

卒業論文発表

持続可能性を指標とした 沿岸域再生施策の評価

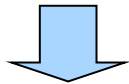
東京大学 工学部 システム創成学科
環境エネルギーシステムコース
多部田研究室

70810 吉田大祐

2010年2月8日

背景

科学技術の発達
世界人口の増加
資源、環境は有限であることの認識



海洋の重要性の再認識
沿岸域の総合的管理が重要課題

- ・国連海洋法条約(UNCLOS)1994年
海洋に関する法的枠組み、ルール決定
「海洋の自由」→「海洋の管理」
- ・環境と開発に関するリオデジャネイロ宣言(アジェンダ21)1992年
第17章 沿岸域および海洋環境の総合的管理と持続可能な開発を沿岸国の義務とする
- ・海洋基本法 2007年
→海洋政策の新たな制度的枠組み
沿岸域の総合的管理(第25条)

背景

日本における沿岸域再生施策



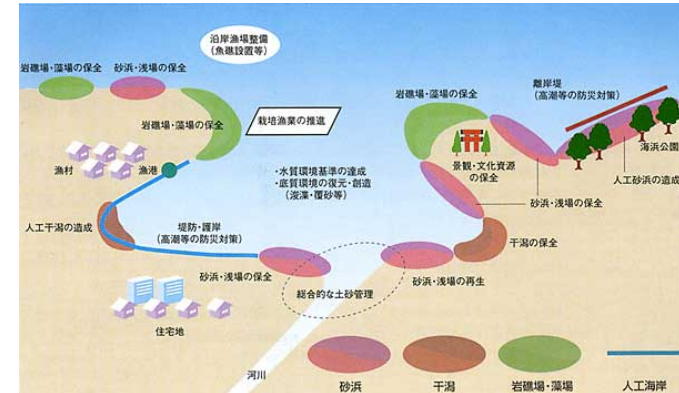
自然再生推進法 (2002年)

自然再生: 過去に損なわれた自然環境を取り戻すため、関係行政機関、関係地方公共団体、地域住民、NPO、専門 家等の地域の多様な主体が参加して、自然環境の保全、再生、創出等を行うこと。

例) 臨海部における干潟の再生

背景

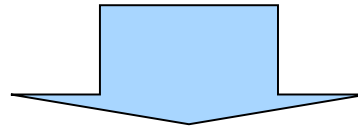
日本の沿岸域管理の現状と問題点



- ・水質などの環境影響評価を基準にした環境面のみを考慮して立案されたものが多い
→ 重要性が一般に認知されにくい、事業アセスメントの限界
(※戦略的アセスメント (Strategic Environmental Assessment)
...環境、経済、社会という三者の目標をバランスをとりながら達成していく
＝持続可能な発展)

- ・目的ごとに異なる個別法制による個別の管理の積み重ねによって行われているため
不具合が生じていて、効率的な管理がなされていない

- ・「従来のような単一の事業・施策、単一の施策目的、単一の事業主体による対応では
一定の目的は果たすものの望ましい沿岸域の形成には不十分である」
(国土交通省 「沿岸域総合管理研究会」)



「環境」「社会」「経済」を包括的に考慮して評価、計画することで
持続可能な沿岸域総合管理が達成される

目的と研究の流れ

目的

- ・沿岸域再生施策を持続可能性という視点から多面的に評価する手法の構築
- ・具体的な沿岸域再生施策への適用

研究の流れ

- ①沿岸域環境の持続可能性に係る指標間の影響関係の導出
(DEMATEL法)
 - ・階層構造化
 - ・持続可能性への影響度算出
- ②再生施策の指標への達成度の評価 (AHP法)
- ③再生施策の持続可能性への貢献度の評価

①指標間の影響関係把握(DEMATEL法)

DEMATEL法 (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory)

