

MU Static Spiral Perforated Wings (MU SSPW)TM エレメントの 大型装置化の展望

小嶋久夫^{*1)}, 鈴木照敏^{*2)}, 小島照博^{*3)}, 伊藤吉晃^{*4)}, 池田 潤^{*5)}

「MU-SSPW エLEMENTの大型装置化の展望」

小嶋 久夫*¹⁾ 鈴木 照敏*²⁾ 小島 照博*³⁾ 伊藤 吉晃*⁴⁾ 池田 潤*⁵⁾

1. はじめに

わが社ミューカンパニーリミテドはMU-SSPW (MU-Static Spiral Perforated Wings: ミュー静止型らせん状多孔翼) エLEMENTをインターナルとして装備した環境改善用の多くの機器を上市してきた。今回は大容量のガス処理装置に焦点を絞り紹介したい。

まず、MU-SSPW エLEMENTの構造および他のインターナルであるトレイや充填物とMU-SSPWの比較を説明したい。

MU-SSPWの構造は図1を参照していただきたい。

写真1にスパーサ部における気・液混相流の状態を示した。

1) 重力で落下するらせん流の液体が左右に旋回し

*¹⁾KOJIMA Hisao: (株)ミューカンパニーリミテド 代表取締役 米国化学会会員
〒110-0007 東京都台東区上野公園18-8
TEL: 03-3828-7090
FAX: 03-3823-2890
E-mail: 01150324kojima@mu-company.com

*²⁾SUZUKI Terutoshi: 同社 技術部長

*³⁾KOJIMA Teruhiro: 同社 アドバイザー

*⁴⁾ITO Yoshiaki: 同社 顧問

*⁵⁾IKEDA Jun: 同社 顧問

ELEMENT全体を洗浄する自浄作用のため汚れや詰まりがない。液体はその系に使用される吸収液や還流液である。

2) 液体がELEMENT全体をまんべんなく旋回し流下するのでデッドスペースがない。さらに流下する液中にはマイクロバブルが含有されており、これが気液接触効率をより向上させている。従来のインターナルとの気液接触機構の比較は以下の図2と表1を参照していただきたい。

2. トレイと充填物

トレイと充填物は100年以上の歴史と実績を有するインターナルで吸収、蒸留塔の分離操作には欠かせない必須アイテムである。

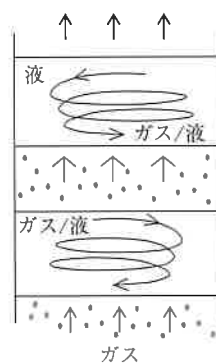
トレイと充填物はスーパーやウルトラと命名され効率的にも構造上も優れた製品として多くのメーカーから上市され今では一般化されている。

これらのインターナルはひたすら、その性能の向上を追求してきた技術競争の歴史であるといっても過言ではない。

特に充填物はラシヒリングやサドル型の不規則充填物とメッシュタイプの規則充填物から出発し、今日では緻密な構造で超精密な分離を実現できる不規則および規則充填物へと何世代もの進化を経ている。



