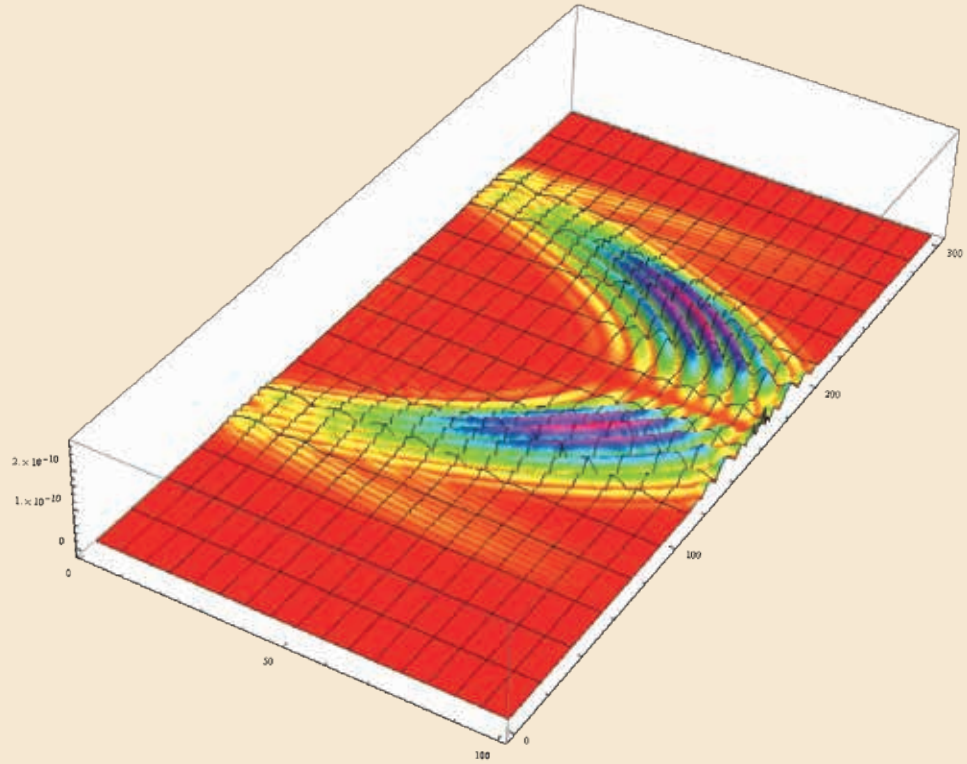
Japan Atomic Energy Agency

# JAEA 技術シーズ集

第4版




日本原子力研究開発機構

# 技術シーズ集第４版の発刊にあたり

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（以下「当機構」）は、「原子力科学技術を通じて、人類社会の福祉及び国民生活の水準の向上に資する」ことを使命とし、原子力に関する我が国唯一の総合的研究開発機関としての活動を行っております。

その研究開発活動の結果、さまざまな産業上応用可能な技術が開発され、当機構は出願中を含む特許を約３５０件保有しております。原子力科学技術は、多種多様な要素技術の集積であるため、当機構で開発した技術の中には原子力分野以外にも、広く応用可能な技術があると思われます。

これら技術について産業界をはじめとする外部の方々にご活用いただきたいと考え、知的財産ポリシーを定め、これに基づき技術シーズ集を作成いたしております。 第４版におきましては、第３版発刊時以降の特許権利状況の変化を反映させまして、削除、および新規追加をいたしました。 また、プログラム類など活用が見込まれる非特許技術の一部も新たに加えました。

企業、大学及び研究機関の関係者の皆様におかれましては、本シーズ集を通じて当機構の技術をご理解いただき、共同研究、技術移転等の活用についてご検討いただけましたら幸いに存じます。
また、当機構では、特許以外に当機構の職員等が発表した学術論文等の研究成果、国内外の原子力技術資料等を保有し、公開しております。ご興味をお持ちの方は当機構研究連携成果展開部までご連絡をくださいますようお願い申し上げます。

この技術シーズ集を端緒といたしまして当機構の技術が皆様方に少しでもお役に立つことができましたら我々のこの上ない喜びでございます。

平成30年10月
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
研究連携成果展開部
部長　宮川　明

技術シーズ集の手引き

原子力機構は、共同研究、受託研究、技術移転、施設利用などにより、豊かな未来社会の実現に貢献したいと考えています。

本技術シーズ集に収録されている技術の詳細につきましては末尾の連絡先（研究連携成果展開部）までお問い合わせください。

１　また、原子力機構では以下のような技術協力プログラムを用意しています。
産学連携の全体についてはhttps://tenkai.jaea.go.jp/をご参照ください。

（1）共同研究　https://tenkai.jaea.go.jp/agreement/index.html
原子力機構と企業、大学、公設試等と共同して研究開発を行い、その成果を活用することができます。 この共同研究では、原子力機構の持つ大型研究装置を利用できます。

（2）受託研究　https://tenkai.jaea.go.jp/agreement/index.html
企業、大学等からの委託により研究開発や調査を行います。

（3）委託研究　https://tenkai.jaea.go.jp/agreement/index.html
原子力機構は特定の課題について研究の委託を行います。

（4）施設利用　https://tenkai.jaea.go.jp/facility/index.html
加速器など原子力機構が保有する17の大型施設を企業が単独で利用できる『施設供用制度』を設けています。成果公開、有償が原則ですが、ご要望により成果非公開の選択もできます。

（5）技術移転　https://tenkai.jaea.go.jp/achievement/literary/
原子力機構が所有する研究成果の技術移転を積極的に進めています。特許や実用新案等の実施を認め、必要に応じて、技術者による指導を行います。

（6）成果展開事業　https://tenkai.jaea.go.jp/achievement/registration/
　原子力機構の保有技術の実用化を目的とした技術開発の資金支援および研究協力を行う制度があります。 テーマは公募で決定します。

２　技術情報

（１）特許

http://sangaku.jaea.go.jp/cgi-bin/search.cgi

（２）報告書、学術論文

http://jolissrch-inter.tokai-sc.jaea.go.jp/search/servlet/interSearch?

などをご参照ください。

〒319-1195
茨城県那珂郡東海村白方２－４
日本原子力研究開発機構　研究連携成果展開部
Tel:029-284-3420　Fax：029-284-3679
E-mail:　seika.riyou@jaea.go.jp

日本原子力研究開発機構技術シーズ集目次

1 ライフサイエンス
1-1 放射化法による$^{99}$Mo/$^{99m}$Tc製造プロセス
1-2 放射性同位元素(RI)溶液を利用したがん治療装置
1-3 人体内のがん組織や骨の形状を3次元可視化するX線撮影方法
1-4 熱中症発症リスクを警告及び監視する装置

2 環境関連
2-1 エマルションフロー法による レアメタル等の回収
2-2 エマルション流の制御を利用した有価物の回収技術
2-3 イオンを精密認識できる新規配位高分子
2-4 鋳型分離技術を利用した希土類イオンの高精度分離法
2-5 貴金属抽出剤-Ⅰ(MIDOA)
2-6 貴金属抽出剤-Ⅱ(NTA)
2-7 貴金属抽出剤-Ⅲ(トリメチルグリシン型)
2-8 希土類等金属抽出剤(DOODA)
2-9 希土類金属及び鉛イオン抽出剤
2-10 レアメタル抽出剤-Ⅰ(アミド化リン酸エステル)
2-11 レアメタル抽出剤-Ⅱ(ニトリロ酢酸ジアセトアミド)
2-12 レアメタル抽出剤-Ⅲ(ADAAM-TEDGA、HONTA)
2-13 ハイブリットドナー型分離剤による3価/4価のアクチノイドの分離法
2-14 逆ミセルを利用して、希薄な金属廃水からナノ粒子を製造する方法
2-15 簡便・低コスト・高効率な揮発性有機化合物(VOC)の除去技術
2-16 固体電解質膜水電解法による水素水製造装置
2-17 放射線を使った貴金属の回収と回収物の効果的な活用
2-18 塩素化エチレン類の脱塩素方法及び脱塩素装置
2-19 ポリイオン等を用いた粉塵・泥水の発生抑制とセシウムの移行抑制・除染の新手法
2-20 フェロシアン化物に吸着した放射性セシウムの安定化処理方法
2-21 水溶液添加による水中からの放射性セシウムの除染
2-22 セシウムイオン吸着剤

2-23　電解凝集法による除染廃液等からの放射性物質の除去
2-24　セメントを使わない放射性廃棄物の固化処理方法
2-25　ガス・エアロゾル交換過程を考慮した陸域生態系モデルSOLVEG-GAP
2-26　除染活動支援システムRESET

3　ナノ・材料
3-1　放射線加工ゲルを用いた吹付和紙
3-2　ハイドロゲル塗工和紙及び消臭和紙
3-3　レーザー用遮光シート
3-4　短時間で大量にプラスチックレンズ等の光学部材を着色する技術
3-5　軽くて錆びないチタン製刃物の製造方法
3-6　超短パルスレーザー光を用いたステンレス鋼表面の応力腐食割れ防止方法
3-7　高温環境での機械強度に優れた酸化物分散強化型(ODS)鋼
3-8　耐食性と高温強度に優れた酸化物分散強化型(ODS)高Cr鋼
3-9　高温強度に優れる酸化物分散強化型(ODS)鋼をパイプ状に精密加工する技術
3-10　耐粒界腐食性に優れた超高純度ステンレス鋼
3-11　沸騰濃硫酸耐食性に優れたハイブリッド材
3-12　シリカ／ポリマー複合型イミノ二酢酸系キレート吸着材
3-13　白色発光材料、溶媒センサー
3-14　金属ナノ粒子分散による液体アルカリ金属の活性抑制技術
3-15　高性能傾斜材料の製造方法

4 機械・装置
4-1 直動式ポンプ装置
4-2 磁場回転式電磁ポンプ
4-3 熱交換装置
4-4 プラズマ切断技術（移行式及び非移行式）を用いた連携切断手法
4-5 ドライアイスによる堆積物除去技術Ⅰ（水管ボイラ内の堆積物除去方法及び装置）
4-6 ドライアイスによる堆積物除去技術Ⅱ（伝熱配管内面洗浄方法及び装置）
4-7 回転式粉体圧縮成型機
4-8 水質測定システム及び差圧調整弁
4-9 廃熱を有効に利用する多段フラッシュ型海水淡水化システム
4-10 水素爆発防止装置
4-11 AWJ切断工法による堆積物の選択的取出し及び切断手法
4-12 AWJ切断工法による水中切断状態判定監視システム
4-13 二重配管を把持し、そのまま切断する装置

5 情報
5-1 不揮発性磁気ランダムアクセスメモリ
5-2 停電時の社内ネットワークを維持する蓄電池内蔵ハブ
5-3 非常時のふくそうに強いネットワーク通信回線技術
5-4 周囲環境の変化に影響を受けない光無線通信システム
5-5 拡張現実感技術を利用した施設設備解体作業の管理・支援システム
5-6 プラント作業に利用する拡張現実空間を構築・利用するためのツール
5-7 組織内・組織間の緊急時情報をリアルタイムに共有するシステム
5-8 粒子データを利用した大規模シミュレーション向け可視化技術
5-9 並列分子シミュレーションのオープンソースコードPIMD
5-10 全ての放射線の物質内での動きを再現する計算コードPHITS
5-11 緊急時環境線量情報予測システムWSPEEDI
5-12 気体と液体が混ざった流れの様子を計算機で予測
5-13 表面形状の時間変化から流体領域中の速度及び圧力分布を求める方法
5-14 川による土砂の運搬を考慮した地形変化の数値シミュレーション方法
5-15 原子力発電所の地震リスク評価のための事故シーケンス評価用コードSECOM2

6 計測

6-1 中性子回折による機械部品内部の残留応力分布測定技術
6-2 コンパクト電磁流量計
6-3 耐熱磁気センサ
6-4 リモートパーティクルカウンター
6-5 気泡を識別できる異物微粒子検出法
6-6 熱物性測定装置
6-7 瞬時・高密度伝熱面温度・熱流束同時計測技術
6-8 温度計測と混相流の流体相判別を同時に行う熱電対計測装置
6-9 二相流ボイド率や温度などを計測する際の絶縁型計測技術
6-10 電気化学測定用超高入力インピーダンス低オフセットアンプ
6-11 気圧変動環境下で精度よく差圧を検知する検出器
6-12 耐熱歪センサの実装技術と高温プラントの安全管理への応用
6-13 ひずみ制御による超高サイクル疲労試験技術
6-14 超音波による温度ならびに構造物の欠陥の測定方法
6-15 高視認性超音波検査装置
6-16 液体金属中の物体の目視検査用超音波センサ
6-17 放射線環境下においてノイズの少ない良好な画像を得られる撮像装置
6-18 強磁性管の渦電流探傷システム
6-19 小口径配管検査時のノイズ低減法
6-20 配管表面温度・減肉量、流体温度の同時測定法
6-21 電磁超音波探傷におけるノイズ低減法
6-22 鉄筋を伝播する超音波を用いた鉄筋コンクリートの検査方法
6-23 孔内起振源を用いた簡易弾性波トモグラフィ試験
6-24 ボーリング孔遮水試験法
6-25 多区間水質連続モニタリング装置
6-26 光ファイバーを用いた水分センサ
6-27 地磁気地電流データの自動ノイズ除去法
6-28 電流測定でエネルギー分布を得る放射線検出器
6-29 光ファイバを用いた放射線環境下での防水機能付き遠隔観察用スコープ
6-30 家庭用放射線メータ
6-31 環境中における線量率マッピングシステム
6-32 環境中の高所における線量率マッピングシステム

6-33 放射能濃度計測装置
6-34 周囲の汚染に影響を受けない放射性セシウム検出器
6-35 放射線検出器用圧力容器システム
6-36 エネルギー弁別・位置検出型α線計測装置
6-37 レーザーによるα核種のモニタリング技術
6-38 自己出力型の小型ガンマ線検出器
6-39 プルトニウム取扱施設の放射線管理へのイメージングプレートの適用
6-40 中性子個人線量当量測定器
6-41 シース型電気ヒーターの温度測定における熱電対信号のノイズ対策

7 分析
7-1 キャピラリー電気泳動法を用いる高純度試料精製法
7-2 ウランに対する高感度迅速分析法
7-3 大強度パルス中性子を利用した放射化分析
7-4 中性子回折・散乱による物質の構造と磁性の解析
7-5 超音波を利用した水素濃度計測技術
7-6 プロトン導電性セラミックスを用いた水素濃度計
7-7 高感度ガス分析装置
7-8 プラズマジェットと高感度レーザー分光法を用いた同位体分析技術
7-9 環境分離型天秤
7-10 廃棄物の微量なウラン量を測る技術
7-11 高速炉の破損燃料を検知するレーザー共鳴イオン化質量分析装置

# 放射化法による$^{99}$Mo/$^{99m}$Tc製造プロセス

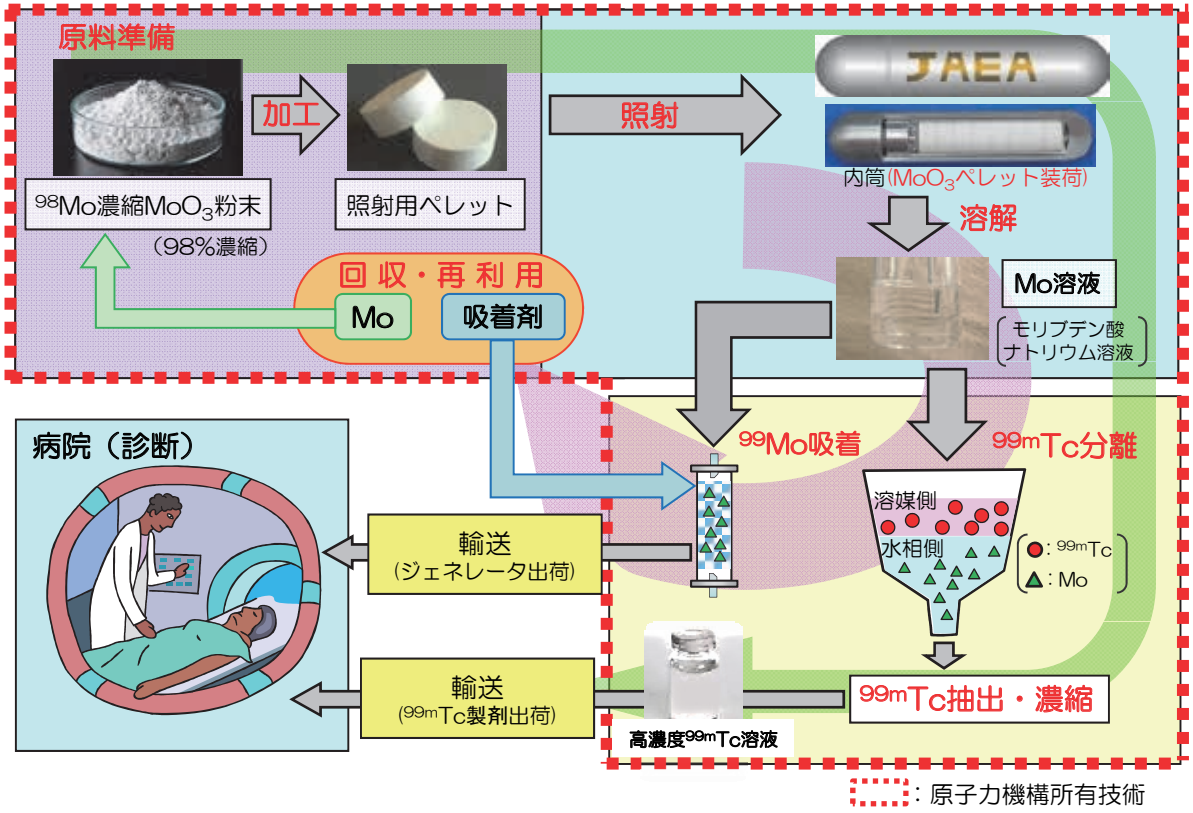
ライフサイエンス
No. 1-1

$^{99}$Moの娘核種である$^{99m}$Tcは、核医学検査薬として利用(全体の約8割)されています。このため、ウラン($^{235}$U)を用いない放射化法による$^{99}$Mo/$^{99m}$Tc製造プロセスを構築し、ライフイノベーション分野に貢献していきます。

## 技術の特徴

放射化法の課題であった「低い$^{99}$Mo放射能」を解決した下記の要素技術等を確立し、総合技術として$^{99}$Mo/$^{99m}$Tc製造システムを構築。

技術①:高密度$MoO_3$ペレットの製造技術
技術②:高純度かつ高濃度の$^{99m}$Tc溶液の抽出技術
技術③:高いMo吸着量を有するMo吸着剤の製造技術及びMoリサイクル技術




## 従来技術との比較

1 高純度・高濃度の$^{99}$Mo/$^{99m}$Tc製造
2 プルトニウム等の核分裂性物質が発生しない(核不拡散の課題解決)
3 放射性廃棄物の低減・減容
4 資源の有効利用
5 安価な製造・処理コスト

## 研究のステージ

試作検討段階
(実証試験段階)

## 利用分野

**総合技術**
1 核医学検査薬の安定供給

**個別技術**
1 素材の製造技術
2 化学プラント(分離・精製)
3 資源リサイクル

## 知財関連情報

(　)内は共願人

技術①:特開2016-108188(金属技研㈱)
技術②:特許第5598900号、特許第5817977号(㈱千代田テクノル)
技術③:特許第5590527号(太陽鉱工㈱)、特許第5736563号(㈱アート科学)
特開2018-038934、特開2018-038935、特開2018-038936(左記3件ユニオン昭和㈱)

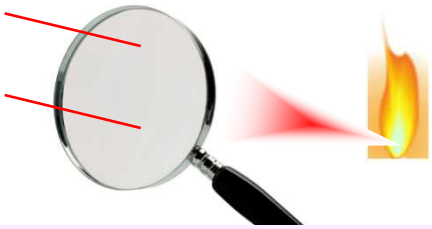

seika.riyou@jaea.go.jp

# 放射性同位元素(RI)溶液を利用したがん治療装置

ライフサイエンス
No. 1-2

加速器や原子炉で作ったRI溶液を球面状に配置することで、がんを狙い撃ちできる装置です。
小型加速器が開発される昨今では、粒子線治療などより安価で効果的です。

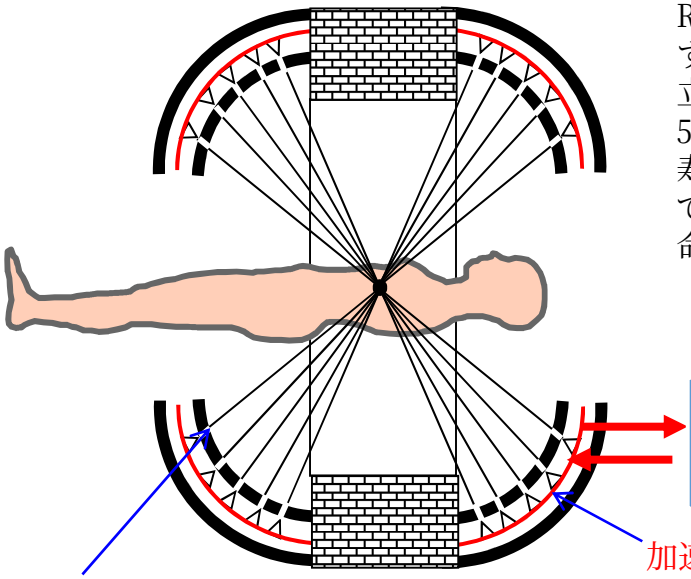
## 技術の特徴



体に当たっても害のない太陽光でも
集めれば火をつけることができます。

ガンマ線などは集めることができませんが、RI（例えばマンガン56）を球面状にたくさん並べれば、太陽光の様にがんを数秒で焼く事ができます。位置精度が高いので、正常組織を傷つけません。再発しても再発のたびに何度でも焼けば良いのです（粒子線治療は1回しかできません）。

MRI、X線CT等で位置確認




RIは原子一つ一つが言わば加速器です。5万個の小型加速器を作って組み立てて小型化するのは不可能ですが、5万個のRIを置くだけなら簡単です。
寿命の短いRI溶液を原子炉や加速器で作りながら治療しますので、RIの寿命が尽きてなくなる心配もありません。

## 従来技術との比較

1 短時間で高精度の治療
2 寿命によるRI交換不要
3 単純な構造

## 利用分野

1 がん治療及び一部の外科手術
2 放射線加工
3 滅菌処理

## 研究のステージ

基礎研究段階
（アイディア段階）

## 知財関連情報

特許第5441096号


seika.riyou@jaea.go.jp

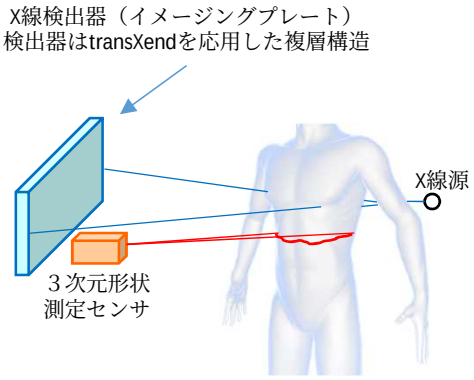
# 人体内のがん組織や骨の形状を3次元可視化するX線撮影方法

ライフサイエンス
No. 1-3

電流測定でエネルギー分布を得る放射線検出器（transXend）を用いシンプルかつ低被ばくで人体内の癌組織や骨を3次元可視化します。

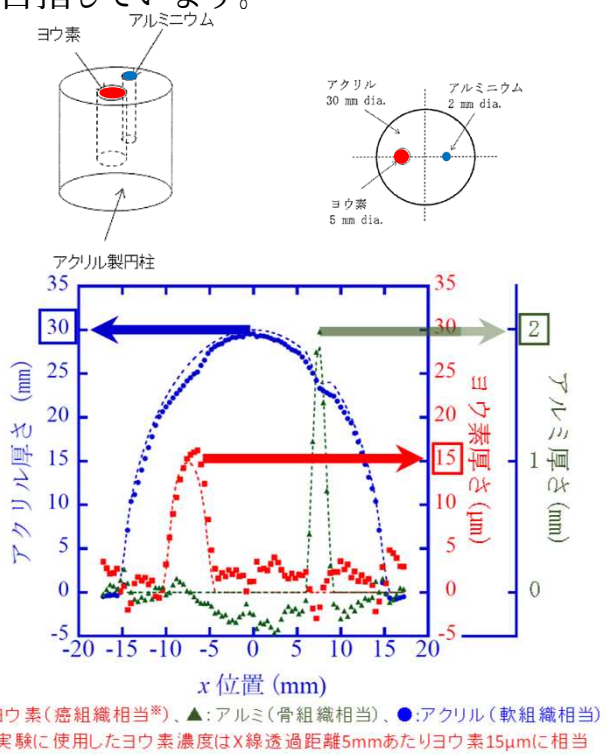
## 技術の特徴

人体内のがん組織の位置や大きさ（がん組織を識別するための造影剤が集まった位置や大きさ）と骨を精度良く3次元可視化する測定法です。数回（最小2回）のX線透過撮影と3次元形状測定（レーザー等で）を組み合わせ従来のX線CTと比較して約1/500の低被ばく化を目指しています。




測定方法のイメージ

健康診断時のX線透過写真撮影を人が何回か向きを変えて撮影するようなイメージ




■：ヨウ素（癌組織相当※）、▲：アルミ（骨組織相当）、●：アクリル（軟組織相当）
※実験に使用したヨウ素濃度はX線透過距離5mmあたりヨウ素15μmに相当

**人体内のがん組織を模擬した実験結果例**

模擬物質とした軟組織、骨組織、がん組織の位置、サイズが高精度に計測できます。

## 従来技術との比較

1 被検体（人体）全周にわたる測定不要
（高速かつ低被ばくな測定を実現）
2 従来のX線CT装置よりも小型化が可能

## 利用分野

人体用X線CT
・がん組織の位置および寸法診断
・健康診断によるがんの早期発見

## 研究のステージ

試作検討段階

## 知財関連情報

特許第5920770号
特許第5779819号（上記transXend検出器）
JAEA技術シーズ集 6-28
電流計測でエネルギー分布を得る放射線検出器


seika.riyou@jaea.go.jp

# 熱中症発症リスクを警告及び監視する装置

ライフサイエンス
No. 1-4

これまで、作業者の自己申告やWBGT（暑さ指数）に基づく間接的な熱中症のリスク管理であったものを、作業者の体温をモニタリングすることで、客観的に熱中症の発症リスクの高まりを作業者に警告するとともに、遠方にいる監視者にリアルタイムで作業者の身体情報を伝送するシステムです。

## 技術の特徴

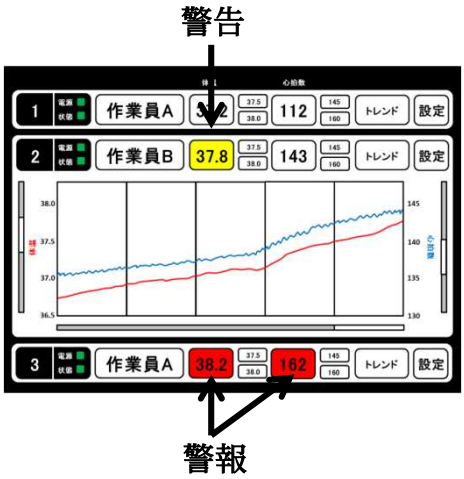
特徴

以下のシステムで、作業者の熱中症リスクを回避します。

・作業者の鼓膜温を連続的にモニタリングし、熱中症の発症リスク管理を行う上で客観的な判断情報となる作業者の核心温（深部温）を予測し、危険性を判定
・警報または音声で作業者へ警告
・無線通信や電話通信回線等を利用し、監視者に複数の作業者の身体情報を送信し監視用端末上に表示(右下図)
・身体情報には、心拍数、運動量、作業者の姿勢を含めることが可能
・骨伝導マイク・スピーカーを用いた無線通信で監視者と連携



装着状況



監視端末の表示例


最新型の耳掛けタイプ

## 従来技術との比較

1 センサーの装着が容易
（肉体的・精神的負荷が小さい）
2 可視化された情報を基に熱中症の発症リスク管理が可能
3 複数作業員に対して、遠隔かつリアルタイムで熱中症リスク管理が可能

## 研究のステージ

実用化段階

## 利用分野

1 防護服を着用する環境
・原子力施設（保守、点検、廃止措置等）
・消防、警察（消防服、NBC用防護服）
2 建設現場（アスベスト等除去現場等）

## 知財関連情報

特許第4961618号（共願：㈱日本環境調査研究所）
特許第5842237号


seika.riyou@jaea.go.jp

# エマルションフロー法による レアメタル等の回収

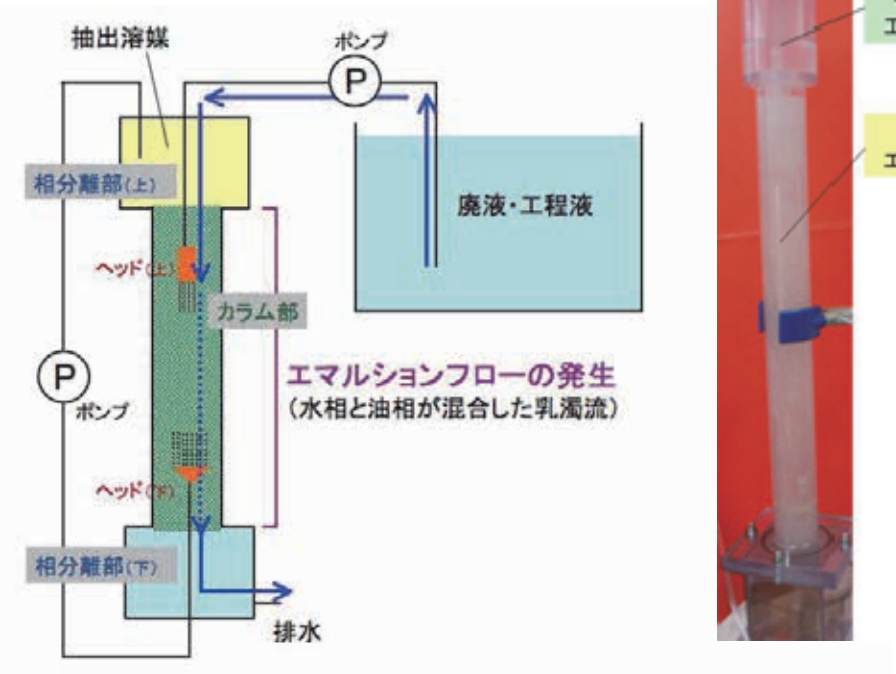
環境関連
No. 2-1

“エマルションフロー法”とは、油のような水と混じり合わない溶媒を用いて、水に溶けている溶存成分と水に懸濁・浮遊している固形成分の両方を、コンパクトでシンプルな装置を使って、低廉、簡便、迅速に回収・除去できる新しい手法です。

## 技術の特徴

水と油が混合・乳濁した流れ（エマルション流）の発生と消滅を、ポンプ送液だけで簡便に制御できる点が特徴です（下図を参照）。

溶媒、抽出剤、pH、添加塩類などの制御により、さまざまな金属を抽出できます。







## 従来技術との比較

1 廃液処理コストを従来法の5分の1以下
2 処理スピードは従来法の10倍以上
3 装置サイズを従来の10分の1以下にコンパクト化
4 排水に油分が混入しないので、環境にやさしい

## 利用分野

1 レアメタルの回収・リサイクル
2 工業排水の浄化
3 貴金属類の回収

## 研究のステージ

実用化段階
（実証プラントによる試験）

## 知財関連情報

特許第5565719号
特許第5305382号


seika.riyou@jaea.go.jp

# エマルション流の制御を利用した有価物の回収技術

環境関連
No. 2-2

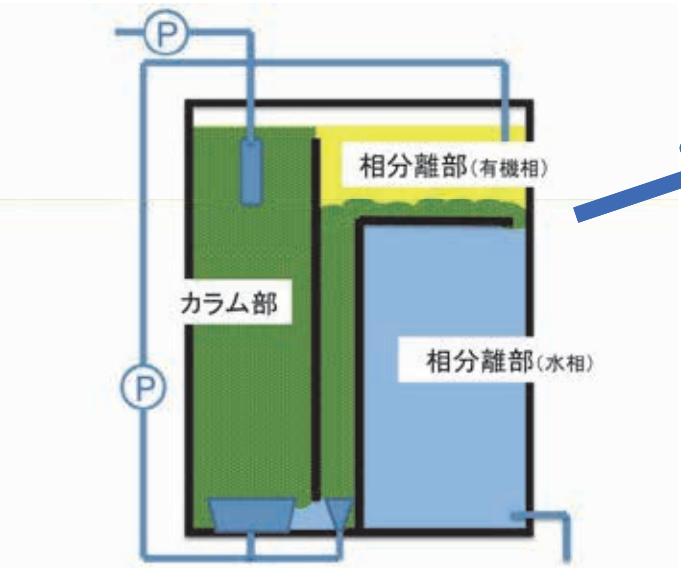
油のような水と混じり合わない溶媒を用いて目的成分を分離・精製する溶媒抽出では、まず水と油を混合して目的成分の抽出を促した後、排水のために水と油を分離します。この技術は、エマルション流（水と油の乳濁流）の制御により、送液のみで高効率な溶媒抽出を実現する新しい手法です。

## 技術の特徴

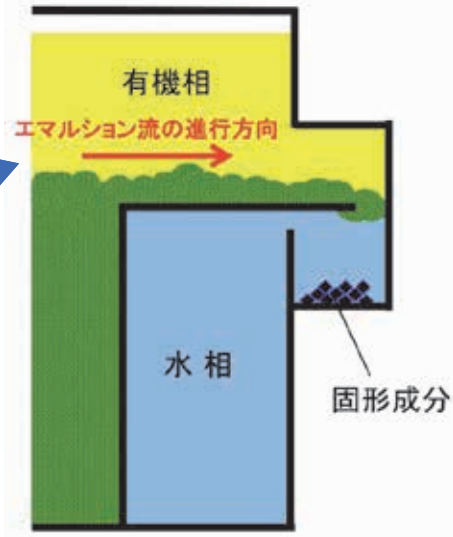
水と油が混合・乳濁した流れ（エマルション流）の発生と消滅を、ポンプ送液だけで簡便に制御できる点が特徴です。 オリジナル技術と比較して、処理する水溶液の装置内での滞留時間を長くできる、水溶液中の固形成分を積極的に捕捉して回収できる、などの新しい工夫がなされた発展型です。

溶媒、抽出剤、pH、添加塩類などの制御により、さまざまな物質（溶存成分、固形成分）を抽出・回収できます。

また、エマルションの界面位置を感知するセンサー（特許登録済み）を用いれば、ポンプ送液速度などを電子制御することで、自動運転を実現します（24時間運転も可能）。




発展型エマルションフロー装置




発展型エマルションフロー装置に設置する固形成分のトラップ部位

## 従来技術との比較

1 廃液処理コストを従来法の5分の1以下
2 処理スピードは従来法の10倍以上
3 装置サイズを従来の10分の1以下にコンパクト化
4 排水に油分が混入しないので、環境にやさしい

## 利用分野

1 レアメタル等の回収・リサイクル
2 工業排水の浄化
3 油水の分離
4 固液分離（固形成分の回収）

## 研究のステージ

実証プラントによる試験段階

## 知財関連情報

特開2016-123907
特許第5648943号（共願：日本カニゼン（株））


seika.riyou@jaea.go.jp

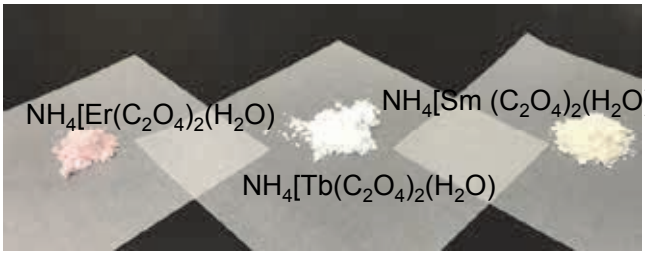
# イオンを精密認識できる新規配位高分子

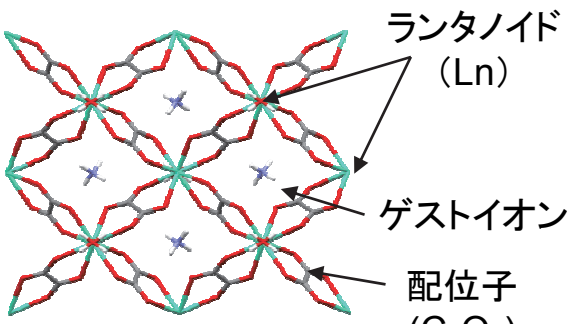
環境関連
No. 2-3

新規な均一性、結晶性の高い配位高分子（MOF）を利用した元素分離材を開発しました。
本材料は元素分離効率が極めて高く、既存の材料では不可能な$Ca^{2+}$と$Sr^{2+}$ の0.1 Å 以下のイオンサイズの差を明確に認識して分離することが可能です。

## 技術の特徴

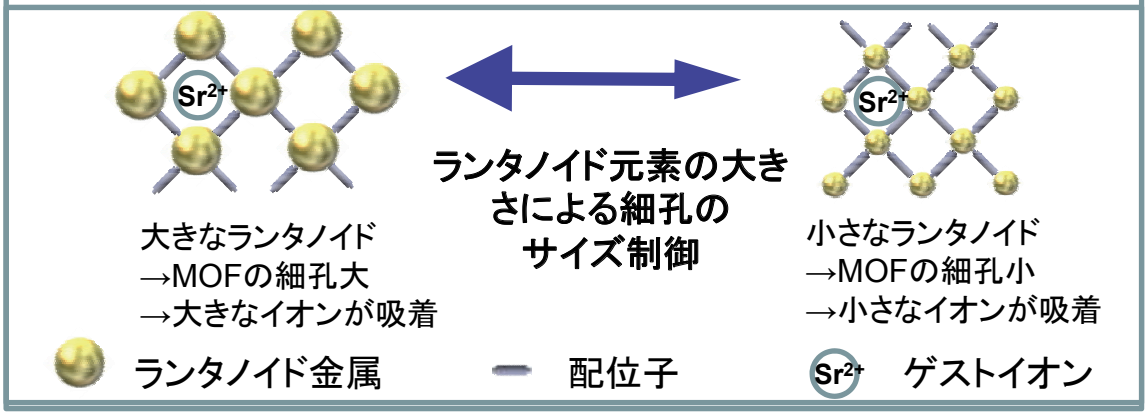
新規に合成した$NH_4[Ln(C_2O_4)_2(H_2O)]$ (Ln = Y, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb)を構成するランタノイド金属を変えることで、細孔のサイズを0.1 Å 以下でコントロール。




**$NH_4[Ln(C_2O_4)_2(H_2O)]$ の構造**

### 元素分離剤の構造模式図と細孔サイズ制御の概念図




- 特定のイオンサイズを正確に認識し、ターゲットのイオンだけを分離する。
- 分離剤の再利用も簡単で安価（元素の分離回収に有効）。

## 従来技術との比較

1 分離効率が高い（Sr 20ppm 溶液に1%添加で99.97%のSrを除去）
2 海水中から,既存材料にない高い選択性でSrを分離（ Kd = 8.2 × $10^3$ $m^3/g$ ）
3 分離した元素を安価に回収可能
4 分離剤の再利用が容易

## 利用分野

1 有用金属（レアメタル等）の回収・リサイクル
2 有害金属等（Cd, Pb)の除去・回収
3 原子力等の廃液処理

## 研究のステージ

基礎研究段階（最終段階）

## 知財関連情報

特開2018-027919

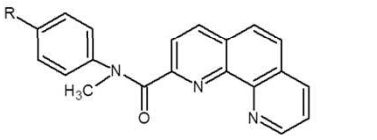

seika.riyou@jaea.go.jp

# 鋳型分離技術を利用した希土類イオンの高精度分離法

環境関連
No. 2-4

希土類イオンの僅かなイオンサイズの差を識別して構造が異なる2種類の錯体を形成する配位化合物(PTA)と、その錯体構造の違いを鍵と鍵穴の関係のように認識して分離できる鍵分子を利用することで、特定サイズの希土類イオンのみを高効率に分離する新しい分離法です。

## 技術の特徴




PTA
(*N*-alkyl-*N*-aryl-1,10-phenanthroline
-2-carboxamide)
R = H : MePhPTA
R = $CH_3$ :: MeTolPTA

図1. 新しい分離剤PTAの化学構造。

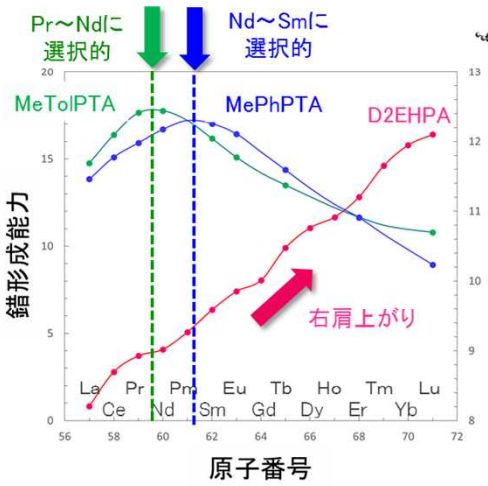



図2. ランタノイドの原子番号と配位化合物の錯形成能力。従来の分離剤D2EHPAは特定元素に選択性を示さないが、PTAは特定元素と選択的に結合する。

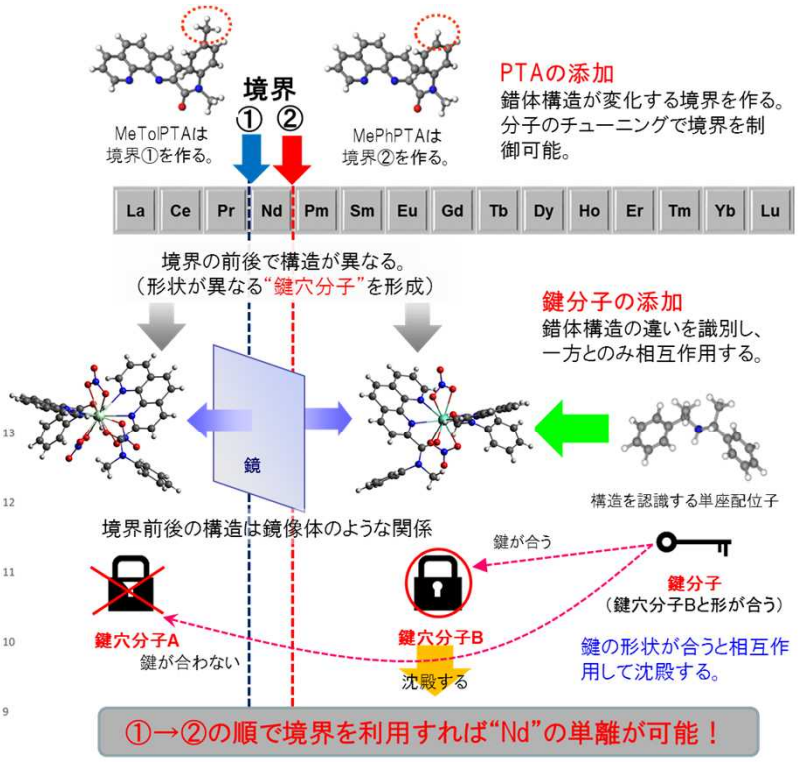



図3. PTAと鍵分子を用いた新しいランタノイド分離法の概念図

## 従来技術との比較

1 原子番号が隣接するランタノイド間の分離係数が従来法の5倍以上
2 狙った元素のみを分離できる
3 処理施設の規模や2次廃棄物の発生を大幅に縮小できる

## 利用分野

1 レアメタルの回収、リサイクル
2 高レベル放射性廃棄物の処分におけるアクチノイドやランタノイドの分離

## 研究のステージ

基礎研究段階(実用化に向けた高度化)

## 知財関連情報

特開2018-168424
(共願:(国研)産業技術総合研究所)


seika.riyou@jaea.go.jp

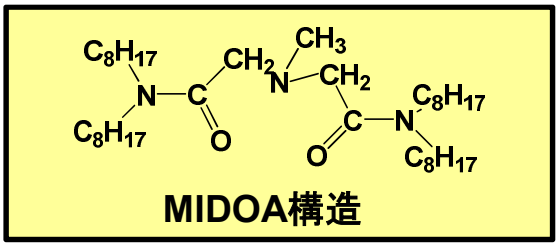
# 貴金属抽出剤－Ⅰ（MIDOA）

環境関連
No. 2-5

新規有機化合物、メチルイミノジオクチルアセトアミド（MIDOA）は、塩酸溶液中の金属イオン（Pdなど）を高収率で抽出できることがわかりました。本技術はMIDOAの合成方法および金属の回収方法です。

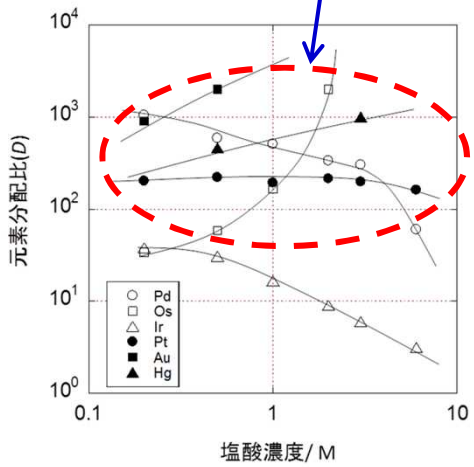
## 技術の特徴

MIDOA化合物は下記のような構造で、メチルイミダゾールから室温で簡便に合成できます。




MIDOA構造

一度で100%程度の回収率が期待できる




MIDOAはPd, Os, Pt, Au, Hgを高収率で抽出する能力があります。試料を溶解した塩酸溶液そのままから有機相に回収できます。

塩酸濃度と各元素の分配比との関係です。分配比が100を超えると、一度の抽出試験でほぼ100%回収できます。

## 従来技術との比較

1 あらゆる有機溶媒に溶解可能
2 合成が簡単、低コスト
3 Pd, Os, Pt, Au, Hgを効率よく回収

## 利用分野

1 レアメタルの回収、再利用
2 新規抽出剤利用

## 研究のステージ

実用化段階

## 知財関連情報

特許第5682889号（共願：茨城大学）
特許第6061335号

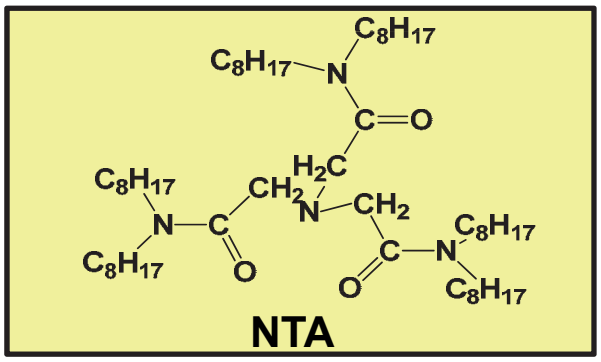

seika.riyou@jaea.go.jp

# 貴金属抽出剤－Ⅱ
# （NTA）

環境関連
No. 2-6

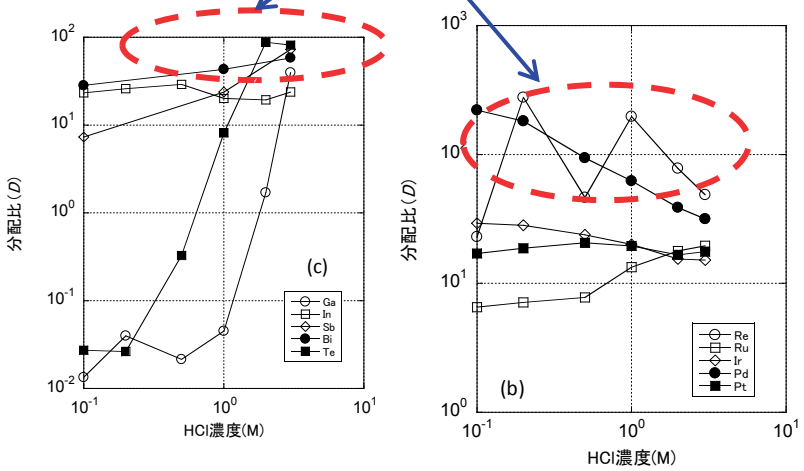
新規有機化合物、ニトリロトリアセト（NTA）アミドの簡便な合成法及び利用法を開発しました。
塩酸溶液中のIn, Ga, Te, Bi, Re, Pdを高収率で簡便に回収できます。

## 技術の特徴




NTAアミドは高い塩酸濃度の溶液中にあるIn, Ga, Te, Bi, Re, Pdを効率よく分離できることが分かりました。

一度で100%程度の回収率が期待できる




左に塩酸濃度と各元素の分配比との関係を示しています。分配比が100を超えると、一度の抽出試験でほぼ100%回収できます。

## 従来技術との比較

1 あらゆる有機溶媒に溶解可能
合成方法が簡単
2 In, Ga, Te, Bi, Re, Pdを効率よく回収

## 利用分野

1 レアメタルの回収、再利用
2 新規抽出剤利用

## 研究のステージ

実用化段階

## 知財関連情報

特許第6044828号（共願：富士フイルム和光純薬㈱）
特許第6083862号

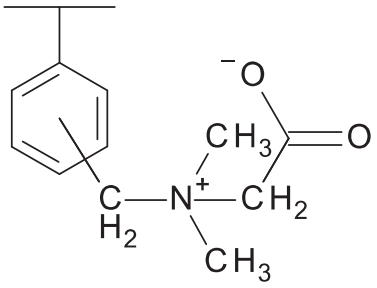

seika.riyou@jaea.go.jp

# 貴金属抽出剤−Ⅲ
# （トリメチルグリシン型）

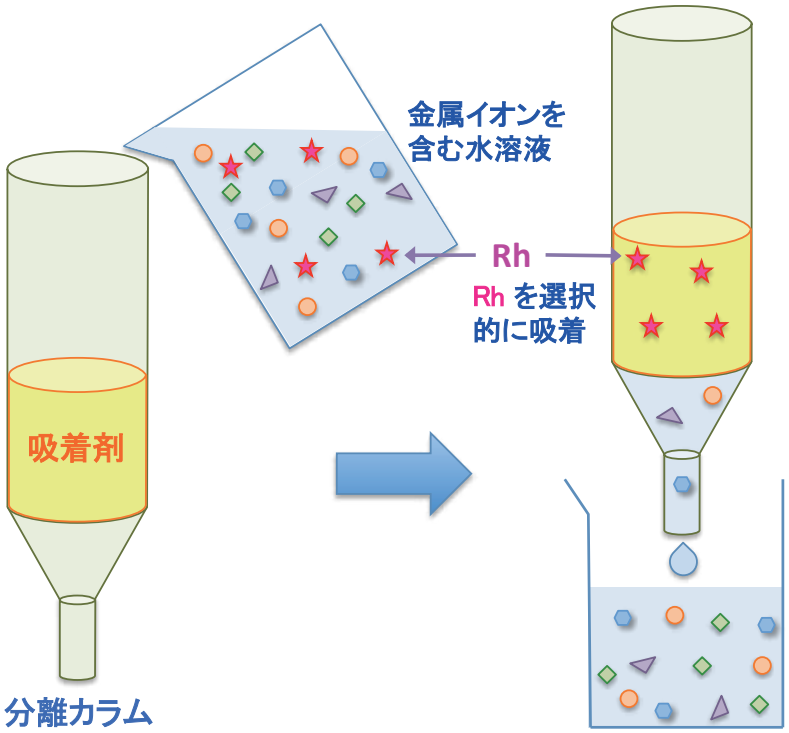
環境関連
No. 2-7

*N,N,N*−トリメチルグリシン型樹脂を吸着剤として用いることで、ロジウムなどの白金族元素を選択的に分離･回収することができます。

## 技術の特徴




吸着剤：*N,N,N*-トリメチルグリシン型樹脂の構造




・微細な粒子状の吸着剤を充填したカラムに金属イオンを含む水溶液を流します。

・ロジウム(Rh)が選択的に吸着されます。
・吸着したRhは、溶離液で回収します。
・吸着剤は再利用します。

Rhは、自動車用触媒、めっき材料などに用いられ、埋蔵量が少なく、たいへん高価な貴金属です。

## 従来技術との比較

1 吸着･溶離が、容易で迅速
2 吸着剤は、化学的に安定で安価
3 使用済みとなった吸着剤は、焼却処理が可能

## 利用分野

1 回収･リサイクル
2 分離･精製

## 研究のステージ

基礎研究開発（最終段階）

## 知財関連情報

特開2016−191105
（共願：㈱アサカ理研）


seika.riyou@jaea.go.jp

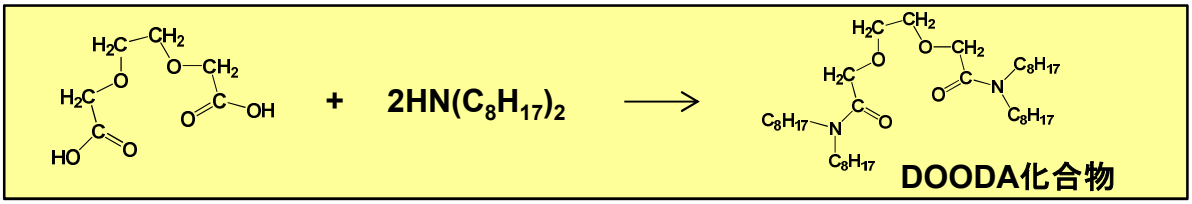
# 希土類等金属抽出剤（DOODA）

環境関連
No. 2-8

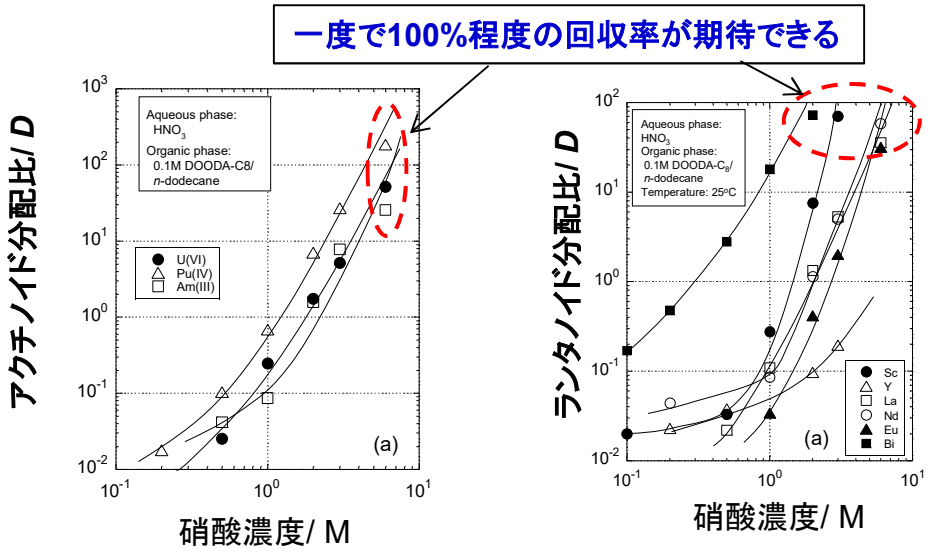
新規な有機化合物、ジオキサオクタンジアミド（DOODA）はアクチノイド元素やランタノイド元素と結合して、有機相に高い回収率で分離することができます。

