

第 3 7 回 IEEE 光起電力専門家会議（37th IEEE Photovoltaic Specialists Conference）報告

2 0 1 1 . 6 . 2 5

山口真史（豊田工大）

1. 開催月日：2 0 1 0 年 6 月 1 9 日～2 4 日。

2. 開催場所：Washington State Convention Center（シアトル、米国）。

3. 本会議の概要：米国電気電子学会（IEEE）主催の太陽光発電会議で、2008 年から、毎年開催されることとなった。今回の会議の組織委員長は David Wilt（Air Force Research Lab.）で、プログラム委員長は Staven Ringel（オハイオ州立大）であった。

今回は、50 周年の記念の会議で、48 カ国から 1,830 名の参加者があった。太陽光発電に対する大きな関心と関連分野に参画する人々の増加も反映していると思われる。図 1 に、国別参加者数を示す。国別では、①米国 1122 名、②日本 148 名、③ドイツ 106 名、④韓国 84 名、⑤台湾 57 名、⑥中国 39 名、⑦英国 31 名、⑧カナダ 27 名、⑨フランス 24 名、⑩オランダ 23 名の順であった。

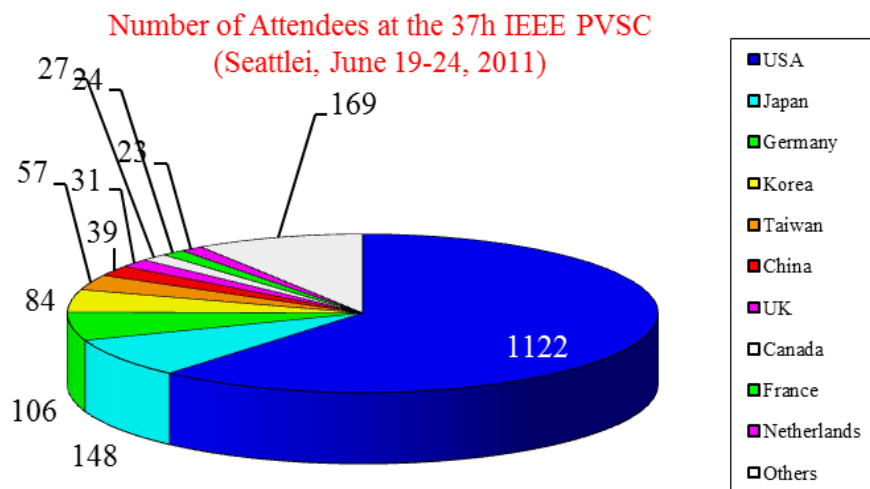


図 1 国別参加者数

PV Velocity Forum等を通じて、各国のPVロードマップ、産業界の招待講演が企画され、プログラム構成に関する運営側の努力の跡が現れていた。

図 2 は、国別発表論文件数を示す。48カ国から、招待講演を含めて1,077件の論文発表があった。国別では、①米国476件、②日本90件、③ドイツ77件、④台湾76件、⑤韓国67件、⑥インド28件、⑥中国24件、⑧英国23件件、⑨スペイン20件、の順であった。

**Number of Papers to be presented
at the 37th IEEE-PVSC
(Seattle, USA, June 19-24, 2011): 1077 Papers**

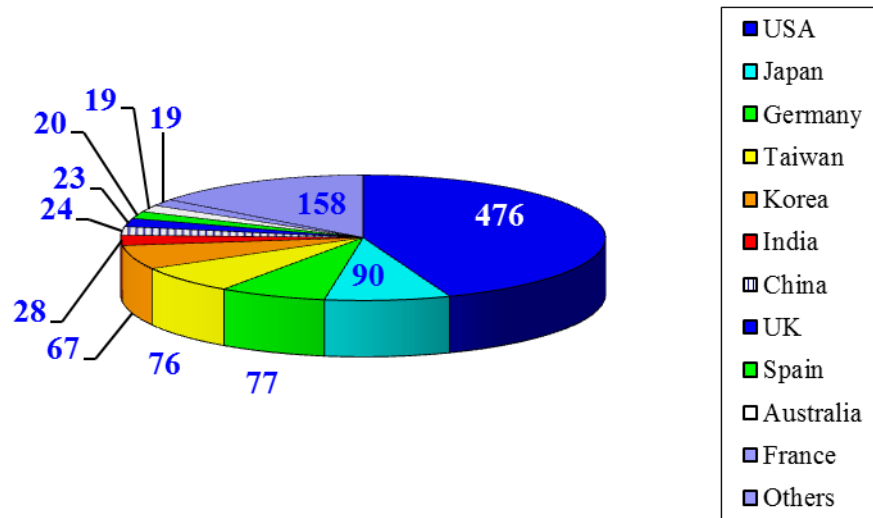


図2 国別発表論文件数（資源総合システム㈱提供）

**Number of Papers to be presented
at the 37th IEEE-PVSC
(Seattle, USA, June 19-24, 2011)**

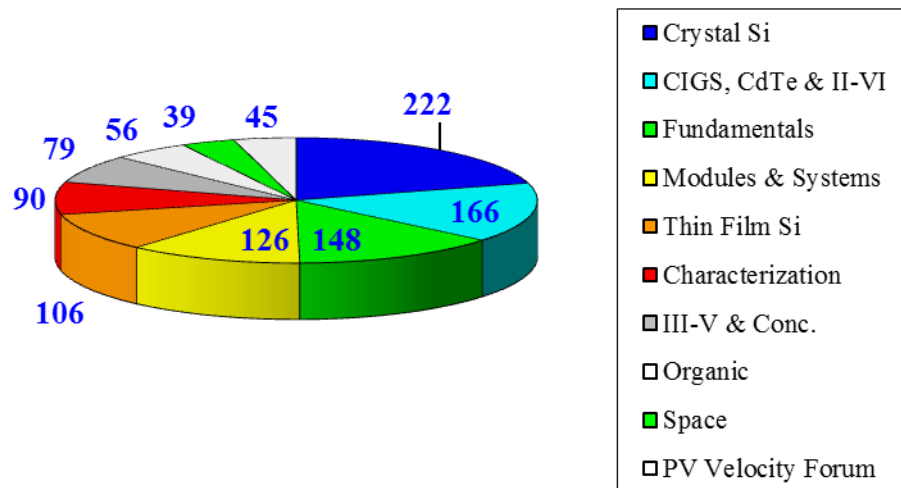


図3 発表論文件数の分野別内訳（資源総合システム㈱提供）

図3は、発表論文件数の分野別内訳を示す。分野別では、①結晶Si系222件、②CIGS、CdTeおよびII-VI族系166件、③基礎及び新材料148件、④モジュールおよびシステム126件、⑤薄膜Si系106件、⑥キャラクターゼーション90件、⑦有機太陽電池56件、⑧III-V族及び

