

終 了 報 告 書

S I P (戦略的イノベーション創造プログラム)

課題名「エネルギーキャリア」

研究開発テーマ名「高温太陽熱供給システム」

研究題目「高温太陽熱供給システム全体システム検討及び評価」

研究開発期間：平成26年7月1日～平成30年3月31日

研究担当者：細野恭生

所属研究機関：千代田化工建設株式会社

目次

1. 本研究の目的	1
2. 研究開発目標とマイルストーン	2
3. 研究開発実施内容	4
3-1. 水素製造への太陽熱インテグレーション検討	
3-1-1. 新 IS プロセスへのインテグレーション	
3-1-2. 新水蒸気電解プロセスへのインテグレーション	
3-2. トラフ型を主体とする高温集光集熱システムの構築	
3-2-1. 600°C集光集熱システム検討	
3-2-1-1. 検討条件	
3-2-1-2. トラフ形状最適化	
3-2-1-3. 検討結果	
3-2-1-4. 採用トラフ形状におけるエネルギー収支	
3-2-1-5. 集光集熱システム検討	
3-2-2. 650°C集光集熱システム検討	
3-2-2-1. 検討基本条件	
3-2-2-2. 集光集熱システム仕様と集熱量	
3-2-2-3. H26年度とH27年度の集光集熱設備比較	
3-3. 高温熱供給システムの構築及び経済性評価	
3-4. 集光集熱設備の実証案の策定	
3-5. 化学蓄熱を伴う高温集光集熱システムの検討	
3-6. まとめ	
3-7. 今後の課題	
4. 外部発表実績	18
5. 特許出願実績	18
6. 参考文献	18

図表一覧

- 図 1. 太陽熱利用型アンモニア製造システムの構成
- 図 2. 新 IS 法へのインテグレーションフローチャート (H26 年度)
- 図 3. トラフ式コレクター主要パラメーター (断面方向)
- 図 4. 集熱ループイメージ
- 図 5. 春分における集熱
- 図 6. 夏至における集熱
- 図 7. 冬至における集熱
- 図 8. プラント全体イメージ
- 図 9. 春分、夏至、冬至の熱供給
- 図 10. 実証計画案
- 表 1. トラフ形状最適化パラメーター値
- 表 2. トラフ形状最適化 (その他の計算条件)
- 表 3. 集光集熱システム規模
- 表 4. 春分、夏至、冬至における集熱量
- 表 5. 集光集熱システム仕様
- 表 6. 春分、夏至、冬至の時刻別熱供給量 (MWh)
- 表 7. 集光集熱設備比較
- 表 8. 高温熱供給システム経済性検討条件
- 表 9. 化学蓄熱経済性検討

1. 本研究の目的

本研究開発課題は、アンモニアをエネルギーキャリアとして利用するために必要な水素製造を太陽熱エネルギーで実現することである。水素製造には当面の間は水の電気分解を想定している。しかし、将来膜分離新 IS プロセスのような熱化学法、高温水蒸気電解法などによる水素製造が可能になった際にはこれらのプロセスに太陽熱を直接投入する製造方法に切り替えることも可能である。本課題では、従来よりも稼働温度を上げた高効率な太陽熱発電により 24 時間安定した電力供給により水素製造を行う。現在の太陽熱発電プラントで硝酸塩系溶融塩を熱媒体とした場合の温度条件は約 550°C である。これをより高温に適したレシーバと新規高温用溶融塩の開発により、現在の最新技術よりもさらに高効率での発電が可能な 650°C の発電を目指す。従来の太陽熱供給システムの供給温度の上限は 550°C のため新たな研究開発を要する。そこで、目標温度に適した新たな集光集熱システム、集熱管および集熱管プロセス、蓄熱材・熱媒体の研究開発を行った。

図 1 に太陽熱アンモニア製造システムを示す。蓄熱機能を備えることで 24 時間の安定的なアンモニア製造が可能になる。太陽電池システムでは電力貯蔵が高価であり、大規模化が困難である。これに対し、太陽熱システムは、熱を比較的安価に利用可能であり、また比較的容易にスケールアップができ大量貯蔵が可能であることが利点である。製造したアンモニアは水素より低圧、常温付近で高密度貯蔵が可能であり、輸送効率が良い。その点でこのプラントは海外設置し、水素をアンモニアに変換後輸入するというシステムが想定される。

本研究開発終了後は 2030 年頃に集熱、水素製造システム実証機 (500 kW) の製作・設置・実験を行う。実験結果を要素技術、システム改良に反映させながら段階的にその規模の拡大、技術の向上をはかる。2040 年頃には 1 GW クラスの集熱、水素製造実用プラントの運転を開始し CO₂ フリーのアンモニアを 2000 トン/日生産する。この太陽熱利用アンモニア製造システムを 2040 年以降、年間 25 基ずつ建設することで、2080 年には日本が消費するエネルギーの約 80% がアンモニアで供給できることが期待できる。このように太陽熱から製造されたアンモニアは、燃料電池自動車用水素ステーションの水素キャリア、家庭用燃料電池、火力発電代替用固体酸化物形燃料電池 (SOFC)、ガスタービン発電機、エンジンのエネルギーキャリアとして利用される。また、集光システムで得られた 650°C の高温熱は発電、産業プロセスなどへの利用も期待できる。

