

資料

令和6年度第4回国土技術政策総合研究所研究評価委員会

分科会（第一部会） 議事次第・会議資料・議事録

令和6年度第4回国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会（第一部会）

議事次第

日時：令和6年10月24日（木）

場所：WEB開催

1. 開会
2. 国総研所長挨拶
3. 分科会主査挨拶
4. 評価方法・評価結果の扱いについて
5. 評価
 - ＜令和5年度終了の事項立て研究課題の終了時評価＞
 - ・ 氾濫シナリオ別ハザード情報図に基づく減災対策検討手法の研究
 - ・ 土砂・洪水氾濫発生時の土砂到達範囲・堆積深を高精度に予測するための計算モデルの開発
 - ・ 下水道を核とした資源循環システムの広域化・共同化に関する研究
6. 国総研研究総務官挨拶
7. 閉会

会議資料

| | 頁 |
|---|-----|
| 資料1 国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会（第一部会）委員一覧 | 108 |
| 資料2 評価方法・評価結果の扱いについて | 109 |
| 資料3 研究課題資料 | |
| 3-1 氾濫シナリオ別ハザード情報図に基づく減災対策検討手法の研究 | 111 |
| 3-2 土砂・洪水氾濫発生時の土砂到達範囲・堆積深を高精度に予測するための計算モデルの開発 | 122 |
| 3-3 下水道を核とした資源循環システムの広域化・共同化に関する研究 | 130 |

注) 資料3については、研究評価委員会分科会当日時点のものである。

注) 資料3の一部の図表等について、著作権等の関係により非掲載とすることがある。

国土技術政策総合研究所研究評価委員会 分科会
(第一部会) 委員一覧

第一部会

主査

里深 好文

立命館大学工学部環境都市工学科 教授

委員

今井 龍一

法政大学デザイン工学部
都市環境デザイン工学科 教授

鼎 信次郎

東京科学大学環境・社会理工学院
土木・環境工学系 教授

齋藤 哲郎

(一社)建設コンサルタンツ協会 技術委員会委員長
大日本ダイヤコンサルタント株式会社
取締役 専務執行役員 技術本部長

田村 圭子

新潟大学危機管理本部危機管理センター 教授

戸田 祐嗣

名古屋大学大学院工学研究科 教授

中島 典之

東京大学環境安全研究センター 教授

濱岡 秀勝

秋田大学大学院理工学研究科 教授

※五十音順、敬称略

評価方法・評価結果の扱いについて

（第一部会）

1 評価の目的

「国の研究開発評価に関する大綱的指針」、「国土交通省研究開発評価指針」に基づき、外部の専門家による客観性と正当性を確保した研究評価を行い、評価結果を今後の研究の目的、計画等へ反映することを目的とする。

2 評価の対象

令和5年度に終了した研究課題の終了時評価

3 評価の視点

必要性、効率性、有効性の観点を踏まえ、「目標の達成度」について終了時評価を行う。

【必要性】科学的・技術的意義、社会的・経済的意義、目的の妥当性等

【効率性】計画・実施体制の妥当性等

【有効性】目標の達成度、新しい知の創出への貢献、社会・経済への貢献、人材の育成等

【評価指標】

- ① 十分に目標を達成できた
- ② 概ね目標を達成できた
- ③ あまり目標を達成できなかった
- ④ ほとんど目標を達成できなかった

評価にあたっては、研究開発課題の目的や内容に応じ、研究課題毎に初期、中期、後期の段階に振り分け、それぞれの段階に応じて、以下の留意すべき点を踏まえた評価を行う。

初期段階：先進的あるいは挑戦的な取組

中期段階：実用化に向けた取組

後期段階：普及あるいは発展に向けた取組

4 進行方法

(1) 研究課題の説明（10分）

(2) 研究課題についての評価（20分）

- ① 主査及び各委員により研究課題について議論を行う。
- ② 審議内容、評価等をもとに、主査が総括を行う。

5 評価結果のとりまとめ及び公表

評価結果は審議内容、評価用紙等をもとに、後日、主査名で評価結果としてとりまとめ、議事録とともに公表する。

なお、議事録における発言者名については個人名を記載せず、「主査」、「委員」、「事務局」、「国総研」等として表記する。

6 評価結果の国土技術政策総合研究所研究評価委員会への報告

本日の評価結果について、今年度開催される国土技術政策総合研究所研究評価委員会に分科会から報告を行う。

氾濫シナリオ別ハザード情報図に基づく 減災対策検討手法の研究

| | |
|-----------|---------------|
| 研究代表者 | : 河川研究部長 川崎将生 |
| 課題発表者 | : 水害研究室長 武内慶了 |
| 研究期間 | : 令和3年度～令和5年度 |
| 研究費総額 | : 約45百万円 |
| 技術研究開発の段階 | : 中期段階 |



National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT, JAPAN

1

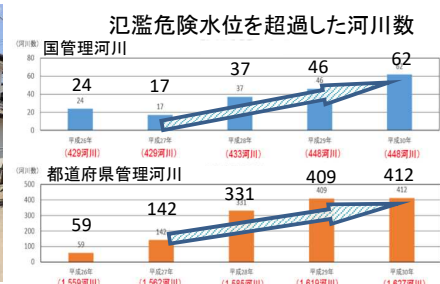


1. 研究開発の背景・課題

背景

- 大規模氾濫の頻発、気候変動影響による豪雨の激甚化等を受け、**治水施設設計規模を超過する洪水時の氾濫被害軽減対策が喫緊の課題**。
- 地域の社会・経済活動に大きな打撃となり、**迅速な復旧を困難にする甚大な被害の防止・軽減対策(減災対策)の具体的内容および優先順位の検討が急務**。

しかし、**具体的な減災対策を検討するために必要なハザード情報は既存の洪水浸水想定区域図等から十分には読み取ることができない**。また、減災対策の検討手法や効果の評価手法が確立されていない。



平成29年7月九州北部豪雨(筑後川水系赤谷川) 平成30年7月西日本豪雨(高梁川水系小田川) ※対象は、洪水予報河川及び水位周知河川(国土交通省調べ)

課題

- ①浸水想定区域内の相対的な危険度の把握や、具体的な減災対策の検討に必要なハザード情報が示されていない。
- ②減災対策の具体的検討手法、効果評価手法が確立されていない。

目的・目標

【目的】

減災対策推進のためのハザード情報図の作成や、減災対策の具体的検討手法及び対策効果評価手法を開発する。

【目標】

- ・氾濫シナリオ別ハザード情報図(仮称)作成手法の開発
- ・同図を活用した減災対策検討手法の開発
- ・減災対策による被害軽減効果評価手法の開発
- ・「洪水減災対策検討の手引き(仮称)」の公表

必要性

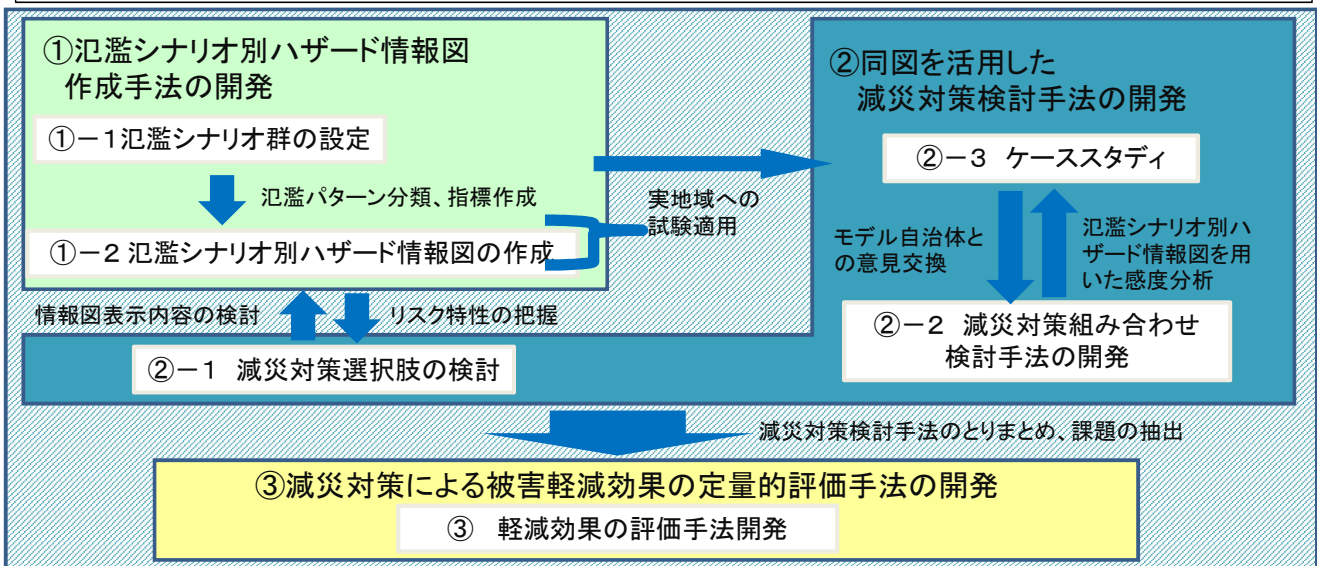
- ・近年の豪雨の頻発化・激甚化を受け、治水施設設計規模を超過する洪水時の氾濫被害防止・軽減(減災)対策が喫緊の課題であり、同対策の具体的内容および優先順位の検討が急務。
- ・しかし、既存の洪水浸水想定区域図等からは具体的な減災対策を検討するために必要なハザード情報を十分には読み取ることが出来ず、減災対策の検討手法や効果の評価手法が確立されていない。

3

3. 研究開発の概要

本研究においては、以下を3本の柱として、研究開発を進める。

- ① 減災対策推進のための(氾濫シナリオ別)ハザード情報図(仮称)作成手法の開発
- ② 同図を活用した減災対策検討手法の開発
- ③ 減災対策による被害軽減効果の定量的評価手法の開発



- ・氾濫シナリオ別ハザード情報図作成手法
- ・減災対策検討手法
- ・被害軽減効果の定量的評価手法

①～③ 洪水減災対策検討の手引き(仮称)とりまとめ

公表

全国展開

| 区分(目標、テーマ、分野等) | 実施年度 | | | 総研究費 |
|-------------------------------|-------------------|----|----|-------|
| | R3 | R4 | R5 | 研究費配分 |
| (研究費[百万円]) | 14 | 15 | 45 | 総額74 |
| ①-1 具体的な減災対策検討に必要な氾濫シナリオ群の設定 | [Gantt chart bar] | | | 約5 |
| ①-2 氾濫シナリオ別ハザード情報図(仮称)作成手法の開発 | [Gantt chart bar] | | | 約10 |
| ②-1 地域リスク特性を踏まえた減災対策選択肢の検討 | [Gantt chart bar] | | | 約5 |
| ②-2 減災対策組み合わせ検討手法の開発 | [Gantt chart bar] | | | 約5 |
| ②-3 ケーススタディ | [Gantt chart bar] | | | 約10 |
| ③ 被害軽減効果の定量的評価手法開発 | [Gantt chart bar] | | | 約15 |
| ①~③ 洪水減災対策検討の手引き(仮称)作成 | [Gantt chart bar] | | | 約5 |

効率性

・ハザード情報図作成手法等について、洪水浸水想定の見解を有する国等の機関が国費を用いて一括して研究開発を行い、同成果を全国に提供することは、効率性、客観性等の観点から妥当である。

・減災対策は、河川・下水道・都市等の様々な分野が横断的に連携した推進が必須であることから、これらの幅広い分野の防災対策の現場実態に関する知見を豊富に蓄積している国総研が国費を用いて研究開発を行うことが最も効果的かつ实际的である。

5

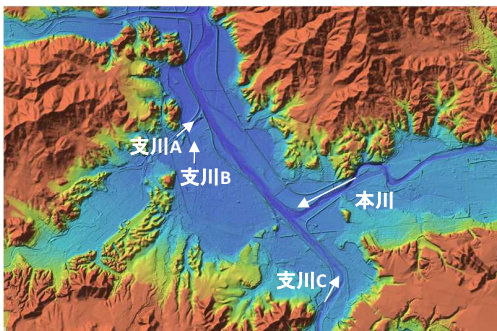
5. 研究成果：①-1具体的な減災対策検討に必要な氾濫シナリオ群の設定

1. 検討対象流域の設定

- ・本省関係部局等と連携し、まちづくり検討が進められようとしている地域を抽出。
- ・異なる氾濫形態(流下型、拡散型、貯留型)となるモデル流域を、ケーススタディとして設定。

A川(市街部)

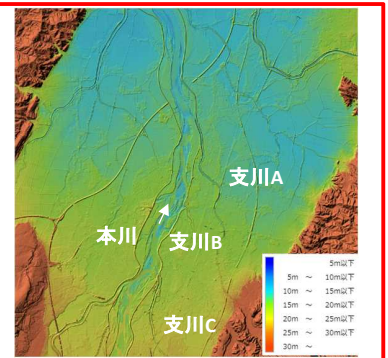
貯留型



B川(市街部)

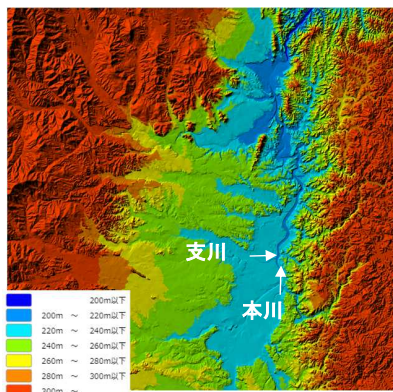
拡散型

今回説明



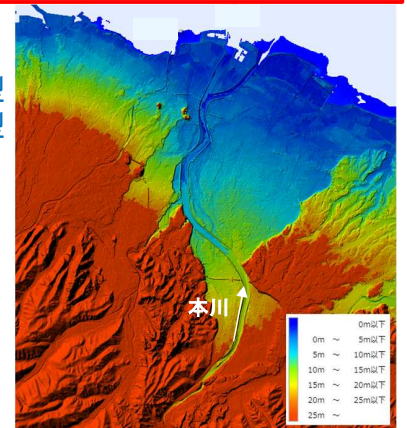
C川(市街部)

上流：流下型
下流：貯留型



D川下流部

上流：流下型
下流：拡散型



氾濫シナリオ群の構成：

||

(1) 氾濫要因(河川等)の違い

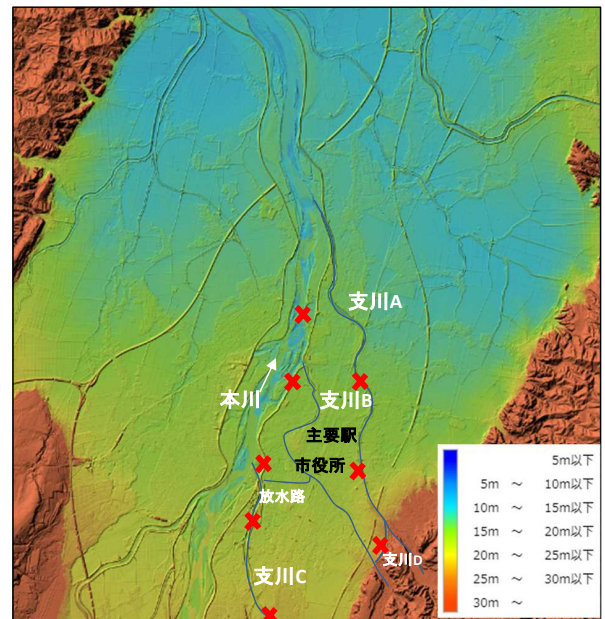
- **本川、支川、内水による氾濫シナリオ**
- * **降雨シナリオを内包**
- ⇒ 地域の記憶に残る著名洪水から選定

×

(2) 氾濫地点の違い

- 同じ河川からの氾濫であっても、**決壊地点が異なれば氾濫の様相(ハザードの起こり方)が異なる。**
- 各断面の流下能力等を踏まえ、洪水時に合理的に想定し得る決壊地点を抽出した上で、
- **複数の想定決壊地点が離れた位置となるよう設定。**

× : 想定した決壊地点



氾濫シナリオで想定した決壊地点 (B川(市街地))

表 被害の種別とそれを説明し得るハザード

- ◎: 被害種別との関係が良く整理されているもの
- : 被害種別との関係が一定程度見られるもの
- △: 被害種別との関係が整理できる可能性があるもの、
暴露側の条件や氾濫原地形特性により適用性が異なるもの

| | | ハザード | | | | | 備考 |
|------|---------------|-------|--------|-------|---------|---------|--------------------------|
| | | 最大浸水深 | 浸水継続時間 | 最大流速 | 浸水位上昇速度 | 氾濫流到達時間 | |
| 物的被害 | 家屋・家電 | ◎ | | | | | 浸水深～建物被害率関係 |
| | 家屋倒壊等 | ○ | | ○ | | | 主に流体力で評価される |
| | 工場・事業所 | ◎ | △～○ | | | | 営業停止期間の長期化 |
| | 農地被害 | △～○ | ○ | ○～◎※1 | | | ※1 表土の流失 |
| | 防災拠点、病院等 | ◎ | ◎ | | | | 地域の復旧期間に影響 |
| 人的被害 | 建物内での被災 | ◎ | △※2 | | | | ※2 低平地大都市部の浸水長期化 |
| | 避難途上の被災 | | | ◎ | ◎ | | |
| | 避難行動への転換のしにくさ | | | | ◎ | ○ | 浸水等周囲の変状認識後の避難意思決定者が多い実態 |

