシアムの期間を通じて、わずか2件しか出願していない^{[12][13]}。これは、部材の製法等、参加機関が重要視する技術に関してはコンソーシアム内で開示せずともよいとの方針を貫き、非競争領域での研究に徹した結果でもある。一方で、コンソーシアムで創出した特許は、コンソーシアム参加他機関の実施を妨げないとの規則も設けたため、実施例の一つにでもコンソーシアムの成果を挙げれば、その特許のすべてについて他機関の実施を妨げないことになり、その中には、競合する同業他社である他機関に実施許諾することなど到底考えられない製法に関する請求項が含まれることもある。このことに関しては、特許全体に対してコンソーシアム参加他機関の実施を妨げないのではなく、他機関の実施を妨げない範囲をコンソーシアムの研究成果に基づく請求項に限定するように共同研究契約ならびに運営規程の改正を図ることで解決を見た。一方で、参加機関の法務・知的財産部門からは、産総研と参加機関の一対一の契約が他機関の実施等に関して効力を発揮できるのかとの条文解釈上の疑問も投げかけられるなど、コンソーシアムの契約文書に関しては今後の課題とすることもあった。

7 コンソーシアム事務局

コンソーシアムは数多くの参加機関から構成されているため、各参加機関間の秘密保持の徹底が求められる。データはコンソーシアム事務局で一元管理し、各参加機関から得られたデータを明瞭に区分して保管し、アクセス権限も限定した。一方で、各参加機関の秘密保持を徹底しすぎると、コンソーシアムとしての一体感を保てなくなる。このバランス感覚を保つことは極めて難しいが、研究が進むにつれておのずと醸成される信頼感により、参加機関間での大きなトラブルが発生することなく、コンソーシアムとして一体の活動を維持することができた。もちろん、A会員の活動を非競争的領域に限定したり、B会員の活動に関して参加機関が秘匿したい情報はコンソーシアムに持ち込まなくてもよいとしたことが、コンソーシアムの一体運営に効力を発揮したことは大きい。最終的には参加機関と産総研ならびに参加機関間の信頼感を醸成する雰囲気づくりが重要であり、このようなことは完璧な規則だけを求めても決して得られるものではない。もちろん、順調に研究成果が得られることにより、産総研への信頼感が醸成され、その産総研の傘の下で運営されるコンソーシアムであるために、参

加機関間でも信頼感が醸成されたことは言うまでもない。

数多くの機関が参加するコンソーシアムにおいて、研究に使用する装置の多くが共用であるため、マシンタイムも限られ、スケジュール調整には当初困難が予想された。コンソーシアムメンバーがアクセスできるスケジュール管理機能を持ったソフトを導入したのはもちろんのことであるが、来訪メンバーのスケジュール管理や、多岐にわたる各種会合の日程調整、参加各機関との契約事務作業、研究に使用する物品の調達を含む予算管理、各種成果報告会等の会場予約から外部参加者への各種案内さらには当日の会の運営に至るまで、コンソーシアム事務局の業務が円滑に機能したのは、極めて有能なアシスタントの存在に負うものであり、そういった面でも、コンソーシアム運営は研究面のみならず、事務的業務の面でも人材に恵まれたから成功したと言っても過言ではない。

8 後継コンソーシアム

高信頼性太陽電池モジュール開発・評価コンソーシアムは、平成 21 年 10 月 1 日の第 I 期の開始から平成 26 年 3 月 31 日の第 II 期の終了まで 4 年半の活動を成功裡に終了することができた。この間に太陽光発電を取り巻く状況は大きく変化した。コンソーシアム開始当初は、半導体、液晶産業が苦境に陥る中、多くの部材メーカーが次の収益の柱にするべく太陽電池への展開を求めたが、国内太陽光発電産業は、半導体、液晶を上回る勢いで世界市場占有率を落としていき、セル・モジュールに関しては現在は 10 % にも満たない状況である。そのような状況の変化により、現在太陽電池用部材を製造販売しているメーカーですら、自社の地位を維持するのが精一杯であり、新たに当該分野

