

環境時代の設計・製造・エンジニアリング技術

— 大気汚染防止装置・水環境保全装置 —

最終回

ミューミキシングエレメント/ MU-SSPWの応用

株式会社 ミューカンパニーリミテド 小嶋 久夫*

21世紀は環境の世紀と言われている。その一端をになうべく、中心部に開口部を有する右ねじりまたは左ねじりの螺旋状の複数の多孔翼からなるミューミキシングエレメント (MU-Static Spiral Perforated Wings ; 「MU-SSPW」) を開発し、そのミューミキシングエレメントを利用した湿式排ガス処理装置、排水処理装置については、これ

までに報告されている¹⁾。

発想の原点については、「nature」²⁾への広告、および「マヤ遺跡と技術革新への道」³⁾で述べている。なお、MU-SSPWは「ミューミキシングエレメント」の構成要素であり、「ミューミキサー」は、右または左ねじりのミューミキシングエレメントを交互に多段に配置して構成されている。また、用途に応じて「ミュースクラバー」、「ミューリアクター」、「ミューグリーンリアクター」、「ミューエアレータ」、「ミューエダクター」などの固有名詞を使用している。

今回は、未発表の応用例について報告する。

Rn放散装置「ミューリアクター」

ラドン(Rn)放散装置「MR-40」(図1)は、岐阜県飛騨市神岡町にある神岡鉱山の地下にある東京大学宇宙線研究所のニュートリノ観測装置「スーパーカミオカンデ(SK)」で使用されている改良型の2号機である。SK装置タンク内の超純水中に含有しているRnを純エア(ラドンフリーエア)で放散をし、Rn濃度の連続測定に使用されている。この2号機は、ミューリアクターのバックグラウンドを低減させるために、ミューリアクターの内外面を表面粗さRa 0.4 μ m以下に電解研磨処理をしている。

