

ホスト国の持続可能な発展に貢献する CDM プロジェクトの 評価手法並びに推進施策の研究

56739 奥村清香 (指導教員 松橋隆治教授)

1. 序論

京都議定書目標遵守に向け CDM を活用する中で、目的の一つである「ホスト国の持続可能な発展 (SD) への貢献」の達成が危うい。その要因として制度とニーズの欠如が挙げられる。SD に貢献するかの判断は全て途上国に委ねられ、SD に関する情報公開義務も無い。また、先進国は安価で大量に削減したく、途上国は多く誘致したいという思惑も重なり、SD 貢献 CDM が実施される仕組みとなっていない。また、日本政府も CDM からクレジットを取得するが、取得プロジェクト

選定基準に SD の視点が不足している。プロジェクトが途上国の住民等に悪影響を及ぼせば、諸外国等からの批判やプロジェクト自体が中止となる可能性もある。このリスクを軽減する意味でも、選定基準に SD の観点を取入れることは重要である。

そこで、本研究はホスト国の SD に貢献する CDM プロジェクトの推進を目的とし、プロジェクトの SD 貢献度算出ツールの構築と、SD と収益の観点から日本政府がクレジットを取得する際の最適支援制度決定方法の提案を目指す。(図 1)

CDM の SD 評価の一般的プロセス¹⁾は、SD 指標の選定、指標の重みづけ、プロジェクト評価、SD 評価値算出、である。問題点として、で SD 指標が体系的に捉えられないで検討されている点、指標選定に加えの指標の重要度決定に際しても調査が必要であり煩雑なプロセスである点、が挙げられる。そこで本研究では、DEMATEL 法を用いて SD 指標を階層構造化して整理し、指標間の影響関係を体系的に捉える。また、DEMATEL 分析結果より各 SD 指標の重要度を算出し、評価プロセスの簡略化を実現する。

2. SD 指標間の影響関係導出

2.1 DEMATEL 法の適用

CDM プロジェクトの SD 貢献度算出の準備として、DEMATEL 法により SD 指標間の影響関係を把握する。DEMATEL 法は、多要素が複雑に絡み合う問題の全体構造把握手法で、指標間の関係の有無と影響の大きさを専門家への質問により判定し、有向グラフを作成する。

） CDM と関連ある SD 指標を抽出。(表 1)

） 指標 i が j に直接及ぼす影響度を尋ね、影響度を要素とする直接影響行列 X^* を作成。

） X^* を正規化した X より、間接影響も含む総合影響行列 T を作成。

$$X + X^2 + \dots + X^n + \dots = X(I - X)^{-1} = T \quad \dots (1)$$

2.2 アンケート調査の回答分析 (階層構造化)

DEMATEL 法による分析の目的は影響関係把握であり、一つの関係を導出したい。そこで「他指標への影響が強い」順に順位をつけ、順位の上下を指標毎に他者と比較し、その一致率で平均化の妥当性を検証する。表 2 から順位の一致度は 73~88% となり、回答者平均を取ることは妥当と判断し、SD 指標間の総合影響を (1) 式に則り算出した。

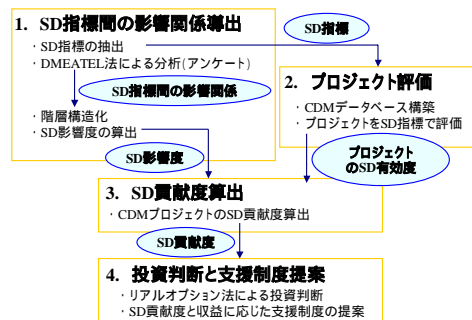


図 1 研究の構成

表 1 SD 指標の抽出

No	項目	No	項目
1	持続可能な発展(環境面)	14	貧困削減
2	持続可能な発展(社会面)	15	均等分配
3	持続可能な発展(経済面)	16	男女間格差是正
4	地球環境改善	17	エネルギーアクセス向上
5	地域環境改善	18	教育向上
6	温室効果ガス削減	19	キャパシティ・ディベロプメント
7	大気汚染防止	20	住民参加
8	水質汚染防止	21	健康
9	土壌汚染防止	22	マクロ経済
10	生物多様性の維持	23	地域経済
11	森林保全	24	収支
12	資源枯渇の抑制	25	費用対効果
13	雇用創出	26	技術移転

