



Shower/Bath



Toilet



Laundry



Cleaning

長期化する断水、避難所生活における
衛生的でストレスの少ない生活のために

～ パウダーコーティング式
非常用 生活用水浄化装置
のご紹介 ～

2023.7

UTILITY SOLUTIONS

中根圭介

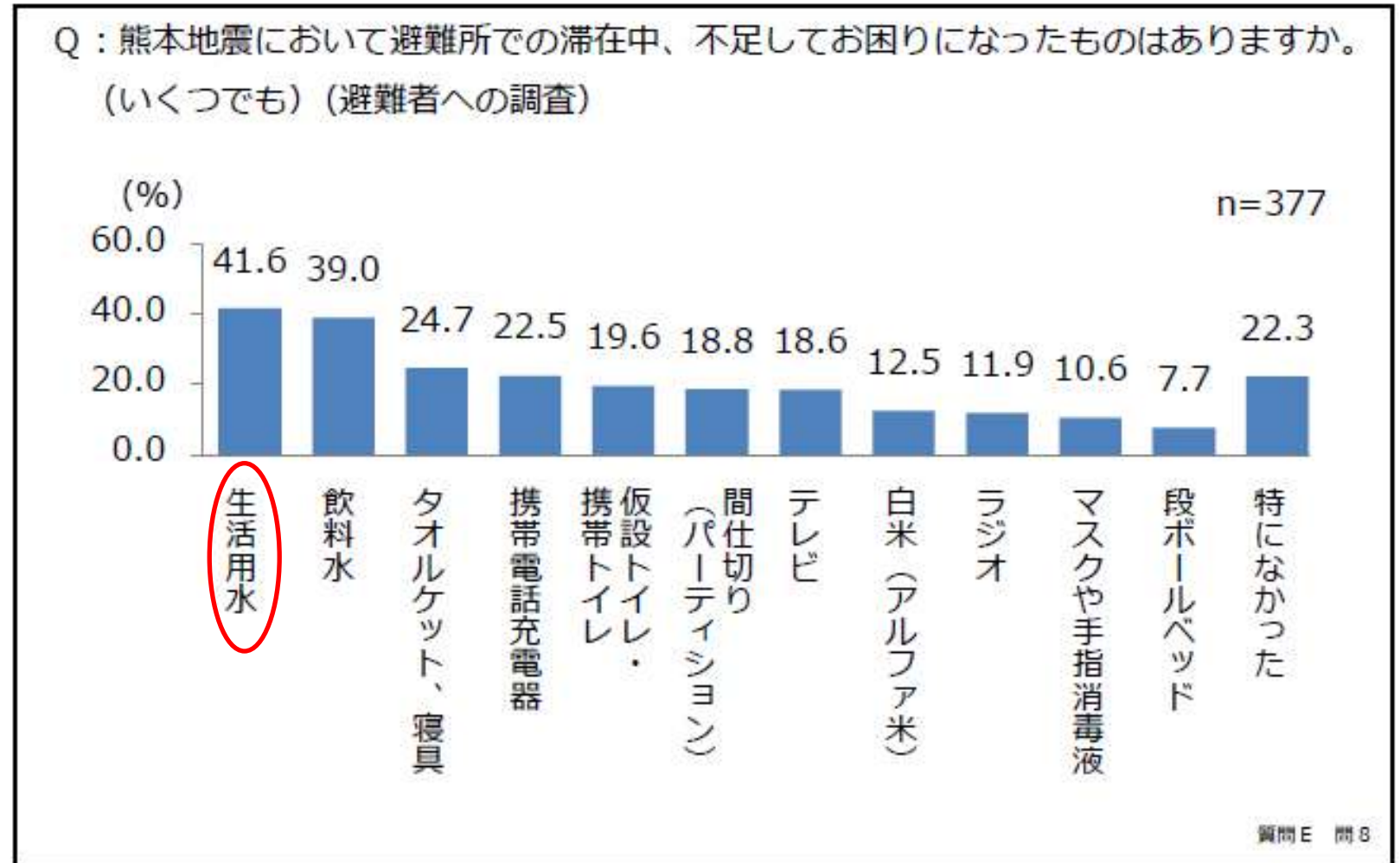
2022年9月台風15号 @静岡市清水区



2016年熊本地震

右図は**熊本地震**の際の避難所での困りごとについての内閣府のアンケート結果です。

トップが「生活用水」の不足で4割を超え、「飲料水」を上回っています。

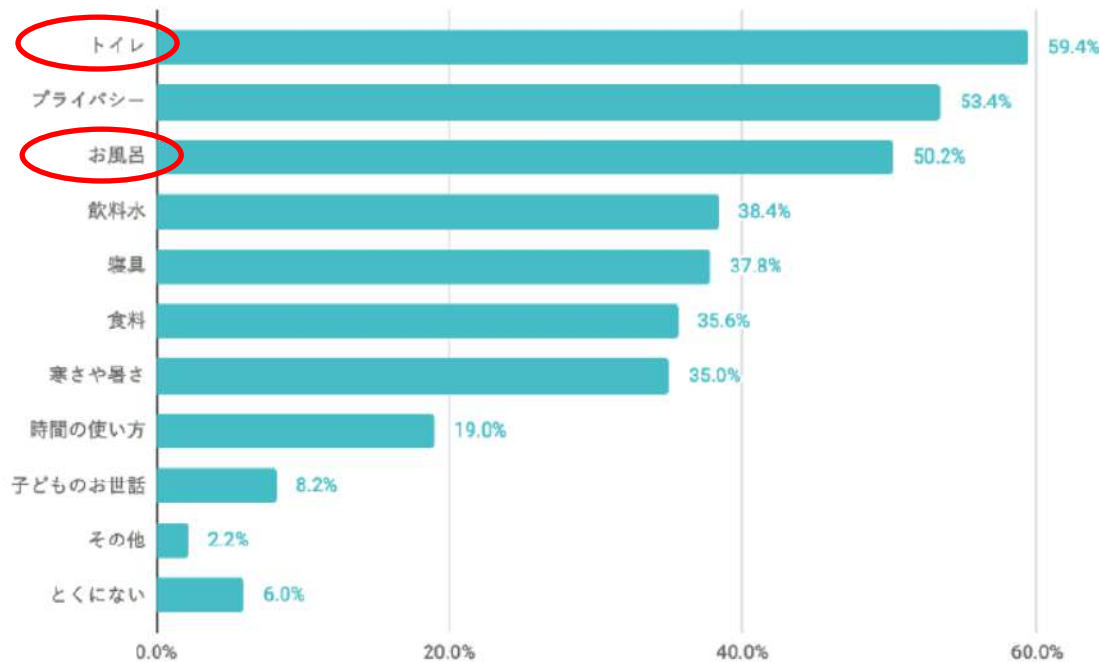


出典：「平成28年度避難所における被災者支援に関する事例等報告書（内閣府 平成29(2017)年4月）」

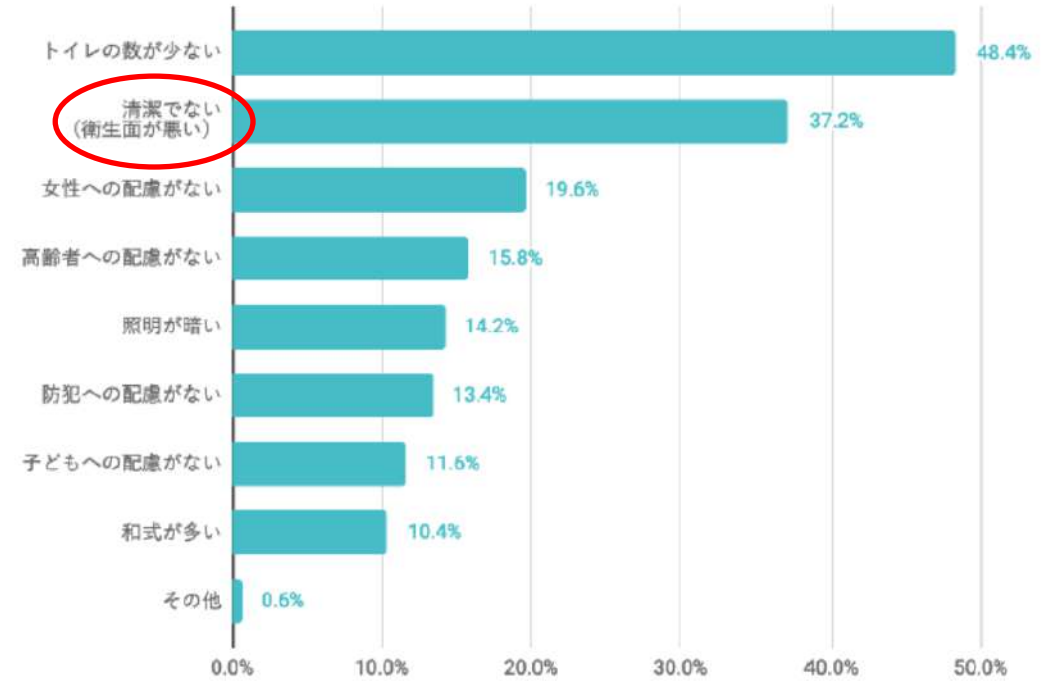
体験者の多くが

避難所経験者の声：風呂、トイレといった 水廻りの課題が多い

あなたが避難所で過ごす中で困ったことについてあてはまるものをすべてお答えください。
(複数回答) 【n=500】



あなたがトイレで困ったことについてあてはまるものをすべてお答えください。(複数回答) 【n=297】

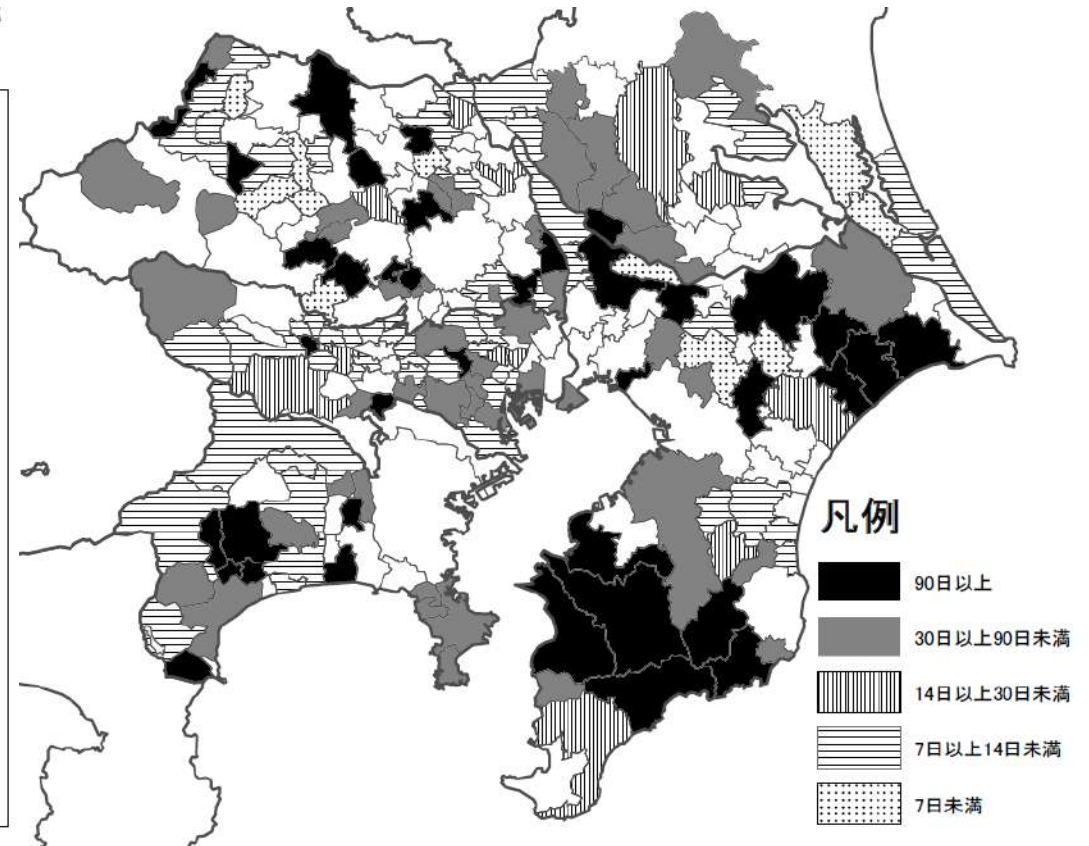
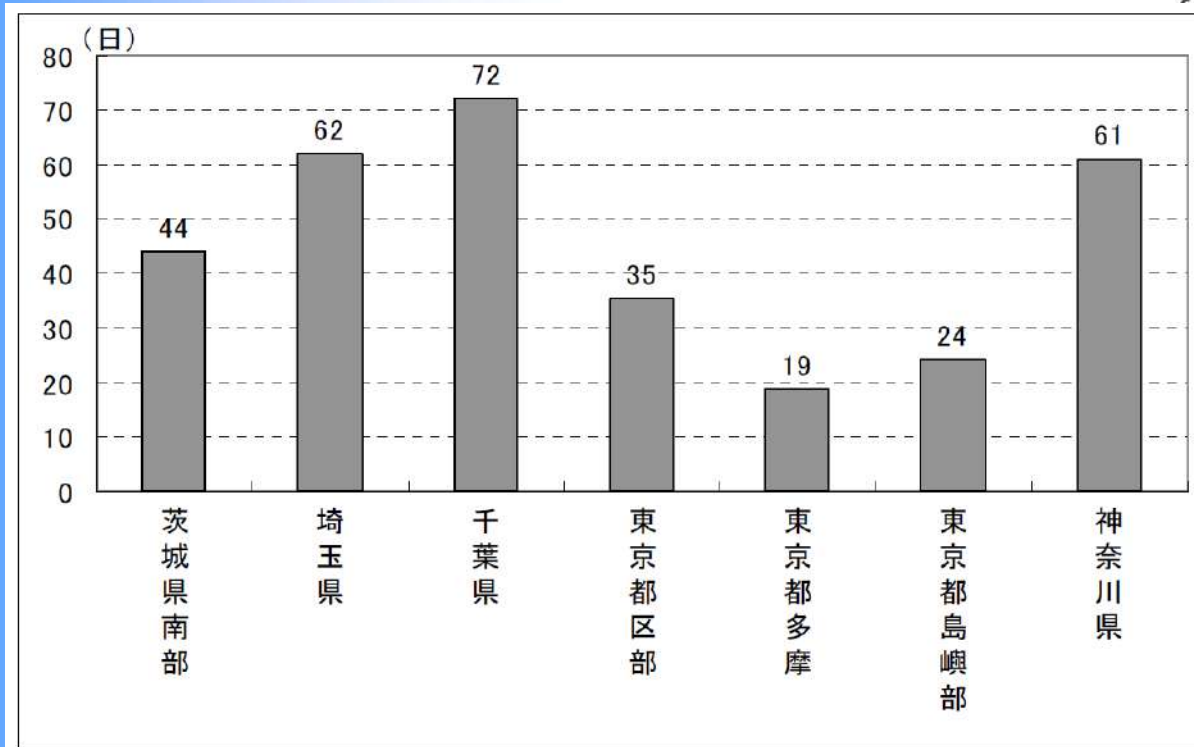


出典：

株式会社ネオマーケティングが運営するアンケートサイト「アイリサーチ」のシステムを利用したWEBアンケート方式
