



市販アルカリイオン整水器の放射性物質除去能力を初めて明らかに！

概要

九州大学大学院農学研究院の白畑實隆教授らの研究グループは、有害物質除去用マイクロカーボンカートリッジ及び電気分解ユニットを装備した家庭用のアルカリイオン整水器（※1）により、水道水中に存在する放射性セシウム及び放射性ヨウ素イオンを効率良く除去できることを、初めて明らかにしました。

また、電気分解ユニットによって生成する、アルカリイオン水に含まれる水素分子やミネラルナノ粒子の活性酸素種消去作用により、放射性核種の体内への取り込みによって起こる内部被曝からの防護も期待できます。試験されたアルカリイオン整水器は放射性核種に汚染された水道水及び食品に対して各家庭で利用できる放射線障害防護機器として有用であると考えられます。

本研究成果は、2014年7月16日（水）14時（米国東部時間）にPublic Library of Science社の米国科学雑誌『PLOS ONE』のオンライン版で公開されました。

背景

平成23年3月11日に発生した東日本大震災による福島第一原子力発電所の事故により、放射性物質や放射線量への関心が高まっています。

体内に取り込まれた放射性核種から放出される電離放射線は、体重の約70%を占める水分子に作用することによって水の放射線分解を引き起こすとされています。水の放射線分解は、過酸化水素（ H_2O_2 ）、ヒドロキシルラジカル（ $\cdot OH$ ）、スーパーオキシドアニオンラジカル（ $\cdot O_2^-$ ）およびその他の分子種を含む多様な活性酸素種（ROS）を産生します。これらのフリーラジカルは、生体高分子に酸化損傷を与え、最終的に細胞死やがんを誘発します。したがって、理想的な家庭用の放射線障害防止機器は、飲料水から放射性核種を除去するとともに、作製した飲料水の日常的な摂取によって体内に取り込んだ放射性核種による酸化障害の影響からも生体が保護されるという両方の機能を提供できることが望まれます。

市販のアルカリイオン整水器は2つの機能ユニット、すなわち、微生物や様々な有害物質除去のための浄水ユニットと内部被曝防護効果が期待できる電解還元水（ERW）製造ユニットを装備しているため、そのような要求を満たす可能性があると考えられます。しかし、アルカリイオン整水器が実際に汚染された水道水から放射性核種を除去する能力をもつかどうかについてはこれまで評価されていませんでした。本研究では、初めて市販アルカリイオン整水器の放射性物質除去能力を明らかにしました。

内容

<アルカリイオン整水器>

今回使用した機器は（株）日本トリム社製の水道蛇口直結型アルカリイオン整水器（トリムイオンNEO）です。この機器を用いた理由は、我が国においてもっとも普及している代表的な機種の一つであり、多くの学術論文により機器の性能と作製された電解還元水の性質が最も良く解明されていると考えられたためです。

本アルカリイオン整水器は、マイクロカーボン浄水カートリッジユニットと電解ユニットの2つのユニットで構成されています。水道水は浄水カートリッジユニットへ流入し、水道水中の粗粒子を除去する不織布を通過します。こうして予備処理された水道水は、活性炭粉末及び陽イオン交換剤の混合層へ流入し、溶解鉛及びトリハロメタンなどの13種の化学物質が除去されます。また、 $1.0\ \mu m$ より大きい微生物及び鉄さび粒子のような残留不純物も当該カートリッジによって除去されます。浄化された水道水は半透膜によって分離されている5枚の白金（Pt）被覆チタン電極板で構成される電解ユニットへ流入し、電極板の間隙を通過する間に電気分解されます。電気分解の程度は4段階の選択が可能で、レベル1から4の順に強くなります。陰極近傍で電気分解された水道水は、高pH（pH 9~10）、低溶存酸素、高い負の酸化還元電位および高濃度の溶存水素（0.4~0.9 ppm）値を示します。この方法で生産される上記の特徴を持つ水は、アルカリイオン水、電解還元水（ERW）または電解水素水と呼称されます。

＜濾過水中の $^{137}\text{CsCl}$ 及び Na^{125}I の除去効率＞

試験装置が効率的に Cs 及び I イオンを除去することを非放射性セシウム及びヨウ素イオンを用いて確認した後、 $^{137}\text{CsCl}$ 及び Na^{125}I を用いて除去能を検討しました。30 Bq/kg (※2) (Cs イオンとして 0.0067 ppb 含有)、300 Bq/kg (Cs イオンとして 0.0642 ppb 含有)、3,000 Bq/kg (Cs イオンとして 0.636 ppb 含有) 及び 15,000 Bq/kg (Cs イオンとして 3.16 ppb 含有) の $^{137}\text{CsCl}$ を含む水道水を試験装置に装備されたマイクロカーボンカートリッジに通し、通過液の放射能を測定しました (図 1 A)。濾過後の $^{137}\text{CsCl}$ 溶液の放射能は有意に減少し、その除去率は、15,000 Bq/kg の $^{137}\text{CsCl}$ 溶液を添加した場合でさえも (表 1)、96.9%でした。

