

平成 29 年度

戦略的基盤技術高度化・連携支援事業

戦略的基盤技術高度化支援事業

「シリコン太陽電池に替わる金属チタンを基板とする低コスト、高性能なペロブスカイト型太陽電池の開発」

研究開発成果等報告書

平成 30 年 5 月

担当局：近畿経済産業局

補助事業者 公益財団法人奈良県地域産業振興センター

目次

第1章 研究開発の概要	3
1-1 研究開発の背景・目的及び目標	3
1-1-1 研究開発の背景・目的	3
1-1-2 研究目標	3
1-2 研究体制	4
1-2-1 研究組織	
1-2-2 管理員及び研究員	4
1-3 成果概要	5
1-4 当該研究開発の連絡窓口	8
第2章 本論	9
2-1 ペロブスカイト型太陽電池の各パーツの検討	9
2-1-1 負極基板の最適化の検討	9
2-1-2 正孔ブロック層の最適化の検討	10
2-1-3 メソポーラス金属酸化物層の最適化の検討	11
2-1-4 ペロブスカイト結晶の最適化の検討	12
2-1-5 正孔輸送層の最適化の検討	12
2-1-6 正極の最適化の検討	13
2-1-7 封止技術の最適化の検討	13
2-2 ペロブスカイト型太陽電池の事業化の検討	14
2-2-1 セルの大型化の検討	14
2-2-2 モジュール化の検討	14
2-2-3 耐久性の検討	15
最終章 全体総括	16

## 第1章 研究開発の概要

### 1-1 研究開発の背景・目的及び目標

#### 1-1-1 研究開発の背景・目的

太陽電池は、地球温暖化の原因となっている二酸化炭素の排出を招くことがない再生可能エネルギーとして注目されている。

世界的に、太陽電池産業が急激に拡大をしているが、国内市場は、中国メーカーに圧倒されており、伸び悩んでいるのが現状である。現在供給されている太陽電池は、その大部分がシリコンベースの太陽電池である。これが、太陽電池市場の急拡大によるシリコンの供給不足を招いているだけではなく、作製するために極限のクリーンルーム、高真空な設備が必要なために作製コスト高になるという問題点があった。

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）による太陽発電ロードマップ PV2030 が、発電コスト 7 円/kWh 以下を視野に入れた PV2030+に見直される等、太陽電池の将来的な技術開発には、様々な開発アプローチが必要不可欠となっており、構造がシンプルであり材料や作製コストが安価な低コスト太陽電池として、色素増感型太陽電池等の有機太陽電池が注目されていた。

しかしながら、作製コストが低いとされている色素増感型太陽電池は、現在主流となっているシリコン型太陽電池の光電変換効率である 20%程度の光電変換効率と比較すると、色素増感型太陽電池は、シリコン型太陽電池の半分程度の光電変換効率しかなく事業化を図るには、大きな支障となっていた。また、問題点として溶媒が使用されているため、封止が困難であること等の問題点があり、普及化・事業化が困難となっていた。

ペロブスカイト型太陽電池は、シリコン型太陽電池に匹敵する高い光電変換効率を持ち、作製コストも低いため、国内外にて大きな関心を持たれている。

従来のペロブスカイト型太陽電池の負極電極は、透明導電膜ガラスが使用されるために、大面積化すると、変換効率が低下することや物理的な強度が弱く長期間使用することができないという問題点があった。そこで、透明導電膜ガラスに替わる負極基板を用いることとした。

本事業の目的は、ペロブスカイト型太陽電池の負極として高い特性を有する金属チタンを基板に用いることにより、シリコン型太陽電池以上の発電量を発揮する軽量フレキシブルな低コスト、高性能なペロブスカイト型太陽電池を創製することである。

