

化学吸収液

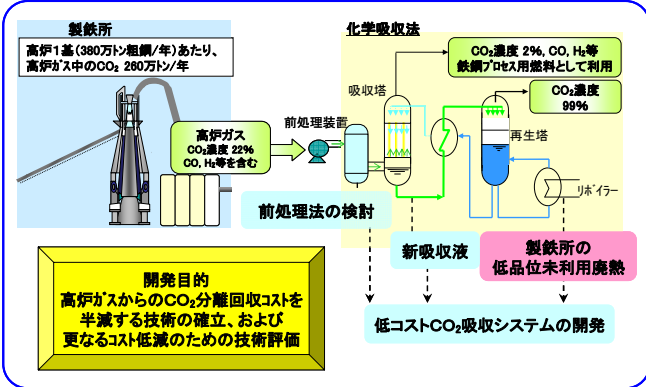
—CO₂削減技術の早期実現を目指して—

化学吸収液プロセスは、低コストCO₂分離回収・貯留(CCS)技術の早期実現に欠かせない有望な技術であり、最も実用化に近いCO₂分離回収技術です。RITEは、さまざまな大規模CO₂発生源に対して低エネルギー・低コストの新規の化学吸収液を開発するため、分子レベルの材料設計・評価からプラント試験による実用化検討まで総合的に取り組んでいます。

常圧ガス用：大規模排出源からのCO₂分離・回収に向けた新規化学吸収液の開発

化学吸収法はガス中のCO₂を化学的に液に吸収させた後、加熱することでCO₂を分離・回収する技術で、石炭火力発電所や製鉄所高炉など、大規模なCO₂排出源に適したプロセスです。「加熱」等に要するエネルギーコストの削減が最大の課題であり、RITEはそれを解決する技術開発を実施してきました。

低品位廃熱を利用する二酸化炭素分離回収技術開発事業(COCS:平成16~20年度)



COCS事業では世界に先駆けて種々の高性能新吸収液を開発。それまで基準として使用されていたMEA(モノエタノールアミン)吸収液に比べ、**CO₂分離・回収エネルギーの大幅削減**を達成しました。

環境調和型製鉄プロセス技術開発事業(COURSE50 STEP1:平成20~24年度)

RITE・新日鐵住金(株)による新規化学吸収液開発

Chemical Absorption Test plant
30 ton CO₂/day

吸収塔
再生塔
リボイラー

計算化学・合成化学を駆使した
高性能化学吸収液開発

模擬ガス試験装置(CAT-LAB)等
を用いた最適プロセス検討

CAT-LAB

実高炉ガスを用いるプラント試験
による連続試験評価(協力:
新日鐵エンジニアリング(株))

OAT-30
撮影日:2010年6月

COURSE50 STEP1では、世界トップレベルの分離回収エネルギー**2.0 GJ/ton CO₂**を達成。STEP2(平成25年度~)は、更なるコスト削減・実用化を目指し、革新的化学吸収液の開発に取り組んでいます。

高圧ガス用：高圧CO₂含有ガスからのCO₂分離・回収に向けた新規化学吸収液の開発

石炭ガス化ガスや採掘天然ガスなど高圧CO₂含有ガスからのCO₂分離・回収に向けた高圧再生型化学吸収液の開発に取り組んでいます。

分離法	再生圧力	圧縮工程を含む分離回収エネルギー [MJ/t-CO ₂]	
高圧 CO ₂ 含有ガス (4.0 MPa)	SELEXOL-flash法 減圧(0.2 MPa)	400~1,700**	1,000***
	UCARSOL-flash法* 減圧(0.2 MPa)	700**	1,000***
	UCARSOL(flashなし)* 高圧(1.6 MPa)	3,200**	400***
CO ₂ ~40%	新吸収法 高圧(4.0 MPa)	≦ 1,000	200***
			≦ 1,200

