



Adding Value to CCS implementation

Pall Filtration & Separation Technologies

Lindsay McRae
Oil & Gas Market Manager, Asia.

Lindsay_McRae@ap.pall.com

+61 419 135 007

Modified by T. Namba for FTAP Japan (July 20th 2022)

The background of the slide is a black and white photograph of a group of people in a meeting. A woman in the foreground is pointing at a document on a table. Other people are visible in the background, some looking at the document. The image is slightly blurred, creating a sense of depth and focus on the meeting activity.

Agenda

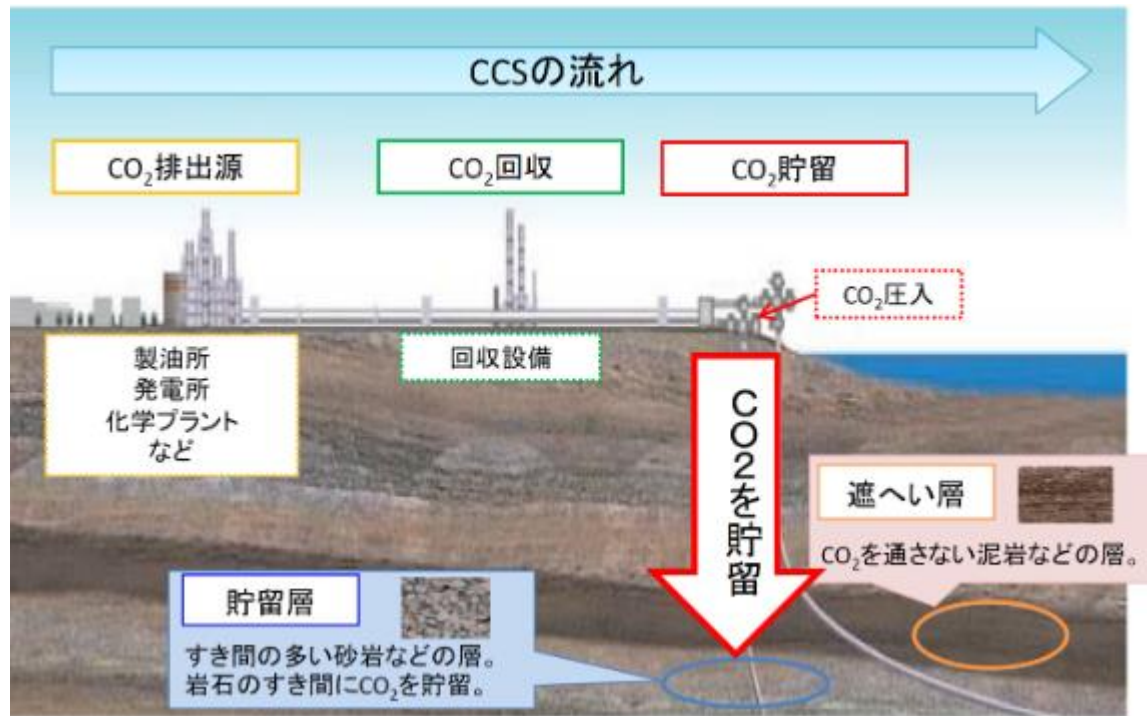
- Introduction of CCS/CCUS
- Filtration for Key Oil & Gas Processes relevant to CCS
- Pall Capabilities & Case Studies
- Pall Technical Support
- Q & A

CCS/CCUSとは？



CCS = Carbon dioxide Capture and Storage = 二酸化炭素回収・貯留（技術）

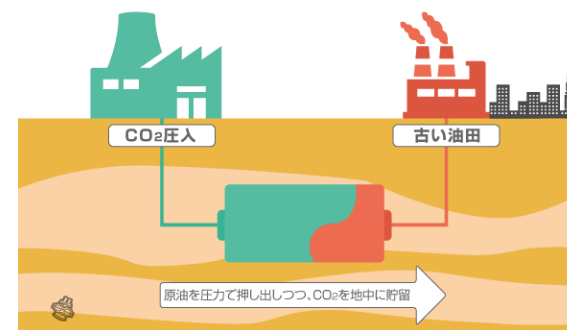
CCUS = Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage = 二酸化炭素回収・有効利用・貯留（技術）



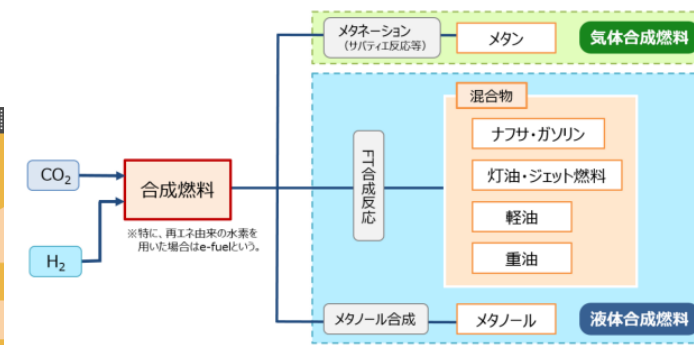
資源エネルギー庁

CO₂有効利用の例

- ・古い油田にCO₂を注入し、油田に残った原油を押し出す（CO₂は油田内に貯留） = 原油増進回収（EOR: Extended Oil Recovery）
- ・CO₂を産業用シールドガス、炭酸水、ドライアイス原料とする（直接利用）
- ・CO₂と水素を反応させ、メタンなどの化学原料にする（カーボンリサイクル）
- ・CO₂とグリーン水素から合成燃料（e-fuel）をつくる（カーボンリサイクル）



九州電力



資源エネルギー庁

4 Steps of CCS



CO₂ 回収・有効利用・貯蔵の必要性



CO₂ Capture, Utilization and Storage = CCUS

地球の平均気温の上昇を**1.5 °C未満**に抑えるには、CCUSは必須の戦略（方策）である。

米国ではCCSに力を入れている

- CO₂ 注入による原油増進回収（EOR）
- CO₂の地下貯留のための地理学
- CO₂分離を前提とした天然ガス処理プラント

連邦税額控除

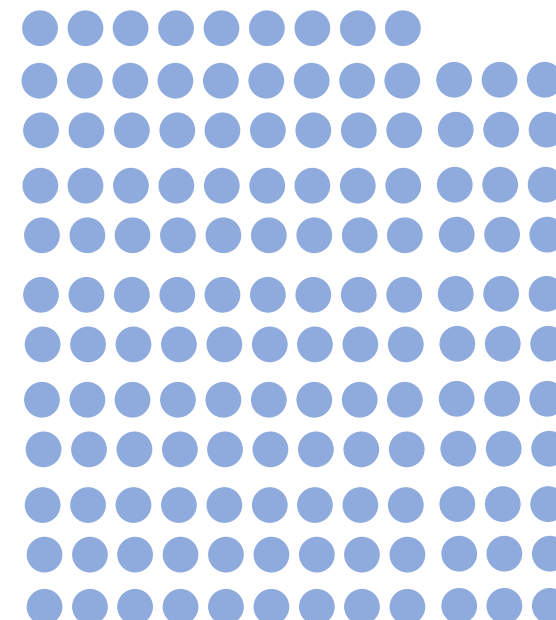
- CO₂貯留：**\$50/t**
- CO₂を回収し、EORに使用：**\$35/t**

Mtpa: million tons per annual, 百万トン／年

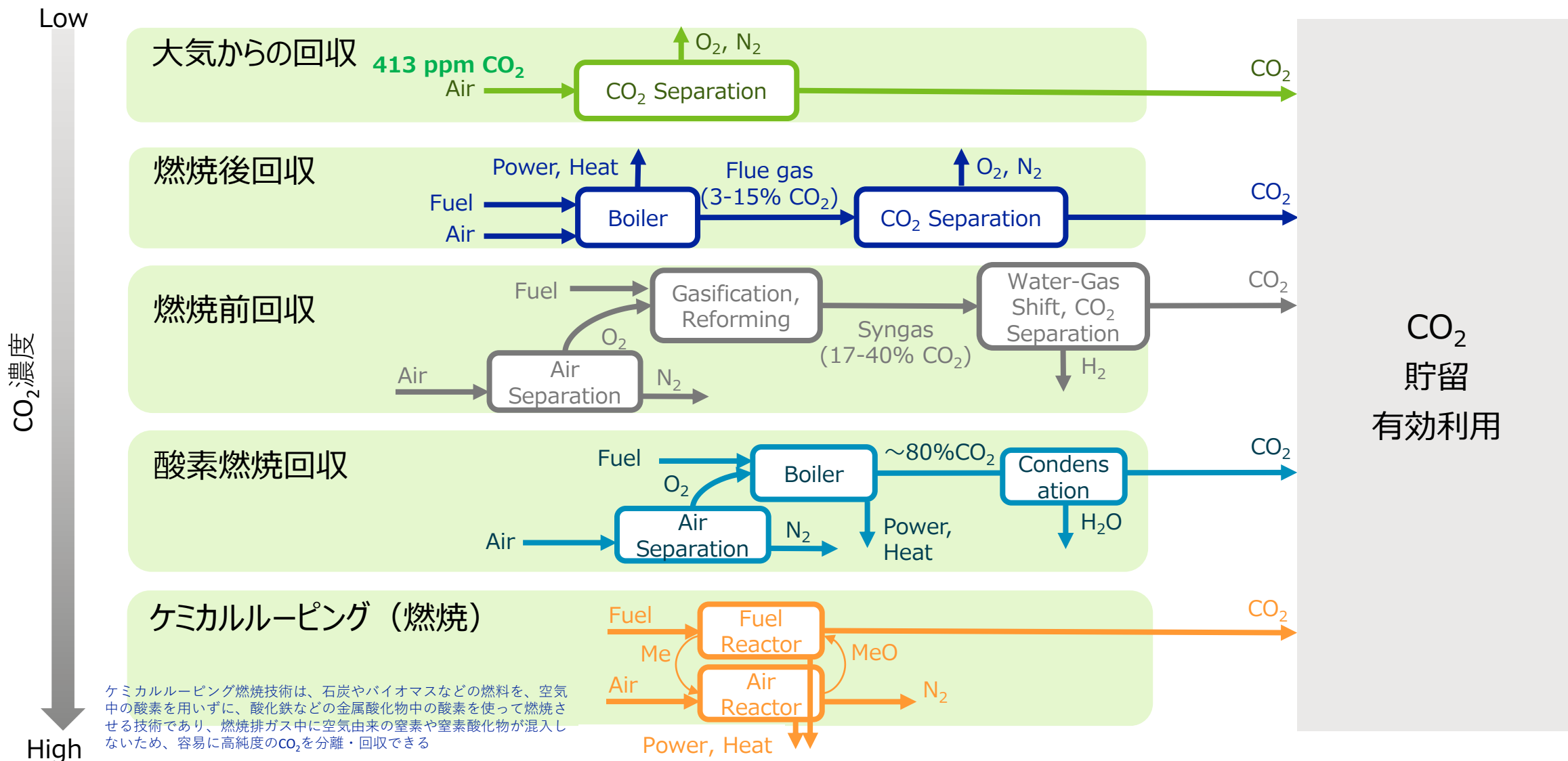
2020
40 Mtpa



2050
Need 5,635 Mtpa



CO₂ 回収



ケミカルルーピング燃焼技術は、石炭やバイオマスなどの燃料を、空気中の酸素を用いずに、酸化鉄などの金属酸化物中の酸素を使って燃焼させる技術であり、燃焼排ガス中に空気由来の窒素や窒素酸化物が混入しないため、容易に高純度のCO₂を分離・回収できる

