グリーンインフラ（GI）としての緑の評価手法及び整備・管理手法に関する研究

Research on function evaluation method and management method of green infrastructure

（研究期間　令和 3 年度～令和 5 年度）

社会資本マネジメント研究センター	室　　長	松本　浩
Research Center for	Head	MATSUMOTO Hiroshi
Infrastructure Management	研　究　官	金　甫炫
緑化生態研究室	Researcher	KIM Bohyun
Landscape and Ecology Division		

This research aims to investigate evaluation method of GI, First, extract GI's key functions, based on social needs etc. in order to spread GI project effectiveness. And we survey evaluation method of overall functions to more effective and well-balanced GI's plan. Second, In order to understand evaluation method of GI's rainwater infiltration function, which has been attracting attention issues in recent years.

［研究目的及び経緯］

グリーンインフラ（GI）は、第三次国土形成計画において、「グリーンインフラ等による自然の力を活かした地域課題解決や観光等の地域活性化、地域循環共生圏の視点も踏まえた地域内の資源循環の向上や企業活動における自然資本の持続的な利活用や生物多様性の保全との関連づけの強化等の取組を、分野横断・官民連携により推進する」とされる等、その活用が期待されており、多様な課題へ対応できる手法として地方公共団体の緑地計画や民間開発等での導入が進んでいる。

GI の計画においては、GI として、どのぐらい機能するかを示せる定量的評価が求められており、本年度は、２ヵ年の研究成果を踏まえ、GI が有する機能評価手法を大・中、小スケールで作成、総合評価手法の設定及び事例を用いた試行、維持管理手法の整理等を行った。

［研究内容］

1.　機能評価手法の設定

令和４年に整理した機能評価手法を大・中スケール、小スケールに分けて整理した上で、評価手法の難易度やデータの入手しやすさ、評価結果の活用等を考慮し、評価手法の設定を行った。評価結果は、図やグラフによる可視化や目標値設定による点数化を検討した。

2.　機能評価の試行及び活用方法の検討

上記で設定した機能評価手法による評価結果の確認及び評価結果の活用方法の検討のため、自治体が作成したデータ及びオープンデータ等を用いた大・中スケールの機能評価と仮想のプロジェクトを想定した小スケールの機能評価を試行した。

3.　維持管理手法の整理

GI の維持管理に関連する国内外のマニュアル、手引き、維持管理計画等の事例を収集して、GI を構成する主な要素毎に管理手法をまとめ、維持管理シート(案)と年間管理スケジュール(案)の作成を行った。

［研究成果］

1.　機能評価手法の設定

機能評価手法は、GI に期待する多様な効果に対して、機能毎に使用しやすいもの設定した（**表-1**）。それぞれの手法は、実測結果を用いる指標と一定のポテンシャルを評価する指標等、機能毎に指標の性格が異なる。

評価方法は、機能毎に各指標による評価を行うこともできるが、任意で設定した目標値と評価結果を比較して点数化を行うこともできる。また、各機能の評価結果を得点化することで総合評価も可能とした。例えば、「ヒートアイランド現象緩和効果」を得るため、GI による「気温上昇の抑制機能」を地表面温度で評価し、目標値を 10 点と設定した際の達成度を得点化する。

評価の対象範囲は、自治体スケールとプロジェクトスケールに分けて整理しており、自治体スケールでは、樹林、公園等の位置と面積が分かるデータを用いて GIS 上で評価を行い、公園等のプロジェクトスケールでは、樹木、広場等の位置や面積が分かる設計データを用いて、エクセル上で評価を行う手法とした。