分離回収エネルギー 圧縮エネルギー

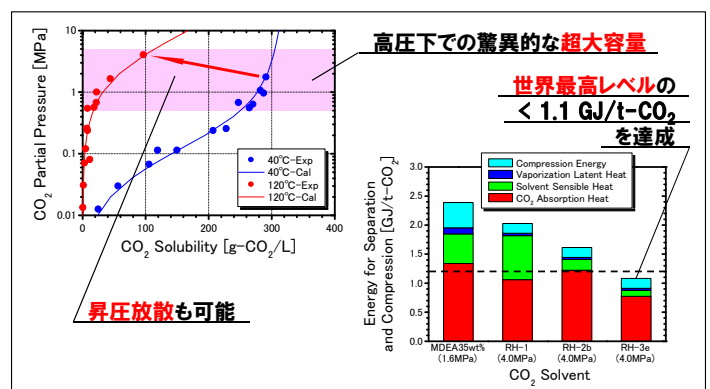
RITEでは、高圧処理ガスの持つ**高い圧力エネルギーの有効利用**によりCO₂分離・回収に必要なエネルギーの大幅削減の可能性を提案しています。

アミン吸収液	CO ₂ 回収量 [g/L]	吸収速度 [g/L/h]	放散速度 [g/L/h]	反応熱 [kJ/mol]
MDEA 35wt%	71.3	144	177	58.9
RH-1	72.0	106	301	46.6
RH-2b	241.7	349	581	53.8
RH-3e	350.1	546	683	34.0

4.9倍 3.8倍 3.9倍 低

※ RH:RITE開発新規高圧用化学吸収液
※ 放散圧力:1.6 MPa-CO₂

処理ガスの持つ高い圧力エネルギーを維持した状態でCO₂の分離・回収が可能な高性能な**高圧再生型化学吸収液**の開発を進めています。



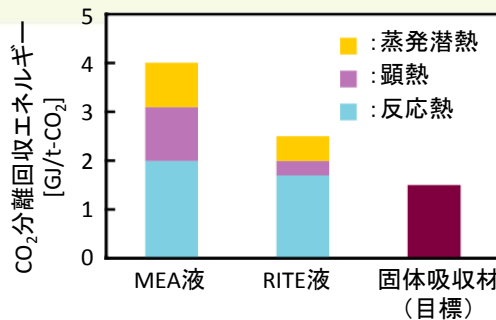
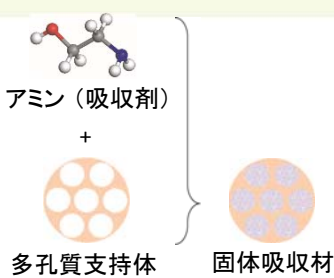
RITEでの独自開発による高圧再生型化学吸収液の新規開発・高性能化の検討と共に、民間企業との共同研究による実用化検討を積極的に推進することにより、**世界最高レベルの性能**を持つ高圧再生型化学吸収液を世界に発信・提案していきます。

CO₂固体吸収材

— CCS技術の省エネルギー化を目指して —

RITEでは、これまでに蓄積してきた化学吸収法等のCO₂分離回収技術をベースにCO₂高効率回収・低エネルギー消費型の固体吸収材開発を実施しています。CCSコストに占める割合の大きいCO₂分離回収コストの低減は、地球温暖化に關与するCO₂排出量の大幅削減に貢献し、我が国が目指している低炭素社会の構築に大いに役立ちます。

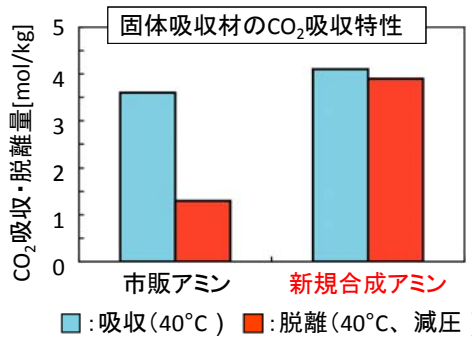
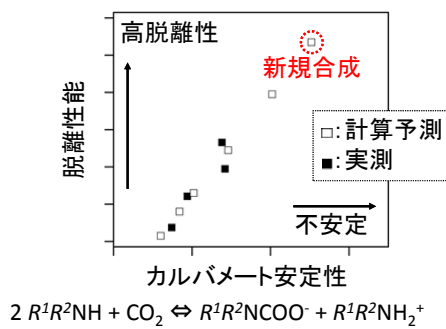
固体吸収材の材料開発



固体吸収材は、CO₂吸収剤であるアミンを多孔質支持体に担持した固体であり、アミン吸収液と類似のCO₂吸収特性を有しながら吸収液顕熱や蒸発潜熱の大幅低減が期待できます。