CO₂ 回収技術— 燃焼排ガス及び大気中からのCO₂回収



CO₂回収

吸収法

>40 USD/t(CO₂)

吸着法

>50 USD/t(CO₂)

膜分離法

>15 USD/t(CO₂)

物理吸収

化学吸収

物理吸着

化学吸着

有機膜

- ・PI
- ・CA
- ・PS
- ・PC

無機膜

- ・ゼオライト
- ・シリカ系アモルファス
- ・カーボン

促進輸送膜
/イオン液体含有膜

メタノール

グリコール系

イオン性流体

アミン溶液

アルカリ溶液

アンモニア溶液

ゼオライト
(モレキュラーシーブ)

シリカゲル

活性炭

金属有機構造体 (MOF)

金属酸化物

アミン強化吸着剤

修飾金属有機構造体

注：これら以外にも深冷分離法（蒸留法）がある

PI：ポリイミド*

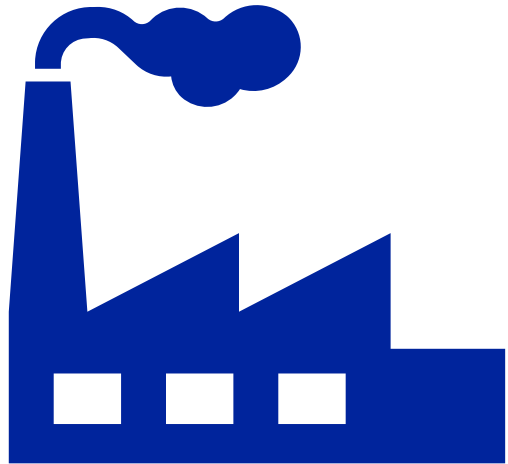
CA：酢酸セルロース

PS：ポリスルホン

PC：ポリカーボネート

CO₂ 回収における課題

Where can filtration and separation help you?



上流工程

原料には**粒子状汚染物質、液体の炭化水素、水銀、グリコール、メタノール、水、ワックス、塩（えん）**が含まれている場合がある。

これらの汚染物質は、コンプレッサーの信頼性低下、アミンシステムの泡立ち、腐食の進行、吸収液の寿命短縮、処理能力の低下、等の原因となりえる。

水銀はアルミ製熱交換器のLME（液体金属脆化）や労働安全衛生に多大な影響を及ぼす。

LME: Liquid Metal Embrittlement

下流工程

排出CO₂ガス中には、アミン/ベンフィールド溶液（いずれもCO₂吸収液）、グリコール、水が含まれている場合がある。

これらの汚染物質はドライヤーやコンプレッサーなどの下流工程の設備に悪影響を及ぼす。

配管内のスケールや錆などの**固形汚染物質**はCO₂貯留や有効利用の妨げになる。

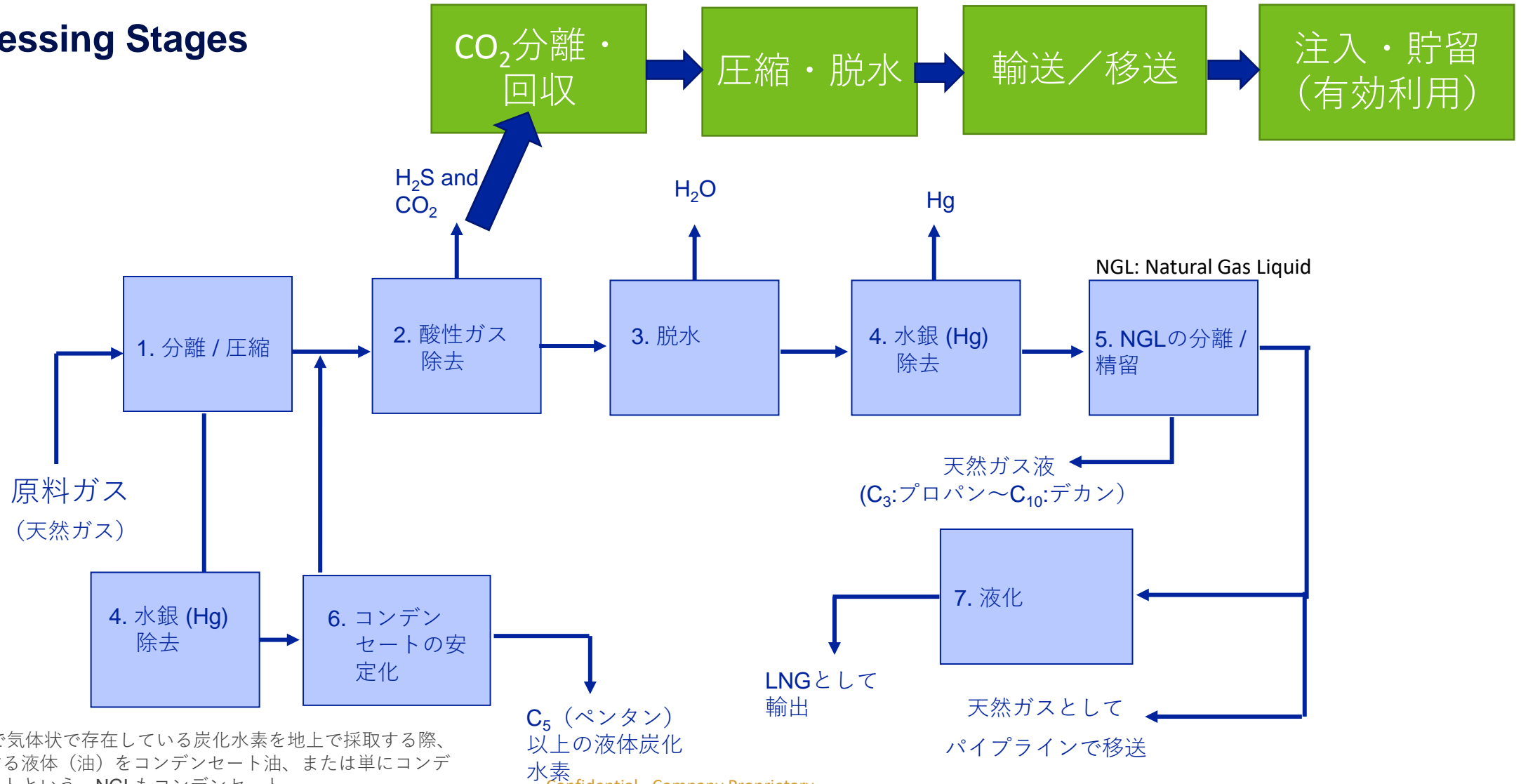
貯留層の圧力管理のために、遺留水を取り除いたり、注入したりしなければならない場合がある。

遺留水（connate water）：水成の堆積岩 {たいせきがん} 中に、堆積時の水が閉じ込められて、地下の岩石の孔隙 {こうげき}、もしくは割れ目内に存在するもので、同源水ともいう。

CCSを伴うガス処理／天然ガス処理の概要



Gas Processing Stages

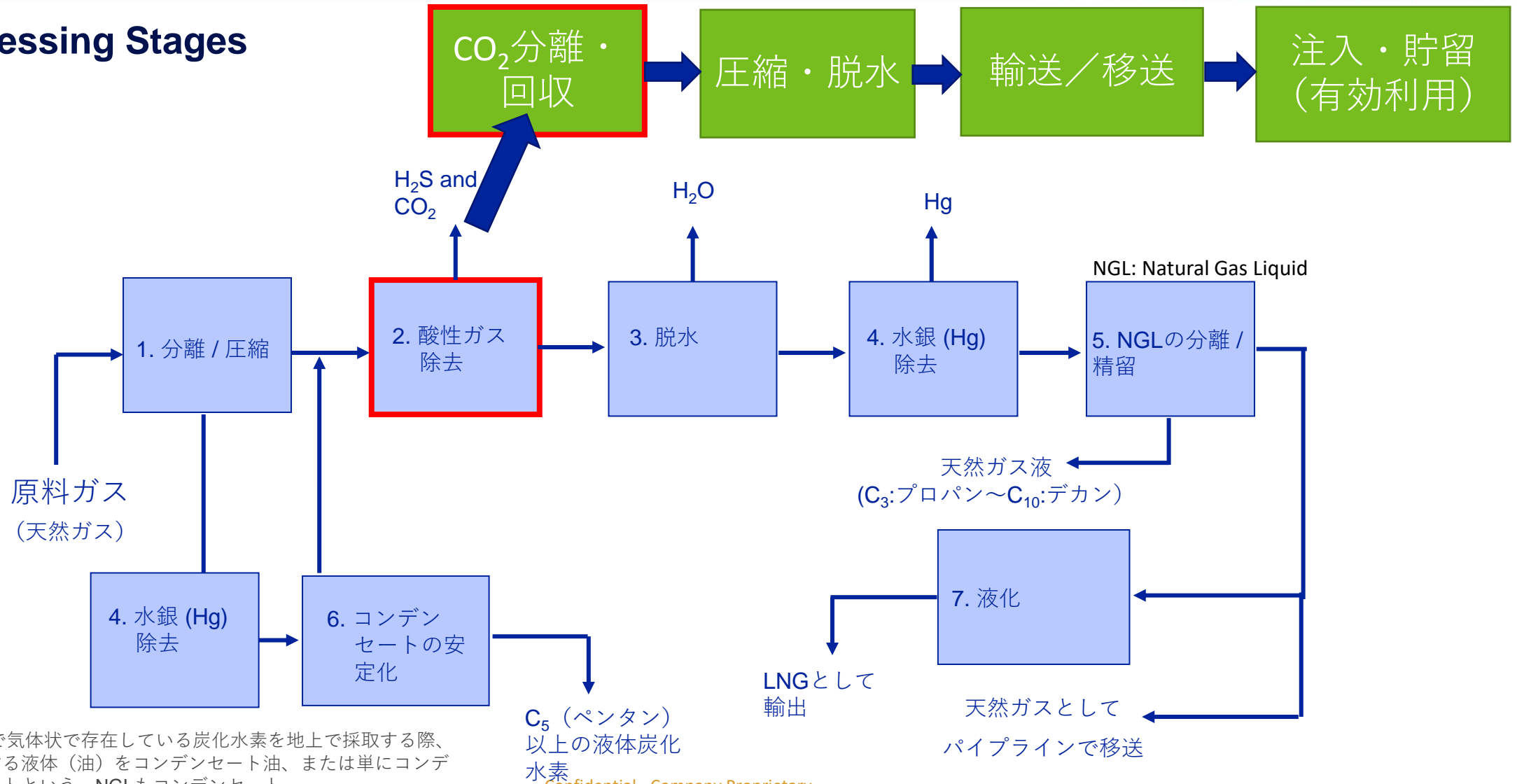


コンデンサート：地下で気体状で存在している炭化水素を地上で採取する際、凝縮する液体（油）をコンデンサート油、または単にコンデンサートという。NGLもコンデンサート