写真1 スパーサ部における気・液混相流



左ひねりタイプ

スパーサ

右ひねりタイプ

交互に
装填する。



図1 MU-SSPWの構造の説明図

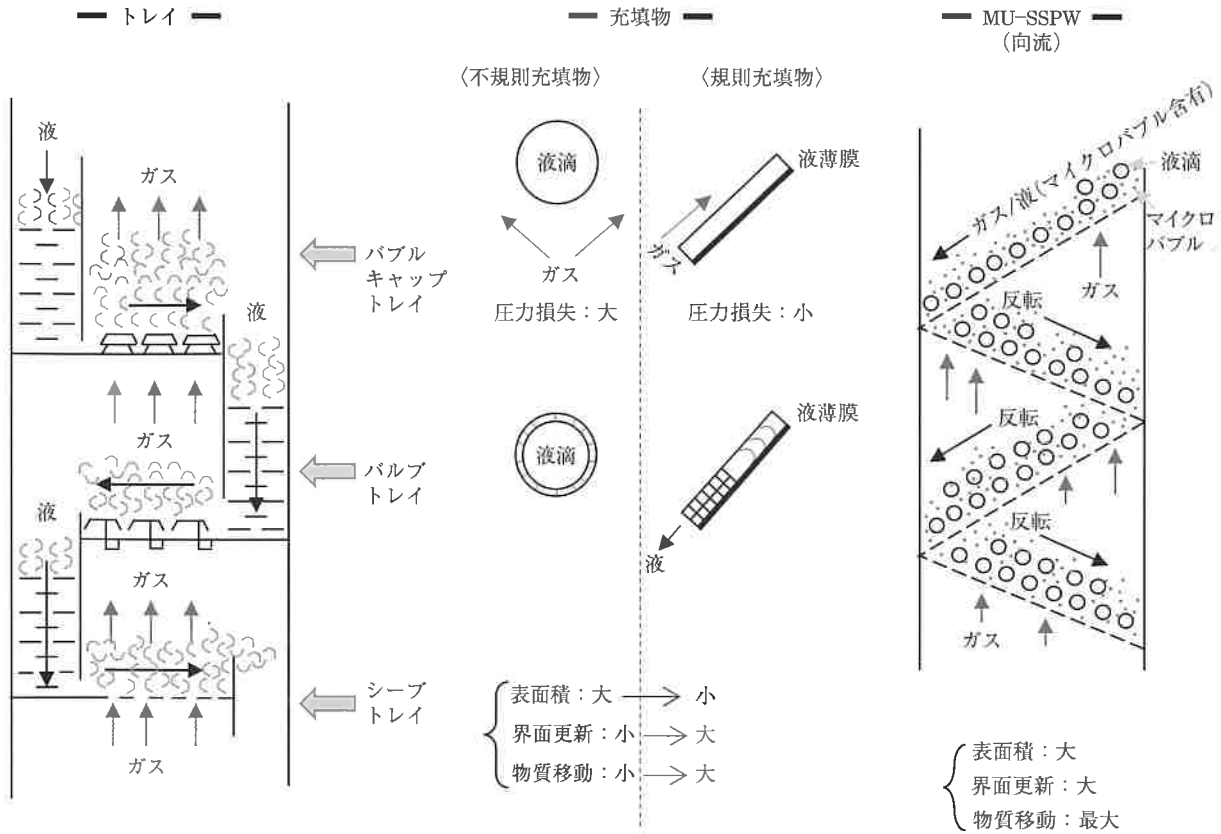


図2 気液接触機構の比較

表1 従来型気液接触装置との比較

| 気液接触装置 | トレイ塔 | 充填塔 | | MU塔 |
|--------------------|--------------|-----------|---------------|----------------------|
| | 従来型トレイ | 不規則充填物 | 規則充填物 | MU-SSPW エレメント |
| インターナル | 従来型トレイ | 不規則充填物 | 規則充填物 | MU-SSPW エレメント |
| 1. ガス相・液相の分類 | 液 | ガス | | 区別なし |
| 分散相 | ガス | 液 | | |
| 2. 気液接触機構 | 液中へのガスバブルの通過 | 液滴へのガスの衝突 | 液薄膜を通じてのガスの接触 | 反転を伴う気液（マイクロバブル含有）混合 |
| 3. 二重境膜説に基づく物質移動評価 | | | | |
| 1) 比表面積 | 大 | 中 | 小 | 大 |
| 2) 界面更新頻度 | 小 | 小 | 大 | 大 |
| 3) 物質移動速度 | 小 | 中 | 大 | 大 |
| 4. 特徴 | | | | |
| 1) 処理能力 | 小 | 中 | 大 | 大 |
| 2) 圧力損失 | 大 | 中 | 小 | *1) 小 |
| 3) 汚れ、詰まりに対する耐性 | 大 | 中 | 小 | *2) 大 |
| 4) 並流操作 | 不可 | 向流操作が支配的。 | | *3) 可 |

備考)

*1) 概ね規則充填物の1/3-1/4程度。

*2) メンテナンスフリー特性。

*3) フラッドイングの制約がないためコンパクト化が可能。

同時にその性能を支えるディストリビュータやコレクタ等も著しく進化してきた。

わが社は37年前にトレイや充填物と全く違ったコンセプトのインターナル MU-SSPW でもって、この強固な岩盤の業界に参入した。

MU-SSPW エレメントは、その構造上トレイや充填物のカテゴリにも属さない独自の構造を持ったインターナルとして蒸留の参考書にも紹介され始めている¹⁾²⁾。

以来、小社が沈むことなく生きながらえてきたのは、トレイや充填物を使用している顧客からの切実な要望に応えることができたからである。

それは以下の経緯である。

高性能なインターナルを装備した装置としてスタートし、当初はその性能に満足していたが運転が続いているうちに、だんだんと性能が低下し差圧が上昇しはじめ、ついには運転継続不能となってしまった。