## 技術の特徴

DOODAは簡単な合成法で合成できます。




DOODAは高濃度の硝酸水溶液中にあるアクチノイド、ランタノイド元素を効率よく分離できることが分かりました。下に硝酸濃度と元素の分配比との関係を示しています。分配比が100を超えると、一度の抽出試験でほぼ100%回収できることを示しています。




## 従来技術との比較

1 あらゆる有機溶媒に溶解可能
高い硝酸濃度で効果はより大きい
2 有機合成が簡単で、人件費などのコストが低い

## 利用分野

1 レアメタルの回収、再利用
2 放射能の除染技術

## 研究のステージ

実用化段階

## 知財関連情報

特許第5354586号

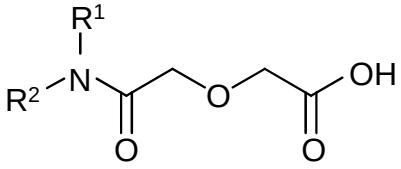

seika.riyou@jaea.go.jp

# 希土類金属及び鉛イオン抽出剤

環境関連
No. 2-9

溶媒抽出法は金属イオンを分離する技術の1つです。この溶媒抽出法における金属分離の成否は、用いる抽出剤が大きな鍵を握っています。本発明では従来の工業用抽出剤より優れた抽出分離能を有するジグリコールアミド酸型新規抽出剤を開発しました。

## 技術の特徴



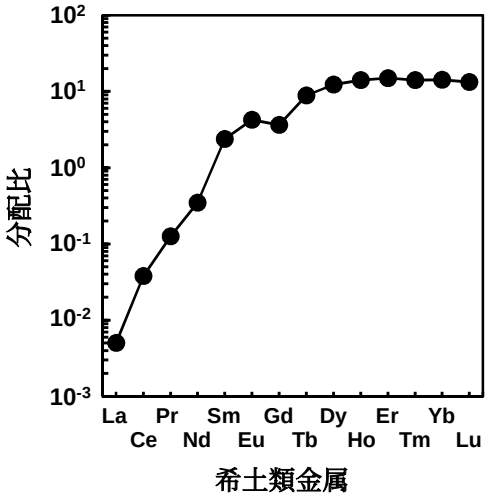

R¹,R²は同一又は異種のアルキル基

ジグリコールアミド酸型抽出剤

### ジグリコールアミド酸型抽出剤の特徴

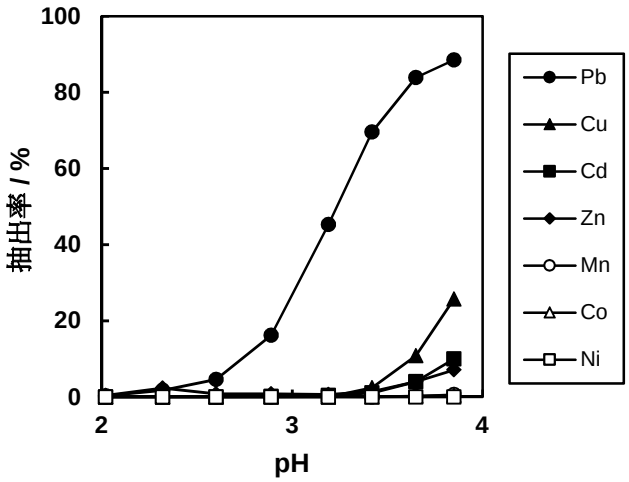
① ワンステップで容易かつ安価に合成可能
② 様々な金属イオンに対して高い選択性と結合力を有する
③ C, H, O, Nの軽元素のみで構成されている
④ 化学的に安定で、繰り返し利用が可能
⑤ 水への溶解性が極めて小さい

**希土類金属の相互分離**




従来の工業用抽出剤より、希土類金属に対する抽出分離能が優れている

**鉛イオン(Pb)の抽出分離**




一般的な遷移金属の中から、鉛のみを選択的に抽出可能

## 従来技術との比較

1 希土類金属に対して高い抽出分離能
2 特に隣接軽希土の相互分離に有効
3 鉛イオンに対して高い抽出分離能

## 利用分野

1 レアメタルの湿式製錬
2 廃棄物からレアメタルのリサイクル
3 有害金属の除去

## 研究のステージ

試作検討段階
（抽出剤の提供可能）

## 知財関連情報

特許第5035788号、特許第6108376号
(以下4件共願：信越化学工業㈱)
特許第5679158号、特許第5679159号
特許第5487506号、特許第5569841号

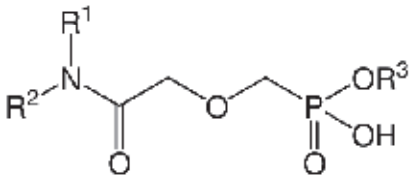

seika.riyou@jaea.go.jp

# レアメタル抽出剤- I
# （アミド化リン酸エステル）

環境関連
No. 2-10

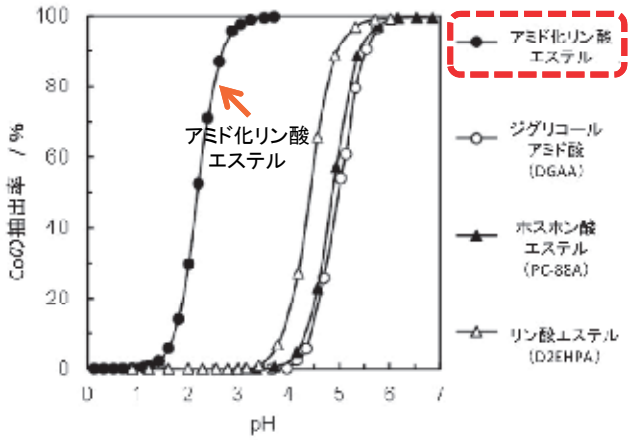
レアメタルなどの有価金属、毒性の高い有害金属を抽出するための薬剤（抽出剤）として利用できる新規な有機化合物です。たとえば、ニッケル（Ni）、コバルト（Co）、銅（Cu）、マンガン（Mn）、クロム（Cr）、鉛（Pb）、カドミウム（Cd）などに対して、非常に優れた抽出分離性能を示します。

## 技術の特徴



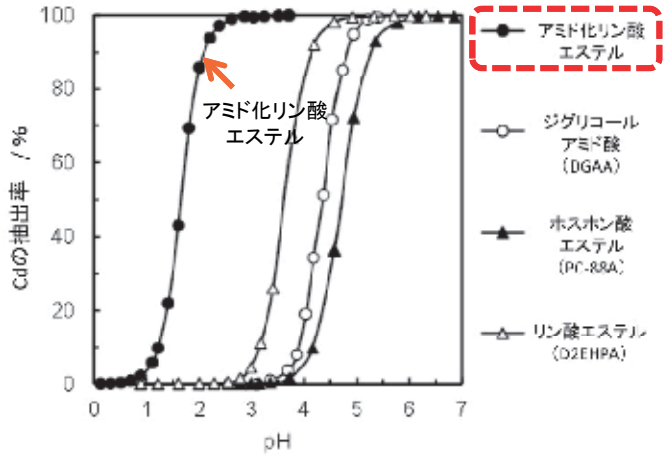

R¹、R²、R³は同一または異種のアルキル基

アミド化リン酸エステル化合物



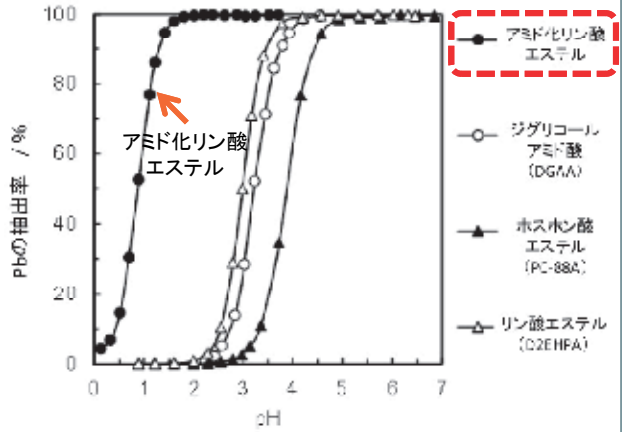

Co抽出における他の抽出剤との比較

抽出剤の濃度＝10mM




Cd抽出における他の抽出剤との比較

抽出剤の濃度＝10mM




Pb抽出における他の抽出剤との比較

抽出剤の濃度＝10mM

## 従来技術との比較

1 Ni、Crに対する、より高い抽出分離能
2 Co、Mnに対する、より高い抽出分離能
3 Cuに対する、より高い抽出分離能
4 Pb、Cdに対する、より高い抽出分離能

## 利用分野

1 レアメタルの湿式精錬
2 廃棄物からのレアメタルのリサイクル
3 めっき廃液からのNi、Cr等の回収
4 有害金属（Pb、Cd）の除去

## 研究のステージ

試作検討段階

## 知財関連情報

特開2017-95405

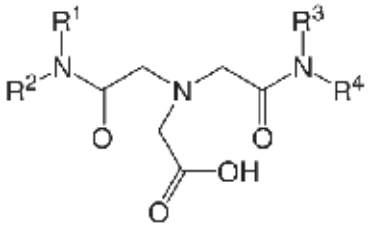

seika.riyou@jaea.go.jp

# レアメタル抽出剤-Ⅱ
# （ニトリロ酢酸ジアセトアミド）

環境関連
No. 2-11

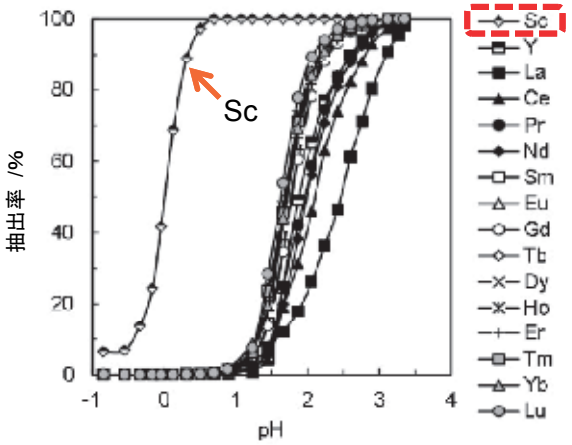
レアメタルなどの有価金属、毒性の高い有害金属を抽出するための薬剤（抽出剤）として利用できる新規な有機化合物です。たとえば、ニッケル（Ni）、インジウム（In）、ガリウム（Ga）、レアアースの1つであるスカンジウム（Sc）などに対して、非常に優れた抽出分離性能を示します。

## 技術の特徴



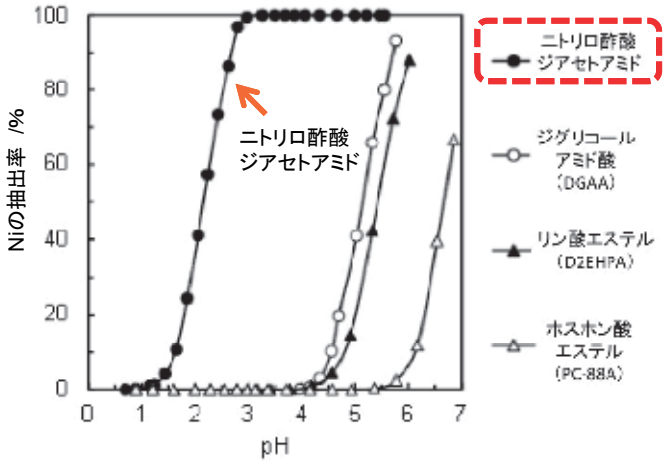

$R^1$、$R^2$、$R^3$、$R^4$は同一または異種のアルキル基

ニトリロ酢酸ジアセトアミド化合物



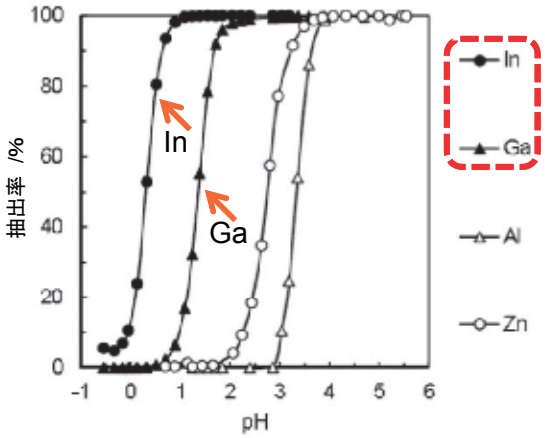

希土類金属からのScの抽出分離

ニトリロ酢酸ジアセトアミドの濃度＝10mM




Ni抽出における他の抽出剤との比較

抽出剤の濃度＝10mM




In、Gaの抽出分離（硝酸系）

ニトリロ酢酸ジアセトアミドの濃度＝10mM

## 従来技術との比較

1 Niに対する、より高い抽出分離能
2 Scに対する、より高い抽出分離能
3 In、Gaに対する、より高い抽出分離能
4 Re、W、Moに対する、より高い抽出分離能
5 Pb、Cdに対する、より高い抽出分離能

## 利用分野

1 レアメタルの湿式精錬
2 廃棄物からのレアメタルのリサイクル
3 無電解ニッケルめっき廃液からのNi回収
4 有害金属（Pb、Cd）の除去

## 研究のステージ

試作検討段階

## 知財関連情報

特開2017-95407、特開2017-95774
特開2017-95768

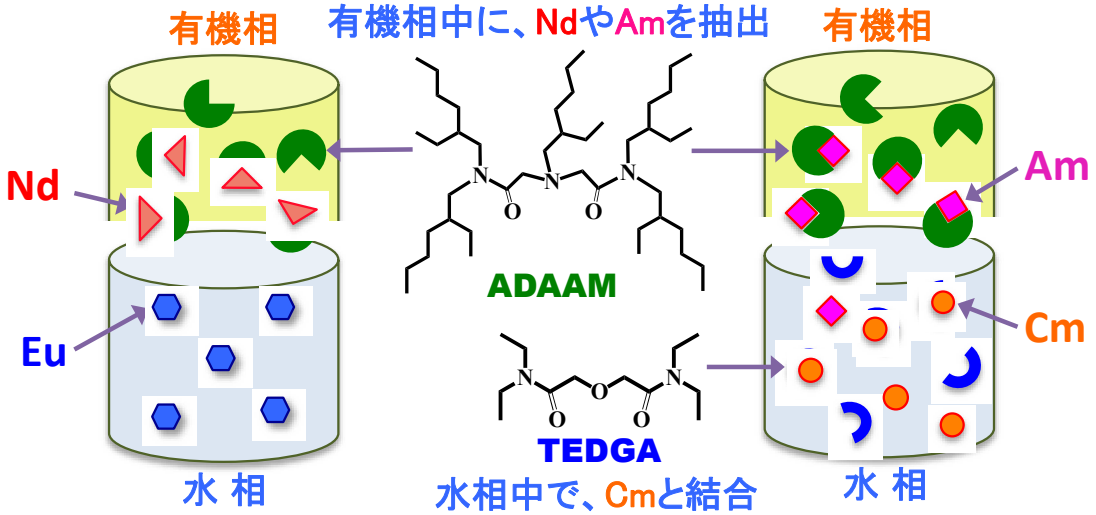

seika.riyou@jaea.go.jp

# レアメタル抽出剤−Ⅲ
# （ADAAM−TEDGA、HONTA）

環境関連
No. 2-12

新規抽出剤 ADAAMやHONTAは、ランタノイドやアクチノイドから、目的の元素を選択的に分離･回収することができます。さらに、**水溶性錯化剤 TEDGAとADAAMを組み合わせて用いることで、**分離が困難なアメリシウムとキュリウムを分離できます。

## 技術の特徴

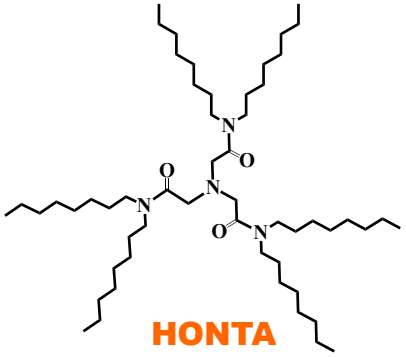



・ジアミドアミン型抽出剤：**ADAAM**を溶解した有機相に、ネオジム(**Nd**) を抽出して、ユウロピウム(**Eu**)と分離します。

・**ジアミド型錯化剤**：**TEDGA**を水相に添加して、アメリシウム(**Am**) とキュリウム(**Cm**) を分離します。

・トリアミドアミン型抽出剤：**HONTA** は、スカンジウム(**Sc**)を選択的に抽出･分離します。

・抽出剤 を含む有機相は、再利用できます。




## 従来技術との比較

1 抽出･分離が容易で迅速
2 有機溶媒に安全で安価なケロシンを使用
3 排水中へ抽出剤や有機溶媒の混入がなく、環境にやさしい

## 利用分野

1 回収･リサイクル
2 分離･精製

## 研究のステージ

基礎研究段階（最終段階）

## 知財関連情報

特開2016−186108、特開2017−94236
（2件共願 ：㈱ケミクレア）
特開2016−113674（共願：㈱ケミクレア、（国研）産業技術総合研究所）


seika.riyou@jaea.go.jp

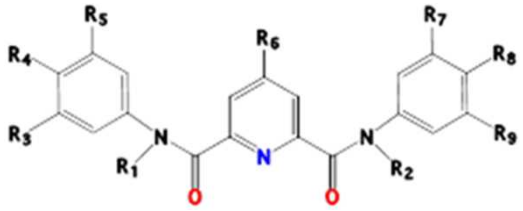
# ハイブリットドナー型分離剤による 3価/4価のアクチノイドの分離法

環境関連
No. 2-13

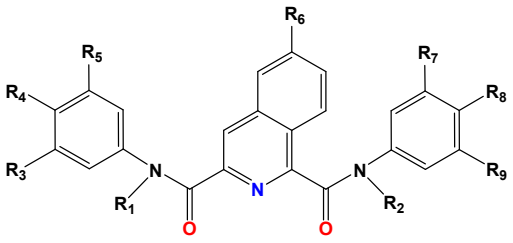
放射性核種を含む溶液から、酸素原子と窒素原子の両方が活性な官能基を持つハイブリットドナー型分離剤を用いて、4価のプルトニウムおよび3価のアメリシウム、キュリウムを、3価ランタノイドから選択的に分離・回収する方法になります。

## 技術の特徴

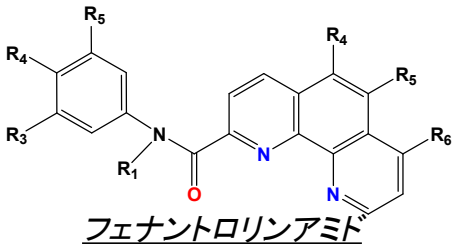
分子内に酸素原子(O)と窒素原子(N)を有するハイブリットドナー型分離剤




ピリジンアミド



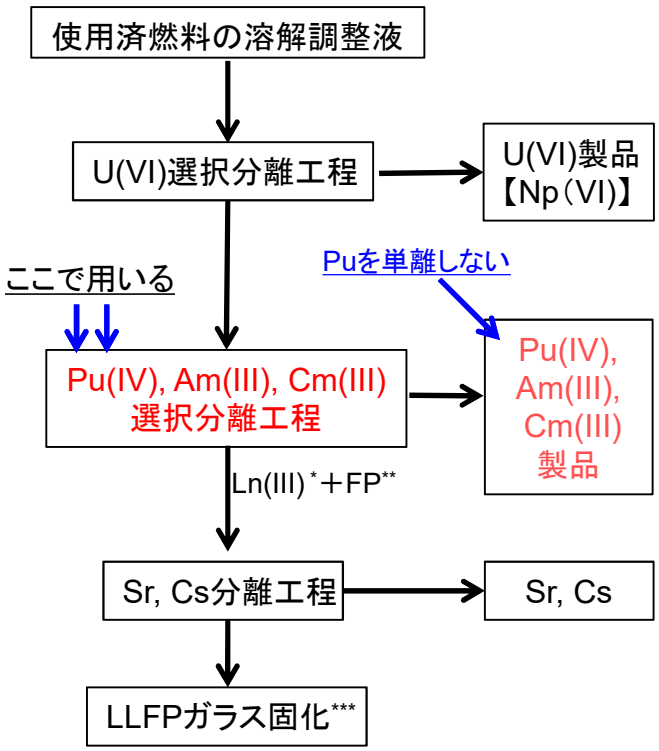

イミダゾールアミド




フェナントロリンアミド

$R_{1,2}$は炭化水素鎖
$R_{3\sim9}$は、水素又は炭化水素鎖

左の化合物を用いた核燃料サイクル
(赤字の工程で1種類使用)




* Ln : ランタノイド
** FP : 核分裂生成物
*** LL : 低放射能レベル

## 従来技術との比較

1 核不拡散抵抗性維持
2 還元剤等による2、3次反応の排除
3 TRU*、An**/Ln分離工程の簡素化
4 分離剤の焼却処分による廃棄物低減・環境負荷低減

* TRU:超ウラン元素、**An:アクチノイド

## 利用分野

1 核燃料サイクルの再処理、TRU分離及びLn/An分離
2 高速炉燃料製造工程
3 ADS燃料製造工程、再処理

## 研究のステージ

模擬溶液でのプロセス試験段階

## 知財関連情報

特許第4911538号

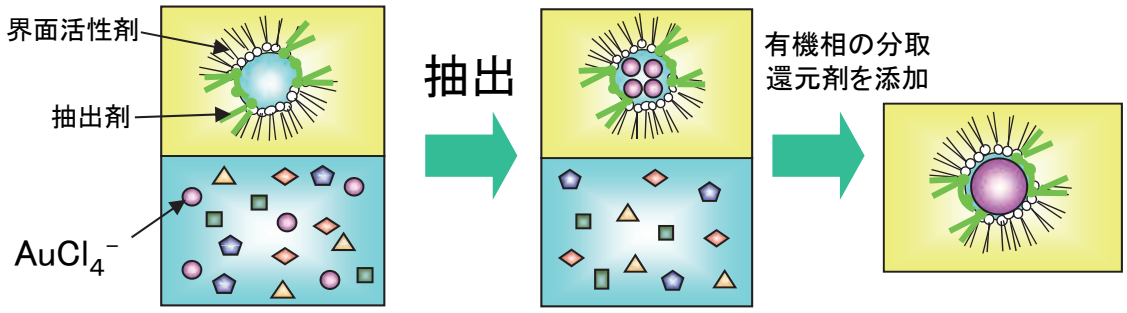

seika.riyou@jaea.go.jp

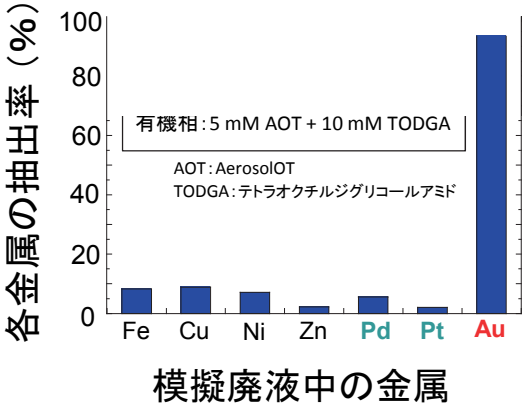
# 逆ミセルを利用して、希薄な金属廃水からナノ粒子を製造する方法

環境関連
No. 2-14

逆ミセルと呼ばれる分子集合体を利用して、金属などのナノ粒子（ナノメートル=10億分の1メートルのサイズの微粒子）を精製させる方法です。目的成分が希薄で不純物が多い廃液からも、粒径制御された目的成分のナノ粒子を製造することが可能です。

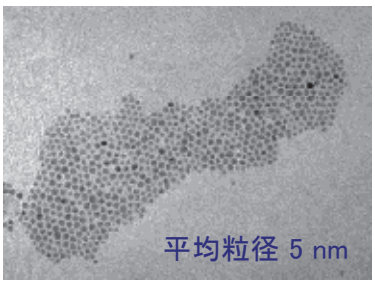
## 技術の特徴




Auのみを高選択的に
抽出してナノ粒子化

**高抽出能、高分離能を実現する協同効果**




逆ミセル法で作製した金ナノ粒子のTEM（透過型電子顕微鏡）写真

## 従来技術との比較

1 従来法とは異なり、目的とする金属だけを選択的に抽出してナノ粒子にできる
2 従来法とは異なり、ナノ粒子にしたい金属の濃度が薄い場合でも適用できる

## 利用分野

1 廃水からの高付加価値材料の製造
2 金属に対するナノテクノロジー

## 研究のステージ

試作検討段階
（ラボスケールでの試験）

## 知財関連情報

特許第5120929号
特許第5382563号


seika.riyou@jaea.go.jp

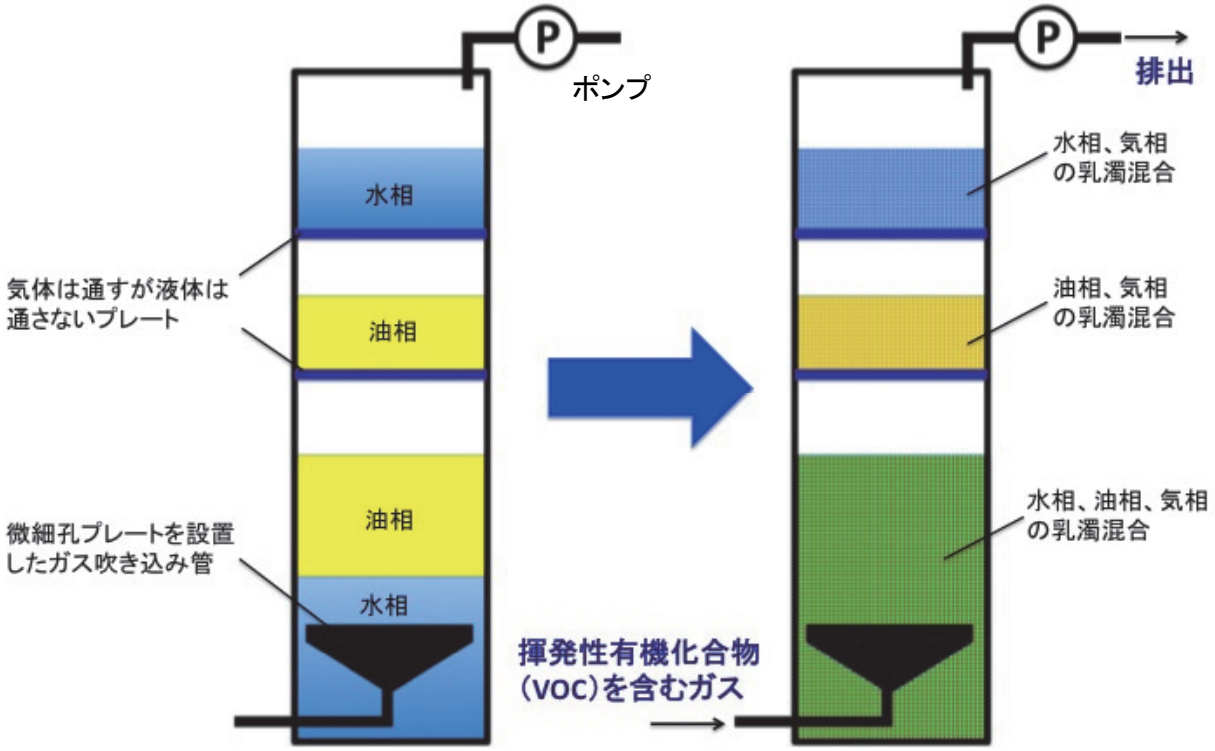
# 簡便・低コスト・高効率な揮発性有機化合物（VOC）の除去技術

環境関連
No. 2-15

人体に悪影響を及ぼす揮発性有機化合物（VOC）を含む排ガスなどを、水と油の両方と混合・乳濁させることで、親水性VOCと親油性VOCを同時に高効率除去できる新しい技術です。ガスを送り込むだけで、簡便・小型な装置で、低コスト、高効率にVOCを除去できます。

## 技術の特徴

従来のVOC除去装置は、活性炭などの充填材への吸着を利用するもの、燃焼により分解するもの、微生物により生分解するものなどが知られていますが、VOC除去効率が低く、高コストで大型といった問題がありました。本発明は、親水性VOCと親油性VOCの両方を、小型装置で簡便・低コストかつ高効率に、同時に除去できる技術です。




**水、油との乳濁混合を利用した排ガス中VOCの除去装置**

## 従来技術との比較

1 より高いVOC除去効率
2 より低い初期コスト、運転コスト
3 よりコンパクトな装置
4 より簡便でメンテナンスも容易

## 利用分野

1 親水性VOC（イソプロピルアルコールなど）の除去
2 親油性VOC（トルエンルなど）の除去
3 親水性VOCと親油性VOCの同時除去

## 研究のステージ

試作検討段階
（ベンチプラント）

## 知財関連情報

特許第6021057号
（共願：和光合成樹脂㈱）


seika.riyou@jaea.go.jp

# 固体電解質膜水電解法による水素水製造装置

環境関連
No. 2-16

高温高圧水環境下で使用される機器の防食や構造材料の応力腐食割れ等の抑制のため、水質管理を行なう技術であり、コンパクトで安全に使用できる装置を開発しました。

## 技術の特徴

**[課題点]**

現在、水環境に水素を注入する手法として、ガスボンベを用いたバブリングが広く利用されていますが、水素は爆発性気体のため安全対策として大掛かりな防爆設備が必要となります。

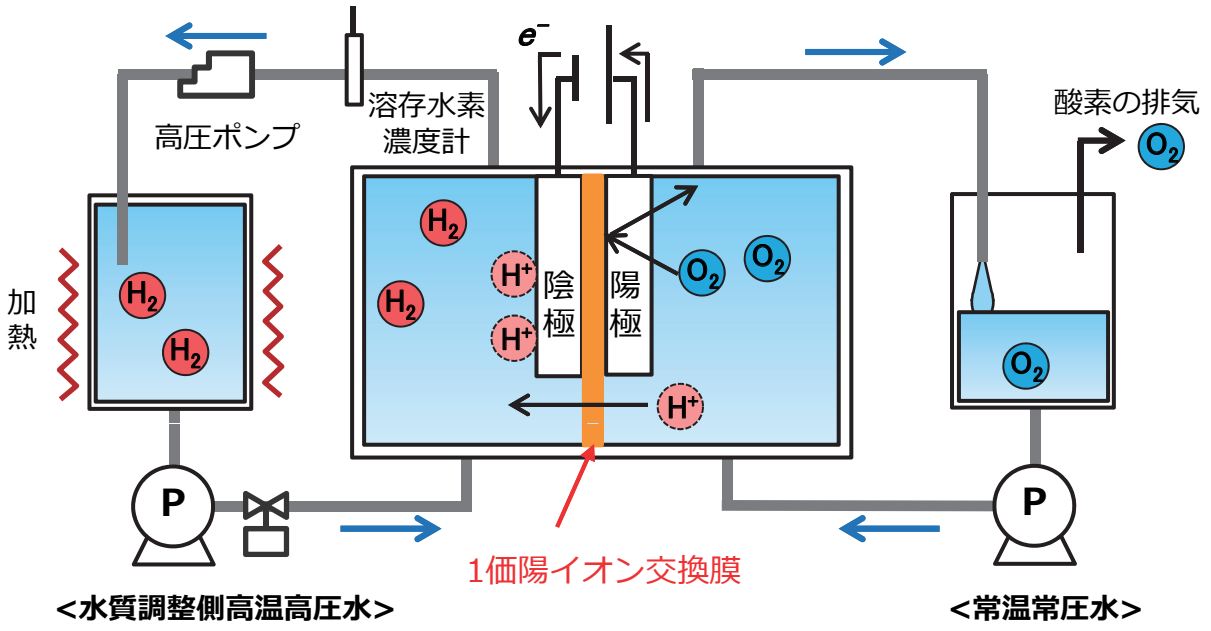
**[基本原理]**

水の電気分解を利用し、1価陽イオン交換膜がち密な隔膜として機能することにより、陰極側の水質管理を制御します。陰極側、陽極側における反応式を以下に示します。

陰極側の反応：$4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2 \uparrow$

陽極側の反応：$2H_2O \rightarrow O_2 \uparrow + 4H^+ + 4e^-$

**[装置概念図]**




## 従来技術との比較

1 大掛かりな水素防爆設備が不要
2 安全性が高い
3 コンパクト

## 利用分野

1 原子力プラントの水質管理
2 飲用水の水質調整

## 研究のステージ

実用化段階
（試作機による実証試験）

## 知財関連情報

特開2017-087087
（共願：㈱化研）


seika.riyou@jaea.go.jp

# 放射線を使った貴金属の回収と回収物の効果的な活用

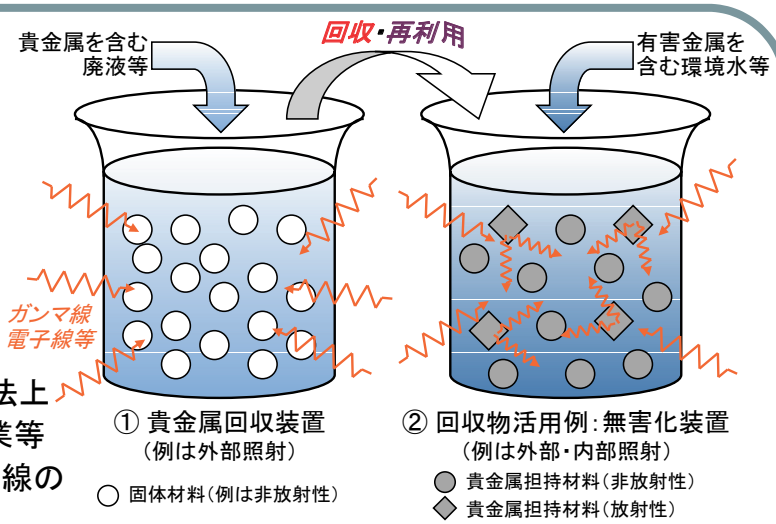
環境関連
No. 2-17

酸化物等の固体材料と放射線を使って、溶液から白金族元素等の貴金属を回収するとともに、さらに貴金属によって機能化した材料を活用して、有害金属の無害化や可燃性ガス等の除去を効果的に実現する、シンプルで新しい手法です。

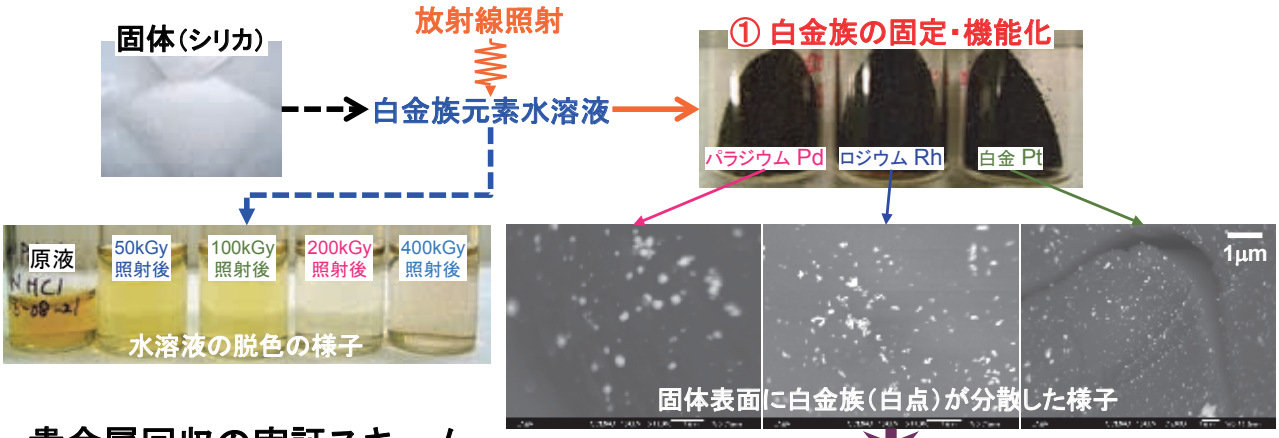
## 技術の特徴

固体と放射線を併用することで、貴金属をイオンから金属に変えながら、固体を機能化して有害物処理の触媒として合成できる点が特徴です（下図を参照）。

放射線源としては、放射線障害防止法上の「発生装置」として扱われない、工業等で広く使われているエックス線や電子線の照射装置も利用可能です。




### 提案技術のコンセプト




### 貴金属回収の実証スキーム

## 従来技術との比較

1 薬品を使わないため、副産物がほとんど発生せず、環境にやさしい
2 複雑な操作・装置が必要ないため、処理が簡便で、コストもかからない
3 光が通らない懸濁液等にも適用できる

## 利用分野

1 貴金属回収・材料機能化技術
2 有害物無害（毒）化・資源化技術
3 可燃性ガス等処理（触媒合成）技術

## 研究のステージ

試作検討段階

## 知財関連情報

特許第5424297号
特許第4565127号

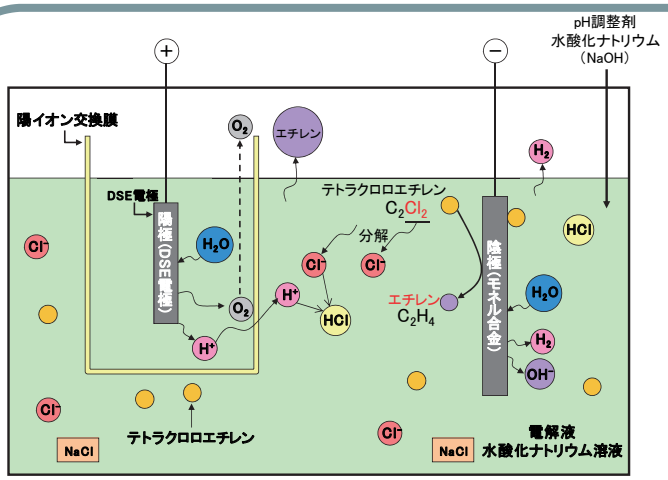

seika.riyou@jaea.go.jp

# 塩素化エチレン類の脱塩素方法及び脱塩素装置

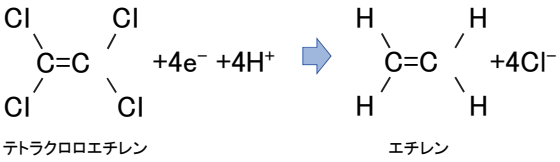
環境関連
No. 2-18

有害で難分解性の塩素化エチレン（テトラクロロエチレン、トリクロロエチレン等）を水に溶解させて電気分解を行います。溶解した塩素化エチレンが特殊電極と接触することによって、無害なエチレンに分解する技術です。電気分解であるため、通電を止めれば反応も停止するため安全です。

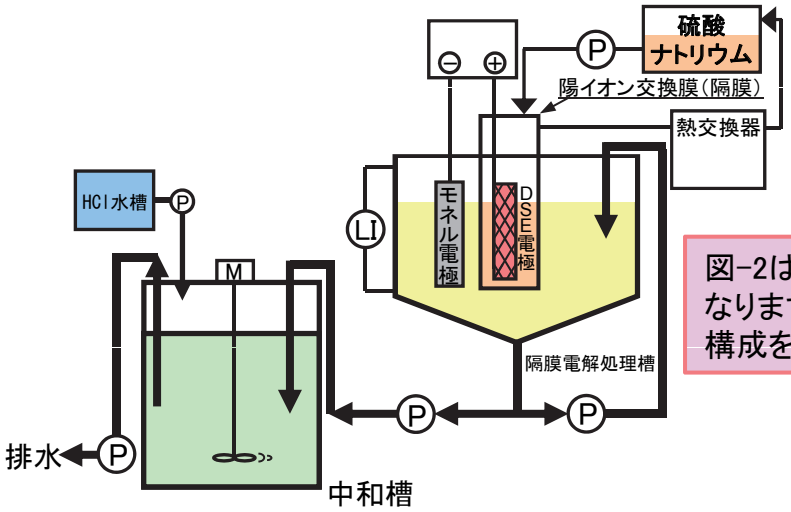
## 技術の特徴




図−1　処理原理




図−1の処理原理では、テトラクロロエチレンの塩素を電極表面で発生した水素と置換（電解還元処理）することにより無害なエチレンへ処理できます。




図−2　処理システム概略

図−1は、処理システムの概略系統になります。処理規模に応じてシステム構成を見直すことも可能です。

## 従来技術との比較

1　分解処理操作が簡単
2　環境排出基準まで分解可能
3　二次廃棄物の発生が少ない
4　安全性が高い

## 利用分野

1　環境廃液中の塩素化エチレンの分解
2　放射線管理区域内の塩素化エチレン廃液の処理

## 研究のステージ

実用化段階

## 知財関連情報

特許第6061315号
（共願：荏原工業洗浄㈱）


seika.riyou@jaea.go.jp

# ポリイオン等を用いた粉塵・泥水の発生抑制とセシウムの移行抑制・除染の新手法

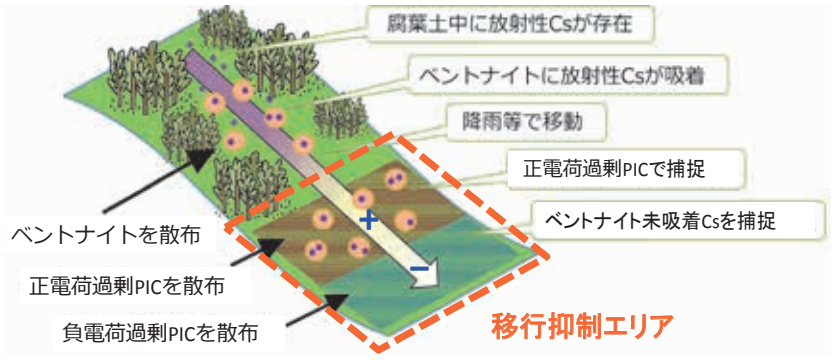
環境関連
No. 2-19

福島の環境回復に向けて、セシウムを吸着した粉塵・泥水の発生を抑制し、森林でのセシウムの移行を抑制し除染するための新手法を開発しました。ポリイオン複合体（PIC）を利用することに特徴があり、粘土（ベントナイト）と組み合わせることで、セシウムの移行を抑制します。また、PICを土壌に散布することによって、粉塵・泥水の発生量を1/10以下に減少できます。

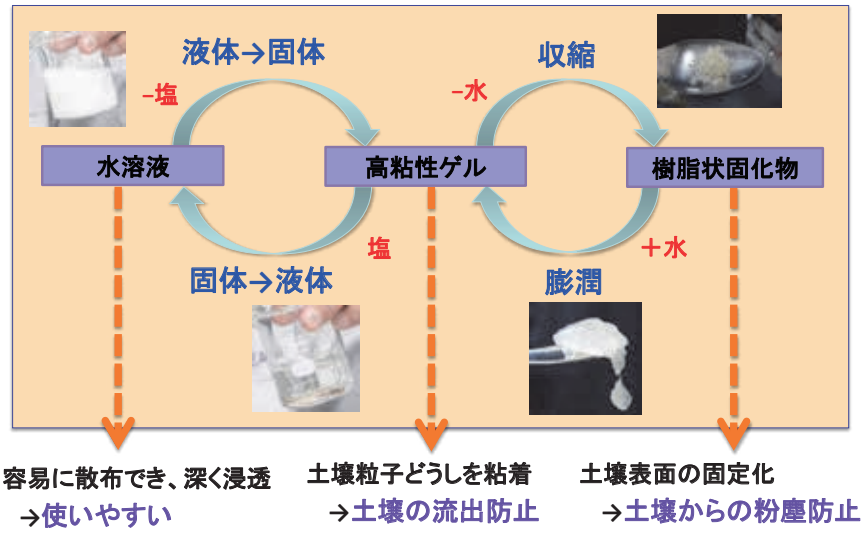
## 技術の特徴



PICの散布で固化した土壌




PICとベントナイトによる森林でのセシウムの移行抑制




塩や水の添加・除去により変化するPICの状態

## 従来技術との比較

1 粉塵・泥水の発生量が1/10以下に減少
2 降雨などの自然の力で森林でのセシウムの移行を抑制できる新手法
3 土壌の分級・洗浄を高度化するセシウム汚染土壌の除染の新手法

## 利用分野

1 土壌からのセシウムの移行抑制（1/5以下）
2 自然力を利用した森林の除染
3 土壌廃棄物の減容・削減

## 研究のステージ

実用化段階（実証試験段階）

## 知財関連情報

特開2016-191048（共願：日本製紙㈱）
特開2017-111063（共願：茨城大学、㈱熊谷組、テクノス㈱）
特許第6064220号（共願：茨城大学、北海道大学）
特許第6083591号


seika.riyou@jaea.go.jp

# フェロシアン化物に吸着した放射性セシウムの安定化処理方法

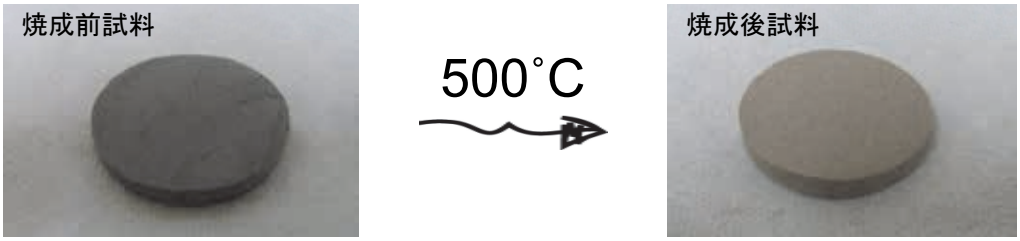
環境関連
No. 2-20

難溶性フェロシアン化物は、福島第一原発事故で発生した放射性セシウムの吸着材として利用されています。しかし、保管条件によっては有害なシアン化合物が発生する可能性があります。シアン化合物を安易に分解して無害化すると、放射性セシウムの遊離が懸念されます。本件はジオポリマーを用いて、シアン化合物の分解と同時にセシウムを固定化できる新しい処理方法です。

## 技術の特徴

ジオポリマー*1材と混ぜ合わせて難溶性フェロシアン化物をペレット状などに固めた後(下左写真)、難溶性フェロシアン化物の分解温度(300～400℃)以上で焼成します。
ジオポリマーは耐熱性があり、焼成によるひび割れや脆化が生じません(下右写真)。

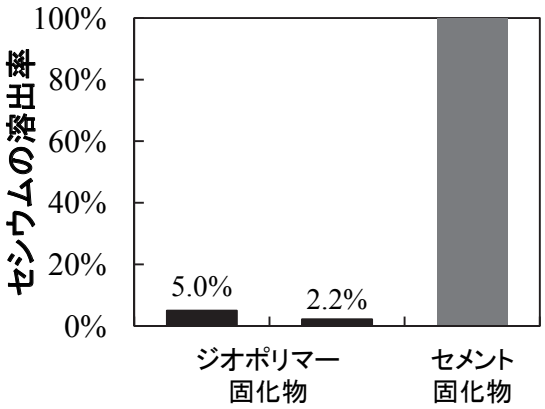
ジオポリマーはセメントと同様に、固化したい対象物を目的に合わせた大きさや形に整えることができます。




焼成処理により、

① 有害なシアン成分が分解できることを確認しました。

② 水と接触してもセシウムはほとんど溶出しません。(右図)
(セメントで固めて焼成したものは、水との接触でほとんどのセシウムが溶出しました。)




***1ジオポリマー**
非晶質アルミノシリケート系の無機固型化材料。
石炭灰や粘土鉱物などのアルミノシリケート材とアルカリの混合・養生により硬化する。

## 従来技術との比較

1 難溶性フェロシアン化物の分解に伴って遊離したセシウムを固定化し、溶出を低減
2 耐熱性を有し、加熱による脆化が生じない

## 利用分野

1 難溶性フェロシアン化物の安定化処理
2 有機系吸着材の安定化処理

## 研究のステージ

基礎研究段階

## 知財関連情報

特許第6300197号


seika.riyou@jaea.go.jp

# 水溶液添加による水中からの放射性セシウムの除染

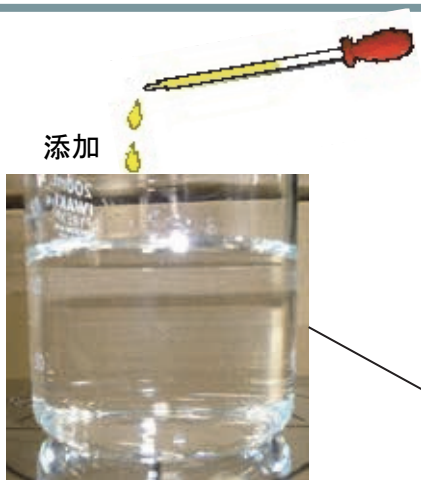
環境関連
No. 2-21

放射性セシウムに汚染された水の除染を能率よく行う技術です。フェロシアン化カリウム溶液を加えると、水中の遷移金属とフェロシアン化カリウムが反応し、フェロシアン化物の沈殿が生成します。このフェロシアン化物沈殿がセシウムを吸着し、水中のセシウムを除染できます。

## 技術の特徴

### フェロシアン化カリウム水溶液

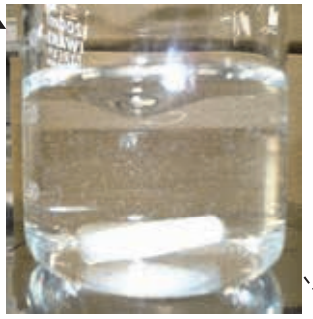
■フェロシアン化カリウム
食品添加物としても使用されています。鉄イオンとの反応によりできた沈殿物がセシウム除染にしばしば使われるプルシアンブルーです。




### セシウム汚染水

微量の金属（マンガン、鉄、コバルト、ニッケル、亜鉛）を含んだ水にフェロシアン化カリウム水溶液を添加します。

30分混合後



フェロシアン化物沈殿が水中の放射性セシウムを吸着します。

### 沈殿物の回収

例）
ポリマーによる回収



| | 必要量 |
|---|---|
| フェロシアン化カリウム | 0.063 μg |
| 金属（鉄など） | $2 \times 10^{-9}$ μmol/L |

Cs-137に100 Bq/kgで汚染された水 1万 Lを除染するために必要な量

## 従来技術との比較

1 一般的な試薬を使用するため、薬品のコストが安い
2 水中の金属を利用するため、廃棄物量が少ない
3 $^{60}$Coなど遷移金属核種も除染できる

## 利用分野

排水の放射性セシウム除染処理

## 研究のステージ

試作検討段階

## 知財関連情報

特許第6099243号


seika.riyou@jaea.go.jp

# セシウムイオン吸着剤

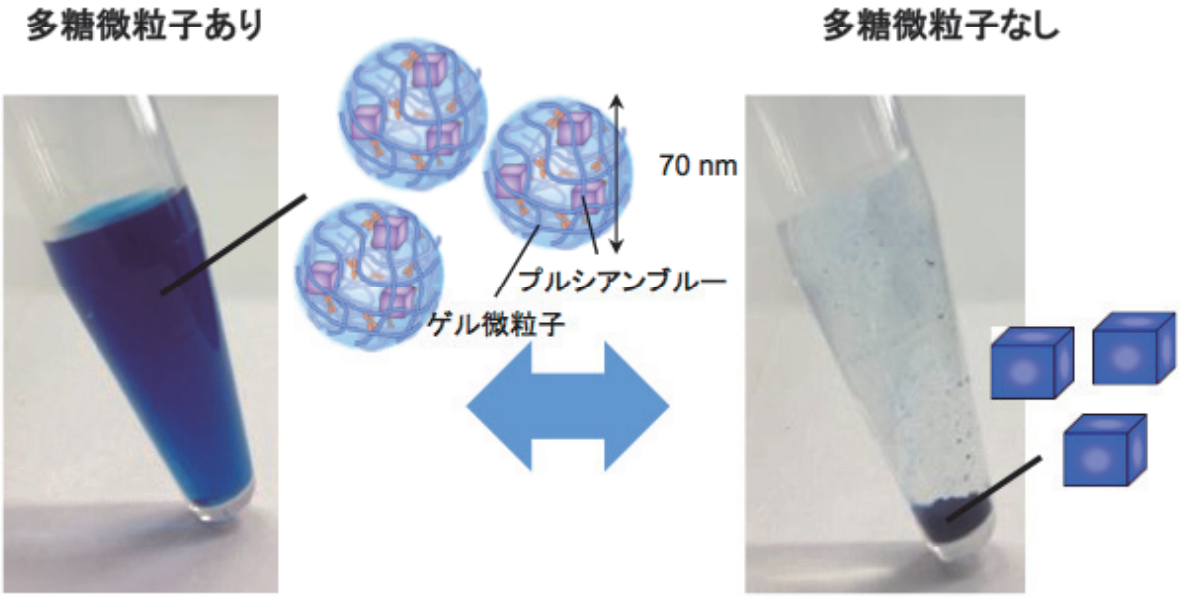
環境関連
No. 2-22

水への分散性が高く、素早く高効率でセシウムイオンを吸着する高分子ー無機ハイブリッド微粒子材料です。多糖が形成するゲル微粒子中でフェロシアン化物を結晶化させることによって、短時間で多量のセシウムイオンを吸着出来る材料を実現しました。

## 技術の特徴

セシウムイオンを選択的に吸着するプルシアンブルーをゲル微粒子中で合成することにより、ゲル微粒子ープルシアブルー複合体を合成出来る点が特徴です。

非常に高い分散性を示し、高効率でセシウムイオンを吸着することが出来ます。




プルシアンブルー微粒子が形成し、水への高い分散性を示す。

プルシアンブルーの大きい塊が形成し、水に沈殿する。

## 従来技術との比較

1 高セシウムイオン吸着速度
2 高セシウムイオン吸着量
3 高い水分散性

## 利用分野

セシウムイオンの吸着除去

## 研究のステージ

基礎研究段階

## 知財関連情報

特許第6320781号


seika.riyou@jaea.go.jp

# 電解凝集法による除染廃液等からの放射性物質の除去

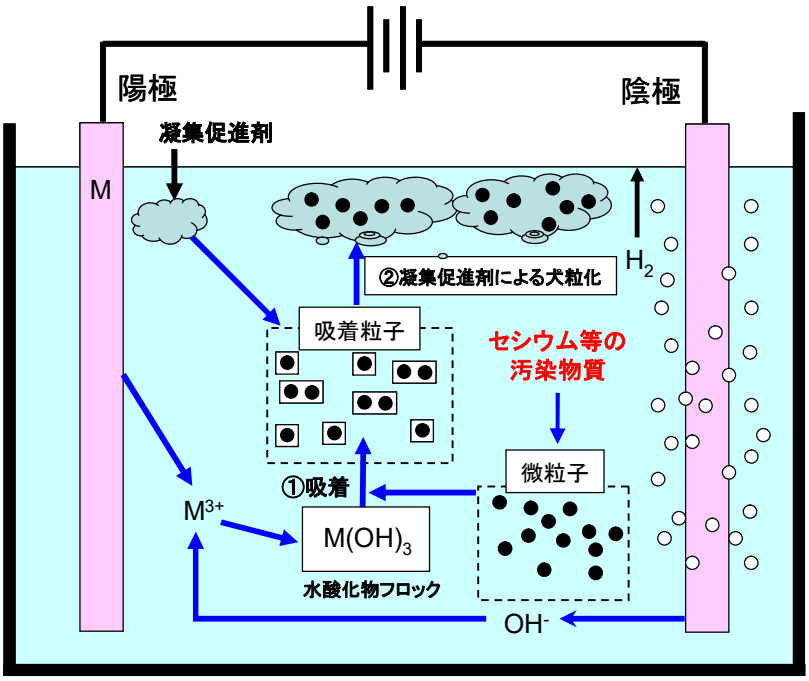
環境関連
No. 2-23

電解凝集法とは、液中の汚染物質を電気化学的に分離・除去する技術であり、化学薬品を使用しないため環境にやさしく、コンパクトで簡易的な装置で優れた性能を発揮します。この技術を除染技術に適用できるように高度化に成功しました。