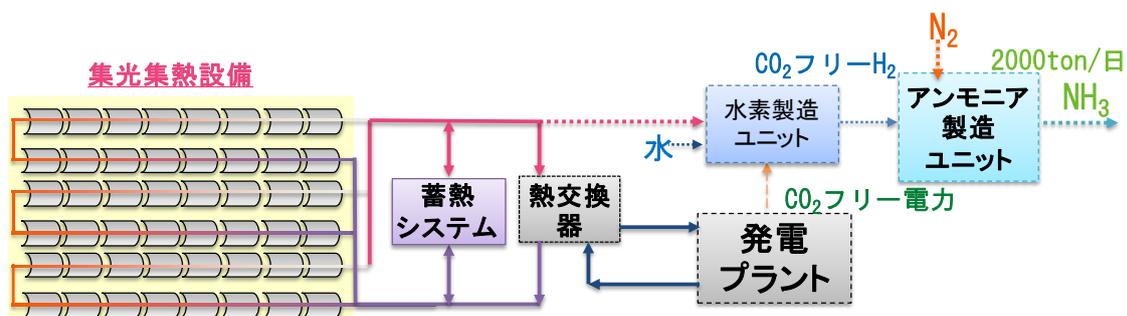


図 1. 太陽熱利用型アンモニア製造システムの構成

本チームでは高温型高効率集熱システム開発を目的に以下の課題に取り組む。現行システムで可能な最高温度は 550℃集熱であるが、発電効率の向上、温度差を大きく取ることによる蓄熱設備をはじめとする全体システムのコンパクト化・低コスト化、さらには将来的に熱化学法水素製造への技術活用などを考慮すると、さらなる高温化が望ましい。本研究では、早期の実現可能性を考慮し、構造材料を汎用材料の使用を前提とする。ステンレス鋼の使用上限 650℃を想定し、本研究では 650℃集熱システムの構築を目指す。また、得られた研究開発成果をもとに実証を示すシステムの構築を計画する。

- 1) 「高温集光集熱システムの開発」
- 2) 「高温高効率集熱管の開発」
- 3) 「化学蓄熱開発」
- 4) 「熱媒体開発」

千代田化工建設株式会社は上記開発課題のうち、1) 「高温集光集熱システムの開発」および 3) 「化学蓄熱開発」を主に担当した。また、2) 「高温高効率集熱管の開発」および 4) 「熱媒体開発」においては当社の有する知見を活用し開発成果の評価などに当たり必要な支援を行い研究に貢献した。

次項以降に各年度における研究内容と得られた成果について報告する。

2. 研究開発目標とマイルストーン

トラフ型を主体とする高温集光集熱システムの構築

H26 年度

集熱管および熱媒体の開発目標値等を基に、600℃の集光集熱システム並びに、水素製造とのインテグレーションを考慮したシステムを構築する。

H27 年度

集熱管および熱媒体の開発目標値等を基に、650℃で集熱し水素製造側の加熱源として必要な熱量を集熱可能な商業機規模のシステムを構築する。必要な集光集熱設備の土地面積、24 時間運転に必要な蓄熱設備の規模の具体的な値を提示する。

H28 年度

集熱管および熱媒体の開発目標値等を基に、前年度に実施した 650℃で集熱し水素製造側の加熱源として必要な熱量を集熱可能な商業機規模のシステム検討で得られた課題に対する検討を行う。

水素製造への太陽熱インテグレーション検討

H26 年度

熱利用水素製造（新 IS 法、高温水蒸気分解等）に必要な加熱源、発電の仕様を理論値ベースで決定する。

H27 年度

H26 年度末までの熱利用水素製造チームの研究開発結果を基に、熱・電気供給システムの改良を行う。

H28 年度

H27 年度末までの熱利用水素製造チームの研究開発結果を基に、熱・電気供給システムの改良を行う。

高温熱供給システムの開発

H29 年度

フレネル型を主体とする 650℃集光集熱システムの初期設計を実施するとともに、太陽熱発電を想定した商業規模設備の全体システムを構築し、集熱管、化学蓄熱および熱媒体の研究結果を基に、経済性検討を実施する。

集光集熱設備の実証案の策定

H28 年度

実証の前段階で確認しておくべきこと、実証段階で確認することを抽出し、その確認項目が実証できる案の策定を実施場所も含めて行う。次年度以降は必要に応じた修正を行う。

化学蓄熱を伴う高温集光集熱システムの検討

H28 年度

化学蓄熱機能を伴う集光システムの構成検討を行う。

H29 年度

化学蓄熱機能を伴う集光システムの性能評価を行う。

3. 研究実施内容

3-1. 水素製造への太陽熱インテグレーション検討

3-1-1. 新 IS プロセスへのインテグレーション

H26 年に熱利用水素製造チームから提供された膜分離新 IS 法水素製造に必要な温度・熱量・電力量の情報を基に集光集熱および発電システムの初期検討を行った。検討の結果開発されたプロセスフローを図 2 に示す。(特許出願済)

(検討プロセスの説明)

- 検討したプロセスでは、650°C の高温溶融塩(仮想)が高温タンクから硫酸分解プロセスに供給され、必要な熱を供給する。その後、通常 CSP に用いられる硝酸塩系の熱媒体と熱交換を行い、低温タンクに戻されるフローとした。
- 熱交換により 550°C に昇温された硝酸塩系溶融塩は、発電および低温度域の熱利用のための蒸気発生器および HI 膜分解プロセスに必要な熱を供給し、290°C まで冷却された後、熱交換器へ循環される。
- 発生した蒸気を用いてタービンを回してプロセスに必要な電力が生成され、硫酸濃縮および HI の濃縮プロセスに必要な熱はタービン抽気で賄うことを想定した。

本検討では、硫酸分解で熱利用された後の高温溶融塩(仮想)は低温タンクへの戻り温度が高すぎるため(>400°C)、直接蒸気発生に用いることは設計上難しいと判断し、硝酸塩系溶融塩を 2 次利用することによって比較的マイルドな運転条件となる温度まで下げることとした。このシステムではアンモニア 2000t/day 規模の新 IS プロセスへ熱および電気を供給するために必要な熱量は 2100MW で、熱媒の入熱温度は 650°C、熱媒の戻り温度は 489°C であった。

また、H27 年度には、熱利用水素製造(新 IS プロセス)の前年度研究成果により更新された熱・電気需要の情報に基づき集光集熱システムからの熱・電気供給システムの改良を実施した。このシステムではアンモニア 2000t/day 規模の新 IS プロセスへ熱および電気を供給するために必要な熱量は 1500MW であり、熱媒の入熱温度は 650°C、熱媒の戻り温度は 350°C であった。