表-1 GI に期待する効果と機能、評価指標の例

期待する効果	機能、評価指標の例
1 ヒートアイランド現象緩和	気温上昇の抑制、地表面温度
2 地球温暖化緩和	温室効果ガス吸収、CO2 吸収･固定量
3 生物多様性保全	生物多様性保全、生息適地評価
4 大気浄化	大気汚染物質の吸収、SO2・NO2 吸収量
5 水質浄化	水質浄化、地下水質・表流水質
6 地下水保全	地下水涵養、年間降水量の捕捉率
7 都市水害の軽減	雨水浸透機能、浸透能
8 津波被害の軽減	津波減衰機能、津波減衰機能
9 地震・火災時の被害軽減	一次避難地の提供、アクセス圏域率
10 精神的健康の増進	緑の景観によるストレス軽減、緑被率
11 身体的健康の増進	歩行促進機能、徒歩圏内緑被歩道延長
12 遊び等による活性化	場の提供、施設緑地面積
13 地域コミュニティ活性化	場の提供、活動している場の数
14 地域振興・観光振興	場の提供、地域の自然資源
15 都市農業の振興	場の提供、農地面積率
16 都市の魅力・競争力向上	不動産価値の向上、公示地価
17 環境意識の向上	自然と触れ合う機会、学校周辺緑地率
18 防災・減災意識の向上	教育やイベント、開催場所
19 健康意識の向上	教育や訓練・情報発信、開催場所
20 社会的つながりの醸成	関連したイベント開催、開催場所

2. 機能評価の試行及び活用方法の検討

(1) 自治体スケールの機能評価

自治体スケールの機能評価は、GIS を用いて主に地方公共団体の行政区域レベルにおける GI の現況把握や、GI の導入による効果の検討等を行うことを想定した。

そのため、自治体の職員や地域住民等に機能評価の結果を分かりやすく説明できるような手法とした。その一例として、気温・地表面温度上昇の抑制機能の評価と活用手法の例を**表-2** に示す。

図-1 (A) は、衛星画像を用いて地表面温度（30m メッシュ）を可視化したものであり、**図-1** (B) では、行政区域を細分したレベル（学区等）で GI の導入計画等を検討することを想定して、学区毎（平均値）に示した図である。

図-1 (C) は、評価結果をパーセンタイルで４分類（相対的な順位）にしたもので、地表面温度が中央値（44.75℃）以上の学区をオレンジ色の２色で示した。

図-1 (D) は、(C) で最も地表面温度が高かった 75 パーセンタイル（45.45℃）の地域の中で、さらに人口密度が自治体平均（162.54 人/ha）より高い地域を赤色の斜線で示した図である。(B)、(C)、(D) は、評価結果を施策等により使いやすい形にするための手法であり、G 優先地域の設定ニーズ分析等への活用が期待できる。

(2) プロジェクトスケールの機能評価

プロジェクトスケールの機能評価は、主に自治体や民間事業者等が、公園整備や開発プロジェクト等による GI の機能変化（整備前と整備後）を検討することを想定した。

そのため、設計図面や数量表等を用いて、簡便に評価できるようにエクセルシート形式での評価手法を設定した。その一例として、開発プロジェクトを対象とした体感温度低下機能の評価手法の例を**表-3**、**図-2** に示す。