#### 1-1-2 研究開発の目標

##### 1-1-2-1 光電変換効率の目標値

金属チタンを基板としたペロブスカイト型太陽電池の研究開発を実施し、100cm<sup>2</sup>のセル、

モジュール化させた製品においても 20%以上の光電変換効率を目指す。

1-1-2-2 耐久性の目標値

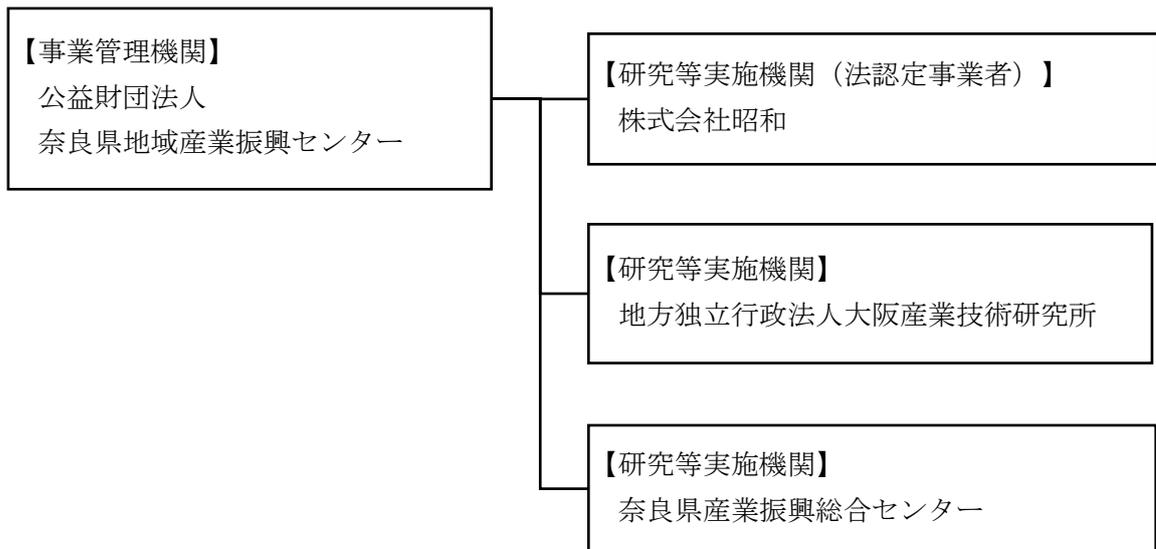
シリコンベースとした太陽電池において達成されている 20 年間の耐久性は望めないもののペロブスカイト型太陽電池の研究開発を実施し、5 年間以上は劣化しないペロブスカイト型太陽電池を作製する。

1-1-2-3 コスト面の目標値

金属チタンを基板としたペロブスカイト型太陽電池の研究開発を実施し、シリコンベースとした太陽電池の発電量あたり 1/10 以下のコストにて製品化を図る。

1-2 研究体制

1-2-1 研究組織



1-2-2 管理員及び研究員

【事業管理機関】 公益財団法人奈良県地域産業振興センター

氏名	所属・役職	備考
杉山 淳一	事業化推進課 課長	
塚本 雅俊	事業化推進課 新事業創出支援係 係長	
山田 裕士	事業化推進コーディネータ	
木村 智子	事業化推進課 新事業創出支援係	

## 【研究等実施機関（法認定事業者）】株式会社 昭和

氏名	所属・役職	備考
小野田 金児	取締役 研究開発部長	総括研究代表者
松岡 亮介	研究開発部 係長	副総括研究代表者
服部 貴則	研究開発部 主任	
中村 智晃	研究開発部 研究員	

## 【研究等実施機関】地方独立行政法人大阪産業技術研究所

氏名	所属・役職	備考
田中 剛	高分子機能材料研究部 研究員	
筧 芳治	電子・機械システム研究部 主任研究員	
森 隆志	高分子機能材料研究部 研究員	
近藤 裕佑	電子・機械システム研究部 研究員	
櫻井 芳昭	研究管理監 総括研究員	

## 【研究等実施機関】奈良県産業振興総合センター

氏名	所属・役職	備考
三木 靖浩	機械・計測・エネルギーグループ 統括主任研究員	
林 達郎	IoT 推進グループ 総括研究員	
高橋 幸嗣	機械・計測・エネルギーグループ 主任主事	