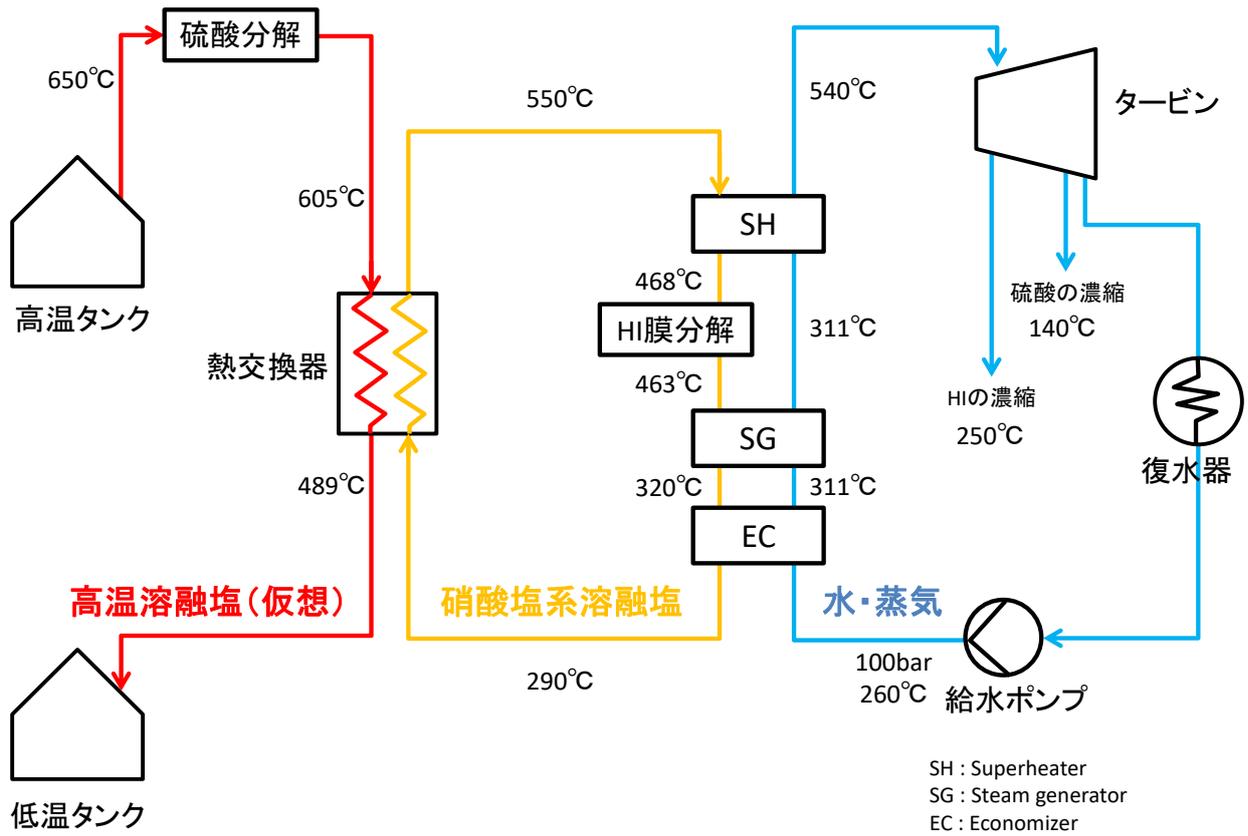


図 2 : 新 IS 法へのインテグレーションフローチャート (H26 年度)

3-1-2. 新水蒸気電解プロセスへのインテグレーション

同様に、熱利用水素製造チームより提供された新水蒸気電解法水素製造に必要な熱・電気の情報に基づき、集光集熱システムからの熱・電気供給システム構成の検討を実施した。計算の結果、このシステムではアンモニア 2000t/day 規模に相当する新水蒸気電解プロセスへ熱および電気を供給するために必要な熱量は 2000MW であった。

3-2. トラフ型を主体とする高温集光集熱システムの構築

3-2-1. 600°C集光集熱システム検討

3-2-1-1. 検討条件

H26年度の実施項目である600°Cの集光集熱システムの検討を行うための基本条件を、集光集熱グループで討議し、次の通り定めた。

1) 日射条件

日射条件設定のための設置場所は、カリフォルニアの「DAGGETT BARSTOW-DAGGETT 空港」とし、エネ総工研殿提供の気象データを使用する。設計ベースは春分の日近辺の好天日（3月16日）とする。太陽位置は日揮殿提供の値を用いる。

2) 集熱条件：集熱温度は600°Cとする。

3) 膜分離新IS法への熱供給条件

熱媒は塩化物系の物性を参考にした仮想物性を用いる。膜分離新IS法への供給温度は600°C、戻り温度は400°Cとする。供給熱量は $2000\text{MW} \times 24\text{hr} / 1\text{ day} = 48\text{GWh/day}$ とする。

4) ケーススタディー

春分ベースで検討した集熱システムを用いて、夏至と冬至における供給可能熱量を計算する。

5) アウトプット

ミラーの合計面積、必要土地面積、集光集熱効率(= 集熱量(kWh) / (ミラー面積 $\text{m}^2 \times \text{DNI}(\text{kWh}/\text{m}^2)$)

3-2-1-2. トラフ形状最適化

600°C集光集熱システムにおける、トラフ形状の最適化を目的として、図3に示す主要パラメーター (Aperture width、Rim angle、Receiver tube diameter) の最適化検討を実施し、600°Cの集光集熱システムを構築した。

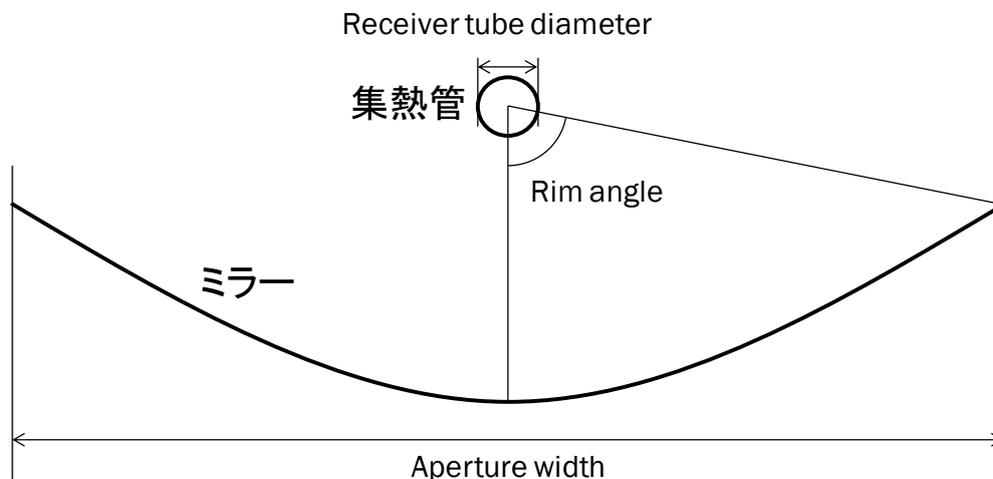


図3：トラフ式コレクター主要パラメーター（断面方向）

1) 主要パラメーター値

今回の最適化検討で使用したパラメーター値を表1に示す。計算負荷を低減するため、このパラメーターのすべての組み合わせの内、最大値近傍となる範囲を選択し、合計 173 通りの計算を行った。

