

高性能・高信頼性太陽光発電の 発電コスト低減技術開発/ 動向調査等/ 発電コスト低減に向けた太陽電池技術 開発に関する動向調査

栗原 理砂
(株)資源総合システム
2019年10月18日

問い合わせ先
株式会社資源総合システム
E-mail: info@rts-pv.com
TEL: 03-3551-6345
URL: www.rts-pv.com

事業概要

1. 期間

開始 : 2015年5月

終了(予定): 2020年2月

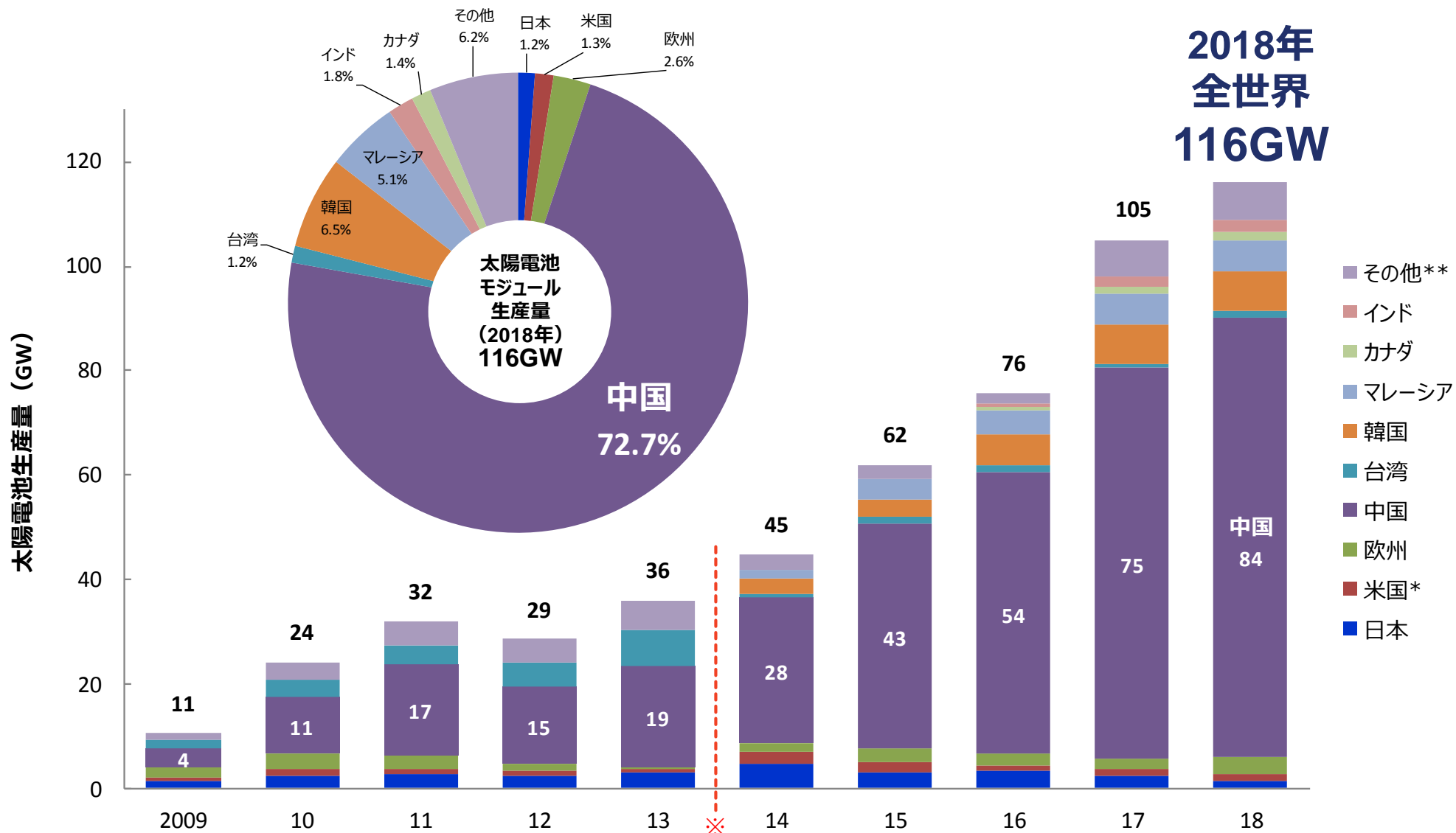
2. 最終目標

太陽電池モジュールに関する技術、コスト、産業競争力、長期信頼性、各国政策等に関する動向を継続的に調査し、「太陽光発電開発戦略」へフィードバックする。

3. 成果・進捗概要

- ・世界の太陽光発電市場および産業動向を正確に把握した上で、発電コスト低減に資する太陽電池モジュールの技術開発および製造コスト動向について調査を実施した
- ・太陽電池モジュールに関する産業競争力を分析・評価するため、各種太陽電池および代表的な太陽電池製造企業の技術力、供給力、研究開発費、業績等を調査し、比較を行った
- ・主要な太陽電池モジュール(結晶シリコン、CIGS系、CdTe)を中心とした性能レベル、製造技術、製造コスト、長期信頼性等の各種動向について調査し、太陽電池製造に関するコスト低減と高性能化の方向性のトレンドをまとめた
- ・今後の太陽電池産業発展に向け、世界の太陽光発電市場や太陽電池製造拠点の拡がり、新たな利用環境および応用用途に向けた太陽電池モジュールの開発状況等を調査した
- ・海外主要国における太陽電池技術の研究開発プログラム(研究開発戦略(枠組み、目標、予算)、開発テーマ)について調査・比較を行った