…意思決定のための構造化法

問題複合体の本質を明確にし、共通の理解を集める手法

手順

i)与えられた問題に対する要素の抽出

ii)要素iが要素jにどの程度直接影響しているのかの一対比較
(専門家へのアンケートによる)

iii)直接影響関係をもとに要素間の間接影響も含めた
総合影響関係を求める

① 指標間の影響関係把握 (DEMATEL法)

i) 沿岸域施策の持続可能性に係る指標の抽出

...沿岸域の持続可能性に関する文献等からの抽出、専門家による修正・追加

	WWF	世界銀行	WRI	UNEP	PEMSEA	Stephen	Charles	ICM	Donella
気候変動				○					
地域環境			○		○				○
大気汚染	○		○	○	○			○	
水質汚染	○		○	○	○	○	○	○	○
水資源利用			○						
土壌汚染	○		○	○	○	○	○	○	○
生物多様性	○	○	○	○	○		○	○	○
騒音			○						
森林保全		○	○						
資源枯渇				○					
廃棄物				○					
雇用創出	○			○		○		○	○
雇用の質									
貧困削減	○			○	○	○		○	

表 沿岸域地域社会の持続可能性に寄与する要素

		項目	説明
	1	地域環境改善	プロジェクト実施地域の環境改善への貢献
	2	温暖化、酸性雨の抑制	CO2排出量の削減、大気汚染物質の削減
環	3	水質汚染防止	水質を汚染する有害化学物質の削減、富栄養化（赤潮、貧酸素）の改善
境	4	土壌汚染防止	農薬、揮発性有機化合物、重金属、油等の土壌汚染物質の削減
	5	生物多様性の維持	自然生息地の保護、破壊防止、生物資源利用に関する伝統的・文化的慣行の保護・奨励、希少種の減少防止、等
	6	景観の維持	海岸線、後背地、町並み等の景観の保護
	7	適切な土地利用管理	後背地の維持管理、土地造成、水路管理等が適切になされていること
	8	雇用創出	雇用機会の増加、産業の活性化
社	9	啓蒙、認知	地域住民への沿岸域管理の重要性の啓蒙、施策の認知など
会	10	住民参加	プロジェクトの意思決定プロセスへの地域住民の参加・参加機会の増加
	11	情報共有	プロジェクトに関する情報の共有が十分になされていること
	12	防災、安全性の向上	防災力の向上（浸食、高潮、保安林等）、沿岸域の安全性（船舶航行、レジャー等）
	13	適正な制度、権利	漁業権などの制度、権利上の問題の解決
	14	アメニティの向上	観光レクリエーション施設や海水浴客の利用
	15	地域経済成長	プロジェクト実施地域の経済への貢献
経	16	高い費用対効果	プロジェクトの投資額に対する収益が大きいこと
済	17	公共事業への投資促進	造成・開発、環境保全・修復、エネルギー・資源開発等
	18	漁業の安定	安定した漁獲種、漁獲量の確保、経営の安定

① 指標間の影響関係把握 (DEMATEL法)

ii) 専門家へのアンケートによる指標間の直接影響の対比較

… i) で抽出した指標について沿岸域環境の専門家に指標間でどの程度直接影響があるかを問うアンケート調査を実施 (12名の専門家に実施)

- 沿岸域地域社会の持続可能発展性のどの側面に効果があると思いますか？
(環境、社会、経済の三側面)

	効果なし	やや効果がある	効果がある	大きな効果がある	回答
環境面	0	1	2	3	(3)
社会面	0	1	2	3	(2)
経済面	0	1	2	3	(1)

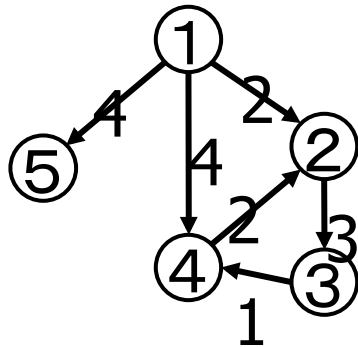
- 他の項目に直接的影響を及ぼすか、またその影響の程度

(影響項目)	(被影響項目)	なし	極小	小	中	大	極大	回答
18 漁業の安定	→ 1 地域環境改善	0	1	2	3	4	5	(2)
18 漁業の安定	→ 2 温暖化、酸性雨の抑制	0	1	2	3	4	5	(0)
18 漁業の安定	→ 3 水質汚染防止	0	1	2	3	4	5	(3)
18 漁業の安定	→ 4 土壌汚染防止	0	1	2	3	4	5	(2)
18 漁業の安定	→ 5 生物多様性の維持	0	1	2	3	4	5	(4)
18 漁業の安定	→ 6 景観の維持	0	1	2	3	4	5	(1)

