

先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム) 実績報告書

本様式の内容は一般に公表されません

研究課題名	次世代ナノ診断・治療を実現する「有機・無機ハイブリッド籠型粒子」の四次元精密操作
研究機関・ 部局・職名	了徳寺大学・健康科学部医学教育センター・教授
氏名	並木 禎尚

1. 研究実施期間 平成23年2月10日～平成26年3月31日

2. 収支の状況

(単位:円)

	交付決定額	交付を受けた額	利息等収入額	収入額合計	執行額	未執行額	既返還額
直接経費	123,000,000	123,000,000	0	123,000,000	123,000,000	0	0
間接経費	36,900,000	36,900,000	0	36,900,000	36,900,000	0	0
合計	159,900,000	159,900,000	0	159,900,000	159,900,000	0	0

3. 執行額内訳

(単位:円)

費目	平成22年度	平成23年度	平成24年度	平成25年度	合計
物品費	2,808,336	67,929,822	19,688,313	10,194,419	100,620,890
旅費	69,920	507,750	306,880	382,050	1,266,600
謝金・人件費等	0	5,265,129	4,008,377	2,467,221	11,740,727
その他	0	6,652,620	1,188,098	1,531,065	9,371,783
直接経費計	2,878,256	80,355,321	25,191,668	14,574,755	123,000,000
間接経費計	615,501	15,313,418	15,951,323	5,019,758	36,900,000
合計	3,493,757	95,668,739	41,142,991	19,594,513	159,900,000

4. 主な購入物品(1品又は1組若しくは1式の価格が50万円以上のもの)

物品名	仕様・型・性能等	数量	単価 (単位:円)	金額 (単位:円)	納入 年月日	設置研究機関名
高倍率レンズ	VH-Z500W	1	1,480,500	1,480,500	2011/3/25	了徳寺大学
小動物用麻酔器	MK-A110	1	899,850	899,850	2011/11/22	了徳寺大学
高速冷却遠心機	7000	1	1,491,000	1,491,000	2011/11/29	了徳寺大学
高性能MRIシステム	M2	1	41,937,000	41,937,000	2011/12/14	了徳寺大学
癌温熱治療研究用 高周波コイル整合器	NM05M05- 1M-01	1	988,575	988,575	2011/12/20	了徳寺大学
MiChS System	K-1	1	525,000	525,000	2011/12/29	了徳寺大学
光ファイバー温度計	Reflex-4	1	997,500	997,500	2012/1/23	了徳寺大学
ナノ粒子解析装置	SZ-100-ZMD	1	6,510,000	6,510,000	2012/1/25	了徳寺大学
リアルタイムPCR解析システム	CFX96	1	3,449,985	3,449,985	2012/1/26	了徳寺大学
チューブポンプドライブ	ISM404	1	633,622	633,622	2012/3/28	了徳寺大学
高精度ACサーボモータ ステージシステム	SAFB- 300XHI-400	1	1,543,500	1,543,500	2012/5/30	了徳寺大学
癌温熱治療研究用 広帯域高周波電源	NR05B015- 15M-01	1	2,835,000	2,835,000	2012/9/26	了徳寺大学
ナノフィルターデミ	1P7-250型	1	1,995,000	1,995,000	2013/1/30	了徳寺大学

様式20

サーモグラフィー	SC620	1	1,499,400	1,499,400	2013/3/29	了徳寺大学
自転・公転ミキサー	ARE-310	1	756,000	756,000	2013/6/21	了徳寺大学
ゼータ電位・粒径測定装置一式	ゼータサイザーナ JZS	1	5,691,000	5,691,000	2013/9/27	了徳寺大学
				0		
				0		
				0		
				0		
				0		
				0		
				0		
				0		
				0		
				0		

5. 研究成果の概要

- ① 担癌モデル動物を用いて、短鎖干渉RNA の籠型粒子からの放出を交流磁場により制御、磁気温熱療法との併用効果(相加・相乗効果)を検討した。
- ② 狭窄冠動脈ファントムを用いて、ステントへ送達した籠型粒子からの薬剤放出の原理を確認した。
- ③ 脳動脈瘤ファントムを用いて、脳動脈瘤へ送達した籠型粒子からの薬剤放出の原理を確認した。

3件の特許出願を行った。

ICF11(第11回国際フェライト会議)にてNew Product & Novel Technology Awardを受賞した。

「社会的・経済的な課題解決への波及効果」に関して、企業との共同研究(共同研究費 2,275万円)に至り、磁性除染剤の開発を行った。大手ゼネコンである大成建設にサンプル提供を行ったところ、小規模試験にて高い実用性が認められたため、同社とともに、平成25年度 環境省 除染技術実証事業(テーマ名:磁性ナノ粒子を利用した焼却飛灰からの放射性セシウム回収技術;助成研究費 2,100万円)に応募したところ採択された(http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=22549&hou_id=16837)。

課題番号

LS114

先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム) 研究成果報告書

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名 (下段英語表記)	次世代ナノ診断・治療を実現する 「有機・無機ハイブリッド籠型粒子」の四次元精密操作
	The temporal and spatial manipulation of “basket type organic/inorganic-hybrid structure” as a future theranostic nanomedicine
研究機関・部局・ 職名 (下段英語表記)	了徳寺大学・健康科学部医学教育センター・教授
	Ryotokuji University・Faculty of Health Sciences・Professor
氏名 (下段英語表記)	並木 禎尚
	Yoshihisa Namiki

研究成果の概要

(和文): 「磁力で集積・加温、薬剤を送達できる籠型粒子」を用いて、疾患の高感度診断・低侵襲治療に役立つ次世代技術を開発した。本成果により、疾患の早期診断・体に負担のかからない治療が可能となるため、疾患死亡率の低減・体力の衰えた患者への積極的治療などに役立つ。籠型粒子といった新規材料を用いるため、新たな産業の振興にも貢献しうる。また、ナノテクノロジー、バイオテクノロジー、ドラッグデリバリーシステムなどの異分野研究の融合を推進することで、革新的な医療技術の創製に新たな可能性を切り拓く。

(英文): To provide a next generation technology for diagnosis for carrying out an early and specific diagnosis of disease and for minimally invasive treatment for disease, we have developed “basket type magnetic hollow fine particle”. Because our results enable an early diagnosis and a treatment with fewer adverse side effect, the reduction of the mortality and the aggressive therapy for patients whose physical strength has declined due to disease will be realized.

We use new materials such as “basket type magnetic hollow fine particle”, therefore our results can contribute to new industrial promotion. To promote the fusion of different field research such as nanotechnology, biotechnology, and drug delivery system, new possibilities for innovative medical technologies will be offered.

様式21

1. 執行金額 159,900,000 円
(うち、直接経費 123,000,000 円、間接経費 36,900,000 円)

2. 研究実施期間 平成23年2月10日～平成26年3月31日

3. 研究目的

(1)高感度迅速診断チップ：病原と特異的に反応した「籠型粒子」の信号を鋭敏検出できる診断チップを開発、大腸癌・インフルエンザを高感度・迅速診断できる技術を目指す。非特異的吸着を防ぐため、マイクロ流路の表面加工・ナノ粒子の表面修飾を行う。

☆開発のポイント☆ 抗原・抗体反応を利用した市販の迅速診断薬の「1/2以下の検査時間」で、「1/10以下のサンプル量」で検出できる、即ち、従来法の「20倍高い感度」をもつ「籠型粒子・診断チップ」を作製する。

(2)治療用籠型粒子：

①病巣への磁場照射、微粒子集積制御・安全性の検討

病巣への磁場照射手段の位置精度を高め、籠型粒子の集積を精密制御するとともに、安全性を確立する。

[1]磁場照射手段・位置精度：磁気センサなどによる磁場のモニタリングにより、照射位置の精密制御を目指す。

[2]微粒子集積制御・効率：籠型粒子の蛍光ラベリング、インビボイメージング・MRIなどの画像解析による籠型粒子集積のモニタリングを組み合わせ、籠型粒子の生体内分布・標的への送達能を調べる。

[3]安全性については、OECD（経済協力開発機構）のガイドラインに基づいて毒性試験を実施する。籠型粒子を各種動物に単回投与し、2週間後の死亡数・健康状態などについて調べ、半数致死量（LD50）を計算する（単回投与毒性試験）。さらに、正常マウスに6ヶ月間、各用量の籠型粒子を毎日投与し、その間に出現する毒性について観察する（反復投与毒性試験）。

②癌の治療

癌に集積させた磁性体を交流磁場で発熱させ、アポトーシス（細胞死）に導く磁気温熱療法では、ヒートショックプロテイン（Hsp）産生により癌細胞が温熱抵抗性となる。本研究では、Hsp産生を遺伝子レベルで強力に抑える核酸医薬を骨格に搭載し、温熱療法の感受性を大幅に向上させる技術を開発する。

☆開発のポイント☆ Hspの産生を最大限抑制できる核酸医薬の遺伝子配列を決定する。遠隔エネルギーによる、「籠型粒子」からの核酸医薬の放出制御・核酸医薬によるHsp抑制・磁気温熱効果の増強を狙う。

③心筋梗塞の治療：狭窄冠動脈を拡張後、狭窄防止薬を徐放する薬剤溶出ステントは、血管内皮によるステント内腔の被覆を阻害する。被覆されず露出したステントは異物のため、致命的な血栓を形成し易い。本研究では、動脈狭窄部に装着した「ステント」に磁気を発生、「狭窄防止薬を搭載した籠型粒子」を集め、狙ったタイミングで薬剤を放出制御することにより、血栓・再狭窄の両者を防止できる基盤技術を開発する。

☆開発のポイント☆ 「籠型粒子」の送達・狭窄防止薬の放出を永久磁場・超音波で制御する。

④クモ膜下出血の治療：出血の原因となる脳動脈瘤の現治療法（止血用金属コイルの留置）は熟練を要し、難易度が高い。本研究では、骨格内へ塞栓用薬剤を充填し、温度感受性ポリマーで被覆した「籠型粒子」を開発する。「籠型粒子」を磁力により動脈瘤部に集積させ、交流磁場による骨格の発熱・被覆層の融解により、薬剤を動脈瘤部に放出し、動脈瘤を安全かつ簡単に治療できる基盤技術を開発する。