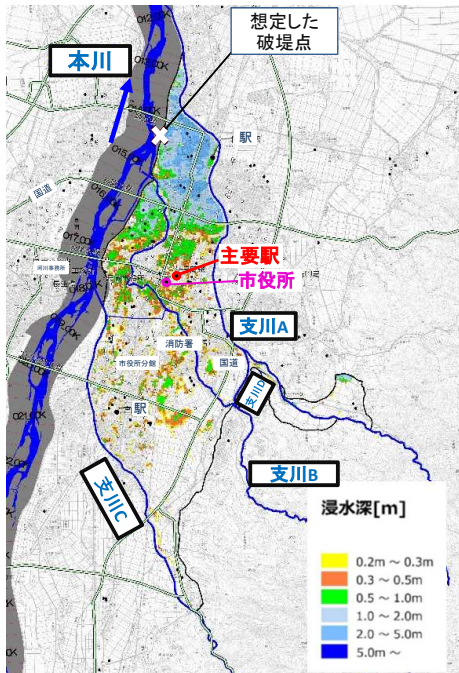


5. 研究成果：①-2氾濫シナリオ別ハザード情報図の試作

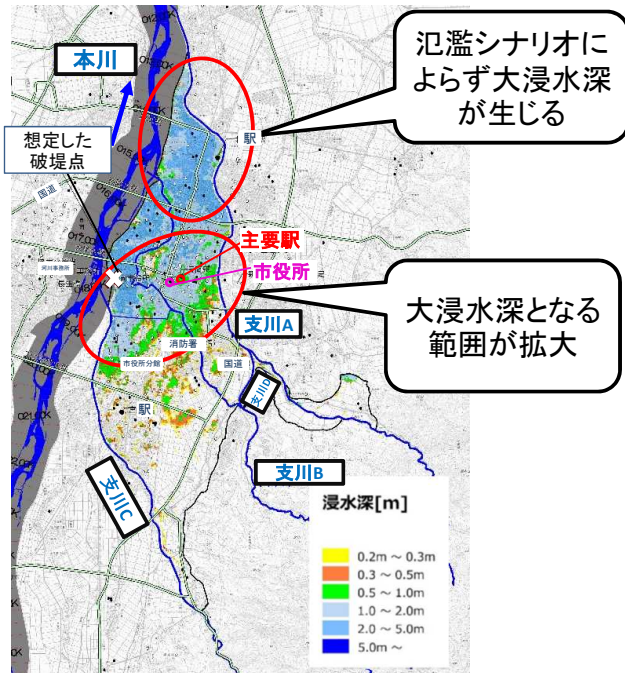
～“最大浸水深”で見た場合～

本川が決壊した場合

- ・床上浸水となりやすい最大浸水深0.5m以上（以下、大浸水深）となるエリアに着目
- ・上流側からの氾濫シナリオでは、大浸水深となる範囲が大きく拡がり、主要駅や市役所も被災し得る。
- ・本川の氾濫シナリオによらず、大浸水深エリアが存在。



決壊地点：本川右岸14.5km



決壊地点：本川右岸18.0km

9

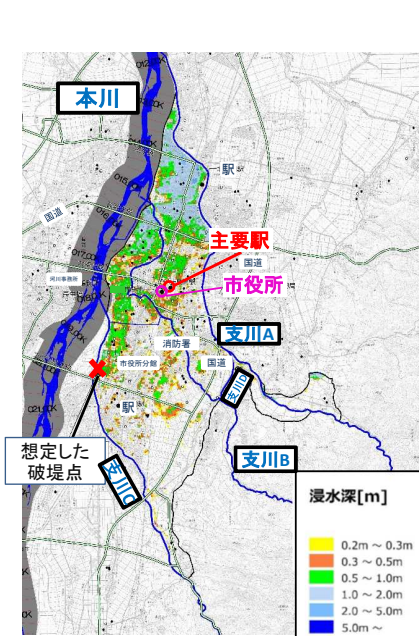


5. 研究成果：①-2氾濫シナリオ別ハザード情報図の試作

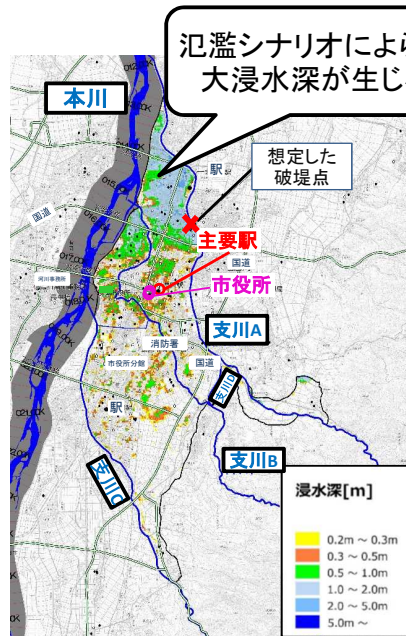
～“最大浸水深”で見た場合～

支川が決壊した場合

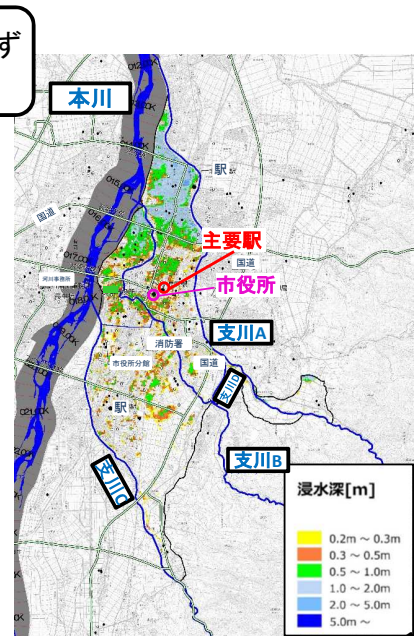
- ・氾濫ボリュームが小さく、本川に比べ大浸水深(0.5m以上)となるエリアが小さくなる傾向
 - ・決壊する支川や決壊の有無によらず、大浸水深となるエリアが存在。
⇒このエリアは本川氾濫シナリオと概ね等しいことが読み取れる。
- ⇒ 多様な氾濫シナリオに対し、家屋や事業所等の被災が大きくなりやすいエリアを判読可能。



決壊地点：支川C右岸1.4km



決壊地点：支川A左岸3.4km

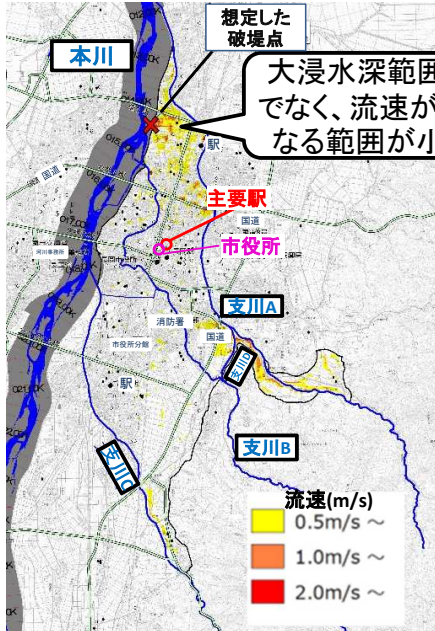


決壊なし(越流のみ)

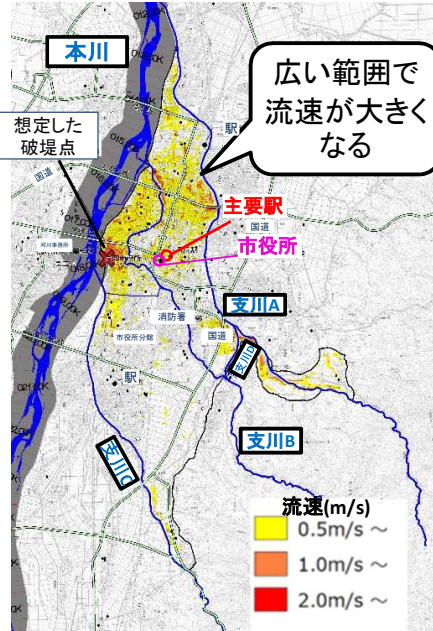
10

本川が決壊した場合

- ・本川上流側からの氾濫シナリオ(右図)では、流速が大きくなる範囲が大きくなる。
 - ・下流側からの氾濫シナリオ(左図)では、大浸水深となる範囲が小さいことに加え、流速が大きくなる範囲も小さい。
- ⇒氾濫シナリオによって物的被害や避難途上の被災の蓋然性が高くなる範囲が大きく変化する。



決壊地点：本川右岸14.5km

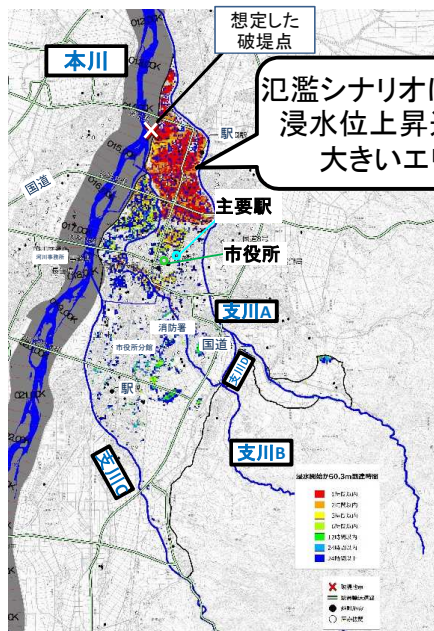


決壊地点：本川右岸18.0km

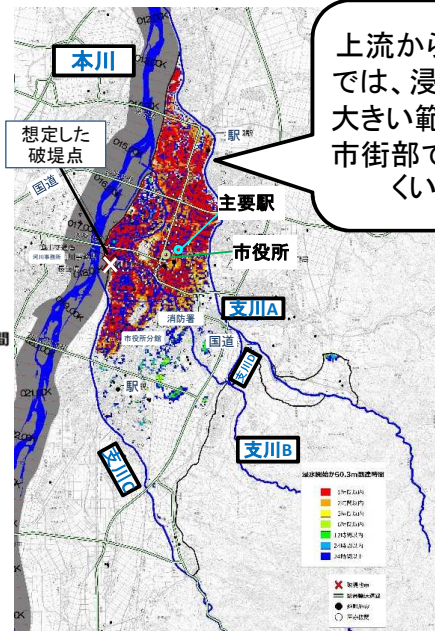
本川が決壊した場合

※浸水開始から浸水深0.3mに達するまでの時間で表示

- 本川からの氾濫シナリオの違いにより、浸水位上昇速度が大きくなる範囲が大きく異なる。
 - 一方、本川氾濫シナリオによらず、浸水位上昇速度が大きいエリアが存在。
- ⇒浸水等周囲の変状により避難を意思決定する住民が多い一般的事実を踏まえれば、氾濫から“逃げにくい”エリアであると捉えることができる。



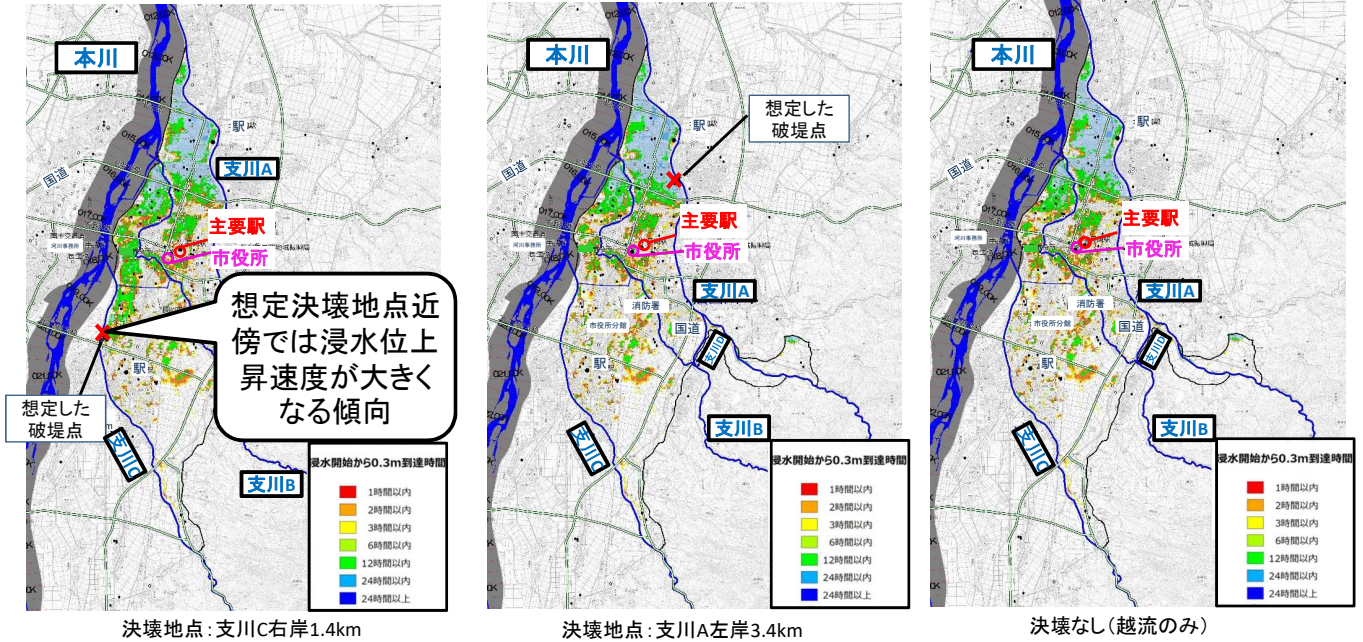
決壊地点：本川右岸14.5km



決壊地点：本川右岸18.0km

支川が決壊した場合

○氾濫シナリオによって、想定決壊地点近傍の浸水位上昇速度は異なるが、全体的には氾濫シナリオによらずゆっくりと浸水位が上昇していく状況が理解される。

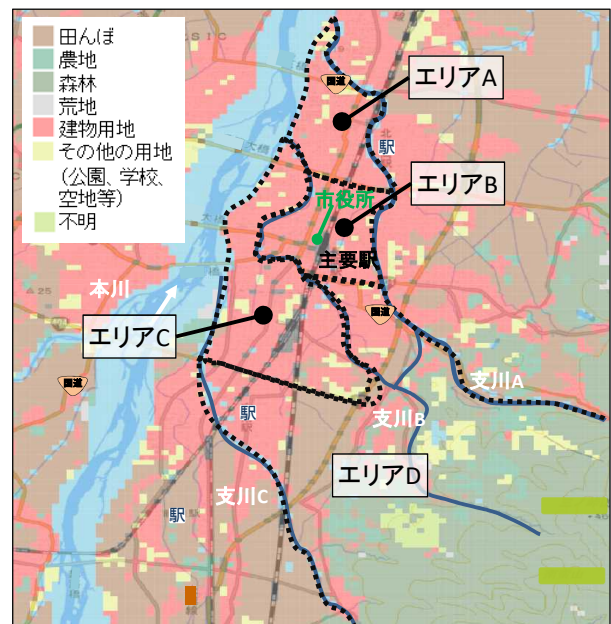
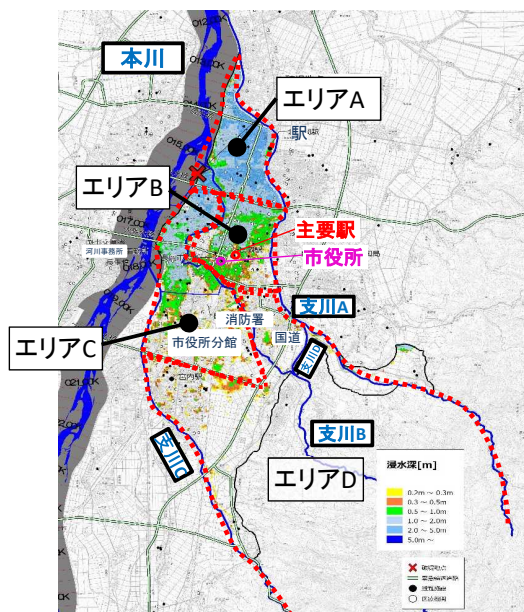


○前述の氾濫シナリオ別ハザード情報図から読み取れる内容を基に、発生ハザードの特徴(ハザード特性)によって、地域を複数のエリアに分割し得る。

○分割エリアごとのハザード特性を理解した上で、具体の減災対策を検討していくことが有効と考えられる。



②-1地域のリスク特性を踏まえた減災対策選択肢の検討



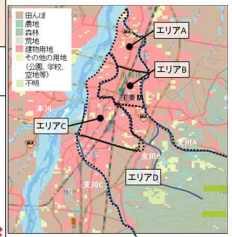


5. 研究成果：①-2氾濫シナリオ別ハザード情報図の試作

～分割エリア毎のリスク特性～

ハザード情報から読み取れることを整理し、土地利用等の暴露情報を重ねることで、分割エリアごとのリスク特性やより重視すべき氾濫シナリオが把握できる。

| 洪水浸水想定区域図 | 氾濫シナリオ別ハザード情報図 | | |
|---|--|---|--|
| | 最大浸水深、浸水継続時間(包絡値) | 最大浸水深 | 最大流速 |
| エリアA (市街地) 浸水深は高く浸水継続時間も長い。 | <ul style="list-style-type: none"> ほぼ全ての範囲で1m以上 本川、支川の氾濫シナリオによらず ⇒ 氾濫シナリオによらず、家屋や事業所の、浸水深に依存する物的被害が大きくなりやすい | <ul style="list-style-type: none"> 本川氾濫：シナリオによらず大流速となる範囲が広い。 支川氾濫：シナリオによらず大流速となる範囲が限定。 ⇒ 本川からの氾濫シナリオでは家屋被害が大きくなりやすく、避難途上の被災可能性が相対的に高い | <ul style="list-style-type: none"> 本川氾濫：シナリオによらず、ほぼ全域で V_{hs} が大きくなる。 支川氾濫：決壊地点近傍のみ V_{hs} が大きくなるが、その他の場所では V_{hs} は小さい。 ⇒ 本川から氾濫した場合は、ほぼ全域で逃げるのが困難。 |
| エリアB (主要駅、市役所、市街地) 浸水深は高く浸水継続時間も長い。 | <ul style="list-style-type: none"> 本川上流側からの氾濫シナリオでのみ、ほぼ全ての範囲で大浸水深。 本川下流側からの氾濫シナリオ、支川からの氾濫シナリオでは小さい浸水深。範囲も一部に限定。 ⇒ 本川上流側から氾濫すれば、主要駅や市役所の機能停止による経済活動への影響長期化が懸念 | <ul style="list-style-type: none"> 本川上流側からの氾濫シナリオでのみ、広い範囲で大流速となる。 本川下流側からの氾濫シナリオ、支川からの氾濫シナリオでは多くの範囲で大流速が発生しない。 ⇒ 本川上流側から氾濫すれば、家屋被害が大きくなりやすく、また、避難途上の被災可能性が相対的に高い範囲が大きくなる。 | <ul style="list-style-type: none"> 本川上流側からの氾濫シナリオでのみ、広い範囲で V_{hs} が大きい。 本川下流側からの氾濫シナリオ、支川からの氾濫シナリオでは V_{hs} が小さい。 ⇒ 本川上流側から氾濫すれば相対的に氾濫から逃げにくくなる |
| エリアC (市街地) 浸水深は高く、浸水継続時間も長い。 | <ul style="list-style-type: none"> 本川上流側からの氾濫シナリオでは、多くの範囲で大浸水深となる。 隣接する支川からの氾濫シナリオでは、決壊地点近傍で0.5～1m。 ⇒ 本川上流側、隣接する支川からの氾濫により、家屋や事業所の、浸水深に依存する物的被害が大きくなりやすい | <ul style="list-style-type: none"> 本川上流側からの氾濫シナリオで、広い範囲で大流速となる。 隣接する支川からの氾濫シナリオで決壊地点近傍で大流速。 ⇒ 本川上流側、隣接する支川からの氾濫により、家屋被害が大きくなりやすく、また、避難途上の被災可能性が相対的に高い範囲が増大 | <ul style="list-style-type: none"> 本川上流側からの氾濫シナリオでは、広い範囲で V_{hs} が大きい。 隣接する支川からの氾濫シナリオ時に、決壊地点近傍で V_{hs} が大きい。 その他の氾濫シナリオでは V_{hs} が小さい。 ⇒ 本川上流側、隣接する支川からの氾濫シナリオでのみ、相対的に氾濫から逃げにくくなる |