① 指標間の影響関係把握 (DEMATEL法)

iii) 指標間の間接影響も含めた総合影響関係を求める

…アンケート結果から求めた直接影響行列を元に総合影響行列Tを算出する



$$X^* = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 2 & 0 & 4 & 4 \\ 0 & 0 & 3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

直接影響行列

$$X = \frac{1}{\lambda_{\max}} X^* = \begin{bmatrix} 0 & 0.2 & 0 & 0.4 & 0.4 \\ 0 & 0 & 0.3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.1 & 0 \\ 0 & 0.2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

正規化直接影響行列

($\lambda_{\max}$ は直接影響行列の行和の最大値)

$$X^2(I-X)^{-1}$$

間接影響行列

$$X + X^2(I-X)^{-1} = X(I-X)^{-1}$$

総合影響行列

①指標間の影響関係把握(DEMATEL法)

表 総合影響行列T

	環境	社会	経済	地域環境改善	温暖化、酸性雨	水質汚染防止	土壌汚染防止	生物多様性	景観の維持	土地利用管理	雇用創出	啓蒙、認知	住民参加	情報共有	防災、安全性	制度、権利	アメニティ	地域経済成長	費用対効果	公共事業	漁業の安定
環境	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
社会	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
経済	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
地域環境改善	0.166	0.158	0.118	0.108	0.085	0.138	0.122	0.147	0.154	0.136	0.091	0.158	0.152	0.139	0.118	0.119	0.147	0.115	0.089	0.116	0.121
温暖化、酸性雨	0.157	0.148	0.124	0.142	0.062	0.119	0.115	0.143	0.136	0.121	0.083	0.148	0.144	0.133	0.105	0.116	0.133	0.117	0.084	0.114	0.113
水質汚染防止	0.202	0.194	0.148	0.182	0.101	0.105	0.142	0.169	0.168	0.150	0.106	0.176	0.164	0.158	0.131	0.145	0.169	0.135	0.108	0.124	0.152
土壌汚染防止	0.180	0.176	0.138	0.165	0.083	0.144	0.086	0.149	0.145	0.146	0.091	0.152	0.139	0.141	0.123	0.137	0.140	0.118	0.092	0.111	0.129
生物多様性	0.161	0.137	0.107	0.148	0.084	0.117	0.104	0.088	0.134	0.120	0.078	0.150	0.138	0.130	0.090	0.111	0.132	0.095	0.080	0.093	0.126
景観の維持	0.148	0.171	0.134	0.145	0.076	0.115	0.105	0.128	0.096	0.134	0.093	0.151	0.149	0.135	0.110	0.124	0.154	0.118	0.096	0.110	0.108
土地利用管理	0.192	0.204	0.175	0.180	0.102	0.156	0.146	0.164	0.175	0.111	0.114	0.171	0.169	0.164	0.144	0.151	0.170	0.152	0.121	0.140	0.143
雇用創出	0.130	0.166	0.167	0.133	0.080	0.108	0.101	0.112	0.117	0.116	0.066	0.135	0.137	0.124	0.103	0.122	0.119	0.140	0.111	0.123	0.113
啓蒙、認知	0.201	0.205	0.156	0.181	0.125	0.160	0.151	0.170	0.175	0.154	0.100	0.125	0.181	0.172	0.139	0.149	0.160	0.133	0.111	0.124	0.144
住民参加	0.187	0.192	0.142	0.176	0.116	0.153	0.138	0.159	0.167	0.154	0.104	0.177	0.117	0.165	0.137	0.142	0.159	0.129	0.106	0.121	0.129
情報共有	0.188	0.194	0.153	0.168	0.110	0.145	0.136	0.156	0.160	0.149	0.099	0.177	0.178	0.110	0.140	0.142	0.154	0.127	0.116	0.129	0.138
防災、安全性	0.129	0.183	0.154	0.138	0.085	0.120	0.113	0.118	0.124	0.127	0.102	0.145	0.137	0.129	0.077	0.120	0.121	0.119	0.094	0.127	0.109
制度、権利	0.192	0.212	0.177	0.180	0.120	0.165	0.157	0.168	0.175	0.171	0.118	0.172	0.167	0.157	0.146	0.107	0.161	0.149	0.121	0.138	0.155
アメニティ	0.128	0.159	0.138	0.133	0.080	0.115	0.106	0.118	0.135	0.116	0.097	0.138	0.134	0.130	0.107	0.107	0.088	0.120	0.098	0.112	0.101
地域経済成長	0.154	0.180	0.177	0.161	0.101	0.132	0.122	0.136	0.142	0.141	0.139	0.149	0.147	0.140	0.130	0.137	0.149	0.095	0.124	0.143	0.138
費用対効果	0.123	0.140	0.140	0.122	0.076	0.105	0.096	0.109	0.114	0.114	0.110	0.124	0.123	0.121	0.099	0.108	0.111	0.130	0.063	0.132	0.110
公共事業	0.171	0.190	0.181	0.168	0.105	0.139	0.133	0.141	0.148	0.148	0.137	0.160	0.156	0.148	0.130	0.138	0.148	0.157	0.129	0.093	0.137
漁業の安定	0.170	0.190	0.164	0.163	0.099	0.146	0.115	0.155	0.151	0.138	0.123	0.155	0.148	0.143	0.116	0.141	0.140	0.145	0.113	0.123	0.093