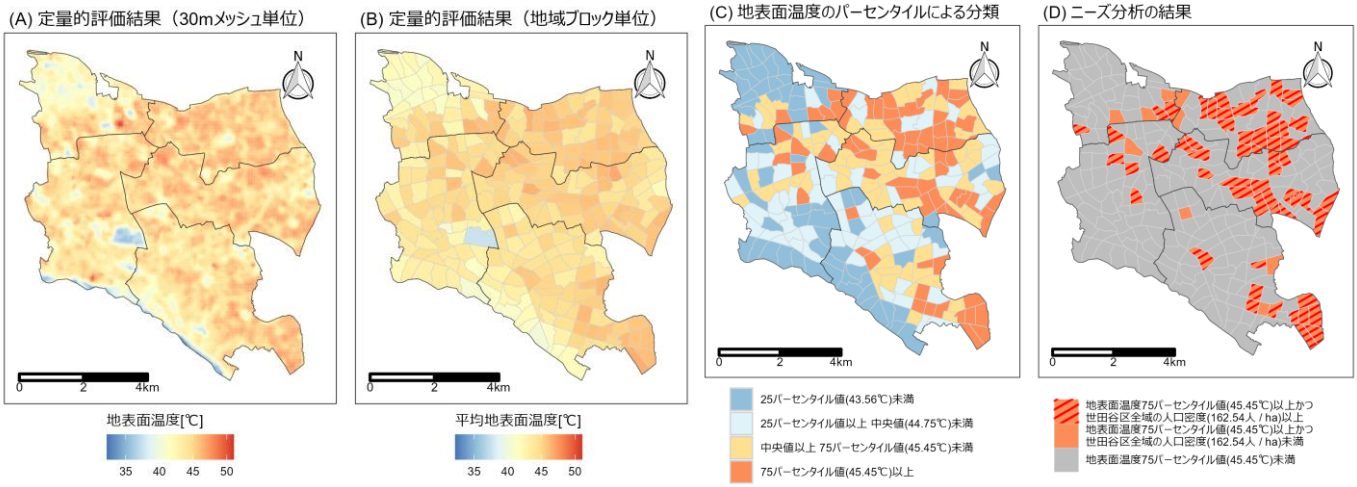

図-1 GIS を用いた自治体ケールの機能評価（気温・地表面温度上昇の抑制機能）

表-2 機能評価指標の整理（気温・地表面温度上昇の抑制機能）

指標	評価要素	評価手法の概要	活用例・指標タイプ・課題
気温低減	その他のインフラも含む全要素（緑地、宅地等）	InVEST※の Urban Cooling Model を用いて気温を推定する。 Urban Cooling Model で使用する各種パラメータは、実測データとの比較等により調整が必要であり日本では簡易的に使用できるモデルではないが、気温や WBGT を推定できるモデルである。 ※InVEST：GIS の分析ツールで陸水域の生態系サービスを評価、可視化	【活用例】 ①現況評価 夏季の気温分布を把握 ②ニーズ分析 気温高温地域ブロックのうち人口が多いブロックをニーズが高い地域として抽出 ③施策への展開 「GI の創出」ヒートアイランド現象緩和の観点からの緑化地域（緑化地域制度）等の設定根拠として活用 【指標タイプ】定量評価（ポテンシャル評価） 【課題】海外モデルであるため、今後パラメータ調整が必要
地表面温度	その他のインフラも含む全要素（緑地、宅地等）	衛星画像データに基づき、雲が影響するメッシュを除外した上で現況の地表面温度を算定する。さらに、中央値との比較等により評価する。 シナリオ分析では、地表面温度と緑被率や NDVI（緑量）等との相関関係を分析し、シナリオと同程度の緑量と想定される近傍地点を参照して地表面温度の低下効果を推定する。	【活用例】 ①現況評価　※図１の(A), (B), (C) 夏季の地表面温度分布を把握 ②ニーズ分析　※図１の(D) 地表面温度の高温地域ブロックのうち人口が多いブロックをニーズが高い地域として抽出 ③施策への展開 「GI の創出」ヒートアイランド現象緩和の観点からの緑化地域（緑化地域制度）等の設定根拠として活用 【指標タイプ】定量評価（実測） 【課題】実測値による評価であるため、定量値は地域間の相対比較値としてのみ活用できる

この手法は、体感温度を表す代表的な温熱指標である SET*（標準新有効温度）を指標として、樹木による低減効果を樹木の大きさと植栽した場所を踏まえ評価する（SET*の算出条件は、本研究で仮設定）。

図-2（A）は、低減効果の異なる高木を計画図上に示したものであり、**図-2**（B）は、樹冠が非舗装部の上にあるものと、舗装部の上にあるものを分けて示したものである。この分類毎の樹冠面積等を評価シートに入力、プロジェクトの平均的な樹木の緑陰による体感温度の低減効果（ΔSET*）を算定し、目標値との比較で点数化をする。目標値の設定は、国際環境認証制度 3)「WELL Community Standard」の基準を参考にした。