高性能静止型流体混合器ミューミキサーを内蔵したミューリアクターの上部にSK装置タンク内

*こじま ひさお：代表取締役
〒110-0007 東京都台東区上野公園18-8-306
☎03-3828-7090

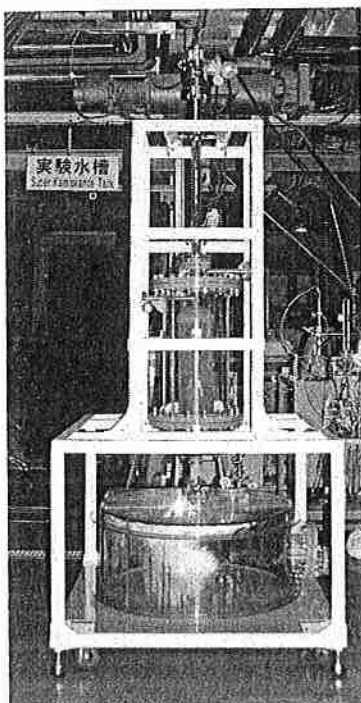


図1 ラドン(Rn)放散装置「MR-40」の外観

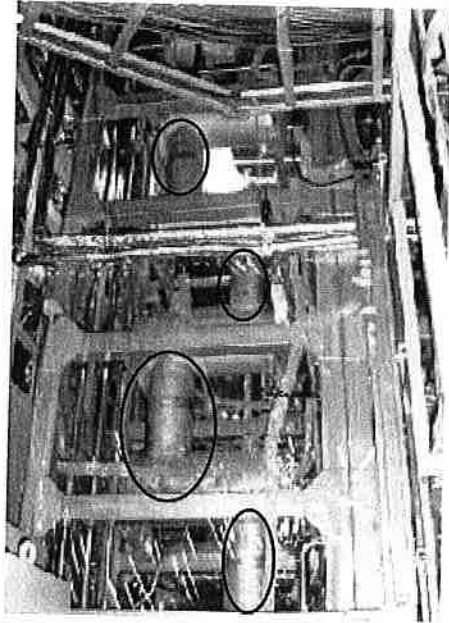


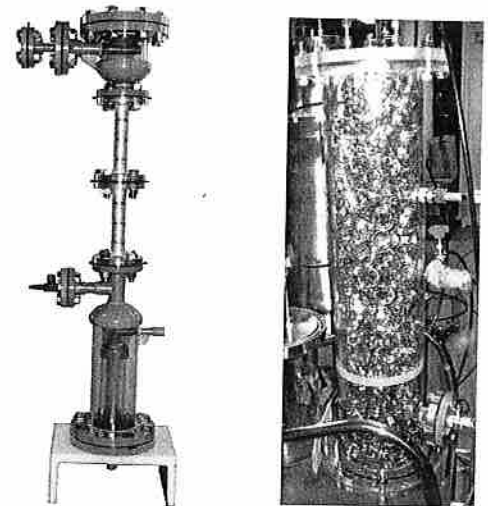
図2 カムランド真空脱気装置

の超純水を供給し、下部から純エアを供給して、ミューミキサー内で気液混合されて、超純水中のRnはラドンガスとして放散され、Rn計測装置に供給される。気液混合接触を高効率で行うことにより、超純水中に含有している超低濃度(0.1~1.0mBq/m³)のRnをほぼ気液平衡値で放散することができる⁴⁾。

ミューリアクターのこれまでの実績は、素粒子ニュートリノの観測装置「カムランド」の液体シンチレーターに用いられている純油中のRn、Krの真空脱気装置に採用されている⁵⁾。バックグラウンドを下げて検出感度を向上させるために⁶⁾、装置内の純油に存在しているRn、Krなどの放射性希ガスを脱気して、純油の純化に使用されている(図2)。この脱気装置の放散効率率はRnで99%、Krで99.9%である。

また、海洋地球研究船「みらい」に搭載されて、大気海洋間のラドンフラックスの連続測定にも貢献した⁷⁾。特に、荒れ狂う南極海での連続測定を可能にした。その理由は、Rn放散装置は30°傾斜しても螺旋状の180°ねじりの多孔体からなる羽根(多孔翼)の働きにより、ガスがショートパスすることなく気液混合が十分に発揮されて、放散機能を損なわなかったことである。

従来技術である充填塔方式と比較した場合、ミューリアクターの直径は1/6、容積(気液接触部)



ミューリアクター方式
気液接触部φ34×600H

充填塔方式
気液接触部φ200×700H

図3 ミューリアクター方式と充填塔方式の形状比較

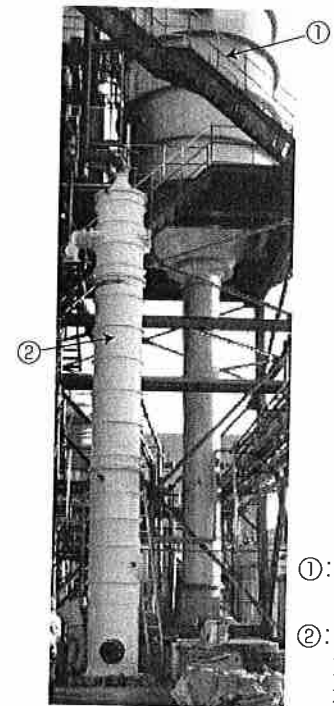


図4 真空脱気塔
「ミューリアクター」

①:従来の脱気塔
②:ミュー式脱気塔

は1/50、気液接触時間は3/100である(図3)。

以上の製品は、東京大学宇宙線研究所、東北大学ニュートリノ科学研究センター、名古屋大学、岐阜大学の協力のもとに納品した。

かん水の真空脱気塔「ミューリアクター」

従来のかん水の真空脱気塔は、運転真空度に相当する水位の高さ(約11mくらい)の位置に、充填塔を配置する必要があった(図4-①に示す)。これに対して、ミュー式脱気塔(ミューリアクター)

