

国際山岳連合医療部会 (UIAA MedCom) 公認基準

(その6)

山中における水の消毒

医師、関心ある一般人およびトレッキング/遠征管理者向けに
2008年

訳：夏井正明
平成21年6月11日

OFFICIAL STANDARDS OF THE UIAA MEDICAL COMMISSION

VOL: 6

Water Disinfection in the Mountains

Th. Küpper, V. Schoeffl, J. Milledge
2008

はじめに

旅行者下痢症は、おそらく旅行者が罹る最も一般的で重要な健康上の課題である。この症候群は発展途上地域を旅行する人の20~70%に見られ、罹患者の行動にかなりの支障をきたし、およそ40%の人は旅程を変える結果となる。旅行者下痢症の危険因子としては、飲料水よりは汚染された食物の方がより重要ではあるが、安全な飲料水が手に入るかどうか、またそれをどのように入手するかという知識は、世界中の登山者が（高所での）脱水症状を緩和し、行動の支えとなりそして危険因子（例えば凍傷、高所障害）を最小にするために絶対に必要なことである。ほとんどの場合登山者は自分自身で水の安全性に注意を払わなければならない。というのは、安全な水資源の確保に重点を置いている生活共同体というものはあまり多くないからである。この国際山岳連合医療部会の公認基準は、登山者に対し、特に山中や高所であるという状況に鑑み、いくつかの手法の利点と欠点をまとめ、環境をできるだけ痛めないよう配慮しながら、安全な水を用意する方法を助言しようとするものである。

定義

- 「安全な水」とは、それが完全に無菌だという意味ではない。病原体の濃度が非常に低くて、人への健康障害（感染）は予想されない程度であれば、水は安全である（=飲んで構わない）。
- 「消毒（殺菌）」とは、感染症を発症させる病原体を殺すか能力を失わせることである。
 - 「正式法」は安全であると認められる水を提供する水の消毒方法。
 - 「急場凌ぎ法」では安全な水を提供できないが、何らかの理由により正式法が利用できないならば、この方法を使うべきだ、というもの。
- 「滅菌」とは、すべての病原体が除かれたことを意味する。
- 「保存」（=貯蔵）とは、もとは「安全」であっても傷みやすい製品が、微生物によって被害を受ける、例えば水の再汚染のようになるのを避ける手順の説明（記述）。（要するに、腐り易い食物を腐りにくくする方法）

水由来感染症を避けるための原則

- 水、飲料、食物、または人の排泄物を扱うには、どんな場合でも、清潔こそが「最優先課題」である！
 - 水、飲料または食品用の容器を他の物（材料）を入れる容器として使ってはならない！例えば、飲料用ビンに入っていた燃料を飲んで、重篤な中毒を起こした例が報告されている。
 - 食物、水ないし他の飲料に触れる可能性があるあらゆる器具は、きれいであればならない！水、飲料または食物を取り扱う前に、まず自分の指を洗うこと！
 - 人の排泄物は、表流水の更なる汚染を避けるために、どんな水源でも、そこから少なくとも 30m 離して埋める必要がある。
- 第一に、安全（処理済）水の使用量は必要最小限に留めること！
 - 例えば、器具、ひどく汚れた手、などを洗う場合は、未処理水でざっと洗ってから、最後に安全水で仕上げる。
 - それでも、1人あたり1日 4~5 リットルの安全な飲料水が必要であると、見込んでおくべきである。
- 水の消毒方法が何種類も使えるならば、常に最も安全な方法を使うこと！
 - 「正式法」として以下に述べる方法がお奨め。
 - 正式法が何らかの理由で実行できない場合にのみ、「急場凌ぎ法」（下記参照）を使う。これらの方法は安全な水の提供にはならないが、かなり細菌の濃度（量）を減らすので、これらは統計的に水由来感染症の危険（リスク）を減らす。
- 水の消毒をする人の前提条件：
 - 消毒手技の実施ならびに消毒方法の選択は、訓練を受けた人だけが行うべきである。不適任な人による水の消毒の結果、重篤な問題（集団感染）が報告されている！
 - 個人が、自己責任において各自の飲料水を消毒する、という場合は、その前に、そのグループの全員に対し、経験豊かな監督のもとで、講習会を実施しておくべきである。

水の正式消毒法

山の中で、絶対大丈夫、という消毒法はない。使用法それぞれの長所・短所についての知識は必須である。適切な水源保護が行われているごくわずかな地域（例えば北ヨーロッパや大量の湧水から直

