

【事業名】集光型太陽熱発電(CSP)システムに関する技術開発

【代表者】三菱日立パワーシステムズ(株) 丸本 隆弘

【実施予定年度】平成26～28年度

## (1)技術開発概要

### ①【技術開発の概要・目的】

CO<sub>2</sub>削減に有効な再生可能エネルギー導入拡大に向けて、太陽熱を集光して高温の蒸気を生成し、蒸気タービン発電機により発電する太陽熱発電システムの技術開発を実施する。特に新規技術が必要となる「低コスト太陽熱集熱システム」「高温蓄熱システム」「全体システム最適化」の技術開発を中心とする。これにより、従来よりも高温の蒸気による高効率化と、更に蓄熱システムを最適に制御して安定した電源供給を実現するものである。

### ②【技術開発の詳細】

#### (1)低コスト太陽熱集熱システムの開発

- ・複数の鏡で太陽光を反射させ集熱し、水から高温(500～600℃)の蒸気を生成する太陽熱集熱システムを開発する。
- ・実用化する上での課題はコストであり、2種類の集熱器を組合せて高温蒸気を生成し高効率化する等の方法により対応する。

#### (2)高温蓄熱システムの開発

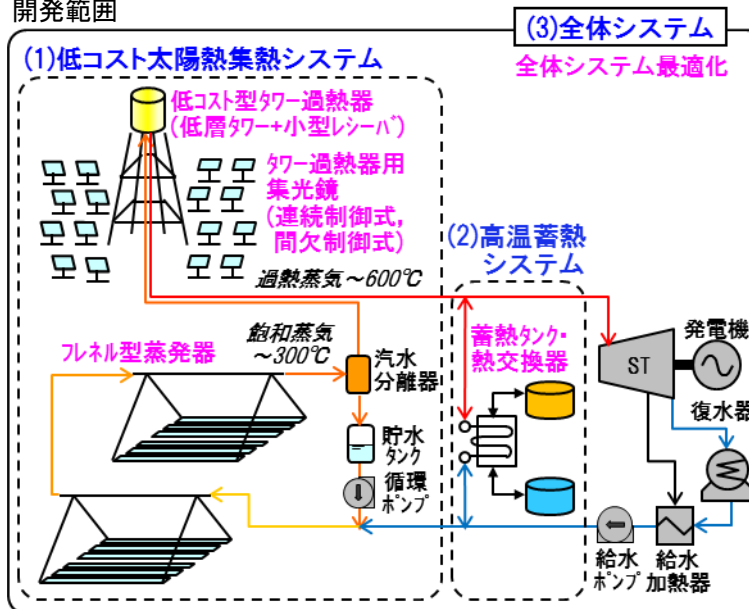
- ・高温蒸気の蓄熱に耐えうる蓄熱システムを開発する。
- ・高効率化を達成する上では高温蒸気の蓄熱が課題となるため、新たな蓄熱材料を用いて対応する。

#### (3)全体システムの最適化技術開発

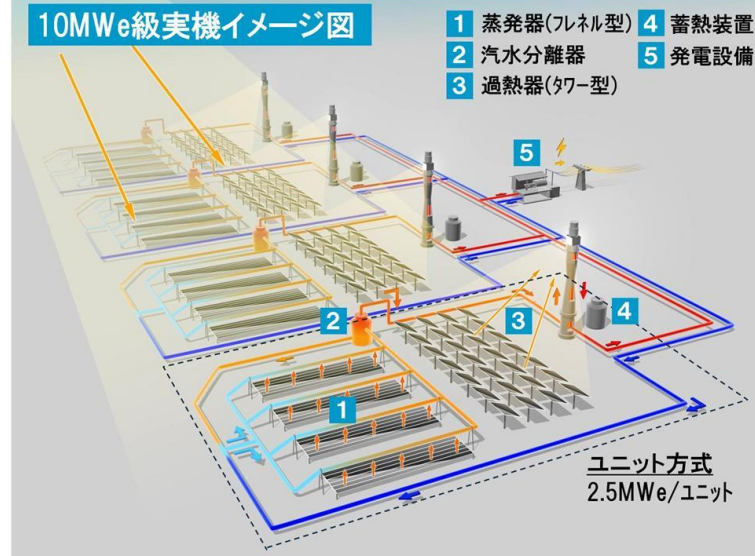
- ・蒸気量や蒸気温度の最適化により、蒸気タービンに供給する蒸気条件の安定化を図り、蒸気タービン等機器寿命を向上させ、ランニングコスト削減を図る。
- ・日照条件、電力需要、蓄熱容量等に基づき、システム全体を適正に管理・運転する制御システムを開発する。