世界の太陽電池生産量推移（国・地域別）



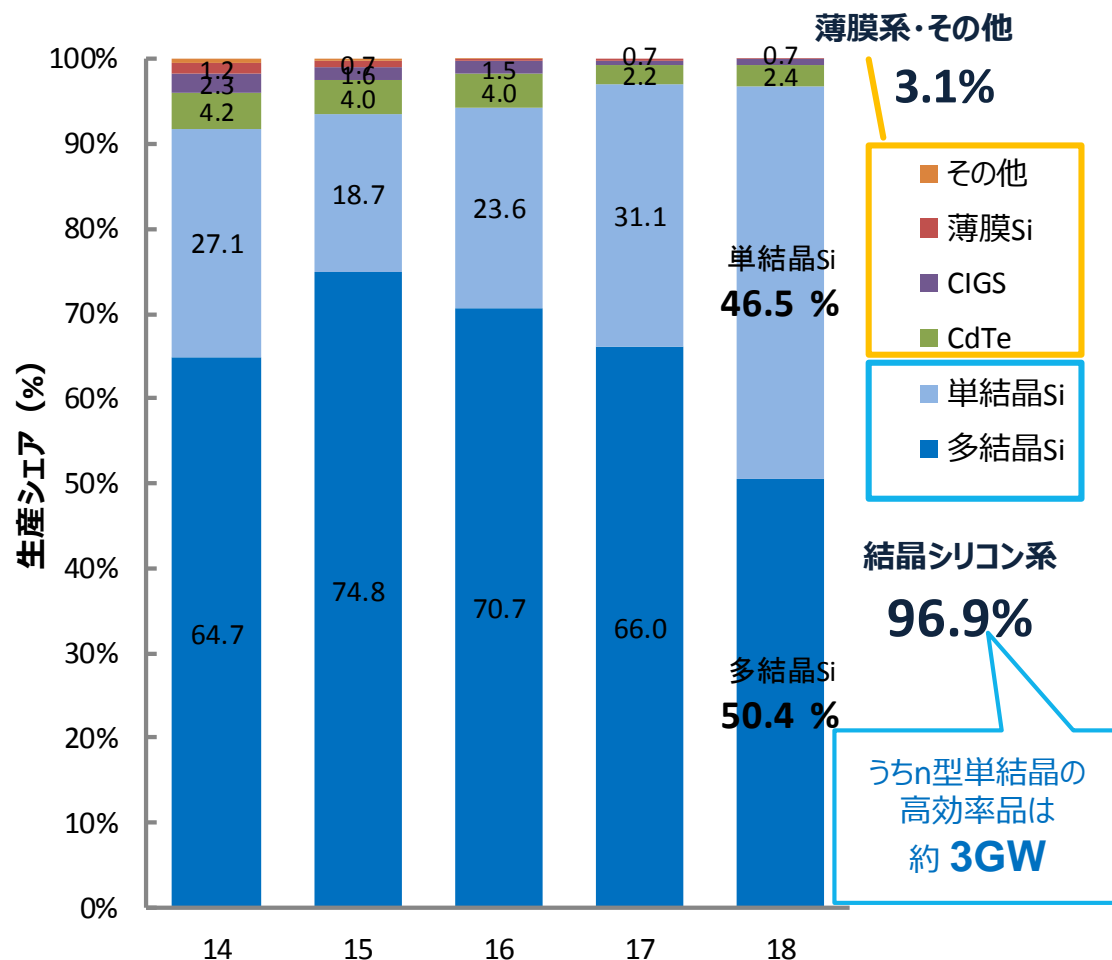
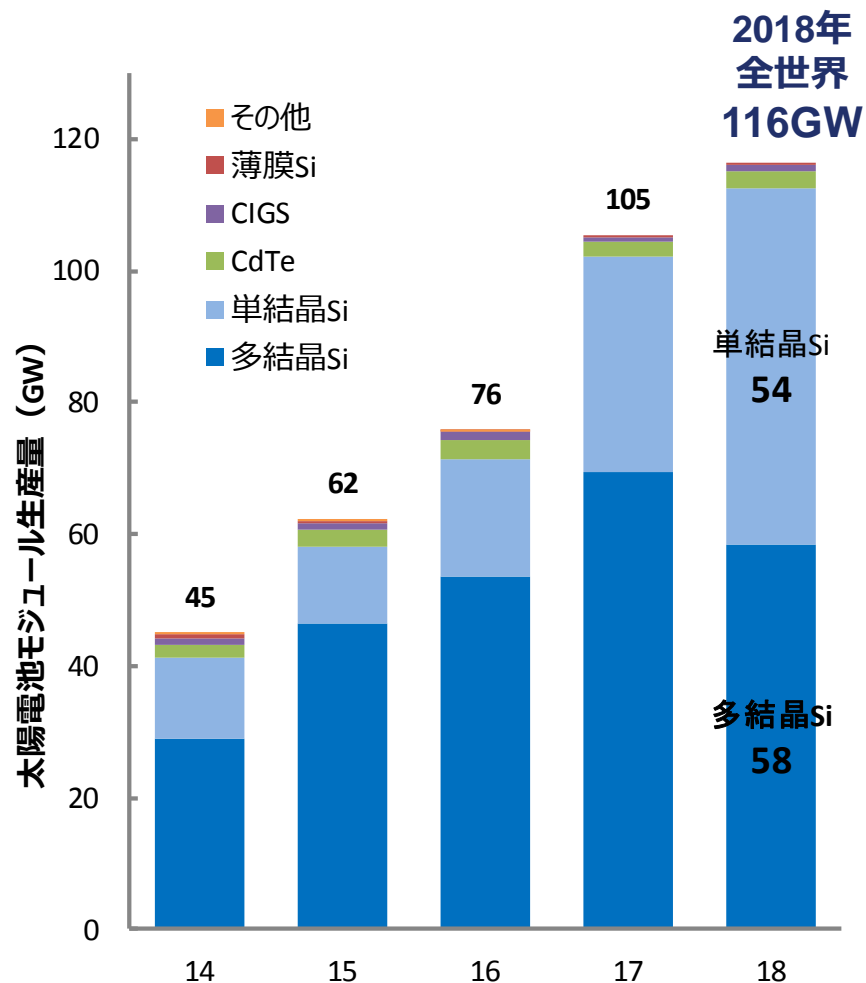
※ 2013年までは太陽電池セル生産量、2014年からは太陽電池モジュール生産量で集計