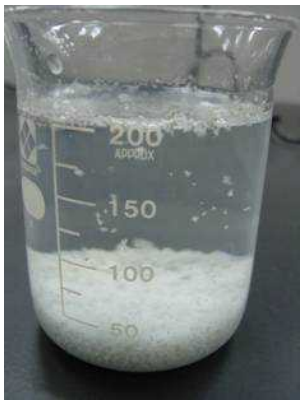
## 技術の特徴

放射性物質に吸着性のあるゼオライト等の粒子は、粒が細かい程吸着性能が良くなりますが、粒が細かい粒子は一般的に回収が困難です。電解凝集法は、微細粒子を効率的に凝集、沈殿、除去できるため、放射性物質の迅速な除去が可能となります。

装置構成は特殊な電極と電源のみで、非常にコンパクトで簡便です。




電解凝集法による汚染物質の除去プロセス



電解凝集法により
セシウムを凝集・沈殿
させた例

## 従来技術との比較

1 短時間で大量処理が可能
2 凝集剤等の化学薬品を使用しないので、環境にやさしい
3 装置サイズのコンパクト化と工程の簡素化
4 フィルタ等が不要であり、廃棄物の低減化

## 利用分野

1 除染廃液の浄化
2 地下水や池、湖等の除染
3 工業排水の浄化

## 研究のステージ

実用化段階

## 知財関連情報

特許第6343760号
（共願：㈱イガデン）


seika.riyou@jaea.go.jp

# セメントを使わない放射性廃棄物の固化処理方法

環境関連
No. 2-24

セメントはアルカリ性であることから、固化する放射性廃棄物等にアルミニウムや鉛が含まれている場合、セメントと反応しガスが発生し固化することが難しくなります。
本方法では、中性の固化剤を用いることで、アルミニウムや鉛を含む放射性廃棄物でも安定に固化できます。

## 技術の特徴

- ○ セメントを使わず放射性廃棄物を固化できます。
- ○ 酸化マグネシウムとリン酸二水素ナトリウムの反応により、**中性の固化体**が出来ます。
  （$NaH_2PO_4+MgO+5H_2O \rightarrow MgNaPO_4 \cdot 6H_2O$）
- ○ 中性の固化体が出来るため、**アルカリと反応するアルミニウムや鉛を含む放射性廃棄物でも安定して固化することが出来ます。**
- ○ 従来のセメント混練装置と同等の装置構成で、固化体を作ることが出来ます。
- ○ 取扱いの容易な一般の材料を使うため、特殊な装置構成は不要です。
- ○ セメントより、固化時間が短いため、**短時間で固化体を作ることが出来ます。**



図 固化体の外観

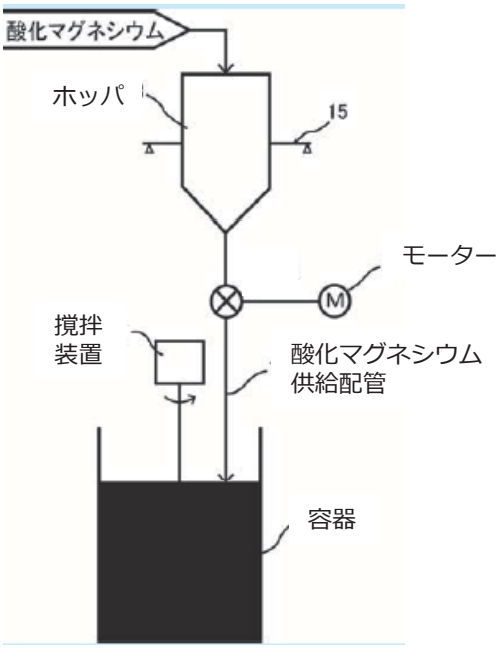



図 混練装置の一例

## 従来技術との比較

1 セメントと反応するアルミニウム等を含む廃棄物でも、前処理不要
2 放射性廃棄物をそのまま固化できるので、放射性物質の拡散が低減可能
3 セメントよりも短い時間で固化可能

## 利用分野

1 放射性廃棄物処理施設
2 原子力発電プラント
3 有害・産業廃棄物処理施設

## 研究のステージ

基礎研究段階

## 知財関連情報

特許第4787998号

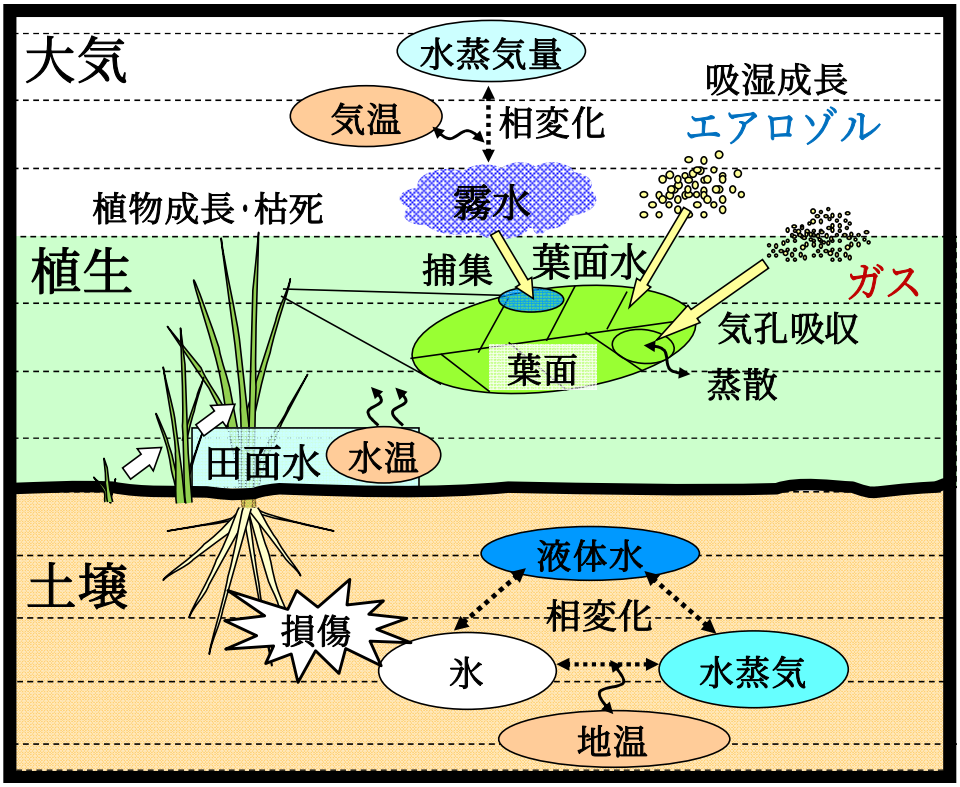

seika.riyou@jaea.go.jp

# ガス･エアロゾル交換過程を考慮した陸域生態系モデルSOLVEG-GAP

環境関連
No. 2-25

自然および人為起源の大気汚染物質の陸面生態系への移行を計算するソフトウェアです。種々の化学物質について、ガスや浮遊粒子（エアロゾル）としての葉や土壌への乾性沈着およびそれに関連する陸面過程を詳細に計算することができます。

## 技術の特徴




- 汚染物質の大気中濃度を入力し、葉や土壌への沈着（取り込み）を計算
- 様々な大気汚染物質や環境負荷物質に対応
  ガス：$CO_2$、オゾン、NO、$NO_2$、$HNO_3$、HCl、$SO_2$、$NH_3$
  エアロゾル：$SO_4^{2-}$、$NO_3^-$、$NH_4^+$、$Cl^-$、$K^+$、$Mg^{2+}$、$Ca^{2+}$
- 沈着に影響するエアロゾルの吸湿成長、植物の成長、田面水の有無を考慮

## 従来技術との比較

1 ニーズに応じて種々の化学物質に対応
2 既存技術には含まれない熱･水循環を考慮することで、現実気象下で変動する化学物質の移行評価が可能

## 利用分野

1 大気汚染物質の陸面への沈着および再放出評価
2 気象モデル、大気拡散モデルとの融合による物質循環研究

## 研究のステージ

実用化段階
（利用申し込みにより入手可能）

## 知財関連情報

Katata et al., 2013. Agricultural and Forest Meteorology. vol.180, pp.1-21.


seika.riyou@jaea.go.jp

# 除染活動支援システムRESET

環境関連
No. 2-26

RESETは、福島第一原子力発電所の事故で汚染された地域の除染事業を支援することを目的に開発したシステムです。RESETは、簡便なユーザーインターフェースとデータベースの連携により、除染の効果や将来の空間線量率の予測を短時間で精度よく行うことができます。

## 技術の特徴

- データベースの活用によるデータ入力の簡易化（図1）
  - ・地形データベース（国土地理院10mメッシュ）
  - ・土地利用データベース（国土地理院、水土里ネット）
  - ・空間線量率データベース（航空モニタリング、走行サーベイ、歩行サーベイetc.）
- 3次元解析による高精度の予測（図2）
- 地図、航空写真上での可視化による分かり易い結果の表示（図3）




図1RESETの入出力構成

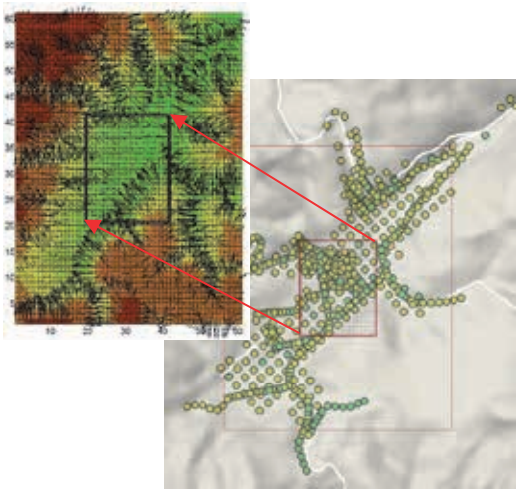


図2国土地理院の10mメッシュ標高データを用いた空間線量率の3次元解析

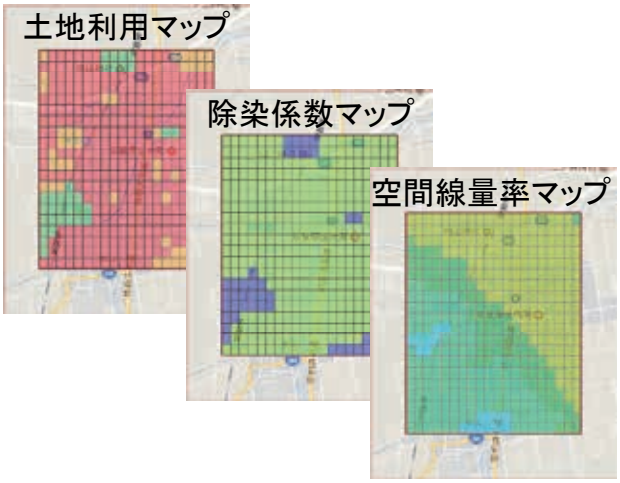



図3各種マップの地図上での可視化

## 従来技術との比較

1 専門知識を必要としないWEBブラウザを用いた非常に易しいデータ入力
2 応答関数データベースによる短時間で高精度な3次元分布予測
（専門家によるモンテカルロシミュレーション相当の解析が数十分で可能）

## 研究のステージ

実用化段階（国、自治体等への情報提供に活用中）

## 利用分野

1 放射能汚染地域の除染効果の予測
2 放射能汚染地域の空間線量率の将来予測
3 除染費用の概算、発生する除去物量の概算
4 国、自治体が策定する除染計画に必要な情報提供

## 知財関連情報

https://www.fukushima-kankyosozo.jp/lancelot/common_files/images/public/22_haikibutsu2.pdf


seika.riyou@jaea.go.jp

# 放射線加工ゲルを用いた吹付和紙

ナノ・材料
No. 3-1

和紙の原料液を吹付けることで、和紙の質感と風合いを損なうことなく、和紙の立体オブジェや和紙被覆の壁板等の建設資材を製作できます。

## 技術の特徴

手漉き和紙の原料液に放射線照射で改質した高吸水性ハイドロゲルを添加することで適度な粘性をもたせ、スプレーガンで吹付けた際に和紙材が流れ落ちにくくしました。立体的な型への吹付けやパネルなどの建築資材に吹付けて乾燥させることで、和紙の風合いがそのままで、骨組部材のないランプシェードや立体オブジェなどの室内装飾品や新規建築資材を製作できます。


伝統的手漉き作業


立体型への吹付け作業




壁パネルへの吹付け作業



## 従来技術との比較

1 骨組工程がなくシームレスな立体形状物
2 質感、風合い、外観 等が優れた和紙被覆の木材、ガラス、アクリル等のパネル製品

## 利用分野

1 インテリア・照明器具
2 室内装飾
3 建築素材

## 研究のステージ

実用化段階

## 知財関連情報

特許第5386741号
特許第5376337号


seika.riyou@jaea.go.jp

# ハイドロゲル塗工和紙及び消臭和紙

ナノ・材料
No. 3-2

和紙に高吸水性ハイドロゲルを塗工したり、更に消臭剤とハイドロゲルを混ぜた層を挟み込むことで、高性能・高機能な和紙が得られます。

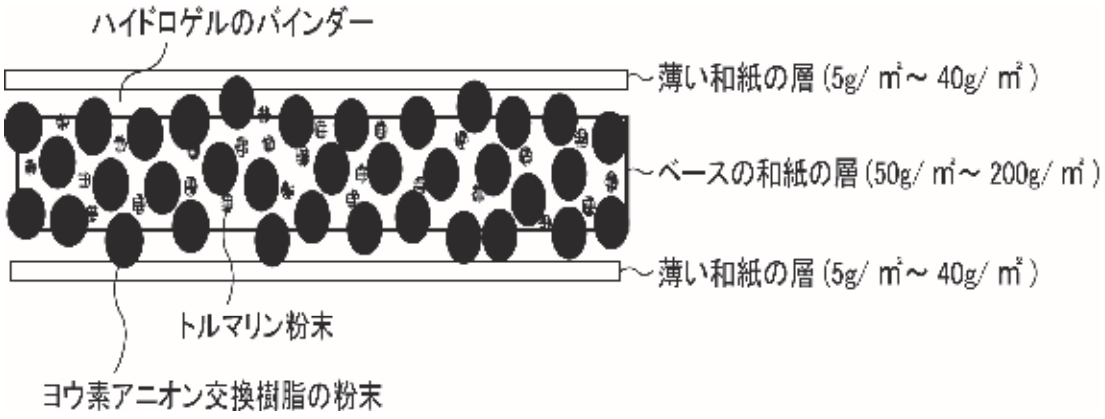
## 技術の特徴

1. ハイドロゲル塗工和紙

放射線照射で改質した高吸水性ハイドロゲルを和紙の両面に塗工し、内部に浸透させることで、和紙本体の吸水率を一定に保ち、和紙の欠点である湿度による伸縮を防止できます。これにより壁紙や金箔用裏打ち用紙に最適な新機能の製品が製造できます。また、抗菌剤を混入することで抗菌性も付与できます。

2. 消臭和紙

消臭剤としてヨウ素アニオン交換樹脂及び効果持続安定剤としてトルマリンとハイドロゲルを混入した和紙の層を、更に薄いハイドロゲル塗工和紙でサンドイッチすることで、水洗いも可能な高機能性消臭和紙を実現しました。




高機能性消臭和紙の実施形態断面図

## 従来技術との比較

1 “水分安定性があり、湿度に強い”高性能和紙
2 “抗菌性や消臭性を有する”高機能な和紙が得られる

## 利用分野

1 印刷・紙器材料、住宅素材・インテリア
2 保存箱、運送資材
3 医薬品・化粧品、病院、介護関係

## 研究のステージ

実用化段階

## 知財関連情報

特許第4899160号、特許第5229829号
（2件共願：石川製紙㈱）


seika.riyou@jaea.go.jp

# レーザー用遮光シート

ナノ・材料
No. 3-3

レーザー作業現場にて作業区域を容易に確保することを目的に開発したレーザー光の遮断に優れ、軽量で持ち運びが容易な仕切り材です。

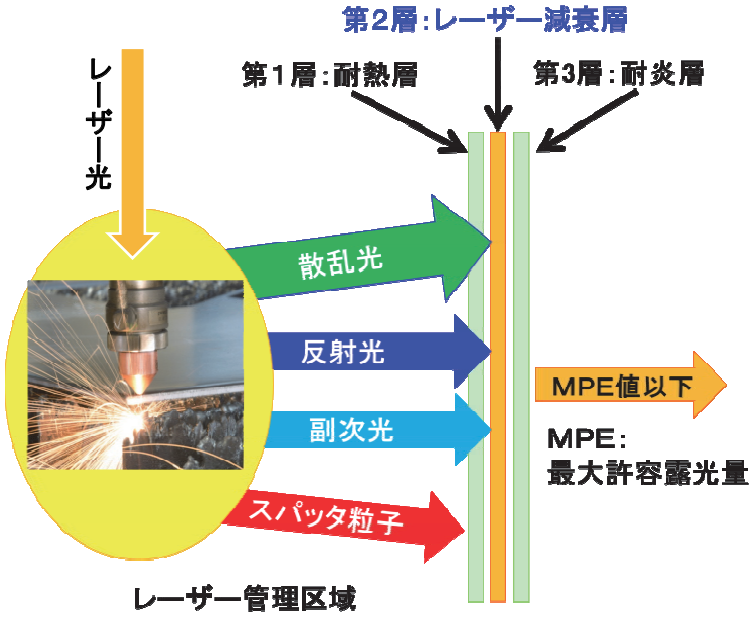
## 技術の特徴

高出力レーザーを産業界や原子力施設の廃止措置等に利用する場合は、レーザーの種類に応じた安全対策を講じることが義務付けられています。その一つとしてレーザー管理区域を設定し、区域への立入制限をします。この仕切りシートを用いることで、容易にレーザー管理区域を設定することができます。



①製品はカーテン状での使用を想定
②厚さ:3 mm以下
③レーザー光強度減衰率
　OD6(1/1000000に減衰)以上
④波長:可視域　～　赤外域

レーザー光の減衰層とシート自体が容易に損傷しないよう一般の溶接作業などに用いられるスパッタシート同等の性能を有する耐熱層と耐炎層を張り合わせた3層構造




## 従来技術との比較

1　現場にて容易に設置可能
2　すぐれたレーザー光減衰性能
3　耐熱・耐炎性をあわせもつ

## 利用分野

1　一般のレーザー加工産業
2　原子力施設の廃止措置

## 研究のステージ

実用化段階
（活用され始めた段階）

## 知財関連情報

特許第6376647号
（共願:ウラセ㈱）


seika.riyou@jaea.go.jp

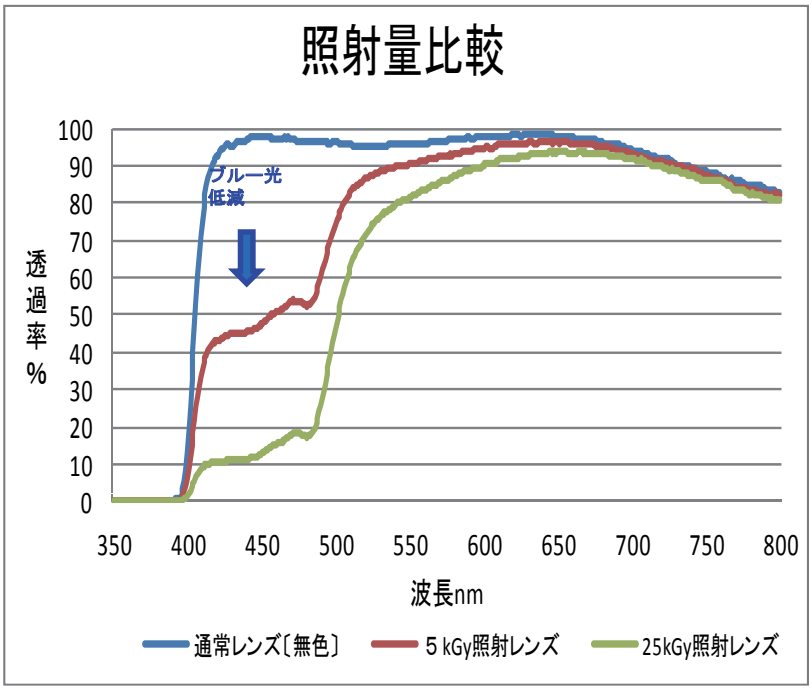
# 短時間で大量にプラスチックレンズ等の光学部材を着色する技術

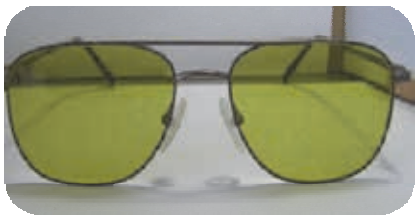
ナノ・材料
No. 3-4

短時間で大量処理が可能な放射線照射により、所要の青色光カット率が確実に得られるようプラスチックレンズ等光学部品を着色します。

## 技術の特徴

プラスチック基材自体が発色するので、従来の染色法のように色素粒子による視界の鈍化がなく、高コントラストで、くっきりと見えるレンズが製作できます。
放射線照射後に発色が安定化するまで所定の時間（例えば100日）が必要なので、照射線量と製品の青色光カット率の関係を数値データベース化し予測計算することで、確実な照射条件を提供できます。このデータベースは、ハードコートなどのコーティング材付のプラスチックレンズにも対応可能です。
また、本法は既に使用中の眼鏡レンズを着色加工するサービスも可能です。



製品例

## 従来技術との比較

1 高品質
2 染料工程の廃液発生がない
3 簡単な処理工程管理

## 利用分野

1 眼鏡メーカ
2 ファッション・スポーツ用品
3 LED等光学機器、材料メーカ

## 研究のステージ

実用化段階

## 知財関連情報

特許第5509424号、特許第5322063号
特許第6268567号、特開2015-191147
（4件共願：㈱サンルックス）


seika.riyou@jaea.go.jp

# 軽くて錆びないチタン製刃物の製造方法

ナノ・材料
No. 3-5

単一の刃物素材としては不適だが、軽い・錆びない・着色可能なチタン金属を利用し、クラッドメタル（合わせ板）製の2種類の刃物を実現しました。

## 技術の特徴

鋼に比べて柔らかいため、チタンだけでは刃物としての切れ味が劣ります。
そこで、

### 1．刃先がステンレス鋼のチタン金属クラッドメタル製の刃物

JAEAの「チタン系金属の肉盛溶接方法」の技術を使用して、銅合金等の中間層を介在させるとともに、JAEAの持つ「異材継ぎ手の製造方法」の技術を使用して、クラッド素材の内部の酸素除去を行うことにより、層間剥離の起こりにくいチタンクラッド刃物を製作しました。



チタンクラッド刃物の実施例（陽極酸化処理で着色）

### 2．刃先がセラミック粒子複合材のチタン金属クラッドメタル製の刃物

チタン粉末に硬質物質（炭化ケイ素）を分散させた複合チタン合金を刃先とし、チタン金属をクラッドした刃物を製作しました。

## 従来技術との比較

チタン材料は軽量、耐食性、耐久性に優れ、刃物に活用したい材料であるが、他の金属との接合性が悪く、利用できなかった。

## 利用分野

1　包丁
2　ナイフ
3　理容鋏

## 研究のステージ

実用化段階

## 知財関連情報

特許第5354202号、特許第5858398号
（2件共願：武生特殊鋼材㈱）


seika.riyou@jaea.go.jp

# 超短パルスレーザー光を用いたステンレス鋼表面の応力腐食割れ防止方法

ナノ・材料
No. 3-6

超短パルスレーザー光をステンレス鋼の表面に集光照射することで、その表層を蒸発除去することが出来ます。ステンレス鋼の表面が引っ張り残留応力状態にある場合、ハロゲンイオンや放射線照射により割れが発生することが知られています。蒸発除去により割れに強い表面にすることが可能です。

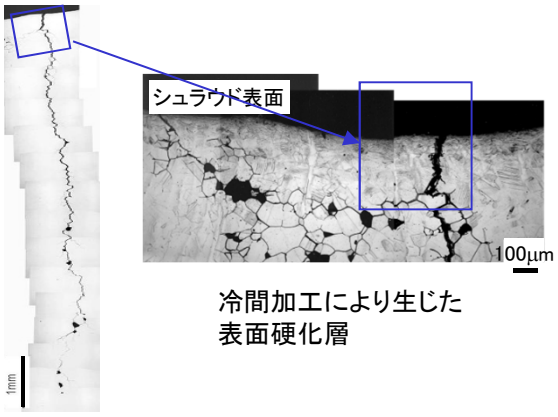
## 技術の特徴

切削や溶接などの加工が無くては大型構造物の製造・建設は出来ませんが、このような加工を行うと材料強度は著しく下がります。

ナノ秒パルスレーザーを使い水中でのレーザーパルス照射による表面に圧縮応力導入することで割れを防止する技術が実用化されています。 しかし、水を使うことで装置を防水構造にする必要があることや、水を嫌う対象の場合は制限があります。

超短パルスレーザー蒸発は、水を使うことなく乾燥大気中で引っ張り残留応力の存在する表面を除去するもので、割れ防止として、効果的な手法です。

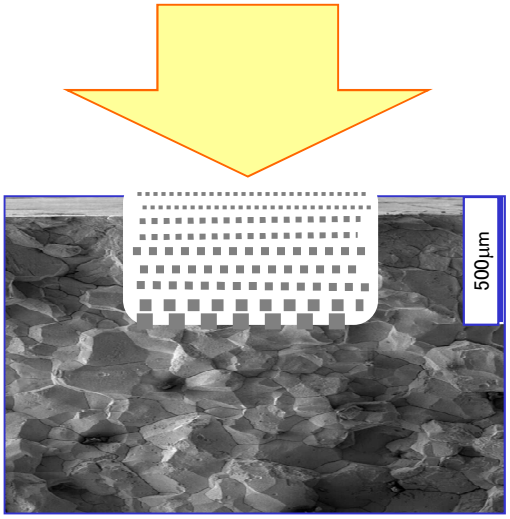
引っ張り残留応力が残っているステンレス鋼表面は応力腐食割れが発生




冷間加工により生じた
表面硬化層

炉心シュラウド
（SUS316L）のひび割れ

超短パルスレーザー光による表層の蒸発除去




## 従来技術との比較

1 水を必要としない
2 問題となる表面を除去するため応力が残留しない

## 利用分野

1 溶接部分の応力腐食割れ防止
2 放射能汚染した表面のクリーニング

## 研究のステージ

試作検討段階
（実証機による試験）

## 知財関連情報

特開2005-131704


seika.riyou@jaea.go.jp

# 高温環境での機械強度に優れた酸化物分散強化型(ODS)鋼

ナノ・材料
No. 3-7

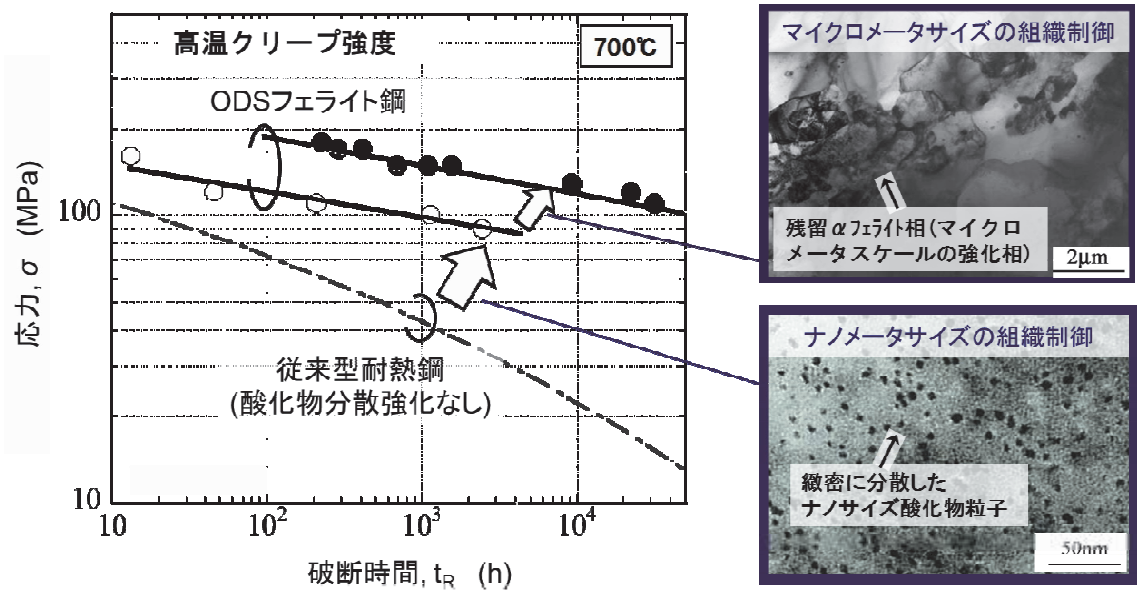
600℃超の高温で長期間使用しても材料の劣化が進みにくく、且つ加工性等の工業材料に必要な性能も具備した従来にない耐熱鋼です。本素材を高温部材に適用することで、飛躍的な長寿命化が期待できます。鉄鋼材料の組織を原子レベルで制御することで究極の耐熱材料の開発に成功しました。

## 技術の特徴

高温環境で長時間使用しても、強度劣化が生じにくい特徴があります。従来の耐熱鋼に比べて、高温下での破損寿命が千倍以上に改善します。特に材料に加わる力が100MPa以下の条件で、効果が著しく1万倍以上の破損寿命の改善も期待できます。

✓ 代表的化学組成 (wt%) : Fe-0.13C-9Cr-2W-0.2Ti-0.35$Y_2O_3$

***ナノメータ～マイクロメータスケールの材料組織を制御して、鉄鋼材料の耐熱性を飛躍的に改善！***




※図の見方:右上側のデータの方がより高強度で長時間破損しないことを意味する。

## 従来技術との比較

1 高温強度部材の千倍以上の破損寿命の改善
→ 素材の薄肉化、部材の長寿命化
2 商用のODS鋼に比べて、加工性が非常に優れている

## 利用分野

1 原子炉の燃料被覆管
2 核融合炉材料
3 火力発電材料
4 その他高温部材

## 研究のステージ

試作検討段階

## 知財関連情報

特許第3753248号
特許第4413549号


seika.riyou@jaea.go.jp

# 耐食性と高温強度に優れた酸化物分散強化型(ODS)高Cr鋼

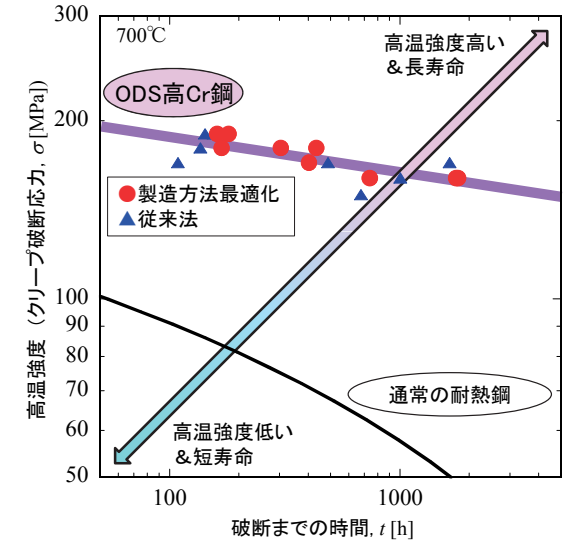
ナノ・材料
No. 3-8

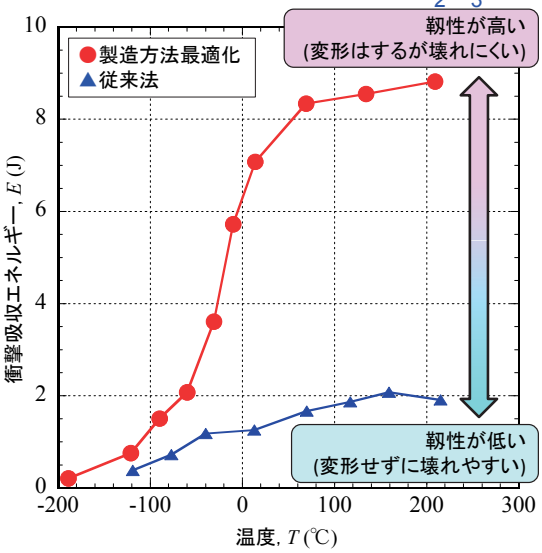
600℃以上での耐食性、高温強度と靭性の3特性全てにおいて優れた性能を実現することは、これまでの耐熱鋼では困難でした。しかし、本技術を用いたODS高Cr鋼ではこれを実現することが可能です。

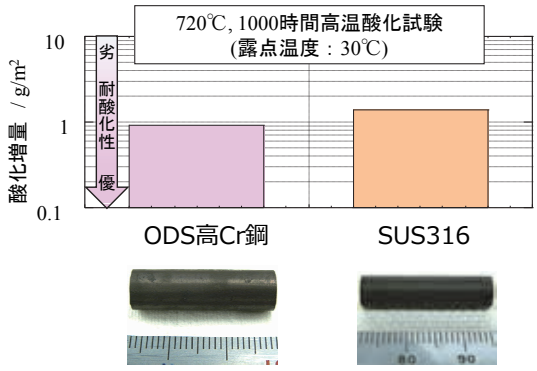
## 技術の特徴

*高温強度、靭性、耐食性を並立させた耐熱鋼を実現*

・代表的化学組成(wt%):Fe-0.13C-11Cr-0.4Ni-1.4W-0.2Ti-0.35$Y_2O_3$




SUS316鋼と同程度の耐酸化性を有する

本技術で製造したODS高Cr鋼は、従来の耐熱鋼では並立の難しかった、耐食性、高温強度、靭性の3特性のいずれにおいても、優れています。

酸化物の分散だけでなく、耐食性に寄与するCrをはじめとした組成調整の実施(高Cr化)や、製造方法の最適化によって実現した、高耐食性・高強度鋼です。

## 従来技術との比較

1 ステンレス鋼に匹敵する耐酸化性
2 耐照射性に優れ、通常の耐熱鋼を凌駕する高温強度
3 室温でも良好な靭性

## 利用分野

1 高速炉燃料被覆管や核融合炉
※高温・中性子照射環境
2 火力プラントなど

## 研究のステージ

試作検討段階

## 知財関連情報

特許第6270197号


seika.riyou@jaea.go.jp

# 高温強度に優れる酸化物分散強化型(ODS)鋼をパイプ状に精密加工する技術

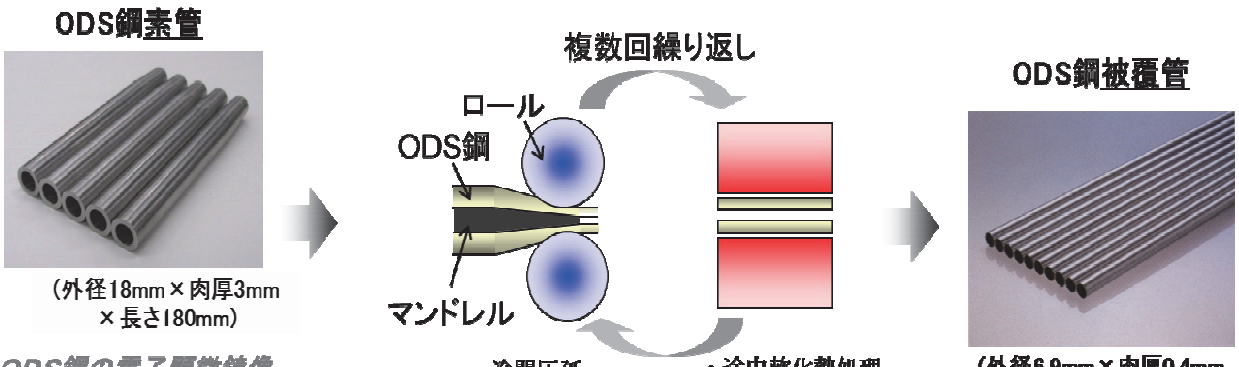
ナノ・材料
No. 3-9

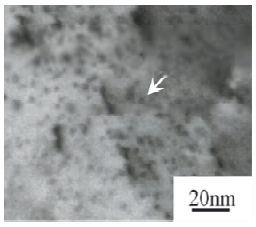
ODS鋼は、600℃超の高温で長時間使用しても、強度が劣化しにくい特徴があります。その反面、従来の鉄鋼材料に比べて加工性が劣ることが課題でした。本技術は、この課題を解決し安定的に高品質で細径・薄肉のODS鋼管を製造することを可能とするものです。

## 技術の特徴

ODS鋼など加工性が必ずしも良好ではない材料を薄肉細管状に加工することができます。本技術は、加工途中のODS鋼の材料組織を精緻に制御できるので、寸法精度に優れるだけでなく、ODS鋼管の強度特性が優れる特徴があります。

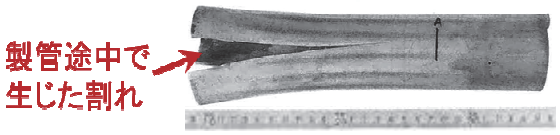
***高温強度に優れる究極の鉄鋼材料“ODS鋼”を精密に製管する技術***




・微細な粒子が材料中に高密度に分散
→ODS鋼は高温強度に優れるが、
高強度で加工性に劣る傾向にある。

特許技術を使用せず圧延した例




※ODS鋼：酸化物分散強化型(Oxide Dispersion Strengthened)鋼

## 従来技術との比較

1 細径・薄肉のODS鋼管を安定的に製造できる唯一の技術
2 ODS鋼特有の強度の異方性を解消することで、周方向および軸方向ともに優れた強度を実現

## 利用分野

1 原子炉の燃料被覆管
2 核融合炉材料
3 火力発電材料
4 その他高温部材

## 研究のステージ

試作検討段階

## 知財関連情報

特許第3073981号
特許第3672903号


seika.riyou@jaea.go.jp

# 耐粒界腐食性に優れた超高純度ステンレス鋼

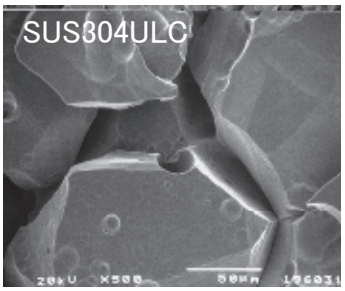
ナノ・材料
No. 3-10

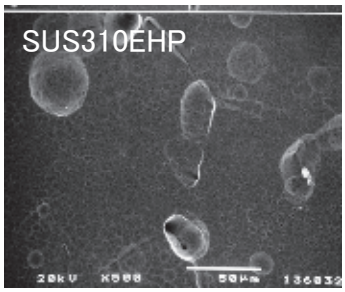
材料の腐食性に影響を及ぼす有害不純物を極力取り除き、耐食性を向上させた超高純度（Extra High Purity: EHP)オーステナイト系ステンレス鋼です。

## 技術の特徴

第1段階でCaハライドを用いた精製、第2段階で電子ビーム炉を用いた精製により、有害不純物量100ppm以下の超高純度ステンレス鋼を溶製する。

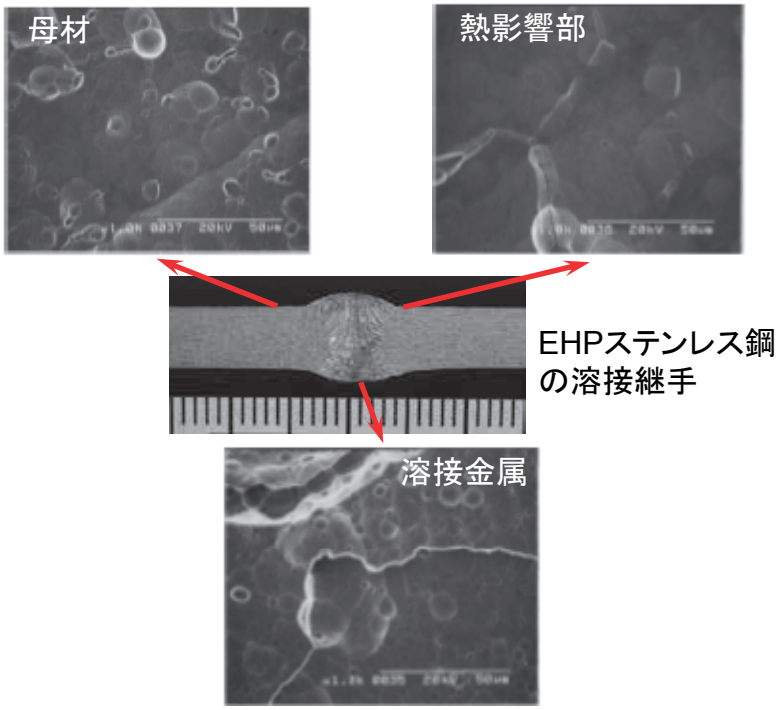
下の写真のように、沸騰硝酸中で従来ステンレス鋼（SUS304ULC）は腐食されるが、EHPステンレス鋼（SUS310EHP ）ではほとんど腐食は認められない。




沸騰硝酸中腐食試験の結果

溶接による耐食性の劣化も少なく、溶接金属に同じEHPステンレス鋼（共材）を用いることができ、別途溶接金属を用意する必要がない。




溶接継手表面の沸騰硝酸中腐食試験の結果

## 従来技術との比較

1 耐粒界腐食
2 耐応力腐食割れ
3 溶接割れ抵抗性

## 利用分野

1 硝酸の製造、リサイクル施設用材料
2 厳しい腐食環境下で稼働する化学プラント用材料

## 研究のステージ

実用化段階

## 知財関連情報

特許第5756935号
（共願：㈱神戸製鋼所、㈱コベルコ科研）


seika.riyou@jaea.go.jp

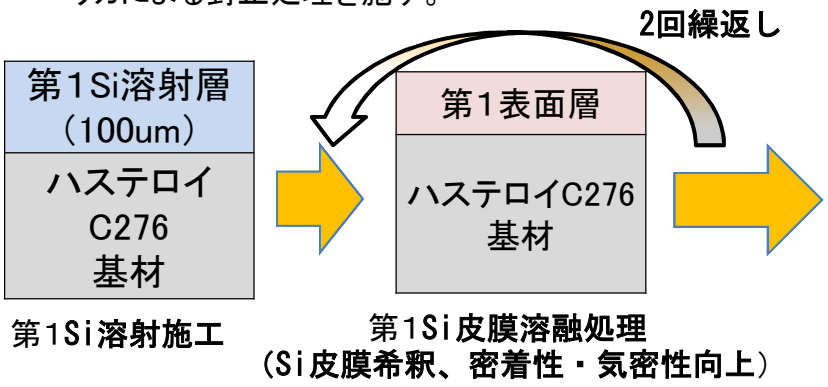
# 沸騰濃硫酸耐食性に優れたハイブリッド材

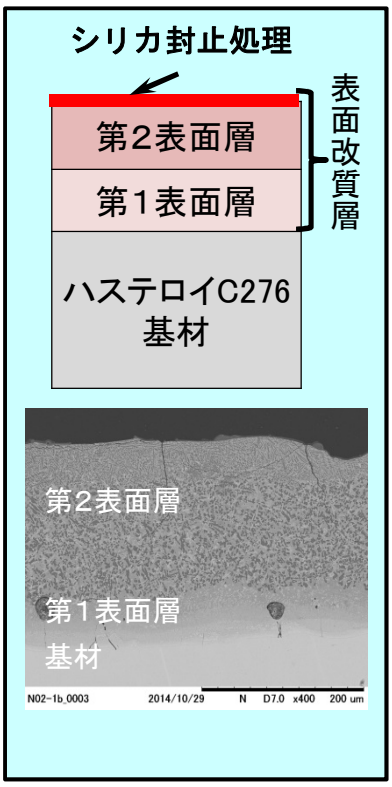
ナノ・材料
No. 3-11

沸騰濃硫酸溶液の苛酷腐食条件下でも十分に高い耐食性を示し、高温高圧においても高靭性を有するこれまでにない特性を合わせ持つ革新的ハイブリッド材

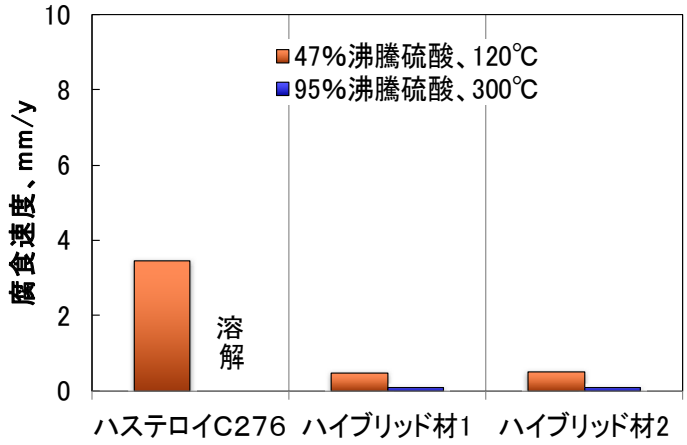
## 技術の特徴

ニッケル基耐食合金と表面層との適合性を向上させるため、両者の中間にシリコン5～20wt.%を有する第1表面層を形成させる。第2表面層に発生する亀裂開口部にシリカによる封止処理を施す。




ハイブリッド材の作製方法と表面改質層断面




沸騰硫酸中の腐食試験結果

## 従来技術との比較

1 耐沸騰硫酸腐食
2 高靭性
3 加工性

## 利用分野

1 硫酸製造プラントの乾燥塔、吸収塔等の装置材料
2 厳しい腐食環境下での化学プラント用材料

## 研究のステージ

試作検討段階

## 知財関連情報

特開2017-128771
（共願：日揮㈱）


seika.riyou@jaea.go.jp

# シリカ／ポリマー複合型イミノ二酢酸系キレート吸着材

ナノ・材料
No. 3-12

多量のナトリウムと微量の金属元素を含む溶液から、微量の金属元素の分析を阻害しているナトリウムのみを取り除く新しい手法です。従来のキレートディスク方式に比べ、カラム方式を用いることで迅速な処理が可能となるとともに、簡便な装置を用いることができます。

## 技術の特徴

- 微量の金属元素のみを選択的に吸着するシリカ／ポリマー複合型イミノ二酢酸系キレート吸着材（$SiO_2$ iminodiacetic acid resin：SIDAR）を用います。
- 多量のナトリウムと微量の金属元素を含む溶液をSIDARへ通液すると、ナトリウムのみが通過し、微量の金属元素は吸着されます。
- その後、ここへ硝酸（3M）を通液すると、吸着された微量金属元素が脱着され、微量金属元素のみ含む溶液が得られます。また、吸着材も再生されます。

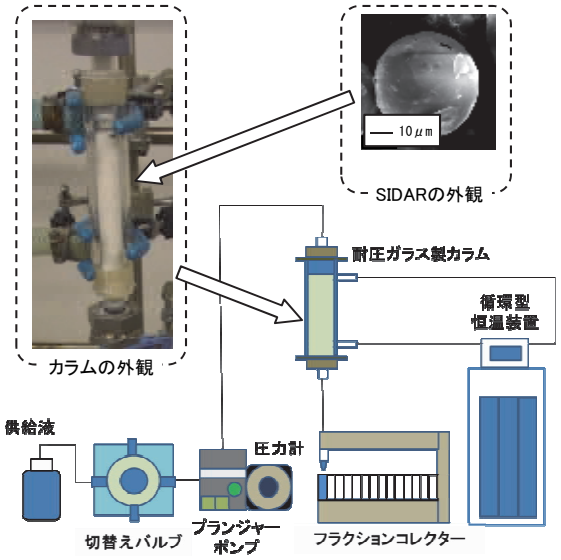



図1　微量金属元素の分離装置

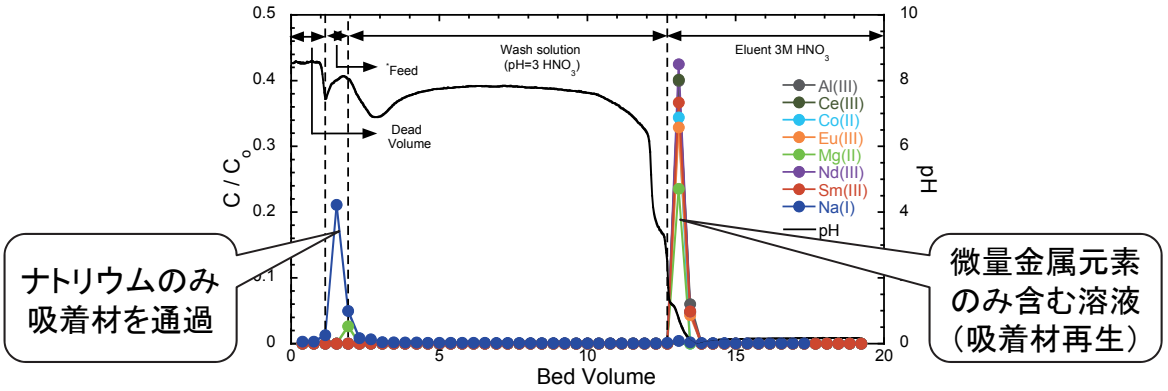



図2　微量金属元素の分離挙動

## 従来技術との比較

1　金属元素の吸着速度が速く、迅速な処理が可能
2　一般産業で用いられるカラム等を利用可能であり、コストを削減

## 利用分野

1　海水中の微量金属元素の分析
2　低レベル放射性廃液の分析
3　海水中の有用金属元素の回収

## 研究のステージ

試作検討段階
（ラボスケール実証試験）

## 知財関連情報

特許第6134892号
（共願：芝浦工大）


seika.riyou@jaea.go.jp

# 白色発光材料、溶媒センサー

ナノ・材料
No. 3-13

金化合物を液状化して白色発光体にしました。この発光体をさまざまな有機溶媒に添加し、発光色による溶媒識別を可能にしました。

## 技術の特徴

金(I)チオシアン酸化合物を液状化してガラス板上に滴下する。

ガラス板を挟んだ状態にして、冷却しブラックライトをあてると白色に発光する。

この化合物少量をさまざまな有機溶媒に添加し、冷却しブラックライトをあてると溶媒に応じて異なる発光色をしめす。

金でなくても金属塩であればイミダゾリウム塩を用いて液体化できます。

白色パネル・白色光源としての利用例

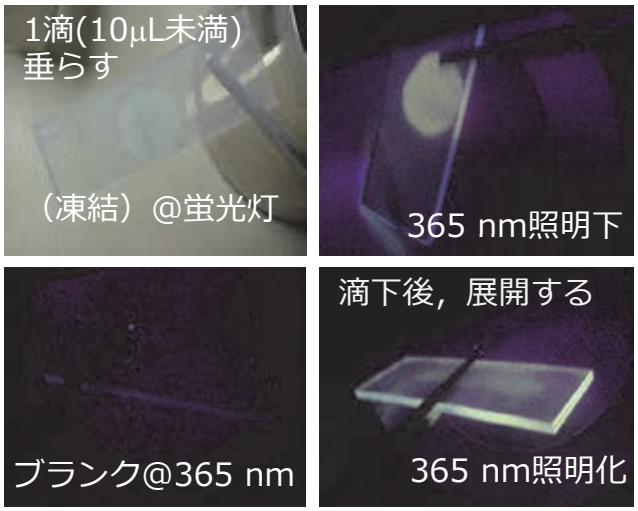



図1

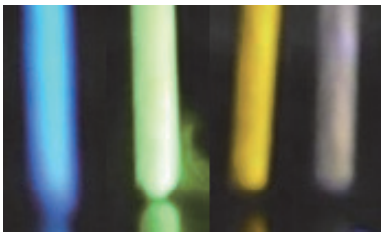



図2

## 従来技術との比較

1 単体で白色発光可能
2 発光色で溶媒識別

## 利用分野

1 イルミネーション、ディスプレイ
2 化学センサー

## 研究のステージ

試作検討段階
（少量試作）

## 知財関連情報

特許第5522352号


seika.riyou@jaea.go.jp

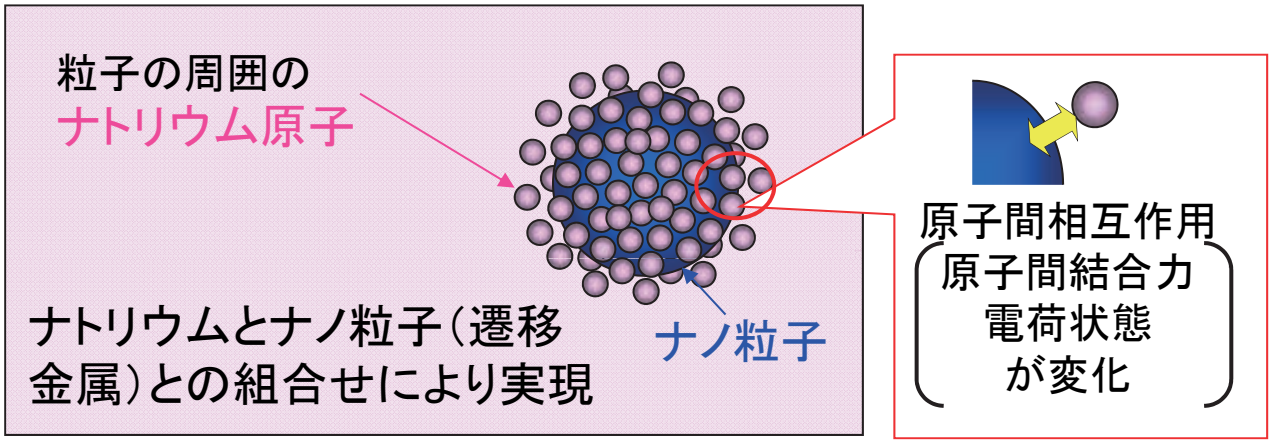
# 金属ナノ粒子分散による液体アルカリ金属の活性抑制技術

ナノ・材料
No. 3-14

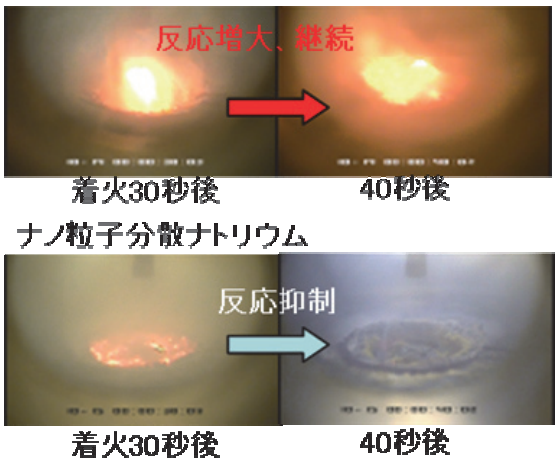
本技術は液体金属中に分散した金属ナノ粒子の原子間相互作用を利用し、液体アルカリ金属自身の化学的活性度を抑制する技術に関する発明です。