### ③【システム構成】

開発範囲



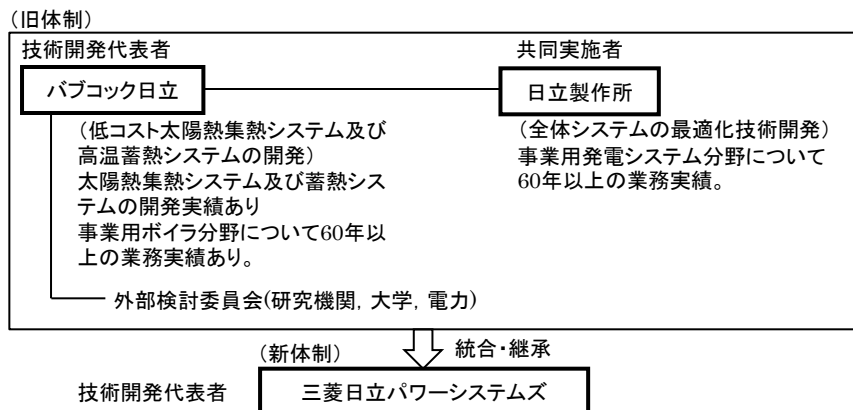
#### 10MWe級実機イメージ図



## (2) 技術開発計画

### ①【実施体制】

技術開発代表者である三菱日立パワーシステムズグループのバブcock日立(株)および共同実施者である日立製作所(火力部門)は、平成26年10月に三菱日立パワーシステムズ(株)に正式に統合された。これにより技術開発代表者を三菱日立パワーシステムズ(株)へ継承している。



### ②【当初計画の実施スケジュール】

|                  | H26年度     | H27年度     | H28年度     |
|------------------|-----------|-----------|-----------|
| 低コスト太陽熱集熱システムの開発 |           |           |           |
|                  | 251,465千円 | 278,073千円 | 115,009千円 |
| 高温蓄熱システムの開発      |           |           |           |
|                  | 8,597千円   | 14,979千円  | 10,397千円  |
| 全体システムの最適化技術開発   |           |           |           |
|                  | 36,403千円  | 17,489千円  | 32,903千円  |
| その他経費(間接経費)      | 44,470千円  | 48,884千円  | 23,746千円  |
| 合計               | 340,935千円 | 359,425千円 | 182,055千円 |

### ③【目標設定・達成可能性】

#### ○最終的な目標:

仕様: 発電出力10MWe(年間発電量: 約21,000MWh[蓄熱9時間付])

性能: 耐用年数25年

機器コスト低減率: 50%以上(既存トラフ型システム比)

1台当たりのCO2削減量: 約18,000t/年

(石炭火力の焚き減らし分; CO2排出原単位0.858kg-CO2/kWhで計算)

#### ○開発工程に係るリスク

・低コスト太陽熱集熱システムの開発における実証試験装置の完成が当初計画よりも遅れるリスクを想定している。遅れが発生した場合は、試運転および実証運転期間を短縮(試験項目を絞り込み)し、対応する。

### ④【事業化・普及の見込み】

#### ○事業化計画

・2018年までに火力複合発電システムでの7.5MWth(2.5MWe相当)の実証・商用設備を完成

・2019年を目途として、火力複合発電システムを完成させ、商品生産・販売開始

・2020年を目途として、単独発電システムを完成させ、商品生産・販売開始

#### ○事業展開における普及の見込み(～2020年)

・実用化段階コスト目標(国内向け): 30万円/kWe[蓄熱なし]

70万円/kWe[蓄熱9時間付]

・実用化段階単純償却年: 20年程度

#### ○普及に向けた障害、課題

・本製品の普及にあたっては、他の再生可能エネルギー発電システムと同様に、電力固定買取制度による政策面での支援が必要。

| 年度              | 2017 | 2018            | 2019           | 2020           | 2021           |
|-----------------|------|-----------------|----------------|----------------|----------------|
| 目標販売台数(台)       | -    | 1<br>(2.5MWe相当) | 1<br>(10MWe相当) | 2<br>(10MWe×2) | 5<br>(10MWe×5) |
| 目標販売価格(円/台)     | -    | 15億             | 30億            | 70億            | 70億            |
| CO2削減量(t-CO2/年) | -    | 2,254           | 9,020          | 36,077         | 90,193         |