*米国は2013年までは米州

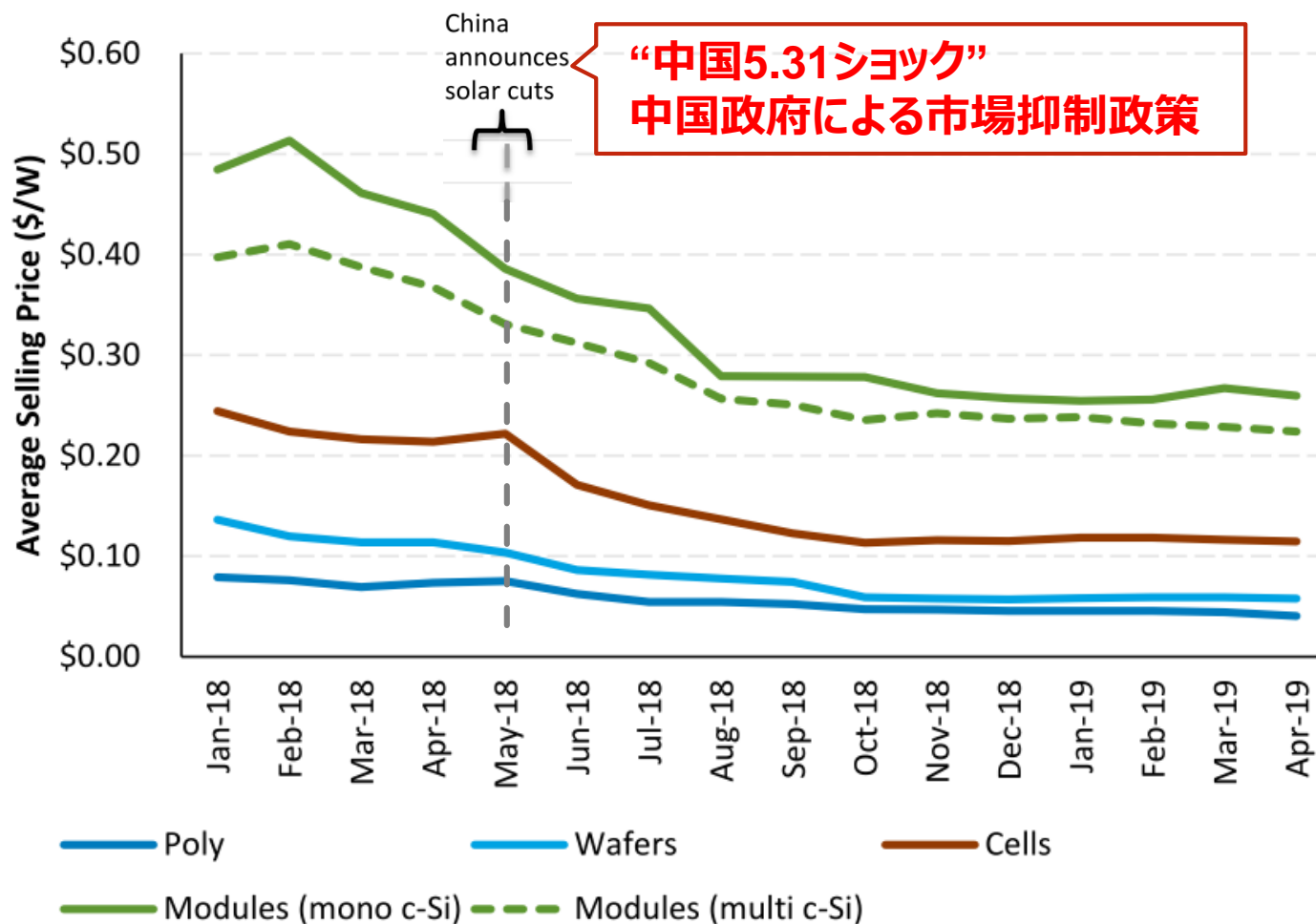
**韓国、マレーシア、カナダ、インドは、2013年以前は「その他」に含まれる

出典：（株）資源総合システム調べ（一部推定）

世界の太陽電池モジュール生産量推移（種類別）

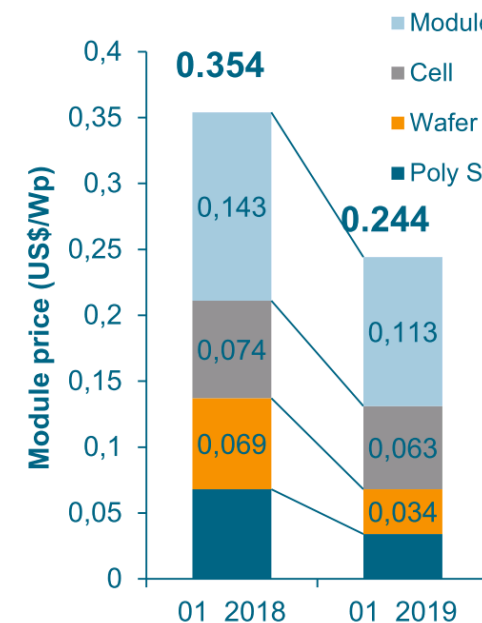


