

機関番号：82110

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20560750

研究課題名(和文)

エマルションフローを利用した海水中微量ウランの捕集・資源化

研究課題名(英文)

Collection of the uranium in seawater for resources by using emulsion flow

研究代表者

柳瀬 信之(YANASE NOBUYUKI)

独立行政法人・日本原子力研究開発機構・原子力基礎工学研究部門・研究副主幹

研究者番号：90354852

研究成果の概要(和文)：新発想に基づく液液抽出装置であるエマルションフロー抽出装置を利用した海水中微量ウランの捕集・資源化を行った。抽出材として安価な PC-88A/灯油を用い、海水中懸濁物の影響を受けない向流式エマルションフロー抽出装置を開発した。また、抽出ウランによる有機相の飽和を防止する自動逆抽出装置、海水中妨害元素除去装置、抽出材の排液への漏洩を防止する油滴回収装置を組み合わせたシステムにより、海水 1200L からウランを90%以上回収することに成功した。

研究成果の概要(英文)：Collection of the trace uranium in seawater for resources was investigated by using a emulsion flow liquid-liquid extraction apparatus based on a new idea. The PC-88A and kerosene were selected as extraction reagent, and counter current emulsion flow extractor was developed and operated without any interference of suspended materials in seawater. Uranium more than 90% in 1200 L seawater was collected by the system in conjunction with automatic back extraction apparatus avoiding the saturation of organic phase with uranium extracted, and apparatuses removing interference elements in seawater and oil particles of extraction reagent in waste water.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
20年度	2,300,000	690,000	2,990,000
21年度	600,000	180,000	780,000
22年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：環境工学

科研費の分科・細目：総合工学・船舶海洋工学

キーワード：海洋資源・エネルギー、ウラン資源、エマルションフロー、液体捕集材、液-液抽出

1. 研究開始当初の背景

(1)近年の国際的なウラン需要急増を受け、海水中に存在する微量ウラン(約3 ppb)の捕集・資源化に注目が集まっていた。

(2)含水酸化チタンや放射線グラフト重合

法によって高分子基材にアミドキシム基を導入したウラン捕集材が開発されたが、実用化には問題があった。

(3)海水中ウランの捕集にはもっぱら固体の捕集材が検討されているが、液体の捕集

材の方が劣化、処理容量、コスト面で有利と考えられていた。

(4)しかしながら、海水と液体捕集材の間で連続的な液-液抽出を行うには、操作性が悪く運転コストが大きい装置（ミキサセトラなど）しかなく、実用面ではまったく現実的ではなかった。

2. 研究の目的

ごく最近、提案者らが考案した持続的な外力を用いることなく、送液のみで効率的且つ安定にエマルションの流れ（エマルションフロー）を発生させるという新しい液-液抽出原理を利用して、従来の固体材を用いる方法よりも簡便で低コストな海水中微量ウラン捕集法の開発を目指す。

3. 研究の方法

(1)高塩濃度溶液からの高選択的ウラン抽出

海水は NaCl などの塩を大量に溶解した特異な水溶液であり、このような高塩濃度水溶液から高選択的にウランだけを抽出できる液体捕集材を探索・開発する。実際の海水や模擬海水を用いて、そこからウランを選択的に抽出するための抽出実験を行い、エマルションフロー抽出法に適した溶媒、抽出試薬の種類や抽出条件を決定する

(2)海水中浮遊粒子の影響排除

海水中に多量に浮遊する微小粒子（懸濁粒子）は、エマルションフロー抽出装置の運転に大きく影響する。具体的には、この装置の要である溶液微細化ヘッド部が懸濁粒子によって詰まり、運転できなくなってしまう。そうかと言って、ろ過などの方法による懸濁粒子の除去はコスト面から現実的ではない。すなわち、エマルションフロー抽出装置そのものが懸濁粒子の影響を受けないシステムでなければならない。そこで、ヘッド部の詰まりを防ぐための仕組みを開発する。

(3)大量海水の短時間処理のための大型化
エマルションフロー抽出装置のプロトタイプでは、優れた抽出性能、高い操作性、低コストを実現できる一方で、大量の海水を処理するための大型化が困難であった。す

なわち、プロトタイプの方式では、エマルションフローの発生が装置カラム部の直径に依存するため、任意に大型化できない。

そこで、大型化を可能とする新しい送液方式を開発する。予備的には既に大型化に対応できる方式に目処を得ているので[特許出願準備中]、毎時 1,000 L の海水が処理できることを第 1 段階の目標に設定して、新システムのエマルションフロー抽出装置を作製する（ちなみに、プロトタイプでは毎時 30 L）。

(4)溶媒、抽出試薬の漏出防止システム開発
環境汚染を引き起こさないように、溶媒や抽出試薬に無害なものを用いるとともに、少量の溶媒、試薬であっても海水に漏出させないシステムを開発する。

