

ifia
JAPAN
International
Food Ingredients
& Additives
Exhibition
and Conference

食品のおいしさと
安心を科学する
技術情報誌

月刊

フード ケミカル

A Technical Journal on Food Chemistry & Chemicals.

2014-10 vol.354

特集

食品化学新聞社 創立50周年記念
—食品加工技術のこれまでと今後—

寄稿

食品加工技術の分岐点

座談会

行政と協会からみた
食品添加物業界 発展の歴史

インタビュー集

これからの食品加工技術に向けて

最新技術情報

米 偉大なる健康食品
伊藤 汎



おかげさまで

5th Anniversary
Since 1964

食品化学新聞社
FOOD CHEMICALS NEWSPAPER

浄水における緩速ろ過の有用性



小関正道 Masamichi Koseki

東京家政大学 短期大学部栄養科長・教授

こせき・まさみち

- 略歴 京都大学農学部食品工学科卒業、京都大学農学博士。東京都立衛生研究所、山脇学園短期大学主任教授を経て現職
- 著書 「新版マスター食品学Ⅰ」(建帛社, 2014年) 「マスター食品学Ⅱ」(建帛社, 2012年)

1. 緩速ろ過浄水法にみる温故知新

良質な湧水は雨水などが地表の生物による作用を受けた後、自然にろ過され地下に浸透後涌出した水である。緩速ろ過浄水法はこれと同じ仕組みで、ろ過層表面に生育した多種類の生物による複合作用と砂層ろ過により、原水中の有機物、有害生物、鉄、マンガンなどが除去され、手間をかけずにおいしい飲料水ができる浄水法である。一方、戦後急速に日本に広まった急速ろ過浄水法は、原水に凝集剤を加え攪拌し、濁りを凝集沈殿させた後、短時間砂層ろ過するだけの方法で、急速ろ過だけでは原水中の有機物、有害生物、鉄、マンガンなどは除去されない。このように緩速ろ過浄水法は自然現象と同じ方法であるが、新たに普及した急速ろ過浄水法より良質な水を作ることができる、まさに温故知新である。

2. 緩速ろ過と急速ろ過の比較

表1と図1は緩速ろ過と急速ろ過の比較である。緩速ろ過は急速ろ過と比べ広い面積が必要で、処理水量が少ないなどの点で劣ると

表2 緩速・急速ろ過法の水質改善効果の比較

対象物質	緩速ろ過法	急速ろ過法
濁度	◎	◎
油度	◎	◎
色度	◎	◎
細菌	◎	◎
NH ₄ -N	◎	×
臭気	◎	×
マンガン	◎	◎
トリハロメタン原因物質	◎	◎
過マンガン酸カリ消費量	◎	◎
ABS (LAS)	◎	×
藻類プランクトン	◎	50~30%
小動物	◎	◎

注：◎：極めて効果的，○：効果的，×：効果なし
(緩速も急速も特殊処理を含まない)

環境科学年報 - 信州大学 - 第16巻, 1994

表1 緩速ろ過と急速ろ過の比較

項目	緩速ろ過	急速ろ過
開発・発祥	イギリス (1808年)	アメリカ (1884年)
ろ過速度	4~5 m/日	120~150 m/日
ろ過機構	生物膜ろ過	ふるい分け, 付着作用
除去物質	懸濁物質, 細菌, ウィルス, 有機物, 臭気, アンモニア態窒素など	懸濁物質などわずか
コスト	低い	高い
ろ層厚	80cm前後	60cm前後
操作	管理が容易	専門技術が必要
特徴	広い用地が必要 原水濁度10度程度までが処理可能	初めに凝集沈殿処理が必要

日本水道協会 www.jwwa.or.jp/upload_file_20130711001.ppt より引用

されているが、操作に専門技術が不要でコストが低く、表2に示すように水質が極めて良好で、急速ろ過より優れた方法である。しかし日本では都市化の進展と共に、広い敷地面積が必要とされた緩速ろ過浄水場が廃止され、急速ろ過浄水場に切り替わってきた。東京都水道局では10浄水場のうち、緩速ろ過浄水場は境浄水場のみであるが、ロンドンでは現在でもすべての浄水場が緩速ろ過方式である。

3. 緩速ろ過浄水の有用性が示された例

ドイツ・エルベ川の水を水道原水として使用していたハンブルクと隣のアルトナで、1892年夏にコレラが発生した際の状況はハンブルクの患者数は多く、アルトナの患者はハンブルクに行き水道水を飲んだ人だけであった。アルトナの水道水は緩速ろ過処理であったが、ハンブルクでは緩速ろ過浄水場が未整備であった。これは緩速ろ過処理の有用性が明確に証明された歴史上有名な出来事であった。