分割エリア

※1) 設定した指標のうち、最大浸水深、最大流速、浸水位上昇速度を用いたハザード情報図から読み取れる情報を例示。
 ※2) エリアDは設定した氾濫シナリオによる影響が見られなかったため、表に示していない。



5. 研究成果：②-1地域のリスク特性を踏まえた減災対策選択肢の検討

基本的な考え方

質量保存則(連続式)

$$\frac{ds}{dt} = Q_{in} - Q_{out}$$

s :対象域内の貯留量(m³)、 Q_{in} :対象域内へ流入した水量(m³/s)、 Q_{out} :対象域内から排出した水量(m³/s)

- 注目する対象域において、
- (1) 対象域内への流入量を減少($Q_{in} \downarrow$)
 - (2) 対象域内からの流出量を増大($Q_{out} \uparrow$)
 - (3) Q_{in} , Q_{out} の空間分布を制御

想定される減災対策の例

* 本研究の対象域に着目して整理(着目する領域によって考え方が変わることにご注意)

| 考え方 | 減災対策の方針 | 具体的な対策 |
|------------------------------|--------------------------------|--|
| (1) 対象域への流入量を減らす | 本川の上流域で水を一時的に貯める | <ul style="list-style-type: none"> ・ 田んぼダムの設置 ・ 遊水池、霞堤等の設置 ・ 上流ダム群の事前放流によって洪水調節能力を上げる |
| | 支川の上流域で水を貯める | |
| (2) 対象域からの流出量を増やす | 本川と支川の合流点水位を下げる | <ul style="list-style-type: none"> ・ 合流点に導流堤を設置 ・ 放水路等を開削し、他の集水域へ流量を配分。 ・ 堤内地内にある排水施設の新設または増強 |
| | 本川や各支川の水位を下げることで、内水を早く河川へ排出させる | |
| (3) 対象域内で氾濫水を制御し、貯留量配分を変化させる | 対象域内における貯留量の分布を変化させる | <ul style="list-style-type: none"> ・ 二線堤、横堤等 |



○エリアA、エリアBの被害低減を両立する減災対策について検討結果を示す。
 ・エリアA：氾濫シナリオによらず大浸水深となる等、大きな被害が生じやすい
 ・エリアB：人口・資産が集積し、市役所や主要駅が位置

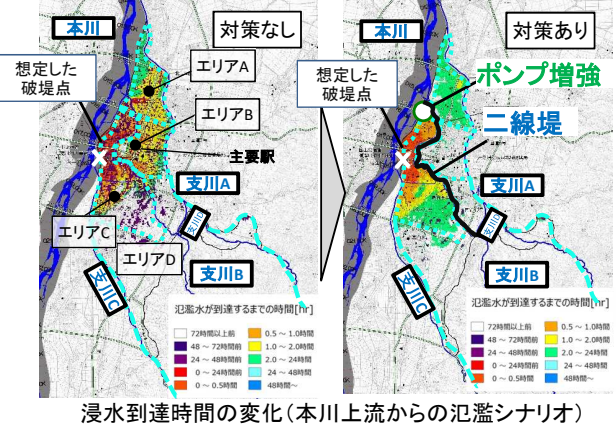
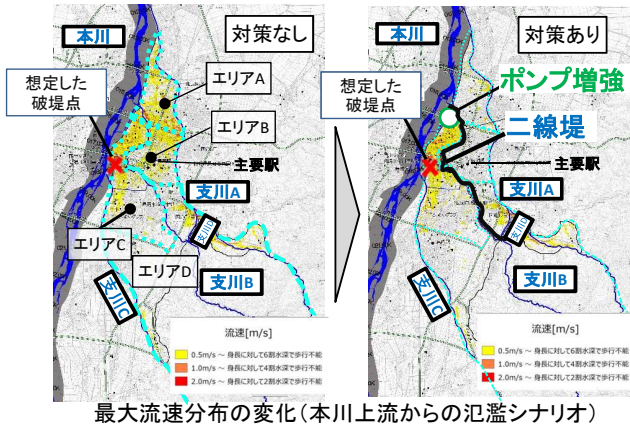
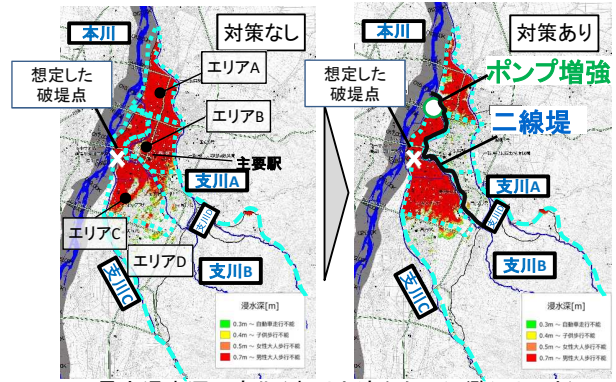


5. 研究成果：②-2 減災対策組み合わせ検討手法の開発

$$\text{質量保存則(連続式)} \quad \frac{ds}{dt} = Q_{in} - Q_{out}$$

- ◆エリアA、Bの被害軽減に着目
 - ・エリアA、Bへの Q_{in} を減らす対策
⇒支川Bに沿って二線堤を設置
- ◆二線堤の設置によって貯留量が増加してしまうエリアCに着目
 - ・エリアCの Q_{out} を増やす対策
⇒既存の排水機場のポンプ排水能力を増強

- ◎エリアA、Bにおいて被害低減効果あり
- △エリアCではポンプを増強しても、貯留量増加
⇒浸水深、浸水範囲が増加

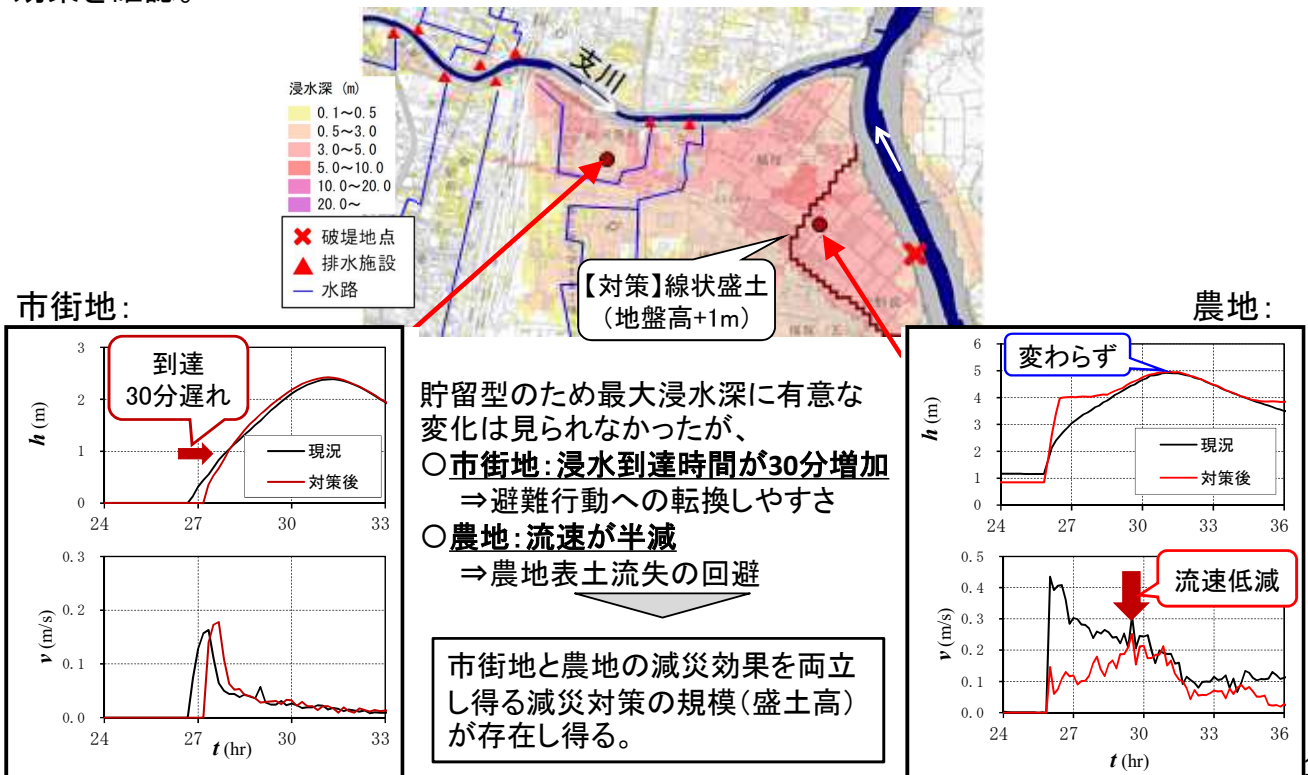


17



5. 研究成果：②-3 ケーススタディー ～貯留型のモデル流域での検討結果例～

- 本川からの氾濫シナリオでは、広い範囲で大浸水深が発生し、家屋等被害が甚大
- 一時的に市街地への Q_{in} を減らすために、決壊地点近傍の道路盛土を嵩上げし、減災対策効果を確認。

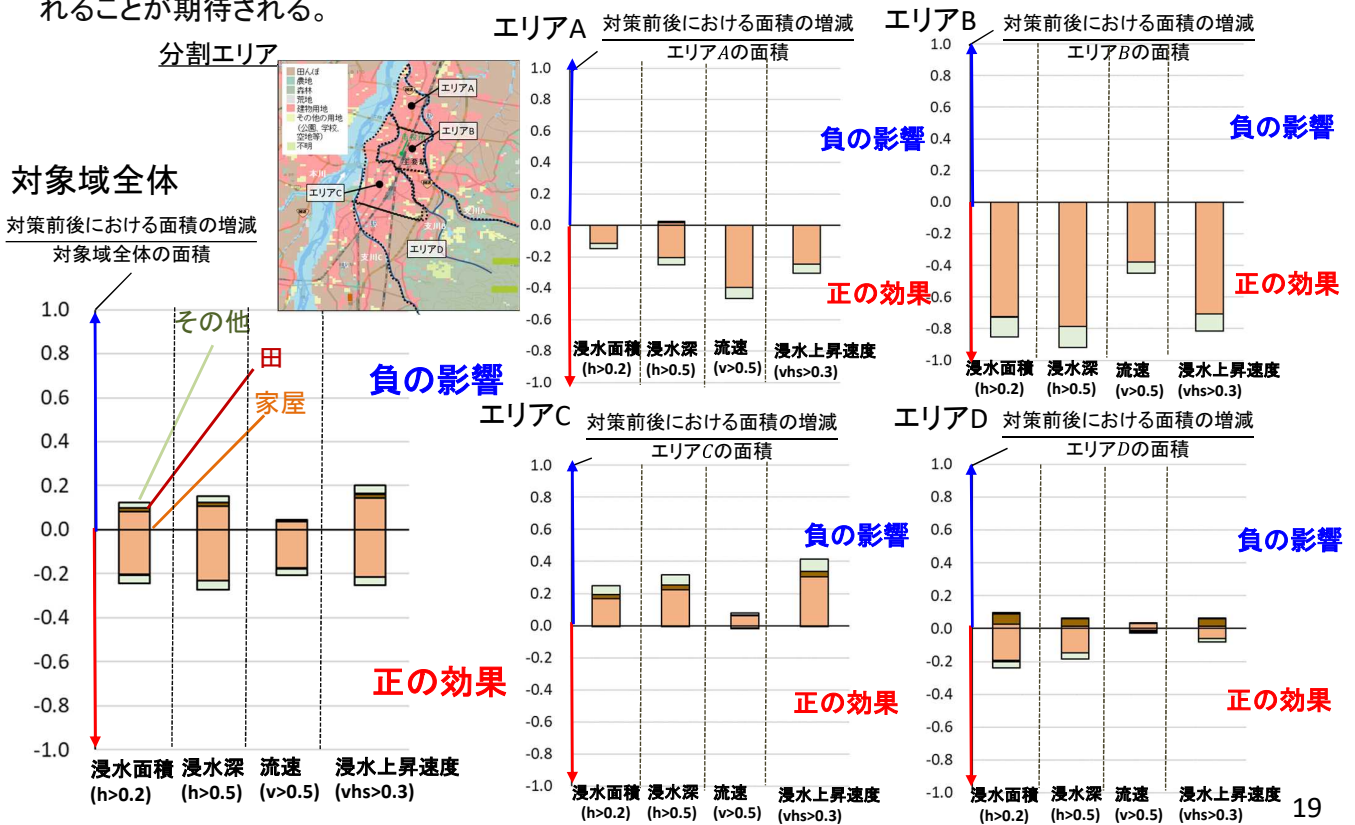


18



5. 研究成果：③ 被害軽減効果の定量的評価手法開発

○ 設定した分割エリアごとかつ各土地利用形態ごとに被害軽減効果を定量化
 ⇒ 正の効果のみならず負の影響も可視化することで、地域の合意形成に向けた基盤情報として活用されることが期待される。



5. 研究成果：①～③ 洪水減災対策検討の手引き(仮称)作成 6. 成果の普及等

成果の部分的反映

本研究の成果：

- 氾濫シナリオ毎のハザード発生状況把握
- ⇒ 相対的に被害を受けやすいエリアの絞り込みと特徴的な被害の質の理解
- ⇒ 具体の対策検討時の着眼点

氾濫シナリオに内包される
 “降雨シナリオ”の設定

浸水頻度に着目し、住まい方や企業立地選択等への活用を企図したリスク情報図作成ガイドラインに部分反映

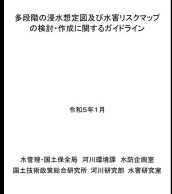
- ✓ 主要河川の氾濫が卓越する降雨シナリオ
- ✓ その他河川の氾濫が卓越する降雨シナリオ
- ✓ 下水道等の氾濫が卓越する降雨シナリオ

成果の全面的反映

本研究の成果：

- 氾濫シナリオ毎のハザード発生状況把握(読み解き方)
- 上記を踏まえた減災対策検討の考え方
- 減災対策を組み合わせた効果の把握

- 水管理・国土保全局と連携し、
- 左記、水害リスクマップを構成する種々の氾濫シナリオに基づく計算結果データ群を用いた洪水減災対策検討の手引き(仮称)の作成に着手
- 令和6年度末に公表予定
- 対象地域全体を見る自治体向けをイメージ



多段階の浸水想定図及び水害リスクマップの検討・作成に関するガイドライン(令和5年1月)
 水管理・国土保全局 河川環境課 水害企画室
 国土技術政策総合研究所 河川研究部 水害研究室

| 事前評価時の指摘事項 | 対応 |
|---|--|
| ケーススタディの対象地域の選び方をよく整理する必要がある。 | 本省関係部局と連携し、まちづくり検討が進められようとしている地域を軸として、ハザード特性が異なると考えられる氾濫形態(流下型、貯留型、拡散型)のバランスを考慮しながら対象地域を選定した。 |
| 手引きの将来的な全国展開を、どのような形で進めて行くかについて留意すべき。 | 本省関係部局が進める施策と連携し、主にインフラによる減災対策を検討する公的機関を意識し、「減災対策検討の手引き(仮称)」を作成・公表すべく、準備を進めているところである。この手引き(仮称)に、本研究で得られた知見が反映される予定である。 |
| 最終年度(3年目)で定量的評価手法の開発と手引き作成の両方を行うのは時間的に厳しいのではないか。 | |
| 既に公開されている洪水浸水想定区域図とどう異なるのか、混乱を生まないのかなど、そのような点について分かりやすく伝えていくことが重要である。 | 上記手引き(仮称)の公表に向け、現場の河川事務所や自治体に事前照会し、現場で生じる利点・懸念事項を幅広く聞き、現場とのキャッチボールを重ねながら、現場での具体の利活用場面や分かりやすさを意識した内容にブラッシュアップしていく。 |
| 現場が使いやすいような情報整理が必要と理解した。ハザード情報図に脆弱性を考慮したリスク情報図とそれに基づく被害軽減策の提示を期待する。 | 本研究はそのタイトルにもあるように、ハザードの質及び量とその変化に着目した研究として進めたが、ハザード情報図に土地利用状況(暴露)を重ね、ハザードに用いた各指標値に、脆弱性と関連付けた閾値を設けその分布を調べることで、対象地域における分割エリアごとの脆弱性を理解可能とすることを明らかにした。 |

| 研究開発の目的 | 研究開発の目標 | 研究成果 | 研究成果の活用方法 (施策への反映・効果等) | 目標の達成度 | 備考 |
|--|--------------------------|---|--|--------|----|
| ・減災対策推進のためのハザード情報図の作成 ・減災対策の具体的な検討手法及び対策効果評価手法の開発 | ①氾濫シナリオ別ハザード情報図作成手法の開発 | ・減災対策推進に資するハザード情報図作成のための氾濫シナリオ群の設定方法を明示した。 ・氾濫シナリオ毎に浸水深や流速、浸水上昇速度を用いて対象域における現況ハザード特性が把握可能となった。 ・得られたハザード情報に、土地利用等の暴露情報を重ねることで、分割エリアごとのリスク特性やより重視すべき氾濫シナリオが把握可能となった。 | ・検討した氾濫シナリオに内包される降雨シナリオについて、リスク情報図作成ガイドラインに部分反映した。 ・氾濫シナリオ毎の現況ハザード情報図の作成・整理方法や読み解き方について、令和6年度末に公表予定である「氾濫シナリオに基づく計算結果データ群を用いた洪水減災対策検討の手引き(仮称)」に反映する予定である。 | ◎ | |
| | ②減災対策検討手法の開発 | ・減災対策選択肢について、質量保存則の考え方に基づき論理的に整理した上で、モデル対象域及び他の氾濫形態が異なるモデル流域において、減災対策検討手法を開発した。 | ・本研究で得られた成果を令和6年度末に公表予定である「氾濫シナリオに基づく計算結果データ群を用いた洪水減災対策検討の手引き(仮称)」に反映する予定である。 | ◎ | |
| | ③減災対策による被害軽減効果評価手法の開発 | ・減災対策効果を浸水面積の増減や人的被害や物的被害が生じる浸水深や流速、浸水上昇速度となる面積の増減について、①で分割したエリア毎に可視化した。 ・起こりうる被害の様相が異なる分割エリアごとに評価することで、正のみならず負の影響も可視化し、地域の合意形成に向けた基盤情報として提案した。 | ・本研究で得られた成果を令和6年度末に公表予定である「氾濫シナリオに基づく計算結果データ群を用いた洪水減災対策検討の手引き(仮称)」に反映する予定である。 | ◎ | |
| | ①～③「洪水減災対策検討の手引き(仮称)」の公表 | ・氾濫シナリオに内包される降雨シナリオについて、浸水頻度に着目し、住まい方や企業立地選択等への活用を企図したリスク情報図作成ガイドラインに部分反映した。 | ・その他研究成果は、令和6年度末に公表予定である「氾濫シナリオに基づく計算結果データ群を用いた洪水減災対策検討の手引き(仮称)」に反映する予定である。 | ○ | |