CCSを伴うガス処理／天然ガス処理の概要



Gas Processing Stages



コンデンサート：地下で気体状で存在している炭化水素を地上で採取する際、凝縮する液体（油）をコンデンサート油、または単にコンデンサートという。NGLもコンデンサート

酸性ガス処理工程でのろ過と分離



2. スイートガスから、気/液コアレッサーにより粒子状汚染物質と液体状汚染物質を取り除く

Sweet Gas : H₂SやCO₂含有量の極めて少ないガス

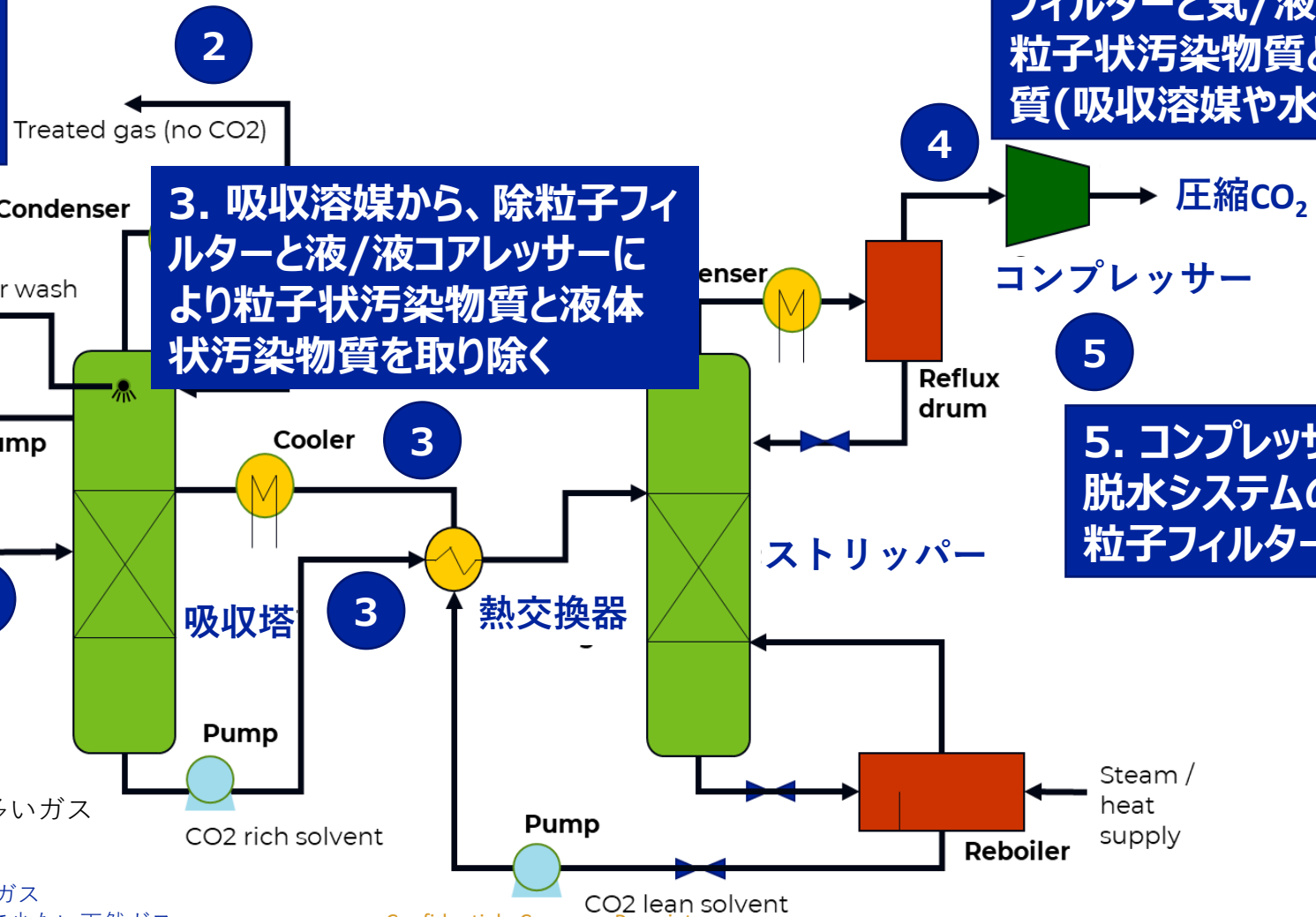
1. 酸性ガスから、気/液コアレッサーにより粒子状汚染物質と液体状汚染物質を取り除く

Sour Gas : 酸性ガス (H₂SやCO₂) 含有量の多いガス

注記 : 石油精製では

Sour Gas : サワーガス、H₂S含有量の多い天然ガス

Sweet Gas : スイートガス、H₂S含有量の極めて少ない天然ガス



酸性ガス処理：アミンシステム入口へのコアレッサー設置



Pall Recommendation:

高効率気/液コアレッサーをアミンシステムの入口と出口に設置し、混入するエアロゾルと粒子状汚染物質を取り除く。



気/液コアレッサー
= ガス中からの粒子と液滴の除去

Goals:

1. フィードガスからの粒子状汚染物質、炭化水素、グリコール、有機酸の除去
 - アミン容器の泡立ちの抑制
 - 腐食の低減、熱安定性塩の生成抑制
 - ガス処理能力低下の防止
2. アミン溶液のキャリーオーバーの低減
 - 溶液ロスの低減、下流の装置の腐食低減、下流の装置の保護（ドライヤー、水銀除去装置）
3. アミンシステムのボトルネック解消（処理能力の最大化）



酸性ガス処理：アミン循環システムでの除粒子



アミン溶液ろ過フィルター

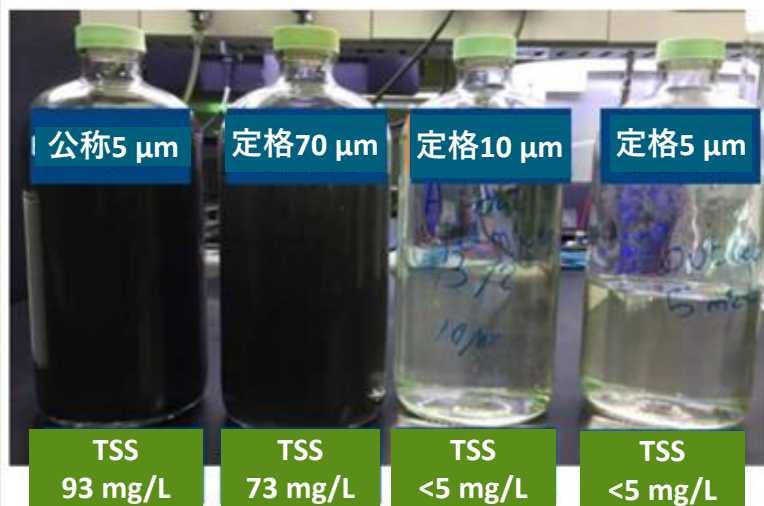
問題点

- アミン溶液の清浄度要求<10 mg/Lを達成できていない（公称ろ過精度5 μ mフィルターが設置）
- ファウリングにより、15%の性能低下がみられた

Pallの解決策

- Pallの**定格ろ過精度のフィルター**を設置
- 70 μ m \Rightarrow 10 μ m \Rightarrow 5 μ mフィルターと徐々にアミン溶液の清浄度を改善。質量汚染濃度(TSS)が5 mg/L以下となり、ファウリングはなくなった

フィルターコスト：4万7千ドル/年削減
投資回収期間：1か月
(不具合低減効果含む)



アミン溶液の外観比較



熱交換器を閉塞する
黒色固形異物



- ①: ろ過前のアミン溶液
- ②: 公称ろ過精度10 μ mフィルターでろ過後
- ③: 定格ろ過精度10 μ mフィルター（99.98%）でろ過後

酸性ガス処理：液／液コアレッサー（LLC）



Pall Recommendation:

アミン溶液循環システム(リッチアミンループ)に**PhaseSep LLC**を設置



液/液コアレッサー
= 異種の液滴を
除去する

Goals:

1. アミン溶液の泡立ちを防止するために、液体炭化水素を取り除く
2. 吸着剤（活性炭）の寿命を延ばす (> 2 years)
3. 脱硫工程の安定稼働のために、炭化水素のキャリーオーバーを抑制する



吸収塔ーメンブレンコンタクター：H₂ / CO₂ 膜の保護



Pall Recommendation: SeptraSol 気/液コアレッサー



LG Coalescer
= removal of
solids & Liquids

• Membrane Contactors: H₂ & CO₂ Membranes

- メンブレンコンタクター（膜接触器）は汚染物質感度が高い（固形汚染物質、液体汚染物質とも）
- 汚染物質を取り除く事で膜寿命が改善し、処理能力も維持できる
- 新規設備だけでなく、既存設備にも有効
- 代表的な設置箇所：
 - メンブレンコンタクター入口
 - ライセンサーによって、高効率LGC、活性炭吸着塔、除粒子フィルターが指定される