原因はインターナルの汚れ、詰まりである。運転条件や装置の工夫を繰り返しても汚れは解消できなかった。

そのうちに汚れるのは当たり前とあきらめて定期的に運転を止め清掃を繰り返すことがルーチン化されてしまったのである。

清掃作業もそれなりに改善され期間が短期化、マニュアル化されて恒例の作業に組み込まれ、何千万円ものメンテナンス費用が堂々と必須予算として長年に渡って計上され続けてきたのであった。しかし、装置の更新や能力増強を機会にこれを見直そうということになりわが社に依頼があった。

当初の依頼先は半導体、化成品のスラリーやゴムメーカーや排水処理の施設からであった。

インターナルは高性能を追究することで構造は緻密化し高性能化するほどに汚れには弱くなる。どうしても高性能と汚れにくさは両立しないのである。

唯一 MU-SSPW はこれを両立可能にするインターナルである。

わが社は多くの操作に適合するテスト装置を準備しており、まず実ガスでテストをして性能を確認し、MU-SSPW のコンセプトに納得していただいてスケールアップし実プラントに採用してもらうという地道な手順を踏んできた。

半導体や汚れの多い化学メーカーの心臓部に採用され37年間に多くのリピータを獲得し満足してもらっている。

上述の半導体や長年既設のインターナルで詰まりに困っている化学メーカーには MU-SSPW エレメントが朗報となっていることはわれわれにとって大きな喜びである。

さらに昨今のカーボンフリー等に貢献できる機会として大型の装置への導入がある。これは塔径 10m に適応可能な MU-SSPW エレメントの製作が可能となったことで開けた大型のプロジェクトへの参画の展望である。

