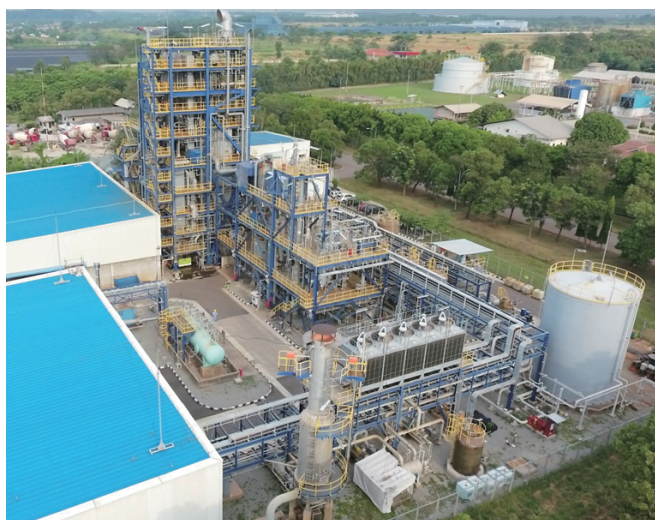


# 低品位炭とバイオマスを CO<sub>2</sub> フリー水素やアンモニアへ

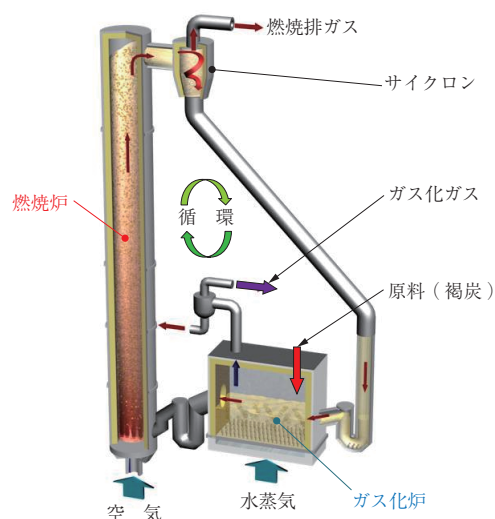
## 二塔式ガス化炉 TIGAR<sup>®</sup> 市場投入準備完了へ

石炭はエネルギー源や鉱工業の原料として重要な役割を担っているが、埋蔵量の半数を占める低品位炭の利用は限定的で、有効利用技術が求められている。石炭の利用は CO<sub>2</sub> の排出を伴うが、バイオマスの共利用により排出量を低減することが可能である。これらを実現する二塔式ガス化炉 TIGAR はインドネシアの実証試験を終え、商用化を目指す。

株式会社 IHI  
資源・エネルギー・環境事業領域  
事業開発部 二塔式ガス化グループ 小竹 友洋



TIGAR 実証機（インドネシア）の全景



二塔式ガス化炉の基本構造

### 未利用炭の有効利用

石炭は、石油や天然ガスに比べて可採埋蔵量が多いうえ、世界的に偏在性がなく、経済的に安定した国々に存在する。また、発熱量当たりの単価が安く、価格が安定しているため、多くの国でエネルギー源や鉱工業の原料として重要な役割を担っている。

しかし、石炭埋蔵量の半分は褐炭や亜瀝青炭といった低品位炭である。低品位炭は水分や酸素分が多いため発熱量が低く、特に褐炭は自然発火しやすいため、そのハンドリングが難しい。したがって、長距離輸送や貯蔵に向かず、炭鉱近くの発電所燃料など限定的な

利用にとどまり、効率的な利用がなされていない。

### 石炭-バイオマス共利用による CO<sub>2</sub> 排出削減

地球温暖化問題の解決手段として、バイオマス資源の利用が有望視され、バイオマスから生産される再生可能エネルギーや化学製品は、カーボンニュートラルな資源として研究が進められている。

