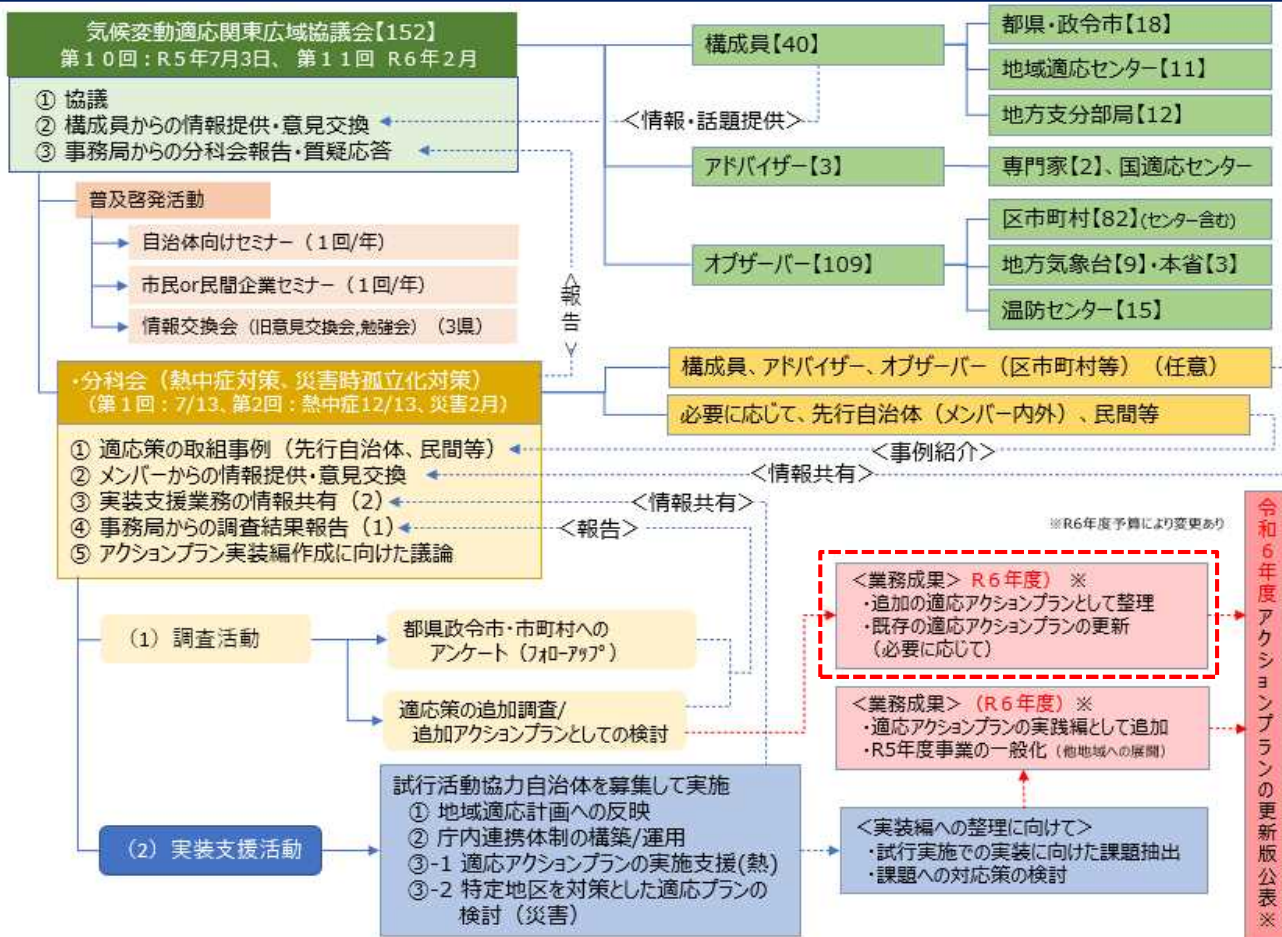


災害時孤立対策分科会 R6年度活動（中間）報告

2024年7月25日

関東地方環境事務所
みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社

1. 気候変動適応アクションプランの整理状況（災害）



<参考> 新たな適応アクションの調査方針（令和5年度資料より）

- 以下に示す4つの要件を踏まえ新たな適応アクションの追加に向けた文献調査を実施。4つの要件を満たした事例のうち、3つの事例についてヒアリング調査を実施し、情報の拡充を図った。

文献調査

（国土強靱化に向けた取組集、災害対策に係る事例集、その他インターネット情報より調査）



特に「電気、熱・ガス、水道」について重点的に調査

4つの要件

1. 気象災害（外水、内水、高波・高潮、雪崩など）に対する取組
2. ライフライン途絶の発生を防ぐ取組、またはライフライン復旧に向けた取組、またはライフライン途絶が起こった後ライフライン復旧まで生活するための取組
3. 地方自治体（主に環境部局）との関わりがある取組
4. 平時の活用や脱炭素とのシナジーがみられる取組

※調査事例ごとに上記の要件を満たしているが「○」「△」「×」のいずれかで判定し、全ての観点で「○」もしくは「△」であった事例について、個別に取組内容を整理した。

ヒアリング調査

（取組についての詳細情報、自治体との連携、災害対策としての普及に向けた展望等についてヒアリングを実施）

ヒアリング実施先

- ☆ Aqua Power Energy株式会社
（令和5年11月29日（水）実施）
- ☆ LINEヤフー株式会社
（令和5年12月7日（木）実施）
- ☆ WOTA株式会社
（令和5年12月22日（金）実施）

追加候補となる適応アクション一覧

- これまでに調査した適応アクションについて、4つの要件を満たしたものを以下の表に整理した。
- 調査した事例のうち、□で示す事例についてはアクションプランフォーマットにて整理した。

分類	事例	概要	気象災害	ライフライン	自治体関連	平時活用等
電気	ソーラーカーポート(駐車場活用)	・環境省は、カーポートの屋根として太陽光発電パネルを用いるもの、またはカーポートの屋根上に太陽光発電パネルを設置するものに対して補助金支給。発電量の50%以上をオンサイトで自家消費することが要件の一つ。 ・岡山県では、ソーラーカーポートを含む自家消費型太陽光発電事業に補助金支給。	△	○	△	○
電気	おひさまおすそ分けプロジェクト	・(株)横浜環境デザインと(株)太陽住建は、平時に太陽光でつくった電気を蓄電池やモバイルバッテリーに貯めておき、災害時には近隣の人に“おすそ分け”することを条件としたPPA事業を開始、令和3年より稼働開始。 ・コンセプトに賛同・協力する施設所有者を「おひさまおすそ分けスポット」として登録。	△	○	△	○
電気	水発電機「AQUENOUS」	・令和元年10月、Aqua Power Energy株式会社は塩水を入れるだけで発電することができる発電機「AQUENEUS」を販売開始。同製品は、塩水とマグネシウムカートリッジの交換で繰り返し何度でも発電可能。 ・全国の避難所等にて導入が進んでおり、令和元年東日本台風の際には千葉県内の避難所において非常用電源として活用された	△	○	△	△
熱・ガス	雪氷熱・地中熱利用による冷暖房	・冬季に降り積もった雪や冷たい外気によって凍結した氷などを冷熱源として夏季まで保存し、居室の冷房や農作物の冷蔵に利用するシステムがある。 ・災害時の運用を考慮した場合、熱交換機や送風機を用いるシステムの場合は、設備稼働に向けて電力を供給するための太陽光発電設備や蓄電池等の設置が必要となる。	△	△	△	○
水	水再生システムWOTA BOX	・令和元年11月、WOTA株式会社は、水再生循環システムによって、使用した水を繰り返し利用可能にする製品「WOTA BOX」を販売開始。製品導入により、100Lの水で約100回のシャワー入浴を可能とする。 ・23自治体、120か所の避難所における活用実績がある。稼働には電力が必要、給湯にあたっては灯油が必要。	△	○	△	○
その他（ライフライン途絶情報）	東京都水道局アプリ	・令和4年10月、東京都水道局は都政の構造改革（シン・トセイ）の各局リーディング・プロジェクトの一環として、「東京都水道局アプリ」の運用を開始。アプリ画面で災害時給水ステーションの位置及び非常時における開設状況を確認できる。	△	○	△	○
その他（ライフライン途絶情報）	Yahoo!防災速報アプリ ライフライン情報	・LINEヤフー株式会社は、自治体との災害協定締結を推進。自治体は、協定締結によりライフライン情報を含めた防災情報について「Yahoo!防災速報アプリ」等を介して発信可能。 ・令和3年3月、同アプリにユーザー同士によるライフライン途絶情報（電気、ガス、水道）の共有が出来る災害マップを追加。	△	○	△	○
その他（既存施設の防災機能強化）	在宅避難の手引き	・避難所のキャパシティには上限があるため、港区や台東区では、在宅避難の手引書を作成。発災前のライフライン途絶を想定した対策の他、発災後の対応などを掲載。 ・倒壊の可能性の低い都市部の高層マンション等における浸水等を想定。	○	△	△	△

図：4つの要件を満たした事例



農村地域

漁村地域

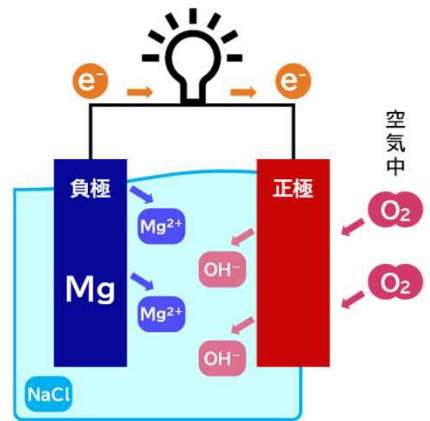
都市地域

塩水から電気を創る発電機

● 適応アクションの目的・概要等 ●

災害時の停電に備え、非常用電源として発電機を備えておくことは重要です。しかし、平時の整備が不十分で災害時に発電機が作動しなかったり●、ガソリンや軽油を用いた携帯型発電機の誤った使用により一酸化炭素中毒による死亡事故が発生したり●もしています。

災害時に水と塩分を用意するだけで発電できる電池があります。一般的にはマグネシウム空気電池と呼ばれ、燃料電池の一種です。マグネシウムの金属板を負極とし、空気中の酸素を取り込んで正極として化学反応を起こし、発電します(右図)。一般的な化石燃料を用いた発電機に比べ、水と塩分が材料であるため排気ほとんどなく、駆動音もしないため、都市地域の集合住宅等でも使用可能です。



マグネシウム空気電池の発電の仕組み
 負極: $Mg \rightarrow Mg^{2+} + 2e^{-}$
 正極: $1/2O_2 + H_2O + 2e^{-} \rightarrow 2OH^{-}$

マグネシウム空気電池を用いた製品は既に商品化され、手元を照らす程度の小規模のものから、最大700Wで連続72時間発電可能な大規模の発電機まで、様々な製品が市販されています。使い切りの製品のほか、マグネシウムカートリッジを交換することで繰り返し使える製品もあります。

化石燃料を用いないため発電時にCO₂を排出せず、また使用後に有害物質も出ないため、環境への負荷が低い点も大きな特徴です。

自助	個人で行う適応アクション ・マグネシウム空気電池を用いた発電機の用意 等
共助	地域や企業などが行う適応アクション ・地域や事業所におけるマグネシウム空気電池を用いた発電機の用意 等
公助	行政が行う適応アクション ・公共施設や避難所等へのマグネシウム空気電池を用いた発電機の用意 ・マグネシウム空気電池を用いた発電機への助成 等



マグネシウム空気電池を用いた水発電機「AQUENEUS」各種
 (いずれも写真提供 Aqua Power Energy株式会社)

● 導入の状況

開発中

実証中

導入中

普及中

■ 現在の導入状況

水と塩のみを材料とし、取り扱いも簡単で安全である点、またマグネシウム電極が劣化しにくく長期備蓄が可能である点が災害対策用品として有利である点といえます。

国内の複数のメーカーより各用途に応じて商品化され、災害対策用品として販売されています。自治体への導入のほか、病院、介護施設、商業施設、オフィス等への導入実績があります。インターネット通販等でも取り扱われており、個人購入も簡単です。
(メーカーヒアリングによる調査)



● 導入のポイント

■ 注意点

使用の際に用いる塩分には食塩だけでなく、海水、河川水、尿、醤油等も使用可能ですが、塩分濃度が8~10%の範囲で最も効率よく発電します。この範囲外の濃度でも発電はしますが、出力が下がります。

(メーカーヒアリングによる調査)

また、発電時に微量の水素が発生することがあるため、使用時に換気が必要な製品もあります。

■ 導入コスト

使い切りの小型の携帯ライト(下段後述)程度の製品は千円前後から、長時間稼働し出力が大きい製品は数百万円程度まで幅広く商品化されています。受注生産の製品も多いため、導入時のコストが高い点が課題となっています。

備蓄品として長期保管が可能であるため、従来の化石燃料を用いた携帯型発電機に比べ、メンテナンスの手間は必要としませんが、繰り返し使用する製品は使用時にマグネシウムカートリッジの交換が必要です。

そのための維持コストが必要となるため、現時点では平時からの常用使用にはコスト面の課題があります。



マグネシウムカートリッジの例
(写真提供 Aqua Power Energy株式会社)

● 平時の活用

■ 防災教育、理科教材として

2021年、横浜市は市内の中学生がわかりやすく防災について学ぶことを目的とした「はまっ子防災プロジェクト●」を、市内の事業者と共に開始しました●。市立の中学1年生(約26,000人)に、防災ガイドや防災マップと共にマグネシウム空気電池を用いたLEDライト「はまっ子防災ライト」を含めた防災アイテムを配布しています。教材を自宅へ持ち帰り、家族と共に教材に触れることを通じて、地域防災力の向上に寄与している事例と考えられます。マグネシウム電池は理科の授業で学習するイオン化傾向の性質を用いた化学反応であることから、教材的意味も持っています。



マグネシウム電池を利用した「はまっ子防災ライト」
(はまっ子防災プロジェクトウェブサイトより●)

● 関連情報

■ 広がるマグネシウムの可能性

現在普及しているリチウムイオン電池はリチウムやコバルト等レアメタルが材料となっており、地政学的リスクを抱えているほか、安全性にも課題が残っています●。

世界的に脱炭素化が進む中、次世代のエネルギーデバイスは環境負荷が低いことが求められます。そこで、資源量が豊富で、多くの電気エネルギーを貯蔵できるマグネシウム金属電池に注目が集まっています●。

現在マグネシウムのほとんどは海外からの輸入されています●。一方で、マグネシウムは地球の海水中に約1,800兆トン含まれ、ナトリウムに次いで2番目に多い資源とされています●。現在実用化されているマグネシウム空気電池は一次電池ですが、リチウムイオン電池を代替する二次電池の研究開発が国内外で進められています●。

B-3 熱・ガス

農村地域

漁村地域

都市地域

災害時にも活用できる雪氷熱

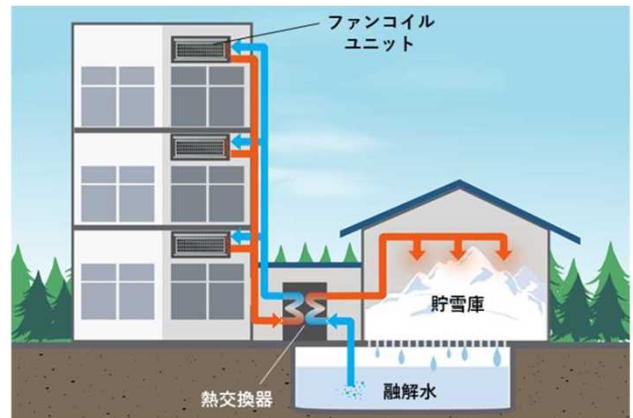
● 適応アクションの目的・概要等 ●

梅雨期の大雨や夏季の台風等、気温が高い時期に気象災害が発生することも多くあります (p.2-11~2-12)。気象災害による系統途絶によって空調が使えなくなることで、熱中症による緊急搬送者数の増加や、農作物の腐敗・廃棄などの発生が懸念されます。

雪の多い地域では、冬季に降った雪を専用の貯雪庫に蓄え、夏季の冷熱源として日常的に活用する例が見られます。学校や役所等の公共施設で導入されている例もあり、夏季の災害時に避難場所となった際、停電時でも熱中症リスクの回避が期待されます。雪を夏季のエネルギー源とする考え方は、単に涼を取る目的だけでなく、古くから農産物等の品質管理の目的で「氷室」や「雪室」として用いられてきましたが、冷蔵・冷凍技術の発達や法規制等により、戦後に数を減らしたと言われていています●。

時には事故や災害をもたらす“厄介者”である雪を私たちの生活に有効活用しようとする「利雪」の取組は、雪の多い地域で進められてきました。公共施設だけでなく、個人宅や商業施設等でも導入され、様々な場面で雪による冷熱が活用されています。

導入可能な地域や用途は限られるものの、脱炭素社会の構築等を目指した省エネに寄与する熱源としての役割はもとより、系統途絶時における活用などの役割を担う可能性が期待できる再生可能エネルギー熱として「雪氷熱」の活用と潜在的な価値が注目されています。