表-3 評価シートの例（体感温度低下機能）

合計点	7.25点	自動入力	選択入力	数字入力	自由記述

項目1	非舗装部における平均的な体感温度の低減効果（ΔSET*）					
満点：5	屋外の非舗装部における平均的なΔSET*が目標値を上回る場合、満点とする。 本項目における高木の樹冠面積は、舗装部の周辺以外の非舗装部に配置されたもののみを対象とする。					
5点	非舗装面積	10744.3	㎡			
	小高木の総樹冠面積	551.2	㎡	大高木の総樹冠面積	282.7	㎡
	中高木の総樹冠面積	757.6	㎡	超高木の総樹冠面積	646.1	㎡
	算定値（ΔSET*）	0.83	℃	目標値（ΔSET*）	0.40	℃
項目2	舗装部における平均的な体感温度の低減効果（ΔSET*）					
満点：5	屋外の舗装部における平均的なΔSET*が目標値を上回る場合、満点とする。 本項目における高木の樹冠面積は、舗装部の周辺に配置されたもののみを対象とする。 目標値は、通常舗装では1.2℃、透水性舗装等では0.4℃とする。					
2.25点	通常舗装面積	4737	㎡	透水性舗装等面積	563.5	㎡
	小高木の総樹冠面積	110.9	㎡	大高木の総樹冠面積	135.8	㎡
	中高木の総樹冠面積	168.2	㎡	超高木の総樹冠面積	168.2	㎡
	算定値（ΔSET*）	0.50	℃	目標値（ΔSET*）	1.11	℃

計算条件

	樹木の条件		ΔMRT_Sの条件	ΔMRT_Lの条件		計算結果		
	樹高	樹冠面積	日射透過率	地表面温度の低下幅	人体に対する緑陰の立体角	ΔMRT	SET*※	ΔSET*
	[m]	[㎡]	[-]	[℃]	[-]	[℃]	[℃]	[℃]
日向	-	-	1	0	0	0	31.7	0
小高木	**3.0–5.0**	**3.5–9.6**	0.132	15	0.16	14.3	28.3	**3.4**
中高木	**5.0–7.0**	**9.6–38.5**	0.083	15	0.25	16.1	27.8	**3.9**
大高木	**7.0–9.0**	**38.5–63.6**	0.064	15	0.35	17.5	27.4	**4.3**
超高木	**9.0–**	**63.6–**	0.024	15	0.39	18.6	27.2	**4.5**
日陰	-	-	0	20	0.43	20.9	26.5	5.2

※SET の算出は、MRT（平均放射温度）を「まちなかの暑さ対策ガイドライン改訂版（環境省、平成 30 年）」より設定して行う。SET の算出条件は、日陰、気温 30℃、MRT30℃、風速 1.5m/s、湿度 50%、着衣量 0.43clo、代謝 1.7met としており、「田辺新一教授(早稲田大学)作成のエクセルマクロ版」より算出した。

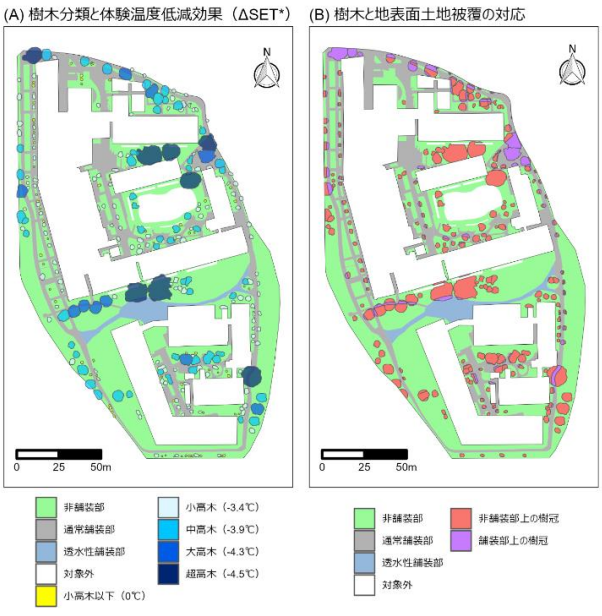

図-2 体感温度低減効果と土地被覆の対応

(3) 自治体スケールでの総合評価

自治体スケールでの総合評価は、複数の機能評価結果をホイルチャートでまとめることとし、GI 施策等へ活用しやすい形とするため、地域別にも示すようにした（**図-3**）。