結晶シリコン太陽電池関連製品のスポット販売価格推移



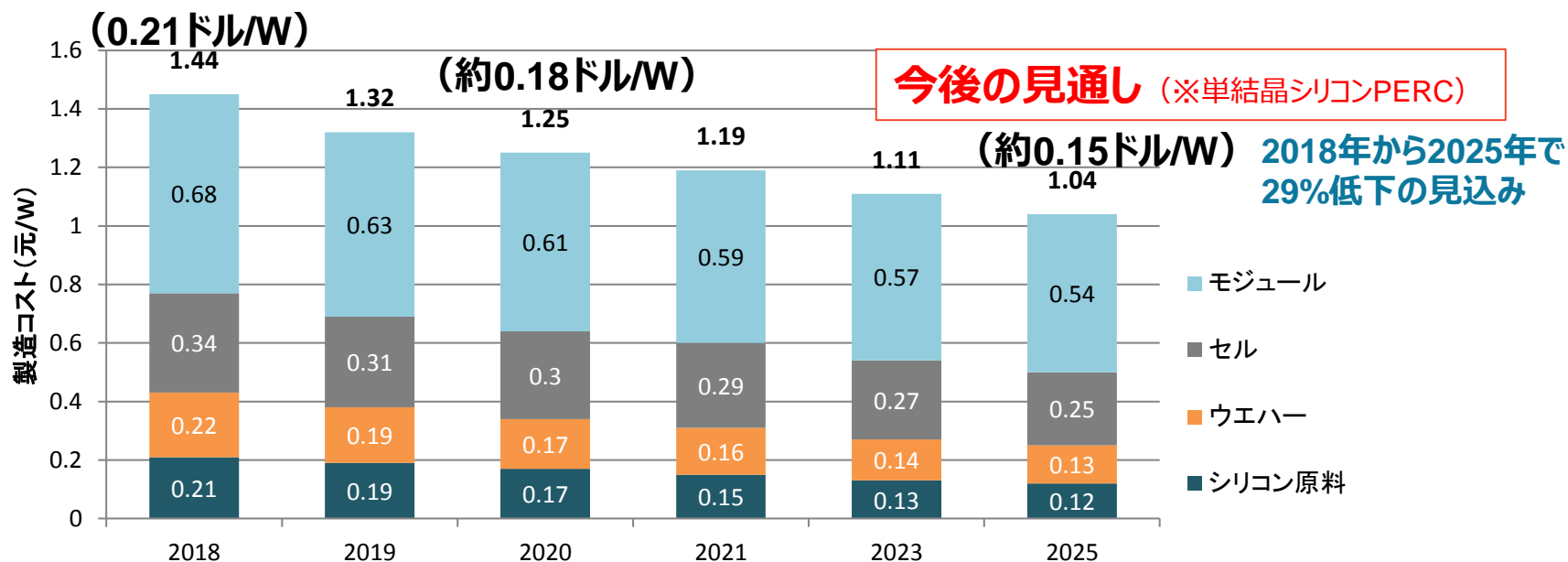
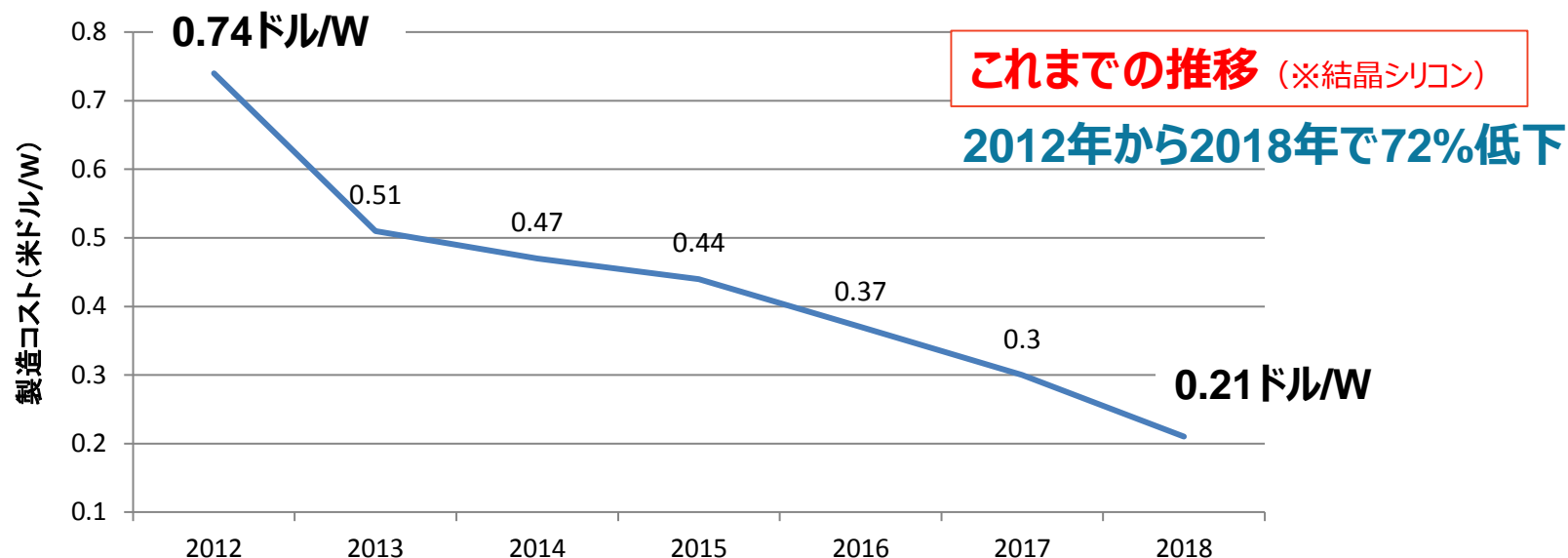
データ出所：BNEF Solar Spot Price Index（2019年4月29日）