☆開発のポイント☆ 「籠型粒子」の送達を永久磁場で、薬剤放出を交流磁場で制御する。

4. 研究計画・方法

- (1) 薬剤を骨格に搭載、指向性を付与した「ハイブリッド籠型粒子」を開発する。
- (2) マイクロ流路を用いて籠型粒子の反応を鋭敏に検出できるシステムを開発する。
- (3) 病巣への磁気照射手段の検討・照射位置の精度を向上させる。
- (4) 「籠型粒子」を動物モデルに投与し、生体内分布・安全性を調べる。
- (5) 籠型粒子を効率良く誘導加温できる「交流磁場照射法」により担癌モデル動物を用いて、「籠型粒子」の発熱によるヒートショックプロテイン (Hsp) の発生量を調べる。
- (6) Hsp を強力抑制できる短鎖干渉 RNA を籠型粒子に搭載する。担癌モデル動物を用いて、籠型粒子を癌部へ効率良く磁気送達後、短鎖干渉 RNA の籠型粒子からの放出を交流磁場により制御、磁気温熱療法との併用効果を検討する。
- (7) 狭窄冠動脈ファントムに設置した、ステントへの「薬剤を内包した籠型粒子」の磁気送達・集積後の薬剤放出の原理を確認する。

シリコンを素材に開発した模擬血管（狭窄部を再現）を用い、（磁石に吸着する）磁性ステントを挿入後、籠型粒子（蛍光物質を中空部に充填し、温度感受性脂質膜で最外層を密封）を混合したウシ血清を循環させた（定量ポンプを使用）。循環中に、血管模型外部からステント部に磁力（0.5 テスラ）を照射することにより、籠型粒子を集積させた。循環を停止後、外部から交流磁場を照射することにより、籠型粒子を加温し粒子最外層の温度感受性脂質に孔を開け、充填した蛍光物質を放出させた。その後、ステント部に磁力（0.5 テスラ）を照射することにより、籠型粒子を磁気集積させたまま、循環を再開した。

- (8) 脳動脈瘤ファントムを用いて、動脈瘤への「籠型粒子」の磁気送達・集積後の薬剤放出の原理を確認する。

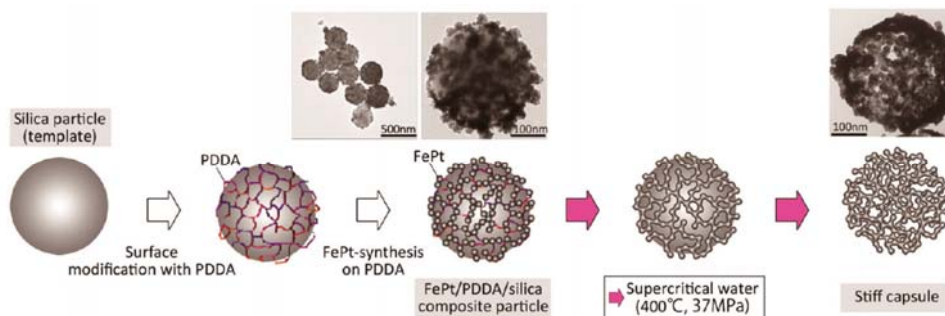
シリコンを素材に開発した模擬血管（動脈瘤部を再現）を用い、(7)と同様、籠型粒子を循環させた。循環中に、血管模型外部から動脈瘤部に磁力（0.5 テスラ）を照射することにより、籠型粒子を集積させた。循環を停止後、外部から交流磁場を照射することにより、(7)と同様、蛍光物質を放出、動脈瘤部に磁力（0.5 テスラ）を照射することにより、籠型粒子を磁気集積させたまま、循環を再開した。

5. 研究成果・波及効果

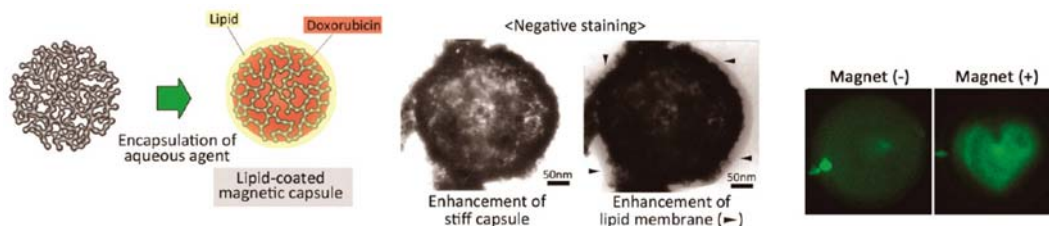
【研究成果】

(1) 薬剤を搭載、指向性を付与した「ハイブリッド籠型粒子」の開発

マイナスに荷電したナノサイズのシリカ粒子表面を陽性荷電ポリマー(PDDA)で被覆した。ポリオール(多価アルコール)法を用いた還元雰囲気において、ポリマー上でFePt 微粒子を成長させた。引き続き、超臨界処理(400℃、37MPa)により、FePt 微粒子同士を熱融合させたのち、シリカ粒子を溶解することにより、籠型カプセルを得た(シリカを鋳型として利用)。



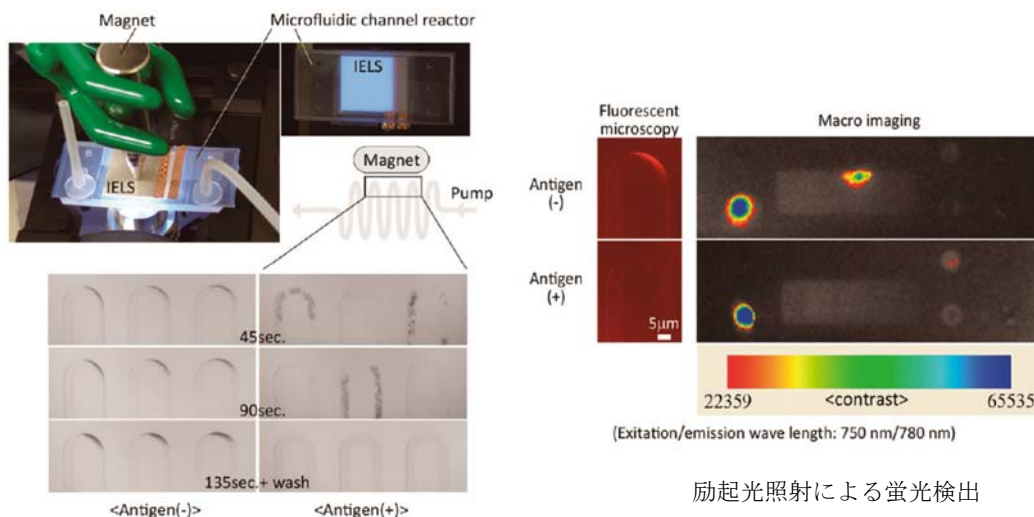
籠型カプセルを乾燥後、蛍光試薬や抗がん剤の水溶液を混ぜ、真空処理を施すことによりカプセル内部の空気と薬剤を置換した。さらに、クロロホルムに溶解したリン脂質・温度感受性脂質を加え、超音場処理により逆ミセルを得た。最後に、真空処理を行い残存するクロロホルムを蒸発、カプセル表面を脂質膜で被覆することにより充填薬剤を密封し、充填できなかった薬剤を透析により除去した。



様式21

(2) マイクロ流路を用いて籠型粒子の反応を鋭敏に検出できるシステムの開発

A型インフルエンザウイルス抗原 (HA 価 1:160) を希釈して感度の比較を行ったところ、ハイブリッド籠型粒子とマイクロ流路を組み合わせた本診断法では、5 分間の反応時間で 3 万倍希釈検体を検出した。



抗原陽性のときは、抗体を結合させた磁性粒子と抗原の複合体が凝集塊を形成する。マイクロ流路を流れる磁性粒子単体（抗原陰性の場合）は、流路に照射した磁力により集積する。一方、凝集塊を形成する抗原陽性の場合には、凝集塊にかかる力（流路内部の水圧）が磁力による吸着力を上回り、凝集塊は流路を通過する。磁性粒子に遠赤外蛍光を搭載し、マイクロ流路に励起光を照射、蛍光フィルターを装着したカメラで撮影することにより、従来法を大幅に上回る検出効率を達成した。

一方、市販されているインフルエンザ診断用チップ（A社製）では 15 分間の診断時間で 1000 倍希釈検体を検出した。

最終的に、単位時間当たりの感度は、本法は従来法の 90 倍（(30000 倍/1000 倍) × (15 分間 / 5 分間) = 30 × 3）と計算された。

様式21

(3) 磁気センサによる照射部位のモニタリング

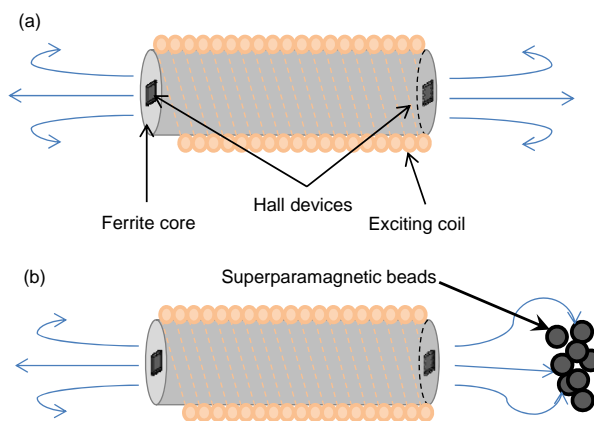
検出部が径1ミリの小型ホール型プローブを用いて、照射部位の磁力を測定した。



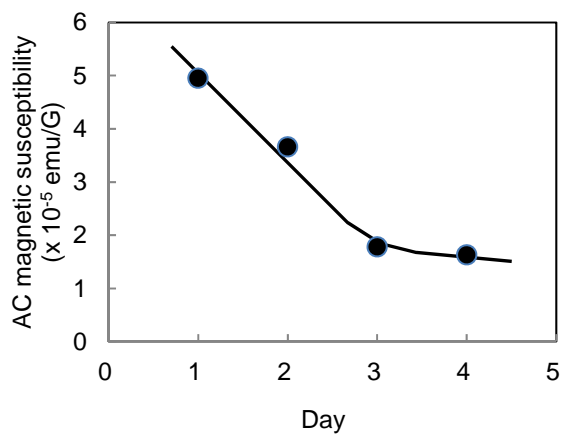
ホールセンサー



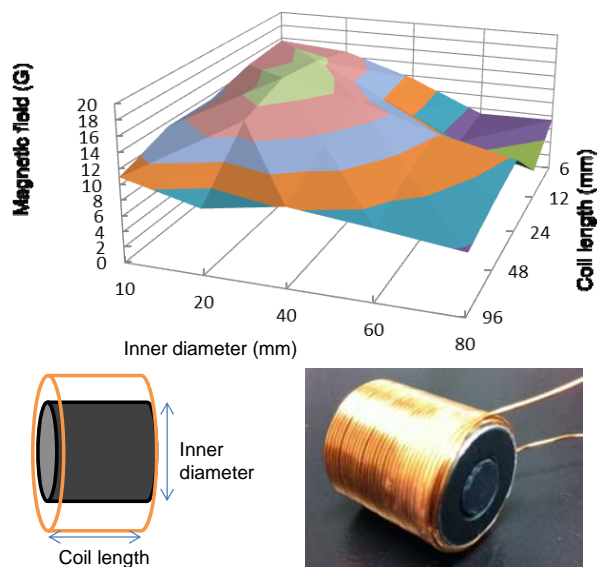
埋め込み型磁気照射装置の磁力モニタリング
(マウス胃部に留置した装置周辺の磁力を測定)