図 3、図 4 に 10m の MU-SSPW の平面図および立体図を示した。

(1) 製紙メーカーと複数の製鉄所で成功裡にテストを完了し現場への応用を開始している。特に 700,000Nm³/hr の大容量の廃ガスの除塵がある。

これは既設の電気集塵機では除去不能な微細なダストの除塵装置である。MU-SSPW の得意とする並流での高効率の除塵操作である。

この並流設計は他のインターナルではできない操作で 8m/sec 以上の高速のガス速度と低 L/G でダス

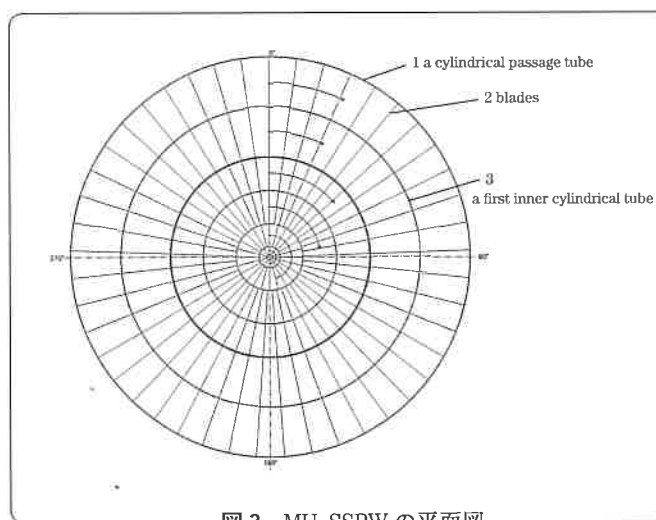


図 3 MU-SSPW の平面図

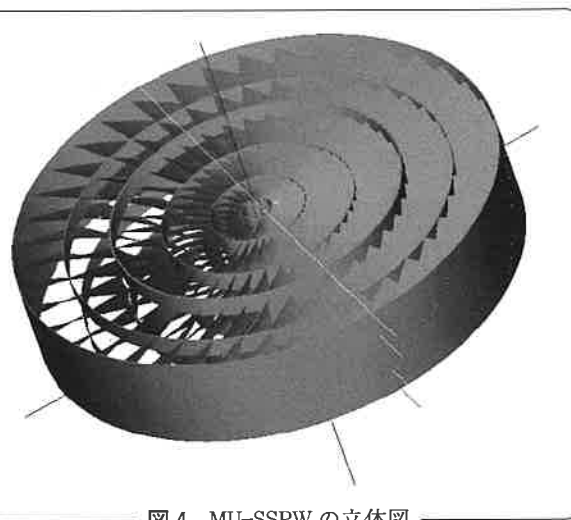


図 4 MU-SSPW の立体図

トをノックバック処理ができるものであり、設備のコンパクト化、高性能化を目指している。

(2) 並流操作の利点を活かし製鉄メーカーのダイレクトクリーニング塔と除塵塔の一本化、硫黄除去塔等のコンパクト化、高効率化とメンテナンスフリーの実現を計画之中である。また海外の製鉄メーカーからの要請で新規プロセスのためのコンパクトでメンテナンスフリーな装置の実現の計画に参画している。

(3) 海外のカーボンフリーへの適用として CCS (CO₂ の回収貯蔵) にも協力している。これは 100~300 万 t/y の大型の CO₂ の回収設備で MU-SSPW をインターナルとしてコンパクト化とメンテナンスフリーを目指している。

これは図 5 の CCS プロセスを表 2 のごとく除塵/吸収/反応/放散工程に導入し設備をコンパクト化できるものである。

CCS プロセスに MU-SSPW エlementを採用すれば既設の充填塔に比べ以下のようにコンパクト化が可能となり投資費用およびメンテ費の削減ができる。特に前処理塔を向流から並流に変更して大型のコンクリート製の塔を大幅にコンパクトにすることが可能となる。

3. 今後加速する H₂ 社会への貢献

現在 H₂ を多く含有している改質ガスや COG 中の不純物を除去する高度な精製装置への MU-SSPW エlementの応用を提案している。

わが社の長い地味だが着実な成果が認められ MU-SSPW エlementが思わぬ装置への応用が実現できるのは望外の喜びである。

MU-SSPW エlementがメンテナンスフリーばかりではなく、新たな応用を発掘しさらなる大きな効果を生み出すことを期待している。

4. むすび

以上、MU-SSPW の大型化への道を従来の充填塔との性能比較し述べてきた。最後にこれまでの MU-SSPW の実績を誌しながら現代の水素社会、カーボンゼロに向けての取組みについて簡単に述べたい。

1973 年初頭に米国ケニックス社の S.J.Chen 等に

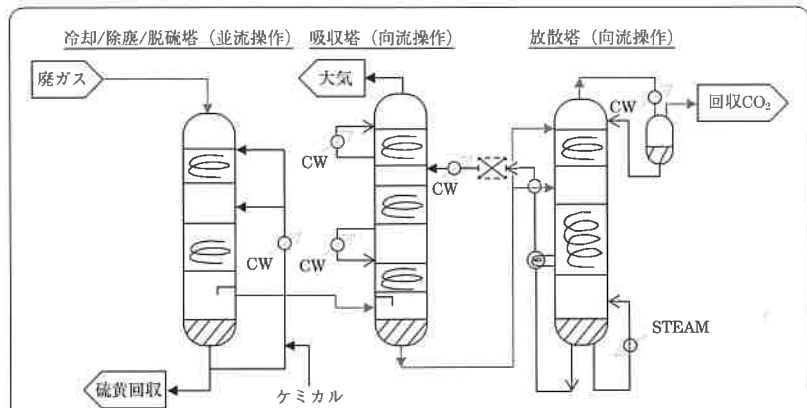


図 5 CCS プロセス

表 2 CCS 能力 [CO₂ 回収能力 t/y]

| CCS 能力 | 前処理塔 (並流) | CO ₂ 吸収塔 (向流) | CO ₂ 放散塔 (向流) |
|-----------|-------------------|--------------------------|--------------------------|
| | 既設 [mφ] → MU [mφ] | 既設 [mφ] → MU [mφ] | 既設 [mφ] → MU [mφ] |
| 50 万 t/y | 7.7 → 3.9 | 7.7 → 5.7 | 3.4 → 2.2 |
| 100 万 t/y | 11.0 → 5.5 | 11.0 → 8 | 4.8 → 3.1 |
| 150 万 t/y | 13.4 → 6.8 | 13.4 → 10 | 5.9 → 3.7 |
| 200 万 t/y | 15.4 → 7.8 | 15.4 → 11 | 6.8 → 4.3 |
| 300 万 t/y | 18.9 → 9.6 | 18.9 → 14 | 8.3 → 5.2 |