RITEでは、経済産業省から委託された二酸化炭素固体吸収材等研究開発事業においてCO₂分離回収エネルギー<1.5 GJ/t-CO₂を目指して、研究開発を進めています。

計算化学を活用した高効率回収型アミンの探索



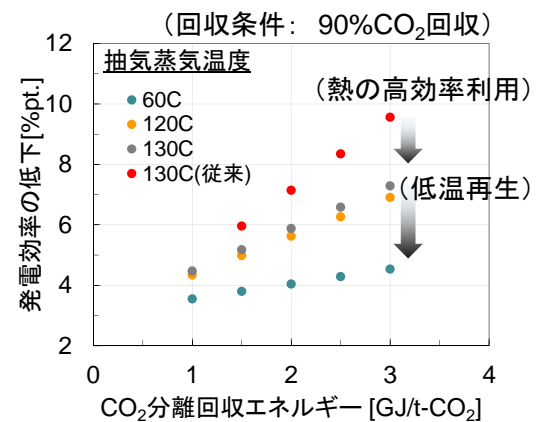
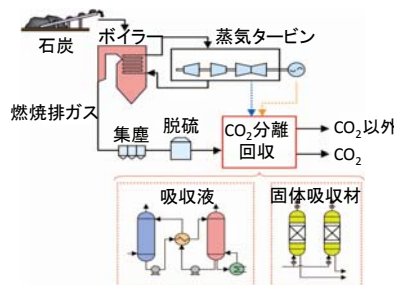
RITEは、計算化学を活用して、新規なアミン吸収剤を探索し、低温再生可能なCO₂高効率回収型の固体吸収材を作製することに成功しました。現在は、本材料のプロセス性能評価を進めています。また、本材料は有人閉鎖空間用などの再生型CO₂吸着剤としての用途展開も検討しています。

CO₂分離回収試験と発電システムレベルのプロセス性能評価

ラボスケールCO₂分離回収試験



発電システムレベルのシミュレーション



CO₂分離回収試験を行い、RITE固体吸収材のプロセス性能評価を実施した結果、石炭火力発電所の排ガス(12%CO₂)程度の低濃度CO₂ガスに対する高い分離回収性能(回収純度98%、回収率93%、回収エネルギー1.5 GJ/t-CO₂)を実証しました。

発電システムレベルでのプロセスシミュレータを構築し、CO₂分離回収技術が発電効率に与える影響を評価しています。また、CO₂分離シミュレーションの結果に基づく、分離回収コストの試算も実施しています。

CO₂分離膜

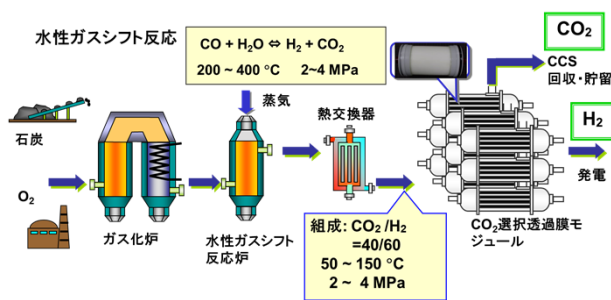
— 高圧ガスからの経済的なCO₂分離・回収を目指して —

分子ゲート機能を有する新規CO₂分離膜モジュールは、石炭ガス化複合発電(IGCC)等の高圧ガスに対し、省エネルギー・低コストでのCO₂分離回収を可能にする膜分離技術です。このためには、高いCO₂分離性能を有する分離膜モジュールの開発が重要です。RITEを含む次世代型膜モジュール技術研究組合では、分子ゲート機能CO₂分離膜モジュールシステムの開発に取り組んでいます。

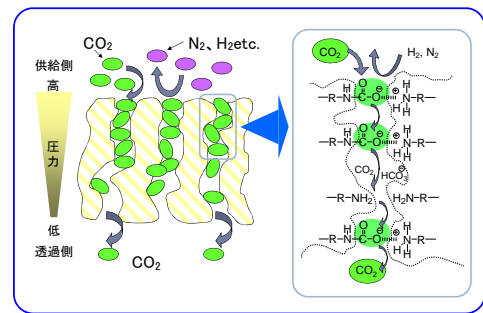
石炭ガス化複合発電(IGCC)からのCO₂分離・回収

■ 経済産業省から委託された二酸化炭素分離膜モジュール研究開発事業 (H23FY~H26FY)、二酸化炭素分離膜モジュール実用化研究開発事業 (H27FY~) において、IGCCの水性ガスシフト反応後の高圧ガスからCO₂を分離・回収するための膜モジュールシステムの開発を進めています。