雪氷熱による冷房(冷水循環方式)のイメージ(環境省資料より●)

自助	<h3>個人で行う適応アクション</h3> <ul style="list-style-type: none"> ・個人宅への雪冷房設備の導入 <p style="text-align: right;">等</p>
共助	<h3>地域や企業などが行う適応アクション</h3> <ul style="list-style-type: none"> ・企業等の雪冷房設備の導入 ・地域における雪冷房施設の共有による活用 <p style="text-align: right;">等</p>
公助	<h3>行政が行う適応アクション</h3> <ul style="list-style-type: none"> ・避難施設、公共施設への雪冷房設備の導入 ・雪冷房施設の普及啓発 ・雪冷房設備への補助 <p style="text-align: right;">等</p>

● 導入の状況

開発中

実証中

導入中

普及中

活用事例

2021年時点で雪氷熱エネルギーの活用施設は農業用倉庫、庁舎、図書館、高齢者施設、データセンター、個人宅等、全国で200弱程度の施設（うち公立学校等の11校）に導入されています●●。

新潟県南魚沼市では、環境省の熱中症対策モデル事業として、熱中症発生の抑制のために雪冷房によって室内を冷やしたテントの運動公園への設置や、雪をビニール袋に小分けにしたスノーパックの配布により、運動後の選手達のクールダウンに活用した例があります●。



雪を入れたパックを熱中症対策として各地のイベントで配布（新潟県南魚沼市パンフレットより●）

● 導入のポイント

注意点

降雪が少ない地域での導入はあまり現実的ではありません。温暖化の進行により将来的に降雪量は減っていくと予測されていますが、日本海側の山沿いの一部地域ではドカ雪が増えるという予測もあります（p.2-9）。少雪年は十分な貯雪量が得られない可能性があります。

冷気を対流させる送風機や熱交換器等を用いるシステムの場合、系統途絶時には冷房機能も停止しますが、他の電源と併せて活用することで冷房機能の維持が期待できるほか、直接雪を取り出して活用することも考えられます。また、貯雪庫からの自然対流によるシステムの場合は系統途絶時にも効果が継続するものがあります。

導入コスト等

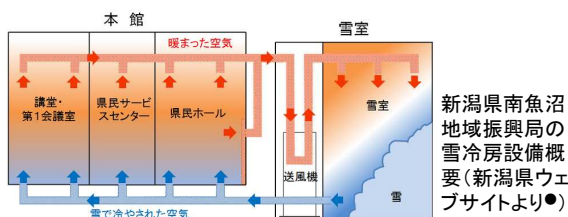
導入例がまだ多くないため導入コストは比較的高く、普及における課題となっています。コストは施設等の規模により様々ですが、個人宅への導入は約400万円●、上越市立安塚中学校への導入は約4,800万円●。新潟県の地域庁舎（下段後述）では約6,600万円●という事例があります。導入により夏季の冷房代金は大幅に下がりますが、施設規模により毎年冬季に貯雪庫へ雪を投入するための費用等が必要です。

雪氷熱は政府の地球温暖化対策計画⁹⁾等で再生可能エネルギー熱に位置付けられており、環境省や経済産業省等の国による補助●のほか、北海道●や新潟県●等、多くの自治体も雪氷熱の活用に補助を行っています。

● 平時の活用

捨てる雪でCO₂削減

2004年、全国有数の積雪地域である新潟県は南魚沼地域振興局の建替えに合わせて雪冷房装置を導入しました●。年により積雪量の多寡はあるものの、冬季の貯雪は概ね8月末頃まで残ります。雪冷房装置の導入によって系統電力や灯油の利用量が減り、2004～2005年時点での排出削減効果は約7.2t-CO₂/年と試算されています。



新千歳空港では、2010年より雪冷房を導入し、ターミナルビルの冷房に用いられています。約1,050t-CO₂/年の排出削減につながっています●。

● 関連情報

地域産業活性化への活用と文化的役割

雪氷熱エネルギーを地域資源としてまちづくりや地域産業の活性化へ活用している例があります。

2021年、新潟県上越市は道の駅の物産館の隣に雪中貯蔵施設「ユキノハコ」を開設しました。市が米や野菜、日本酒などの貯蔵に対して「ユキノハコ」のスペースを貸し、利用者が市内の農業生産者である場合は利用料金が安くなる仕組みとなっています。雪室は農産物の鮮度保持やショ糖増加、酸化防止等の効果があるとされているため、農産物の高品質化、高付加価値商品の開発につながる事例と考えられます。

貯蔵庫は貯雪室に隣接し、系統途絶時にも冷却効果が期待できます。また、施設は見学可能であり、観光資源であると同時に地域文化継承の役割も担っています。



「ユキノハコ」見学ブリッジ（新潟県上越市ウェブサイトより●）



農村地域

漁村地域

都市地域

入浴, 手洗いに再生水を用いる

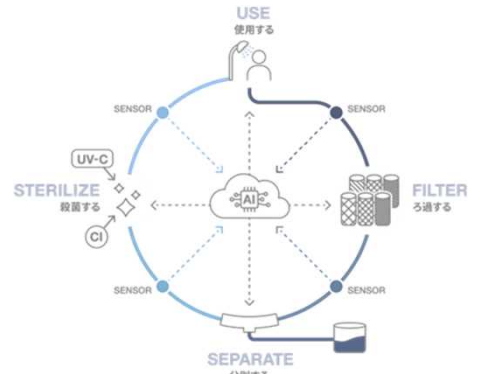
● 適応アクションの目的・概要等 ●

災害時に必要となる水は飲用水だけに留まらず、生活に必要な水や【F-2】に示すトイレに用いる水も不可欠です。災害による断水時、飲用水は備蓄されていることが多いですが、多くの量を必要とする生活用水は、事前の確保が難しい側面があります。大きなストレスとなる避難生活を送る被災者にとって、また被災地を支える多くの支援者にとって、快適な入浴や手洗いは、衛生環境の向上や感染症対策となるだけでなく、疲労回復による肉体的・精神的なリラックス効果をもたらします。特に夏季や冬季の災害時には、入浴や手洗い環境の確保は心身の健康維持に不可欠です。

これまで災害時の入浴支援は、主に地域の宿泊施設や入浴施設による提供や、自衛隊の支援によるものでした。

これらの支援に加え近年、断水時にも使用可能な“小規模分散型水循環システム”を用いた水循環型シャワー、水循環型手洗いスタンドが国内メーカーから展開され、多くの災害現場で用いられています。

使用した水をフィルターや紫外線・塩素などで浄化することで、98%以上の水を再生循環利用できるため、通常2人がシャワーを浴びる水量100Lで、約100人分のシャワー利用が可能となります。また、個室空間により、ジェンダーへの配慮やプライバシーの確保ができるとともに、介護浴等の対応も可能となります。



「小規模分散型水循環システム」の仕組み (図の提供 WOTA株式会社)

自助	<p>個人で行う適応アクション</p> <ul style="list-style-type: none"> ・災害訓練等における運用方法の把握 ・水循環システムの運用、訓練 <p style="text-align: right;">等</p>
共助	<p>地域や企業などが行う適応アクション</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地域の災害拠点における導入 ・企業等のBCP対策としての導入 <p style="text-align: right;">等</p>
公助	<p>行政が行う適応アクション</p> <ul style="list-style-type: none"> ・小規模分散型水循環システムを用いた製品の導入や、平時からの使用による啓発 ・計画やガイドラインにおける生活用水対策の標準化 ・上下水道の代替としての分散型水循環システムの導入 (実証段階; 次ページ) <p style="text-align: right;">等</p>



ポータブル水再生システム「WOTA BOX」(水循環型シャワー)を用いたシャワーキット



水循環型手洗いスタンド「WOSH」

(いずれも写真提供 WOTA株式会社)

導入の状況

開発中

実証中

導入中

普及中

災害時活用事例

2024年の能登半島地震では、断水した地域に水循環型シャワー約100台、水循環型手洗いスタンド約200台が提供されました。シャワーは、これまでに令和元年東日本台風や西日本豪雨（p. 2-11～p. 2-12）の避難所等、2023年度末時点で、のべ20,000人以上に提供されてきました（2023年12月時点）。

導入事例

令和元年房総半島台風（p. 2-12）の被害を受けた千葉県富津市はシャワーの支援を受けました。夏季の30℃を超える暑さの中、停電、断水で困っていた市民に好評だったことから、その後購入を決めました●。



令和元年東日本台風の際、長野市内の避難所で用いられた水循環型シャワー
(写真提供 WOTA株式会社)

導入のポイント

注意点

使用の際は動力のための電気と給湯のための灯油が必要であり、停電時は発電機等が必要です。また、使用開始時に水循環型シャワーは約100Lの水、水循環型手洗いスタンドは約20Lの水を必要とします。初めに必要とする水には備蓄用の水や給水車による水が利用可能であるほか、雨水、井戸水、河川水等の自然淡水も利用可能です。一方、海水や濁水、毒物や劇物が含まれている可能性がある水は使用できません。

体や髪に付いた水がふきとられる水量や、汚れが濃縮し排水タンクに貯蓄される水量を考慮し、定期的に水を補充していく必要があります。また、フィルターの種類に応じて約50～200回の使用ごとに交換が必要です。

なお、使用した水を処理して再利用する製品によって浄化された水は、公衆浴場の水質基準に準拠した水質を保つことができるものもあります。

関連情報

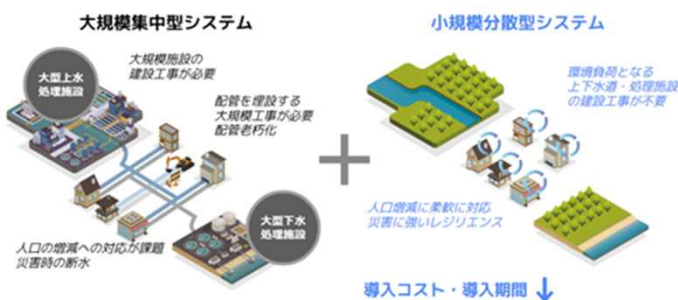
人口減少社会の持続可能な水インフラ維持に向けて

小規模分散型水循環システムは持ち運びが容易で、上下水道がない場所でも電気があれば清潔な水が利用できるため、災害時だけでなく平時にも活用されています。水循環型シャワーは、スポーツ大会、お祭り等のイベント、キャンプ場等で、水循環型手洗いスタンドは飲食店、ショッピングセンター等で利用されています。

この小規模分散型水循環システムを発展させた新たな水循環システムを住宅単位に導入し、生活に必要な水すべてを再生循環利用するための実証が、人口減少が進む中山間地域や、安定的な水の確保が難しい島しょ地域（p. 2-54）のいくつかの自治体で始まっています。

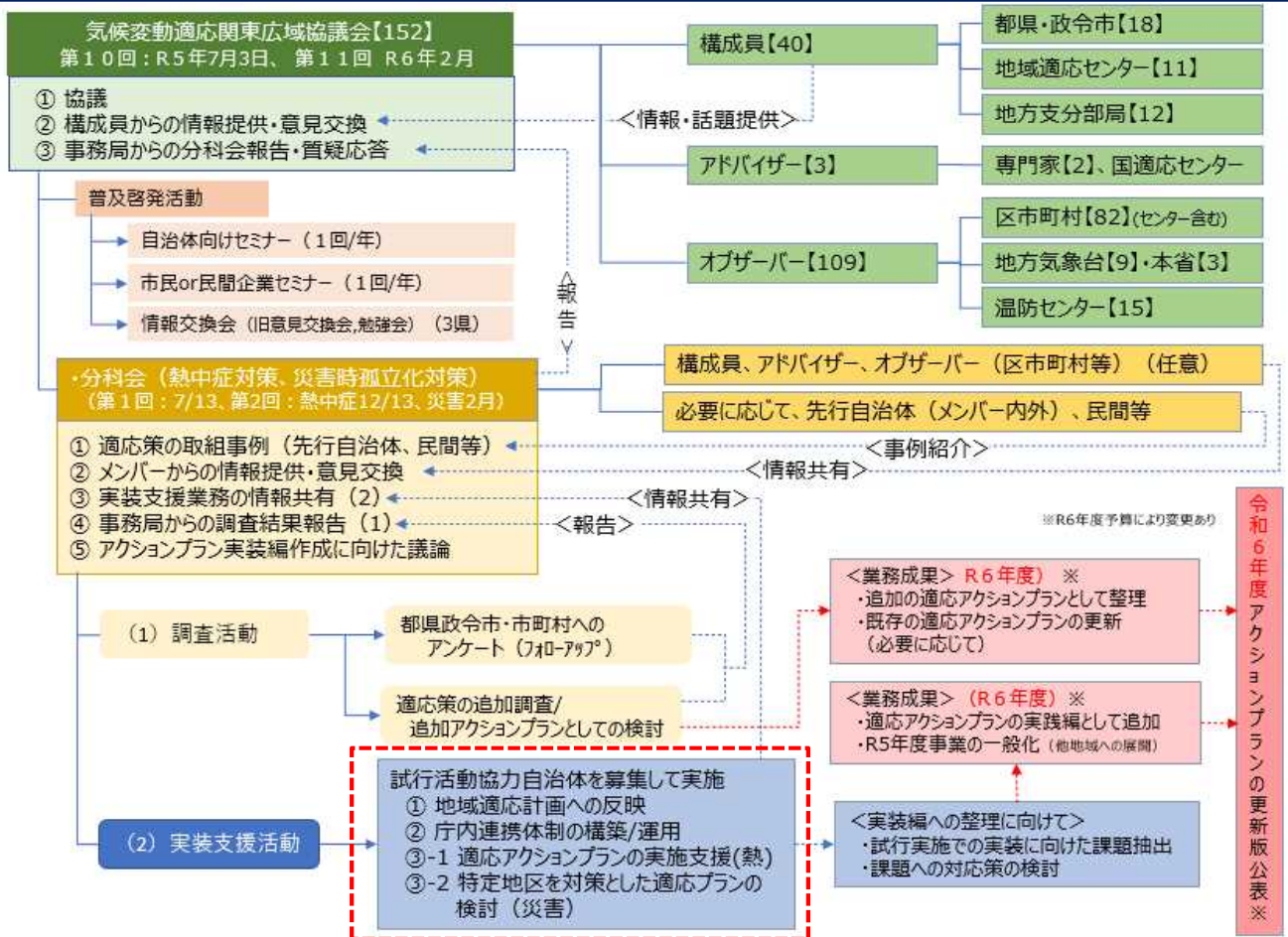
人口減少により将来的に給水人口が減る一方、水道管路の老朽化や耐震化による設備投資の増加により、水道事業を運営する自治体や受益者である住民の負担が増加していくと試算されています●。小規模分散型の水循環システムは災害時の自立に有用であるだけでなく、こうした地域の社会課題の解決策にもなりえます。

大規模集中型とともに、小規模分散型をバランスよく組み合わせることが、人口変動や地形等の地域特性に応じた災害時のライフライン対策として有効であると考えられます。



小規模分散型水循環システムイメージ（図の提供 WOTA株式会社）

2. 伊豆市土肥地区の災害時孤立対策ビジョンの作成状況について



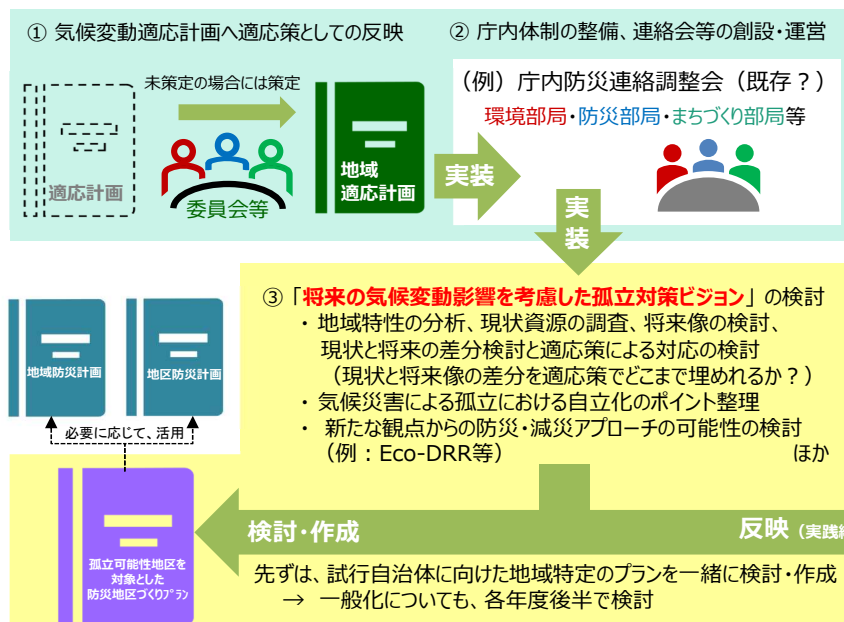
気候変動適応関東広域協議会（第12回） 災害時孤立対策分科会（中間）報告

令和5,6年度試行活動の目的

◆ アクションプラン実装支援（災害時孤立対策）との連携

以下のような作業を実施しつつ、適応策の実装を目指す

- ① 地域気候変動適応計画へ適応策としての反映（影響評価とペア） **【制度としての実装】**
- ② 庁内体制の整備、連絡会等の創設・運営 **【体制としての実装】**
- ③ アクションプランを参考に「**将来の気候変動影響を考慮した孤立対策ビジョン**」の検討 **【特定プランの検討・実装】**
- ④ 課題・ノウハウ等を既存アクションプランへ反映（実装編）、協議会報告や普及啓発セミナーでの発表