よって、MU-SSPW の原型である Static Mixer (静止型管内混合器) が世界で最初に製品化に成功した。

それから 32 年後に、複数の穿孔を有する扇型の螺旋状の多孔翼からなる MU-SSPW (MU Static Spiral Perforated Wings) は創造された。平面は蜘蛛の巣を、立体は蜂の巣を創造の源泉にして、直径 5m そして 10m の大型の MU-SSPW は構築された。その MU-SSPW の応用は多岐にわたるが、素粒子ニュートリノの観測装置『スーパーカミオカンデ』内にある 5 万トンの超純水タンク内のラドン ²²²Rn の濃度測定に使用されている。ミュースクラバーによって放散される ²²²Rn 濃度は 1~100mBq/m³ で観測に貢献している。

半導体製造におけるシランの加水分解反応により発生する超微細 SiO₂ 粉末および高濃度 HCl ガスの吸収および除塵装置として多数の実績を持っている。

同様に、キャリアガスとして H₂ ガスを利用した半導体製造においても、処理後ダスト濃度は 1mg/Nm³ 以下、HCl 濃度は検出限界以下、シリカ化合物は検出限界以下の吸収、除塵処理装置として高い実力を発揮している。石炭コークス製造工場からの H₂S、ナフタリン、タール、オイル、石炭灰などを含む COG (Coke Oven Gas) の排ガス処理装置としても利用可能である。COG 中には、約 55% の H₂

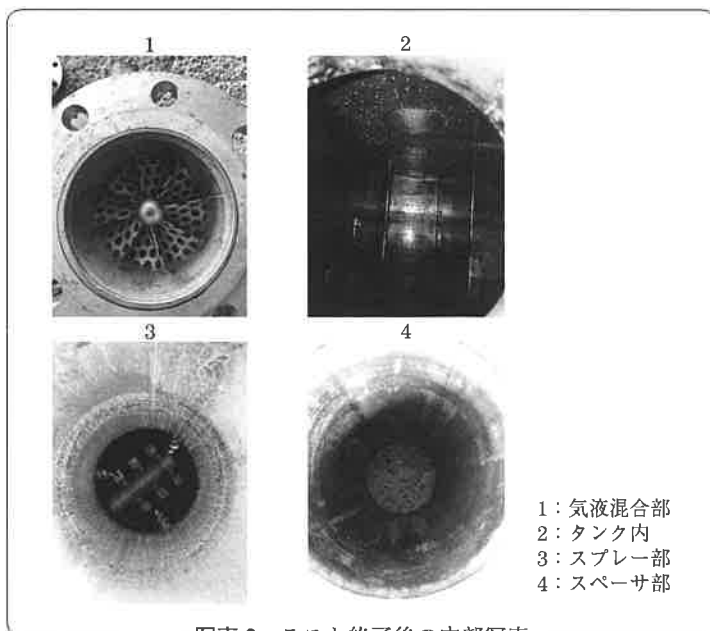


写真2 テスト終了後の内部写真

1: 気液混合部
2: タンク内
3: スプレー部
4: スパーサ部

約 25 % の CH_4 が含まれている。これまでに、実液、実ガスを使用して複数のメーカーでテストを実施して詰りのないことは写真2に示すごとく実証されている。不純物の除去効率は 95 % 以上である。

近年、海外の石炭火力発電所で運転されている CCS (CO_2 ガス回収、貯蔵) システムに問題が発生している。それは前処理塔の詰まり、吸収液の汚れの進行である。そのために、連続運転操作ができない状態に陥っている。かつて、MU-SSPW の採用を提案したことがある³⁾。その時は採用されなかった直径 10m の MU-SSPW のデザインは、図3と図4に示すごとく中心軸の周辺に同心円上に、所定の間隔で、一定の幅と高さを有する複数の多孔性の螺旋翼を補強リングを介して配置して形成される。羽根体と補強リングで分割されている隣接する気液接触混合領域内で、気体と液体および気泡は気液混合しながら渦流として自由に径方向と軸方向に通流して、常に気液表面は更新されて組成及び濃度は偏在することなく、均一分散かつ均質に化学反応および物質移動がされる。ダスト、粘性の高い物質も付着・成長することはない。メンテナンスフリーで長期間連続運転が可能となる。

