

太陽熱発電の現状と日揮の取り組み

Present Status of the CSP Market & JGC's Approach

渋谷英俊*1、都築寛志*1、沼田浩明*2

Hidetoshi Shibuya*1, Hiroshi Tsuzuki*1, Hiroaki Numata*2

*1 事業推進プロジェクト本部電力・新エネルギー部、*2 エンジニアリング本部エネルギープロセス部

*1 Power & New Energy Department, Business Promotion & Execution Division,

*2 Energy Process Engineering Department, Engineering Division

要旨

当社は近年再生可能エネルギー分野での電力事業投資に取り組んでおり、2010年9月には初となる太陽熱発電事業への参画を決定した。今後はこの事業で蓄積した技術やノウハウを利用して、当社らしい太陽熱発電事業の確立を進めていく予定である。本稿では太陽熱発電市場の現状と太陽熱発電事業への取り組み状況を紹介する。

Abstract:

Recently, JGC has been expanding its investment business into the field of renewable energy, and in this September the company has decided to participate in the Independent Power Provider (IPP) project by using the Concentrating Solar Power (CSP) technology in Spain. Through its participation in this project, JGC is aiming toward establishing our original project scheme and structure in the solar thermal power IPP field with the technology and knowledge accumulated from this involvement. This article introduces the present status of the CSP market and JGC's approach to the business.

1. はじめに

当社は2004年から在来型の発電技術を用いる独立系発電事業（IPP：Independent Power Producer）に加え、近年再生可能エネルギー分野での電力事業投資に取り組んでおり、2010年9月にはスペインのアベンゴア・ソーラー社と共同で初となる太陽熱発電事業への参画を決定した。太陽熱発電（CSP: Concentrating Solar Power）は当社がEPC(Engineering, Procurement, Construction)を手掛けている中東や北アフリカ地域も将来有望な市場と期待されており、当社は1)実証済みの技術で投資をおこない、2)技術や事業開発のノウハウを蓄積することで、3)これまで培った技術やEPC遂行能力を活かした当社らしい太陽熱発電事業の確立に取り組んでいる。本稿では太陽熱発電の現状と太陽熱発電事業への取り組み状況を紹介する。

2. 太陽熱発電の現状

2. 1 太陽熱発電市場動向

(1) 太陽熱発電市場動向

近年の油価高騰、エネルギー安全保障の見直し、地球温暖化問題などにより、太陽光・熱、風力、地熱といった再生可能エネルギーの活用が着目されている。欧州各国では、原子力発電や火力発電と比較して、発電コストの高い再生可能エネルギーを普及させるため、高い売電価格を長期間保証する固定価格買い取り制度（FIT：Feed in Tariff）などが導入された。スペインでは FIT 制度が太陽熱発電に適用され、2010 年初めにはスペインだけでも 10 プラント総計 430MW の太陽熱発電プラントが稼働している。

国際エネルギー機関（IEA:International Energy Agency)は 2050 年までに世界で 1089GW の太陽熱発電所が建設され、世界の発電量の 11.3%が供給されると予測しており¹⁾、ドイツ航空宇宙センター(DLR: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt)は南ヨーロッパ及び中東地域で 2050 年までに約 400GW の太陽熱発電所が建設され、中東地域の総電力需要の半分以上が供給されると予測している²⁾。

(2) 太陽熱発電市場のプレイヤー³⁾

太陽熱発電市場におけるプレイヤーは、①テクノロジープロモーター、②大手 IPP 事業者・電力事業者、③デベロッパーの 3 セグメントに大きく分けられる。

テクノロジープロモーターは技術開発から発電事業運営までを単独またはコンソーシアムを組むことで実施している。今回のスペインでの共同出資者で太陽熱発電大手のアベンゴア・ソーラー社はこのセグメントに属し、グループ会社でコンソーシアムを組んで上流から下流までの事業を行っている。