石炭は石油や天然ガスに比べて CO<sub>2</sub> 排出量が多いが、燃料・原料にバイオマスを混ぜることで排出量を低減することが可能で、石炭火力発電所でのバイオマス混焼などの適用が始まっている。

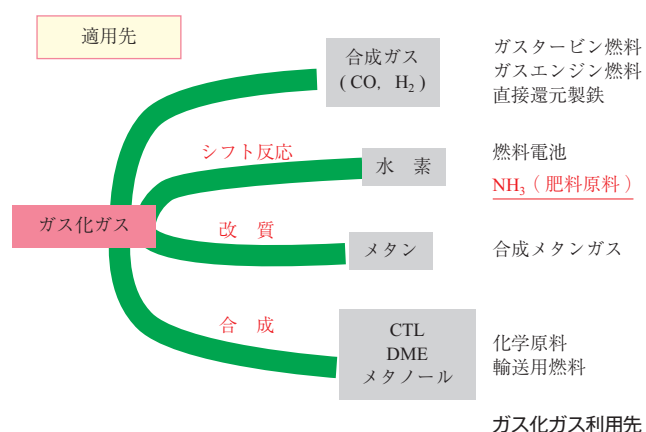
## 石炭ガス化技術

石炭やバイオマスがガス化で得られた、水素と一酸化炭素が主体のガス化ガスは、ガスタービンやガスエンジンの発電用燃料や、合成ガス反応を経て、アンモニア（肥料原料）、CTL（Coal To Liquid）、DME（Dimethyl Ether）などの化学原料・輸送用燃料や SNG（Substitute Natural Gas）など多くの用途に適用できる。したがって、利用しにくかった低品位炭を安く効率的にガス化できれば、発熱量の高い燃料や付加価値の高い化学原料として利用でき、経済的にも資源の有効活用にも大いに貢献できる。

IHI では循環流動層ボイラの技術を応用し、2004 年から二塔式ガス化炉 TIGAR (Twin IHI Gasifier) を開発している。二塔式ガス化炉は、高温の砂の中で燃料の燃焼やガス化反応を行う流動層技術をベースとしている。ガス化炉と燃焼炉をもつため“二塔式”と呼んでおり、ガス化炉と燃焼炉を高温の砂が循環する循環流動層方式である。まず、褐炭などの原料をガス化炉に投入し、熱分解とともにそこに吹き込まれた高温の水蒸気と反応させてガス化する。原料の一部は循環する砂とともに燃焼炉に運ばれ、そこに吹き込まれた空気によって燃焼する。高温になった砂は吹き上げられ、サイクロンで燃焼排ガスと分離されてガス化炉に戻り、ガス化の熱源となる。このガス化（吸熱）と燃焼（発熱）の反応が循環する砂を介してバランスしながら別々の炉に進むのがポイントである。ガス化反応は燃焼反応より時間を要するため、これらの反応が想定どおり進むよう、それぞれの炉を最適な形状に設計する。

市場で先行している噴流床ガス化炉と比較して TIGAR は以下の特長を有する。

- (1) 噴流床ガス化炉は一つの炉内で燃焼とガス化を同時に行う。このため、発生ガスはガス化ガスと燃焼ガスが混合した中高カロリーガスとなる。これに対し TIGAR ではガス化ガスと燃焼ガスが分離されるので高付加価値の高カロリーガスが得られる。
- (2) TIGAR ではガス化ガスを精製する際、CO<sub>2</sub> のように不要な組成が少ないので、付帯設備を小規模に、システムを簡素にできる。
- (3) 噴流床ガス化炉はガス化しにくい高品位炭を主に扱うので灰分を溶融回収する必要がある。そのため高温・高圧での運転が必須になる（1500℃、