集光79件、⑧有機太陽電池56件、⑨PV Velocity Forum45件、⑩宇宙39件、順であった。
 この他、46社の展示があった。

4. 開会式基調講演の概要

R. Swanson (Sunpower) は、“Transitioning to An Incentive-Free Market”と題して、開会式基調講演を行った。図4に、結晶Si太陽電池の累積生産量とモジュール価格に関する学習曲線（2006年の予想）を示す。2010年、2013年に、モジュール価格、各々、\$1.82/W、\$1.44/Wを予想していたが、2010年に\$2.2/Wを実現している。モジュール製造コストも、2010年に\$1/Wを達成している。2015年、2020年に、モジュール累積生産量も、各々、200GW、800GWに達することが期待され、モジュール価格は、各々、\$1.12/W、\$0.75/Wになるだろうと述べた。

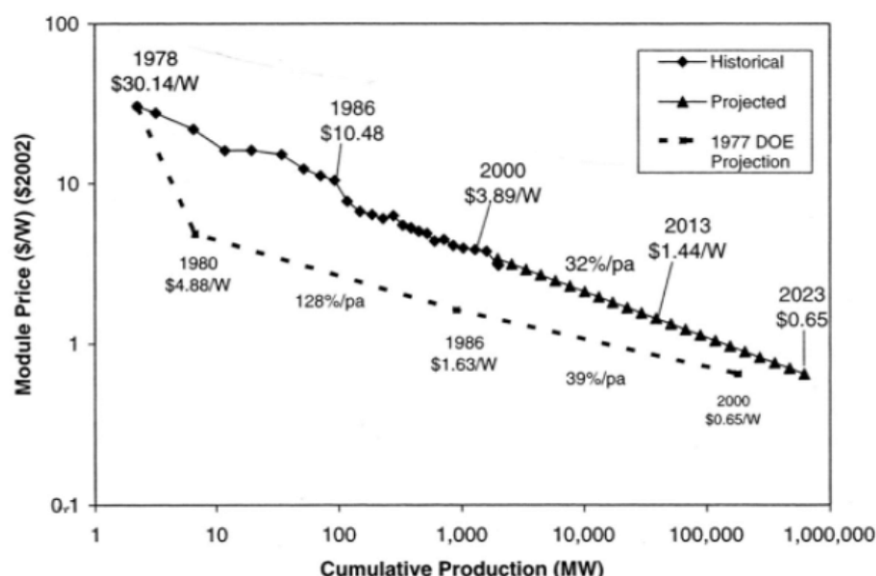


図4. 結晶Si太陽電池の累積生産量とモジュール価格に関する学習曲線（2006年の予想）

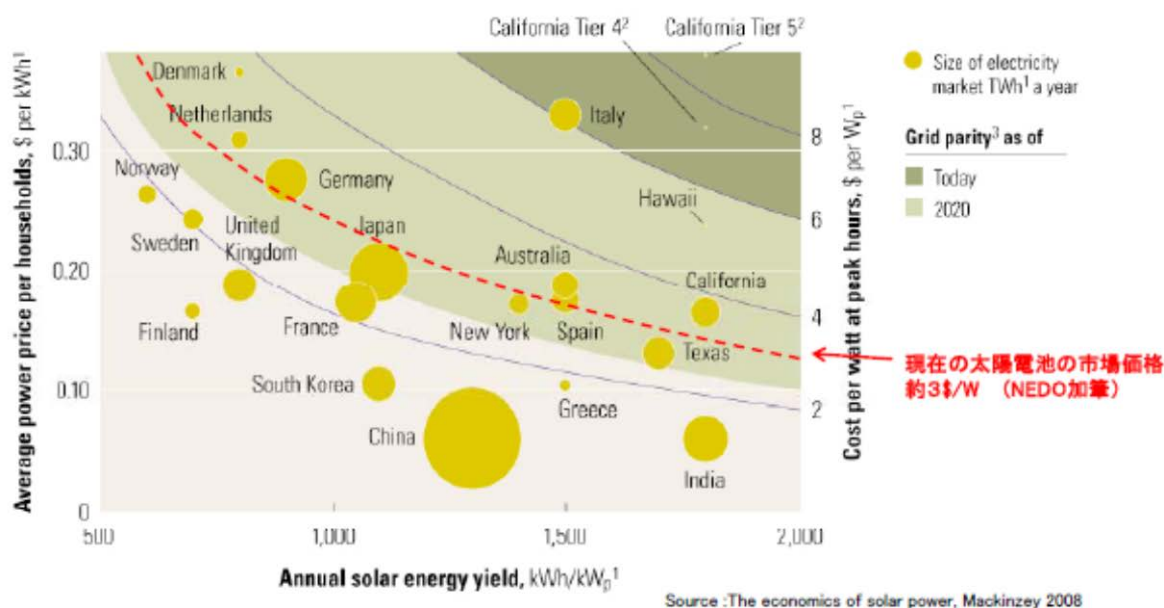


図5. 太陽電池の価格、各国の電力価格と年間太陽光エネルギー収率

図 5 に、Q-Cellsやマキンゼー等の調査による太陽電池の価格、各国の電力価格と年間太陽光エネルギー収率の関係を示す。ポルトガルやスペイン等、日射条件の良い国は、電力料金のグリッドパリティに達しており、2016年には、多くの国で、グリッドパリティに近づくとと思われる。Taxなしでも、太陽光発電の広範な導入が可能となるだろうと述べた。

5. Cherry Award受賞者

Cherry Award ChairであるM. Yamaguchi（豊田工大）より、William R. Cherry Awardの経緯（表 1）、これまでの受賞者（表 2）の説明がなされた。

表 1 William R. Cherry Awardの経緯

This award is named in honor of William R. Cherry, a founder of the photovoltaic community. In the 1950's, he was instrumental in establishing solar cells as the ideal power source for space satellites and for recognizing, advocating, and nurturing the use of photovoltaic systems for terrestrial applications. The William R. Cherry award was instituted in 1980, shortly after his death. The purpose of the award is to recognize engineers and scientists who devote a part of their professional life to the advancement of the technology of photovoltaic energy conversion. The nominee must have made significant contributions to the science and/or technology of PV energy conversion, with dissemination by substantial publications and presentations. Professional society activities, promotional and/or organizational efforts and achievements are not considerations in the election for the award.