調査対象：アイリサーチ登録モニターのうち、**5年以内に被災によって避難所に宿泊した経験のある**全国の20～69歳の男女
調査実施日：2019年12月23日～25日
有効回答数：500名

大規模地震時に想定される避難所開設期間（政府）

首都直下地震の場合



1～2ヶ月以上に及ぶ懸念

図 10-17 大規模地震時に想定される避難所開設期間

出典：内閣府防災担当「避難者に係る対策の参考資料」 P193

政府の予測にも明記されています

『避難所における良好な生活環境の確保に向けた取組指針』平成25年8月 内閣府（防災担当）

においても、衛生的な避難所生活が重要視されています。

抜粋

第2 発災後における対応

2 避難所の設置と機能整備

(2) 避難所の機能

⑦ 災対法 86 条の 6 に基づき、被災者の避難所における生活環境の整備に必要な措置を講ずるため、優先順位を考慮して、必要に応じ、次の設備や備品を整備しながら、被災者に対する男女別のトイレ・更衣室・洗濯干し場や授乳室の設置等によるプライバシーの確保、暑さ寒さ対策、入浴及び洗濯の機会確保の他、子どもの遊びや学習のためのスペースの確保等、生活環境の改善対策を講じること。

ア 畳、マット、カーペット、簡易ベッド

イ 間仕切り用パーティション

ウ 冷暖房機器

エ 洗濯機・乾燥機、洗濯干し場

オ 仮設風呂・シャワー

カ テレビ・ラジオ

キ 簡易台所、調理用品

ク その他必要な設備・備品

この装置は

- ・パウダーコーティングフィルターで「生活用水」に特化する

(参考：シャワー使用水量 1回約60リットル)

- ・飲料水は備蓄水、給水車等に任せ、要求水質による供給の二元化で効率的な被災地対応

(参考：飲料水量 1人1日 約3リットル)