2018年に31%低下↓



ITRPV Tenth Edition 2019

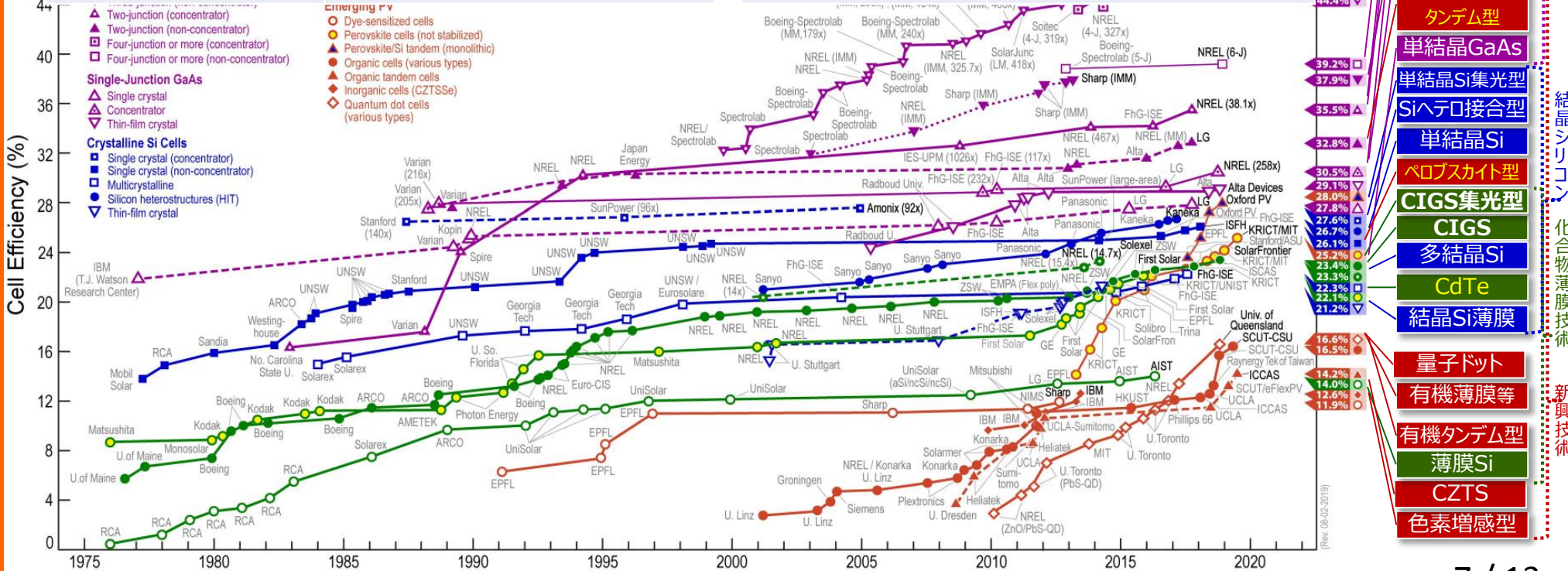
中国企業における太陽電池モジュール製造コストの推移および見通し



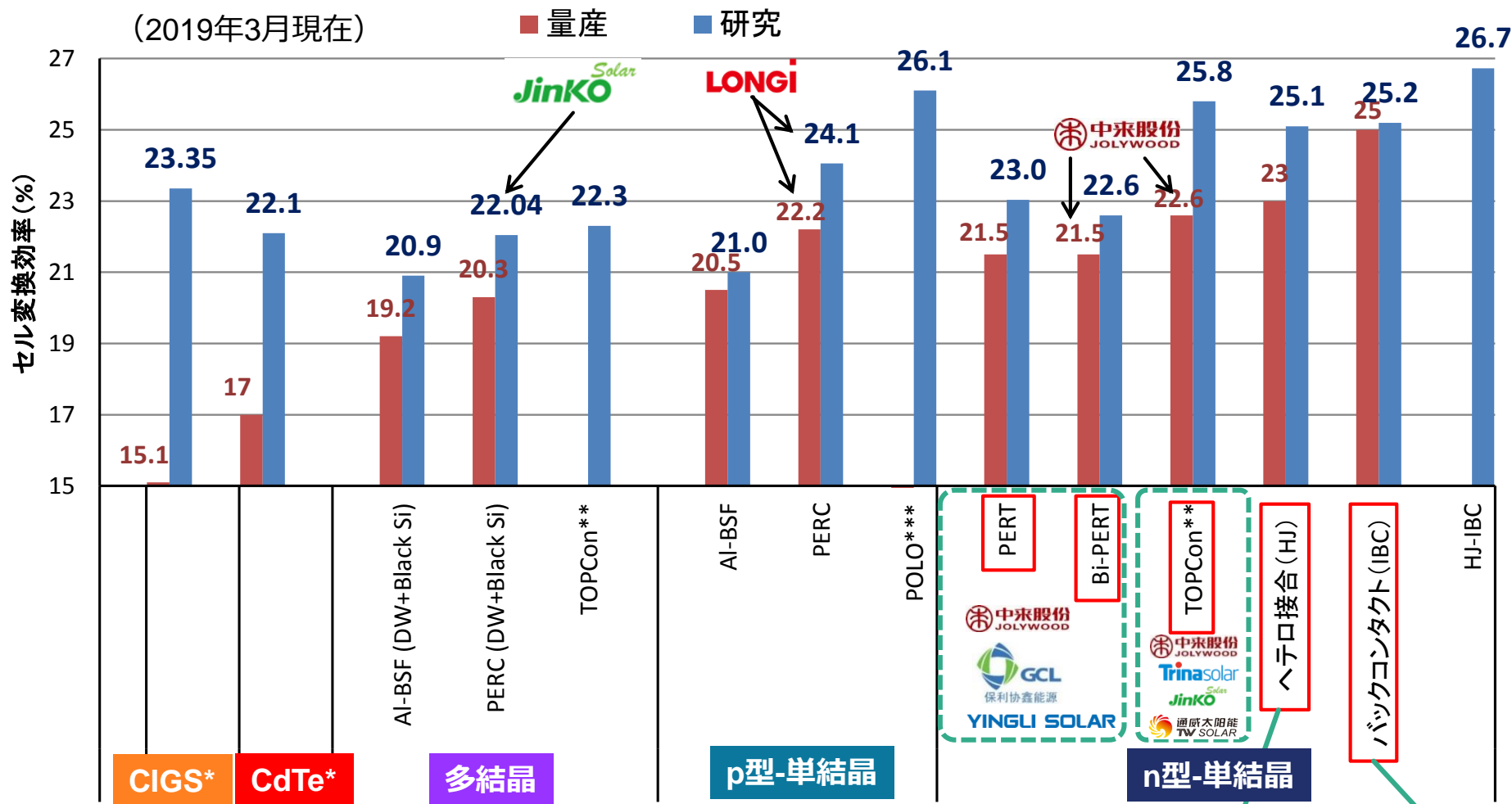
最近の太陽電池セル変換効率記録の進捗（研究開発レベル）

ペロブスカイト/Siタンデム型	28.0% (Oxford PV)
ヘテロ接合型結晶シリコン	26.7% (カネカ, HBC, 79.0cm ²)
単結晶シリコン (非集光)	26.1% (ISFH, POLO)
多結晶シリコン	22.3% (FhG-ISE, TOPCon)
CIGS	23.4% (ソーラーフロンティア)
CdTe	22.1% (First Solar)
アモルファス・シリコン	14.0% (産総研AIST)
結晶シリコン薄膜	21.2% (Solexel)
ペロブスカイト (PSC)	25.2% (韓国化学研究所KRICT)
有機薄膜 (OPV)	16.5% (華南理工大学-中南大学)
有機薄膜タンデム型 (OPV)	15.2% (中国科学院化学研究所)
色素増感型 (DSSC)	11.9% (シャープ)

