

環境社会システムにおける問題の構造分析と対策の評価 に関する研究 (サロマ湖を事例に)

古屋 温美*・関 いずみ**・須 崎 徹***・長 野 章****

漁村における産業、生活・文化、環境の相互関係である環境社会システムがどの様に認知されているかについては児玉ら(2000)により報告されている。本論文はこの環境社会システムを維持、保全していくための問題、その問題相互の関係、問題起因構造及びその問題ごとの対策の有効性を調査研究したものである。ここでは、北海道サロマ湖地区を事例として次のことを行った。①問題要素を抽出し各要素の環境社会システムにおける問題の大きさ、原因性及び問題要素の相互関係を DEMATEL 法により分析した。②環境社会システムにおける問題要素を ISM によりそれぞれの間で起因の階層化を行った。③環境社会システムにおける問題要素への対策の問題解決総合効果を DEMATEL 法を活用して評価した。

1. はじめに

漁業は、豊かな自然環境による持続的な水産資源の維持に支えられ成り立っている。そして自然環境の保全と水産資源の維持を行う人々の生活・文化がある。本研究では産業、生活・文化、環境の相互関連を環境社会システムと定義し、このシステムにより維持されている漁業と漁村における問題とその対策を研究対象としている。

研究の対象として取り上げた北海道サロマ湖地区は水路開削及び防水堤等の土木技術により環境を創造し、ホタテ養殖に成功した豊かな漁村を形成している。又児玉ら(2000)はサロマ湖の環境社会システムは次のように認識されていると報告している。サロマ湖地区においては、ホタテ養殖とサロマ湖の環境は環境社会システムの広範な要素に影響を与えている。サロマ湖の環境は地区の産業全般の成立に不可欠な要素である。産業と環境が強い関連性を持ちながら、産業とともに生活・文化がサロマ湖の環境に支えられている。

このような環境社会システムとしての特徴を持つサロマ湖地区において、環境の保全、産業の安定、生活・文化の維持上の問題の構造を DEMATEL 法により分析した。これら問題の起因構造を ISM (古屋ら, 2002) により明らかにした。土木事業を含む問題への対策の有効性を DEMATEL 法による総合影響係数を利用して問題解決総合効果を算定し、評価(門間, 1996)したものである。

2. DEMATEL 法による問題の構造分析

2.1 サロマ湖地区の概要

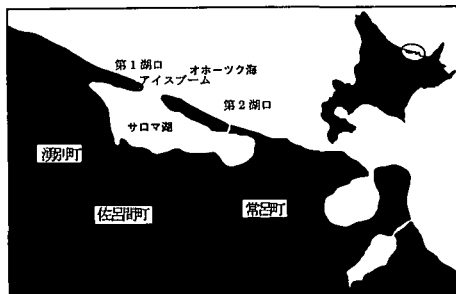
北海道オホーツク海に面するサロマ湖は面積が約 150 km², 周囲は約 90 km の日本で 3 番目に大きい湖で、2 つの湖口から海水交換のある汽水湖である。サロマ湖地区(佐呂間町, 常呂町, 湧別町)の人口は約 17000 人(平成

12 年)で、主要な産業は農林水産業、農水産品の加工を中心とする製造業、サービス業などであり、就業者数の約 41% が 1 次産業に従事している。

昭和 4 年に第 1 湖口(現湖口)の開削により湖内の水質が海洋性へと変化したことで、既存の漁業資源に加えてホタテ、エビ、ウニ等の新たな資源が増えるとともに、ホタテ、カキの増養殖事業が拡大した。漁業生産量は昭和 40 年頃で 6 億円程度であったが、昭和 50 年頃までの 10 年間で 54 億円に達し約 10 倍近くに成長した。更に、昭和 53 年に第 2 湖口の開削が完了したことは、ホタテ、カキの成育の向上と生産量の拡大に大きく貢献した。サロマ湖の漁業にとって重大な問題であった流水の湖内流入による養殖施設への被害についても、第 1 湖口、第 2 湖口に防水堤が整備されたことで、高い生産を安定維持することが可能になった。

このようにサロマ湖地区は、恵まれた自然環境に加え、湖口の開削や防水堤の建設といった土木技術、並びにサロマ湖地区の漁業者と多くの研究者らの協力により日本有数の漁業地帯へと成長した。