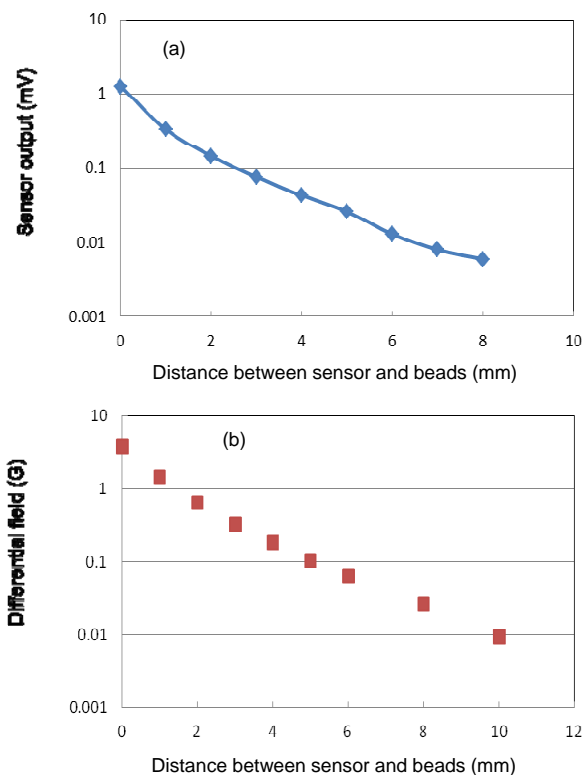
磁気ビーズを検出する磁気センサの概略図と動作原理



磁気微粒子コロイドの交流磁化率の経時変化



励磁コイルの寸法と発生磁界強度の関係の
コンピュータ・シミュレーションの結果



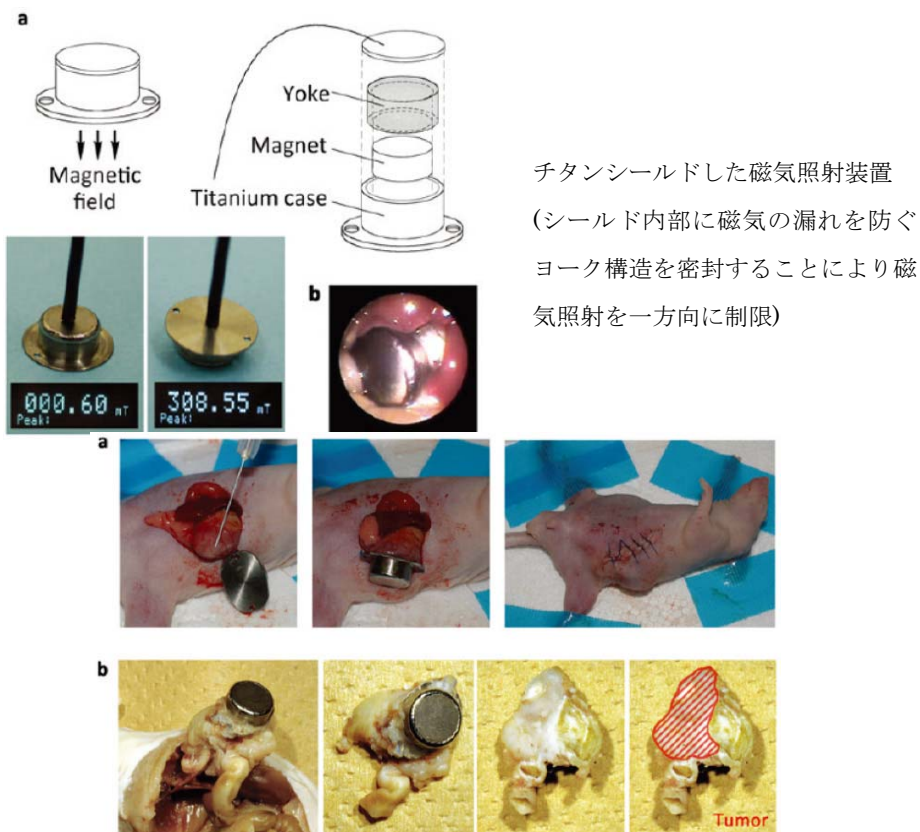
(a) 2つのホール素子の作動出力とセンサー試料間距離との関係、
(b) 2つのホール素子が検出する磁界強度の差のシミュレーションの結果

様式21

(4) カプセル集積、送達法の検討結果

カプセル集積については、ポリオール法を用いた鉄白金の合成温度を上昇させることにより、磁気特性を向上できること、即ち、弱い磁場であっても、効率よく標的部にカプセルを集められることを確認した。

送達法については、生体適合金属であるチタンでシールドした磁気照射装置を用いることにより、有害な金属アレルギーを回避しながら長時間磁気を照射できるため、効率よく安全に磁性粒子を標的に集められることを確認した。



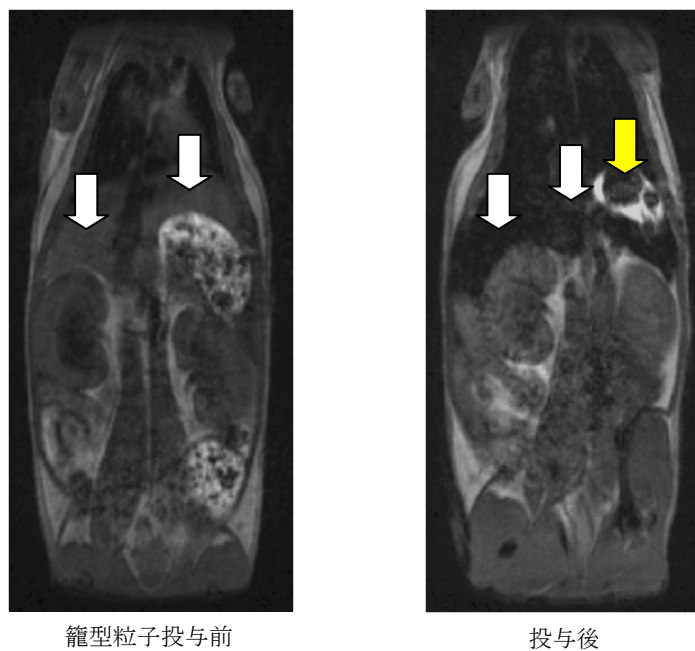
チタンシールドした磁気照射装置
(シールド内部に磁気の漏れを防ぐ
ヨーク構造を密封することにより磁
気照射を一方向に制限)

同所性胃がん移植ヌードマウスモデル

(胃がん部に磁気照射装置を安全に留置可能なことを確認)

様式21

(5) 高感度 MRI による籠型粒子のマウス体内分布の可視化



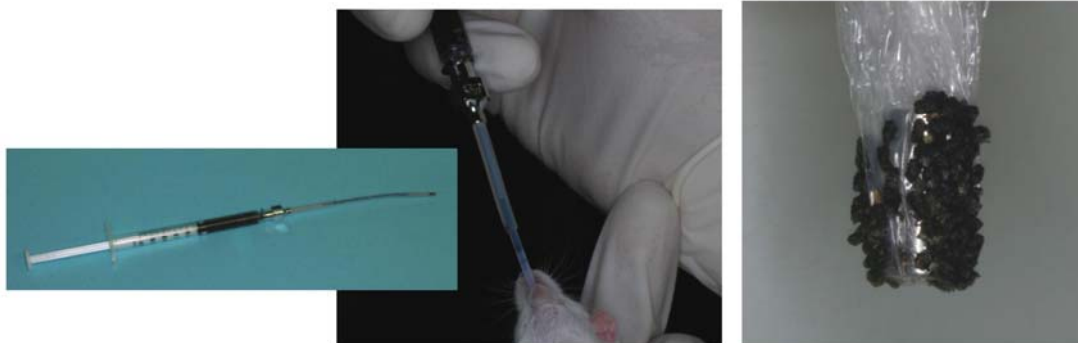
磁性籠型粒子の集積により、肝臓（白色矢印）および、胃癌部（黄色矢印：体壁より 0.7 テスラの磁石を用いてナノ粒子を磁気誘導）は黒く造影された（陰性造影）。

様式21

(6) 毒性試験の内容と投与量設定根拠

<単回経口（急性）毒性試験>

5週齢のBALB/C マウス 雄5匹、雌5匹を用いて、2000mg/kg（体重）の割合で、FePt 籠型粒子を投与した。胃ゾンデを使用して、ヒドロキシメチルプロピルセルローズ水溶液に粒子を懸濁したものを強制的に経口投与した。投与後14日間の観察を行ったが、目立った有害事象を認めなかった。



胃ゾンデによる経口投与

便中排泄された粒子の磁気吸着

<単回腹腔内（急性）毒性試験>

5週齢のBALB/C マウス 雄5匹、雌5匹を用いて、2000mg/kg（体重）の割合で、FePt 籠型粒子を投与した。注射器を使用して、生理食塩水に粒子を懸濁したものを強制的に経口投与した。投与後14日間の観察を行ったが、目立った有害事象を認めなかった。



精巣周囲リンパ節へ集積した粒子の磁気吸着

腸間膜周囲リンパ節へ集積した粒子の磁気吸着

以上より、籠型粒子の単回の最大投与量は、FePt ベースで2000mg/kg とした。

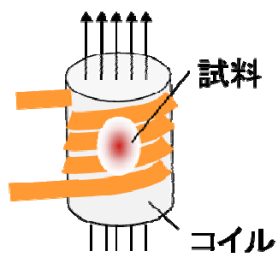
様式21

(7) 交流磁場照射/誘導加温による籠型粒子薬剤の放出条件最適化の周波数、コイル形状、癌細胞への適用結果

コイルについては、銅パイプ内部を循環水で冷却できる構造とし、表皮効果（高周波電流は導電体の表面を流れやすい）や近接効果（コイルの隣接ループ間の距離が短いほど高周波電流が流れにくくなる）を最小限にした設計を行った。