表 2 各回答者の順位の一致度

組合せ	一致度	組合せ	一致度	組合せ	一致度
No1とNo2	88%	No2とNo3	85%	No3とNo5	86%
No1とNo3	81%	No2とNo4	80%	No3とNo6	77%
No1とNo4	73%	No2とNo5	82%	No4とNo5	78%
No1とNo5	78%	No2とNo6	86%	No4とNo6	81%
No1とNo6	82%	No3とNo4	75%	No5とNo6	78%

つづいて、SD 指標間の影響関係を視覚的に捉え易くするため、分析結果から SD 指標を階層化したのが図 3 である。図 2 の最下位層決定アルゴリズムを考案し、これをもとに下位階層の指標が上位階層に影響を与えるよう指標を配置した。下位階層にある指標は他から受ける影響が小さく、改善するには直接的にアプローチするしかないが、上位階層にいくに従って他から受ける影響は大きく、他指標の改善による波及効果が期待できる。

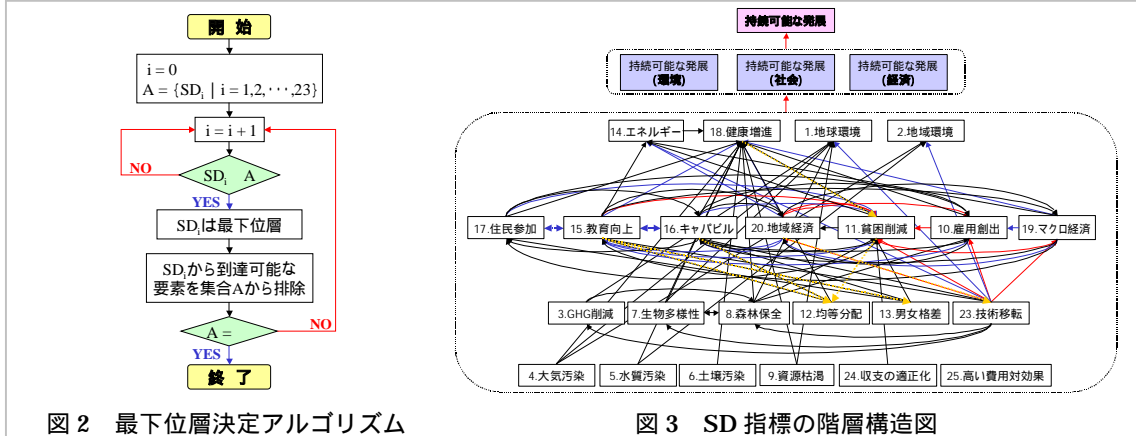


図 2 最下位層決定アルゴリズム

図 3 SD 指標の階層構造図

2.3 SD 影響度の算出

さらに、各 SD 指標から SD への“重複の無い”影響の度合いを算出する。この SD 影響度は、後の SD 貢献度算出に用いるが、その際プロジェクトの効果を過大評価しないようにするため、影響のダブルカウントが無いようにしなければならないのである。

ここでは、図 3 で最上位層に位置する環境・社会・経済の三指標で SD が構成されるとし、各 SD 指標から三指標への総影響の合計を SD への影響と捉える。ただし、単純に合計するだけでは、影響を重複してカウントしているため、他指標から受ける影響分を差し引いた値を各指標の SD 影響度と定義する。この SD 影響度は各指標の重要度と捉えることができ、この算出方法を用いることで、DEMATEL 分析により指標間の影響関係のみでなく、各指標の重要度まで算出できるのである。

$$S_i = a_{iSD} * (1 - \sum_{k=1}^{23} x_{ki}) \quad \dots (2)$$

$$SD_i = S_i / \sum_{k=1}^{23} S_k \quad \dots (3)$$

S_i 正規化前の指標 i の SD 影響度

x_{ij} 指標 i から j への直接影響

a_{ij} 指標 i から j への総影響（直接・間接影響）

SD_i 指標 i の SD 影響度

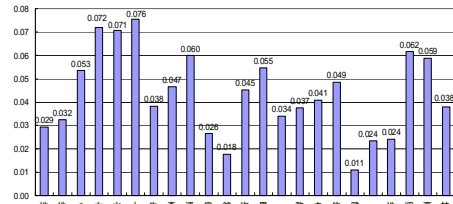


図 4 ダブルカウントのない SD 影響度 (SD_i)

