

ファジィ AHP による千歳川流域治水対策の代替案評価に関する研究

A Study on Evaluating of Plans Using Fuzzy AHP in Natural Disaster Prevention Project in The Chitose River

北海道大学大学院工学研究科 ○学生員 山形 創一 (Souichi Yamagata)
 北海道大学大学院工学研究科 正 員 岸 邦宏 (Kunihiro Kishi)
 北海道大学大学院工学研究科 フェロー 佐藤 警一 (Keiichi Sato)

1. はじめに

千歳川流域は水害常襲地帯であるにもかかわらず、根本的解決策とされた千歳川放水路計画が実施に合意が得られず、長期にわたり事業中断の後、中止された。現在、放水路計画に代わり千歳川総合治水対策の検討が行われているが、これも合意形成に至らず、水害の危険性は根本的に解決されていない状況となっている。

本研究は千歳川流域治水対策において、それぞれの主体の立場から代替案の評価を行う。評価モデルとして関係者の意見を取りこみ、その反映箇所やどの意見を重視しているかを明確に示すことができるファジィ AHP を用いた。

2. 千歳川流域治水対策について

2.1 千歳川流域治水対策の経緯

千歳川流域は4市2町の30万人の人口を抱え、水田畑作等の1次産業、食品製造、金属製品盛業といった2次産業が盛んである。しかし千歳川は中・下流部の勾配がゆるく、洪水時に石狩川の高い水位の影響を受けて洪水時間が長く継続し、内水氾濫にみまわれやすいという地形上の問題があり、2年に1度は水害が発生してきた。また火山灰質の透水性の高い地層や、泥炭地など軟弱地盤の存在という地質上の問題から堤防嵩上げによる治水対策が難しい面も持っている。

1981年(昭和56年)の集中豪雨による大水害をきっかけに、北海道開発局は1982年(昭和57年)に石狩川の水位の影響を根本的に断ち洪水を太平洋側に流す千歳川放水路計画を確定した。しかし放水路ルート上の自治体や住民、農業関係者、漁業関係者が反対を表明し、ま

た環境保護の面から自然保護団体からも反対の声が上がった。放水路計画は合意を前提に事業を行うという姿勢のもと合意形成に向け努力が行われたが、結局合意はなされず、18年間の推進派、反対派の対立を経て、1999年(平成11年)放水路計画は白紙撤回された。現在は千歳川総合治水計画について改めて合意に向けて千歳川流域治水対策全体計画検討委員会が話し合いを行っている。

2.2 千歳川流域治水対策の関係主体

土木事業では、事業により利益を得る者、または不利益を被る者が存在する。本研究ではこの影響を受ける関係者を主体と称する。千歳川流域治水対策の場合、主体は治水事業により何らかの影響を受ける人々全てである。本研究では千歳川流域治水対策に対し、代表を立てて意見を述べている団体を主体とし、合意形成の対象とした。

主体はその所在により①千歳川流域、②石狩川流域、③新遠浅川予定ルート周辺地域、④その他に分けられる。

表1 千歳川流域治水対策における主体

	所在地	組織
①	千歳川流域 (恵庭・江別など)	自治体・議会、農業団体、治水促進期成会
②	石狩川流域 (当別・新篠津など)	自治体・議会、農業団体、治水促進期成会、漁業団体
③	新遠浅川周辺 (苫小牧・早来など)	自治体・議会、農業団体、漁業団体
④	その他	環境保護団体・市民団体 法律・研究者団体

3. SCAによる意思決定プロセス

3.1 SCAの概念

これまで田村¹⁾らは千歳川流域治水対策の合意形成プロセスについて戦略的選択アプローチ(以下SCA)を用いて代替案策定を行ってきた。SCAは複雑に絡み合った多くの意思決定問題と不確実性に対処する新しい計画手法として開発され、計画、意思決定を連続したプロセスの経過に応じて戦略的に選択して行くプロセスとみなし表現する²⁾。SCAは「分析」「構成」「比較」「選択」の4つのモードからなり、いずれの部分においても、できるだけ簡単な技法を用いて戦略的な計画策定を表現している。このモードを経て最終的に、連続的な計画プロセスのある時点の意思決定領域でどのように対応するかを示したコミットメントパッケージを提示する。



図1 千歳川とその流域

表2 千歳川治水対策のスキーム

	千歳川水位	流域外対策	流域内対策					代替案
	基本高水位	流域外対策	合流点対策	引き堤/ 基礎地盤改良	締切水門	遊水池	排水機場強化	
1	7.5m	する	しない	する	する	しない	する	放水路
2	7.5m	する	しない	する	する	しない	しない	放水路
3	7.5m	する	しない	しない	する	しない	する	放水路
4	7.5m	する	しない	しない	する	しない	しない	放水路
5	8.5m	する	しない	する	する	18km2	する	新遠浅川
6	8.5m	する	しない	する	する	18km2	しない	新遠浅川
7	8.5m	しない	する	する	しない	18km2	する	合流点対策
8	8.5m	しない	する	する	しない	18km2	しない	合流点対策
9	9.2m	しない	しない	する	する	18km2	する	水位を下げない策

