

雨水技術情報交換会

グリーンインフラの効果検証の取組

(公財) 日本下水道新技術機構

研究第二部 近藤 浩毅



公益財団法人
下水道機構 日本下水道新技術機構

Japan Institute of Wastewater Engineering and Technology

構成

- 1 背景
- 2 グリーンインフラ施設のモデル化手法
- 3 グリーンインフラ導入シナリオの検討
- 4 導入シナリオ解析事例（短期）
- 5 導入シナリオ解析事例（長期）
- 6 定量評価事例

1 背景（国内におけるグリーンインフラへの取組）

● グリーンインフラの定義

国土形成計画

（平成27年8月 閣議決定）等における整理

社会資本整備や土地利用等のハード・ソフト両面において、自然環境が有する多様な機能（生物の生息・生育の場の提供、良好な景観形成、気温上昇の抑制等）を活用し、持続可能で魅力ある国土づくりや地域づくりを進めるグリーンインフラに関する取組を推進する。

グリーンインフラ推進戦略

（令和元年7月 国土交通省）での整理

グリーンインフラとは、社会資本整備や土地利用等のハード・ソフト両面において、自然環境が有する多様な機能を活用し、持続可能で魅力ある国土・都市・地域づくりを進める取組である。

● 下水道事業におけるグリーンインフラの位置づけ

新下水道ビジョン加速戦略

（平成29年 国土交通省）での記載

浸水対策の一例として掲げられている。
○コンパクトシティやグリーンインフラの推進等、まちづくりと連携した効率的な浸水対策の実施支援
（例：グリーンインフラとして、水循環の形成等にも寄与する雨水貯留浸透施設の導入促進）（P21から抜粋）

下水道施設計画・設計指針と解説

（2019年版日本下水道協会）での整理

雨水流出抑制の一例として検討することが記載されている。
○雨水の流出抑制においては、自然環境が有する多様な機能を活用した地域づくりを進める手法である「グリーンインフラ」の導入を検討することも望まれる。

1 背景（技術マニュアルの発刊）

頻発化する都市型浸水被害への対応として、自然環境が有する多様な機能を活用する「グリーンインフラ」が注目

下水道事業では、従来からの雨水浸透ます等の取組に加え、近年では他部局と連携し、公園や道路下等に貯留浸透施設を設置する事例も見られるが、全国的には少ない



グリーンインフラ活用による下水道事業の推進

- ・ グリーンインフラ導入における課題
- ・ 他部局との効果的な連携手法
- ・ 導入効果の定量評価手法

などについて整理し、技術資料を作成

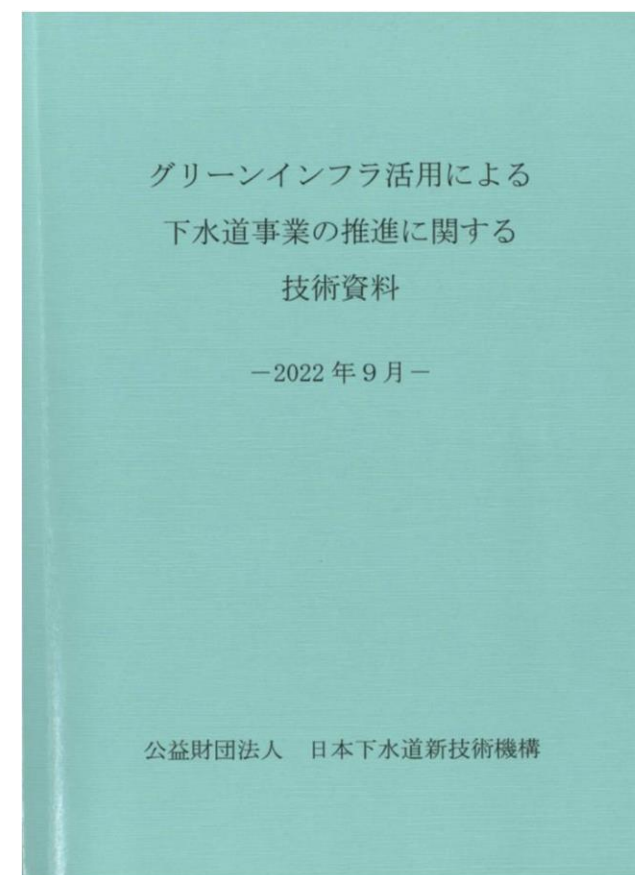
1 背景（技術資料の発刊）

「グリーンインフラ活用による 下水道事業の推進に関する技術資料」

2022. 9発刊

①グリーンインフラに関する事例集
を整理

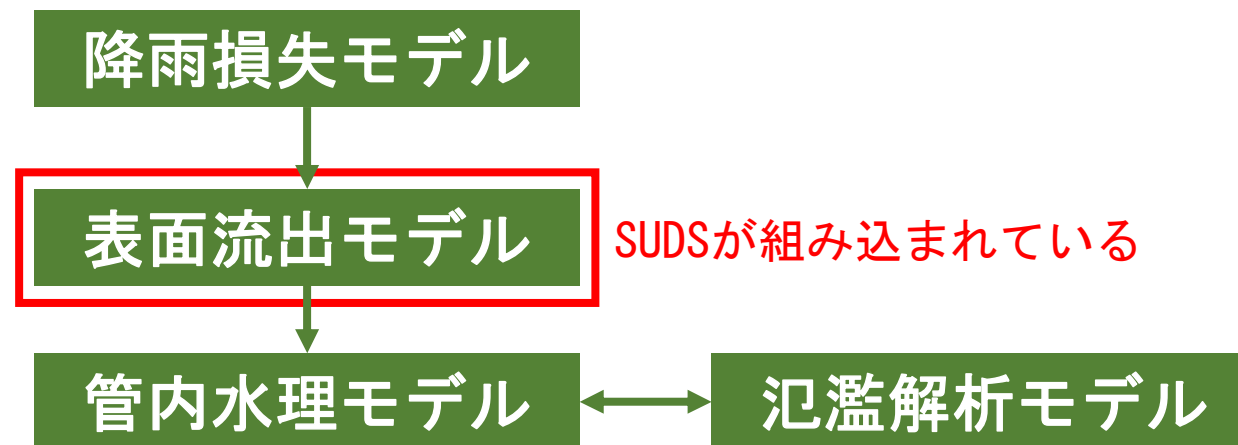
②浸水シミュレーションによる定量的な評価手法をとりまとめ



2 グリーンインフラ施設のモデル化手法

使用する流出解析モデルに備わっている「持続可能な都市排水システム (Sustainable drainage systems)」(以下、「SUDS」という)として、各種グリーンインフラ施設をモデル化

- ▶ 流出解析モデル Infoworks ICM (今回使用) や XPSWMM においては、アメリカ合衆国環境保護庁 (EPA) のモデル (EPASWMM) の計算ロジックをベースとしたSUDSをモデル上設定することが可能
- ▶ 流出解析モデルにおける「表面流出モデル」の中にSUDSが組み込まれている




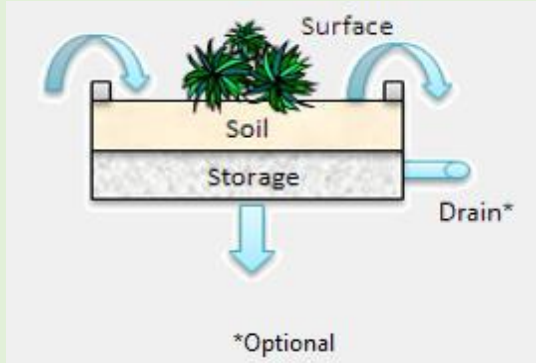

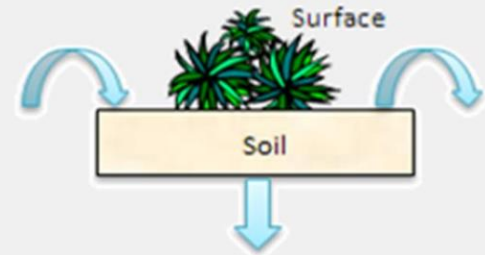

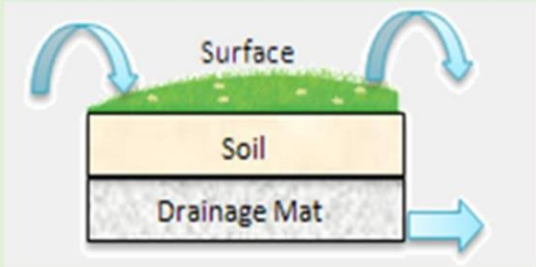
2 グリーンインフラ施設のモデル化手法

▶ 持続可能な都市排水システム（SUDS）の種類（8種類）

①	Bio-Retention Cell : バイオリテンションセル
②	Rain Garden : レインガーデン
③	Green Roof : グリーンルーフ
④	Infiltration Trench : 浸透トレンチ
⑤	Permeable Pavement : 透水性舗装
⑥	Rain Barrel : レインバレル
⑦	Rooftop Disconnection : ルーフトップディスコネクション
⑧	Vegetative Swale : 植生のある湿地帯