## 【アドバイザー】

氏名	所属・役職	備考
森 晋吾	豫洲短板産業株式会社 代表取締役社長	
戸田 健次	メック株式会社 界面デザイン創発センター センター長	
吉川 暹	国立大学法人京都大学名誉教授	

## 1-3 成果概要

## ①ペロブスカイト型太陽電池の各パーツの検討

## ①-1 負極基板の最適化の検討

均一な成膜を行う上には、負極基板の濡れ性改善に寄与するので、負極の表面処理の検討を実施した。

その結果、UV オゾン洗浄を行うことが有効であることが判明した。

## ①-2 正孔ブロック層の最適化の検討

金属チタンを陽極酸化することにより正孔ブロック層として適した緻密な酸化チタン層を形成させることが可能である。陽極酸化時の電圧を変化させることにより、酸化チタン層の膜厚を容易に制御することが可能であるので、ペロブスカイト型太陽電池の特性を向上させるための正孔ブロック層の検討を実施した。

その結果、陽極酸化時の最適な電圧を見出すことが出来、ペロブスカイト型太陽電池の光電変換効率の効率が改善された。

## ①-3 メソポーラス金属酸化物層の最適化の検討

ペロブスカイト結晶の足場となるメソポーラス金属酸化物として、よく使用されている酸化チタンを用いて層の膜厚の検討を行った。

その結果、酸化チタンペーストに加える溶剤の量を最適化することにて、メソポーラス金属酸化物層の膜厚とペロブスカイト型太陽電池の相関性を見出すことができた。

## ①-4 ペロブスカイト結晶の最適化の検討

カチオン及びハロゲンの種類によりペロブスカイト結晶の組成を変化させることが可能である。また溶液塗布方法を検討したペロブスカイト型太陽電池を作製し、その光電変換特性から、ペロブスカイト結晶の最適化を検討した。

その結果、特定な金属カチオンを添加した新たなペロブスカイト前駆体溶液を用いることで、ペロブスカイト型太陽電池の大幅な特性の改善が認められた。

## ①-5 正孔輸送層の最適化の検討

正孔輸送層として、ペロブスカイト型太陽電池の正孔輸送層としてよく使用されている p 型有機半導体の Spiro-MeOTAD 等を用いた。また、正孔輸送層の溶液調整時における問題点を検討した。

その結果、問題点が正孔輸送層に水分が入ることであるということが分かり、正孔輸送層の溶液調製方法の改善後、水分除去による効果を見出すことができた。

## ①-6 正極の最適化の検討

従来のペロブスカイト型太陽電池の負極には、光透過性がある透明導電膜ガラス材が用いられているために、負極側から光照射を実施することが可能である。

本事業のペロブスカイト型太陽電池の負極には、光透過性のない金属チタンを負極に用いているために、正極側からの光照射が必要である。この正極は、導電性および透過率を兼ね備えることが必要である。この導電性および透過率の相関性を見ながら、どのような組成の材料をどの程度の膜厚にすれば良いか等の検討を行い、得られたペロブスカイト型太陽電池の変換効率に与える影響について検討した。

その結果、適切な導電性と透過率を有する材料を正極に用いることにより、ペロブスカイト型太陽電池の光電変換特性の改善が認められた。

### ①-7 封止技術の最適化の検討

ペロブスカイト型太陽電池において、最も重要な電荷分離を行っているペロブスカイト結晶は、吸湿することにより劣化することが問題となっている。このペロブスカイト結晶が吸湿しないような封止剤の選択や封止手法の検討を行い、ペロブスカイト型太陽電池の特性が安定するか検討を行った。

その結果、ペロブスカイト型太陽電池をアルゴンガスにてシールドすることにて、太陽電池の光電変換効率の低下を抑えることができた。

### ②ペロブスカイト型太陽電池の事業化の検討

#### ②-1 セルの大型化の検討

金属チタンを負極基板に用いたペロブスカイト型太陽電池の普及化、製品化を図る上では、セルの大型化が必要であるため、大面積のセルを作製し、従来の小面積のセルとの比較検討を行った。