接採取した水)がある一方で、世界の大部分の地域では若干の消毒の手続きを要する。登山計画、消毒した水を数日貯える必要がある場合は、その保存法は消毒方法に準じる(下記参照)。

• 煮沸

- **原則**：高所では、水の沸騰温度は 100°Cにならないが、沸騰させればA型肝炎ウイルス以外のすべての消化管性病原体は死滅するので、それは安全水といえる。(高所でのA型肝炎感染は非常に希である。けれども、旅行者は、A型肝炎に対する予防接種を受けておくべきである)。
- **手順**：沸騰して泡が立ってきても、なお暫く(もう1分くらい)待つこと。
- **利点**：方法簡単、失敗は(ほとんど)ない。
- **欠点**：1リットルの水を沸騰させるのに、薪1kgの燃料と時間を消費する。燃料は山へ運び上げるか、山から採取しなければならず、それは森林破壊につながる。だから、水がいくらかでも利用できる状況下であっても、他の手段を選択した方がよい。
- **補足意見**：手順の安全性を最適にするため、すべての消費者(旅行者)は、A型肝炎の予防接種を受けておくべきである。

• 化学的消毒

- **原則**：化学薬品は細菌を殺す。市販されている殺菌剤の中で、旅行者にとって最も重要な薬品は、次亜塩素酸ナトリウムまたは次亜塩素酸カルシウムである。純ヨウ素またはヨウ素を含有する物質は、副作用のおそれがあるので使ってはならない。
- **手順**：水には、十分量の殺菌剤を加えるべし。殺菌剤を中で均等にするため、よく振ること。説明書の指示に従って、適当な殺菌時間を置くこと。注意深く水を温める(25~30°Cくらい)と、消毒に必要な時間が短くなる(10°Cごとの上昇で時間が半分)。
- **利点**：水と殺菌剤さえあれば、いつでも何処でも実施できる。薪は要らないから、森林破壊に寄与しない。
- **欠点**：時間がかかり、いささか頼りない。いくつか失敗する可能性がある。例えば
 - 純塩素(またはヨウ素)は、ジラルディア、シクロスポア、クリプトスポリジウム、ならびにいくつかの寄生虫の卵と幼虫、には十分な殺菌剤ではない。
 - 冷水を消毒する場合には、殺菌時間を増やさなければならない。例えば+2~5°Cの水なら4倍の時間をかける。そうする代わりに殺菌剤の濃度を増やすという方法もあるが、これは水の味をそこなう。
 - 有機体物質(例えば小さな湖の水藻)を含んでいる水に使うならば、殺菌剤の使用量は増やさなければならない(2倍とかに)。一般に信じられていることは反対に、純銀イオンは十分に水を消毒しないが、最高6ヵ月間水をきれいな状態に保つ。注意：あまり高い濃度になるとアルミニウム容器に点状腐食が起きる。
- **補足意見**：化学的消毒(特に冷たい状態あるいは有機体物質に対処するのに高濃度で用いるならば)によってそこなわれる味覚は、消毒が完了したあとで、1リットルにつきビタミンC粉末一つまみを加えることによって中和することができる。

• 濾過

- **原則**：病原体は、それよりサイズが小さい細孔のフィルターとか、細菌の表面とフィルター材料との間の疎水性とか静電的な相互作用を利用するなど、いくつかの効果を組み合わせるによって、取り除かれる。小さな粒子(例えばウイルス)は凝集形成により部分的に取り除かれる。
- **手順**：水はどんな材料であれ、0.2µm ないしそれ以下のサイズの細孔を通り抜ける。