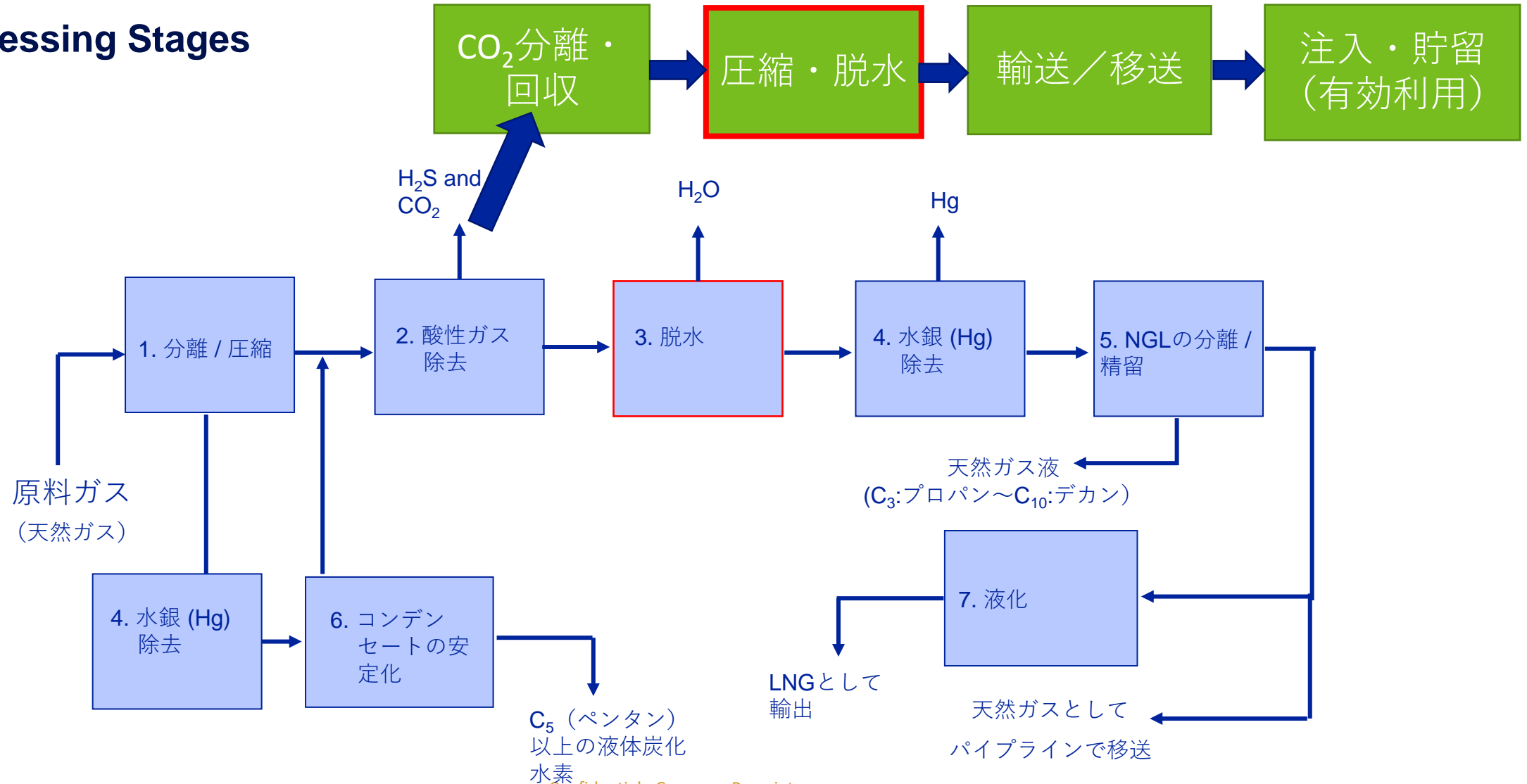


CO₂ Membrane Protection
Eromanga Basin , Qld, Australia

CCSを伴うガス処理／天然ガス処理の概要



Gas Processing Stages



コンプレッサー



Pall Recommendation: SeptraSol LG Coalescer



LG Coalescer
= removal of
solids & Liquids

Goals:

1. 粒子状汚染物質、炭化水素（液体）、遊離水、塩の蓄積からコンプレッサーを保護
2. シール不具合の低減
3. （低粘度/低引火点の炭化水素の混入による）潤滑油希釈の防止、引火点低下の防止
4. コンプレッサーの信頼性改善

セプラゾール：

出口液体（遊離）濃度： <0.011 ppmw (L.A.S.E. test)

除粒子： 0.3 μm @ 99.7 % (NaCl aerosol test)



H₂ Compressor, Qld, Australia

コンプレッサー： Case Study



Pall Recommendation: SeptraSol Plus LG Coalescer



LG Coalescer
= removal of
solids & Liquids

問題: 6か月で500 kgもの塩が蓄積し、コンプレッサーが頻繁にトリップしていた。

SLSの現地試験により、1,860 ppmwもの遊離水と塩が入口ガス中に存在していることが分かった。

解決策: セプラゾールプラス(110本)のLGCを設置 (pre-separationあり)

運転圧力: 4.5 MPaG

流量: 363 t/hr



Offshore North Sea

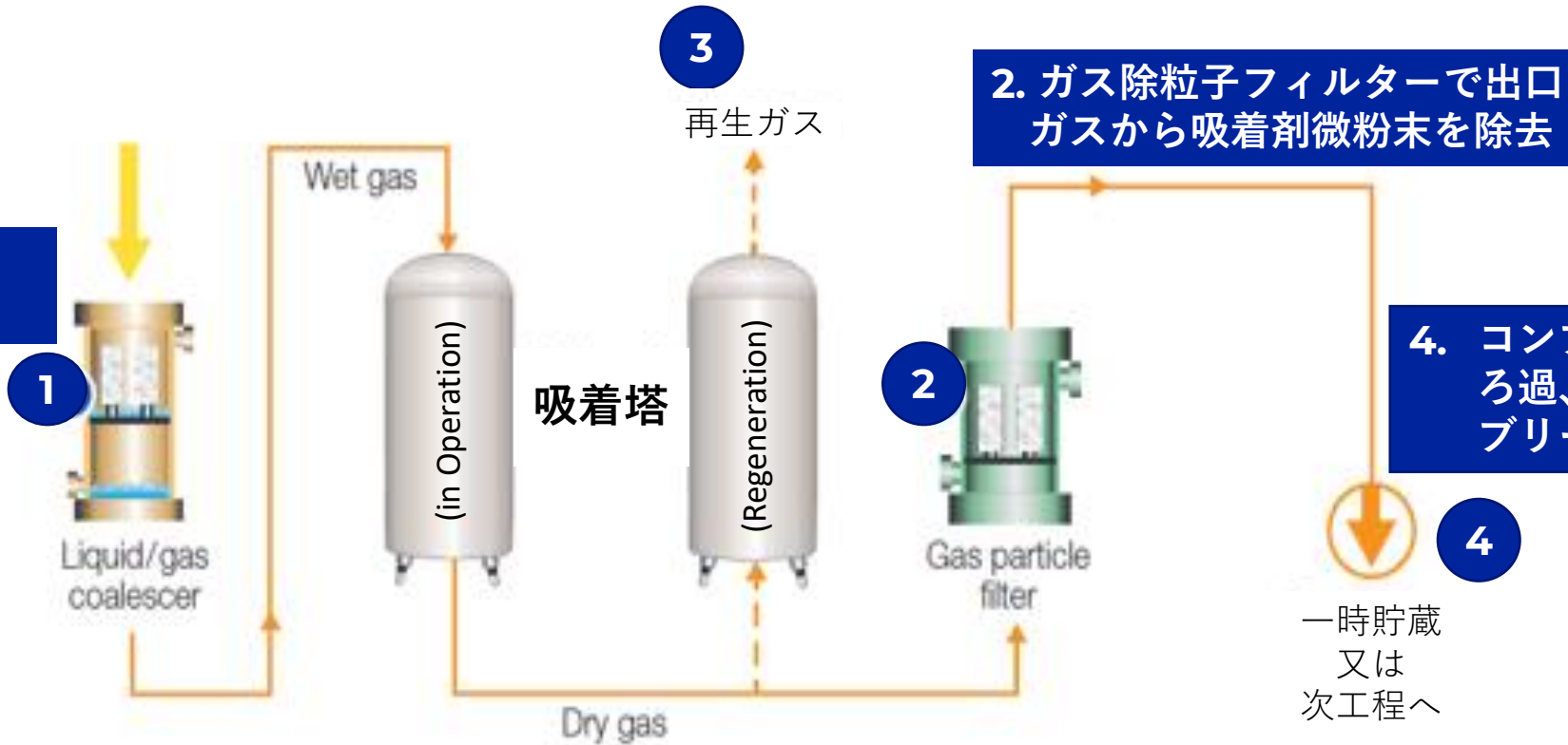
脱水：吸着法

Molecular Sieve (吸着剤)



3. ガス除粒子フィルターで再生ガスから粒子状汚染物質を除去
(吸着剤再生時に吸着塔を加温する場合がある=TSA。この場合は排出される再生ガスの温度は高くなっている。)

1. LGCで入口ガスから液体汚染物質を除去



2. ガス除粒子フィルターで出口ガスから吸着剤微粉末を除去

4. コンプレッサー潤滑油のろ過、浄油機(HNP/HDP)、ブリーザーフィルター

Molecular Sieve (モレキュラーシーブ) :本来は分子篩の意味。吸着剤としてのモレキュラーシーブの代表例はゼオライト。
Zeolite (ゼオライト) :沸石。分子篩特性とイオン交換能をもつ結晶性アルミノケイ酸塩。天然ゼオライトと合成ゼオライトがある。