分離膜を用いた石炭ガス化複合発電(IGCC)からのCO₂分離回収

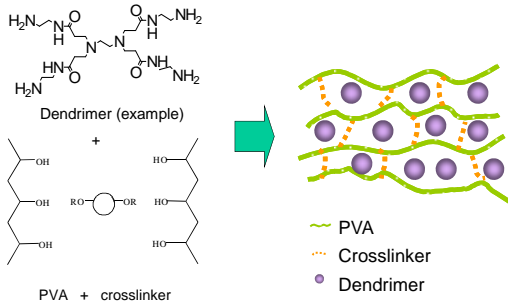


分子ゲート膜の概念図



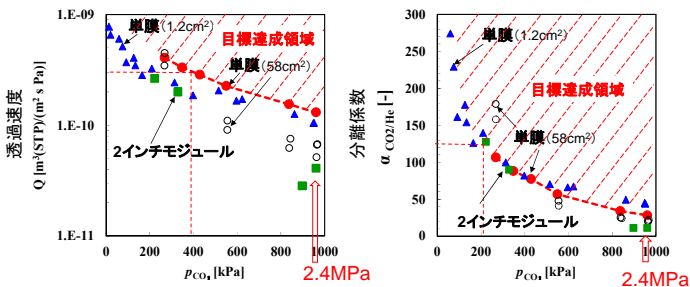
膜材料の開発

PVA系分子ゲート膜



分子ゲート膜の分離性能

大気圧~2.4MPaにて、CO₂透過試験を実施

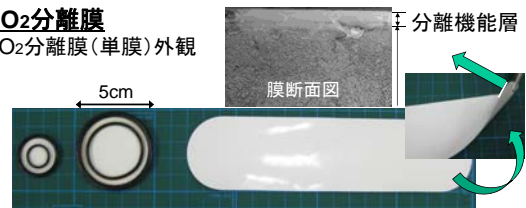


目標: CO₂回収コスト1,500円/t-CO₂以下
模擬ガス、ラボレベルで目標性能を達成

膜モジュール、システムの開発

CO₂分離膜

CO₂分離膜(単膜)外観



CO₂分離膜モジュール

スパイラル分離膜モジュール外観
(左2インチ、右4インチ)

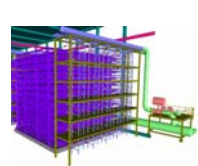
CO₂分離膜プラントイメージ

【設備能力】CO₂回収量100万ton/y←25万kW発電相当(IGCCベース)

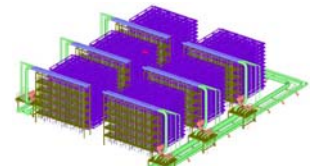
【回収条件】CO₂濃度 95 vol%, CO₂回収率90%

【供給ガス条件】IGCCガス条件を想定

※CO₂ 36.4vol%(Dry)、H₂ 63.6vol%(Dry)



スキッド集合体ブロック図
(巾11.5mx奥行10mx高1.3m)



設備イメージ全景図
(巾33mx奥行45mx高17m)

(本資料は経済産業省からの委託事業の成果をもとに作成しています。)