その結果、正極組成を最適化することにおいて、セル面積を大きくした際にも、光電変換効率の低下を抑えることができた。

#### ②-2 モジュール化の検討

金属チタンを負極基板に用いたペロブスカイト型太陽電池の普及化、製品化を図る上から、セルを組み合わせたモジュールの開発が必要である。どのような形状のモジュール化を図ることにより、光電変換効率の減少しないモジュールが完成するか検討を行った。

その結果、2つのセルを並列に接続することで、短絡電流値が2倍になっていることがわかり、並列モジュール作製することに成功した。

#### ②-3 耐久性の検討

金属チタンを負極基板に用いたペロブスカイト型太陽電池製品化を図るためには、過酷な環境においても経時的に劣化しないペロブスカイト型太陽電池を作製することが必要であるために、耐久性の検討を行った。

その結果、耐久性を維持するためには、アルゴンガスにて、ペロブスカイト型太陽電池を封止する必要があることがわかった。

1 - 4 当該研究開発の連絡窓口

株式会社 昭和 取締役 研究開発部長 小野田 金児

〒630-0142 奈良県生駒市北田原町 2443 番地の 1

TEL: 0743-72-0743 FAX: 0743-72-0744

E-mail: [onoda@showa-titan.com](mailto:onoda@showa-titan.com)

## 2章 本論

### 2-1 ペロブスカイト型太陽電池の各パーツの検討

#### 2-1-1 負極基板の最適化の検討

ペロブスカイト太陽電池は、基板表面が平滑でなければ特性が安定しないと考えられる。表面が粗いと、メソポーラス金属酸化層、ペロブスカイト層、正孔輸送層を作製する際のスピコートで得られるそれぞれの層の膜厚の均一性が悪くなり、位置によって厚い部分と薄い部分が出てしまい、安定した特性を得ることは難しい。そこで本事業においては、負極基板である金属チタンを鏡面化処理した材料を用いてペロブスカイト型太陽電池を作製した。

またそれぞれの層をスピコートする際に、金属チタン表面の濡れ性を向上させることも必要となる。鏡面チタン材を下記条件にて処理した場合の濡れ性を評価した。具体的には、①未洗浄のもの ②アセトン-超音波洗浄 15 分間⇒エタノール-超音波洗浄 15 分間(溶剤洗浄) ③溶剤洗浄後、UV オゾンクリーナーで UV 洗浄(UV 照射時間 15 分間)したものの上に超純水を滴下させた状態の写真撮影したものを図 1 に示した。またそれぞれの接触角度を表 1 に示した。