また、サロマ湖地区では自然環境と漁場環境の保全に力を入れて、漁業者が山に植林をする森づくり事業等を行っているのに加え、漁業者による各種自主規制や有害物質(鉛, 除草剤)の使用禁止自主規制の継続した実施のほか、「サロマ湖貝類・海藻類養殖漁場高度安定利用化計画」を策定し、適正な養殖漁場の利用に努めている。



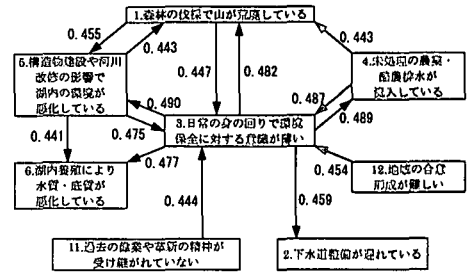
図一 サロマ湖位置図

* 正会員 (有)マリンプランニング
** 正会員 工博 (財)漁港漁村建設技術研究所
*** 国土交通省北海道開発局網走開発建設部
**** 正会員 工博 水産庁漁港漁場整備部

2.2 問題の構造分析

サロマ湖の環境社会システムにおいて産業(漁業)、生活・文化及び環境上のシステム要素とそれらに関わる新たな課題と対策については古屋ら(2001)により論ぜられているが、さらに現地聞き取り調査を行い表-1のように問題点と対策を抽出した。環境上の問題は、湖内に流入してくる水質に関連するものとホタテ養殖等による自家汚染である。産業(漁業)上の問題は、生産は順調であるが魚価の安定に関するものである。生活・文化に関しては、現在は豊かな漁村を形成しているので将来に対する不安に関する問題が挙げられている。これら問題への対策はその反語となるが、それでは具体的な対策のイメージが形成できない。具体的な施設や施策として実現可能な対策をヒヤリングとアンケートで抽出した。

問題点の抽出は、サロマ湖のホタテ養殖漁業者3名、漁業協同組合幹部1名の計4名に対するヒヤリングから行った。抽出した問題点の要素間の対比較アンケート調査を漁業協同組合職員3名、町の職員3名の合計6人に行った。対比較調査の結果から問題要素の直接影響行列(X)の逆行列を計算し、問題要素間の間接影響も含めた総合影響行列(T)を求めるDEMATEL法(門間, 1996)により問題要素間の影響関係を分析した。総合影響行列から得られる問題要素間の相互関連図を図-2に、各問題要素の行和、列和を加減算して得られる影響度、被影響度、原因度、中心度を表-2に、中心度と原因



数値は問題要素間の影響係数、矢印は口を与える向きである。

図-2 サロマ湖地区の問題点の相互関連図

度をプロットしたものを図-3に示す。

図-2に見るとおり問題要素の中で③日常の身の回りで環境保全に対する意識が薄い、を中心に①森林の伐採で山が荒廃している、⑤構造物建設や河川改修の影響で湖内の環境が悪化している、④未処理の農業・酪農排水が流入している4つの問題要素の相互の関係と他の問題要素との関係が、サロマ湖における環境社会システムの問題要素についての骨格の構造となっていることがわかる。

影響度は③の環境保全意識、④農業・酪農排水の流入、⑤建設事業による湖内環境の悪化、⑪過去の偉業や革新の精神の継承等、環境の悪化に関する問題要素と意識に関する要素が大きい値を示している。

被影響度は問題要素番号①④⑤⑥の環境の悪化に関するものが大きい。

原因度は影響度から被影響度を差し引いたものであるが、⑪、⑫の意識に関する要素が大きい値を示している。中心度が大きい要素は被影響度の大きい要素とほぼ同じで、環境に関する問題要素、合意形成や精神の継承等の意識に関する問題要素が大きい値を示している(表-2)。

図-3にプロットされた各要素は大別3つのグループに分けることが出来る。環境社会システムの構造の中で産業、環境に関する問題要素は明確に集まりを作っているが、生活・文化群は明瞭に見えない結果となっている。しかし、合意形成や精神の継承のような意識に関する要素についてみるとそれらの問題要素は原因度が大きく中心度の大きいところに集まっており、それらを意識群とする。図-3のように、意識群、環境群、産業群として集団を構成し、これらの群で構造を分析していく。

