

令和5年度 浄化槽トップセミナー鹿児島

2024年1月19日 @ホテル自治会館

## 浄化槽の特長を活かした 避難所トイレシステムの提案

---



東洋大学 理工学部 都市環境デザイン学科

水環境システム研究室 教授 山崎宏史

---

# 東日本大震災における避難状況



岩手県陸前高田市で最大の避難所  
市立第一中学校の体育館  
(2011年3月18日)

地震で交通機関がストップし歩道に  
あふれる人たち  
(2011年3月11日、東京都千代田区)



# 避難所のトイレ



避難所におけるトイレのこと 考えたことありますか？

# 避難所



## 避難場所

一時的に難を逃れる  
緊急時の場所

全国に約8万2千施設



## 避難所

(本講演の主な対象)

被災者が  
一定期間生活する場所  
(学校教育施設・集会場等)

# 避難所における生活環境の整備等

- 災害対策基本法の一部改正（抜粋）（平成25年6月21日公布）

## （避難所における生活環境の整備等）

### 第86条の六

災害応急対策責任者は、災害が発生したときは、（中略）  
遅滞なく、避難所を供与するとともに、当該避難所に係る  
必要な安全性及び良好な居住性の確保、（中略）  
避難所に滞在する被災者の  
生活環境の整備に必要な措置を  
講ずるよう努めなければならない。



避難所（本講演の主な対象）  
被災者が一定期間生活する場所

# 災害時における避難所のトイレ問題



流せなくなった水洗トイレ  
2018年 西日本豪雨



入口を閉鎖した避難所トイレ  
2016年 熊本地震



水洗機能を失った和便器  
2011年 東日本大震災

発災 → 水洗トイレの機能不全 → 排泄物処理滞り

- ・ 排泄物による感染症、害虫の発生
  - ・ 排泄我慢のため、水分や食品摂取を控える
- 栄養状態の悪化や脱水症状、静脈血栓塞栓症等  
健康被害を生じる

# 災害時における避難所のトイレ問題

## ● 東日本大震災における避難所トイレシステムの状況※

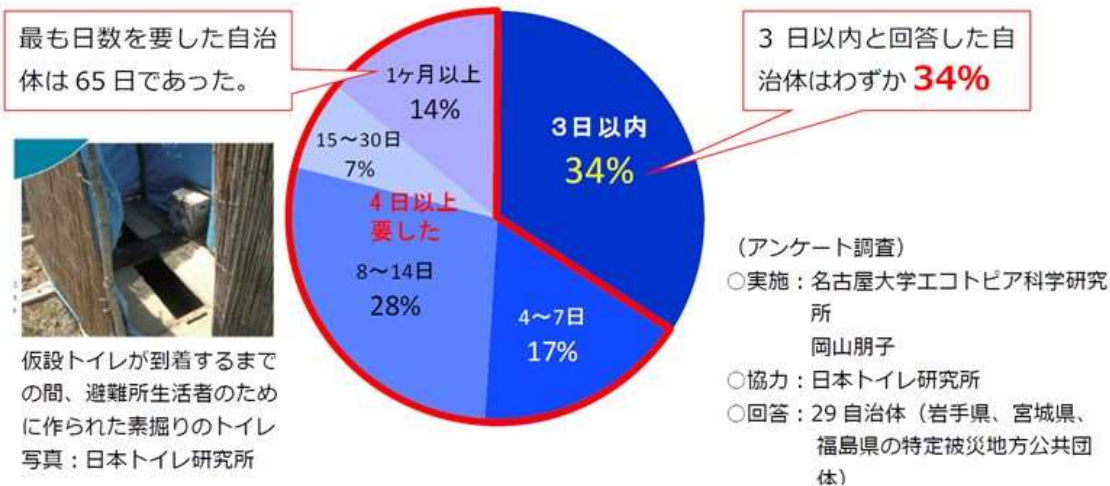
- ・仮設トイレ手配の混乱
- ・道路の途絶
- ・し尿処理場の被災
- ・バキュームカー手配の混乱

- ① 仮設トイレ設置の滞り
- ② し尿汲み取りの滞り

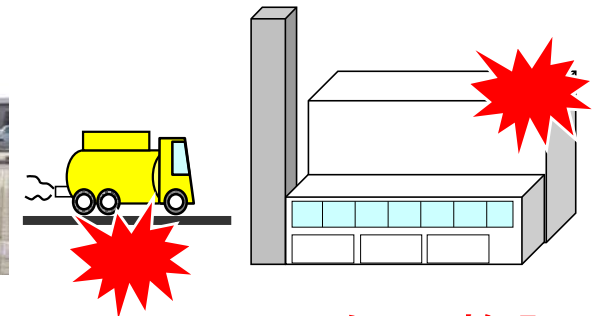


仮設トイレが設置されても  
使用不可

仮設トイレが来ない～仮設トイレが被災地の避難所に行き渡るまでに要した日数～



仮設トイレ



し尿処理施設

内閣府：避難所におけるトイレの確保・管理ガイドライン(令和4年4月改定)

平成25年度推進費「防災・減災を志向した分散型浄化槽システムの構築」東北被災3県調査結果

# 大規模災害発生時における避難所トイレシステムの課題

## ● 体制づくり

(前略)市町村内においては、浄化槽・し尿処理担当及び下水道担当等を中心に、防災担当や保健担当等の関係各課で平時から協力してトイレ対策を検討するとともに、発災時には「避難所に清潔なトイレ環境を提供すること」を目的とした部局横断的な情報の共有・対応が取れるような体制を確立すべきである。



# 大規模災害発生時における避難所トイレシステムの課題

## ● 計画づくり

災害時のトイレを確保するためには、**平時に災害時に起こりうる事態を具体的に想定し、携帯トイレ等の備蓄、マンホールトイレ等の整備の推進や、災害時にトイレを調達するための手段の確立等、計画的に実施することが求められる。(後略)**

# 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

(内閣府、平成25年8月)