に参入しようとする部材メーカーは皆無に近い。この状況はコンソーシアム運営の予算規模や参加機関数にも如実に現れている。第 II 期コンソーシアムの後半に B 会員の 1/3 が継続しなかったものの、当該コンソーシアム期間中は契約の縛りにより、極端に参加機関数が減少したわけではない。しかし、図 2 に示すように、第 II 期コンソーシアム終了後は参加機関数が激減し、予算額も大幅に減少している。コンソーシアムに継続して参加しなかった理由としては、自社内に太陽電池モジュール試作・評価設備を揃えた、研究開発にある程度目処がたった、事業計画の見直しにより太陽電池モジュール部材に関する研究開発は中断した、等さまざまであるが、国内メーカーが太陽電池市場でのシェアを減少させていることと無関係ではない。したがって、新たにこのような大規模のコンソーシアムを創設するのは不可能であり、コンソーシアム終了後は第 II 期コンソーシアムに参加していた民間企業 3 社と小規模の後継コンソーシアムを設立した。

後継コンソーシアムでは、第 II 期コンソーシアム A 会員の研究を継続し、太陽電池モジュール劣化現象の解明や試験法開発に限定した基盤研究に専念するとともに、国費で運営するプロジェクトへの参画を目標とした。このような活動を続けた結果、後継コンソーシアムで共同研究を継続していたデュポン、東レ、さらには個別に共同研究を実施していた石川県工業試験場、岐阜大学、北陸先端科学技術大学院大学、東京農工大学と、新規メンバーの東京理科大学と産総研の計 8 機関の共同提案が、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構の委託研究「高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発／共通基盤技術の開発（太陽光発電システムの信頼性評

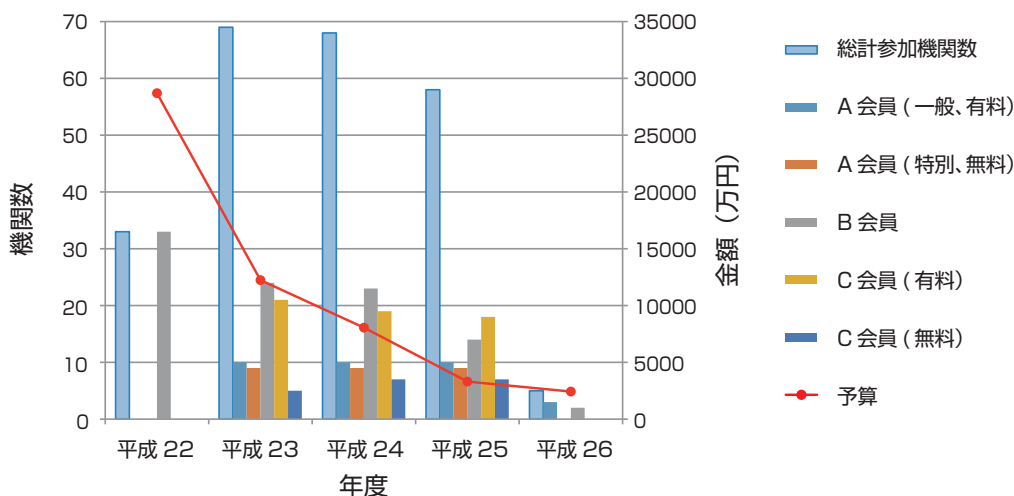


図 2 コンソーシアム参加機関数ならびに予算の推移

平成 22 年度には、平成 21 年度下期からの第 I 期コンソーシアムの一括契約の参加機関数ならびに予算を示す。C 会員 (有料) は民間企業、C 会員 (無料) は大学、公的研究機関等を示す。平成 26 年度は後継コンソーシアム参加機関を A 会員、個別契約機関を B 会員と定義した。

価技術等）／太陽光発電の寿命予測ならびに試験法の開発」に採択され、太陽電池モジュールの劣化機構明確化や寿命を予測可能な試験法開発といった基盤技術に関し、平成32年2月まで約5年間の研究を継続することが可能となった。コンソーシアム創設時からの著者の思いであるモジュールの信頼性に関する科学的知見に基づいた学術的体系化に向けて、環境が整いつつある。また、国費で運営されるプロジェクトの成果を活用して民間企業との共同研究を推進するという方向が一般的であるものの、外部との連携は必ずしも単純なリアモデルで説明できるものではなく、周辺状況に応じて、民間企業との共同研究から国費で運営されるプロジェクトのフェーズに立ち返ることもあるとのモデルケースとなるのではないかと考える。