3 MPa 程度)。これに対し TIGAR が扱う褐炭やバイオマスは揮発分が多く、ガス化しやすいので 1000℃ 以下で運転できる。そこで、高価な耐熱／耐圧機器が不要でコストダウンが可能になる。

- (4) 噴流床ガス化炉で褐炭を扱う場合、微粉炭機や原料乾燥機などの前処理設備が必要だが、TIGAR は原料の粗粉碎のみで済む。

## インドネシア実証プロジェクト

要素研究を経て、2006 年度から褐炭供給量 6 t／日規模のパイロット炉を横浜工場に建設し、インドネシア褐炭を使用した連続運転を開始した。2010 年度からは経済産業省の支援も受けパイロット炉運転を通して実証機への課題抽出、要素技術の検証確認を行い、2012 年より新たに経済産業省の支援を受けインドネシア実証プロジェクトを開始した。2016 年度からは国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の支援を受け、実証運転を行っている。

実証プロジェクトは、褐炭給炭量 50 t／日能力の TIGAR 実証機を、インドネシア国営肥料統括会社 (PIHC) 傘下のクジャン工場に建設し、実証機を使ったさまざまなガス化実証検証を行っている。

### < 実証プロジェクト概要 >

実証機は TIGAR ガス化ガスの用途先として、アンモニア肥料工場を想定した水素製造プロセスの検証を行っている。プロセス構成は、ガス化炉 TIGAR、ガス化ガス中のタール除去を目的としたタール分解炉、排熱回収、ガス冷却・除じん、ガス化ガス中の一酸化炭素を水素へ変換するガスシフトプロセスおよび酸性ガス (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S) 除去プロセスからなり、アンモニア

合成に必要な水素を最終製品として製造する。

実証運転で使用する石炭は、現地法人である PT. IGI (PT.IHI GASIFICATION INDONESIA) が、東カリマンタン島より産出する褐炭 (A 炭) およびスマトラ島褐炭 (B 炭) を購入、サイトまで輸送し運用している。2017 年度は別種のスマトラ島褐炭 (C 炭) での運用や、バイオマス (木質ペレット) の専ガス化、バイオマスと褐炭の共ガス化も計画している。

## < 実証プロジェクト状況 >

2015 年度より実証運転ステージに入っている。実証運転の初期は、① 全水分が非常に多い褐炭を受け入れたことによる石炭供給設備 (石炭フィーダー、ホッパーや配管) の閉そく、② タール分解炉出口～後部伝熱部間における溶融灰の付着閉そく、③ ガス化炉・タール分解炉内部の耐火材の損耗・落下、④ ガス除じん・冷却設備配管などの閉そく、⑤ 現地環境条件に起因する排水処理設備のトラブル、などにより、長時間の連続ガス化運転が困難な状況であった。そのため、補修や設備改造、運用方法の見直しなどの対策に