## 第1 平常時における対応

### 2 避難所の指定

### 4 避難所における備蓄

- ・仮設トイレ、自家発電装置、非常用発電機等の備蓄の検討
- ・トイレ等の生活用水の確保

どの程度必要なのか？  
どの様に確保するのか？

## 第2 発災後における対応

### 1 避難所運営等の基本方針

- ・フェーズの移行につれ重要度が増してくる事項等の整理・対応

### 2. 避難所の設置と機能整備

- ・避難の長期化、道路の途絶の想定

### 8. 衛生・巡回診療・保健

- ・避難所内の感染症の予防・衛生環境の改善

避難所に求められる具体的な設備や各種算定方法に関する記述の不足

# 浄化槽を活用した避難所トイレシステムの提案

---

- 基本コンセプト

災害時避難所となる施設において

平時より効率的に活用でき、災害時でも使用できる

避難所仕様トイレ浄化槽システムを提案

# 避難所のトイレ ～既設トイレの活用～

## ● 既設トイレの活用

平時に使用している既設トイレが使用できれば、トイレの個数を確保しやすくなるとともに、(中略)避難者に提供(開放)することが可能なトイレの選択等、災害時の既設トイレの活用について、施設管理者等と協力して事前に把握する必要がある。(中略)

また、高齢者や障害者等にとっては、(中略)既設トイレを洋式便器化していくことが望ましい。(中略)災害時の水使用の観点から、節水型に置き換えていくことを推進すべきである。

# 避難所に求められるトイレ

## ● 必要トイレ個数

災害発生当初 50人に 1個

避難長期化 20人に 1個

## ● トイレ種別

節水型洋式トイレ

## ● 男女トイレ比

男 : 女 = 1 : 3

携帯トイレ、簡易トイレ、仮設トイレ、マンホールトイレ等との併用も検討



携帯トイレ  
(保管・回収)



簡易トイレ  
(保管・回収)



仮設トイレ  
(汲み取り)

# 避難所におけるトイレ洗浄水

## 水使用量の削減

避難所では  
トイレ排水が主体

➡ 節水トイレの導入



一般的な排泄回数  
平均 6.5 回/日 程度

➡ 節水トイレ導入 約43%削減

	既存ストック 洗浄水量 (L/人・日)	節水トイレ 洗浄水量 (L/人・日)	節水率 (%)
大	11.0	6.5	—
小	48.0	27.0	—
計	59.0	33.5	43.2

## 再利用水の基準

	建築物衛生法	
	排水再利用水 (し尿を含む排水を原水とする) の水質基準	排水再利用水 (し尿を含まない) の水質基準
用途	便所(便器) 洗浄水	散水用水、水景用水、清掃用水
pH	5.8~8.6	
臭気	異常でないこと	
外観	ほとんど無色透明であること	
大腸菌	検出されないこと	
遊離残留塩素 (結合残留塩素)	給水栓で 0.1 mg/L 以上 (0.4 mg/L 以上)	

排水処理・消毒等により  
大腸菌を不検出にする必要がある

# 東日本大震災における浄化槽の被害状況

環境省被害状況調査(2011年4~6月)

調査対象	損傷無し	応急修理	全損	調査基数
全施設	71.6%	24.6%	3.8%	1,099
津波浸水地区	44.6%	52.9%	2.5%	278
非浸水地域	80.8%	14.9%	4.3%	821

※損傷無し:被災直後の補修を含んでいる

影響は局所的・限定的 → 分散型システム浄化槽の利点



地震



津波



液状化

# 避難所浄化槽の耐震化 … 耐震補強・浮上防止対策方法

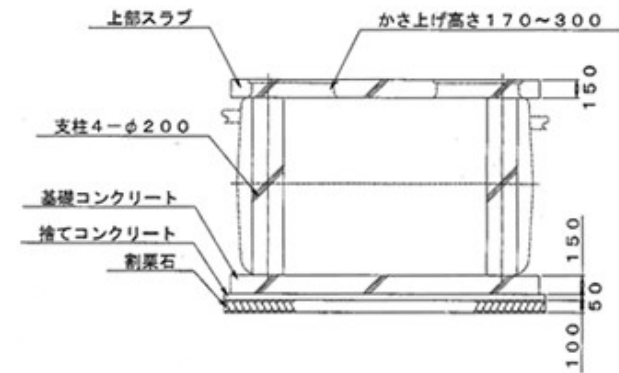
- 災害時の被害最小化のための浄化槽構造の検討
  - 構造：躯体、隔壁、消毒筒、マンホール等
  - 施工：掘削、埋め戻し、スラブ、支柱、配管接続等