① 指標間の影響関係把握 (DEMATEL法)

☆階層構造化

...指標間の影響関係を視覚的に捉えやすくするため階層構造化。影響関係の矢印が下位層から上位層に向かうように作成(矢印の太さで影響度を表す)

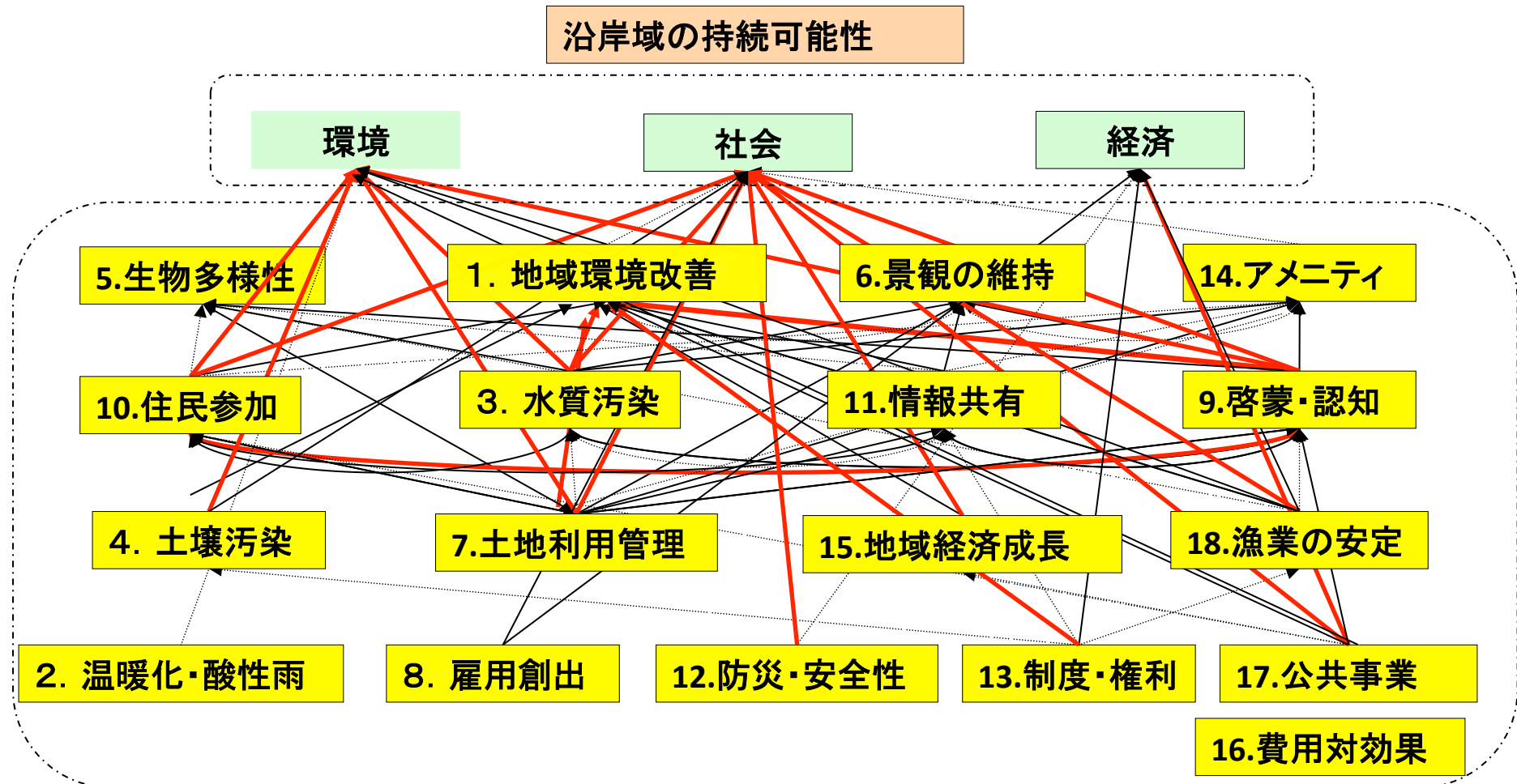


Fig. 1 Hierarchic structure of indicators

① 指標間の影響関係把握 (DEMATEL法)

階層構造について

- ・ 階層構造において、上位にある指標ほど他指標からの影響を受けるもの、下位にあるもののほど他指標への影響を与えるものという傾向がある。
- ・ 「生物多様性の維持」「地域環境改善」「景観の維持」「アメニティの向上」が上位階層に位置し、総合的管理において包括的指標となり得る。

