

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	地球環境問題の階層的整理と砂漠化問題の位置付け
Title	Desertification in the stratified structure of terrestrial environment problems
著者(和文)	杉田芙紗子, 飯塚敦, 河井克之, ピパットポンサー・ティラポン
Authors	Fusako Sugita, Atsushi Iizuka, Katsuyuki Kawai, Thirapong PIPATPONGSA
出典 / Citation	第42回地盤工学研究発表会講演集, Vol. , No. , pp. 1-2
Citation(English)	, Vol. , No. , pp. 1-2
発行日 / Pub. date	2007, 7

地球環境問題の階層的整理と砂漠化問題の位置付け

地球環境問題 砂漠化 階層化

豊中市役所 正会員 ○杉田 美紗子
 神戸大学 国際会員 飯塚 敦
 神戸大学 国際会員 河井 克之
 東京工業大学 国際会員 PIPATPONGSA Thirapong

1. はじめに

『地球環境問題』の定義は未だ国際的に明確な定義が共有されず、またその全体像も曖昧である。地球環境問題のひとつである砂漠化に関して、主な対策が地表面水分量からの砂漠地図作成にとどまっている。本研究では、まず階層化によって地球環境問題の全体像とそこの中での砂漠化の位置づけを明瞭にし、次に、砂漠化解決のための砂漠化シミュレーションに考慮すべき項目を再び階層化によって抽出している。なお、本研究における地球環境問題とは、環境白書（平成 2 年版）を参考に、海洋汚染、オゾン層破壊、地球温暖化、酸性雨、森林破壊、野生生物・生物種減少、砂漠化の 7 つとしている（表-1）。

表-1 地球環境問題

地球環境問題
1 海洋汚染
2 オゾン層破壊
3 地球温暖化
4 酸性雨
5 野生生物種減少
6 森林破壊
7 砂漠化

2. 階層化の手法

階層化には豊田・堀井の手法¹⁾を用いた。そのプロセスは、要因のリストアップ、関連強さの評価、直接影響行列の作成、総合影響行列の作成、多階層分割となっている。直接影響行列 ($X^* = x^*_{ij}$) は、 x^*_{ij} に i から j への直接関連強さを記載して作成し、更に X^* を正規化し正規化直接影響行列 X を作成する。 X を用いて間接影響も考慮した総合影響行列 ($Z = z_{ij}$) を次式により作成する。

$$Z = X + X^2 + X^3 + \dots = X \cdot (I - X)^{-1} \quad (I \text{ は単位行列})$$

3. 地球環境問題の全体層と砂漠化の位置づけ

まず、地球環境問題の要因として記載されている項目を文献（100 編）から 50 項目抽出した。これらの中には次元が異なるものが混在するため、物質グループ・状態グループ・行動グループの 3 グループに分類し、各グループと地球環境問題をセットとして検討していく。分類された地球環境問題の要因項目を表-2 に示す。

表-2 分類された地球環境問題の要因項目

物質グループ	状態グループ	行動グループ
8 化学物質	21 発展途上国公害・環境問題	46 有害廃棄物越境
9 生活・工場排水	22 大気汚染	47 戦争・内乱
10 油	23 生態系変化	48 農林水産業
11 廃棄物	24 人口急増	49 開発
12 フロン	25 貧困・対外責務	50 国際取引・貿易
13 ハロン	26 途上国経済水準上昇	51 乱獲・密猟
14 温室効果ガス	27 食糧不足・飢餓	52 過放牧
15 SOx	28 気候変動	53 焼畑
16 NOx	29 異常気象	54 大量生産消費廃棄
17 綿化生物	30 法整備不備	55 不適切な灌漑
18 NaCl	31 病気	56 薪炭材過剰摂取
19 化石燃料	32 水質汚染・汚濁	57 二次三次産業
20 放射性物質	33 侵食・土地喪失	
	34 人口移動・難民	
	35 自然災害	
	36 土壌汚染・劣化	
	37 文化財ダメージ	
	38 遺伝子資源ダメージ	
	39 人類存続危機	
	40 経済格差・貧富差	
	41 人口集中	
	42 塩類集積	
	43 インフラ不足	
	44 技術不足	
	45 不安定な社会制度	