- ・既存製品との違い

①消耗品が安価なこと

その結果、消耗品コストを気にせず、防災訓練等で積極的に実運転でき、いざという時のために操作に慣れることができる

③維持管理費用の予算が軽減できること

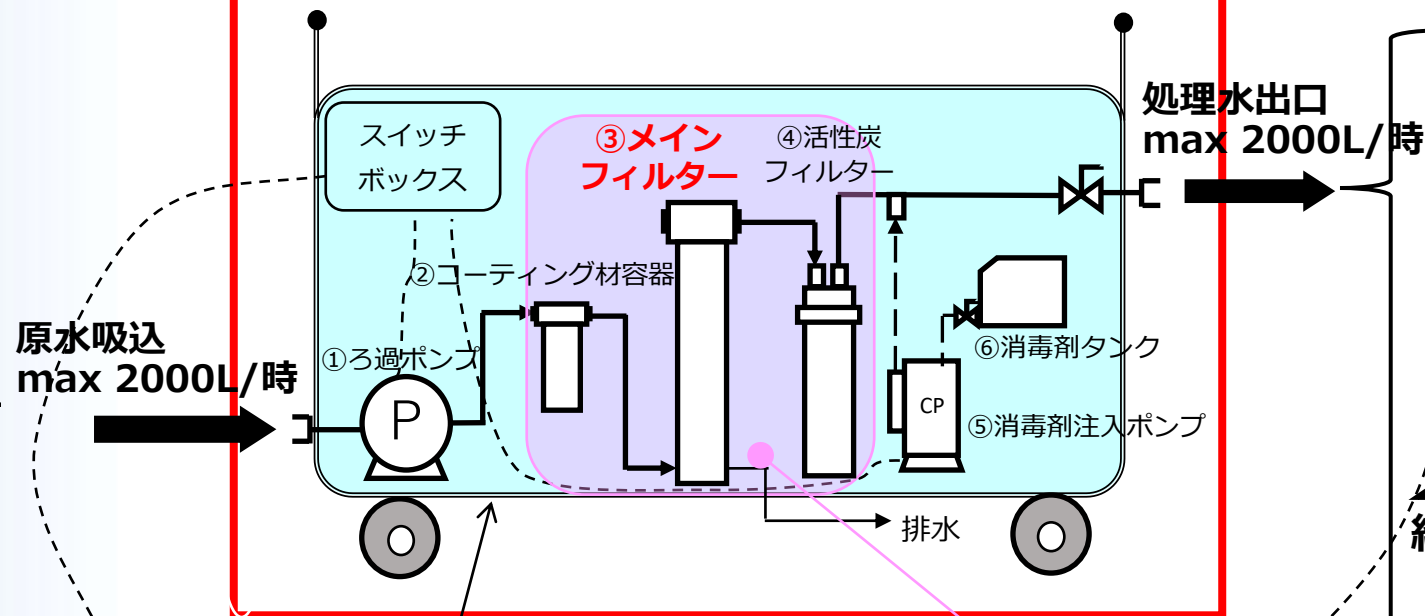
④消耗品の将来的な入手リスク（廃番、モデルチェンジ、長納期など）が少ないこと



利用方法



本装置の構成



概略サイズ
幅70cm×奥行40cm×高さ90cm
輸送時重量 約50kg

メインのろ過部は
栗田工業グループ製品

AC100V
max 600W



一般コンセント
(1500W・アース付き)



非常用発電機



1500W以上を備えたEV・HVなども利用可能

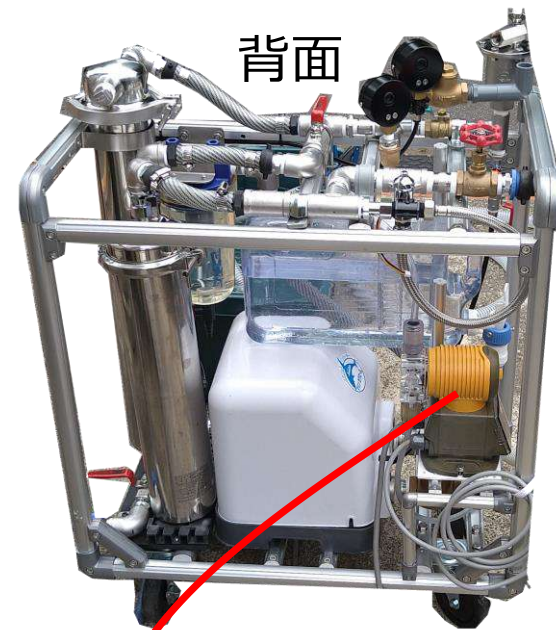
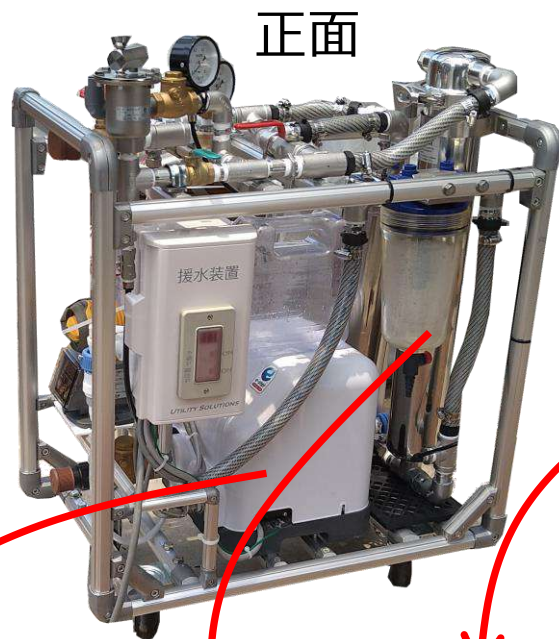
利用先



距離 30~50m以上 送水可能

装置概要

パウダーコーティング
フィルターの構成



コーティング材
容器

メイン
フィルター

活性炭
フィルター

生活用水
出口

ろ過ポンプ

塩素系消毒剤
注入ポンプ

原水入口



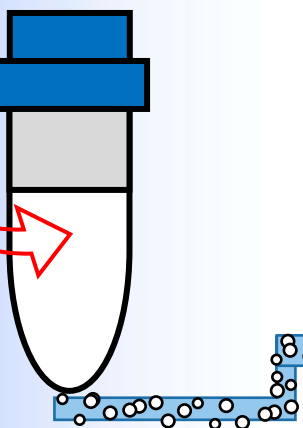
パウダーコーティング フィルターの仕組み



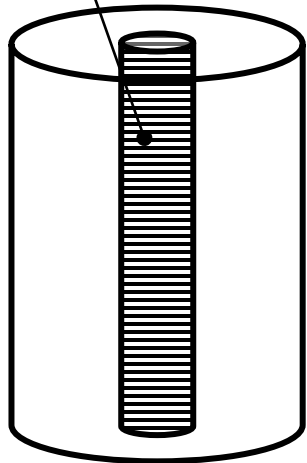
1回1袋

原水入口

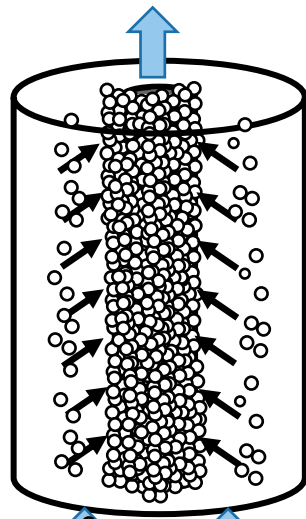
①コーティング材
を容器に入れる



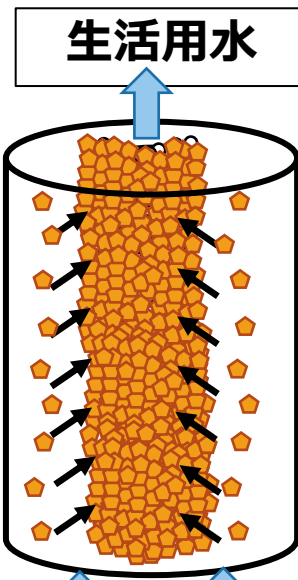
スリット
芯材



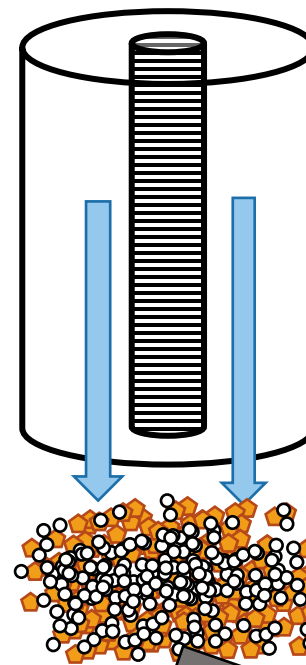
②パウダーを流し
て、芯材にブリッ
ジ効果で付着させ
る



③パウダーにより、
濁質を絡めてろ過
する

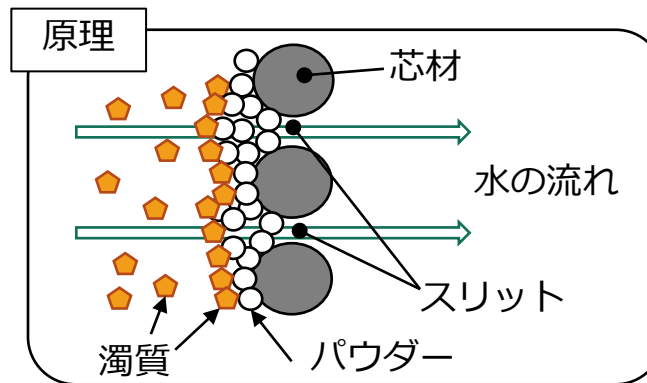


④濁質で詰まったら、
排水して除去
～①へ戻る



1回数リットル

排水



装置の特長

- 水源は多量の貯留がある、**プール、池、川、井戸、受水槽、防火水槽等**の有害性のない水源とします。
- 処理された水質は（もちろん水源には有害物質等がなく、一定の汚れ以下である前提ですが）、飲用を想定しない**浴槽水、プール水程度**になります。
メインのフィルターは、水処理最大手・栗田工業グループの製品を採用。
- **安全**のため、プレコート材は**食品添加物**を採用し、最後に**塩素系の消毒剤**を添加します。
- 供給できる処理水量は、**1時間当たり最大2000リットル、家庭用の風呂桶で6～8杯程度、シャワーノズルならば2～4口**が同時使用できる水量です。
- 取水部から使用先まで、**距離30～50m以上の送水が可能**です。
- 電源は100V-50/60Hz兼用、最大水量時で約600W以下なので、ポータブル発電機やEV車・HV車からの給電も可能。