急速ろ過後の水道水を原因とするクリプトスポリジウムの大規模集団感染例が日米で報告された。1993年米国ミルウォーキーで40万人が、1996年埼玉県越生町で8800人が発症した事例である。しかしニューヨーク州に新設された緩速ろ過浄水場では、水源池の周囲でクリプト原虫の排出源である牛を飼育している。これは緩速ろ過がクリプト原虫を除去できるということを、その後の浄水場関係者が

認識するようになったからである。

キリンビール高崎工場（1965～2000年）では、ビール醸造に高崎市若田緩速ろ過浄水場の水を使用していた。浄水場で濁り除去のため急速ろ過用の凝集剤を使用して給水すると、キリンビールでは水質が悪化したことが分かり、醸造用水として使用しなかった。このように凝集剤を使用しない緩速ろ過水の水質と、それを使用する急速ろ過水の水質の優劣の差は、食品会社が判断できるほどははっきりしたものである。食品製造用水として使用する水は緩速ろ過水が優っており、飲料水としても同様であることは言うまでもない。

4. 緩速ろ過は小規模浄水にも対応できる

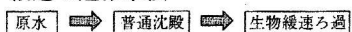
1)日本にも水道水がない地域がある

人口220人程度の大分県豊後高田市黒土地区は、良質な水源確保が難しく水道が設置されていない地域であった。「NPOおおいの水と生活を考える会」は、鉄・マンガンが多く含まれているこの地区の井戸原水の処理に適した小型FRP製緩速ろ過/生物浄化ユニットなどを考案し、小規模集落でも緩速ろ過法によれば水道設備が建設できることを示した。

2)途上国支援

緩速ろ過は英国で生まれた方式であるが、中本らは研究の結果、浄化の主役が生物群集なので、暖かい国に向いている生物浄化法であると認識した。そこで国際協力機構(JICA)は中本の協力を得て、開発途上国支援事業であるアジア南太平洋の水道従事者の緩速ろ過浄水法の研修を、宮古島で10年以上続けている。JICAではマルチメディア教材「緩速ろ過法～安全でおいしい水を求めて～」も作成し、途上国支援を続けている。また、ヤマハではインドネシアの従業員用に緩速ろ過装置を造って以来、緩速ろ過浄水システム一式を

緩速ろ過浄水法



急速ろ過浄水法

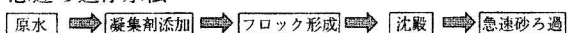
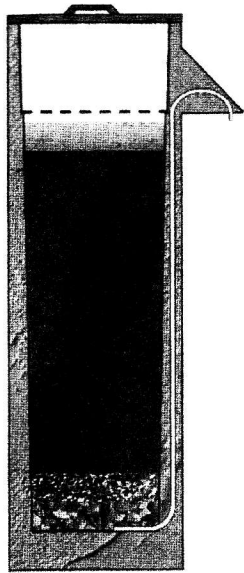


図1 緩速ろ過法と急速ろ過法



Recent advances in household biosand filter design
Dr. T.K.K. Ngai, and D.L. Baker
http://5ssabc.jp/doc/Abstracts_H260611.pdfより引用

図2 家庭用バイオサンド・フィルター

開発し、JICAなどの公的機関と連携して途上国への設置を推進している。

3) バイオサンド・フィルター

緩速ろ過の原理を利用した家庭用バイオサンド・フィルター (BSF) が実用化され、途上国で使用されている。BSFの大腸菌除去率は90%、濁度除去率は66%であることが、今年の第5回緩速・生物ろ過国際会議で報告された。

5. 緩速ろ過による硬度低減化処理

エビアン、コントレックスなど硬度が高いミネラルウォーターがあるのと同じように、硬度が高い地下水を水道原水として利用しなければならない地域がある。緩速ろ過や急速ろ過など通常の浄水処理では硬度の低減

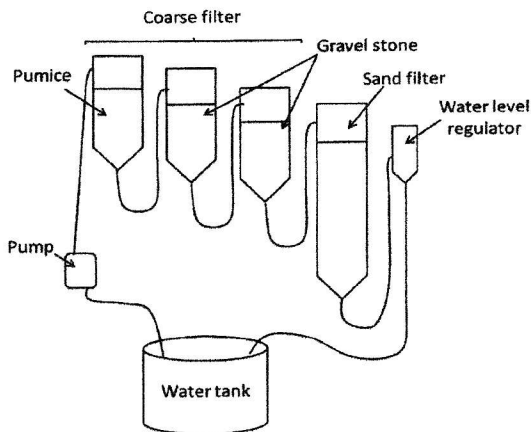


図3 硬度低減化実験装置

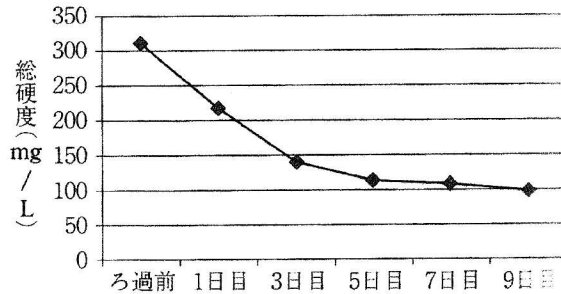
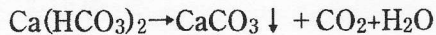
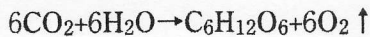