3. プロジェクト評価

ここでは F/S 調査²⁾³⁾をもとにデータベースを構築し、うち 67 件を評価対象とし、プロジェクト実施による各 SD 指標への効果であるプロジェクト有効度 (p_{ji}) を、多目的意思決定手法 AHP (絶対評価法) の一部を用いて算出する。プロジェクト効果は直接的なものに限るが、これは SD 影響度に間接的效果が含まれているためである。

1) 絶対的評価水準(+, 0, -)を設定 (表 3)

2) 評価水準を一对比較し、点数を決定。

3) SD 指標 i からプロジェクト j を評価。

なお、詳細が未設定の指標はプロジェクトによる直接効果がないと考えられ、また定量評価は最大値で除した値を点数とする。

表 3 絶対評価水準

SD指標	尺度	評価指標	-	0	+
GHG削減	化石燃料削減以外によるGHG削減量 (t-CO2/yr)	定量的評価			
大気汚染防止	GHG、化石燃料以外による大気汚染削減量 (t/yr)	定量的評価			
水質汚染防止	汚染物質削減量 (t/yr)	定量的評価			
生物多様性保全	汚染物質削減量 (t/yr)	定量的評価			
森林保全	伐採による生物への影響、等	定量的評価			
資源枯渇の抑制	化石燃料使用削減量 (t-CO2/yr)	定量的評価			
雇用創出	新規雇用創出人数 (人/yr)	定量的評価			
男女格差の解消	新規に能力差の供給を受ける人数 (人)	定量的評価			
教育向上	識字率、技術指導の受取、共同開発、等	定量的評価			
住民参加	説明会・ヒアリング等への住民参加人数 (人)	定量的評価			
マクロ経済	生産物収入・GDP収入・ランニングコストを収益とするROI	定量的評価			
高い費用対効果	国内産出物のGHG削減量 (t-CO2/yr)	定量的評価			
技術移転	国内産出物のGHG削減量 (t-CO2/yr)	定量的評価			
総数			0.094	0.395	1

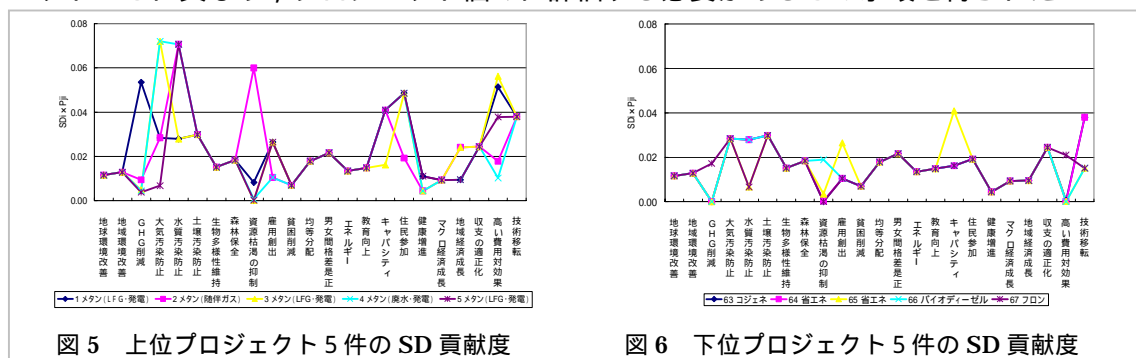
4. SD 貢献度算出

「CDM プロジェクト j がホスト国の SD にどの程度貢献するか」を SD 貢献度 (C_j) と定義し, SD 指標 i が SD に及ぼす影響度 (SD_i) と, プロジェクト j 実施による SD 指標 i への有効度 (p_{ji}) とを掛け合わせることで算出する.

$$C_j = \sum_{i=1}^{23} SD_i * p_{ji} \quad \dots (4)$$

上位・下位 5 件の SD 貢献度を図 5, 6 に示した. 上位は全てメタンが占めたが, この高得点要因は 2 つ挙げられ, 定量評価を行った 3 指標への効果が大きいものと, SD 影響度の大きい大気・水質・土壌への効果が大きいものである. また, 下位プロジェクトに共通する特徴は, 住民への説明等, 事業の円滑実施のためのプロセスを欠いている点である.