表1：トラフ形状最適化主要パラメーター値

Aperture width (m)	4, 6, 8, 10, 12, 14, 16
Rim angle (°)	50, 60, 70, 80, 90
Receiver tube diameter (mm)	50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120

2) その他計算条件

計算で用いたその他の条件を表2に、集熱ループのイメージを図4に示す。

表2：トラフ形状最適化（その他の計算条件）

DNI	800W/m ²
太陽位置	天頂
トラフモジュール長	12.02m
トラフモジュール数	8モジュール/コレクター
トラフコレクター数	6コレクター/ループ
レシーバー長	4.06m/本
レシーバー数	3本/モジュール 24本/コレクター 144本/ループ
熱媒入口温度	400°C
熱媒出口温度	600°C
外気温	25°C
風速	2m/sec

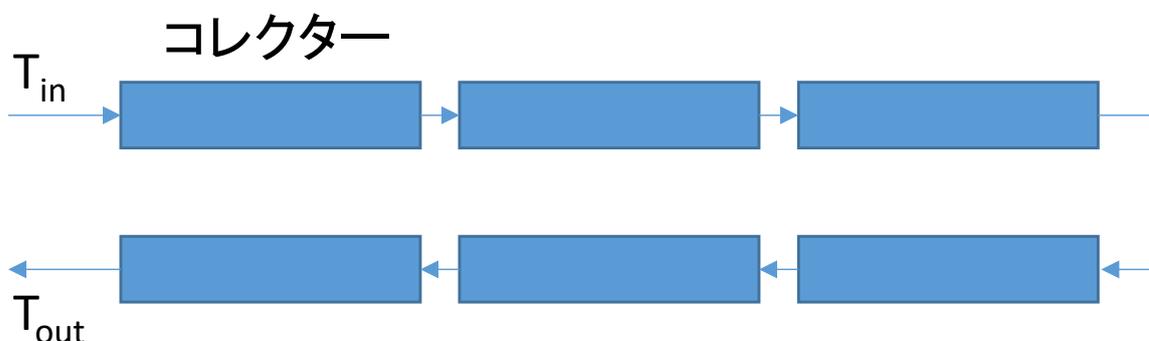


図4：集熱ループイメージ

3) 性能評価方法

次式で示す集光集熱効率 η を用いて最適化の指標とした。

$$\eta = \frac{(T_{out} - T_{in})\dot{m}C_p}{S_{mirror}P_{DNI}}$$

ここで、 T_{out} ：熱媒出口温度、 T_{in} ：熱媒入口温度、 \dot{m} ：質量流量、 C_p ：熱容量、 S_{mirror} ：ミラー面積、 P_{DNI} ：日射強度を示す。

この式の分子は集熱量を表し、分母はミラー面積と日射強度の積で、すべてのミラーが太陽の方向に向いている場合の受光量を表す。トラフ式集光システムはミラーが放物面を形成しており、実際は全てのミラーを太陽に向けることはできないため、通常はトラフコレクターの幅 (Aperture width) とコレクター長の積で計算される開口面積 (Aperture area) をミラー面積の代わりに用いるが、今回は他の集光方式との比較を容易にするためにこの評価方法を用いることとした。

3-2-1-3. 検討結果

計算の結果からある Receiver tube diameter において、最適な Rim angle および Aperture width が存在していることが解った。また、集光集熱効率は Receiver tube diameter が大きいほうが高効率となった。しかしながら、Receiver tube diameter には製作上の上限があると考えられるため、今回はその上限を 0.1m とした。

3-2-1-4. 採用トラフ形状におけるエネルギー収支

前項で採用されたトラフ形状の性能を評価するため、エネルギー収支を算出した。本検討技術が商業レベルで実現するのは 2025 年以降なので、現状の技術で実現できる「現状値」と、10 年～20 年後の将来の技術レベルを予想した「将来値」の 2 つのケースを計算した結果、集光集熱効率の内、集光部分の効率 (集光効率) は現状値では 76%、将来予測では 85%であった。

3-2-1-5. 集光集熱システム検討

1) 特定日での集熱計算

集光集熱システムの規模を検討するにあたり、春分にアンモニア 2000t/day に必要な熱量を供給できるように Loop 数を算出した。計算の結果システムの規模は表 3 に示すとおりとなった。また、各特定日の計算結果を図 5～図 7 に、各特定日の集熱量を表 4 に示す。検討結果として集光集熱プラントの全体イメージを図 8 に示す。図 5 では春分における日射量 (DNI×ミラー面積) と集熱量の推移を示している。日射量は日の出から正午まで上昇し続け、その後下降しているのに対し、集熱量は 10 時と 15 時の 2 か所に極大値があり正午付近はやや少なくなっている。これはトラフ式システム特有の現象で、コレクターに対する太陽の南北方向の入射角度に起因する。夏至の解析結果 (図 6) ではこの現象は無く正午付近が極大となっているが、これは正午付近の太陽高度が高いためコレクター入射角度を小さく抑えられていることによる。冬至の解析結果 (図 7) では日射量に対す

る集熱量の割合が他の日よりも小さい（集光集熱効率が低い）が、これは正午付近の太陽高度が低いためである。

表 3：集光集熱システム規模

プラント規模（熱量）	48000MWh/day
ミラー面積	10.4km ²
土地面積	29.8km ²
レシーバー数	205200
コレクター数	8550
ループ数	1425