次に項目間関連強さを評価する。図-1 に評価方法の概念図を示す。全文献数は 100 編、実質文献数（その項目に関する記載がある文献）は砂漠化に関しては 86 編であった。左端行は項目番号、最上列は文献番号である。『計』はその項目を要因とする文献数、『A』、『B』、『C』は以下である。

$$A = \{\text{合計数} / \text{実質文献数}\} \times 100$$

$$B = A \text{ に関して合計数が 5 以下のスクリーニングをしたもの}$$

$$C = A \times \{\text{実質文献数} / \text{全文献数}\}$$

A, B, C それぞれの値 x を表-3 のように 10 段階に評価した。さらに、この結果から、合計 9 個の X^* を作成した。ここでは例として、物質グループと地球環境問題の行列を A で評価した X^* を図-2 に示し、Z を図-3 に示す。ここで、Z の各要素 z_{ij} を有効数字 2 ケタと 3 ケタで評価する。

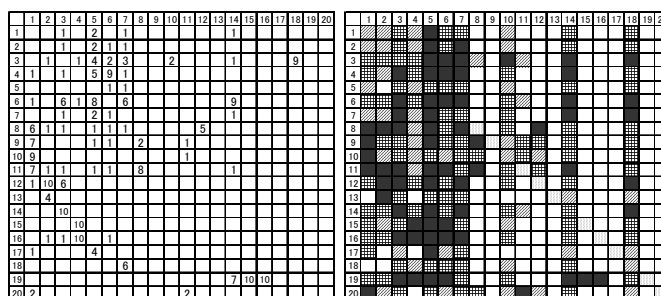
各グループと地球環境問題 1 セットにつき 6 通りの階層化が行われる。この 6 通りの階層化結果から共通項目を採用し、階層化しなおすと、図-4 の結果を得た（左から物質、状態、行動）。

7	1	2	3	...	99	100	計	A	B	C
3	○	○	...				22	25.6	25.6	22.0
5			...	○			2	2.3	0.0	2.0
6	○	○	...	○			46	53.5	53.5	46.0
18	○	○	...				45	52.3	52.3	45.0
23			...	○			2	2.3	0.0	2.0
...							...	...	...	...

図-1 評価方法の概念図

表-3 評価の変換

$0 < x \leq 10$	1
$10 < x \leq 20$	2
$20 < x \leq 30$	3
...	...
$90 < x \leq 100$	10



$$0.05 \leq \text{■} \quad 0.005 \leq \text{▨} < 0.05 \quad 0.0005 \leq \text{▩} < 0.005$$

□ 自項目到達要素

図-2 直接影響行列

図-3 総合影響行列

これから、物質グループ・状態グループ・行動グループともに共通して言えることは、上層に人間の環境への配慮不足がまず存在し、次にそれによる“毒”の要素が出現し、更に比較的要因の種類が少ないシンプル問題、要因の種類も多く多数の項目が関連している複雑な問題へと続き、最終的には動植物・人類存続の危機へとつながるという構造となっている。この地球環境問題の全体像において、砂漠化は最下層近くに位置していることが確認される。

4. 砂漠化シミュレーションに必要な具備項目抽出

地球環境問題の全体像という大きな視点での定性的項目から、砂漠化に焦点を絞り込み必要な定量的キーワードを抽出する。この時、図-4の砂漠化を含む階層および近接する上下階層に注目し、抽出した項目が表-4である。表-4の定性的な項目を定量的なキーワードに変換すると表-5の51個のキーワードになる。例えば『砂漠化(7)』は『降水量(F)、蒸発量(n)、蒸散量(o)、排水量(U)、土壤水分量(p)、保水量・流出量(B)、地下水位(s)の変化やNaCl濃度(y)の上昇、家畜数(G)の増加などによって砂漠面積(r)が上昇し、その結果農作物生産量(q)、生物種数(t)、植生数(D)が減少する』と変換できる。

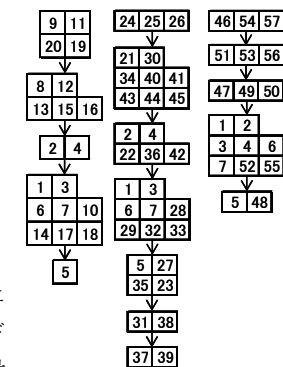


図-4 地球環境問題の全体像

表-4 砂漠化近傍の項目

1 海洋汚染	28 気候変動
2 オゾン層破壊	29 異常気象
3 地球温暖化	32 水質汚染・汚濁
4 酸性雨	33 侵食・土地喪失
6 森林破壊	42 塩類集積
7 砂漠化	47 戦争・内乱
10 油	48 農林水産業
14 温室効果ガス	49 開発
17 婦化生物	50 国際取引・貿易
18 NaCl	52 過放牧
22 大気汚染	55 不適切な灌漑