## 技術の特徴

ナノ粒子分散アルカリ金属のイメージ




ナノ粒子の周囲にアルカリ金属（ナトリウム）が原子間結合を起こし、強く結合している。




ナトリウムとナノ粒子分散ナトリウムの燃焼挙動の比較：ナノ粒子分散ナトリウムは燃焼温度が低下し、燃焼が自己終息する抑制効果が現れている。

## 従来技術との比較

1 液体アルカリ金属の活性を抑制する技術はなかった
2 安全設備の負担が低減

## 利用分野

1 高速炉（冷却材）への適用
2 NAS電池
3 液体アルカリ金属の反応抑制

## 研究のステージ

基礎研究段階

## 知財関連情報

特許第3930495号、特許第4258818号
特許第5364948号、特許第6179920号
（前記4件共願：三菱重工業㈱）、特許第3935870号


seika.riyou@jaea.go.jp

# 高性能傾斜材料の製造方法

ナノ・材料
No. 3-15

本発明は、二つ以上の異なる元素または同位体により構成される材料に、地上の1万倍以上の強い遠心力を加えることで結晶状態を変化させ、材料特性を向上させる方法です。

## 技術の特徴

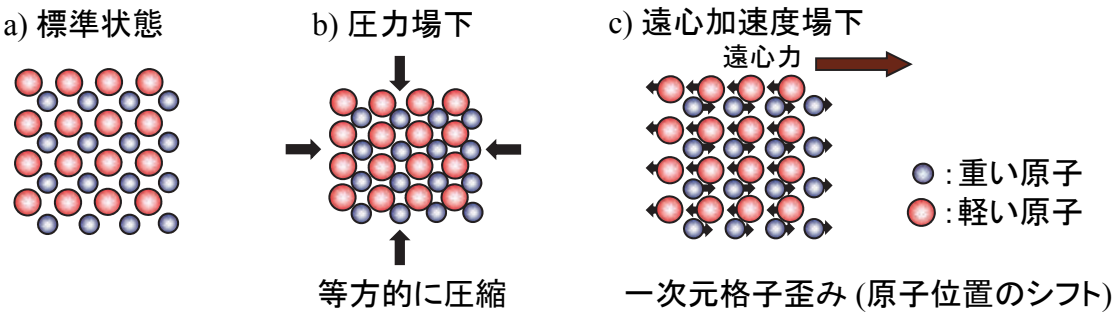



図1 強い遠心加速度場下の特異な結晶状態

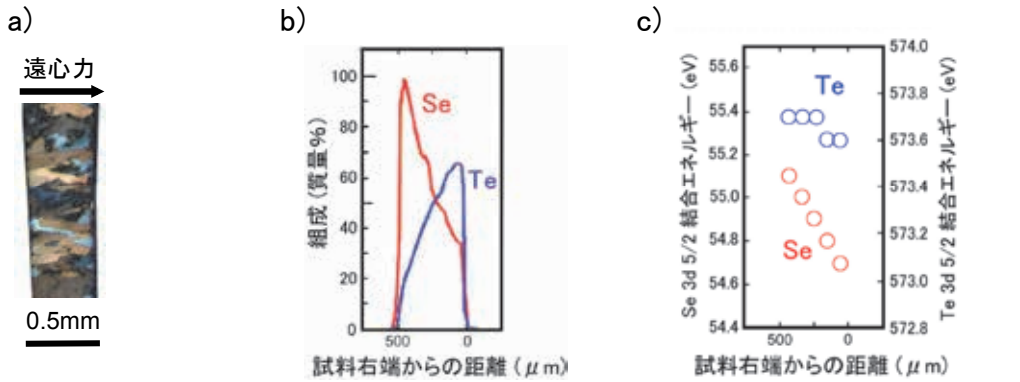



図2 バンドギャップが原子スケールで連続的に傾斜したSe-Te半導体固溶体
a)遠心処理後の$Se_{70}Te_{30}$半導体円板状試料断面の顕微鏡写真、b)組成、
c)SeおよびTe の3d電子の結合エネルギー

得られる効果:

1) 組織(結晶)の微細化 →例えば、熱電材料の性能指数向上が期待されます。
2) 異方性組織の導入 →例えば、傾斜機能材料が得られます(図2)。

## 従来技術との比較

微粉末の焼結等に比べ、原理的に密度が高い材料が得られる。

## 利用分野

1 熱電材料の性能指数向上
2 広い温度範囲で平均効率が高い熱電発電
3 任意の電磁波の波長範囲での光エミッタ/センサ

## 研究のステージ

基礎研究段階

## 知財関連情報

特開2006-207011(共願:熊本大学)
J. Appl. Phys. 101, 113502 (2007)


seika.riyou@jaea.go.jp

# 直動式ポンプ装置

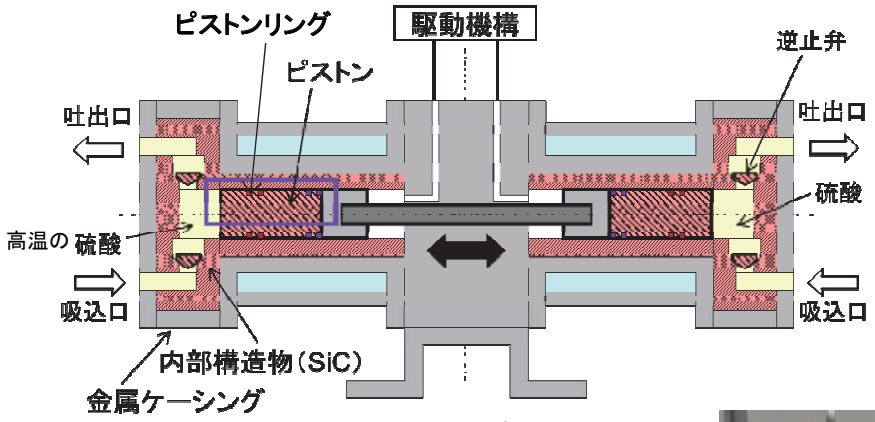
機械・装置
No. 4-1

各種気体や液体を高圧供給するための工業用の高圧ポンプ等に好適なポンプで、摺動摩擦が少なく、脈動の小さい直動式ポンプです。

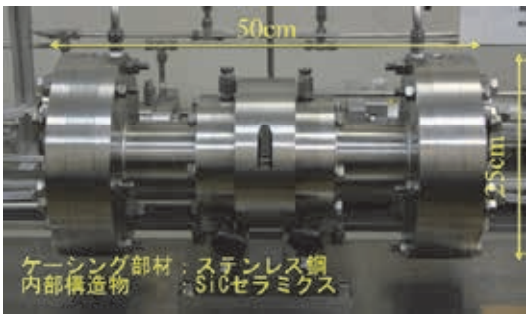
## 技術の特徴

摺動摩擦を低減し、ピストンの時間当たりの移動量を等しくして、吐出流量変化率を抑え、脈動の少ない点が特徴です（下図を参照）。

・ピストンを直動式、ピストンリングの採用により摺動摩擦を低減。
・左右にピストンを配置した往復駆動により、脈動を抑制。
・接液部にSiC等の耐食部材の採用により、高温、強腐食性流体の移送が可能。




直動式ポンプ概念図




試作ポンプ

## 従来技術との比較

1　摺動摩耗の低減
2　脈動の抑制
3　高温、強腐食性流体の移送が可能

## 利用分野

工業用高圧ポンプ

## 研究のステージ

実用化段階
（試作機による信頼確証試験）

## 知財関連情報

特許第5114716号


seika.riyou@jaea.go.jp

# 磁場回転式電磁ポンプ

機械・装置
No. 4-2

磁場回転式電磁ポンプは、液体金属等の導電性流体用としてシール部が無く液漏れの心配がないという従来の直線型電磁ポンプの特徴を保持したまま、既存プラントへの交換設置も可能なように、設置面積を低減し、構造を簡素化した電磁ポンプです。

## 技術の特徴

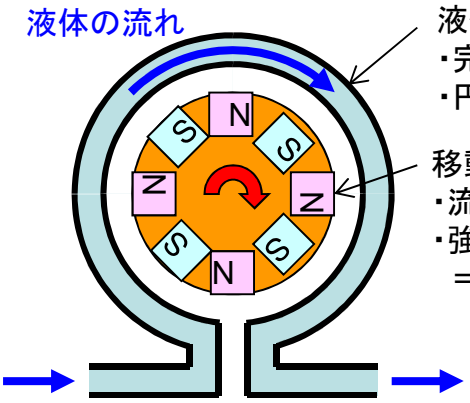
磁場回転式電磁ポンプの利点

- 液漏れがない　●ポンプ停止時の水撃がない　●低振動
- 従来の直線型電磁ポンプに比べて設置面積を1/3に低減
- 構造が簡素

（磁場生成コイルが不要、移動磁場生成装置を流路の片側にのみ設置）

磁場回転式電磁ポンプの構造の特徴

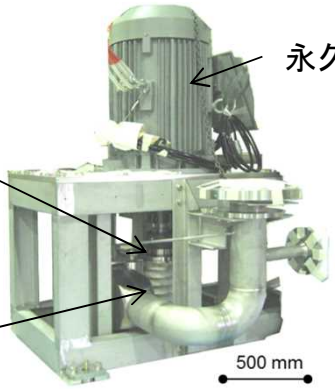
移動磁場とそれによる誘導電流との作用で発生する電磁力で液体を流動




液体の流路：電磁力が発生
・完全密閉⇒液漏れが無い
・円筒型構造⇒設置面積の低減

移動磁場生成装置
・流路の片側(円筒流路の内側)にのみ設置
・強力な永久磁石を使用
⇒構造の簡素化

J-PARCの水銀循環用の磁場回転式電磁ポンプ




流　量：38m$^3$/h
吐出圧：280kPa

## 従来技術との比較

従来の直線電磁ポンプに比べて
1　設置面積が1/3
2　構造が簡素

## 利用分野

1　液体金属の輸送
2　有害重金属を取り扱うプラント
3　鋳造プロセス

## 研究のステージ

実用化段階
（ J-PARCの水銀循環ポンプに使用）

## 知財関連情報

特許第5105239号
（共願：助川電気工業㈱）


seika.riyou@jaea.go.jp

# 熱交換装置

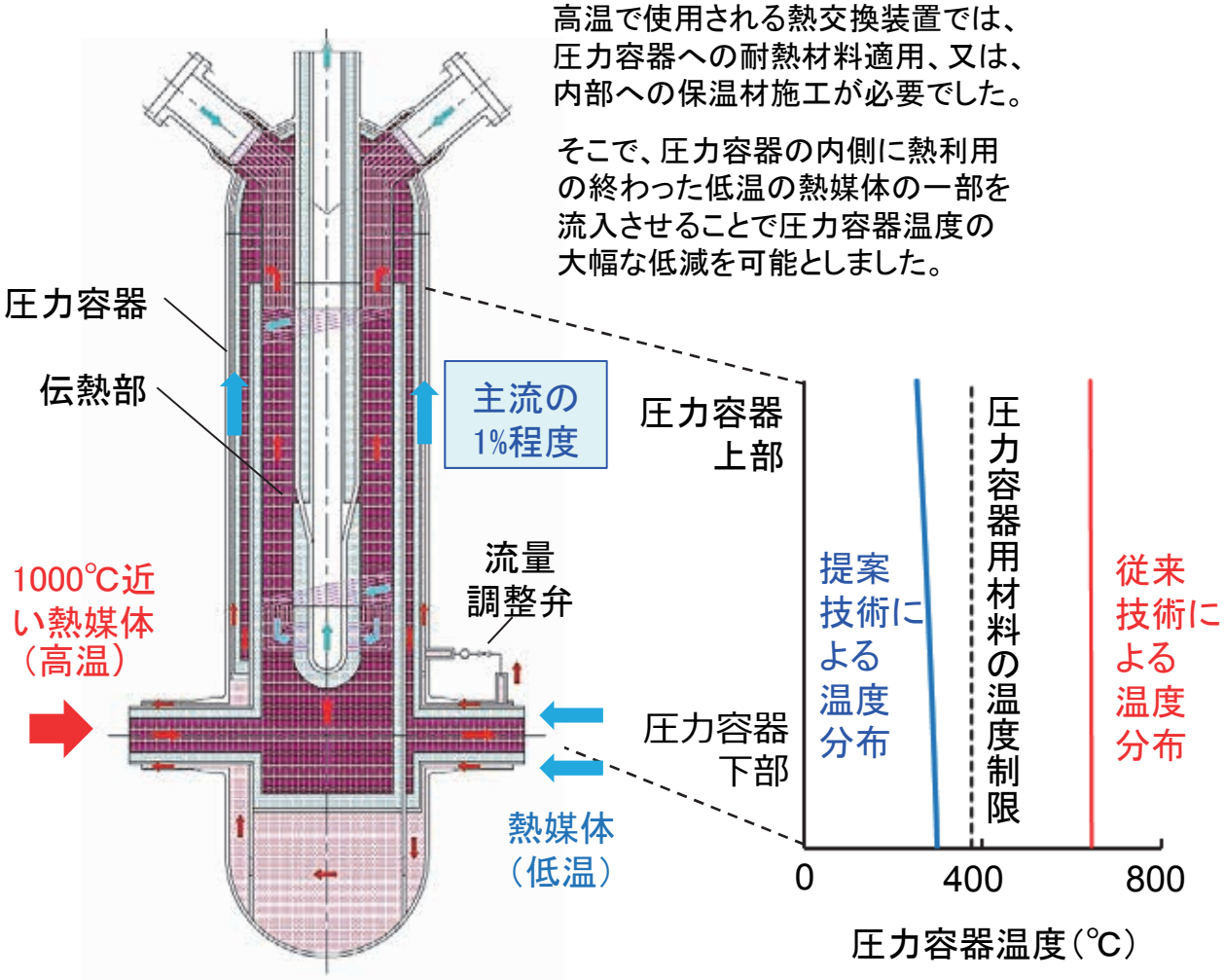
機械・装置
No. 4-3

1000℃近い熱媒体が流入する熱交換装置において、外部からの冷却水を用いることなく、圧力容器に炭素鋼など、安価な汎用材料の使用を可能とする技術です。

## 技術の特徴

高温で使用される熱交換装置では、圧力容器への耐熱材料適用、又は、内部への保温材施工が必要でした。

そこで、圧力容器の内側に熱利用の終わった低温の熱媒体の一部を流入させることで圧力容器温度の大幅な低減を可能としました。




## 従来技術との比較

1　圧力容器温度を400℃低減
2　炭素鋼等の汎用材料を圧力容器に使用可能

## 利用分野

1　高温ガス炉用熱交換装置
2　廃棄物処理プラント等、産業用の高温熱交換装置（蒸気発生器等）

## 研究のステージ

試作検討段階

## 知財関連情報

特許第6083514号


seika.riyou@jaea.go.jp

# プラズマ切断技術（移行式及び非移行式）を用いた連携切断手法

機械・装置
No. 4-4

プラズマ切断技術は、移行式（プラズマアーク）と非移行式（プラズマジェット）の2種類があり、導電材に対して高い切断能力を持つプラズマアークと非導電材の切断（破砕）が可能であるプラズマジェットの特徴を活かし、両方式を用いる連携切断により、厚い鋼材の切断や、導電材と非導電材が混在した構造材等の確実な切断を可能とするものです。

## 技術の特徴

◆ **プラズマアーク**は、金属等の導電材の切断能力が高いが、非導電材は切断不可。

◆ **プラズマジェット**は、非導電材の切断が可能だが、導電材に対する切断能力は低い。

◆ プラズマアークとプラズマジェットは**電源装置等の共有**が可能。
→出力トーチを選択または同時使用することにより連携が可能。

◆ プラズマアーク及びプラズマジェットはともに空気中でも**水中でも使用可能**。

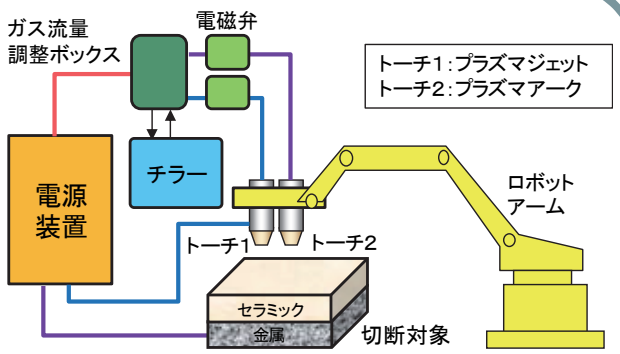



図1　連携切断の装置構成例

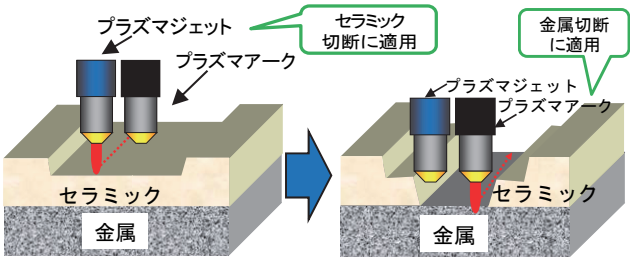



図2　非導電材と導電材が積層時の連携切断例

**連携切断手法の適用例**（装置は図1.）

➢ 金属がセラミックに覆われた積層構造材料
プラズマジェットで段階的にセラミック（10mm厚）を切断（破砕）、金属（ステンレス、35mm厚）面の露出後はプラズマアークを適用（図2.）

➢ 厚板金属の切断
プラズマアーク切断時に、プラズマジェットを並走させ入熱することにより、単独切断時よりも切断能力が1割程度向上。（図3.）

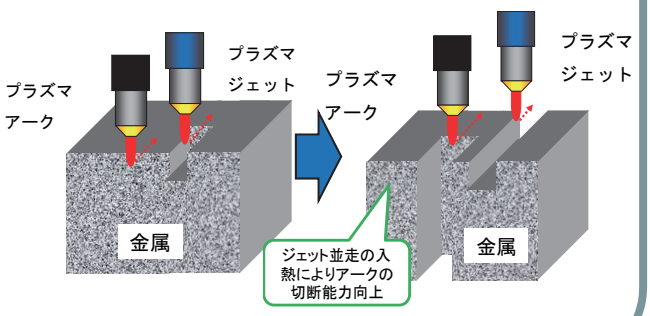



図3　連携切断による厚板金属の切断能力向上例

## 従来技術との比較

1　切断対象が導電材と非導電材の積層であっても、電源を共有しトーチの切り替えで連続的に切断が可能
2　切断困難な圧板金属を連携切断により切断が可能

## 利用分野

1　原子力施設等の廃止措置分野
（東電福島第一の燃料デブリ取出作業等）
2　解体作業全般（金属内面ライニングを施した構造材等の解体）

## 研究のステージ

試作検討段階

## 知財関連情報

特開2017-144459


seika.riyou@jaea.go.jp

# ドライアイスによる堆積物除去技術Ⅰ
## （水管ボイラ内の堆積物除去方法及び装置）

機械・装置
No. 4-5

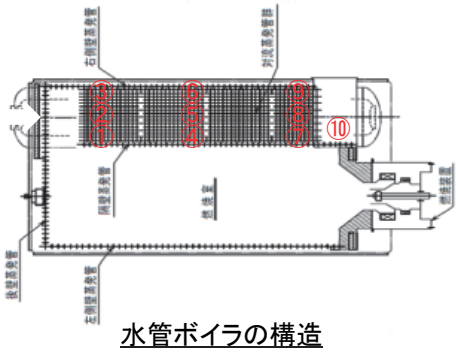
水管ボイラ内の堆積物を容易に除去できるドライアイスを用いた除去方法と装置です。複雑な構造の表面に付着した物の除去にも応用できます。

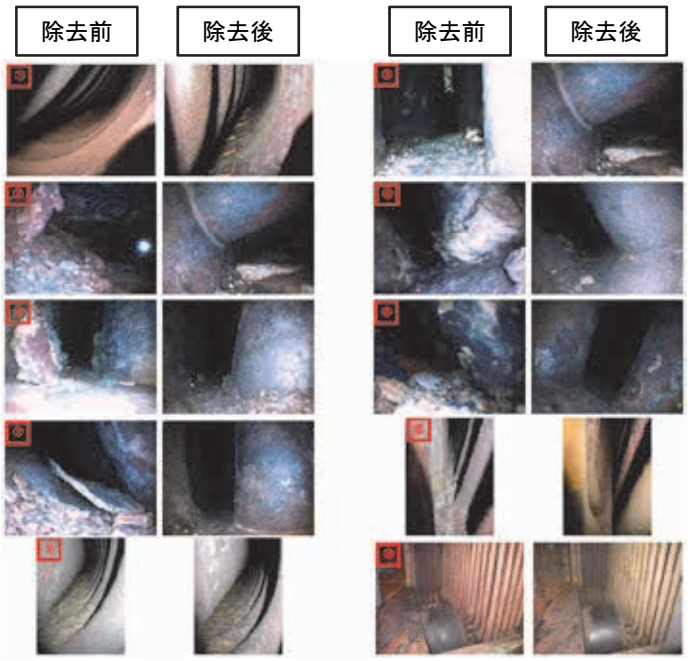
## 技術の特徴

ドライアイスと圧縮空気とを混合・噴射させ、水管ボイラ内の堆積物を剥離・除去する技術です（下図参照）。
ノズルは、ジョイント・延長方式を採用し、大小様々なボイラに使用できるよう柔軟性を持たせています。



装置概要図


水管ボイラの構造



堆積物除去前後

## 従来技術との比較

1 複雑かつ狭隘な構造に適用可
2 既設備への損傷なし
3 大小様々なボイラへ適用可

## 利用分野

1 ボイラ
2 機器の洗浄
3 塗装・錆・堆積物等の除去

## 研究のステージ

実用化段階

## 知財関連情報

特許第6304629号（共願：㈱グリーンテックジャパン）
川崎ほか、ボイラ研究No.391,8-14,2015


seika.riyou@jaea.go.jp

# ドライアイスによる堆積物除去技術Ⅱ
## （伝熱配管内面洗浄方法及び装置）

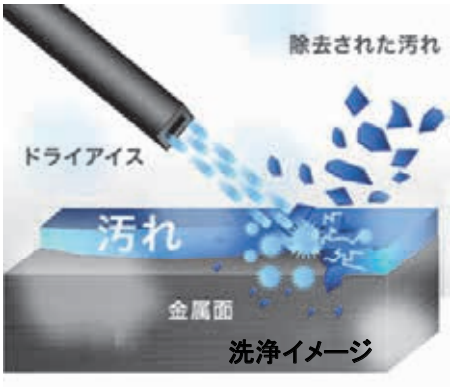
機械・装置
No. 4-6

配管内面洗浄装置及び洗浄方法は、配管内面に付着したサビや汚染物の洗浄にドライアイスを利用するという特徴を持つ技術です。洗浄時に新たな二次廃棄物を出さず、自然環境を配慮した洗浄装置・方法です。

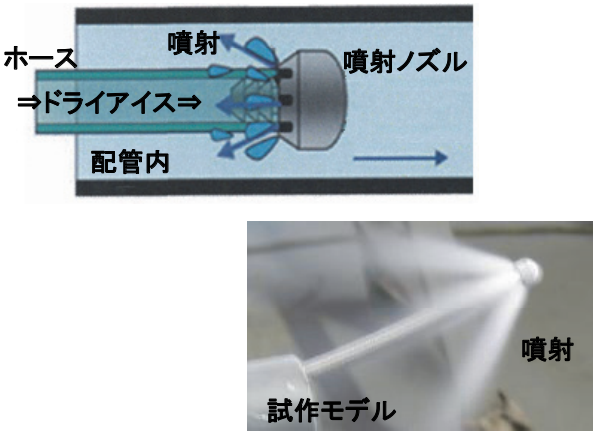
## 技術の特徴

伝熱配管等は、主にステンレスや炭素鋼が用いられ、内部を高温物質が通過する作用により内壁面に酸化物等が形成されます。通常、これらの除去には酸洗浄や高圧水洗浄が行われますが、大量の汚水などの二次廃棄物が発生し、その処理に莫大な費用と時間を必要としていました。

- 本技術では、ホース先端に取り付けた噴射ノズルを配管内に挿入して、ドライアイスを噴射させて瞬時に酸化物等の除去が可能です。
- ドライアイスを用いることで、配管等の母材を傷めず洗浄が可能です。
- ドライアイスを使用するため、汚水などの二次廃棄物を発生させないことから回収、処理作業が不要で環境にも優しく、残水などの処理も必要なく適応性が極めて高い工法です。




ドライアイスの洗浄イメージ




噴射ノズルから吐出されるドライアイスの状況

## 従来技術との比較

1 二次廃棄物が発生しない
2 母材にダメージを与えない
3 回収装置が不要

## 利用分野

各種配管内の酸化物、一般汚染物、
放射能汚染物の洗浄・除去

## 研究のステージ

実用化段階（実証試験中）

## 知財関連情報

特開2017-070891
（共願：㈱東洋ユニオン、㈱野村塗装店）


seika.riyou@jaea.go.jp

# 回転式粉体圧縮成型機

機械・装置
No. 4-7

間欠噴霧機構のある下方より噴霧する臼下部噴霧方式により、コンパクトで量産性に優れた回転式粉体圧縮成型機のダイス内壁に適量の潤滑剤を均一に噴霧・塗布する技術です。

## 技術の特徴




図1　回転式粉体圧縮成型機（試験機）の外観



図2　噴霧装置の外観

回転盤の径方向に設けた管を通して潤滑剤をダイス内面に均一に噴霧・塗布すると同時に、余分な潤滑剤は上部の集塵装置で回収します。

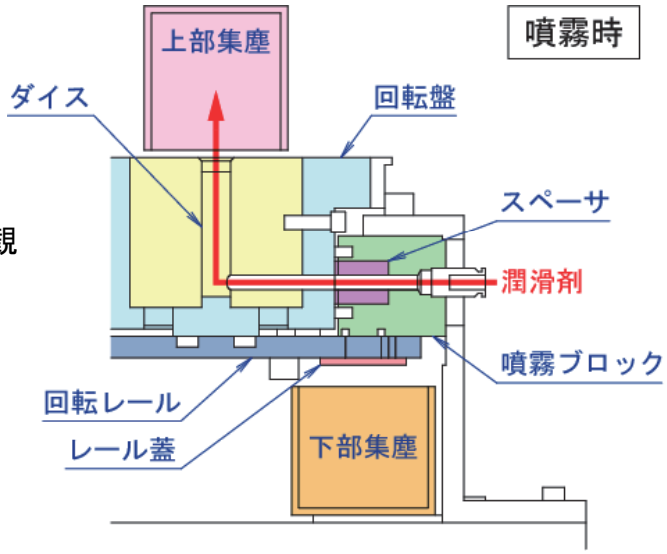



図3　臼下噴霧方式

## 従来技術との比較

1　回転盤の上方から噴霧する従来方式に比べ、回転盤の上表面への飛散量・付着量は減少
2　ダイス内周面及び下杵の上端面への潤滑剤の均一な塗布が可能

## 利用分野

1　核燃料ペレットの成型
2　医療品の錠剤の成型
3　食品、電子部品、機械部品等の成型

## 研究のステージ

試作検討段階

## 知財関連情報

特許第6153155号
（共願：木村化工機㈱、㈱菊水製作所）


seika.riyou@jaea.go.jp

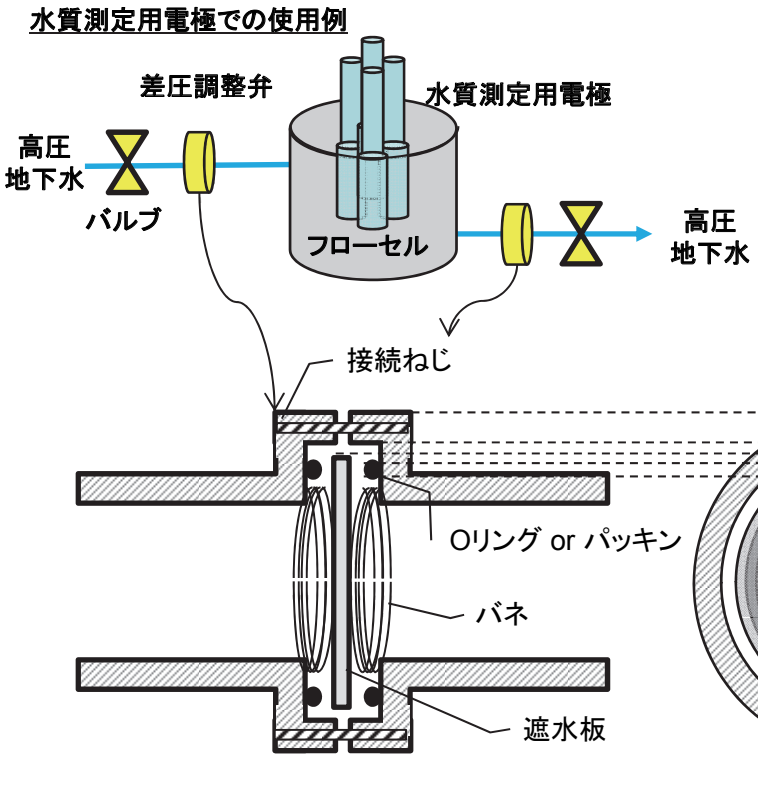
# 水質測定システム及び差圧調整弁

機械・装置
No. 4-8

高圧状態にある地下水などの、pHなどの物理化学パラメータを測定する場合、溶存ガスの脱ガスによる値の変化を防止するため、高圧環境下に測定電極を設置して測定を行う必要があります。しかしながら、耐圧性測定電極は，急激な圧力変化があると故障してしまいます。

## 技術の特徴

本技術は、バルブ開閉時の急激な液体の流入を抑制し、ウオーターハンマー現象による圧力変化を緩慢にすることで配管に接続した各種計測機器内の水圧が外圧と等しくなると液体が通常流速で流れる差圧調整弁です（下図参照）。高差圧環境下にある配管などで使用することができます。






差圧調整弁の写真

## 従来技術との比較

高差圧環境条件で使用する各種機器において、急激な圧力変化を抑制できる。

## 利用分野

1 水処理
2 機械・工業
3 環境調査

## 研究のステージ

実用化段階
（地下研究施設において使用）

## 知財関連情報

特許第6115936号
（共願：㈱ダイヤコンサルタント）


seika.riyou@jaea.go.jp

# 廃熱を有効に利用する
# 多段フラッシュ型海水淡水化システム

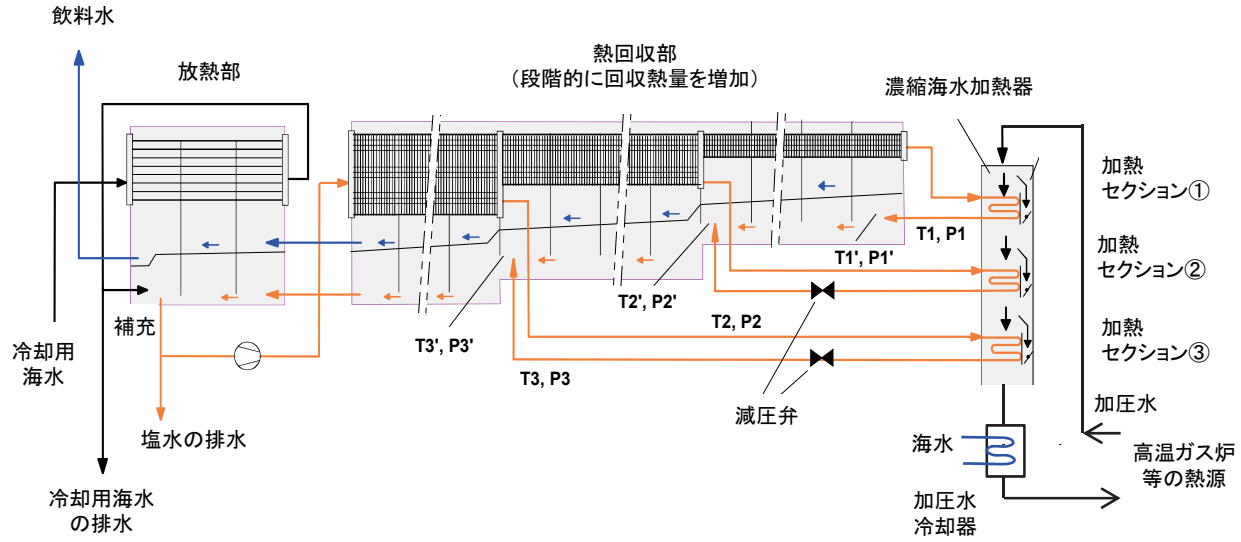
機械・装置
No. 4-9

多段フラッシュ型海水淡水化システム（MSF）において、廃熱を有効利用するために、複数の加熱セクションを有する濃縮海水加熱器及び段階的に蒸発負荷を増加させた熱回収部を導入することにより、高温ガス炉等の熱源からの熱回収率が増大し、淡水製造量を向上させる技術です。

## 技術の特徴

MSFでは、通常、濃縮海水加熱器の海水出口温度を高めることで淡水製造量が増加します。一方で、熱回収部で回収される熱量も増加し、濃縮海水加熱器の海水入口温度が上昇するため、濃縮海水加熱器での高温ガス炉等の熱源から熱回収量が低下します。

そこで、複数の加熱セクションを有する濃縮海水加熱器を導入し、高温ガス炉等からの熱を段階的に回収し、また、各加熱セクションに応じて蒸発負荷を増加させた熱回収部を導入します。以上により、高温ガス炉等の熱源からの熱回収率を増加し、淡水製造量を向上させます。




多段フラッシュ型海水淡水化システム

## 従来技術との比較

高温ガス炉を熱源として想定した場合
1　淡水製造量は約1.5倍増加
2　熱回収量は60%⇒100%
3　従来MSFに比べ50%以上の淡水製造コストダウン

## 利用分野

1　高温ガス炉ガスタービン発電システム
2　多段フラッシュ型海水淡水化システム全般

## 研究のステージ

試作検討段階

## 知財関連情報

特許第6090839号


seika.riyou@jaea.go.jp

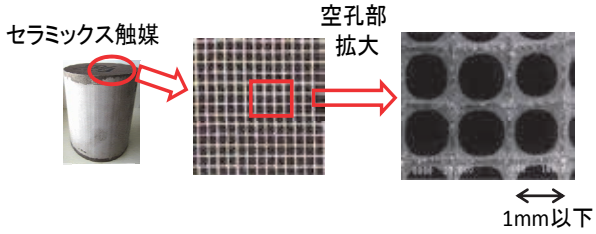
# 水素爆発防止装置

機械・装置
No. 4-10

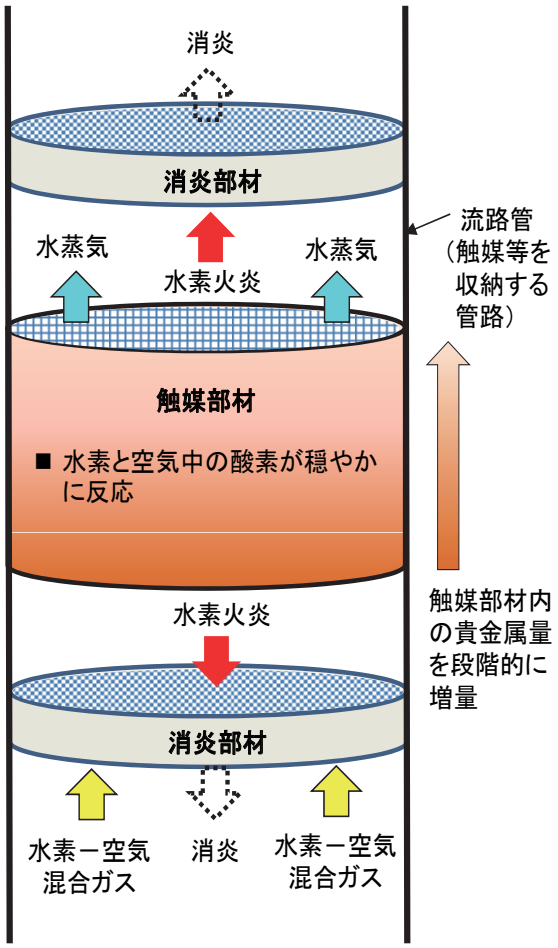
動的機器を一切使わずに漏洩した水素の燃焼爆発を防止
⇨ 触媒を用いて水素を空気中の酸素と反応させて無害な水蒸気に変換する小型・軽量な水素－酸素結合装置

## 技術の特徴

ハニカム構造セラミックスに貴金属（白金、パラジウム等）を担持し、貴金属の触媒作用で水素と酸素を大気圧、常温の下で反応させて水蒸気に変換。




優れた触媒性能、耐熱性を有する自動車用排気ガス浄化用セラミックス触媒（ダイハツ工業製インテリジェント触媒）を改良
⇒耐放射線性を確認済み




○水素は流れ方向に反応が進んでその量が減少することから、貴金属量を段階的に増加し、反応量を一定に制御。これにより過度の温度上昇を抑制し、爆発の危険性を低減。

○万が一、触媒部材内で水素燃焼が発生しても、触媒部材の入口/出口側に消炎機能を有する部材を配置して水素火炎を消炎。

○屋内、屋外に容易に設置可能

## 従来技術との比較

1 常温から水素－酸素の再結合が可能で低コスト
2 水素の燃焼拡大を阻止
3 屋内、屋外に容易に設置可能

## 利用分野

1 水素ステーションなどの水素取扱い設備における安全対策（水素燃焼爆発対策）
2 原子力発電所の安全対策（水素燃焼爆発対策）

## 研究のステージ

試作検討段階（触媒の改良試作及び性能評価、消炎部材の消炎確認試験中）

## 知財関連情報

特許第6191862号
（共願：ダイハツ工業㈱）


seika.riyou@jaea.go.jp

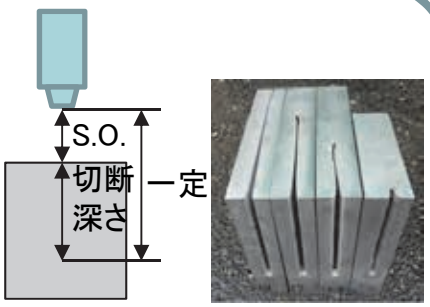
# AWJ切断工法による堆積物の選択的取出し及び切断手法

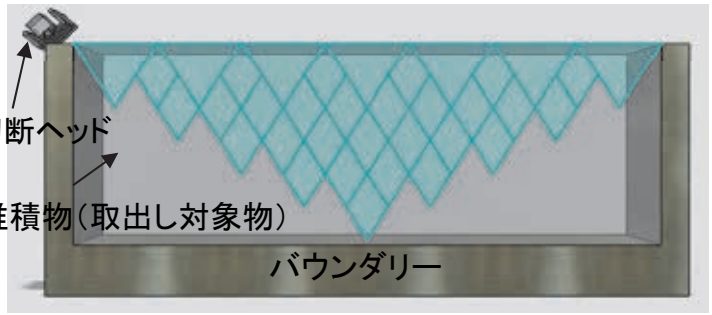
機械・装置
No. 4-11

研掃材（研磨材）と高圧水を混合・噴射して対象物を切断するAWJ（アブレイシブウォータージェット）切断工法を用い、スタンドオフや出力調整することで冷却材等を保有するバウンダリーに損傷を与えることなく、切断対象物のみを選択的に取出し、切断する手法です。なお、AWJ切断工法は、材質を問わず切断が可能な工法です。

## 技術の特徴

- **切断時に溶融金属やバリ等の発生がない特徴を活かし、V字状の段階的な切断も可能**
  - ➡ 装置の切断能力の影響を受けることなく、堆積物の取出しが可能
- **スタンドオフ※1)（S.O.）と切断深さの合計がほぼ一定**
  - ➡ S.O.を調整することでバウンダリーを損傷させることなく、堆積している対象物のみの切断、取出しが可能



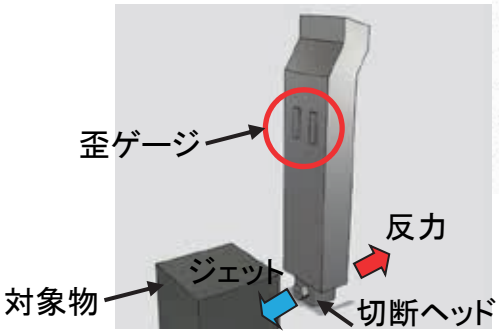



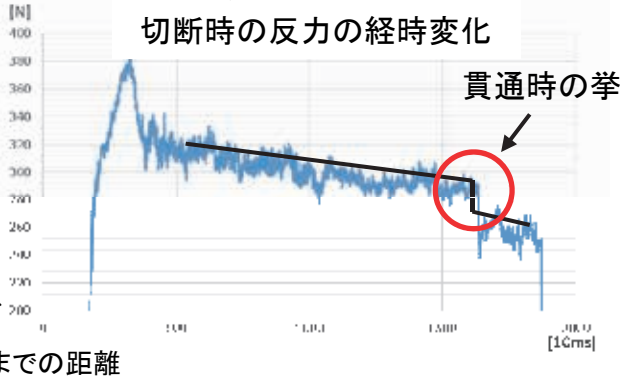

S.O.と切断深さの関係※2)（一例）

| S.O.（mm） | 50 | 100 | 150 | 200 |
|---|---|---|---|---|
| 切断深さ（mm） | 150 | 101 | 59 | 6 |
| 合計（mm） | 200 | 201 | 209 | 206 |

（バウンダリーを貫通させた場合の挙動変化）

- 歪ゲージにより切断時の反力を計測し、反力の急激な変動により貫通したことを検知可能




※1）スタンドオフ：切断ヘッド先端から対象物までの距離
※2）出力や切断速度等の切断条件によって切断深さは異なるが、S.O.と切断深さには一定の関係がある

## 従来技術との比較

バウンダリーを形成する構造物を損傷させることなく、堆積した対象物のみの切断及び取出しが可能

## 利用分野

1　原子力施設等の廃止措置分野
（東電福島第一の燃料デブリ取出作業等）
2　解体作業全般

## 研究のステージ

実用化段階

## 知財関連情報

特開2017-133916
（共願：三井住友建設㈱）


seika.riyou@jaea.go.jp

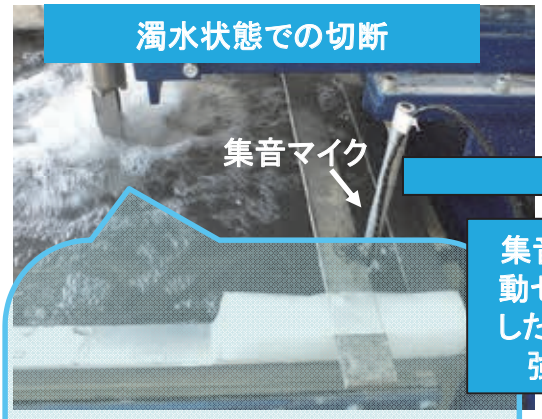
# AWJ切断工法による
# 水中切断状態判定監視システム

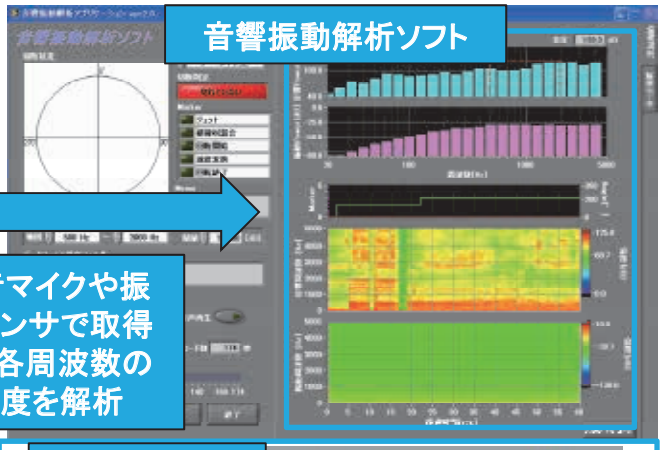
機械・装置
No. 4-12

研掃材を高圧水に混合して噴射することで対象物を切断するAWJ(アブレイシブウォータージェット)切断工法を水中で使用する際、研掃材に起因する濁水の影響でカメラ等による切断状態の良否判定が困難な場合でも、発生する音響や振動により切断状態を正確に判定できる監視システムです。

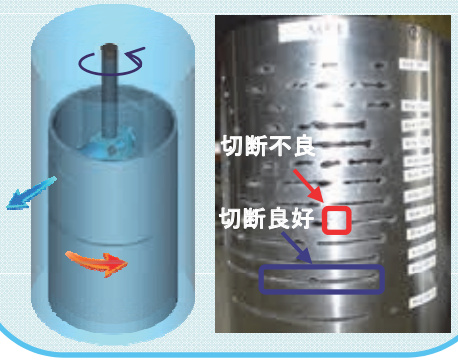
## 技術の特徴

配管等を切断する際、切断が良好な場合と不良な場合では、切断時に発生する音響や、振動の周波数や強度の特徴が異なることに着眼し、カメラ等を用いることなく、集音マイクや振動センサにより周波数等の特性を解析して切断状態を判定します。

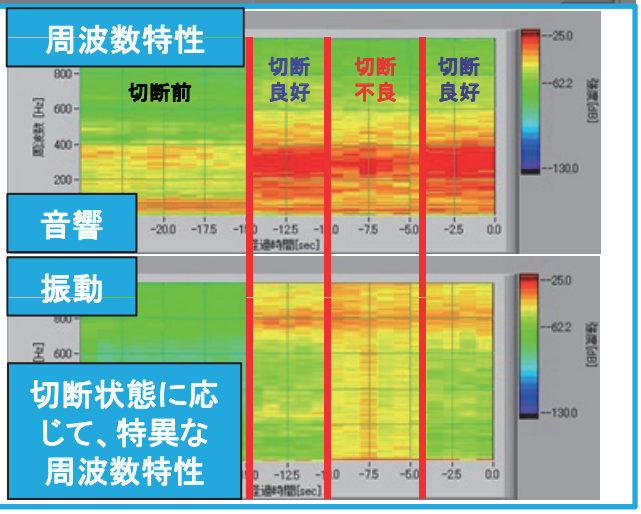



集音マイクや振動センサで取得した各周波数の強度を解析




管の中にAWJの切断ヘッドを挿入し、回転させて円周を切断




## 従来技術との比較

1 切断作業と同一環境下(水中)に集音マイクを設置し、切断時の音響の周波数等から切断状態を判定可能
2 切断対象物に振動センサを設置し、切断時の振動周波数等から切断状態を判定可能

## 利用分野

1 船舶の解体、保守作業
2 原子炉を含む原子力施設における水中解体作業

## 研究のステージ

実用化段階

## 知財関連情報

特許第5187942号
(共願:三井住友建設㈱)


seika.riyou@jaea.go.jp

# 二重配管を把持し、そのまま切断する装置

機械・装置
No. 4-13

同軸上に配置された二重配管の内外の管両方を同時に把持（固定）し、切断する装置です。
また、二重配管内部に挿入する切断機と組み合わせ、切断後にそのまま両方の配管を吊り上げることもできます。

## 技術の特徴

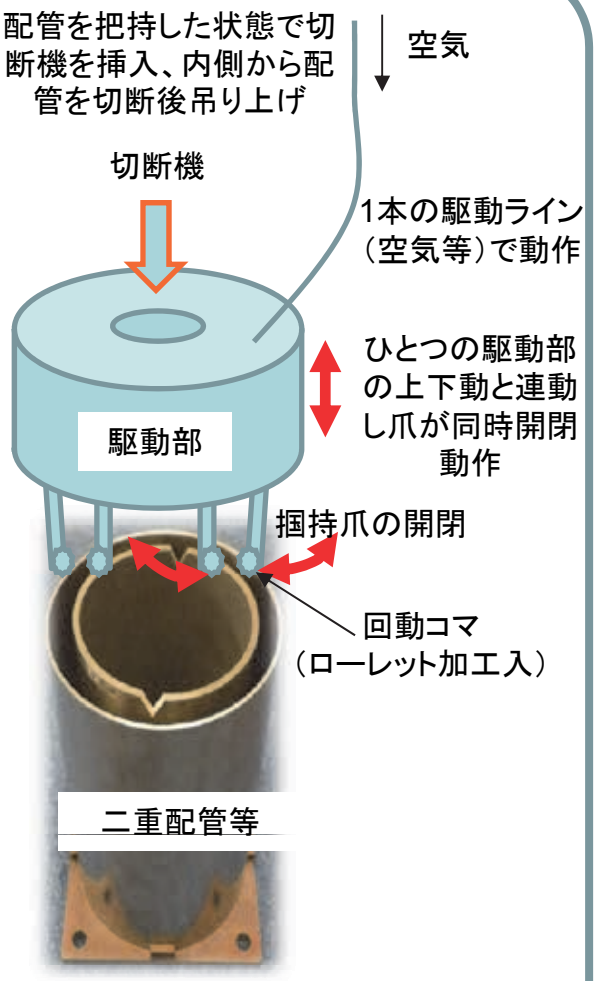
◆適用対象は、同軸上に配置された二重配管です。単管への適用も可能です。

◆内管の内側及び外管の外側に挿入した複数の掴持爪（把持用の爪）を、駆動部の上下運動と連動して動作させ、二重管を同時に把持します。

◆掴持爪先端には、回動するローレット加工（滑り止め）付のコマが具備され、配管の自重でコマが配管に噛み込むことにより、滑りを防止し確実に把持します。

◆装置中央に設けた開口から切断機を挿入し、把持したまま管の内周から切断することができます。

◆掴持爪の動作する支点の位置を変更することで、任意の口径の配管に適用可能です。




## 従来技術との比較

1 隙間の狭い同軸上の二重配管を単一装置で確実に把持
2 把持した状態のまま切断機を管内に挿入し切断可能

## 利用分野

1 解体作業全般（配管の切断、加工等）
2 原子力施設等の廃止措置分野

## 研究のステージ

実用化段階

## 知財関連情報

特許第6315422号
（共願：植田工業（株））


seika.riyou@jaea.go.jp

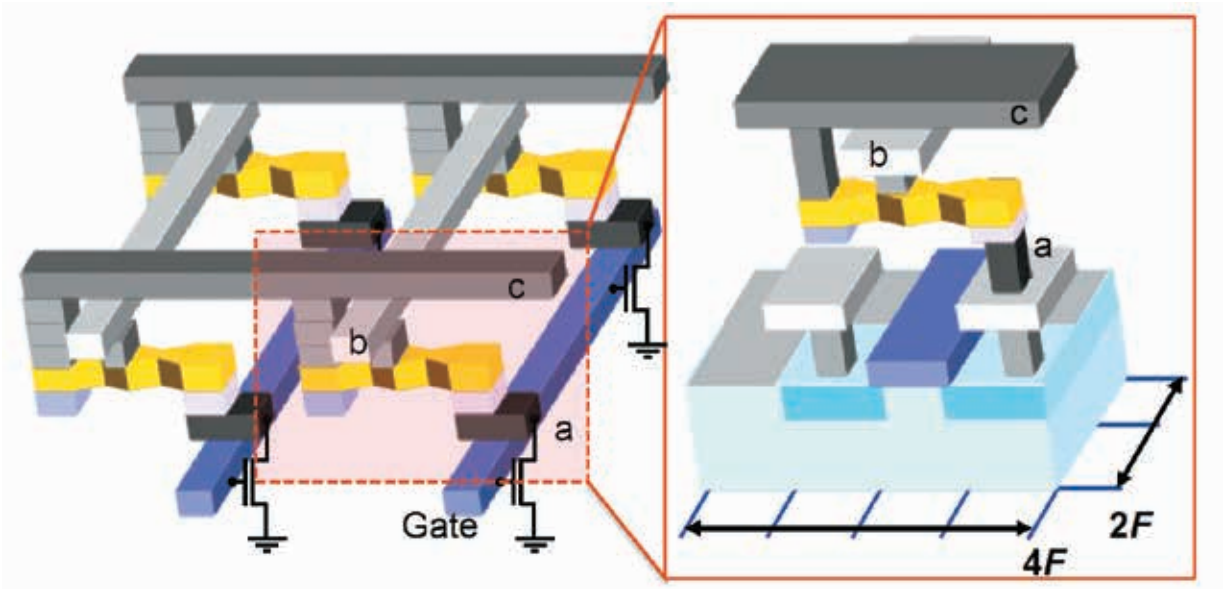
# 不揮発性磁気ランダムアクセスメモリ

情報 No. 5-1

動作中の待機電源が不要となる不揮発性磁気メモリ(MRAM)を、従来の半導体メモリ(DRAM)と同等の集積密度で実現するための新しい動作原理と基本的な設計デザインを提供します。

## 技術の特徴

磁壁を用いたMRAMでDRAMと同等の$8F^2$ メモリセルを実現する素子構造




・磁性細線(黄色)のくびれ(2カ所)に磁壁をトラップ → 0/1の情報を不揮発保持
・書き込みを電流誘起磁壁移動、読み出しをスピン起電力で実現 → 磁場フリー
・情報の読み出し・書き込みをトランジスタ1個で制御 → $8F^2$クラスの小型化セル
・トンネル接合を用いないため酸化膜の劣化フリー → 書き換え耐性無限大
・(磁壁移動距離30 nm)/(磁壁速度100m/s)~0.3 nsec → GHz帯域の高速動作

**SRAM等キャッシュメモリの不揮発高集積化用途に最適**

## 従来技術との比較

1 新原理(スピン起電力)を用いることで、不揮発性(省エネ)かつ小型化を両立
2 書き換え耐性が原理的にほぼ無限大
3 3次元化、多値化等の発展性を有する

## 利用分野

情報通信

## 研究のステージ

基礎研究開発
(理論実証段階)

## 知財関連情報

特許第5305547号


seika.riyou@jaea.go.jp

# 停電時の社内ネットワークを維持する蓄電池内蔵ハブ

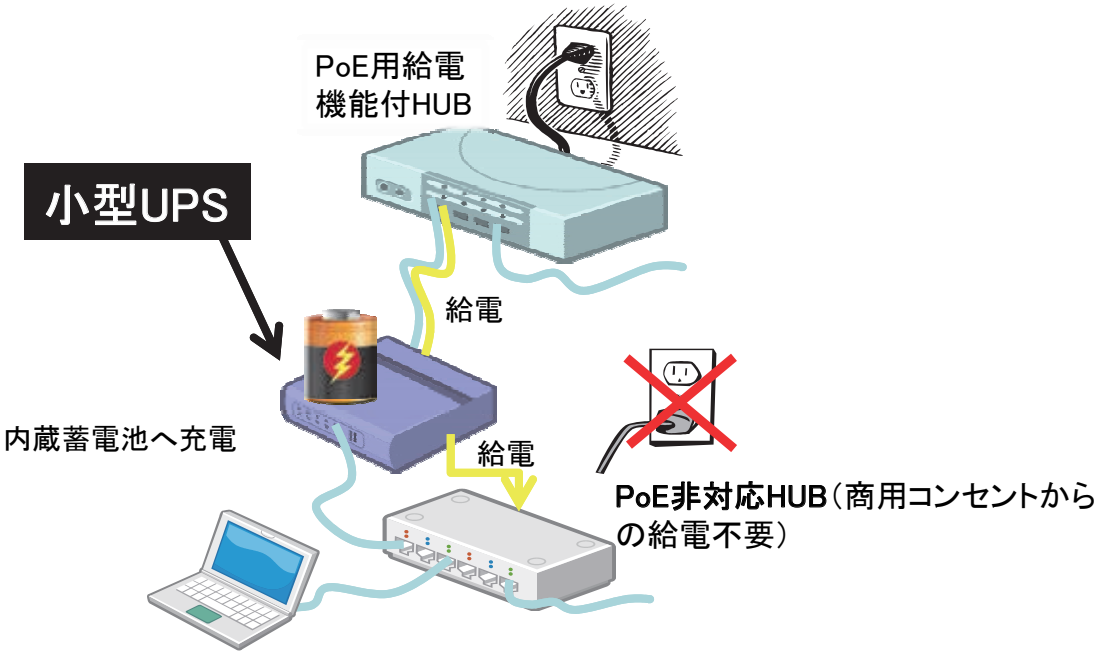
情報 No. 5-2

複数のPC間を通信ケーブルとスイッチングハブで物理的に接続・構築されている社内LAN設備において、商用停電発生時にスイッチングハブの電源喪失でネットワークが寸断されることを防止する蓄電池内蔵型のハブに関する技術です。