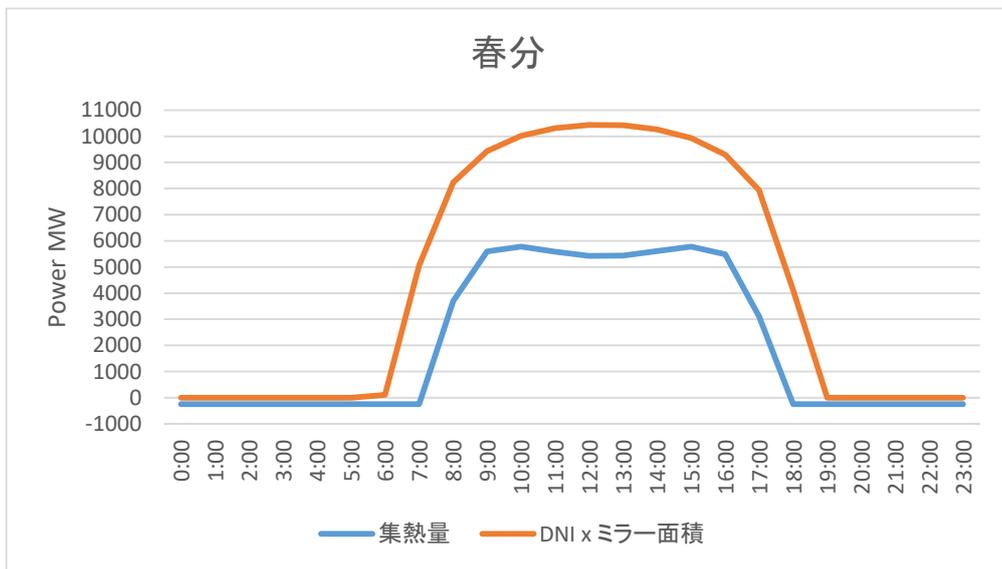


図 5：春分における集熱

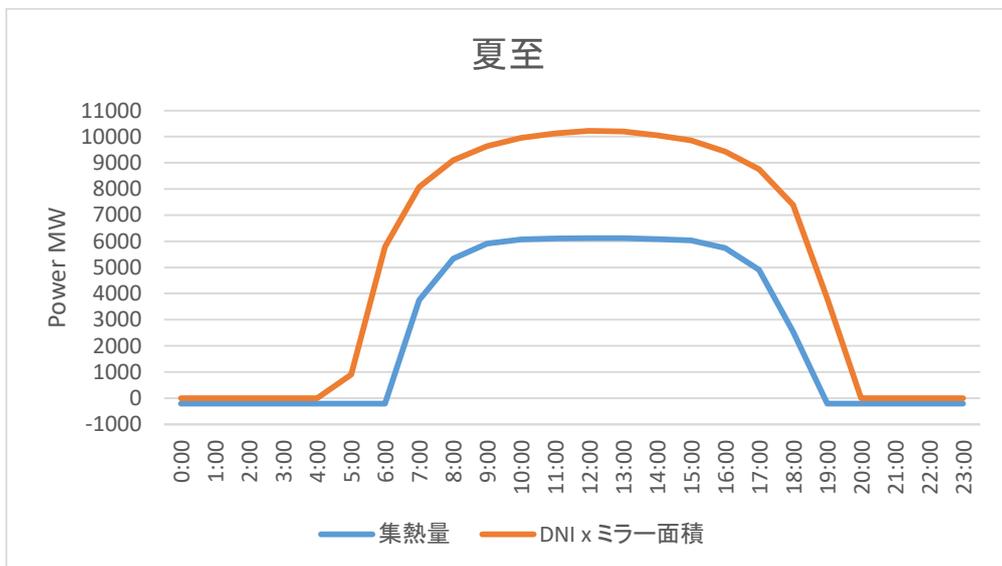


図 6：夏至における集熱

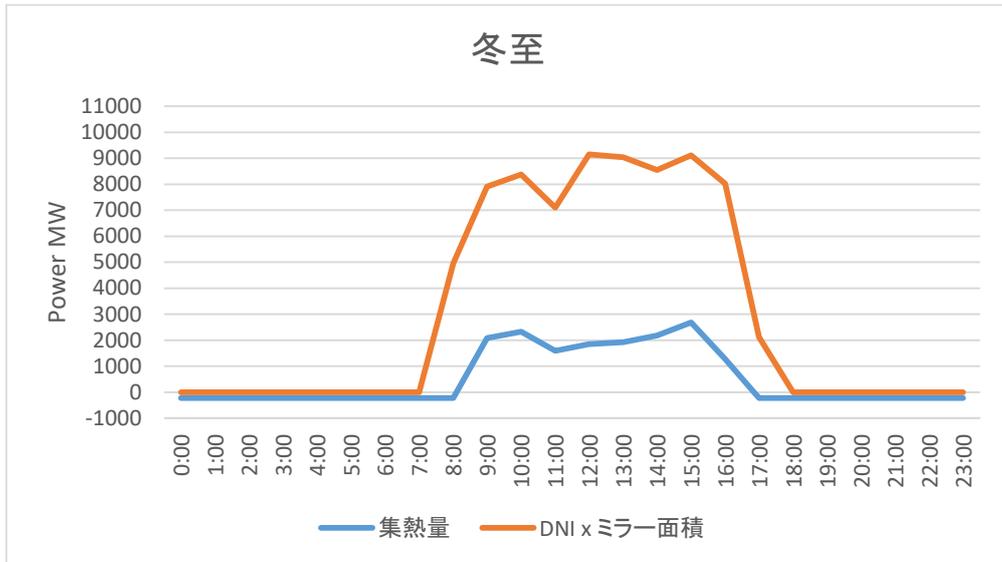


図 7 : 冬至における集熱

表 4 : 春分、夏至、冬至における集熱量

	集熱量 (MWh/loop/day)
春分	33.7
夏至	50.0
冬至	9.93

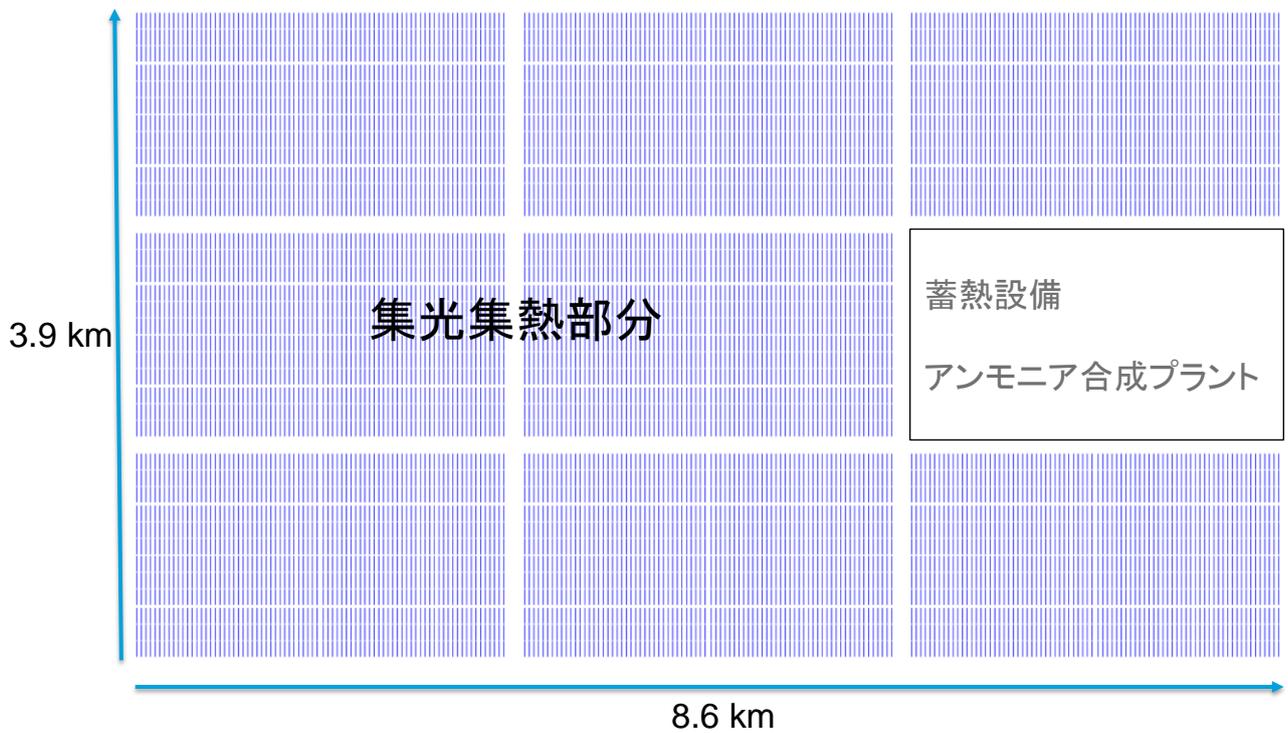


図 8 : プラント全体イメージ

3-2-2. 650°C集光集熱システム検討

H27年度前半に更新された新ISの温度条件(集光集熱システム入口350°C、出口650°C)でのアンモニア2000t/dayに必要な集光集熱システムの構築を行った。

3-2-2-1. 検討基本条件

検討は以下の条件で行った。

1) 日射条件

日射条件設定のための設置場所は、カリフォルニアの「DAGGETT BARSTOW-DAGGETT 空港」(北緯34.85°、西経116.8°、標高586m)とし、エネ総工研殿提供の気象データを使用した。設計ベースは春分の日近辺の好天日(3月16日)とした。太陽位置は日揮殿提供の値を用いた。

2) 環境条件：雰囲気温度は春分：20°C、夏至：30°C、冬至：13°C、風速は0m/secとした。

3) 集熱条件：集熱温度は650°C

4) 膜分離新IS法への熱供給条件

熱媒は塩化物系の物性を参考にした仮想物性を用いた。膜分離新IS法への供給温度は650°C、戻り温度は350°C、供給熱量は1500MW×24h/day = 36GWh/dayとした。

5) ケーススタディー

春分ベースで検討した集熱システムを用いて、夏至と冬至における供給可能熱量を計算した。

6) 集光集熱(コレクター)のディメンジョン：幅8m、モジュール長12m、モジュール数8/コレクター、コレクター数6/集熱ループ

7) 集熱レシーバー：金属管径70mm、ガラス管径125mm、膜特性は豊田自動織機殿提供値

8) アウトプット