躯体・支持具の強化



可とう管

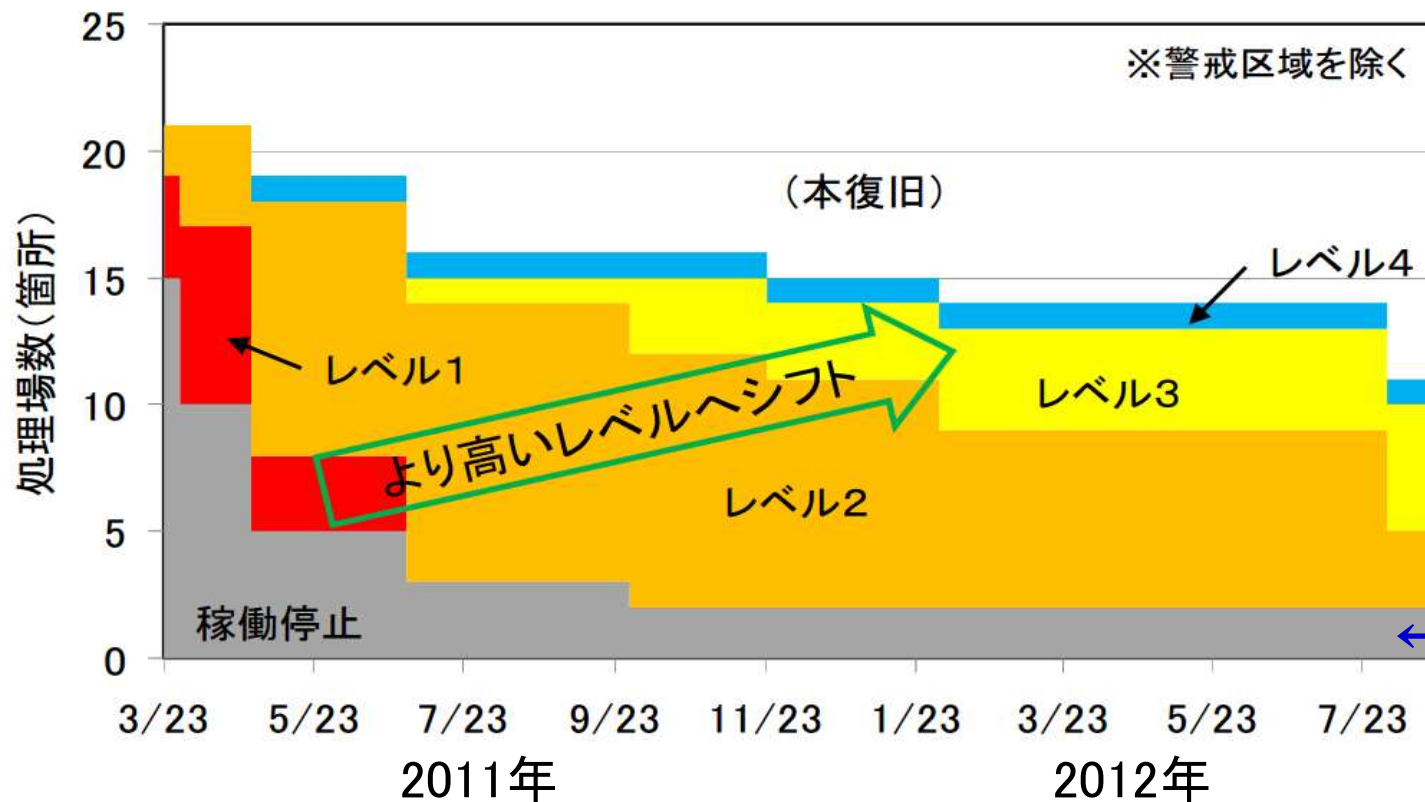


支柱工事

浄化槽の耐震構造や耐震施工方法に関する検討が必要



# 下水処理場における応急対応レベルの推移



石巻東部浄化センター

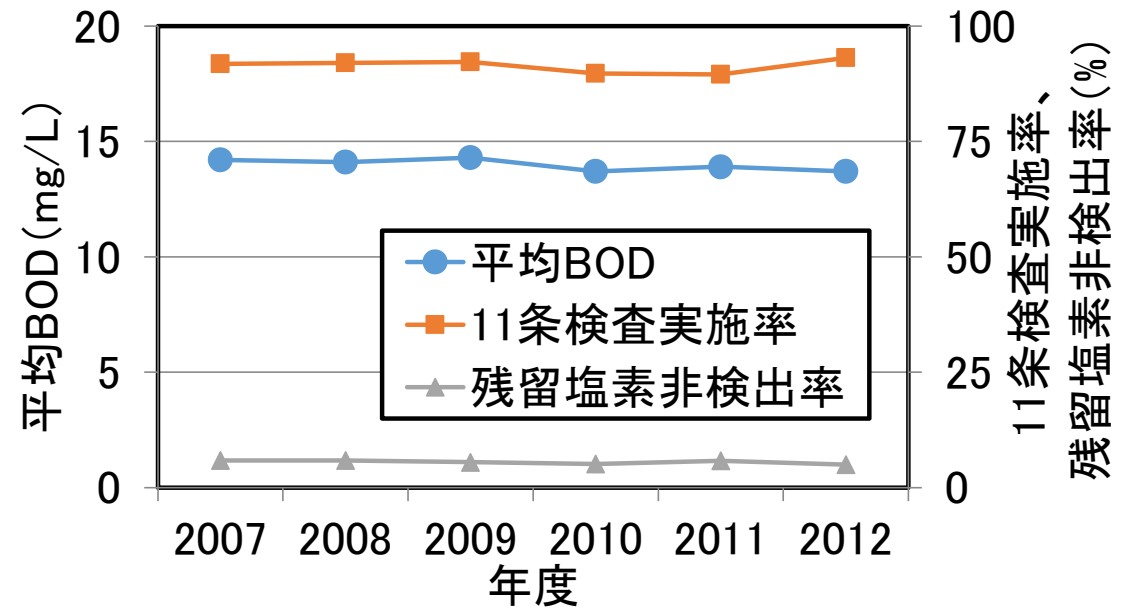
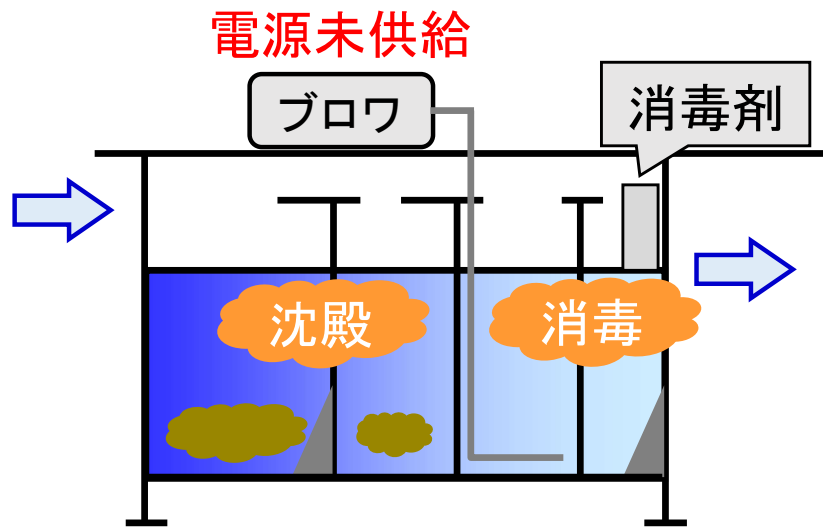
71.6万人

←南蒲生処理場  
供用開始

2015年度末

応急対応のレベル	処理方法	放流BOD(mg/L)
レベル1	消毒のみ	—
レベル2	沈殿+消毒	120
レベル3	生物処理+沈殿+消毒	40~100
レベル4	通常の処理	15

# 浄化槽の特長 沈殿+消毒機能の維持と処理機能の早期回復



震災前後の浄化槽の法定検査(11条)結果

ブロワ停止時においても  
沈殿+消毒機能を維持  
(応急対応レベル2に相当)