周波数: 100 kHz – 3 MHz

磁界強度: 35 – 50 G_{rms}



コイル

●導体: 銅パイプ /20 turns

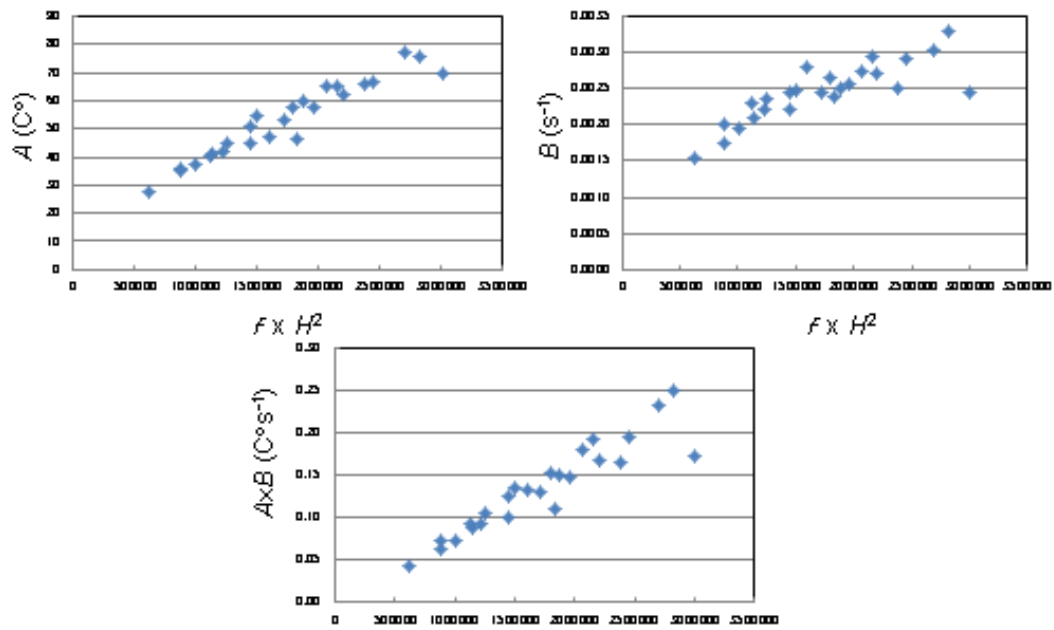
●インダクタンス: 1.4×10^{-5} H

光ファイバ温度計で温度を測定

周波数を上げることにより、小電力でも大きな発熱が得られることを確認した。

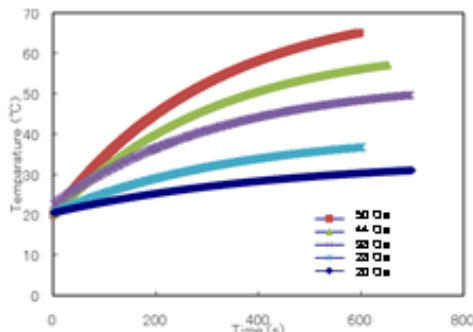
一方、1 MHz 以上の周波数では、磁性体がなくとも、生体の加温が起こることが知られているため、生体への安全性を考慮して、900Hz の周波数を設定した。

測定から得られた発熱パラメータ



発熱カーブとフィッティング

900 kHzでの磁界強度依存性



発熱カーブのフィッティング

$$T(s) = T_0 + A(1 - e^{-Bt})$$

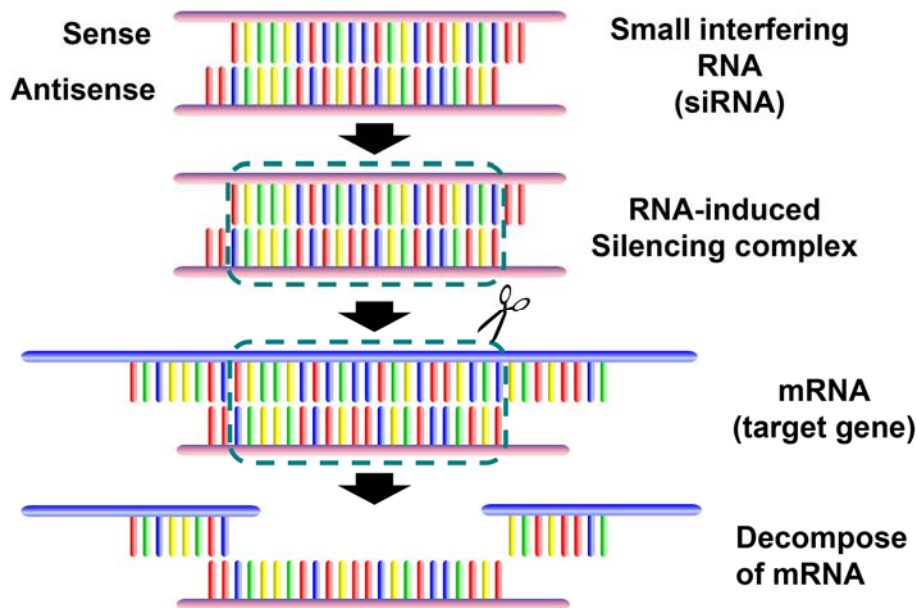
交流磁化率虚数部

$$\chi'' \propto \frac{A \times B}{fH^2}$$

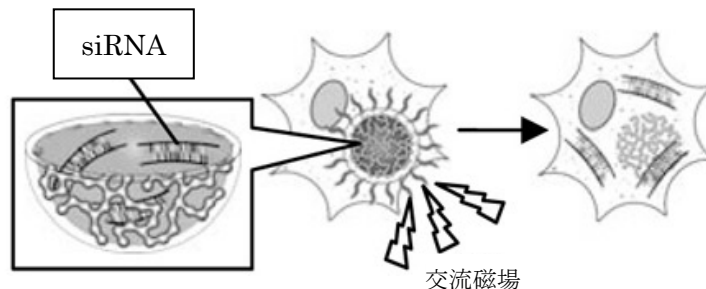
$$\frac{\Delta T}{\Delta t} (@ t = 0) = A \times B \propto P(\text{発熱量})$$

癌細胞を用いた実験については、MKN-45 胃癌細胞、HT-29 大腸癌細胞の培養液に、籠型粒子を添加し培養を行った。24 時間の培養後、細胞に取り込まれなかった籠型粒子を培養液で洗浄した。籠型粒子を取り込んだ細胞に周波数 1MHz、磁界強度 40Grms で誘導加温し、色素法にて用いて細胞生存率を定量したところ、1 分後より細胞生存率が低下し、3.5 分後には細胞が完全に死滅したことを確認した。

(8)短鎖干渉 RNA による Hsp 遺伝子の阻害と動物モデルにおける磁気温熱治療効果



siRNA による Hsp 遺伝子の不活化

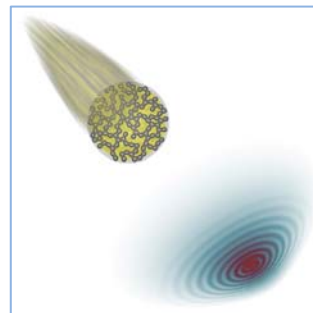


MKN-45 胃癌細胞株を皮下移植したヌードマウスモデルに籠型粒子（Hsp 遺伝子を抑制する siRNA を含有）を投与した。96 時間後、マウスに周波数 1MHz、磁界強度 40Grms で 5 分間誘導加温したところ、10 日後の腫瘍サイズが非加温群に比べ 25.7%に抑制された。一方、siRNA を含まない籠型粒子投与群と比べ、当該腫瘍サイズは 66.8%に抑制された。これらより、温熱治療の妨げとなる Hsp（細胞死の抑制作用あり）を遺伝子レベルで抑制することにより、治療効果の増強に結び付いた可能性が示唆される。

様式21

(9) 心筋梗塞・脳出血血管モデルおよび磁気誘導シミュレーション結果

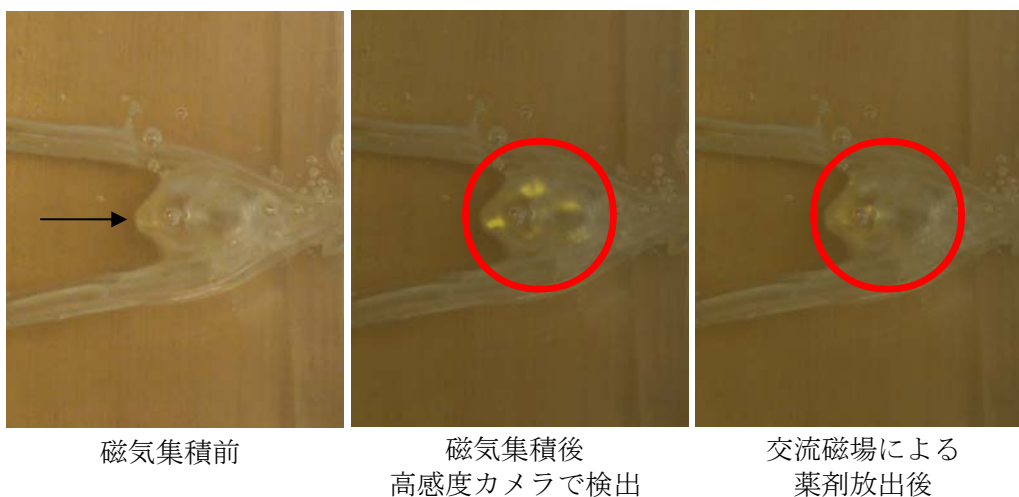
心筋梗塞、脳出血のそれぞれの原因である血管狭窄、脳動脈瘤を模擬した人工血管を作製した。ウシ血清に籠型粒子を混ぜ、ポンプを用いて人工血管内部を循環させた。外部から0.5テスラの磁場を当てることにより、狭窄部、動脈瘤部に籠型粒子を集めた。磁場をOFFとした後、集積した粒子をポンプ出口から回収した。さらに粒子のみを磁気分離して計量することにより、磁気誘導の条件を最適化した。



