

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)
研究課題別終了時評価報告書

1. 研究課題名

サハラを起点とするソーラーブリーダー研究開発 (2010年11月～2015年11月)

2. 研究代表者

2. 1. 日本側研究代表者：鯉沼 秀臣 (東京大学 新領域創成科学研究科 客員教授)

2. 2. 相手国側研究代表者：Amine Boudghene Stambouli (オラン科学技術大学 (USTO)
電気・電子工学部 教授)

3. 研究概要

砂漠はシリコンの原料となるシリカ (SiO₂) および日照に富んでいる。本プロジェクトでは、アルジェリア国土の大部分を占める世界最大のサハラ砂漠を起点とし、砂漠を新エネルギー資源 (シリコン太陽電池の原料の供給および発電の拠点) として利用する。アルジェリアシリカ資源の探索、硅砂および砂を原料とするシリカ還元プロセス技術の開発、Si製造のテストプラントによる実証、太陽光パネルによる機能試験等を通して、ソーラーブリーダー (ソーラーシリコン工場+Si 太陽光発電所) の増殖的建設の可能性を探る。また発電したエネルギーの低損失供給の可能性を実証する。さらにアフリカ地域のエネルギー工学研究の拠点を形成し、日本発の多機能遠隔教育・情報交流システムを活用してエネルギー教育・研究に取り組む。

具体的には、以下の項目について国際共同研究が行われた：

- ・ 現地の砂などから太陽電池に使用するシリコンを製造する、エネルギー収支およびコスト面で優れた技術の開発
- ・ 現地の環境における太陽電池及びパネルの性能評価
- ・ 高効率長距離送電に適した高温超伝導ケーブルによる直流送電の課題と解決策の抽出
- ・ 上記に関する研究開発および社会実装活動が継続・発展できるようにするための、多機能遠隔教育・情報交流システムを活用したエネルギー工学教育研究システムの構築

4. 評価結果

総合評価 (A : 所期の計画と同等の取組みが行われている)

2013年1月に発生したアルジェリア・イナメナスのテロ事件により相手国への機材の輸送が遅れた経緯があったが、当初計画された研究目標は達成された。

本プロジェクトにおける最大の技術課題は、砂漠の砂 (ないし珪砂) から高純度シリコンを得、それを直接還元して太陽電池級のシリコンを生産するプロセスを確立し、実証することであった。日本とアルジェリアにおいて砂の破碎と化学処理による高純度シリカ精製

技術およびシリカ還元シリコン製造技術がそれぞれ実験室レベル（バッチで 130g/h、連続運転時には 1t/年に相当）ではあるが開発・実証された。アルジェリアにシリカの直接還元プラントの移設も完了し、取り扱いに携わる複数人のアルジェリア側研究者の研修も完了している。

また、現地の砂以外のシリコン原料としての珪藻土の利用は、アルジェリア側からの提案により追加検討された。珪藻土は多孔質でアルカリ溶液に溶けやすく安価であるため、エネルギー収支などの面で本プロセスに適したシリカ資源であることから、エネルギー収支、コストの両面で有望と考えることができる。

太陽電池の性能評価に関しては、各種太陽電池パネルが現地に設置され、現地環境下における性能についての比較評価と太陽電池運用のデータ取得が続けられている。超電導直流送電に向けた、高温超伝導ケーブルの運用についても、基礎的なデータを取得しているが、実際にソーラーブリーダーの実現に向けた課題の整理やその解決に向けた実証研究までは発展していない。

e-Learning システムである WebELS を活用した遠隔教育に関しては、実用的に利用できる水準に整備された。人材育成、科学研究基盤の構築は、WebELS システムの活用、技術開発ワークショップの開催、人的交流を通して、比較的着実に進められてきたことは評価できる。

本プロジェクトは当初計画通りに研究が進められ、サハラソーラーブリーダー構想に向けてまずは第 1 ステップを踏み出したと評価をする。既にアルジェリアの近隣国を含む後継プロジェクトが検討されていることから、研究活動が持続的に発展していく見込みは高い。ただし、現時点では高純度シリカを直接シリコンに還元するプロセスの還元速度、不純物濃度、エネルギー消費、収率などの基本機能が実験室レベルでは確認されつつあるが、産業化のためには、規模の拡大、連続運転化など大きな課題があり、数ステップの研究開発、実証試験が必要と思われる。また、砂漠などの乾燥地に適した太陽光パネルの設計、メンテナンス、事業を軌道に乗せるための設置台数の拡大、送電の実証、規模と距離の拡大、送電先などについての進め方も検討する必要があるなど、今後の課題が残っている。