装置の特長

- ・サイズは概ね 幅70cm×奥行40cm×高さ90cm、50kg 程度
- ・原水の汚れ具合により変動しますが、濁質除去によりフィルターが閉塞しる過水量が減少するので、必要に応じてコーティング材を交換します。
(実績では数時間に1回程度)
- ・消耗品のコーティング材は、付属品として100回分を納入。
24時間フル稼働で1週間分以上の運転が可能です。
ランニングコストは電気代以外ほとんど不要 です。
(活性炭カートリッジは、処理水の色・匂いが気になった時点で交換)
- ・消耗品コストを気にしなくて良いため、防災訓練等で積極的に実運転でき、いざという時のために操作に慣れることができます。
- ・消耗品や故障時の交換部品等は、極力広く市販されており、災害時等にも入手が容易なものを考慮しています。

処理性能 (例)



処理水質

原水条件	水質項目	本機
		処理水水質(設計値)
有害物質等や人体に触れることが不適切でない水源（プール、池、川、井戸、受水槽、防火水槽等） 透視度の目安は1m、プール水面から底の様子が沈降物が見える程度。	①水素イオン濃度	原水とほぼ同じ
	②濁度	5度以下
	③有機物量	過マンガン酸カリウム消費量 25mg/L以下
	④遊離残留塩素濃度	0.4mg/L以上
	⑤大腸菌	規定せず。 ④遊離残留塩素濃度を満たすことで不活性化するものとする
	⑥一般細菌	
	⑦レジオネラ菌	

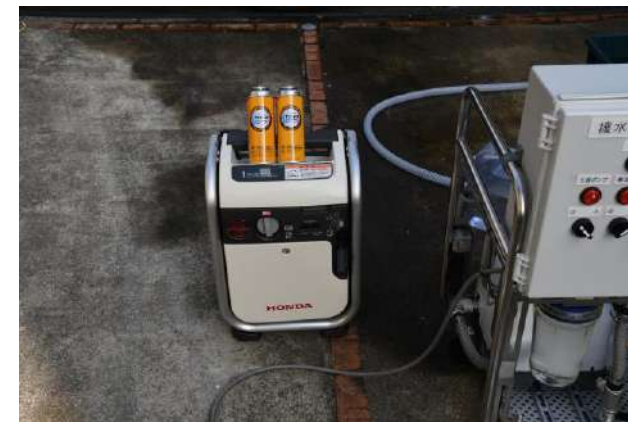
厚生労働省の
 ・浴槽水
 ・プール水
 基準相当です
 (非飲用)

使い勝手

EV車、HV車の電源が利用可能
(HV車の例：満タンで約100時間運転可能)



カセットボンベ式発電機が利用可能
(ボンベ2本で1～2時間運転)



写真の装置は開発段階のもので、最新型とは外観が多少異なります。

まとめ

避難所運営で課題となっている「生活用水」を、維持管理の負担を抑えた装置で提供します。
消耗品コストが少ないため、訓練等の実使用で扱いに慣れていただきやすい装置です。

非飲用かつ大量の水を必要とする風呂・シャワー、トイレ、洗浄・清掃用のニーズに対応。
コーティング材は食品添加物、ろ過水には塩素消毒を行い衛生的安全性を高めています。

主な仕様 最大処理水量：2,000L/時(シャワー4口同時使用可能)
処理水質：(厚生労働省基準)浴槽水、プール水並み
取水部～使用先 送水距離 30～50m以上
電源：AC100V(50/60Hz) - 約600W
概算寸法・輸送重量：70cmL×40cmW×90cmH 約50kg
付属品 コーティング材100回分（24時間連続で1週間以上運転可能な回数分）
 活性炭フィルター3本

水処理装置と共に、非常用電源、給湯、シャワーテントなど周辺機器とのパッケージも準備します。

展示のご紹介

神奈川県総合防災センター
企業の防災用品コーナー
に展示中です。

(2023年4月～2024年3月予定)

ぜひお越しください

神奈川県総合防災センター

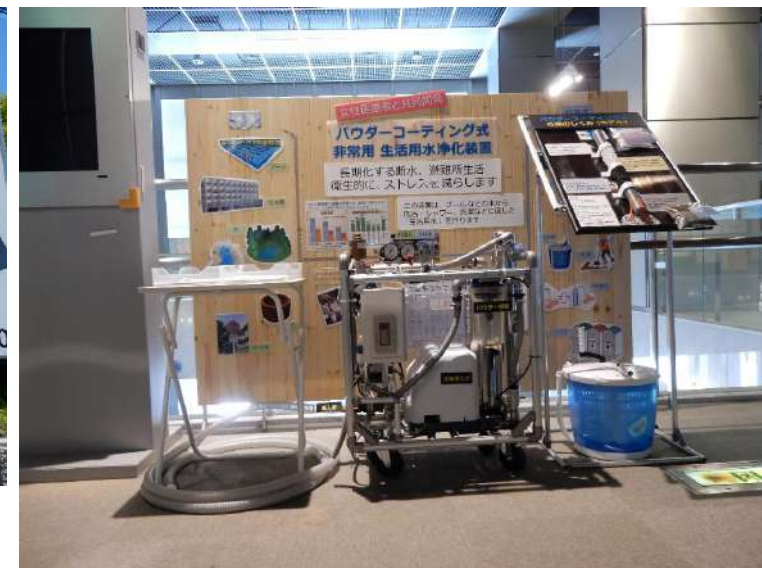
所在地 〒243-0026 厚木市下津古久280

交通機関：小田急線愛甲石田駅より神奈中バス

(2番バス乗り場 伊勢原駅南口行きまたは平塚駅北口行き) 長沼バス停下車 徒歩5分

代表電話 046-227-0001

<https://www.pref.kanagawa.jp/docs/zn2/bousaicenter/homepage.html>



ご覧いただき、どうもありがとうございました。
ご指導、ご助言をよろしくお願いいたします。



連絡先

〒243-0035 厚木市愛甲4-12-12

ユーティリティ・ソリューションズ 中根 圭介

電話 090-6152-3267

Mail : kei.nakane@ut-sol.com

ホームページ : <https://ut-sol.com/>

災害時の避難生活を支援する「非常用生活用水浄化装置」の開発

～衛生的でストレスのない被災生活のために～

DEVELOPMENT OF SUPPORT DEVICE AND SYSTEM FOR LIVING WATER PURIFICATION IN DISASTER AREAS - For Hygienic and Stress-Free Life in Disaster area -

中根圭介*, 栗田恵子**

NAKANE Keisuke and KURITA Keiko

* (筆者1) ユーティリティ・ソリューションズ代表、技術士(総合技術監理部門、上下水道部門)、防災士

** (筆者2) コアララボ代表、東京大学大学院教育学研究科科目等履修生

キーワード: 生活用水、災害、避難所、ろ過、災害関連死

(Living Water, Disaster, Shelter, Filtration, Disaster-related deaths)

1. はじめに

我が国では、近年頻発する自然災害で、長期にわたる避難生活が避けられないものとなっている。

この論文では、被災者の悲しみや不安な生活状況を少しでも取除く助けになりたいと考え自作した「非常用生活用水浄化装置」について、開発状況を報告する。

(1) この開発に取り組んだ理由

水処理専門メーカーのエンジニアであった筆者1が、被災地での生活の質の向上、すなわちQOL (Quality of Life) に取り組むきっかけとなったのは、熊本地震(2016年)、西日本豪雨(2018年)と連続して異なるタイプの大災害が各地を襲い、多くの被災者が長期にわたり避難所等でストレスを抱えていることを報道等で知ったためである。

2019年の内閣府・防災担当の調査では、図-1に示すように熊本地震の際の避難所滞在中に最も不足していたものとして「生活用水」があげられている¹⁾。

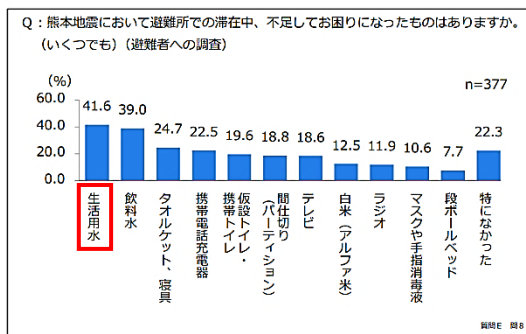


図-1 熊本地震における避難者への調査

一般に「生活用水」の定義として「飲料水」を含む場合があるが、今回我々の論文では、「生活用水」とは図-1の区分に従い、「飲用を前提とせず、風呂・シャワー、洗濯、清掃・洗い物、トイレなどに比較的多量に用いる水」として用語を定義し使用することとした。

同様な避難所での生活用水に対する要望は、1995年に発生した阪神・淡路大震災の際の「市民意識調査『最も困ったのは生活用水』」にも課題提示されていた²⁾。

しかし約20年後に発生した熊本地震でも、ほとんど改善が進んでいないことが明確になった。

そこで筆者1は、所属先企業に「生活用水のニーズにこたえる事業」を提案したが不採用となった。

だがその後も筆者1は社会のニーズに応えたい思いが強く、2020年に独立して事業化を目指すこととした。

(2) 先行調査

a) 政府の取り組み

政府の方針として「避難所における良好な生活環境の確保に向けた取組指針」³⁾には、図-2に示すように生活用水対策の重要性が明記されている。

(3) 生活用水の確保

飲料水の他に、トイレや避難所の清掃、洗濯、器材の洗浄などの用途に欠かせない「生活用水」の確保が必要になる。命の継続に不可欠な飲料水は支援物資として確保されるが、その他の用途の水についても、感染症の防止等、衛生面の観点から、衛生的な水を早期に確保できるようタンク、貯水槽、井戸等の整備に努めることが望ましいこと。