表1 ミューリアクターの性能

原 液		処 理 水	
O ₂ 濃度	8ppm	O ₂ 濃度	1ppm以下
CO ₂ 濃度	150ppm	CO ₂ 濃度	15ppm以下
NaCl濃度	20wt%	—	—

は、地上に設置して使用できる(図4-②に示す)。

処理かん水量は、200~250m³/hである。このミューリアクターの性能を表1に示す。また、充填塔方式とミュー方式の設計仕様を表2に示す。

ミュー式脱気塔は、

- ① 塔本体の材質はFRP、ミューミキシングエレメントはPP製である。
- ② 真空度25Torr下においても、耐食性金属を採用することなく、FRP製で十分に対応して、性能を維持し、またメンテナンスフリーで、8年間連続運転されている。

このミュー式脱気塔は、三菱化学エンジニアリング(株)との共同作業で設置した。

湿式排ガス処理装置「ミュースクラバー」

当社発明のミュースクラバーは、毎年着実に実績を積み上げている。廃油、汚泥、雑芥などの焼却設備から排出されるHCl、ダストなどをミュースクラバーで、並流で水洗浄処理し、その後段には電気集塵機を配置している⁸⁾。13年間、メンテナンスフリーで連続運転されている。HClの吸収

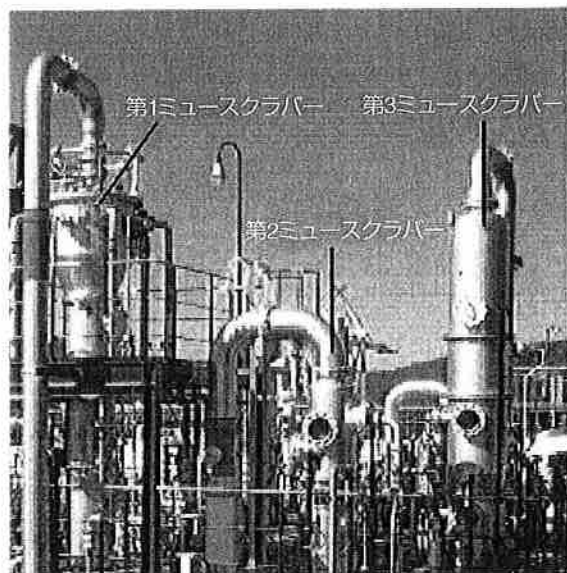


図5 水素回収設備

表2 充填塔方式とミュー方式の設計仕様

	充填塔方式	ミュー方式
1. 全 高(m)	15	11
2. 充填部高さ(mm)	φ1,600×6,800H	φ990×3,600H
3. 充填物	ラシヒリング	ミューミキシングエレメント
4. 塔材質	耐食性金属	FRP

効率は99%以上である。また、セメントキルンから排出されるSO_x、ダストなどを含む廃ガスを、並流で洗浄処理した報告もある⁹⁾。

これらミュースクラバーはガス吸収、除塵機能を1塔で処理している。さらに、既設焼却炉の除塵効率の向上のために、煙道の途中に、ミュースクラバーを配置して低圧力損失(50mmAq以下)で、除塵効率は98%、排出ダスト濃度は0.003g/Nm³以下で利用している。

将来、規制が厳しくなるであろうHgについては、O₃発生器+ミュースクラバー方式で研究・開発^{10),11)}を実施している。また、工業化を企画開発している企業¹²⁾もある。

水素回収装置

反応炉から排出される排ガスのキャリアガスとしてH₂が利用されている。このH₂を回収して、再利用することは、生産コスト削減および水素ガスの安定供給のための必須の技術である。

例えば、排ガス中に高濃度のHClを50~500kg/h、シラン系化合物を5~50kg/hを含有している場合、吸収液に水を使用して、処理後HCl濃度を5volppm以下、ダスト濃度を0.1mg/Nm³以下にすることは、大変困難であった。メーカーの協力を得て、ミュースクラバー塔を3塔(並流+並流+向流)を配置して、これらの数値を達成できた(図5)。