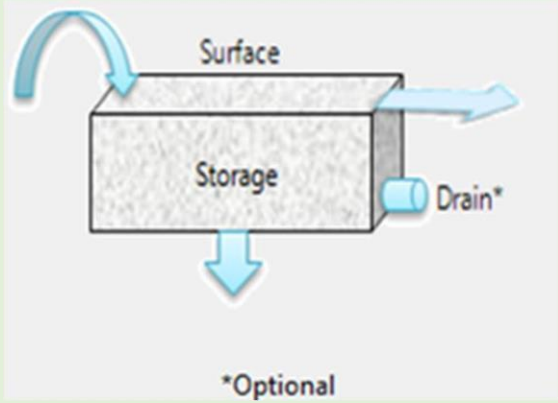


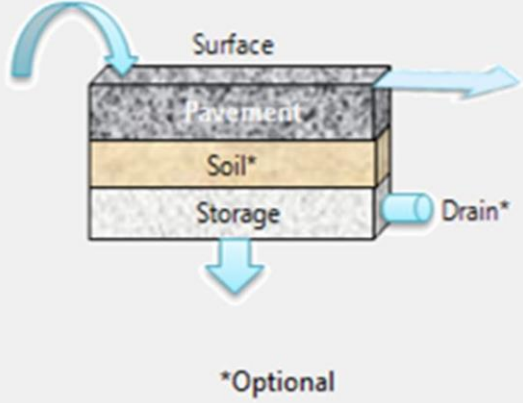
2 グリーンインフラ施設のモデル化手法

※以下、EPASWMM のマニュアルより

種類	概要	概念図
<p>① Bio-Retention Cell バイオリテンションセル</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ○バイオリテンションセルは、砕石貯留槽の上に配置された人工土壌混合物で成長した植生を含む窪地 ○直接降雨と周辺地域から取り込まれた流出の両方の貯留、浸透、蒸発散に寄与 ○一般的な例は、ストリートプランター、バイオスウェール（生物低湿地）など 	 <p>*Optional</p>
<p>② Rain Garden レインガーデン（雨庭）</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ○レインガーデンは、下部に砕石貯留槽がなく、土壌層だけで構成される。 ○バイオリテンションセルの一種 	
<p>③ Green Roof グリーンルーフ（屋上緑化）</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ○グリーンルーフは、合成排水マット材料または粗骨材の薄層の上に土壌層があり、屋根から土壌層を経由して排水する。 ○バイオリテンションセルの一種 	




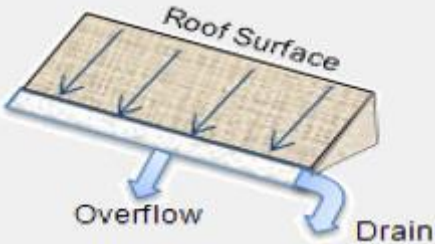

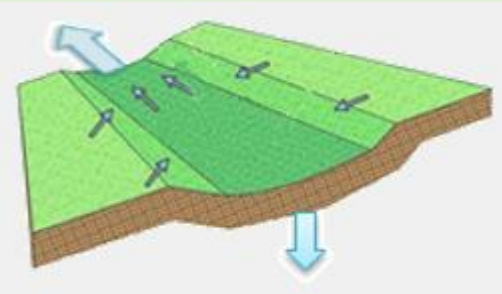
2 グリーンインフラ施設のモデル化手法

※以下、EPASWMM のマニュアルより

種類	概要	概念図
<p>④ Infiltration Trench 浸透トレンチ</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ○浸透トレンチは、上流の不浸透域からの流出を受ける、砕石で満たされた狭い溝 ○取り込まれた雨水が下部の土壤層に浸透するまでの貯留容量と時間遅れを確保 	
<p>⑤ Permeable Pavement 透水性舗装</p>  	<ul style="list-style-type: none"> ○透水性舗装は、砕石貯留槽の上にあるポーラスコンクリートまたはアスファルト混合物で舗装された道路または駐車場 ○降雨は舗装を通過して砕石貯留槽に入り、下部の現地盤（土壤）に浸透 ○ブロックペーパーシステムは、砂または玉4砂利層の上に設置された不浸透性のペーパーブロックで構成される。 ○下部には砕石貯留槽があり、降雨はブロックの隙間から貯留槽と、その下部の土壤に浸透する。 	

2 グリーンインフラ施設のモデル化手法

※以下、EPASWMM のマニュアルより

種類	概要	概念図
<p>⑥ Rain Barrel レインバレル（貯水槽）</p> 	<p>○レインバレルは、強雨の際に、屋根の雨水を集水し、降雨終了後に排水または再利用できる貯水槽</p>	
<p>⑦ Rooftop Disconnection ルーフトップ ディスコネクション</p> 	<p>○雨どいの排水を、雨水管ではなく、庭等の造園エリアや芝生に接続するもの</p> <p>○浸透域にオーバーフローする排水口を備えた屋根をモデル化することも可能</p>	
<p>⑧ Vegetative Swale 植生のある湿地帯</p> 	<p>○斜面が草や植生で覆われた水路または窪地</p> <p>○集水した雨水の流出を遅らせ、土壌への浸透時間を多く確保する。</p>	

2 グリーンインフラ施設のモデル化手法

●InfoWorks ICM の SUDS構成レイヤー

レイヤー	概要	バイオリテンションセル	レインガーデン	グリーンルーフ	浸透トレンチ	透水性舗装	レインバレル	ルーフトップディスコネクション	植生のある湿地帯
地表面	降雨や近接するエリアからの流量を直接受け取り、窪地貯留へ流量を保存し、下水システムへ流入する流出量を生成する地表面に相当する。	◎	◎	◎	◎	◎	—	◎	◎
舗装	透水性舗装システムに使用される透水性コンクリートやアスファルトのレイヤー	—	—	—	—	◎	—	—	—
土壌	植生の成長を助けるためにバイオリテンションセルで使用される、土壌混合物	◎	◎	◎	—	○	—	—	—
貯留	バイオリテンションセル、透水性舗装、浸透トレンチにおいて水の貯留を促す砕石や砂利のレイヤー。レインバレルの場合は、バレルそのものを表す。	◎	—	—	◎	◎	◎	—	—
排水システム	バイオリテンションセル、透水性舗装、浸透トレンチの貯留レイヤーから水を排水する。	○	—	—	○	○	◎	—	—
排水マット	グリーンルーフで使用され、土壌と屋根構造物の間に敷かれるマットやプレートを表す。排水マットは、土壌レイヤーを通じて屋根から排水される水を搬送する。	—	—	◎	—	—	—	—	—

◎：必須、 ○：必要に応じて設定

2 グリーンインフラ施設のモデル化手法

● InfoWorks ICM の SUDS構成レイヤー（バイオリテンションセルの場合）

地表面レイヤーパラメータ

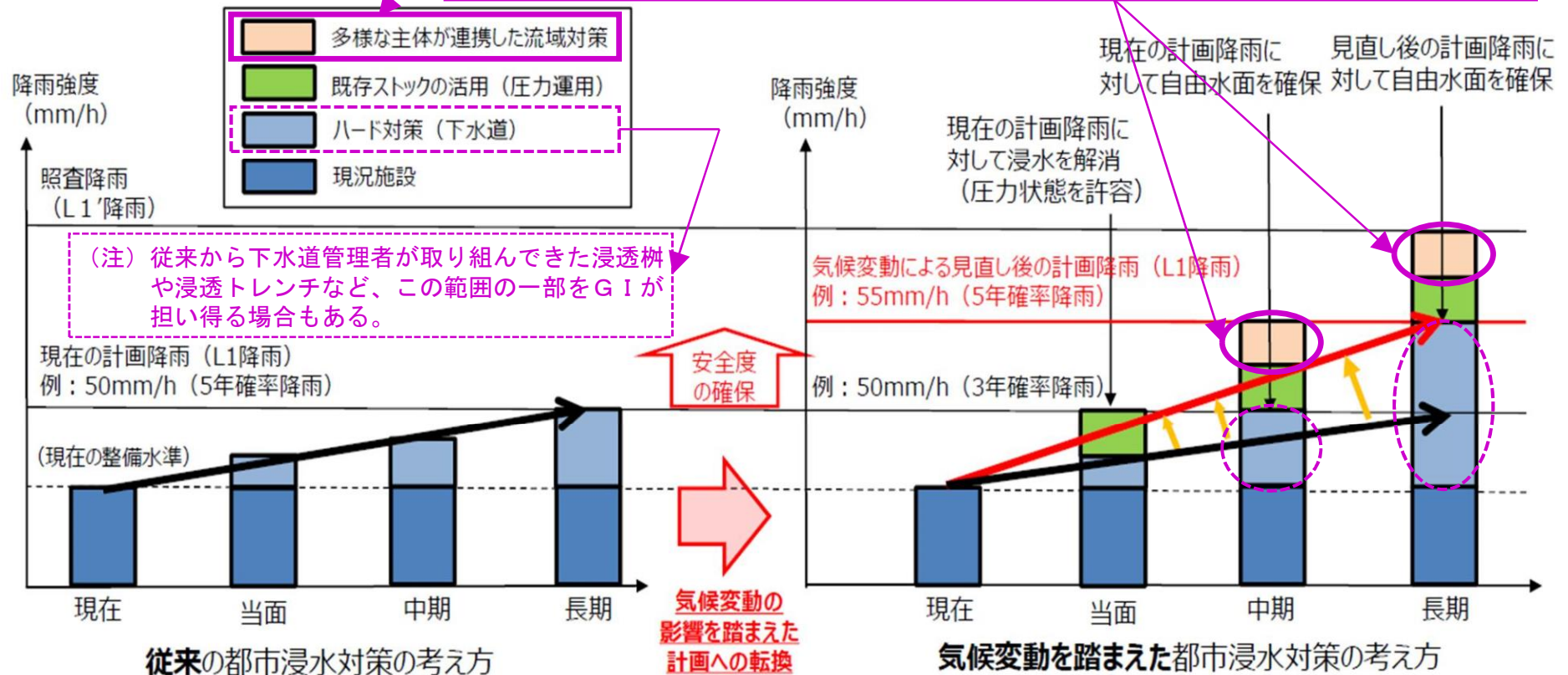
パラメータ	概要
バーム高	縁石や枠が存在している場合、 水が溢れる前に SUDS 構造物の地表面上に溜まる水の最大深さ (mm) 水が溢れて流出する SUDS 構造物では、地表面の窪地貯留の深さ (mm) 浸透緑地の場合、横断面の高さ (mm)
貯留深	Rooftop Disconnection にのみ有効
植生ボリューム割合	地表面が植生によって覆われている貯留エリアの割合
地表面粗度 (マニング N)	透水性舗装や浸透緑地の地表面上を流れる地表面流に対するマニングn値 (他のタイプの SUDS構造物ではゼロを使用)
地表勾配	透水性舗装や浸透緑地の地表勾配 (m/m) (他のタイプの SUDS構造物ではゼロを使用)
湿地帯側壁傾斜度	浸透緑地横断面の側壁部分における傾斜度 (他のタイプの SUDS構造物では無視)