より、運用性の改善を図った。

これらの対策の結果、2016 年 11 月より開始した実証運転 RUN3 において、開発目標としていた 1 000 時間連続運転を達成した。

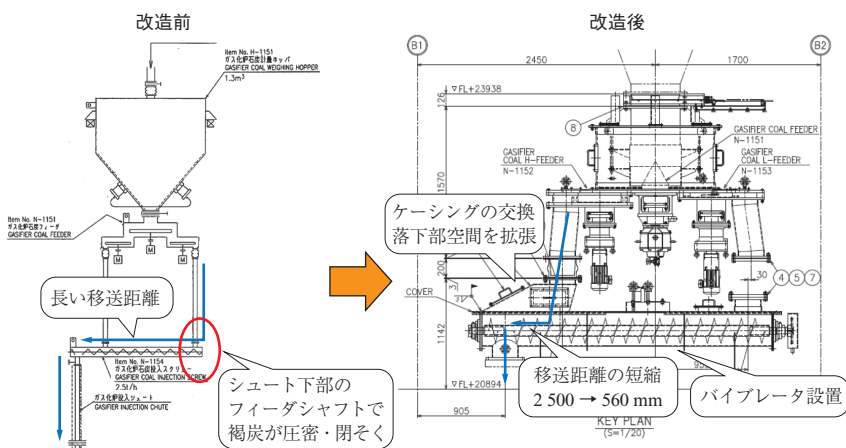
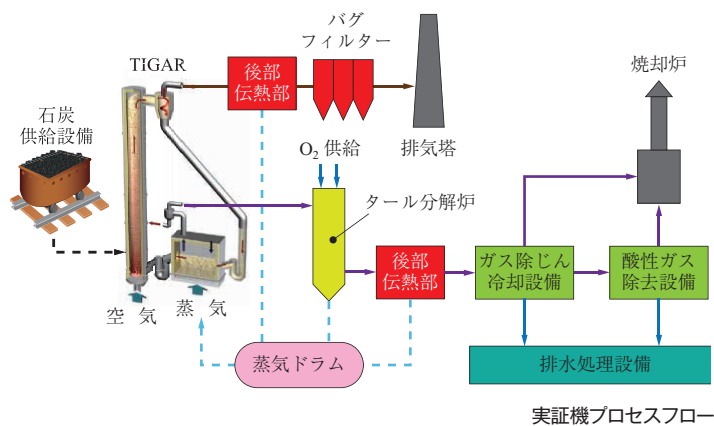
本運転後の設備点検により、実証運転初期に実施したトラブル対策の効果を確認することができた。また、受け入れ褐炭が粗悪であるため、流動層下部に小石が堆積するなど、ある程度の長時間運転によって初めて発生するトラブルを確認することができた。

引き続きの RUN4 では、連続運転中の炭種切替試験 (A 炭 → B 炭) を実施し、運転員の操作介入なしに、問題なく炭種変更ができることを確認した。

また、木質ペレット搬送試験として褐炭と木質ペレット (8 wt%) を受け入れ、ホッパーで混ぜ合わせた後、既設石炭供給設備を用いて搬送したところ、設備トラブルが発生することなく、問題なく運用できることを確認した。搬送後はそのままガス化炉に投入し、短時間の共ガス化運転を行ったが、ガス化炉および後流設備にトラブルが発生することなく、問題なく運用できることを確認した。

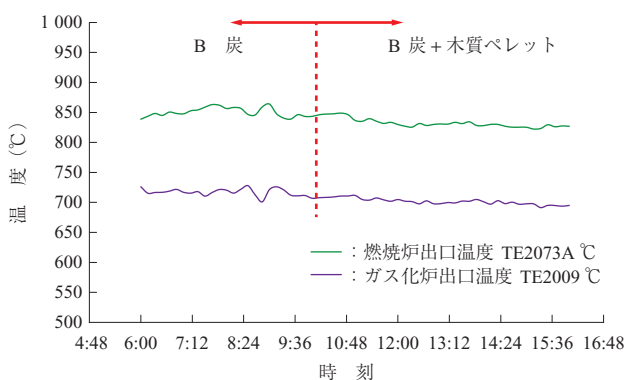
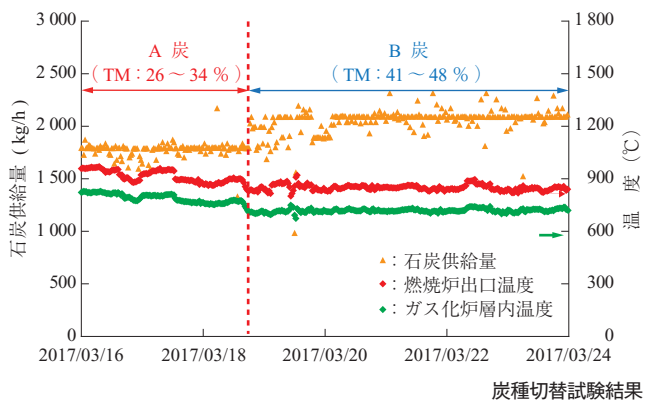
2017 年 10 月現在、累積プラント運転時間は 4 780 時間に達し、最長連続ガス化運転時間は 1 015 時間を記録している。

