重点研究課題　研究課題番号（⑧）　助成受付番号　第２３００９号

グリーンインフラ整備の脱炭素化効果の推計と負担配分に関する研究

名古屋工業大学大学院工学研究科 秀島栄三

グリーンインフラの現状と課題

持続可能な社会の実現に向け，森林や農地，河川，遊水地，公園などが有する自然環境の機能を活用し，コンクリート構造物や鋼構造物といったグレーインフラと組み合わせる，または取り替えることで減災効果や環境負荷低減効果が期待されるが，一向に整備が進まない。

・効果，便益の定量的な評価手法が一般化されていない。

・便益を推計し、地域間で公平に負担を配分する手法が確立していない。

・整備効果はその存在価値によっても評価されるべきかもしれない。

以上の問題意識をもとに３つの研究を行った。

(1) グリーンインフラ整備の脱炭素化効果の推計に関する考察

(2) グリーンインフラ整備の負担配分に関する考察

(3) グリーンインフラ整備の視覚的効果に関する一考察

ライフサイクルアセスメント

水田の建設から撤去までのライフサイクル全体における各環境負荷物質の収支を集計することで，気候緩和，大気浄化，水質浄化機能による実質的効果を定量化し、評価する。

表１　グリーンインフラの機能と吸収される環境負荷物質

GIの機能	吸収される環境負荷物質
気候緩和	GHG (CO_2, CH_4, N_2O, HFCS, PFCS, SF_6, NF_3)
大気浄化	NO_X(窒素酸化物) SO_X(硫黄酸化物)
水質浄化	COD(化学的酸素要求量) T-N(窒素), T-P(リン)

気候緩和機能は温暖化の原因である温室効果ガス(GHG)を吸収し，大気浄化機能は大気汚染ガスである窒素酸化物，硫黄酸化物を吸収し，水質浄化機能は有機汚濁の原因である有機物，富栄養化の原因である窒素，リンを吸収する