現在、水素ガスは3,000~4,000Nm³/hを回収し、再利用されている。このほかに、化学反応吸収による高濃度のNH₃、SO₂、CO₂および加水分解反応によるTiCl₄、SiCl₄、SiH₂Cl₂、Al(CH₃)₃、Al(CH₃)₂Cl、Ga(CH₃)₃などのガス処理にも応用されている。なお、高濃度HClおよびSiO₂を含む排ガス処理装置として、大手合成石英製造工場においては、ミュースクラバー入口圧力変動値±3mmH₂Oで17

表3 湿式脱臭装置の仕様

	設計値	実測値
入口臭気濃度	2,000以下	1,300
出口臭気濃度	300以下	130

年間メンテナンスフリーで連続使用されている。高濃度HClガスは気液平衡値で、ほぼ100%物理吸収されている。また、TiCl₄ガスの物理吸収では、除去効率99%以上で運転されている。TiO₂の回収効率の向上とともに、次工程でのNaOHの消費量も大幅に削減できた。

湿式脱臭装置

ミュースクラバーは、レンダリング工場から排出されるアンモニア、硫化水素、トリメチルアミン、硫化メチル、二硫化メチル、メチルメルカプタンなどの悪臭成分ガスを、硫酸+アルカリ洗浄法による湿式脱臭装置として活躍している(図6)。

処理風量は1,500m³/min、ガス流速約10m/sで連続運転されている。No.1、No.2ミュースクラバー塔は塔径φ1,800×塔高6,600H×2基を直列に配置して、並流で洗浄・脱臭処理をしている。

その仕様は、表3に示すとおりで、MU-SSPWの目詰まりもなく、14年間メンテナンスフリー(機械的稼働部分を除く)で連続運転されている。この脱臭装置は三菱長崎機工(株)、大阪樹脂工業(株)と共同作業で実施した。

大型反応槽へのミューエダクターの応用

世界最大級の反応槽(4,000m³)内に、MU-SSPWを内蔵した「ミューエダクター®」を配置して、C₅~C₁₀炭化水素の有機化学反応で、台湾大手化学会社で使用されている。

このシステムフローを図7に示す。直径20mの4,000m³球形タンク内に、ミューエダクターを2基配置して、C₅~

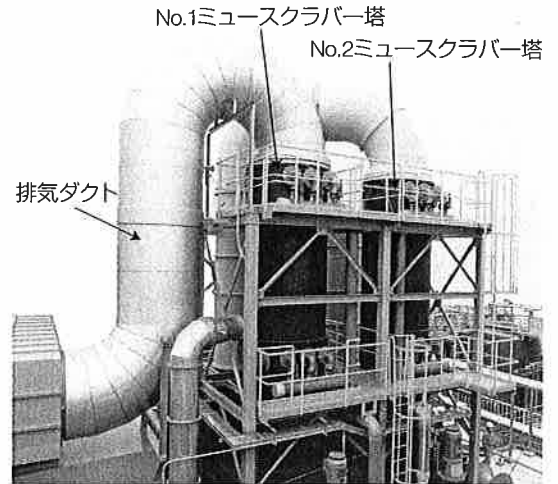


図6 湿式脱臭装置

C₁₀炭化水素の原液と循環液とを500m³/h供給して、化学反応の促進および温度、濃度などの均一化を計り、製品の品質の均質化と安定運転に寄与している。

従来のエジェクター方式とミューエダクター方式との比較を図8に示す。従来のエジェクター方式と比較して、混合攪拌反応時間は1/20以下になり、品質の安定化とともに、反応収率も大きく向上した。