3 グリーンインフラ導入シナリオの検討

目的：雨水管理総合計画への位置付けも見据え、公園、校庭、道路（街路樹等）、駐車場等へのグリーンインフラ導入の効果（ポテンシャル）を把握

◆段階的対策計画のイメージ

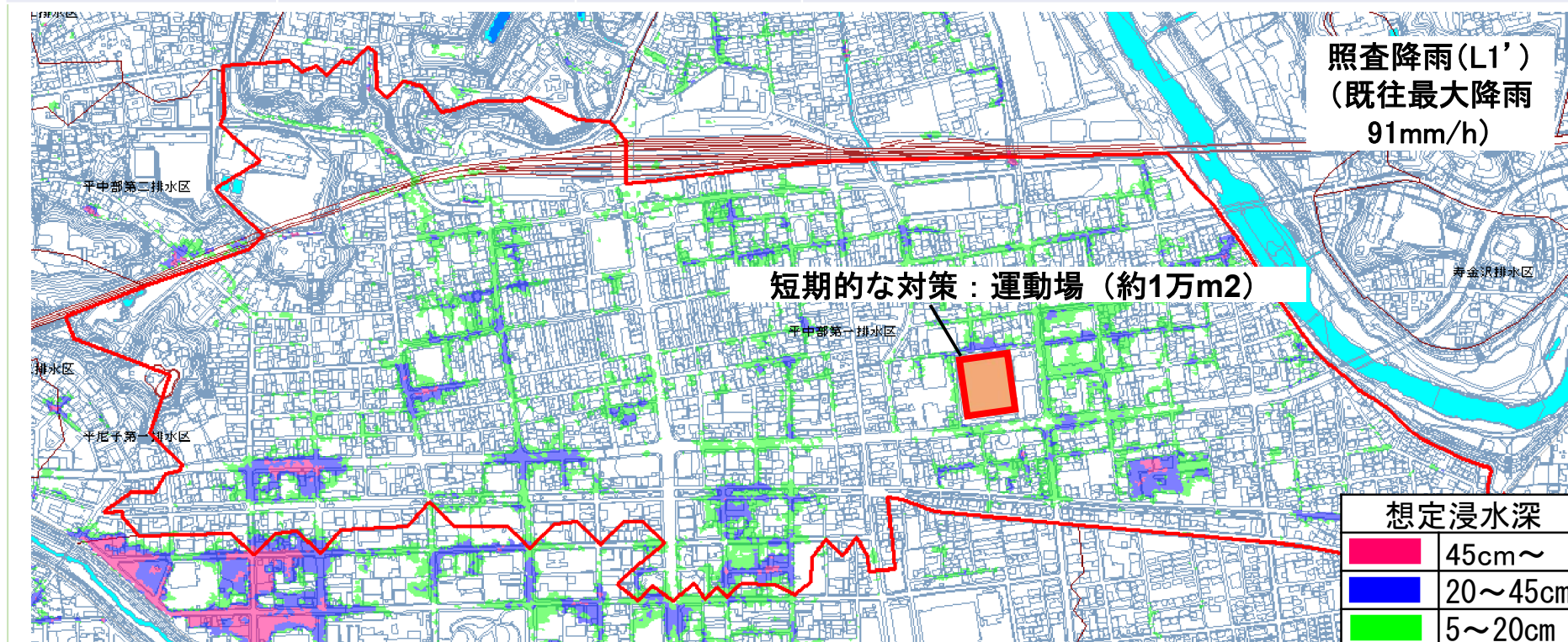
※グリーンインフラ導入はこの内数であり、中・長期で考慮
 中期：気候変動による見直し（1.1倍等）後の計画降雨への対応
 長期：照査降雨（既往最大等）への対応



「雨水管理総合計画策定ガイドライン(案)」(令和3年11月 国土交通省下水道部) 抜粋に一部加筆

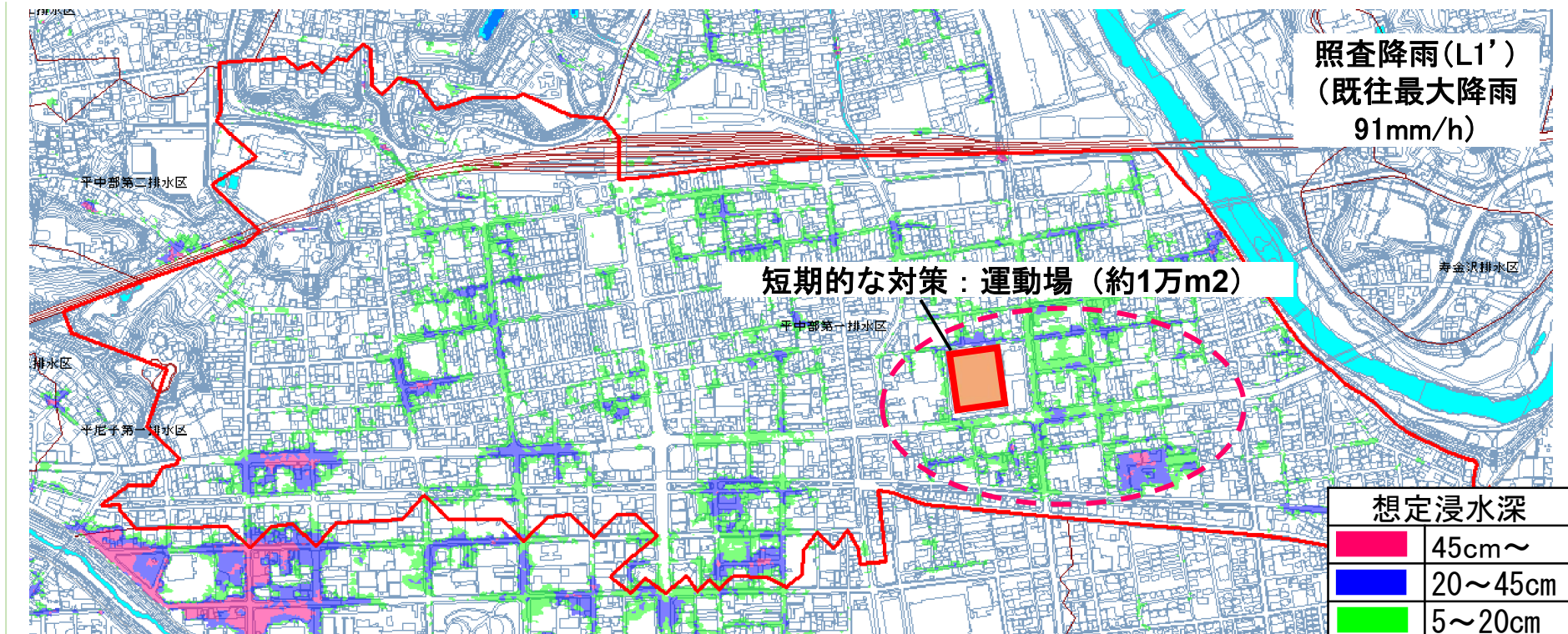
3 グリーンインフラ導入シナリオの検討

対策段階	GI導入組合せ	対象降雨	検証項目
短期的な対策 (当面～中期)	運動場	・ 見直しL1 ・ L1'	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 流末ポンプ場への流入量を抑制でき、局所的な浸水被害を軽減できる可能性がある ▶ 高い導入効果を期待＝優先順位が高い
長期的な対策 (長期)	運動場＋公園 ＋道路＋駐車場	・ 見直しL1 ・ L1'	▶ 多様な手法によって、どの程度の効果が得られるかを検証



4 導入シナリオ解析事例（短期）

対策段階	GI導入組合せ	対象降雨	検証項目
短期的な対策 (当面～中期)	運動場	・ 見直しL1 ・ L1'	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 流末ポンプ場への流入量を抑制でき、局所的な浸水被害を軽減できる可能性がある ▶ 高い導入効果を期待＝優先順位が高い
長期的な対策 (長期)	運動場＋公園 ＋道路＋駐車場	・ 見直しL1 ・ L1'	▶ 多様な手法によって、どの程度の効果が得られるかを検証