図-2 避難所における備蓄等

また同取組指針では、避難所の機能として「被災者の避難所における生活環境の整備に必要な措置を講ずるため、(略)入浴及び洗濯の機会確保(略)」とし、以下も備えるべき資材としている(図-3)³⁾。

優先順位を考慮して、必要に応じ、次の設備や備品を整備するとともに、(略)
 エ 洗濯機・乾燥機、洗濯干し場
 オ 仮設風呂・シャワー

図-3 避難所の機能

b)対象となりうる避難所の数

被災後の滞在が長期化することを想定して資材を備蓄する「指定避難所」の数は、最新の「防災白書」⁴⁾によれば、2014年度の48,014ヶ所から、2021年12月1日現在では81,978ヶ所に増加しており、より密度の高い面での対応が求められる。

c)南海トラフ地震における被害想定

内閣府(防災担当)の「南海トラフ巨大地震の被害想定について(施設等の被害)」⁵⁾では、被害を次のように想定している。

① 断水：被災直後の被害

最大約3,570万人が断水し、東海三県の約6~8割、近畿三府県の約4~6割、山陽三県の約2~5割、四国の約7~9割、九州二県の約9割が断水すると想定される。

② ライフライン復旧推移(上水道)

発災約1ヶ月後では、東海三県で約1~2割、近畿三府県で数%、山陽三県で数%、四国で約1~2割、九州二県で約1割の需要家が断水したままであるが、これら15府県全体では9割以上の断水が解消される。

③ 避難者数

避難者は断水の影響を受けて1週間後に最大で約880万人発生し、避難所への避難者は1週間後に最大で約460万人と想定される(図-4)⁵⁾。

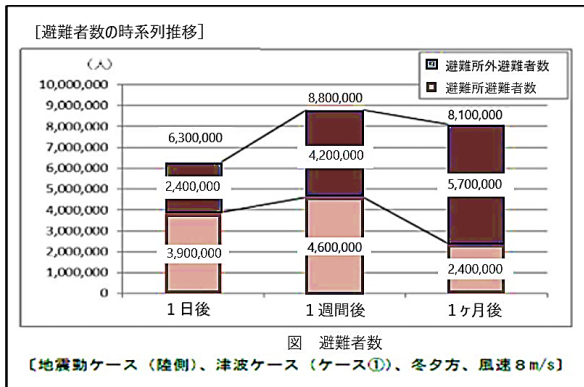


図-4 避難者数の時系列推移(南海トラフ地震)

d)首都直下地震の想定における被害想定

東京都では2022年5月に10年ぶりに被害想定を見直した⁶⁾。

耐震化の進捗などにより被害規模は縮小しているが長期にわたり市民生活に甚大な影響が出ることが予想されている。

①上水道

東京都の見直し後の想定では以下のようになっている(表-1とも)⁶⁾。

「断水率は都心南部直下地震で最大となり、都内の断水率は平均で26.4%と想定される。復旧が概ね完了するのは、都心南部直下地震で約17日後になると想定される。」⁶⁾

「水道管路以外の施設(浄水施設等)の被災や、受水槽や給水管など利用者の給水設備の被災等は、定量評価結果には含まれていないため、被災状況により、被害が大幅に増加し、復旧期間が長期化する可能性がある点に留意する必要がある。」⁶⁾

表-1 上水道・断水率予想(東京都)

表 上水道 断水率				
	都心南部直下地震	多摩東部直下地震	大正関東地震	立川断層帯地震
東京都	26.4%	25.8%	15.7%	4.7%
区 部	34.1%	28.6%	19.5%	0.3%
多 摩	9.2%	19.5%	7.2%	14.5%

表 上水道 復旧推移(断水率)				
	都心南部直下地震	多摩東部直下地震	大正関東地震	立川断層帯地震
1日後	26.4%	25.8%	15.7%	4.7%
3日後	26.4%	25.8%	15.7%	4.7%
1週間後	16.8%	12.2%	4.5%	0.0%
1か月後	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

② 避難者数(1都4県)

家屋被害が最大になると想定される、冬の18時、風速15m/sの条件で発生した場合、避難所生活者は1都4県で4日後に約390万人、1ヶ月後で約270万人と想定されている(図-5)⁷⁾。

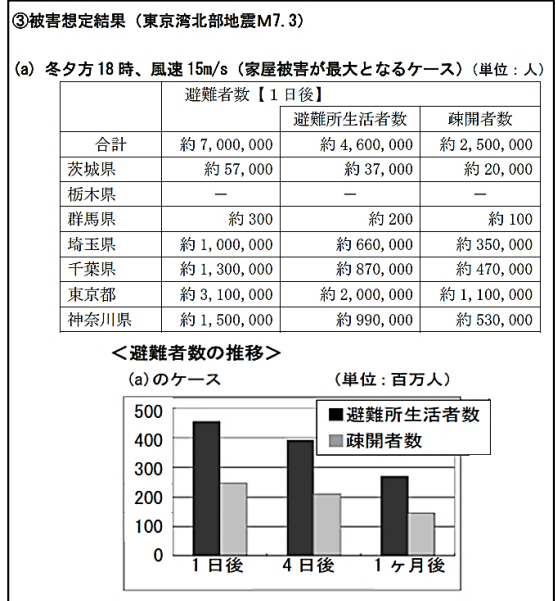


図-5 被害想定結果:東京湾北部地震 M7.3の場合

③避難所の開設期間

「避難者に係る対策の参考資料(内閣府防災情報)」⁸⁾では、避難所開設期間は地域により長短はあるが、最大で2ヶ月以上が想定されている(図-6)⁸⁾。

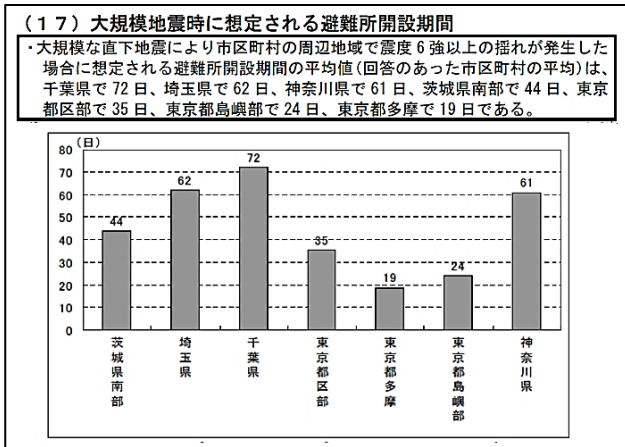


図-6 首都直下地震時に想定される避難場所開設期間

e) 自衛隊の入浴支援について

被災地における生活用水ニーズの主要なもの1つとして、入浴・シャワーがある。

現状、稼働可能な入浴施設(ホテル、旅館、温浴施設等)の活用の他に、自衛隊の入浴支援がある。

全国22の部隊に「野外入浴セット2型」が備えられており、それぞれゆかりの名が付けられている。災害派遣の三要件(緊急性、非代替性、公共性)を考慮して開設されるが、利用する被災者にしほしの安らぎを与えている⁹⁾¹⁰⁾。

表-2は、平成30年以降の大規模災害で自衛隊の支援活動を集計したものである。入浴支援は住民向けの給水支援と並んで、最も被災市町村からの要望が高いことがわかる¹¹⁾。

表-2 自衛隊の活動状況の例

資料1-③ 調査対象市町村における自衛隊の活動状況

区分	災害名					計
	平成30年7月豪雨	平成30年北海道胆振東部地震	令和元年房総半島台風	令和元年東日本台風	令和2年7月豪雨	
自衛隊の支援を受けた市町村数	4	12	16	41	14	87
① 人命救助	4	1	0	20	8	33
② 給水支援(住民向け)	3	9	10	10	5	37
③ 給水支援(医療機関向け)	1	1	1	5	0	8
④ 給食支援	1	4	0	4	1	10
⑤ 入浴支援	3	5	12	11	5	36
⑥ 医療支援	0	2	0	0	0	2
⑦ 災害廃棄物等処理	2	0	0	16	2	20
⑧ 道路閉鎖	2	1	5	12	5	25
⑨ 物資輸送	2	6	0	6	8	22
⑩ 防疫支援	3	0	0	4	0	7
⑪ 電力復旧支援(創木等除去)	0	0	10	4	0	14
⑫ 家里応急処置(ブルーシート展開)	0	0	15	0	1	16
⑬ その他	0	5	1	16	3	25

(注) 当省の調査結果による。

2. 生活用水供給の必要性

自然災害のうち最も規模が大きく、被災者数が多くなるのは、大規模地震であろうと筆者らは推測している。

前述のように首都直下地震では2~3ヶ月の避難所開設が予想される中で、風呂・シャワー、洗濯、清掃・洗い物、トイレなどの生活用水ニーズは1日も欠かすことができない。

また避難所ではCOVID-19対策に加え、高齢者や被治療者、障がい者、乳幼児など災害弱者の利用を前提としなければならない。

そこで筆者2のもと、生活用水を供給する装置に求められる課題を整理し、開発の目標に加えた。

(1) 装置の必要条件

必要な装置の開発条件は以下とした。

- ・「生活用水」に特化し多量の水を安定供給すること(「飲用水」は厚生労働省で51項目の水質基準があり被災環境での維持管理にリスクがあること、給水車や備蓄水という代替性があるので用途を明確に限定する)
- ・限られた台数を必要な場所で利用できるよう、可搬式であること
- ・多量の水が必要となるので水源を確保すること
- ・停電、断水、ガス不通でも稼働できること
- ・専門知識がなくとも動かせること
- ・故障や消耗品切れのリスクがないこと