3.2 AIDA 手法による代替案の表現

SCA では「分析モード」において個別に意思決定すべき事例を列挙し計画の構造を明らかにし、「構成モード」で意思決定領域に選択肢としてオプションを設定する。この時、同時に選択され得ないオプションの組み合わせは排除される。この2つの過程を AIDA (Analysis of Interconnected Decision Area) と称する。各スキームは各意思決定領域のオプションの組み合わせで表現される。この AIDA では各主体の意見がオプションによりスキームのどこで反映されているかを明確に表現しながら、実行可能な案を示すことができる。

千歳川流域治水対策では AIDA 手法により表2のように現在、千歳川流域治水対策全体計画検討委員会で検討中の案を含むスキームを表すことが可能であることが確認できた。

3.3 AHP による代替案の比較、選択

SCA の「比較・選択モード」では、スキームを順位付けし合意可能性の高い代替案を選択する。本研究ではスキームの評価に AHP を用いる。AHP での代替案は SCA のスキームに相当する。AHP では量的な要因だけでなく、質的要因を取り込み評価することが可能である。総合評価ウェイトの最も高い代替案が合意解として選択される。

3.4 ファジィ測度を用いた AHP の適用3)

ファジィ測度を用いた AHP (以下ファジィ AHP) は、通常の AHP が総計1に正規化したウェイトを用いて加法的に評価得点付けを行うのに対し、最大値を1とした説明可能度を用いることにより非加法的に評価得点付けを行う手法である。ファジィ AHP は以下のような特徴を持つ。

- ①従来の平均的な評価 (N 評価) に加え、代替案の持つ得点のうち長所に着目した評価 (U 評価) や短所に着目した評価 (L 評価) を行うことができる。
- ②評価要因が互いに独立であることを仮定しなくてもよい。

ファジィ AHP による評価得点は以下の式で表される。

U 評価 (Upper 評価/長所重視的評価)

$$U(i) = \sum_{j=1}^n \Delta(j) \cdot \max f(i, k)$$

L 評価 (Lower 評価/短所重視的評価)

$$L(i) = \sum_{j=1}^n \Delta(j) \cdot \min f(i, k)$$

N 評価 (Normal 評価/平均的評価)

$$N(i) = \sum_{j=1}^n \Delta(j) \cdot \text{mean} f(i, k)$$

j : 評価要因の説明可能度昇順

n : 評価基準の数

$E(j)$: 評価基準 j の説明可能度

$\Delta j: E(j) - E(j-1)$

$f(i, k)$: 各代替案の各評価基準に対するウェイト

$k: E(k) > E(j)$ なる評価基準

4. 千歳川流域治水対策における合意形成

4.1 評価要因の選択

主体が代替案を評価するにあたり、複数の評価要因が存在し、それらを総合的に見た上で代替案が評価され、選好順位が決定する。本研究の AHP では千歳川治水対策問題で検討中の代替案の問題点および関係主体の利害、意見を考慮し、以下の評価要因を用いた。

X_1 : 治水効果	X_2 : まちづくりへの影響
X_3 : 農業への影響	X_4 : 漁業への影響
X_5 : 事業費	X_6 : 自然環境への影響

4.2 代替案の選択

ファジィ AHP による評価対象とする代替案を、表2の抽出された代替案のうち、中止が決まった千歳川放水路を除く、現在千歳川流域治水対策全体計画検討委員会で検討されている①水位を下げない対策、②新遠浅川案、また合流点対策の③千歳川新水路 (現石狩川河道左岸に掘削) 案、④背割堤により石狩川・千歳川を分離する案、⑤石狩川移設 (現河道の右岸側に新水路を掘削) の5つを代替案として評価した (図2)

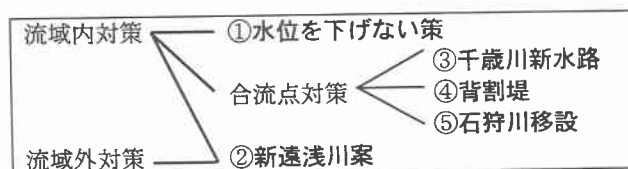


図2 代替案概念図

この選択された千歳川流域治水対策における評価要因および代替案の階層関係は図3に示した。

また代替案評価の流れを図4に示す。この評価過程で代替案の絶対評価法による得点付け、および主体意見の重み付けについては、数値に対する見解、認識を合意により共通のものとしておく必要がある。このことに関しては後述する。