また、学区別に評価結果をクラスタ分析等で分類する方法（**図-4** 左）や評価した機能の得点が低い地域（学区等）を GI の導入ニーズ（優先順位）が高い地域とし、その数が多い地域を抽出する方法を提案した（**図-4** 右、色が濃いほどニーズが高い）。

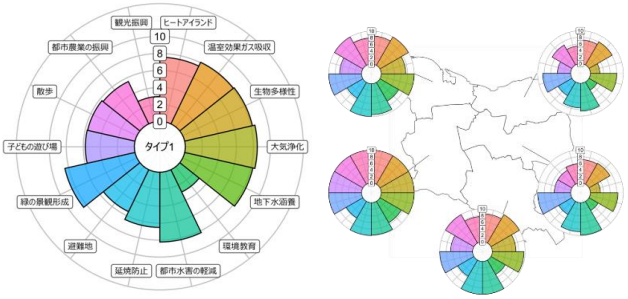

図-3 ホイルチャート（左）と地域別集計（右）

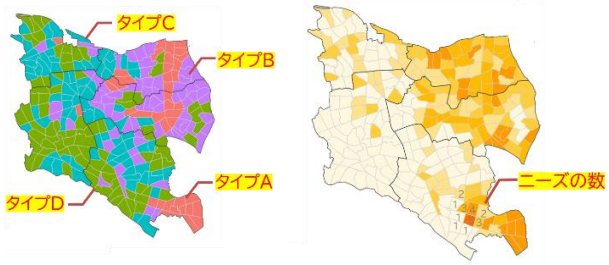

図-4 評価結果の分類（左）と複数ニーズ評価（右）

(4) プロジェクトスケールでの総合評価

プロジェクトスケールの総合評価は、自治体スケールと同様、複数の機能評価の得点をまとめる手法である（**表-4**）。評価結果は、機能評価の得点以外にも一部機能（温室効果ガス吸収、バイオマス発電、大気汚染物質の吸収等）については、J クレジット等により貨幣価値化もできる（**表-4**）。

表-4 プロジェクトスケールの総合評価例

自動入力	選択入力	数字入力	自由記述

番号	機能名	得点
1	体感温度低下機能（標準新有効温度、ΔSET*）	7.25点
2	温室効果ガス排出抑制機能（緑陰、屋上・壁面緑化等による日陰）	5.76点
3	生物多様性保全機能（緑地等の割合、Green Space Factor）	7.75点
6	地下水涵養機能（年間降水量の捕捉率）	10.00点
7	雨水浸透・貯留機能（70, 80, 90, 95%降水日への保持可能性）	10.00点
9	一次避難地となる場の提供機能 （有効避難面積や施設）	6.06点
10	緑の景観によるストレス軽減機能（緑視率）	6.00点
11	屋外運動の場の提供機能（関連要素）	3.00点
14	地域の自然・文化を尊重した場の提供機能（関連要素）	6.00点
15	都市農業生産の場の提供機能（農園面積率）	5.49点
18	防災減災に関連した教育や訓練、情報発信機能（関連要素）	8.00点
20	地域コミュニティに関連したイベント開催や情報発信機能（関連要素）	8.00点

No.	機能名	貨幣価値化
2	温室効果ガス吸収機能（Jクレジット）	¥137,906
4	大気汚染物質の吸収機能（排煙脱硫,脱硝装置の減価償却維持費）	¥1,674

さらに、公園整備や開発プロジェクト等を計画する際に、計画に取り入れた GI の主な機能や整備前に対象地が有していた GI の機能がどのぐらい保全又は向上できるかの検討が可能になるように複数シナリオでの評価結果を比較できるものとした（**図-5**）。