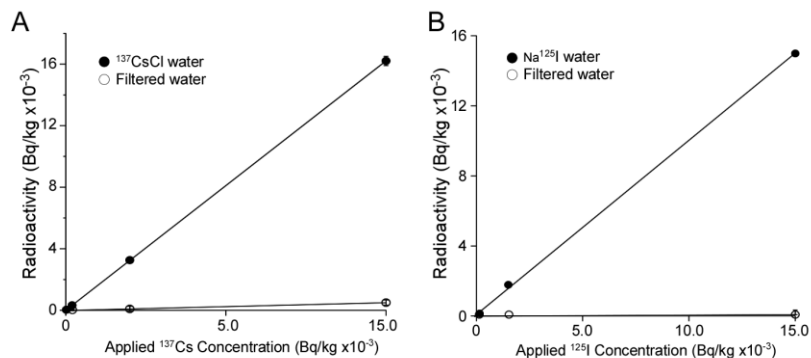


図 1. アルカリイオン整水器による水道水中の ^{137}Cs (A)及び ^{125}I (B)の放射能除去効率

試験装置に 0 Bq/kg、0.03 Bq/kg、0.3 Bq/kg、3 Bq/kg 及び 15 KBq/kg の濃度の $^{137}\text{CsCl}$ 溶液または 0 Bq/kg、0.15 Bq/kg、1.5 Bq/kg 及び 15 KBq/kg 濃度の Na^{125}I を含む水道水を通水した。アルカリイオン整水器通過前 (●) と通過後 (○) の放射能レベル。

表 1. Cs イオンおよび ^{137}Cs の除去効率(%)

測定量 (添加量)		除去効率 (%)	減少度
Cs イオン(ppb)	^{137}Cs (Bq/kg)		
1976.47 (2000)	0	58.2	1/2.4
20.55 (20)	0	87.4	1/13
#3.1600	16212.0 (15000)	96.9	1/32
#0.6360	3262.0 (3000)	96.9	1/32
#0.0642	329.0 (300)	99.2 以上*	1/125 以下*
#0.0067	34.9 (30)	92.5 以上*	1/13 以下*

使用した放射性セシウムの比放射能は $^{137}\text{CsCl}$ [0.2021 MBq/g]であり、非放射性セシウムをキャリアとして添加しています。除去率(%)=(1-[A]/[B]) x 100。[A], [B]: 濾過後そして濾過前の Cs および ^{137}Cs の濃度。各溶液は濾過水で電気分解はしていません。*:検出限界以下の[A]値。#: 添加した放射活性から計算した同等の ppb 値。括弧の中の値は、作成後と添加したセシウムの量または放射能値です。

Na^{125}I の除去能を評価するために、同様に、150 Bq/kg (I イオンとして 0.000196 ppt 含有)、1,500 Bq/kg (I イオンとして 0.00351ppt 含有) 及び 15,000 Bq/kg (I イオンとして 0.0197 ppt 含有) Bq/kg の Na^{125}I を含んでいる水道水をマイクロカーボンカートリッジに通した浄水の放射能は有意に減少し (図 1 B)、その除去率は 99%以上でした (表 2)。このように、マイクロカーボンカートリッジは、15,000 Bq/kg までの Na^{125}I の放射能を効率的に除去することが実証されました。

表 2. I と ¹²⁵I イオンの除去効率

測定量(添加量)		除去効率 (%)	減少度
I イオン(ppb)	¹²⁵ I (Bq/kg)		
3891.0 (4000)	0	84.6	1/6.5
130.0 (100)	0	91.7	1/12
#0.0000197	14993.0 (15000)	99.4	1/167
#0.00000351	1788.0 (1500)	99.3	1/143
#0.000000196	146.3 (150)	99.5 以上*	1/200 以下*

使用した放射性ヨウ素の比放射能は Na¹²⁵I[12.950 TBq/g]であり、キャリアとしての非放射性ヨウ素は添加していません。除去率(%)=(1-[A]/[B]) x 100。[A], [B]: 濾過後と濾過前の I と ¹²⁵I 溶液の濃度。各溶液は濾過水で電気分解はしていません。*:検出限界以下の[A]値。#: 添加した放射活性から計算した同等の ppb 値。括弧の中の値は、作成後と添加したヨウ素の量または放射能値です。