表 2 これまでのWilliam Cherry Awardの受賞者

Dr. Paul Rappaport 1980	Dr. Martin A. Green 1990	Dr. Christopher R. Wronski 2000
Dr. Joseph L. Loferski 1981	Mr. Peter A. Iles 1991	Dr. Richard M. Swanson 2002
Prof. Martin Wolf 1982	Dr. Lawrence L. Kazmerski 1993	Dr. Ajeet Rohatgi 2003
Dr. Henry W. Brandhorst 1984	Prof. Yoshihiro Hamakawa 1994	Dr. Timothy J. Coutts 2005
Mr. Eugene L. Ralph 1985	Dr. Allen M. Barnett 1996	Dr. Antonio Luque 2006
Dr. Charles E. Backus 1987	Dr. Adolf Goetzberger 1997	Dr. Masafumi Yamaguchi 2008
Dr. David E. Carlson 1988	Dr. Richard J. Schwartz 1998	Dr. Stuart Wenham 2009
		Dr. Richard King 2100

今回の受賞者は、Jerry Olson(NREL)で、高効率III-V族化合物多接合太陽電池や集光型太陽電池の研究開発への貢献が評価されたものである。

6. 本会議のトピックス

プレーナリ講演を中心に、本会議のトピックスを紹介する。

6.1 基礎、新材料・デバイス分野：

(1) H. A. Atwater (CALTEC、AltaDevices) は、“Paths to High Efficiency Low-Cost Ptovoltaics”と題して、プレーナリ講演を行った。高効率 (>20%) かつ低コスト (モジュールコスト<\$0.6/W) のアプローチが述べられた。III-V 族化合物は、直接遷移バンド構造で、薄膜化が可能で、単接合でも効率 27%以上の結果が得られている。AltaDevices の成果が述べられた。詳しくは、6.3 (2) の講演で述べられた。2.5 μm 以下に薄膜化することで、フォトンリサイクリングによる高い量子効率

を実現し、単接合での世界最高効率 27.6%を実現している。端面再結合を低減させるための NHS、 Na_2S や TOP-S を用いた S パッシベーション、GaAs の Nano Sphere や Si の microwire の試みが紹介された。Si wire セルでは、ワイヤ表面をパッシベーションすることで、実効拡散長 $20\mu\text{m}$ 以上ができ、効率 7.92% ($V_{oc}=498\text{mV}$ 、 $J_{sc}=24.3\text{mA}/\text{cm}^2$ 、 $\text{FF}=65.449\%$) を得ている。

6.2 CIGS、II—VI化合物薄膜セル分野：

CdTe や CIGS 系の化合物薄膜セルは、アモルファス Si および微結晶 Si 薄膜セルと共に、低コストの薄膜太陽電池として期待されている。これらの材料は、真空蒸着やスパッタ法などで、わりと簡単に作製でき、多結晶薄膜でありながら、多結晶粒界が少数キャリアのキラーにはなっていないかったり、不活性化されていたりして、結晶粒径 $1\mu\text{m}$ でも高効率が期待できる。

M. Edoff (Uppsala 大) は、“Thin Film Solar Cells Based on $\text{Cu}(\text{In,Ga})(\text{S,Se})_2$ and $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$: Recent Progress in Research and Industry” と題して、プレーナリ講演を行った。ZSW は、 CIGS/CdS の小面積セルで、効率 20.3% (2010 年) を、ソーラーフロンティアは、 $30\text{cm}\times 30\text{cm}$ のサブモジュールで効率 17.2% (フルサイズで 16.2%) を実現 (2011 年) している。Solibro は、 $63\text{cm}\times 119\text{cm}$ のフルサイズで効率 14.6% を実現している (2010 年)。フレキシブルセルでは、EMPA が、ポリイミド、ステール基板上で、各々、効率 18.7%、17.7% を得ている。Cd フリーバッファ層、組成傾斜バッファ層、 $\text{ZnO}:\text{Al}$ 、ALD- ZnMgO 、ALD- In SnO 、Na バリア層の要素技術が検討されている。CZTS では、IBM から効率 9.8% 報告されている (2010 年) が、今回、効率 10% を超えたとの情報があった。

課題として、①光吸収層の E_g 制御、②欠陥低減、③有効面積の拡大、④IR 損失の低減、などがある。

6.3 III—V族化合物セルおよび集光型太陽電池、モジュール分野：

最近、多くの企業が、III-V ベースの集光太陽光発電 (CPV) システムの商用化を開始している。その主な理由として、次の点があげられる。

①III-V 族セルを用いた集光型太陽電池は 40% 以上の高効率化を実現しており、近い将来、40% 以上の高効率モジュールの実現が可能で、非常に効率の良い CPV システムを提供できる。
②PV 応用がサイズの上でも成長しており、より大規模なシステムの実現が要望され、CPV システムが適している。
③コスト的にも有効な代替 PV 技術への関心をもたらしめていること。

(1) 本会議前に、Solar Junction から、世界最高効率のプレス・リリースがあった。スタンフォード大設立で San Jose にある Solar Junction は、図 6 に示す $5.5\text{mm}\times 5.5\text{mm}$ のセルの 400 集光で、効率 43.5% の世界最高効率を達成している。NREL の認定値である。GaInAsN の 1eV 材料を導入したことが、高効率化につながっているとの事であるが、詳細は不明である。図 7 に、各種太陽電池の高効率化の変遷を示す。これまでの世界最高効率は、昨年、Spire Semiconductors が達成した 42.3% であった。Solar Junction は、年産 7MW の生産能力を有し、2011 年末までに、本構造の太陽電池の商用化を進めると同時に、生産能力も 250MW まであげたいとの事である。

2010 年の CPV 市場は、約 20MW だが、昨年の会議の N. Hartsoch (CPV Consortium, SolFocus) の “The Current Status of the CPV Industry: System Performance and Cost Competitiveness” によるプレーナリ講演では、集光型太陽光発電 (CPV) システムは、 $2500\text{kWh}/\text{m}^2/\text{yr}$ 以上の日射条件の良い地