以下に、評価項目ごとに特筆すべき内容を列挙する。

4-1. 地球規模課題解決への貢献

【課題の重要性とプロジェクトの成果が課題解決に与える科学的・技術的インパクト】

本プロジェクトが目指す「サハラソーラーブリーダー」計画が実現すれば、日射量およびシリカ資源に恵まれてはいるがほとんど不毛ともいえる広大な砂漠が、エネルギー供給及び太陽電池生産の巨大な拠点となることになる。本プロジェクトではとくに、その基幹技術である、エネルギー効率に優れたシリカ還元技術の可能性が示されたことに意味がある。しかしながら、産業化に向けた今後の課題が多数残っている。

【国際社会における認知、活用の見通し】

アルジェリア政府は、2025年に電力における再生可能エネルギーの比率を25パーセントにすることを政策目標としており、日本との本プロジェクト以外にもスペイン、フランス、ドイツなどとの国際共同研究も含め、多数の開発プロジェクトが走り始めている。また砂漠の砂以外のシリコン原料としての珪藻土は砂漠のある国以外にも存在しているため、国際社会でも十分に興味を持たれる技術と考えられる。しかしながら産業化に至るまでにはまだ確認・解決すべき課題が多く残されている。

【他国、他地域への波及】

研究代表者が積極的に本プロジェクトを紹介しネットワークを構築したことから、周辺諸国に関心が高まった。特にソーラーブリーダーに関する研究開発にトルクメニスタンやヨルダンが関心を持ち、トルクメニスタン政府による資金を基にした共同研究の可能性について研究代表者が協議を進めている。ただし、サハラソーラーブリーダー全体の計画が壮大であるだけに、その実現のためには、着実にステップを進める必要がある。

【国内外の類似研究と比較したレベル】

太陽電池の生産に特化したシリカ直接還元法の研究の水準は高く、オリジナリティーも高く評価される。しかし、太陽電池の運転・実証試験は砂漠も含めて多くの他研究の事例があり、本プロジェクトで新たな知見が得られたとは言い難い。超電導送電に関しては、新規性は見られない。目的としているソーラーブリーダーの検証に必要なエネルギー収支および経済性の解析とその根拠など社会実装に対応した研究成果が不足している。

4-2. 相手国ニーズの充足

【課題の重要性とプロジェクト成果が相手国ニーズの充足に与えているインパクト】

相手国の人材育成、科学技術基盤整備に関するニーズには十分に応えていることが高く評価できる。本プロジェクトは、アルジェリアの研究機関をはじめ政府関係者からも現地調査において謝意が表明されるなど先方の満足度は高く、日本ーアルジェリア間の連携と友好強化に多大な貢献があったことは確かである。また、アルジェリア側の新規産業の育成、産業構造の多角化のニーズにも応えているものとなっている。

【課題解決、社会実装の見通し】

サハラでの大規模太陽光発電の実現は、壮大な計画であるだけに、長期間を要すると思われる。着実にステップを踏んでいく必要がある。太陽電池生産産業に与えるインパクトは大きく、アルジェリア国内でも本産業が活性化する可能性がある。しかしながら、珪藻土を原料とする直接還元法構築などの現在までの成果から実際の太陽電池産業の創生に至るまでには、まだ多くの課題が残されている。

【成果を基とした研究・利用活動が持続的に発展してゆく見込み（政策等への反映、成果物の活用など）】

両国の研究者相互の信頼も厚く、技術面だけではなく人的にも強固なネットワークや e-Learning システムである WebELS が構築されたことは高く評価できる。アルジェリアでは、再生可能エネルギーについての期待は大きく（2025 年度電力の 25 パーセントを目標）、今後の持続的活動が期待できる。

4-3. 付随的成果

【日本政府、社会、産業への貢献】

日本-アルジェリア間の科学技術振興国際協力連携と友好強化に多大な貢献があり、我が国のプレゼンスを大いに高めたものであり評価できる。

産業化に向けて、研究代表者を中心に在アルジェリア日本大使や在日本アルジェリア大使、アルジェリアのエネルギー企業等への働きかけを積極的に行っている。また本プロジェクトでは、日本企業からも実験用シリカやカーボンの供給等を受けており、産学連携を行っている。サハラ・ソーラー・ブリーダー計画へのシリコン製造、太陽電池製造企業の参画はまだ見られない。