## 技術の特徴

現在、一般的なスイッチングハブ（HUB）は、商用電源コンセントから給電しています。停電対応用のHUBとして通信用のEthernetケーブルに電力を重畳してHUB自体の電源を供給するPoE（Power on Ethernet）用給電機能付HUBが市販されていますが、既設のPoE非対応HUBが多数存在することから、商用電源停電時にはネットワークが寸断されてしまいます。また、PoE給電距離には最大100mの制約があります。

本技術は、既設のPoE非対応HUBに蓄電池内蔵の小型UPSを付属させることで、停電中のハブ機能を確保し、ネットワークを維持する技術です。




## 従来技術との比較

1　PoE非対応の既設のHUB機能を停電時にも維持
2　PoEの給電距離に関する制約（100m以下）を解消

## 利用分野

信頼性の高い通信ネットワークが必要な企業、研究機関、病院、自治体機関など

## 研究のステージ

試作検討段階

## 知財関連情報

特許第4761155号
（共願：㈱日立産機システム）


seika.riyou@jaea.go.jp

# 非常時のふくそうに強いネットワーク通信回線技術

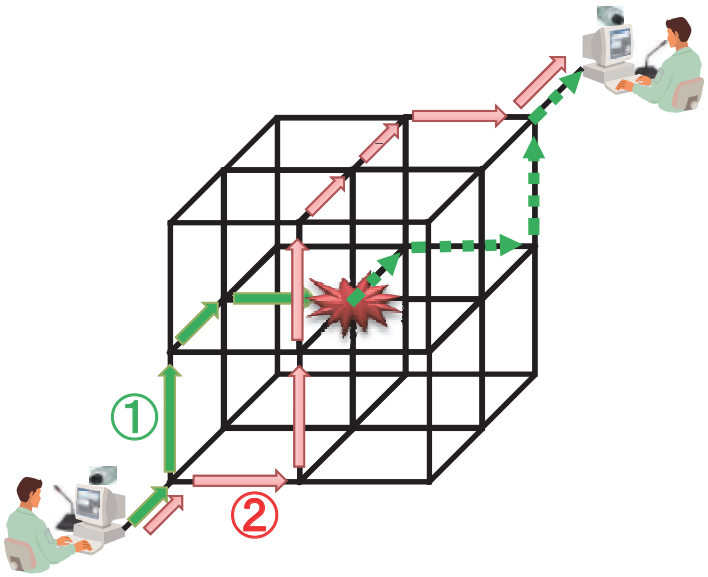
情報 No. 5-3

インターネット回線を利用するTV会議システムにおいて、非常時等の輻輳（ふくそう）下で発生する「音切れや映像切れ」は伝送情報の欠損（パケットロス）によるものです。本技術は、自動的にパケットロスの少ない回線に切り替えることで、安定した通信を確保します。

## 技術の特徴

インターネット回線で通信を行う場合、現在の技術では、複数ある通信ルートのうち伝送状態が最も良好な伝送ルートが自動的に選定されますが、その後の通信状況の如何によらず固定されます。下図に示す①（緑の矢印）のように、通信経路の途中に輻輳等の障害が生じた場合、パケットロスにより通信の品位が低下します。

本技術は、パケットロスが発生した場合、パケットの送信を再度要求し、ロスしたパケットを修復します。併せて、下図②（赤の矢印）に示すように別の伝送ルートによる送受信系を起ち上げ、待機します。パケットロスが更に増大した場合、待機中の送受信系に切り替え、通信の安定性を確保します。




## 従来技術との比較

1　専用の通信回線を設置することなく非常時に強い通信回線を確保
2　既存のネットワーク回線を設備改造せずに利用可能

## 利用分野

信頼性の高い通信ネットワークが必要な企業、研究機関、病院、自治体機関など

## 研究のステージ

試作検討段階

## 知財関連情報

特許第5794631号


seika.riyou@jaea.go.jp

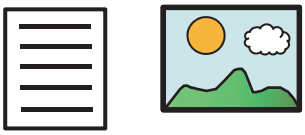
# 周囲環境の変化に影響を受けない光無線通信システム

情報 No. 5-4

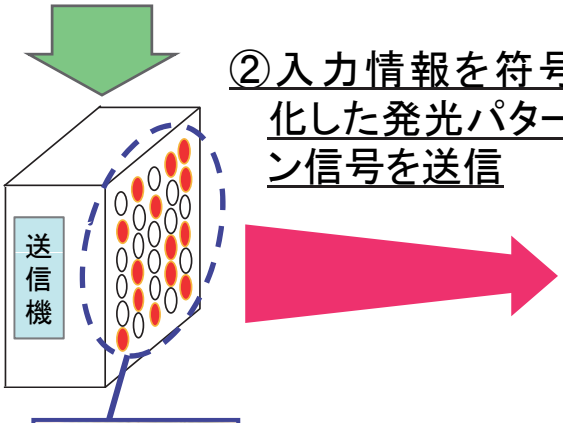
本伝送技術は、光を用いた無線式の情報伝送技術です。送りたいデータを2次元パターン状の光信号（発光パターン信号）として符号化・送受信することでデータ伝送を行う技術であり、有線通信が困難な場合などにおいて有効です。

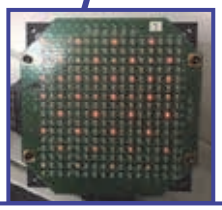
## 技術の特徴

①送りたいデータや画像等を送信機に入力



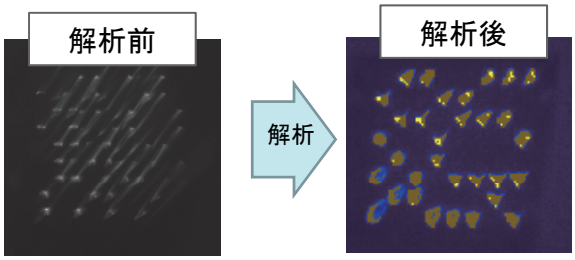
②入力情報を符号化した発光パターン信号を送信



発光パターン信号送信の様子

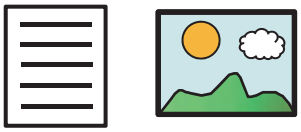
③ 受信映像から、発光パターン信号を抽出







④ 元のデータや画像に復元



- 受信映像が不鮮明でも、高い精度で元データに復元することができます。
- 複数の送信機からの情報収集も可能です。

## 従来技術との比較

1 ブレ等の外乱に対する高いロバスト性
2 信号の同時並列処理が可能
3 送信機に対する制御信号が不要
4 水中における無線通信が可能

## 利用分野

1 海中におけるデータ通信
2 原子力プラント状態監視
3 災害時の遠隔情報取得

## 研究のステージ

試作検討段階

## 知財関連情報

特開2016-066957、特開2018-160840
（2件共願：池上通信機㈱）


seika.riyou@jaea.go.jp

# 拡張現実感技術を利用した施設設備解体作業の管理・支援システム

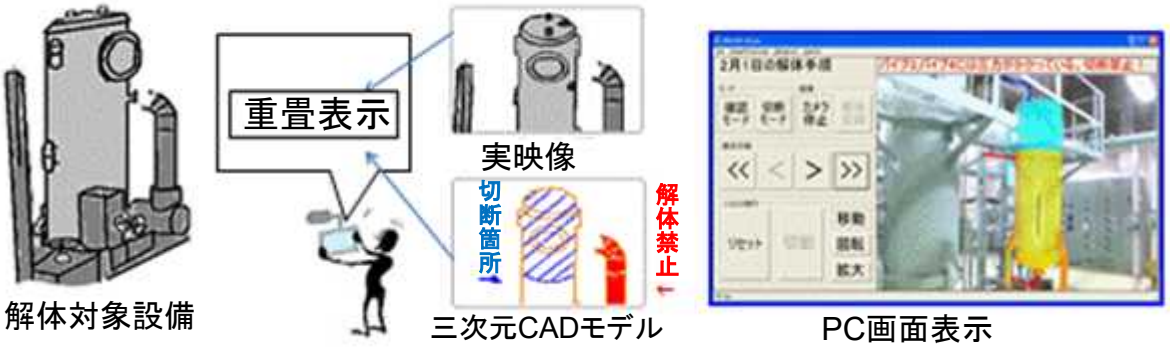
情報 No. 5-5

拡張現実感技術を利用し、施設・設備の解体撤去工事に係る解体手順の表示や解体記録の管理及び解体撤去物の運搬時の敷設設備との干渉評価を行うシステムです。

## 技術の特徴

例えば、このようなことができます。

1. 現場にてタブレットPCに対象設備を写しながら、解体箇所や解体手順を表示すると共に、三次元CADモデルを使用して解体進捗状況を記録することができます。




2. レーザーレンジファインダでスキャンすることで解体撤去物及び敷設設備の三次元形状モデルを作成し、運搬時に敷設設備との干渉状態や仮置きイメージを表示することができます。







## 従来技術との比較

1 解体箇所、解体手順を表示させ、作業の明確化が図れる。
2 解体した箇所を記録し、解体進捗の管理を効率化。
3 運搬や仮置き時の干渉等の事前評価ができる。

## 利用分野

以下の保守メンテナンス作業への利用
1 原子力関連プラント
2 化学関連プラント

## 研究のステージ

試作検討段階

## 知財関連情報

特許第5019478号
特許第5322050号


seika.riyou@jaea.go.jp

# プラント作業に利用する拡張現実空間を構築・利用するためのツール

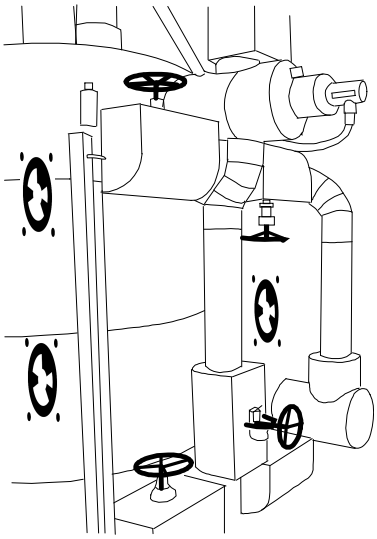
情報 No. 5-6

拡張現実感技術を使用したシステムをプラント保守等の現場作業に活用するため、空間内の作業者のトラッキング（位置や向きの追尾）に使用するマーカ及びプラント内のマーカ位置を自動的に計測しコンピュータに入力するツールです。

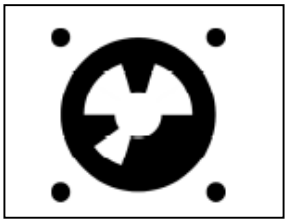
## 技術の特徴

拡張現実感技術をプラント内作業に利用するため、プラント内に貼り付けたマーカを作業者が所持するタブレットPCとカメラで認識させています。そこで、

1. 従来は遠方用マーカと近傍用マーカを別々に使用したが、遠方及び近傍からでも作業者の位置と向きをトラッキングできるマーカを考案しました。
2. 従来はプラント内に貼り付けたマーカの位置をあらかじめ計測して、その座標をコンピュータに入力していた作業を、カメラとレーザー距離計を組み合わせたシステムでマーカの位置を自動的に計測し、コンピュータに入力することで、労力を軽減することができました。



プラント内にマーカを貼り付け



遠近両用マーカ






プラント内三次元位置の計測及び入力システム

## 従来技術との比較

1 従来の遠方用マーカと近傍用マーカを一元化
2 マーカの三次元位置座標を自動的に計測しPCへ入力することで、労力を削減

## 利用分野

以下の保守メンテナンス作業への利用
1 原子力関連プラント
2 化学関連プラント

## 研究のステージ

試作検討段階

## 知財関連情報

特許第4747345号


seika.riyou@jaea.go.jp

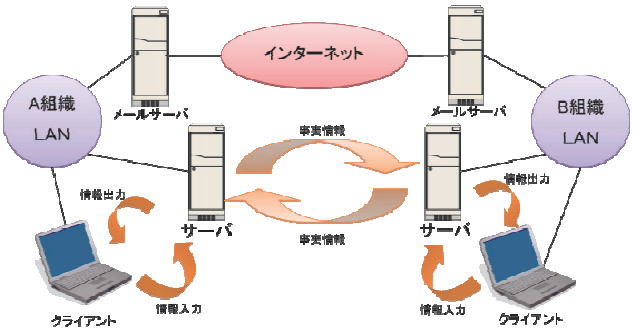
# 組織内・組織間の緊急時情報をリアルタイムに共有するシステム

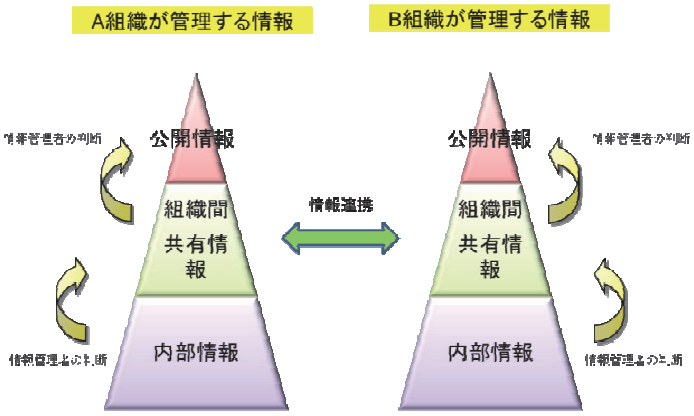
情報 No. 5-7

本システムでは、ネットワーク上で複数のPCから入力した情報を、異なる組織間でリアルタイムで共有し、多様な情報に階層構造を持たせることにより、情報確度による分類や共有範囲の設定など、個別に適切に管理します。これらを実施する上で電子メール利用による組織間サーバーの周期的な同期を実施しており、専用回線を用いないため費用を大幅に削減できます。

## 技術の特徴

右図:
- 組織内LANで各PCから入力した情報をサーバーに一元的に登録します。
- 異なる組織間の情報共有を、専用回線を用いることなくインターネットの周期的な電子メール交換で容易に実現でき、費用を大幅に削減できます。
- Web画面で時系列的に情報を掲示するなど、関係者間でリアルタイムに情報を共有できます。




左図:
- 取り扱う多様な情報は、それぞれに情報の確度や共有すべき対象が異なるので、情報ごとに個別に管理できます。
- 情報階層の格上げ／格下げ設定により、組織間情報の共有範囲を権限者により一元管理することで、セキュリティ上の要求に基づく「必要な人に必要な情報を:Need to know」の原則が実現できます。

## 従来技術との比較

1 組織内および異なる組織間の情報共有を専用回線を用いることなく容易に実現でき、費用を大幅に削減
2 それぞれに情報の確度や共有すべき対象が異なる多様な情報を、情報ごとに個別に管理

## 利用分野

1 緊急時対応(原子力緊急時、一般災害、事故等)における組織内及び組織横断的な情報共有
2 「Need to know」の原則に則った、緊急時の情報共有マネジメント

## 研究のステージ

実用化段階
運用中(原子力緊急時対応)

## 知財関連情報

特許第4956833号、特許第4821028号
(2件共願:(株)NESI)

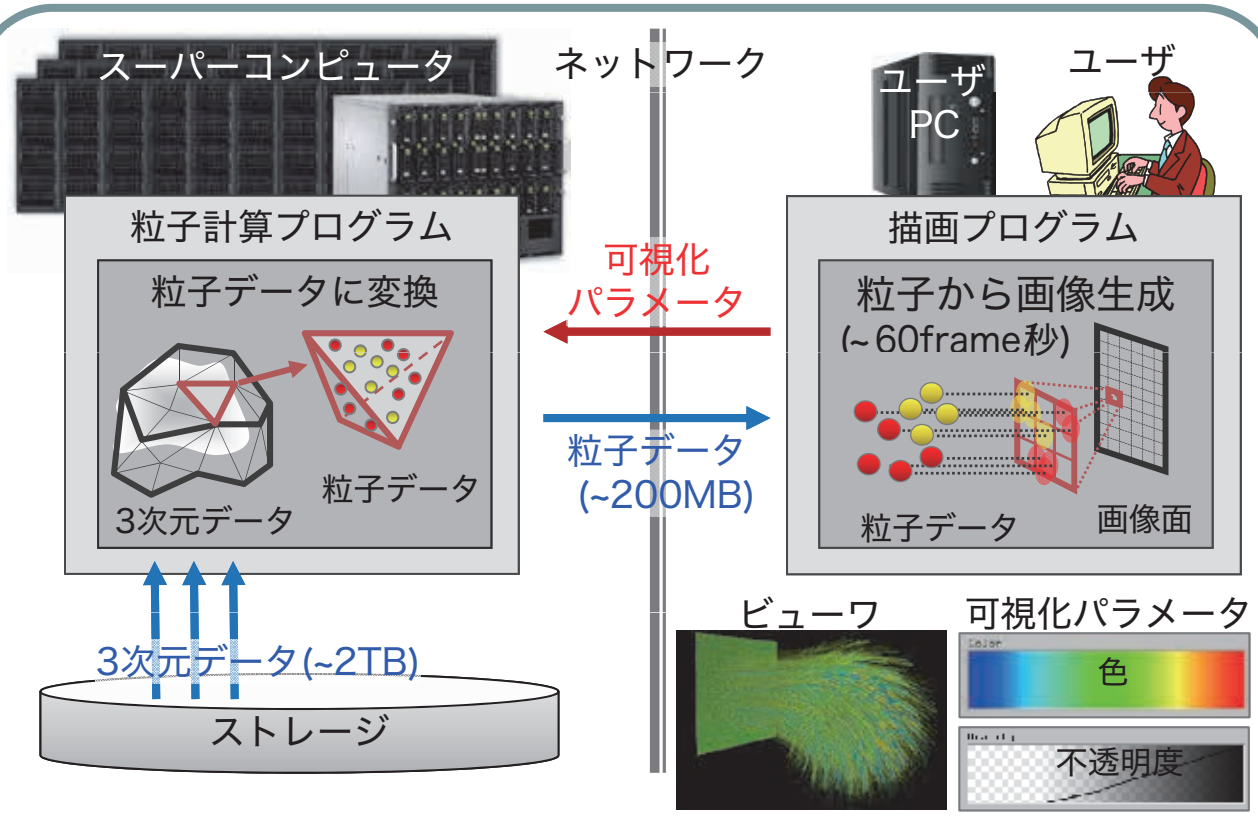

seika.riyou@jaea.go.jp

# 粒子データを利用した大規模シミュレーション向け可視化技術

情報 No. 5-8

スーパーコンピュータの高性能化に伴い、その計算結果データは膨大なサイズになっています。従来は計算結果をパソコンで可視化（画像化）していましたが、画像化に膨大な時間がかかり、パソコンでは処理しきれないといった課題が顕著になってきたため、これらの課題を解決可能な可視化ソフトウェアを開発しました。

## 技術の特徴




①スパコンの計算結果（3次元データ）を可視化用の粒子データに変換（データサイズを1/1,000～1/10,000に削減）
②粒子データを圧縮してユーザPCに転送
③ユーザPC上で粒子データを画像化して、ビューワに表示
④ユーザは、ビューワを見ながら対話形式で色や不透明度等の可視化パラメータを調整可能

## 従来技術との比較

市販の可視化ソフトウェアに比べて数十倍高速な可視化を実現（約2テラバイトのプラズマ乱流データを可視化した例）

## 利用分野

1　産業応用流体シミュレーション
2　その他流体計算一般
3　原子力流体シミュレーション

## 研究のステージ

実用化段階（当該ソフトウェアは公開済）

## 知財関連情報

可視化ソフトウェア「PBVR」
(https://ccse.jaea.go.jp/ja/download/pbvr.html)


seika.riyou@jaea.go.jp

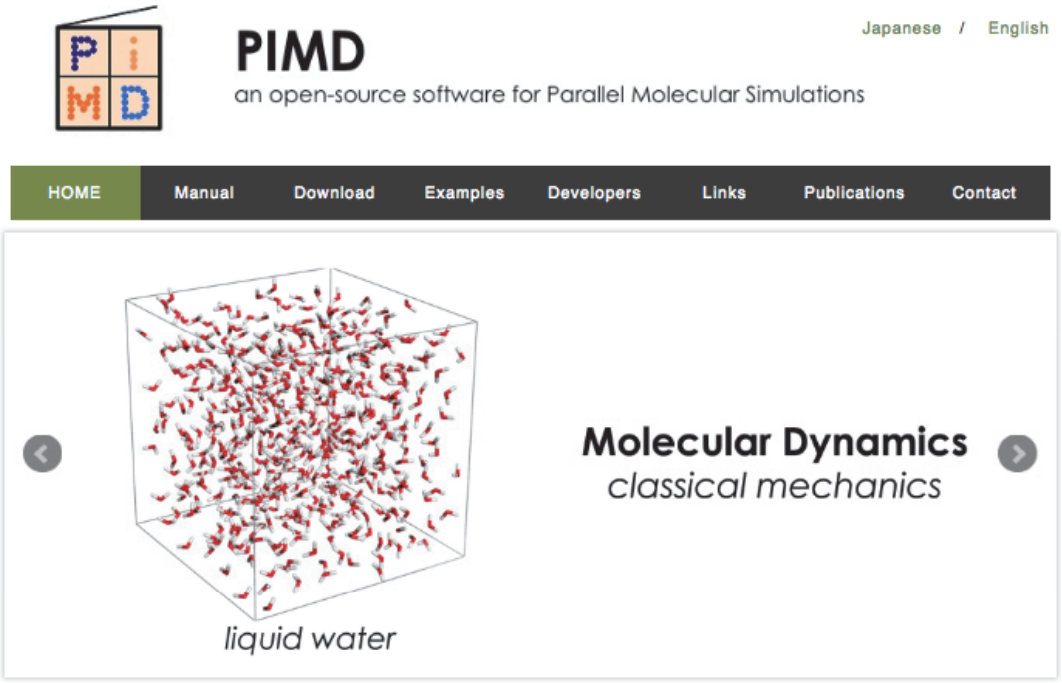
# 並列分子シミュレーションのオープンソースコードPIMD

情報 No. 5-9

計算機の性能向上に伴い、分子レベルでのシミュレーションが、新材料や創薬などの分野で予測や機構解明に役立つツールとなっています。しかし、先端的なシミュレーションを行うには、大規模並列計算の技術が必要で、材料や創薬の分野の研究者にとっては一つの壁になっています。そこで、多様な分子シミュレーションを並列計算できる雛形（汎用コード）を開発しました。

## 技術の特徴

○古典・第一原理分子動力学法、経路積分法、レプリカ交換法、メタダイナミクス法、ストリング法、サーフェスホッピング法、QM/MM法など多様な手法をサポート。
○分子構造（レプリカ）と力場（断熱ポテンシャル）の間での階層的な並列化により、高速かつ高効率な計算が可能。
○Apache 2.0 License の範囲で、無償でダウンロードし、利用可能。




ホームページ：https://ccse.jaea.go.jp/ja/download/pimd/index.jp.html

## 従来技術との比較

1　多様な並列分子シミュレーションに対応
2　マニュアルも充実
3　50件を超える国際論文誌で利用

## 利用分野

化学、物理学、物質科学における
分子シミュレーション、第一原理計算

## 研究のステージ

実用化段階（ソフトウェア公開中）

## 知財関連情報

並列分子シミュレーションのオープンソースコード「PIMD」（上記ホームページ）

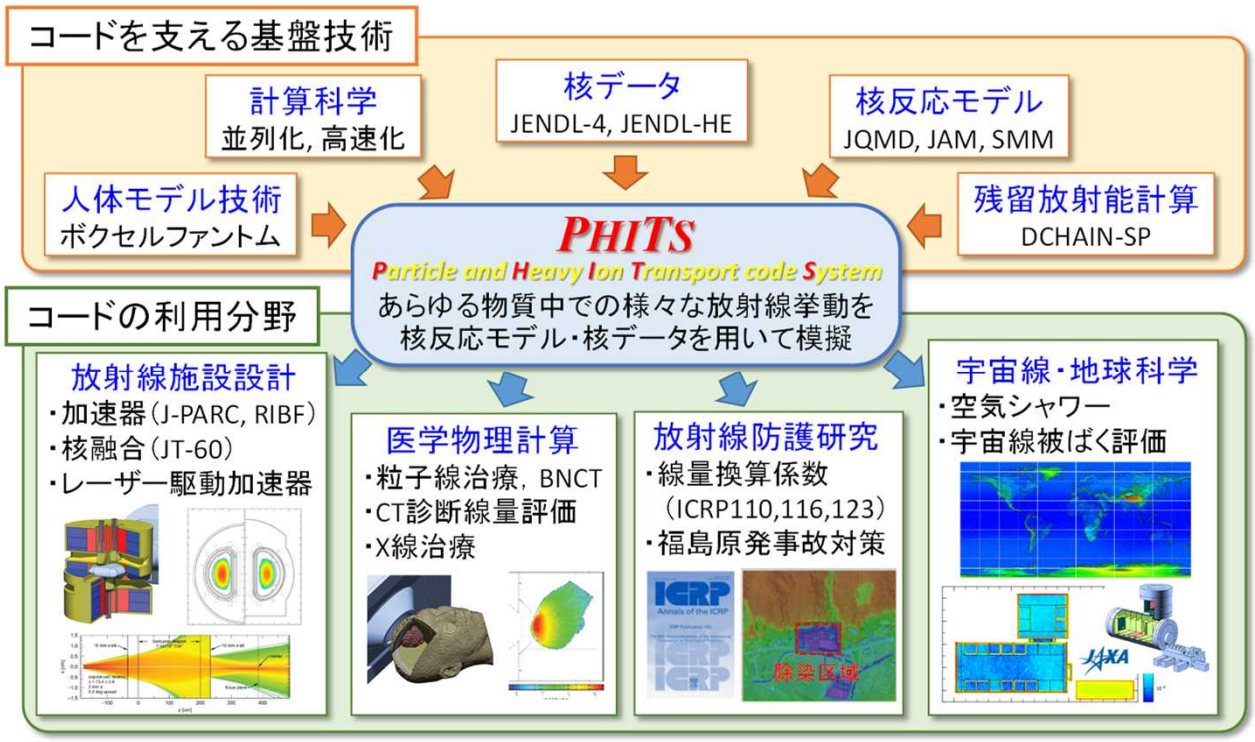

seika.riyou@jaea.go.jp

# 全ての放射線の物質内での動きを再現する計算コードPHITS

情報 No. 5-10

放射線は、物質中で核反応や電離を起こしながら複雑な動きをします。原子力機構が中心となって開発しているPHITSコードは、国産の核データライブラリや核反応モデルを使って、全ての放射線の物質内での挙動を精度よく再現することができます。

## 技術の特徴




PHITSは、放射線施設設計、医学物理計算、放射線防護研究、宇宙線・地球科学分野など、放射線に関連する様々な分野で2,000名以上の研究者・技術者に幅広く利用されています。コードを入手するには、年10回程度開催しているPHITS講習会(参加費無料)に参加していただくか、原子力コードセンターに申請していただく必要があります。より詳細な情報は、PHITSホームページ(https://phits.jaea.go.jp/indexj.html)をご参照ください。

## 従来技術との比較

1 全ての放射線の挙動を解析可能
2 様々な計算機能
3 最新の核反応モデルや核データライブラリを搭載
4 講習会の充実と高い操作性

## 研究のステージ

実用化段階
(随時、新しい機能を追加中)

## 利用分野

1 放射線施設設計
2 医学物理計算
3 放射線防護研究
4 宇宙線・地球惑星科学
5 放射線計測器設計

## 知財関連情報

特許第6108379号(共願:筑波大学)
T.Sato et al. J. Nucl. Sci. Technol. 50, 913–923 (2013)

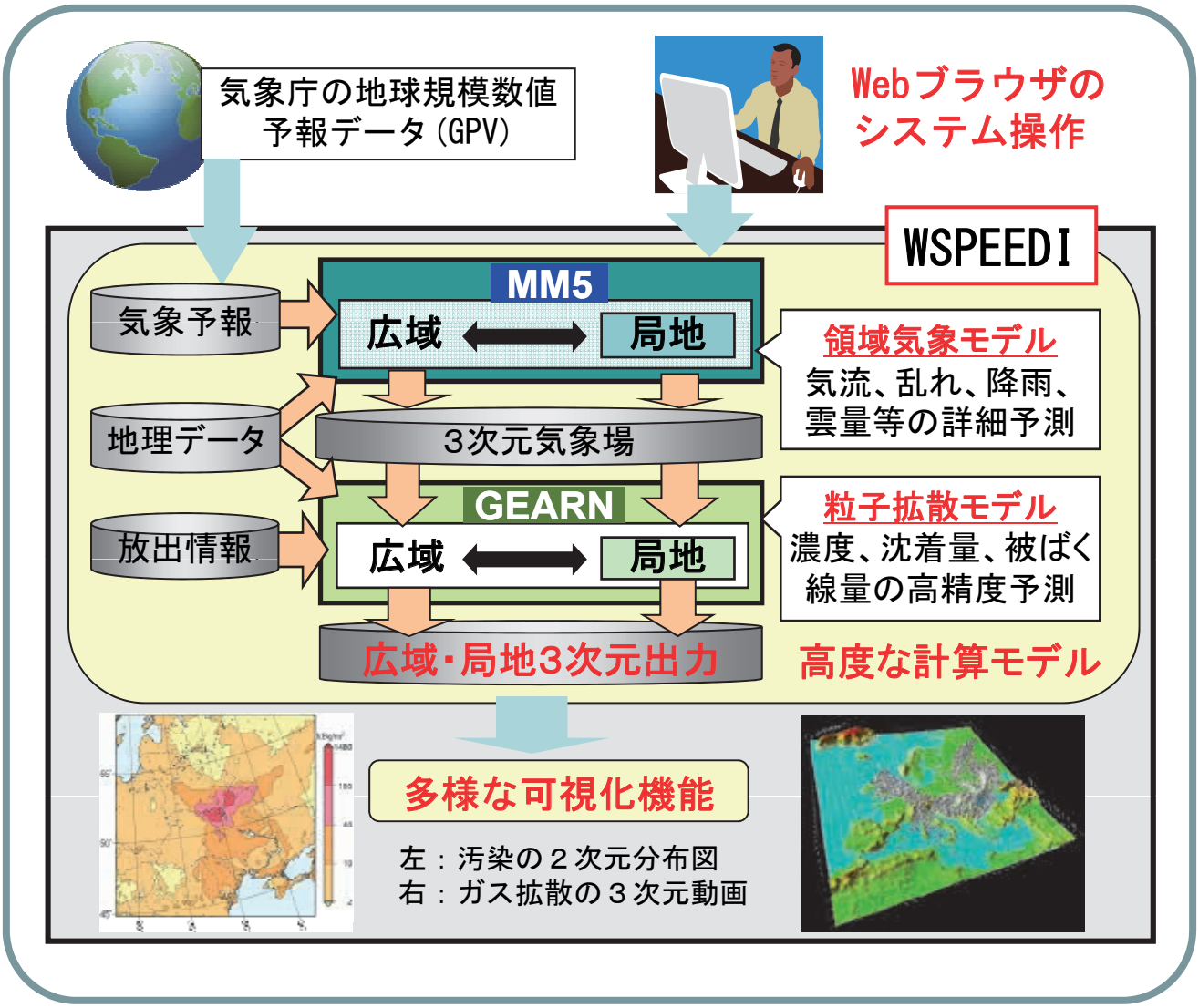

seika.riyou@jaea.go.jp

# 緊急時環境線量情報予測システム
# WSPEEDI

情報 No. 5-11

WSPEEDIは、世界の任意の場所での放射性物質の環境放出に対し、大気拡散・地表沈着及びそれによる公衆の被ばく線量を迅速に予測できる計算システムです。正確な予測を行うための詳細な大気拡散予測モデルと、迅速性を担保する支援システムにより構成されています。

## 技術の特徴




## 従来技術との比較

1　高分解能・高精度の拡散・沈着予測
2　局地域及び広域汚染情報の同時提供
3　Webベースの操作画面と予測情報の多様な可視化機能

## 利用分野

1　大気汚染物質の拡散予測
2　火山灰や火山ガスの拡散予測
3　化学プラントからの漏洩物の拡散予測
4　有害微小生物の飛来予測

## 研究のステージ

実用化段階
（実事故への適用実績）

## 知財関連情報

寺田他：日本原子力学会和文論文誌，7，257−267（2008）


seika.riyou@jaea.go.jp

# 気体と液体が混ざった流れの様子を計算機で予測

情報 No. 5-12

数値流体力学(CFD)を応用・発展させることで、気体と液体が混ざった流れ(二相流)を計算機で予測する技術です。二相流は、私たちの身の回りから工場の機械装置までの、様々な所で表れ、効率的な熱や物質の移動などに利用されています。

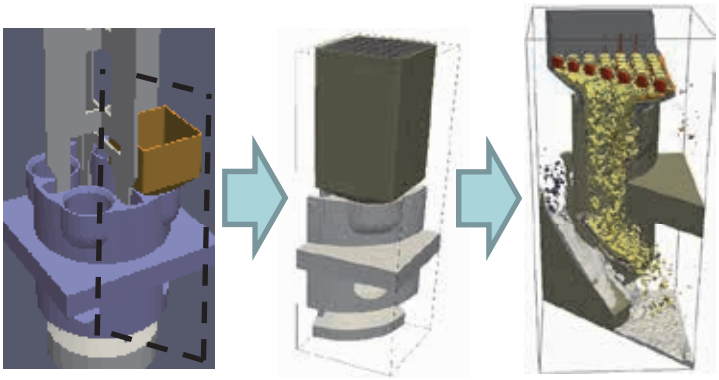
## 技術の特徴

- 計算機を使って、気体と液体が混ざった流れを計算します。固体の溶融や固体への凝固を取り扱うことも可能です。
- 対象・範囲などに合わせた、3種の異なるコンピュータプログラムを用意しています。
  - ✓ 比較的大きな範囲の二相流:ACE-3D
  - ✓ 気体と液体の間の気液界面の挙動までを予測:TPFIT
  - ✓ 固体の溶融や固体への凝固を含めた予測:JUPITER




気体と液体の間の気液界面の移動や変形を計算した例

実験での観察が不可能な高温高圧(585K, 2MPa)での複雑な二相流も計算することができます。




固体の溶融、溶融してできた液体の移動を計算した例(原子炉炉心下部溶融挙動)

設計現場で広く用いられている3次元CADのデータをそのまま使って、固体の溶融や溶融してできた液体の移動の様子を計算することができます。

## 従来技術との比較

1 気液や固液界面の移動や変形などの詳細な計算が可能
2 市販品では難しい高並列計算機を使った高速かつ大規模な計算の実行
3 固体の溶融・凝固を含めた計算が可能

## 利用分野

1 機械・装置の設計
2 装置などの運転条件の検討

## 研究のステージ

実用化段階
(利用申込みにより入手可能)

## 知財関連情報

吉田啓之, 他, 日本原子力学会和文論文誌, 3, 3, p233-241 (2004)
S. Yamashita, et al., Nuclear Engineering and Design, 322, p301-312 (2017)


seika.riyou@jaea.go.jp

# 表面形状の時間変化から流体領域中の速度及び圧力分布を求める方法

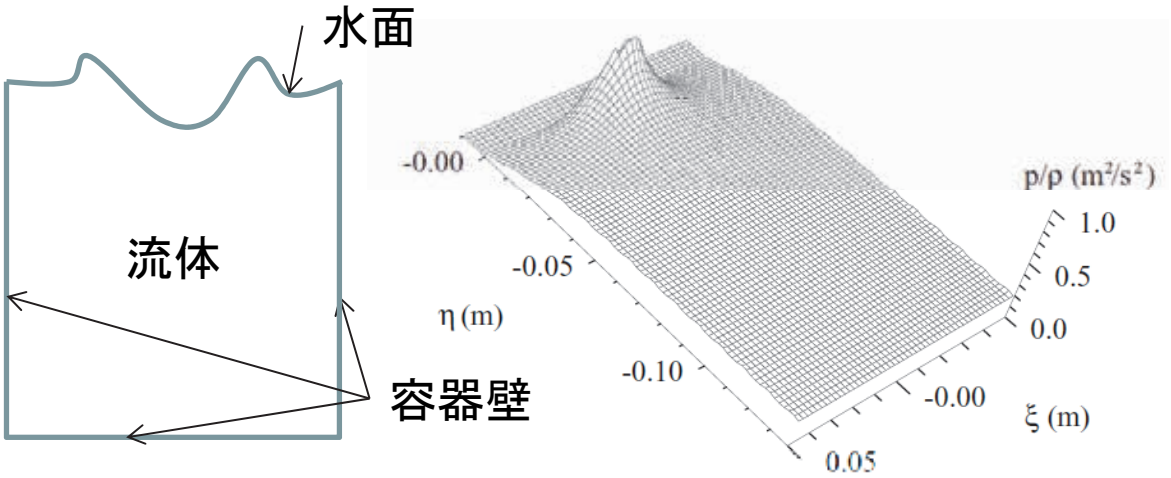
情報 No. 5-13

流体の自由表面や内部に流体が流れる薄膜の自由界面で、移動する表面上の圧力分布を直接測定することは不可能ですが、本技術で上記の課題を克服することができます。

## 技術の特徴

本技術では、表面形状の履歴とCFD（Computer Fluid Dynamics）を結合することで上記の課題を克服することができます。

本技術は、軽水炉のリスク評価に必要な溶融金属と冷却材の相互作用の評価を目的に開発されましたが、生体医工学の画像診断装置と組み合わせることで、心臓や血管中の速度・圧力場の評価をするなど、循環器系疾患の画像診断への応用が原理的に可能です。




左のような容器内にある流体表面の形状変化から，右の図のように自由表面及び容器壁に働く圧力分布を流れ場の逆問題解析による求めることができる

## 従来技術との比較

1 従来技術では困難であった自由表面上の圧力分布の評価が可能
2 多くの場合計測が容易な表面形状の時間変化のみで評価が可能

## 利用分野

- 液体金属−冷却材相互作用時の圧力評価
- 画像解析による生体医学

## 研究のステージ

試作検討段階

## 知財関連情報

特開2007−085997


seika.riyou@jaea.go.jp

# 川による土砂の運搬を考慮した地形変化の数値シミュレーション方法

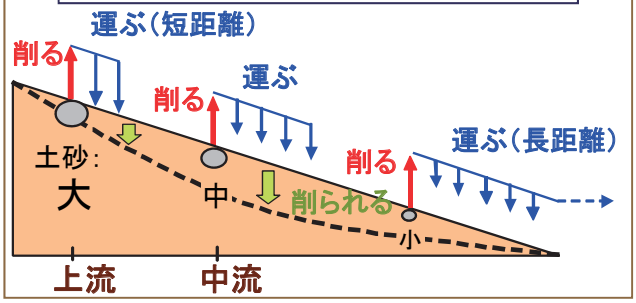
情報 No. 5-14

川による土砂の運搬は、長い時間をかけて大地を削って低くする原動力となります。本方法は、将来の地形を予測するために、川による土砂の運搬を取り入れたシミュレーション方法です。

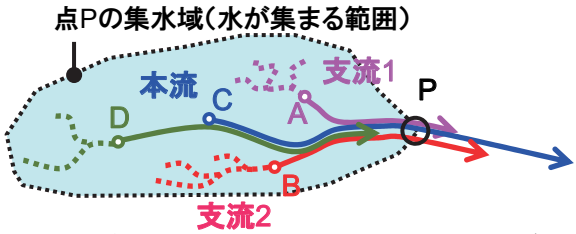
## 技術の特徴

川は、土砂を運搬することで、長い時間をかけて大地を削り、下流では土砂を積もらせて平野をつくります。そのスピードや水のはたらきについては、これまでの調査・研究である程度わかってきており、数値シミュレーションで将来の地形について予測する試みが始まっています。
本方法では、数式化した川の水による土砂の運搬過程にもとづいて、大地が変化するような長期間の地形変化を数値シミュレーションによって再現することができます。

### 川の土砂運搬の考え方(縦断方向)



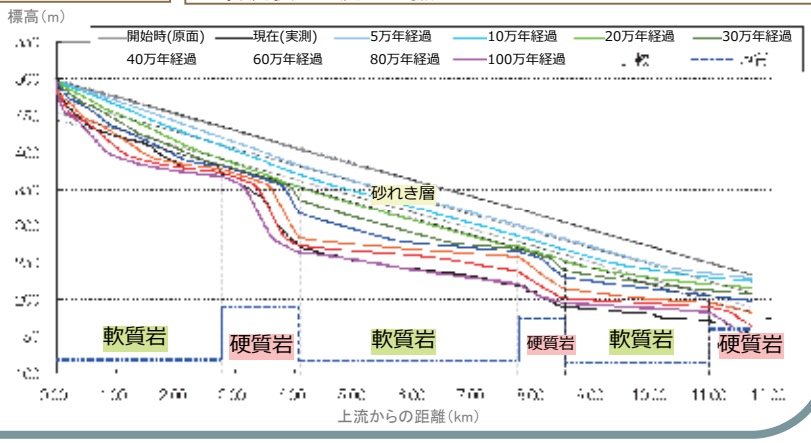

### 川の合流と土砂運搬計算の考え方




1回の計算で、本流・支流のA～D点の土砂はそれぞれ合流後も下流へ運搬される

### 川の形状(縦断方向)のシミュレーション結果例

(100万年前の推定地形面からスタート)




## 従来技術との比較

1 川の合流点で土砂が運ばれにくかった問題点を改善
2 下流での土砂の堆積過程がスムーズに再現可能

## 利用分野

1 長期地形変化
2 侵食・堆積プロセス

## 研究のステージ

試作検討段階

## 知財関連情報

特許第5422833号
(共願:JX金属探開㈱)


seika.riyou@jaea.go.jp

# 原子力発電所の地震リスク評価のための事故シーケンス評価用コードSECOM2

情報 No. 5-15

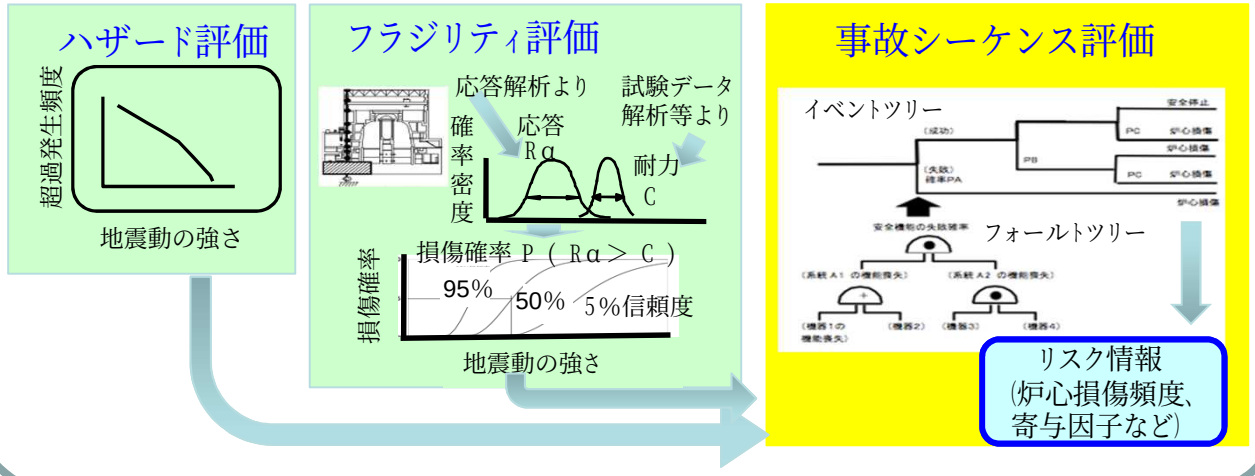
原子力発電所における地震起因の重大事故の可能性(地震リスク)を定量的に評価するコードSECOM2-DQFM-Uを開発。地震動の発生頻度(地震ハザード)と構造物の損傷可能性(フラジリティ)の情報を用いて、安全設備の多重故障による事故シーケンスの発生頻度を計算できます。

## 技術の特徴

確率論的リスク評価(PRA)は、原子力発電所の新規制基準に基づく継続的安全向上活動や新検査制度導入のキー技術となっています。本コードは次の機能・特長により、地震PRAの効果的な活用を支援します。

- フォールトツリー(FT)/イベントツリー(ET)で表された事故シーケンス(事故進展)の発生頻度を評価可能
- 各設備の耐力の過酷事故への影響度を評価可能(重要度解析)
- 評価結果の不確かさを定量的に評価可能(不確実さ解析)
- 類似機器の損傷相関の考慮について、モンテカルロ法を用いた独自の手法で適切に対応可能
- 一般の産業施設でも、地震による事故をFT/ETで表現できる場合には適用可能

地震リスク評価における事故シーケンス評価の役割




## 従来技術との比較

1 損傷の相関の影響を適切に考慮しつつ、重要度解析、不確実さ解析まで実行可能
2 モデルの拡張性が高く、手法改良研究に好適

## 利用分野

1 大規模・複雑な産業施設の地震リスク評価
2 原子力発電所の地震リスク評価
3 各種原子力施設の地震リスク評価

## 研究のステージ

実用化段階
(利用申込みにより当該ソフトウェアを入手可能)

## 知財関連情報

Muramatsu et al., Proc. TopSafe 2017. (https://www.euronuclear.org/events/topsafe/topsafe2017/pdf/fullpapers/TopSafe2017-A0022-fullpaper.pdf)


seika.riyou@jaea.go.jp

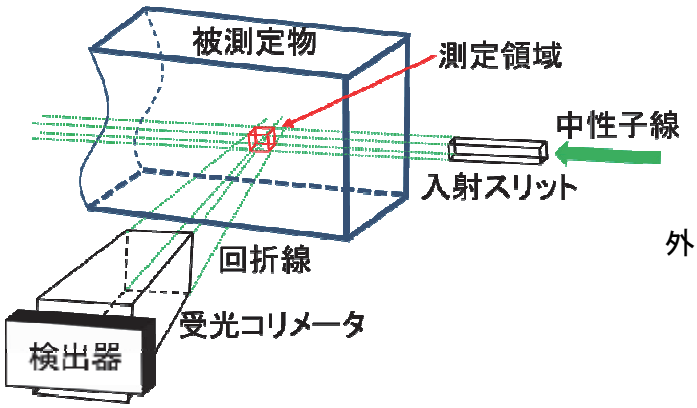
# 中性子回折による機械部品内部の残留応力分布測定技術

計測 No. 6-1

中性子残留応力測定法は、機械部品の表面から数十mm内部までにわたる残留応力分布が、非破壊・非接触で測定できる技術です。高温・低温下や荷重下などの模擬実働環境下における測定も可能です。

## 技術の特徴

- 1辺1m程度までの大型機械・構造物の表面から内部にわたる残留応力分布が非破壊・非接触測定できます（測定可能な深さは、鉄鋼では約50mm、アルミ合金では約100mm）。
- 対象材料は、金属、セラミックスなどの結晶質材料です。
- 測定領域は入射スリットおよび受光コリメータで定義し（約1mm$^3$～10mm$^3$程度）、試料を走査することで分布が得られます。
- 高温下、低温下、荷重下での測定も可能です。






直径500mm、厚さ28mm溶接配管
外面から内面にかけての残留応力測定



エンジンブロック使用前後
の残留応力測定

既に、自動車部品や溶接継手等の健全性評価、製造条件検討、また、構造材料の変形機構解明などのために、産業界、学術界の方々に利用されています。最近では、鉄筋コンクリート内の鉄筋の応力測定も行っています。

## 従来技術との比較

1 約50mm深さ(鉄鋼の場合)までにわたる残留応力分布を非破壊・非接触測定
2 1m程度の大型部品内部の測定可能
3 温度や荷重環境下での測定可能

## 利用分野

1 機械部品の残留応力評価
2 溶接、熱処理などの施工条件最適化
3 不具合原因の究明
4 機械構造用材料の変形機構解明

## 研究のステージ

実用化段階

## 知財関連情報

鈴木ほか、溶接学会論文集, 29, 294-304, 2011
林ほか、材料 Vol.60, 624-629, 2011


seika.riyou@jaea.go.jp

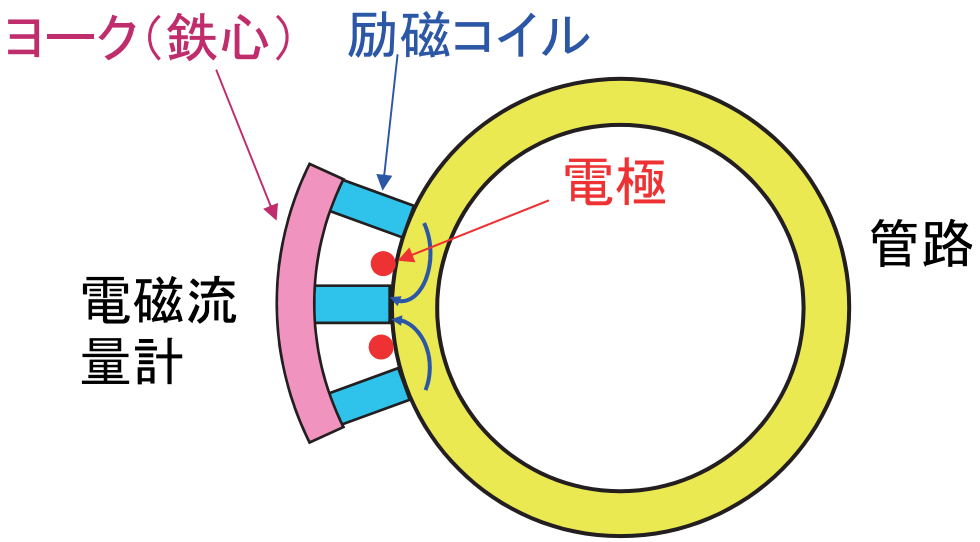
# コンパクト電磁流量計

計測
No. 6-2

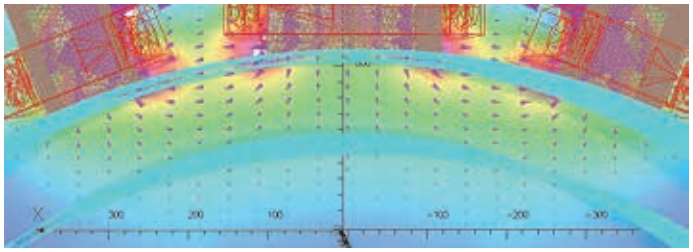
管路を流れる液体金属や電解質等の導電性流体に磁場をかけ、発生する起電力から流量を測定する電磁流量計です。環状流路や配置上流量計の設置が困難な場合でも適用可能なコンパクトな流量計を提供します。

## 技術の特徴

コンパクト電磁流量計の概念




- 電磁ポンプ等の環状流路という条件において、精度の良い測定を行うことが可能な電磁流量計を検討しました。
- 従来タイプと比較して配置がコンパクトなため通常の配管に対しても有効です。
- 磁場解析により有効性を確認しました（下図）。



## 従来技術との比較

1 環状流路に適用可能
2 流量計の配置スペースの大幅削減

## 利用分野

液体金属等導電流体の流量計

## 研究のステージ

基礎研究段階

## 知財関連情報

特許第4359664号


seika.riyou@jaea.go.jp

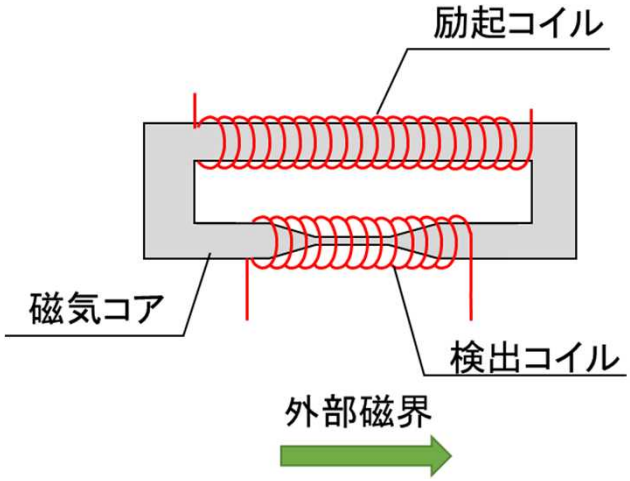
# 耐熱磁気センサ

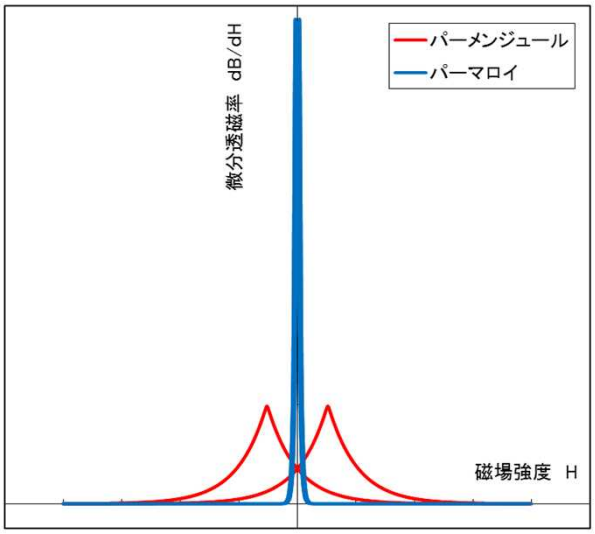
計測
No. 6-3

高温環境（200～600℃）及び放射線環境で利用可能な小型かつ低消費電力の磁気センサです。

## 技術の特徴

- 高温環境（200℃～600℃）及び放射線環境で利用可能な磁気センサです（下左図）。
- 素子の大きさが約1.8×0.6×0.2 cmと小型です。
- 高温環境で利用可能な一般的な磁気センサは従来ありませんでしたが、磁気コア材料を一般的に使用されるパーマロイから高キュリー温度材料のパーメンジュールに変更し、微分透磁率の特性（下右図）に着目した検出原理を採用することにより、200℃～600℃の高温環境でも利用可能な磁気センサを実現しました。




## 従来技術との比較

1 高温環境で安定した磁気測定が可能
2 素子に半導体を使用していないことから放射線環境でも安定して利用可能
3 小型かつ低消費電力

## 利用分野

1 高温・放射線環境での磁気測定
2 非破壊劣化診断
3 非接触型スイッチ

## 研究のステージ

基礎研究開発
（最終段階）

## 知財関連情報

特許第4822540号、特許第6206863号
（2件共願：日鉄住金テクノロジー㈱）


seika.riyou@jaea.go.jp

# リモートパーティクルカウンター

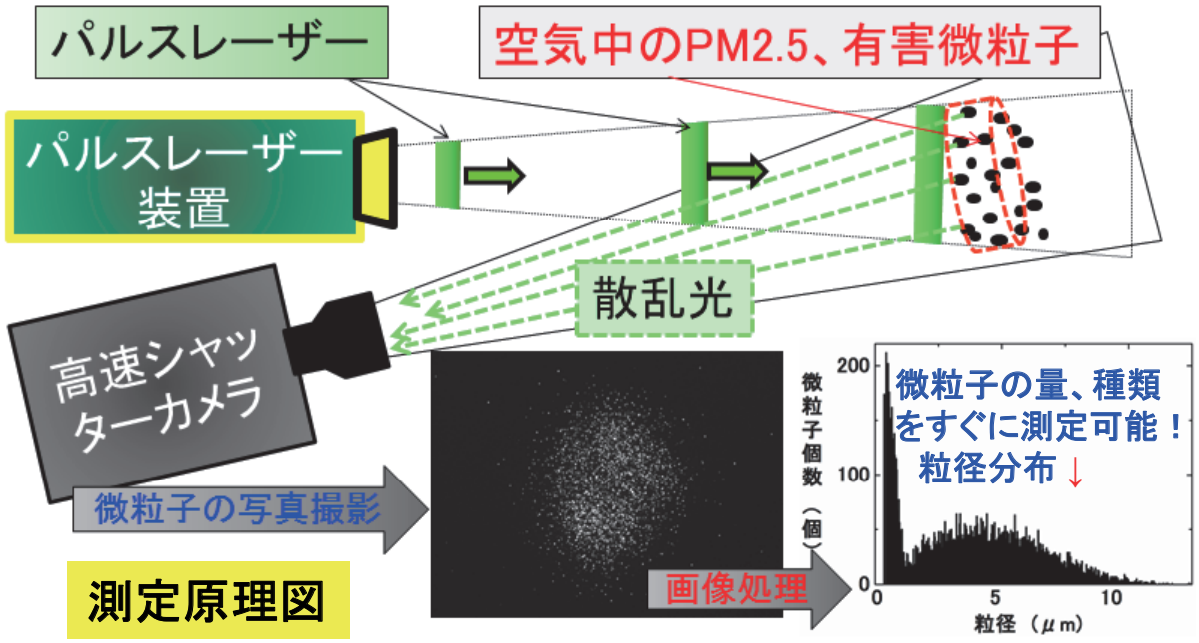
計測
No. 6-4

屋外或いは室内の空気中にはハウスダスト、花粉やPM2.5などの有害な微粒子などが浮遊しています。これらの微粒子をレーザーで写真撮影し、その数量や粒子径をすばやく測定できる新しい測定技術です。また、観測した微粒子がどんな種類かをも特定することが可能です。