東日本大震災前後で  
処理水質に顕著な差はない

ブロワ運転再開後 処理機能復旧

# 浄化槽の特長を活かした避難所トイレシステムの提案

- 避難所において災害に強い分散型インフラを組み合わせる

再生可能エネルギー



強靱な浄化槽

堅牢で、被災時でも水洗トイレ利用や衛生環境を維持する  
避難所での活用を想定した避難所仕様浄化槽の検討

- 浄化槽台帳と被害把握システム、浄化槽ネットワークの連携

浄化槽台帳



浄化槽被害状況把握システム



し尿・汚泥輸送ネットワークモデル

公衆衛生を維持するとともに、浄化槽の被害状況を迅速に  
把握し、早期復旧復興を促す浄化槽ネットワークが必要

# 災害時に設ける合併処理浄化槽等の建築基準法上の 取り扱いについて

---

- 災害時に設ける合併処理浄化槽等の建築基準法上の取り扱いについて(通知)(抜粋) (国土交通省住宅局建築指導課、平成29年3月)

## 記

(中略)

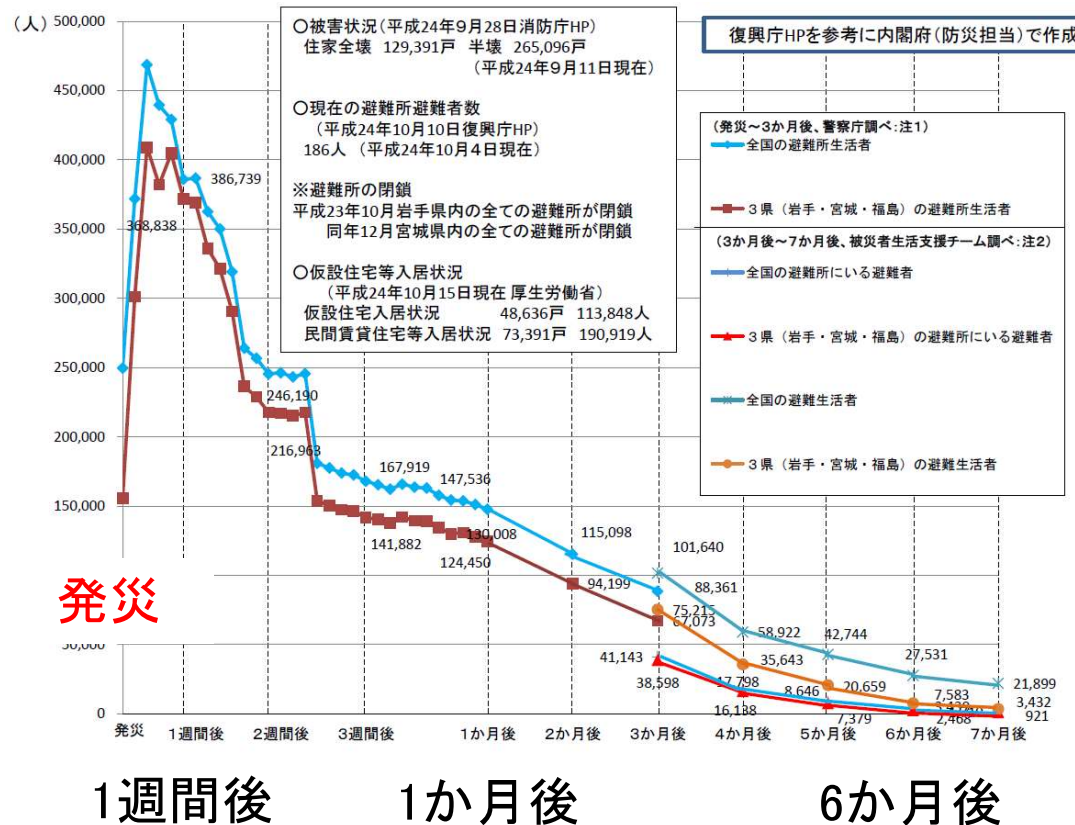
3. 避難所等において災害時に合併処理浄化槽を使用する場合には、**避難所の想定収容能力※に応じた槽を設けることとし、当該槽の汚物処理能力を超えないように配慮すること。**

※ 避難所の想定収容能力:各避難所において想定

# 避難者数の推移

## 避難所の想定収容能力※

フェーズ	災害発生当初(①)	長期化(②)
収容人数	1人当たり 3.5m <sup>2</sup>	1人当たり 8.0m <sup>2</sup>



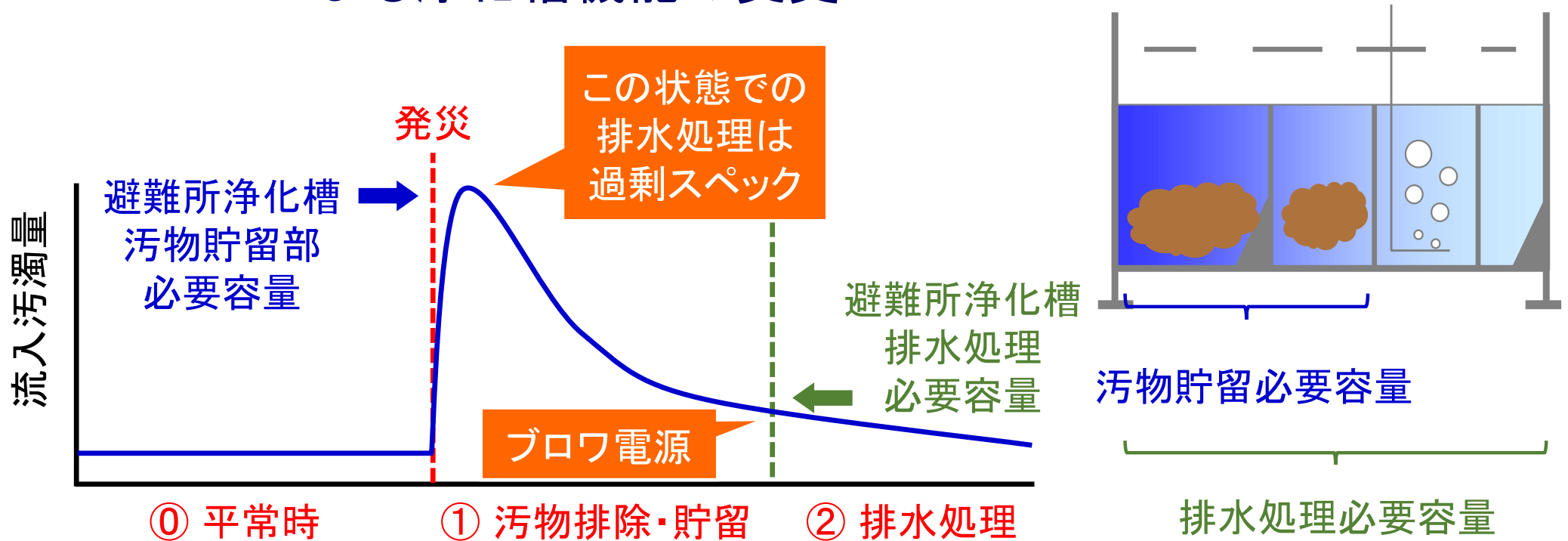
**発災後1週間がピーク その後 緩やかに減少も6カ月継続**

内閣府:避難所におけるトイレの確保管理ガイドライン(令和4年4月改定)