<目標の達成度> ◎:十分に目標を達成できた。
 △:あまり目標を達成できなかった。

○:概ね目標を達成できた。
 ×:ほとんど目標を達成できなかった。

有効性

- ・ハザード情報図による各氾濫シナリオの結果から読み取れるハザード特性を整理し、地域の土地利用等と重ねることで、地域の弱点や対象地域における注意すべき氾濫シナリオが把握できた。
- ・考えられる減災対策選択肢を論理的に整理した上で、ハザード情報図の判読結果から対象地域に有効な減災対策の方法や対策を講じるべきエリアの検討をしやすいハザード情報環境が創出できた。
- ・減災対策効果を正の効果、負の影響を含む形で、分割エリア毎、土地利用形態毎に定量化したことで、対策前後における分割エリアへ及ぼす影響が詳細に明らかとなった。

以上成果は、地域間の合意形成に向けた基礎資料となり、全国各地の減災対策を加速化させることに貢献できる。22

土砂・洪水氾濫発生時の土砂到達範囲・堆積深を高精度に予測するための計算モデルの開発

| | |
|-----------|-----------------|
| 研究代表者 | : 土砂災害研究部長 田村 毅 |
| 課題発表者 | : 砂防研究室長 鈴木 啓介 |
| 研究期間 | : 令和3年度～令和5年度 |
| 研究費総額 | : 約40百万円 |
| 技術研究開発の段階 | : 初期段階 |



National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT, JAPAN



1. 研究開発の背景

背景

平成29年九州北部豪雨や平成30年西日本豪雨、令和元年東日本台風では、水のみならず大量の土砂の氾濫・堆積によって甚大な被害が生じる**土砂・洪水氾濫**と呼ばれる現象が発生している。

土砂・洪水氾濫の特徴として、巨礫や流木による家屋被害や浸水による被害だけでなく、**大量の細かい砂が広い範囲に堆積**することによって被害が見られることが挙げられる。土砂が堆積することで、**避難路が絶たれたり避難途中に被害にあうケースが想定され、緊急対策や復旧にあたり非常に大きな障害**となる。



土砂・洪水氾濫による家屋被害の様子

福岡県朝倉市の被害状況(H29年7月)



河道からあふれた水・土砂により家屋・人的被害が発生

宮城県丸森町の被害状況(R元年10月)



土砂・洪水氾濫のイメージ

課題

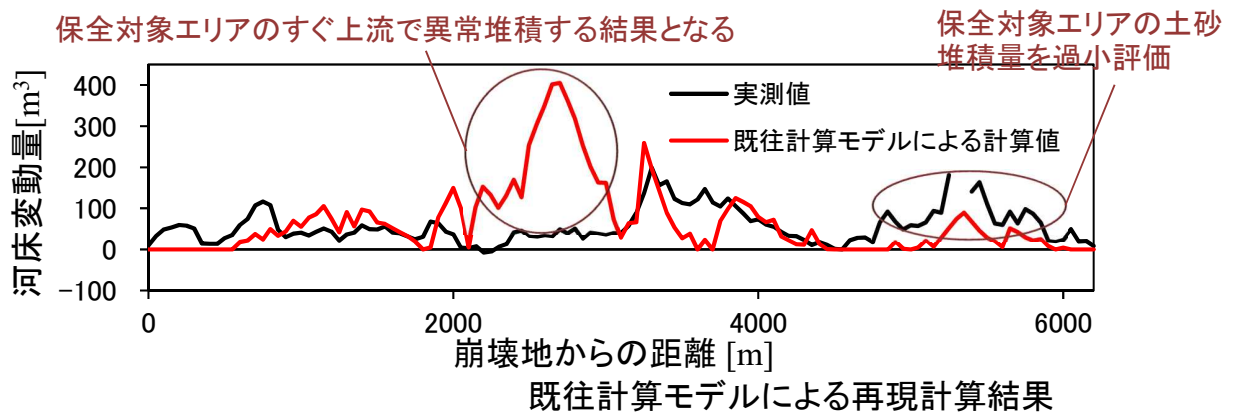
実現象と既往の計算モデルの想定現象の乖離

既存の計算モデルは、土石流～土砂流の侵食・堆積過程について、**流れる土砂や河床の土砂の粒径が代表値一つで表現できると想定**して80～90年代に構築されたもので、主に大きな礫を含む土石流による家屋やインフラの破壊を評価する目的で活用するには問題ない。

近年の災害で見られるような、砂などの**細かい土砂が勾配の緩いエリアまでより広く到達する現象は想定されていない。**



幅広い粒径の土砂の侵食・堆積プロセスを明らかにし、幅広い粒径の土砂を含む流れを解析できる汎用性の高い計算モデルの構築が課題。



3

目的・目標

- 幅広い粒径の土砂を含む土石流等が流下する場合の侵食・堆積プロセスを最新の計測技術を用いた水路実験にて解明し、**緩勾配エリアまで土砂が到達する現象を再現できるモデルを開発**する。



必要性

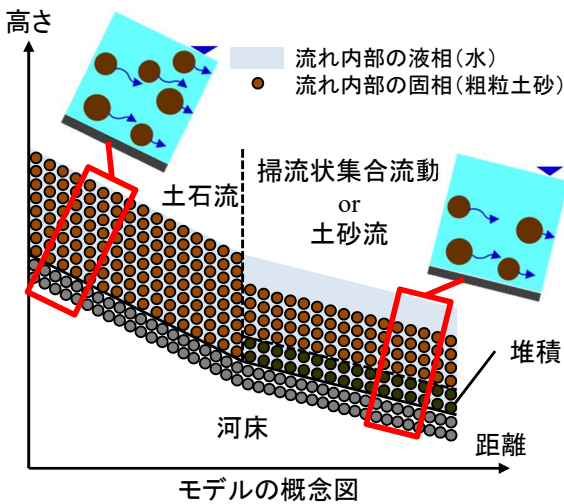
- 近年見られるような細粒分の影響が大きい土砂・洪水氾濫の既往の計算モデルによる再現性には限界があるため、**高精度な土砂到達範囲・堆積深の予測が必要**である。
- 土砂到達範囲や施設効果を効率的に評価することにより、**より適切な施設の選定や配置が可能となり、効率的な事業実施**を目指すことができるとともに、直轄砂防管内の数ある流域から特に危険な流域の抽出が可能となり、砂防施設配置の優先順位変更などが効率よく実施できると期待できる。

研究開発の概要

- 幅広い粒径の土砂の侵食・堆積プロセスを明らかにし、幅広い粒径の土砂を含む流れを解析できる汎用性の高いモデルを構築。

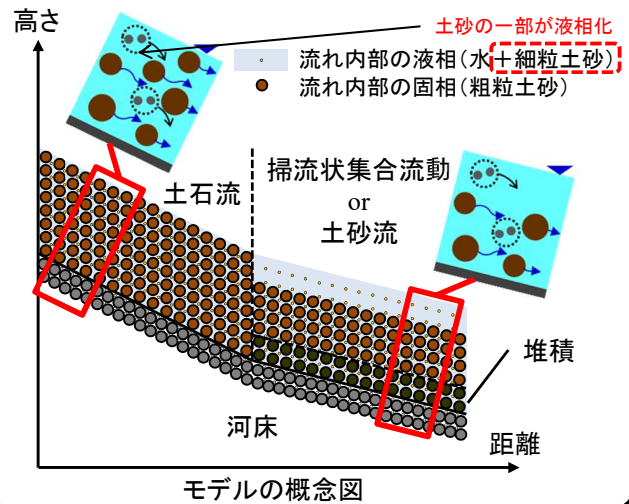
従来のモデル

- 土砂は1種類で表現(粒径は平均粒径を使用)。



構築したモデル

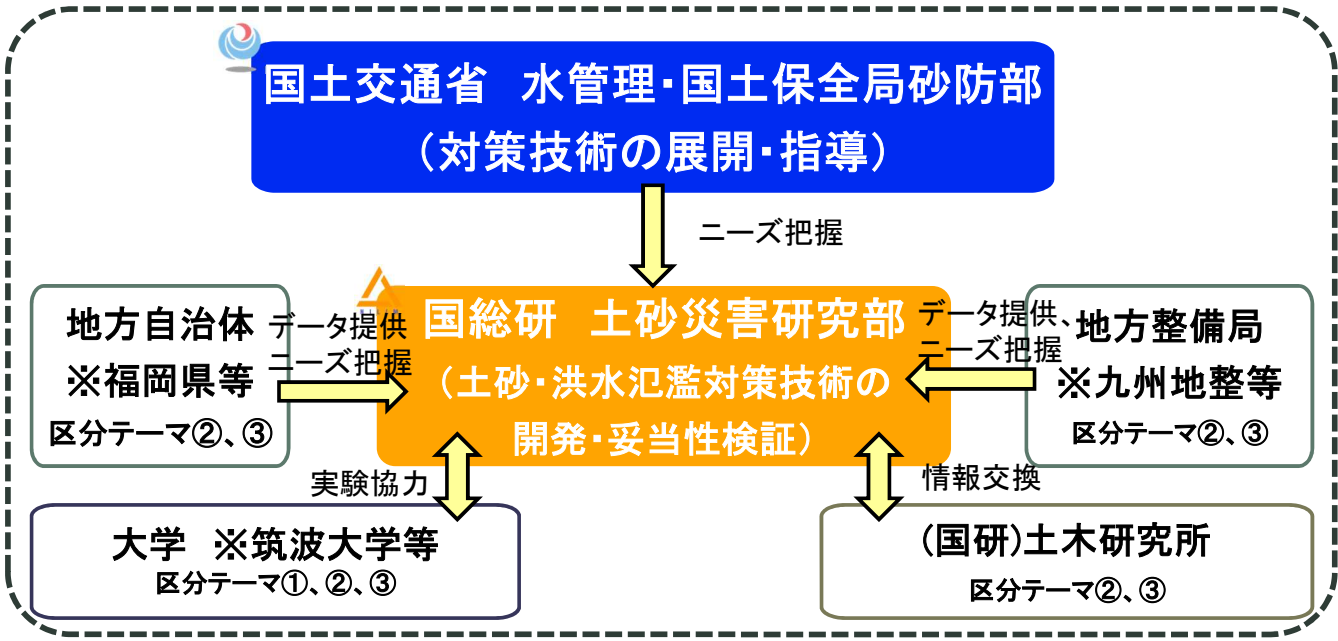
- 細粒土砂は液相として振る舞い、細粒土砂の液相化により流れの密度が変化するモデルを構築
- 土砂の堆積に関するモデルは水路実験結果を踏まえて係数などを設定。



5

| 区分(目標、テーマ、分野等) | | | 実施年度 | | | 総研究費 |
|----------------|----------------------------|-----------------------------------|----------------------|----|----|--------------|
| | | | R3 | R4 | R5 | 研究費配分 |
| (研究費[百万円]) | | | 15 | 15 | 10 | 総額40 |
| ① | 河床堆積土砂の侵食・流送土砂の堆積過程の実態解明 | ①-1 水路実験による侵食・堆積過程の可視化 | ████████████████████ | | | 約20 [百万円] |
| | | ①-2 実験結果の現場スケールでの適用性 | ████████████████████ | | | |
| ② | 既往の侵食・堆積モデルの適用範囲の解明とモデルの改良 | ②-1 既往のモデルの適用範囲の検討 | ████████████████████ | | | 約12 [百万円] |
| | | ②-2 混合粒径の侵食・堆積過程を考慮した侵食・堆積モデルへの改良 | ████████████████████ | | | |
| ③ | 流出土砂量・土砂到達範囲・堆積深予測手法の提案 | ③計算プログラムの妥当性検証 | ████████████████████ | | | 約8 [百万円] |

6



効率性

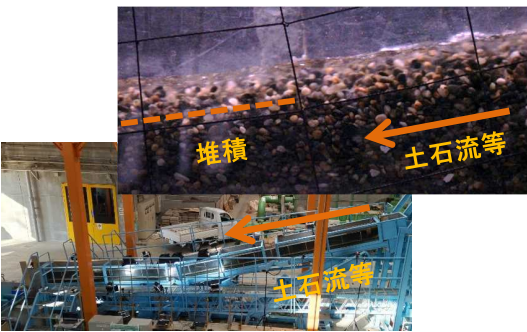
水路実験は、所有する可変勾配型水路模型を使用した。また、計算モデル検討にあたっては、直轄砂防事務所等で取得された地形データ等を活用することにより、効率的に研究を実施した。

6. 研究成果: ① 河床堆積土砂の侵食・流送土砂の堆積過程の実態解明

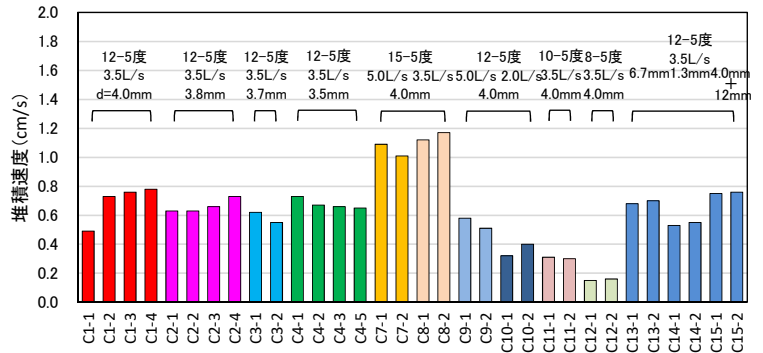
1 水路実験による侵食・堆積過程の可視化

- 幅広い粒径の土砂を含む土石流等が流下する場合の土砂の堆積過程の実態解明のため、可変勾配形実験水路において実験を実施した。水路の勾配は4パターン、流量は3パターン、粒径は7パターン条件を変えて行った。
- 土砂の堆積過程をハイスピードカメラで撮影し、画像を判読し、堆積速度を直接計測した。

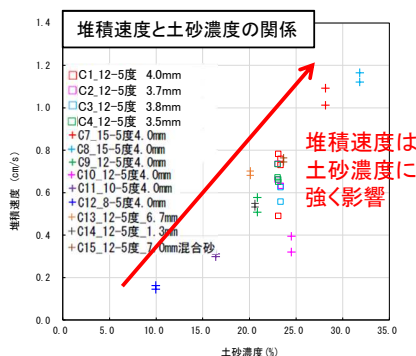
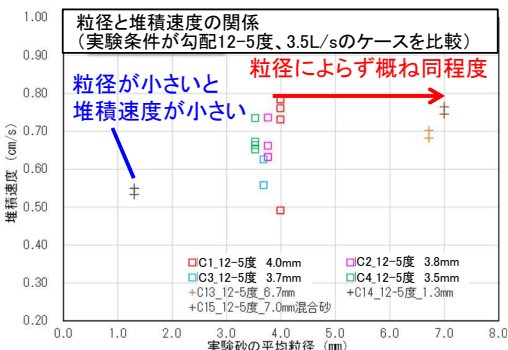
○実験施設とハイスピードカメラの撮影状況



○勾配変化点における堆積速度の計測結果



○堆積速度の計測結果の分析



成果①-1-1

- 粒径、土砂濃度、流速と堆積速度の関係を整理し、堆積速度に影響を与えるパラメータを確認した。
- 堆積速度は、土砂濃度に強く影響し、粒径が一定程度大きい場合は概ね同程度で、流速との相関関係は弱かった。

- 直轄砂防事業の計画検討の際によく用いられている既往の堆積モデルについて、堆積モデルの計算値と実験値を比較するとともに、既往検討による堆積速度係数のオーダーも踏まえて係数のオーダーの範囲を確認した。

○堆積モデル(高橋らの式)

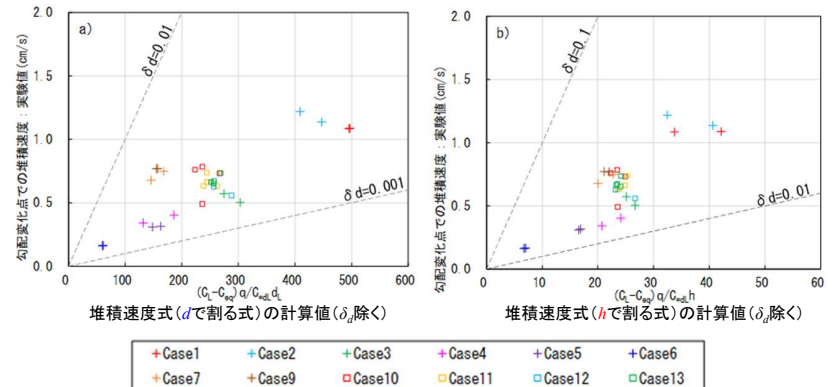
$$i = \delta_d \frac{C_\infty - Cq}{C_*} \frac{q}{d} \quad i = \delta_d' \frac{C_\infty - Cq}{C_*} \frac{q}{h}$$

i : 堆積速度(m/s)、 δ_d : 堆積速度係数
 C_∞ : 平衡土砂濃度、 C : 土砂濃度、
 C_* : 河床の土砂濃度、 d : 平均粒径(m)、
 h : 水深(m)、 q : 単位幅流量(m²/s)