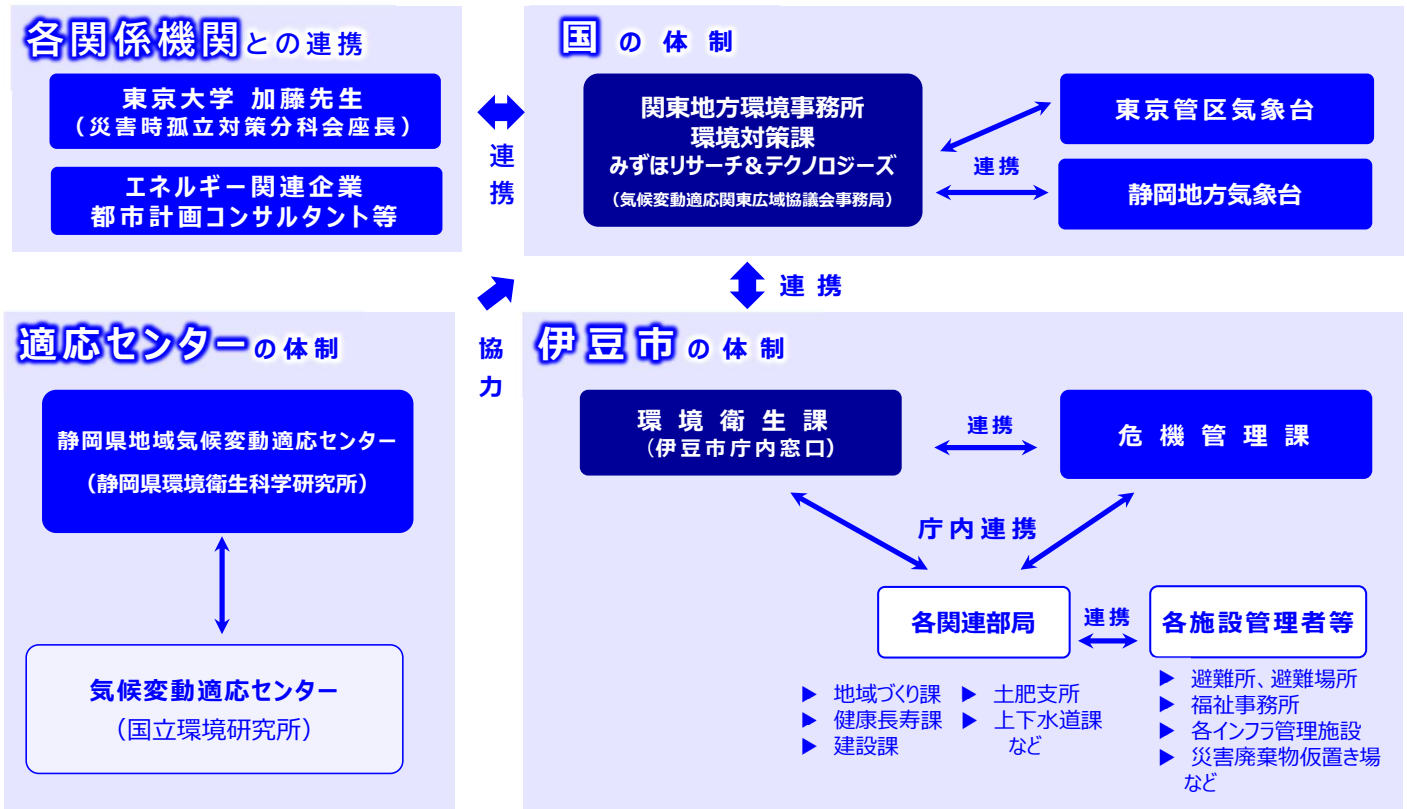
適応アクションのテーマ		自助	共助	公助	農村	漁村	都市
電気	A-1 次世代自動車による電力供給	○	○	○	○	○	○
	A-2 地域マイクログリッドによる災害時停電「ゼロ」	△	○	○	○	○	○
	A-3 ZEHによる減災×省エネ	○	○	○	○	○	○
熱・ガス	B-1 森林資源の災害時活用	○	○	△	○	○	-
	B-2 コージェネによる熱の確保	○	○	○	○	○	○
水道	C-1 雨水の災害時活用	○	○	○	○	○	○
	C-2 井戸水の災害時活用	○	○	○	○	○	○
	C-3 空気から水を創る空気製水機	○	○	○	○	○	○
情報通信	D-1 シェアリングで災害時つながる	○	○	○	○	○	○
	D-2 ドローンや船舶を活用した通信の確保	-	○	△	○	○	○
医療等	E-1 ドローンによる物流の維持	○	○	○	○	○	△
	E-2 オンライン診療の災害時活用	○	○	○	○	○	○
廃棄物・トイレ	F-1 災害廃棄物への事前の備え	△	○	○	○	○	○
	F-2 災害時のトイレ確保	○	○	○	○	○	○
その他	G-1 既存施設の防災機能強化	-	○	○	○	○	○

○ … 取り組みやすい △ … 取り組むことが可能 - … 取り組みにくい

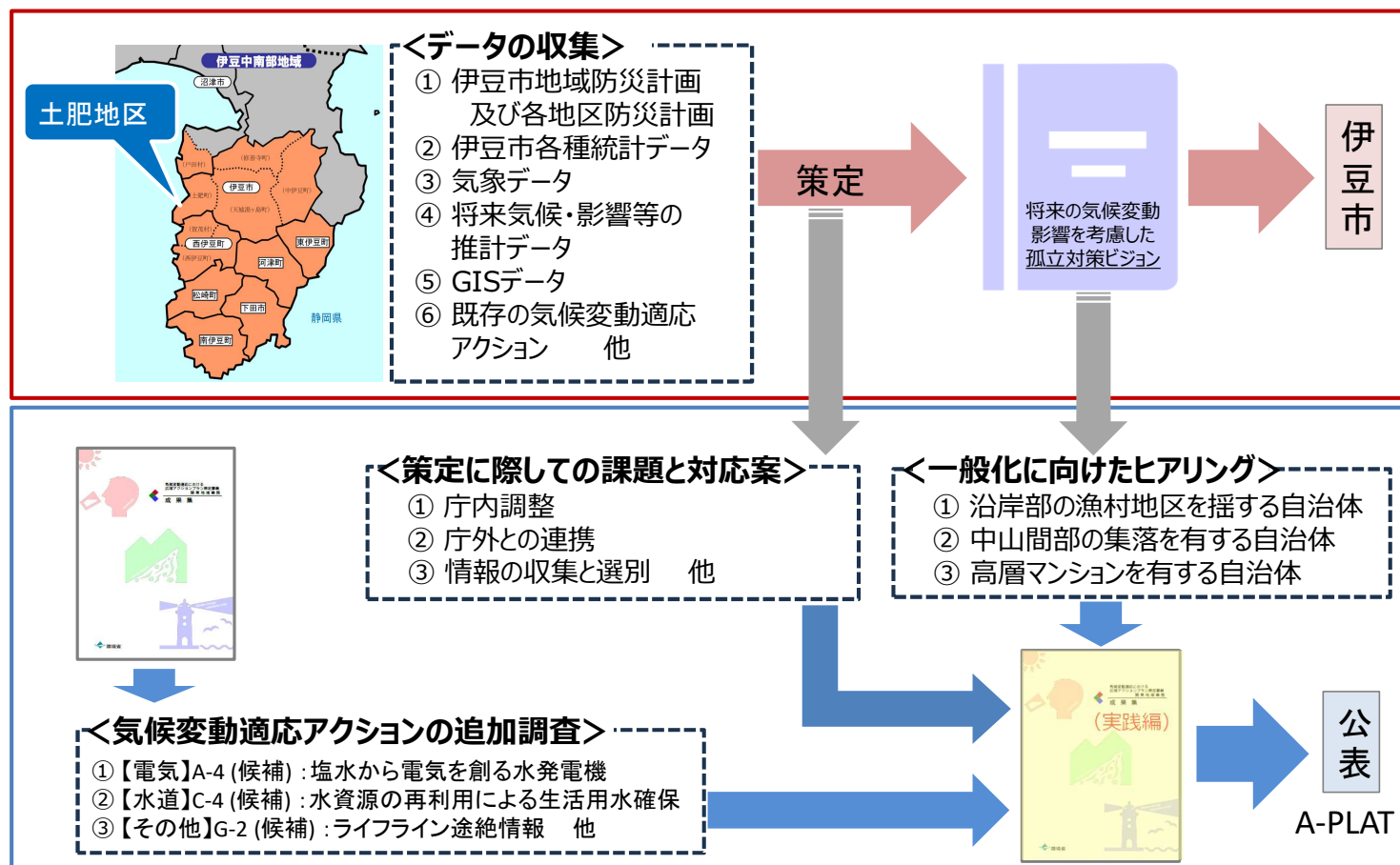
（いずれも事務局の判断による）

気候変動適応関東広域協議会（第12回） 災害時孤立対策分科会（中間）報告

令和5・6年度試行 試行実施体制（伊豆市）

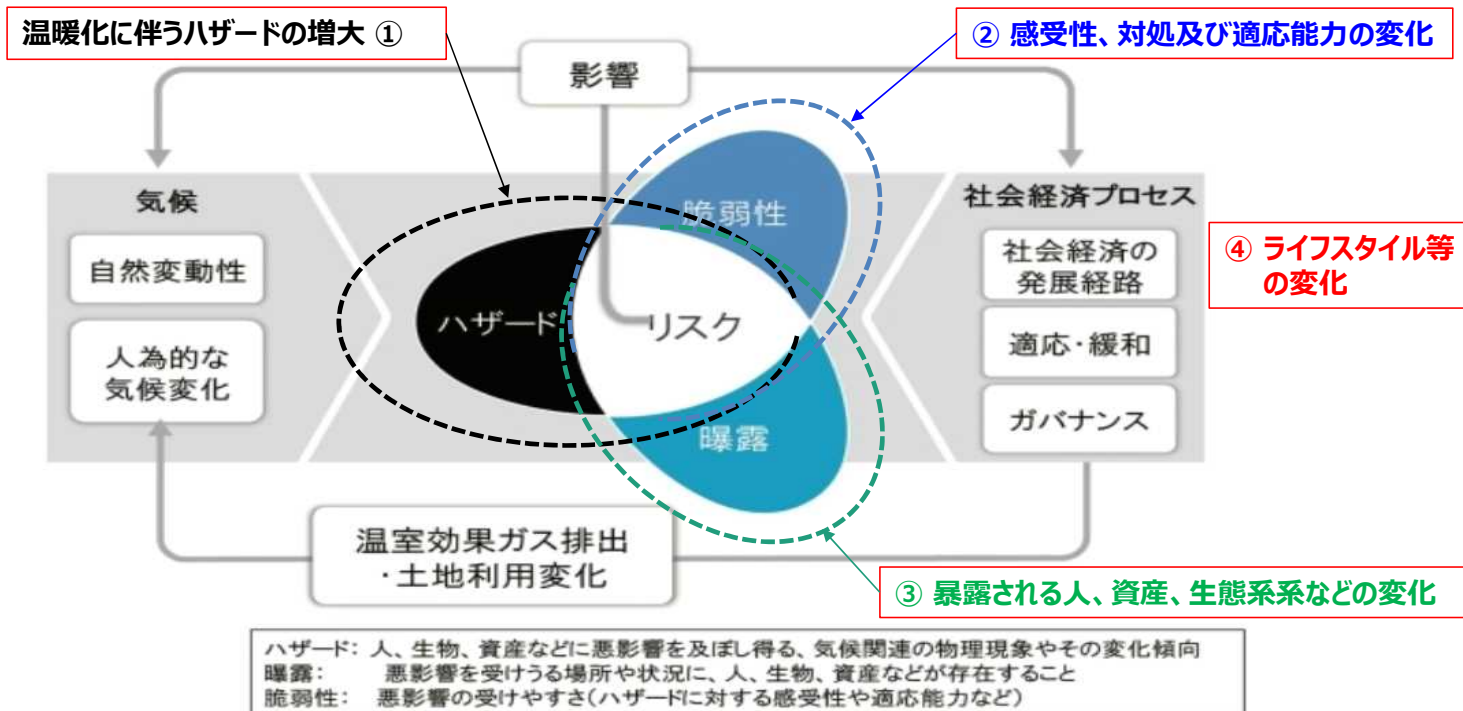


分科会活動の情報等の流れとアウトプット



基本となる考え方：気候変動影響及び適応における「地域特性」の要素確認

- 気候変動適応計画では、「気候変動の影響の内容や規模、及びそれに対する脆弱性は、影響を受ける側の気候条件、地理的条件、社会経済条件等の地域特性によって大きく異なり、早急に対応を要する分野等も地域特性により異なる。」とされている※1。



資料：国立環境研究所 環境儀 No.61 図3に加筆

※1. 「気候変動適応計画（令和3年10月22日閣議決定（令和5年5月30日閣議決定（一部変更））第1章第4節基本戦略④地域の实情に応じた気候変動適応を推進する」より
 気候変動適応関東広域協議会（第12回） 災害時孤立対策分科会（中間）報告

Step1 Step2 Step3 Step4

令和5-6年度試行の流れ（土肥地区）

- これまで整理してきた個別の適応アクション（以下の左の表）について、災害時の孤立を想定した試行地域（土肥地区）において、個別あるいは複数の適応アクションの導入の可能性について、メリット・デメリット等を整理しつつ、実装の可能性を取りまとめる。必要に応じて、適応策の追加調査を行う。

<Step1:前提条件の設定> ① 災害時孤立の定義、② 活動目標となる指標等

<Step2:現状の孤立対策に対する情報整理>

- 過去の災害事例の整理
(例：土肥の災害誌、土肥町災害復興史)
- 地域の特徴の整理
(行政資料、統計資料、観測データ等)
- 現状の災害対策の確認
(地域防災計画、地区防災計画等)
- 現状想定されている避難環境の整理

<Step3:将来に孤立対策に向けて考慮すべき事象の整理>

- ハザードの増大：今後の気候災害等の激甚化によるリスク増大へ対応するための施策（熱中症対策等含）
- 脆弱性の変化：高齢化による新たな支援の必要性、生態系の保全（支援策や管理が増加）
- 曝露の変化：人口減少や、新たな産業（観光等）による来訪者数の増加等（バランスと不均衡性の増加）
- ライフスタイル等の変化：携帯電話の普及、感染症の拡大等

⑦ 現状の気候災害による孤立の発生状況の想定

- 需要側と供給側のバランスに配慮しつつ、必要な対策を洗い出し、想定した適応策での対応状況を整理する。
- 現状ベースでの検討と、将来の追加的適応策で検討)

⑩-1 現状ベースでの検討

⑫ 将来考慮すべき事象を想定した避難環境の設定（複数設定：2シナリオ程度）

- ⑬ 個々の適応策は有効か？
- ⑭ 複合対策として有効か？
- ⑮ 他に有効な適応策はあるか？

⑩-2 将来差分を考慮した検討

<Step4:土肥地区における現状・将来の気候変動影響を考慮した孤立対策のまとめ>

- ⑯ 複数シナリオに基づき、追加的に必要と想定される適応策の実装の可能性を取りまとめる

項目	現状	シナリオA	シナリオB
A1	0	0	0
A2	0	0	0
A3	0	0	0
A4	0	0	0
A5	0	0	0
A6	0	0	0
A7	0	0	0
A8	0	0	0
A9	0	0	0
A10	0	0	0
A11	0	0	0
A12	0	0	0
A13	0	0	0
A14	0	0	0
A15	0	0	0
A16	0	0	0
A17	0	0	0
A18	0	0	0
A19	0	0	0
A20	0	0	0
A21	0	0	0
A22	0	0	0
A23	0	0	0
A24	0	0	0
A25	0	0	0
A26	0	0	0
A27	0	0	0
A28	0	0	0
A29	0	0	0
A30	0	0	0
A31	0	0	0
A32	0	0	0
A33	0	0	0
A34	0	0	0
A35	0	0	0
A36	0	0	0
A37	0	0	0
A38	0	0	0
A39	0	0	0
A40	0	0	0
A41	0	0	0
A42	0	0	0
A43	0	0	0
A44	0	0	0
A45	0	0	0
A46	0	0	0
A47	0	0	0
A48	0	0	0
A49	0	0	0
A50	0	0	0

・ 将来の気候変動影響を考慮した 孤立対策ビジョン（案）

<監修>

東京大学 加藤先生

<協力>

伊豆市
静岡県環境衛生科学研究所

<ヒアリング対象>

東京管区気象台
静岡地方気象台
関電工・日建設計（照会中）
いすみ市（R6年度依頼予定）

<事務局>

関東地方環境事務所
みずほサーチ&テクノロジーズ株式会社

<Step1:前提条件の設定>

- ① 災害時孤立の定義
- ② 災害時孤立の発生状況の想定

<Step2:現状の孤立対策に対する整理事項>

- ③ 過去の災害事例の整理
（例：土肥の災害誌、土肥町災害復興史）
- ④ 現状の地理的条件の整理
（行政資料、統計資料、観測データ等）
- ⑤ 現状の災害対策の確認
（地域防災計画、地区防災計画等）
- ⑥ その他
- ⑦ 現状想定されている避難環境の整理