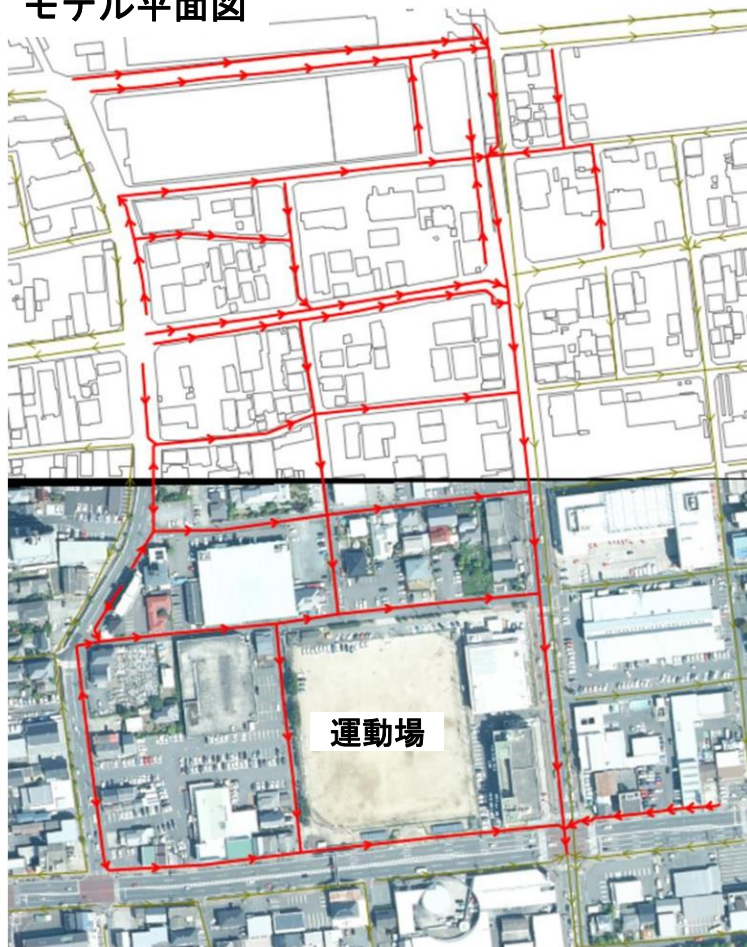


4 導入シナリオ解析事例（短期）

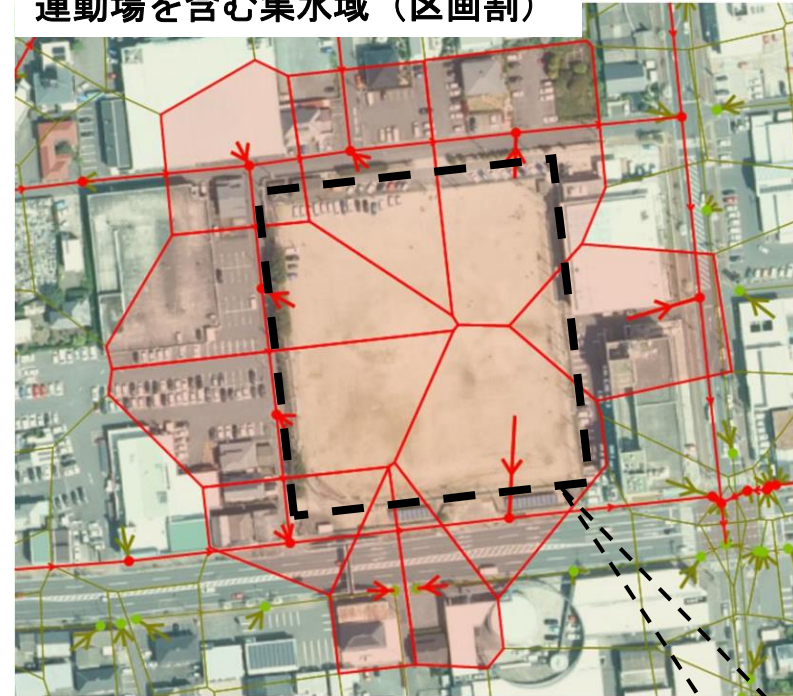
●運動場の地下への空隙貯留浸透施設の設置を想定

平面積9,850㎡（運動場の全面）、表層土壌厚0.15m、砕石貯留槽厚1.35m

モデル平面図



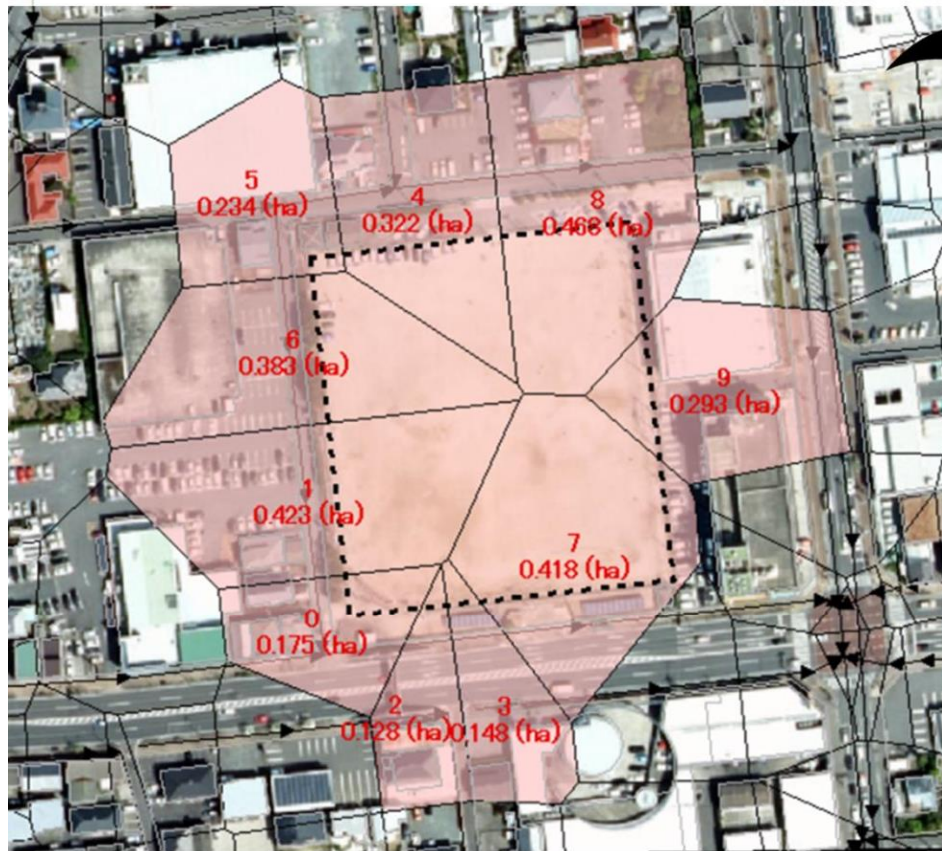
運動場を含む集水域（区画割）



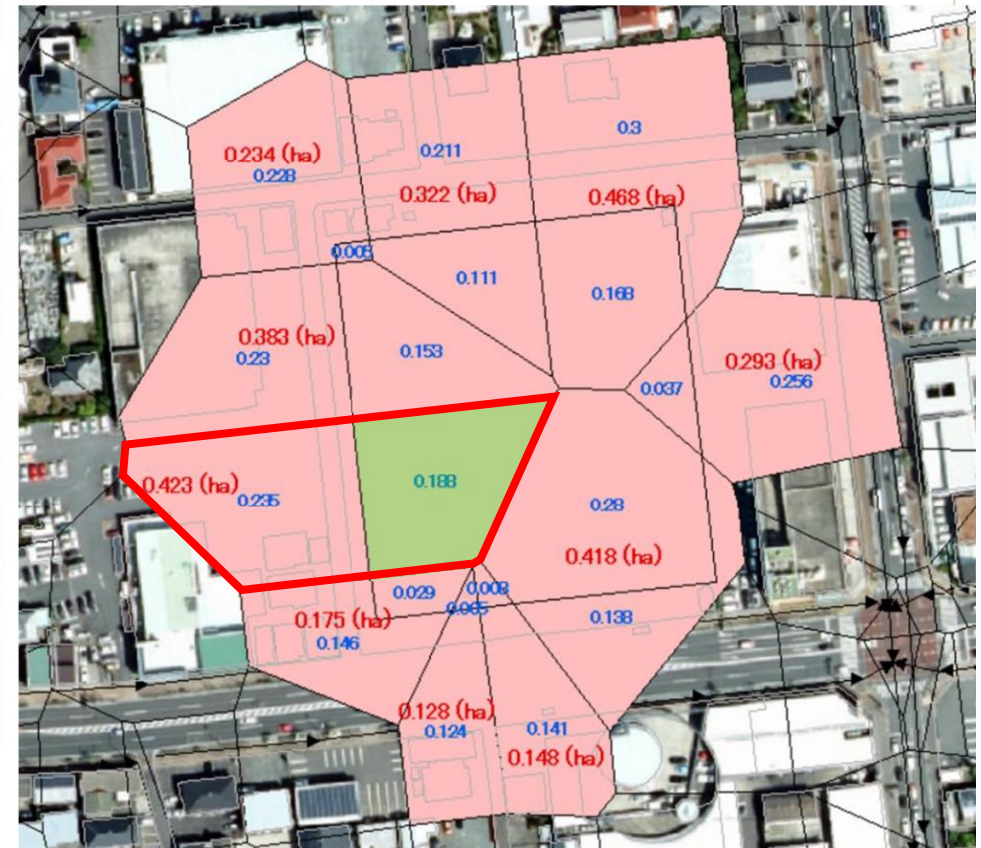
この範囲が運動場

4 導入シナリオ解析事例（短期）

運動場を含む集水域（区画割）



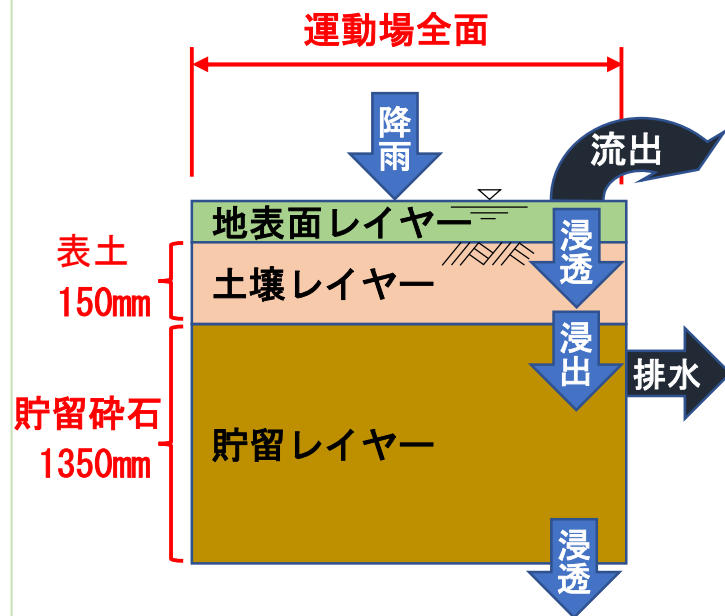
各区画について、運動場とそれ以外の面積を分けて算出（青文字）



4 導入シナリオ解析事例（短期）

●運動場へのSUDSの設定

バイオリテンションセルの模式図



※土質定数等に係るパラメーターは、計画策定等に用いるシミュレーションでは、大まかな地域の土質特性等に応じ、流出解析モデルに組み込まれているデフォルトの値を採用

実施設計等の段階で必要に応じて、土質調査等により見直し

各レイヤーのパラメータ設定値

レイヤー	パラメータ	設定値	備考
地表面	バーム高 (mm)	10	地表面の貯留高さ 地下貯留槽に着目するため、表面貯留は最低限(不陸程度)となるよう設定
	植生ボリューム割合	0	運動場・校庭は植生なし
		0.2	公園・園庭は樹林率20%と想定
	地表面粗度 (マング N)	0.025	空地、緑地の目安値
	地表勾配 (m/m)	0	地表勾配は見込まない
土壌	土壌クラス	Sand	運動場につき、砂を想定
	土壌厚 (mm)	150	実証実験と同値
	土壌空隙率	0.437	デフォルト値
	フィールド容量	0.062	デフォルト値
	しおれ点	0.024	デフォルト値
	土壌伝導率 (mm/hr)	120.396 × 0.9	デフォルト値を旨づまり影響係数0.9で補正(ごく浅いため、地下水位の影響は無視)
	伝播勾配	48	砂層のデフォルト値