①指標間の影響関係把握(DEMATEL法)

☆指標の持続可能性への影響度の算出

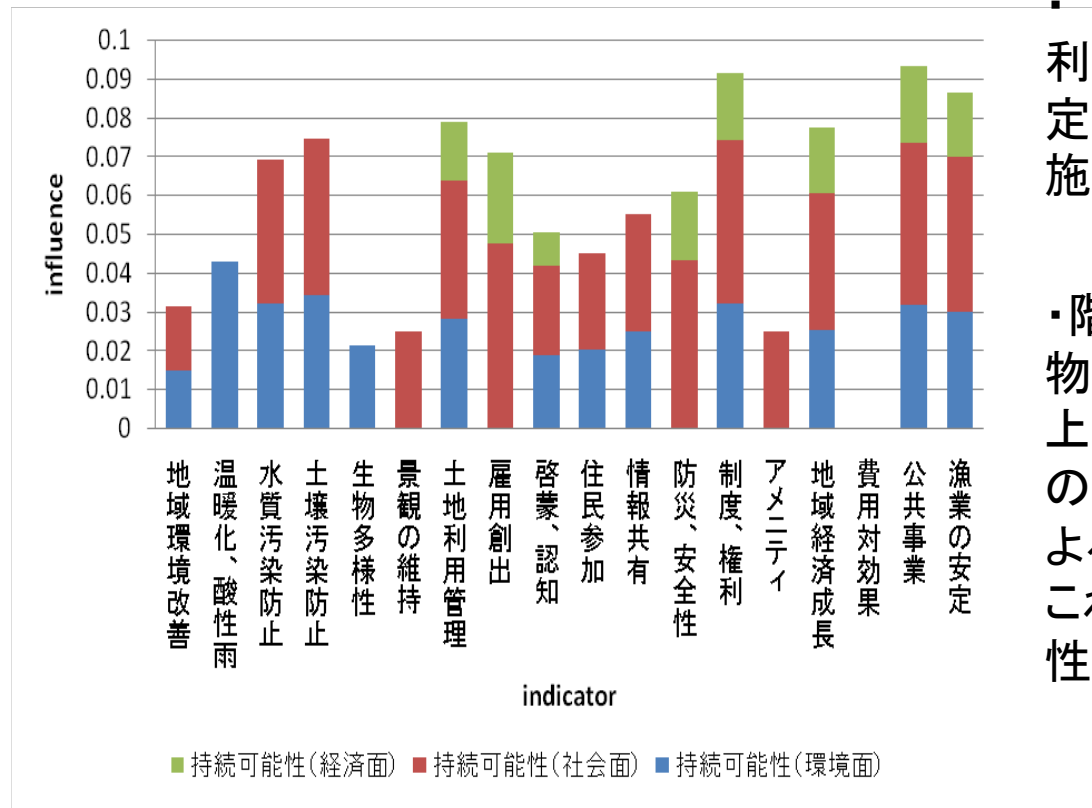
...総合影響行列から各指標の持続可能性への重複のない影響度を算出。
持続可能性を環境面、社会面、経済面の三側面に分けてそれぞれへの
影響度を合計したものを持続可能性への影響度とした

x_{ij} : 指標iから指標jへの直接影響

a_{ij} : 指標iから指標jへの総合影響

$$S_{iE} = a_{iE} - a_{iE} \times \sum_{k=1}^{18} x_{ki} = a_{iE} \times \left(1 - \sum_{k=1}^{18} x_{ki} \right)$$