<Step3:将来に孤立対策に向けて考慮すべき事象>

- ⑧ ハザードの増大：今後の気候災害等の激甚化によるリスク増大
へ対応するための施策（熱中症対策等含）
- ⑨ 脆弱性の変化：高齢化による新たな支援の必要性、生態系の
保全（支援策や管理が増加）
- ⑩ 暴露の変化：人口減少や、新たな産業（観光等）による来訪者
数の増加等（バランスと不均衡性の増加）
- ⑪ ライフスタイル等の変化：携帯電話の普及、感染症の拡大等
- ⑫ 将来考慮すべき事象を想定した避難環境の設定
（複数設定：2シナリオ程度）

< Step4：土肥地区における将来の気候変動影響を考慮した孤立対策のまとめ>

- ⑬ 個々の適応策は有効か？
- ⑭ 複合対策として有効か？
- ⑮ 足りない適応策は何か？
- ⑯ 複数シナリオに基づき、追加的に必要と想定される適応策の
実装の可能性を取りまとる

< Step5：他地域における将来の気候変動影響を考慮した孤立対策のまとめ>

- ⑰ 個々の適応策は有効か？
- ⑱ 複合対策として有効か？
- ⑲ 足りない適応策は何か？
- ⑳ 複数シナリオに基づき、追加的に必要と想定される適応策の
実装の可能性を取りまとる

Step1:前提条件の設定

想定される気候災害と災害時孤立の定義

- 伊豆市地域防災計画において想定されている災害は以下（左欄）のとおりであり、これらのうち、本試行においてターゲットとする気候変動による災害を下表（左）のように想定する。
- 本試行における「孤立」は道路等の不通による物理的な孤立を指すものではなく、気候災害（下表左）により引き起こされると考えられるライフライン等の途絶による孤立（地域的な利用不可状態）を主に想定（下表右）する。
- なお、他の災害に対しても活用可能な対策となり得ることを付記しておく。

	「伊豆市地域防災計画」 における災害	本試行で想定する 気候災害
①	地震・津波	
②	原子力災害	
③	風水害	●
④	高潮・高波	●
⑤	土石流、地滑り、がけ崩れ	●
⑥	火山噴火	
⑦	火災・爆発	
⑧	事故	
⑨	複合災害、連続火災	
⑩	雪害	



ライフライン等	気候災害により想定される影響
電気	地域全体停電／部分停電
ガス・熱	プロパンガスの供給途絶／ 温泉湯の供給途絶
水道	地域全体断水／部分断水
情報通信	インターネットの不通
医療等	診療
廃棄物・トイレ	災害廃棄物、トイレの確保
その他	既存施設の防災昨日の強化

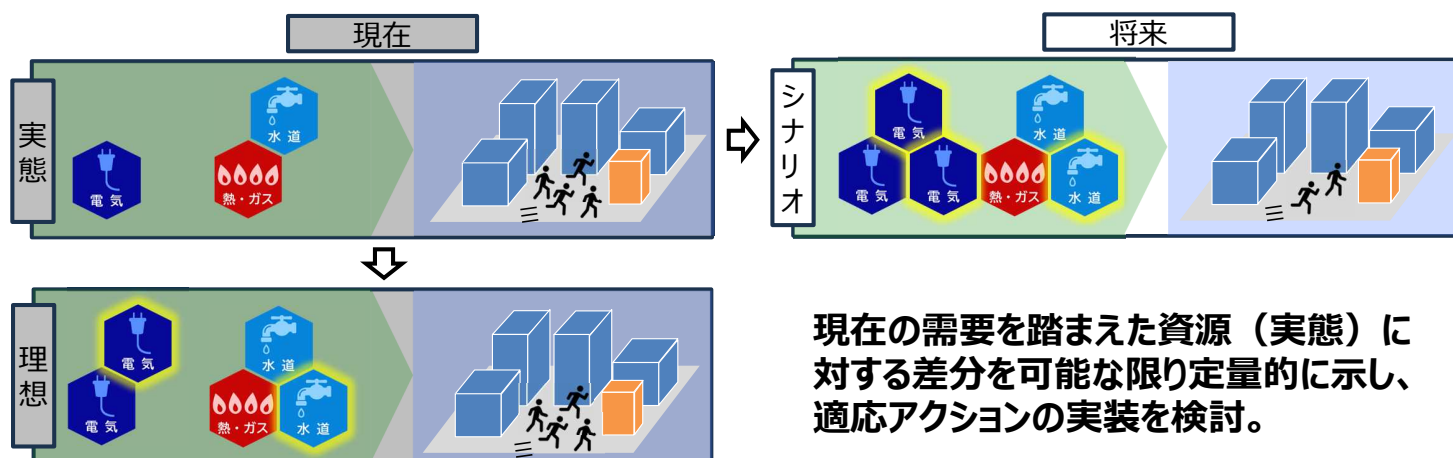
期間・時期	活用	
災害前	平時活用	
発災当日	緊急避難的活用	
避難期間	2～3日	時間経過に伴う各インフラ復旧と ニーズの変化に対応した活用
	1週間	
	1か月	
	半年等	
復旧後	撤去または平時活用	

気候変動適応関東広域協議会（第12回） 災害時孤立対策分科会（中間）報告

18

活動目標となる指標

- 災害時には様々な需要に対して資源が不足するため、それらをバランスさせた最低限の生活基盤の確保が望ましい。
- 災害時孤立対策ビジョンでは、ライフラインの観点から、現在の需要を踏まえた資源（実態）に対する資源（理想）の差分を可能な限り定量的に示し、適応アクションの実装を検討する。また、現在の需要を踏まえた資源（実態）に対する将来の需要を踏まえた資源についてシナリオを設定し検討を進めていく。

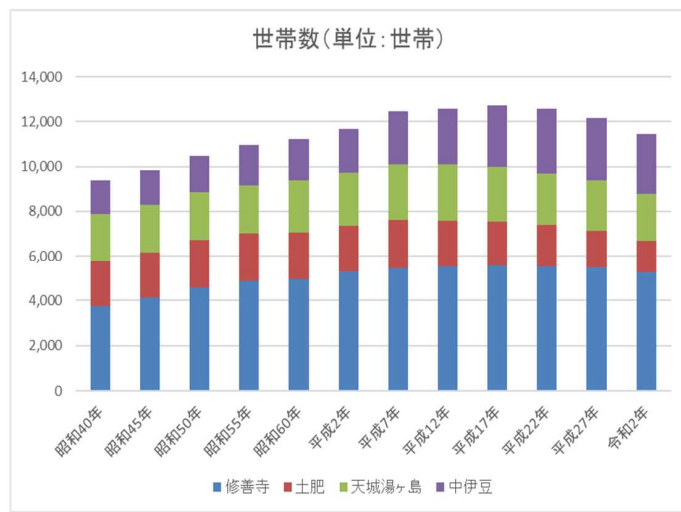
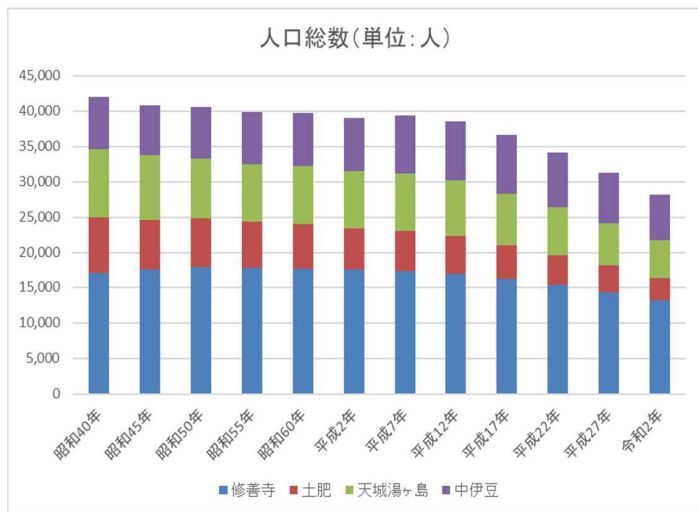


気候変動適応関東広域協議会（第12回） 災害時孤立対策分科会（中間）報告

19

現在までの伊豆市の人口動態

- 多くの自治体と同様に、伊豆市においても、近年では人口減少の傾向にあり、伊豆市の中において、特に土肥地区における人口および世帯数の減少率は、減少率が大きくなっていく。

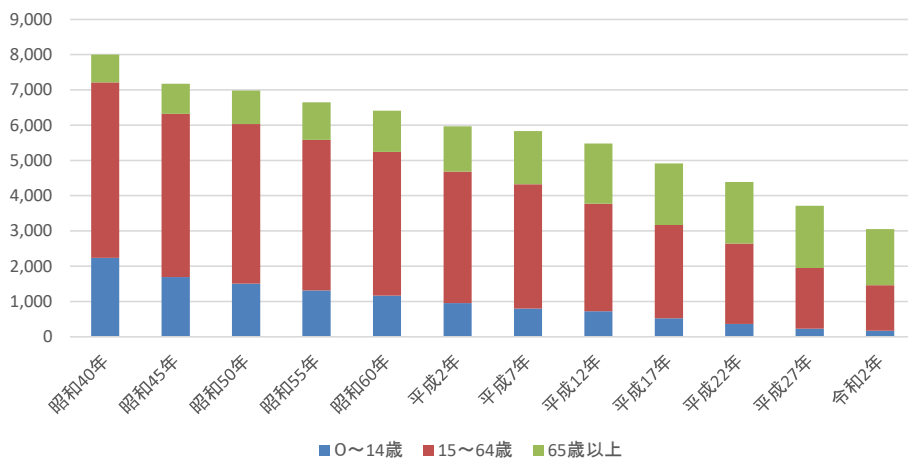


	地区名	昭和40年	昭和45年	昭和50年	昭和55年	昭和60年	平成2年	平成7年	平成12年	平成17年	平成22年	平成27年	令和2年	令和2年/昭和2年
人口総数 (単位:人)	修善寺	16,963	17,454	17,870	17,721	17,630	17,490	17,223	16,830	16,135	15,273	14,317	13,191	0.78
	土肥	8,004	7,175	6,983	6,650	6,413	5,968	5,830	5,478	4,913	4,389	3,734	3,056	0.38
	天城湯ヶ島	9,710	9,156	8,443	8,131	8,254	8,025	8,165	7,960	7,268	6,691	6,119	5,506	0.57
	中伊豆	7,283	7,090	7,265	7,413	7,472	7,516	8,208	8,313	8,311	7,849	7,147	6,437	0.88
	計	41,960	40,875	40,561	39,915	39,769	38,999	39,426	38,581	36,627	34,202	31,317	28,190	0.67
世帯数 (単位:世帯)	修善寺	3,741	4,143	4,594	4,893	4,955	5,290	5,433	5,516	5,566	5,507	5,481	5,242	1.40
	土肥	2,028	2,004	2,118	2,123	2,117	2,067	2,186	2,076	1,977	1,876	1,669	1,432	0.71
	天城湯ヶ島	2,118	2,169	2,136	2,145	2,300	2,350	2,471	2,495	2,432	2,313	2,248	2,114	1.00
	中伊豆	1,517	1,514	1,611	1,787	1,848	1,958	2,385	2,491	2,761	2,887	2,760	2,661	1.75
	計	9,404	9,830	10,459	10,948	11,220	11,665	12,475	12,578	12,736	12,583	12,158	11,449	1.22

現在までの土肥地区の人口動態（年齢帯別）

- 人口および世帯数の減少率が大きい土肥地区であるが、年齢帯別の減少率を見ると、0～14歳と15～64歳の年齢帯の減少が大きくなっており、逆に、65歳以上では増加の傾向にある。

土肥地区人口（年齢帯別、単位:人）



	地区名	昭和40年	昭和45年	昭和50年	昭和55年	昭和60年	平成2年	平成7年	平成12年	平成17年	平成22年	平成27年	令和2年
人口総数 (単位:人)	0～14歳	2,235	1,689	1,506	1,312	1,167	955	799	723	526	364	230	169
	15～64歳	4,977	4,633	4,527	4,269	4,074	3,727	3,524	3,049	2,645	2,276	1,719	1,290
	65歳以上	792	853	950	1,069	1,172	1,286	1,507	1,706	1,742	1,749	1,766	1,597
	計	8,004	7,175	6,983	6,650	6,413	5,968	5,830	5,478	4,913	4,389	3,715	3,056

伊豆市所有の土肥地区の温泉データ

※すべて、水中モーターポンプによる機械揚湯です。(要電源)

地区名	源泉名	井戸の深さ (メートル)	温度℃	湧出量 (リットル/分)	泉質	泉質(旧称)
小土肥	小土肥温泉	600.4	46.9	508.0	Ca-Cl温泉	
土肥	三脈源泉	100.0	41.3	646.0	Ca-Cl温泉	含芒硝塩化土類泉
	水口源泉	317.0	60.2	253.0	Ca-Cl温泉	含塩土類弱食塩泉
	水口洞源泉	408.1	64.7	789.6	Ca-SO4温泉	含食塩石膏泉
	山ノ神源泉	600.0	56.3	114.3	Ca-Cl温泉	含塩土類弱食塩泉
	中村源泉	407.4	52.2	58.5	Ca-Cl温泉	含塩化土類芒硝泉
	下庄田源泉	300.0	60.6	382.2	Ca-SO4温泉	含食塩石膏泉
八木沢	八木沢温泉	975.0	29.4	199.5	Ca-SO4温泉	

小土肥源泉



下正田源泉



土肥地区の再エネ導入可能性調査結果 (REPOS出力結果)

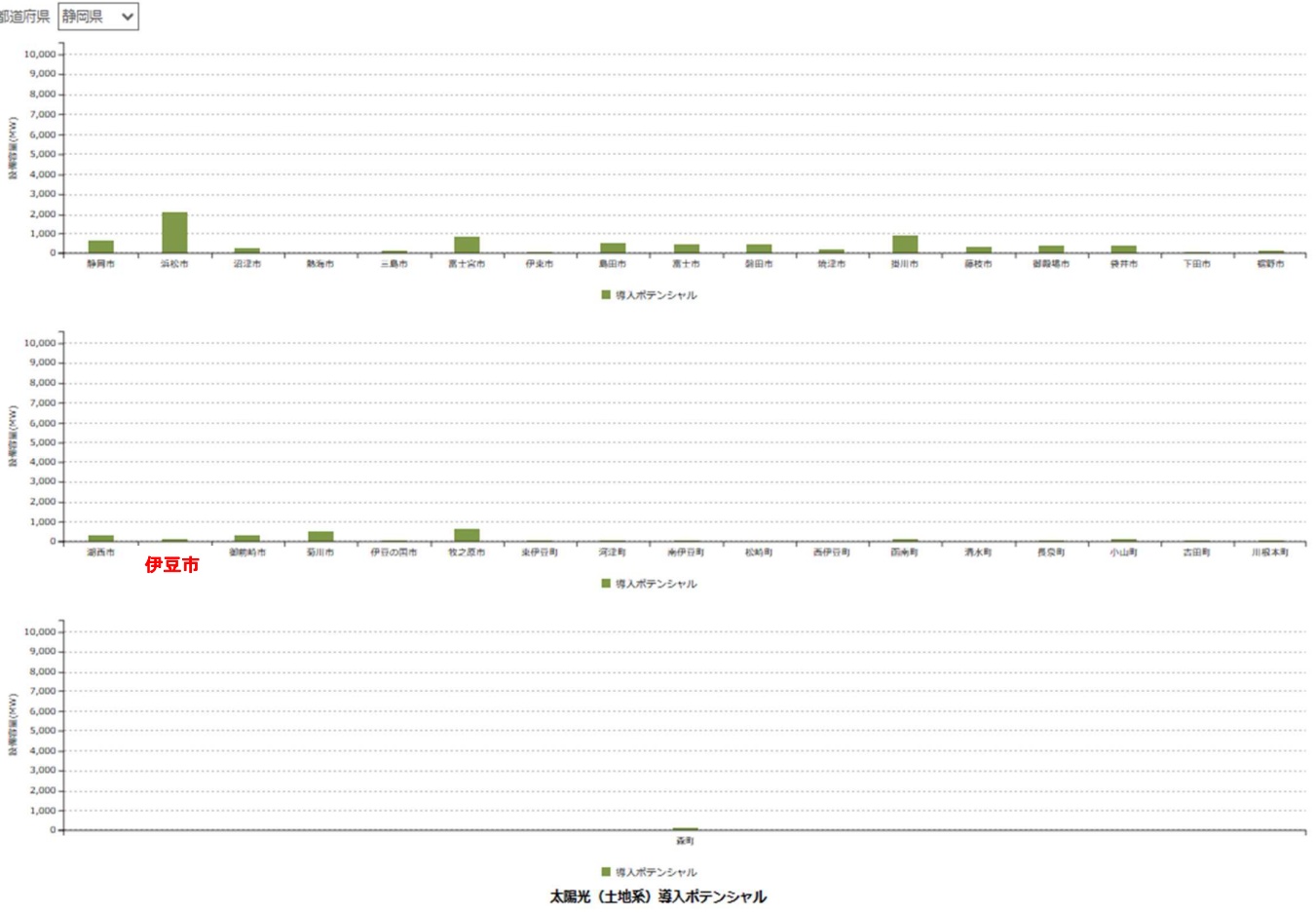
- 適応アクションの導入にあたっては、電気の確保が重要な課題となっている。そこで、環境省再生可能エネルギー情報提供システム(以下、REPOSという)が提供する情報を活用して、伊豆市における再エネの導入ポテンシャルを整理した。
- REPOSにおける再生エネルギーのメニューは、発電利用系が太陽光、風力、中小水力、地熱の4種類であり、熱利用系は地中熱及び太陽熱の2種類となっている。
- REPOSによれば、土肥地区における地域的な需要を満たすような再エネは見られず、拠点(各家庭および避難施設)ごとに太陽光発電および蓄電を活用することとまると思われる。