## 技術の特徴

遠方の空気中に浮遊する微粒子の撮影方法は、基本的にカメラのフラッシュ撮影と同じです。フラッシュ光の代わりにレーザー光を使い、高速シャッターのカメラを用いて数100mまで離れた空気中の微粒子を下図のように自由に写真撮影できます。この画像から、微粒子の数と粒子の大きさ、微粒子の種類まで測定することができます。

**※計測手順⇒レーザーフラッシュ⇒散乱光の撮影⇒画像処理**




測定原理図

## 従来技術との比較

1 従来では不可能な遠方の空気中の微粒子の濃度、種類をリアルタイムで測定可能
2 従来法では計測できない空気中の微粒子の流れ、動きも計測可能

## 利用分野

1 クリーンルームの清浄度計測
2 黄砂、PM2.5、花粉、火山灰、空気中のダスト等の浮遊状況、環境計測等
3 噴霧器、スプレーの飛沫粒子計測

## 研究のステージ

実用化段階
（民間企業で実用化実績有）

## 知財関連情報

特許第5115912号、特許第3963381号
特許第4229325号


seika.riyou@jaea.go.jp

# 気泡を識別できる異物微粒子検出法

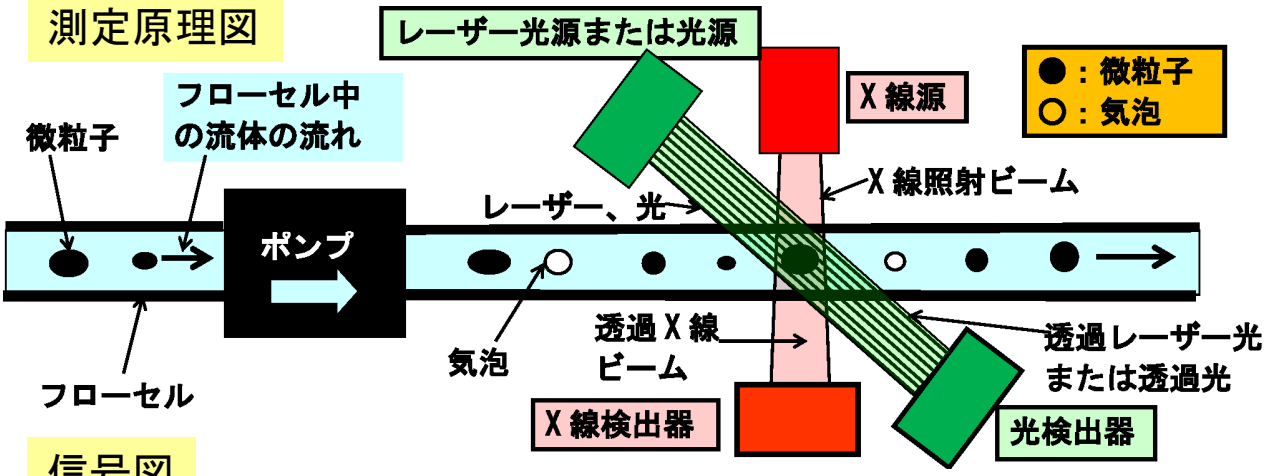
計測
No. 6-5

従来、光やレーザーを用いて液体中の不純物粒子或いは異物微粒子を検出する際に、気泡と微粒子の識別が困難なため気泡をも微粒子として計測する計数誤差が発生します。しかし、X線とレーザーを用いると、気泡を除いて液体中の微粒子のみを正確に計数することが可能になります。

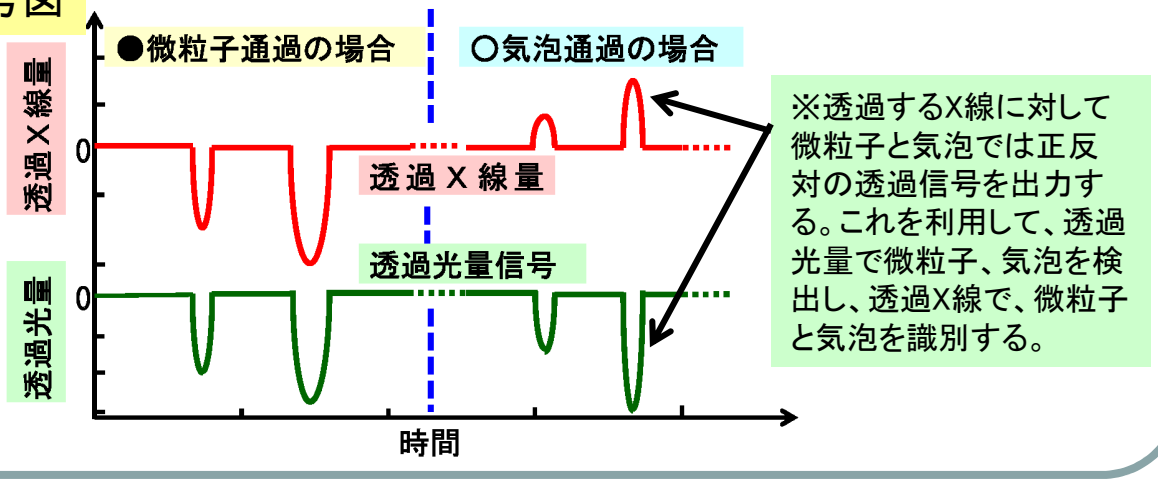
## 技術の特徴

※フローセル中にX線と光(レーザー)を照射して、透過するX線、光量から液体中の微粒子と気泡を識別して微粒子のみを検出する。

### 測定原理図




### 信号図




※透過するX線に対して微粒子と気泡では正反対の透過信号を出力する。これを利用して、透過光量で微粒子、気泡を検出し、透過X線で、微粒子と気泡を識別する。

## 従来技術との比較

1 液体中の気泡を計数、計測しない
2 金属系微粒子から有機物微粒子まで気泡以外の微粒子を計測可
3 液体中の微粒子の物質組成も測定、または同定可能

## 利用分野

1 食品、医薬品、産業製品関係の液体物の清浄度、異物管理
2 タービン潤滑油等の劣化、異物計測
3 噴霧器、スプレーの飛沫粒子計測

## 研究のステージ

実用化段階

## 知財関連情報

特開2014-190902
(共願:㈱プラントテクノス)


seika.riyou@jaea.go.jp

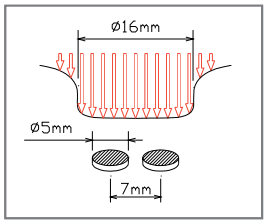
# 熱物性測定装置

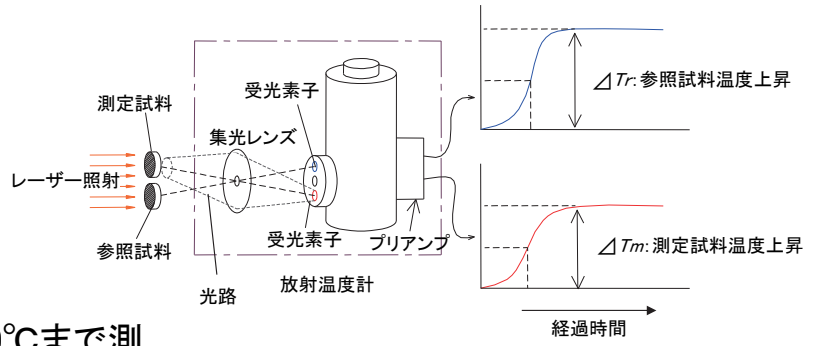
計測 No. 6-6

レーザフラッシュ法を用いた高温（例えば2000℃）までの熱拡散率・比熱容量測定において、低温領域から高温領域測定時に、放射温度計の交換作業を行わずに連続的に測定できるシステムです。

## 技術の特徴

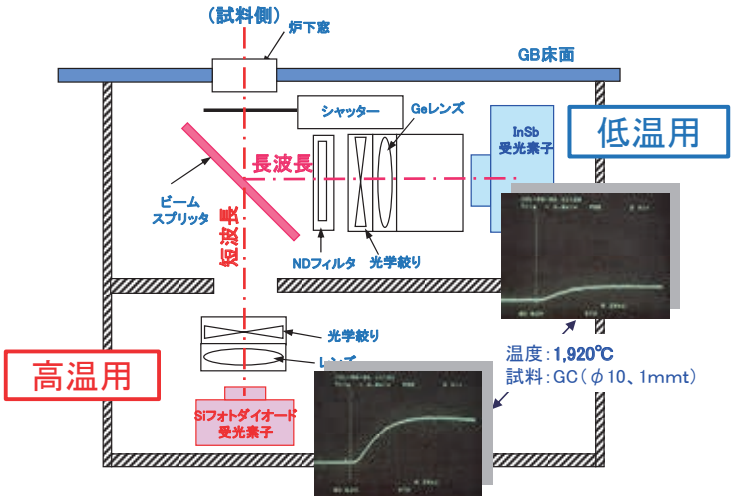
熱拡散率と同時に比熱容量を測定するには、標準物質と測定試料の2試料にレーザを照射し、その時の温度上昇カーブを同時に測定する必要があり、放射温度計などの測温用光学系は、非常に高精度な位置調整が必要になります。




室温から例えば2000℃まで測定するには低温用と高温用の2台の放射温度計が必要となり、通常は、測定途中で放射温度計の交換作業を行います。

本発明はビームスプリッタにより、低温成分（長波長）と高温成分（短波長）の光（赤外線）を分配させることにより、放射温度計の交換作業なしで高感度測定ができます。




## 従来技術との比較

1 放射温度計の機械的な入替えをしないため、その都度の精密な位置調整が不要
2 低温から高温まで連続的な測定が可能

## 利用分野

1 高温耐熱材料開発
2 原子力燃料材料開発
3 基礎物性研究

## 研究のステージ

実用化段階
（特注製品）

## 知財関連情報

特許第4812026号
（共願：京都電子工業㈱）


seika.riyou@jaea.go.jp

# 瞬時・高密度
# 伝熱面温度・熱流束同時計測技術

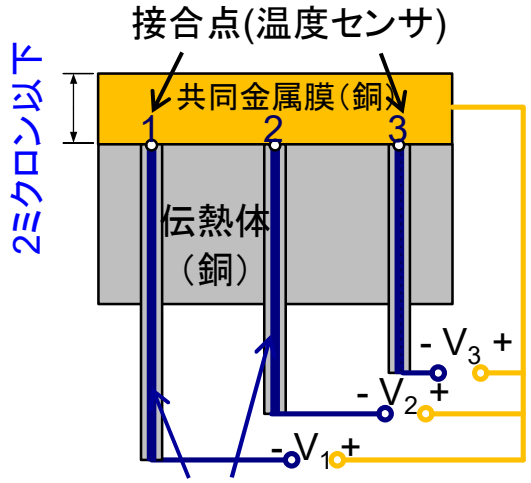
計測 No. 6-7

伝熱面上の流れを乱さずに、500Hz以上の高速度で変化する伝熱面温度・熱流束分布を高空間分解能で計測できる技術です。

## 技術の特徴

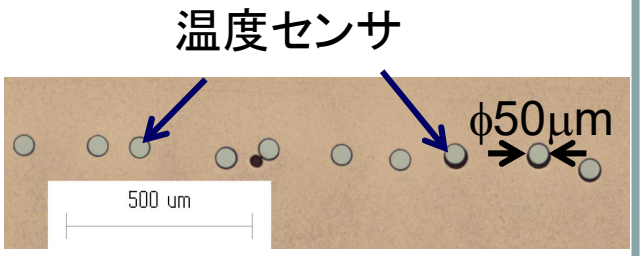
1. 伝熱面内に設置する高密度・高感度温度センサと熱伝導逆問題解析手法の組合せにより表面温度・熱流束の同時計測
2. 伝熱面表面の流れを乱さない非接触式計測
3. センサ間隔0.2mm以下の高密度配置と$10^{-7}$sの高い時間応答性

■ 個別金属線と共同金属膜により伝熱面内に温度センサ群を形成。微細個別金属線を用いることで高密度配置が可能




絶縁層つき個別金属線(コンスタンタン)

■ スパッタリングによる共同金属膜形成により温度センサを加熱面から深さ2μm未満に近接設置し、高い時間応答性を実現




スパッタリング製膜前の観察結果
（ϕ50μm温度センサを1mmに6点の密度で設置）

## 従来技術との比較

1 流動を乱さない非接触式計測が可能
2 センサー間隔0.2mm以下の高密度計測が可能
3 500Hz以上の高速過渡現象の計測が可能

## 利用分野

流体の温度変化を高速で測定する用途

## 研究のステージ

実用化段階

## 知財関連情報

特許第5305354号


seika.riyou@jaea.go.jp

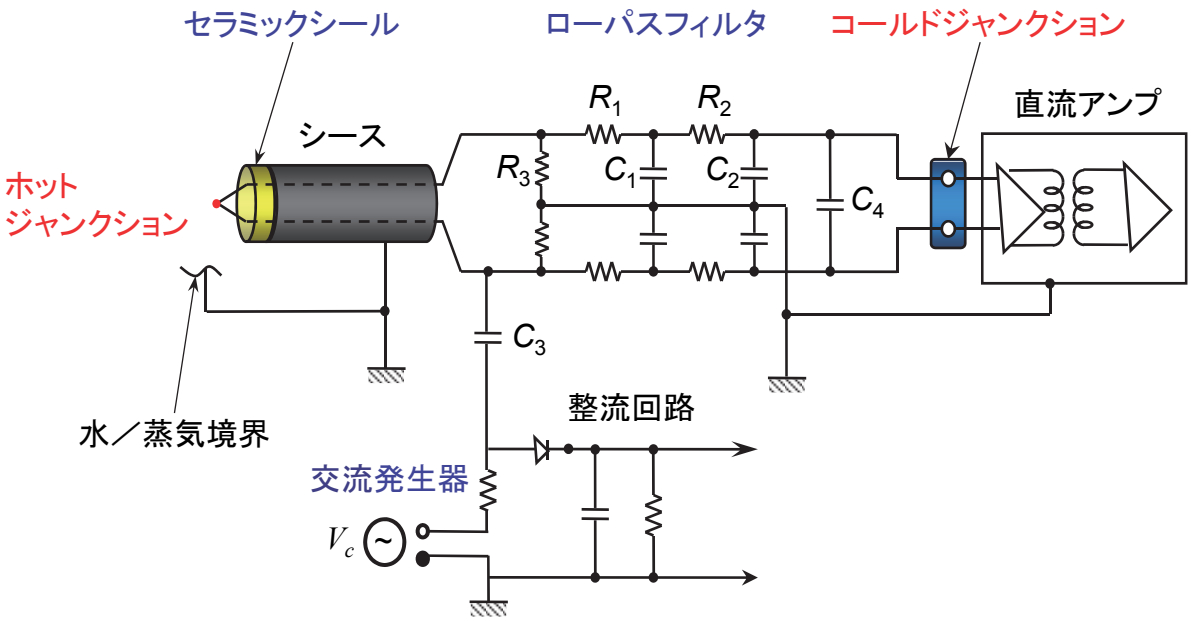
# 温度計測と混相流の流体相判別を同時に行う熱電対計測装置

計測 No. 6-8

露出型熱電対の測温部を導電プローブのセンサーとしても使用し、導電率の違いから液体及び気体の混相流の相判別を行い、同時にその相の同一点の温度を計測することが可能な計測装置です。

## 技術の特徴

露出型熱電対は測温部がむき出しになっており、これを導電プローブのセンサーとしても利用し、流体の導電率の違いから相判別を行います。導電プローブではセンサーに搬送用の交流信号を印加する必要があり、搬送信号の電圧は熱電対の温度信号である熱起電圧よりもはるかに大きいため、一般のデータ収録器では、熱起電圧を相判別信号と分離して取り出すことはできません。そのため、本装置は、熱電対にローパスフィルタを組み込んで交流信号成分を完全に除去することで、熱起電圧のみを取り出すことを可能としています。




## 従来技術との比較

従来は、熱電対のような微弱電圧の数1000倍も大きい搬送電圧を印加すれば、温度計測はできないと信じられていた。このため、相判別と温度計測は別々のプローブで行われていた。

## 利用分野

1　水-液体金属混相流の相判別と温度の同時計測
2　相変化する体系かつ温度非平衡場での温度･流体相の同時計測

## 研究のステージ

実用化段階

## 知財関連情報

柴本ら, 混相流, 17巻, 2号, 171-179, 2003.
特開2005-156501


seika.riyou@jaea.go.jp

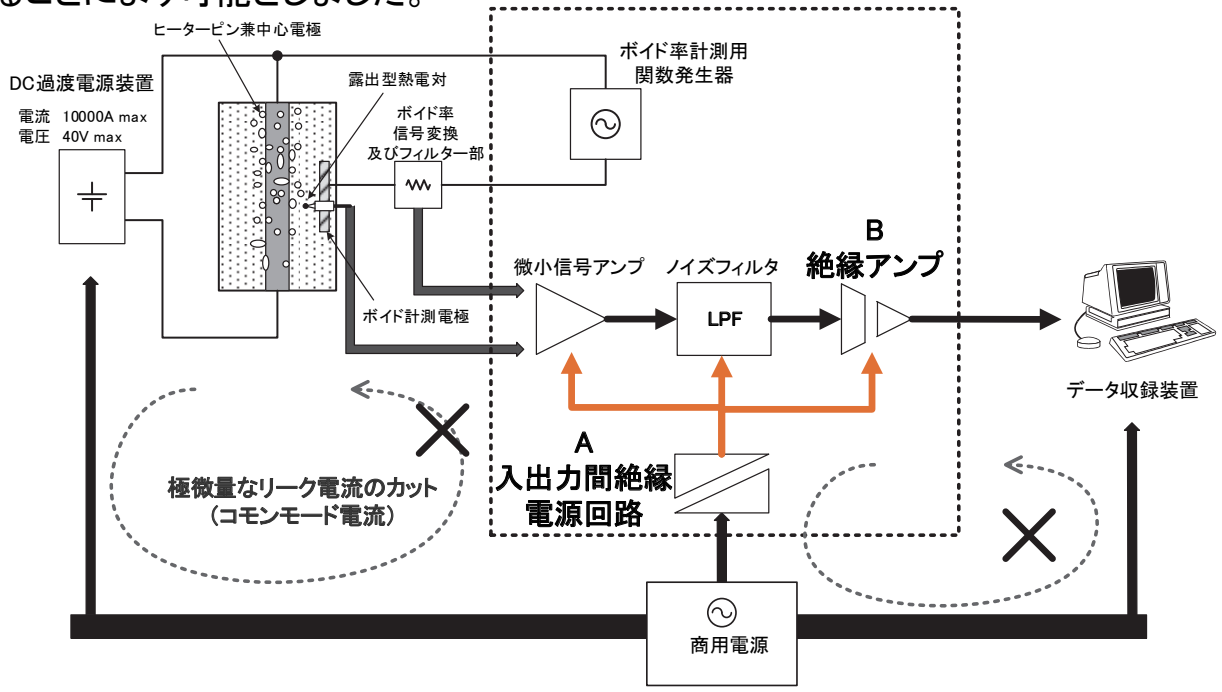
# 二相流ボイド率や温度などを計測する際の絶縁型計測技術

計測 No. 6-9

非絶縁ヒーターを利用する体系のような計測対象に大電流が存在する系において、導電プローブや露出型熱電対等の系に重畳する微小電流計測を可能とする技術です。

## 技術の特徴

流体の液相や気相の電気抵抗の差を利用した電気式ボイド計測や測温部が絶縁されていない露出型熱電対計測は、通常測定対象に電流が存在する場合には電流の回り込みにより信号の混線が生じ、計測ができません。これを高い絶縁技術、特にAC絶縁の最適化を施した計測回路（下図A及びB）を開発することにより可能としました。




**A 信号処理系の電源回路の仕様**
AC絶縁特性として入出力間の静電結合容量100pF以下

**B 絶縁アンプの仕様**
AC絶縁特性として入出力間の静電結合容量2pF以下

## 従来技術との比較

1 特にAC絶縁特性を満たす計測技術を開発することにより、ノイズフィルタ部のカットオフ周波数や減衰度を非常に小さくすることが可能
2 計測信号等の応答性を犠牲にすることなく微小計測信号を採取可能

## 研究のステージ

実用化段階

## 利用分野

二相流計測において電場（電位）が存在する液相中の温度データを露出型熱電対で計測可能

## 知財関連情報

浅香他、日本原子力学会2003年秋の大会、F46、2003.


seika.riyou@jaea.go.jp

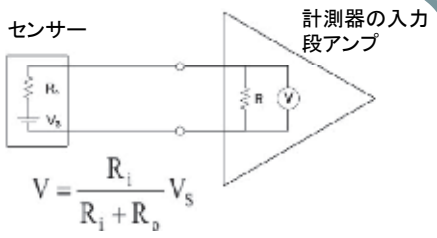
# 電気化学測定用超高入力インピーダンス低オフセットアンプ

計測 No. 6-10

水溶液のpHやイオン濃度を計測する際に使用する電気化学プローブとデータ収録器の間に本アンプを介すことにより、一般に市販されるデータ収録装置でも精度良く、長時間連続したデータを取得することが可能となります。

## 技術の特徴

- 一般に計測センサーの信号を歪めることなくデータ収録装置に伝達する（図1のV≒Vs）には、Ri>>Roとなるようにします。
- しかし、電気化学プローブはRoが非常に高く（0.1G～1GΩ）、一般のデータ収録装置のRi（1M～10MΩ）より高いため、V<Vsとなってしまいます。
- Riが10GΩ以上（Roが50Ω）の本アンプを電気化学プローブの後段に付加すると、一般のデータ収録装置でも精度良く、時系列データ収録が可能となります（図2）。




Ro：センサー自身の抵抗（出力インピーダンス）
Vs：電圧信号源
Ri：計測器の入力インピーダンス
V ：計測器の入力電圧

図1　センサーと計測器接続時の等価回路

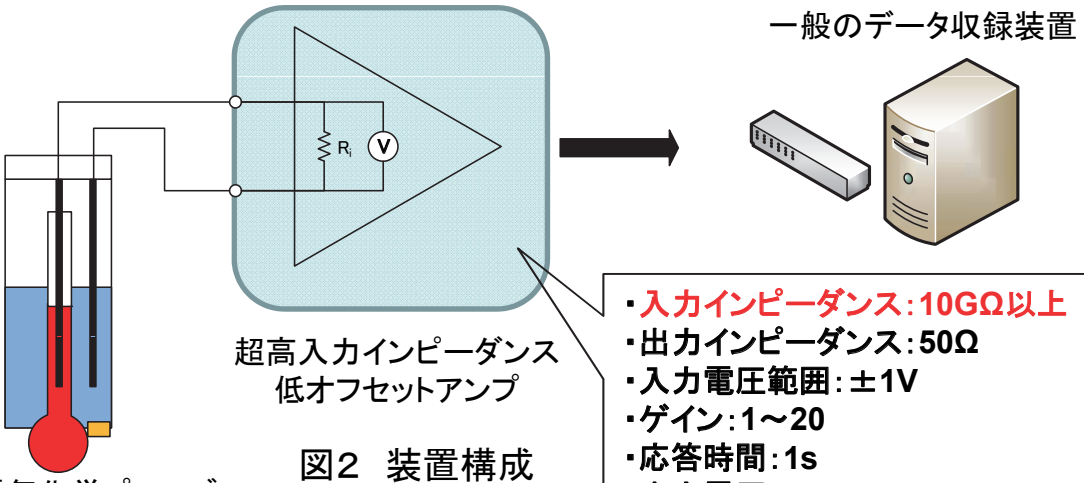



図2　装置構成

## 従来技術との比較

従来は市販電気化学プローブとセットになった測定器のみによってpH測定を行っていたが、本アンプにより市販されているほぼすべての電気化学プローブのデータ収録が出来る。

## 利用分野

1　非常に出力インピーダンスの高いセンサー等であれば何にでも使用可能
2　出力インピーダンスの高い光センサー等

## 研究のステージ

実用化段階

## 知財関連情報

佐川他，JAEA-Tech 2008-059


seika.riyou@jaea.go.jp

# 気圧変動環境下で精度よく差圧を検知する検出器

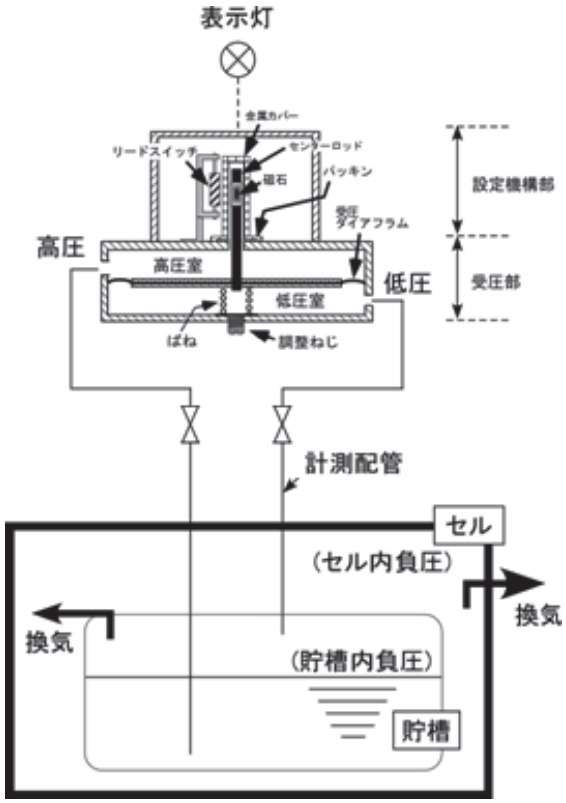
計測 No. 6-11

原子力施設などの常時負圧を維持しているセル内環境等で、差圧を検知する機器です。圧力測定やディップチューブ方式の液位測定等に用います。受圧部にダイアフラムを採用したものと、より安定した測定精度が得られる金属ベローズ採用の2つの方式があります。

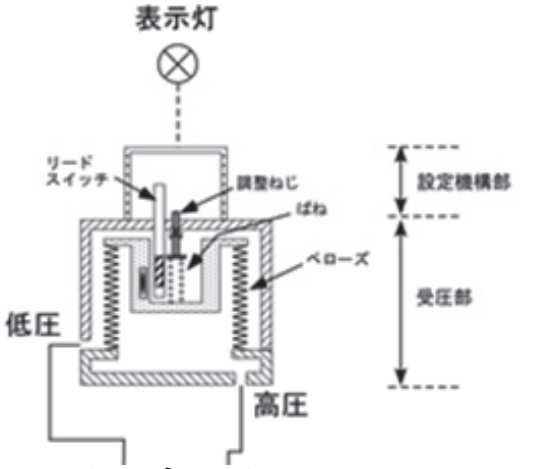
## 技術の特徴

○設定機構部と受圧部が隔離されています。
○検出端側の貯槽内が高負圧環境下となった場合でも正確な測定ができます。
○内部ばねの強度を増減させることで微圧（数Pa）から高圧（数十kPa）まで幅広い圧力に対応します。

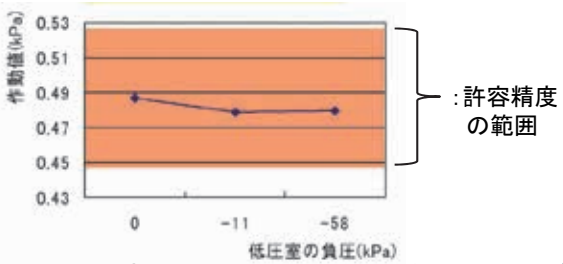
### ダイアフラム採用方式




### 周辺温度変化による影響を受けにくい 金属ベローズ採用方式




（同左図）




負圧環境下における作動値の変移

## 従来技術との比較

1 リードスイッチによる間接スイッチング
2 高負圧環境下における作動誤差防止
3 作動圧及び測定範囲がリードスイッチの位置調整及び調整ねじにより簡易に設定可能

## 利用分野

1 原子力施設
2 閉じ込めのため施設、室、作業環境内を負圧とする必要のある施設（化学研究施設、食品製造施設、半導体製造施設等）

## 研究のステージ

実用化段階

## 知財関連情報

特許第5164010号
特許第5311568号（共願：㈱大洋バルブ製作所）


seika.riyou@jaea.go.jp

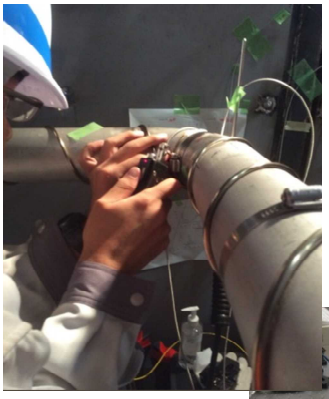
# 耐熱歪センサの実装技術と高温プラントの安全管理への応用

計測 No. 6-12

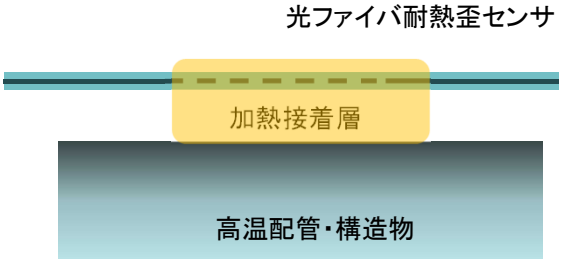
耐熱歪センサは、超短パルスレーザー加工の高精度回折格子描画技術によってのみ製作できる光ファイバセンサです。本センサと、これを大型構造物に現場で固定できる技術が組み合わさることで、高経年化する高温プラントの安全性を高めることが出来ます。

## 技術の特徴

- 光ファイバのコアに超短パルスレーザーによる微細な格子構造を精密に製作できます。
- 原子炉や化学工場など大型の高温配管に取り付けて、振動や熱膨張を計測できます。
- 原子炉や工場の日常運転だけでなく、地震や事故の際の配管の歪の監視が出来ます。
- 現在、600℃を超える高温環境で使用できる唯一の耐熱歪センサです。
- 現場でのセンサの実装を容易とする工夫がなされています。



センサの取り付け






センサを実装したエルボ



高温プラント（ナトリウムループ）へのセンサの組み込み

## 従来技術との比較

1 従来の光ファイバ歪センサは200℃程度までしか使用できませんが、本センサは600℃以上の高温で使用が可能です。
2 接着剤を使用していますので、配管表面の実装による加工痕を付けることがありません。

## 利用分野

1 原子炉2次冷却系のような長尺配管のエルボ部分の健全性モニタリング
2 高温流体の流速計測
3 歪測定機能付き建築資材の開発

## 研究のステージ

実用化段階

## 知財関連情報

特許第5669262号（共願 :㈱熊谷組）
スマートプロセス学会誌　2017年　第6巻第2号
74-79頁


seika.riyou@jaea.go.jp

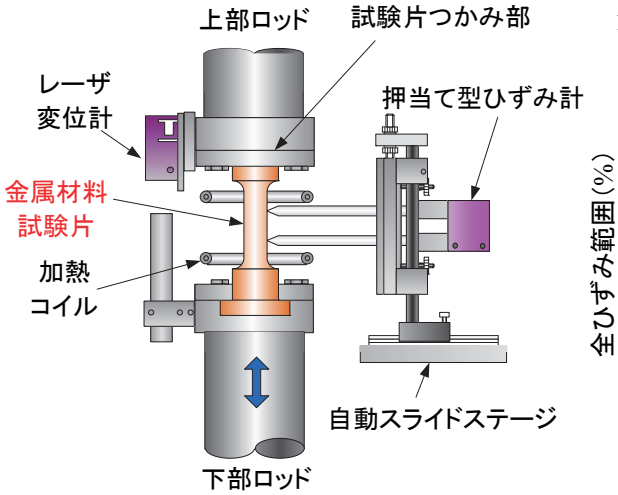
# ひずみ制御による超高サイクル疲労試験技術

計測 No. 6-13

高温に加熱した金属材料のひずみ(変形量)をコントロールしつつ、引張・圧縮の力を与えて、高サイクル疲労試験データを取得できる新しい試験技術です。本試験技術により、高温における金属材料の高サイクル疲労強度を評価することができます。

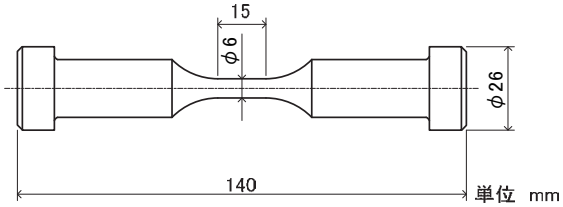
## 技術の特徴

1. 油圧駆動機構により金属材料に高速(最大100サイクル／秒)の繰返し負荷(引張・圧縮力)を与えます。
2. レーザ変位計と押当て型ひずみ計を併用し、繰返し負荷時の金属材料のひずみ(変形量)を制御します。
3. 金属材料の高温加熱は、高周波誘導加熱コイルを使用します。

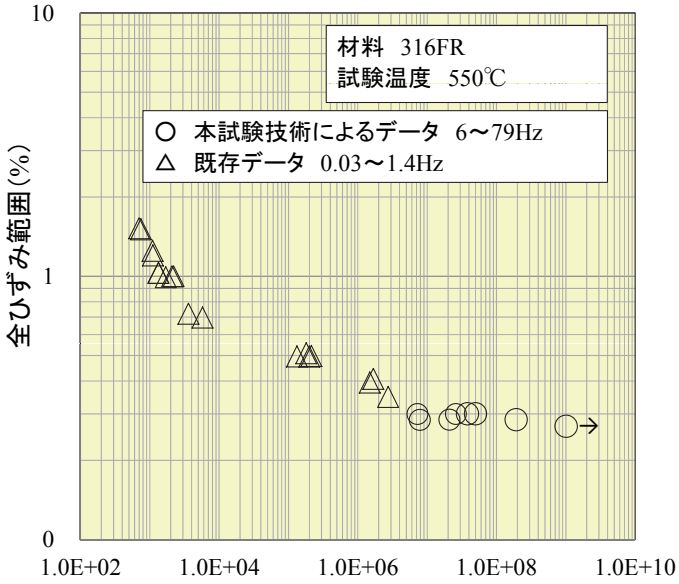



(油圧駆動機構によりロッドが上下に変動)

疲労試験部




金属材料試験片の形状(一例)




※○印が本試験技術によるデータ

高サイクル疲労試験データ(一例)

## 従来技術との比較

1 試験データの取得期間が10～100分の1に短縮
2 10億サイクル域の疲労試験データ取得が可能
3 高信頼性のデータ取得が可能

## 利用分野

1 化学プラントや火力プラントの構造設計
2 高温流体を用いるプラントの構造設計

## 研究のステージ

実用化段階
(設計用データ取得中)

## 知財関連情報

特許第4061341号
(共願:㈱島津製作所)

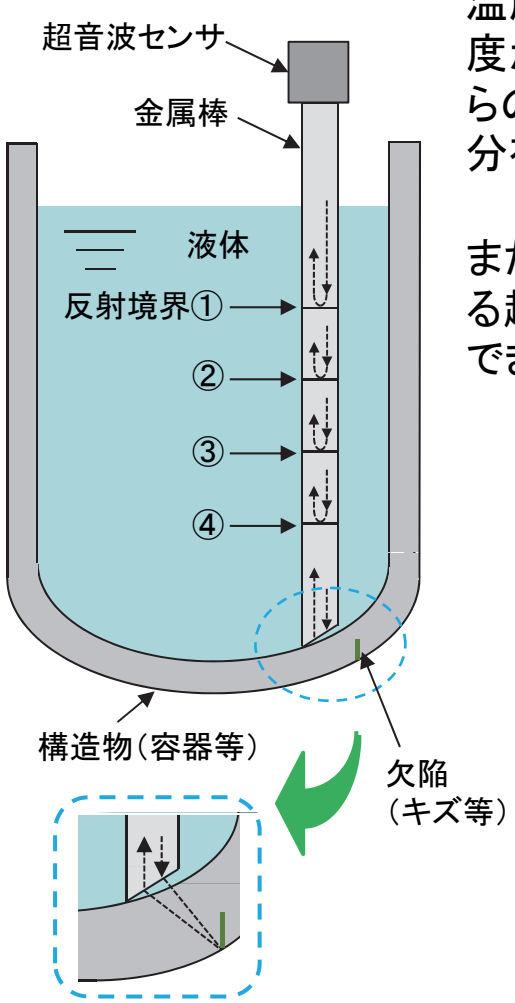

seika.riyou@jaea.go.jp

# 超音波による温度ならびに構造物の欠陥の測定方法

計測 No. 6-14

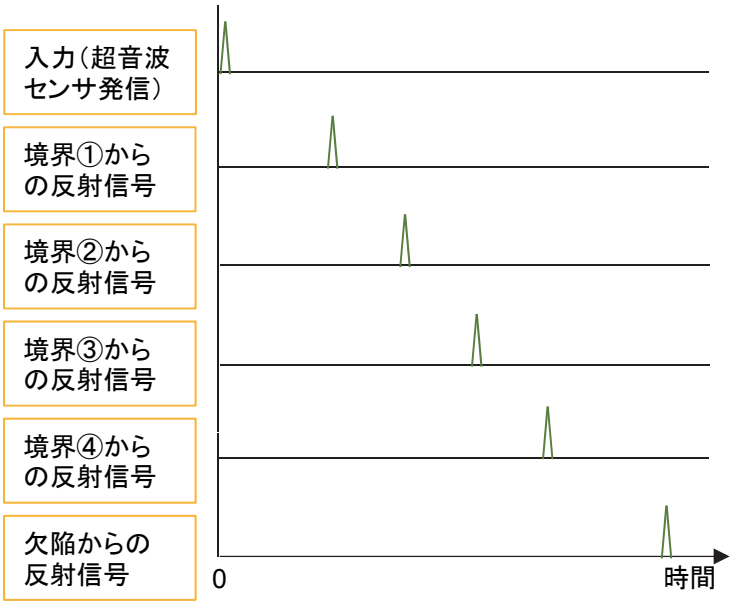
液体中に挿入した金属棒に超音波を伝搬させて、液体の温度分布ならびに構造物に生じた欠陥を同時に計測する新たな計測手法です。

## 技術の特徴




温度によって金属棒を伝わる超音波の速度が変化することを利用し、反射境界からの信号を計測することで、液体の温度分布を計測することができます。

また同時に、金属棒の先端から放射される超音波を利用し、構造物の欠陥も計測できます。




## 従来技術との比較

1　熱電対が使用できない高温および腐食液体中で利用可能
2　温度と欠陥の同時計測が可能
3　液体金属でも適用可能

## 利用分野

1　化学プラント
2　溶鉱炉施設

## 研究のステージ

基礎研究段階
（計測原理確認）

## 知財関連情報

特許第6217021号

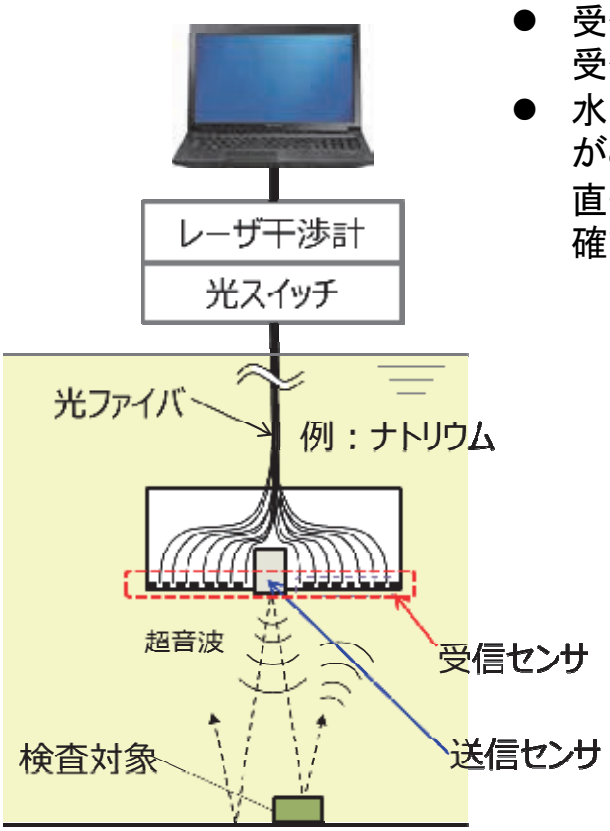

seika.riyou@jaea.go.jp

# 高視認性超音波検査装置

計測
No. 6-15

超音波を用いて可視化を行う超音波検査装置において、ノイズ成分を低減する受信センサ構造を発案し、高い視認性が得られる超音波検査装置を提供する技術です。

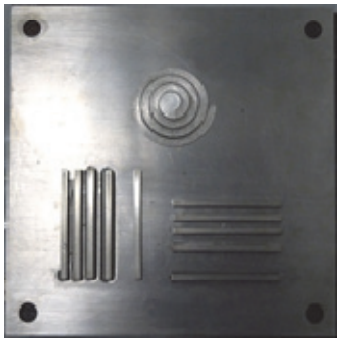
## 技術の特徴




高視認性超音波検査装置のイメージ

- 受信センサ構造に遮音機能を追加し、受信信号のノイズ成分を低減しました。
- 水中試験において、検査対象との距離が800mm離れたところから、幅3mmの直線ターゲットを区別可能であることを確認しました。

写真



超音波検査装置



本超音波検査装置による可視化の例

## 従来技術との比較

受信信号のノイズ低減による視認性向上

## 利用分野

1 魚群探知など水中探査
2 超音波エコー検査

## 研究のステージ

基礎研究段階

## 知財関連情報

特許第6347539号 、特開2016-176908
（2件共願：三菱FBRシステムズ㈱）


seika.riyou@jaea.go.jp

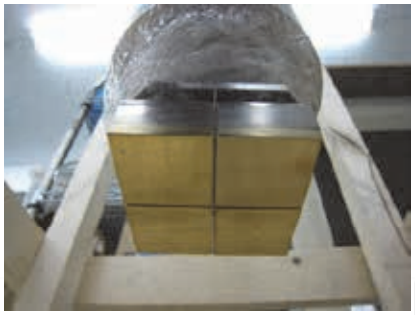
# 液体金属中の物体の目視検査用超音波センサ

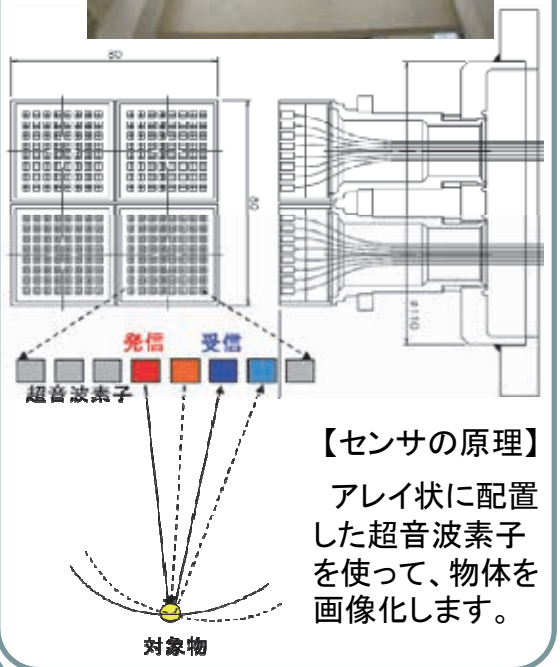
計測 No. 6-16

超音波を使って高温かつ不透明な液体金属中の物体を可視化するセンサです。ビデオカメラのように動画が撮影できるリアルタイムセンサと写真機のように高精細な静止画が撮影できる高解像度センサの2種類があります。

## 技術の特徴

200℃までの高温かつ不透明な液体中の物体を画像化できます。

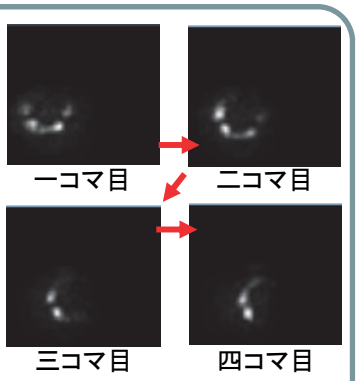




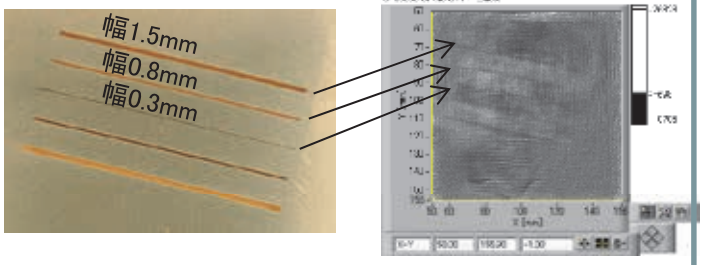

【センサの原理】

アレイ状に配置した超音波素子を使って、物体を画像化します。




リアルタイムセンサによる液体金属ナトリウム中での動画撮影の例




高解像度センサによるスリットの画像化例
（水中で画像化例）

## 従来技術との比較

1 高温（約200℃まで）かつ不透明な体中での微細な傷の目視検査が可能
2 液体中の物体の3D画像撮影

## 利用分野

1 高速増殖炉の炉内検査
2 不透明な液体中の各種検査

## 研究のステージ

実用化段階

## 知財関連情報

特開2009-210395
特開2009-212776


seika.riyou@jaea.go.jp

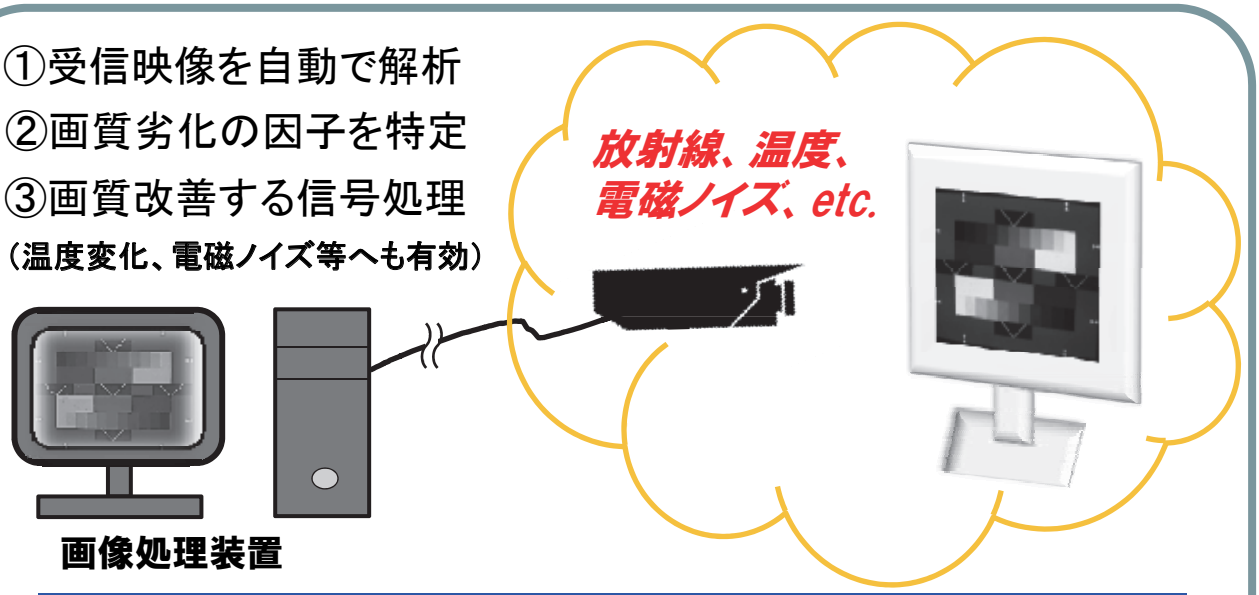
# 放射線環境下においてノイズの少ない良好な画像を得られる撮像装置

計測 No. 6-17

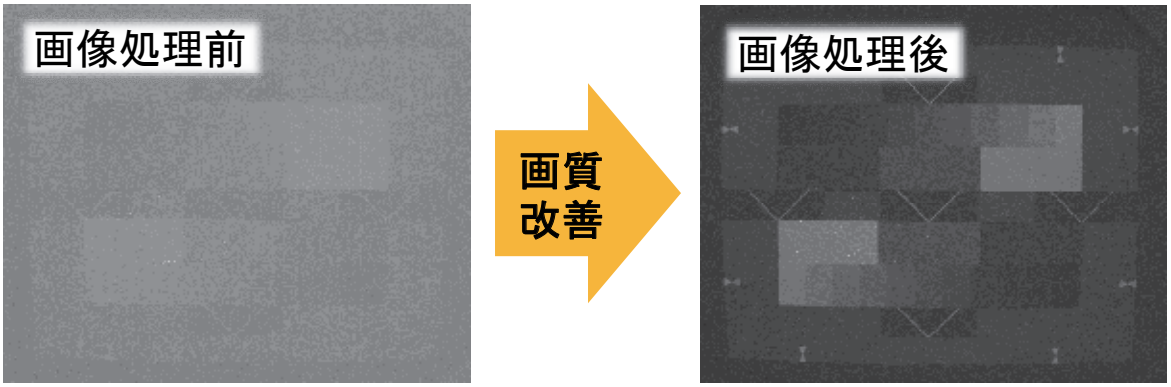
放射線環境下では、撮像素子の暗電流が増大すること等で画質が低下します。本装置は、画質に影響を与える各因子に対して影響をキャンセルする信号処理機能を有するため、放射線環境下におけるカメラの画質低下を自動的に改善します。

## 技術の特徴

①受信映像を自動で解析
②画質劣化の因子を特定
③画質改善する信号処理
（温度変化、電磁ノイズ等へも有効）




### 放射線環境下のカメラ画質劣化に対する自動画像処理の一例




## 従来技術との比較

1　放射線による画質劣化を軽減
2　リアルタイムに画質改善
3　自動的に画質を最適化

## 利用分野

1　原子力プラント監視
2　宇宙航空分野
3　温度等条件変化の大きい環境

## 研究のステージ

試作検討段階

## 知財関連情報

特開2018-160858
（共願：㈱ブルックマンテクノロジ、池上通信機㈱）


seika.riyou@jaea.go.jp

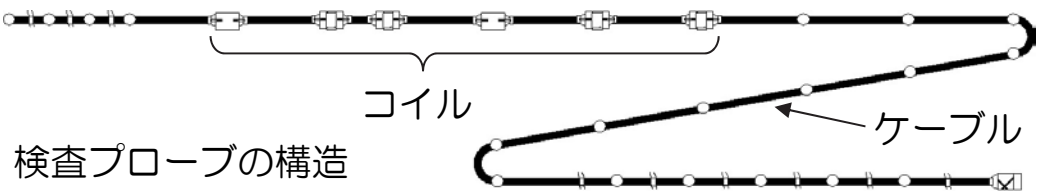
# 強磁性管の渦電流探傷システム

計測
No. 6-18

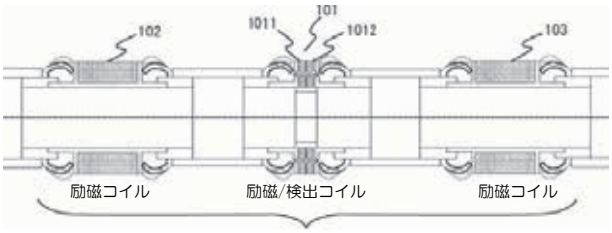
通常の渦電流探傷法(ECT)と間接磁場を利用した渦電流探傷法(RF-ECT)を組み合わせ、かつ、多数の検出コイルを環状に配置することにより、強磁性体の管に生じたキズの有無を精度よく検査できる渦電流探傷システムです。

## 技術の特徴

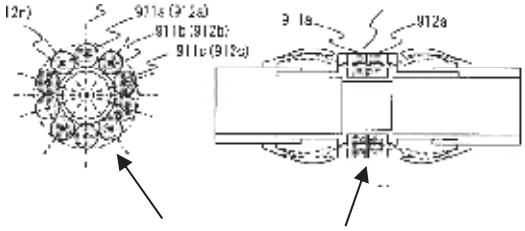
炭素鋼などの強磁性体でできた管のキズの検査には、通常の渦電流探傷法(ECT)では検査プローブの反対側(外側)にあるキズを検知できないため、間接磁場を利用した渦電流探傷法(RF-ECT)が用いられますが、管の内側にあるキズと外側にあるキズの識別が困難で、さらにキズの検出性能(周方向の分解能)にも課題がありました。




検査プローブの構造




RF-ECT&ECT用
(検出コイルは兼用)



多数の検出コイルを
環状に配置

通常の渦電流探傷法(ECT)と間接磁場を利用した渦電流探傷法(RF-ECT)を組み合わせることにより、管の内側にあるキズと外側にあるキズの識別を可能にするとともに、多数の検出コイルを環状に配置することにより、キズの大きさ(周方向の広がり)を把握することができます。

## 従来技術との比較

1 強磁性材の管の渦電流探傷において、内外面のキズの識別が可能
2 かつ、キズの周方向広がりを把握可能

## 利用分野

非破壊検査(渦電流探傷)

## 研究のステージ

実用化段階
(実証試験中)

## 知財関連情報

特許第5158644号


seika.riyou@jaea.go.jp

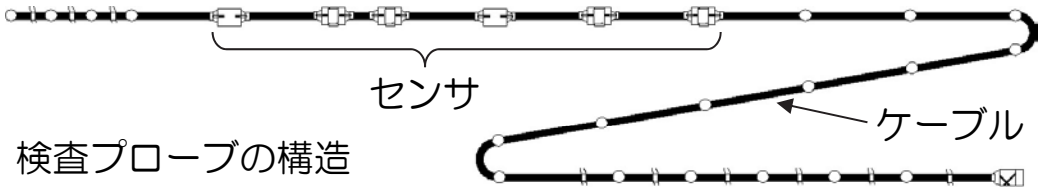
# 小口径配管検査時のノイズ低減法

計測
No. 6-19

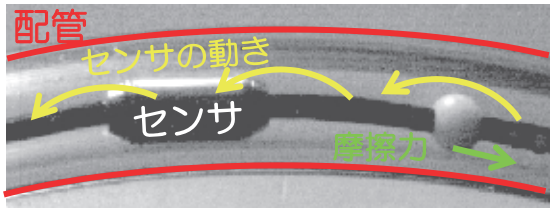
小口径配管を検査する際に、渦電流探傷等の検査プローブと配管との摩擦による振動を吸収することにより、ノイズを抑制し精度よく検査できるようにします。