ミラーの合計面積、必要土地面積、集光集熱効率(=集熱量(kWh)/(ミラー面積m²×DNI(kWh/m²)))

3-2-2-2. 集光集熱システム仕様と集熱量

検討の結果、集光集熱システム仕様は表5に、春分、夏至、冬至の時刻別集熱量は表6、図9に示す。表5でmirrorとapertureはそれぞれコレクター反射鏡面積、コレクター開口面積を表し、mirror baseとaperture baseはそれぞれmirror面積とaperture面積を効率計算の基準としたことを表す。今回の結果から、**集光集熱効率**(=集熱量/(aperture面積×直達日射強度))は69.2%と概ね開発目標を達成しており、ソーラーフィールドは約4.4km四方の土地が必要であることがわかる。図9では、トラフ型の集熱量の特徴がよく表れており、特に春分のグラフはM字型となっている。

表 5 : 集光集熱システム仕様

コレクター面積 (km ²)	7.61 (mirror), 7.15 (aperture)
ソーラーフィールド面積 (km ²)	19.1
集光集熱効率 (%)	65.1% (mirror base), 69.2% (aperture base)
集光効率 (%) (太陽天頂時)	68.4% (mirror base), 72.7% (aperture base)
集熱効率 (%)	95.2%
土地利用率 (%)	39.7% (mirror base), 37.3% (aperture base)
土地面積基準システム効率 (%)	25.8%

表 6 : 春分、夏至、冬至の時刻別熱供給量 (MWh)

Hour of Day	Spring Equinox	Summer Solstice	Winter Solstice
7	0	3467	0
8	3045	4356	0
9	4068	4671	2178
10	3998	4780	1961
11	3814	4804	1218
12	3683	4812	1366
13	3694	4804	1439
14	3838	4785	1740
15	4015	4751	2462
16	4048	4560	1675
17	2671	4140	0
18	0	2489	0
Total	36848	52419	14039