大手 IPP 事業者、電力事業者はプロジェクト開発から発電事業運営までを実施しており、風力発電やバイオマス発電なども手掛ける電力会社を中心である。スペインのイベルドローラー社やアメリカのネクストエラ・エネルギー・リソーシズ社などが挙げられる。デベロッパーは小規模企業を中心で主にプロジェクト開発から運転・保守サービスまでを手掛けており、多くの企業は開発物件を大手 IPP 事業者・電力事業者に売却している。

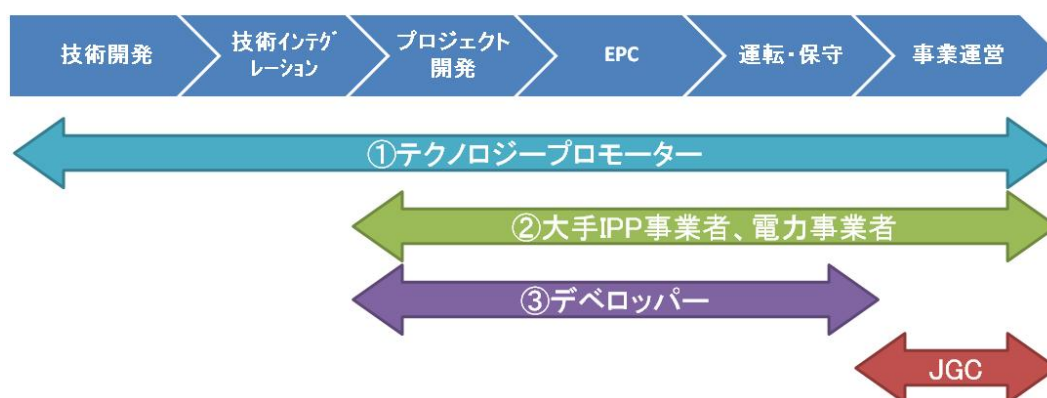


図1 太陽熱発電サプライチェーン

今回のスペインにおける発電事業において当社はプロジェクト開発の一部であるファイナンス調達と発電事業運営への協力を実施している。今後は、多くのプロジェクトマネジメント経験に加え、今回の事業を通じて太陽エネルギー発電の事業ノウハウと技術知見を深め、環境と地域への貢献を視野に、新たな展開に注力していく予定である。

2. 2 太陽熱発電の仕組み

(1) 日射条件

太陽熱発電は図2に示すとおり、太陽からの放射エネルギーを鏡で30~800倍に集光し、集光したエネルギーを熱媒体(HTF: Heat Trasfer Fluid)などを用いて熱エネルギーに変換し、蒸気を発生させ蒸気タービンで発電を行うものである。

太陽からの放射を太陽放射といい、太陽光線に垂直な面に到達する日中の地球大気上端の太陽放射のエネルギーは、約1370W/m²である。日射は、大気中を通過する間に、空気分子・エアロゾル・雲などにより一部が吸収・散乱及び反射されるため、日射量は、直達日射量(DNI: Direct normal Irradiance)、散乱日射量(DHI: Diffuse Horizontal Irradiance)、全天日射量(GHI: Global Horizontal Irradiance)に区別して計測される。