	吸込水頭 (mm)	49.022	デフォルト値
貯留	貯留厚 (mm)	1350	掘削深を1.5m(矢板不要高さ)とし、土壌厚0.15mを差引き1.35m
	貯留ボイド比	0.429	碎石の一般的な空隙率30%想定 ボイド比 = 空隙率 / (1-空隙率)
	浸出率 (mm/hr)	6.604 × 0.81	近隣の土質柱状図より貯留レイヤー下の原地盤をシルト質ロームと想定 デフォルト値を地下水位及び旨づまり影響係数(0.9×0.9=0.81)で補正

4 導入シナリオ解析事例（短期）




●シミュレーション結果

現況（GI導入前）

運動場へのGI導入後



浸水の想定深さ

	45cm～
	20～45cm
	5～20cm

4 導入シナリオ解析事例（短期）

●オフサイト貯留への活用検討

オンサイト貯留のみを想定した場合の貯留率は11%程度
⇒貯留容量の余裕分を活用したオフサイト貯留を検討

SUDSの流入、浸透、貯留量（オンサイト分）

流入量	浸透量	貯留量
533.8 m ³	407.2 m ³	126.5 m ³
(100%)	(76%)	(24%)

SUDSの貯留容量

項目	設定値
碎石貯留槽の貯留容量	1,134 m ³

オンサイト貯留のみ
の貯留率
 $126.5/1,134 \div 11.2\%$

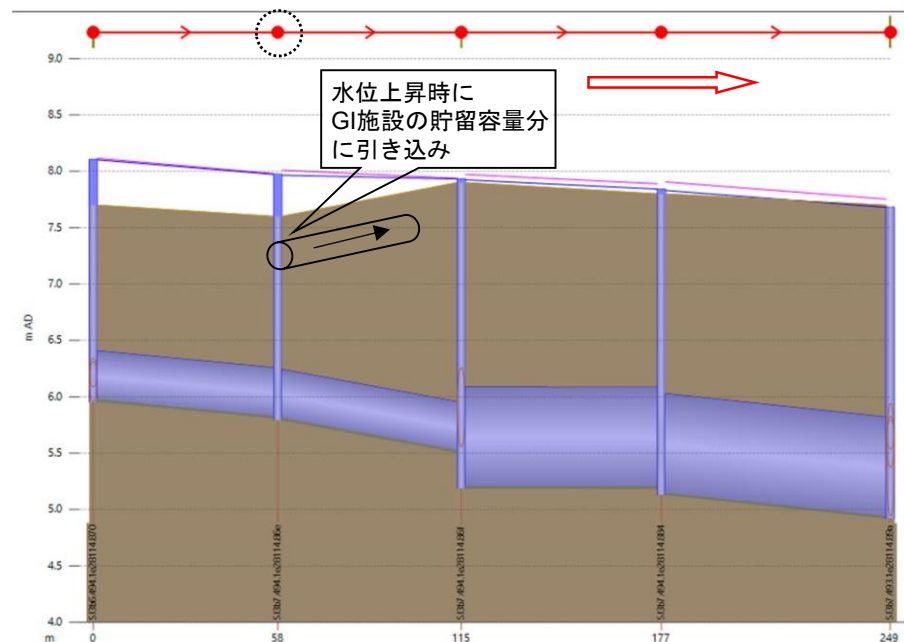
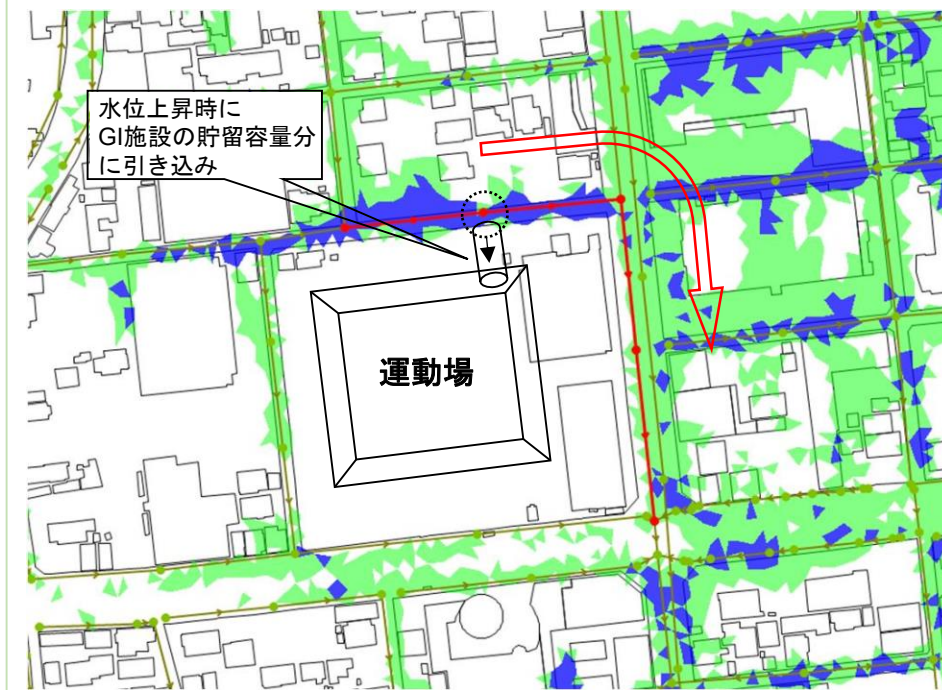
残貯留容量
 $1,134-126.5 \div 1,008\text{m}^3$

オフサイト貯留
への活用を検討

4 導入シナリオ解析事例（短期）

● オフサイト貯留への活用検討

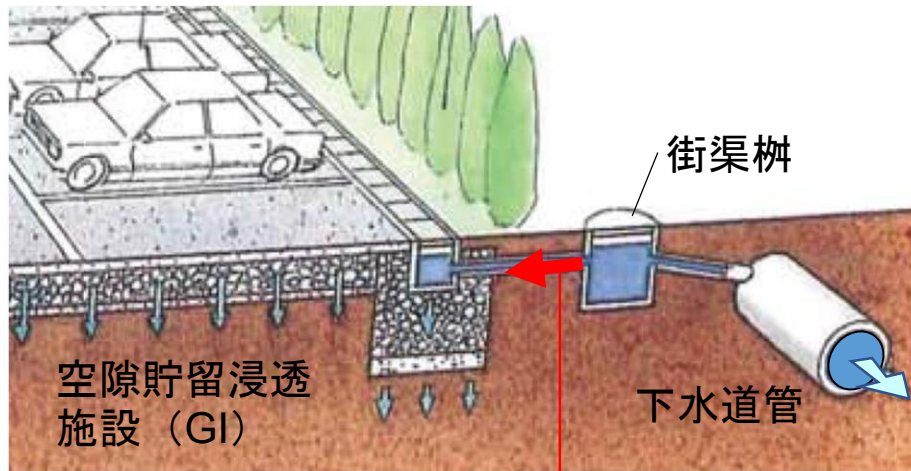
- ・ 人孔（例えば浸水深の大きい施設北側の人孔）内の水位が上昇した際、地表面に達しない高さで、運動場地下の砕石貯留槽に引き込む。
 - ・ 解析モデル上「管内水理モデル」から「表面流出モデル」（SUDSはここで設定）への水の受け渡しは不可
- ⇒ 残貯留容量（オフサイト貯留）分を、下水道施設（調整池）としてモデル化