### (3)技術開発成果

#### ①【これまでの成果】

- ・集熱量1MW級の太陽熱検証試験装置を建設し、集光集熱検証試験を実施し、目標とした集熱量1MW相当及び主蒸気温度550℃以上を達成
- ・熱量10kW級の小型蓄熱装置(蒸気温度500℃以上@3.0MPa)を製作し、1MW級太陽熱検証試験設備に接続し運転データの取得を完了
- ・火力複合発電システム並びに単独発電システムの最適化を完了

#### ②【CO2削減効果】

##### ○2020年時点の削減効果 (試算方法パターン B-a, II - i)

- ・国内潜在市場規模: 火力発電所138,000MWe  $\times$  5% = 6,900MWeに採用を想定。  
このうちの5% = 345MWeに適用を想定。
- ・2020年度に期待される最大普及量: 32.5MWe相当
- ・年間CO2削減量: 47,351t-CO2 /年

##### 【内訳】

- |                                   |                                   |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1) 火力複合発電                         | 2) 単独発電                           |
| ・発電出力: 12.5MWe相当                  | ・発電出力: 20MWe[蓄熱9時間付]              |
| ・年間発電量: 13,140MWh/年<br>(設備利用率12%) | ・年間発電量: 42,048MWh/年<br>(設備利用率24%) |
| ・年間CO2削減量: 11,274t-CO2            | ・年間CO2削減量: 36,077t-CO2            |
- ※石炭火力のCO2排出原単位: 0.858kg-CO2 /kWhで計算

##### ○2030年時点の削減効果 (試算方法パターン B-a, II - i)

- ・2030年度に期待される最大普及量: 145MWe相当
- ・年間CO2削減量: 239,010t-CO2 /年

##### 【内訳】

- |                                   |                                    |
|-----------------------------------|------------------------------------|
| 1) 火力複合発電                         | 2) 単独発電                            |
| ・発電出力: 25.0MWe相当                  | ・発電出力: 120MWe[蓄熱9時間付]              |
| ・年間発電量: 26,240MWh/年<br>(設備利用率12%) | ・年間発電量: 252,288MWh/年<br>(設備利用率24%) |
| ・年間CO2削減量: 22,548t-CO2            | ・年間CO2削減量: 216,462t-CO2            |
- ※石炭火力のCO2排出原単位: 0.858kg-CO2 /kWhで計算

#### ③【成果発表状況】

- ・新聞一般紙/業界紙(オンライン版含む)掲載、放映、ラジオ放送  
平成28年8月: 朝日新聞、日経産業新聞、日刊工業新聞、電気新聞、化工工業日報、  
日経電子版、NHKオンライン、読売新聞、電気新聞、CBCラジオ他  
平成28年10月: 読売新聞(特集記事)  
平成29年1月: 朝日新聞(特集記事)
- ・MHPSホームページにて動画公開(平成28年10月以降)
- ・1MW級集熱検証設備の視察・団体見学等  
平成28年9月~11月: 集光型太陽熱技術研究会、日本エネルギー学会、多摩大学、  
国立研究開発法人科学技術振興機構他 【延べ136名】

#### ④【技術開発終了後の事業展開】

##### ○量産化・販売計画

- ・2018年を目処として、蓄熱システムの低コスト化技術開発及び検証試験を完了。
- ・2019年を目処として、システム全体の更なる低コスト化を図り、実証設備を建設。
- ・2020年を目処として、単独発電システムの商品生産・販売を開始。

##### ○事業拡大シナリオ

| 年度                | 2017 | 2018 | 2019 | 2020<br>(最終目標) |
|-------------------|------|------|------|----------------|
| 蓄熱システム<br>技術開発、検証 | ←→   |      |      |                |
| システム全体低<br>コスト化   |      | ←→   |      |                |
| 海外への<br>事業展開      |      |      |      | ←              |