【冠動脈狭窄血管モデル (矢印：狭窄部に血管拡張用ステントを留置)】



【脳動脈瘤血管モデル(矢印：血管分岐部に動脈瘤を模擬)】



【波及効果】

※第28回(2014年度) 独創性を拓く 先端技術大賞 特別賞 受賞

(後援: 文部科学省 経済産業省 フジテレビジョン 産経新聞社 ニッポン放送)

<http://www.fbi-award.jp/sentan/jusyou/index.html>

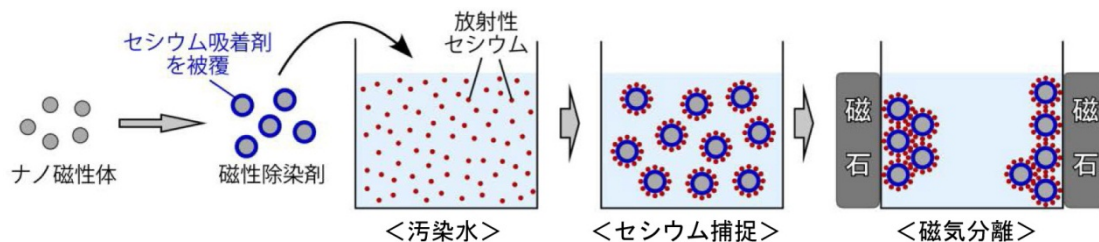
※DOWA ホールディングス社との実用化共同研究(研究費 1,750 万円)

<http://www.dowa-electronics.co.jp/function/decontamination.html>

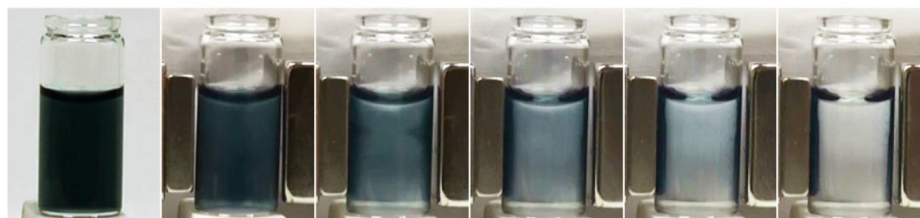
※大成建設との除染技術実証事業(平成 25 年度 環境省 研究費 2,100 万円)

<http://fukushima.jaea.go.jp/initiatives/cat01/pdf07/01-140220.pdf>

DDS 開発過程で、原発事故による大規模な放射能汚染が発生した。この喫緊の課題に対し、並木らは「磁性微粒子への薬剤担持技術」を応用、セシウム吸着材であるフェロシアン化鉄(プルシアンブルー)をマグネタイト微粒子表面に結合させた「磁気回収できる除染剤」を発明し(特許 4932054 号)、汚染水から 99%以上の放射性セシウムを 15 秒以内に磁石で取り除けることを確認している。

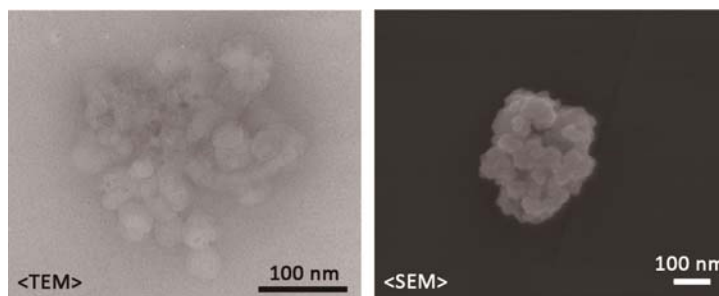


【汚染水用除染剤のセシウム吸着・磁気回収イメージ】



磁石(一) 磁石装着 → 7秒後

【汚染水用除染剤の磁気回収】



【汚染水用除染剤の電子顕微鏡写真】

磁性除染剤(汚染水用)

様式21

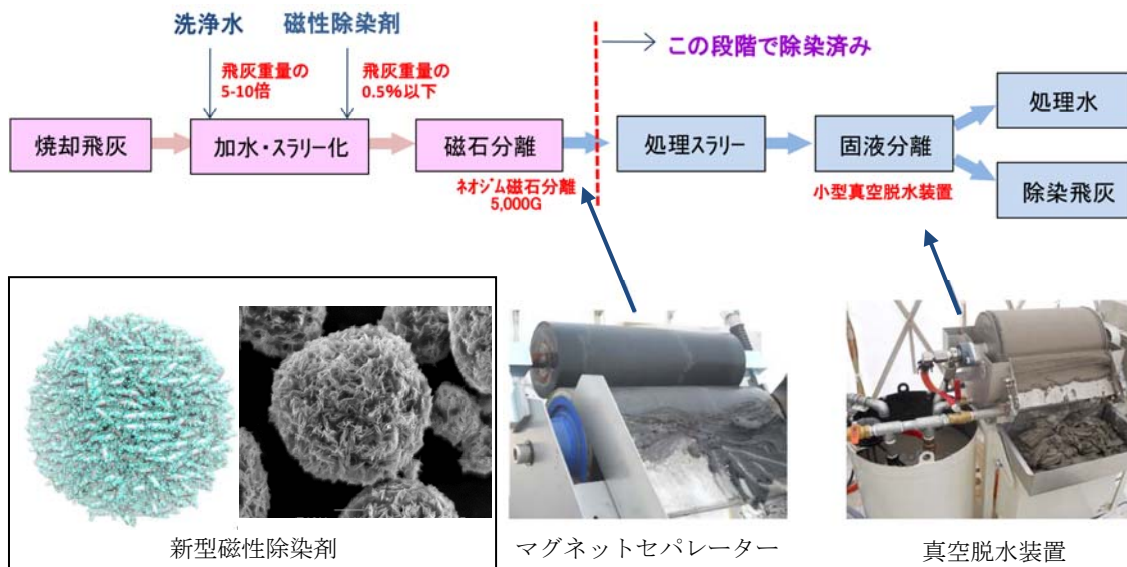
原発事故で広く拡散した放射性セシウムは焼却飛灰に濃縮し、水を加えたスラリー中に大半が溶出する。福島県を含めた東日本のごみ焼却施設には、セシウム濃度の高い飛灰が大量に保管されているが、指定廃棄物として扱われており、処理・処分は進んでいない。飛灰中セシウム低減・除染済飛灰からのセシウム拡散防止はこの問題を解決する鍵になる。

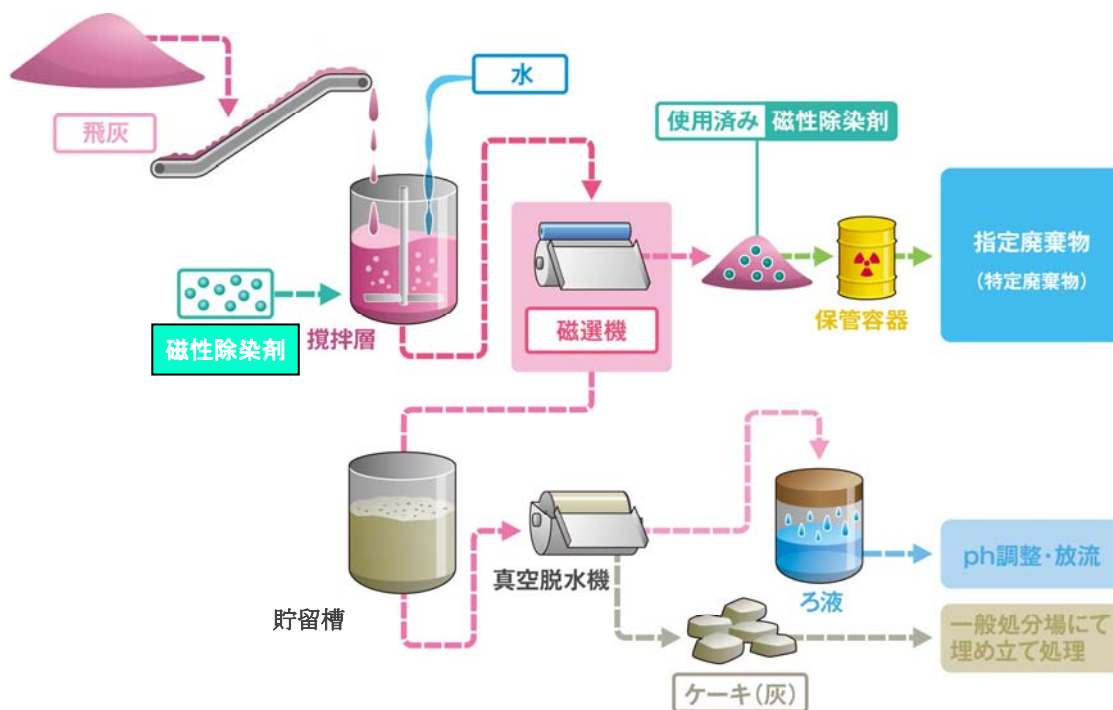
「飛灰スラリー中でセシウムを直接吸着後、磁気分離できる除染剤」は有望であるが、そのような除染剤やそれを活用する処理技術はこれまで存在しなかった。

本研究では分野横断的研究を推進し、飛灰に対応した「磁性除染剤」を開発、実証試験プラントを設置してその実用性を評価した。

(1) 実証試験プラントの概略

磁性除染剤と飛灰洗浄を組み合わせ、その実用性を検討するため実証試験を行った。図のように、少量（乾燥飛灰重量の0.5%以下）の磁性除染剤を飛灰スラリーに直接混合後、小型のマグネットセパレーターを用いて磁気分離するだけで、スラリー状態のまま除染が完了する。その後、除染済スラリーの固液分離にも高圧フィルタープレスに代替するコンパクトな真空脱水装置を使用した。





飛灰処理システム概略フロー図

(2) 汚染飛灰の供給先および実証試験の実施場所

栃木県内の一般廃棄物焼却施設より、平成23年8月に排出された保管飛灰（最大33,000Bq/kg前後）の提供を受けた。実証試験は那須環境技術センター（栃木県那須塩原市）にプラントを設置して実施した。