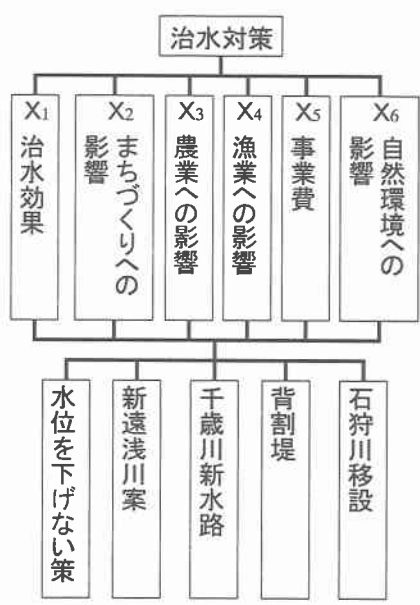


図3 千歳川流域治水対策のAHP階層図

<評価要因→治水計画> <代替案→評価要因>

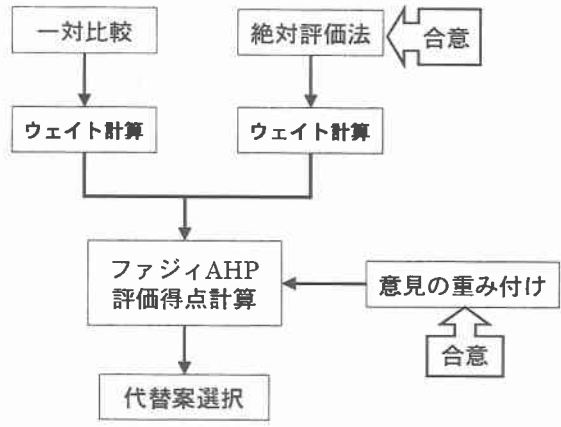


図4 代替案評価の流れ

4.3 意識調査と評価要因のウェイト付け

評価要因のウェイト付けは千歳川治水対策の関係主体を対象とした意識調査をもとに行った。質問は各評価要因を一対比較し、どちらがどれくらい重要であるか回答を求める形式とした。調査は平成13年11月29日から12月10日にかけて、関係主体34団体に各5票ずつ計170票を郵送配布し、83票の回答を得た。このうち一対比較が有効な59票（内訳：グループ①・31票、グループ②・12票、グループ③・6票、グループ④・10票）より、それぞれの主体グループ毎にファジィAHPの評価要因の説明可能度を計算した（表3）。

表3 主体グループの評価要因ウェイト（説明可能度）

	票数	評価要因					
		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆
① 千歳川流域主体	31	1.000	0.341	0.547	0.323	0.250	0.224
② 石狩川流域主体	12	1.000	0.556	0.929	0.718	0.492	0.637
③ 新遠浅川周辺主体	6	0.151	0.392	0.365	0.754	0.235	1.000
④ 市民団体・環境保護団体	10	0.172	0.142	0.320	0.455	0.274	1.000

X ₁ ：治水効果	X ₂ ：まちづくりへの影響
X ₃ ：農業への影響	X ₄ ：漁業への影響
X ₅ ：事業費	X ₆ ：自然環境への影響

4.4 代替案のウェイト付け

評価要因ごとの代替案へのウェイトは絶対評価法5)を用いて算出する。実際の合意形成プロセスではこの得点に対し主体ごとに見解の相違が存在する。このため絶対評価法の得点付けは理論に基づき客観的に行われることが必要である。またその数値見解に合意することで、数値に対する共通認識を作ることも必要である。

ここでは千歳川流域治水対策の事業計画概要6)から代替案が各評価要因に対する効果、影響について事業者側から仮定し、数値化して得点とし（表4）、ウェイトを計算した（表5）。

表4 代替案の評価要因に対する評価得点

		(絶対評価法)					
代替案		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆
水位を下げない策		3	5	5	9	5	9
新遠浅川案		6	7	6	4	5	3
合流点	千歳川新水路	5	1	8	7	6	7
	背割堤	5	7	6	5	8	3
	石狩川移設	5	5	1	5	5	5

X ₁ ：治水効果	X ₂ ：まちづくりへの影響
X ₃ ：農業への影響	X ₄ ：漁業への影響
X ₅ ：事業費	X ₆ ：自然環境への影響

表5 代替案のウェイト

		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆
水位を下げない対策		0.500	0.714	0.625	1.000	0.625	1.000
新遠浅川案		1.000	1.000	0.750	0.444	0.625	0.333
合流点	千歳川新水路	0.833	0.143	1.000	0.778	0.750	0.778
	背割堤	0.833	1.000	0.750	0.556	1.000	0.333
	石狩川移設	0.833	0.714	0.125	0.556	0.625	0.556