【科学技術の発展】

基盤的シリカ科学技術の発展に貢献した。

【世界で活躍できる日本人人材の育成（若手、グローバル化対応）】

相手国研究者の育成は行われており、シリカの直接還元プラント取り扱いに携わる複数人のアルジェリア側研究者の研修も完了している。また日本側でも中心的な研究者の活躍は見られた。しかし日本側の若手研究者の積極的育成は行われなかった。

【知財の獲得や、国際標準化への取組、生物資源へのアクセスや、データ入手方法】

知財出願については、シリコンを生産するプロセスに関連した 1 件の国内特許が出願された。

【その他の具体的成果物（提言書、論文、プログラム、試作品、マニュアル、データなど）】

学術成果については、原著論文計 48 件、総説、書籍などの著作物 33 件が発表され、また学会発表は招待講演 67 件、口頭発表 115 件、ポスター発表 42 件がなされている。また e-Learning システムである WebELS システムのユーザーマニュアルが作成された。

【技術および人的ネットワークの構築（相手国を含む）】

両国の研究者相互の信頼関係は強く、技術面だけではなく人的にも強固なネットワークが構築された。本プロジェクトがきっかけとなり、アルジェリアは共同研究機関である NIMS

とは研究協定を、中部大、筑波大とは MOU を締結し、両国の連携は強化されたことは評価できる。また WebELS システムの導入など情報交換・人材育成に関しては成果があがっている。

4-4. プロジェクトの運営

【プロジェクト推進体制の構築（他のプロジェクト、機関などとの連携も含む）】

研究代表者がマネジメントに注力し、国際社会との連携についての働きかけ、多くの関係者を巻き込んでいったことは高く評価できる。両国の連携も良好と認められ、砂漠地帯での太陽光発電について、複数国と今後の持続的な連携が協議されている。また近隣諸国の他 SATREPS プロジェクトとも共同でシンポジウムを開催している。

【プロジェクト管理および状況変化への対処（研究チームの体制・遂行状況や研究代表者のリーダーシップ）】

研究代表者のリーダーシップは対外的な面では高く評価できる。しかしながら、研究チームの体制として若手研究者を長期派遣するなど、活躍、育成できるような体制が望ましかった。また研究代表者の各研究項目に関する具体的で定量的な説明が不足していた。

【情報発信（論文、講演、シンポジウム、セミナー、マスメディアなど）】

日本アルジェリア国際会議を毎年開催するなど、着実に情報発信を行ってきている。アルジェリアはもとより、北アフリカ、中東諸国、さらにはヨーロッパ主要国に積極的に働きかけている点は評価できる。

【人材、機材、予算の活用（効率、効果）】

アルジェリア側予算でも研究に関わる費用や実験設備の整備にかかる経費が支出されており、今後も適切に予算措置がなされていく計画がある。アルジェリアに設置したシリカの直接還元プラントについては、アルジェリア側研究者によってプロジェクト終了後も積極的な活用が見込まれる。また現地に設置された各種太陽電池や高温超伝導ケーブルの運用フィールド試験では引き続きデータを取得していく予定であるため、今後も人材や機材が活用されていく

4-5. 今後の研究に向けての要改善点および要望事項

太陽電池の生産技術を産業化することや、砂漠地帯での太陽光発電を実現することは重要な課題であり、本プロジェクトはそれに向かったの第1歩である。研究活動が持続的に発展していく見込みは高いが、今後さらに研究を展開し、産業化に向けるには具体的に定量的な実証、説明および推進が必要であり、課題は多い。

以上

研究課題名	サハラを起点とするソーラーブリーダー研究開発
研究代表者名 (所属機関)	鯉沼 秀臣 (東京大学 客員教授)
研究期間	H22採択 平成22年11月23日から平成27年11月22日まで (5年間)
相手国名	アルジェリア民主人民共和国
主要相手国研究 機関	オラン科学技術大学 (USTO)