## 技術の特徴

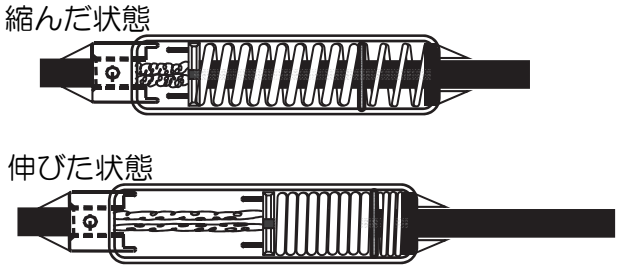
小口径配管のキズの有無を検査するために、配管内に検査用プローブを挿入すると、プローブのケーブルは配管との摩擦により自励振動（スティック・スリップ現象）を生じる場合があります。この振動が検査信号のノイズとなり、キズの検出性を低下させる原因になっていました。



検査プローブの構造



配管内での検査プローブの挙動



振動吸収（バネ）機構

検査プローブとケーブルの間にバネ機構を取り付け、ケーブルに生じた自励振動をバネ機構で吸収することにより、検査プローブの振動を抑制し、ノイズを低減させることができ、キズ信号を精度よく検出することができます。

## 従来技術との比較

ノイズの中から必要な信号（キズによる信号）を精度よく抽出

## 利用分野

小口径配管の非破壊検査
（渦電流探傷、超音波探傷、目視検査、寸法検査など）

## 研究のステージ

実用化段階
（実証試験中）

## 知財関連情報

特許第4161114号


seika.riyou@jaea.go.jp

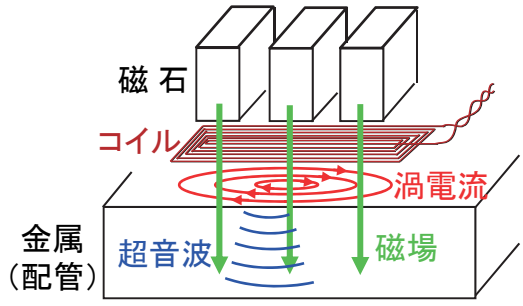
# 配管表面温度･減肉量、流体温度の同時測定法

計測 No. 6-20

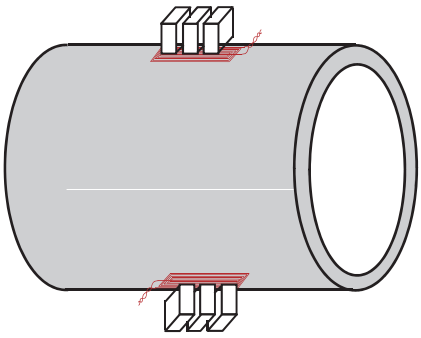
1対の電磁超音波探触子のみで、配管の表面温度及び減肉量、配管内を流れる流体温度を同時に測定する手法です。

## 技術の特徴

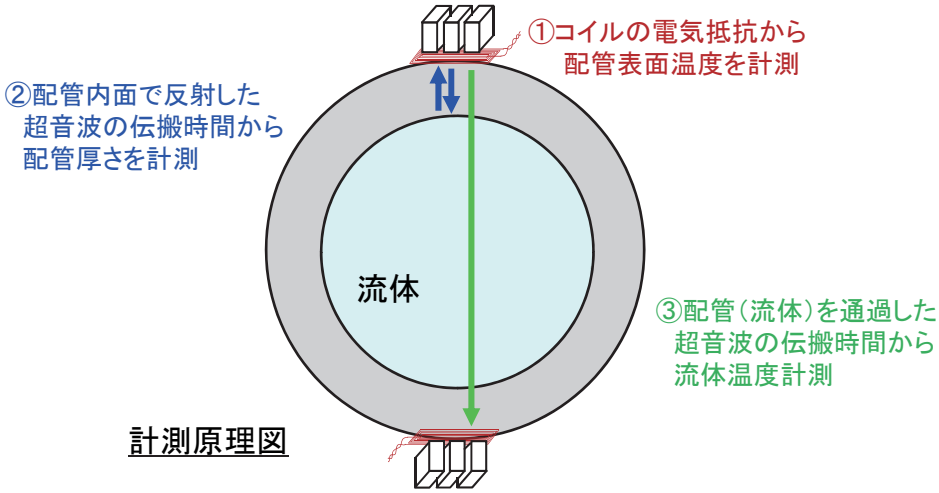
配管を挟んで1対の電磁超音波探触子を取り付けることで、コイルの電気抵抗から配管表面温度を、配管内面で反射した超音波の伝搬時間から配管厚さを、配管（流体）を通過した超音波の伝搬時間から流体温度を3つ同時に測定できます。




電磁超音波探触子の原理



配管への取り付け例




計測原理図

## 従来技術との比較

1対のセンサで、配管の表面温度及び減肉量、配管内を流れる流体温度を同時に測定可能

## 利用分野

プロセス計装（温度測定）
配管点検（減肉測定）

## 研究のステージ

試作検討段階

## 知財関連情報

特開2010-025812


seika.riyou@jaea.go.jp

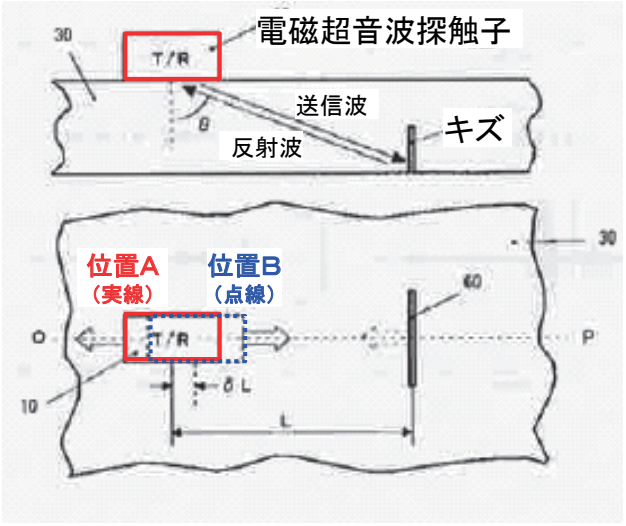
# 電磁超音波探傷におけるノイズ低減法

計測 No. 6-21

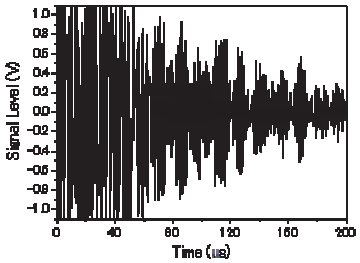
電磁誘導により物体中に超音波を生じさせ、キズの有無を検査する電磁超音波探傷において、ノイズの影響を低減し、キズの信号を強調する手法です。

## 技術の特徴

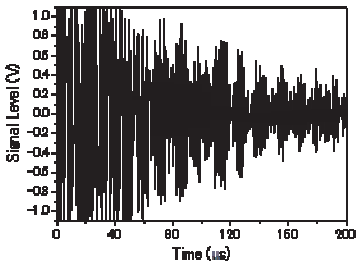
電磁超音波探傷法は、非接触・高温物体の検査を得意とする反面、信号レベルが小さいためノイズの影響を受けやすい欠点がありました。



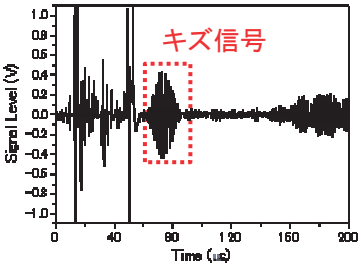

位置Aで受信した信号




位置Bで受信した信号




位置A－位置Bの信号




位置Aと位置Bの信号には、それぞれキズ信号とノイズが含まれますが、ノイズは位置によらずほぼ一定であるのに対し、キズ信号は探触子とキズの距離によって変化します。わずかに離れた位置で収録した2つの信号の差をとることで、ノイズを低減し、キズ信号を強調することができます。

## 従来技術との比較

ノイズの中からキズによる信号を精度よく抽出

## 利用分野

非破壊検査（超音波探傷）

## 研究のステージ

実用化段階
（実証試験中）

## 知財関連情報

特開2006-242770


seika.riyou@jaea.go.jp

# 鉄筋を伝播する超音波を用いた鉄筋コンクリートの検査方法

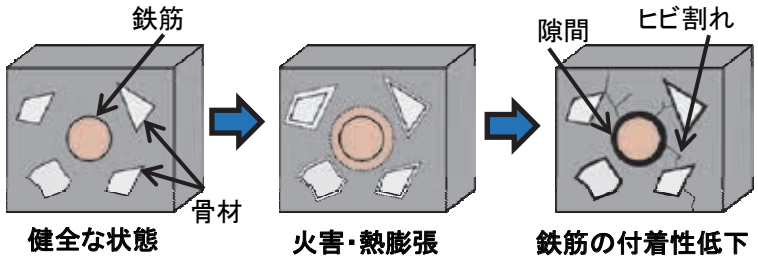
計測 No. 6-22

鉄筋コンクリートの鉄筋に超音波を伝播させることで、鉄筋コンクリート構造物内部の健全性の調査が可能となります。火災による火害の影響範囲の調査や、鉄筋周囲に発生した腐食劣化の有無の検査への適用を目指した、微破壊的な検査法です。

## 技術の特徴

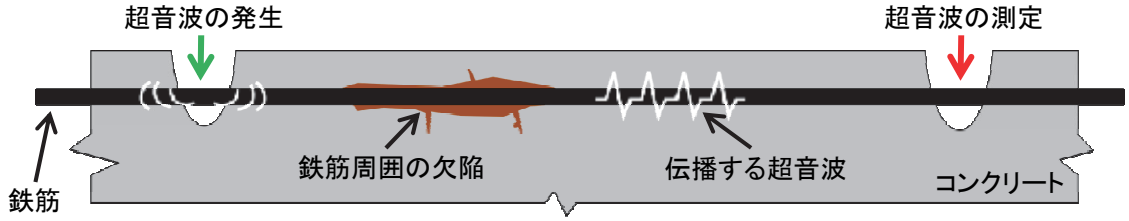
鉄筋コンクリートの鉄筋に対して超音波を励起させ、測定点で得られた超音波信号に対して信号処理を行うことで得られる周波数スペクトルから、健全性を評価します。

**【鉄筋コンクリートの劣化プロセスと技術開発の着眼点】**

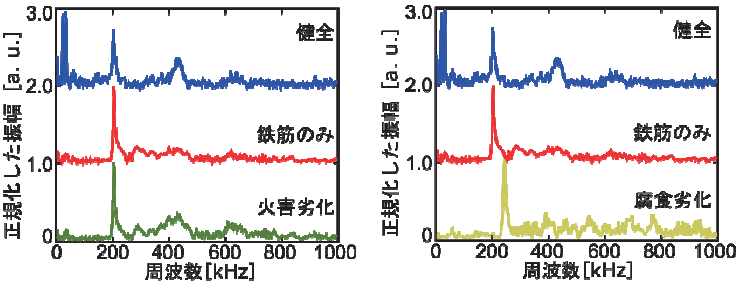



鉄筋コンクリートはその劣化の過程において、鉄筋と周囲のコンクリートとの間の付着性の低下が発生します。

超音波を媒介しやすく、鉄筋コンクリートの健全性によく相関する鉄筋に超音波を発生・測定することで内部の評価を行います。




**【信号解析で得られる劣化鉄筋コンクリートの特徴】**




健全な鉄筋コンクリートのみ強い低周波のピークが見られますが、火害劣化・腐食劣化した鉄筋コンクリートの信号には見られません。信号解析により得られるこの特徴から、鉄筋コンクリートの健全性を評価します。

今後もこの特性を利用した装置の開発や定量的な検査法の研究開発を継続します。

## 従来技術との比較

1 骨材（コンクリート中の砂利）の影響が無く、1度に広範囲の検査が可能

2 電位法のように、腐食しやすさの検査ではなく、実際の有無の検査が可能

## 利用分野

1 鉄筋コンクリート構造物の健全性評価・モニタリング

2 非（微）破壊検査

## 研究のステージ

基礎研究段階

## 知財関連情報

Furusawa et al., LSSE2017 Proc., OPIC2017.


seika.riyou@jaea.go.jp

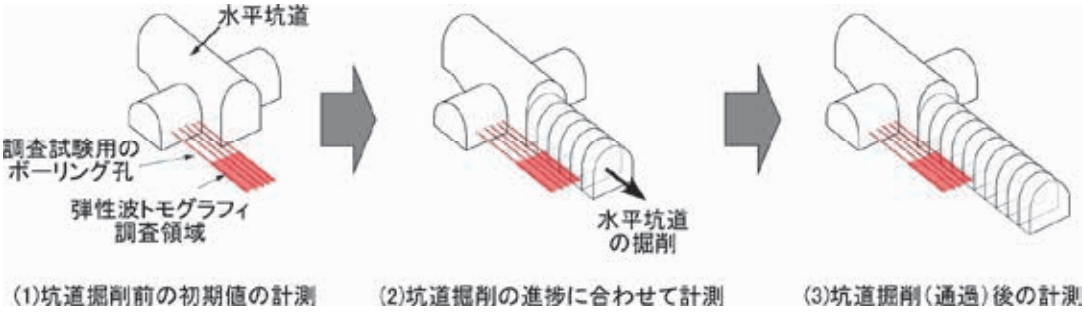
# 孔内起振源を用いた簡易弾性波トモグラフィ試験

計測 No. 6-23

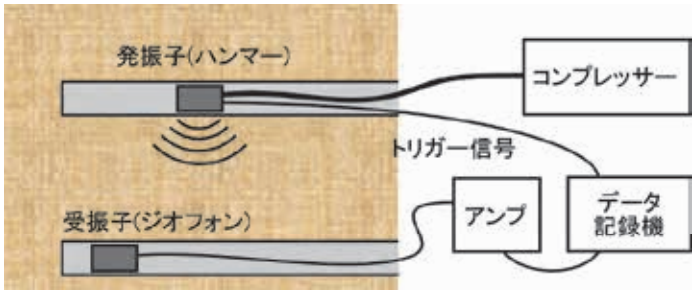
“孔内起振源”は、空気圧を用いて岩盤に掘削されたボーリング孔の孔壁をたたき、ボーリング孔内の所定の場所・時間に四方に弾性波を発生させる装置です。本装置を用いることで、弾性波トモグラフィ調査を短時間で簡便に行うことを可能とします。

## 技術の特徴

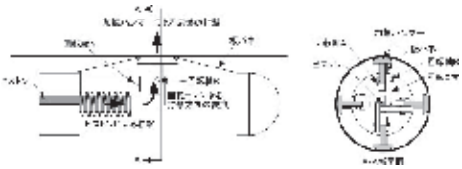
簡便に弾性波トモグラフィ調査を可能とする技術であり、専門業者で無くても取り扱え、掘削工事の合間に調査を行うことが可能となったことで、これまでデータ取得が困難であった坑道掘削中の岩盤内における変化を捉えることが可能となったのが特徴です。（下図を参照）。掘削後の長期間における岩盤の挙動の調査にも対応します。




坑道掘削時の弾性波トモグラフィ調査の進め方のイメージ（鳥瞰図）




弾性波トモグラフィ調査システムの概要



孔内起振源の断面図



発振子としての孔内起振源のボーリング孔内への挿入の模様

## 従来技術との比較

1 弾性波トモグラフィ調査システム全体コンパクトかつ取り扱いも容易
2 点源としての位置・時刻の精度が向上した四方への弾性波の発生が可能

## 利用分野

岩盤の調査技術

## 研究のステージ

試作検討段階

## 知財関連情報

特許第5273568号
（共願：サンコーコンサルタント㈱）

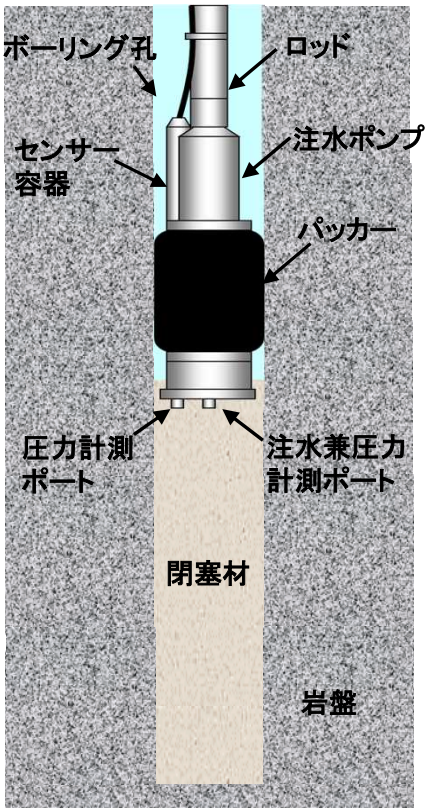

seika.riyou@jaea.go.jp

# ボーリング孔遮水試験法

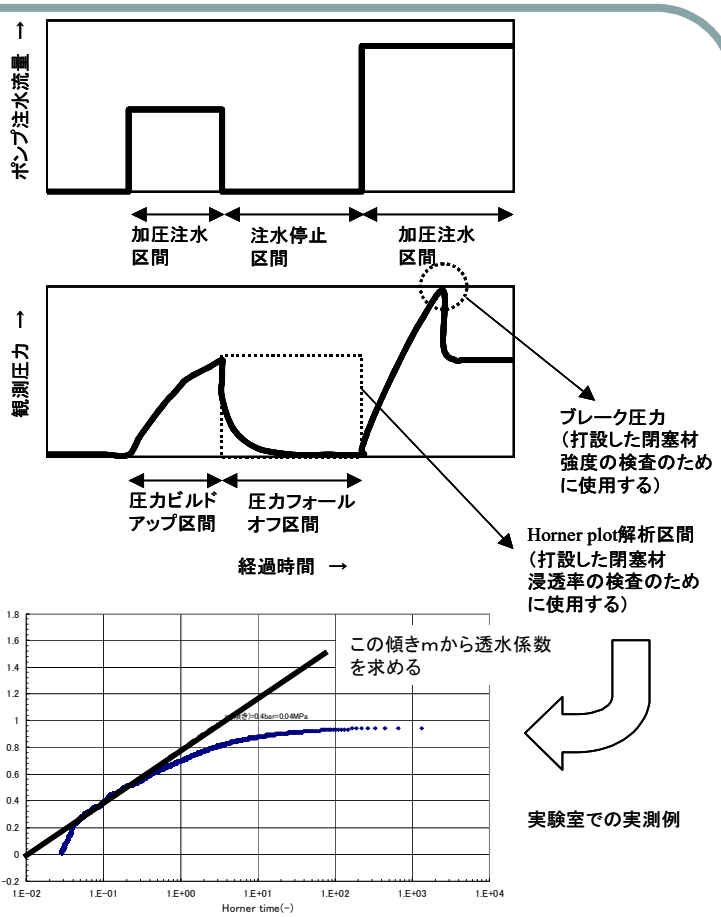
計測
No. 6-24

地下水調査、資源開発、土木工事など、全てのボーリング孔は、調査目的終了後に環境への影響を与えないように埋戻(閉塞)す必要があります。本技術は閉塞したボーリング孔の遮水性能を評価するための試験装置、試験方法および解析方法に関するものです。

## 技術の特徴




閉塞材を埋設したボーリング孔に試験装置をセットし、パッカーで孔を塞いでから水を圧入し、その圧力変化を測定することにより埋設したボーリング孔の透水性と閉塞材の強度を測定できる装置です。




注水ポンプで注入流量を上げた時の圧力の上昇と、注水を停止させた後の圧力の低下から、この圧力の時間応答を解析します。

## 従来技術との比較

国内外においてボーリング孔内に打設した閉塞材の遮水性を原位置で測定、評価する方法はない

## 利用分野

地下水・石油・天然ガス・地熱・温泉・金属・土木・科学調査などのボーリング孔掘削工事を伴う全ての分野

## 研究のステージ

実用化段階

## 知財関連情報

特許第4756213号
(共願:帝石削井工業㈱、地熱技術開発㈱)

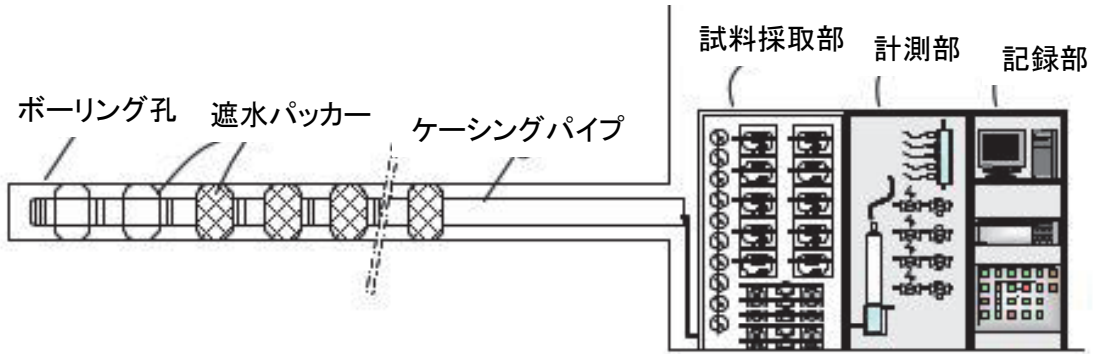

seika.riyou@jaea.go.jp

# 多区間水質連続モニタリング装置

計測
No. 6-25

高圧地下水などの水圧や水質、pH、酸化還元電位などを、溶存ガスを保持しながら連続的に測定できるモニタリング装置です。ボーリング孔内や地下水が湧出する坑道など、複数の観測区間において自動的に観測データの記録、水試料の採取が可能です。

## 技術の特徴




ボーリング孔内のパッカーで区切られた複数区間の地下水を、定圧弁で脱ガスを抑制しながら試料採取部、計測部を経て連続モニタリングします。



定圧弁や脱ガス確認用のアキュムレータタンクを備えており、脱ガスの有無や溶存ガス量を確認できます。



試料採取部および計測、記録部

## 従来技術との比較

地下水中の溶存ガスの脱ガスを抑制し、間隙水圧を維持しながら水質を連続測定できます。

## 利用分野

トンネル工事、温泉、地熱エネルギー用井戸、地下鉄工事などにおける水質検査

## 研究のステージ

実用化段階（数年間にわたって使用中）

## 知財関連情報

特許第3950893号
（共願：㈱アサノ大成基礎エンジニアリング）

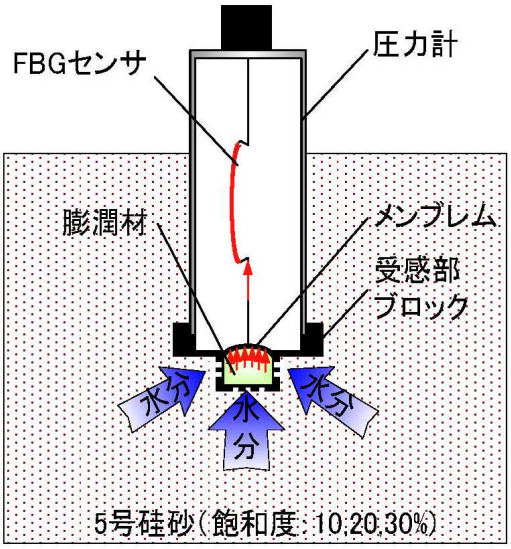

seika.riyou@jaea.go.jp

# 光ファイバーを用いた水分センサ

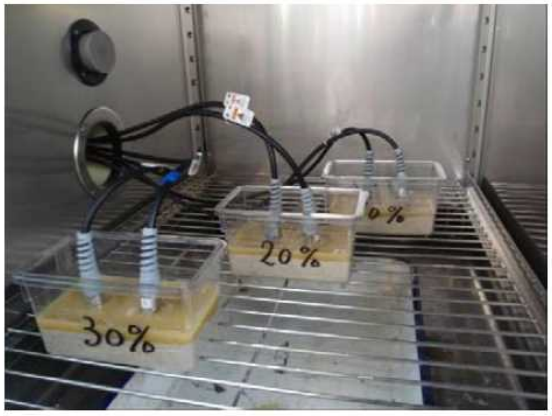
計測 No. 6-26

放射性廃棄物の地層処分では、地下水の流動を把握することは非常に重要です。本センサを用いて、地盤の土壌水分の観測を行うことで、直接的にその地点の地下水涵養量を求めることができます。また、廃棄体周辺の緩衝材への水分の侵入を検出・計測することも可能です。

## 技術の特徴




- 土壌や砂に対するセンサの受感部に、水分量に応じて膨潤・収縮する膨潤材料を用いています
- 膨潤・収縮をメンブレムを介して光ファイバー（FBGセンサ）で感知します
- 光ファイバーを用いているため、長期間、安定した測定が可能です




室内試験の状況

## 従来技術との比較

1 電気的ノイズの影響が一切ない
2 完全防爆のため使用環境に制限がない
3 絶縁不良は発生しない
4 落雷による影響はない

## 利用分野

1 地層処分
2 地盤工学分野
3 農業分野

## 研究のステージ

実用化段階

## 知財関連情報

（ ）内は共願人

特許第5999421号（鹿島建設㈱、㈱アサノ大成基礎エンジニアリング）
特許第6007454号（岡山大学、鹿島建設㈱、㈱アサノ大成基礎エンジニアリング）
JAEA-Research 2012-001


seika.riyou@jaea.go.jp

# 地磁気地電流データの自動ノイズ除去法

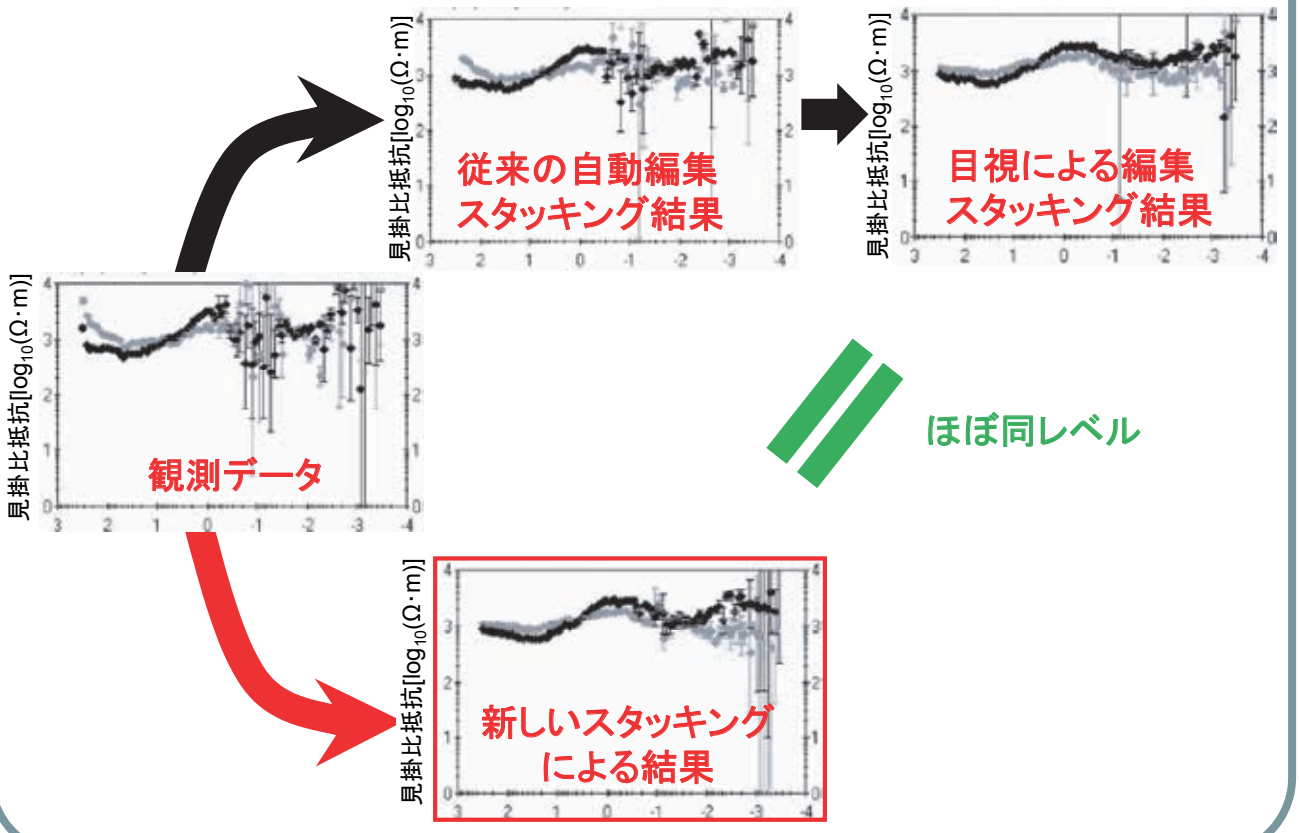
計測 No. 6-27

地熱・金属鉱床等の資源探査や地震・火山防災のための地下構造調査に用いられる地磁気地電流法の観測データを、高品質で取得するための方法です。

## 技術の特徴

新しいスタッキング法(注)を使ったこの方法では、単位観測期間ごとにデータ品質の評価値を求め、それに基づいた重み付きスタッキングを行うことで、効率的に高品質データが得られます。

*スタッキング： 同じような信号の時系列データにおいて、対応する時間のデータ同士を足し合わせ、S/N比を大きくする処理法。




## 従来技術との比較

1 作業者の技術レベルに依存しない自動処理
2 データ処理作業時間の短縮
3 ノイズ低減効果の向上

## 利用分野

1 地熱、金属鉱床等の資源探査
2 地震、火山防災等の地下構造調査等

## 研究のステージ

実用化段階

## 知財関連情報

特許第4512790号


seika.riyou@jaea.go.jp

# 電流測定でエネルギー分布を得る放射線検出器

計測 No. 6-28

小型の素子や材料を配列したシンプルな検出器で、高い放射線量においてもX線やガンマ線の強度（エネルギー）を瞬時に測定可能です。 医療用X線装置や産業用X線CT装置などへの応用が可能です。

## 技術の特徴

◇検出素子と放射線を吸収しやすい材料を直列に複数配置し一つの検出器を構成します。（図1）

低エネルギー放射線は、手前側の検出素子でのみ信号が出力されます。
高エネルギー放射線は、貫通力が高く、全ての検出素子から信号が出力されます。この違いを利用し、瞬時に放射線強度を計測します。

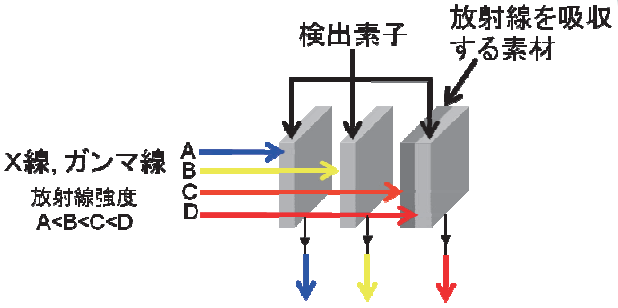
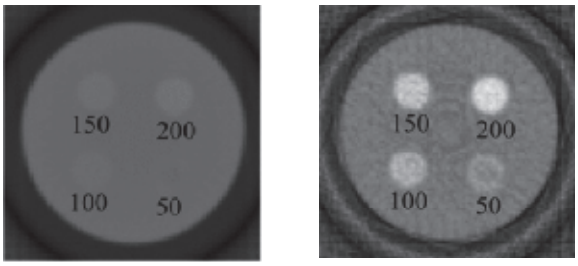



図1検出器イメージ

◇検出素子としては、半導体、シンチレータなど、測定する放射線の強度、検出器の大きさ等、測定ニーズに応じて様々な構成が可能です。

◇本検出器を人体のX線CTに適用した場合の模擬実験結果では、丸い部分（造影剤模擬）が明瞭に識別できました。（図2）
低X線量でも画像が得られるため、被ばく低減も図れます。




(a)従来検出器　(b)本検出器

図2　人体中造影剤の画像化結果
（4か所の薄い白丸部が造影剤、数値は濃度比）

## 従来技術との比較

1　ニーズに合わせた校正が可能
2　医療X線CTの解像度向上
3　物質組成の特定が可能

## 利用分野

1　人体用X線CT
2　産業用X線CT
3　原子力施設計装
4　ホームランドセキュリティ
5　手荷物検査

## 研究のステージ

試作検討段階

## 知財関連情報

特許第5779819号


seika.riyou@jaea.go.jp

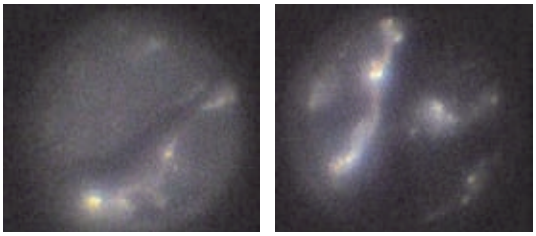
# 光ファイバを用いた放射線環境下での防水機能付き遠隔観察用スコープ

計測 No. 6-29

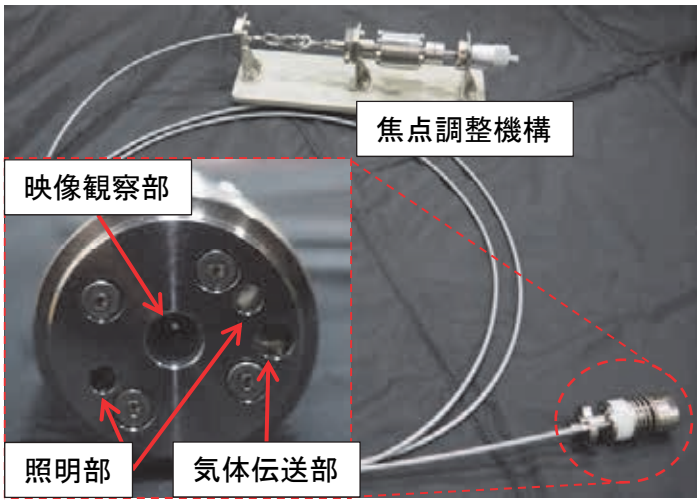
電磁ノイズや放射線の影響を受けない光ファイバ技術を用いて、高線量放射線環境下での炉内観察や水中（汚染水）での遠隔観察が可能です。

## 技術の特徴

主な機能
・放射線環境下での使用が可能
・焦点距離の調整が可能
・水中での観察が可能
・左右照明の切り換えにより立体視観察が可能

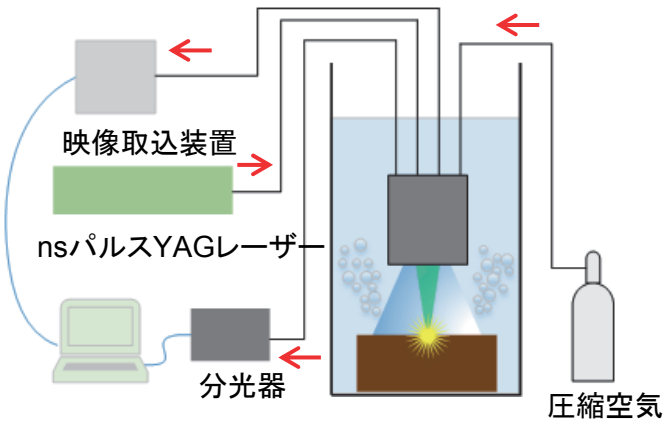


観察画像（左：気中　右：水中）




発展型として、右図のようにレーザー導光用の光ファイバと組み合わせ、対象物へパルスレーザーを集光照射し、蒸発時に発生するプラズマの発光波長成分を解析する事で、対象物の成分分析が可能になります。

この成分分析方法はLIBS（レーザーブレークダウン分光）と呼ばれています。




## 従来技術との比較

1　放射線の影響を受けず観察が可能
2　汚染された水中での観察が可能
3　多機能をコンパクトに集約

## 利用分野

1　廃止措置中の原子力施設炉内構造物等の観察
2　核融合炉内の観察
3　プール内γ線源の保守管理

## 研究のステージ

実用化段階

## 知財関連情報

C. Ito, et al., J. Nucl. Sci. Technol., Vo; 51, Nos. 7-8, pp 944-950, 2014.


seika.riyou@jaea.go.jp

# 家庭用放射線メータ

計測
No. 6-30

福島第1原発事故以来、簡便で高信頼性の放射線メータが求められており、“家庭用放射線メータ”は放射線に関する知識がない方でも放射線量が正常であるかが一目でわかるような表示になっています。

## 技術の特徴

■ 放射線検出器にフォトダイオード（放射線や光が当たると微弱電流が発生）を用いることにより、長寿命で安価かつ高信頼性のものとなります。

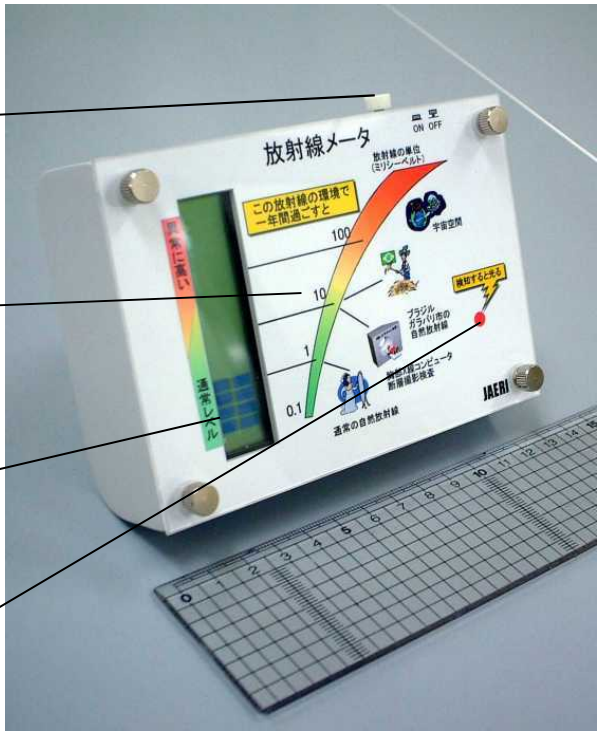
■ 測定した放射線量をバーグラフ化するとともに、自然放射線量の目安となるイラストと対比させてわかりやすく表示し、特に家庭用に適します。

電源スイッチを押すだけで計測スタート

1年間に自然から受ける放射線量の目安をイラストで表示（例えばブラジル・カラバリ市は10ミリシーベルト）

測定した1時間あたりの放射線量をバーグラフで表示

放射線を検知するとLEDが点灯




## 従来技術との比較

1 安価であること
2 操作（取扱）が簡単である（専門知識が不要）
3 維持費が安価

## 利用分野

1 家庭用に常備する
2 学校の教育用
3 公共の場の放射線メータ

## 研究のステージ

実用化段階

## 知財関連情報

特許第4448944号
特許第5761794号


seika.riyou@jaea.go.jp

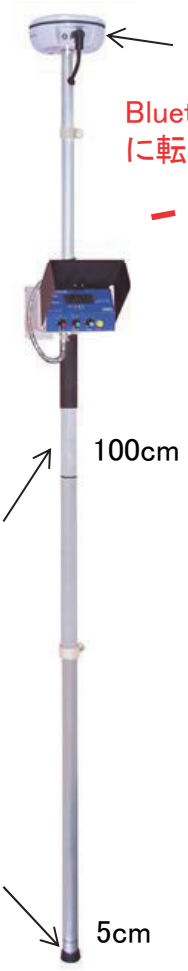
# 環境中における線量率マッピングシステム

計測 No. 6-31

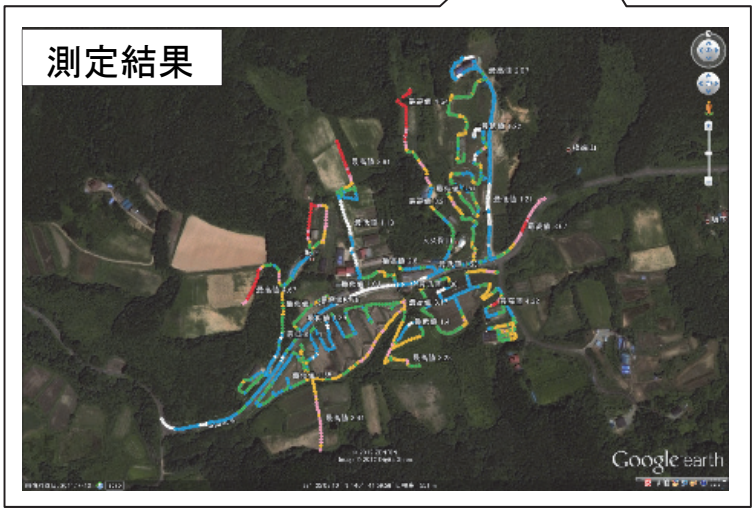
従来の測定器での線量率マップ作成では、大きな労力と時間を要していましたが、本システムでは誰でも歩きながらボタンをワンプッシュしていくだけで、簡単に詳細な線量率マップが作成できます。

## 技術の特徴

装置名：ガンマプロッターH






○高さの異なる2つの検出器で2点同時に測定
○GPSで測定場所を記録
○測定値に応じて6色で見やすく色分け表示
○各色のしきい値は任意に設定可能
○指定の秒数ごとに自動的に記録する自動モードも搭載

## 従来技術との比較

1 簡単に線量率マップが完成
2 しゃがんで測定する必要がなく、身体への負担が低い
3 データはタブレットPCに転送され、手書きのメモを取る必要がなく電子地図上にリアルタイムで表示可能

## 利用分野

1 放射線計測
2 環境修復

## 研究のステージ

実用化段階

## 知財関連情報

特許第5963165号
（共願：日本放射線エンジニアリング㈱）


seika.riyou@jaea.go.jp

# 環境中の高所における線量率マッピングシステム

計測 No. 6-32

屋根や樹木など高所の線量率マップ作成では、足場を準備したり安全対策を行ったり、大きな労力と時間を要していましたが、本システムでは先端の検出器を移動させながらボタンをワンプッシュしていくだけで、GPSや電子地図では表現できない高さ方向の線量率マップを誰でも簡単に作成できます。

## 技術の特徴

装置名：ガンマプロッターV







○先端に検出器と赤外線発光LEDを取り付けた伸縮ロッドにて高所の線量率を測定
○先端の赤外線発光を赤外線カメラで撮影することで測定箇所を特定
○同時に可視光カメラで撮影した画像と重ね合わせる
○測定箇所（発光箇所）に線量率を表示して、線量率マップが作成されます。
○線量率に応じて6色に色分け表示（測定結果写真は低線量のため同色）

## 従来技術との比較

1 高所に登る足場が不要で危険がない
2 簡単に高さ方向のマップを作成可能
3 データはノートPCに転送され、可視光カメラで撮影した画像上にリアルタイム表示可能

## 利用分野

1 放射線計測
2 環境修復

## 研究のステージ

実用化段階

## 知財関連情報

特許第6004393号
（共願：日本放射線エンジニアリング㈱）


seika.riyou@jaea.go.jp

# 放射能濃度計測装置

計測
No. 6-33

水中の放射性セシウム(Cs)濃度を高速、かつ、より確実に検知するモニタリング装置を開発しました。この装置は、放射性廃棄物の処理に伴う排水のモニタリングにおいて、より安全・安心に寄与するものです。

## 技術の特徴

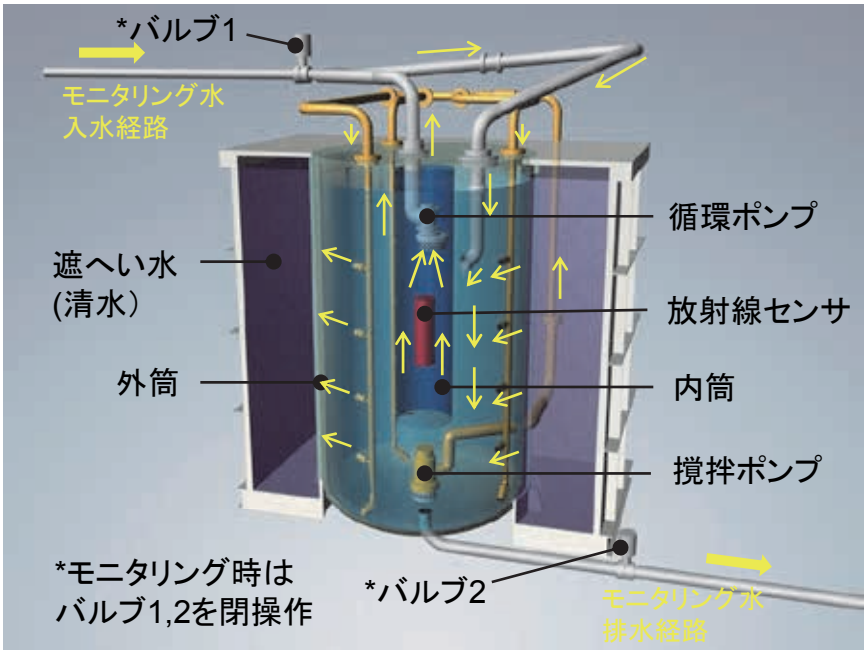
1 **水中の放射性Cs濃度を均一化して計測**
水槽内部に撹拌(周方向)用と循環(上下方向)用のポンプを備えることで、放射性Cs濃度を均一化してモニタリング水が確実に放射線センサ付近を通過します。

2 **水による自己遮へい方式で、高感度化と軽量化を両立**
外部放射線の遮へいに水による自己遮へい方式を採用し、高感度化とともに水を抜いた時の装置全体を大幅に軽量化しました。

3 **検出限界0.6Bq/Lで約1,100t/日のモニタリングが可能**



装置外観




モニタリング水の流れ

本装置は、(国研)科学技術振興機構の「先端計測分析装置・機器開発プログラム」により開発されました。

## 従来技術との比較

1 従来の投込みセンサ方式よりも高感度検出が可能
2 鉛や鉄板等による遮へい方式よりも大幅な軽量化が可能

## 利用分野

除染に伴う排水の放射性Cs濃度モニタリング等

## 研究のステージ

実用化段階

## 知財関連情報

特開2016-27334(共願:鹿島建設㈱、日本金属化学㈱)
特開2018-155615(共願:(国研)量子科学技術研究開発機構、鹿島建設㈱、日本金属化学㈱)


seika.riyou@jaea.go.jp

# 周囲の汚染に影響を受けない放射性セシウム検出器

計測 No. 6-34

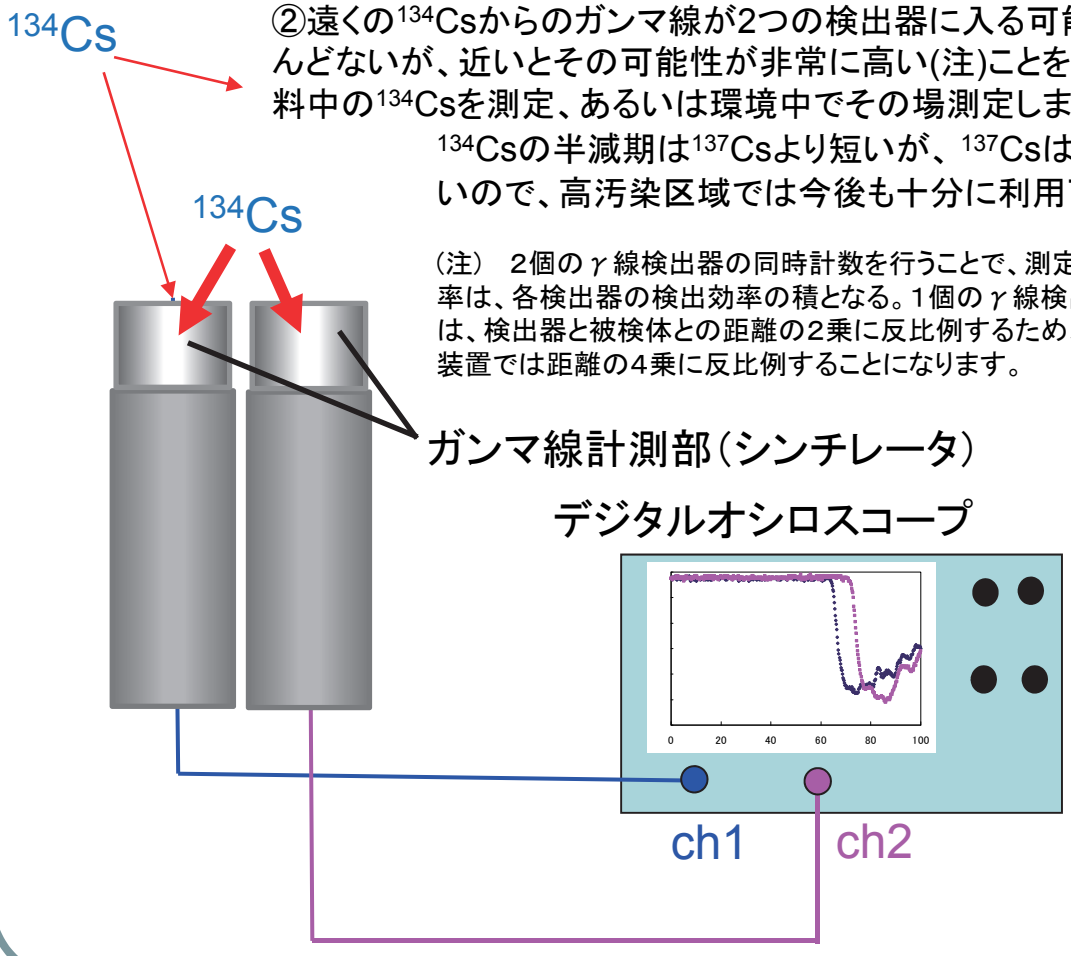
東京電力福島第一原子力発電所の事故による環境中の放射性セシウムの中で、$^{134}$Csが2本のエネルギーを持ったガンマ線を同時に放出するのを利用し、遮蔽体などを用いないで周囲からのガンマ線を遮断できる新しい検出器です。

## 技術の特徴

本装置の構成例です。①同時計数される2本のガンマ線をデジタルオシロスコープ上の時間情報で解析し$^{134}$Csを弁別する。また、②遠くの$^{134}$Csからのガンマ線が2つの検出器に入る可能性はほとんどないが、近いとその可能性が非常に高い(注)ことを利用し、試料中の$^{134}$Csを測定、あるいは環境中でその場測定します。

$^{134}$Csの半減期は$^{137}$Csより短いが、$^{137}$Csは計測されないので、高汚染区域では今後も十分に利用可能です。

（注） 2個のγ線検出器の同時計数を行うことで、測定装置の検出効率は、各検出器の検出効率の積となる。1個のγ線検出器の検出効率は、検出器と被検体との距離の2乗に反比例するため、本発明の測定装置では距離の4乗に反比例することになります。




## 従来技術との比較

1 測定試料の遮蔽包囲体が不要
2 時間解析で弁別するため、スペクトル解析などが不要

## 利用分野

1 $^{134}$Csを含む放射性物質の除染作業
2 $^{134}$Csを含む放射能汚染のマッピング
3 樹木などの非破壊その場測定

## 研究のステージ

試作検討段階
（デモ機で実証済み）

## 知財関連情報

特許第6029054号
RADIOISOTOPES Vol.64 (2015) No. 5, p.311-318


seika.riyou@jaea.go.jp

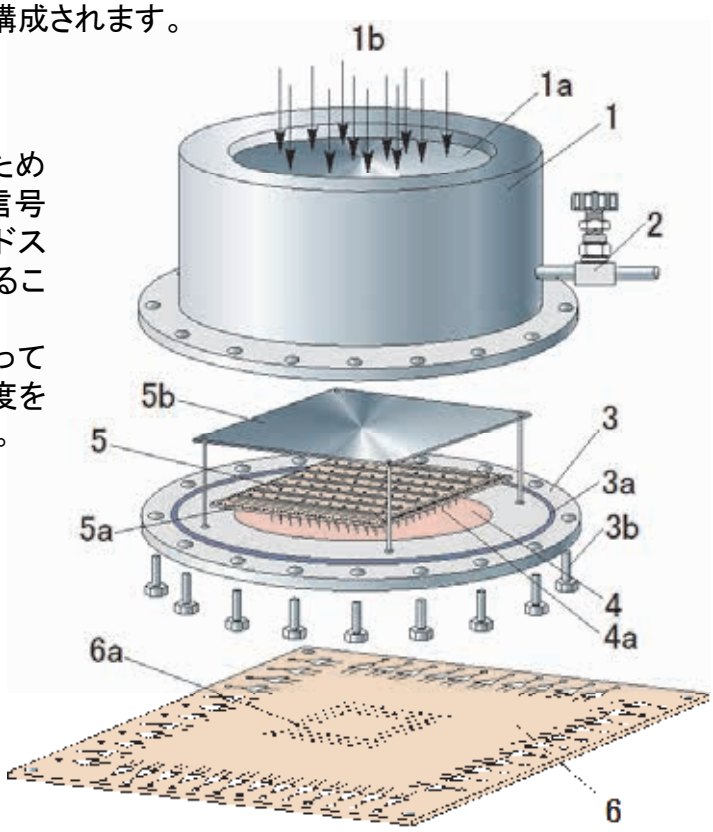
# 放射線検出器用圧力容器システム

計測
No. 6-35

本システムは放射線、例えば中性子、ガンマ線またはX線の入射位置または二次元分布を計測するために使用するものです。数100から1000チャンネル以上に及ぶ高速の微小信号を低雑音で個別読み出しにより測定することを可能にします。

## 技術の特徴

本システムは放射線検出用ガスを封入する圧力容器1-3、検出信号を電気パルスに変換する検出素子5、高速微小電気信号を圧力容器から多チャンネルで取り出すフィードスルーピン配列4a、圧力容器外側に取り付けられる多チャンネル信号増幅電子回路基板6より構成されます。




本システムの特徴は、放射線を検出ためのガス圧力容器、信号検出素子及び信号増幅電子回路が多チャンネルのフィードスルーピン配列を介して一体化されていることです。
ガス圧力容器は高圧力密封構造になっており、放射線検出用混合ガスの高い純度を長期間にわたり維持することができます。

3つの主要な構成機器を一体化構造にすることより、多チャンネルの高速、微小電気信号を各チャンネル毎に個別に、極めて少ない減衰且つ低雑音の状態で信号処理できることにあります。このことにより、高い位置検出分解能を実現することを可能にします。

## 従来技術との比較

1 抵抗減衰方式は信号の波高から位置を検出するため、高速、低雑音対応が困難であった。
2 多ピンコネクタと多芯ケーブルを介して、電子回路に接続する方式は、構造が大きくなり、安定作動が難しかった。

## 研究のステージ

実用化段階
(パルス中性子散乱実験装置に設置)

## 利用分野

1 中性子散乱実験における二次元イメージング用検出器
2 X線、ガンマ線の二次元分布測定

## 知財関連情報

特許第4314373号


seika.riyou@jaea.go.jp

# エネルギー弁別・位置検出型α線計測装置

計測 No. 6-36

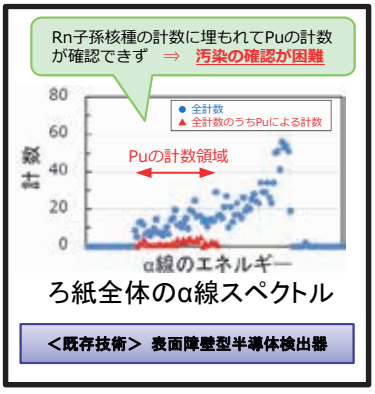
α線のエネルギー分布（エネルギースペクトル）と放射能分布（計数分布）が同時かつリアルタイムに取得できる技術※で、汚染管理に役立てることができます。また、本技術は、様々なα線測定器（サーベイメータ、放射能測定装置、ダストモニタ）に適用が可能です。