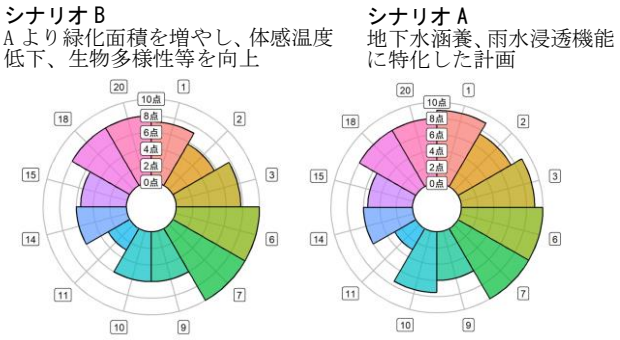

図-5 評価結果の分類（左）と複数ニーズ

3. 維持管理手法の整理

GI の維持管理に関連する海外事例の情報に国内へ適応可能性を検討した上で、植樹帯、雨庭、透水性舗装、屋上・壁面緑化等、GI を構成する主な要素毎の管理手法（管理目標、項目、時期、頻度、作業量、点検、修繕等）を抽出し、維持管理シート（案）と年間管理スケジュール表（案）を作成した。

表-5 は、維持管理シートの例であり、各管理項目に対し、作業の目的や方法、範囲、時期・頻度等、GI としての機能を維持するための考え方や詳細な作業内容を整理した。