○実験ケース

| CA SE | 勾配 | | 材料 実験砂 の構成 | 平均 粒径 d mm | 水供給 | | 実験結果 h/d 堆積 速度 cm/s |
|----------|---------|---------|------------------|--------------------|-----------|---------------|--------------------------------|
| | 上流 度 | 下流 度 | | | 流量 L/s | 通水 時間 秒 | |
| 1 | 15 | 5 | 均一砂 | 4.0 | 5.0 | 6 | 13.2 1.09 |
| 2 | 15 | 5 | 均一砂 | 4.0 | 3.5 | 8 | 11.8 1.18 |
| 3 | 12 | 5 | 均一砂 | 4.0 | 5.0 | 10 | 11.1 0.54 |
| 4 | 12 | 5 | 均一砂 | 4.0 | 2.0 | 20 | 7.1 0.37 |
| 5 | 10 | 5 | 均一砂 | 4.0 | 3.5 | 20 | 9.3 0.31 |
| 6 | 8 | 5 | 均一砂 | 4.0 | 3.5 | 25 | 8.8 0.16 |
| 7 | 12 | 5 | 均一砂 | 6.7 | 3.5 | 10 | 7.3 0.71 |
| 8 | 12 | 5 | 均一砂 | 1.3 | 3.5 | 10 | 34.6 0.54 |
| 9 | 12 | 5 | 混合砂 | 7.0 | 3.5 | 10 | 7.3 0.77 |
| 10 | 12 | 5 | 均一砂 | 4.0 | 3.5 | 10 | 10.2 0.73 |
| 11 | 12 | 5 | 混合砂 | 3.8 | 3.5 | 10 | 10.2 0.67 |
| 12 | 12 | 5 | 混合砂 | 3.7 | 3.5 | 10 | 10.9 0.63 |
| 13 | 12 | 5 | 混合砂 | 3.5 | 3.5 | 10 | 10.9 0.68 |

○堆積速度の実験値と計算値の比較



成果①-2

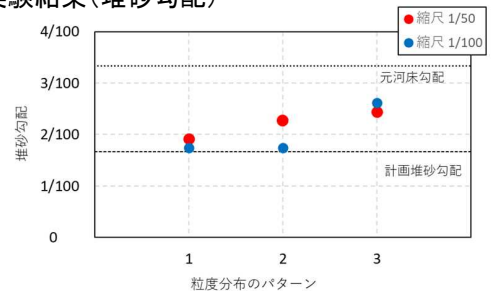
- 2種類の堆積速度式(d で割る式と h で割る式)の堆積速度係数について計算値と実験結果の比較と、既往検討による係数のオーダーも踏まえて係数のオーダーの範囲(d で割る式は0.01~0.001、 h で割る式は0.1~0.01)を確認した。
- これにより、計算時により適切にパラメータを設定することが可能となった。

- 実験結果の現地スケールでの適用性を確認するため、実験の縮尺の違い、現地の粒度分布に対し実験で設定する土砂の粒度分布の違いが、土砂の堆積過程に与える影響を把握するため水路実験を実施した。
- 実験砂については現地の粒度分布に対して実験で掃流砂と浮遊砂になる粒径の割合を現地と合わせた粒度分布などを設定した。

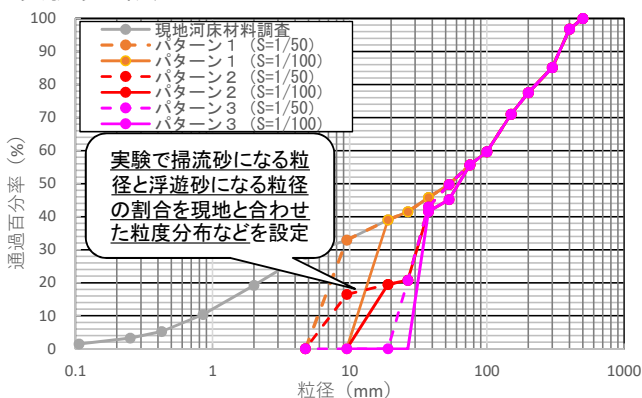
○実験の状況



○実験結果(堆砂勾配)



○実験砂の設定

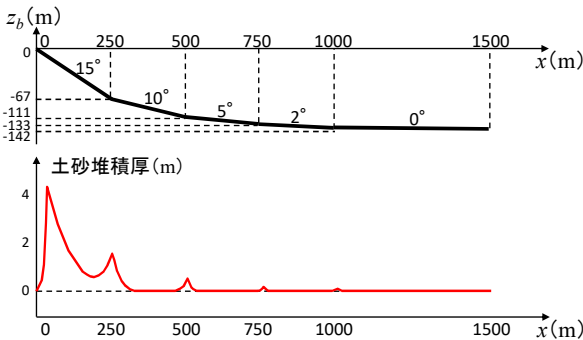


成果①-2

- 実験の縮尺の差異による堆砂勾配の差異は小さいことが確認された。
- 実験砂は浮遊砂と掃流砂の割合を現地と合わせた粒度分布などを設定し実験を行った。実験砂の粒度分布パターンの違いによる堆砂勾配の差は1/100程度と小さく、細かい粒径の割合が少なくなると堆砂勾配は急になった。

- 既往のモデルにより仮想的な河道地形を用いて計算を実施し、既往モデルによる計算結果の特徴を分析。
- また、水路実験の結果から現象への適合性の高い堆積速度モデルを評価した。

○既往モデルによる仮想河道地形での計算



- 既往モデルによる計算結果では、上流部に土砂が多く堆積する傾向、勾配の緩い区間まで土砂は到達しない傾向。
- 近年の災害では、細かい土砂が勾配の緩い区間まで到達しており、それを表現可能なモデルが必要。
- 近年、流れ内部の細粒土砂が清水のような液相として振る舞う効果を考慮することの重要性が指摘されており、細粒土砂液相化効果を表現できる汎用性の高い手法が必要。

○堆積速度モデルについて

- 水路実験により堆積速度に影響を与えるパラメータを確認した結果(成果①)、数mm以上の粒径の範囲では粒径によらず堆積速度は同程度であった。
- そのため、2種類の堆積速度式のうち、粒径 d を使用した式よりも h で割る式を使用の方が実験結果への適合性が高いと評価された。

$$i = \delta_d \frac{C_\infty - C q}{C_*} \frac{q}{h} \quad \leftarrow 2種類の堆積速度式のうちhで割る式を主に使用。$$

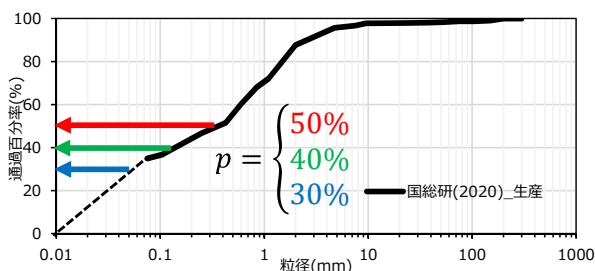
成果②-1

- 既往モデルによる仮想的な河道地形を用いた計算により、既往モデルの特徴を分析した。勾配の緩い区間まで土砂が到達するモデルが必要で、細粒土砂の液相化効果を表現できる手法が必要。
- 水路実験の分析結果(成果①)から、堆積速度モデルについて堆積現象に対してより適合性の高いモデルが評価された。

11

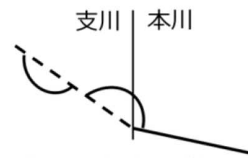
- 混合粒径の侵食・堆積過程を考慮するため、細かい粒径の土砂について流れに取り込まれた際に、土砂(固体)ではなく水のように液相として振る舞う効果を考慮したモデルの改良、構築を行った。

○土砂の粒径分布(筑後川水系赤谷川)

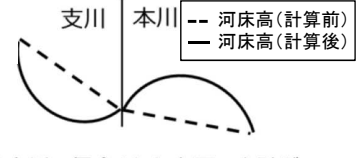


○細粒土砂の液相化を考慮した効果 (計算結果から作成した模式図)

$p = 0 \sim 30\%$



$p = 40 \sim 50\%$



- a) 支川での侵食量が少なく、その土砂も多くが支川で堆積するため、本川での堆積量が少なくなる。
- b) 支川で侵食された大量の土砂が、本川で堆積する。

○水と土砂の堆積割合

| | 粗粒土砂 $[\sigma]$ | 間隙流体 $[\rho]$ | |
|------------------|---|---|---|
| | | 細粒土砂 $[\sigma]$ | 清水 $[\rho_w]$ |
| 濃度 (体積 分率) | $c_{*0} = 0.6$ | | $1 - c_{*0} = 0.4$ |
| | $c_* \equiv (1-p)c_{*0}$ | pc_{*0} | |
| | $\begin{matrix} 0.42 & (p=30\%) \\ 0.36 & (p=40\%) \\ 0.30 & (p=50\%) \end{matrix}$ | $\begin{matrix} 0.18 & (p=30\%) \\ 0.24 & (p=40\%) \\ 0.30 & (p=50\%) \end{matrix}$ | $\begin{matrix} 0.58 & (p=30\%) \\ 0.64 & (p=40\%) \\ 0.70 & (p=50\%) \end{matrix}$ |

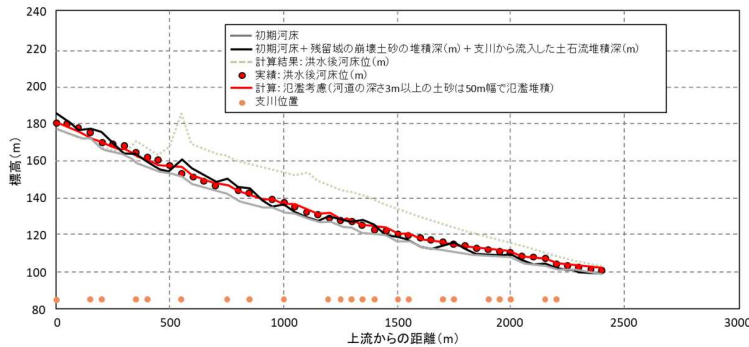
成果②-2

- 既往モデルでは上流部に土砂が堆積してしまい、実績と比較して下流部まで土砂が流出しないといった問題などがあったが、計算モデルへ細粒土砂の液相化を考慮できるモデルの改良、構築により、下流への土砂流出、堆積がより表現できるようになった。
- 一方で、液相化する土砂の粒径などの判定が課題となることがわかった。

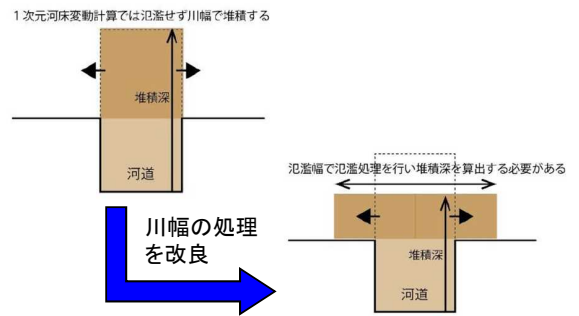
12

- 平成29年九州北部豪雨で土砂・洪水氾濫が発生した筑後川水系赤谷川を対象に再現計算を実施し、計算モデルの妥当性を検証した。細粒土砂の液相化を考慮したモデルにより検討を行った。

○赤谷川での再現計算の実施



○災害時の河道形状の考慮



○赤谷川の災害前後の写真(地理院地図の空中写真(国土地理院)に追記して作成)



成果③

- 細粒土砂の液相化を考慮したモデルにより再現計算を実施し、検証した結果、実績よりも堆積厚が大きくなった。
- 単断面(矩形断面)で計算したことによる影響と考えられ、災害時の河道形状を考慮するため、土砂が氾濫した幅を考慮した処理を行うことにより、実績の河床を表現できるようさらに改良した。

13

成果の普及に向けた取り組み

- 直轄砂防事業の計画検討の際によく用いられている既往の堆積速度式に関する成果①-1-2、②-1について計算モデルの留意点として、本省と連携し、学識者、地方整備局、直轄砂防事務所の職員が参加する会議等での周知を実施した。これにより、直轄砂防事業の計画検討の際に行われている計算の結果の妥当性が向上し、より適切な施設の選定や配置が可能となることが期待される。

今後の予定

- 計算モデルの留意点について引き続き周知を続けるとともに、構築した計算モデルおよび計算モデルの留意点について、他の知見と合わせて国総研資料として公表する。
- また、液相化する土砂の粒径、流れの条件の判定方法が課題となることがわかり、引き続き検討していく。

発表論文等

- H. Izumiya, T. Yamakoshi, Y. Takahashi, Y. Nishiguchi, R. Okuyama (2023): Pilot study to explain runout distances of debris flow and immature debris flow considering depositing rate, E3S Web of Conferences 415 (DFHM8), 02009, DOI: 10.1051/e3sconf/202341502009
- 奥山遼佑, 安達郁哉, 西口幸希, 中島奈桜, 井上雄登, 矢作和樹, 高橋佑弥, 松原智生, 泉山寛明, 山越隆雄 (2023): 勾配変化点における土石流・土砂流の堆積特性に関する基礎的実験, R5年度砂防学会研究発表会概要集, P-132
- 泉山寛明, 山越隆雄, 高濱淳一郎 (2023): 平成29年7月九州北部豪雨時の赤谷川の土砂流出現象再現の試み, R5年度砂防学会研究発表会概要集, P0-34
- 西尾潤太, 日名純也, 井上雄登, 中島奈桜, 奥山遼佑, 西口幸希, 松原智生, 泉山寛明, 山越隆雄 (2023): 分布型水・土砂流出計算モデルを用いた短期・中期土砂流出対策施設配置の検討例, R5年度砂防学会研究発表会, P-121
- 西脇彩人, 坂井佑介, 泉山寛明, 山越隆雄, 奥山遼佑, 高橋佑弥, 西口幸希 (2022): 勾配変化点での土石流等の遷移過程に関する基礎的実験, R4年度砂防学会研究発表会概要集, P1-40

14

| 事前評価時の指摘事項 | 対応 |
|--|---|
| 海外の関連研究や土砂モデルの研究成果を収集されることも意義深いと思われる。 | 海外の研究成果も収集し、土砂の堆積速度式について海外の文献で示されているものと比較しながら結果の妥当性を確認した。 |
| 新しいモデルの開発であるので、国内外の最新の知見や技術を組み込みつつ進めるべきと考える。 | 既往の研究事例で用いられている計算モデル等を活用しながら計算モデルの開発、検証を行った。 |
| 新たな計算モデルを活用することで土砂、洪水氾濫の被害がどのように、どの程度軽減される可能性があるのか提示できるようになることを期待する。 | 土砂・洪水氾濫の被害がどの程度軽減されるか、砂防施設を配置した場合の施設効果の評価方法についても検討した。 |
| 開発するモデルの検定、検証をどのように行うのか検討することが重要と考える。 | 近年の土砂・洪水氾濫が発生した流域を対象に再現計算を行い、主に河床位を比較し、妥当性を検証した。 |

| 研究開発の目的 | 研究開発の目標 | 研究成果 | 研究成果の活用方法 (施策への反映・効果等) | 目標の達成度 |
|---|--|---|--|--------|
| 土砂・洪水氾濫発生時の土砂到達範囲・堆積深を高精度に予測するための計算モデルの開発 | ①河床堆積土砂の侵食・流送土砂の堆積過程の実態説明 1 水路実験による侵食・堆積過程の可視化 2 実験結果の現場スケールでの適用性 | <ul style="list-style-type: none"> 水路実験を実施し、堆積速度を直接計測し、堆積過程を可視化した。堆積に影響するパラメータを確認し、堆積速度は土砂濃度に強く影響し、粒径が一定程度大きい場合は概ね同程度であった。 直轄砂防事業の計画検討の際によく用いられている堆積モデルについて計算値と実験値を比較するとともに既往検討による堆積速度係数のオーダーも踏まえて係数のオーダーの範囲を確認した。 水路実験で得られた知見が現地スケールで適用できるかという観点で、実験縮尺の違い、実験で設定する土砂の粒度分布の違いが、土砂の堆積に与える影響について確認した。縮尺、実験砂の粒度分布は堆積に大きく影響しなかった。 | <ul style="list-style-type: none"> 直轄砂防事業の計画検討の際によく用いられている既往の堆積速度式について、計算値と実験値を比較するとともに、既往検討による堆積速度係数のオーダーも踏まえて係数のオーダーの範囲を確認した。この結果を基に、堆積速度式の使用にあたって留意すべき点として周知を図った。今後、整備局等で直轄砂防事業の計画検討の際に用いられている計算モデルによる計算の結果の妥当性が向上し、より適切な施設の選定や配置が可能となることが期待される。 本研究で構築したモデルにより、下流への土砂流出、堆積をより妥当に表現できるようになったことにより、より適切な施設配置が可能となることが期待される。 本研究で構築したモデルについて、国土交通省・地方整備局とも連携し、さらに検証・改善を図る。 | ○ |
| | ②既往の侵食・堆積モデルの適用範囲の解明とモデルの改良 1 既往のモデルの適用範囲の検討 2 混合粒径の侵食・堆積過程を考慮した侵食・堆積モデルへの改良 | <ul style="list-style-type: none"> 既往モデルによる計算および水路実験の結果から既往モデルの課題などを整理した。 混合粒径の侵食・堆積過程を考慮するため、細かい粒径の土砂について液相として振る舞う効果を考慮したモデルを構築した。これにより、既往災害の下流への土砂流出、堆積がより表現できるようになった。 | | ○ |
| | ③流出土砂量・土砂到達範囲・堆積深予測手法の提案 1 計算プログラムの妥当性検証 | <ul style="list-style-type: none"> 細粒土砂の液相化を考慮したモデルにより再現計算を実施し、妥当性を検証した。その結果を基に、計算モデルの更なる改良を図った。 | | ○ |

<目標の達成度>

◎:十分に目標を達成できた。

△:あまり目標を達成できなかった。

○:概ね目標を達成できた。

×:ほとんど目標を達成できなかった。

有効性

- 直轄砂防事業の計画検討の際によく用いられている既往の堆積速度式に関する成果について計算モデルの留意点として地方整備局等へ周知した。今後、計算結果の妥当性が向上し、より適切な施設配置等が可能となることが期待される。
- 細粒土砂の液相化を考慮したモデルを構築し、赤谷川を対象に計算を実施し、妥当性を検証した。液相化する細粒土砂の粒径などの設定について課題であるものの、既往災害の土砂流出、堆積がより表現できるようになった。

下水道を核とした資源循環システムの 広域化・共同化に関する研究

| | | | |
|-----------|---|-------------|------|
| 研究代表者 | : | 上下水道研究部長 | 三宮武 |
| 課題発表者 | : | 下水処理研究室長 | 重村浩之 |
| 研究期間 | : | 令和3年度～令和5年度 | |
| 研究費総額 | : | 約30百万円 | |
| 技術研究開発の段階 | : | 中期段階 | |



National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT, JAPAN



1. 研究開発の背景・課題

背景

近年、地方都市ではすでに、人口減少、下水道職員減少、施設老朽化が顕在化しており、持続可能な下水道運営に向けた広域化・共同化の取組みが進められている。また、政府の「2050年カーボンニュートラル宣言」に基づき、温室効果ガスの大胆な削減に取り組むことが求められている。下水道においては、下水処理過程で発生する汚泥の利活用を進めているところであるが、今後、さらなる取組みとして下水処理場とごみ処理場を広域で連携させ、中小規模の都市で単に焼却処分している生ごみや食品系廃棄物を、下水処理場にバイオマスとして取り入れ、地域全体でエネルギーとリン等のマテリアルを無駄なく回収して利活用し、最終処分量も減らす循環システムの構築が期待される。このことから、国土交通省においては、下水処理場における地域バイオマスの利活用を推進するための施策※を実施している。