- **利点**：訓練を受けた人なら比較的簡単な手順であるが、器材は注意して取り扱わなくてはならない（陶製材は壊れることがある）！大量の水（より多数の集団のために）でも、それ相応のサイズのフィルターを使うことで、簡単に処理できる。
- **欠点**：陶製フィルターは、製品設計に依存する利点と欠点を持ったハイテク製品である。したがって、使われているフィルタタイプについての詳細な知識は、どんなユーザーにも「必須」である。フィルター単一の消毒法では、ウイルスは完全に取り除けないので、安全な水は造れない。だから、化学的消毒法と併用して、互いに欠点をカバーしあうようにすることである。目詰まりはしょっちゅう起きる。でも、それを濾過しようとして圧力を加えてはならない！それはフィルターから病原体を押し出し、汚染された水が出てくることになる。そうしないで、陶器の表面をきれいにするのである！これはこの仕組みがよくわかっている人だけが実行すること。濾過装置がフィルターシステムの「安全な側」がきれいだと確信できたあとで、濾過されて出てきた最初のカップ1杯の水は捨てる、ということを忘れてはいけない。
- **補足意見**：簡単なコーヒーフィルターは、いくつかの寄生虫の卵と幼虫を除くことができる。したがって、微生物を不活性化するのはないコーヒーフィルターと、バクテリアやウイルスを不活性化する塩素の組み合わせは、山で安全な水を造りだすとても実用的な方法である。濾過される水がよりきれいであるほど、陶製フィルター表面を掃除する回数が減って、より長く使うことができる。澄んだ水が利用できないならば、水を濾過する前に大部分のゴミを安定（沈殿）させるためにバケツを「そっとしておく」ことは役に立つ。炭を含まないフィルターシステムは、溶けた物質を除去しない。
(炭を入れた装置でさえ効果は疑わしく、利用できるデータはない。) 山に登る途中に得られる水は、工業（山中の古い鉱山）や、農業（農薬）によって汚染されているかもしれないと考えて、避けるのが賢明である！

急場凌ぎの水の消毒

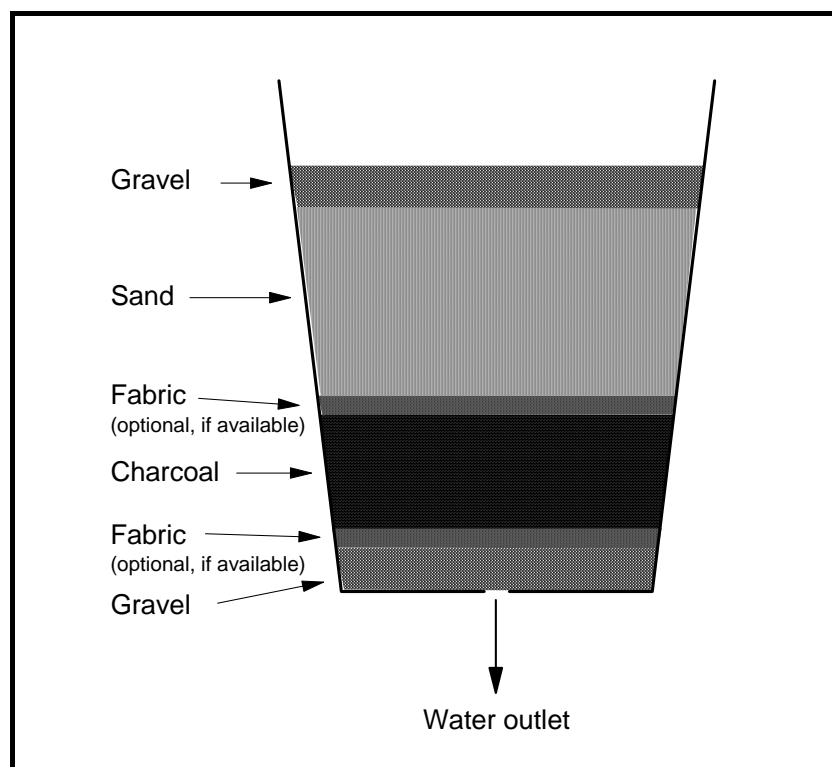
登山者や歩行旅行者は、殺菌剤の品切れ、陶製フィルターの破損といった事態に直面するかもしれない。そういう場合には、状況が許す限り最善の水の消毒法で間に合わせる必要がある。急場凌ぎのどんな方法でも、あくまで正規法が利用できない（「緊急事態」）場合に限る。これらの方法では安全な水を造れないことを指摘しなければならないが、細菌の数を減少させることによって、水由来感染症の危険性はかなり減少する。

● 砂

- **原則**：この単純な濾過方法は、ジラルディア嚢胞またはいくつかの寄生虫（蠕虫）の卵や幼虫のような大きな微生物を効果的に取り除く。それはコレラ菌にも対しても（比較的）同様の効果があるようである。というのは、この菌は有機体物質と共に塊になって濾過されにくくなる傾向があるからである。
- **手順**：細かい砂でいっぱいにした容器（プラスチックバッグ、バケツ…）に、非常に小さな穴（直径 4~5mm）を開ける。砂は細かければ細かいほど、穴は小さければ小さいほど、流量は少なくなるが、濾過効果はより高くなる。
- **利点**：とにかく簡単・安易な方法なのに、より大量の水が処理できる（例えば集団のため）。
- **欠点**：しかし、この純粋な砂濾過法は、いくつか不安定要因があるため、サバイバル方法としての全面的な効果は得られず、下記の炭濾過法に比べ、効果はより小さい。
- **補足意見**：より細かい砂、より小さな穴、少しずつの流下は、濾過効果がより高くなる。以下に記す他のどの方法でも同様であるが、できれば、砂濾過は化学的消毒と併用すべきである。

