

高塩濃度汚染水中の放射性物質を除去するための吸着繊維の開発

齋藤 恭一, 藤原 邦夫
Saito Kyoichi Fujiwara Kunio

2011年3月11日の東日本大震災の後、千葉大学の研究室は3か月で、水中の放射性セシウムを吸着除去できる繊維の製法を作り上げた。そのレシピを基にして、(株)環境浄化研究所とサンエス工業(株)とで、その除染用吸着繊維を大量製造する体制を整えた。除染現場ですぐに使えるようにするためである。

ゼオライトは海水中でのセシウム選択吸着性は低い。これに対して、アニオン交換基を有するグラフト鎖(接ぎ木した高分子の鎖)をナイロン繊維に付与し、その後、グラフト鎖内に不溶性フェロシアン化コバルトの微結晶を生成させて作製した不溶性フェロシアン化コバルト担持繊維は、海水のような高塩濃度汚染水中の放

射性セシウムを吸着除去できる。この吸着繊維の作製経路を図1に示す。吸着繊維は鮮やかな緑色を呈した。その色が、東日本大震災後に日本を訪れて支援を続けている“レディー・ガガ”さんの当時の髪の色に似ていたため、謝意を込めて吸着繊維“ガガ”と名付けた。吸着繊維を組み紐にして汚染水中に投げ込み、その後、引き揚げるだけで除染ができるので、原発の構内に貯蔵された汚染水タンク中のセシウム濃度を下げるためにも、原発前の港湾内の海水中のセシウム濃度を下げるためにも使用できる。

吸着繊維の出発材料(基材)の形として、繊維はバラバラで扱いにくいので、繊維を芯材(直径4 cm程のプラスチック製の芯)に巻いた

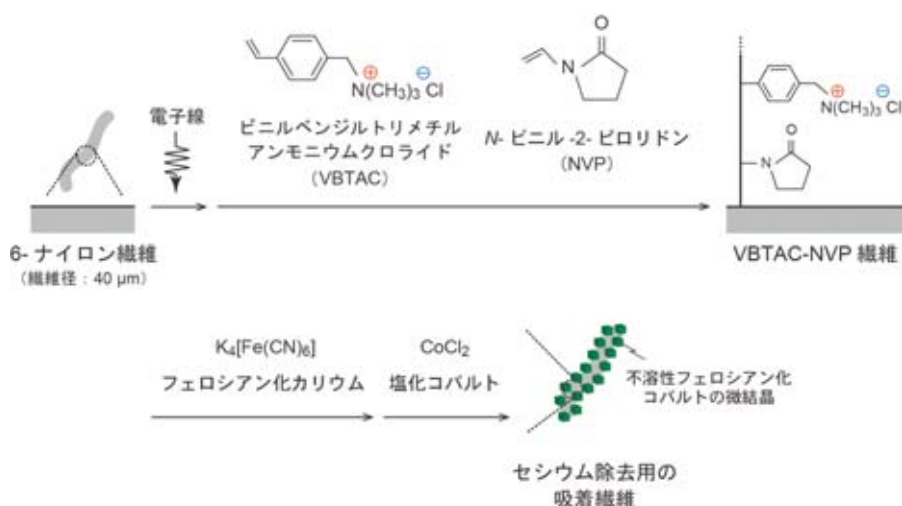


図1 不溶性フェロシアン化コバルト担持繊維(吸着繊維“ガガ”)の作製経路

直径 15 cm 程度のポビンという材料（重さは約 1 kg）を採用した（図 2 (a)）。 γ 線を照射して、ポビン全体にラジカルを均一に作った。そして、染色装置を参考にして、ポビンの芯の空洞部を利用して反応器の底から垂直に立った穴あき棒に 6 個のポビンを通して縦に並べた仕掛け 15 本を、装置内に並置した。ポビンの内面側から外面側へとビニルモノマー液を流通させることによって、グラフト率の分布を最小限に抑えて、グラフト（接ぎ木）重合を進めることができた。染色装置で染色“ムラ”があっては困るように、グラフト重合装置でもグラフト重合“ムラ”があっては困る。1 回の反応で 90 個のポビンを機能化できる（図 2 (b)）。こうして製造した機能性ポビンから繊維を繰り出し、用途に合わせて、織布、組み紐、ネットなど、様々な形態に加工できる。