4 導入シナリオ解析事例（短期）

●オフサイト利用におけるモデル化（道路排水等の取り込み方法）

実際

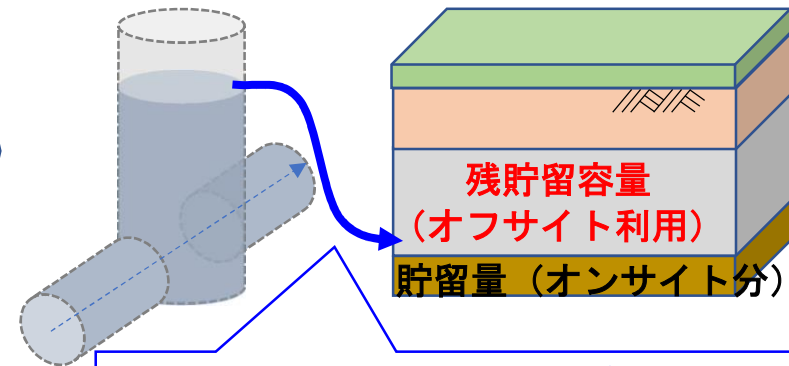


下水道管の能力に余裕がなく
枳の水位が上昇した際に取り込み

実現象を模するためのモデル上の設定

水の行き来が設定できるのは
モデル上では「Node」のみ

Node(人孔)