内閣府防災情報 [https://www.bousai.go.jp/taisaku/hinanjo/h24\\_kentoukai/1/pdf/8.pdf](https://www.bousai.go.jp/taisaku/hinanjo/h24_kentoukai/1/pdf/8.pdf)

# 避難所における浄化槽利用状況のシナリオ

## ● フェーズによる浄化槽機能の変更



フェーズ	災害発生当初(①)	長期化(②)
必要トイレ个数	50人に1個 (携帯トイレ、簡易トイレ、 仮設トイレ等と併用)	20人に1個
収容人数	1人当たり 3.5m <sup>2</sup>	1人当たり 8.0m <sup>2</sup>
浄化槽の機能	汚物排除・貯留 / 消毒	排水処理

# 避難所仕様トイレ浄化槽システム 仕様の提案

道路途絶・補給なしに対応  
(通常時の効率化運転)

自立・分散型  
エネルギー

避難所

浸水時に対応

臭突管

避難所仕様浄化槽

太陽光  
発電

太陽光  
発電

省エネ運転に対応  
(通常時の効率化運転)

浮上防止に対応  
耐震補強

道路途絶・  
補給なしに対応

節水トイレ

省エネブロワ  
(並列運転)

支柱・根巻  
コンクリート

消毒剤  
貯留量増加

その他 1個/50人  
(手洗い等) 男:女=1:3

省エネブロワ  
(並列運転)

1人/3.5 m<sup>2</sup> (8 m<sup>2</sup>)

井戸水

浄化槽  
複数分散設置

浮上防止

水道途絶に対応  
(通常時の効率化運転)

通常時

- ・ 維持管理頻度 高  
(消毒剤の補充)
- ・ 清掃頻度 高

道路途絶・補給なしに対応

沈殿分離  
接触ばっ気法

が望ましい

肉厚増し  
耐震補強

逆止弁管  
洪水に対応

可とう管

多少のズレに対応

浮上防止・省エネ運転に対応

**b** 蓄電池

**P** 井戸水ポンプ

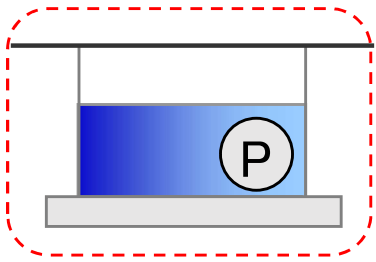
**B** 省エネブロワ

# 避難所仕様トイレ浄化槽システム 仕様の提案

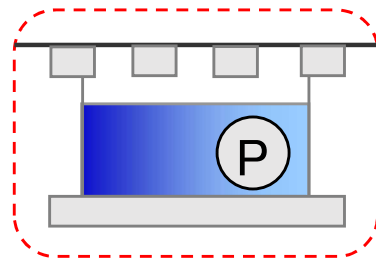
- トイレ洗浄水の確保  
トイレ洗浄水(井戸水等)を自立分散型で確保する
- 自立分散型電源の確保  
ポンプ・ブロワの動作に必要な電源を自立分散型(太陽光発電等)で確保する
- 浄化槽の設計  
想定収容人員を元に、災害発生当初、汚物を貯留できる容量を確保する
- 水位変動の少ない浄化槽  
沈殿分離タイプ等、水位変動が少ない浄化槽により浮上し難い構造とする
- 浮上し難く多少のズレでも使用可能な構造・施工  
支柱施工や可とう管等により、浮上し難く多少のズレでも使用可能な構造とする
- 低負荷への対応  
平時、低負荷となることも予想されるため、省エネブロワを分割設置する
- 土砂・雨水の流入防止・逆流防止  
豪雨時における土砂・雨水の流入や逆流を防ぐ構造とする(臭突管も設置)
- 維持管理  
平時より、維持管理頻度を高め、貯留汚泥を少なく、塩素補充を確実に行う