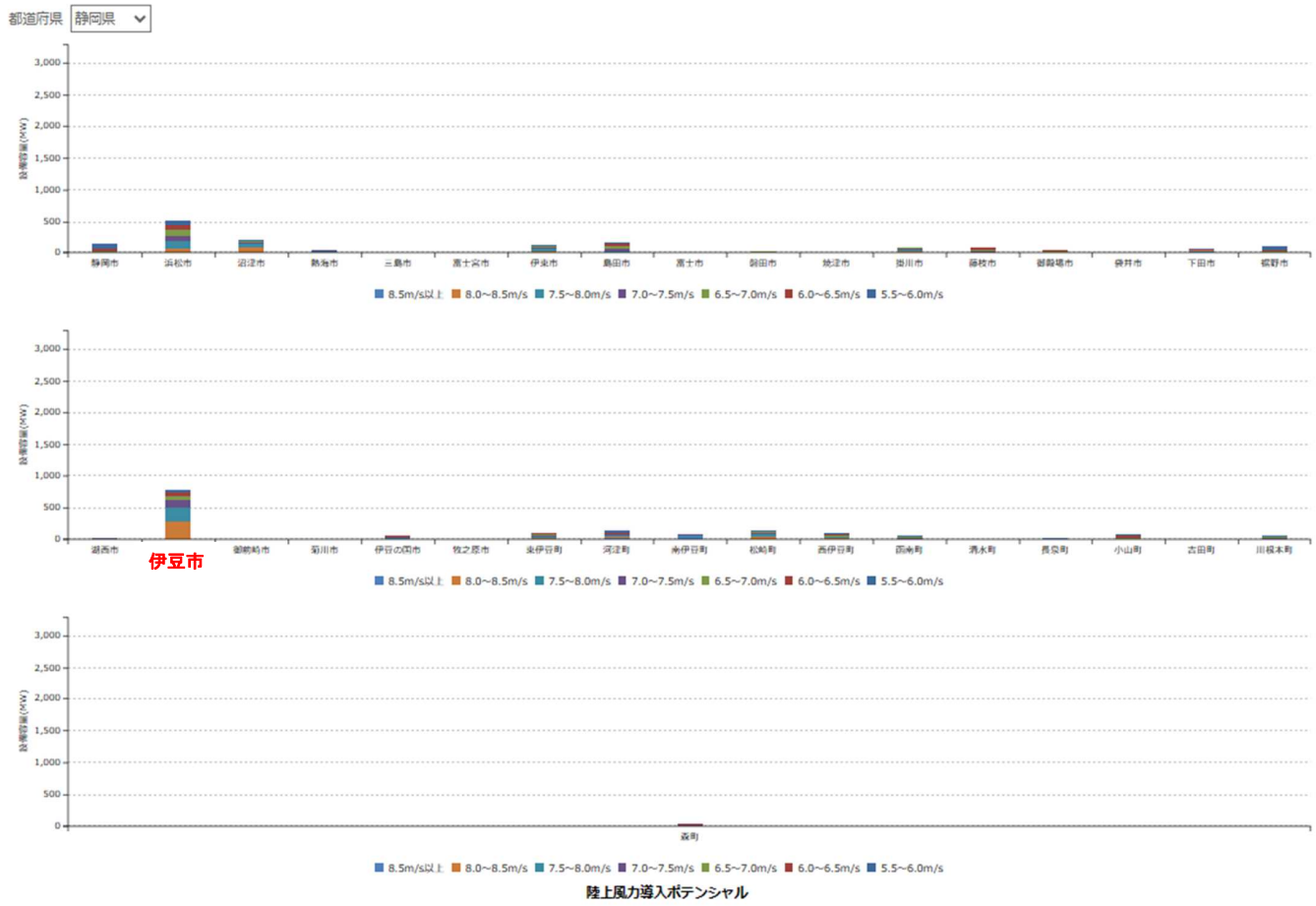
<参考> 土肥地区の再エネ導入可能性調査結果【太陽光導入ポテンシャル（建物系）：静岡県】



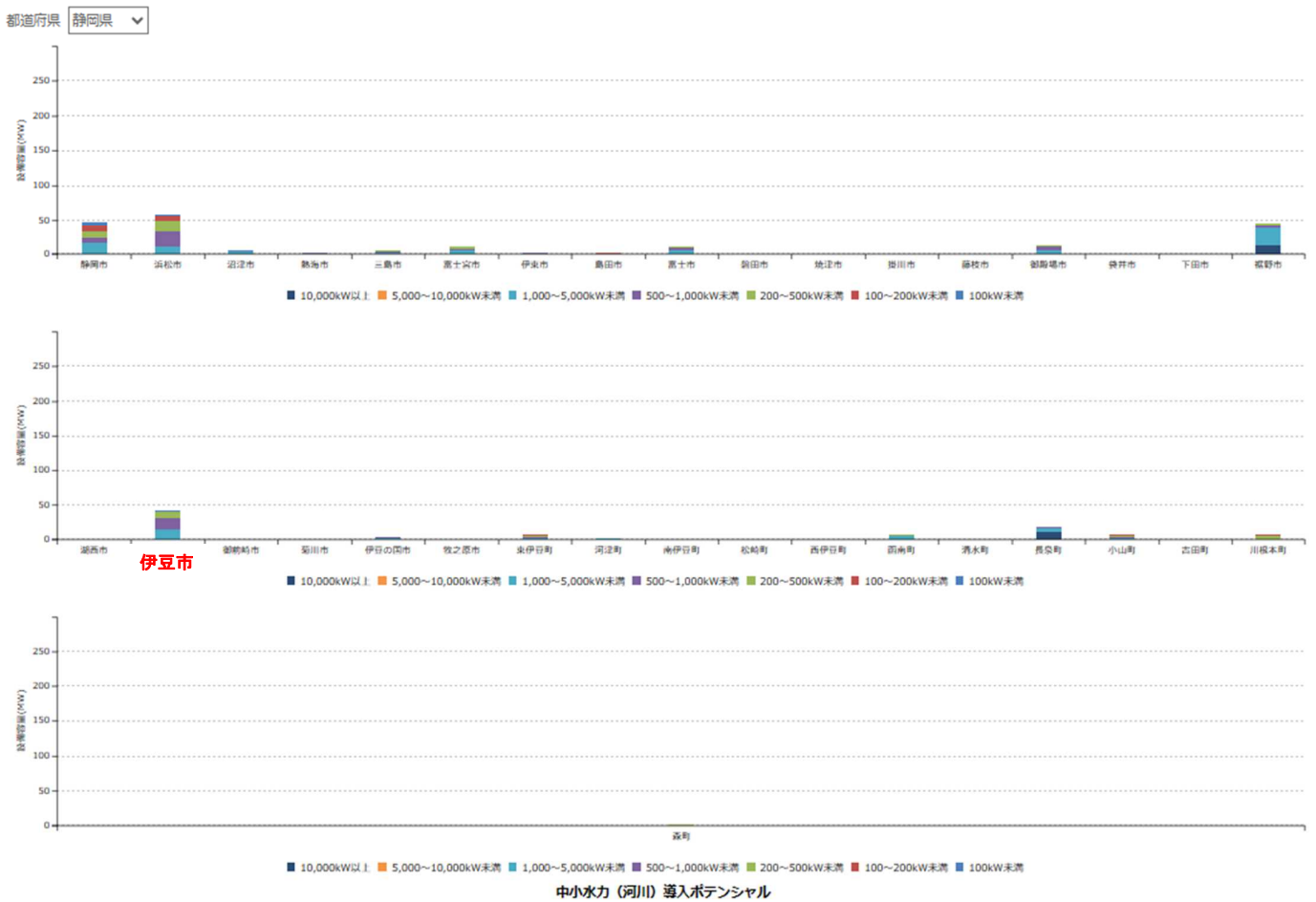
<参考> 土肥地区の再エネ導入可能性調査結果【太陽光導入ポテンシャル（土地系合算）：静岡県】