※国土交通省HP 下水道のエネルギー拠点化の推進～地域バイオマスの利活用～ https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewage/mizukokudo_sewage_tk_000628.html

理想

・ 集約化を進める中で、創エネ可能な下水処理場へ単に焼却している生ごみをバイオマスとして受入れることにより、更なる持続的な資源循環型社会を目指す。



現実

・ 技術的な課題・メリット・検討手法が不明瞭なため、下水処理とごみ処理の連携やそれに伴う改築へ踏み切りにくい。



自治体

課題

- ① 下水処理とごみ処理が連携する場合の課題やメリットに関する整理が不十分。
- ② 下水汚泥の処理等に関する運転効率の評価に必要な費用関数が未整備。
- ③ 地方自治体で容易に検討が可能となるような具体的な検討手順が未整備。

目的・目標

【アウトプット】

- ・ 経済性・環境性・維持管理性等を考慮した地域バイオマス※を対象とした資源循環システムの評価手法の開発
- ・ 最適な資源循環システムの検討手法及び検討事例を示した技術資料の作成・公表

【アウトカム】

- ・ 地域全体での効率的なエネルギー・マテリアル回収の推進
- ・ 既存ストックを活かした効率的な事業運営の推進

※地域バイオマスとは、生ごみ、刈草、家畜排せつ物、食品系廃棄物、し尿・浄化槽汚泥、農業集落排水汚泥等の地域で発生するバイオマスのうち、下水汚泥を除いたものを指す。
 (出典) 国土交通省HP 「地域の未利用資源を下水処理場でまとめてエネルギーに」 <https://www.mlit.go.jp/common/001232781.pdf>
 このうち、本研究では、エネルギー利用にあたってのポテンシャルが高い生ごみ、食品系廃棄物を対象としている。

必要性

- ・ 下水道では多くの温室効果ガスを排出しており、より一層の省エネ・創エネが求められている。さらに、下水道施設及びごみ処理施設では、施設老朽化、財政規模縮小、人口減少等による必要施設能力低下が進み、事業性の低下も課題となっており、持続可能な資源循環システムを確立するためには、経済性・環境性・維持管理性等を考慮した資源循環システムの評価方法が必要である。

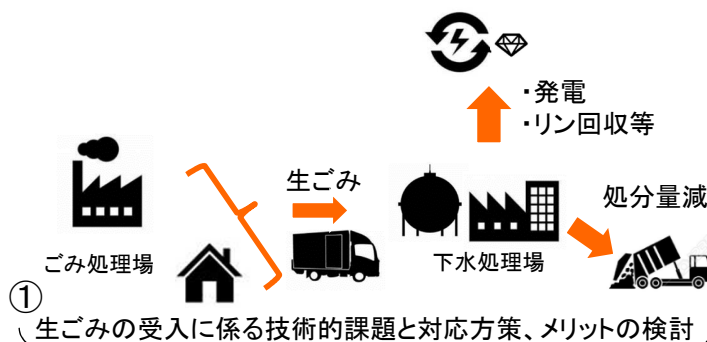
① 地域バイオマスを下水道と受け入れる場合の課題やメリットの整理

② 地域バイオマスを対象としたエネルギー・マテリアル循環システムの広域化・共同化パターンの具体的手法の検討

③ 新たな資源循環システムの経済性・環境性・維持管理性等の評価手法の検討

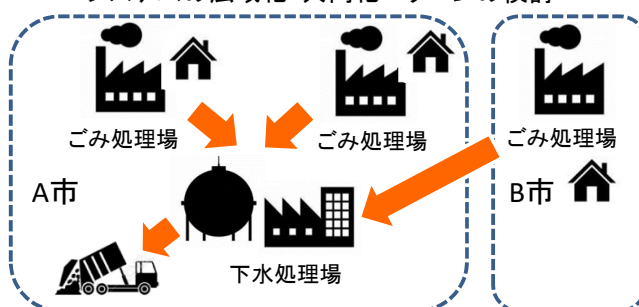
④ モデルケースにおける経済性・環境性・維持管理性等の評価方法の検討

⑤ 技術資料策定



③ **施設や地域状況に合わせた最適なエネルギー・マテリアル循環システムの評価**

② 地域バイオマスを対象とした資源循環システムの広域化・共同化パターンの検討





4. 研究計画

| 区分(目標、テーマ、分野等) | 実施年度 | | | 総研究費 |
|---|------|-----|-----|--------------|
| | 3年度 | 4年度 | 5年度 | 研究費配分 |
| (研究費[百万円]) | 9 | 10 | 10 | 総額29 |
| ① 地域バイオマスを下水道に受け入れる場合の課題やメリットの整理 | ■ | | | 約5 [百万円] |
| ② 地域バイオマスを対象としたエネルギー・マテリアル循環システムの広域化・共同化の具体的手法の検討 | ■ | ■ | | 約10 [百万円] |
| ③ 新たな資源循環システムの経済性・環境性・維持管理性等の評価方法の検討 | | ■ | | 約5 [百万円] |
| ④ モデルケースにおける経済性・環境性・維持管理性等に関するフィージビリティスタディの実施 | | | ■ | 約5 [百万円] |
| ⑤ 技術資料策定 | | | ■ | 約5 [百万円] |

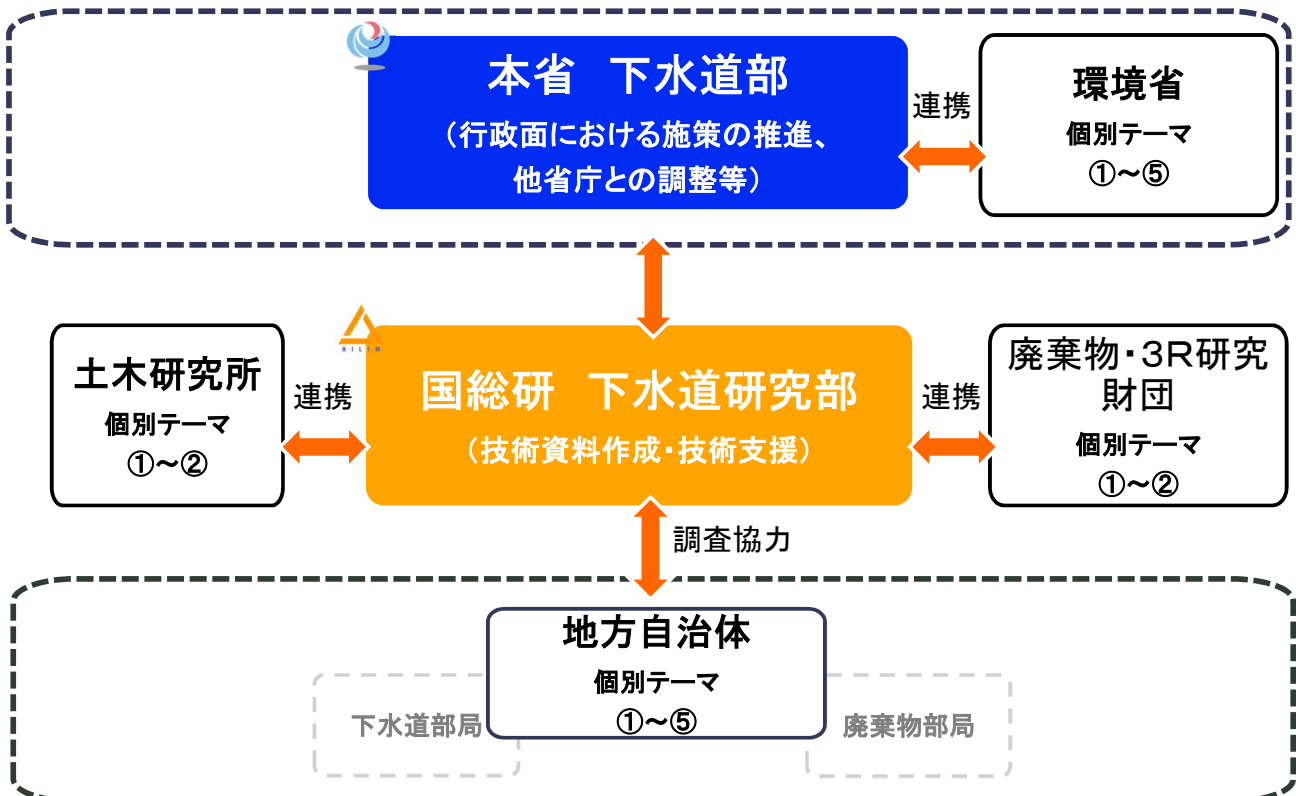
効率性

様々な地方自治体や関係団体と連携、情報交換しながら、効率的かつ的確に現状・課題及びニーズを把握のうえ、作成した評価手法・検討手順案について、実都市をモデルとして試用し、フィードバックを得ることで、より有用な評価方法・検討手順の提案につながる。

5



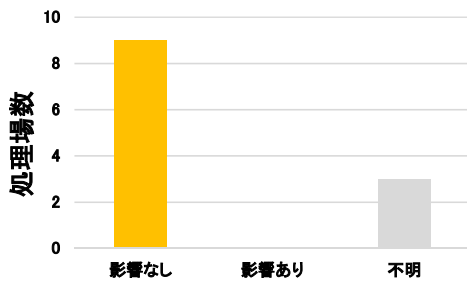
5. 研究の実施体制



6

先進都市事例(12事例)へのアンケートおよびヒアリング等により、生ごみを受入れることに伴う、技術的な課題、メリット等を整理。

①-1 生ごみ受入れ後の返流水による水処理への影響の調査
(負荷増による設備容量、水質変化による高度処理への影響)

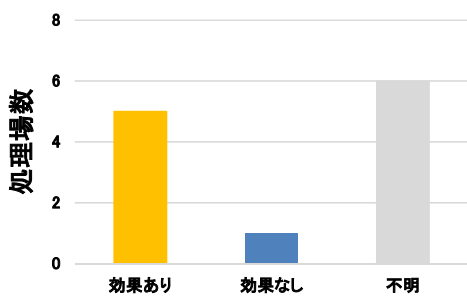


■生ごみを受入れることにより、返流水の水質が変化し、水処理への影響があると考え、生ごみ受入れ後に返流水の水質への影響の有無を調査した。

➡ 多くの処理場において、返流水の水質変化は見られず、追加の対策や運用変更が不要であったとの回答が得られ、返流水への影響は少ないことがわかった。

※本検討では、水処理への影響を考慮しないこととした。

①-2 汚泥処理のコストへの影響の調査

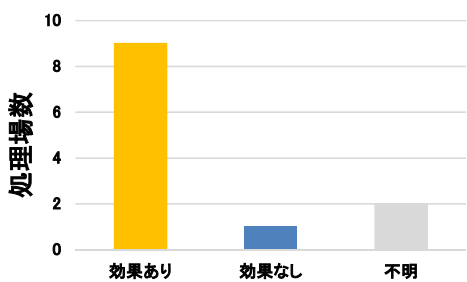


■資源循環システムの導入効果として、年間の維持管理費の削減効果について調査した。

➡ 効果ありと回答した自治体の多くで、消化ガス発電での発電電力利用等により維持管理費の削減となっている。

➡ 効果なしと回答した自治体では、異物混入による設備故障等により、維持管理費が増加している。

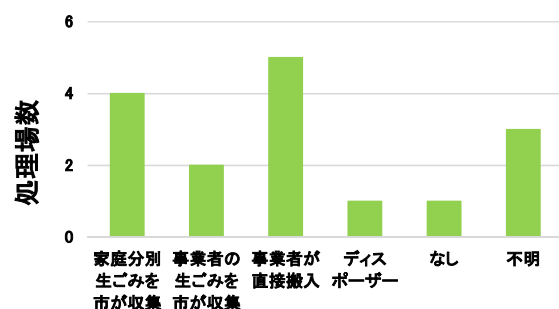
①-3 下水処理場での資源回収効果の整理



■資源循環システムの効果として、CO₂排出量削減効果を調査した。

➡ 多くの処理場でCO₂削減効果が得られている。その要因として、発生する消化ガスを利用した消化ガス発電に伴い電力購入量が削減されたことや消化により汚泥が減量化されたこと等が挙げられている。

①-4 ごみ処理場における分別や運搬方法等の整理



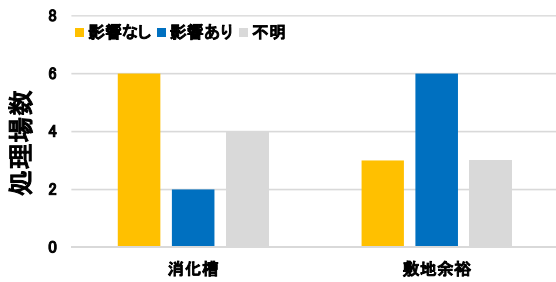
■資源循環システムを導入する際に、分別・運搬方法が課題であると考え、生ごみ受入れ後の分別・運搬方法について調査した。

➡ 事業者が直接搬入するケースが最も多く、次に家庭で分別した生ごみを市が収集しているケースが多かった。家庭にデイスポージャーを設置を進めている自治体は1箇所であり、デイスポージャーからの生ごみのみを受入れている。

この他、技術的な課題等やメリット等約30項目について整理

先進都市事例や既往の研究成果等を調査し、実事例を考慮した連携パターンを整理。

②-1 消化槽の有無や生ごみ受け入れのための敷地余裕が連携に与える影響の調査

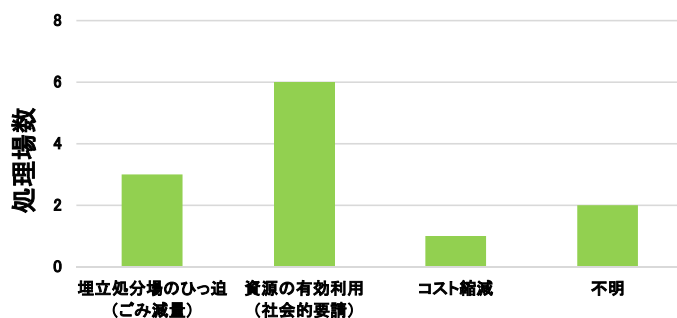


■連携に伴い設置が想定される消化槽が既に設置されているか、連携により必要となる前処理施設等を設置するための敷地余裕の有無が、連携を進めるにあたり影響を及ぼしたかを調査した。

➡ 多くの処理場において、消化槽の有無は連携検討に影響を及ぼしていなかった。

➡ 前処理設備を設置できるスペースがなければ、連携が実現しなかったという回答があり、敷地余裕の有無は、連携実施の判断要素となっていた。

②-2 連携を検討することとなったきっかけ・背景の調査

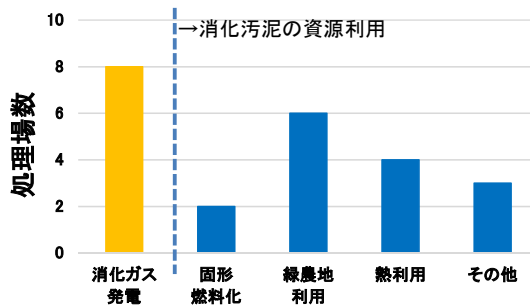


■連携を検討することとなったきっかけ・背景について調査した。(複数回答可)

➡ 資源の有効利用といった「社会的要請」との回答が最も多く、次に埋立処分場のひっ迫によるごみ減量の必要性との回答であった。

※循環システムの連携パターンとして、資源の有効利用を考慮することとした。

②-3 下水汚泥の有効利用用途の調査



■下水汚泥の有効利用用途としては、固形燃料化やコンポスト肥料といった緑農地利用等が想定されるが、生ごみを受入れる場合には、どのように有効利用しているかを調査した。(複数回答可)

➡ 多くの処理場で消化ガス発電を導入し、さらに、汚泥を緑農地利用している。

※資源循環システムの連携パターンとして、消化ガス発電の導入を基本とすることとした。

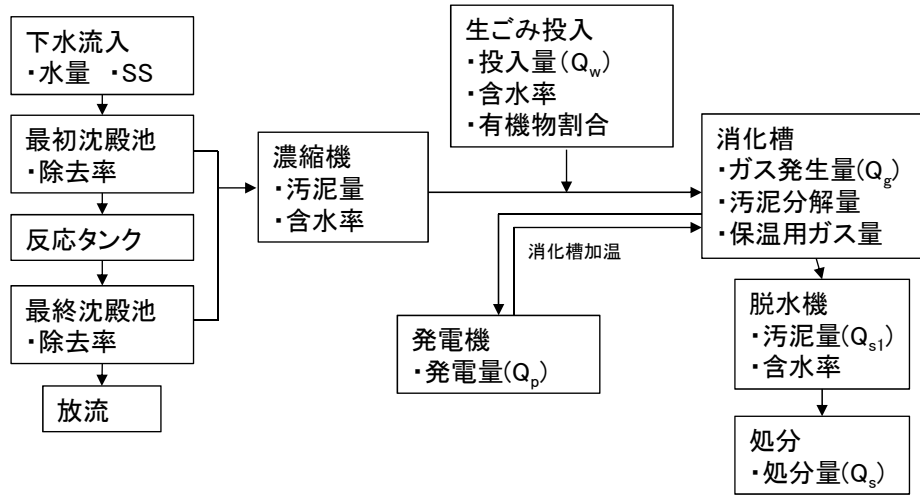
②-4 検討結果に基づき、有効性の高い資源循環システムの連携パターンを作成。

①-1~4、②-1~③の調査結果より、有効性の高いパターンとして7パターンに分類。

| 連携パターン | 資源利用用途 | 脱水汚泥 |
|--------|----------------|-----------|
| 1 | — | 場外搬出 |
| 2 | — | ごみ処理施設へ搬出 |
| 3 | 固形燃料化 | — |
| 4 | 緑農地利用(乾燥汚泥肥料) | (資源化) |
| 5 | 緑農地利用(発酵コンポスト) | — |
| 6 | 緑農地利用(リン回収) | 場外搬出等 |
| 7 | 熱利用(汚泥焼却廃熱利用) | 焼却灰の場外搬出 |