(2) 医療者の立場からの意義

筆者2は、西新宿に災害拠点病院である東京医科大学の新病院を開院するに際し、新たに作成された災害時の運用マニュアル(BCP)が機能するかどうか確認する立場(災害医療救護通信エキスパート、医療安全管理学の研究者)であった。

医療の視点で避難生活でのQOL向上(特にストレス低減)を考え、生活用水の必要価値を明確にした(図-7)¹²⁾。

- ・泥や汗で汚れた体を洗い流すことは、感染防止、精神衛生にとっても有効である¹²⁾
- ・入浴による効果は、精神衛生、感染予防、睡眠の確保、免疫力の向上などが認められている¹²⁾¹³⁾
- ・医療行為や調理等では手指洗浄が必須だが、まず生活用水の流水で十分に流したのち、浄水で仕上げ洗いすることで、浄水や消毒剤の使用量削減につながる¹²⁾
- ・衣類や下着の洗濯により、感染症発症の防止効果が期待できる¹²⁾
- ・避難所のQOL向上が災害関連死の削減につながる。(感染症、水のないストレス：トイレを我慢する、基礎疾患の悪化など)¹⁴⁾
- ・ご遺体処理の際にも多量の水が必要であり、生活用水は好適である。ご遺体の尊厳が守られる¹⁴⁾
- ・災害を想定したシミュレーション訓練は、反復練習をすることで訓練効果が上がるという研究があ

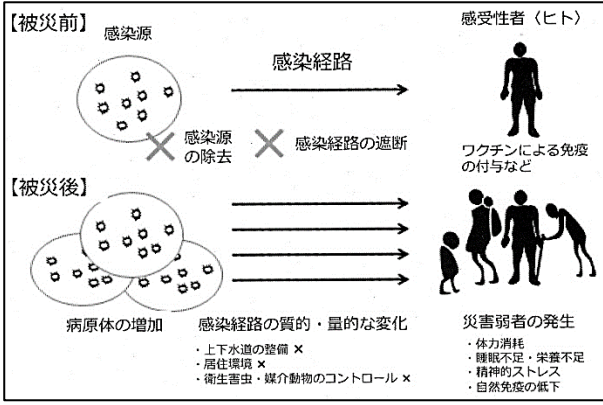


図-7 公衆衛生基盤の破壊による感染症の増大

3. 装置開発とスペック

以上のように開発目標が明確になったため、筆者1は前職企業やその取引先の協力を得ながら、装置開発を行った。

市場には、20社程度の災害用水処理装置が市販されているがその長所短所を把握し、真に活用されるために開発コンセプトを明確にした。

他社製品を概観すると、飲用を謳っているものが多く、フィルター材に分離膜(精密ろ過膜:MF膜、限外ろ過膜:UF膜、逆浸透膜:RO膜)を採用しているものが多い。これらの膜は分離精度は高いが、ろ過分離した濁質が膜の目詰まりを招き、徐々に処理水量が低減する。そのため定期的なフィルター材(カートリッジ)の交換が必要となるが、単価が数千~数万円することが多く、消耗品コスト、備蓄コストの負担増となりかねない。

(1) 開発コンセプト

筆者1は既存製品と異なり生活用水に特化することで、必要かつ十分な性能とするべく以下のコンセプトを明確化し、段階的な開発工程で製作にあたった。

a) コンセプト

開発コンセプトは以下のとおりである(図-8)。

開発コンセプト

- ・「生活用水」に特化
 - 飲料水は備蓄水・給水車等に任せ、要求水質による供給の多元化で効率的な被災地対応
- ・衛生的な処理水を多量に生産
- ・使いやすいこと
 - 移動、操作、電源確保 容易なこと
- ・維持管理が安価なこと
- ・「使い慣れて」実践に役立つこと
 - 消耗品コストを気にせず、防災訓練等で積極的に実運転でき、いざという時のために操作に慣れてもらう
- ・消耗品の入手リスクが少ないこと

図-8 開発コンセプト

b) 目標水質

処理水質は厚生労働省の浴槽水、遊泳プール水基準である安全性に根拠がある値と同程度と設定した。参考として飲用水に適用される水道水基準51項目も併記する(表-3)。

表-3 処理目標水質

本機は厚生労働省の浴槽水、プール水 程度と設定		
原水条件	水質項目	処理水水質(設計値)
有害物質等や人体に接触することが不適切でない水源(プール、池、川、井戸、受水槽、防火水槽等)	①水素イオン濃度	原水とほぼ同じ
	②濁度	5度以下
	③有機物量	過マンガン酸カリウム消費量 25mg/L以下
	④遊離残留塩素濃度	0.4mg/L以上
透視度の目安は1m、プール水面から底の模様や沈降物が見える程度。	⑤大腸菌	規定せず。
	⑥一般細菌	④遊離残留塩素濃度を満たすことで不活性化されるものとする
	⑦レジオネラ菌	

水道水基準では、下記51項目+残留塩素を満たすことが必須

一般細菌、大腸菌、カドミウム及びその化合物、水銀及びその化合物、セレン及びその化合物、鉛及びその化合物、ヒ素及びその化合物、六価クロム化合物、亜硝酸塩、シアノ化物イオン及び塩化シアン、硝酸塩窒素及び亜硝酸塩窒素、フッ素及びその化合物、水素臭素及びその化合物、四塩化炭素、1,4-ジオキサン、シス-1,2-ジクロロエチレン及びトランス-1,2-ジクロロエチレン、ジクロロメタン、テトラクロロエチレン、トリクロロエチレン、ベンゼン、塩化炭素、クロロ酢酸、クロロホルム、ジクロロ酢酸、ジブromクロロメタン、臭素酸、トリハロメタン、トリクロロ酢酸、プロモジクロロメタン、クロロホルム、ホルムアルデヒド亜鉛及びその化合物、アルミニウム及びその化合物、鉄及びその化合物、銅及びその化合物、ナトリウム及びその化合物、マンガ及びその化合物、塩化物イオン、カルシウム、マグネシウム等(硬度)、懸濁物質、陰イオン界面活性剤、ジェオミン、2-メチルイソプロピルアルコール、非イオン界面活性剤、フェノール類、有機物全炭素量(TOC)の量、pH値、味、臭気、色度、濁度、残留塩素濃度

c) 全体構成

実際の使用状況を予測し、水処理装置廻りを含む全体構成を示したものが図-9である。

すなわち、水源となるプール、貯水タンク等の貯留水をポンプで吸引し、かつ加圧ろ過し、その後活性炭で溶解性物質を吸着したのちに塩素系消毒剤を添加し、利用先に送水する。

停電時でも利用できるよう、電源と一体で可搬できることが必要である。

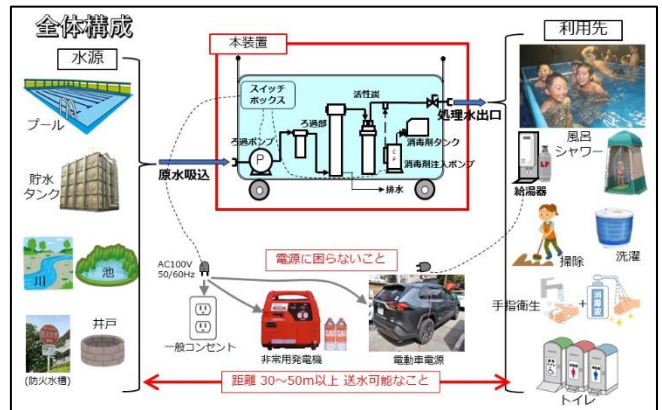


図-9 全体構成

(2) 開発工程と採用した技術

筆者1は、2018年からイメージ化した内容を順次開発に取り組んだ。

当初検討をPhase1、試作組み立てをPhase2、そしてプロトタイプ機製作をPhase3とし、各段階での課題と採用技術をまとめる。

a) Phase1 2018年(前職在籍時)~2020年前半

Phase1では機材類を購入し、仮組み立てで性能を評価した(表-4)。

表-4 Phase1 検討事項と採用技術

技術要素	技術課題	検討事項	採用技術
処理水量	同時に複数の水栓が利用できる	ろ過ポンプ能力と関連する。	最大2,000L/時とする
電源	全国で容易に手に入る電源で稼働すること	装置全体が家庭用コンセント (AC100V-1500W, 50/60Hz) で動くこと	ポンプ類の選定により最大で600W以内となった。
ろ過方法	長時間性能が安定し、消耗品コストが安価なこと	消耗品の備蓄が経済的な負担にならない技術として、パウダーコーティングろ過を評価	パウダーコーティングろ過を採用
ろ過ポンプ	信頼性、低コスト、メンテナンスが容易	実績のある国内メーカー品を採用	トップメーカーの井戸用ポンプを採用
安全性	処理水が誤って口に入っても事故にならないこと	採用素材の安全性と、処理水の衛生確保	①フィルター用パウダーは食品添加物認定品を採用 ②後段に活性炭使用と塩素消毒剤を注入

この過程で検討・採用したろ過方法である、パウダーコーティングろ過は「プレコートろ過」の一種で、スリット(隙間約60 μ m)構造の芯材(ステンレス製)に、隙間より小さい無機質パウダー(珪藻土系の天然素材、径約30 μ m)を一気に流すことにより、ブリッジ効果でパウダーの集合で濁質をからめとり、水をろ過するしくみである。