高濃度汚染飛灰の保管用テント（焼却施設内）

実証試験用テント内設備（那須塩原市に設置）の配置を以下に示す。



高線量飛灰の取扱い範囲（上）・除染済スラリーの取扱い範囲（下）

様式21

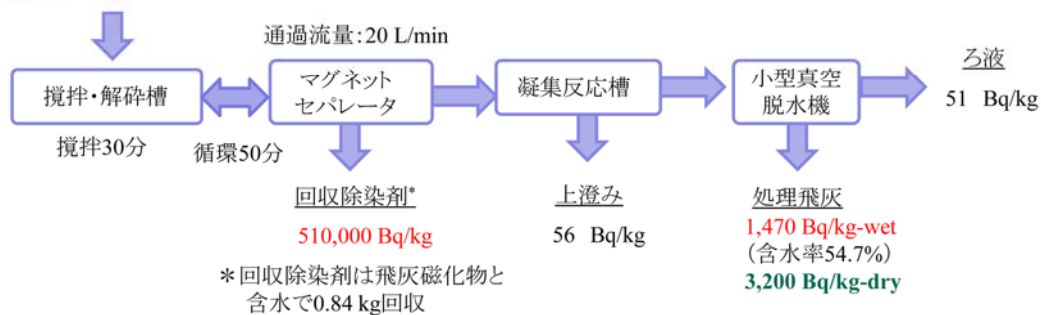
(3) 除染システムによる飛灰浄化と試験廃棄物の処理

実証試験の代表的な結果を以下に示す。

【ケース2（飛灰サンプル②を使用）】

飛灰投入量 15kg
放射能濃度 32,800 Bq/kg-wet
(含水率19.1%)
40,500 Bq/kg-dry

洗浄水 150kg
除染剤0.5%=75g



処理前後の飛灰・洗浄液の放射線量



処理前後の飛灰の放射線量から算定した除染率は92.1% (40500→3200 Bq/kg)であった。

6. 研究発表等

<p>雑誌論文 計28件</p>	<p>(掲載済み－査読有り) 計23件</p> <p>(1) Rapid and reliable elimination system for radioactive cesium using magnetic nanocomposites. <u>Namiki Y.</u> Journal of the Japan Society of Powder and Powder Metallurgy. 2014 May 28;61:160-163.</p> <p>(2) Induction of antigen-specific cytotoxic T lymphocytes by fusion cells generated from allogeneic plasmacytoid dendritic and tumor cells. Koido S, Homma S, Kan S, Takakura K, <u>Namiki Y.</u> Kobayashi H, Ito Z, Uchiyama K, Kajihara M, Arihiro S, Arakawa H, Okamoto M, Ohkusa T, Gong J, Tajiri H. Int J Oncol. 2014 May 9. doi: 10.3892/ijo.2014.2433. [Epub ahead of print]</p> <p>(3) Kitamoto Y, Fuchigami T, <u>Namiki Y.</u> Growth of Fe-Pt Magnetic Nanoparticles on Silica Particles Modified with Organic Molecules. Japanese Journal of Applied Physics 2013; 52: 110114.</p> <p>(4) Effect of Stress-free Therapy on Cerebral Blood Flow: Comparisons among patients with metabolic cardiovascular disease, healthy subjects and placebo-treated subjects. Ryotokuji K, Ishimaru K, Kihara K, <u>Namiki Y.</u> Nakashima T, Otani S. Laser Ther. 2014 Mar 27;23(1):9-12. doi: 10.5978/islsm.14-OR-02.</p> <p>(5) Immunotherapy for colorectal cancer. Koido S, Ohkusa T, Homma S, <u>Namiki Y.</u> Takakura K, Saito K, Ito Z, Kobayashi H, Kajihara M, Uchiyama K, Arihiro S, Arakawa H, Okamoto M, Gong J, Tajiri H. World J Gastroenterol. 2013 Dec 14;19(46):8531-42.</p> <p>(6) Strategies to improve the immunogenicity of anticancer vaccines based on dendritic cell/malignant cell fusions. Koido S, Homma S, Okamoto M, <u>Namiki Y.</u> Takakura K, Uchiyama K, Kajihara M, Arihiro S, Imazu H, Arakawa H, Kan S, Komita H, Kamata Y, Ito M, Ohkusa T, Gong J, Tajiri H. Oncoimmunology. 2013 Sep 1;2(9):e25994.</p> <p>(7) Preliminary results of pinpoint plantar long-wavelength infrared light irradiation on blood glucose, insulin and stress hormones in patients with type 2 diabetes mellitus. Ryotokuji K, Ishimaru K, Kihara K, <u>Namiki Y.</u> Hozumi N. Laser Ther. 2013;22(3):209-14.</p> <p>(8) Improved immunogenicity of fusions between ethanol-treated cancer cells and dendritic cells exposed to dual TLR stimulation. Koido S, Homma S, Okamoto M, <u>Namiki Y.</u> Kan S, Takakura K, Kajihara M, Uchiyama K, Hara E, Ohkusa T, Gong J, Tajiri H. Oncoimmunology. 2013 Aug 1;2(8):e25375.</p> <p>(9) Effect of pinpoint plantar long-wavelength infrared light irradiation on subcutaneous temperature and stress markers. Ryotokuji K, Ishimaru K, Kihara K, <u>Namiki Y.</u> Hozumi N. Laser Ther. 2013;22(2):93-102.</p> <p>(10) The combination of TLR2 and TLR4 agonists promotes the immunogenicity of dendritic cell/cancer cell fusions. Koido S, Homma S, Okamoto M, <u>Namiki Y.</u> Takakura K, Uchiyama K, Kajihara M, Ohkusa T, Gong J, Tajiri H. Oncoimmunology. 2013 Jul 1;2(7):e24660.</p> <p>(11) Fusions between dendritic cells and whole tumor cells as anticancer vaccines. Koido S, Homma S, Okamoto M, <u>Namiki Y.</u> Takakura K, Uchiyama K, Kajihara M, Arihiro S, Imazu H, Arakawa H, Kan S, Komita H, Ito M, Ohkusa T, Gong J, Tajiri H. Oncoimmunology. 2013 May 1;2(5):e24437.</p> <p>(12) Augmentation of antitumor immunity by fusions of ethanol-treated tumor cells and dendritic cells stimulated via dual TLRs through TGF-β1 blockade and IL-12p70 production. Koido S, Homma S, Okamoto M, <u>Namiki Y.</u> Takakura K, Takahara A, Odahara S, Tsukinaga S, Yukawa T, Mitobe J, Matsudaira H, Nagatsuma K, Kajihara M, Uchiyama K, Arihiro S, Imazu H, Arakawa H, Kan S, Hayashi K, Komita H, Kamata Y, Ito M, Hara E, Ohkusa T, Gong J, Tajiri H. PLoS One. 2013 May 24;8(5):e63498.</p> <p>(13) Combined TLR2/4-activated dendritic/tumor cell fusions induce augmented cytotoxic T lymphocytes. Koido S, Homma S, Okamoto M, <u>Namiki Y.</u> Takakura K, Takahara A, Odahara</p>
----------------------	--

<p>S, Tsukinaga S, Yukawa T, Mitobe J, Matsudaira H, Nagatsuma K, Uchiyama K, Kajihara M, Arihiro S, Imazu H, Arakawa H, Kan S, Komita H, Ito M, Ohkusa T, Gong J, Tajiri H. PLoS One. 2013;8(3):e59280.</p> <p>(14) Size-tunable drug-delivery capsules composed of a magnetic nanoshell. Fuchigami T, Kitamoto Y, <u>Namiki Y</u>. Biomatter. 2012 Oct-Dec;2(4):313-20.</p> <p>(15) Synthesis of lipidic magnetic nanoparticles for nucleic acid delivery. <u>Namiki Y</u>. Methods Mol Biol. 2013;948:243-50.</p> <p>(16) Immunotherapy synergizes with chemotherapy targeting pancreatic cancer. Koido S, Homma S, Takahara A, <u>Namiki Y</u>, Komita H, Uchiyama K, Ito M, Gong J, Ohkusa T, Tajiri H. Immunotherapy. 2012 Jan;4(1):5-7.</p> <p>(17) Inorganic-organic magnetic nanocomposites for use in preventive medicine: a rapid and reliable elimination system for cesium. <u>Namiki Y</u>, Namiki T, Ishii Y, Koido S, Nagase Y, Tada N, Kitamoto Y. Pharm Res. 2012 May;29(5):1404-18.</p> <p>(18) A magnetically guided anti-cancer drug delivery system using porous FePt capsules. Fuchigami T, Kawamura R, Kitamoto Y, Nakagawa M, <u>Namiki Y</u>. Biomaterials. 2012 Feb;33(5):1682-7.</p> <p>(19) Current immunotherapeutic approaches in pancreatic cancer. Koido S, Homma S, Takahara A, <u>Namiki Y</u>, Tsukinaga S, Mitobe J, Odahara S, Yukawa T, Matsudaira H, Nagatsuma K, Uchiyama K, Satoh K, Ito M, Komita H, Arakawa H, Ohkusa T, Gong J, Tajiri H. Clin Dev Immunol. 2011;2011:267539.</p> <p>(20) Nanomedicine for cancer: lipid-based nanostructures for drug delivery and monitoring. <u>Namiki Y</u>, Fuchigami T, Tada N, Kawamura R, Matsunuma S, Kitamoto Y, Nakagawa M. Acc Chem Res. 2011 Oct 18;44(10):1080-93.</p> <p>(21) Immunologic monitoring of cellular responses by dendritic/tumor cell fusion vaccines. Koido S, Homma S, Takahara A, <u>Namiki Y</u>, Komita H, Nagasaki E, Ito M, Nagatsuma K, Uchiyama K, Satoh K, Ohkusa T, Gong J, Tajiri H. J Biomed Biotechnol. 2011;2011:910836.</p> <p>(22) A mutation of the start codon in the X region of hepatitis B virus DNA in a patient with non-B, non-C chronic hepatitis. Fujise K, Tatsuzawa K, Kono M, Hoshina S, Tsubota A, Niiya M, <u>Namiki Y</u>, Tada N, Tajiri H. World J Hepatol. 2011 Feb 27;3(2):56-60.</p> <p>(23) Ferromagnetic FePt-nanoparticles/polycation hybrid capsules designed for a magnetically guided drug delivery system. Fuchigami T, Kawamura R, Kitamoto Y, Nakagawa M, <u>Namiki Y</u>. Langmuir. 2011 Mar 15;27(6):2923-8.</p> <p>(掲載済み一査読無し) 計4件</p> <p>(1) 渡邊亮栄, <u>並木禎尚</u>. 磁性除染剤による焼却飛灰からの放射性セシウム除去技術開発. 環境浄化技術 2014;13:74-78.</p> <p>(2) <u>並木禎尚</u>. 9. 核酸医薬などのドラッグデリバリーをめざした磁性ナノコンポジットの創製 第2章. microRNA 治療. 監修, 落谷孝広. 遺伝子医学MOOK23号:「臨床・創薬利用が見えてきたmicroRNA」. 大阪:メディカル ドウ, 2012:163-168. (invited)</p> <p>(3) <u>並木禎尚</u>, 前川弘樹, 吉田貴行, 上山俊彦, 後藤昌大, 正田憲司ら. 放射性セシウムを磁石で迅速回収できる除染剤の実用化(前篇)-グリーンイノベーションに貢献するライフイノベーション発の新技术-. Material Stage 2012;12(8), 62-71. (invited)</p> <p>(4) <u>並木禎尚</u>, 前川弘樹, 吉田貴行, 上山俊彦, 後藤昌大, 正田憲司ら. 放射性セシウムを磁石で迅速回収できる除染剤の実用化(後篇)-グリーンイノベーションに貢献するライフイノベーション発の新技术-. Material Stage 2012;12(9), 61-68. (invited)</p> <p>(未掲載) 計1件</p> <p>(1) 北本仁孝, 淵上輝頭, <u>並木禎尚</u>. 磁性ナノ粒子集積体の創製とデバイスへの応用. ケミカルエンジニアリング 2015; 5月号</p>