③-1 下水道を核とした資源循環システムを評価するにあたり、
経済性や環境性等の定量的な評価を行うために必要となる関数の設定

経済性および環境性の評価を行うため、汚泥処理量や生ごみ投入量から各過程でのコストや温室効果ガス排出量等を算定している。



【下水側】汚泥処理量および生ごみ受入れ量等から、各設備における建設費・維持管理費を算定。
また、資源化に伴う温室効果ガス排出量や削減量を算定。

【廃棄物側】生ごみ処理量の減量によるエネルギー使用量の削減量を算出し、維持管理費・温室効果ガス排出量を算定。

■経済性(LCC)・事業期間における効率化等を考慮した評価。

経済性の定量的な評価を行うため、アンケートやヒアリング調査、既存文献等をもとに、関数を設定。

表 経済性評価で用いる費用関数のうち一例

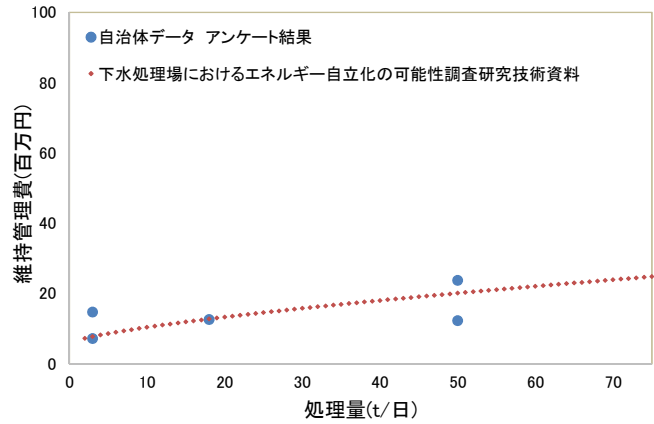
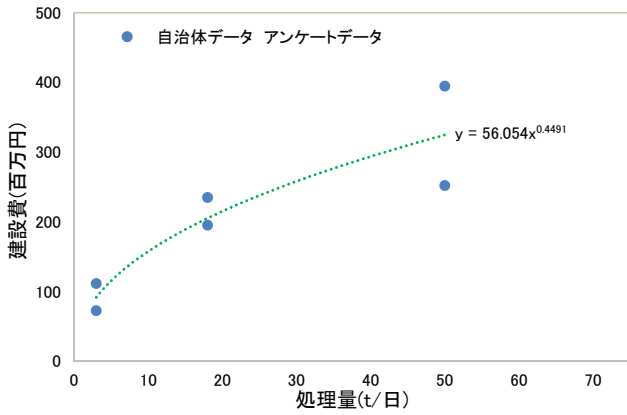
| 項目 | 費用関数 | 単位 | 補正值 ^{*1} | 出典 ^{*2} | 備考 |
|-------------------|---|-------|-------------------|------------------|--------------------|
| 前処理設備(建設費) | $Y=56.054 \times Q_w \cdot 0.4491$ | 百万円 | - | - | |
| 前処理設備(維持管理費) | $Y=11.96646 Q_w \cdot 0.7 \times b \times 365 \times C \div 10^6$ | 百万円/年 | 1.09 | 1 | C:電気使用量単価 b:人件費 |
| 消化槽(機電) | $Y=(228.55 \times Q_v \cdot 0.4974)$ | 百万円 | 1.15 | 4 | |
| 消化槽(土建) | $Y=(0.0117 \times Q_v + 25.6)$ | 百万円 | | | |
| 消化槽(維持管理費) | $Y=(0.171 \times (Q_{s1} \times 365) + 0.390)$ | 百万円/年 | 1.33 | 3 | |
| 消化ガス発電機(機電) | $Y=(4.8485 \times Q_a \cdot 0.7556)$ | 百万円 | | | |
| 消化ガス発電機(土建) | $Y=(0.0407 \times Q_a \cdot 1.288)$ | 百万円 | 1.15 | 4 | |
| 消化ガス発電機(維持管理費) | $Y=(0.0296 \times Q_a + 5.9964)$ | 百万円/年 | | | |
| 炭化炉(機械) | $Y=206.94 Q_s \cdot 0.6123$ | 百万円 | | | |
| 炭化炉(土建) | $Y=64.741 Q_s \cdot 0.391$ | 百万円 | 1.15 | 4 | |
| 炭化炉(維持管理費) | $Y=1.8778 Q_s + 105.9$ | 百万円/年 | | | |
| 堆肥化施設 | $Y=1.233 \times Q_f \cdot 0.650$ | 億円 | 1.33 | 3 | |
| 堆肥化施設(維持管理費) | $Y=1.925 \times Q_f \cdot 0.932$ | 百万円/年 | | | 人件費なし |
| 資源売却収入(固形燃料、電気等) | $Y=Q_r \times M$ | 円/年 | - | 4 | M:資源売却単価 |
| 廃棄物焼却炉(電気、重油量変化分) | $Y=Q_s \times E \times C$ | 円/年 | - | 5 | C:エネルギー使用単価 |
| 売電収入(廃棄物) | $Y=Q_p \times M$ | 円/年 | - | 5 | M:資源売却単価 |

左記の他、検討に必要な設備について同様に費用関数を設定。

- ・混合槽
- ・消化ガスタンク
- ・脱水機
- ・汚泥乾燥設備
- ・リン資源化設備
- ・焼却設備

Y:費用、 Q_w :生ごみ受け入れ量、 Q_v :容量、 Q_{s1} :汚泥量(固形物1%換算)、 Q_a :ガス発電容量、 Q_s :汚泥処理量、 Q_r :施設規模、 Q :資源生産量、 Q_p :発電量、 E :処理量当たりのエネルギー使用量
^{*1} 出典資料の発刊年度を基準とした2022年(暫定)値(R5, 10月時点最新値)へのデフレーター補正值
^{*2} 1:下水処理場におけるエネルギー自立化の可能性調査研究技術資料, 下水道新技術機構, 2019
 3:バイオソリッド利活用基本計画(下水汚泥処理総合計画)策定マニュアル, 下水道協会, 2004
 4:下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン-改訂版-, 国交省, H30
 5:廃棄物系バイオマス利活用 導入マニュアル, 環境省, H29

費用関数の設定にあたっては、既往文献等にて確認した費用関数と、アンケートやヒアリング結果を比較し妥当性の確認をおこなった。以下は、前処理設備の建設費および維持管理費を確認した結果である。



- ・既往文献における建設費の費用関数は、アンケート結果から大きく乖離していたため、アンケート結果から回帰式を作成した。
- ・既往文献における維持管理費の費用関数は、アンケート結果と同等な値であり、既往文献の費用関数をそのまま選定した。

■環境性(LCA)・・・エネルギー消費・回収量等を考慮した評価。

環境性の定量的な評価を行うため、既往文献等をもとに、関数を設定。連携パターンごとに項目を設定。

| 項目 | 費用関数 | 単位 | 備考 | 適用した連携パターン |
|---|----------------------|---------|-------|------------|
| 前処理施設(稼働に伴う電力消費) | $G=2.2054X^{0.8331}$ | t-CO2/年 | 排出量 | 全連携パターン |
| 消化ガス発電 | $G=Q_p \times a$ | | 排出削減量 | 全連携パターン |
| 固形燃料化処理(稼働に伴うN ₂ O※排出) | $G=Q_s \times a$ | | 排出量 | 連携パターン3 |
| 固形燃料利用(バイオマス燃料利用によるCO ₂ 削減) | $G=Q_b \times a$ | | 排出削減量 | 連携パターン3 |
| 乾燥処理(稼働に伴うN ₂ O※排出) | $G=Q_s \times a$ | | 排出量 | 連携パターン4 |
| 堆肥化処理(処理時のCH ₄ 、N ₂ O※排出) | $G=Q_s \times a$ | | 排出量 | 連携パターン5 |
| 廃棄物処理場におけるエネルギー使用量 | $G=Q_e \times a$ | | 排出量 | 全連携パターン |
| 廃棄物処理場における発電 | $G=Q_p \times a$ | | 排出削減量 | 全連携パターン |
| 埋立処分(汚泥埋立後のCH ₄ ※排出) | $G=Q_s \times a$ | | 排出量 | 連携パターン1 |
| 汚泥焼却施設(稼働に伴うCH ₄ 、N ₂ O※排出) | $G=Q_s \times a$ | | 排出量 | 連携パターン7 |
| 汚泥焼却廃熱の有効利用 | $G=Q_h \times a$ | | 排出削減量 | 連携パターン7 |

※CH₄とN₂Oは、温室効果をCO₂に換算して算定している。
 G: 温室効果ガス排出量、a: 温室効果ガス排出係数(項目によって異なる)、Q_p: 発電電力量、Q_s: 汚泥処理量、Q_b: 固形燃料で代替した燃料使用量、
 Q_e: エネルギー使用量(差分)、Q_h: 焼却廃熱利用で代替する燃料使用量

| 連携パターン | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|--------|-------------------------|--------------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|---------------------|-------------------------|
| | 消化ガス発電 + 消化汚泥場外搬出 | 消化ガス発電+ 消化汚泥のごみ処 理施設への搬出 | 消化ガス発電 + 固形燃料化 | 消化ガス発電 + 乾燥汚泥肥料 | 消化ガス発電 + 発酵コンポスト | 消化ガス発電 + リン回収 | 消化ガス発電 + 汚泥焼却廃熱利用 |

③-2 適用性等・・・現場目線での定性的な評価。

アンケート等を踏まえ、導入における課題を整理。その結果を踏まえ、事前評価時の「維持管理性」を「適用性」に変更

- ・汚泥処分費が課題となっているか、ごみの減量化が必要となっているか
- ・生産した資源化物の需要見通し、行政計画への地域バイオマス利活用に位置づけ 等

経済性等を容易に評価するための簡易検討ツールを作成。

①簡易検討ツールの入力画面

| 入力項目 | |
|-----------|--------------------------|
| 処理水量(日最大) | 18,000 m ³ /日 |
| 生ごみ投入量 | 5.0 t/日 |
| 投入頻度 | 5回/週 |
| 電力単価 | 12 円/kWh |
| 人件費単価 | 5万円 |

①少ない情報の入力で、簡易に評価結果を算出

②経済性・環境性等の結果を表示

・経済性・環境性について、設定した算定方法から算出
 経済性の収支：建設費及び維持管理費から固形燃料や肥料の売却収入を差し引きした数値

環境性の収支：温室効果ガスの排出量と排出削減量を差し引きした数値
 指標：既存施設を、生ごみを受け入れないこととして単純更新する場合との比率によって点数化

※収支・指標ともに数値の小さい方が、経済性・環境性が良いとなる

・自治体施策等の検討を進める上で優位性のある項目を適用性として加点

・経済性・環境性・適用性の結果から総合評価を表示

②評価結果例(連携パターン1~4を抜粋)

| 連携パターン | 連携パターン1 | 連携パターン2 | 連携パターン3 | 連携パターン4 |
|---|-----------------|------------------------|--------------|---------------|
| 概要 | 消化ガス発電+消化汚泥場外搬出 | 消化ガス発電+消化汚泥のごみ処理施設への搬出 | 消化ガス発電+固形燃料化 | 消化ガス発電+乾燥汚泥肥料 |
| 収支(百万円/年) | 437 | 351 | 566 | 414 |
| 指標 | 1.35 | 1.08 | 1.75 | 1.28 |
| 既設更新の年価収支を1.0とする比率 | | | | |
| 配点設定値 | 12 | | | |
| A≤0 | 12 | | | |
| 0.75<A≤0.9 | 9 | | | |
| 0.9<A≤1.1 | 6 | | | |
| 1.1<A≤1.3 | 3 | | | |
| 1.3<A | 0 | | | |
| 環境性 | | | | |
| ○:既設更新より費用減 △:既設更新より費用増 | △ | △ | △ | △ |
| 収支(t-CO ₂ /年) | 2,058 | -819 | -1,805 | -895 |
| 指標 | 1.03 | -0.41 | -0.90 | -0.45 |
| 既設更新のGHG収支を1.0とする比率 | | | | |
| 配点設定値 | 12 | | | |
| A≤-0.5 | 12 | | | |
| -0.5<A≤0 | 9 | | | |
| 0<A≤0.5 | 6 | | | |
| 0.5<A≤1.0 | 3 | | | |
| 1.0<A | 0 | | | |
| 適用性 | | | | |
| ○:収支マイナス(脱炭素) ○:既設更新より排出量削減 △:既設更新より排出量増加 | △ | ◎ | ◎ | ◎ |
| 加点点数 | 3 | 0 | 6 | 9 |
| 適用性 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 総合評価 | 3 | 15 | 18 | 21 |
| △:経済性・環境性とも△ ◎:環境性◎かつ適用性○ ○:上記以外 | △ | ◎ | ◎ | ◎ |

15

④作成した評価手法の妥当性を確認

複数の先進都市事例をモデル都市として、簡易検討ツールを使用した評価を試行し、評価結果と実際の連携パターンを比較することで、評価手法の妥当性等を検証した。

以下、表(A市の評価結果を抜粋)のとおり実際の連携パターンが上位に選定されており、作成した評価手法は妥当であることを確認した。

評価結果(A市) 【実際の連携パターン:パターン4】

| 連携パターン | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|----------|---|-----------------|------------------------|--------------|---------------|----------------|-------------|-----------------|
| | | 消化ガス発電+消化汚泥場外搬出 | 消化ガス発電+消化汚泥のごみ処理施設への搬出 | 消化ガス発電+固形燃料化 | 消化ガス発電+乾燥汚泥肥料 | 消化ガス発電+発酵コンポスト | 消化ガス発電+リン回収 | 消化ガス発電+汚泥焼却廃熱利用 |
| 経済性 ① | 配点※1 | 0 | 6 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| | ○:既設更新より費用減 △:既設更新より費用増 | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ |
| 環境性 ② | 配点※1 | 0 | 9 | 12 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| | ◎:収支マイナス(脱炭素) ○:既設更新より排出量削減 △:既設更新より排出量増加 | △ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ |
| 適用性 ③ | 加点点数※2 | 3 | 0 | 6 | 9 | 9 | 6 | 6 |
| | ○:上位3パターン | — | — | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 総合評価 | 配点(①+②+③) | 3 | 15 | 18 | 21 | 18 | 15 | 15 |
| | ◎:環境性◎かつ適用性○ △:経済性・環境性とも△ ○:上記以外 | △ | ○ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ |

※1 既設更新を1.0として比率を算出し、その比率によって配点している。 ※2 該当1項目につき3点を加えている。

①～④を踏まえ、自治体が検討を進める際に活用できるよう技術資料を策定。

- ①地域バイオマスを下水道に受け入れる場合の課題やメリットの整理
- ②地域バイオマスを対象としたエネルギー・マテリアル循環システムの広域化・共同化の具体的手法の検討
- ③新たな資源循環システムの経済性・環境性・維持管理性等の評価方法の検討
- ④モデルケースにおける経済性・環境性・維持管理等に関するフィージビリティスタディの実施

【技術資料の構成(目次案)】

| | | |
|--|--|-----------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. 本資料の位置づけ <ol style="list-style-type: none"> 1.1 目的 1.2 生ごみ受入れ事業の現状 1.3 他マニュアルとの関係性 1.4 本資料の適用範囲 | <ol style="list-style-type: none"> 4. 簡易検討ツールの使用方法 <ol style="list-style-type: none"> 4.1 簡易検討ツール操作説明書 4.2 検討シナリオ例、経済性・環境性評価結果 (既存設備および資源化設備を更新・設置する場合) 4.3 検討シナリオ例、経済性・環境性評価結果 (既存設備を活用して資源化設備のみ設置する場合) | <p>③</p> |
| <ol style="list-style-type: none"> 2. 生ごみ受入れ事業の検討手順 <ol style="list-style-type: none"> 2.1 検討の流れ 2.2 検討対象ケース 2.3 経済性評価および環境性評価 (各項目概要、条件設定、費用関数等) 2.4 総合評価 | <ol style="list-style-type: none"> 5. 参考資料 <ol style="list-style-type: none"> 5.1 生ごみ受入れ実施事例、経済面及び環境面の効果 5.2 生ごみ受入れ実施事例への適用例① 5.3 生ごみ受入れ実施事例への適用例② 5.4 各費用算定に必要となる汚泥量等の算定 5.5 連携パターンごとに適用する費用関数 | <p>②、③</p> <p>③、④</p> |
| <ol style="list-style-type: none"> 3. 生ごみ受入れ事業の技術面等の検討事項 <ol style="list-style-type: none"> 3.1 経済性評価および環境性評価以外での検討事項 (技術面、制度面、運用面) 3.2 連携パターンごとの課題・留意点等 | | <p>①</p> |

成果の普及に向けた取り組み

●技術資料の作成

「下水処理場における生ごみ受入れ事業の検討に関する技術資料(案)」としてとりまとめた。

●公益財団法人 廃棄物・3R研究財団との意見交換

公財)廃棄物・3R研究財団では、循環型社会形成の推進等を目的とした調査研究事業や、研究成果の普及啓発等を行っている。本研究は、部局間連携が重要であり、下水側からだけでなく、廃棄物側からの視点を盛り込むため、定期的に意見交換を実施してきた。具体的には、生ごみが抜けることによるごみ質の変化が与える焼却炉への影響等について意見交換を行い、技術資料内に留意点として反映させている。

●下水道技術開発会議 エネルギー分科会での報告

下水道技術開発会議 エネルギー分科会(令和4年度・令和5年度)において、本研究の取り組みや進捗について報告を行い、下水道管理者が成果を活用するために必要な検討事項等、エネルギー分科会委員から意見聴取を行った。

今後の予定

●技術資料

作成した技術資料(案)を、国総研ホームページに公表予定

●技術資料の普及啓発

・上下水道ホットインフォメーションにて情報掲載予定

上下水道ホットインフォメーションは、国土交通本省から地方自治体や関係団体に上下水道に関する情報を配信しているものであり、多くの上下水道関係者に周知することができる。

・公財)廃棄・3R研究財団ホームページに、国総研ホームページへのリンクを貼り付け予定

当財団ホームページは、多くの廃棄物関係者が閲覧していることが想定され、廃棄物関係者へ周知することができる。

発表論文等

学会発表

- 令和4年8月 第59回下水道研究発表会
「下水処理と廃棄物処理を連携させた資源循環システムの構築に向けた先進事例調査」
- 令和4年10月 第11回農業産業における廃棄物管理問題に関する国際シンポジウム
(IWA Agro 2022) ポスター発表
- 令和6年8月 第61回下水道研究発表会
「下水処理と廃棄物処理を連携させた資源循環システムの構築に向けた評価手法の作成」

論文一覧

- 高濱ら(2022) 第59回下水道研究発表会講演集(日本語セッション)、p.238-240
「下水処理と廃棄物処理を連携させた資源循環システムの構築に向けた先進事例調査」
- 高濱ら(2022) 第59回下水道研究発表会講演集(英語セッション)、p.13-15
「Survey of advanced projects for the establishment of a resource recycling system that cooperate wastewater treatment with solid waste treatment」
- 平西ら(2024) 第61回下水道研究発表会講演集、p.439-441
「下水処理と廃棄物処理を連携させた資源循環システムの構築に向けた評価手法の作成」
- 今後、土木技術資料への寄稿を予定