SD 貢献度は環境関連指標への効果の有無や円滑実施プロセスへの配慮等に依存し, 前者はメタン, 特に LFG 関連で効果があるものが多いという傾向はあるが, 後者はプロジェクトごとに異なり, プロジェクト個々に評価する必要があるとの示唆を得られた.



5. プロジェクトの投資判断と支援制度提案

5.1 投資判断へのリアルオプション法の適用

初期投資 I , 事業価値 V のプロジェクトへの投資判断を, リアルオプション法を用いて行う. 将来の収益が変動するという不確実な状況下で, 投資を延期できる場合に, 期待収益率 V/I が閾値である臨界収益率 V^*/I を上回るか否かで, 投資の意思決定を行う. (図 7)

オプション価値 $F(V)$ は (5) 式により算出され, (6) 式を満たす V が臨界事業価値 V^* である. 本研究では, モンテカルロ DCF 法を用いて事業価値 V と標準偏差 を算出し, 臨界収益率 V^*/I を算出する.

$$F_u = \max \left\{ uV - I, \frac{PF_{uu} + (1-P)F_{ud}}{R} \right\} \quad \dots (5)$$

$$\frac{F(V)}{I} = \frac{V - I}{I} \quad \dots (6)$$

P: リスク中立確率, R: $1 +$ 割引率, u: V の上昇率, d: 下降率

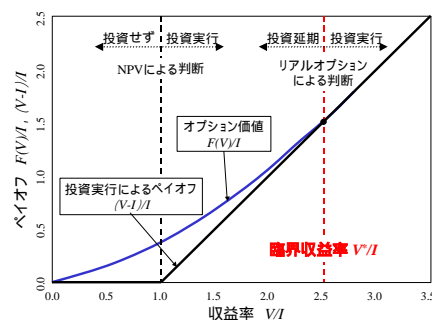


図 7 リアルオプションによる投資判断

5.2 支援制度の適用

クレジット価格等が変動すると, 投資閾値は高まり, 投資し難い状況となる. そこで, クレジットを固定価格で買取り, 価格変動リスクをヘッジし, 投資閾値を低下させるといったように, より多くのプロジェクトが投資可能となるような 6 つの支援制度を想定した. (表 4)

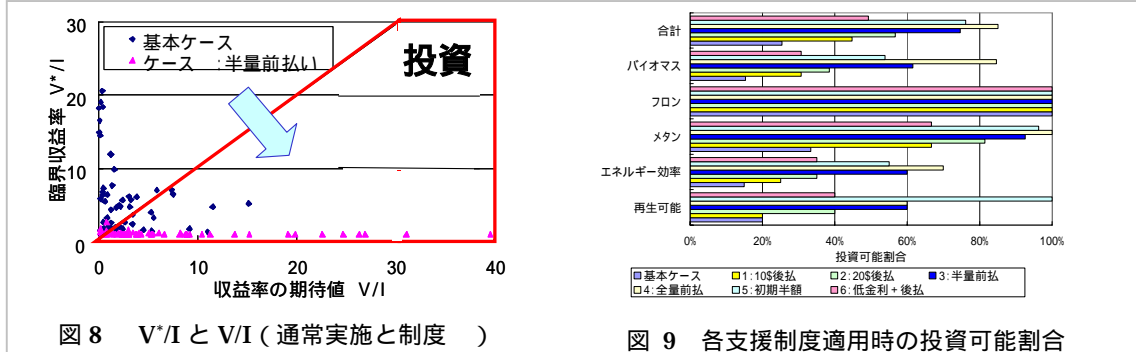
通常通り実施した場合と 半量前払いを適用した場合の臨界収益率と期待収益率を図 8 に示す. 直ちに投資となる右下に位置する案件は, 通常では 67 件中 17 件に留まったが,