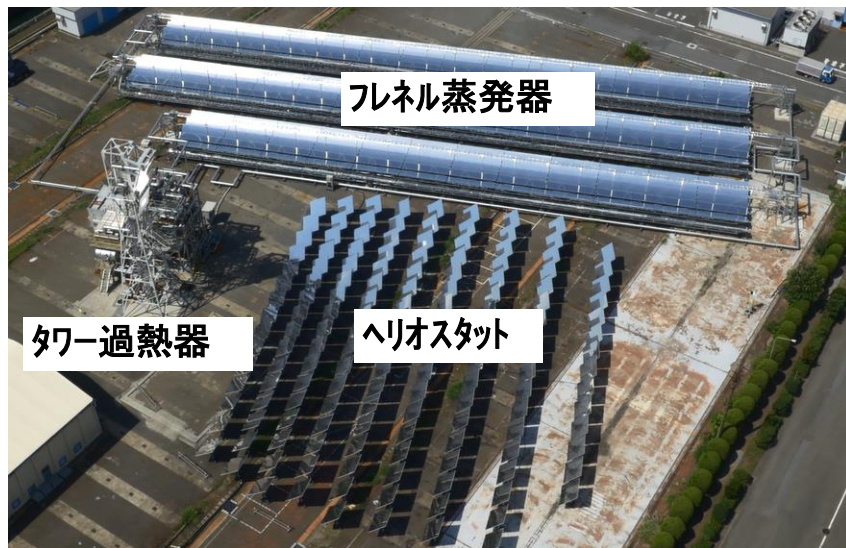
##### ○シナリオ実現上の課題

- ・他の再生可能エネルギー発電システムと同様な、電力固定買取制度による政策面での導入支援
- ・太陽光発電(PV)の急激な低コスト化に対抗するため、更なる低コスト化開発(低コスト蓄熱システム技術の開発、低コスト集光設備据付技術の開発)
- ・集光設備メーカーとの連携強化
- ・海外への事業展開に向けた海外動向調査

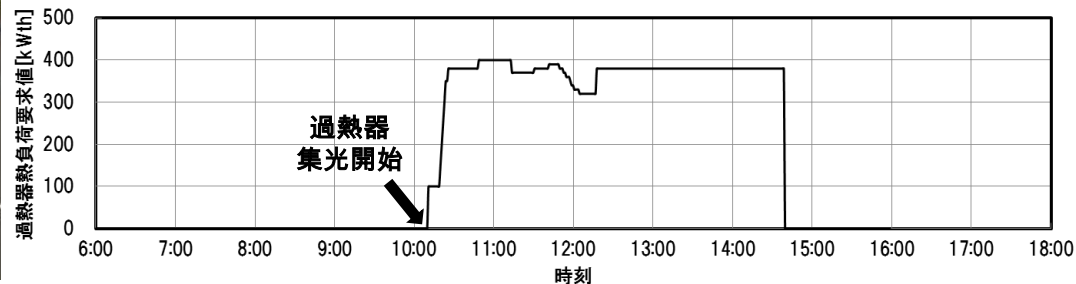
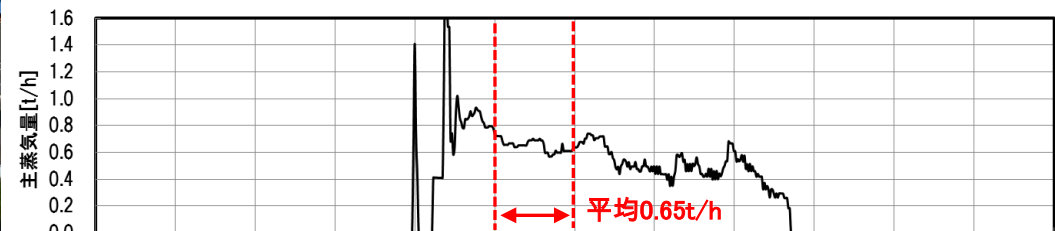
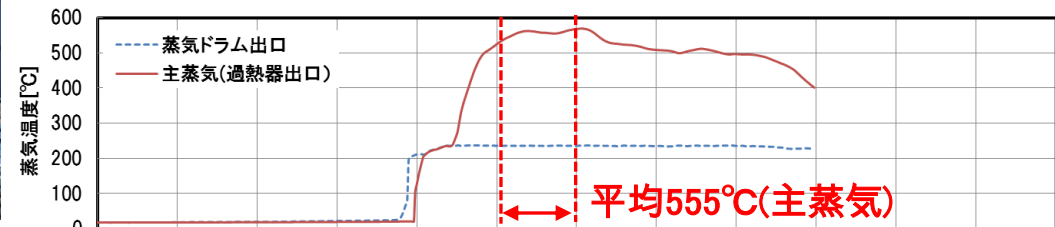
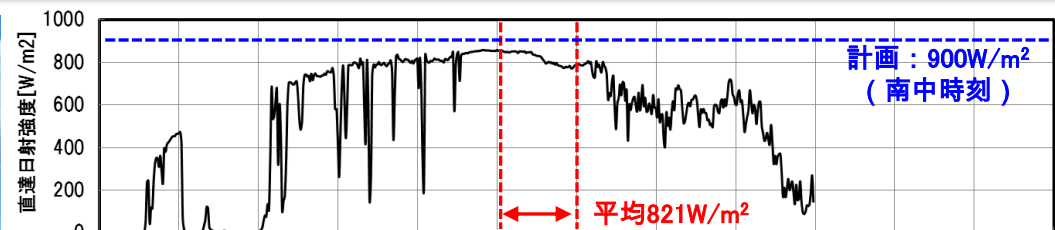