ライフサイクルインベントリ

環境省等の文献を調べ、建設から撤去までのライフサイクル全体における各環境負荷物質の収支を集計する。

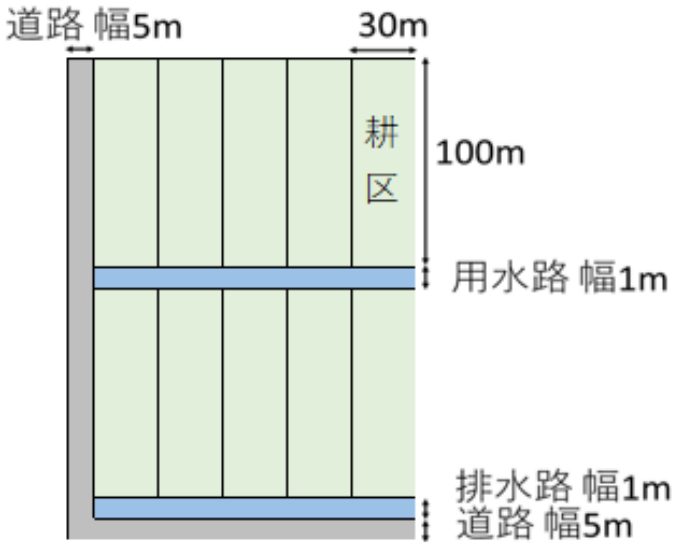


図１　水田モデル

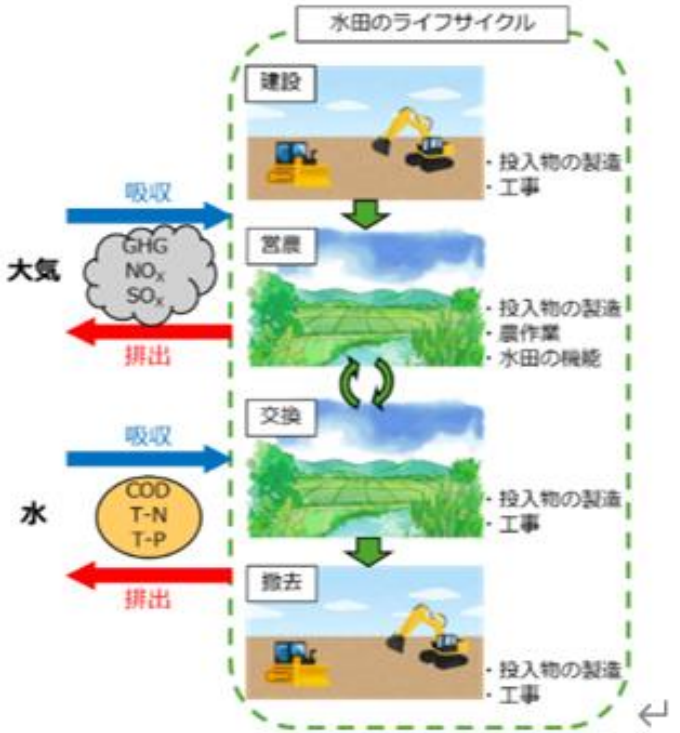


図２　インベントリ分析の概念図

ライフサイクルインベントリ

対応する機能	気候緩和	大気浄化		水質浄化		
事業段階	GHG ($t\text{-}CO_2$)	NO_X (kg)	SO_X (kg)	COD (kg)	T-N (kg)	T-P (kg)
建設：投入製品	110.956	241.951	86.490	319.056	10.789	19.553
建設：工事	26.896	412.065	21.174	33.063	20.516	20.380
営農：投入製品	662.293	427.074	256.512	432.295	414.262	515.174
営農：農作業	123.184	1,078.091	56.529	11,820.000	2,451.000	-62.100
営農：水田由来	-4,557.493	-3,972.776	-2,838.084			
交換：投入製品	345.276	707.355	327.752	821.716	28.695	39.205
交換：工事	23.092	353.788	18.180	126.489	78.488	77.969
撤去：投入製品	5.021	1.918	1.056	1.295	0.068	0.023
撤去：工事	11.621	178.046	9.149	1.281	0.795	0.789
合計	-3,249.154	-572.488	-2,061.242	13,555.195	3,004.613	610.993

研究(1)結論

ライフサイクルを通じてGHG，NO_X，SO_Xは吸収量が上回り，COD，T-N，T-Pは排出量が上回る：水田の気候緩和機能，大気浄化機能の効果は有意と言える。水質浄化機能の効果は有意と言えない。農作業や水田による収支についてCOD，T-N，T-Pは他の物質に比べて排出側に大きく，これが原因として挙げられる。

農作業や水田による各物質の収支は，工場による収支よりも大幅に小さく，住居による収支と比較しても同程度であるか小さい．つまり，水田は他の土地利用に比べて各物質の排出量が少なく，水質において有利である。

土地利用	COD(kg)	T-N(kg)	T-P(kg)
住居による収支	8,438.486	3,302.016	366.891
工場による収支	2,792,250.000	2,983,875.000	465,375.000
農作業や水田による収支	11,820.000	2,451.000	-62.100

グリーンインフラ整備の負担配分

流域の広範囲に効果が及ぶため，流域の各地域で整備費用を分担することが考えられる。しかしその実現には，効果を推計する手法，地域間で公平に負担を配分する手法が求められる。遊水地の整備を対象としてグリーンインフラ整備による流域の各地域の減災に係る便益を推計する。

グリーンインフラ整備の負担配分

社会経済モデルを構築し，遊水地が発揮する農作物生産効果や減災効果に焦点を当てた評価を行う。遊水地は災害リスクの高い宅地から置き換えて建造する。整備期間の後に50年間の供用期間があるとする。