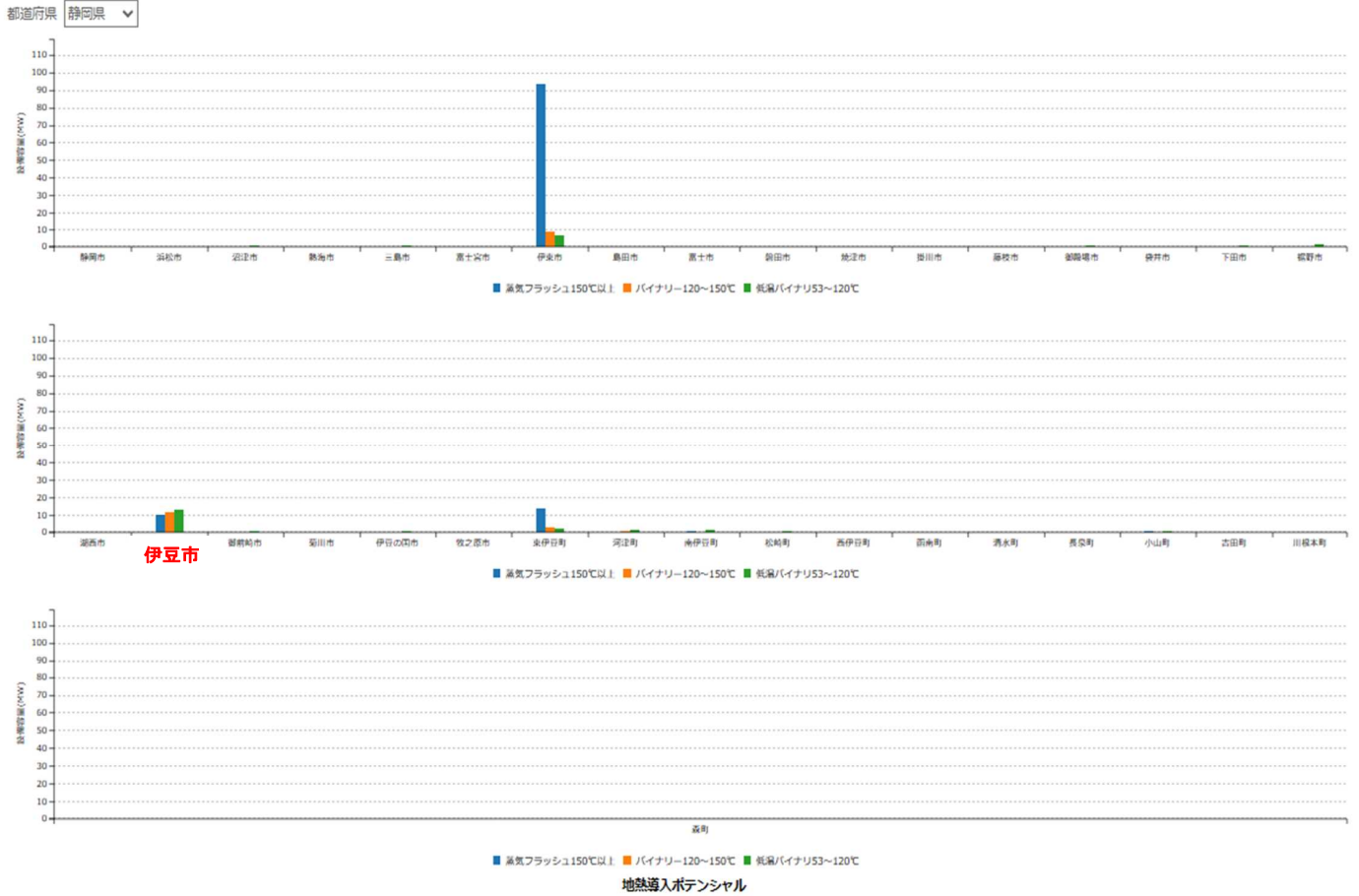
<参考> 土肥地区の再エネ導入可能性調査結果【陸上風力：静岡県】



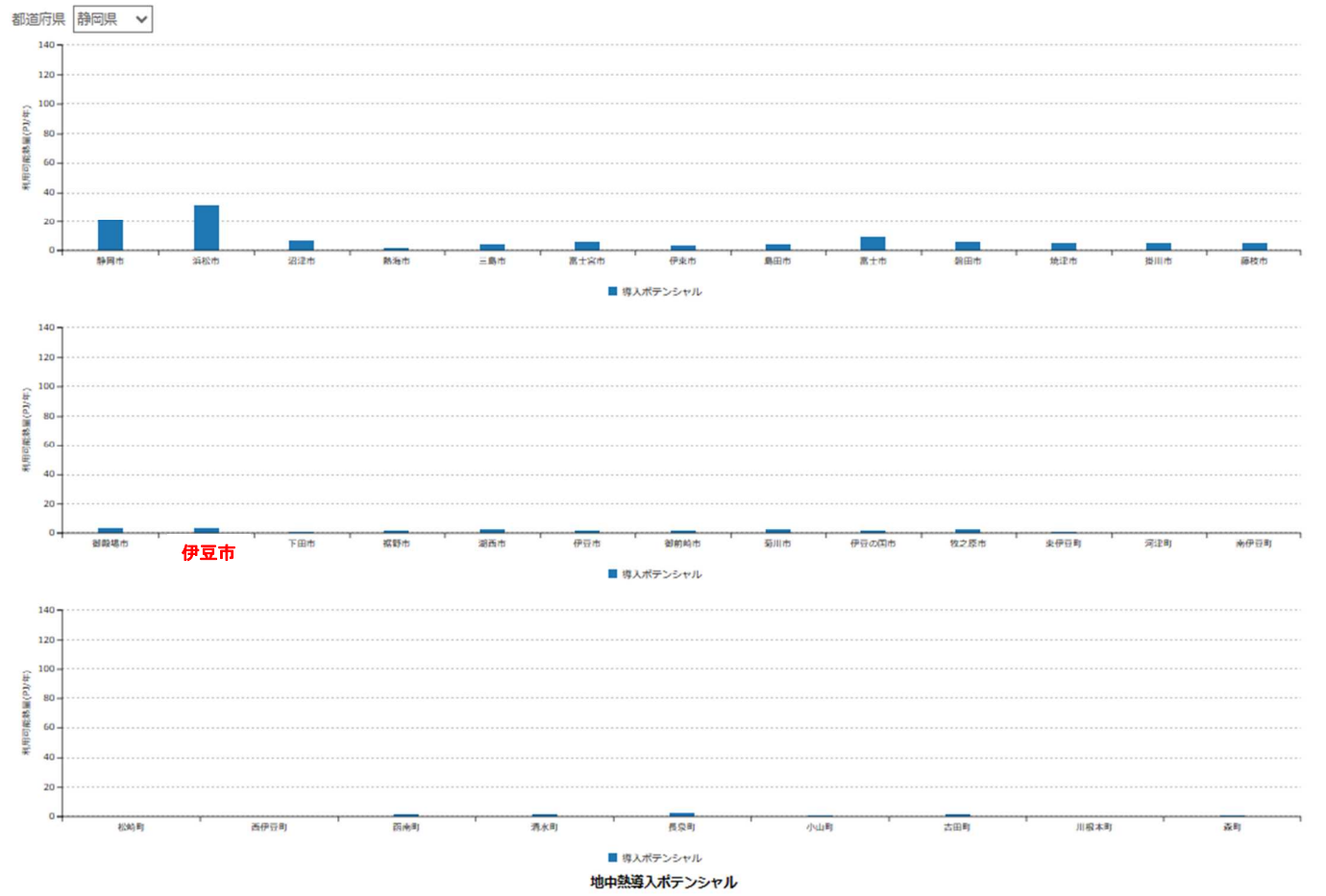
<参考> 土肥地区の再エネ導入可能性調査結果【小水力（河川）：静岡県】



<参考> 土肥地区の再エネ導入能性調査結果【地熱発電：静岡県】

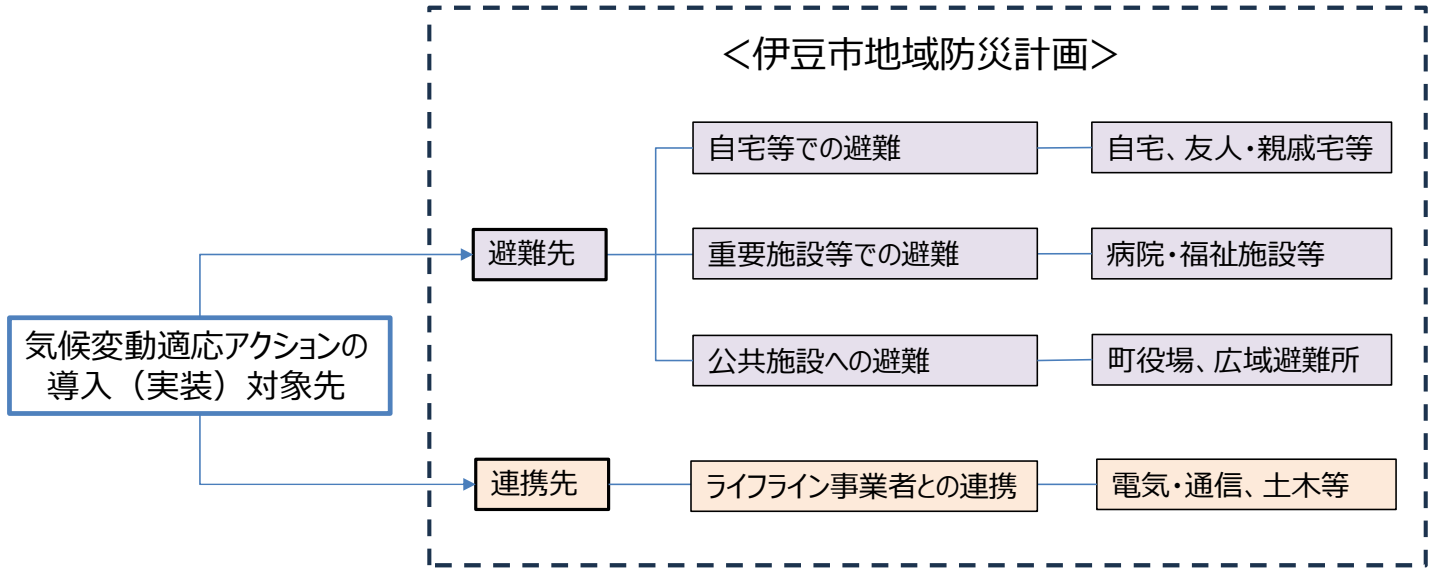


<参考> 土肥地区の再エネ導入能性調査結果【地中熱：静岡県】



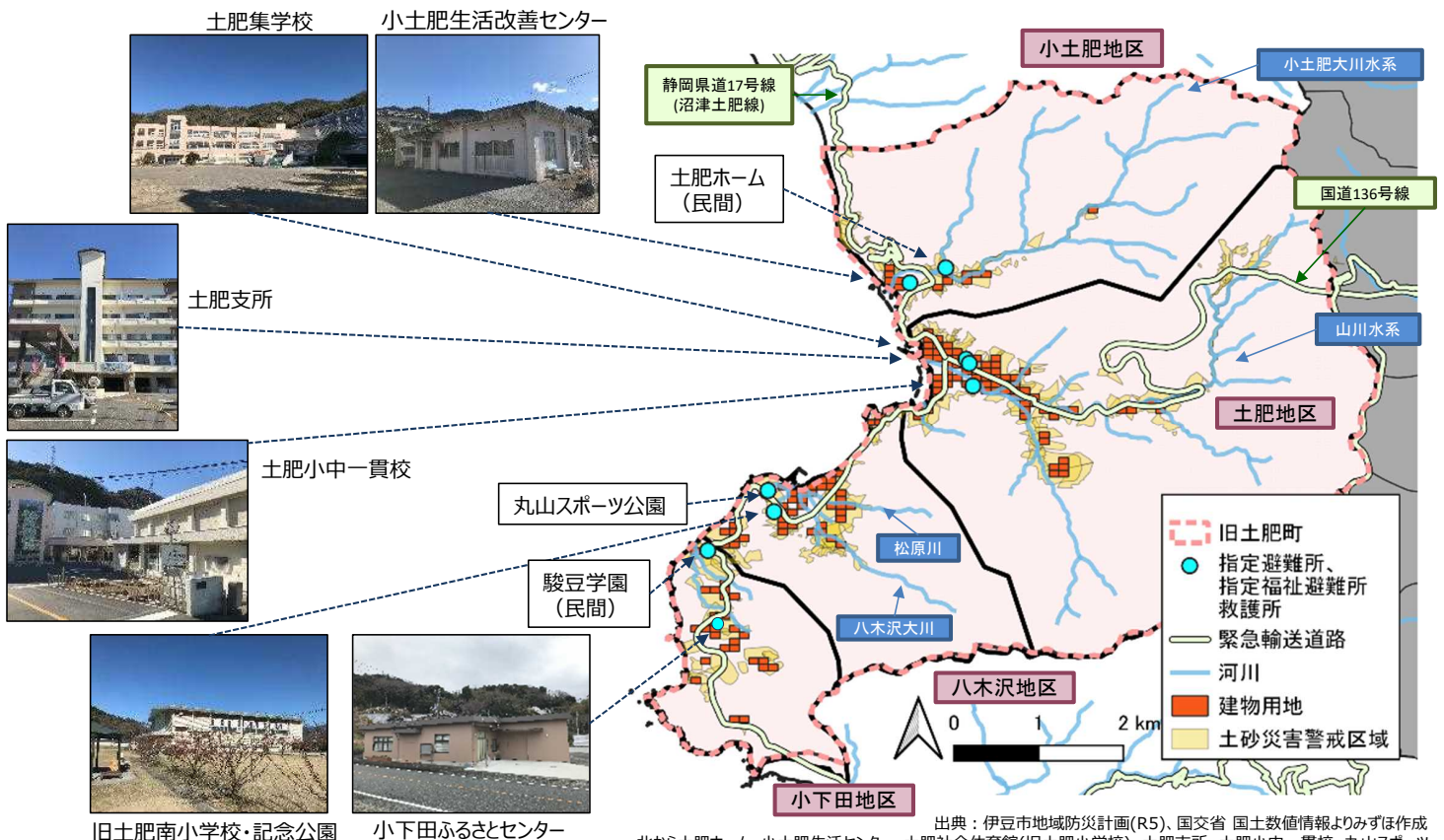
気候変動適応アクションの導入（実装）対象

- 気候災害被害による「需要」の検討及び気候変動適応アクションの導入を検討する対象として、以下に示す避難先に着目する。連携先の観点も踏まえ、伊豆市地域防災計画等の情報を確認した。
- 伊豆市地域防災計画の内容を確認し、連携先の情報と併せて土肥地区における各種避難施設の情報について整理する。



旧土肥町の避難施設に関する情報（最終確認中）

- 伊豆市の福祉避難所、応急救護所、指定避難所の位置を示す。



出典：伊豆市地域防災計画(R5)、国交省 国土数値情報よりみずほ作成
 北から土肥ホーム、小土肥生活センター、土肥社会体育館(旧土肥小学校)、土肥支所、土肥小中一貫校、丸山スポーツ公園、土肥南体育館、駿豆学園。小土肥農村公園が救護所として指定されているが住所確認中でありプロットしていない。

写真：関東地方環境事務所 撮影 31

現状の気候災害による孤立の発生状況の想定とアクションプランの適応対象

- 避難先に応じた資源（電力及び飲料水）の理想と実態について、伊豆市地域防災計画をベースとして設定した。特に指定避難所に着目し、理想と実態の差分を埋めるため、適応アクションの導入を検討する。

対象施設			検討対象	実態	理想		
避難先	自宅等での避難	自宅、友人・親戚宅等	-	○	-		
		社会福祉施設	土肥ホーム	×	・3日間の電気（事務局想定） ・3日間の電気（伊豆市地域防災計画より）		
	指定福祉避難所	駿豆学園	×				
	救護病院	-	×				
	病院	小土肥農村公園	×				
	重要施設等での避難	救護所（応急救護所）	土肥集学校	×	インバータ発電機4台、アルカリ乾電池等（事務局想定）	インバータ発電機4台、アルカリ乾電池等（事務局想定）	
			土肥支所	×			
			土肥小中一貫校	×			
			旧土肥南小学校・記念公園	×			
			小土肥生活改善センター	○			・3日間の電気 ・1週間の水道（事務局想定）
土肥集学校			○				
土肥小中一貫校	○						
丸山スポーツ公園	○						
小下田ふるさとセンター	○						
公共施設への避難	指定避難所						

<<< 分野横断的な観点で定性的に対策検討

適応アクションの導入を個別に検討

電気		
適応アクション番号	適応アクション名	評価方法
A-1	次世代自動車による電力供給	定量
A-2	地域マイクログリッド	定性
A-3	ZEHによる減災×省エネ	定量
A-4	塩水から電気を創る水発電機	定量

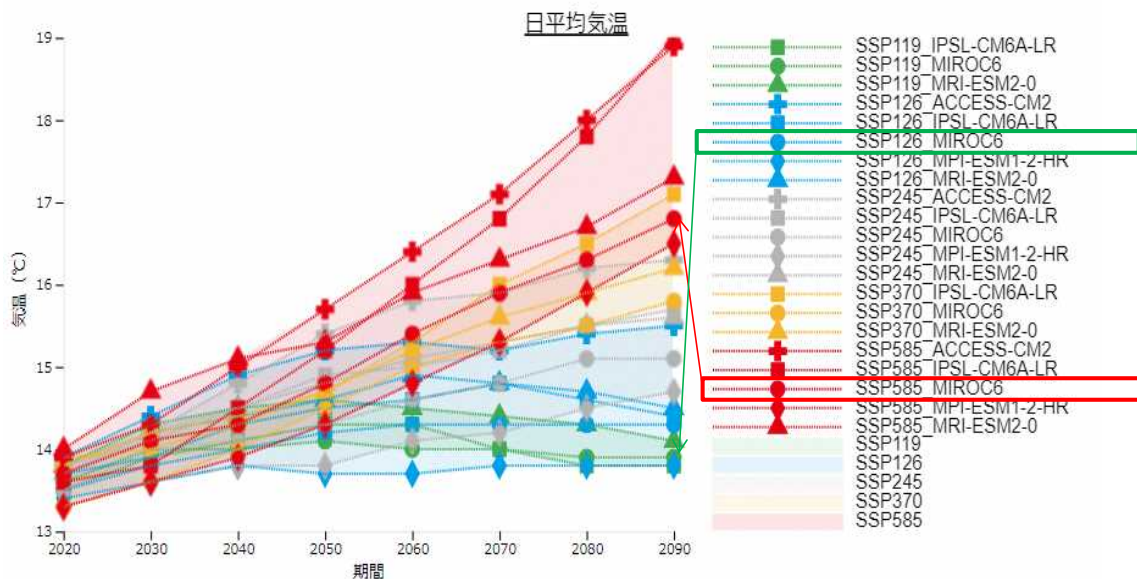
<<<

熱・ガス		
適応アクション番号	適応アクション名	評価方法
B-1	森林資源の活用	定性
B-2	コージェネによる熱の確保	定量

水道		
適応アクション番号	適応アクション名	評価方法
C-1,2	雨水・井戸水の活用	定性
C-3	空気から水を創る空気製水器	定量
C-4	水資源再利用による生活用水確保	定性

Step3:将来に孤立対策に向けて考慮すべき事象の整理

静岡県における年平均気温の将来予測



出典) 気候変動適応情報プラットフォーム

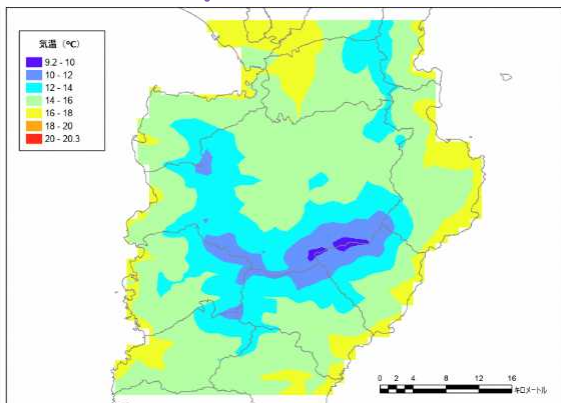
【以降の地図情報は以下のデータを引用しています】

石崎 紀子, 2021: CMIP6をベースにしたCDFDM手法による日本域バイアス補正気候シナリオデータ(NIES2020) , 国立環境研究所, doi:10.17595/20210501.001. (参照: 2023/09/24)

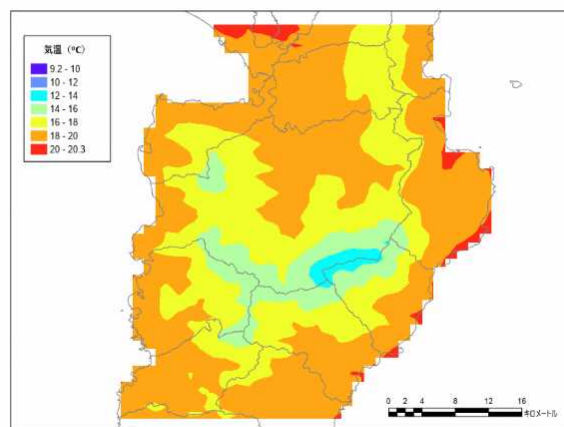
気候変動による年平均気温の上昇の将来推計 (2090)

2090年の年平均気温 (2080-2100)

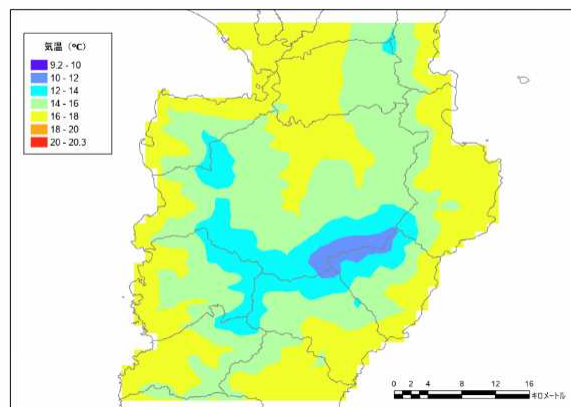
2010年



SSP5-8.5

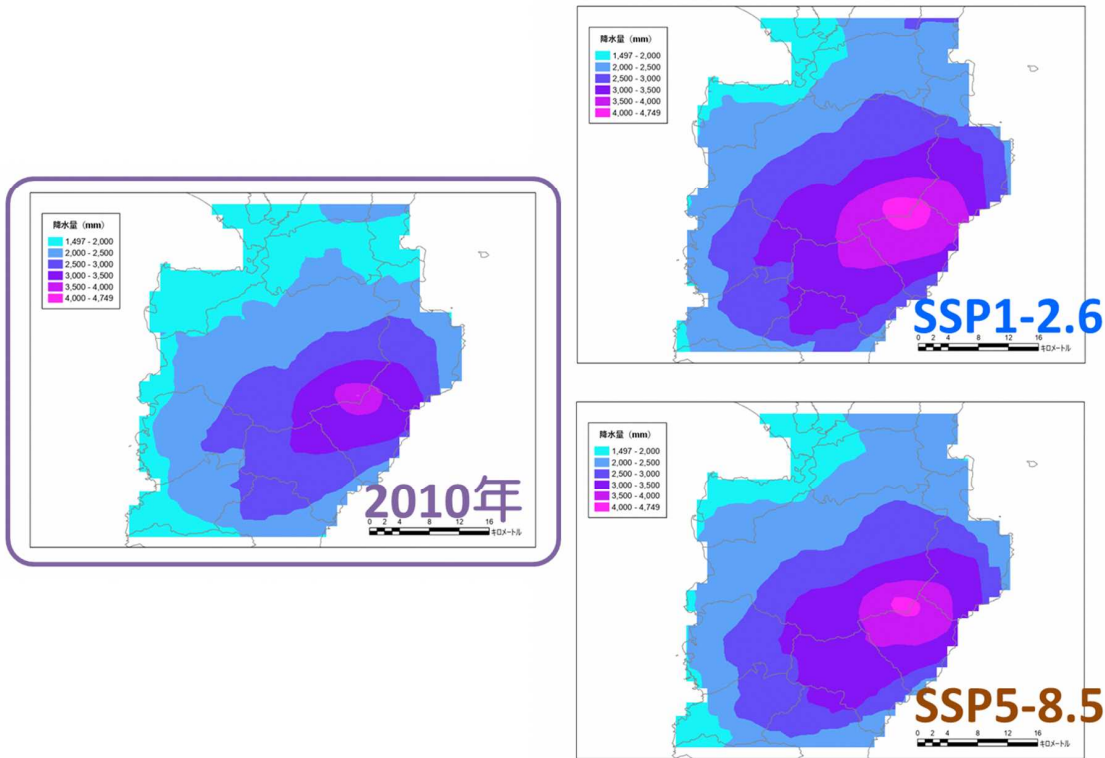


SSP1-2.6



気候変動による年降水量の将来推計（2090）

2090年の年降水量（2080-2100）

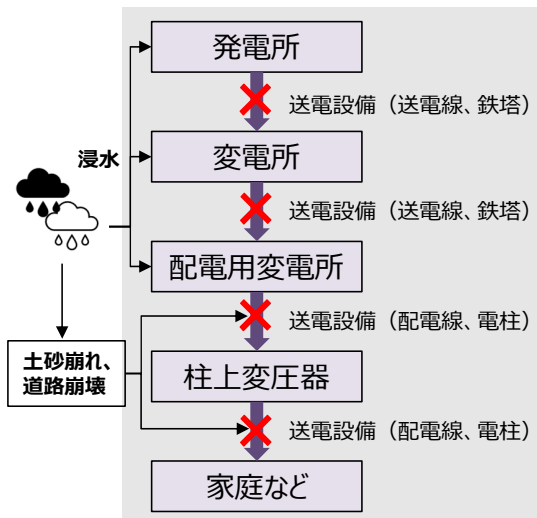


気候変動適応関東広域協議会（第12回） 災害時孤立対策分科会（中間）報告

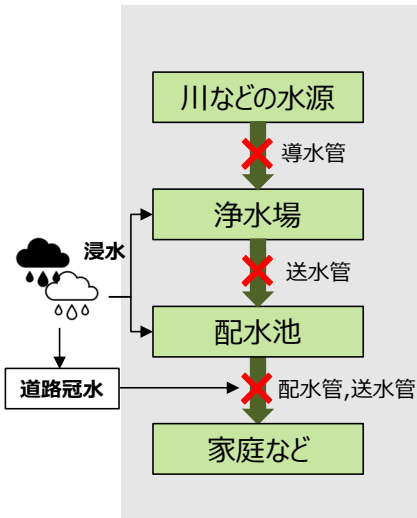
ハザードの増大（気候変動の激甚化）によるライフライン途絶について

- 系統による電力供給は、発電所から変電所や変電所を経由するのが一般的。集中豪雨等が生じると、発電所や変電所の浸水による機能停止、土砂崩れや道路崩壊等による配電線の断線が起こることで電力が途絶しやすくなる※1。
- 上水は、取水後、浄水場から配水池などの送配水施設を経由し、配水管及び給水管によって家庭まで送られるのが一般的。集中豪雨等が生じると、浄水場などの水道設備の浸水による機能停止、洪水を伴う道路陥没により配水管の破損が発生し、上水道供給が途絶しやすくなる※2。
- 携帯電話の通信設備には、無線基地局と交換局、これらを繋ぐ光ファイバーの伝送路があり、集中豪雨等が生じると、土砂崩れによる光ファイバー伝送路の断絶、停電による無線基地局の停止が起こり、通信が途絶しやすくなる※3。