図4 エビアンの硬度低下 (粗ろ過+砂ろ過)

化は難しく、水酸化ナトリウムを用いた硬度低減化施設を設置して、硬度低減化後に水道水を給水している。このような方法では緩速ろ過処理でも恒常的に薬品を使用することになり、コスト面ばかりではなく、薬品を使用せずにおいしく安全な水を造るという、緩速ろ過浄水法のメリットが低下する。そこで著者らは生物処理による硬度低減化法を検討した。

実験装置は図3に示すもので、2Lペットボトル3本には小石、別のペットボトル2本を縦に連結したものは緩速ろ過用砂を入れ、装置内に緑色の藻が生えるまで井戸水を流して緩速生物ろ過装置を造った。この装置にエビアン (硬度約300) を流し硬度の低減化を試みたところ、図4に示すように日数はかかっているが硬度を低減することができた。エビアンの一時硬度 (重炭酸塩: 煮沸により沈殿する)、永久硬度 (硫酸塩や塩化物等: 煮沸しても沈殿しない) を測定したところ、緩速ろ過により低下した硬度成分は一時硬度であり、その全量が低下したことが分かった。また、永久硬度成分である硫酸カルシウムや塩化カルシウムで硬度約300の水溶液を作製し、同じ装置で緩速ろ過実験を行ったが、硬度は低下しなかった。このことから硬度低下のメカニズムは、藻類の光合成に必要なCO₂をエビアン中の一時硬度成分 (重炭酸塩) から次

式のように補ったものと考えられる。



実際の高硬度浄水場原水を宮古島の浄水場から取り寄せ、同装置により硬度低下実験を行っているが、ほぼエビアン同様の結果が得られており、浄水場における実用化レベルの研究段階になってきた。

6. 緩速ろ過浄水の食品への適用

地下水をミネラルウォーターや食品製造用水に用いる場合、膜ろ過後に使用していることがある。地下水の水質や使用量にもよるが、膜ろ過に替えて緩速ろ過水を使用する、または膜ろ過前に緩速ろ過により水質を改善しておくことは有効と思われる。緩速ろ過/生物浄化装置は、各浄化水量レベルのものが考案されており、膜ろ過のコストよりかなり低く、コスト面からも優位になる。

また、衛生上問題がない場合は地下水をそのまま使用することがあるが、緩速ろ過を用いることにより味の改善効果が期待できることもある。膜ろ過により水のおいしさ成分が除去される場合にも、緩速ろ過に替えることは有効である。アジア地域などの水道水には、浄水後給水しても蛇口から出てくる水が食中毒菌やノロウイルス等で汚染されている場合がある。この場合、家庭レベルの使用量ならば、性能の良いバイオサンド・フィルターや小型FRP製緩速ろ過/生物浄化ユニットを用いて、蛇口から出た水を再浄水することが有効である。また、大量の水道水を使用する食品工場では、大型の緩速ろ過/生物浄化ユニットなどを用いることが一層有効であり、アジア地域にこのような装置を導入するべく、著者らは東京海洋大学と共同研究を開始した。

7. 緩速ろ過浄水法のさらなる可能性

安全な水道水がいつでも使える生活の中では水のありがた味は感じない。東京23区内にも井戸水を汲み出せるところは少なくないが、飲用不適のところが多い。また川の水は23区外でも、そのまま飲めるようなところはほとんどない。そこで非常時に備えて、あるいはいつでもおいしい自然な水が飲めるように、緩速ろ過設備を設置してこのような水源から通水し、常に装置を稼働し浄水を造っておけば安心である。小規模緩速ろ過装置は安価に造ることができ、水の流れがあれば、エネルギーなしで水を浄化し飲料水を造れる。このような設備を公園や学校などに設置して、きれいな湧水が自然に出てくるような感じに造っておけば、うるおいのある街作りにも貢献し一石二鳥である。緩速ろ過浄水法の理解が広まり、多くの人々が利用法を考え、安価・安全でおいしい水が身近に飲めるような時代が来ることを期待したい。

参 照 文 献

1. 中本信忠：『生でおいしい水道水』，築地書館（2002）
2. 中本信忠：『おいしい水のつくり方』，築地書館（2005）
3. Progress in Slow Sand and Alternative Biofiltration Processes Further Developments and Applications Nobutada Nakamoto, Nigel Graham, M. Robin Collins and Rolf Gimbel 2014 IWA