域では、他の PV 技術よりも電力コスト低減が可能で、8.5 セント/kWh 以下が期待できる。エネルギーペイバックタイムについても、他の PV 技術に比べて有利であり、1 年以下の実現が可能である。2012 年までに、モジュール効率 30% を実現し、2015 年頃には、1.5GW の CPV システム導入、すなわち、全太陽電池の約 5% に達することがを期待されている。

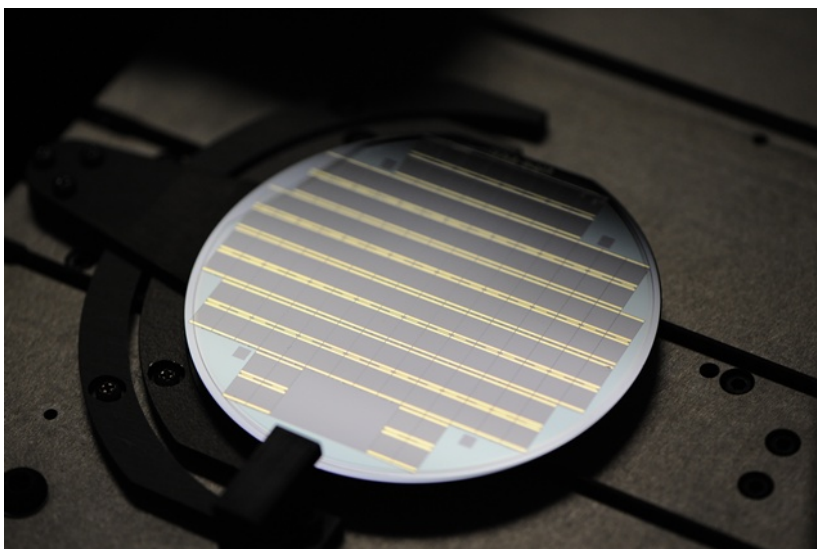


図 6 Solar Junction の世界最高効率のセル

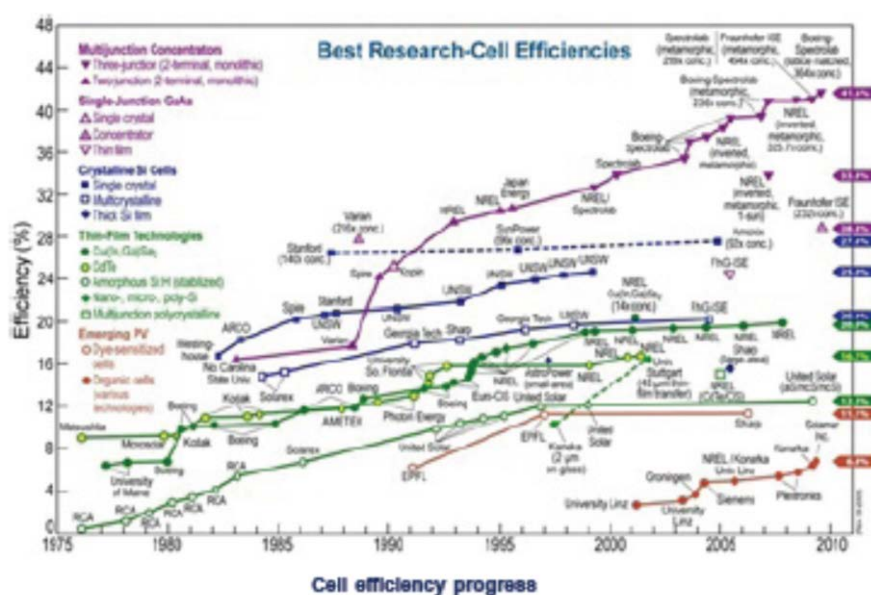


図 7 各種太陽電池の高効率化の変遷

米エネルギー省 (DOE) のスティーブン・チュー長官は、2010 年 1 月 20 日、同省の国立再生可能エネルギー研究所 (NREL) が太陽電池関連の技術開発とその実用化に向け、太陽電池関連のベンチャー企業 4 社に総額 1200 万ドルを投じると発表している。投資対象となったのは、集光型太陽発電技術とシリコン系太陽電池の技術を手掛ける 4 社で、高効率の多接合型太陽電池の製造工程の開発を進める (Solar Junction Corp.) や高効率で低価格の化合物半導体太陽電池モジュールの製造を行う Alta Devices, Inc. などであったが、今回の発表は、DOE の投資が出たもので、評価される。チュー長官は「太陽光発電産業の成長は、新たな雇用の創出につながるのみならず、二酸化炭素 (CO₂) の

排出削減、消費者の光熱費削減も実現する。NRELと協力することにより、これらの投資先が技術の進歩を早め、実用化を推し進めてくれるだろう」と述べていた。下記のAlta Devicesの発表も、今回の会議のトピックスの一つであった。

(2) B. M. Kayesら(Alta Devices)は、“27.6% Conversion Efficiency, a New Record for Single-Junction Solar Cells Under 1 Sun Illumination”と題して、1-sunでの世界最高効率太陽電池の成果を述べた。MOCVD成長とAlAsリーリース層の選択エッチを用いたエピタキシャル・リフト・オフ(ELO)で、1cm²角の薄型GaAs太陽電池を作製し、1-sun、AM1.5Gの条件で、効率27.57% ($V_{oc}=1.1069V$ 、 $J_{sc}=29.612mA/cm^2$ 、 $FF=84.12\%$)を達成している。今回は、2.5 μm 以下に薄型することでフォトン・リサイクリングと太陽電池製作の制御により、低い飽和電流密度 $J_{01}=6\times 10^{-21}A/cm^2$ ($n=1$)、 $J_{02}=1\times 10^{-12}A/cm^2$ ($n=2$)を実現し、従来より50mV高い V_{oc} を実現したことで、高効率化につながっている。最近の成果として、効率28.19% ($V_{oc}=1.1056V$ 、 $J_{sc}=29.552mA/cm^2$ 、 $FF=86.27\%$)も達成しているとの事である。GaAs基板の再利用も可能で、高性能、低コストの薄膜太陽電池による地上に適用が可能であるとしている。

