

nanoGALF で製造した CO₂ ナノバブル水によるセシウム洗浄効果の向上Improvement of cesium cleaning effect using CO₂ nano-bubbles generated by nanoGALF

○前田重雄 小林秀彰 辻義孝 高見浩志 米澤浩 木村春昭 石田芳明 藤田俊弘 (IDEC)

木内正人 (産総研) 桑畑進 (大阪大) 寺坂宏一 (慶應大)

○MAEDA Shigeo, KOBAYASHI Hideaki, TSUJI Yoshitaka, TAKAMI Koji, YONEZAWA Hiroshi, KIMURA Haruaki, ISHIDA Yoshiaki, FUJITA Toshihiro, KIUCHI Masato, KUWABATA Susumu and TERASAKA Koichi

Abstract Radioactive contamination of the soil and water is a serious problem we face today. In the decontamination process of houses and roads that have been carried out, improvement of cleaning effectiveness is required in order to enhance cost and operational efficiency. We tested and confirmed that air nano-bubble water has superior cesium-cleaning effect compared to distilled water. Furthermore, experiments show that CO₂ nano-bubble water has even better cesium-cleaning effect, which is considered to be due to the surfactant effect of nano-bubbles and also the effect of cesium extraction by acid.

Keywords: Nano-bubble, NanoGALF, Cesium, CO₂, Decontamination

1. 緒言

平成 23 年の東日本大震災によって発生した原発事故の影響は大きく、放射線物質による土壌や水質汚染への対策が急がれている。なかでも土壌、家屋、道路などの除染や汚染廃棄物の処理は既に行われており、多くの場合に水による洗浄が使用されている。さらに経済性・効率性を高めるためにも洗浄力の向上が望まれており、汚染状況に応じたコストパフォーマンスの洗浄水を使用することが重要である。これまでも特殊水洗浄の取り組みの一つとしてナノバブルによる除染効果が報告されており、ナノバブル水が持つ界面活性効果による有効性が期待されている [1]。

我々は、これまでに半導体プロセス、食品機械、土壌浄化などの用途向けに、気液溶解技術により生成するナノバブル水を製造条件の最適化 [2]、バブル径サイズや密度の計測方法の検討などを行ってきた [3][4]。今回、ナノバブル発生装置 (nanoGALF) で空気および CO₂ ナノバブル水を生成し、セシウム洗浄力の比較実験を行なった。ナノバブルによる洗浄効果を確認するとともに更なる洗浄効果が期待される CO₂ ナノバブル水について検討を行った。

2. 実験方法

空気及び CO₂ のナノバブル水を用いた洗浄実験を Fig.1 に示すとともに詳細手順について以下に述べる。

- (1) 洗浄対象物としては市販の礫 (碎石) を用い、非放射性的な塩化セシウムを用いてセシウム水溶液 (1000ppm) を作製。
- (2) セシウム水溶液に礫を 1 時間浸漬。
- (3) 取り出した礫を乾燥。
- (4) 蒸留水で 1 分間の 1 次洗浄。
- (5) 取り出した礫を乾燥。
- (6) CO₂ ナノバブル水で 2 次洗浄。
- (7) 礫を取り出した後の CO₂ ナノバブル水を 100 倍濃縮後、島津製作所製 ICP 発光分析装置 (ICPS-7510) によりセシウム濃度を計測し、礫から溶出したセシウムの量を蒸留水、空気ナノバブル水の場合と比較。