濁質の捕捉性に優れ、流量低下が起きにくい特長がある。

また、消耗品がわずかなパウダーのみで、消耗品コストが極めて安く、廃棄物の量も少ないことが最大の利点である。

ろ過のしくみを図-10に示す。

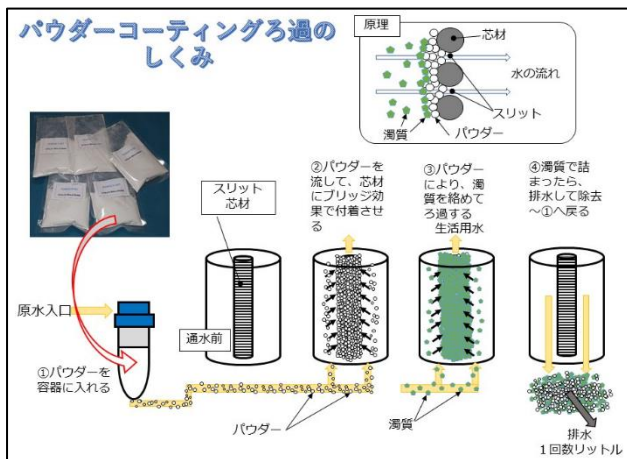


図-10 パウダーコーティングろ過のしくみ

図-10を参考にろ過工程を以下に解説する。

- ① パウダー約100グラムを容器入れる
- ② 原水と共にパウダーを流し、芯材の表面にブリッジ効果で付着させる
- ③ パウダーが濁質を絡めとりろ過する(ろ過径：数 μ m)
- ④ 濁質により目詰まりしたらパウダーと一緒に重力で排水して廃棄する(1回数リットル)
- ⑤ ①へ戻る

b)Phase2 2020年後半～22年前半

Phase1の検討結果を反映した試作機の製作(試作1号機、試作2号機)

資金的制約等から主要機器のみ購入し、組み立ては自作とした。

Phase2での検討内容を表-5に、試作1,2号機の外觀を写真-1に示す。

表-5 Phase2 検討事項と採用技術

技術要素	技術課題	検討事項	採用技術
可搬性	軽量コンパクトであること	2,000L/時の能力機として、他社より軽量、最小体積とする	アルミフレームの利用
操作性	電源供給が容易なこと	家庭用コンセント、ポータブル発電機、車載コンセントのいずれでも動くこと	実機にて確認済み
	作業要因が少なくシンプルなこと	バルブ等の手動操作部の合理化	操作バルブ3台で運転可能
故障リスク	故障が少なく、調達が容易なこと	故障リスクがある電気製品は、通常即納可能な市販品とする	ろ過ポンプ、消毒用ポンプに採用
消耗品リスク	専用消耗材が必要量備蓄されていること	1週間に以上消耗品不足とならない量を、あらかじめ納入する	水200トン以上のろ過ができる消耗品を付属
ランニングコスト	訓練で頻繁に使用しても経済的負担が小さいこと	パウダーコーティング・フィルターのコスト明確化	標準3,000L処理して消耗品代100円程度 シャワー1人当たり2円程度
衛生管理	消毒剤の濃度管理	同時使用量が増減しても塩素濃度が一定にする	流量計と消毒剤注入ポンプの比例制御採用
環境負荷低減	廃棄物等の環境負荷が小さいこと	発生する廃棄物の精査	廃棄物は、天然素材のパウダーと補足した濁質のみで環境負荷ゼロ

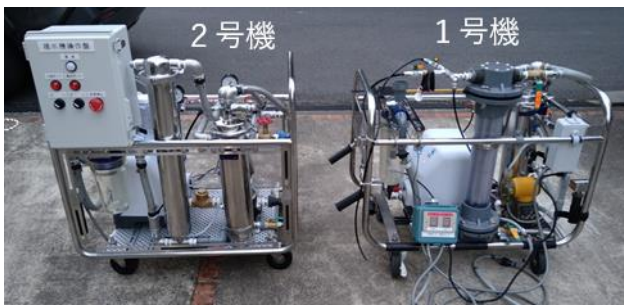


写真-1 試作2号機(左)と同1号機(右)

c)Phase3 2022 年後半～現在

実機を想定したプロトタイプ(3号機)製作～完成

Phase2 までの知見を反映し、モデル機となる3号機を自作した。

このプロトタイプ機の構成は図-11 の通りである。

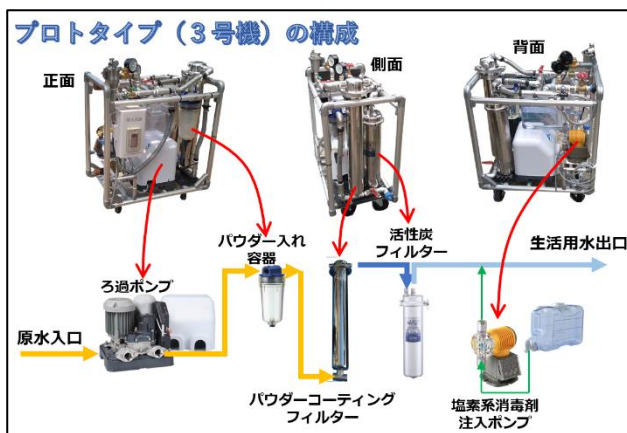


図-11 プロトタイプ(3号機)の構成

またポータブル発電機と簡易洗濯機と組み合わせた外観を写真-2 に示す。



写真-2 プロトタイプ機と周辺装置の組み合わせ例

4. 開発の達成状況

DIY 製プロトタイプ機の現状の到達点は以下の通りである。

(1) 特長

開発した装置の特長をまとめる。

- ・メインのパウダーコーティング・フィルターは、水処理最大手・栗田工業グループの製品を採用
- ・安全のためパウダーは食品添加物を採用
- ・最終ポイントに塩素系消毒剤を添加
- ・処理水量はシャワーノズル4口程度が同時使用可能な、1時間当たり最大2,000L/時
- ・取水部から使用先まで距離30～50m以上の送水が可能
- ・電源は100V-50/60Hz 兼用、最大600W 以下
ポータブル発電機やEV車・HV車からの給電も可能
- ・サイズ 幅70cm×奥行40cm×高さ90cm、50kg
- ・パウダー交換頻度：実績で1回あたり3,000L 処理程度
- ・消耗品のパウダーは、100回分を付属品納入24時間連続稼働で1週間以上の運転が可能
- ・活性炭カートリッジによるバックアップ対策(色・匂い等の除去)
- ・消耗品や故障時の交換部品等は、極力広く市販されており、災害時等にも入手が容易なものを採用

写真-3 にろ過の原水と処理水の様子、写真-4 に、車載状況と車載コンセントからの給電の例を示す。



写真-3 ろ過原水(左)とろ過処理水(右)



写真-4 車載の様子と車載コンセントからの給電

(2) 主な仕様

本装置の主な仕様を図-12 にまとめる。

最大処理水量：2,000L/時 (シャワー4口同時使用可能)
処理水質：(厚労省基準)浴槽水、プール水並み
送水距離：取水部～使用先 30～50m以上
電源：AC100V(50/60Hz) - 約600W
概算寸法：700L×400W×900H 装置体積 0.252m ³
輸送重量：約50kg
付属品 パウダー100回分 (24時間連続で1週間以上運転可能な回数分)
活性炭フィルター3本

図-12 主な仕様

5. 評価と現状の課題

(1) 医療の視点からの評価

災害時において、被災者が生活上で様々な感染症に感染するリスクは、被災直後から上昇する。時間経過とともに、患者発生数は増加する傾向がある(図-13)¹²⁾。

避難所などでの感染症の予防が、被災者の健康状態改善さらには死亡率(災害関連死)低下に寄与するといっても過言ではない¹²⁾。

例えば、2020年からのCOVID-19の国内流行を見ても、感染後年齢にかかわらず基礎疾患の重症化で死亡する事例も多数報告されている¹⁷⁾。

感染症を予防するには手指衛生、入浴、洗濯などでウイルスや細菌などを洗い流すことが一番の予防策となる¹²⁾。

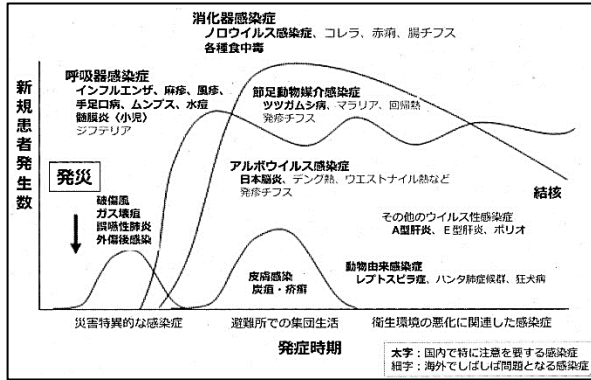


図-13 災害後に問題となる感染症と発症時期

災害発生時には、DMAT/自衛隊/消防/警察等による緊急救援活動が来るまで、被災者は避難所などで持ちこたえなければいけない(図-14)¹²⁾。



図-14 災害後のフェーズ(時期)と感染制御のための活動

DMATにかかわる医師たちの研究チームはすでに南海トラフ地震を想定したシミュレーション訓練を行っており、その研究チームによると、南海トラフ地震が起きた際にDMATチームは34%程しか災害地にチーム派遣ができないと警告を発している¹⁸⁾¹⁹⁾。