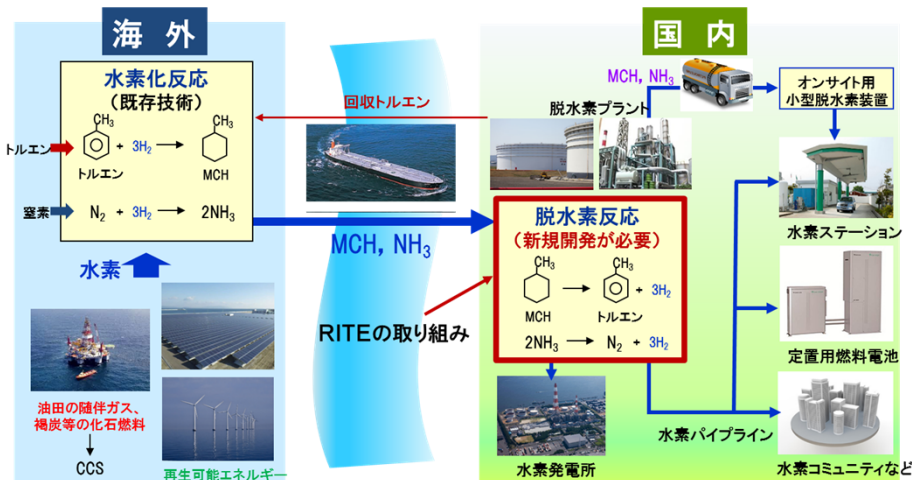
革新的水素分離膜・プロセス①

—水素社会構築への貢献—

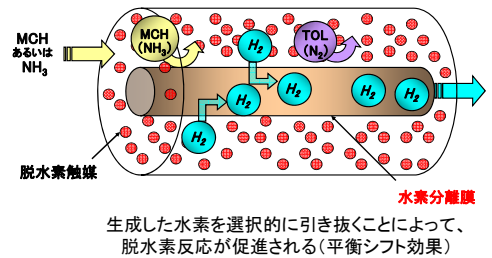
最近大きな注目を集めている**水素社会**の実現には、水素の安定供給を可能とする輸送・貯蔵技術の開発が必要です。メチルシクロヘキサンやアンモニアなど、分子内に水素を有し、その取り扱いが容易な化合物が、水素の輸送貯蔵手段「**エネルギーキャリア**」として期待されています。RITEではこれまで蓄積してきた**膜分離技術**を活用し、エネルギーキャリアから効率的に**水素を分離・精製するプロセス**の研究開発に取り組んでいます。

エネルギーキャリアと脱水素プロセス

エネルギーキャリア

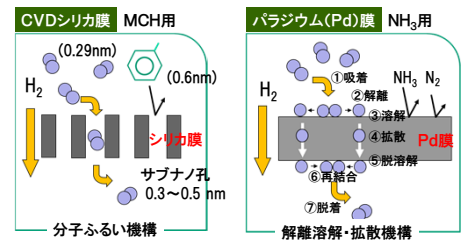


RITE技術 効率的脱水素プロセスを実現するメンブリアクター(MR)



生成した水素を選択的に引き抜くことによって、脱水素反応が促進される(平衡シフト効果)

RITE技術 MR用革新的水素分離膜



脱水素反応・精製法の比較

方法	効率	設置容積	コスト	現状
MR	◎	◎	△→◎*	開発段階
反応+膜	○	○	△→◎*	開発段階
反応+PSA	○~△	△	○	実用段階

*実用化時には優位性

パラジウム(Pd)膜 (NH₃用): 耐久性の飛躍的向上が期待できる細孔内充填型

主なPd系水素分離膜の種類

	遊離型(圧延膜)	通常型薄膜 (無電解めっき、電解めっき、スパッタ、CVD)	細孔内充填型
コスト	×	○	◎
耐水素脆性	○(厚膜)	×	○
耐熱性	○	×	○
飛翔物耐性	○	×	◎
合金耐性	×	×	○
その他	・実用化試験段階 ・高水素選択性 ・多元系合金膜作製容易	・高水素透過性能	・Pd使用量の低減が可能 ・細孔内に緻密な膜形成が可能

新規開発した細孔内充填型Pd膜と従来型との比較

外観・断面

- 従来型Pd膜
→支持体上にPd膜を形成
- 細孔内充填型Pd膜
→支持体内にPd膜を形成
→基板表面からの位置を15~60 μmまで制御可能
→30cmの支持体にも製膜可能
→Pd使用量: 表面型Pd膜の1/3
(Pd使用量を減らすことで低コスト化が期待できる)

水素透過性能

→同膜厚で従来型と同等の性能(どちらもH₂/N₂=∞)

断面のSEM・EDX

従来型: SEM 10 μm, EDX Al, EDX Pd (6.3 μm)

細孔内型: SEM 10 μm, EDX Al, EDX Pd (6.7 μm)