(5)実用化に向けての装置の改良

有機相に抽出したウランの連続的回収、海水中妨害元素の除去、排水に漏洩した油滴の回収などの機能を有するエマルションフロー抽出システムの構築を行う。

4. 研究成果

(1)高塩濃度溶液である海水から高選択的にウランだけを抽出できる液体捕集材を探索・開発するために、実際の海水や模擬海水を用いてエマルションフロー抽出法により種々の抽出材を試験した。その結果、安価で入手容易なリン系抽出剤である DEHPA 及び PC-88A が最も適していることを明らかにした。この時希釈溶媒として、無害で海水への溶解度が極めて小さいアルカン類を主成分とし、市場で最も安価な灯油を用いることができた。

(2)水相ヘッド部が海水中に多量に浮遊する微小粒子（懸濁粒子）により目詰まりするのを防ぐために、水相ヘッド部の穴が 5mm まで大きくても良好なエマルションが生成する向流式エマルションフロー方式を開発した（特願 2008-253779）。すなわち、有機相を水相の流れに対向するように噴出循環することで水相ヘッドの穴径に依存せず良好なエマルションが安定に生成することを明らかにした。また、水相ヘッドより流入した 5mm 以下の懸濁粒子がエマルションに補足され凝集することから、有

機相と水相の液液界面に懸濁物を集める装置を開発できた(特願 2008-253778)。以上のことから、海水中懸濁粒子を除去することなく導入し選択的に海水中ウランを回収できる装置の開発に成功した。

(3)大量の海水から短時間にウランを回収するためにはエマルションフロー抽出装置の大型化が不可欠であるが、上述の向流式エマルションフロー装置の開発により、装置を大型化しても良好なエマルションを生成させることができた。これにより、毎時1tで処理してもウランをほぼ100%抽出できることを確認できた。

(4)エマルションフロー抽出法で抽出率を向上させるにはエマルションをより微細化すればよい。しかし、微細化に伴い抽出材の排水への漏洩が多くなる。これを防止するため油滴回収機構を組み込んだ新規の抽出装置を開発した(特許出願予定)。また、この新規装置に最適化した油相微細化噴出ヘッドを考案した。この油相ヘッドの採用により、水相を微細化し噴出するヘッドがなく単に水相をホースで導入するだけで、良好なエマルションが生成することを確認した。これにより海水中懸濁物による水相ヘッドの目詰まりの問題を完全に解消することができた。

(5)さらに、大量の海水から希薄なウランを高濃度で回収するには長時間連続的に装置を稼働しても性能の劣化が生じない必要がある。そこで、毎時60Lの抽出装置を用いて長時間の性能安定性を評価した。その結果、海水100L処理後ウランの抽出率が徐々に低下することが分かった。これを解決するために捕集材が妨害元素により飽和しウランを抽出しなくなることを防ぐため特にMgに着目した妨害元素除去装置を新たに開発した。また、長時間連続運転のためには、装置を止めずに捕集材に濃縮されたウランを逆抽出し回収する必要がある。そのために連続ウラン回収装置も新たに開発した。これらの新たに開発した装置を組み込んだ多段システムを用いて海水1200Lを約20時間かけて処理した結果、90%以上のウランを回収することができた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

①N. Yanase, H. Naganawa, T. Nagano, J. Noro, New Apparatus for Liquid-Liquid Extraction, "Emulsion Flow" Extractor, Analytical Sciences, 査読有、27巻、2011、171-176

②N. Yanase, H. Naganawa, T. Nagano, J. Noro, Counter Current "Emulsion Flow" Extractor for Continuous Liquid-Liquid Extraction from Suspended Solutions, Analytical Sciences, 査読有、27巻、2011、325-328

[学会発表] (計 件)

[図書] (計 件)

[産業財産権]

○出願状況(計2件)

名称: 溶液中粒子成分の連続回収方法
発明者: 長縄弘親、柳瀬信之、永野哲志
権利者: 独立行政法人日本原子力研究開発機構

種類: 特許
番号: 特願 2008-253778
出願年月日: 20年9月20日
国内外の別: 国内

名称: 向流式エマルションフロー連続液液抽出装置

発明者: 長縄弘親、柳瀬信之、永野哲志
権利者: 独立行政法人日本原子力研究開発機構

種類: 特許
番号: 特願 2008-253779
出願年月日: 20年9月30日
国内外の別: 国内

○取得状況(計◇件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

[その他]
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

柳瀬 信之 (YANASE NOBUYUKI)
独立行政法人・日本原子力研究開発機構・
原子力基礎工学研究部門・研究副主幹
研究者番号：90354852

(2) 研究分担者

長縄 弘親 (NAGANAWA HIROCHIKA)
独立行政法人・日本原子力研究開発機構・
原子力基礎工学研究部門・研究主席
研究者番号：00354837

(3) 連携研究者

()

研究者番号：