一方、第II期コンソーシアムのB会員が実施していた研究に関しては、コンソーシアム形式ではなく一対一の共同研究契約を締結している。この中の一社である信越化学工業との共同研究では、同社が開発した封止材がモジュールの信頼性向上に画期的な効果があるとともに、現行のモジュール試作装置への適合性も確認できたため、平成27年6月22日に両者連名でプレスリリースするに至った^[14]。研究が実を結ぶまでには相当の時間を要するのが常であり、コンソーシアム終了後も地道に共同研究を継続することの重要性が示された事例である。

後継コンソーシアムに関しては、研究員が派遣元企業の利害から離れて、安心して学術的な成果を挙げることに専念できるよう、契約文書に「本共同研究が研究活動を通じて科学的・技術的な議論を行い、真理を探究する場であることを理解し、本共同研究の遂行を妨げるような契約当事者間の営利上の利害関係は持ち込まないことを確認する」との条項を盛り込んだ。また、一対一の共同研究に関しては、現在の契約相手先である機関以外の他のメーカーのモジュール試作にも応じられるよう、「甲（産総研）は、乙（契約相手先）への事前または事後の通知なく、本契約に反しない限りにおいて本共同研究と類似（甲の敷地内における同様の場所で、同一設備等を使用して実験等を行うことをいう。）の共同研究を、乙以外の他の共同研究者と実施することができる」との条項を盛り込んだ。第I期・第II期コンソーシアムでのさまざまな経験を活かし、状況に応じ、産総研、相手先機関の双方にとって研究活動を最大限に活性化できるような臨機応変な契約を締結することが肝要と考える。

本コンソーシアムの最大の目的は、非競争領域における共通基盤技術の研究と、研究成果の学術的深耕と体系化にあったが、今後は、本コンソーシアムの研究成果が応用を主たる目的とした開発研究に適用されていくことも期待したい。

謝辞

高信頼性太陽電池モジュール開発・評価コンソーシアムの設立・運営に関して多大なる御高配を頂いた産総研の矢部彰理事（当時）、瀬戸政宏理事、伊藤順司理事（当時）に心よりお礼申し上げます。コンソーシアム運営を御指導いただいた太陽光発電工学研究センター（当時、現・太陽光発電研究センター）の仁木栄前研究センター長（現・再生可能エネルギー研究センター長）、近藤道雄元研究センター長（現・福島再生可能エネルギー研究所上席イノベーションコーディネータ）に厚く感謝する。コンソーシアム事務局の事務作業の一切を円滑にこなし、コンソーシアムの運営に多大な貢献のあった太陽光発電工学研究センター太陽電池モジュール信頼性評価連携研究体（当時、現・太陽光発電研究センターモジュール信頼性チーム）の星野幸子秘書に心より感謝する。また、この論文の作成に際しては、イノベーション推進本部産学官連携推進部連携企画室（当時、現・イノベーション推進本部産学官・国際連携推進部連携企画室）の宮本健一室長（当時）との議論を参考にした。