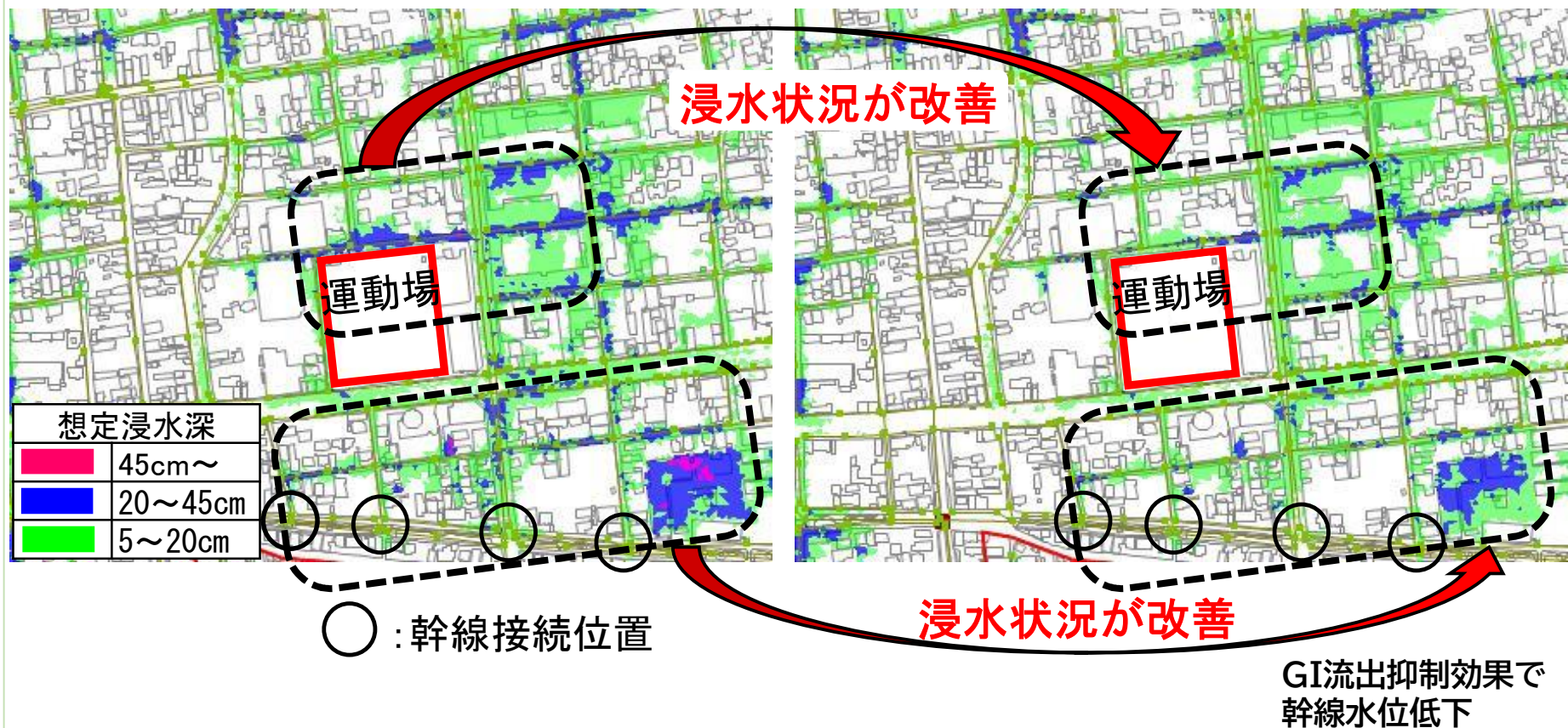
SUDSの貯留容量に余裕がある場合
既設管水位の上昇時に取り込み

4 導入シナリオ解析事例（短期）

● 照査降雨・運動場に空隙貯留浸透施設を設置した場合

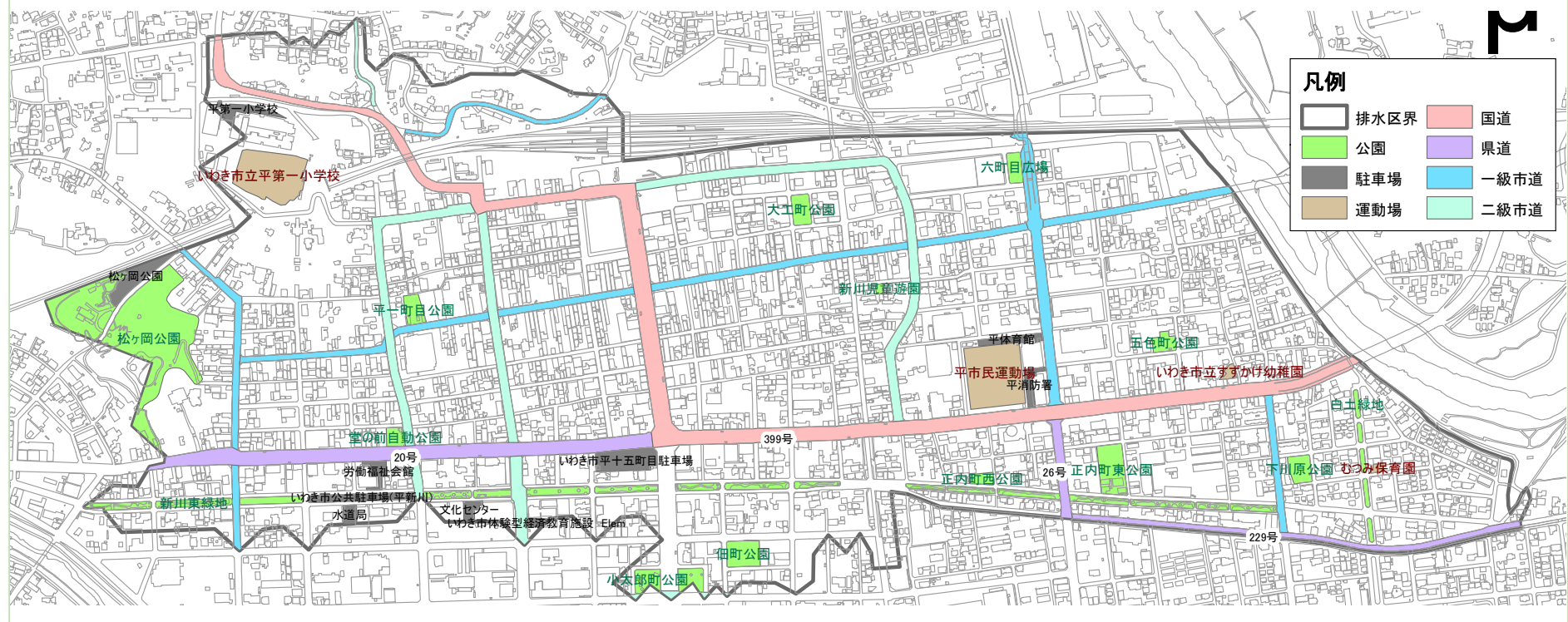
【GI導入前】
（現況）

【運動場へのGI導入後】
（オンサイト+オフサイト貯留）



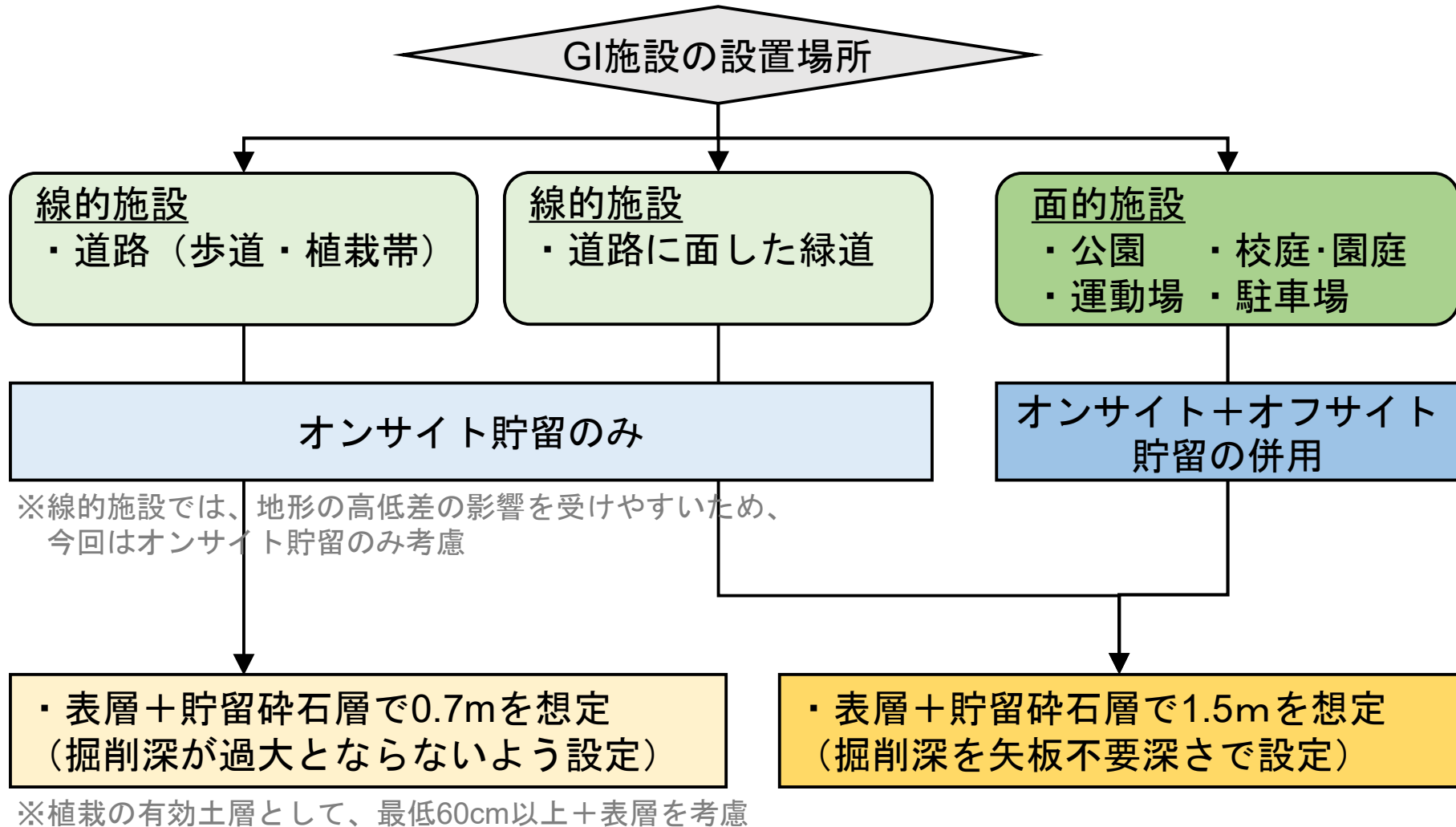
5 導入シナリオ解析事例（長期）

対策段階	GI導入組合せ	対象降雨	検証項目
短期的な対策 (当面～中期)	運動場	<ul style="list-style-type: none"> ・見直しL1 ・L1' 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 流末ポンプ場への流入量を抑制でき、局所的な浸水被害を軽減できる可能性がある ➢ 高い導入効果を期待＝優先順位が高い
長期的な対策 (長期)	運動場＋公園 ＋道路＋駐車場	<ul style="list-style-type: none"> ・見直しL1 ・L1' 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 多様な手法によって、どの程度の効果が得られるかを検証




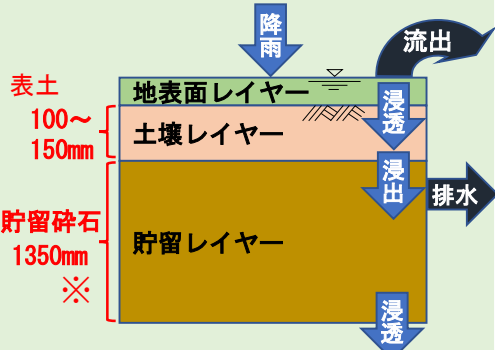


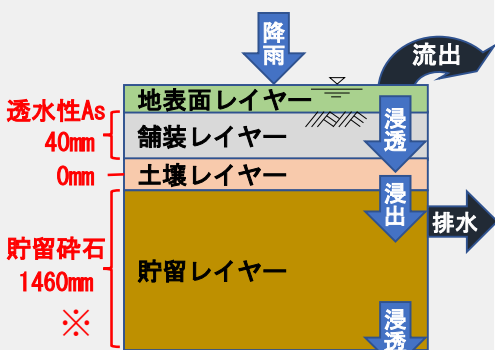
5 導入シナリオ解析事例（長期）

●上部施設に応じたグリーンインフラ施設の設定



5 導入シナリオ解析事例（長期）

● 上部施設に応じたSUDSコントロールタイプの設定

対象施設	適用するコントロールタイプ	概要	断面図
<p>【面的施設】</p> <ul style="list-style-type: none"> 公園 運動場 校庭・園庭 <p>【線的施設】</p> <ul style="list-style-type: none"> 道路(植栽帯) 	<p>バイオリテンションセル</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ○バイオリテンションセルは、碎石貯留槽の上に配置された人工土壌混合物で、成長した植生を含む区画 ○直接降雨と周辺地域から取り込まれた流出の両方の貯留、浸透、蒸発散に寄与 ○一般的な例は、ストリートプランター、バイオスウェール（生物低湿地）など 	 <p>※道路部は掘削深が過大とならないように総厚0.70m以下を想定</p>
<p>【面的施設】</p> <ul style="list-style-type: none"> 駐車場 <p>【線的施設】</p> <ul style="list-style-type: none"> 道路(歩道部) 	<p>透水性舗装</p>  	<ul style="list-style-type: none"> ○透水性を有するポーラスコンクリート、アスファルト混合物等を使用して、雨水を直接地中に浸透させる舗装 ○降雨は舗装を通過して碎石貯留槽に入り、下部の現地盤（土壌）に浸透する。 ○下部には碎石貯留槽があり、降雨はブロックの隙間から貯留槽と、その下部の土壌に浸透する。 	 <p>※道路部は掘削深が過大とならないように総厚0.70m以下を想定</p>

6 定量評価

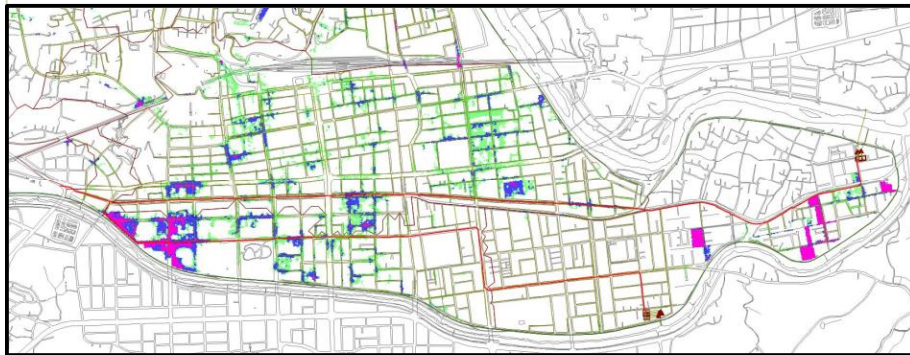
- ①浸水面積の低減率による評価
- ②既設管路水位の改善度合いによる評価
- ③雨水流出の低減率による評価

6 定量評価

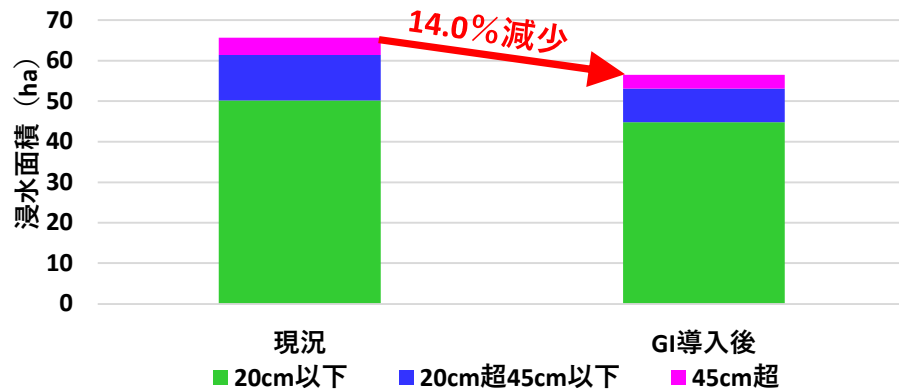
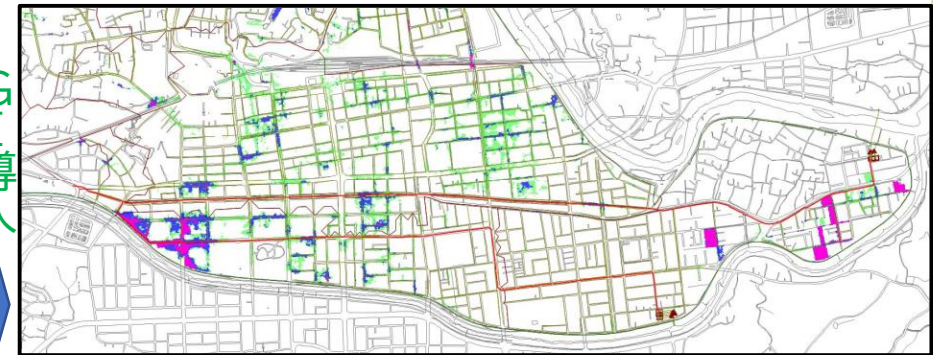
①浸水面積の低減率による評価