GaAs単接合 (非集光)	27.8% (LG Electronics)
GaAs単接合 (集光)	30.5% (NREL、258倍集光)
GaAs単接合薄膜	29.1% (Alta Device)
2接合 (集光)	35.5% (NREL、38.1倍)
3接合 (集光)	44.4% (シャープ、302倍)
4接合以上 (集光)	47.1% (NREL、6接合、143倍)
2接合 (非集光)	32.8% (LG Electronics)
3接合 (非集光)	37.9% (シャープ)
5接合 (非集光)	38.8% (Boeing-Spectrolab)
6接合 (非集光)	39.2% (NREL)
CZTSSe	12.6% (IBM)
量子ドット	16.6% (クイーンズランド大学)



太陽電池セル技術別性能の現状（セル変換効率、研究/量産レベル）



*薄膜の変換効率は量産モジュールレベル

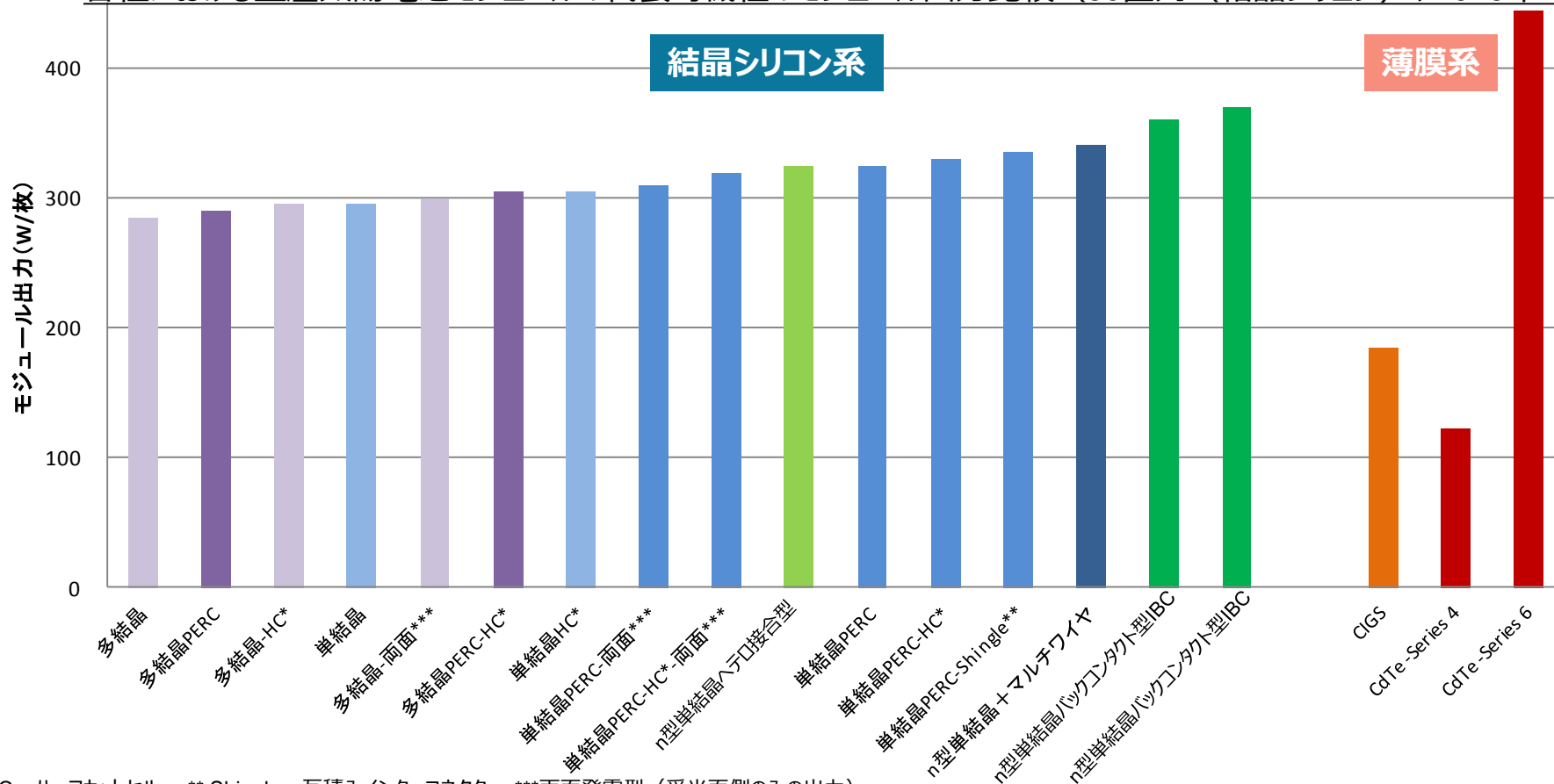
** TOPCon構造：Tunnel Oxide Passivated Contact

*** POLO構造：POLysilicon on Oxide

n型単結晶Siの高効率セルの開発に中国を中心とした海外メーカーが参入

量産太陽電池モジュール性能の現状（出力（W））

各社における量産太陽電池モジュールの代表的機種のモジュール出力比較（60直列（結晶シリコン）、2019年4月）



* HC = ハーフカットセル ** Shingle = 瓦積みインターコネクタ ***両面発電型（受光面側のみの出力）

※結晶シリコン系は、セル60枚直列のモジュール。ただし、パナソニックとSunPowerは125mm角セルのため、モジュール寸法が156mm角・60直列品と同等の96直列品で比較