(3) A. Luque(UPM-IES)は、“Expectations on the Very High Concentration Photovoltaics Performance”と題して、プレーナリ講演を行った。①高効率エネルギー、②高エネルギー生成、③高温動作可能、④次世代革新技術、⑤高速GW製造が可能、⑥低コスト太陽エネルギー、といった集光型太陽光発電(CPV)システムの特徴を述べた後、CPVに関する種々の分析結果が報告された。500kWh/m²/yr以上の日射条件の良い地域では、他のPV技術よりも電力コスト低減が可能で、8.5セント/kWh以下が期待できる。エネルギーペイバックタイムについても、他のPV技術に比べて有利であり、1年以下の実現が可能である。2014年までに、モジュール効率35%を実現し、2015年頃には、1.5GWのCPVシステム導入を期待している。講演では、セルレベル、光学系、モジュールレベル、CPVアレイに関する検討結果が報告された。

6.4 結晶Si太陽電池分野：

S. Wenham(Suntec Power)は、“Multi-Gigawatt Manufacturing in China”と題して、技術移転をしているSuntec Powerの技術担当重役として、中国における結晶シリコン太陽電池製造の現状について、プレーナリ講演を行った。2010年の世界の太陽電池生産量のトップ5社(Suntech 1.6GW、JA Solar 1.5GW、First Solar 1.4GW、Yingyi 1.1GW、Trina 1GW)のうち4社は中国メーカーである。しかし、上記4社は、いずれも、UNSW、米国、ECN、オーストラリア、シンガポールなどの海外からの技術導入に依っている。

キャスト・モノの現状と0.5GWのPlutp技術が紹介された。7年前に、UNSWのPERLセルをSuntechは量産化を開始した。低コスト・高効率太陽電池のPluto技術として、下記のPERLセルの6~7つの要素技術の見直しをこれまで行ってきた。①FZ結晶からCZ結晶へ、②2層ARから1層ARへ、③フォトリソグラフィ技術の置き換え、④熱酸化の見直し、⑤Ti/Pd/Agコンタクトの置き換え、⑥2cmx2cmから12.5cmx12.5cmへ、セルサイズの拡大、である。今回は、さらに、下記の検討を行ってきた。①テクスチャクリーニング、②インペルト拡散、③ウエハ端面分離、④PECVD-SiN、⑤Al-BSF、⑥選択エミッタ、⑦セルフアライン・メタリゼーション、などである。スクリーン印刷セル(155cm²)の効率18% ($V_{oc}=624mV$ 、 J

$j_{sc}=36.5\text{mA}/\text{cm}^2$ 、 $\text{FF}=78.8\%$) に対して、量産レベルのPluto技術で、効率 19.6% ($V_{oc}=6364\text{mV}$ 、 $j_{sc}=38.6\text{mA}/\text{cm}^2$ 、 $\text{FF}=79.78.8\%$) を実現している。

6.5 アモルファス、ナノ／マイクロ結晶薄膜Si太陽電池分野：

U. Krollら (Oerlikon Solar-Lab) は、“Thin Film Silicon PV:From R&D to Large-Area Production Equipment” と題してプレーナリ講演を行った。Oerlikon社の概要説明の後、これまでの貢献、検討結果が報告された。VHFはNeuchatel大の提案で、低周波のp-CVDより、イオン損傷が少なく、有利である。光トラッピングに関しては、Asahi U より、LPCVD ZnO が量子効率改善に優れている。マイクロモルフォタンデム ($a\text{-Si}/\mu\text{c-Si}$) は、1994年のWCPEC-1で、Meierが提案した。R&D用KAI-Mシステム、LPCVD-ZnOのTCOを用いて、 $a\text{-Si}$ セルで、安定化効率 10.09% 、 $a\text{-Si}/\mu\text{c-Si}$ タンデムセルで、効率 11.92% を達成している。いずれも、NRELで公認されたデータである。KAI-1200の 1.4m^2 PECVD装置を用いて、 1.4m^2 の $a\text{-Si}$ 、タンデムセルのR&Dモジュールで、各々、 9.6% 、 11.3% の初期効率を得ている。製造歩留りは、 97% 以上で、これらの結果は、Oerlikon Solar社のシステムが高い可能性を示すものと強調していた。これまで、同社は、 450MW の生産に貢献している。今後、モジュールコスト 0.5 ユーロ/W、モジュール価格 1.38 ユーロ/Wの実現に貢献して行きたいと結んだ。

6.6 有機太陽電池分野：

Y. Yang (UCLA) は、“High Performance Organic/Polymeric Tandem Solar Cells” と題して、プレーナリ講演を行った。有機太陽電池は、ポリマーの狭い吸収波長領域、低移動度により低効率であり、タンデム化のアプローチもある。2010年のKonarka社の 8.3% がこれまでの最高効率だったが、三菱化学、最近、 9.3% を実現したとの事である。本講演では、タンデム化のための材料のアプローチが紹介された。有機太陽電池を実用技術にするのは、セル効率 15% 以上、モジュール効率 12% 以上が必要であろう。信頼性は大きな課題で、 50 時間程度で、出力は $2\sim 5$ 割低下している。現在は、封止技術に頼っている。封止により、 5500 時間の屋外試験でも、出力低下は 15 程度との事である。

6.7 宇宙用太陽電池分野：

P. Patelら (EMCORE) は、“Experimental on Performance Improvements and Radiation Hardness of Inverted Metamorphic Multi-Junction Solar Cells” と題して、プレーナリ講演を行った。宇宙用太陽電池市場は、年産 600kW で、1990年後半以降、単結晶SiからIII-V族化合物多接合太陽電池にシフトしている。図7は、宇宙用太陽電池の高効率化の推移を示す。3接合(TJ)セルのAM0効率 26.5% から、改良型ATJ、BTJ、ZTJの各々、 27.7% 、 28.8% 、 29.5% へと改善がはかられている。ZTJセルは、 1MeV 電子線 $1\times 10^{15}\text{cm}^{-2}$ 照射時の出力保存率は 85% であり、これまで、 30 万枚製造され、 6 万枚がフライトセルとして供用されている。さらなる高効率化のために、逆エピ構造の $\text{InGaP}/(\text{In})\text{GaAs}/\text{InGaAs}$ 3接合セルや $\text{InGaP}/(\text{In})\text{GaAs}/\text{InGaAs}/\text{InGaAs}$ 4接合セルが検討され、 4cm^2 セルで、各々、AM0効率 32.6% 、 33.9% が得られている。また、さらに、 37% 以上の実現を目指して、逆エピ構造の $2.1\text{eV}/1.7\text{eV}/1.4\text{eV}/1.1\text{eV}/0.9\text{eV}/0.7\text{eV}$ 材料構成の6接合セルの基礎検討を開始しているとの事である。 InGaAsN や量子ドットに期待しているとの事である。