グリーンインフラ整備の負担配分

表 14　シナリオの一覧

		整備期間	
		20 年間	50 年間
整備する遊水地の整備位置	下流部のみ	シナリオ 1	シナリオ 4
	上下流域に併設	シナリオ 2	シナリオ 5
	上流部のみ	シナリオ 3	シナリオ 6

表 15　流域全体の費用便益分析の結果

	流域全体		
	便益	費用	費用便益比
シナリオ 1	1135107	326048	3.48
シナリオ 2	1146657	271903	4.22
シナリオ 3	1147814	203443	5.64
シナリオ 4	349975	205012	1.71
シナリオ 5	353536	170884	2.07
シナリオ 6	353893	128076	2.76

研究(2)結論

グリーンインフラ整備による減災効果に焦点を当て，一般均衡分析によって遊水地整備の便益を推計した。
・遊水地整備による減災効果が高い場合には，流域の上流部に遊水地を整備することで下流部のみに整備した場合に比べ流域全体の便益がより高くなる。
・短い整備期間で遊水地を整備できれば，高い便益を見込めない場合でも便益が費用を上回る可能性がある。
・流域に生産資本が多い場合に高い便益が得られる。
・遊水地の下流側に生産資本が集中する場合，下流部でより高い便益が生じることで，地域間に大きな便益の差が生じる。