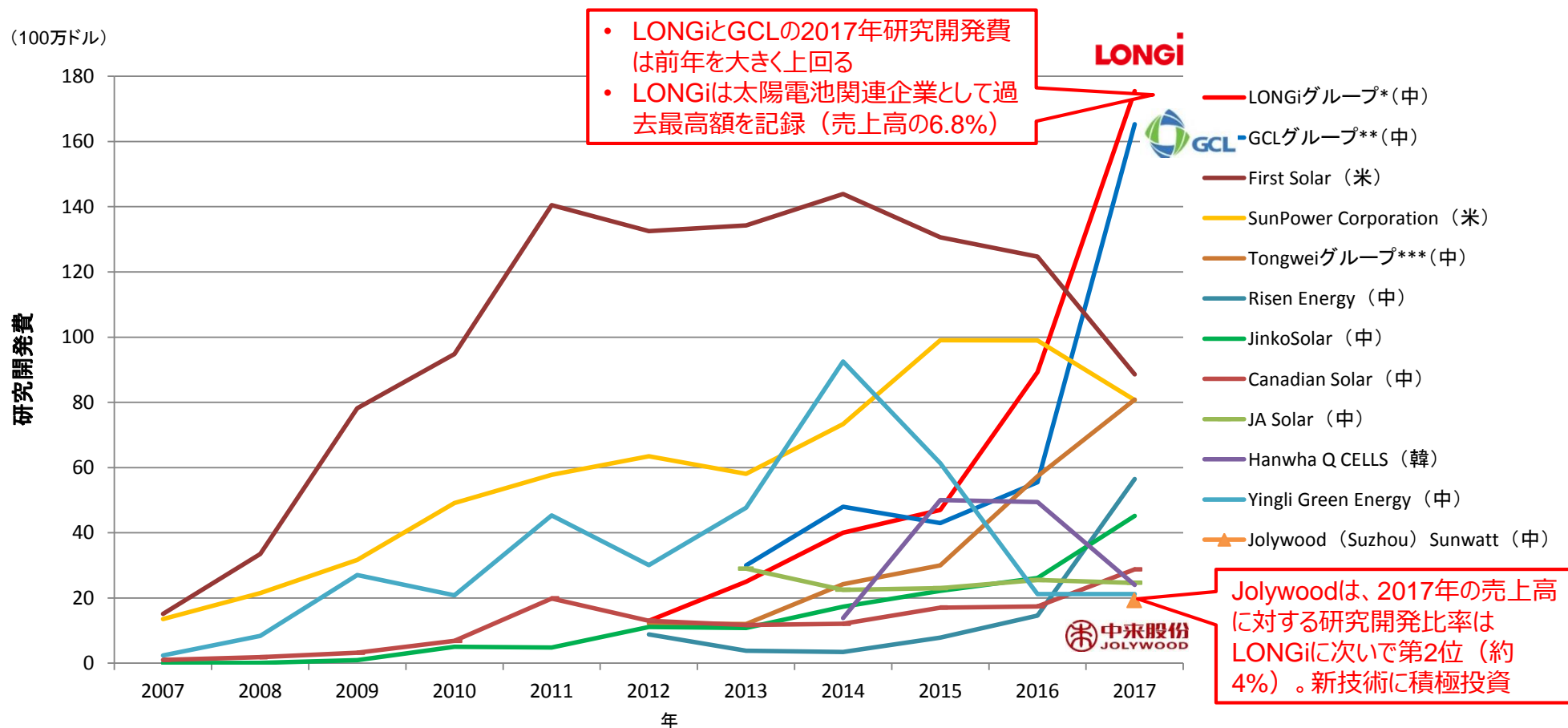
※薄膜太陽電池は、結晶シリコンとモジュール寸法が異なる

- **結晶シリコン系** 60直モジュール1枚あたりのモジュール出力は300W前後。最高出力は韓国LG製バックコンタクト型で370W
72直モジュールは、400W超がスタンダードへ
米国SunPowerの次世代IBC「Aシリーズ」（6インチセル、104枚、400～415W）が間もなく販売開始

- **薄膜系** 小型サイズのためCIGSが185W、First SolarのCdTe次世代品は大判化により最高445W

代表的な太陽電池製造企業における年間研究開発費の推移

新興メーカーは2017年に多額の研究開発費を投入⇒急速な高性能化と低コスト化を実現



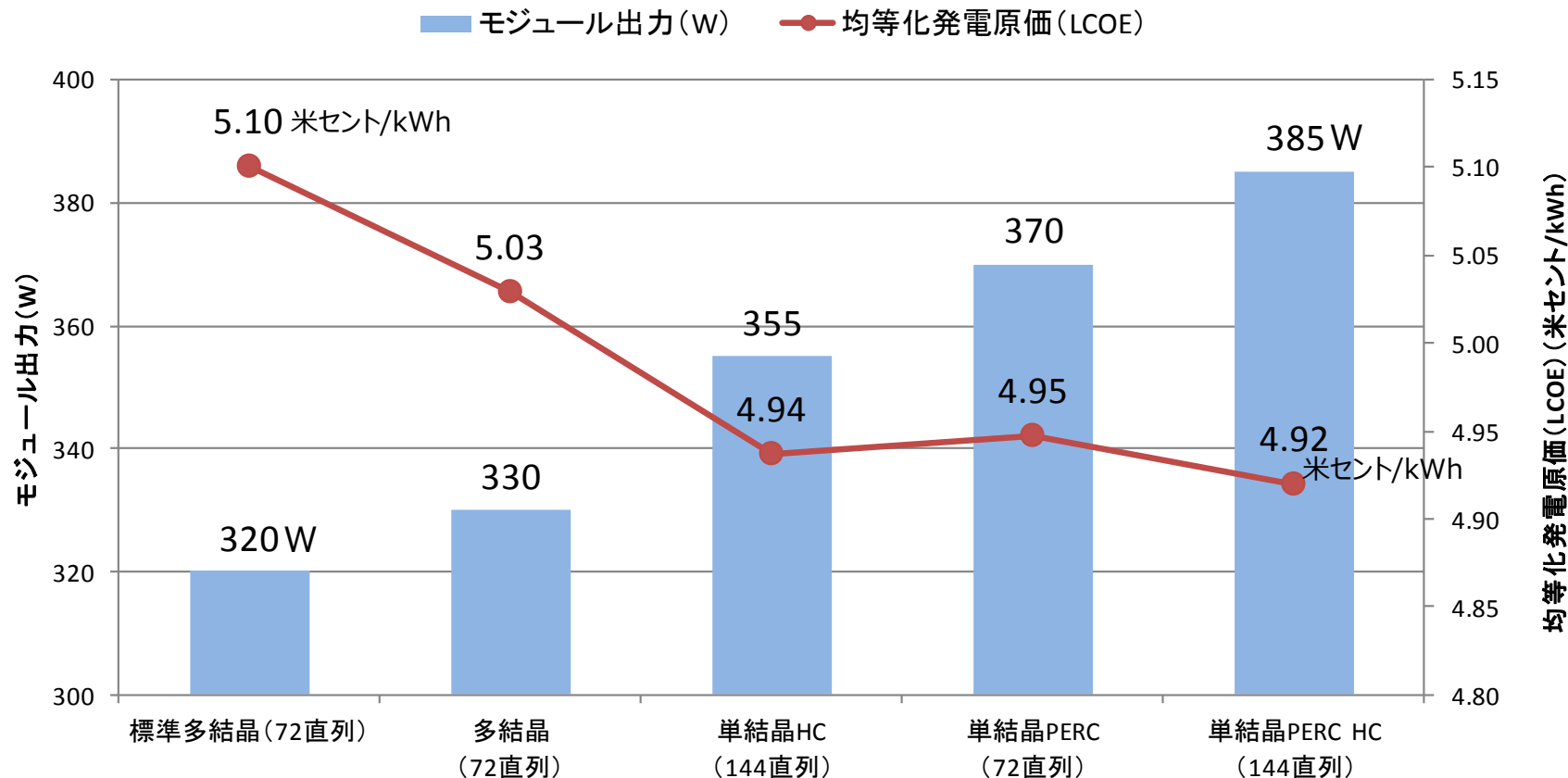
* LONGiグループには、LONGi Green Energy Technology（単結晶シリコン・インゴット・ウェハー）、LONGi Solar（太陽電池セル・モジュール）が含まれる