脱水：吸着法 Molecular Sieve – Case Study



問題：吸着塔への液体状汚染物質の持ち込みがあり、

- 頻繁な再生処理
- 吸着剤の劣化
- ファウリングによる吸着剤の早期交換
- チャネリング
- 下流設備の汚染

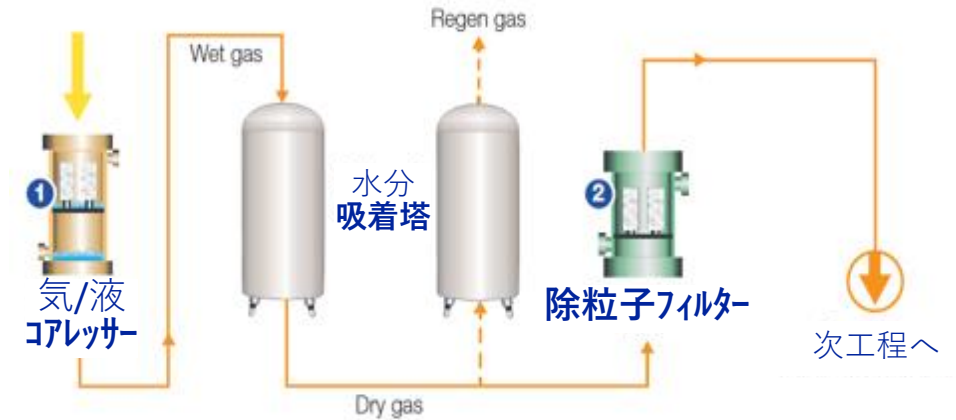
などの問題があった。

解決策：

1. 吸着塔の前段に高効率気/液コアレッサーを設置
2. 吸着塔の後段に定格ろ過精度の除粒子フィルターを設置

効果：

- 吸着剤の寿命延長（4年超）
- 吸着剤の交換に関わるコストの削減（交換のための1週間のシャットダウンによる機会損失削減も）



劣化した吸着剤



既設のセパレーター
を取り外し



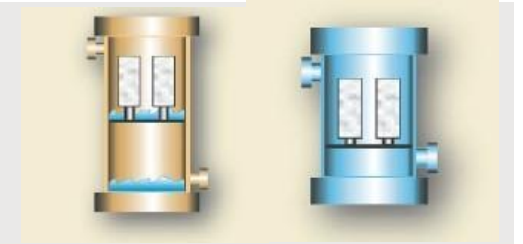
Pall気/液コアレッサー
を設置

脱水：吸収法 Glycol Dehydration

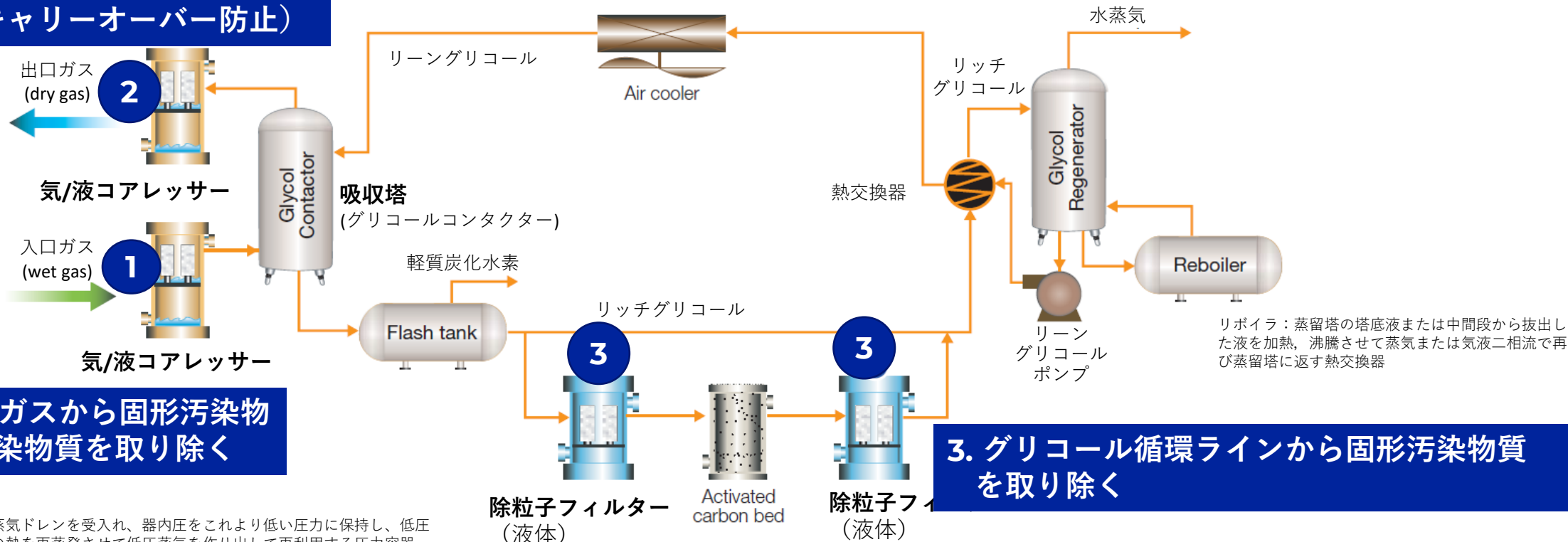


Pall Recommendation:

- ・ 入口ガス(wet gas)と出口ガス(dry gas)に気/液コアレッサー
- ・ グリコール循環ラインに除粒子フィルター



2. LGCで出口ガスからグリコールを取り除く (キャリーオーバー防止)



1. LGCで入口ガスから固形汚染物質と液体汚染物質を取り除く

フラッシュタンク：高圧蒸気ドレンを受入れ、器内圧をこれより低い圧力に保持し、低圧蒸気ドレンとの顕熱差分の熱を再蒸発させて低圧蒸気を作り出して再利用する压力容器

脱水：吸収法

Glycol Dehydration – Case Study



問題:

コンプレッサー潤滑油のキャリーオーバーによりグリコール脱水ユニットに泡立ちの問題があった。また、グリコール（TEG: triethylene glycol）が暗色化（茶色～黒色）。TEGは本来無色透明の液体。

影響:

ガス処理プラントの処理能力低下
出口ガス（生産ガス）の品質低下（オフスペック）
配管の腐食
リボイラーの汚染（保全費用の増加）

対策:

1. 入口ガス(wet gas)に高効率気/液コアレッサーを設置
2. 出口ガス(生産ガス)にも高効率気/液コアレッサーを設置
3. グリコール循環ラインのノミナルフィルターを定格ろ過精度フィルターに変更

効果:

- 泡立ちの問題解消
- 設計通りの処理能力へ回復
- 出口ガス（生産ガス）の品質改善（オンスペック）
- 生産性の改善

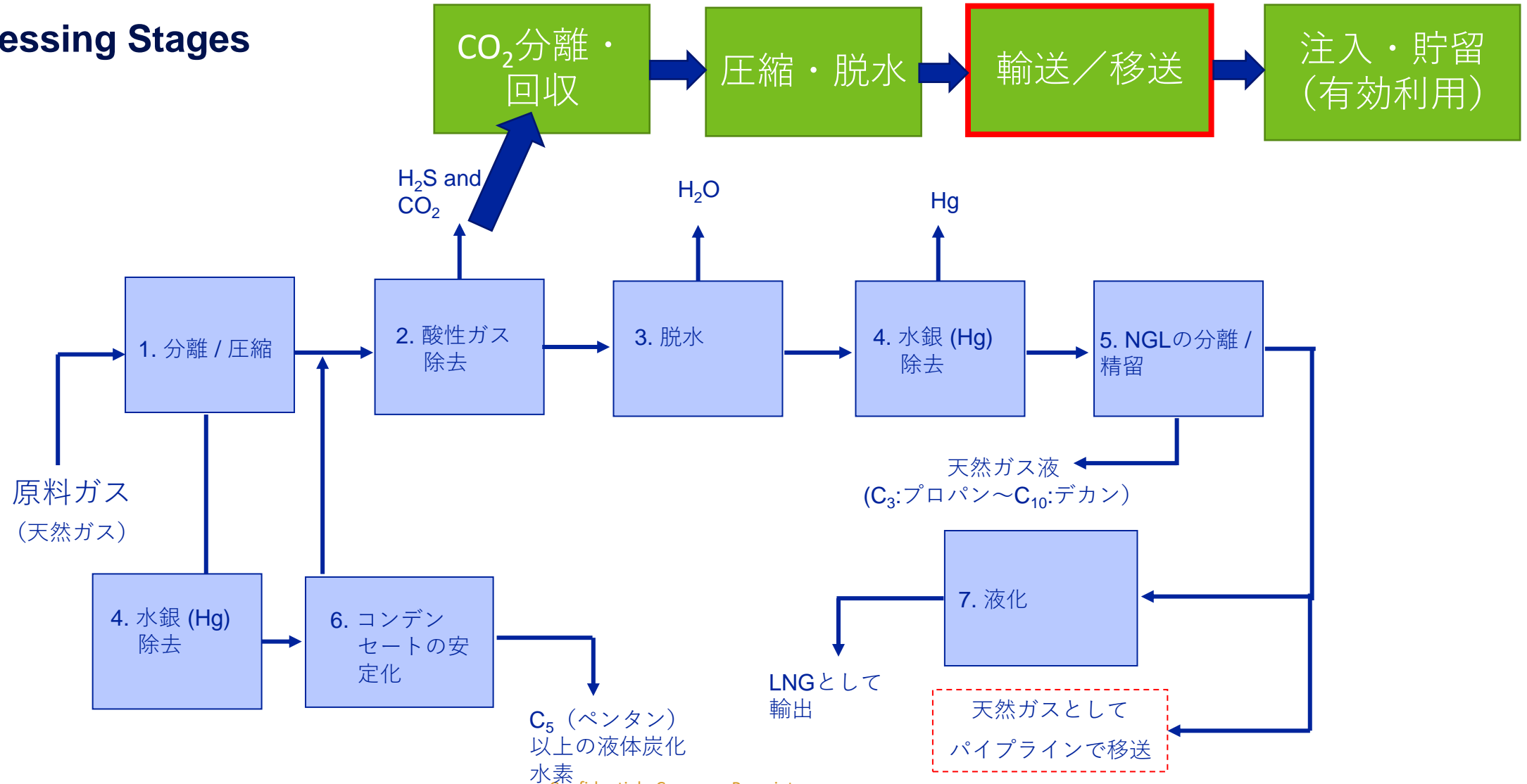


L/G Coalescer on outlet gas
NT, Central Australia

CCSを伴うガス処理／天然ガス処理の概要



Gas Processing Stages



ガスのパイプライン輸送/移送：除粒子フィルター



**Pall Recommendation:
Coreless or MCC1401 Dust Filter**



**Particulate
filter**

= removal of
solids

ガス輸送パイプライン

目的:

1. 計量機器や制御弁、コンプレッサーを保護するために、配管スケールや錆などの固形汚染物を取り除く



**#600 Coreless Filter, UAE
36" NB Pipeline, 700 MMscfd, 6 MPaG**

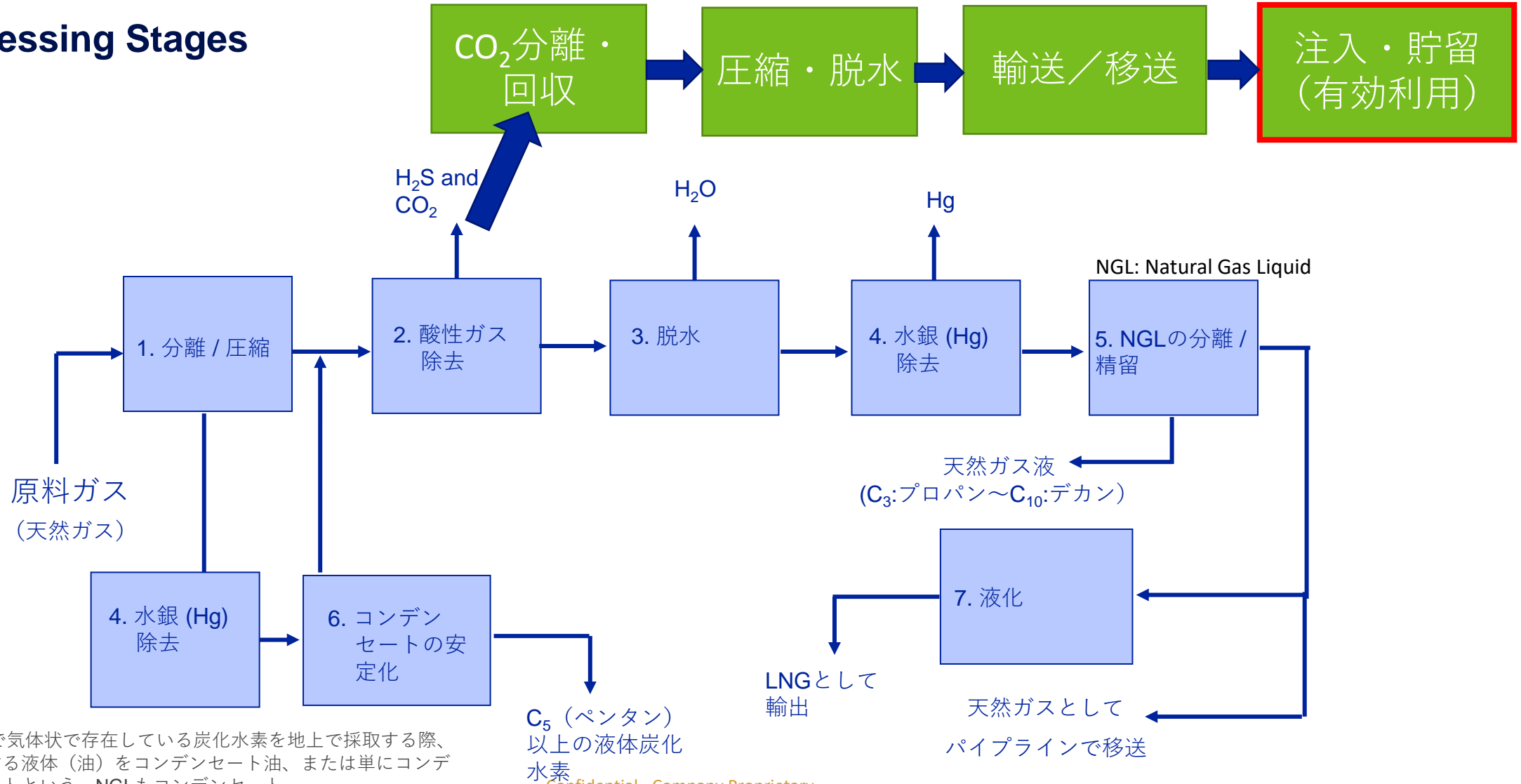
MCC1401 style: Single open end with internal O-ring, Tin plated carbon steel core, stainless steel end cap

MMscfd: million standard cubic feet per day 標準状態（15.6℃、1気圧、水蒸気飽和）でのガス流量 百万立方フィート／日

CCSを伴うガス処理／天然ガス処理の概要



Gas Processing Stages



コンデンサート：地下で気体状で存在している炭化水素を地上で採取する際、凝縮する液体（油）をコンデンサート油、または単にコンデンサートという。NGLもコンデンサート

ガス注入：除粒子フィルター



Pall Recommendation:
Coreless or MCC1401 Dust Filter



**Particulate
filter**

= removal of
solids

原油増進回収のためのガス注入

目的:

1. 貯留層の目詰まりを防ぐために、吸着剤微粉末や配管スケール、錆などの固形汚染物質を取り除く

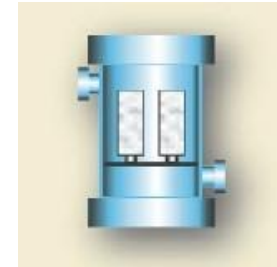
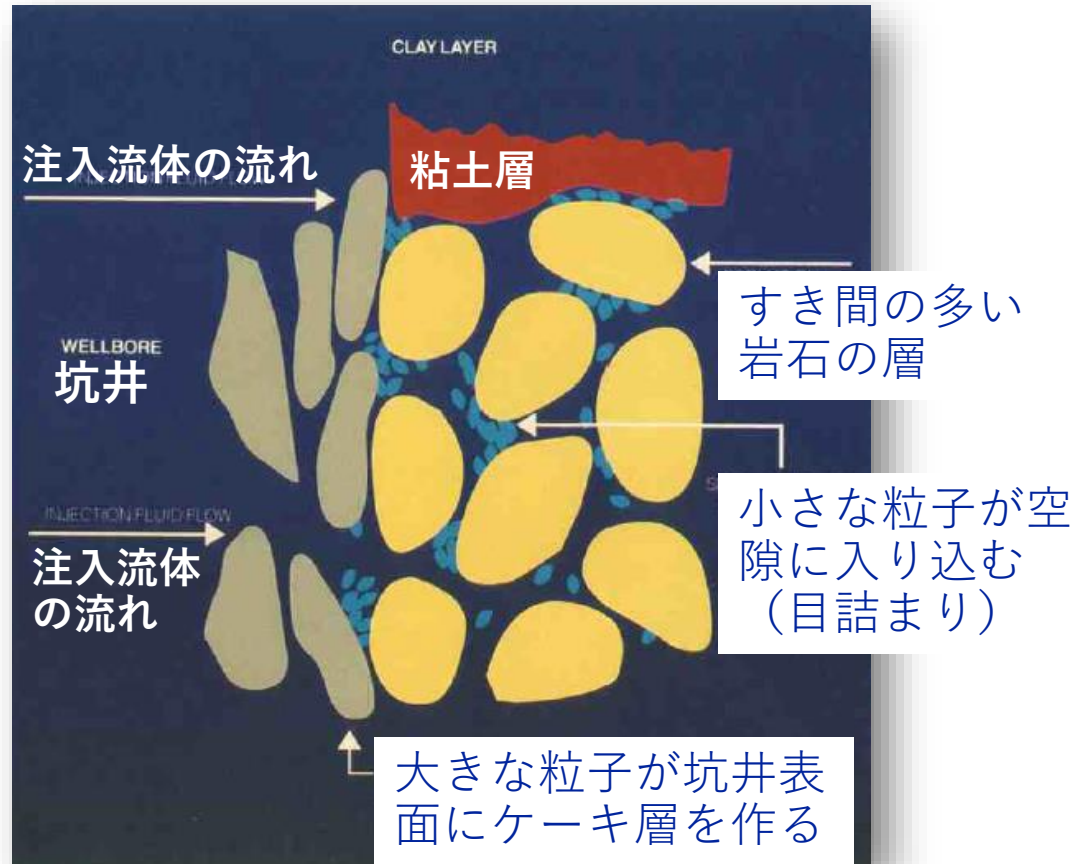


#2500 gas re-Injection filter
Bayu Undan Timor Sea

【参考】 Water Injection- Particulate filter



水注入：原油増進回収、随伴水の廃棄



Particulate filter

= removal of solids

貯留層の透過性 (md)	平均細孔径 (μm)	1/3 – 1/7 経験則に基づく要求ろ過精度 (μm)
100	10	1.4~3.3
200	14.1	2~4.7
300	17.3	2.4~5.7
500	22.4	3.2~7.4

md: millidarcy

The darcy is referenced to a mixture of unit systems. A medium with a permeability of 1 darcy permits a flow of 1 cm³/s of a fluid with viscosity 1 cP (1 mPa·s) under a pressure gradient of 1 atm/cm acting across an area of 1 cm²

注記: 貯留層の目詰まり防止としては、CO₂注入でも同様のフィルタータイプ及びろ過精度を選ぶ。

CCS – 高濃度CO₂ (Dense Phase) 注入：除粒子フィルター



Pall Recommendation:

ウルチプリーツハイフロー フィルター



**Particulate
filter**

= removal of
solids

地下貯留のためのCO₂注入

Goals:

1. 貯留層の汚染を防ぐために、配管スケールや錆などの固形汚染物質を取り除く

注記: dense phase CO₂の挙動は気体のCO₂とは異なる。液体または臨界状態（気体とも液体ともつかない状態）であり、フィルターは液体用のろ過精度を適用する。