参考文献

- [1] 増田 淳: フレキシブル太陽電池の高性能化技術開発 - 「フレキシブル太陽電池基材コンソーシアム」の運営と成果-, *Synthesiology*, 4 (4), 193-199 (2011).
- [2] 第I期高信頼性太陽電池モジュール開発・評価コンソーシアム成果報告書, 2011-09.
- [3] 第II期高信頼性太陽電池モジュール開発・評価コンソーシアム中間成果報告書, 2012-12.
- [4] 第II期高信頼性太陽電池モジュール開発・評価コンソーシアム最終成果報告, 2014-03.
- [5] K. Matsuda, T. Watanabe, K. Sakaguchi, M. Yoshikawa, T. Doi and A. Masuda: Microscopic degradation mechanisms in silicon photovoltaic module under long-term environmental exposure, *Jpn. J. Appl. Phys.*, 51, 10NF07, 1-5 (2012).
- [6] S. Shimizu, T. Arai, T. Sagawa, Y. Aoki, T. Hirakawa, H. Hiraike, S. Hamamoto, S. Sakamoto, T. Doi, A. Masuda and M. Yamamichi: Failure assessments for outside-exposed photovoltaic modules, *Jpn. J. Appl. Phys.*, 51, 10NF04, 1-4 (2012).
- [7] Y. Aoki, M. Okamoto, A. Masuda, T. Doi and T. Tanahashi: Early failure detection of interconnection with rapid thermal cycling in photovoltaic modules, *Jpn. J. Appl. Phys.*, 51, 10NF13, 1-4 (2012).
- [8] A. Masuda, S. Suzuki, Y. Hara, S. Sakamoto and T. Doi: Possible measure of reliability for crystalline-Si photovoltaic modules, *Proc. 29th European Photovoltaic Solar Energy Conf. Exhibition*, 2566-2569 (2014).
- [9] S. Suzuki, N. Nishiyama, S. Yoshino, T. Ujiro, S. Watanabe, T. Doi, A. Masuda and T. Tanahashi: Acceleration of potential-induced degradation by salt-mist preconditioning in crystalline silicon photovoltaic modules, *Jpn. J. Appl. Phys.*, 54, 08KG08, 1-12 (2015).
- [10] S. Muguruma, T. Mukose, H. Yasuda, A. Masuda, H. Shibata and S. Niki: Newly developed PVB for high durability and low cost thin film PV modules, *Proc. 28th European Photovoltaic Solar Energy Conf. Exhibition*,

- 3026-3029 (2013).
- [11] T. Kajisa, H. Miyauchi, K. Mizuhara, K. Hayashi, T. Tokimitsu, M. Inoue, K. Hara and A. Masuda: Novel lighter weight crystalline silicon photovoltaic module using acrylic-film as a cover sheet, *Jpn. J. Appl. Phys.*, 53, 092302, 1-7 (2014).
- [12] 青木雄一, 岡本 学, 土井卓也, 増田 淳: 太陽電池モジュールの信頼性試験装置、及び太陽電池モジュールの信頼性試験方法, 特許第5414070号, 2010.11.24出願, 2013.11.22登録 (2014).
- [13] 大槻陽子, 加治佐 平, 水原和美, 増田 淳: 太陽電池モジュール及びその製造方法, 特開2013-62423, 2011.9.14出願 (2013).
- [14] 信越化学工業(2015-06-22): 信頼性の高い太陽電池モジュール用シリコン封止材, <https://www.shinetsu.co.jp/jp/news/pdf/s20150622.pdf>, 閲覧日2015-06-22.

執筆者略歴

増田 淳(ますだ あつし)

1966年生まれ。1992年金沢大学大学院工学研究科電気・情報工学専攻修士課程修了。富士ゼロックス株式会社総合研究所勤務、日本学術振興会特別研究員を経て、1996年金沢大学大学院自然科学研究科物質科学専攻博士課程修了。博士(工学)。1996年北陸先端科学技術大学院大学材料科学研究科物性科学専攻助手。2005年産業技術総合研究所太陽光発電研究センター産業化戦略チーム長、2010年同太陽電池モジュール信頼性評価連携研究体長兼務、2011年同太陽光発電工学研究センター太陽電池モジュール信頼性評価連携研究体長、2015年より太陽光発電研究センター副研究センター長、太陽光発電研究センターモジュール信頼性チーム長兼務、再生可能エネルギー研究センター副研究センター長兼務、現在に至る。埼玉大学連携教授、北陸先端科学技術大学院大学客員教授兼務。2014年11月、この論説記載のコンソーシアム等の研究成果で6th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion Best Paper Award受賞。この論説記載のコンソーシアムでは、コンソーシアムの運営全般、特に太陽電池モジュールの信頼性向上と試験法開発に資する基盤研究を通じて学術的体系を構築するとの理念に基づいた運営に貢献した。この論説では、主に1～3章、5章、7章の全体の執筆と、4章、6章、8章の一部の執筆を担当した。



井川 奈々子(いがわ ななこ)

1982年生まれ。2007年東京大学大学院公共政策学教育部修了。同年、産業技術総合研究所入所。企画本部、能力開発部門(人事部)人事室、産学官連携推進部共同研究支援室、広報部広報制作室、企画本部広報サービス室、現在に至る。産学官連携推進部在籍中、数多くの競合企業が参画する新しい形態のコンソーシアムにおける共同研究契約や運営規程を立案するとともに、その調整・整備に貢献した。この論説では、主に4章、6章、8章の一部の執筆を担当した。