液中の放射性物質の除去（除染）が、難度が高い理由は次のとおりである。

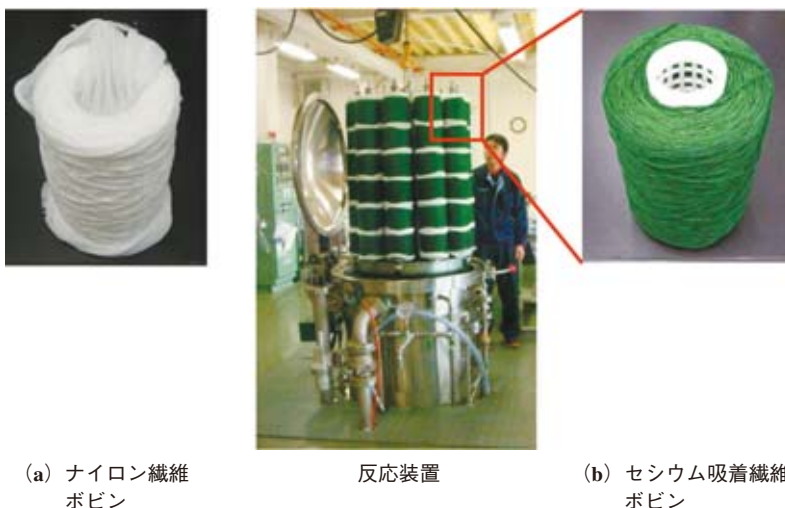
- (1) 極低濃度で液中に溶存している放射性物質を捕捉する化学構造を持った吸着材が必要である点。イオン交換基やキレート形成基ではなく、無機化合物の結晶の内部や層間に放射性物質を取り込む原理に

基づいた捕捉が有効である。

- (2) 原発事故によって追加された放射性物質と、自然界にもともと溶存している非放射性物質とを吸着材は区別できない点。どの吸着材でも放射性物質を非放射性物質もろとも捕捉するしかない。その分、高い吸着容量が吸着材には要求される。
- (3) 放射性物質を吸着した吸着材を長期にわたって貯蔵する必要がある点。熔融や焼却によって吸着材の減容ができるのならそれは都合が良いし、経済的に有利である。

吸着繊維“ガガ”は、高塩濃度汚染水中でも¹³⁷Csを選択的に捕集でき、さらに、高分子の部分（ナイロン繊維とグラフト鎖）を焼却可能である点で有利である。

東京電力(株)福島第一原子力発電所の構内には、2013年8月27日の時点で、34万トンの汚染水が貯蔵されている。1,000トンのタンクで340基分である。多核種除去装置（ALPS, advanced liquid processing system）を使って除染した後に、安全性を確認し、関係機関の同意を得て、海に放出する計画である。この多核種除去装置へのセシウムの負荷を軽減するために、

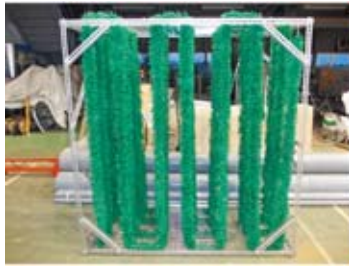


(a) ナイロン繊維ポビン

反応装置

(b) セシウム吸着繊維ポビン

図 2 吸着繊維“ガガ”の大量製造装置



セシウム除去用吸着繊維“ガガ”



セシウムの除去性能の試験（設置作業）

図3 原子力発電所の取水口の海水中に投入した吸着繊維“ガガ”の組み紐

汚染水タンク内のセシウムをあらかじめ減らしておくことは有効である。また、3号機取水口付近にも、地下水や雨水の流入によってセシウムが漏出してきている。汚染水タンクでも取水口付近でも吸着繊維“ガガ”の組み紐を垂らしておくだけで、セシウムが吸着してくるので、液中のセシウム濃度を低減できる。2013年6月17日に、東京電力(株)福島第一原子力発電所の港湾内に“ガガ”の組み紐が取り付けられ、セシウムの除去性能の試験が始まっている(図3)。当研究グループは、現在、放射性ストロンチウム (^{90}Sr) を除去するために、チタン酸ナトリウムを担持した吸着繊維の作製を進めている。

【謝辞】

研究助成をしてくださった(公財)ソルト・サイエンス研究財団と海水を提供くださった(財)塩事業センター海水総合研究所に感謝いたします。

参考文献

- 1) Watari, K. and Izawa, M., *J. Nucl. Sci. Technol.*, **2**, 321-322 (1965)
- 2) 三村均, 山岸功, 日本イオン交換学会誌, **23**, 6-20 (2012)
- 3) 斎藤恭一, 化学, **67**(11), 35-37 (2012)
- 4) 岡村雄介, 藤原邦夫, 飯島直樹, 正田哲也, 鈴木晃一, 須郷高信, 清水威, 板垣龍人, 高橋淳, 小野孝之, 菊池隆, 染谷孝明, 石原量, 小島隆, 梅野太輔, 斎藤恭一, 日本イオン交換学会誌, **24**, 8-13 (2013)
- 5) Ishihara, R., Fujiwara, K., Harayama, T., Okamura, Y., Uchiyama, S., Sugiyama, M., Someya, T., Amakai, W., Umino, S., Ono, T., Nide, A., Hirayama, Y., Baba, T., Kojima, T., Umeno, D., Saito, K., Asai, S., and Sugo, T., *J. Nucl. Sci. Technol.*, **48**, 1281-1284 (2011)
- 6) 平山雄祥, 岡村雄介, 藤原邦夫, 須郷高信, 梅野太輔, 斎藤恭一, 化学工学論文集, **39**, 28-32 (2013)
- 7) 東京電力(株), 福島第一原子力発電所1~4号機の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ進捗状況(概要版), 1-4 (2013)

(千葉大学)