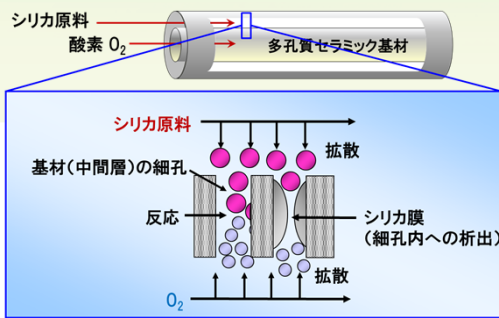
→細孔内にPdが密に充填されていることを確認

革新的水素分離膜・プロセス②

—水素社会構築への貢献—

CVDシリカ膜（MCH用）：脱水素プロセスのコンパクト化、高効率化が可能

シリカ膜の製膜：対向拡散CVD法

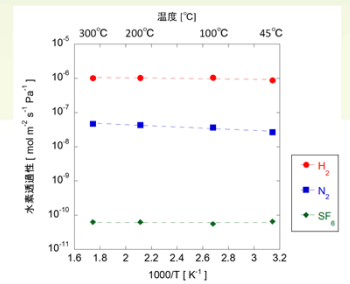


シリカは**基材細孔内**に沈着。反応は自動的に停止
 → **高性能膜** (高透過性、高選択性) が**均質かつ再現性よく**製膜可能

水素分離膜の長尺化



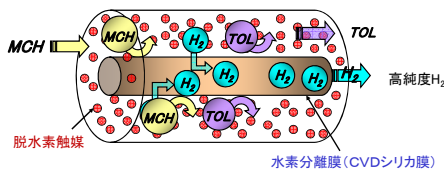
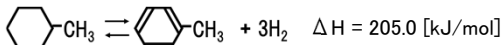
シリカ膜の長尺化に成功



H_2/SF_6 の選択性は**16,000以上**

200 mmL長尺化に成功し、高い分離性能を確認。知見も蓄積中
 → 実機サイズ(500 mmL)の長尺化に向けて開発指針を構築

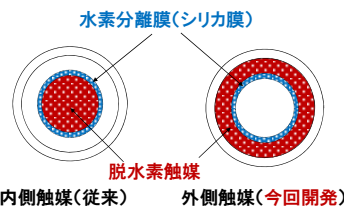
メンブレンリアクターを用いたMCHの脱水素



水素を**選択的に分離**することにより、脱水素反応が促進される

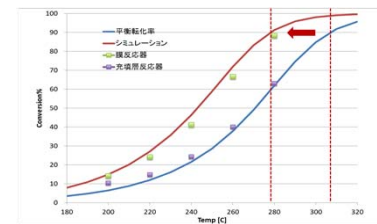
競合技術(PSAなど)と比較して、**コンパクト化、高効率化**が可能
 → 商業施設/オフィスビル/水素ステーション等
中小規模の需要家に適したMCH脱水素装置へ展開

単管MRIによる反応検討



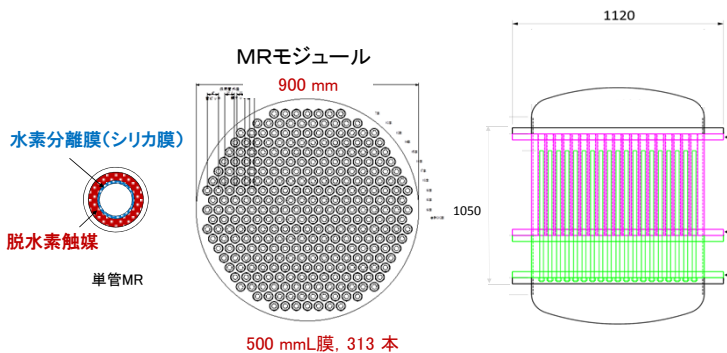
内側触媒(従来) 外側触媒(今回開発)

保護膜等なして、熱供給に有利な**外側触媒**の構成を採用することが可能



反応温度の低減を確認
 (約 310→280 °C @ 転化率 90%)

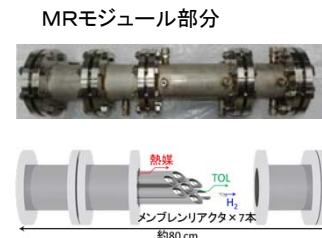
実機イメージの構築



100 kW燃料電池への水素供給を想定(約70 Nm³/hr)

シミュレーションにより実機イメージを構築
十分な実現性を確認

小型メンブレンリアクター試験装置



実機の195分の1スケール
 (10 mm φ × 200 mmL)

2016年度: 78分の1スケール
 (10 mm φ × 500 mmL)



2015年10月より**運転研究**を開始
 → 実機に向けた**エンジニアリングデータ**を収集中