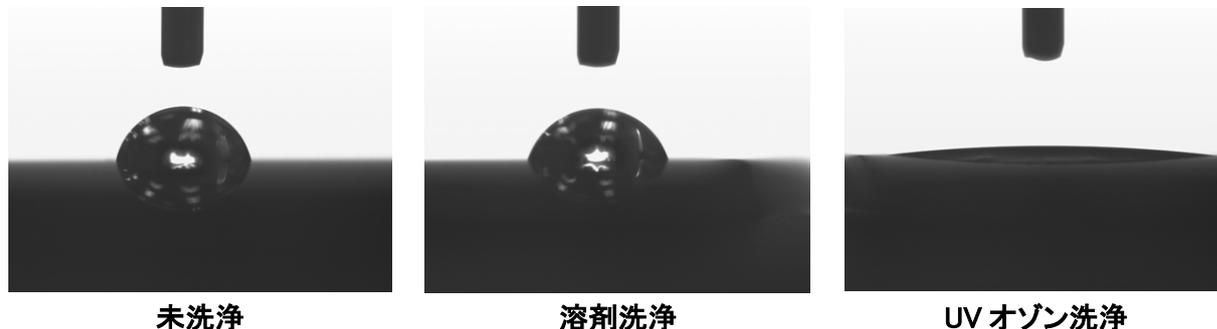


図 1 各洗浄処理した材料上に水滴を滴下した際の写真

表 1 各洗浄した材料の接触角度

洗浄の種類	接触角度 (°)
未洗浄	77.9
溶剤洗浄	72.9
溶剤洗浄後、UV オゾン処理	6.8

このように、負極基板である金属チタン材を溶剤脱脂後、UV オゾン処理することで親水性が向上することにより、負極基板の最適化を図ることができた。

## 2-1-2 正孔ブロック層の最適化の検討

金属チタンを火花放電が発生しない電解液（希薄なリン酸、リン酸塩水溶液）中にて陽極酸化を実施した場合、図 2 に示すように印加電圧と酸化チタン皮膜の厚みには比例関係が認められ緻密な正孔ブロック層を作製することが出来る。

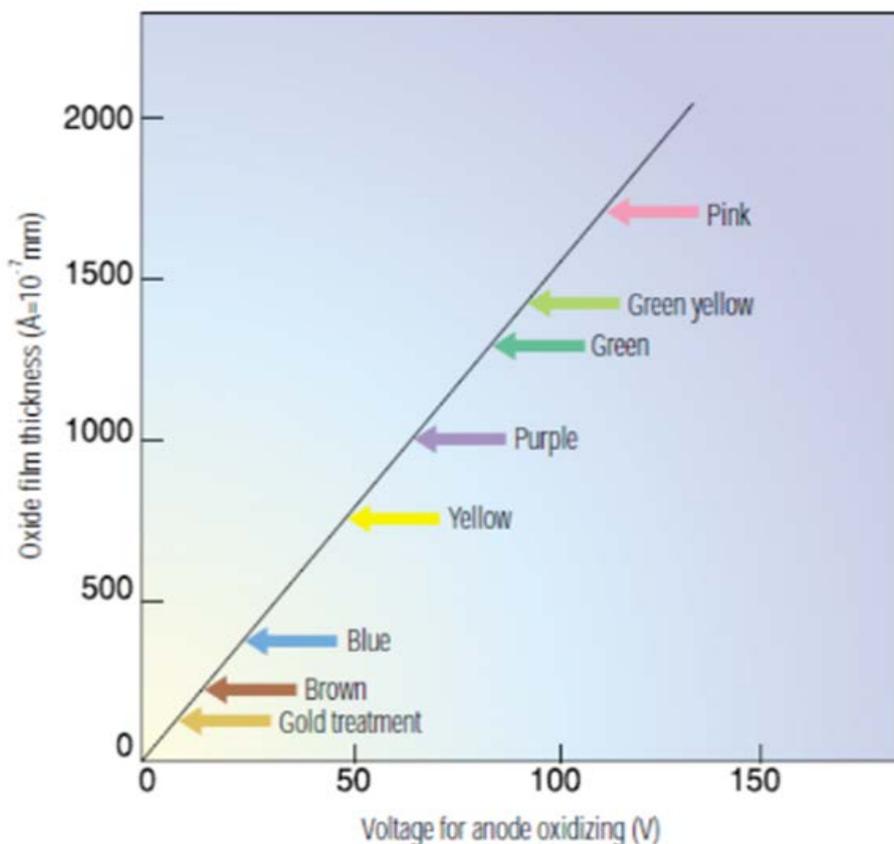


図 2 陽極酸化電圧と膜厚の相関

<http://www.kobelco.co.jp/products/titan/files/details.pdf>

正孔ブロック層が厚すぎると、励起電子が十分に負極まで届かず、逆に正孔ブロック層が薄すぎると正孔がブロックされず励起電子と再結合してしまうために、ペロブスカイト型太陽電池の短絡電流密度や開放電圧が低下する。緻密な正孔ブロック層の厚み等の最適化を図ることにより、ペロブスカイト型太陽電池の変換効率を向上させることが可能である。