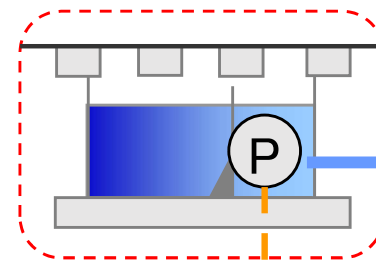
# 避難所トイレ浄化槽システム 設備の多様性



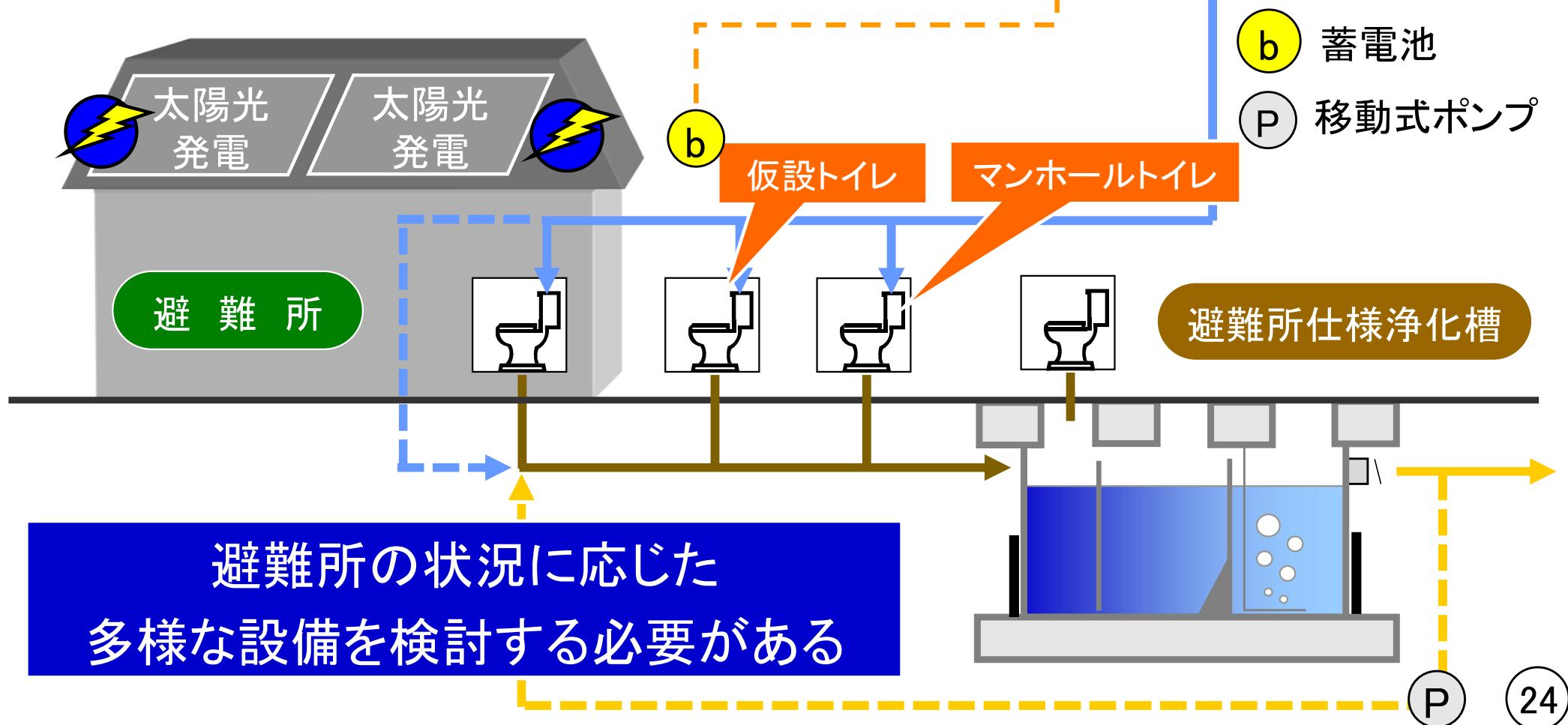
プール



貯水槽(雨水貯留タンク) 単独処理浄化槽再利用  
雨水貯留タンク

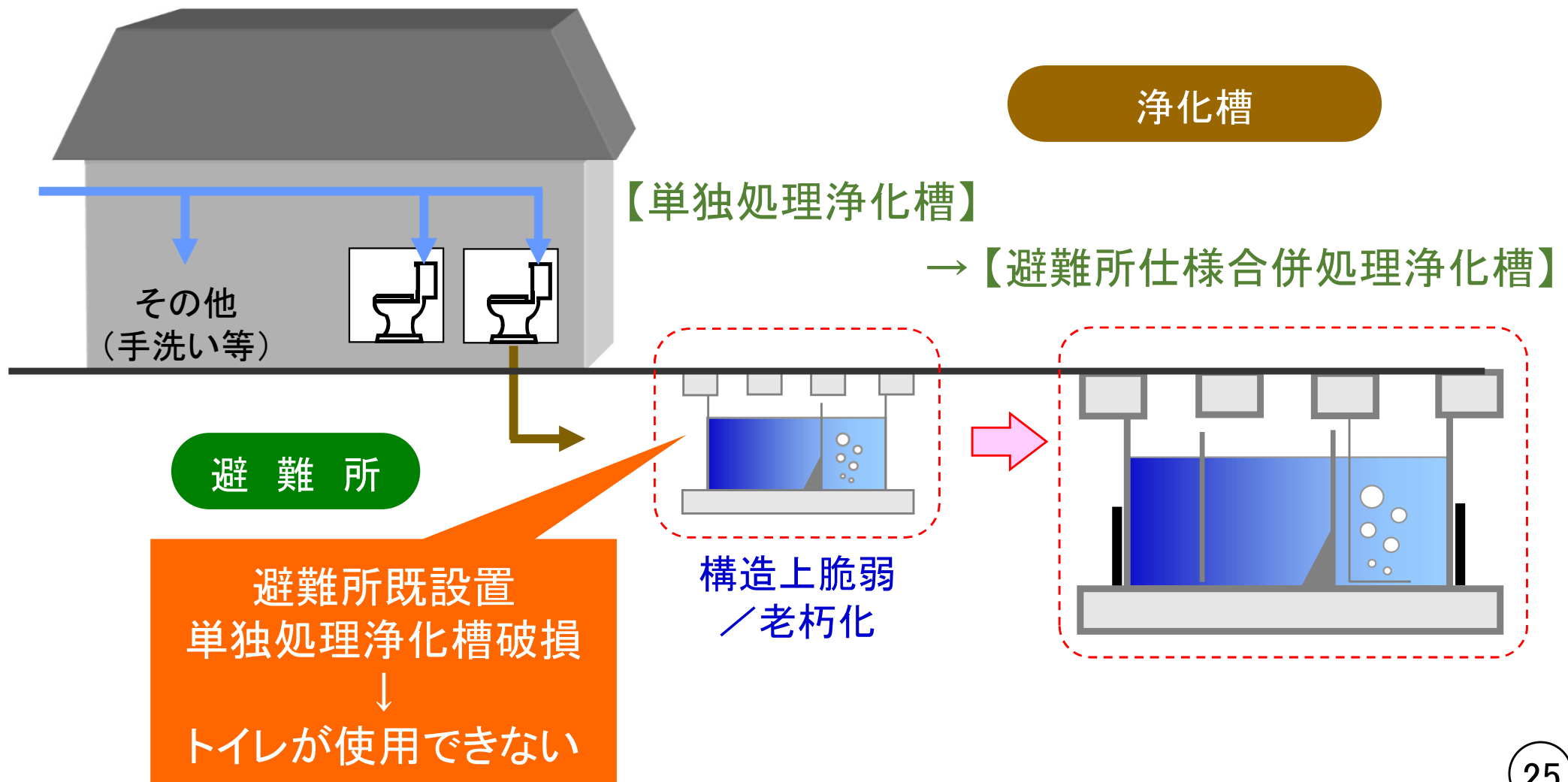


※浮上防止対策/漏水対策等が取られていること



# 単独処理浄化槽から避難所仕様合併処理浄化槽への転換

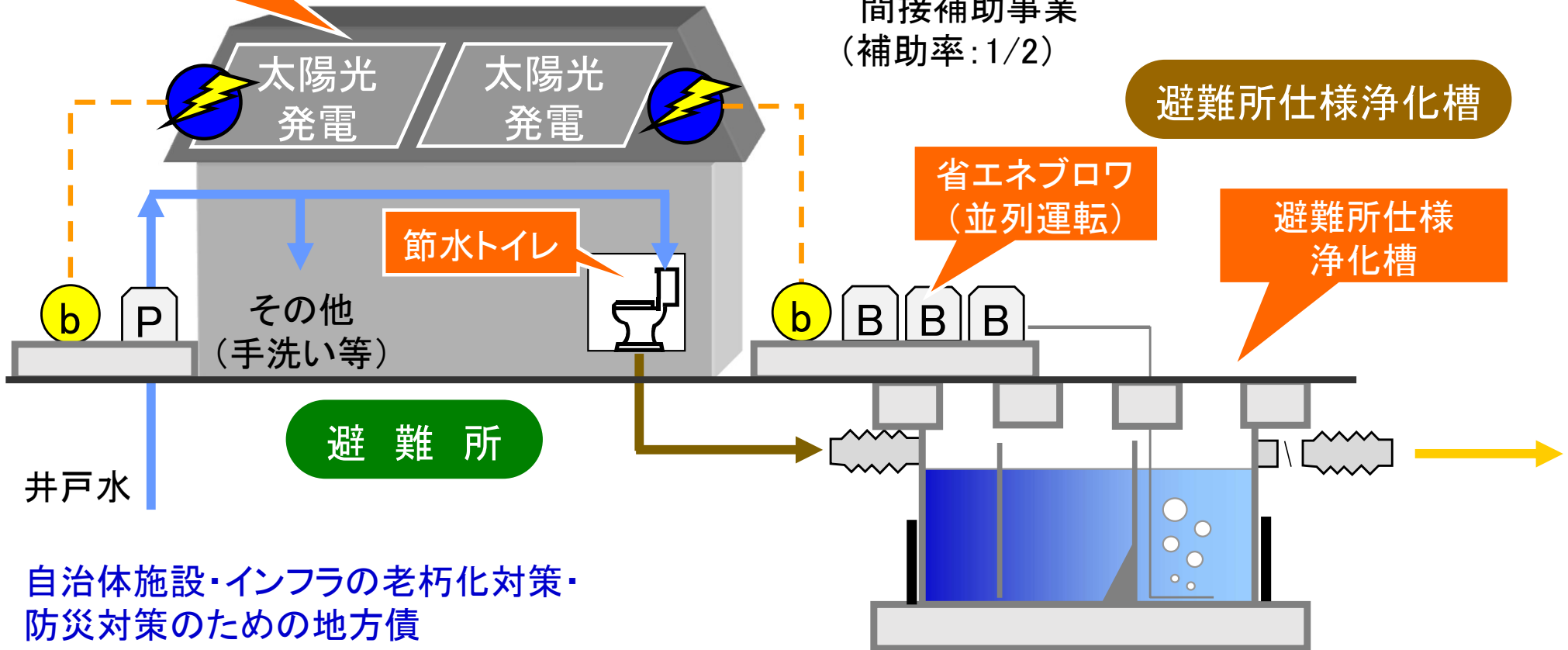
- 地方公共団体が所有する単独処理浄化槽全国約4万基(令和2年度末)  
その内、避難所の中心となる学校教育施設・集会場等施設約1.5万基  
→ 避難所仕様合併処理浄化槽への転換必要



# 避難所仕様トイレ浄化槽システムに係る様々な補助金

地域レジリエンス・脱炭素化を同時実現する  
公共施設への自立・分散型エネルギー設備等  
導入推進事業  
(補助率1/3、1/2又は2/3)

自立・分散型  
エネルギー



浄化槽システムの脱炭素化推進事業

- ②既設の中大型合併処理浄化槽から先進的省エネ型浄化槽への交換
- ③中大型合併処理浄化槽への再エネ設備の導入再エネ設備 (太陽光発電・蓄電池等) の導入を支援する間接補助事業 (補助率:1/2)

自治体施設・インフラの老朽化対策・  
防災対策のための地方債

学校施設環境改善交付金

- 大規模改造トイレ改修 (1/3)
- 太陽光発電等設置 (1/3)