CO₂ガス吸収・放散装置システムへの応用

大口径(直径10m)のミューミキシングエレメン

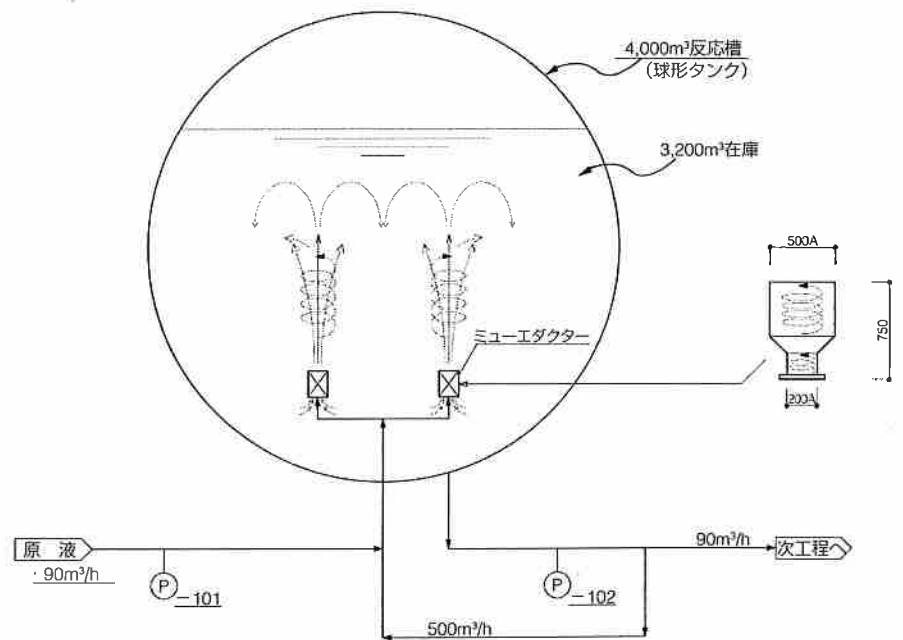


図7 大型反応槽「ミューエダクター」

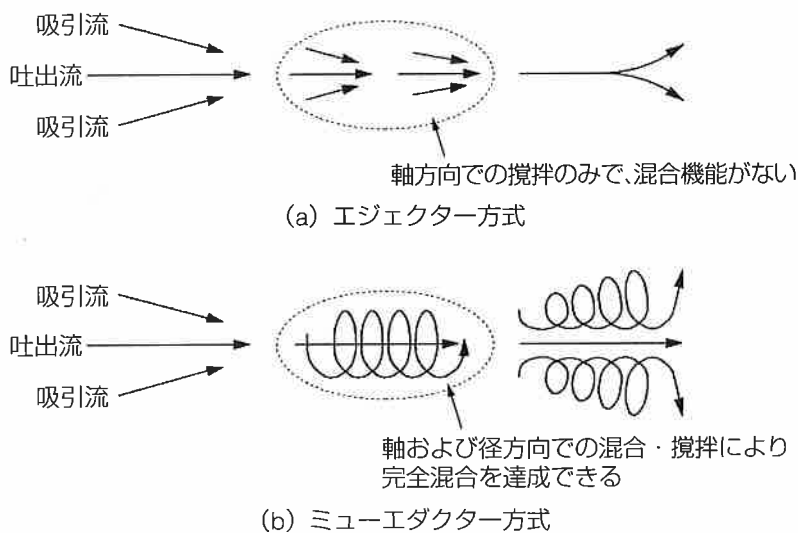


図8 エジェクター方式とミューエダクター方式の比較

トの製作も可能となり、塔内ガス速度5m/sで140万m³/h、10m/sで280万m³/hの排ガス処理が可能となる。

このシステム(図9)は排ガス洗浄塔、CO₂吸収塔、CO₂放散塔の気液接触部に、自浄機能をもつミューミキシングエレメントを配置して、高性能、ローコスト、メンテナンスフリー、低圧力損失、省エネルギー、省スペースを達成できることを特徴としている。

特に第1番目の洗浄塔においては、並流で排ガス中のHgおよびダスト類を除塵して、第2番目

の吸収塔においては、並流で吸収液の汚染およびダストによる目詰まりを防止し、メンテナンスフリー化を図り、連続運転を可能とする。第3番目の放散塔において、向流でリッチなCO₂吸収液を塔上部から供給し、塔下部から水蒸気を供給し、気液接触部で放散操作を行い、CO₂ガスとして、塔上部から排出するシステムである。