表 2 に示したように鏡面処理した金属チタンを 50V で陽極酸化処理を行い、ブロック層を構築することにより、ペロブスカイト型太陽電池の効率が向上することが分かった。

表 2 各種陽極酸化電圧にて負極を作製したペロブスカイト型太陽電池の光電変換特性

陽極酸化電圧	Jsc (mA/cm <sup>2</sup> )	Voc (V)	FF	Eff (%)
0V	5.66	0.678	0.241	0.925
10V	9.08	0.734	0.281	1.872
50V	15.29	0.623	0.263	2.508
100V	11.96	0.639	0.312	2.389

## 2-1-3 メソポーラス金属酸化物層の最適化の検討

ペロブスカイトの結晶成長の足場として働く材料に、メソポーラス金属酸化物である酸化チタン層を使用される。光吸収によってペロブスカイト結晶内に生じた光電子が電子受容体であるメソポーラス金属酸化物層を経由して負極基板である金属チタン材料に効率よく光電子が到達することが必要である。

メソポーラス金属酸化物層が薄すぎる場合、ペロブスカイト層が製膜しにくい。また、メソポーラス金属酸化物層が厚すぎると抵抗やペロブスカイト結晶層のばらつきが大きくなると考えられるため、最適な膜厚を検討する必要がある。

メソポーラス層の膜厚を酸化チタン分散液（酸化チタンペースト PST-18NR をエタノールにて希釈したもの）の濃度等を変化させ、メソポーラス金属酸化物層の厚みを変化させた際のペロブスカイト型太陽電池の光電変換特性を表 3 に示した。

表 3 の結果より、メソポーラス金属酸化物層の厚みは、厚すぎても薄すぎてもペロブスカイト型太陽電池の光電変換特性は良くなく、酸化チタンペースト PST-18NR をエタノールの比率は、2 : 7 にて調整したものを使用することにより、ペロブスカイト型太陽電池の光電変換特性が高くなり、メソポーラス金属酸化物層の厚みの最適化を見出すことができた。

表 3 各種の酸化チタン分散液を用いたペロブスカイト型太陽電池の光電変換特性

酸化チタンペーストと溶剤の重量比	Jsc (mA/cm <sup>2</sup> )	Voc (V)	FF	Eff (%)
なし	16.72	0.614	0.458	4.70
1 : 7	15.08	0.842	0.639	8.11
2 : 7	19.90	0.790	0.574	9.02
3 : 7	14.81	0.789	0.615	7.19
4 : 7	16.55	0.765	0.552	6.98

## 2-1-4 ペロブスカイト結晶の最適化の検討

ペロブスカイト型太陽電池が 20% という高い変換効率を可能とするのは、ペロブスカイト結晶が典型的な化合物半導体であるために、バンドギャップ励起による強い光吸収があることが一つの大きな要因である。また吸収波長は、ハロゲン種に異なり、有機種の種類や長さにより変化される。ペロブスカイト結晶の種類や厚みを溶液塗布法等により各種変更したペロブスカイト型太陽電池を作製し、その光電変換特性等から、ペロブスカイト結晶の最適化を図った。

本検討の結果、特定の金属を添加有無のペロブスカイト前駆体溶液を用いたペロブスカイト型太陽電池の光電変換特性を表 4 に示した。このようにペロブスカイト前駆体に特定の金属を添加することにより、飛躍的に光電変換特性が向上し、15.13% の光電変換効率を達成することが出来た。

表 4 各種ペロブスカイト前駆体を用いたペロブスカイト型太陽電池の光電変換特性

特定の金属カチオンの有無	Jsc (mA/cm <sup>2</sup> )	Voc (V)	FF	Eff (%)
無	18.03	0.670	0.671	8.10
有	22.37	1.031	0.656	15.13

## 2-1-5 正孔輸送層の最適化の検討

ペロブスカイト型太陽電池においては、ペロブスカイト結晶層での光照射下にて生み出された正孔、電子が、再結合することなく効率よく分離することが必要であり、正孔ブロック層と併せて正孔輸送層の最適化が必要である。