** GCLグループには、GCL-Poly Energy（ポリシリコン、シリコン・インゴット・ウェハー）、GCL System Integration Technology（GCLSI）（太陽電池セル・モジュール）、GCL New Energy（プロジェクト開発）が含まれる

*** Tongweiグループには、ポリシリコン、太陽電池セル・モジュールが含まれる

高性能結晶シリコン太陽電池モジュール性能の発電コスト*への影響分析

(設置要件：50MW規模の太陽光発電所、設置場所スペイン・セビリア、設置可能面積60ha、セントラルインバータ2,200kW/台、システム電圧1,000V)



- 標準多結晶320Wに対して、単結晶PERC+ハーフカットセルHC（385W）では、BOSコストは8.2%減少、生涯発電量は1.4%増加、設置面積は18.4%低下し、その結果、LCOEは全種類の中で最大の4.1%低減

*発電コスト（均等化発電原価（LCOE；Levelized Cost of Electricity））＝発電所の初期費用、運転費用、廃棄費用までの全てのコストを生涯発電量で割った発電原価

各太陽電池の技術開発の方向性とターゲット市場

太陽電池種類	技術開発の方向性	ターゲット市場
結晶シリコン	<ul style="list-style-type: none"> ・徹底した低コスト化 ・更なる高効率化（タンデム化） >30% ・軽量化（3～6kg/m²） ・セミフレキシブル化 ・着色化 	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 従来市場（住宅・産業・電力事業用） ○ 新市場（BIPV、営農、水上） ○ 新市場（車載、ZEB、狭小面積）
CIGS系	<ul style="list-style-type: none"> ・軽量化（2～3kg/m²） ・フレキシブル/ベンダブル化 ・着色化/デザイン加工 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 新市場（BIPV、低荷重建造物（屋根・壁面）） ○ 新市場（車載、営農）
CdTe	<ul style="list-style-type: none"> ・大面積化 ・低コスト化 ・生産規模拡大 ・着色化 	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 電力事業用 △ 新市場（BIPV）
有機系	<ul style="list-style-type: none"> ・高効率化 ・軽量化 ・フレキシブル化 ・透明化 ・着色化 	<ul style="list-style-type: none"> △ 新市場（BIPV、低荷重建造物（屋根・壁面）） △ 携帯端末、IoTセンサー電源
ペロブスカイト	<ul style="list-style-type: none"> ・高効率化（単セル >25%、タンデム化 >30%） ・軽量化（薄膜フレキシブル） ～250g/m² ・透明化 ・材料探索 ・低コスト化 ・長期信頼性（安定性/再現性/耐久性） ・大面積化 ・製造プロセス 	<ul style="list-style-type: none"> △ 新市場（BIPV、低荷重建造物（屋根・壁面）） △ 新市場（車載、ZEB、狭小面積） △ 携帯端末、IoTセンサー電源

まとめ（総括）

■ 太陽電池製造産業に関する最近の動向のまとめ

- 世界の太陽電池モジュール年間生産量は、2014年の45GWから2018年に116GWへ増加
- 2018年の太陽電池生産量のうち7割超が中国産、貿易摩擦の影響でその他の地域での生産も拡大
- 結晶シリコン太陽電池が全体の約97%シェアを維持。種類別では単結晶シリコンが増加の方向
- トップメーカーの生産能力は、1社・10GW/年超のレベルへ。新興メーカーでは更なる拡張計画も発表
- 太陽電池性能は向上。量産レベルのモジュール出力は 平均300W、400W超へ
- 太陽電池モジュールの価格は中国ショックの影響で急低下、年間30%ダウンで0.2ドル台/Wへ
- 製造コストは今後も低減、中国企業ではWあたり0.2ドルから0.1ドル台も視野に
- 太陽電池モジュールの高出力化によりBOSコストと設置面積の低減および発電量増加で発電コストが低減
- 各太陽電池の技術開発の方向性とターゲット市場：
【結晶シリコン系】徹底した低コスト化と更なる高効率化⇒既存市場＋新市場
【薄膜系】軽量化、フレキシブル化、着色/透明化⇒新市場（BIPV（軽量/フレキシブル/着色/透明化等）、水上設置/営農用途、移動体搭載等）

■ 今後の調査実施予定

- 太陽電池モジュールの性能、製造技術、製造コスト等の各種動向及び、各国の研究開発政策動向の調査を継続して実施するとともに、最終年度として調査結果をまとめる
- 市場や産業、技術の変化に合わせ以下の調査を重点化
 - ①モジュール効率30%超を目指すハイエンド高効率太陽電池技術の研究開発・商業化動向
 - ②先進的な研究機関による産業向け太陽電池技術支援状況（産学連携の新たな方向性）
 - ③新たな利用環境や用途に対応したモジュール技術、産業による研究開発動向