平成 24 年 4 月に見直された、日本の新しい安全基準値は、飲料水の場合 10 ベクレル(Bq)/kg 以下ですが、300 Bq/kg のセシウム-137 (¹³⁷Cs) あるいは 150 Bq/kg のヨウ素-125 (¹²⁵I) イオンのいずれかを含む水道水をマイクロカーボンカートリッジで処理することにより、放射能レベルは検出限界以下まで減少しました (除去効率はそれぞれ 99.2%及び 99.5%以上)。使用した機器は極めて広い濃度範囲でセシウム及びヨウ素イオンを効率良く除去しました。

< ¹³⁷Cs 及び ¹²⁵I の除去率に及ぼす電気分解の影響 >

上記の実験に加えて、¹³⁷Cs 及び ¹²⁵I 除去効率に及ぼす電気分解の影響を評価しました。マイクロカーボンカートリッジを通過した浄水を最高レベル 4 で強く電気分解しました。この実験では、国によって指定されている飲料水中の放射能の許容上限値である 10 Bq/kg の 30 倍となる 300 Bq/kg の ¹³⁷Cs 水を用いました。これらの条件下で、ERW における放射能活性は、検出限界以下でした。同様に、我々は、最高レベル 4 で ¹²⁵I の除去能を評価しました。この場合、我々は、昭和 22 年に厚生労働省によって設定された 1 歳以下の乳児用の水の ¹³¹I の上限値濃度である 100 Bq/L より 1.5 倍多い 150 Bq/kg を用いました。残存する ERW 中の放射性ヨウ素のレベルは検出限界以下でした。したがって、得られた結果から、使用したカートリッジが電気分解の前に実質的に ¹³⁷Cs 及び ¹²⁵I のほとんどを水道水から除去したために、最も高い電解レベル 4 で作製された ERW においても、放射能の検出が不可能な低レベルまで放射性物質が除去されていることが示唆されました。

■効果・今後の展開

本研究成果は、水道水中に含まれる放射性セシウムおよびヨウ素がマイクロカーボンカートリッジフィルターを装備した市販アルカリイオン整水器によって効率的に除去できることを初めて明らかにしました。マイクロカーボンカートリッジは 10¹⁰ (100 億) 倍の広範囲の濃度にわたって、セシウムやヨウ素イオンを除去することができました。低濃度では 1 回の処理につき、数十分の 1 から百分の 1 以下に低減できました。

また、アルカリイオン整水器によって産生される ERW は活性酸素消去能を示す溶存水素および白金ナノ粒子を含むために、体内に取り込まれた放射性核種に対して防護効果を示すことが推測されます。

従って、試験したアルカリイオン整水器は、放射性物質により汚染された水道水及び汚染食品によって引き起こされる放射線障害を極力少なくするための家庭での防護機器として利用できる可能性があります。使用した機器は陽イオンであるセシウムイオン及び陰イオンであるヨウ素イオンのいずれも効率良く除去できたことから、ストロンチウムイオンなど他の放射性核種も除去できる可能性が考えられます。また、福島第一原子力発電所の事故に伴い発生した大量の放射能汚染水の処理へのこの浄化技術の応用も期待されます。

【用語解説】

※1 アルカリイオン整水器：

昭和 20 年以来、主として我が国において開発研究が続けられている機器。昭和 41 年に厚生省（当時）はアルカリイオン水整水器を医療用電解水製造装置として薬事認可し、アルカリイオン水（電解還元水または電解水素水）は消化不良、胃酸過多、制酸、慢性下痢、胃腸内異常発酵について効果効能を持つことを認可した。平成 7 年にアルカリイオン整水器検討委員会が科学的再検証を開始し、平成 11 年にはアルカリイオン水の品質・有効性・安全性が確認され、平成 17 年の改正薬事法で再度胃腸症状の改善に有効な飲用水を供給する家庭用医療用機器として認可された。アルカリイオン水はその物性や機能により電解還元水、電解水素水、電解陰極水など異なる名称で呼ばれることがある。

※2 ベクレル：

放射能の単位。放射性物質が 1 秒間に崩壊する原子の個数（放射能）を表す。

■発表論文

Takeki Hamasaki, Noboru Nakamichi, Kiichiro Teruya, Sanetaka Shirahata : **Removal Efficiency of Radioactive Cesium and Iodine Ions by a Flow-Type Apparatus Designed for Electrochemically Reduced Water Production.** PLoS ONE 9(7): e102218. doi:10.1371/journal.pone.0102218

【お問い合わせ】

九州大学大学院農学研究院 生命機能科学部門
教授 白畑 實隆（しらはた さねたか）

電話：092-642-3045

FAX：092-642-3052

Mail：sirahata@grt.kyushu-u.ac.jp

または

九州大学大学院農学研究院 生命機能科学部門
特任助教 濱崎 武記（はまさき たけき）

電話：092-642-3046

FAX：092-642-3047

Mail：takeki@agr.kyushu-u.ac.jp