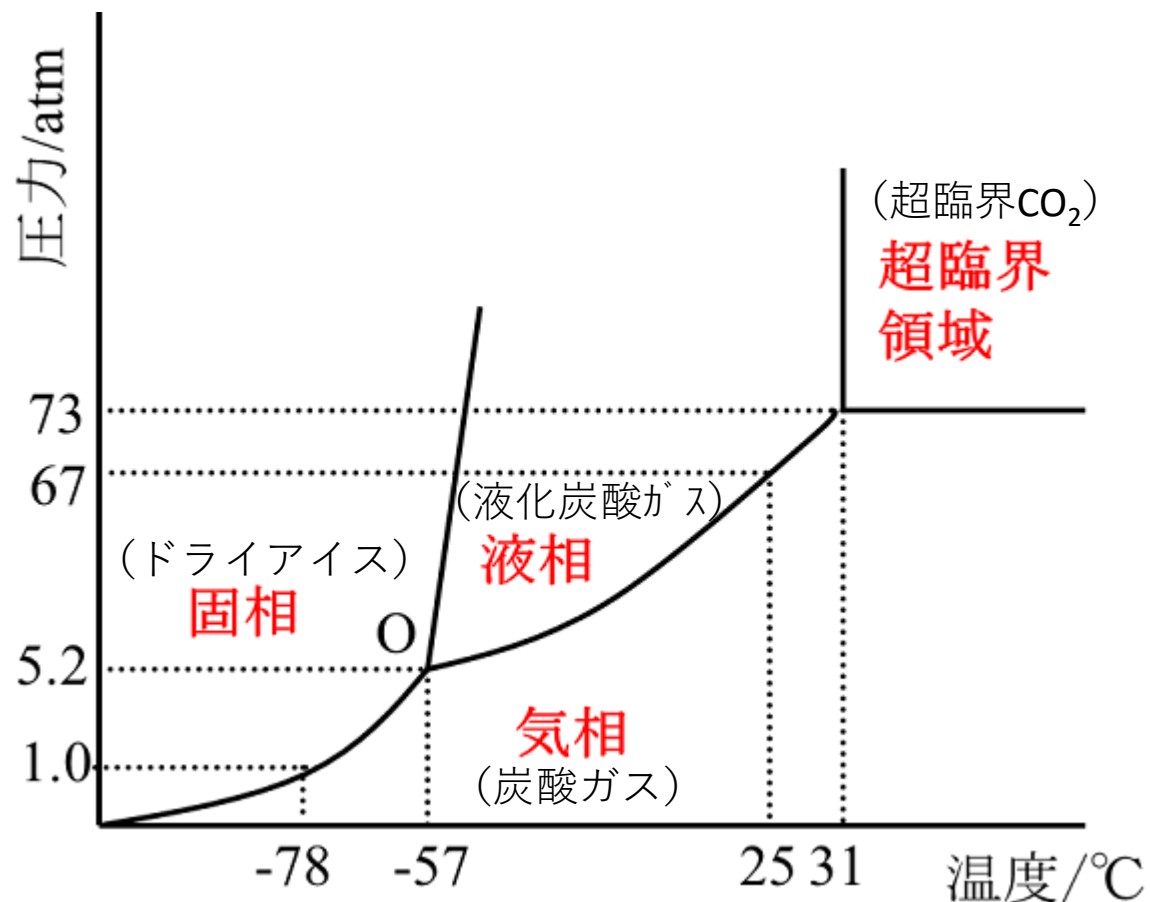
Ultipleat HighFlow filter with QOC

CO₂の臨界温度は31.1 °C。これ以下の温度で加圧すると液体になり、これ以上の温度で加圧すると超臨界流体となる。

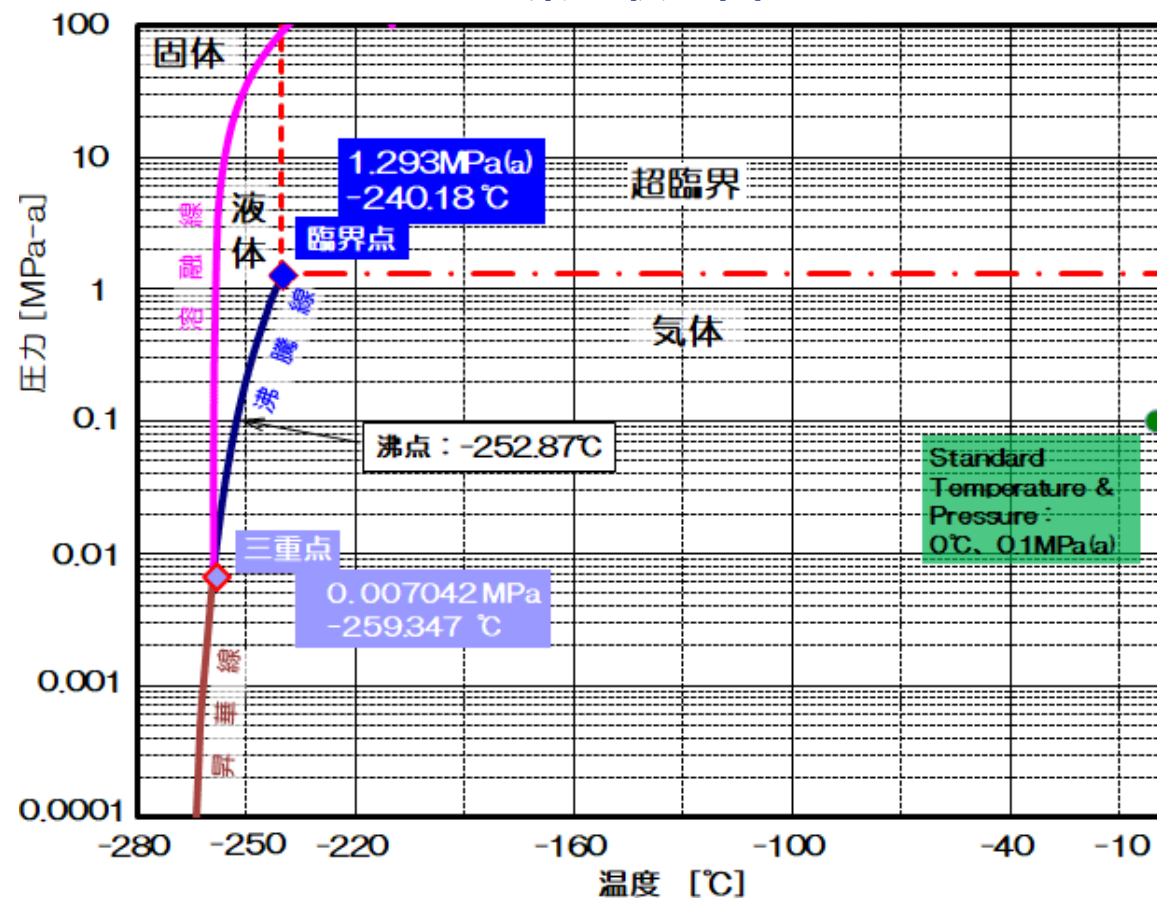
高濃度CO₂ (Dense Phase)



二酸化炭素の状態図



水素の状態図



CCS – 高濃度CO₂ (Dense Phase) 注入 Case Study



Moomba Carbon Capture & Sequestration



Client:

Santos

Location: 南オーストラリア

Southern Australia

Project Summary:

Benfieldプロセスユニットから排出されるCO₂ (飽和の水分を含む) を脱水し、加圧して超臨界CO₂ (dense phase) とし、パイプラインで輸送して貯留層に注入する (CCS)。

Overview:

- Industry leading CCS program
- Benfield CO₂ capture
- Centrifugal compression
- Heat Recovery Steam Generation
- TEG Dehydration
- Dense phase CO₂ transportation
- Carbon Sequestration

Scope of Work:

- Detail Design Engineering
- Technology Selection
- Equipment Specification
- Facility Layout & Modeling
- Key Engineering Drawings
- HAZOP & Safety Workshops
- CAPEX, OPEX Estimating

The Moomba CCS project will safely store 1.7 million tonnes of carbon dioxide per year in perpetuity. This represents a cut of more than 7% to South Australia's emissions, addressing the largest single point source of emissions in South Australia.

Santos forecast a full lifecycle cost of less than US\$24 per tonne of CO₂. [Read more.](#)

The project will capture carbon dioxide from the Moomba Gas Plant and deliver it via a new buried pipeline for injection into depleted gas reservoirs, within the Della, Marabooka and Strzelecki fields for permanent storage. The project will geo-sequester a significant stream of greenhouse gas and develop longer-term carbon capture and storage (CCS) capabilities in the Cooper Basin.

The Moomba Gas Plant is located approximately 750 kilometres north of Adelaide in the remote region of the Strzelecki desert. It currently has four CO₂ Removal Trains in operation provide a ready source of low pressure, water-saturated CO₂ gas.

The new CCS facility will capture, dehydrate, and compress CO₂ from four CO₂ Removal Trains for delivery to various Cooper Basin reservoirs. The CCS project will provide a future connection for a future tie in to a fifth CO₂ Removal Train.

A multistage centrifugal compressor will be used to compress the CO₂ prior to dehydration. Compressed, water-saturated gas will enter a Tri-Ethylene Glycol (TEG) dehydration unit where water will be removed. The dehydrated CO₂ will be returned to the same multistage centrifugal compressor and further compressed before being delivered to the pipeline distribution network.

The CCS plant will be designed to process up to 84 MMscfd of dehydrated CO₂ with a facility discharge pressure of up to 14,600 kPag.

The facility will then supply the dehydrated compressed CO₂ for supercritical dense phase pipeline transport to sequestration facilities for injection into depleted Cooper Basin reservoirs.

This results in 1.7 million tonnes of CO₂ per year safely removed and injected.

Equinox Engineering is providing the engineering design services and key expertise to support Santos Ltd and the Moomba CCS project – for the CO₂ capture, CO₂ compression and dehydration, the CO₂ pipeline and the CO₂ sequestration.

CCS – 高濃度CO₂ (Dense Phase) 注入 Case Study



Process information from datasheet 8532-050-DAS-0005, Rev 0.

PROCESS OPERATING DATA						
REFERENCE	PHASE	DENSITY	CAPACITY	TEMPERATURE (°C)		
		kg/m ³	kg/hr	Normal	Maximum	Minimum
SUMMER-21 MMSCFD	Dense	374-697	44,697	45	50	14
WINTER-21 MMSCFD	Dense	446-861	44,697	45	50	14
SUMMER-40 MMSCFD	Dense	374-697	85,137	45	50	14
WINTER-40 MMSCFD	Dense	446-861	85,137	45	50	14

MMscfd: million standard cubic feet per day 標準状態 (15.6 °C、1気圧、水蒸気飽和) でのガス流量 百万立方フィート/日

	Flow Min m ³ /hr	Flow Max m ³ /hr
Summer- 21 MMscfd	64.1 -19%	119.5 -16%
Winter- 21 MMscfd	51.9	100.2
Summer- 40 MMscfd	122.1 -19%	227.6 -16%
Winter- 40 MMscfd	98.8	190.8

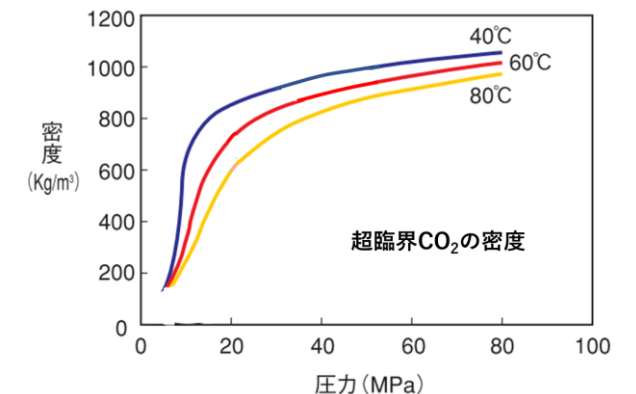
CO₂の密度

気体：1.977 kg/m³ (0 °C, 1 atm)

液体：1030 kg/m³ (-20 °C, 1.967 MPa)

超臨界：200~1000 kg/m³ (>31.1 °C, 7 – 80 MPa)

固体：1566 kg/m³ (-80 °C)



CCS – 高濃度CO₂ (Dense Phase) 注入 Case Study



CO₂ Injection for underground CO₂ storage CCS Project, Central Australia, 1.7 Mt/day CO₂ injection