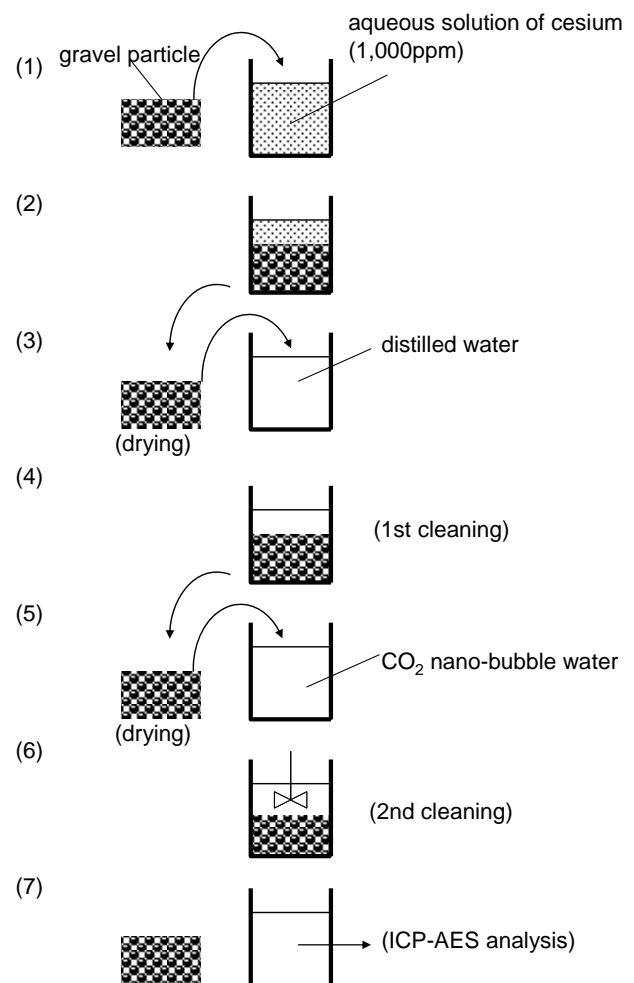


Fig.1 Process diagram of the cesium cleaning experiment using CO₂ nano-bubble water

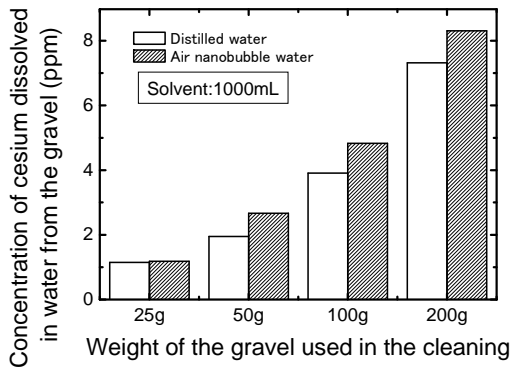


Fig.2 Relationship between the concentration of cesium dissolved in water from the gravel and the weight of the gravel

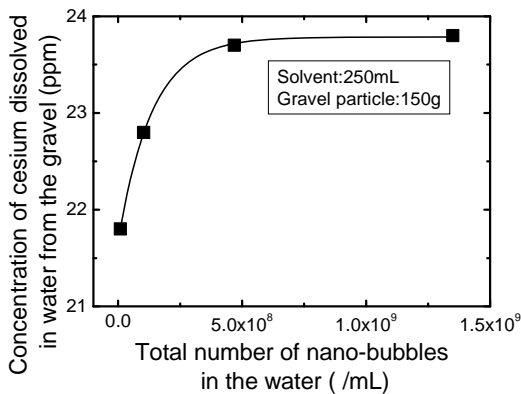


Fig.3 Relationship between the concentration of cesium dissolved in water from the gravel and number of air nano-bubbles in the water

3. 実験結果及び考察

3.1 礫重量と洗浄液の比率と洗浄効果

空気ナノバブル水及び比較用の蒸留水の体積を 1000ml とした場合に礫の重量を変化させてセシウム洗浄効果を調べた結果を Fig.2 に示す。礫の量に関わらず空気なバブルの方がセシウムの洗浄効果が 3~37% 高いことが確認された。

3.2 ナノバブル個数密度と洗浄効果

空気ナノバブルの個数密度とセシウムの洗浄効果との関係を調べた結果を Fig.3 に示す。ナノバブルの個数密度の増加と共にセシウムの洗浄効果は高まるものの、 5×10^8 個/ml 以上の個数密度では洗浄効果にも飽和現象が見られた。