表-5 維持管理シート案（雨庭の例、各項目から一部抜粋）

項目		管理内容
清掃	ゴミ、瓦礫、落ち葉の除去	【目的】ごみのポイ捨てを助長しないよう美観を保つ。 【方法】基本的に人力でゴミを拾う。水が流れるよう側溝その他からゴミを拾う。一番管理に手間がかかるのは落ち葉かきであり、落ち葉が乾いた状態でブロアーを使用した清掃を推奨する。 【対象箇所】雨庭内、側溝、雨水入口、周辺（歩道、道路、駐車場等）。 【時期・頻度】月 3 回～3 ヶ月に 1 回程度、及び大雨の後。
堆積物の除去	砂利帯と植栽帯、又は池部分からの堆積物の除去	【目的】雨庭の浸透性を維持するため、雨庭内の堆積物を除去する。 【方法】基本的に人力（シャベル等）で、雨庭内の堆積物を除去する。国内事例では、整備後まもなく周辺の植生が十分生育しない段階で雨水とともに土砂が雨庭に流入した場合、雨庭内のマルチング（砕石）ごと土砂を撤去し、ふるいにかけたあとマルチングを戻しているものもある。 【対象箇所】雨庭内。 【時期・頻度】月 3 回～年 1 回、降雨後、堆積物が乾燥している期間 【浸透能力の確保】年に 1 回浸透テストを実施し結果に応じて土壌除去して交換する。雨庭の高さが周囲やオーバーフローより低いことを確認する。雨庭に流入する水によって堆積物が堆積している場合は、その発生源を特定し堆積物発生の対策をする。雨庭表面にクラストが形成されている場合は、鍬・熊手等でほぐす。
	雨水流入口での堆積物の除去	【目的】雨庭内への雨水流入を妨げないため、雨庭入口の堆積物を除去する。 【方法】基本的には手作業（シャベル等）で、雨庭入口の堆積物を除去する。 【対象箇所】雨庭入口及びその周辺、雨庭の隣の側溝、雨庭の歩道側の周囲。 【時期・頻度】大雨の後に実施する。 【雨庭への導水】雨水排水が雨庭を迂回している場合は、雨庭表面が周辺より低くなっているか確認する。池型雨庭で雨水流入させるための導水路が設置されている場合は、水の流れを遅くしたり方向を変えたりするために、導水路内の石の位置を変更したり新しい石を追加する必要がある場合がある。
植物	除草	【目的】美観維持、雑草対策、雨水のろ過機能・吸収機能の維持のため雑草や侵入植物を除草する。 【方法】基本的には手抜きで根まで抜取る。根が張っている場合、手こて、ソイルナイフ等を用いる。雨庭内の土を圧縮しないよう注意する。除草剤を用いない。施工時に、掘削した現地の土壌を使わずにシードバンクの無い新しい土壌を入れ、その上に砕石によるマルチング(厚さ 5～7cm)を施した事例では、雑草の防除効果が確認されている。 【対象箇所】植栽床全体、砂利敷。 【時期・頻度】月 3 回～年 1 回（春）
	植物の剪定	【目的】雨庭の機能維持、安全の確保、病気や枯れた枝葉の対策のため、植物を剪定する。 【方法】視界確保のため生い茂った木・低木を剪定する。植物の維持のため枯れた又は不健康な植物を除去する。雨庭機能の維持のため植物の被覆率を設計値と同様に維持する。 【対象箇所】植栽床、枯れ草が交通の妨げになっている箇所、植生が雨水入口を塞いでいる箇所。 【時期・頻度】春～秋。
構造物の補修	構造物の補修	【目的】構造物に問題が生じた場合、構造物を補修する。 【方法】各種構造物の機能を点検し、必要があれば補修する。 【対象箇所】雨庭入口、窪地・植物生育地、池、コントロール構造物、バルブ・ポンプ（ある場合）、雨水浸透ます、雨水管、真空洗浄構造(ある場合)、ジェッドロッドパイプ（ある場合）、排水口。 【時期・頻度】対象箇所によりまちまち。
	灌漑システム	【目的】雨庭に灌漑システムがある場合、定期的に維持管理を行い、正しく機能させる。 【方法】破損、漏れ、詰まりを検査し、必要に応じて修理する。 【対象箇所】灌漑システム。 【時期・頻度】少なくとも年 1 回。
雪対策・冬季対策	雪対策・冬季対策	【目的】冬季に砂利や道路にまく融雪剤(塩)が雨庭に入らないようにする。また除雪した雪を雨庭内に保管しないこと、雪解け時に雨庭内に雪解け水が雨庭に入るようにすること。 【方法・対象箇所】砂利は道路・歩道の掃除を行う。冬季にまく融雪剤(塩)は道路・駐車場・歩道で融雪用の塩を減らすか代用品を用いる。除雪した雪は雨庭内に保管しない。
水質・汚濁物質	水質・汚濁物質	【目的】施設内に流入する水の検査を行い、汚濁物質を除去する。 【方法、時期・頻度】重金属、石油炭化水素、pH、窒素などの栄養塩の汚染レベルを毎年検査する。雨庭内から堆積物を除去したタイミングで汚濁物質の検査を行い適切に処分する。

［成果の活用］

本研究では、GI が有する様々な機能の評価が可能な評価指標と算定手法を提案し、自治体やプロジェクトスケールでの機能評価を試行した結果、多様な機能評価が可能であることを確認した。

また、個々の機能評価結果を目標値と比べて点数化を行うことで、評価指標の異なる複数の機能評価結果を総合的に示すことができた。さらに、評価結果にその他の社会条件（人口密度等）を加えて、GI 導入のニーズ（優先順位）の高い地域を可視化することも可能とした。

しかし、任意の目標値（緑被率等の施策目標、平均値等の統計値）を設定して点数化を行い、異なる指標による評価結果の一元化（総合評価）の試行では、評価する機能や任意の目標値設定によって点数が左右される課題があり、これらについては、今後さらなる検討が必要である。

以上のことから、機能評価はまだ試行錯誤の段階であるが、施策等へ活用する際には、「評価精度」と「目標値の設定」、「機能のバリエーション」のバランスを取ることで、活用可能であると考えられる。

今後、これらの研究成果を用いて、GI 関連計画や施策の検討、目標設定、GI 施設の維持管理等を行う際に参考となる機能評価手法と維持管理手法に関する技術資料を作成する予定である。