災害救援活動隊が来ることの出来ない避難所は、生活水を確保しなければならない。この時に「非常用生活用水浄化装置」を備えてあれば、災害発生直後から

プールの水などを避難所の生活用水に利用できる。このことは避難所の感染症対策に寄与することとなり、避難所生活の質を向上させることが期待できる。

避難所に生活用水浄化装置を備えることは、1つの有効な対策と考える。

(2) 現状の課題

本論文では、避難生活における生活水の供給に対して、水処理およびその電源の解決法を提案した。

現状の課題として、以下の解決に向けての取組みが必要と考えている。

- 避難所あるいは他の使用先において、用途や季節によりお湯のニーズは必須と考えている。

現状、多量の水を容易に加温するコンパクトな装置がないが、これについては生活用水加温に用いる非常用LPガス湯沸し器(可搬式)を実用化する目途がたった。

今後具体化してゆきたい。

- 経済性として、3,000L程度をろ過して消耗品コストが100円程度、シャワー1人(使用量50L)換算で約2円の目途がたったが、その利点を活かしてコストを気にせず防災訓練等で積極的に使って慣れることが、開発目的の一つである。

そのため様々な機会での周知活動を続けたい。

6. 結論

本研究では、被災地での生活用水を供給するために、2,000L/時の能力を有する装置および供給システムの開発を行った。

開発した装置は、本体容積が0.252m³、重量50kgという小型であり、また使用電力が100V-600W以下の運用機能性を有している。

7. おわりに

十分な生活用水、特に温水の供給は、不便な生活の解消のみならず、被災者の健康確保、ひいては災害関連死の低減、復興の早期化など、有効な一法と考えられる。

今回、災害時の避難生活における生活水のニーズに対する技術的提案を行った。

この装置の普及により、自衛隊の入浴支援・給水支援と両輪で被災地生活のQOLが向上することを切望する。

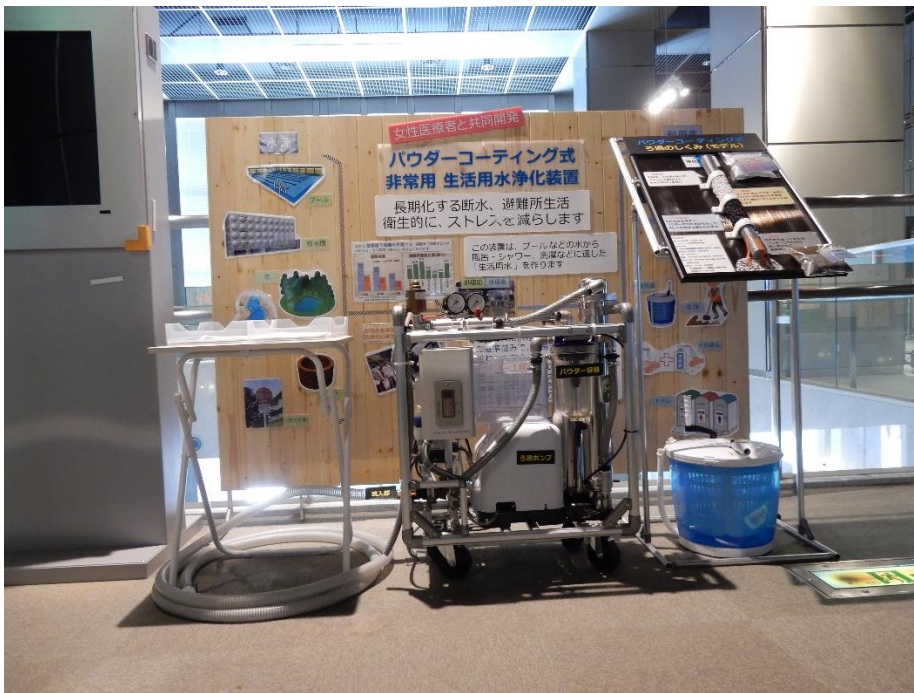
8. 謝辞

本開発を遂行するにあたり、多くのアドバイスをいただいたNPO法人貯水タンク防災ネットワーク(Chonet)、装置化に協力いただいたクリタック株式会社、ここに深謝の意を表します。

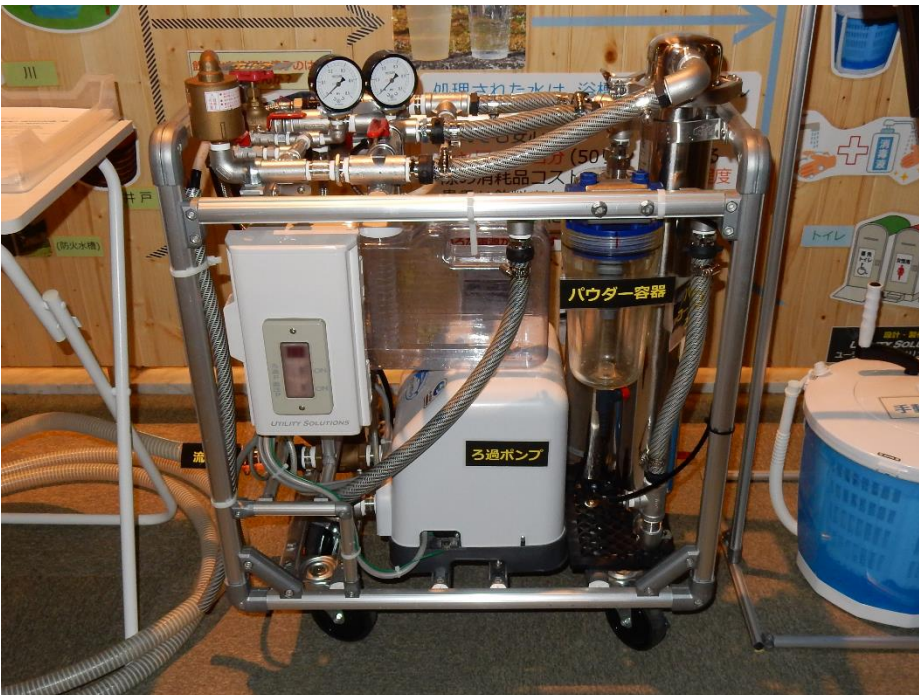
参考文献

- 1) 内閣府, 平成 28 年度避難所における被災者支援に関する事例等報告書, 2017. 4, p45
- 2) 国土交通省 近畿地方整備局 震災復興対策連絡会議, 阪神・淡路大震災の経験に学ぶ, 2002. 1, 第 2 章 1 図 7
<https://www.kkr.mlit.go.jp/plan/daishinsai/2.html>
(2023. 1. 2 閲覧)
- 3) 内閣府 (防災担当), 避難所における良好な生活環境の確保に向けた取組指針, 2013. 8, p12, p15
- 4) 令和 4 年度 防災白書 p84
- 5) 内閣府政策統括官 (防災担当), 南海トラフ巨大地震の被害想定について (再計算) ~施設等の被害, 2019. 6, p10, p12, p35
- 6) 東京都防災会議, 首都直下地震等による東京の被害想定報告書, 2022. 5
- 7) 中央防災会議 首都直下地震対策専門調査会, 首都直下地震対策専門調査会報告, 2005. 7
- 8) 内閣府防災情報, 避難者に係る対策の参考資料, p3, p193
- 9) 防衛省自衛隊 HP, 入浴支援で活動で活躍する部隊,
https://www.mod.go.jp/j/approach/defense/saigai/saigai_item/nyu.html (2023. 1. 2 閲覧)
- 10) Public Relations Office of the Government of Japan HP, 被災者の心身に安息もたらす自衛隊の入浴支援,
https://www.government.go.jp/eng/publicity/book/hlj/html/201903/201903_05_jp.html (2023. 1. 2 閲覧)
- 11) 総務省行政評価局, 自衛隊の災害派遣に関する実態調査 - 自然災害への対応を中心として - 結果報告書, 2022. 3, p48
- 12) アドホック委員会:被災地における感染症対策に関する検討委員会報告, 大規模自然災害の被災地における感染制御マネージメントの手引き, 一般社団法人日本環境感染症学会, S1-77, 2014
- 13) 石澤 太市, 入浴法および入浴習慣が心身に及ぼす影響に関する研究, 金沢大学大学院博論, pp. 1-67, 2014
- 14) 内閣府, 災害関連死事例集, 本編,
https://www.bousai.go.jp/taisaku/hisaisyagousei/pdf/jirei_01.pdf (2023. 1. 2 閲覧)
- 15) 中川武子, 東日本大震災被災自治体における遺体対応関連業務に, 自治体学, 33, Vol. 2, 51-56p, 2020
- 16) 大野木恵子, チーム医療の質的向上を目指したシミュレーション教育の効果—ノンテクニカルスキルの視点から—, 東京医科大学雑誌, 77, Vol. 1, 77p, 2019
- 17) 2022. 9. 7 新型コロナウイルス感染症対策 アドバイザリーボード資料 3-9, COVID-19 レジストリに基づく死亡事例の分析
<https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000987073.pdf>
(2023. 1. 2 閲覧)
- 18) Hideaki Anan, Investigation of Japan Disaster Medical Assistance Team response guidelines assuming catastrophic damage from a Nankai Trough earthquake, Acute Medicine & Surgery, Vol. 4, pp. 300-305, 2017
- 19) NHK ニュース「ヒーローは助けに出来ない 南海トラフ地震 医師からの警告」2022. 12. 22 放送
<https://www3.nhk.or.jp/news/html/20221220/k10013927421000.html> (2023. 1. 2 閲覧)

神奈川県 暮らし安全防災局
総合防災センター 展示品



展示ブース 全景



「非常用生活用水
浄化装置」外観