放射性物質含有ベントガス処理への応用

原子炉の事故時に放出される放射性物質を含んだベントガスに対応できる湿式廃ガス処理装置として応用可能である。これまでに述べたように、MU-SSPWで構成されたミューミキシングエレメントをベントガスの配管上に配置することで、①メンテナンスフリー、②高性能(サブミクロンのダストを95%以上捕集する。ガス吸収は99%以上である)、③低圧力損失、④省スペース化、などが図れる。

ほかにも、排水中の放射性物質を分離・回収する方法として、マイクロバブルを利用したフロテーションおよび液-液抽出による濃縮・減容化

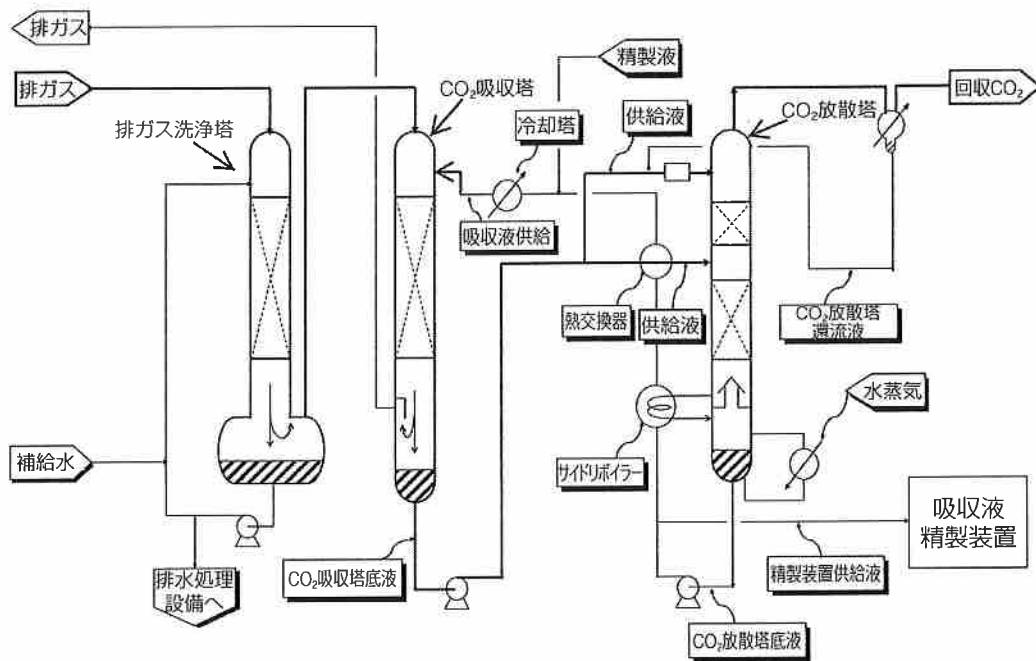
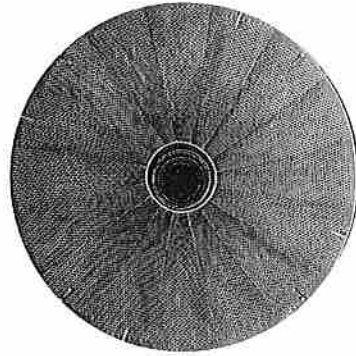


図9 CO₂ガス吸収・放散装置システム

図10 従来型ミュー
ミキシングエ
レメント



などの応用が考えられる。また、濾過工程および吸着工程における微生物や微粒子などによるトラブル防止のための予備処理装置としての利用が考えられる。

ミューミキシングエレメントの大型化への展望

従来のミューミキシングエレメント(図10)は、製作上およびコスト面から、直径1,500mmが限界であった。そこで螺旋状の羽根体の構造を同心円上で多重構造(図11)にすることで、直径10m以上の大口径のミューミキシングエレメントを製作することが可能となる¹³⁾。