○参考資料(低コスト太陽熱集熱システムの開発成果;1MWth級検証設備)

・検証装置を完成し、目標とした1MW相当の集熱量並びに主蒸気温度550℃以上を確認



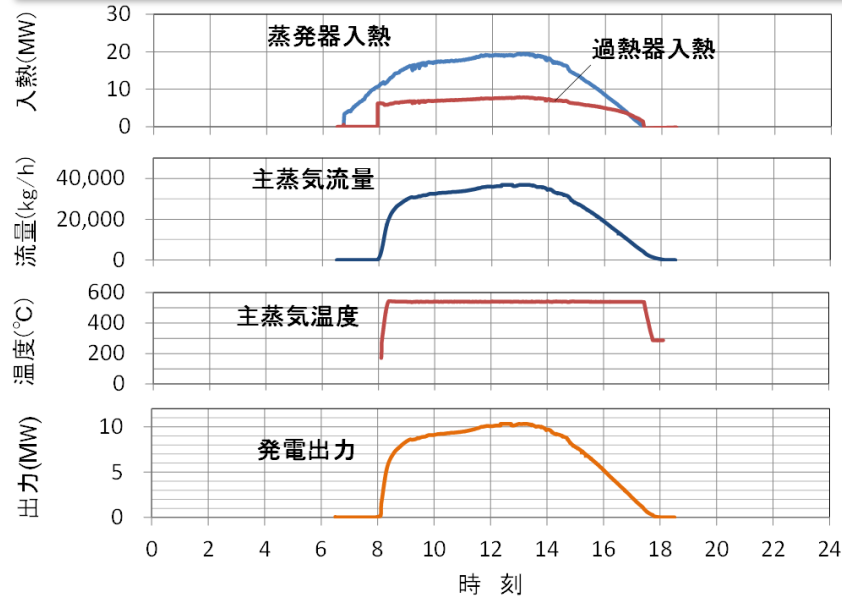
集熱量1MW級検証試験設備の写真



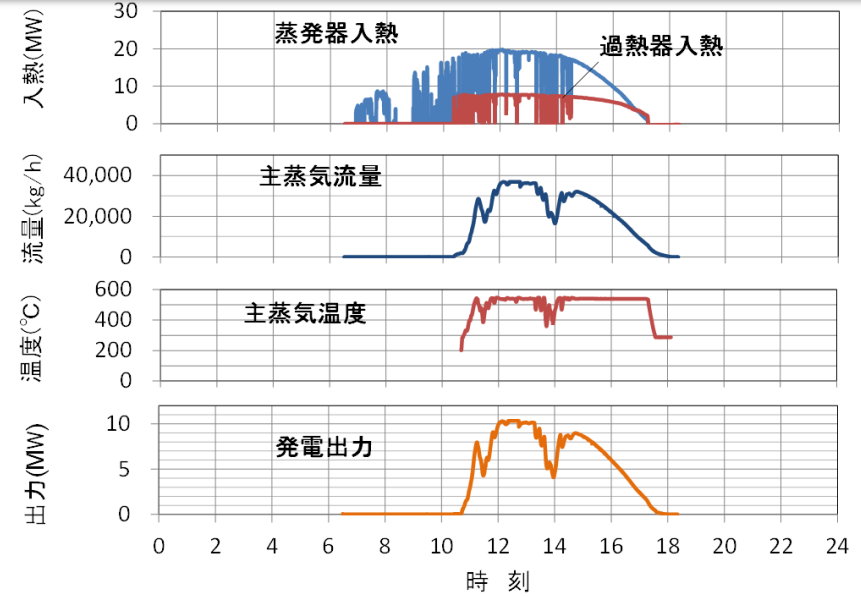
集熱試験データ(試験日:2016年10月18日)