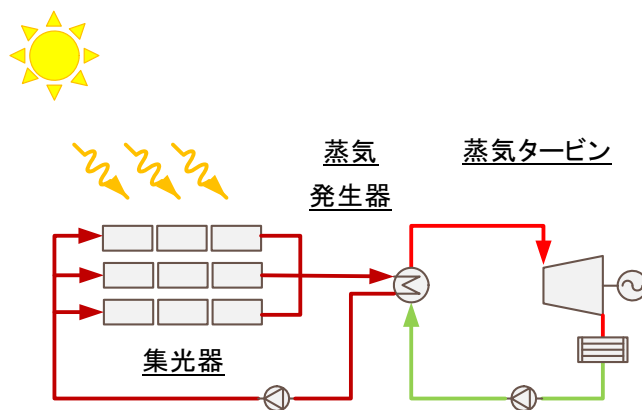


図2 太陽熱発電システム

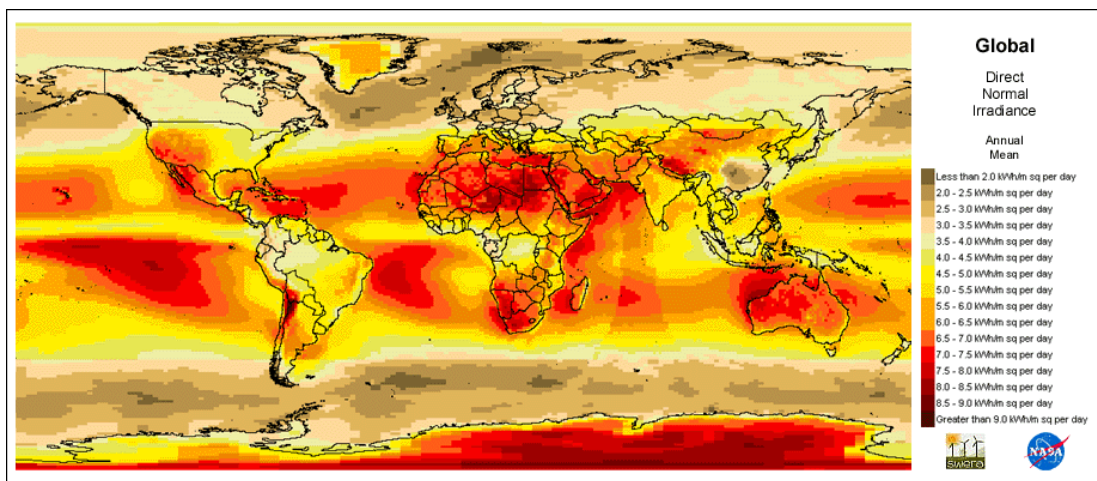


図3 DNI マップ 4)

太陽のエネルギーを直接的に電力に変換する太陽電池 (PV: Photovoltaic cell) を用いる太陽光発電では DHI でもある程度の発電が可能であるが、太陽熱発電は、集光部に焦点を合わせることが必要なため DNI が実際に利用できる放射エネルギーとなる。尚、太陽熱発電のポテンシャルが高いといわれているサンベルト地帯では、DNI は日本の2倍から3倍以上の値となっている。

(2) コレクターの種類

太陽熱発電は集光器の違いによりトラフ型、フレネル型、タワー型、ディッシュエンジン型に分かれる。

現在はトラフ型が商業用途として使用されているが、発電効率及び初期投資額の点からフレネル型、タワー型も将来有望視されている。日本で開発されているビームダウン型はタワー型からの派生型である。尚、ディッシュ型はスターリングエンジンを用いて発電する方式であり、他の方式とは異なり分散型用途として開発されている。

表1 集光器の種類

	トラフ型	フレネル型	タワー型	ディッシュ型
設備規模	5~200MW	5~200MW	5~25MW	~25kW
開発状況	商業	実証-商業	実証	実証-商業
集光方式	線集光	線集光	点集光	点集光
太陽追尾方式	1軸	1軸	2軸	2軸
焦点距離	~3m	~30m	~数 100m	~4m
集光倍率	30~40	30~40	~800	~3000
熱媒	合成油、熔融塩	合成油、蒸気	熔融塩、蒸気	ヘリウムガス

(3) トラフ型プラント技術

当社が参画したスペインにおける Solacor 1&2 太陽熱発電所も現在主流のトラフ型が採用されている。

トラフ型プラントは図4に示すように、集光器をループ状に設置し、各ループをヘッダーでつなぎ、蒸気発生器に熱媒体を介して熱供給する構造となっている。一つのループは複数基の集光器で構成されており、往復で概ね 600m である。熱媒体は一般的に合成油が使用されており、この合成油の最高使用温度が 400℃ という制約条件から、蒸気タービンへ供給される蒸気条件が設定されている。

蒸気タービンに安定した温度・圧力の蒸気を供給するために次のような工夫がされている。尚、スペインでは法律上、年間発電量(kWh)の一定量までは化石燃料による補助ボイラの使用が認められている。