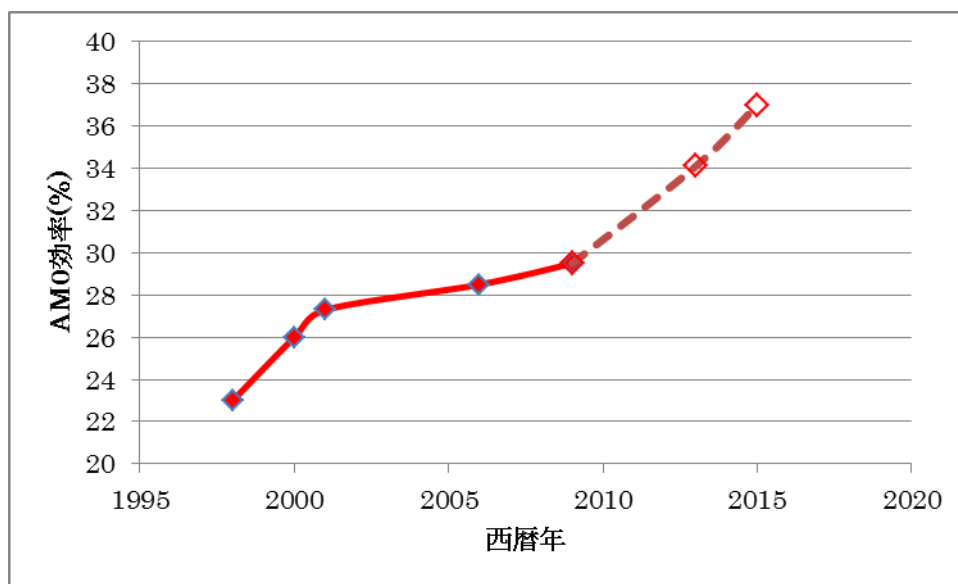


図7 宇宙用太陽電池の高効率化の推移

6.8 キャラクターゼーション：

Y. Yan (NREL) は、” Understanding Defects Physics in Polycrystalline Photovoltaic Materials” と題して、プレーナリ講演を行った。Defect engineeringの重要性が述べられた。評価解析の重要性は、材料や結晶構造によらず共通的な性質、個々の性質を明らかに、材料品質やデバイス性能の向上、新材料開発の指針を得ることである。Si、III-V化合物、CdTe、CIGS、CZTSなどの結晶構造による欠陥の共通性、違いが示された。また、結晶粒界、共有結合とイオン結合による欠陥種の違い、欠陥の生成エネルギー、移動エネルギー、キャリアの再結合など広範な視点からの講演がなされた。

6.9 モジュール・システム分野：

D.L. King (DK Solar Works) は、” More “Efficient” Methods for Specifying and Monitoring PV System Performance” と題して、プレーナリ講演を行った。PVシステム性能の認証、モニタリングに関して、精度、低コスト、効率化などが要求される。PVシステムのギャランティのための年間acエネルギー効率、モニタリング性能のための日単位acエネルギー効率が重要で、ac効率（＝acエネルギー／入射太陽光エネルギー）の有効性が指摘された。

6.7 市場および政策分野：

(1) S. Wasaka (NEDO) は、” Overview of Photovoltaic Programs in Japan” と題して、日本の太陽光発電プログラムについて招待講演を行った。NEDOの概要の説明に後、NEDOのPV技術開発の成功事例として、シャープの世界最高効率35.8%のInGaP/GaAs/InGaAs 3 接合太陽電池、ソーラーフロンティアのCIS世界最大製造（900MW）工場の完成、大規模PV実証試験が紹介された。また、図8～図10に示すように、現行の「太陽光発電次世代高性能技術開発」、「革新的太陽電池技術研究開発」の2つのプロジェクトの概要が報告された。

High Performance PV Generation System for the Future



Background

- the Japanese Government's Target:
increasing PV installations twentyfold by 2020

Targets

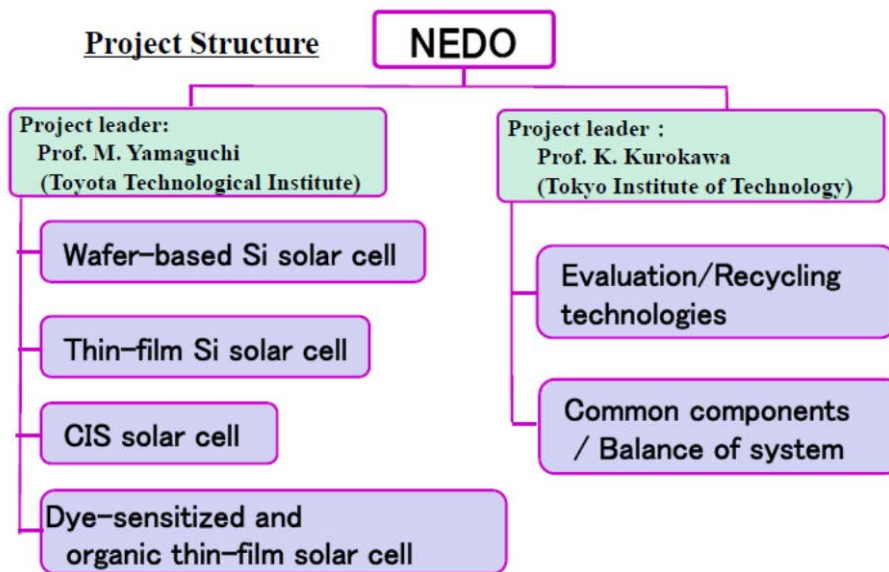
- ▶¥14/ kWh (Year of 2020)
- ▶Module production cost: ¥75/ W
- ▶Module conversion efficiency: 20% for wafer-based Si
(between Year of 2015-2020)

Period and Budget

- FY2010 - 2014 (5 years)
- ¥6 billion (FY2011)

図 8 NEDOの「太陽光発電次世代高性能技術開発」プロジェクトの概要

High Performance PV Generation System for the Future



7

図 9 NEDO の「太陽光発電次世代高性能技術開発」プロジェクトの概要

Target

- Realizing Super High Efficiency PV Technologies
over 40% efficiency in 2050

Period and Budget

-FY2008 - 2014 (7 years)
-¥2.2 billion (FY2011)