○参考資料(全体システムの最適化技術開発の成果; 単独発電プラントの予想発電量)

プラント立地場所(緯度)により発電量及び設備利用率が変化(九州で太陽光並み)  
 ※フレネル蒸発器の特性により高緯度地域で冬場の発電量が大幅に低下するため



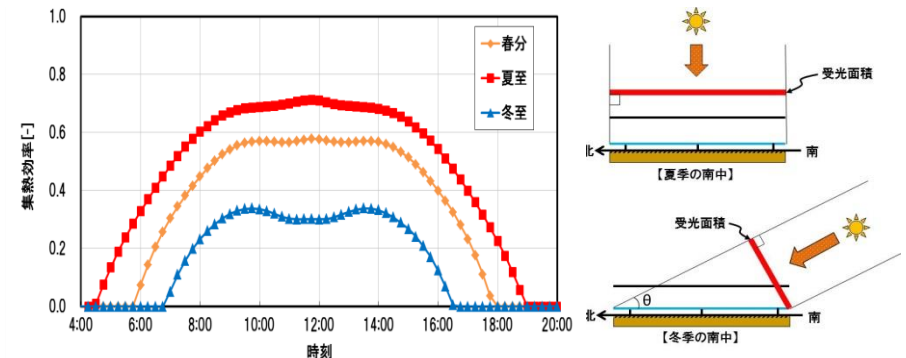
動特性解析結果の一例  
 (定格出力10MWe、春分の日、晴天)



動特性解析結果の一例  
 (定格出力10MWe、春分の日、曇天)

10MWe発電プラントの発電量及び設備利用率(予想)

|        |     | 横浜    | 九州地方某所 |
|--------|-----|-------|--------|
| 年間日照時間 | h   | 1,967 | 2,125  |
| 年間発電量  | MWh | 8,333 | 9,859  |
| 設備利用率  | %   | 9.5   | 11.3   |



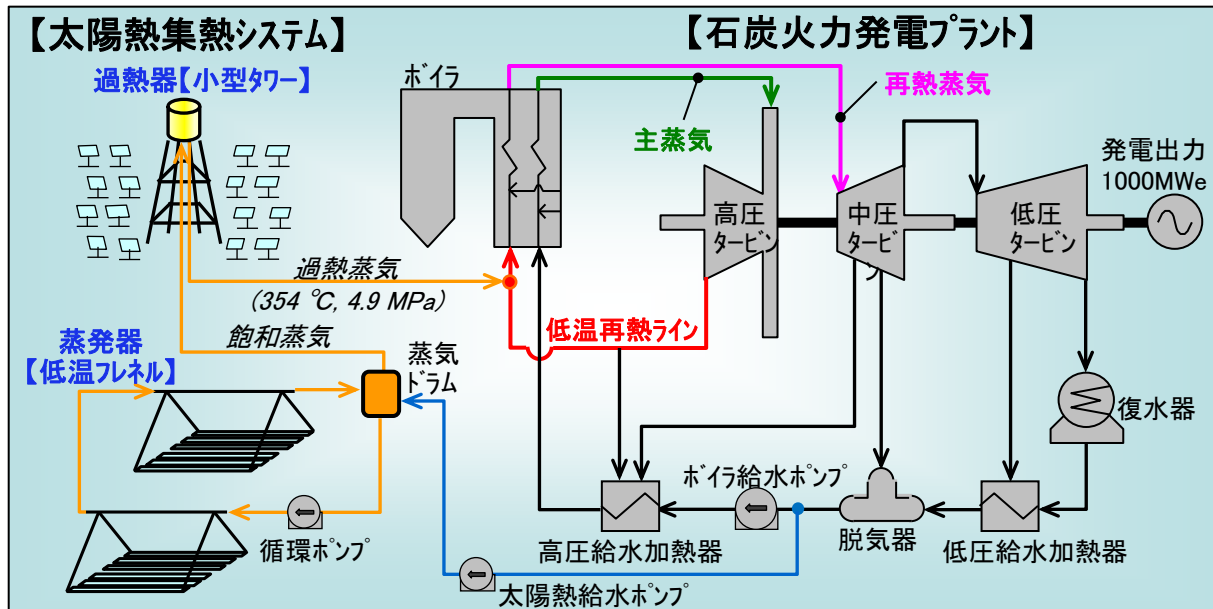
フレネルの集熱効率(横浜)