査読者との議論

コメント1 全体

コンソーシアム設立に際して、多数の企業が共通基盤技術の開発として協働できること、ならびに、学界・業界の信頼性評価技術が手薄であり、太陽電池モジュールの試作から信頼性評価までのライン

と技術確立が価値を生むという状況判断に基づいてコンソーシアムの課題を設定した経緯と、その運営方針に参加企業の理解を得るプロセス等を纏めた具体的な論説であり、成功事例として今後、他の分野への波及効果も大きいと思われます。

コアとなる信頼性評価技術に関して、ノウハウや経験則に替わる科学的根拠に裏付けられた研究によって加速試験方法を確立した点は極めて高く評価できます。

これらのことからシンセシオロジー誌にふさわしいと判断します。

議論1 コンソーシアムを成功に導く要因について

コメント(景山 晃:産業技術総合研究所研究支援アドバイザー)

このコンソーシアムが第I期、第II期を通じて大きな成果を挙げた要因として、基本理念を明確に定義し、理念達成のための共同研究契約と運営規程を産業界の実情も勘案して策定し、秘密情報の取り扱いや知財に関するルールを設ける等の事前準備を精緻に行ったことが記述されています(第2章)。また、第7章では産総研と参加企業間の信頼感の醸成が極めて重要なことを示しています。これらは大変参考になります。論説全体の構成を考えると、第2章に信頼感の醸成を意識しながら各種規程を定めていったことを示した方がよいと思います。もちろん、第7章にあるように事務局が公平かつ迅速、適切な対応に努めたことも大きな要因ですので、信頼感の醸成はこちらにも記述することは問題ないです。

また、参加当初は各企業がコンソーシアムに期待することがかなり異なっていたのではないかと思います。これをどのような対応でベクトルを束ねていったのかについて、もう少し具体的に記述することはできませんか。

回答(増田 淳)

的確な御指摘にお礼申し上げます。産総研と参加機関間の信頼感の醸成は、共同研究契約や運営規程を互いに協力して策定していった点に遡ると考えられますので、この点を第2章に追記しました。

後半の御指摘に関しては、第I期コンソーシアムの間は残念ながらベクトルを完全にそろえることはできませんでした。ベクトルをそろえるのに役立ったのは、第II期コンソーシアムで会員に区分を設けたことです。第4章の記述を追加しました。

議論2 テーマ設定とその効果について

質問(矢部 彰:NEDO技術戦略研究センター)

オープンイノベーションについて幾つかの成功形態が考えられる中で、太陽電池の研究開発において、なぜ、寿命予測方法や劣化メカニズム等の共通基盤的な協調領域の研究課題を取り上げ、また、各企業の特徴ある材料の適用試験を取り上げたのかについて、その背景も含めてもう少し具体的に論述して欲しい。また、本コンソーシアムで取り上げた課題について、何がどこまでできたのか、それに至る過程で、どのような運営が有効であったのかという視点での加筆も重要と考えます。

一方、結晶シリコンの薄型化による低コスト化、セルモジュール以外のシステム機器の低コスト化という、今後の重要な課題を取り上げなかった理由は何ですか。

回答(増田 淳)

的確な御指摘を頂きましたことに、厚くお礼申し上げます。太陽電池モジュールの寿命予測法や劣化メカニズム等のいわゆる信頼性に関わる研究は、共通基盤的ではあるものの、学界では積極的に取り上げられておらず、産業界でノウハウとして秘匿されている部分が多いのが実情でした。本コンソーシアムは、モジュールの信頼性に関わる研究が日の目を見るようになり、科学的根拠に裏付けられた研究によって学術的に体系化することで太陽光発電業界に貢献できるようにしたいとの著者の強い意志のもとに推進したものです。さらに、当時は、公的機関でモジュールの信頼性に関する実証試験を行いたいとの産業界側の要望もあり、両者の思惑が合致する形で、コンソーシア

ムの創設に至った面もあります。

本コンソーシアムで最も重要な成果は、長期屋外曝露と加速試験を関連付ける指標を見出したことであり、高温高湿試験 4000 時間が国内での屋外曝露 30 年に相当するとの実験事実を得ることで、寿命予測に目途をつけたことです。従来はノウハウや経験則に頼っていたモジュールの信頼性に関して、科学的根拠に裏付けられた研究に昇華させたいとの思想に基づいて運営したことの成果であると考えています。これらについて、この論文に追記しました。