会議発表	<p>専門家向け 計 22 件</p> <p>(1) 根岸昌範、高幡陽、島田曜輔、河合春生、素野宏昭、<u>並木禎尚</u>。ナノ磁性除染剤を利用した焼却飛灰からの放射性セシウム回収技術の実証試験。第 20 回土壌地下水研究集会（平成 26 年 6 月 19 日 和歌山市）。</p> <p>(2) 瀧上輝頭、北本仁孝、<u>並木禎尚</u>。網目状骨格を有する鉄系磁性多孔質中空粒子の構造制御。第 3 回日本セラミックス協会関東支部若手研究発表交流会（平成 25 年 10 月 19 日 東京都葛飾区）。</p> <p>(3) 北本仁孝、瀧上輝頭、張茹芝、岡智絵美、<u>並木禎尚</u>。微粒子を用いたナノ医療デバイス。第 2 回次世代がん治療推進専門家養成プランシンポジウム（平成 25 年 11 月 9 日 東京都港区）。</p> <p>(4) 瀧上輝頭、北本仁孝、松下伸広、山口猛央、<u>並木禎尚</u>。網目状 FePt ナノシェルを有する多孔質中空粒子の構造制御。マグネティックス研究会（平成 25 年 12 月 12 日 長野県長野市）。</p> <p>(5) 瀧上輝頭、北本仁孝、<u>並木禎尚</u>。網目状骨格を有する FePt 多孔質中空粒子の構造制御。電気化学秋季大会（平成 25 年 9 月 27 日 東京都目黒区）。</p> <p>(6) <u>並木禎尚</u>。ライフ発グリーンイノベーションに役立つ磁性ナノ粒子の開発。第 50 回ナノバイオ磁気工学専門研究会（平成 25 年 11 月 21 日 東京都千代田区）[invited]</p> <p>(7) <u>Namiki Y.</u> A rapid and reliable elimination system for radioactive cesium using magnetic nanocomposites. The 11th international conference on ferrites (2013.4.18. Okinawa) [invited]. 【New Product & Novel Technology Award 受賞】</p> <p>(8) Fuchigami T, Nakagawa M, <u>Namiki Y</u>, Kitamoto Y. Hybrid magnetic capsules composed of Self-assembled monolayer of FePt nanoparticles and polymer designed for drug delivery system. International Association of Colloid and Interface Scientists Conference (IACIS 2012). 2012. 5. 13-18. Sendai.</p> <p>(9) 長瀬有貴、<u>並木禎尚</u>、石井由季子、多田紀夫、瀧上輝頭、北本仁孝、中川勝。ポリマー修飾シリカ微粒子表面への FePt ナノ粒子の集積化と超臨界水熱処理による FePt 網目状微粒子の形成。成医会柏支部例会。2012. 6. 2. 柏</p> <p>(10) <u>Namiki Y</u>, Fuchigami T, Nakagawa M, Kitamoto Y. Lipid-based magnetic nanomedicines for cancer. PRiME2012. 2012. 10. 7-12. Honolulu.</p> <p>(11) Fuchigami T, Nakagawa M, <u>Namiki Y</u>, Kitamoto Y. FePt magnetic hollow spheres designed for nano-scale drug delivery system targeted to cancer tumor. PRiME2012. 2012. 10. 7-12. Honolulu.</p> <p>(12) 瀧上輝頭、<u>並木禎尚</u>、北本仁孝。超臨界流体処理による網目状金属ナノ構造体の形成。粉体粉末冶金協会平成24 年秋季大会。2012. 11. 20-22. 滋賀。</p> <p>(13) 長瀬有貴、<u>並木禎尚</u>、石井由季子、吉田貴行、上山俊彦、後藤昌大、正田憲司、鎌田雅美、渡邊亮栄、前川弘樹、川上智、多田紀夫。焼却飛灰から放射性セシウムを吸着除去できる磁性ナノ粒子。成医会柏支部例会。2012. 12. 1. 柏</p> <p>(14) 瀧上輝頭、河村 亮、北本仁孝、中川 勝、<u>並木禎尚</u>。水溶性抗がん剤を搭載した FePt 籠型カプセルによる磁気誘導薬剤送達システム。浜松 2012. 03. 29-31 電気化学会第 79 回大会。</p> <p>(15) Fuchigami T, Kitamoto Y, Nakagawa M, <u>Namiki Y</u>. Magnetic capsules with a hybrid shell composed of magnetic nanoparticles and biocompatible polymer. つくば 2012. 03. 17-19 SIMA2012.</p> <p>(16) Fuchigami T, Kitamoto Y, Nakagawa M, <u>Namiki Y</u>. Size-controlled FePt/Polymer hybrid capsules and their application to magnetic drug carriers. 豊橋 2011. 11. 17-18 アジア太平洋異分野融合研究国際会議 (APIRC2011)。</p> <p>(17) 瀧上輝頭、河村 亮、北本仁孝、中川 勝、<u>並木禎尚</u>。磁気誘導薬剤送達システム用 FePt/ポリマー複合磁性カプセル。新潟 2011. 09. 27-30 第 35 回日本磁気学会学術講演会。</p> <p>(18) Kitamoto Y, Fuchigami T, Kawamura R, Nakagawa M, <u>Namiki Y</u>. Magnetically guided drug delivery system using magnetic capsules (Invited). 新潟 2011. 09. 27-30 第 35 回</p>
------	--

	<p>日本磁気学会学術講演会 (19) Fuchigami T, Kawamura R, Kitamoto Y, Nakagawa M, <u>Namiki Y.</u> Magnetic nanoparticles/polymer porous magnetic capsule designed for cancer therapy. Niigata 2011.09.11-16 The 62nd Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry (20) <u>並木 禎 尚.</u> 核酸医薬などのドラッグデリバリーを目指した磁性ナノコンポジットの創製. 広島2011.08.26-27 第3 回日本RNAi 研究会. (21) <u>並木 禎 尚.</u> 異分野技術融合による「医療・バイオ用磁性ナノ複合材料」の開発. 新橋 2011.07.11 平成23年度DNA 医学研究所・臨床医学研究所合同研究発表. (22) Fuchigami T, Kawamura R, Kitamoto Y, Nakagawa M, <u>Namiki Y.</u> FePt-nanoparticles /polymer hybrid capsules designed for cancer therapy. Taipei 2011.04.25-29 International Magnetism Conference (Intermag 2011)</p> <p>一般向け 計5件 (1) <u>並木禎尚.</u> 高性能磁性除染剤. イノベーションジャパン2013 (平成25年8月29-30日 東京都江東区)【国民との対話】 (2) <u>並木禎尚.</u> 環境浄化、病気の診断・治療に役立つ磁性ナノ粒子の開発. サイエンスアゴラ2013. (平成25年11月10日 東京都品川区)【国民との対話】 (3) <u>並木禎尚.</u> セシウム・ストロンチウムを同時に迅速除去できるナノ粒子. イノベーションジャパン2012. 2012. 9.27-28. (4) <u>並木禎尚.</u> セシウム迅速除去を実現する機能性ナノ粒子. 東京 2011.09.21-22 イノベーション・ジャパン2011 大学見本市. (5) <u>並木禎尚,</u> 澁上輝頭, 河村 亮, 北本仁孝, 中川 勝, 白田大介. ドラッグデリバリーシステムに利用可能な新規キャリア. 横浜 2011.10.05-07 バイオジャパン2011.</p>
<p>図 書 計2件</p>	<p>(1) <u>Namiki Y.</u> Synthesis of lipidic magnetic nanoparticles for nucleic acid delivery. In: Oupicky D and Ogris M, Editors. Nanotechnology for Nucleic acid Delivery (the book series Methods in Molecular Biology). NY, USA: Humana Press, 2013:243-250. (2) <u>並木禎尚.</u> 5-6 磁性化プルシアンブルーによる汚染水からの放射性物質の効率回収 5 章 放射性物質の除去技術. 編修, 作道章一. 食・健康の高安全化—殺菌、滅菌、消毒、不活化、有害物除去技術—. 東京:サイエンス&テクノロジー, 2012:330-339.</p>
<p>産 業 財 産 権 出 願・取 得 状 況 計26件</p>	<p>(取得済み) 計5件 (1)特許第 5526156 号 磁性粒子、及びその製造方法、並びに磁性粒子含有製剤. 発明者 並木禎尚. 出願人 学校法人慈恵大学. 国内 (2014.04.18.). (2)特許第 5501885 号 遠隔調整装置、及び撮像装置. 発明者 並木禎尚. 出願人 学校法人慈恵大学. 国内 (2014.03.20.). (3)特許第 5466394 号 生体内磁気照射装置及びその製造方法、並びに、薬物送達システム及び生体内治具固定装置. 発明者 並木禎尚. 出願人 学校法人慈恵大学. 国内 (2014.01.31.). (4)特許第 5132621 号 核酸定量法、及び核酸定量装置. 発明者 並木禎尚. 出願人 学校法人慈恵大学. 国内 (2012.11.16.). (5)特許第 4932054 号 放射性物質類除染システム、及び放射性物質類の除染方法、及び除染用磁性複合粒子. 発明者 並木禎尚. 出願人 学校法人慈恵大学. 国内 (2012.02.24.).</p> <p>(出願中) 計21件 (1) 特願 2011-31888 特異的反応検出キット、特異的反応検出装置、及び特異的反応検出方法. 発明者 並木禎尚. 出願人 学校法人慈恵大学. 国内 (2011.02.17.). (2) 特願 2011-83367 磁性粒子回収装置、磁性粒子回収方法. 発明者 並木禎尚. 出願人 学校法人慈恵大学. 国内 (2011.04.05.). (3) 特願 2011-101174 放射性物質回収システム、放射性物質回収方法、及び放射性物質捕捉性複合体. 発明者 並木禎尚. 出願人 学校法人慈恵大学. 国内 (2011.04.28.). (4) 特願 2011-132291 凝固性磁性粒子、及びその使用方法、並びに凝固体形成システム. 発明者 並木禎尚. 出願人 学校法人慈恵大学. 国内 (2011.06.14.).</p>