① 指標間の影響関係把握 (DEMATEL法)



・「適切な土地利用管理」「適正な制度、権利」「公共事業への投資促進」「漁業の安定」が影響度が高くこれらの指標の達成は施策の持続可能性に重要であると言える。

・階層構造において上位層に位置した「生物多様性」「景観の維持」「アメニティの向上」は影響度が低い結果となった。これらの指標の達成は他の多くの指標の達成による結果としてもたらされるものであるのでこれらに直接働きかけることでの持続可能性への影響は低くなっていると考えられる。

Fig. 2 Influence to sustainability

②再生施策の指標への達成度の評価(AHP法)

AHP法 (Analytic Hierarchy Process)

...階層分析法、「経験」と「勘」という感覚情報を意思決定プロセスにおける重要な要素としている

※AHP法の絶対評価法の一部を適用

- i) 評価水準(◎○△×)を定め、それぞれの重みを一対比較により求める
- ii) 専門家へのアンケートにより評価対象となる施策の指標への貢献度を4段階の評価水準で定性評価
- iii) 施策の指標への貢献度 E_i と各指標の持続可能性への影響度 SD_i から施策の持続可能性への貢献度 C を算出

総合目的

沿岸域の持続可能性

SD_i

DEMATEL法による影響度算出

評価基準

環境

社会

経済

5. 生物多様性

1. 地域環境改善

2. 温暖化・酸性雨

17. 公共事業

E_i

AHP法絶対評価法による算出

代替案

沿岸域再生施策①

沿岸域再生施策②

沿岸域再生施策の持続可能性への貢献度

C_i

$$C = \sum_{i=1}^{18} SD_i \times E_i$$

②再生施策の指標への達成度の評価(AHP法)

評価する具体的な沿岸域再生施策

○トップダウン型施策・・・国や県が先導して行っている施策(4施策)

○ボトムアップ型施策・・・NPOや地域主導の施策(7事例)

番号	施策名
1	東京湾再生のための行動計画
2	大阪湾再生行動計画
3	伊勢湾再生行動計画
4	広島湾再生行動計画
5	鷗川河口自然再生事業
6	東京港グリーンボランティア
7	大森ふるさとの浜辺整備事業
8	アマモリバイバルプロジェクト
9	三河湾海域環境創造事業等による干潟・浅場の造成
10	藤前干潟の保全活用と伊勢湾の環境修復
11	博多湾生態系活性化プロジェクト

②再生施策の指標への達成度の評価(AHP法)

評価水準の重み付けを幾何平均法で算出

表 評価水準の重み付け

	◎	○	△	×	幾何平均	重み	点数
◎	1	3	5	9	3.409	0.571	1
○	1/3	1	3	7	1.627	0.272	0.477
△	1/5	1/3	1	3	0.669	0.112	0.196
×	1/9	1/7	1/3	1	0.270	0.045	0.079

◎...非常に効果あり
○...効果あり
△...ほとんど効果なし
×...悪化した

専門家(2名)へのアンケートの結果の評価水準に重みを代入

表 各施策の指標への貢献度(回答者A)