表 4 支援制度の概要

後払い方式による固定買取り (10\$/t-CO ₂)	クレジット全量を前払い方式での固定買取り (10\$/t-CO ₂)
後払い方式による固定買取り (20\$/t-CO ₂)	初期投資額半額補助 (10\$/t-CO ₂) 補助額相当分のクレジットを移転
クレジット半量を前払い方式で, 半量を後払い方式での固定買取り (10\$/t-CO ₂)	初期投資の低金利融資 + 後払い方式による固定買取り (10\$/t-CO ₂)

の適用で 50 件に増加した．これは前払いによる初期投資削減で期待収益率が上昇したことと，固定買取りで価格変動のリスクがヘッジされ臨界収益率が低下した効果による．

図 9 に各支援制度を適用した場合に，投資可能となるプロジェクトの割合を示した．どの種類にも共通して前払いによる支援（ ， ， ）が，投資可能割合が高かった．



5.3 最適支援制度の決定

SD 貢献度と収益の両観点から踏まえ，各プロジェクトに最適な支援制度の決定方法を提案する．SD 貢献度が中央値以上のプロジェクトに対して支援を行うが，無駄なコストの無いよう，（ ）支払う額が最小となる，（ ）リスクの高い前払いよりも後払いを優先する，ように制度を選択する．（図 10）

その結果，支援制度により 24 件が実行可能となった．14 件が 初期投資半額補助であり，他 10 件は ， 前払いの適用であった（表 5）．SD 貢献 CDM は初期投資が投資障壁の場合が多いとの傾向を把握できたが，プロジェクト個々に事情は異なり，図 10 を用いて個別に評価する必要がある．

表 5 各プロジェクトの実施方法

	ケース0	ケース3	ケース4	ケース5	実施困難	実施しない	件数	実行可能	実行割合
再生可能エネルギー	1	0	0	0	0	4	5	1	20%
エネルギー効率改善	3	2	1	1	1	12	20	7	35%
メタン	9	1	2	12	0	3	27	24	89%
フロン	2	0	0	0	0	0	2	2	100%
バイオマス	2	1	3	1	0	6	13	7	54%
各ケース合計	17	4	6	14	1	25	67	41	61%

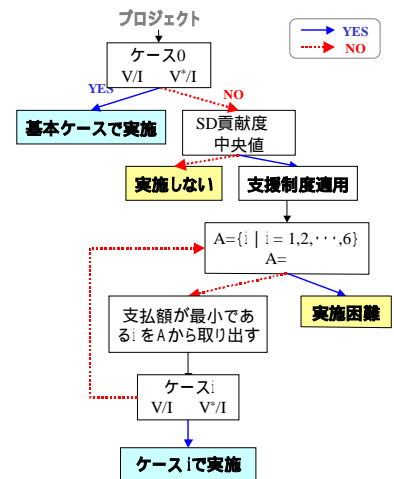


図 10 最適実施方法決定フロー

6. 結論

本研究では，DEMATEL 分析により得られた SD 指標の影響関係を利用して SD 貢献度を算出する手法と，SD と収益の両観点からプロジェクトの実施方法を決定するスキームを構築し，それらに則りプロジェクトを評価した．メタンの SD 貢献度が高く，また，前払いが有効であるといった傾向はあるものの，SD 貢献度や収益はプロジェクト個々に事情を考慮して評価する必要があり，その評価に本研究で提案した手法は有用である．

NEDO によるクレジット取得事業も開始され，取得プロジェクト選定時には SD への影響も考慮することが望まれる．本研究で提案した手法を用いてプロジェクトを評価し支援制度を決定することは，SD 貢献 CDM の推進と経済効率の両観点において有効である．

先進諸国の議定書目標達成には CDM の活用が必至であるからこそ SD に貢献するプロジェクトの実施が重要であり 積極的に SD 貢献 CDM 推進施策を講じることが望まれる．

参考文献

- 1) C. Sutter ; Sustainable Check-Up for CDM Projects ,Swiss Federal Institute of Technology Zurich(2003)
- 2) NEDO ; 「共同実施等推進基礎調査」 報告書
- 3) GEC (地球環境センター); 「CDM/JI 事業調査」 報告書