● 炭

- **原則**：「砂」の項を参照。炭が砂より優る点：炭の持つ表面吸着効果により、化学汚染物質、細菌、そしてウイルス（効果はより少ないが）を減少させる。
- **手順**：容器（ビニール袋、バケツ…）いっぱい、薪を燃やしたあとに得られる消し炭を細かく砕いて満たす。容器の底に開けた小さい穴（直径およそ 4-5mm）から、炭の吸着効果によって漉し出された水が出てくる。穴がより小さく、よりゆっくりと流下すれば、濾過効果はより高くなる。
- **利点**：単純で簡単な方法で、（例えば集団用に）より大量の水を使うことができる。
- **欠点**：単独砂濾過法でも述べたように、炭濾過法によって全面的な効果が得られるわけではない。
- **補足意見**：この場合、容器に炭だけ満たしたのでは、炭は水に浮いて濾過が上手くゆかない。まず炭を置き、その上に細かい砂と小石の層を置いて炭を沈める。（下記、砂—炭濾過法参照）この方法の安全性を最高に保つには、炭は4日ごとに換えるのがよい。
-
- **砂-炭-濾過の最適化**
 - **原則**：砂濾過法と炭濾過法の組み合わせ
 - **手順**：いくつかの層で濾過効果を重ね合わせ、炭が浮かび上がるのを防ぐ。システムは図1に示す。
 - **利点**：砂単独または炭単独濾過法に比し、組み合わせること有効性と安全性が高まる。単純で簡単な方法により、（例えば集団用に）大量の水を使うことができる。
 - **欠点**：上記したように、全面的な効果が得られるわけではない。
 - **補足意見**：このシステムは、例えば、泥水を正式消毒法たる陶製フィルター法（上記参照）を使って消毒するような場合、これをプレフィルタリング（前処理濾過）として使えば、フィルター内面が泥で詰まってすぐだめになるのを防ぐことができる。炭単独濾過法の項で述べたように、この装置は、濾過工程をできるだけ安全に保つために、4日ごとに（炭を）換えるのがよい。



Gravel 砂礫 Sand 砂 Fabric 濾布 (optional, if available) (できれば追加) Charcoal 炭 Water outlet 水の流出口

図 1：最適化された炭 - 砂 - フィルタ

● 布フィルタ（「サリーフィルタ」）

- **原則**：この処理では、ジラルディア嚢胞またはいくつかの寄生虫（蠕虫）の卵や幼虫のような大きな微生物を効果的に取り除くことができる。こうした微生物は有機体物質によりかたまりを造る傾向があり、かたまりが布の孔の最大直径を上回るのので、これはコレラ菌に対しても効果的であることが証明されている。
- **手順**：水を、密に織られた布を何枚か重ねて濾過する。
- **利点**：単純な方法。（例えば集団用に）大量の水を使うことができる。
- **欠点**：砂単独濾過法でも述べたように、炭濾過法のような全面的な効果を得ることはできない。でも、コレラ菌の 99%が減少したとの報告がある。
- **補足意見**：布がより密であるほど濾過効果が高くなる。したがって古い布は目が詰まっているので新しいものより効果的である。

不完全な方法

- **過マンガン酸カリウム (KMnO₄)** は、製品の味覚を変えない濃度で使うとしても、安全な水または食物にするのに適していない。だから推薦できない。さらに副作用として、過マンガン酸カリウムは舌と歯を茶色に変色させる。
- **過酸化水素 (H₂O₂)** は、バクテリアに対して効果的である。しかし物質は非常に不安定で、速く分解する。したがって、山で使う時に十分な濃度が残っているとは保証できない。過酸化水素はウイルスに対して効果的ではないし、原生動物に対するその効能は不明である。