4.5 評価得点算出と代替案評価

評価要因の説明可能度（表 3）および代替案の評価要因に対するウェイト（表 5）からファジィ AHP による総合評価得点（U 評価・N 評価・L 評価）を主体グループ毎に算出し、その順位とともに表 6～9 に示した。

表 6 ファジィ AHP による評価得点と順位
(グループ①・千歳川流域主体)

		U 評価		N 評価		L 評価	
		得点	順位	得点	順位	得点	順位
水位を下げない策		0.691	5	0.577	5	0.500	4
新遠浅川案		1.000	1	0.909	1	0.744	1
合流点	千歳川新水路	0.924	2	0.789	3	0.598	3
	背割堤	0.890	3	0.810	2	0.687	2
	石狩川移設	0.833	4	0.742	4	0.446	5

表 7 ファジィ AHP による評価得点と順位
(グループ②・石狩川流域主体)

		U 評価		N 評価		L 評価	
		得点	順位	得点	順位	得点	順位
水位を下げない策		0.885	4	0.696	4	0.500	1
新遠浅川案		1.000	1	0.743	2	0.466	2
合流点	千歳川新水路	0.988	2	0.786	1	0.440	4
	背割堤	0.926	3	0.737	3	0.456	3
	石狩川移設	0.833	5	0.559	5	0.175	5

表 8 ファジィ AHP による評価得点と順位
(グループ③・新遠浅川周辺主体)

		U 評価		N 評価		L 評価	
		得点	順位	得点	順位	得点	順位
水位を下げない策		1.000	1	0.920	1	0.837	1
新遠浅川案		0.634	5	0.456	5	0.330	5
合流点	千歳川新水路	0.859	2	0.742	2	0.529	2
	背割堤	0.675	3	0.479	4	0.333	4
	石狩川移設	0.636	4	0.547	3	0.399	3

表 9 ファジィ AHP による評価得点と順位
(グループ④・市民団体・環境保護団体)

		U 評価		N 評価		L 評価	
		得点	順位	得点	順位	得点	順位
水位を下げない策		1.000	1	0.931	1	0.859	1
新遠浅川案		0.523	5	0.427	5	0.330	5
合流点	千歳川新水路	0.849	2	0.779	2	0.687	2
	背割堤	0.565	4	0.461	4	0.333	4
	石狩川移設	0.604	3	0.541	3	0.418	3

4.6 ファジィ AHP による分析結果

各代替案についてファジィ AHP による分析結果を考察すると以下の通りである。

新遠浅川案：治水効果と農業への影響を重視するグループ①、②において全体的に得点が高い。しかし L、N 評価においては、他代替案と得点があり差がなく新遠浅川案は長所が大きい短所も大きい代替案と認識されていると言える。またグループ③、④では自然環境の影響が重視されるため得点は低い。

水位を下げない策：自然環境への影響を重視するグループ③、④において得点が高い。またグループ①、②においては得点が低い L・N 評価では他案と比べ差が少なく、短所の少なさを重視したときに合意可能性が考えられる。

千歳川新水路案：まちづくりへの影響でデメリットが大きい案だが、主体がこの要因を重視していないため評価は低くない。

石狩川移設：農業への影響でデメリットが大きい案で、主体グループ①、②がこの要因を重視しているため、評価が低い。

背割堤：合流点対策の中では中間的な評価を得ている。

5. おわりに

本研究ではファジィ AHP により、主体グループごとに、長所重視の場合と短所重視の場合それぞれの代替案評価と順位付けを行った。その結果グループ①、②とグループ③、④の意見の隔たりが大きいことが明らかになった。

合意形成のための代替案評価プロセスには、評価要因のウェイト付けについて合意が必要となる。また意見の公平さや、逆に優先事項の存在を表現するために主体に対しウェイト付けを導入することも考えられる。このウェイトに対しても、全ての主体が合意をすることが必要である。

今後、このウェイトを用いてそれぞれの主体グループの代替案評価を行い、最終的に千歳川流域治水対策の合意を目指したい。

参考文献

1) 田村香奈, 日野智, 岸邦宏, 佐藤馨一：戦略的選択アプローチによる千歳川治水計画の代替案策定に関する研究, 土木学会第 56 回年次学術講演会講演概要集第 4 部, pp390-391, 2000.

2) 土木学会：戦略的選択アプローチ 第 25 回土木計画学シンポジウム, 1991.

3) 福島宏文, 岸邦宏, 加賀屋誠一, 佐藤馨一：土木計画における合意と決着に関する理論的研究, 土木計画学研究・講演集 20-2, pp357-360, 1997.

4) 木下栄蔵編著：AHP の理論と実際, 日科技連, 2000.

5) 木下栄蔵編著：入門 AHP, 日科技連, 2000.

6) 千歳川流域対策検討委員会：千歳川流域の治水に関する提言, 1999.