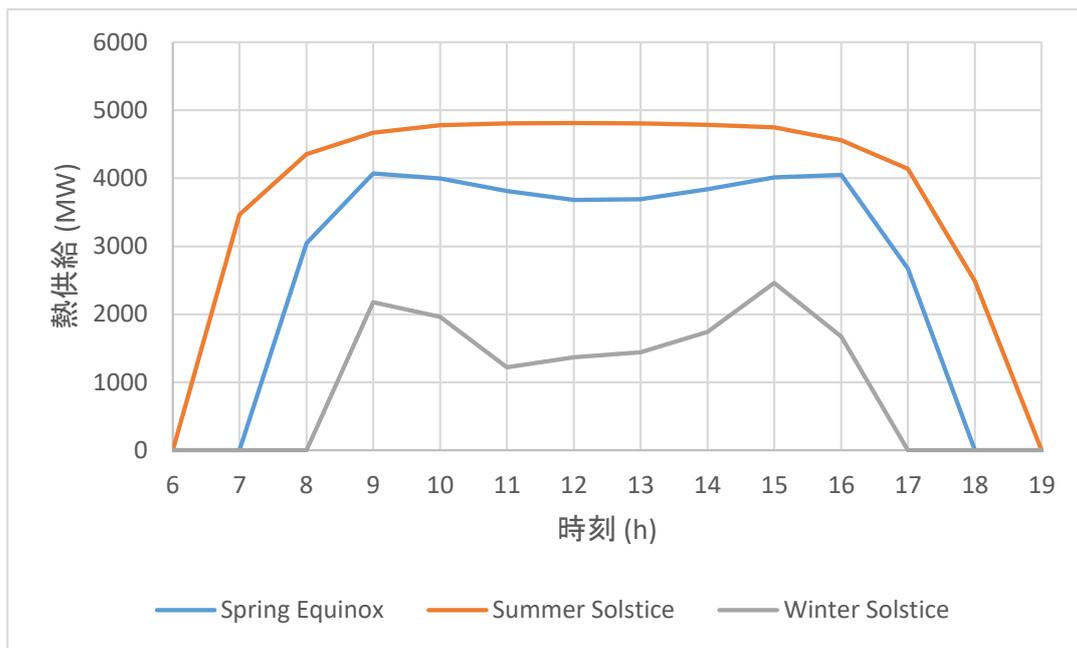


図9：春分、夏至、冬至の熱供給

3-2-2-3. H26年度とH27年度の集光集熱設備比較

H26年度とH27年度の比較を表7に示す。

H27年度は主に新ISシステムの熱効率が改良された影響でプラント規模、ミラー面積、土地面積ともに大幅に削減される結果となった。

表7：集光集熱設備比較

	H26年度	H27年度
プラント規模	48000 MWh/day	36848 MWh/day
ミラー面積	10.4 km ²	7.6 km ²
土地面積	29.8km ²	19.1km ²

3-3. 高温熱供給システムの構築及び経済性評価

開発された熱媒体および集熱管により構成される 650℃高温熱供給システムについて経済性の検討(設備費)を実施した。検討に当たってはチーム方針に従い、商業規模の太陽熱発電プラントを想定した。集光方式は汎用フレネル型集光集熱システムを前提とし、集光集熱効率はエネ総工研実施の集光集熱計算結果を使用した。

検討の条件および結果の既存システム(550℃、硝酸塩系熱媒使用)との比較を表8に示す。

高温熱供給システムは集熱温度が既存システムと比べて高いため、集熱時の放熱損失が大きく集光集熱効率はやや劣るが、発電効率が向上するため必要な集光設備は減少している。また、熱媒の使用温度範囲が 260℃から 300℃へと拡大し、蓄熱時における単位蓄熱量が大きくなったため、蓄熱に必要な溶融塩量も減少している。これらの効果により結果として設備コストは既存システムと比べて 89.0%となった。

表8：高温熱供給システム経済性検討条件

項目	既存システム	高温熱供給システム
集光方式	汎用フレネル型	汎用フレネル型
熱媒	硝酸塩系	開発品
集熱管	既存	開発品
集光集熱効率(最大値) %	73.8	71.5
集光集熱効率(平均値) %	70.0	67.4
熱媒上限温度 °C	550	650
熱媒下限温度 °C	290	350
蓄熱時間 h	16	16
設備コスト比 %	100	89.0

3-4. 集光集熱設備の実証案の策定

集光集熱設備の実証プラントの構成案を作成した。図10に実証計画案(1次)を示す。主な機器は集光集熱設備(フレネル式、集熱量:約3MW)、溶融塩タンク(30m³×2)、溶融塩ポンプ(300000kg/h×2)、蒸気発生装置(3MW)である。また、実施場所については日射条件の良い地域は多くあるが、治安・インフラ設備・研究体制などを考慮し、スペイン・アンダルシア州アルメニア県にあるPSA(太陽熱研究プラットフォーム)に設置することが望ましいと報告した。