3.3 空気ナノバブルと CO₂ ナノバブル

Fig.2 及び Fig.3 の結果より蒸留水に比べて空気ナノバブル水の方が安定的にセシウム洗浄効果が優れていることが確認できた。そこで更なる洗浄効果の向上を目指して CO₂ ナノバブルによる洗浄効果を検討した。蒸留水、空気ナノバブル水、CO₂ ナノバブル水の洗浄効果を比較した結果を Fig.4 に示す。空気ナノバブル水は蒸留水に比べて洗浄効果が 57% 向上するのにに対して、CO₂ ナノバブル水の場合には 90% も向上することが確認された。また、食品のセシウム洗浄の一例として野菜を対象物とした場合の効果について検討を行った。洗浄対象物をプチトマトとした場合の洗浄効果を Fig.5 に示す。空気ナノバブル水は蒸留水に比べて洗浄効果は 9% の向上にとどまるのにに対して、CO₂ ナノバブル水の場合には 31% も向上することが確認された。

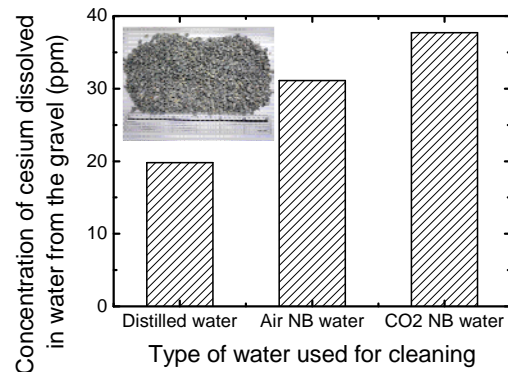


Fig.4 Relationship between the concentration of cesium dissolved in water from the gravel and type of water used for cleaning

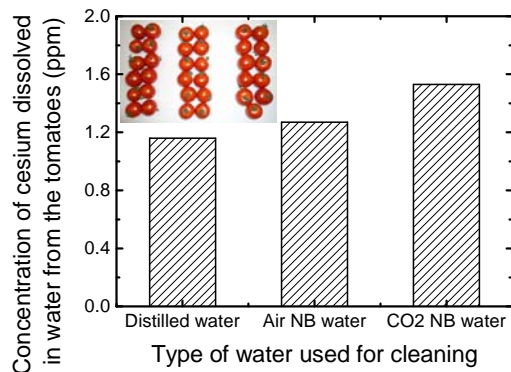


Fig.5 Relationship between the concentration of cesium dissolved in water from the tomatoes and type of water used for cleaning

蒸留水に比べて CO₂ ナノバブル水の洗浄効果が高い要因としては、ナノバブルの界面活性効果に加えて炭酸によるセシウムの抽出効果に加わった結果であると推察される。

4. 結言

礫を用いたセシウム洗浄の検討を行った結果、通常の水に比べて空気ナノバブル水は優れた洗浄効果を示したが、CO₂ ナノバブル水とすることで、洗浄効率をさらに向上することを確認した。また同様の傾向がトマトにおいても観察された。これはナノバブルによる界面活性効果と CO₂ による酸の効果によるものと推察される。これまでにも、土壌中のセシウムを酸水溶液中に抽出する技術が開発されているが、生成する塩の処理などが別途必要である。これに対して CO₂ ナノバブル水の炭酸は加熱により除去できるメリットがある。

参考文献

- [1] 上田義勝ほか, 第 191 回生存圏シンポジウム要旨集, pp. 13-28 (2012).
- [2] 柏雅一ほか, 日本混相流学会年会講演会 2011 講演論文集, pp. 428-429 (2011).
- [3] 前田重雄ほか, 日本混相流学会年会講演会 2011 講演論文集, pp. 430-431 (2011).
- [4] Maeda, S., et al., Proc. 1st Int. Symp. on Multiscale Multiphase Process Engineering, P-19-1, (2011).