- ① 集光器の太陽軌道自動追尾
- ② 補助ボイラによる追い炊き
- ③ 熱媒循環量制御
- ④ 集光器の自動ダンプ制御 (強制的に焦点を外す)
- ⑤ 強風時の集光器制御

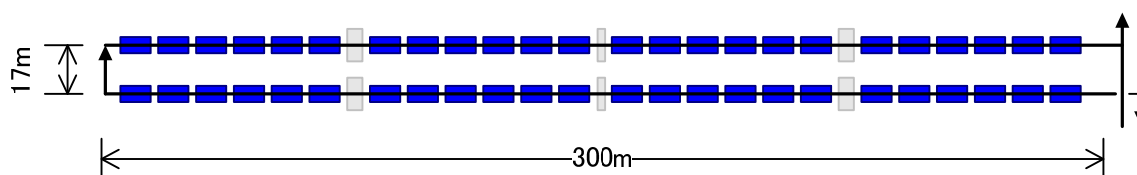


図4 ループ構成

(4) 太陽熱発電プラント設計手順

太陽熱発電プラントを設計するためには、まず現地の直達日射量を計測することが必要であり、20年間分の最低1時間ごとの直達日射量データが計測される。このデータを近隣の気象台データとの相関を確認したうえで、設計用年間直達日射量及び日間（1時間毎365日）直達日射量を設定する。設定された日射量から、年間の運転時間、発電効率などを考慮して発電量を算出し、最適化設計を繰り返すことで、運転モデル及び設備構成が決定される。図5に設計手順の概略フローを示す。

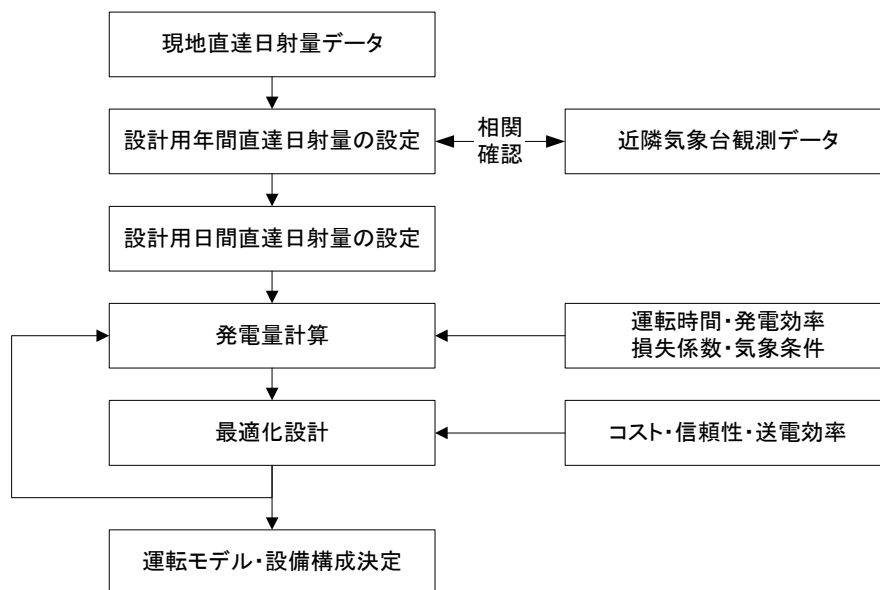


図5 設計手順

(5) 技術開発動向

現在の太陽熱発電の発電コストは、一般的に1MWあたり200ドルから300ドルと言われている。アメリカのエネルギー省（DOE：Department of Energy）の開発プログラムで検討されている発電コストでは2015年に1MWhあたり100ドル、2020年に50ドルという目標が設定されている。これが実現するためには、プラントの大規模化、マーケット内の競争、大量生産が必要であるほか、次の様な技術開発が必要とされており、各社がしのぎを削っている。