正孔輸送層の溶液に含まれる Li-TFSI は、非常に吸湿性が高いため、大気中で調製すると、液中に水分が混入してしまい、ペロブスカイト太陽電池に悪影響を及ぼす可能性が高い。そこで、水分のないグローブボックス内で、かつ吸湿性を持つ溶剤を使用しないように溶液調製をすることによる特性の改善を図った。

正孔輸送層の作製方法として、①の手法として

A 溶液 : Spiro-MeOTAD をクロロベンゼンで溶解する

B 溶液 : 大気中で秤量した Li-TFSI をアセトニトリルに溶解する

A 溶液に B 溶液と TBP を添加する

ものと、②の手法として、Spiro-MeOTAD とグローブボックス内で秤量した Li-TFSI および TBP をクロロベンゼンに溶解した。このとき、吸湿性を持つアセトニトリルは用いないようにしたものとの比較を行った結果を表 5 に示した。

本結果から、正孔輸送層の前駆体溶液を調製する際に、できる限り水分を排除するように改善した結果、変換効率が向上することがわかった。

表 5 正孔輸送層の作製方法を変化させたペロブスカイト型太陽電池の光電変換特性

正孔輸送層の 作製方法	Jsc (mA/cm <sup>2</sup> )	Voc (V)	FF	Eff (%)
①	14.86	0.723	0.630	6.766
②	16.25	0.766	0.629	7.820

## 2-1-6 正極の最適化の検討

本事業にて研究開発するペロブスカイト型太陽電池は、ペロブスカイト結晶が担持された負極基板は、光透過性のない金属チタンを用いているために、対極側からの光透過性がありながら、正孔を集電する機能も併せ持つ必要がある。各種正極の構成を変化させたペロブスカイト型太陽電池の光電変換特性を表 6 に示した。本結果から、開口部の大きさが大きい程、得られたペロブスカイト型太陽電池の光電変換効率が改善することが分かった。

表 6 正極構成を変化させたペロブスカイト型太陽電池の光電変換特性

正極構成	開口率 (%)	Jsc (mA/cm <sup>2</sup> )	Voc (V)	FF	Eff (%)
①	50	10.89	0.842	0.728	6.68
②	75	13.01	0.869	0.717	8.11
③	90	17.10	0.882	0.731	11.02

## 2-1-7 封止技術の最適化の検討

ペロブスカイト型太陽電池において最も重要な電荷分離を行っているペロブスカイト結晶は、吸湿することにより劣化することが問題となっている。このペロブスカイト型太陽電池の劣化を防ぐ検討を行った。

保存場所を変化させたペロブスカイト型太陽電池の光電変換特性を表 7 に示した。本結果から、アルゴン雰囲気下では光電変換効率が殆ど変化しないのに対して、大気中で保存すると極めて光電変換効率が低下することから、アルゴンガス等の不活性ガスにてシールドし、大気と触れさせない封止をさせる必要があることがわかった。

表 7 保存場所を変化させたペロブスカイト型太陽電池の光電変換特性

保存場所	経過日数	Jsc (mA/cm <sup>2</sup> )	Voc (V)	FF	Eff (%)
アルゴン	作製直後	19.79	0.825	0.706	11.5
	3日後	19.82	0.853	0.645	10.9
大気	作製直後	20.61	0.805	0.639	10.6
	3日後	0.03	0.787	0.112	0.002

## 2-2 ペロブスカイト型太陽電池の事業化の検討

## 2-2-1 セルの大型化の検討

金属チタンを負極基板に用いたペロブスカイト型太陽電池の普及化、製品化を図る上でセルの大型化は必要である。セルサイズが1 cm<sup>2</sup>と10 cm<sup>2</sup>のそれぞれのペロブスカイト型太陽電池において、正極の最適化したものとしていないものの光電変換特性を表 8 に示した。本結果に示すように、正極の最適化を図ることにより、得られたペロブスカイト型太陽電池の光電変換効率は、向上することがわかった。