これらの経験と 2017 年末までのガス化実証運転により、スケールアップ設計の確認、長時間運転による保守・耐久性の確認、将来のお客さまである肥料工場とともにデモンストレーションを行う。これまでの実証サイトへの訪問企業数は 30 社を超え、横浜工場のパイロット炉とともに、TIGAR 技術の PR 拠点となっている。



石炭供給設備の閉そく解消事例





(注) 試験日: 2017/4/1

木質ペレット-褐炭共ガス化試験結果

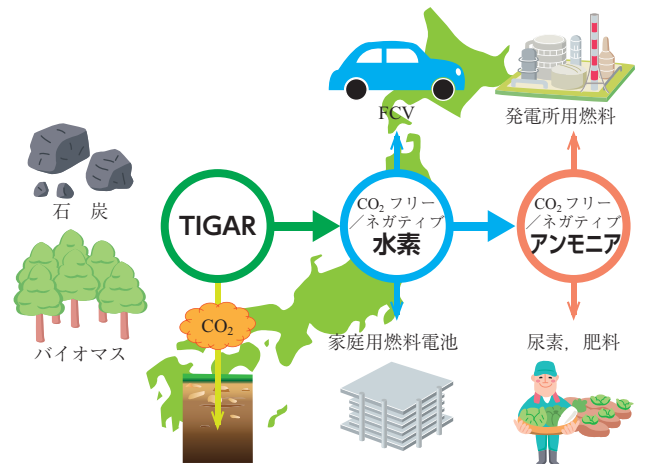
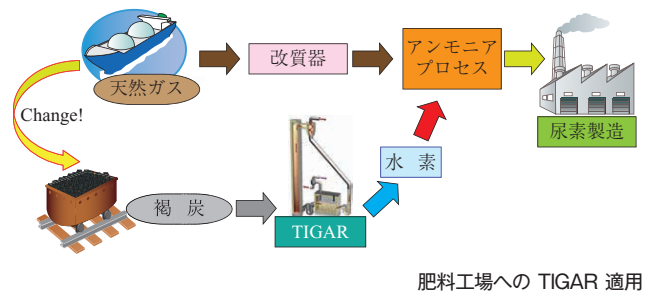
## 商用化に向けた取り組み

### < 化学会社への TIGAR の適用 >

先述の肥料工場では、肥料の原料であるアンモニアの製造に天然ガスを使用している。インドネシアでは将来的に天然ガス価格の高騰が見込まれるため、これをより入手しやすい褐炭やバイオマス由来のガス化ガスに転換することで経済性の向上を図る。同様に、天然ガスまたは石油を原料として化学製品を製造している化学会社も、TIGAR の適用により経済性を向上させられる可能性がある。

### < 日本の低炭素社会の実現に向けた TIGAR の適用 >

現在、日本の水素は工業プロセスの副生ガスから取り出され、需要を満たしているが、将来的に低炭素社会に移行し、エネルギーキャリアとして水素やアンモニアを利用する際には、現状を大幅に上回る需要が発生する。TIGAR は褐炭あるいはバイオマスから水素やアンモニアを製造することができるため、これを水素製造設備として適用することで、低炭素社会の実現に貢献できる。バイオマスから水素を製造すると、容易



に CO<sub>2</sub> フリー水素を製造することができる (CO<sub>2</sub> 回収設備を併設すれば、CO<sub>2</sub> ネガティブ水素の製造も可能) ため、より付加価値の高い水素製造が可能となる。

同様に CO<sub>2</sub> フリー水素の製造技術として想定されている、太陽光あるいは風力発電の余剰電気による水素製造に比べ、経済的に有利で安定供給が可能というメリットがある。

2004 年から始まった TIGAR の研究開発は、2017 年末の実証運転の完了をもって終了する。引き続き実証運転により、商用機的设计・運用および保守の知見を確立し、商用 1 号機の受注を目指す。

問い合わせ先

株式会社 IHI

資源・エネルギー・環境事業領域

事業開発部 二塔式ガス化グループ

電話 (03) 6204-7521

<https://www.ihi.co.jp/>