水の安全な保存

どんな水でも（温度によるが）何時間か何日間か保存されると、殺菌剤が残っていなければ、再び汚染され安全でなくなる。だから保存は大切である。**銀イオン**はいくつかの微生物を不活性化させるが、これは細菌の増殖を妨げることが特長であり、水を最大で6ヵ月間きれいに保存できる。銀イオンと比較して塩素はより不安定で、その効果は短くなる（温度により1～2日）。もちろんきれいな容器は必須要件である。市販されている多くの製品（消毒薬）は、次亜塩素酸塩と銀を両方とも含むので、寄生虫の嚢胞と卵を除けばこれらは山岳域ではどんな水にも適合し、そして嚢胞と卵は簡単に濾過ができる（上記参照）。

商業登山あるいは案内人のいるグループへの特別な勧告

登山者は自分自身に対して責任があるのは勿論ながら、顧客に登山、徒歩旅行または遠征を提供する業者はすべて、その顧客に対する特別な責任がある。この責任は法律によって規定されている。以下の原則はドイツと欧州の法律に従っているが、他の国でも類似ないしほとんど同一の規則がある。

商業・登山隊ないし徒歩旅行隊にあつては、安全な水を作ることは運営組織側の責任である。この責任は厳しく、そして法律で裏づけられている。例えば標準運営手順（SOP）などのように、業者の安全概念の肝要となる部分でなければならない。運営組織側が熟知・遵守すべき最も重要な法規は、以下の通りである：

- 人間が使用することに決められた水は、人間の健康被害をもたらすに達しないほどの濃度の病原微生物を、その中に含んでいないであろうものであること。
- 安全な水の規準に達していない水は処理をしなければならない。
- 人の健康がそこなわれるであろう方法により、他人のために飲料水を生産する行為は法律によって禁じられており、個人は罪に問われる。給水設備を設置するどんな企業または所有者でも、基準を満たさないで他人へ飲料水を供給すれば、最高2年間の禁固刑か、その国の法律に従って罰金刑に処せられる。法律によって規定される濃度以上に塩素などの添加物を加えるならば、どんな企業あるいは給水設備の所有者は同様に起訴される。
- 法律が意味する「水供給施設」とは飲料水を手に入るあらゆる装置あるいは手順で、各使用段階のシステム（例えば旅行の間に使用されるどんなシステム）も含まれる。

上で述べられた手順についての概要

手法	有効性				備考
	ウイルス	細菌	シスト (ジラ ルディア、ア メーバ) と蠕 虫の卵	クリプトスポ リジウム	
煮沸	+ ¹	+	+	+	燃料消費/森林破壊
薬品による消毒 ⁶	+	+	(+)	+ ²	もし水温が低かったり有機 体物質が混入したりしてい る場合には危険かも ⁷
陶器による濾過	(+) ³	+	+	+ ⁴	本法特定の失敗/限界
薬品による消毒+ 陶器濾過	+	+	+	+ ^{2,4}	高所における唯一全く安全 な手法
砂濾過	-	(+) ³	(+) ⁵	n. d.	細かい砂とゆっくりとした 流下が必要
炭濾過	-	(+) ³	(+) ⁵	n. d.	ゆっくりとした流下が必要
砂+炭濾過	-	(+) ³	(+) ⁵	n. d.	細かい砂とゆっくりとした 流下が必要
布濾過	-	(+) ³	(+) ⁵	n. d.	より目の詰んだ布が濾過の 効果を高める

<+ : 安全 ; (+) : 安全ではあるが限界あり、脚注参照 ; - : 無効 ; n. d. : データなし>

脚注

- 1 : 注意 : A型肝炎 (ウイルス) は完全に不活性化できないかもしれないが、手法はA型
肝炎の予防接種をしている登山者にとって安全である (詳細は本文参照)
- 2 : 高濃度で一定させる必要がある
- 3 : 安全ではないが、微生物の量を減らすことができる
- 4 : 1µm 以下の細孔サイズが必要
- 5 : 「ほとんど安全」 (微生物は 100%まで除去、しかし嚢胞と卵の排除は保証されてい
ない)
- 6 : 塩素化合物を加える
- 7 : より長時間の消毒か高い濃度の消毒剤を必要とする (詳細は本文参照)

推奨の経緯：

多くの登山者が抱える課題での実際の知識不足に関し、国際山岳連合医療部会は、2006年にSnowdoniaにおける会議で、特別な推奨を策定することを決定した。ここで発表するバージョンは、2008年にTreplice（チェコ）で開かれた国際山岳連合医療部会の会議で承認されたものである。

With regard to deficiencies in actual knowledge about the topic at many mountaineers the UIAA MedCom decided to establish a special recommendation on this topic (oat →) at the meeting at Snowdonia in 2006. The version presented here was approved at the UIAA MedCom Meeting at Treplice / Czechia in 2008.