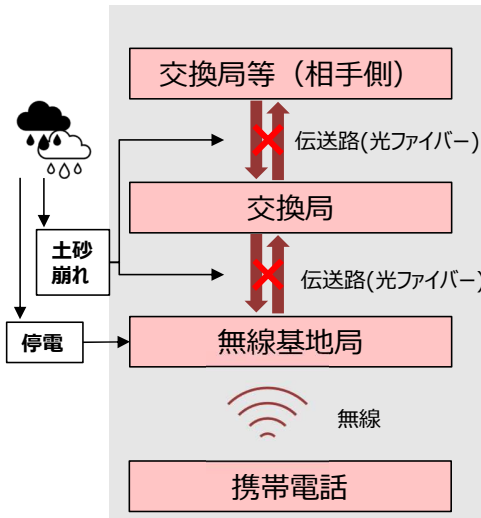
系統電力の途絶例



上水道の途絶例



通信ネットワークの途絶例



※1. 経済産業省（2020）「令和2年に発生した災害の振り返りと今後の対応について」

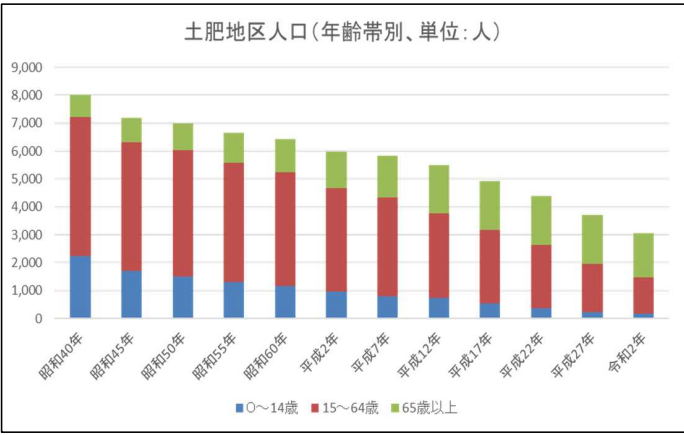
※2. 川越市ホームページ「断水に備えましょう」2024年2月29日更新

<https://www.city.kawagoe.saitama.jp/smph/kurashi/jogesuidobu/forcustomer/oshirase/kyusui20221122.html>

※3. 総務省（2019）「情報通信白書 令和元年度版」

脆弱性の変化（高齢者の増加）を踏まえた避難施設の利用について

- ・ 高齢者は豪雨の中、徒歩による避難が困難な場合が多く、寝たきりの要介護者等においては緊急時に援助を求めることができないなど、避難の交通手段が無い場合には、非常時に避難施設に逃げ込むことが難しくなる^{※1}。
- ・ 逃げ込むことが難しい場合には、自宅避難が可能なように自宅を強靱化することが望ましい。また、高齢者に対するバスなどを活用した一斉避難といった支援も検討することが望ましい。



年齢別人口	昭和40年	令和2年	変化率 (昭和40年/令和2年)
① 0～14歳	2,235人	169人	約9割減
② 15～64歳	4,977人	1,290人	約7割減
③ 65歳以上	790人	1,597人	約2倍
※ ②/③	6.3人	0.8人	

【社会状況の変化】

1. 避難時の支援者の減少
 - ②15～64歳人口で③高齢者（65歳以上）人口の避難支援をすると仮定すると、6.3人（昭和60年）→0.8人（令和2年）
2. 避難方法の多様化
在宅避難（垂直避難）の選択

【変化に対する課題】

1. 避難時の支援者の減少による高齢者等の自主避難者の増加→自宅避難の増加
2. 自宅避難のための自宅の老朽化
3. インフラ（電気・ガス・水道）途絶のリスク増大

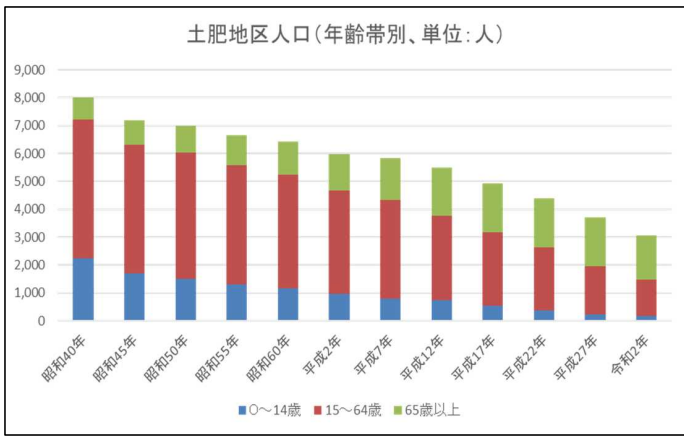
【適応アクション導入の方向性（課題）】

1. 自宅の増強とインフラの確保（資金）
2. 更なる避難方式の検討→一斉避難

※1. 片田敏孝（1998）「H10.8末阿武隈川出水時における郡山市民の避難行動と洪水ハザードマップの活用」

暴露の変化（人口減少）に応じた適切な適応アクションの導入

- ・ 想定した避難人数に応じて避難施設に必要なライフライン対策は異なるため^{※1}、対策コストを踏まえた適切な適応アクションの導入が重要である。
- ・ 対象地区の将来の人口が減ると想定される場合、気候災害に暴露される人口も減少すると考えられる。したがって、適応アクションの導入にあたっては、対象地区の人口減少に応じて、規模等の低減も可能なように考慮しつつ、適切な適応アクションを選択する。（例：大型一台ではなく、小型二台等、もちろん費用にもよるが、故障リスクも考慮する）



年齢別人口	昭和40年	令和2年	変化率 (昭和40年/令和2年)
① 0～14歳	2,235人	169人	約9割減
② 15～64歳	4,977人	1,290人	約7割減
③ 65歳以上	790人	1,597人	約2倍
※ ①+②+③	8,004人	3,056人	約6割減

【社会状況の変化】

1. 地域全体の人口減少
昭和60年の8,004人から令和2年では3,056人と約6割の人口減となっている。
2. 避難方法の多様化
在宅避難（垂直避難）の選択

【変化に対する課題】

1. 避難所の避難可能人数の見直し
2. インフラ（電気・ガス・水道）途絶のリスク増大
3. 避難施設の老朽化

【適応アクション導入の方向性】

1. 避難所の増強とインフラの確保（資金）
2. 更なる避難方式の検討→一斉避難

※1. 北海道立総合研究機構（2004）「あなたのまちの避難所は大丈夫？ -避難所施設の適切な維持保全に向けて-」

Step3 : 将来に孤立対策に向けて考慮すべき事象の整理

- ⑪ ライフスタイル等の変化 : 携帯電話の普及、感染症の拡大等
- ・ 災害時の携帯電話の公共施設からの電源供給は
近年では欠かせない（エネルギー需要側の増大：再エネ）
 - ・ 熱中症対策も個人宅、避難所に限らず重要になってきている
 - ・ 熱中症対策だけでなく、冬期の暖房も重要
 - ・ 感染症対策として換気も重要（熱中症対策と関連）

Step4 : 土肥地区における現状・将来の気候変動影響を考慮した孤立対策のまとめ

Step 4 :土肥地区における現状・将来の気候変動影響を考慮した孤立対策のまとめ

- ・需要側（想定避難者数【住民、要支援者、非住民等の情報含む】、避難所【自宅等含む】）と供給側（エネルギー、水、食料、その他のサービス等）のバランスに配慮しつつ、必要な対策を洗い出し、想定した適応策での対応状況を整理する。

⑬ 個々の適応策は有効か？

- ・避難方法の多様化として、自宅避難、避難所避難としては、基本的な避難方法とするものの、避難先である自宅、避難所の災害時のインフラ確保が重要な課題である。
- ・避難所に関しては一部見直しされており、場所（安全かつ避難しやすさ）や建替え等も進められている。
- ・これらの避難先（先ずは、指定避難所）に対して、インフラの確保に対応する適応アクションの適応を施設規模に応じて推計する。

⑭ 複合対策として有効か？

- ・さらに個々の適応アクションを導入するは現実的ではなく、実際には状況に応じていくつかの適応アクションを複合的に導入することを検討する。

⑮ 他に有効な適応策はあるか？

- ・自宅避難、避難所避難の他に、土肥地区は温泉地区となっており、旅館、ホテルの多く立地する。また、温泉水（湯）も豊富であり、これらとの連携や活用は有効な手段と思われる。
- ・特に、気候災害は新じめ予測（予報）することがある程度可能であることから、避難等に必要な時間も確保することができる。このため、**旅館、ホテルを避難先として、高齢者を優先させた一斉避難の方法も有効と思われ、これらの施設に対する適応アクションも検討する。（7月以降検討）**

⑯ 複数シナリオに基づき、現状及び追加的に必要と想定される適応策の実装の可能性を取りまとめ（7月以降検討）

気候変動適応関東広域協議会（第12回） 災害時孤立対策分科会（中間）報告

42

⑬ 個々の適応策は有効か？

⑭

⑮

⑯

◀◀◀

Step1

Step2

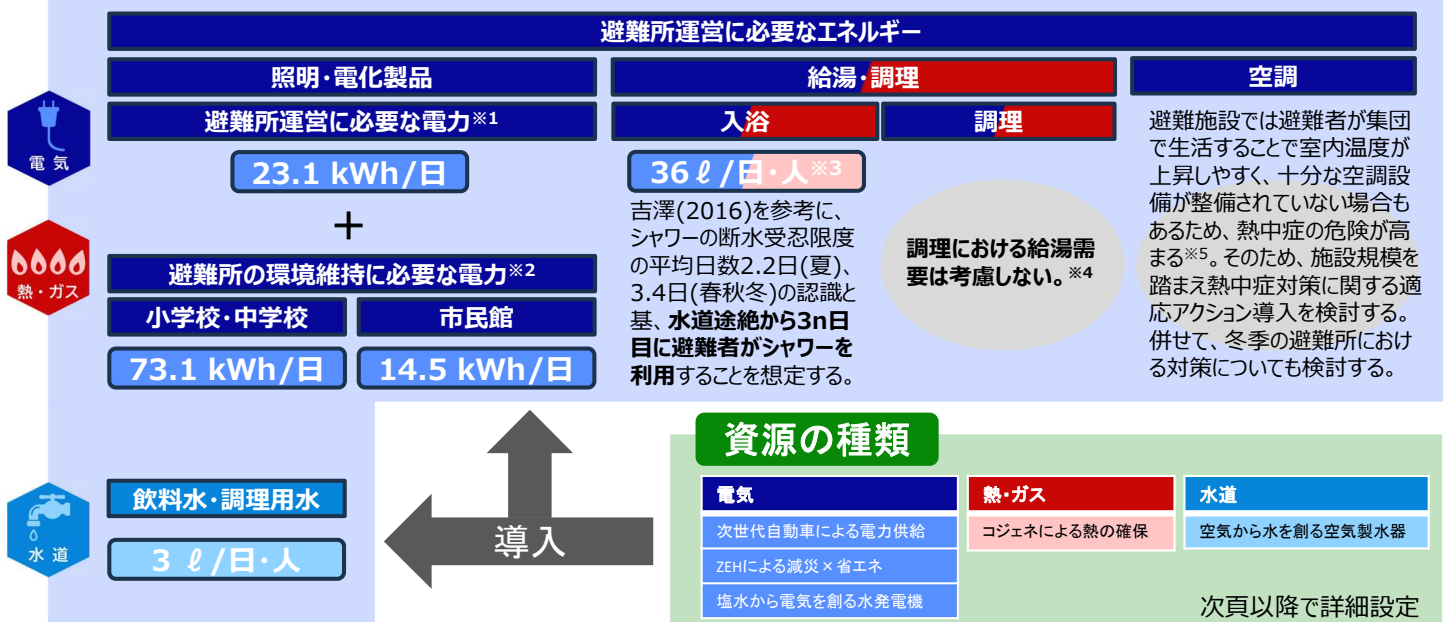
Step3

Step4

指定避難所におけるライフライン需要量と資源の種類

- ・個々の適応アクションの有効性について検討するため、指定避難所における災害時の電力、熱・ガス、水道に関する定量的な需要量について設定する。

需要量



※1.見目ら(2021)「2019-2020年度 東三河地域防災協議会受託研究 研究成果報告書 災害時における再生可能エネルギーを利用した電力供給システムの有効活用について」

※2.小中学校では収容可能人数330人、市民館では70人が想定されているため、対象の各種避難施設等の避難人数を踏まえて合計消費電力量を算分する。また、断水時はポンプ需要を除いて需要を算出する。

※3.吉澤源太郎(2016)「災害時の断水被害軽減に向けた水需要マネジメントに関する研究」

※4.伊豆市地域防災計画（共通編）では、伊豆市長と応急食料の調達先が締結する災害救助に必要な物資の調達に関する協定書のひな形にて、電気、水道が途絶している場合は調理不要の食品を調達することを想定しているため。

※5.厚生労働省(2011)「避難所における熱中症予防対策について」

資源量（電気に関する適応アクションの効果と費用）

- 個々の適応アクションの効果と費用については、参考文献等を参考に試算し設定した。
- 以下に、電気に関する3つの適応アクションに関する効果と費用を示す。

表：電気に関する適応アクションの効果と費用

適応アクション名	パターン	製品	効果と費用									
次世代自動車による電力供給	A	日産リーフ (X)	効果	平均充電率 90(%)	×	EVバッテリー 40(kWh/台)	-	走行分電力 10(%)	×	EVバッテリー 40(kWh/台)	=	32(kWh/台)
			費用	税抜価格 3,710(千円)	-	補助額 850(千円)						=
	B	三菱eKクロスEV (G)	効果	平均充電率 90(%)	×	EVバッテリー 20(kWh/台)	-	走行分電力 10(%)	×	EVバッテリー 20(kWh/台)	=	16(kWh/台)
			費用	税抜価格 2,129(千円)	-	補助額 550(千円)						=
塩水から電気を創る水発電機		AQUENEOU S Carry 500	効果	定格出力 0.14(kW)	×	想定途絶時間 48(h)					=	6.7(kWh/台)
			費用	本体税抜価格 635(千円)	+	カートリッジ税抜価格 1.5(千円/h)	×	想定途絶時間 48(h)				=
ZEHによる減災×省エネ		太陽光パネル※1	効果	単位あたり発電量 2.7(kWh/日・kW)	×	1kWあたり面積※3 6(m ² /kW)	×	設置可能面積 X(m ²)	×	2(日)	=	(kWh)
			費用	建設費※4 301(千円/kW)	×	面積あたりkW 0.166(kW/m ²)	×	設置可能面積 X(m ²)				=