	<p>(5) 特願 2011-227470 放射性物質類除染システム、及び放射性物質類の除染方法、及び除染用磁性複合粒子。発明者 並木禎尚。出願人 学校法人慈恵大学。国内 (2011.10.14.)。</p> <p>(6) 特願 2012-28639 除染用磁性複合粒子。発明者 並木禎尚。出願人 学校法人慈恵大学。国内 (2012.02.13.)。</p> <p>(7) 特願 2012-44995 除染用磁性複合粒子の製造方法。発明者 並木禎尚。出願人 学校法人慈恵大学。国内 (2012.03.01.)。</p> <p>(8) PCT/JP2012/001744 除染用磁性複合粒子、及びその製造方法、並びに、放射性物質類除染システム、及び放射性物質類の除染方法。発明者 並木禎尚。出願人 学校法人慈恵大学。外国 (2012.03.13.)。</p> <p>(9) EP12776434.8 放射性物質類除染システム、及び放射性物質類の除染方法、及び除染用磁性複合粒子。発明者 並木禎尚。出願人 学校法人慈恵大学。外国 (2012.03.13.)。</p> <p>(10) US14/114,172 放射性物質類除染システム、及び放射性物質類の除染方法、及び除染用磁性複合粒子。発明者 並木禎尚。出願人 学校法人慈恵大学。外国 (2012.03.13.)。</p> <p>(11) CN201280020844.1 放射性物質類除染システム、及び放射性物質類の除染方法、及び除染用磁性複合粒子。発明者 並木禎尚。出願人 学校法人慈恵大学。外国 (2012.03.13.)。</p> <p>(12) RU2013152745 放射性物質類除染システム、及び放射性物質類の除染方法、及び除染用磁性複合粒子。発明者 並木禎尚。出願人 学校法人慈恵大学。外国 (2012.03.13.)。</p> <p>(13) IN10200/DELNP/2013 放射性物質類除染システム、及び放射性物質類の除染方法、及び除染用磁性複合粒子。発明者 並木禎尚。出願人 学校法人慈恵大学。外国 (2012.03.13.)。</p> <p>(14) KR2013-7029630 放射性物質類除染システム、及び放射性物質類の除染方法、及び除染用磁性複合粒子。発明者 並木禎尚。出願人 学校法人慈恵大学。外国 (2012.03.13.)。</p> <p>(15) 特願 2012-74337 混合攪拌装置。発明者 並木禎尚。出願人 学校法人慈恵大学。国内 (2012.03.28.)。</p> <p>(16) TW101115242 放射性物質類除染システム、及び放射性物質類の除染方法、及び除染用磁性複合粒子。発明者 並木禎尚。出願人 学校法人慈恵大学。外国 (2012.04.27.)。</p> <p>(17) 特願 2012-122773 強磁性フィルター及びこれを備えた不純物除去器具並びに不純物除去方法。発明者 並木禎尚。出願人 学校法人慈恵大学。国内 (2012.05.30.)。</p> <p>(18) 特願 2012-197018 除染用粒子、除染用粒子分散液、及びそれらの製造方法、並びに除染用磁性複合粒子。発明者 並木禎尚。出願人 学校法人慈恵大学。国内 (2012.09.07.)。</p> <p>(19) 特願 2012-199000 放射性セシウム除染剤及びその製造方法、並びに放射性セシウムの除去方法。発明者 並木禎尚。出願人 学校法人慈恵大学。国内 (2012.09.10.)。</p> <p>(20) 特願 2012-248571 使用済み磁性除染剤の減容化方法および減容化システム。発明者 並木禎尚。出願人 学校法人慈恵大学。国内 (2012.11.12.)。</p> <p>(21) 特願 2013-002451 捕捉性磁性粒子を用いた浄化方法、および捕捉性磁性粒子を用いた浄化システム。発明者 並木禎尚。出願人 学校法人慈恵大学。国内 (2013.01.10.)。</p> <p>※ (9) ~ (14)、(16) の海外出願については JST 外国特許出願支援を受けた。</p>
<p>Webページ (URL)</p>	<p>http://www.nikkei.com/article/DGXNASDG2003S_Q1A920C1CR8000/</p> <p>http://photo.sankei.jp.msn.com/kodawari/data/2011/09/0921innovation/</p> <p>http://tse-hestia.co.jp/page15.html</p> <p>http://www.j-cast.com/2011/09/24108004.html</p> <p>http://www.fbi-award.jp/sentan/jusyou/index.html</p>
<p>国民との科学・技術対話の実施状況</p>	<p>(1) 夏休みわくわく体験学習「磁気力をみてみよう！」。 2011.08.01 東京慈恵会医科大学西新橋校 小学4~6年生(親子同伴)を対象とした科学教室 35名。エナメル線を用いた電磁石、磁力で動くスライム、暗闇で光るスライムを作製することにより、「磁力による薬剤の挙動の制御」をテーマとした体験学習を行った。 http://style.carenet.com/2430.html</p> <p>(2) 東日本大震災の被災地である石巻市(石巻市商工会議所)において、地域の住民を対象にした研究紹介(市民公開講座)を行った(2012.6.6)。</p> <p>(3) イノベーションジャパン2013(平成25年8月29-30日 東京都江東区) 高性能磁性除染剤</p>

	<p>並木禎尚 (4) サイエンスアゴラ 2013 (平成 25 年 11 月 10 日 東京都千代田区) 環境浄化、病気の診断・治療に役立つ磁性ナノ粒子の開発 並木禎尚</p>
新聞・一般雑誌等掲載計24件	<p>(1) 慈大新聞. 2011. 3. 25. 核酸医薬の磁気誘導を目指したハイブリッドナノ粒子の開発 (2) 日経エコロジー Nikkei Ecology. 2011. 12;32-33 放射性物質と向き合う：〈除染編 待たれる確信技術〉汚染地で進む実証実験 従来技術の限界に挑戦。 (3) J-CAST ニュース. 2011. 09. 24 セシウムが瞬時に取り除かれた 放射線対策に夢の吸着装置. http://www.j-cast.com/2011/09/24108004.html (4) 環境新聞. 2011. 09. 21 ナノ磁性体でセシウム除去 慈恵医大開発 オンサイトで手軽に。 (5) 日本経済新聞. 2011. 09. 21 セシウム除去 最短15秒 磁性を持った微粒子使用 (6) 日経産業新聞. 2011. 08. 04 抗がん剤、5倍運べる カプセル、水溶性に向く (7) ケアネット ニュース. 2011. 08. 12. 小学生、世界初の「がん治療用ドラッグデリバリーシステム」を疑似製作 http://style.carenet.com/2430.html (8) 化学工業日報 朝刊5面. 2011. 07. 28 DDS 用中空磁性カプセル開発 抗がん剤を大量搭載 水溶性薬剤も可能 (9) セシウム除去で講演会 産学官交流会 6日に総会. 石巻日日新聞(地元紙・夕刊). 2012. 6. 1. (10) 最新医療研究きょう講演会 石巻商議所. 石巻かほく新聞 朝刊 2012. 6. 6. (11) 焼却飛灰のセシウム除去. 日経新聞 2012. 9. 25. (12) 焼却飛灰内セシウム DOWA、分離・除去. 日経産業 2012. 9. 25. (13) 焼却飛灰から捕集・吸着 磁力でセシウム除去 DOWAHD と慈恵医大. 日刊工業 2012. 9. 25. (14) 焼却飛灰からセシウム除去 DOWA が共同開発. 日刊産業 2012. 9. 25. (15) 焼却飛灰の放射能低減技術 DOWA 子会社が共同開発. 鉄鋼新聞 2012. 9. 25. (16) 焼却飛灰中の水溶性 セシウムを効率除去 DOWA グループ磁性除染剤を開発. 化学工業日報 2012. 9. 25. (17) 焼却灰に除染剤 DOWA と慈恵医大共同開発. 福島民報 2012. 9. 25. (18) DOWA と慈恵医大共同 セシウム除染剤開発 焼却灰高精度で処理可能. 秋田魁新報 2012. 9. 25. (19) 焼却灰からセシウム除去、東京慈恵会医大など新技術開発. 産経新聞 2012. 9. 27. (20) 飛灰のセシウム除去/DOWA, 慈恵医大/磁石で簡単回収. 建設通信新聞 2012. 10. 2. (21) 焼却飛灰を迅速除染 DOWA と慈恵医大 磁性粒子使い吸着. 環境新聞 2012. 10. 3. (22) 磁性除染剤で同時分離—セシウムとストロンチウム—慈恵医大開発医薬品技術を応用. 環境新聞 2012. 10. 3. (23) 磁性除染剤で効率的にセシウム除去 DOWA エコシステムらが共同開発. 建通新聞 2012. 10. 4. (24) ケアネット ニュース. 2012. 10. 5. 災害廃棄物を抱える自治体に朗報：慈恵医大、焼却飛灰からの放射性セシウム除去技術を開発 http://www.carenet.com/news/general/carenet/31533</p>
その他	<p>(1) NHK NHKスペシャル「日本再生 食の安全」2011. 10. 22. (2) NHK あさいチ「福島から全国へ 食の安心を届けたい」2011. 11. 2. (3) テレビ東京 ワールドビジネスサテライト「高まる除染ニーズ 課題は」2011. 11. 16. (4) NHK ニュース「素材メーカー 除染の技術開発活発化」2012. 10. 7.</p>

7. その他特記事項

東京工業大学との医工連携により、本プログラムを実施した。
 New Product & Novel Technology Award 受賞 (The 11th international conference on ferrites)
 研究の波及により、除染用磁性ナノ粒子を開発し、企業との共同研究(研究費有り)に至り、平成 25 年度除染技術実証事業(環境省)の採択につながった。さらに、同技術の海外出願について J S T の特許出願支援を受け、第 28 回 先端技術大賞 特別賞の受賞が決定した。