表-5 表-4 からの変換キーワード

a 油濃度	n 蒸発量	A アルベド	N 炭素量
b 栄養塩濃度	o 蒸散量	B 保水量・流出量	O 地盤変状
c 濃縮係数	p 土壤水分量	C 熱エネルギー	P COD
d 重金属濃度	q 農作物・水産物生産量	D 植生数・植生種数	Q 森林面積
e 生活・工場・農業排水量	r 砂漠面積	E 風向風速	R 降雨強度
f フロン類濃度	s 地下水位	F 降水量	S GDP・GNP・貿易額
g 紫外線量	t 生物・生物種数	G 家畜数	T 戦争・内乱
h オゾン全量	u 光合成速度	H 海面水位	U 排水量
i 病気・死亡人数	v 世界人口	I NOx濃度	V pH
j CO2濃度	w 土壌透水性	J SOx濃度	W 摂取カロリー
k フロン濃度	x 水資源量	K 湿度	X 自然災害発生件数
l 気温	y NaCl濃度	L 日照時間	Y 購買力
m 海面水温	z 開発面積	M 気圧	

表-5のキーワードからX*とZを作成し階層化すると、図-5のような構造を得る。ここから、砂漠化を効果的に解決するための砂漠化シミュレーションに組み込むべきキーワードを抽出する。Zを見ると砂漠化面積に特に強く影響しているのは、砂漠面積と同層とすぐふたつ上層に位置する土壤水分量、地下水位、蒸発量、蒸散量、降雨量、排水量、NaCl濃度、保水量・流出量、家畜数である。これらは次のようにグループ化できる。

1. 地・気圏間の水収支
2. 植生を介する地・気圏間の水収支に影響をおよぼすもの
3. 土壌内部での水の挙動
4. 地盤内溶解物質の挙動

また、ここで図-5中の地盤変状に注目すると、Zから地盤変状の要因とされているものが砂漠面積のそれとほぼ共通であった。また、地盤変状が砂漠面積と同階層に位置している。この2点から、砂漠化と地盤変状は同時に取り扱う必要がある。

5. 事例との対比

アリゾナ砂漠では、コロラド川の水を引いて大規模な灌漑農業開発が行われた。灌漑を繰り返した結果、土壌中に集積された塩分が溶解して浸透し、地下水の塩分濃度の集積化が進み、地下水位が徐々に上昇し、塩類集積が起ることによって砂漠化が更に進行し、その結果農作物が枯れてしまった。この事例を図-5に当てはめると図-6となる。

6. 結論

地球環境問題とこれを取りまく項目群の全体像は、人間の活動の根源から始まり、関連が比較的シンプルな問題からより複雑な問題へと移行し、最終的には人類存続危機を招く。砂漠化は最下層近くに位置している。また、砂漠化シミュレーションには少なくとも地・気圏間の水収支、植生を介する地・気圏間の水収支、土壌内部での水の挙動、地盤内溶解物質の挙動を考慮すべきである。

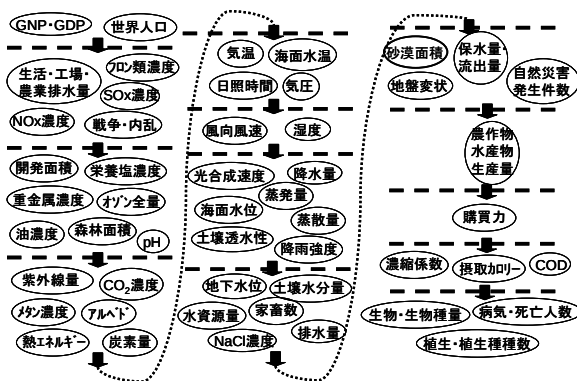


図-5 砂漠化をとりまく全体像

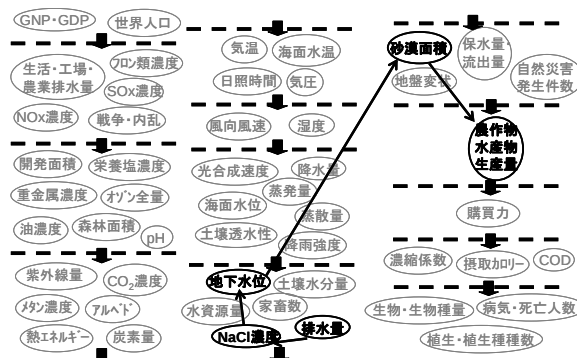


図-6 アリゾナ砂漠の実例の適用