※1.売電による収益は考慮していない。

※2.太陽光発電協会HPを参照

※3.株式会社エックス都市研究所 他(2022)「令和3年度再エネ導入ポテンシャルに係る情報活用及び提供方策検討等調査委託業務報告書」

※4.経済産業省(2021)「総合資源エネルギー調査会 発電コスト検証ワーキンググループ (第2回会合) 資料2 発電コスト検証WG[再生可能エネルギー]」

気候変動適応関東広域協議会 (第12回) 災害時孤立対策分科会 (中間) 報告

資源量（熱・ガス、水道に関する適応アクションの効果と費用）

- 個々の適応アクションの効果と費用については、各製品の仕様等を参考に試算し設定した。
- 以下に、熱および飲み水に関する適応アクションに関する効果と費用を示す。

表：熱・ガス、水道に関する適応アクションの効果と費用

適応アクション名	パターン	製品	効果と費用							
コジェネによる熱の確保	A	CP25D2-TNJC (ヤママー)	効果(電気)	出力電力量 25(kW/台)	×	24(h)	=	600 (kWh/日・台)		
			効果(温水)	排熱回収量 38.8(kW/台)	×	24(h)	×	860.42 (kcal/kWh) ÷ 加熱温度 23.2(°C)	=	34,535 (ℓ/日・台)
			費用	本体価格 8,560(千円/台)					=	8,560(千円/台)
	導入条件	34,535(ℓ/日)	÷	給湯需要 36(ℓ/日・人)	<	避難想定人数 (人)				
	B	FC-70NR1PZ/FC-70NR1PZ-M (パナソニック)	効果(電気)	出力電力量 0.7(kW/台)	×	24(h)	=	16.8 (kWh/日・台)		
			効果(温水)	排熱回収量 1.07(kW/台)	×	24(h)	×	860.42 (kcal/kWh) ÷ 加熱温度 23.2(°C)	=	952 (ℓ/日・台)
費用			本体税抜価格 1,889(千円/台)					=	1,889(千円/台)	
導入条件	952(ℓ/日)	÷	給湯需要 36(ℓ/日・人)	<	避難想定人数 (人)					
空気から水を創る空気製水器		AQ-200(アクアム)	効果	製水量 200(ℓ/日)	×	想定導入期間 7(日)	=	1,400(ℓ)		
			費用	5,500(千円/台)					=	5,500(千円/台)

(参考) 次世代自動車による電力供給に関する情報の整理

- 次世代自動車による電力供給に向けEVに着目し、EVの導入による効果や費用について情報を整理した。
- 費用については、国がグリーンエネルギー自動車導入促進補助金^{※1,2}によって様々なメーカーのEV（普通自動車、小型・軽自動車）導入に向けて支援を実施している。そこで、当該補助金の対象車種（普通自動車及び小型・軽自動車）のうち、各メーカーのホームページ上でカタログの確認が可能なものについて情報を整理した。

表：グリーンエネルギー自動車導入促進補助金のEV対象車種（普通自動車及び小型・軽自動車）^{※3,4}

区分	国内メーカー	車種	税抜価格	バッテリー容量	補助額
普通自動車	トヨタ	bZ4X	5,000～5,909千円	—	—
普通自動車	日産	アリア	5,991～8,583千円	—	—
普通自動車	日産	リーフ (X, X+Vセクション)	3,710～3,926千円	40kWh	850千円
普通自動車	ホンダ	Honda e	4,500千円	—	—
普通自動車	マツダ	MAZDA MX-30 EV MODEL	4,100～4,560千円	—	—
小型・軽自動車	日産	サクラ (S,X,X 90周年記念車,G)	2,267～2,764千円	20kWh	550千円
小型・軽自動車	三菱	eKクロス EV (G,P)	2,129～2,801千円	20kWh	550千円

自治体の負担を加味し、導入検討する車種は税抜400万円以下のものとし、搭載バッテリー量、当該補助金による補助額を整理した。

表：「次世代自動車による電力供給」によるEV1台導入あたり効果と費用^{※5}

適応アクション名	パターン	車種	効果と費用			
次世代自動車による電力供給	A	日産リーフ (X)	効果	平均充電率 90(%) × EVバッテリー 40(kWh/台) - 走行分電力 10(%) × EVバッテリー 40(kWh/台) =	32(kWh/台)	
			費用	税抜価格 3,710(千円/台) - 補助額 850(千円/台)	= 2,860(千円/台)	
	B	三菱eKクロス EV (G)	効果	平均充電率 90(%) × EVバッテリー 20(kWh/台) - 走行分電力 10(%) × EVバッテリー 20(kWh/台) =	16(kWh/台)	
			費用	税抜価格 2,129(千円/台) - 補助額 550(千円/台)	= 1,579(千円/台)	

※1.国が実施する他の補助金と重複して交付申請をすることはできないが、地方公共団体による補助金制度とは重複して申請可能。なお、静岡県からのEV導入補助金は令和6年4月時点では見られない。

※2.一般社団法人 次世代自動車振興センター(2024)「令和5年度補正グリーンエネルギー自動車導入促進補助金応募要領」

※3.一般社団法人 次世代自動車振興センター(2024)「補助対象車種一覧 (令和6年4月1日以降の登録分 PDF)」

※4.各メーカーホームページよりみずほ作成 ※5.簡単のため、代替前後のエネルギー費用は考慮しない。また、本体価格については減価償却を検討しない。平均充電率、走行分電力の想定は、中川ら(2022)「電動車を用いた太陽光電力の高効率利用システム -バーチャルグリッド-」自動車技術会論文集 Vol53, No.1を参照

気候変動適応関東広域協議会 (第12回) 災害時孤立対策分科会 (中間) 報告

46

(参考) コージェネによる熱の確保に向けた情報の整理

- コージェネは熱（温水を想定）と電気の双方を出力するため、導入を検討する施設の規模を踏まえた設備の特徴を踏まえ、出力量について簡易に算出方法を設定する。
- 着目する各種避難施設の規模を踏まえ、一定の情報が取得可能で、定格発電出力25kW以下、LPガスによって稼働する製品について調査・整理した（なお、旧土肥町では都市ガスはみられない）。

表：検討対象とするコージェネ製品^{※1}

製品名	メーカー	方式	燃料消費量 ^{※2}	出力定格電力	排熱回収	効率	温水取出温度	税抜価格
CP25D2-TNJG	ヤンマー	ガスエンジン	2.69m ³ /h	25kW	38.8kW	85.5%	70-75℃	8,560千円
FC-70NR1PZ/FC-70NR1PZ-M	パナソニック	燃料電池	0.068m ³ /h	0.7kW	1.1kW	93.0%	60-80℃	1,889千円 ^{※3}

※1.各メーカーホームページよりみずほ作成。着目する各種避難施設の規模を踏まえ、一定の情報が取得可能で、定格発電出力25kW以下、LPガスによって稼働するものを整理した（旧土肥町では都市ガスがない）。

※2.50kgのプロパンガスボンベの容量は約25m³

※3.類似製品の価格を据え置き（広島ガス(2024)「ENE・FARM CATALOGUE 2024」より）

気候変動適応関東広域協議会 (第12回) 災害時孤立対策分科会 (中間) 報告

47

(参考) コジエネによる熱の確保に向けた情報の整理

- コジエネは熱（温水を想定）と電気の双方を出力するため、導入を検討する施設の規模を踏まえた設備の特徴を踏まえ、出力量について簡易に算出方法を設定する。

表：コジエネ製品1台導入あたり効果と費用※1,2,3,4

適応アクション名	パターン	製品	効果と費用						
コジエネによる熱の確保	A	CP25D2-TNJG (ヤママー)	効果(電気)	出力電力量 25(kW/台)	×	24(h)	= 600 (kWh/日・台)		
			効果(温水)	排熱回収量 38.8(kW/台)	×	24(h)	×	860.42 (kcal/kWh) ÷ 加熱温度 23.2(℃) ^{※5}	= 34,535 (ℓ/日・台)
			費用	本体税抜価格 8,560 (千円/台)				= 8,560(千円/台)	
			導入条件	34,535(ℓ/日)	÷	給湯需要 ^{※6} 36(ℓ/日・人)	<	避難想定人数 (人)	
	B	FC-70NR1PZ/FC-70NR1PZ-M (パナソニック)	効果(電気)	出力電力量 0.7(kW/台)	×	24(h)	= 16.8 (kWh/日・台)		
			効果(温水)	排熱回収量 1.07(kW/台)	×	24(h)	×	860.42 (kcal/kWh) ÷ 加熱温度 23.2(℃)	= 952 (ℓ/日・台)
			費用	本体価格 1,889(千円/台)				= 1,889 (千円/台)	
			導入条件	952(ℓ/日)	÷	給湯需要 36(ℓ/日・人)	<	避難想定人数 (人)	

※1. いずれの製品も排熱によって温水を作る。そのため、排熱回収のエネルギーは、避難所における需要のうち給湯需要のみに利用することを想定する。また、給湯需要が満たされた場合、余った熱は廃棄されてしまうため、コジエネ稼働は排熱回収のエネルギーが避難時の給湯需要を上回らないよう、一定以上の避難人数以上且つシャワー設備のある施設に導入を検討する。上記は、コジエネが全ての避難者の熱需要を賄える想定式。
 ※2. 稼働にあたっての自己消費電力は無視している。稼働にあたっては自立出力が可能。
 ※3. 発電効率及び熱回収効率については加味している。
 ※4. 簡単のため、ガス燃料費及び代替されるエネルギー費用、施行費用は考慮しない。また、本体価格については減価償却を検討しない。
 ※5. シャワー水温(40℃)から東京都水道局の公表する令和2年度の東京都給水栓No.27の年間平均水温(16.8℃)を引いた値を設定。
 ※6. 前頁の設定の通り、給湯(シャワー)は3日に1回と設定する。コジエネは3n日目の00:00から24:00の間に稼働することを想定する。

適応アクションの導入適性の検討

- 複合対策としての有効性について検討するため、適応アクションの特徴を踏まえて各避難施設に導入を検討する際の組み合わせ「適応アクションメニュー」について検討する。

電気

適応アクション番号	適応アクション名	評価方法	電力途絶時	水道途絶時	導入適性
A-1	次世代自動車による電力供給	定量	○	○	周囲に公用車配備が可能
A-2	地域マイクログリッド	定性	○	○	有識者等へのヒアリングにて検討
A-3	ZEHによる減災×省エネ	定量	○	○	普段から一定以上の電力需要がある
A-4	塩水から電気を創る水発電機	定量	○	△	-

熱・ガス

適応アクション番号	適応アクション名	評価方法	電力途絶時	水道途絶時	導入適性
B-1	森林資源の活用	定性	○	○	周囲に森林がある(農村)
B-2	コジエネによる熱の確保	定量	○	×	給湯需要(シャワー設備)がある

水道

適応アクション番号	適応アクション名	評価方法	電力途絶時	水道途絶時	導入適性
C-1,2	雨水・井戸水の活用	定性	○	○	-
C-3	空気から水を創る空気製水器	定量	×	○	-
C-4	水資源再利用による生活用水確保	定性	×	○	シャワー設備がない

適応アクションメニュー	適応アクション番号	ライフライン途絶状況想定		導入想定施設
メニュー1	A-1 A-2 A-3	電力	×	周辺に支所等があり、周辺に建物も多く地区全体で一定の電力需要がある地域に位置する。
		水道	○	
メニュー2	A-1 A-3 B-2	電力	×	周辺に支所等があり、給湯需要(シャワー設備)がある。普段から一定の電力需要がある。
		水道	○	
メニュー3	C-1,2 C-3 C-4	電力	○	八木沢小下田簡易水道の区域内であり、シャワー設備は整備されていない。
		水道	×	
メニュー4	A-4 B-1 C-3	電力	×	周辺に建物が少なく、避難施設自体も小さいため、避難者も少ないことが想定される。森林の多い地域に位置する。
		水道	×	

水道が途絶している場合でも、十分な飲料水が確保できている場合は本メニューで検討可能。

各指定避難所における特徴及び導入検討する適応アクションメニュー

- 各指定避難所に適した適応アクションメニューの導入を検討するため、各指定避難所の想定避難人数の設定、施設の特徴の整理を行った。

指定避難所※1	想定避難人数※2	延床面積 (m ²)	施設の特徴	適応アクションメニュー	実態	理想
小土肥生活改善センター	20	182	<ul style="list-style-type: none"> 1979年竣工、伊豆市所有 平常時は住民文科施設として、リハビリ体操、歌や踊り、情報交換の場として活用 周辺に建物が少なく、避難施設自体も小さい 	メニュー 4	<ul style="list-style-type: none"> 3日間の電気 1週間の水道 (事務局想定) 	<ul style="list-style-type: none"> 5日間の電気 2週間の水道 (伊豆市地域防災計画より)
土肥集学校※3	330	1,022 (体育館)	<ul style="list-style-type: none"> 体育館は2005年竣工、校舎は1983年に大改築 伊豆市所有、民間への売却を検討中 土肥支所に隣接する立地 平常時は地元の絵画展、卓球大会、演奏会、体操、フィットネス体験の場として活用 非常時にも調理可能な設備 無料で利用できるウォーターサーバー 全部屋Wi-Fi完備 	メニュー 1		
土肥小中一貫校	330	1,538 (体育館・武道館)	<ul style="list-style-type: none"> 2018年、旧土肥小学校と旧土肥中学校の再編によって「義務教育学校(2016年制度化)」として開校、伊豆市による運営 校舎は2007年、体育館は2014年に大改築 徒歩10分以内に土肥支所がある プールがあり活用されている 	メニュー 2		
丸山スポーツ公園 (管理棟)	20	326 (管理棟等)	<ul style="list-style-type: none"> 1982年竣工 伊豆市が運営、利用率が低く、指定管理者制度等の民間の活用を検討中 八木沢小下田簡易水道の区域内 	メニュー 3		
小下田ふるさとセンター	20	250	<ul style="list-style-type: none"> 2023年竣工、伊豆市所有 旧 J A 伊豆の国小下田支店を譲り受け、指定避難所機能を備えたコミュニティーセンターとして活用 八木沢小下田簡易水道の区域内 	メニュー 3		

※1.伊豆市(2023)「伊豆市 公共施設等総合管理計画」

※2.見目ら(2021)「2019-2020 年度 東三河地域防災協議会受託研究 研究成果報告書 災害時における再生可能エネルギーを利用した電力供給システムの有効活用について」及び現地施設の視察を踏まえて事務局が設定

※3.土肥集学校HP「ご利用について」 <https://toi.shugakko.jp/about/> 2024年5月14日閲覧

他に有効な適応策はあるか？ → 地域の温泉旅館・ホテルと連携した一斉避難の検討

- 突然発生する災害、ある程度予測できる災害 (気候災害) における地元旅館業組合等との連携。

	「伊豆市地域防災計画」における災害	本試行で想定する気候災害	
①	地震・津波		予測は困難であり、場合によっては域内に留まることになる
②	原子力災害		
⑥	火山噴火		
⑦	火災・爆発		
⑧	事故		
⑨	複合災害、連続火災		ある程度の予測が可能であり、避難時間はある程度確保できる
③	風水害	●	
④	高潮・高波	●	
⑤	土石流、地滑り、がけ崩れ	●	
⑩	雪害		

突然発生する災害

- 突然の発災 (被災)
- 命を守ることを優先しつつ、避難を実施
- 住民は、自宅避難、避難所避難
- 観光客等は域内の避難所等 (旅館、ホテル等含む) に避難 (防災協定等による)
- 旅館、ホテル等の従業員も被災者であるが、これらに留まる場合には、サービスの低下はあまりない (旅館、ホテル等が避難所になる場合もある)
- 孤立の際には、物資在庫、インフラ供給に問題なければ、サービスの低下も少なく避難できる

ある程度予測できる災害 (気候災害)

- 災害発生までに、ある程度の時間があることが多い
- 住民は、自宅避難、避難所避難、避難までにある程度の時間を得ることができる
- 観光客は、被災前に域外に避難 (帰宅等) することが推奨される (防災協定等による)
- 観光客が域外避難した代わりに、高齢者をはじめとする災害弱者をあらかじめ一斉避難することも想定される (防災協定等による)
- この時、旅館、ホテル等の従業員も避難することになり、旅館、ホテル等のサービスは低下する
- 孤立の際には、物資の在庫、インフラ供給に問題なくてもサービスの低下は免れず、避難者の協力が重要になってくる。

■ 能登地震で被災したホテル (従業員は避難済み)



■ ゴミはセルフで分別 (ロビー横の分別ごみ箱)



■ 食事は外部で弁当購入 (ロビー横の電子レンジ)



■ 洗濯は各自で選択 (ロビー横の洗濯機)



■ 入浴は時間入替制 (使用できない場合もあり)



Step5 : 他地域における将来の気候変動影響を考慮した孤立対策

- また、土肥地区をモデル地区とした検討結果は、他の地域への展開する場合の課題等についても、他の自治体へのヒアリング等により取りまとめを行う。
- 上記で整理する様々な課題や対応策等については、気候変動適応アクションプラン（実践編）として整理し、今後の同様の検討を行う可能性がある自治体の参考となるように、取りまとめを行い公表する。

<Step 5 : 他地域（千葉県いすみ市を想定）における将来の気候変動影響を考慮した孤立対策>

⑯ 複数シナリオに基づき、追加的に必要と想定される適応策の実装の可能性を取りまとめる