また、結晶シリコンの薄型化やシステム機器の低コスト化といったテーマが重要であることは御指摘のとおりです。ただ、前者は産業に直結したテーマであり、執筆者の思いとフェーズが異なることに加え、競合領域のテーマとなることからコンソーシアムを設立しにくいと考えました。後者は業界全体において重要性の認識が現在に比べて低かった上に、産総研側でも人材が不足しているという事情もありました。

議論3 会員の区分けと技術諮問委員会について

質問（景山 晃）

第Ⅰ期から第Ⅱ期に移行する際に、共通基盤技術の深耕を目的とする A 会員と自社部材での試作・評価を目的とする B 会員に分けていますが、なぜ、コンソーシアム運営の基盤に係わる改善・変更をしようと思ったのですか。

本件のように業種をまたがる（材料・部材、装置、太陽電池）コンソーシアムでは、いわゆる縦と横とを意識した全体マネジメントが極めて重要です。これについて、第Ⅰ期、第Ⅱ期ともに、参加企業の会員区分にとらわれない横断的な位置付けで技術諮問委員会を設けたことによって、広い視野角に立った研究の方向性を定める効果があったとの記述があります。執筆者はどのような状況分析に基づいて技術諮問委員会等を設置したのか、また、その委員にどのような機能を期待したのかについてもう少し丁寧に記述することはできませんか。

回答（増田 淳）

第Ⅰ期では参加機関に対してテーマ区分は行っていませんが、このことも会員間に温度差をもたらした原因と考えております。第Ⅱ期で会員区分を設けた最大の理由は、第 4 章に記述したように会員間の温度差を解消することによりコンソーシアム運営の円滑化を図ることです。

本コンソーシアムが部材メーカーの要望で発足した経緯もあり、コ

ンソーシアムのメンバーは部材メーカー中心に構成されていました。太陽電池メーカーは、モジュール信頼性に関しては、自社内でノウハウとして秘匿していたことも多く、組織としての参加は望めない状況でした。一方で、部材メーカーだけで研究を行ってはいは、太陽電池メーカーの知見を活用できないとともに、両者の連携もできないことが運営側の懸念点でもありました。そこで、組織としてではなく個人としてコンソーシアムに知見を提供頂ける方に技術諮問委員として参画頂くことにしました。この狙いを第 2 章に追記しました。なお、運営委員会、発明審査委員会、技術諮問委員会は並列ではなく、技術諮問委員会は運営委員会の下に組織される常置委員会であり、発明審査委員会は発明当事者からの要請があり、かつその必要性が認められた場合にのみ設置される臨時委員会です。

議論4 コンソーシアムの成果と今後の展開について

質問（景山 晃）

初稿では、「この論説はコンソーシアムの設立、運営に係わる事項のみとし、成果については成果報告書を参照するように」と記述しています。しかし、マネジメントの下支えによってどのような成果が得られたのかは気になる場所ですので、大きな成果を 5～6 件程度、タイトルと 1～2 行の説明を加えることはできませんか。

また、今回の信頼性評価技術や寿命予測技術は太陽光発電産業に大きく貢献すると思いますが、今回の成果が次にどのように継承・発展していくのかについて、具体的な動きがあれば可能な範囲で記載してください。

回答（増田 淳）

御指摘に従い、コンソーシアムの代表的な研究成果 6 件を第 6 章に記載しました。また、本コンソーシアムで得られた学術的・基盤的知見を、薄型ウエハを用いた高品質結晶シリコン太陽電池の開発等を目的とした「次世代結晶シリコン PV コンソーシアム」をはじめとして、応用を目的とした開発研究に活用していくことは意義深く、十分な可能性があると思います。今回の成果が新たな国プロジェクトにつながった事例と、後継個別共同研究においてプレスリリースに値する成果が得られた事例を新たに追記し、第 8 章を充実させました。今回のコンソーシアムは科学的根拠に裏付けられた研究によって学術的に体系化することを意図して進めましたが、そのことが次の展開につながったものと考えています。