これらにより、大風量280万m³/hのガス吸収および除塵処理が可能となる。ちなみに、石炭火力発電の場合は30万kWで、排ガス量は150万Nm³/hと言われている。世界の水銀大気放出量は2,000トン/年(2005年)、45%が石炭燃焼源と言われている¹⁴⁾。また、螺旋状の羽根体(MU-SSPW)の多重構造からなるミューミキシングエレメントの蒸留塔への利用が考えられる¹⁵⁾。

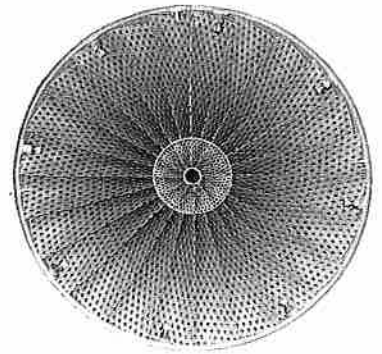
以上、構成要素であるMU-Static Spiral Perforated Wings(MU-SSPW)を基礎にして、多用途にわたる実績および応用例について、簡単に述べさせていただいた。

まとめ

新製品ゆえに、最初は販売に苦勞したが、皆様方のご協力、ご指導、ご支援をいただきながら、一步一步実績を積み上げることで、創立31周年を迎えることができた。この誌面をお借りして、心よりお礼申し上げます。

「らせん」という不思議な「もの」に出会い、31

図11 改造型ミュー
ミキシング
エレメント



年間にわたり会社を継続できたこと、不思議に想っている。いま、ここにある「もの」に安住することなく「志存高遠」をいさきながら、尽きることのない「技術革新」すなわち「無(MU)の実相」を求めて、「線形思考」から「らせん思考」への質的変容の時代、「無即有 有即無」の宇宙を、一步一步、ときには道草をしながら、常に未知なる道を歩いていく覚悟である。

“夏艸や ^{つわものども} 兵 共が 夢の跡”

[松尾芭蕉：『奥の細道』平泉]

参考文献

- 1)小嶋久夫：「化学装置」、2004年3月号、pp.71-75、工業調査会
- 2)当社広告「nature」、396, 5, Nov., 1998
- 3)小嶋久夫：「化学装置」、2008年7月号、巻頭言、工業調査会
- 4)中野 佑樹：Measurement of Radon Concentration in Super-Kamiokande Tank, 東京大学宇宙線研究所 第2回修士・博士研究発表会、2013.2
- 5)古野 貢一郎：KAMLAND、純窒素供給装置設備要約、2003.4.25
- 6)白井淳平、ほか：カムランド実験、高エネルギーニュース、22(1)(2003)、pp.1-10
- 7)田阪茂樹、ほか：大気・海洋間のラドンフラックスの観測、国立極地研究所第30回極域気水圏シンポジウム、2007.11
- 8)社報「信越化学」、第577号、p.5、2001年11月
- 9)J. Terasak, et al.：「Overcoming the Obstacles World Cement」40, 11, pp.139-140, 142, 144, Nov., 2009
- 10)神原信志、ほか：「スタティックミキサーによる排ガス中Hg⁰とNOxの除去」、日本エネルギー学会 第48回石炭学会議発表論文集、新潟(2011)、pp.6-7
- 11)S. Kambara, et al.：「MERCURY EMISSION CONTROL BY WET SCRUBBER WITH SUPER STATIC MIXER」2011 International Pittsburgh Coal Conference, Sept., 2011
- 12)特開 2006-305510号、特開 2008-132413号
- 13)USP 7, 510, 172B2, EP 1716917, CNP ZL2004 8 0041707.1
- 14)毎日新聞 2011.2.7
- 15)大江修造：蒸留技術基礎のきそ(2008)、pp.155-157、日刊工業新聞社