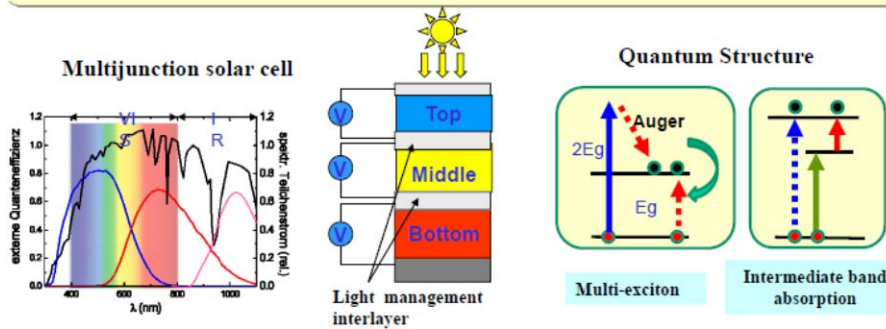


図 1 0 NEDOの「革新的太陽電池技術研究開発」プロジェクトの概要

(2) R. Ramesh (DOE) は、” U. S. Department of Energy Solar Energy Technology Programn” と題して、米国 D O E の太陽エネルギー技術プログラムについて招待講演を行った。SunShot プログラムがスタートし、図 1 1 に示すように、2010 年のシステムコスト \$3.8/W から、2016 年の \$2.2/W、さらに 2020 年の \$1/W を目指すとしている。これは、5~6 セント /kWh に等価である。従って、モジュールコストも \$0.5/W の達成を目指す。図 1 2 は、モジュールコスト \$0.5/W、システムコスト \$1/W 実現のための施策を示す。モジュールコスト \$0.5/W の達成のためには、理論効率に近い変換効率の高い太陽電池の開発、セル製造コストの低減、30 年以上も特性維持する長寿命が要求される。図 1 3 には、種々の太陽電池技術に関して、現行の製造モジュールの効率、研究室レベルのセル効率、理論効率を示す。図 1 4 には、コストターゲット達成のための研究開発ターゲットと線表を示す。研究開発対象として、単結晶・多結晶 Si、CIGS、CdTe、III-V 族多接合太陽電池がある。有機・色素は、まだ、性能、寿命の点で課題が多く、NSF 等の基礎研究フェーズである。表 3 には、研究開発予算計画を示す。M. Le (DOE) によれば、2011 年の太陽光発電関係の予算配分は、結晶 Si : 薄膜 : CPV : システム : 第 3 世代 = 8 : 6 : 3 : 6 : 1 との事である。わが国における、有機・色素および第 3 世代の予算配分に首を傾げられた。

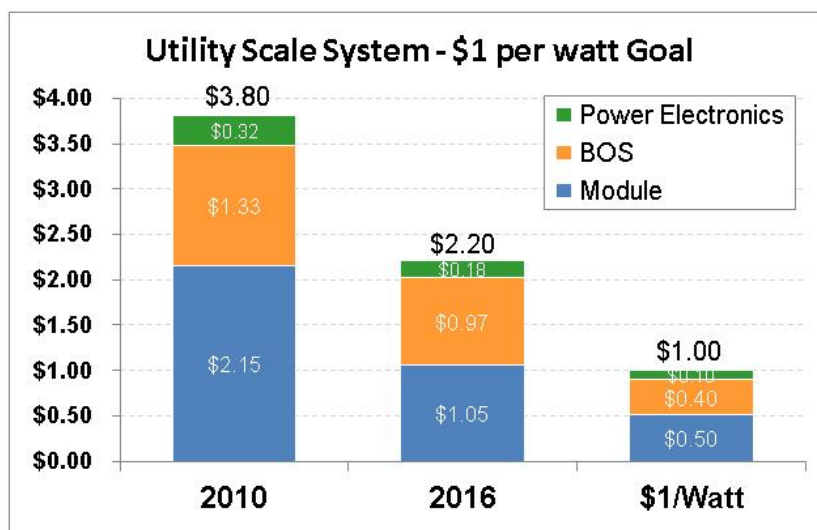


Figure 1: Approximate costs for utility scale PV systems in 2010 (not including land costs) and current projections of a "Business as Usual" scenario are presented for 2016. With the SunShot program, the DOE will work with industry, academia, and the National Laboratories to innovate towards \$1/W_{DC} installed systems.