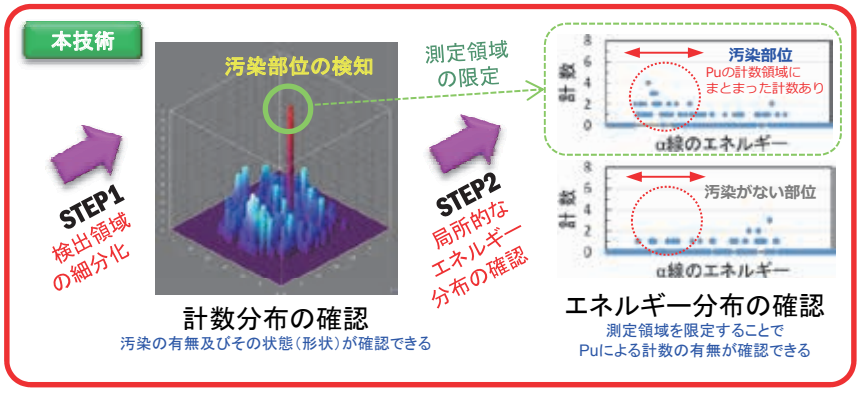
※ 例：α線のエネルギー弁別が可能なシンチレータと位置検出型光検出器（光電子増倍管等）を組み合わせた測定装置

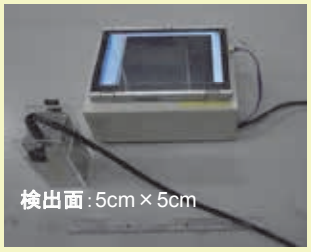
## 技術の特徴

- α線計測による汚染管理において、その妨害因子となるラドン（Rn）子孫核種（天然の放射性核種）が多く混在する環境であっても、微量のプルトニウム（Pu）やウラン（U）などの核燃料物質の有無をその場で迅速に検知・評価することができます。
- 検出領域（検出面）をデータ上で任意の数に分割することが可能で、細かく分割することで、汚染の状態（形状）のイメージングも同時にできます。

### ＜活用例1＞空気集塵ろ紙中の微量なPuの検知（PuとRn子孫核種の放射能比≒1:50、測定時間：5分）

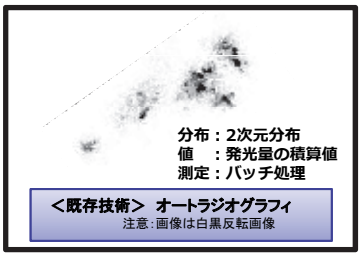



試作機（可搬型）

### ＜活用例2＞汚染状態のイメージング







## 従来技術との比較

1. 汚染評価に必要な情報（エネルギースペクトル及び放射能分布）を一回の測定で、採取可能
2. 試料を採取することなく、その場で迅速に（5分以内に）汚染の有無が評価可能
3. 様々な放射線測定装置に適用可能

## 利用分野

1. 施設放射線管理
2. 環境放射線モニタリング
3. 原子力防災

## 研究のステージ

実用化段階

## 知財関連情報

特開2016-151454（共願：北海道大学）



seika.riyou@jaea.go.jp

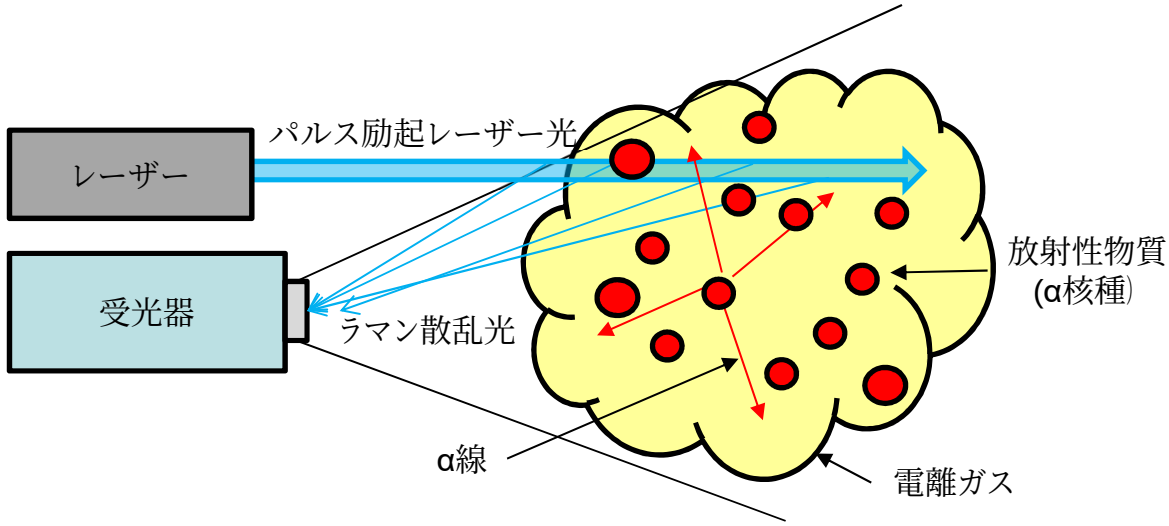
# レーザーによるα核種のモニタリング技術

計測
No. 6-37

レーザーによるα核種のモニタリング技術とは、レーザーを利用してα線による電離ガスを計測することにより、遠隔かつリアルタイムにα核種の所在位置と放射能量を測定する技術です。

## 技術の特徴

α線により電離したガスに、パルス化された励起レーザー光を照射し、電離ガスからのラマン散乱光を計測して、空間に存在するα核種の放射能量と位置を、リアルタイムにモニタリングする技術です。




①α核種の近傍には、α線により電離ガスが発生し、通常と異なる大気状態になっている。
②電離ガスへの励起レーザー光照射により、ガス成分に応じた特定ラマン散乱光が発生する。
③放射能強度に応じ、電離ガス量やラマン散乱光量が増減するので、ラマン散乱スペクトルを測定し、放射能量を評価する。
④パルス励起レーザー照射により、散乱光の応答時間から電離ガスまでの距離を評価する。

・遠隔測定のため作業者の被ばくを抑制可能。
↳ 高汚染エリアでの環境測定や作業管理に有効

## 従来技術との比較

1 α核種の放射能量と位置をリアルタイムでモニタリング
2 遠隔測定のため、被ばくなし
3 遠隔測定のため、放射性廃棄物の発生なし

## 利用分野

1 廃止措置解体現場のα核種ダストモニタリング
2 α核種汚染箇所特定
3 α核種汚染環境における作業監視

## 研究のステージ

基礎段階（基礎試験確認済）

## 知財関連情報

特開2016-070853（共願：千葉大学）


seika.riyou@jaea.go.jp

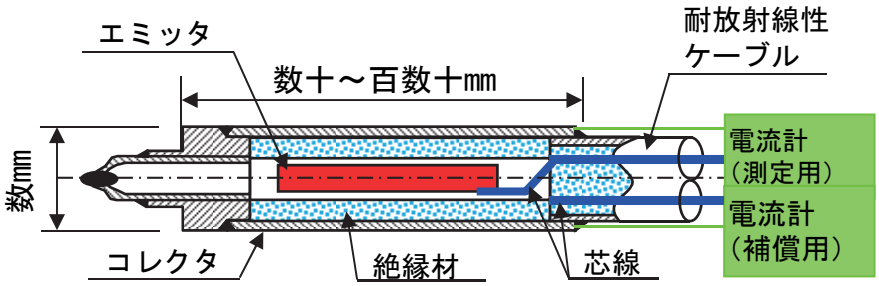
# 自己出力型の小型ガンマ線検出器

計測
No. 6-38

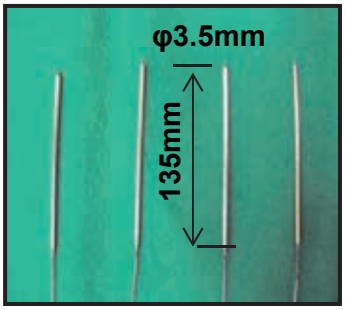
大容量電源の配線がなくてもガンマ線を測定できる放射線検出器です。計測部が細径で狭く入り組んだ箇所で測定ができます。エミッタ材の選択により、高温環境下での測定も可能です。

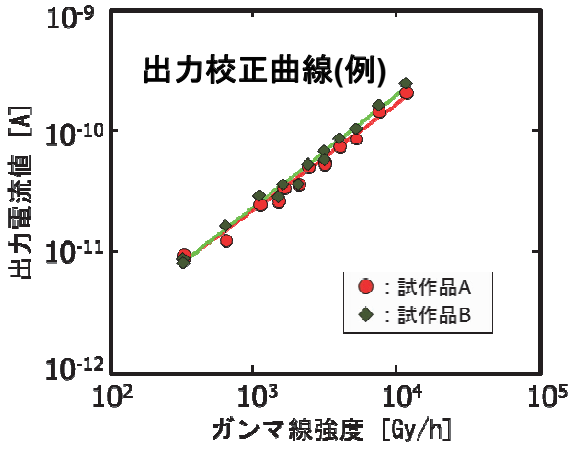
## 技術の特徴

ガンマ線を照射すると、エミッタから光電子及びコンプトン電子が放出され、計測する出力電流からガンマ線量を測定。




外観写真




○ガンマ線量の測定範囲は、>10Gy/h
（形状により測定範囲は変更可）

○エミッタ材を選択することにより、
高温での使用が可能

○放射線に強いケーブルを使用

## 従来技術との比較

1 応答性の良い測定ができる
2 中性子の影響を受けにくい
3 交換の必要な部品が無い

## 利用分野

1 高放射線環境の線量評価
2 ガンマ線発生源の位置探索

## 研究のステージ

試作検討段階

## 知財関連情報

特許第6095099号
（共願：助川電気工業㈱）


seika.riyou@jaea.go.jp

# プルトニウム取扱施設の放射線管理へのイメージングプレートの適用

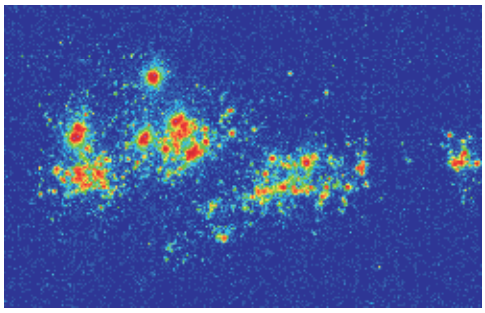
計測 No. 6-39

イメージングプレート(IP)は、測定対象物から放射させたα線によって受けたエネルギーに比例して発光する。この現象を利用し、プルトニウム(Pu)の位置と放射能強度の両分布を同時に評価することができる。また、自然放射性物質との弁別も可能である。

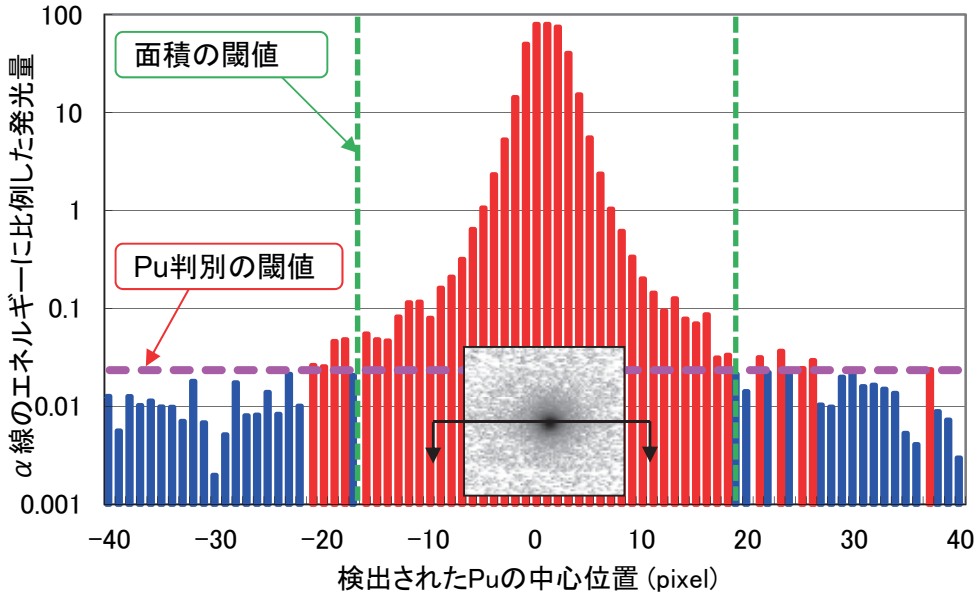
## 技術の特徴

右図のように、放射能の強度に応じた分布を確認することができる。また、下図のように、ある一定の発光量と面積を閾値として、自然放射性物質とPuを判別できる。さらに、判別したPuのスポット毎に放射能の定量が可能である。

IPの読み取り時における解像度によって検出下限放射能が変化し、解像度50μmで約0.02Bq、解像度100μmで約0.026Bq、解像度200μmで約0.039Bqである。(60分測定)



粉末状のPuを測定した場合の画像




## 従来技術との比較

1 高解像度の位置情報
2 放射線に比例した数値データを直接取得
3 自然放射性物質とPuの弁別など定量的な解析が可能
4 ベータ線やガンマ線にも適用可能

## 利用分野

1 放射能分布の特定
2 除染の効果確認
3 放射性物質の可視化

## 研究のステージ

実用化段階

## 知財関連情報

特許第5499384号


seika.riyou@jaea.go.jp

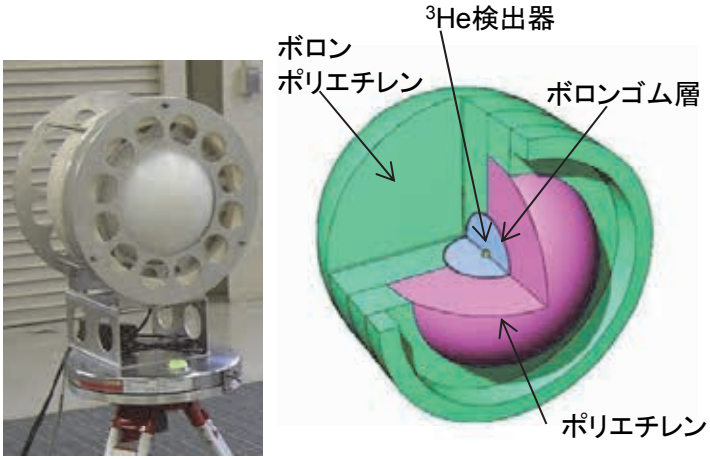
# 中性子個人線量当量測定器

計測
No. 6-40

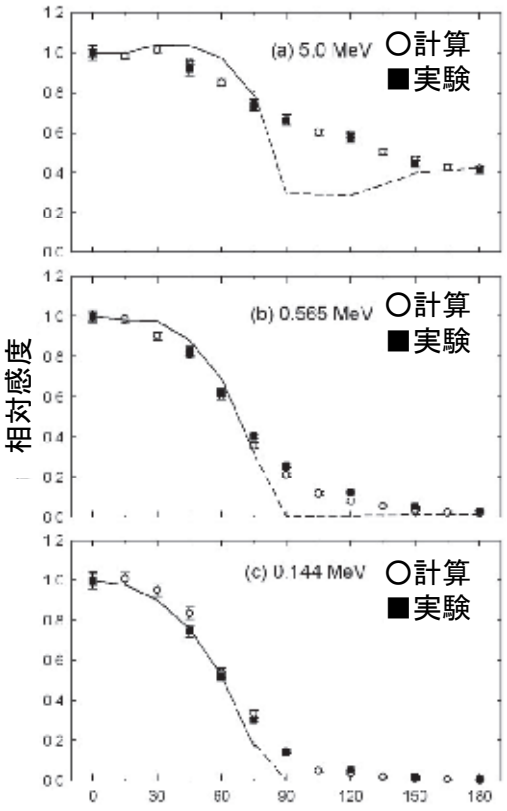
中性子のエネルギーと入射する角度によって大きさが変化する中性子被ばくを管理するため、個人線量当量を精度よく測定できるよう設計された装置であり、中性子分布が不明な環境下において作業者の被ばく量の校正の基準とする線量当量を評価することができます。

## 技術の特徴

中性子による個人線量当量は、入射する中性子のエネルギーだけでなく、その非対称的な人体構造の結果として入射角度にも依存します。
本装置は、人体に特有のエネルギー・入射角度に配慮した線量当量の測定が可能なように構造が工夫されており、中性子分布が不明な作業環境等において高精度の線量当量測定を可能にします。




外観写真（左）と内部構造図（右）




方向特性（実線は理想カーブ）

## 従来技術との比較

従来の線量当量率サーベイメータが、入射角度に依存しない「周辺線量当量」を測定するのに対し、本装置は入射角度に依存する「個人線量当量」を測定

## 利用分野

中性子発生施設等における従事者の放射線防護

## 研究のステージ

試作検討段階

## 知財関連情報

特許第4150831号（共願：富士電機㈱）


seika.riyou@jaea.go.jp

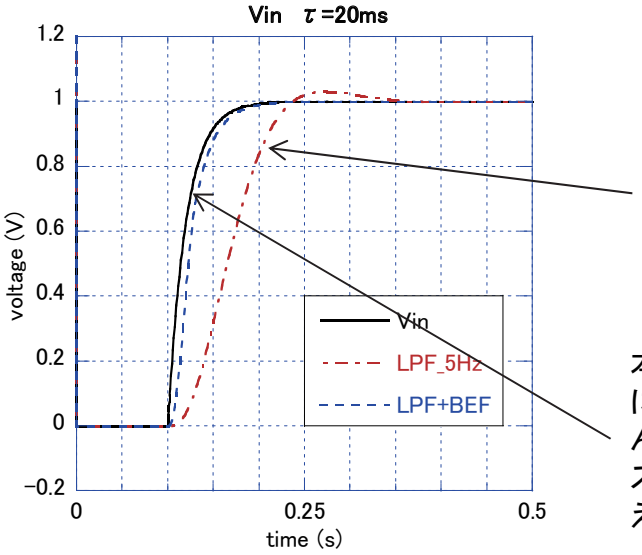
# シース型電気ヒーターの温度測定における熱電対信号のノイズ対策

計測 No. 6-41

熱流動実験で広く利用される電熱模擬燃料棒において、発熱体を金属被覆したシース型ヒーターの表面温度を熱電対で電気的に測定する際に、熱電対の応答性を犠牲にすることなく、内部の電熱ヒーターに起因するノイズを除去する方法です。

## 技術の特徴

シース型電気ヒーターの発熱電源に交流電源が用いられる場合は、電力制御にサイリスタによるスイッチングが利用されることが多く、ヒーター電流の時間変化が原因でヒーターの金属シースに接触する熱電対の温度信号に無視できないノイズが重畳します。その解決に、ローパスフィルタ（LPF）とバンドエリミネーションフィルタ（BEF）を組み合わせたフィルタをデータ収録回路に適用します。本手法は、高周波のノイズ成分に更にある特定の周波数帯域が重畳するような場合（たとえば商用電源周波数の50Hz）に非常に有効であり、またフィルタ回路に付随する応答性の劣化も少ないことが特徴です。




入力信号に対する遅れの比較

## 従来技術との比較

従来は、カットオフ周波数の低いLPFを用いたが、フィルタの遅れによって熱電対の即応性が失われ、変化速度の速い温度挙動を追随できない。
本技術は、即応性を犠牲にすることなく、特定の周波数帯域を持つノイズ成分を除去する。

## 利用分野

熱流動実験（例えば、原子炉炉心熱伝達実験）

## 研究のステージ

実用化段階

## 知財関連情報

佐川他, JAEA-Tech 2008-087.


seika.riyou@jaea.go.jp

# キャピラリー電気泳動法を用いる高純度試料精製法

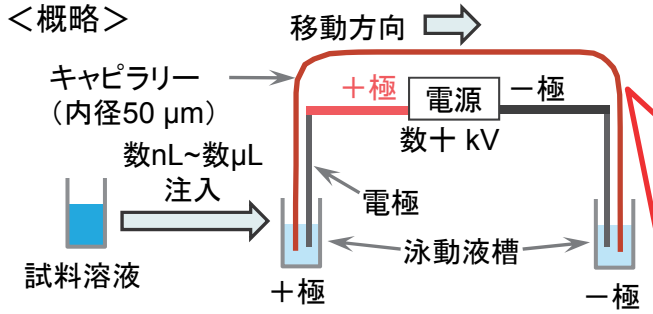
分析 No. 7-1

“キャピラリー電気泳動法”とは、導電性の液体を満たしたキャピラリー（毛髪程度の内径のガラス管）の中で、物質の移動速度の差を利用して分離を行う方法で、極少量の試料に対して、高い分離性能が得られる方法です。本技術では試料溶液の注入・泳動方法を新しく開発しました。

## 技術の特徴

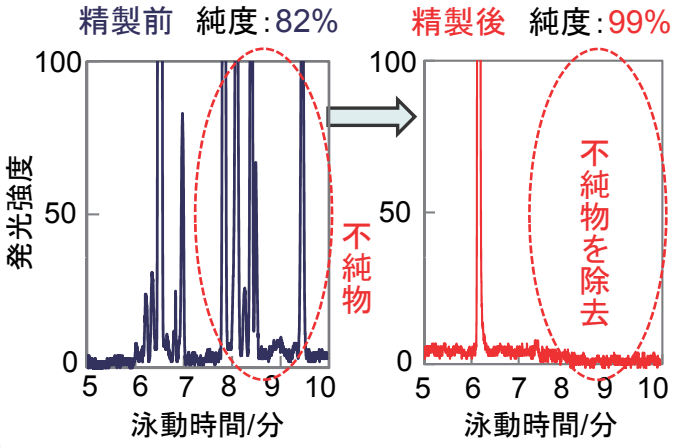
本技術では、試料注入量の増量と分離性能の向上を両立させる手法を開発し、従来技術では分離できない不純物の除去に成功しました。環境・生体試料などの貴重な試料に対して有効です。

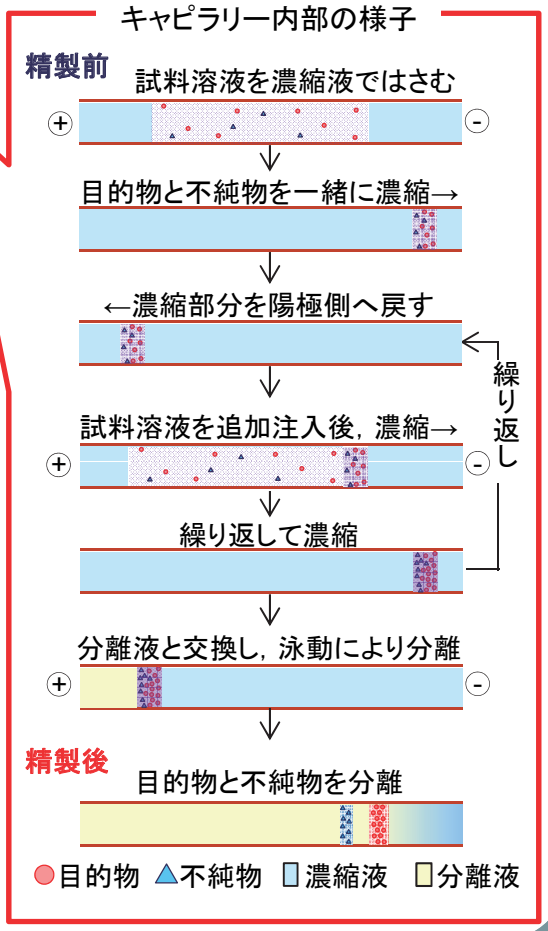
＜概略＞




極少量の試料を毛細管内で分離精製する

＜適用例＞




## 従来技術との比較

1 試料の高純度化（99%）が可能
2 短時間（10分程度）で精製可能
3 極少量の試料量（1μL）でも精製可能
4 有機溶剤を使用せず環境負荷が低い

## 利用分野

1 環境分野での貴重な試料の精製
2 医学分野での生体試料の精製
3 研究機関等での試薬精製

## 研究のステージ

試作検討段階

## 知財関連情報

特許第6028997号


seika.riyou@jaea.go.jp

# ウランに対する高感度迅速分析法

分析
No. 7-2

本技術では、環境試料や放射性廃棄物試料中のウランを分析するための新しい試薬を開発しました。“キャピラリー電気泳動法”という毛細管を用いる分析法に使用することにより、従来技術と比較して簡易かつ、(1)安全、(2)分析時間の短縮が見込まれます。

## 技術の特徴

本技術では、従来の試薬と比較して、蛍光部位を導入することによって10万倍以上の高感度検出が可能となり、ウランと選択的に結合する構造を見出したことにより、共存物質の影響を受けにくい分析が可能になりました。

**従来の試薬**

①低感度

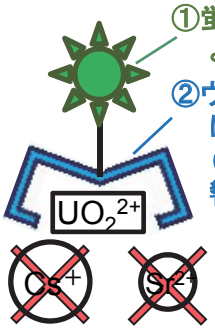
②ウランに対する選択性無し

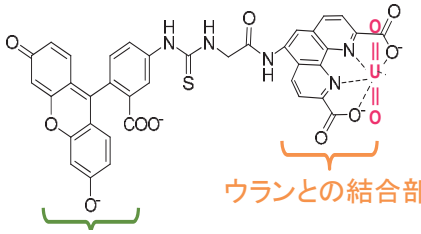



**開発したウラン分析用試薬**

①蛍光部位導入による高感度検出

②ウランと選択的に結合する構造（共存物質の影響を受けにくい）




ウラン用分析試薬

(1) 安全（高感度）



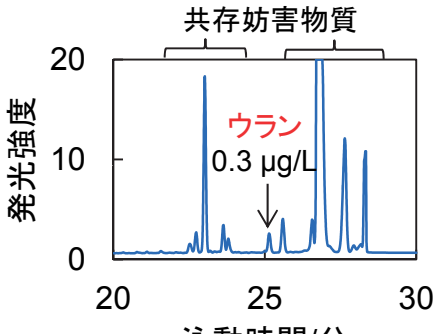




10 mL → 0.05 mL　　1 L → 0.01 L

分析時に扱う廃液量を1/100以下に削減

(2) 分析時間短縮




## 従来技術との比較

1　蛍光による高感度
2　ウランに対する高選択性

## 利用分野

1　環境試料のウランの分析
2　原子力分野でのウランの分析

## 研究のステージ

試作検討段階

## 知財関連情報

特許第5834274号
（共願：埼玉大学）


seika.riyou@jaea.go.jp

# 大強度パルス中性子を利用した放射化分析

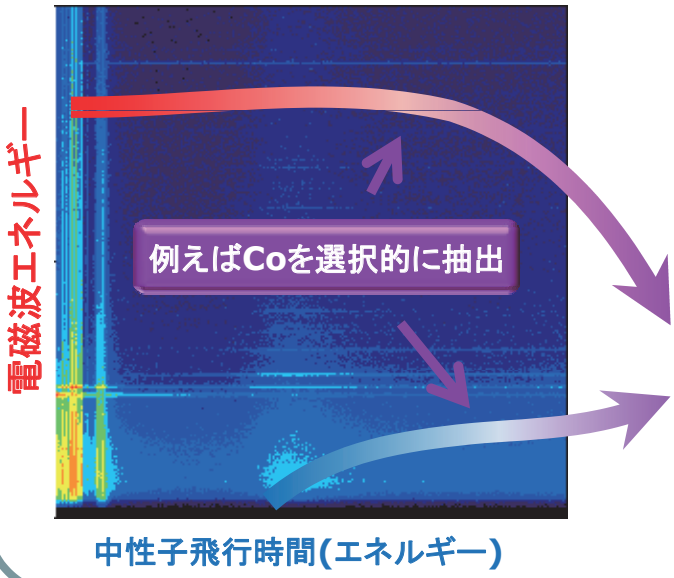
分析 No. 7-3

中性子を利用した2つの多元素同時・非破壊元素分析法を、J-PARCの大強度パルス中性子を用いる事により融合し、その相乗効果によって従来法では測定困難な元素でも分析できる手法を開発しました。

## 技術の特徴

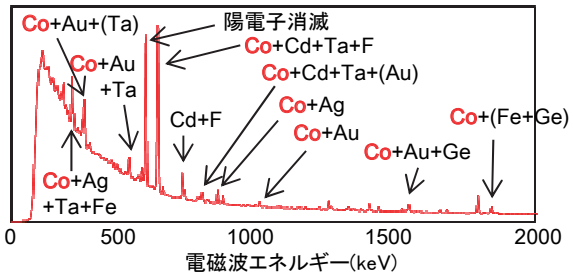
開発した手法の優位性を示すため、Co, Ag, Au, Cd, Taを含む混合試料を測定しました。従来法ではCoの分析が困難であるのに対し、開発した手法では正確にCoを分析することができました。Co以外の元素でも同様の効果が期待でき、分析対象も広がりました。

### 融合された非破壊元素分析法によって得られる3次元スペクトル



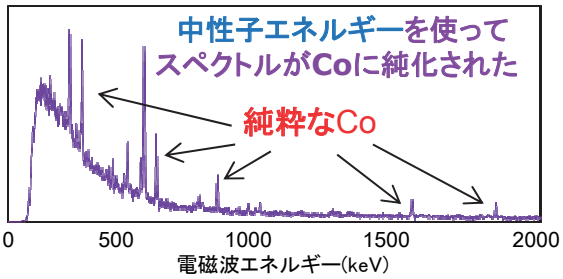

### 従来法

Coに他の元素が混じっている
正確な定量が困難




### 新手法

ほぼ純粋なピークが得られ、容易に正確な定量が可能に




## 従来技術との比較

1 信頼性の高い分析が可能に
2 適用可能元素が多い
3 前処理が不要

## 利用分野

1 研究機関での貴重な試料の分析
2 半導体やプラスチック等の材料開発
3 廃棄物や環境試料の非破壊検査

## 研究のステージ

基礎研究段階

## 知財関連情報

Y. Toh *et al.*, Anal. Chem. 2014,86,12030−12036


seika.riyou@jaea.go.jp

# 中性子回折・散乱による物質の構造と磁性の解析

分析
No. 7-4

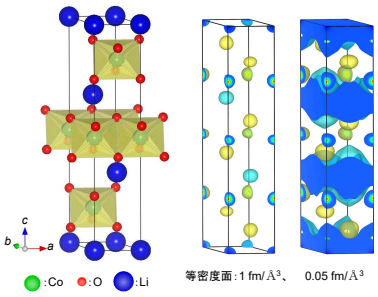
研究用原子炉やパルス中性子源から取り出される中性子ビームの回折・散乱を利用することで、物質内の原子構造や原子配列を調べたり、原子の揺らぎや原子が持つ磁石の性質であるスピンの揺らぎを調べることができます。物質が持つ機能性の向上に役立つ情報が得られます。

## 技術の特徴

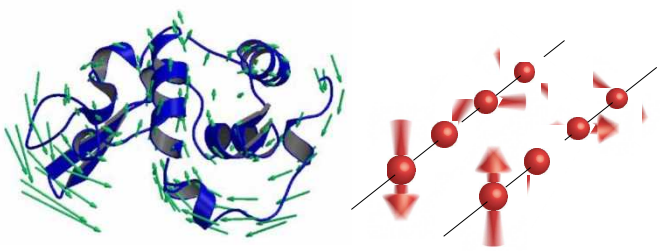
中性子ビームを調べたい物質に照射し、散乱もしくは回折された中性子を検出します。




中性子散乱実験装置の例




水素やリチウムなど軽元素を検出する能力に優れ、リチウムイオン電池材料中のリチウム位置の特定が可能です。



散乱実験により結晶や蛋白質・高分子などの運動が観測できます。中性子にはスピン感受性があり、スピンの運動も観測できます。

## 従来技術との比較

1 極低温・超高圧・高磁場などの試料環境の充実
2 中性子スピンを揃えた偏極ビームの利用による物質内スピンの精密観測

## 利用分野

1 物質材料科学
2 高分子・生体化学

## 研究のステージ

実用化段階

## 知財関連情報

Journal of the Physical Society of Japan, Vol. 78, 074710 (2009). “Visualizing Rattling in $PrOs_2Sb_{12}$ by Single Crystal Neutron Diffraction”


seika.riyou@jaea.go.jp

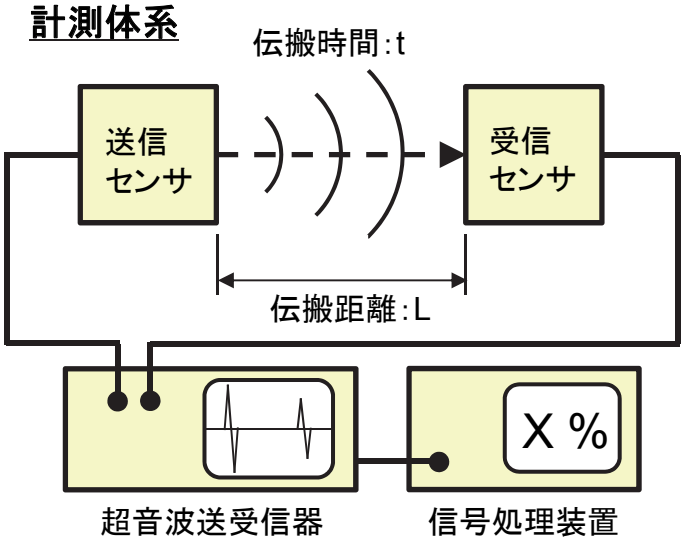
# 超音波を利用した水素濃度計測技術

分析
No. 7-5

水素の音速が空気や窒素の音速に比べて4倍程度速いことを利用し、計測対象となる雰囲気中に超音波を伝搬させて雰囲気の音速の変化を計測することで水素濃度を求める技術です。

## 技術の特徴

### 計測体系




### 計測方法

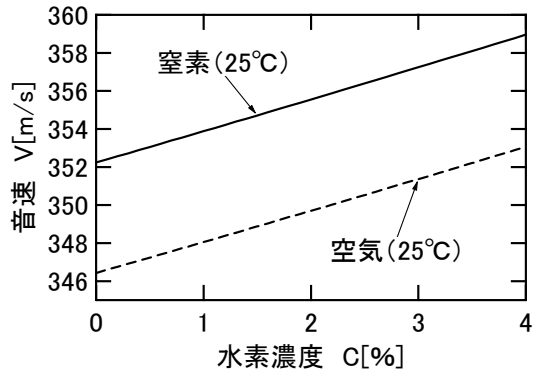
① 送信センサから超音波を放射。

② 受信センサで超音波を受信するまでの時間(伝搬時間)を計測。

③ 伝搬時間と伝搬距離より雰囲気の音速を求めます。

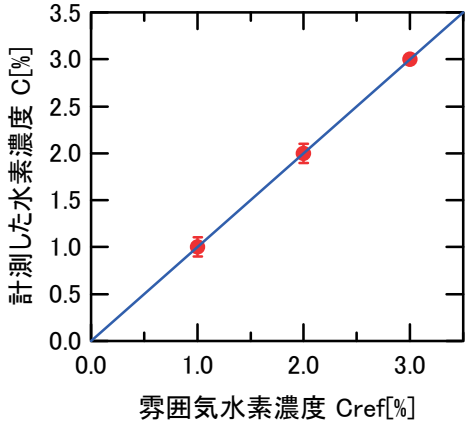
④ 水素濃度に対する混合ガスの音速の変化の関係式(左下図)より水素濃度を求めることができます。

### 水素濃度に対する音速の変化




水素が混入すると混合ガスの音速は上図のように変化します。

### 計測例




## 従来技術との比較

1 雰囲気のサンプリングが不要
2 リアルタイム計測
3 ガスの流れの影響を受けにくい信号処理アルゴリズム

## 利用分野

1 水素ステーション
2 水素製造プラント
3 家庭用燃料電池(エネファーム)

## 研究のステージ

試作検討段階

## 知財関連情報

特許第6351060号


seika.riyou@jaea.go.jp

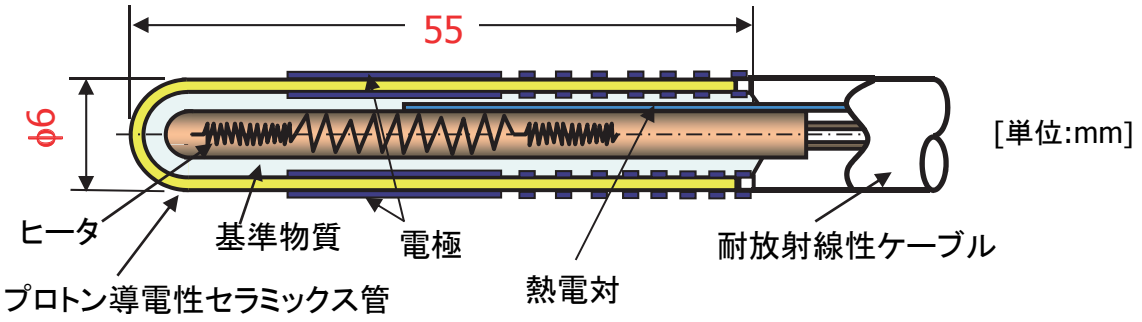
# プロトン導電性セラミックスを用いた水素濃度計

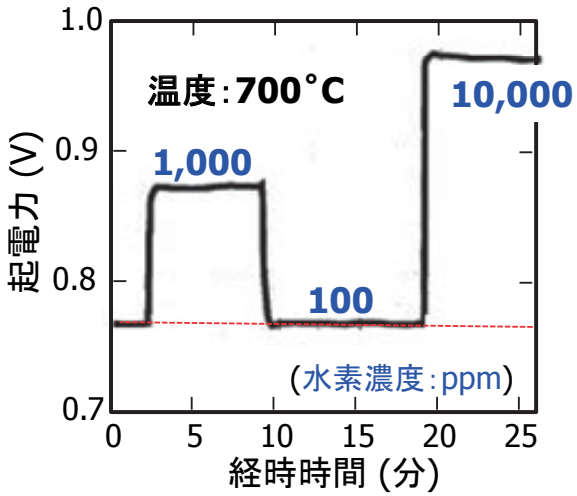
分析 No. 7-6

数百℃の高温環境や放射線が存在する環境など、厳しい環境条件でも水素濃度の測定が可能であり、水素爆発防止に役立つ小型の水素濃度センサです。

## 技術の特徴

プロトン導電性セラミックス管内の基準物質と周囲の水素濃度の差により生ずる起電力を電極で検知することで、水素濃度が分かります。
セラミックと金属で構成されているため、温度・圧力・放射線に強い設計になっています。




○応答性に優れるため、周囲の水素濃度変化をリアルタイムに測定可能です。

○ 電圧計と電源(車載バッテリ程度)があれば、測定可能となります。

## 従来技術との比較

1 応答性の良い測定ができる
2 高温や高圧、さらに放射線が存在する条件でも測定できる
3 交換の必要な部品が無い

## 利用分野

1 軽水炉事故時の安全対策
2 高温水素雰囲気での濃度分析

## 研究のステージ

試作検討段階

## 知財関連情報

特許第6146713号
(共願:助川電気工業㈱)


seika.riyou@jaea.go.jp

# 高感度ガス分析装置

分析
No. 7-7

応用真空工学技術を駆使して、特殊機能付真空排気システムと高感度四重極型質量分析計との組み合わせで、呼気のように日常的な気圧（大気圧）状態にあるガスの成分を、約10秒の短時間で1ppmレベルまで検出できます。

## 技術の特徴

これまでに呼気分析による医療分野への応用やアルミ再生材の放出ガス分析による品質管理への応用のほか、野菜や果物の放出ガス分析による新鮮度の提案等に係る研究開発を行ってきました。

### 高感度ガス分析装置



### 主な仕様

| | |
|---|---|
| 到達圧力 | ~$10^{-7}$ Pa（1兆分の1気圧） |
| 加熱温度 | ~200 ℃ |
| 測定質量 | 1~200 u (*) |
| 感度 | ~1 ppm（~100万分の1） |
| 外形寸法 | W900xD600xH1200 (mm) |
| 重量 | ~50 kg |

(*) uは統一原子質量単位で1u=1.660x$10^{-27}$ kg

## 従来技術との比較

1 試料ガスをパルス的に注入・測定
2 速やかに$10^{-7}$ Pa台に排気
3 高感度測定可能

## 利用分野

1 アルミ再生材の品質検査等
2 野菜や果物の新鮮度等
3 肉類や魚介類の鮮度管理等
4 酒類の香り分析等
5 呼吸機能状態の把握等

## 研究のステージ

実用化段階

## 知財関連情報

特許第4052597号


seika.riyou@jaea.go.jp

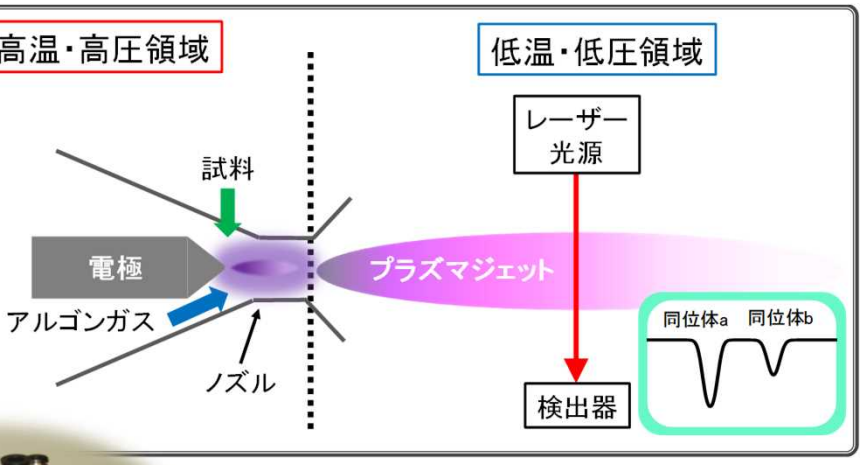
# プラズマジェットと高感度レーザー分光法を用いた同位体分析技術

分析
No. 7-8

プラズマジェットと高感度レーザー分光法を用いた本技術は、固体状又は液体状の試料中の特定元素の同位体組成を、化学的な前処理なしで測定できる技術です。被ばくリスクを伴う試料や不純物が多く含まれる試料などのオンサイト（屋外）での測定が可能です。

## 技術の特徴

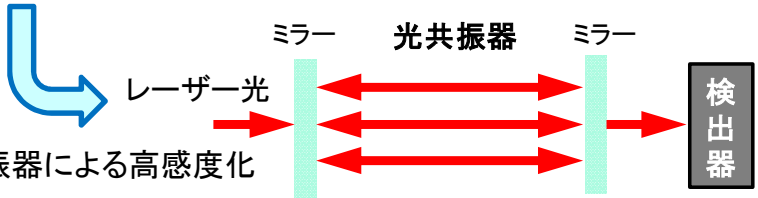
- 高温プラズマによって、あらゆる状態の試料をプラズマ化して分析します。
- レーザー吸収分光法を用いることで、化学的な操作で妨害元素を取り除くことなく、短時間（試料投入から数分）で特定元素の同位体組成の測定が可能です。
- 高温プラズマをジェットにして加速させ温度を下げることで、識別するための分解能が向上します
- ジェットを挟み込むように高反射ミラーを配置することにより、レーザー光が多重反射し、スペクトル信号が増幅していきます。







プラズマ生成装置外観




光共振器による高感度化

## 従来技術との比較

1 前処理不要の直接分析が可能
2 同位体の波長分解能が従来の100分の1以下に向上
3 従来の1,000倍～10,000倍の感度
4 オンサイト（屋外）での分析が可能

## 利用分野

1 放射性廃棄物のルーチン分析
2 事故・災害時の迅速分析（即時）
3 地球科学（地球循環、年代測定）

## 研究のステージ

基礎研究段階

## 知財関連情報

特開2018-169179（共願：静岡大学）
Akira Kuwahara et al, JAAS, 2018


seika.riyou@jaea.go.jp

# 環境分離型天秤

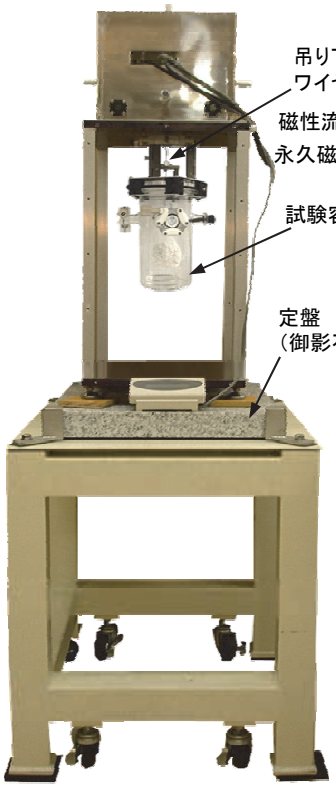
分析
No. 7-9

この天秤は周囲の環境に悪影響を及ぼすことなく、試験容器内で試料が腐食するときの重量の変化やゆっくりとした化学反応による試料重量の変化を正確に測定することができます。

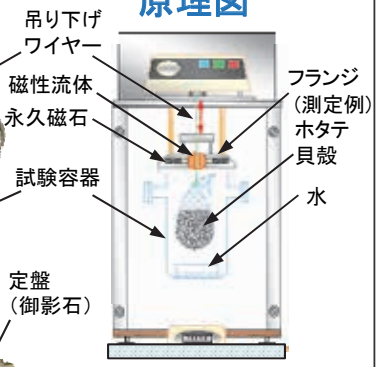
## 技術の特徴

永久磁石と磁性流体を利用して、天秤の吊り下げワイヤーとフランジの間に可動性と気密性を持たせ、試験容器内の雰囲気と外側の環境とを分離可能にしています。

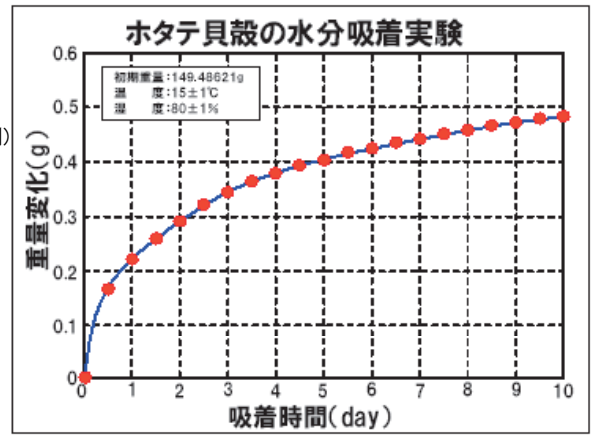
### 環境分離型天秤



### 原理図




### 測定例




■環境分離型天秤を使用することによって、粉砕したホタテ貝の貝殻が水分を吸着することが分かりました。このように重量変化の過程を正確に測定することができます。

## 従来技術との比較

1　独立した試験容器内環境で重量測定可能
2　天秤上部電子回路への悪影響無し

## 利用分野

腐食性ガスや同液体による試料の重量変化等

## 研究のステージ

実用化段階

## 知財関連情報

特許第4729655号


seika.riyou@jaea.go.jp

# 廃棄物の微量なウラン量を測る技術

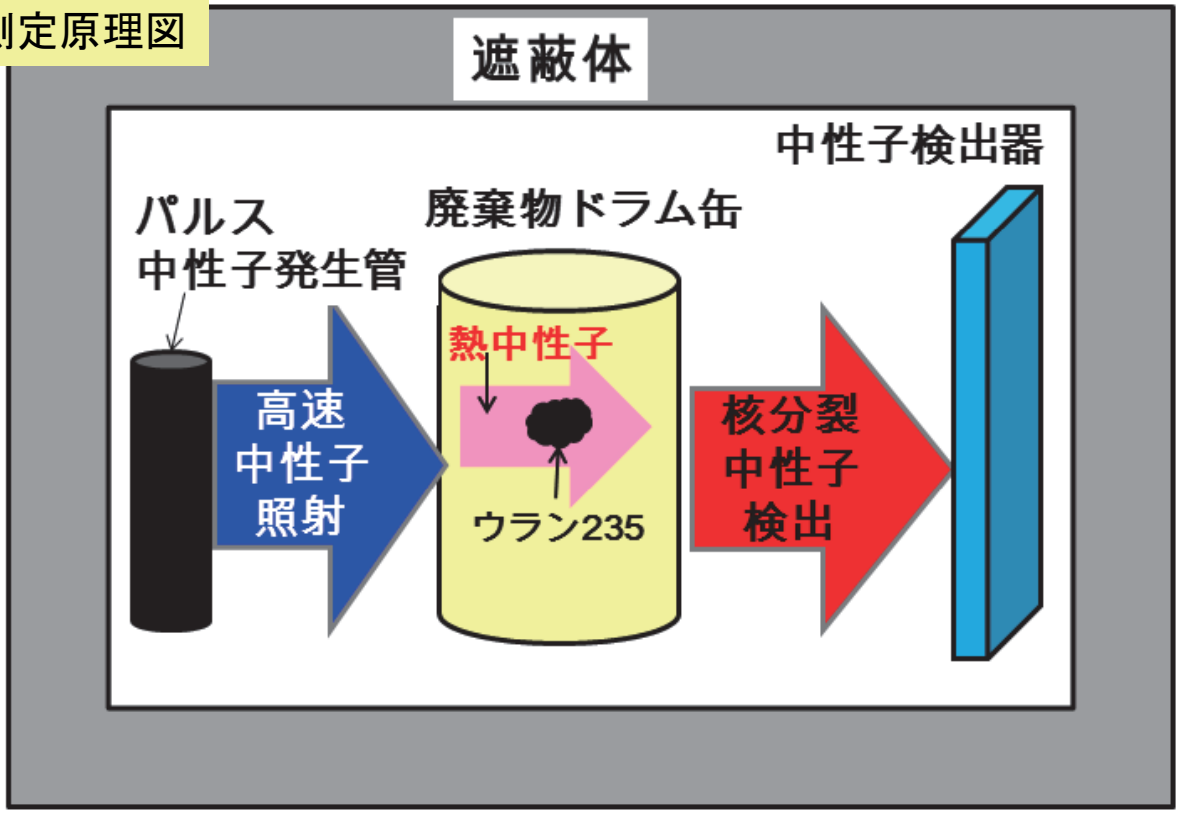
分析
No. 7-10

従来、廃棄物（例えばドラム缶）の中のウラン量（例えばウラン235）を測定する際、廃棄物中の位置感度差の問題による測定誤差の大きさが問題になっています。しかし、高速中性子直接問いかけ法を用いると測定誤差を低く抑えて、短時間でウラン量を測定することが可能です。

## 技術の特徴

※廃棄物に高速中性子をパルス状に照射すると、高速中性子は廃棄物の内容物で熱中性子に変わり、ウラン235と反応し核分裂中性子を発生します。

### 測定原理図




※発生する核分裂中性子は、廃棄物中のウラン235の量に比例します。この核分裂中性子を計ってウラン235の量を特定します。内容物が他の種類に変わっても、比例するのでウラン235量を正確に測定できます。

## 従来技術との比較

1 測定誤差が小さい
2 あらゆる廃棄物（内容物：コンクリート、ウェス、金属、セラミックス、無機物等）で測定可能
3 ドラム缶中の~mg（ウラン235）までの微量な核物質でも測定可能

## 研究のステージ

実用化段階

## 利用分野

1 原子力分野での計量管理、クリアランス保障措置等
2 港湾、空港、国境ゲートでの核セキュリティ対策、核物質探知

## 知財関連情報

特許第5099700号
特許第6179885号


seika.riyou@jaea.go.jp

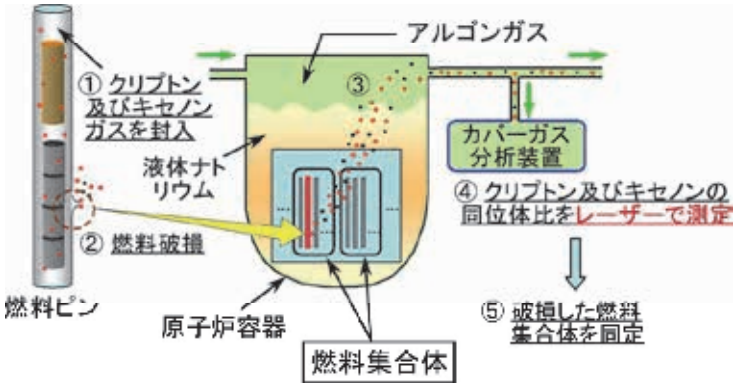
# 高速炉の破損燃料を検知するレーザー共鳴イオン化質量分析装置

分析 No. 7-11

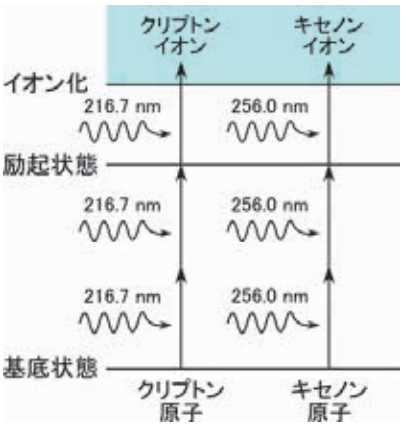
高速炉の破損燃料は、アルゴンガスにわずかに含まれるクリプトン及びキセノンの同位体比を測定することで同定することができます。高速炉の安全性確保を目的として、同位体比の正確かつ迅速な測定を可能にする「レーザー共鳴イオン化質量分析装置」を開発しました。

## 技術の特徴

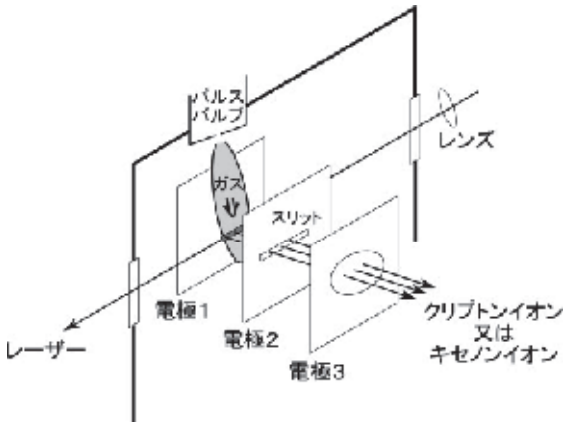
高速炉の燃料が破損すると、燃料集合体ごとに異なる同位体比のクリプトン及びキセノンがアルゴンガスに放出されます。




「レーザー共鳴イオン化質量分析法」は、レーザーの「波長」を調整することでクリプトン又はキセノンのみを効率良くイオン化して計測する分析法です。




レーザーの光軸に沿った「スリット」電極を開発し、測定を妨害するイオンを大幅に減らしました。




## 従来技術との比較

1 濃縮操作が不要であり、簡便な操作で迅速に分析
2 スリット電極により、測定を妨害するイオンを無視できるレベルまで抑制

## 利用分野

1 高速炉開発
2 核分裂生成物(FP)分析
3 希ガス元素分析全般

## 研究のステージ

試作検討段階

## 知財関連情報

特許第5327678号


seika.riyou@jaea.go.jp

表紙写真は、EMAT（電磁超音波探触子）から金属板に打ち込んだ超音波の伝搬をシミュレーションしたものです。

JAEA技術シーズ集第４版　　2018年10月

発行　国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
研究連携成果展開部
http://www.jaea.go.jp

本書の全部または一部の無断転載、改変を禁じます。