8. 事前評価時の指摘事項と対応

| 事前評価時の指摘事項 | 対応 |
|---|---|
| システムの社会実装に向けて、メリット・デメリットの両面に留意して検討されたい。 | 下水処理場、ごみ処理場におけるメリット・デメリットを調査・整理した。 特に、定量的な評価で示すことができないものの、連携や施設運用にあたって重要と考えられる内容については、技術資料内にて確認ができるよう記載している。 |
| 本研究提案の資源循環システムの課題は収集・運搬と考えられるので、デスポーザーの活用等も含めて課題解決の方向性が示されることを期待する。 | デスポーザーについては、別途研究を実施しており、設置が進んでいる自治体における普及率は約20%である。デスポーザーの設置は各家庭・事業者によることから、100%の普及率となるには時間がかかることが想定され、当面、収集・運搬は必須と考えられる。生ごみの収集・運搬については、先進事例を調査した結果、従来の運用に合わせた収集・運搬を実施することで、負担の増加を抑えられており、大きな課題と捉えられていない例が多く、技術資料にて、先進事例における工夫を掲載することとした。 |
| 下水道分野と廃棄物分野の共同化を推進するためには法律・制度面からの社会科学的研究も必要と考える。 | 先進都市事例では、特に、下水処理場内における廃棄物処理法の対象範囲の決定に時間を要していたことから、現在、国交省と環境省において、課題整理及び対策方針の検討を進めているところである。 |

| 研究開発の目的 | 研究開発の目標 | 研究成果 | 研究成果の活用方法 (施策への反映・効果等) | 目標の達成度 |
|--|---------------------------------------|---|---|--------|
| 地域バイオマスを対象とした資源循環システムの経済性・環境性・維持管理性等の評価手法及び検討事例を示した技術資料の提示 | ①地域バイオマスを下水道に受け入れる場合の課題やメリットの整理 | 先進都市事例や既往の研究成果等を調査し、生ごみを受入れることに伴う、技術的な課題、メリット等を整理するとともに、技術資料に提示する。 | 先進都市事例における具体的な課題やメリット等を掲載することで、連携に向けて具体的なイメージを持つことが可能となる。 | ◎ |
| | ②地域バイオマスを対象とした資源循環システムの広域化・共同化パターンの検討 | 先進都市事例や既往の研究成果等を調査し、実事例を考慮した広域化・共同化のパターンを整理した。 | 実事例を考慮した連携パターンとすることで、有用性の高い連携パターンを選定することが可能となる。 | ○ |
| | ③経済性・環境性・維持管理性等を考慮した資源循環システムの評価手法の検討 | 経済性や環境性等の定量的な評価を行うために必要となる関数を設定するとともに、定性的な評価を行うために必要となる項目を整理した。 | 定量的な評価に加えて、定性的な評価を示すことで、包括的視点を踏まえた上で、それらの評価が容易に実施可能となる。 | ◎ |
| | ④モデルケースにおけるフーズビリティスタディの実施 | 構築した評価手法に基づき、実都市におけるモデルケース検討を実施し、有用性を確認した。また、モデルケースを検討シナリオ例として提示する。 | 具体的な検討例を掲載することで、容易に概略検討が可能となる。 | ○ |
| | ⑤技術資料策定 | 上記成果をとりまとめ、簡易検討ツールを含む技術資料として提示する。 | 連携検討を進める上で有効なツールとなる。 | ○ |

<目標の達成度> ◎:十分に目標を達成できた。 ○:概ね目標を達成できた。 △:あまり目標を達成できなかった。 ×:ほとんど目標を達成できなかった。

有効性

下水道を核とした資源循環システムの検討に向けて、経済性や環境性を容易に評価できるツールを作成するとともに、先進都市事例における技術的課題等についても整理し、これらを取りまとめた技術資料を作成したことから、**研究開発の目標を概ね達成できた**と評価できる。特に、下水道と廃棄物の連携という部局を越えたシステムの構築や廃棄物処理法上の位置づけ等法律上の整理は、ハードルの高いものであるが、その中で検討手法等を明確に示した技術資料としたことで、自治体において検討を進める足掛かりとなり、新たな資源循環システム構築の推進が期待できる。

令和6年度 第4回 国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会（第一部会） 議事録

日時：令和6年10月24日（木）10:00～12:00

場所：WEB開催

1. 開 会

事務局より研究評価委員会分科会（第一部会）委員の紹介
国土技術政策総合研究所 所長挨拶
以降の議事進行：主査

2. 評 価

事務局より、評価の目的および評価方法・評価結果の扱いについて説明

<令和5年度終了研究課題の終了時評価>

（1）「氾濫シナリオ別ハザード情報図に基づく減災対策検討手法の研究」

国総研より、資料について説明。

【欠席委員からの事前意見】（●：欠席委員からの事前意見 ○：国総研側回答）

- 氾濫シナリオ群の設定からシナリオ別ハザード情報の作成手法が開発されており、必要性、有効性の高い研究成果が得られているものと思われるが、本研究の成果をもとに、個別の流域において適切な判断シナリオ群を設定し、被害軽減効果の検討をおこなっていくという検討プロセスそのものが、水害に対する地域の強靱化を図る上で重要と考えている。今後、手引きの作成に当たっては、各流域での検討プロセスそのものの重要性を見失うことのないよう、単なる作業マニュアルとならないよう留意した手引きの作成を期待する。
- ご指摘いただいたとおり、検討プロセスそのものが重要であると認識している。水害に対する地域の強靱化を図るためには、専門知識が豊富と言い切れない地域や自治体等が、大規模洪水によるリスクを理解すること、地域や自治体等自らがリスク低減策を考え、地域に埋め込んでいくこと、そのために技術力を蓄積する河川事務所が的確にリスクを翻訳し、地域や自治体等と技術的キャッチボールを継続する、これら3つが重要であるとと考えている。

この技術的キャッチボールの中に、ご指摘の検討プロセスが位置づけられるのではないかと理解しており、使い方や役立て方を強く意識した構成として参りたい。

【質疑応答】（●：委員側発言 ○：国総研側発言）

- 学会での同分野の研究発表を聞いていると、使う標高データによって、データを提供する組織が公的機関であっても、年代によって解像度や精度も異なり、それ次第で氾濫計算が予想よりも異なってくるがあった。

今回計算された内容のように、高度になってくると、使用するデータやその設定次第で計算結果が違ってくることを学会や研究会でも聞くので、おすすめや注意事項などをマニュアルに反映されていくとよいのではないかと。

- 水路や道路の盛り土など、地形を丁寧にモデル化し、氾濫流の計算結果が信頼できるような条件が必要と認識している。

- 減災対策を考える土木関係部局だけではなく、地域が防災を考えていく上で非常に役立つものであり、非常に期待を持っている。

本研究成果の洪水減災対策検討手法は、県の土木部局、コンサルなど、どのレベルが実行可能と考えているか。また、地域のシナリオを作るまでにはどの程度の手間と時間がかかるのか。

- 今の環境であれば、河川事務所や県の土木部局などが発注をして進めていくことになると考えている。地域のシナリオを作るには段階が幾つかあり、データの取得・整理・データのセットモデル化を行い、情報図の作成・判読・減災対策の検討・計算といった一連の流れがあるが、専任的に対応するという状況であれば、概ね1年くらいで作成できるものと考えている。

- シミュレーションの方法自体は従来の方法と思われるが、計算の正しさはどの程度担保されているのか。ハザード情報として、従来の最大浸水深や浸水継続時間以外にも設定されているが、そういったものが実際の観測と合うかどうかという辺りの数字の正しさは担保できているか。

説明資料19スライド目の定量的評価手法においては、項目毎に1点の閾値で評価が出るため、正確性がないと判断に影響してしまうと思われる。その辺りのデータの不確実性についてはどう考えていくべきか。

- 各地域の過去の様々な浸水実績を再現し、妥当な再現結果が出ていることを確認することが不可

欠と考えており、そのように精度を確認している。

そこから先のまだ経験をしていない浸水に対しての信頼性をどう担保していくのかについては、例えば、浸水深でいうと今回は0.5m以上のエリアで議論を進めていったが、計算結果が0.5m以下であれば問題ないというような誤った解釈をされないために、丁寧に説明していくしかないと考えている。

● 豪雨災害は緊急の課題であり、説明資料22スライド目の有効性の欄において、減災対策を加速化させることに貢献できるという記述もあるが、実際にこれを地方公共団体が実行しようとするときに、技術職員の人数や能力によっては、すぐに実行できないのではないかと考えているのか。

○ 一番時間を要するのは、計算に必要なデータの取得、整備、モデル化であり、こういったところを国や県が支援をして、すぐに計算を進められるよう環境を提供できれば、より流域治水が加速していくのではないかと考えている。

● 地方公共団体が実際にこのガイドラインや手引きを導入しようとなった際、職員が直営で行うのは非常に難しいのではないかと懸念している。そうした場合は、民間企業の支援が必要となるが、その場合、1団体あたり、どの程度の予算規模が必要になってくるのか。そういったところの根拠的なものが手引きやガイドライン、または地方公共団体に対して示せると、予算要求等もしやすいのではないかと懸念している。取り組みにあたり予算的な措置の支援などのとりまとめや検討の予定があれば、教えていただきたい。

○ 中期段階の研究として行っている状況のため、今後、手引きを作成して公表し、現場が動き始めた前後の段階で、具体的な予算措置の議論になっていくのではないかと懸念している。

● 作成した手引きは、誰がどのようなタイミングで使用するのか。地方公共団体ではないかとは思いますが、果たして現状において、これに直接対応できる地方公共団体がどこまであるのか懸念している。

○ 本研究とは別になるが、研究部内の別の研究室において、オープンデータ等を活用した仮想空間上に流域デジタルツインを構築し、デジタルの実験場整備を進めている。これが全国レベルで整備されれば、地方公共団体において、ある対策をしたらハザードがどのように変化し、どのようなメリット・デメリットが出てくるのかなど、費用と時間をあまりかけず、十分な精度を持った比較検

討ができるのではないかと考えている。

(2) 「土砂・洪水氾濫発生時の土砂到達範囲・堆積深を高精度に予測するための計算モデルの開発」

国総研より、資料について説明。

【欠席委員からの事前意見】（●：欠席委員からの事前意見 ○：国総研側回答）

- 土砂・洪水氾濫発生時の被害予測を高精度化するために、地道だが着実に進める必要のある研究課題と評価する。

本研究開発によって新たに解明された、幅広い粒径の土砂を含む土石流等が流下する場合の侵食堆積プロセスとは何なのか、既往研究に対する新たに開発したモデルの特徴と優位性、有効性は何か。

- 実際の河床でどのように堆積が起こっているのかを計測することは難しいが、堆積過程をハイスピードカメラで直接計測する実験を行っており、その結果からモデルの中で使用する堆積速度の係数設定の範囲を示すことができたと考えている。

従来のモデルは、基本的に単一の粒径を代表値として、大きな礫が土石流の形態で運ばれるような現象を模していると思うが、これに対して、流体の液層中に細かい土砂が取り込まれて密度が変わるといった既往の研究成果を見ながら、その概念を新しく開発したモデルに取り入れていった。これにより、下流域まで細かい土砂が到達するといった現象が再現でき得ることを確認したことが当研究の成果と認識している。

【質疑応答】（●：委員側発言 ○：国総研側発言）

- モデルで構築したよりも思った以上に細かい土が遠くまで運ばれたと聞いているが、現実的にそのような土砂災害が増え、被害の様相として何か変わるものがあるのか。
- 土砂災害防止法などでターゲットにしている災害は、土石流、地滑り、がけ崩れといった現象であるが、これに対し今回取り上げたものは、土砂が流域内の川に流入し、下流域まで運ばれ、運ばれた土砂が川を埋塞して溢れるような、ハザードマップで表現し切れていない現象と認識している。

地球温暖化の影響も出始めているとも見られている中で、このような現象が近年では毎年のように全国各地で発生し始めている認識の下、どのような対策を講じていくか、まずは予測できる手法

を検討したところである。

- モデルが合う、合わないということを判断するための既往の実測データがあり、それと合わせて既存のモデルよりも今回のモデルがよい、という判断ができているのか。

実験自体に価値があると思うが、実験データを他者が自由に使えるようなオープン化の考えはあるか。

- 九州北部豪雨であった赤谷川の災害において、発災前後のレーザーストアの差分情報や降雨情報などから、どこでどれだけ崩れたかや流量に関する情報を入手し、再現を実施している。

入力条件となる既往災害実績のデータセットをもって今回モデルの検証を講じてきたところ。

今回の実験成果を整理したデータセットは、オープンにできる形で進めていければと考えている。

- 計算プログラムの妥当性検証として感度分析を行ったとのことだが、この値も入力した数値によっては様々な結果がでると思うが、感度分析におけるレンジは分かっているのか。

- 確たるレンジとして提示できるものはないが、例えば直轄砂防事務所においては、より大きな流域の計画検討が進められており、やり方も様々に模索されている。そのような実績も参考にしながら、どこまで精緻に、または簡便にやるかは汎用性の観点での兼ね合いにはなってくるが、引き続き検討を進めてまいりたい。

- 細かい土砂が遠くまで行ったことをパラメータや式を代えて再現しようとしているが、今回のプロセスに入っていない全体的な地形改変の影響という可能性はあるのではないか。

- 実際問題として、近年まで着目されていなかった災害現象であり、災害前後のデータがとれているところは極めて稀である。そのような中でとれているデータを活用しながら、再現計算を試みるアプローチを地道に重ねていく必要があると考えている。

また、広範囲に土砂が広がったことの影響は計算結果へ響くのではないかと、この見方もあり、一次元ではなく平面的な二次元の計算を行うべきではないかと、といった議論もある。しかし、この検討は技術レベルや予算面など、時間を要すると認識しており、まずは簡便で汎用性が高まるような手法ができないかと検討を進めているところである。

- 初期段階の研究成果であり、今後は中期段階として実用化に向けた取り組みに入って行くものと

推察しているが、実用化に向けた課題がどのあたりにあるのか。

予算的な事情で、ここまで研究を進めたできなかったができなかったなど、そういったことがあれば説明されてはどうか、と感じた。

○ 一次元ではなく平面的な二次元での計算にすべきではないか、といった課題のほか、係数設定をどのようにセットしていくか、どこまで緻密に行うかなど、幅広い課題があると認識している。

● 今後発生するであろう土砂・洪水氾濫、又はそれに近い現象に対し、更にモデルを高めていくために国総研として必要なデータは何で、どのように入手しようとしているのか。

○ インプットする土砂や水の量、粒径、地形といった情報や、河床が侵食し得る場かどうか、現地の情報セットも最低限必要不可欠と考えている。

これ以外にも、近隣流域や同じ流域内で土砂・洪水氾濫の過去実績があるのであれば、事前に再現計算を講じてパラメータの範囲を見定められると、より望ましいと考えている。

こういったデータセットが必要になってくるかは、モデルの検証や検討を進めながら、引き続き検討を進めて参りたい。

(3) 「下水道を核とした資源循環システムの広域化・共同化に関する研究」

国総研より、資料について説明。

【欠席委員からの事前意見】（●：欠席委員からの事前意見 ○：国総研側回答）

● 経済性や環境性の定量評価について評価に必要な関数の設定方法が示され、具体的な評価の枠組みを提示していることは重要な成果と考える。提示された枠組みに基づいて設定された関数の妥当性の確認はどのように考えているか。

○ 今後、技術資料を公開して実際に地方公共団体が適用した場合、関数と実情とが合わない部分が出てくる可能性がある。その際には関数の見直しや修正を検討していきたいと考えている。

【質疑応答】（●：委員側発言 ○：国総研側発言）

● 説明資料15スライドにあった簡易検討ツールについて、一番よい点数のものに絞って終わりなのか、それとも点数上位に対して更に詳細な検討をするのかなど、こういった段階で使うのか。

評価点をどのように与えるのかは結果に一番影響するため、今後の社会情勢の変化などによりどう変わり、どう見直していくべきか、考えはあるか。

- 様々なケースが考えられるが、現在の1つの想定としては導入計画の段階で、実際に生ごみを受け入れると、コストや環境などどのような影響があるのかを調べるものとして、使えるのではないかと考えている。

評価点については経済性、環境性いずれも12点満点となっているが、例えば経済性を1.5倍にするなどの設定も可能である。地方公共団体により何を重視するのかは異なると考えられるため、評価点は地方公共団体のニーズや状況に応じて変更することを考えている。

- 評価指標が地方公共団体によっては合う合わないというお話があったが、このような条件であれば導入したらよい、というような手法の適用条件がある程度はつきりしているのであれば、明示して成果を発信してはどうか。

- 一例にはなるが、汚泥処分費が課題となっているところでは、最終処分を埋め立てではなくて有効利用すること、固形燃料や汚泥肥料の需要の見通しがかなり強くあるところでは使える、ということもあるかと思われる。生ごみについては、ごみ処理焼却施設の負荷を減らしたいところであれば、より適用性はあるかと考えられる。

ごみ処理施設と処理場間の距離なども影響してくると思われる。

- 例えば、事故の発生や環境への懸念など、新たな資源循環システムの実現によるリスクについても検討しているのか。

- アンケートに一部示しているが、生ごみの中にはスプーンなどの異物混入があり、故障などのリスクがあり得る。また、生ごみ処理により、有機酸等を大量に発生することで防食塗装も多少変わってくる話も聞いているところ。

- 説明資料11スライド目に下水側と廃棄物側それぞれの記載があり、特に下水側については前処理設備がかかることや、既存ストックをどれだけ有効活用できるか、というところは影響してくると思われる。

下水側と廃棄物側で合算すると、維持管理費や設備は増える方向になると思うが、その辺の見合いや、どの程度増えるかの試算は行っているのか。

- 既存の下水処理場に何の施設があるのかにもよるが、消化槽がないところは設置したりなど、そのような対応は出てくるものと予想される。その分、肥料や発電による収益で費用回収できるかを今回のツールで見ていくものと理解している。
- 大量の生ごみを収集、処理してから下水に投入するのと、より小規模なところで、家庭に置くディスポーザーのようなもので生ごみを粉砕してから下水に投入するのとでは、効率は違うのか。
- 今回、アンケートを実施した中で、家庭に生ごみ処理用のディスポーザーを導入している地方公共団体もあったが、大半はやはり運搬車による生ごみ収集と考えている。今回実例で取り上げた地方公共団体においても、家庭で生ごみを分別して収集していることもあり、今回の簡易検討ツールでは、運搬車による収集で検討したところである。

4. 閉 会

国土技術政策総合研究所 研究総務官挨拶