表 8 正極の最適化を行った大面積のペロブスカイト型太陽電池の光電変換特性

セルサイズ (cm <sup>2</sup> )	正極の最適 化の有無	Jsc (mA/cm <sup>2</sup> )	Voc (V)	FF	Eff (%)
1	無	6.80	0.770	0.270	1.43
	有	8.51	0.867	0.321	2.37
10	無	3.45	0.968	0.294	0.98
	有	8.05	0.803	0.264	1.71

## 2-2-2 モジュール化の検討

金属チタンを負極基板に用いたペロブスカイト型太陽電池の普及化、製品化を図る上から、大型化したセルを組み合わせたモジュールの開発が必要である。従来の透明導電膜ガラスを用いたペロブスカイト型太陽電池と異なり、金属チタンを用いたペロブスカイト型太陽電池をモジュール化する場合、並列モジュールの場合は負極側の接続が不要であるため、作製が簡単である。並列モジュールを作製した際の結果を表 9 に示した。本結果より、2つのセルを並列に接続した場合、モジュールの短絡電流量 (Isc) がそれぞれのセルと比較して約 2 倍になっていることから、並列モジュールを構築することができた。

表9 ペロブスカイト型太陽電池のセル、モジュールの光電変換特性

	Isc (mA)	Voc (V)	FF	Eff (%)
セル1	0.729	1.01	0.594	10.9
セル2	0.834	0.921	0.624	12.0
並列モジュール	1.528	0.859	0.547	8.97

### 2-2-3 耐久性の検討

金属チタンを負極基板に用いたペロブスカイト型太陽電池の製品化を図るためには、過酷な環境においても経時的に劣化しないペロブスカイト型太陽電池を作製することが必要である。ペロブスカイト型太陽電池は、水分が介在すると得られたペロブスカイト結晶が加水分解され、著しく光電変換特性が低下する。ペロブスカイト型太陽電池の耐久性の改善を図るためには、水分が入りこまないようにアルゴンガス等の不活性ガスでのシールドが必要であると考えられる。本事業においては、ペロブスカイト型太陽電池の耐久性の検討は十分に実施することが出来なかった。本事業終了後における課題として、ペロブスカイト型太陽電池の耐久性改善等を図る検討を実施する。

### 最終章 全体総括

本事業において、ペロブスカイト型太陽電池の各パーツ（負極基板、正孔ブロック層、メソポーラス金属酸化物層、ペロブスカイト結晶、正孔輸送層、正極、封止技術）の検討ならびに事業化（セルの大型化、モジュール化、耐久性）の検討を実施した。これらの検討において、特にペロブスカイト結晶ならびに正極の最適化を行うことにて、ペロブスカイト型太陽電池の特性が大幅に改善することができた。

具体的に、ペロブスカイト結晶の最適化に関しては、特定な金属カチオンを添加した新たなペロブスカイト型太陽電池の光電変換特性の大幅な改善が認められた。また正極の最適化に関しては、光透過性のない金属チタンを負極基板に用いているために、正極側から光照射が必要である。この導電性および透過率の相関性を検討した所、適切な導電性と透過率を兼ね備えた材料を正極に用いることにより、ペロブスカイト型太陽電池の光電変換特性の大幅な改善が認められた。

次に研究開発後の課題を述べる。本事業での目標値の光電変換効率は 20%であったが、達成されたのは 15.13%であった。また耐久性においても 5 年間以上は劣化しないペロブスカイト型太陽電池を達成させるためには、アルゴンガス等の不活性ガス雰囲気にて完全シールド必要がある。コストに関しては、シリコン型太陽電池と比較して簡便な手法にて作製することが可能なペロブスカイト型太陽電池は、シリコン型太陽電池より廉価にて作製することが可能であると考えられるが、コストを検討することは本事業においては出来なかった。

今後、本事業において得られた様々な知見に基づいて、光電変換効率のさらなる改善、耐久性の向上、コストの検討を実施し、事業化を目指す。