ちなみに、直径 10m の MU-SSPW を利用した場合、ダム湖や閉鎖水域の浄化に利用される自然落下式の浄化塔では 28,000~55,000 m^3/hr 、ガス吸収塔では、向流使用で 57 万~100 万 m^3/hr 、並流使用で 200 万

~250 万 m^3/hr の処理能力がある。

現代、「ESG」(環境、社会、企業統治) が強く要求される時代、エネルギー源としてガソリンから水素へ、電気への転換が要求されている質的変容の時代、「カーボンゼロ」が要求される時代、このような時代にあって、大型の MU-SSPW を採用していただくことで水素社会、カーボンゼロ社会の展望が開かれミューグリーンテクノロジー[®]として ESG の E (環境) に貢献できるものと確信している。今後、問題になるであろう重金属を含む放射性廃水処理問題および焼却炉から排出される半減期の長い放射性物質の廃ガス処理、大容量のバラスト水の殺菌、滅菌処理、海中のマイクロプラスチック処理、大気中の CO_2 、 NO_x 、 SO_x 、 $\text{PM}_{2.5}$ の処理など大型の MU-SSPW の必要性は飛躍的に増加すると予想される。特に大型の MU-SSPW を利用した

ガス吸収塔、放散塔、反応塔、冷却塔そして湿式除塵装置に利用される、高性能、メンテナンスフリー、省スペース、省エネルギーに優れた MU-SSPW の採用を強く熱望するものである。

破壊を伴う技術革新を生産コストの削減と地球環境保全のために、「変化を受け入れ対応する勇氣、変化を先取りする力⁴⁾」を温存している技術者、経営者、投資家を見出すべく、一步一步着実に牛の歩みで螺旋状に無極を目指して歩いていく覚悟である。

閑さや 岩にしみ入る 蟬の聲 芭蕉⁵⁾

【謝意】

これまでご指導、ご協力をいただいた皆様方にここに記して謝意を表明する。

(参考文献)

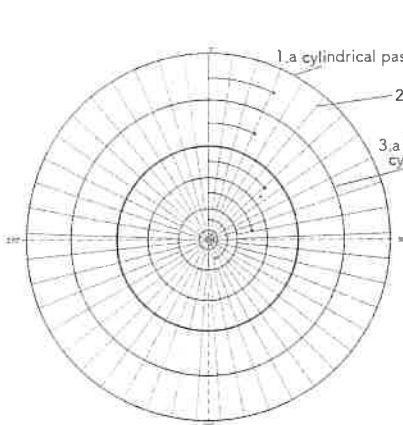
- 1) 大江修造:「蒸留技術」基礎のきそ P156~P157 日刊工業新聞社 2008 年 1 月発行
- 2) 大江修造:「トコトンやさしい蒸留の本」P.77 日刊工業新聞社 2015 年 9 月発行
- 3) 小嶋久夫、鈴木照敏・他:国際特許出願:PCT/JP201810011902
- 4) 玉田俊平太:「日本のイノベーションのジレンマ」第 2 版 P.149 翔泳社 2020 年 8 月発行
- 5) 芭蕉:江戸時代の俳諧師、風穴と多孔性凝灰岩で構築された宝珠山立石寺で詠む。

地球環境保全と生産コストの削減と省エネルギーに貢献する
MU Green Technology®

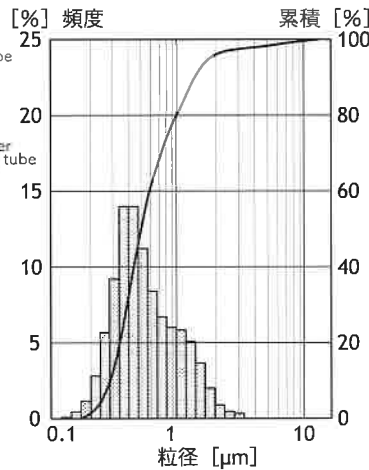
ミュースクラバー®
MU SCRUBBER

※
 直径10mの螺旋状インターナル MU-SSPW® が製作可能になりました。
 ガスを向流で57万~100万m³/h、並流で200万~250万m³/h、
 自然落下方式で2.8万~5.5万m³/h処理します。