図 1 1 SunShot プログラムのシステムコスト目標（モジュールコスト、BOS コスト、パワーエレクトロニクスコスト）

Fundamental Targets for \$1.00/Wp Initiative

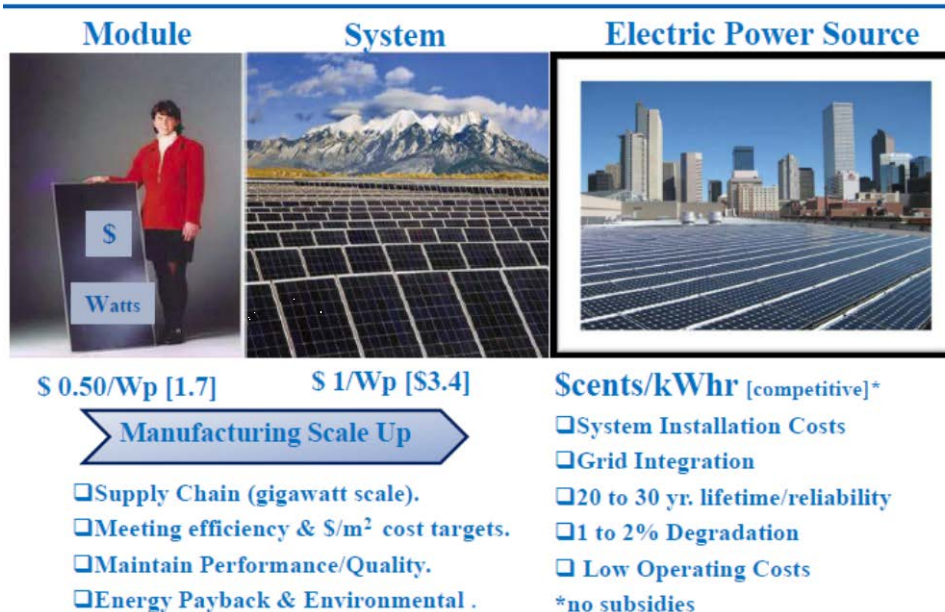


図 1 2 モジュールコスト\$0.5/W、システムコスト\$1/W 実現のための施策

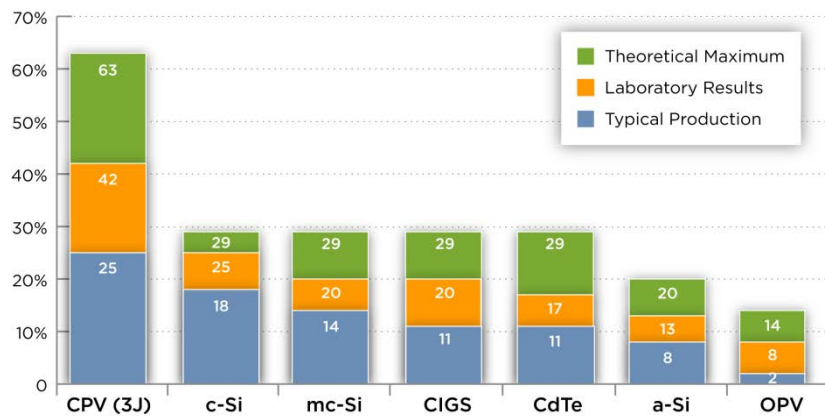


Figure 2: Gaps in efficiency between best laboratory results and theoretical limits and between production and best laboratory results provide opportunities for improvement. (Theoretical based on Shockley-Queisser limit and bandgap of semiconductor. Laboratory results are based on NREL verified cells.)

図 1 3. 種々の太陽電池技術に関する、現行の製造モジュールの効率、研究室レベルのセル効率、理論効率

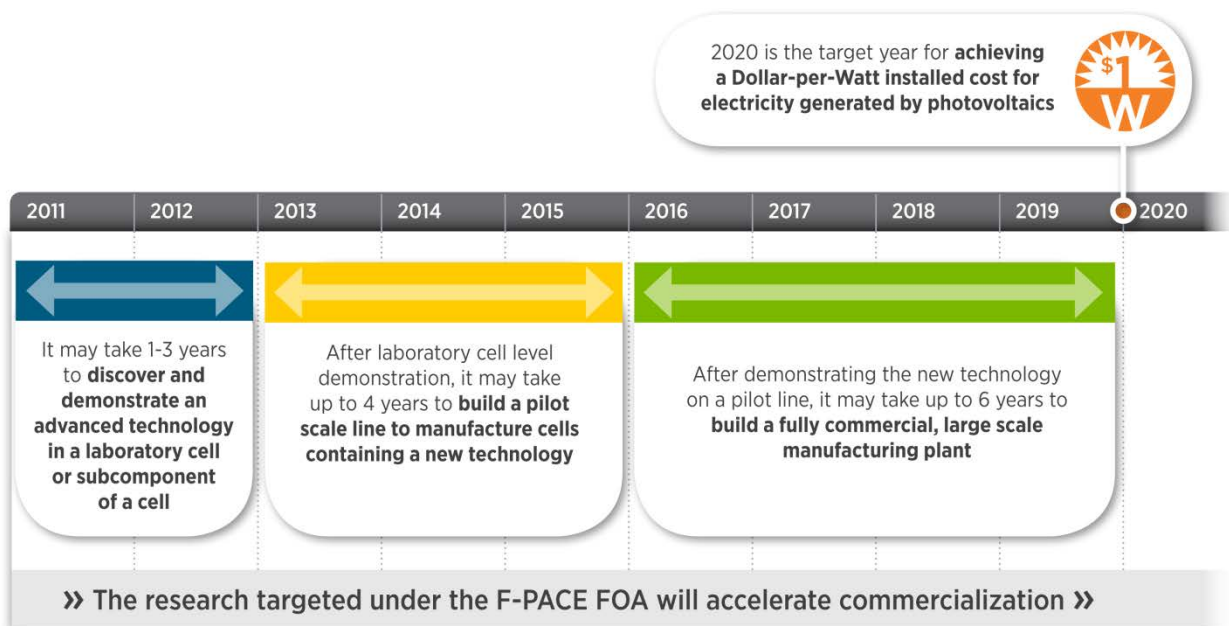


Figure 3: Timeline for earliest stage science targeted under F-PACE to arrive at full commercialization

図 1 4 コストターゲット達成のための研究開発ターゲットと線表

表3 研究開発予算計画

Topic 1 (Sub-cell)	Topic 2 (Cell level)	Topic 3 (Barrier Focus Teams)
Award Duration (years)		
3		
Max Award Award (Total \$ per Award)		
\$1.5M (\$1M Average)	\$1.5M	\$8M (\$6M Average)
Estimated Annual Federal Funding (\$)		
~\$3M, (~9 Awards)	~\$4M, (~8 Awards)	~\$4-6M (~2-4 awards)
Objective		
Scientific advances in materials, device, and process research	Cell level foundational research closing the gaps between theoretical , lab, and production efficiency limits	Teams with very high level of focus on overcoming barriers to improved performance

7. 感想

結晶Si太陽電池セッションでは、欧米からの研究成果発表が盛んで、これを、韓国、台湾の企業が熱心に聴講する姿勢を感じた。一方、日本企業からの参加は少なく、今後の危惧を感じる。また、欧州で産学連携が進んでいる。確かに、わが国は、結晶Si太陽電池生産量において、世界一だったが、中国に追い抜かれ、台湾、韓国が追い上げている。特に、中国企業は、UNSW、米国、ECNやSERISから技術導入をしており、わが国は、結晶Si太陽電池の研究開発者人口を増やし、レベルを上げることが必要である。半導体LSI凋落の二の舞を踏まないためにも、わが国における研究開発の強化と産学連携が必要である。

本年6月から、集光型太陽光発電に関する日欧の共同研究開発が始まり、欧米での集光型太陽光発電システムの重要性が再認識されており、わが国における超高効率太陽電池・材料、集光モジュールおよびシステムに関する研究開発の再強化の良い機会となろう。

DOEやNRELの人達と話す機会が多く、我が国での有機・色素にかけるリソースの多さに驚かれる。性能や信頼性に課題が多く、基礎にたちかえる必要がある。

次回の38th IEEE PVSCは、2012年6月3日～8日、テキサス州オースチンで開催予定である。