	地域環境改善	温暖化、酸性雨	水質汚染防止	土壌汚染防止	生物多様性	景観の維持	土地利用管理	雇用創出	啓蒙、認知	住民参加	情報共有	防災、安全性	制度、権利	アメニティ	地域経済成長	費用対効果	公共事業	漁業の安定
1	0.477	0.196	0.477	0.196	0.477	0.477	0.196	0.196	0.477	0.477	1	0.196	0.196	0.477	0.196	0.196	0.477	0.196
2	0.477	0.196	0.477	0.196	0.477	0.196	0.196	0.196	1	1	0.477	0.196	0.196	0.477	0.196	0.196	0.477	0.196
3	0.477	0.196	0.196	0.196	0.477	0.196	0.196	0.196	0.477	0.477	1	0.196	0.477	0.477	0.477	0.196	0.477	1
4	0.477	0.196	0.477	0.196	0.196	0.477	0.196	0.196	0.477	0.477	0.477	0.196	0.196	1	0.196	0.196	0.477	0.477
5	0.477	0.196	0.196	0.196	0.477	0.477	0.477	0.196	0.196	0.477	0.196	0.477	0.477	0.196	0.196	0.196	1	0.477
6	1	0.477	0.196	0.477	1	1	0.477	0.477	1	0.477	0.477	0.196	0.196	0.477	0.196	0.196	0.196	0.196
7	1	0.196	0.196	0.477	0.477	1	0.477	0.477	1	1	1	0.196	0.196	0.477	0.477	0.477	0.477	0.196
8	1	0.196	0.477	0.196	1	0.477	0.196	0.196	1	1	0.477	0.196	0.477	1	0.196	0.196	0.196	1
9	1	0.196	0.477	0.196	0.477	0.196	0.196	0.196	0.477	0.196	0.477	0.196	0.477	0.477	0.477	0.477	1	1
10	0.477	0.196	0.196	0.196	1	0.477	0.477	0.196	0.477	0.477	0.477	0.196	0.196	0.196	0.196	0.196	0.196	0.196
11	1	0.196	0.196	0.196	1	0.477	0.196	0.196	0.477	1	0.196	0.196	0.196	0.196	0.196	1	0.196	0.477

③再生施策の持続可能性への貢献度算出

施策の指標への貢献度 E_i と各指標の持続可能性への影響度 SD_i から

$$C = \sum_{i=1}^{18} SD_i \times E_i \quad \text{の計算により各施策の持続可能性への貢献度 } C \text{ を算出}$$

表 施策の持続可能性への貢献度(回答者A)

	地域環境改善	温暖化、酸性雨	水質汚染防止	土壌汚染防止	生物多様性	景観の維持	土地利用管理	雇用創出	啓蒙、認知	住民参加	情報共有	防災、安全性	制度、権利	アメニティ	地域経済成長	費用対効果	公共事業	漁業の安定	貢献度 C_i
1	0.015	0.006	0.015	0.006	0.015	0.015	0.006	0.006	0.015	0.015	0.032	0.006	0.006	0.015	0.006	0.006	0.015	0.006	0.208
2	0.015	0.006	0.015	0.006	0.015	0.006	0.006	0.006	0.032	0.032	0.015	0.006	0.006	0.015	0.006	0.006	0.015	0.006	0.216
3	0.015	0.006	0.006	0.006	0.015	0.006	0.006	0.006	0.015	0.015	0.032	0.006	0.015	0.015	0.015	0.006	0.015	0.032	0.233
4	0.015	0.006	0.015	0.006	0.006	0.015	0.006	0.006	0.015	0.015	0.015	0.006	0.006	0.032	0.006	0.006	0.015	0.015	0.208
5	0.015	0.006	0.006	0.006	0.015	0.015	0.015	0.006	0.006	0.015	0.006	0.015	0.015	0.006	0.006	0.006	0.032	0.015	0.208
6	0.032	0.015	0.006	0.015	0.032	0.032	0.015	0.015	0.032	0.015	0.015	0.006	0.006	0.015	0.006	0.006	0.006	0.006	0.275
7	0.032	0.006	0.006	0.015	0.015	0.032	0.015	0.015	0.032	0.032	0.032	0.006	0.006	0.015	0.015	0.015	0.015	0.006	0.31
8	0.032	0.006	0.015	0.006	0.032	0.015	0.006	0.006	0.032	0.032	0.015	0.006	0.015	0.032	0.006	0.006	0.006	0.032	0.299
9	0.032	0.006	0.015	0.006	0.015	0.006	0.006	0.006	0.015	0.006	0.015	0.006	0.015	0.015	0.015	0.015	0.032	0.032	0.259
10	0.015	0.006	0.006	0.006	0.032	0.015	0.015	0.006	0.015	0.015	0.015	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.19
11	0.032	0.006	0.006	0.006	0.032	0.015	0.006	0.006	0.015	0.032	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.032	0.006	0.015	0.24

③再生施策の持続可能性への貢献度算出

- ・施策の持続可能性への貢献度の比較(2名の回答者)