付随的成果	
日本政府、社会、 産業への貢献	<ul style="list-style-type: none"> 気候変動の緩和策への貢献(低炭素化を含めた化石エネルギー資源利用からの脱却) 国際的共同研究による相互理解と連携促進 北アフリカで主要な位置を占めるアルジェリアと日本の科学技術を通じた強固な交流 日系民間企業への技術移転による海外展開・シリカ還元装置の産業化
科学技術の 発展	<ul style="list-style-type: none"> 革新的な低コストシリカ還元技術の発明と実証研究 水素プラズマの還元プロセスへの応用技術 太陽光パネル用シリコン生産と発電システムの運用技術
知財の獲得、国際 標準化の推進、 生物資源へのア クセス等	<ul style="list-style-type: none"> 特許出願1件(シリカの還元プロセス) 悪環境下でのエラーニングシステムの標準化への推進
世界で活躍できる 日本人人材の育 成	<ul style="list-style-type: none"> 日本人若手研究者と現地研究者のとの交流 留学生との交流を通じた学生・若手研究者の国際化
技術及び人的ネット ワークの構築	<ul style="list-style-type: none"> アルジェリア側研究者と共同でのjournal誌への論文掲載 留学生や研究交流を通じた人的ネットワークの確立
成果物(提言書、 論文、プログラム、 マニュアル、デー タなど)	<ul style="list-style-type: none"> 原著論文計40報、著作物33件 Web-ELS活用によるエラーニングシステム開発 工学教育に関する教材(遠隔講義実施)の開発

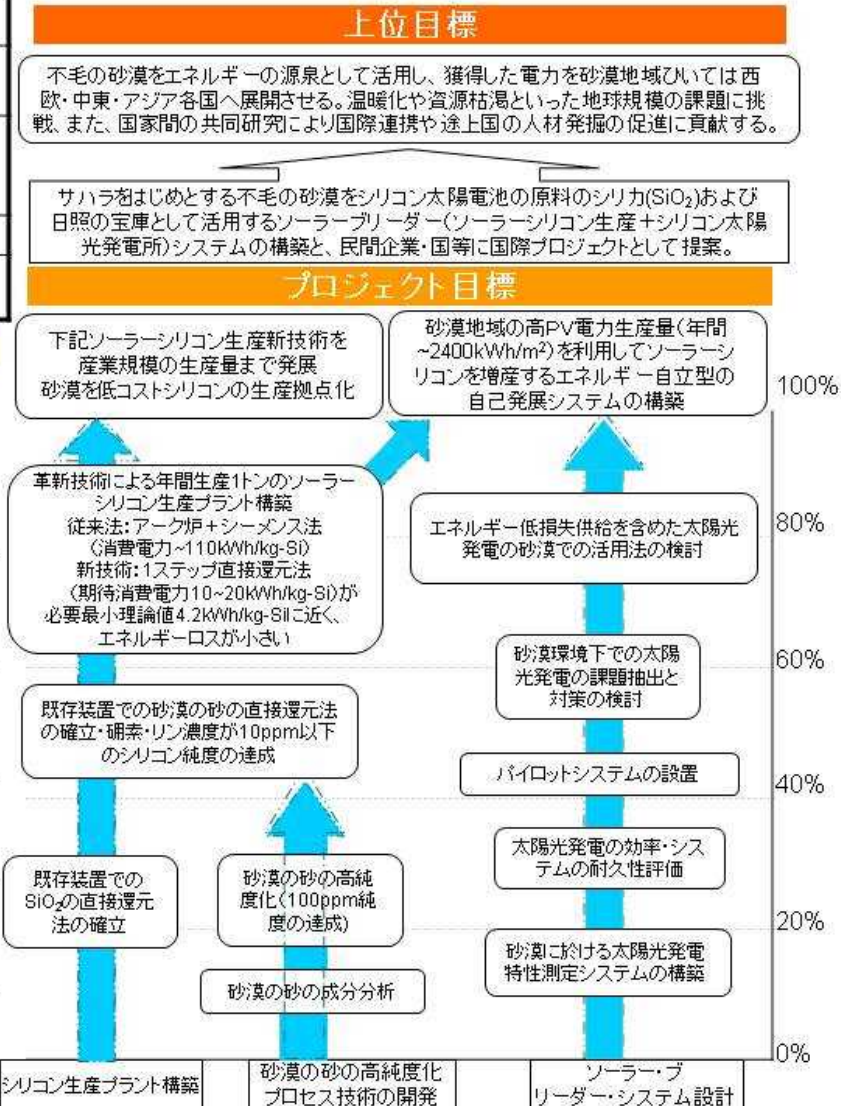


図1. 成果目標シートと達成状況 (2015年11月時点)