照査降雨の場合（既往最大規模降雨91mm/h）

GI導入前（現況）



GI導入後



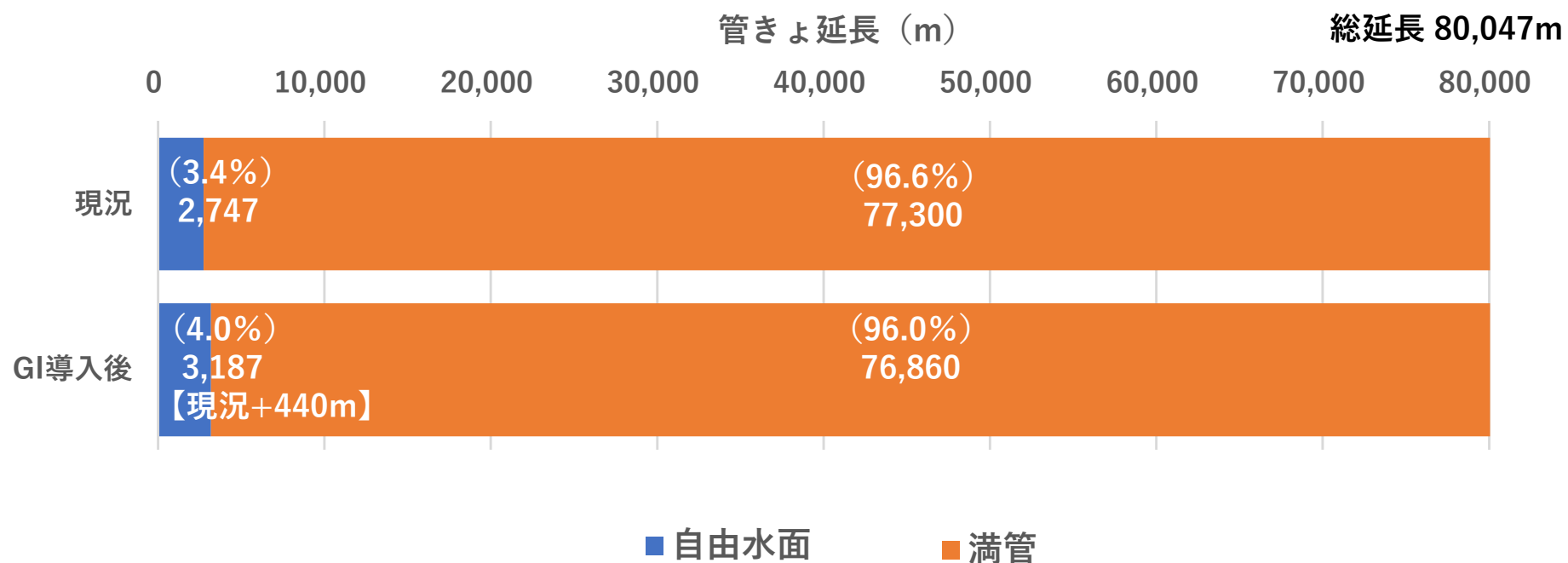
	現況	GI導入後	対現況
20cm以下	50.13	44.74	(11%減)
20cm超45cm以下	11.33	8.36	(26%減)
45cm超	4.19	3.37	(20%減)

想定浸水深	
■	45cm～
■	20～45cm
■	5～20cm

6 定量評価

②既設管路水位の改善度合いによる評価

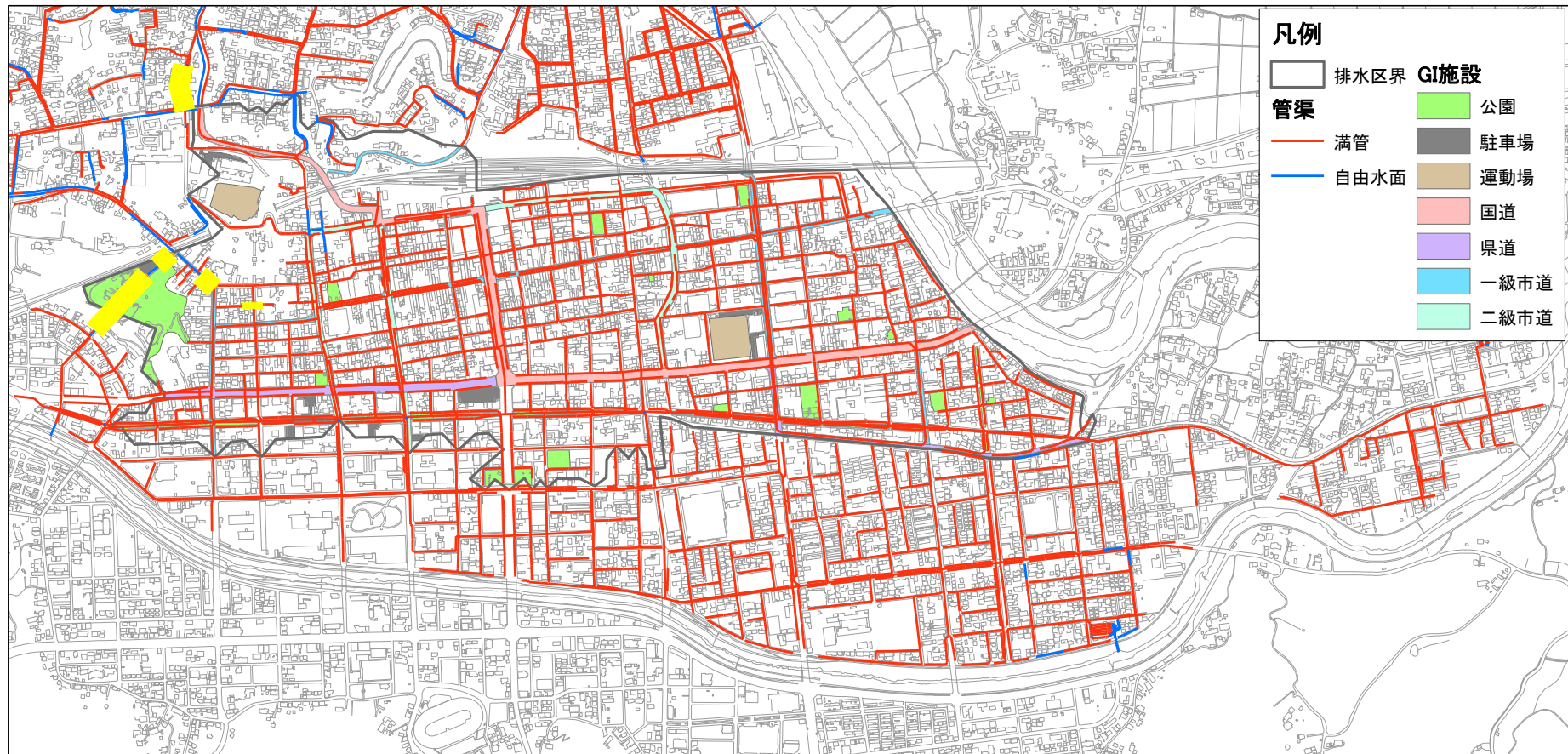
照査降雨の場合（既往最大規模降雨91mm/h）



6 定量評価

② 既設管路水位の改善度合いによる評価

照査降雨の場合（既往最大規模降雨91mm/h）

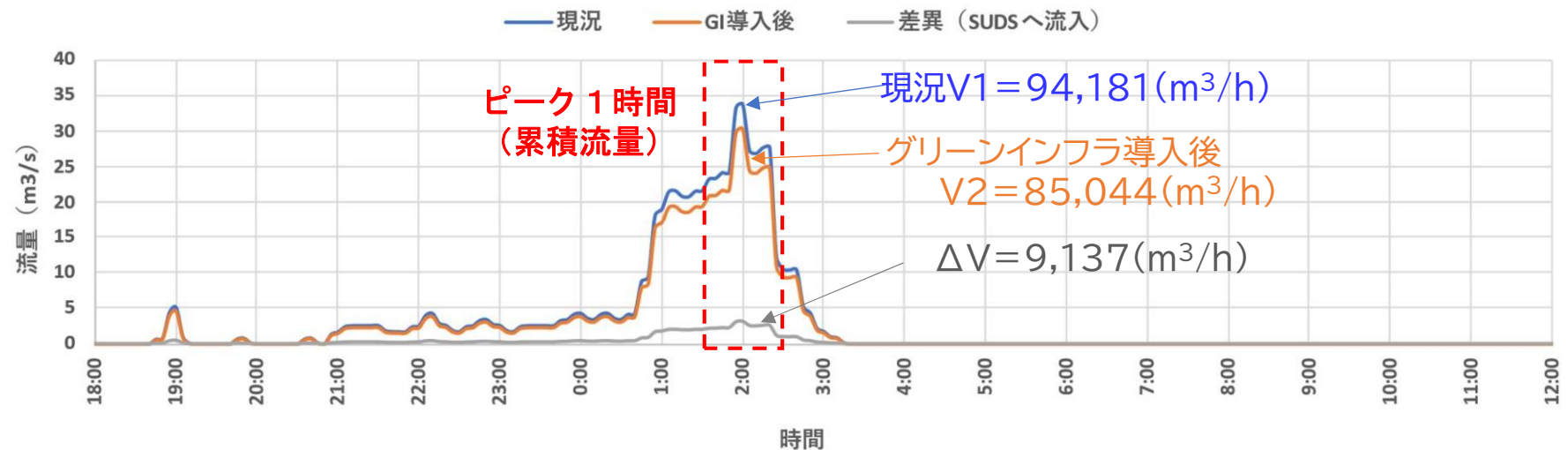


黄色 : GI導入後に改善した管きょ 440m

6 定量評価

③雨水流出の低減率による評価

照査降雨の場合（既往最大規模降雨91mm/h）



●GI導入による雨水流出抑制効果の算出

ピーク1時間雨水流出量

現況 : $V1 = 94,181 (m^3/h)$

GI導入後 : $V2 = 85,044 (m^3/h)$

$\Delta V = V1 - V2 = 9,137 (m^3/h)$

GI導入による雨水流出量の低減率

$\alpha = \Delta V / V1 = 9,137 / 94,181 = 0.097$

照査降雨 $91 (mm/h) \times \alpha = 8.8 (mm/h)$

ピーク時8.8mm/hの降雨分相当の雨水流出抑制効果

ご清聴ありがとうございました。

技術資料に関するご相談、ご質問等がございましたら、
下記までお寄せください。

(公財) 日本下水道新技術機構
研究第二部
TEL : 03-5228-6598 (直通)