# 災害時における迅速な被害状況把握システムの構築

- 災害時の浄化槽被害等対策マニュアル第3版（環境省）

- 〔 ・被災浄化槽使用の可否判断基準
- 〔 ・緊急時の連絡体制

- 浄化槽専門業者が現地に行けない可能性

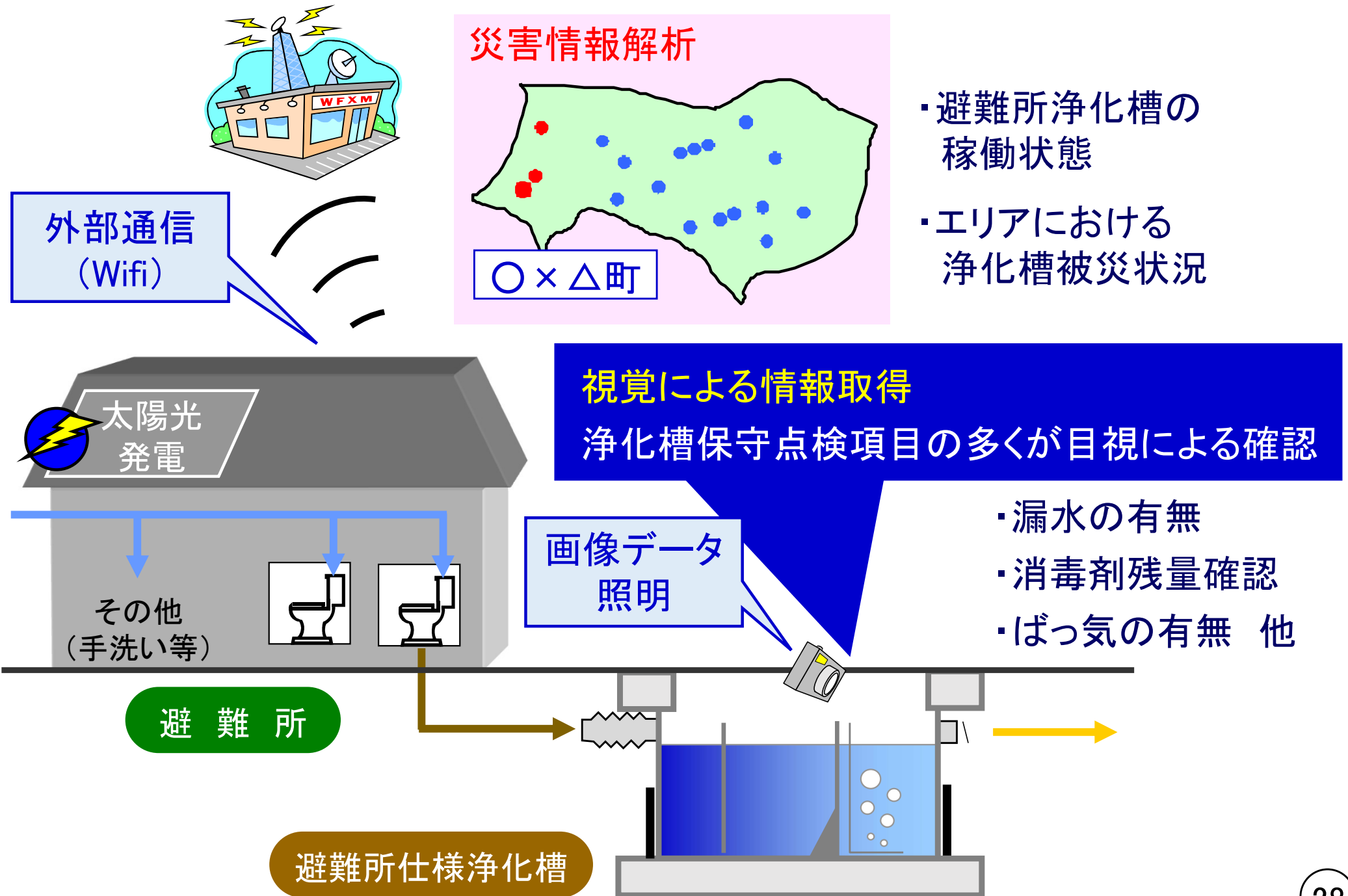
- 〔 ・道路の途絶
- 〔 ・被害の広域化による浄化槽技術者の不足
- 〔 ・現地に行く自動車のガソリン不足 等

- 浄化槽の被害状況を迅速に把握するツールがない

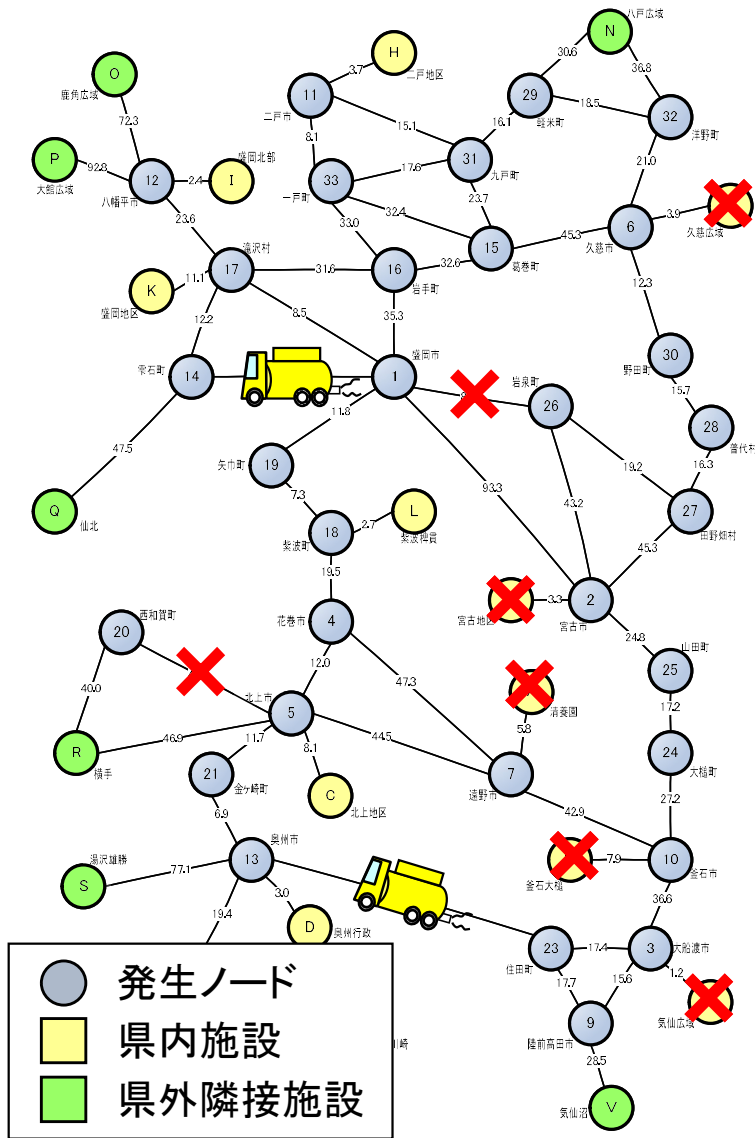
- 遠隔モニタリングシステムによる迅速・自動的な判断

- 浄化槽被災状況の迅速な把握 → 業者・行政への伝達

# 災害時における迅速な被害状況把握システムの構築



# 被災時を想定した体制づくり・計画づくり



## 災害時のし尿・汚泥 搬送モデルの構築

- 災害の種類、規模、被災施設、地域の状況等により 対応の仕方が異なる
- 各施設/道路の被害状況を迅速に把握
- 仮設トイレを誰が、どの様に準備する？
- 浄化槽の維持管理は誰がするのか？
- し尿・汚泥の搬送等に関する想定  
 (災害時のし尿・汚泥搬送モデルの構築)



## 被災時を想定した体制づくり・計画づくり (災害協定の締結)

# 災害時に設ける合併処理浄化槽等の建築基準法上の 取り扱いについて

---

- 災害時に設ける合併処理浄化槽等の建築基準法上の取り扱いについて(通知)(抜粋) (国土交通省住宅局建築指導課、平成29年3月)

## 記

(中略)

2. (中略)災害時の利用を想定しつつ、通常時は公共下水道に放流することを前提に、**下水道処理区域内の避難所等の建築物にあらかじめ合併処理浄化槽を設けることも可能**である。