# ○参考資料(全体システムの最適化技術開発の成果;火力複合発電プラントの成立性評価)

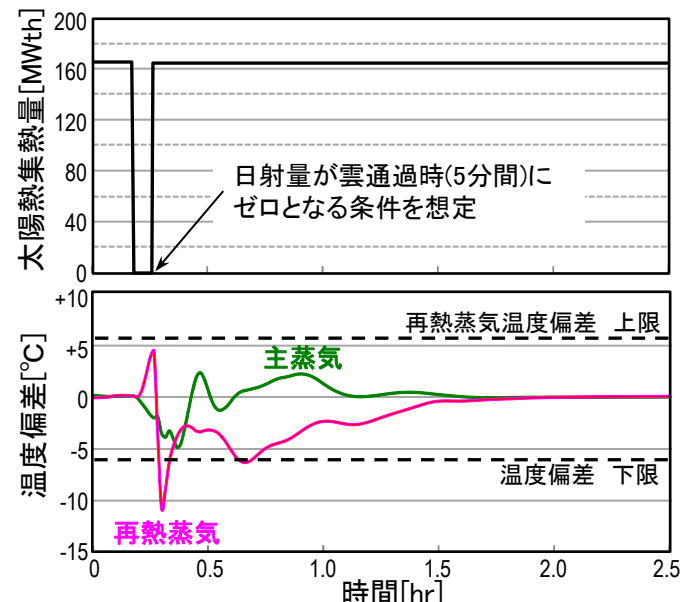
## 【成果】

- ①熱物質収支評価により石炭火力プラン側の低温再熱ラインに太陽熱側の蒸気をアシストする方式を選定【平成26年度】
- ②1MWth検証機で取得した動特性データを反映した動特性解析モデルを構築し、太陽熱アシスト率※の上限を6%と評価  
※再熱蒸気温度の偏差(下限値)が律速

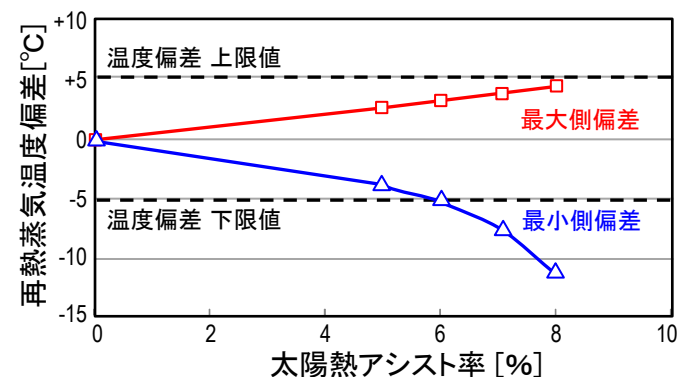
※太陽熱アシスト率[%] = (太陽熱集熱量による発電寄与量/プラントの全発電出力) × 100



複合発電プラント検討モデルの概略系統(出力1000MWe, 蓄熱なし)



複合発電プラン動特性解析結果の一例  
(アシスト率8%条件における蒸気温度の挙動)



太陽熱アシスト率上限値の評価

## CO<sub>2</sub>排出削減対策技術評価委員会による終了課題事後評価の結果

- 評価点 6.6点（10点満点中）

- 評価コメント

- － 個別技術及び全体システムの開発ともに概ね計画通りに進捗し、当初の技術目標を達成したと評価する。
- － 今後の事業展開には一層の発電設備コストの削減及び発電システムの効率向上が必要であり、その方策を十分に検討することを期待する。
- － 高温蓄熱設備について、発電システム効率の向上における効果に関する解析がなされていないため、さらなる全体システムの最適化を図る上でも適切にその評価に取り組むことを期待する。
- － 本事業の実施内容について積極的に成果を広く公表し、その際は環境省「CO<sub>2</sub>排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業」である旨を周知することを求める。