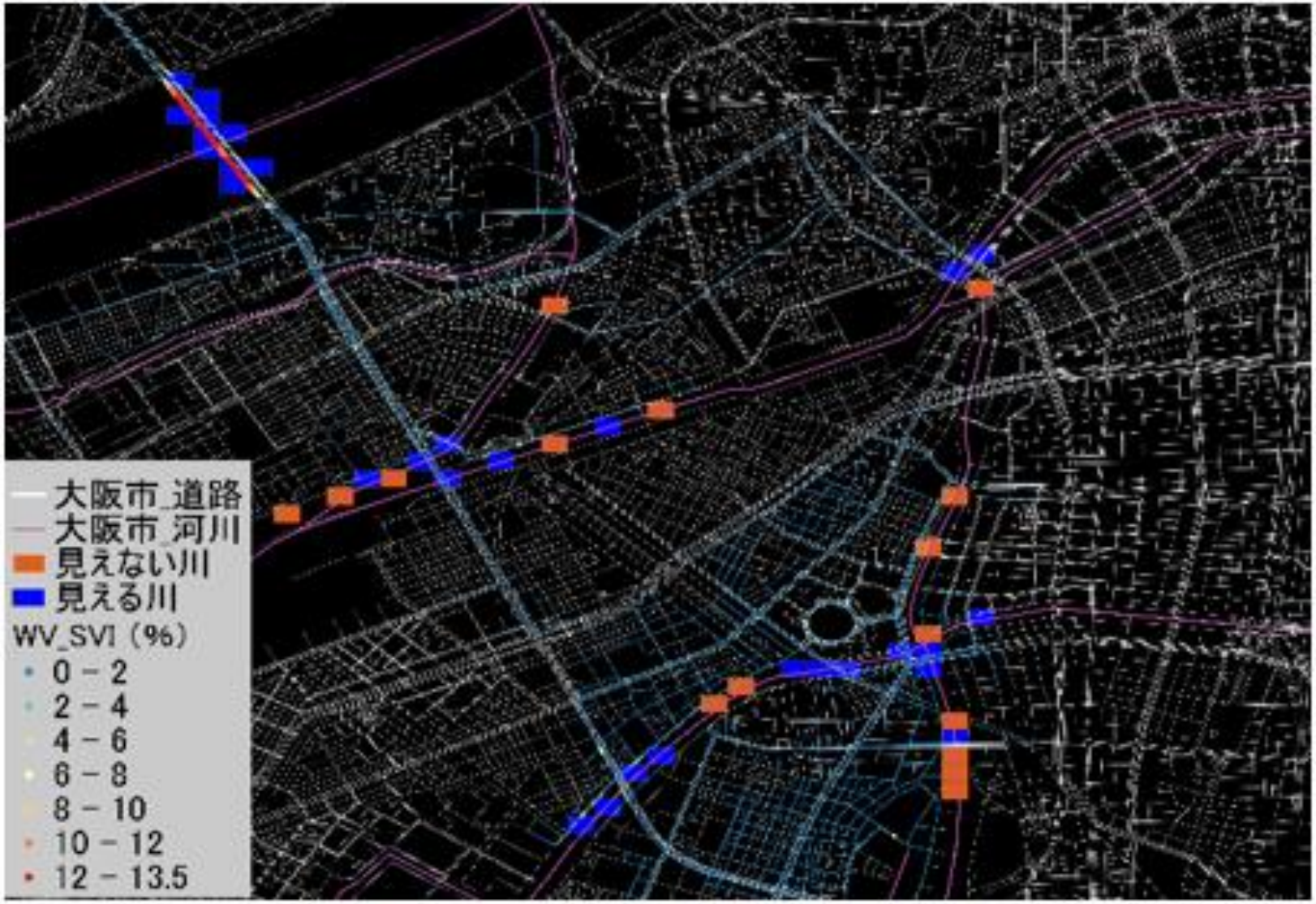
グリーンインフラ整備の視覚的効果

緑地や河川などに代表される自然の風景は，人々の幸せを向上させる。景観要素の評価方法として緑被率などがあるが，広域的な評価が困難である。
ストリートビュー画像(Street View Image,以下SVI)の世界的な蓄積や，大量のSVIを処理可能な深層学習を用いた画像処理技術の発達により広域的な景観の定量的評価が可能になっている。
深層学習を用いて景観要素を抽出し，川の視認性に着目した広域的な景観評価手法を開発する。

グリーンインフラ整備の視覚的効果

対象地域のSVIについて学習済みの深層学習モデルを用いて川の範囲を抽出し，道路から目視できる川を定量的に把握する。
SVIの川の範囲の抽出結果と撮影地点の座標から「川が見える」エリアマップを作成する。
「川が見える」エリアマップと土地利用データから得た「川がある」エリアから「見える川」と「見えない川」の空間的特徴を明らかにする。

見える川/見えない川マップ



研究(3)結論

SVIに事前学習済みの深層学習モデルを使用することで，広域にわたる川辺の景観を評価し，「見える川／見えない川マップ」を通じて「川がある」ことと「川が見える」ことのギャップを明らかにした。
堤防や川沿いの構造物による河川への視線を遮ることが河川の視認性を大きく低下させる原因と考えられる。
河川の視認性を向上させるためには，堤防の高さの制限，空き家のオープンスペース化が有効になるといえる。

まとめ

(1)水田を例にインベントリ分析によりライフサイクル全体の視点から環境負荷物質の収支を算出、気候緩和機能，大気浄化機能は様々な仮定の下ではあるがライフサイクル全体で見て有意であると結論づけられた。
(2)遊水地を例に整備便益を推計し、上流部に整備することで流域全体の便益が大きくなり，短期間で整備できれば便益が費用を上回る可能性があり，下流部に生産資本が集中する場合は便益の偏りが生じるなどの結論を得た。
(3)川辺の景観を評価して「川がある」ことと「川が見える」ことのギャップを明らかにした。
グリーンインフラの整備は進んでいない。そのような状況下にあって取り組むべき課題は多く，本研究では容易に思い当たる3つの問題意識に対して急ぎ研究に着手した。さらなるデータと結果の精査，研究方法の改善，新しい課題への洞察が求められよう。

謝辞

本研究は一般財団法人国土技術研究センターの支援を受けて遂行することができた。研究の完成に向けては名古屋工業大学都市基盤計画分野研究室に在籍した中居楓子先生、新井優希君、直海響君、中平亜都夢君の貢献が非常に大きい。ここに記して謝意を表する。