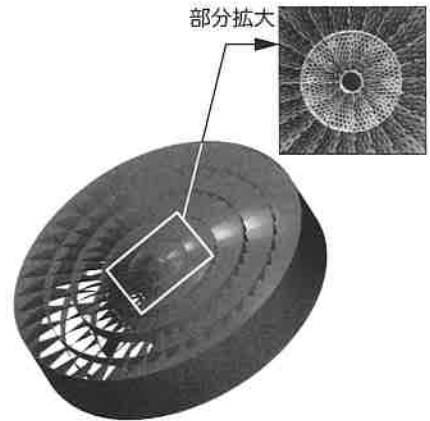
※MU-SSPW : MU-Static Spiral Perforated Wings® (ミュー静止型螺旋状多孔翼)



平面図

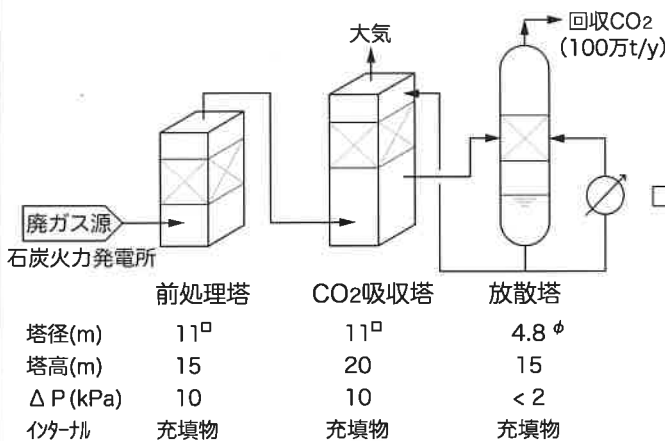


ミュースクラバーに捕集された酸化物の粒径分布

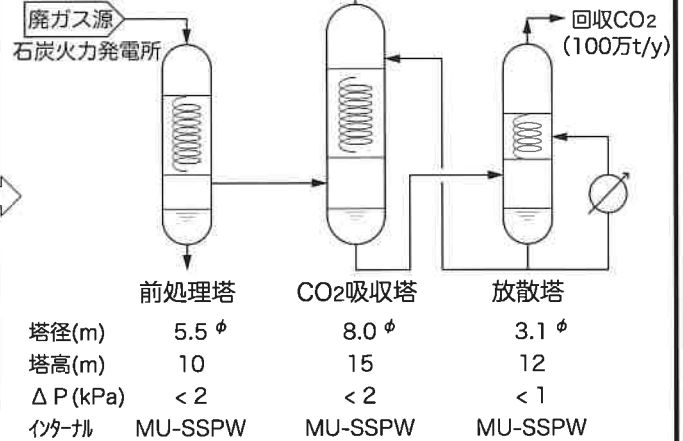


立体図

CO₂の吸収、放散システムフロー
 従来方式 (現状)



CO₂の吸収、放散システムフロー
 ミュー方式



CCS/CO₂回収量100万ton/yでの比較

用途

1. 石炭火力発電所からのCO₂の分離・回収及び微細粒子の除塵処理
2. コークス炉からのCOGの除塵・ガス冷却・脱硫及び水素、メタンガスの精製処理
3. 電気集塵機、バグフィルターでは捕集不可能なダスト、Hgなどの微細粒子の除塵処理及びHCl、HF、SO_x、NO_xなどの吸収処理
4. 大気中のCO₂、SO_x、NO_x、PM_{2.5}などの吸収洗浄処理
5. パラスト水のオゾン、紫外線、磁力線、放射線などによるウイルス、細菌、微生物などの不活化及び殺菌、滅菌処理
6. 大型船舶から排出されるNO_x、SO_x、黒煙などの廃ガス処理
7. 大型客船内の紫外線、放射線及び磁化水、オゾン水による空気清浄化処理
8. 海水中のマイクロプラスチックの曝気による回収処理



株式会社 ミューカンパニーリミテド

〒110-0007 東京都台東区上野公園18-8
 TEL/03(3828)7090(代) FAX/03(3823)2890
 URL : <http://www.mu-company.com/>
 技術提携 : MU USA CORPORATION
 日本・米国・欧州・中国・チェコ・インド・シンガポール 特許

© 2021 MU Co., Ltd.

 (株) ミューカンパニーリミテド
〒110-0007 東京都台東区上野公園 18-8
TEL: 03-3828-7090(代) / FAX: 03-3823-2890
URL: <http://www.mu-company.com/>