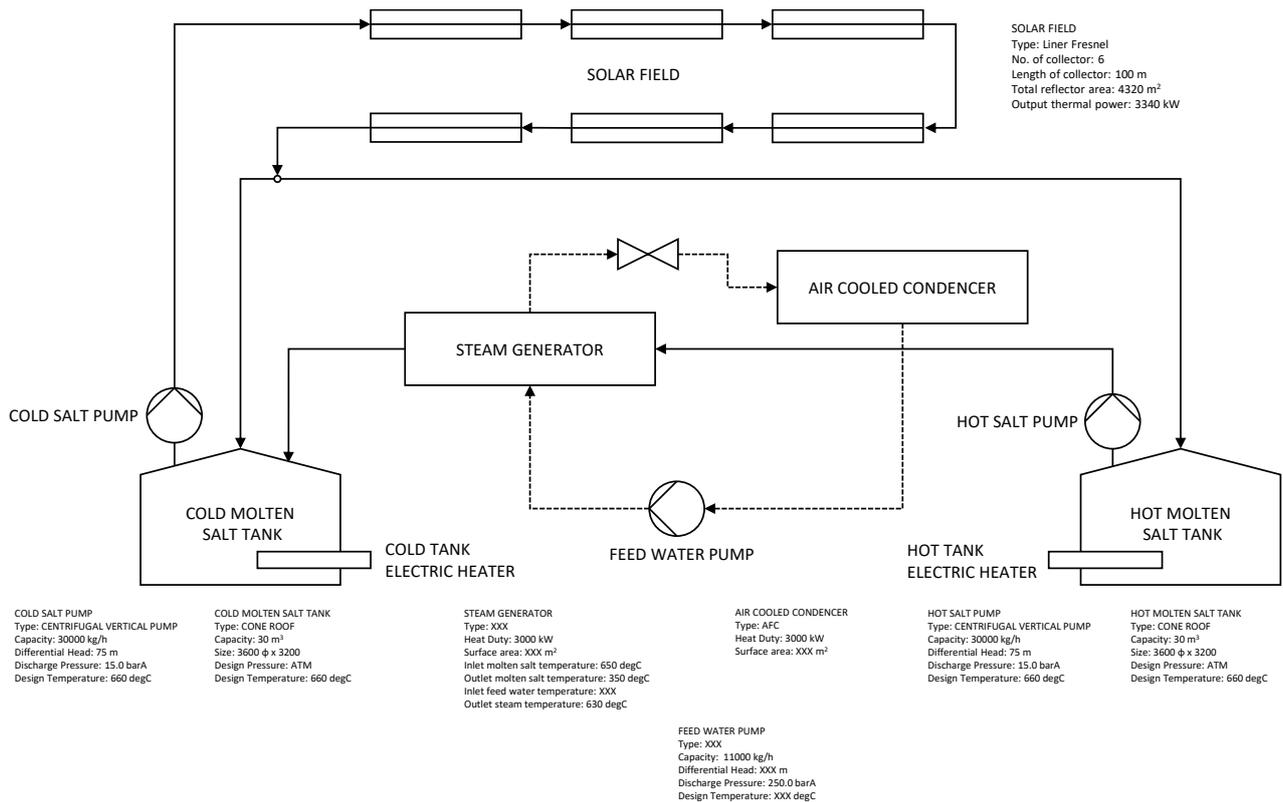


図10 : 実証計画案

3-5. 化学蓄熱を伴う高温集光集熱システムの検討

化学蓄熱を有効利用できる蓄熱システムを提案した。既存の蓄熱技術である2タンク顕熱蓄熱と比較するため、それぞれについて、単位熱量を貯めるのに必要な材料の量を計算し、それに想定単価を乗じることで蓄熱単価を算出した。

2タンク顕熱蓄熱システムは高温溶融塩タンクと低温溶融塩タンクからなり、昼間に低温溶融塩タンクから集光集熱設備によって昇温された高温溶融塩は高温溶融塩タンクに溜められる。夜間は高温溶融塩タンクに溜められた高温溶融塩は水素製造プロセスに供給され、熱を供与した後、低温溶融塩タンクに戻される。水素製造プロセスの要求入力に対して集光集熱設備の出力を大きくすることによって、昼間に高温溶融塩を溜めることができるため、夜間も安定して水素製造プロセスに熱を供給できる。このシステムは水素製造プロセスへの供給温度の安定性や、運転の容易さなどの利点があるが、使用する溶融塩の量に対して合計で約2倍の容量のタンクが必要である。

一方、今回考案した化学蓄熱システムでは蓄熱タンクの容量は2タンク顕熱蓄熱システムの半分の容量である。

次に、蓄熱システムの経済性を簡易プロセスモデルにより検討した。経済性の検討結果を表9に示す。開発品熱媒で化学蓄熱を用いた場合、硝酸塩系の2タンク蓄熱システムと比べて建設費が-18.6%となり大幅なコストダウンが見込める結果となった。

表9：化学蓄熱経済性検討

熱媒	硝酸塩系	開発品	開発品
蓄熱システム	2タンクシステム	2タンクシステム	化学蓄熱システム
設備コスト比	100%	89.0%	81.4%

3-6. まとめ

▶ トラフ型を主体とする高温集光集熱システムの構築

600°C及び650°C集光集熱システム検討、炭酸塩系熱媒を用いた検討を実施した。650°C集光集熱システムにおいてはアンモニア2000t/dayに相当する水素製造に必要な熱および電力を供給できるプラントの検討を行い、プラント規模36848MWh/day、ミラー面積7.6km²、土地面積19.1km²といった結果を得た。

▶ 水素製造への太陽熱インテグレーション検討

新ISプロセスおよび新水蒸気電解プロセスへの太陽熱インテグレーション検討を行った。新ISプロセスの場合アンモニア2000t/dayに相当する水素製造に必要な熱および電気を供給するために必要な熱量は1500MWで、熱媒の入熱温度は650°C、熱媒の戻り温度は350°Cという結果となった。新水蒸気電解プロセスへのエネルギー供給に必要な熱量は2000MWであった。

▶ 高温熱供給システムの開発

開発された熱媒および既存の硝酸塩系熱媒を使用したエネ総工研実施の集光集熱計算結果を基に経済性の検討（設備費）を実施した。検討の結果、既存の硝酸塩系熱媒と比較して設備費が-11%となった。

▶ 集光集熱設備の実証案の策定

集光集熱設備の実証プラントの構成案を作成した。実証の候補地はスペイン・アンダルシア州アルメニア県にあるPSA（太陽熱研究プラットフォーム）で集光設備は汎用フレネル式を採用し、集熱規模は約3MWである。

▶ 化学蓄熱を伴う高温集光集熱システムの検討

化学蓄熱を蓄熱に有効に使うことができるシステムを開発した。開発品熱媒で化学蓄熱を用いた場合、硝酸塩系の2タンク蓄熱システムと比べて建設費が-18.6%となり大幅なコストダウンが見込める結果となった。

3-7. 今後の課題

本研究により650°Cの熱媒を用いることでの優位性は明らかになったが、商業化へ向け今後には実証していく必要がある。まずは、小規模の熱媒循環試験や蓄熱試験を行い、そこでポンプ、バルブ、計装、配管の開発を行う。その後、集光集熱実証へと進めることで商業化へ結びつけることが可能となる。

4. 外部発表実績

(1) 論文発表

なし

(2) 学会、展示会等発表

なし

(3) プレス発表

なし

(4) マスメディア等取材による公表

なし

5. 特許出願実績

	出願番号	発明の名称	出願年月日	出願人
1	PCT/JP2015/073721 (特願2014-170528)	水素製造システム、水素製造方法およびそれを用いたアンモニア製造方法	2015/8/24	千代田化工建設株式会社

6. 参考文献

なし