- ① 高効率化（熱ロス、光学的ロスなどの改善）及び発電所内電力消費の低減
- ② トラフ型プラントにおけるダイレクトスチーム(DSG: Direct Steam Generation)と呼ばれる集光器で直接蒸気を発生させる方式の実現
- ③ 熔融塩を熱媒及び蓄熱に用いた大規模タワー型プラントの実現
- ④ DSG用の3段階蓄熱設備（エコノマイザ用顕熱蓄熱・蒸発器用潜熱蓄熱・過熱器用顕熱蓄熱）の実現
- ⑤ タワー型による超臨界圧発電の実現
- ⑥ ガスタービン吸気をタワー型集光設備により加熱した後、膨張させることで発電するソーラーエアータービンの実現

3. 当社の取り組み

3. 1 Solacor 1&2 事業への参画

本事業は、スペイン南部コルドバ地区に 50MW の太陽熱発電所 2 基(合計 100MW)を新たに建設し、同国内向けに売電する事業で、発電所の建設および事業運営は当社とアベンゴア・ソーラー社が出資する新事業会社を通じて実施するものである。

本事業は当社の投資案件のデューデリジェンス能力向上、後述する ISCC 案件への進出、PMC(Project Management Consulting)、FEED(Front End Engineering Design)などの役務拡大及び技術開発に貢献すると期待されている。

3. 2 ISCC への取り組み

ISCC とは Integrated Solar Combined Cycle の略で、太陽熱発電とガスタービンコンバインドサイクルを組み合わせた発電方式である。①燃料消費及び二酸化炭素排出量の削減が可能、②既設の火力発電所に適応可能、③太陽熱導入量が柔軟に設定できるといったメリットから注目されており、モロッコ、アルジェリア、エジプトなどですでに合計 186MW (太陽熱寄与分のみ) のプラントが建設中で、世界で合計 800MW の計画が発表されている。

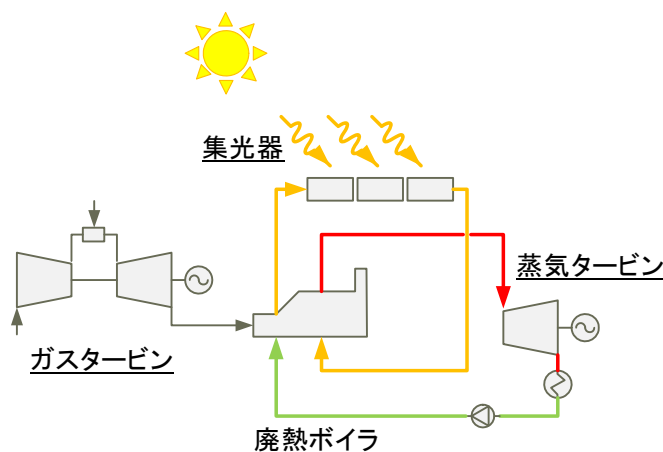


図 6 ISCC

当社は太陽熱発電とガスタービンコンバインドサイクルのインテグレーションに当社の技術を活かすことができ、将来的には既存の汽力発電やガスタービンコンバインドサイクル発電への導入も考えられると判断し、当社が出資している Taweela B 発電所の共同出資者である QGEN 社、トラフ型用ミラーで世界大手であるドイツの Flabeg 社、トラフ型集光器の構造設計大手である SBP 社の 3 社と共同でプロジェクト開発、EPC、及び事業運営を行うコンソーシアムを結成した。

当社は設備の設計・建設支援のほか、案件によっては発電事象への資本参加を検討する。コンソーシアム各社がノウハウを持ち寄り、共同で太陽熱エネルギーの利用効率を高めるなどの工夫を重ね、競争力が向上すると期待される。

4. おわりに

太陽熱発電は当社が EPC を手掛けている中東や北アフリカ地域で今後大きく市場が伸びると予想されており、プロジェクト開発や EPC まで事業範囲を広げていくことができれば、当社の新事業の柱の一つになり得ると考えられる。

参考資料

- 1) Technology Road Map -Concentrating Solar Power-, IEA
- 2) Concentrating Solar Power for the Mediterranean Region, DLR
- 3) Global CSP Markets and Strategies, 2009-2010, Emerging Energy Research

- 4) Solar and Wind Energy Resource Assessment (SWERA) ウェブサイト
<http://swera.unep.net/index.php?id=metainfo&rowid=270&metaid=374>