**Particulate
filter**

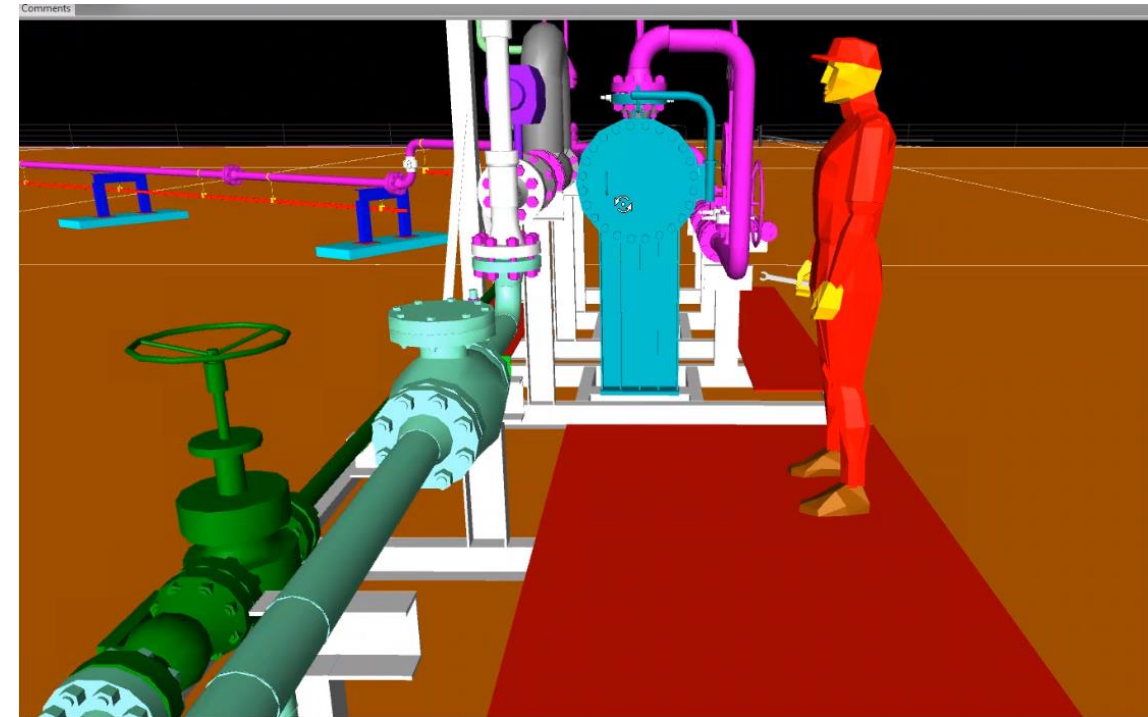
= removal of
solids

Operating Conditions:

流体: 超臨界CO₂ (Dense Phase)
流量: 51.9~227 m³/hr
密度: 374~861 kg/m³
圧力: 8~13.5 MPaG
温度: 14~40 °C

Mechanical Design:

ASME VIII, Div 1 with “U” stamp
設計圧力 / 温度: 14.6 MPaG / 70 °C
設計最低温度: -45 °C
材質: Low Temp Carbon Steel
寸法: 450mm NB Diameter x 2600mm long
フィルター: 3 X HFU660GF010H (1 μm) × 4基
Award 2022 / Start Up 2024



CCS - Dense Phase CO₂ Injection- Case Study

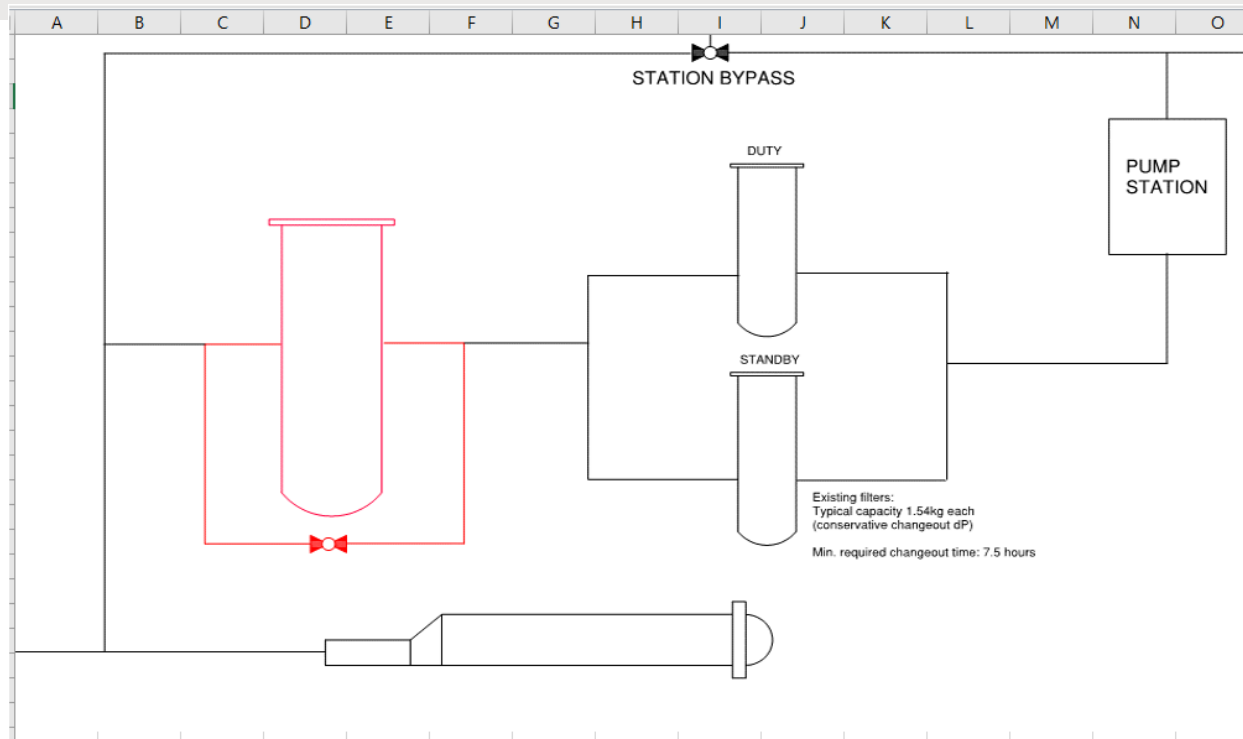


Pall Recommendation: HFU (Dense Phase)



Particulate filter

= removal of solids

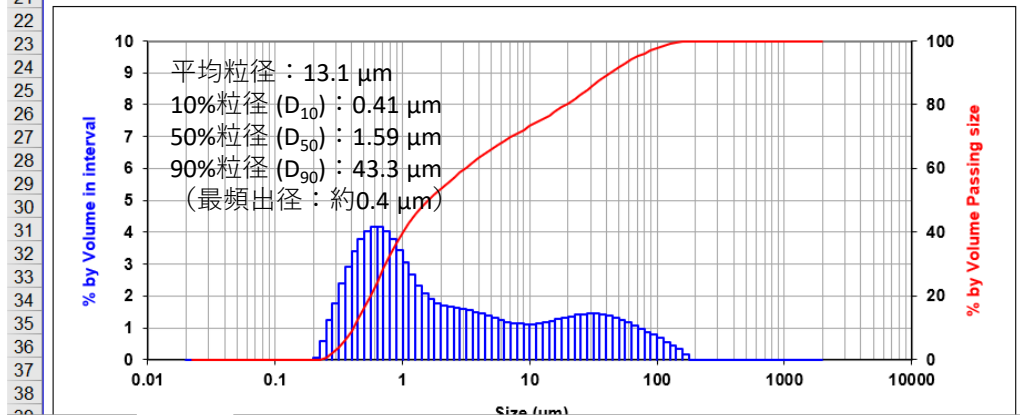


Summary

The phases are listed in order of interpreted concentration:

Crystalline mineral phase	Concentration (%)
Magnetite, syn (Fe ₃ O ₄) 酸化鉄 (マグネタイト)	70
Goethite, syn (FeO(OH)) オキシ水酸化鉄 (ゲータイト=針鉄鋼)	21
Lepidocrocite, syn (FeO(OH)) オキシ水酸化鉄 (レピドクロサイト=鱗鉄鋼)	6
Siderite (Mg _{0.35} Fe _{0.65} (CO ₃)) シデライト (=菱鉄鋼)	4

16	Concentration:	0.0072 % vol	Vol. Weighted Mean D[4,3]:	13.104 μm	d(0.1):	0.414 μm
17	Obscuration:	23.78 %	Surface Weighted Mean D[3,2]:	1.052 μm	d(0.5):	1.589 μm
18	Weighted Residual:	1.645 %	Specific Surface Area:	5.71 m ² /cc	P80:	19.189 μm
19					d(0.9):	43.34 μm



CCS - Dense Phase CO₂ Injection- Case Study

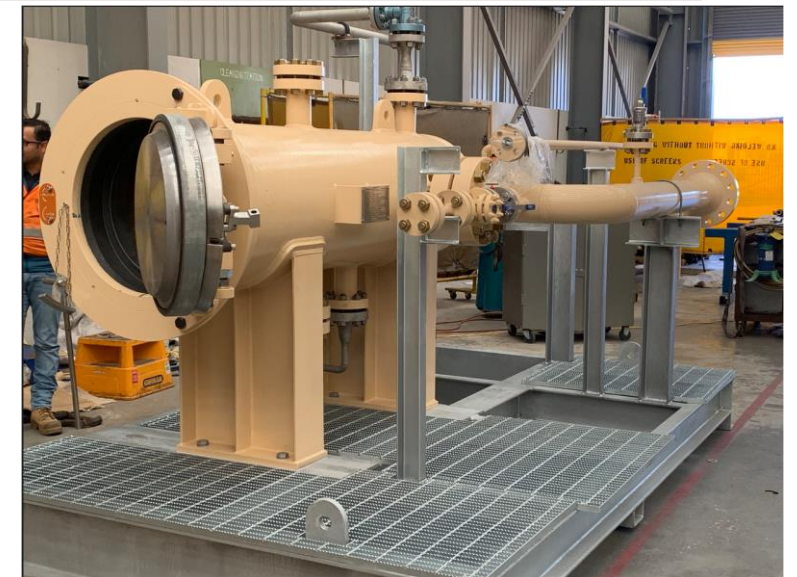


Pall Recommendation: HFU (Dense Phase)



**Particulate
filter**

= removal of
solids



**#900 Coreless Filter, Central Australia
6" NB Pipeline, 40 t/hr (106 m³/hr)
Black Powder Removal**

Black powder is a corrosive substance formed by the reaction of water, carbon dioxide, and sulfur-containing compounds with steel. This compound is a commonly occurring side effect of the transport of oil and gas via steel pipelines. Black powder typically consists of fine contaminants (1-10 microns) that can be easily dispersed throughout a pipeline network causing damage.

Pallのテクニカルサポート



SLS

Global Technical Support

Pall社の提供する製品群が、お客様のご期待通りの役割を果たすように技術的なサポートをする組織がSLSです。

- フィルターの性能試験（ラボスケール／パイロットスケール）
- お客様と協働し、プロセスの最適化に貢献します。また、ろ過・分離・精製に関するセミナーやトレーニングを提供します。
- お客様がろ過・分離・精製に関する問題を抱えている場合、現地調査も含め、問題解決に貢献します。
- Pall社のテクノロジーの学会発表や雑誌投稿
- 規格（ISOやJIS）作成技術小員会での規格審査や原案作成

400名以上の技術者が
在籍しています

Pall Corporation: a proven record of Innovation and Technology Development – Let us partner with you to optimize your process

Thank you for your attention.



ANY QUESTIONS?

Please write to

Geetha_Sanjeev@pall.com

toshi_sato@pall.com

This presentation is the Confidential work product of Pall Corporation and no portion of this presentation may be copied, published, performed, or redistributed without the express written authority of a Pall corporate officer.

© 2022 Pall Corporation