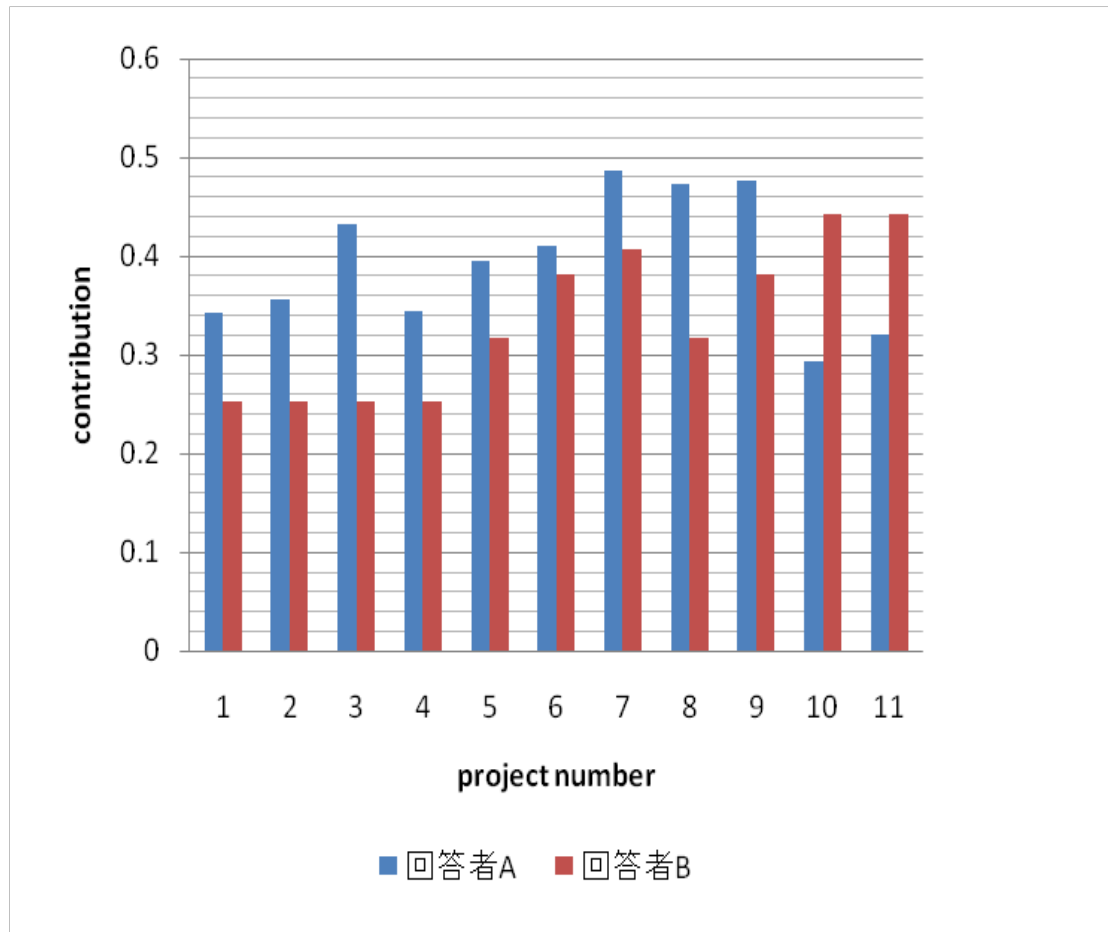


Fig. 3 Evaluation of projects

・評価にはばらつきがあるものの、両者とも評価値が高い施策として7番(大森ふるさとの浜辺整備事業)や9番(三河湾海域環境事業等による干潟、藻場の造成)がある。

・トップダウン型の施策は必ずしも持続可能性という視点からは高い評価とはならず、ボトムアップ型施策でも持続可能性という観点で優れているものがある。

結論

- 沿岸域の再生施策を持続可能性という観点から評価する枠組みを構築した
- 指標間の影響関係を階層構造化して、指標の持続可能性への影響度を算出した。
- 構築した手法を用いて具体的な施策へ適用した
- 「適切な土地利用管理」「適正な制度、権利」「公共事業への投資促進」「漁業の安定」が持続可能性への影響度が高い重要な要素であることがわかった
- 日本の沿岸域の総合的管理を推進するにあたって、国や県が一手に引き受けるようなトップダウン型の施策のみではなく、地域住民などの関係者皆が主体となったボトムアップの要素を取り入れた施策を推進することが効果的であると考えられる。

終わり

ご清聴ありがとうございました