サロマ湖の環境社会システムにおいて中心度の大きい問題要素は、産業に関することではなく、環境といろいろな事項への意識のあり方である。また、原因度軸で見ると、意識群の原因度が大きく次に産業群、環境群の順である。これらのことから意識群が問題の起因で産業群の問題及び環境群の問題が結果となっている。さらに産業群は環境群より原因度が大きく環境の問題に対して原因要素であると考えられる。

表-1 サロマ湖地区環境社会システムにおける問題点と対策

	問題点	対策
環境保全	1. 森林の伐採で山が荒廃している	1. 植林の推進
	2. 下水道整備が遅れている	2. 下水道の整備
	3. 日常の身の回りでの環境保全に対する意識が薄い	3. 日常の環境保全意識の高揚
	4. 未処理の農業・酪農排水が流入している	4. 農地や牧場からの排水処理施設の整備
	5. 構造物建設や河川改修の影響で湖内の環境が悪化している	5. 自然環境と調和した河川・漁港・海岸施設の計画と整備
	6. 湖内養殖により水質・底質が悪化している	6. 第2湖口の改良による環境保全対策の実施
魚価の安定(産業)	7. 冬季の出荷量が極めて少なく通年安定出荷ができない	7. 冬季蓄養の実施
	8. 資材・人件費・輸送コストなどの漁業経費率が高い	8. 地元消費の拡大
	9. 海外の技術向上により競合が深刻化している	9. 衛生管理の徹底と信頼の付加
	10. 高付加価値商品を作ろうとする心構えがない	10. 資源量・環境容量・経営を考えた営漁計画の実施
豊かな漁村生活の維持	11. 過去の偉業や革新の精神が受け継がれていない	11. 地域の歴史に関する教育や次代を担う組織・人づくり
	12. 地域の合意形成が難しい	12. 地域におけるコミュニケーションの推進
	13. 繁殖期は労働時間が長く睡眠やゆとりの時間が少ない	13. 定期的な休みの確保や就労形態の改善
	14. 休漁期(冬季)の生活が単調である	14. 町内におけるスポーツや文化的活動の展開

表-2 総合影響行列の特性値

	影響度 (行和)	被影響度 (列和)	原因度	中心度
1. 森林の伐採で山が荒廃している	4.62	4.93	-0.31	9.55
2. 下水道整備が遅れている	4.13	4.70	-0.57	8.84
3. 日常の身の回りで環境保全に対する意識が薄い	5.35	5.34	0.01	10.69
4. 未処理の農業・酪農排水が流入している	4.83	4.94	-0.11	9.78
5. 構造物建設や河川改修の影響で湖内の環境が悪化している	4.83	5.05	-0.21	9.88
6. 湖内養殖により水質・底質が悪化している	4.50	5.05	-0.55	9.55
7. 冬期の出荷量が極めて少なく通年安定出荷ができない	3.59	3.57	0.02	7.16
8. 資材・人件費・輸送コストなどの漁業経費率が高い	3.24	3.24	0.00	6.49
9. 海外の技術向上により競合が深刻化している	3.43	3.40	0.03	6.83
10. 高付加価値商品を作ろうとする心構えがない	4.39	4.07	0.32	8.46
11. 過去の偉業や革新の精神が受継がれていない	4.84	4.32	0.52	9.15
12. 地域の合意形成が難しい	4.94	4.43	0.51	9.36
13. 繁漁期は労働時間が長く睡眠やゆとりの時間がない	3.15	3.18	-0.03	6.32
14. 休漁期(冬期)の生活が単調である	3.29	2.92	0.36	6.21

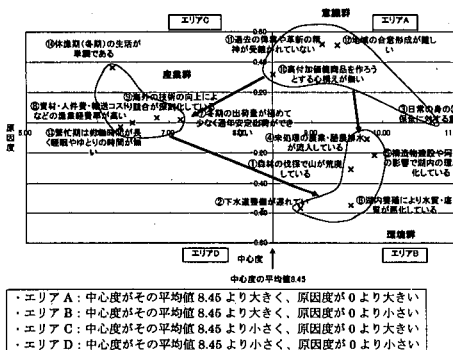


図-3 中心度と原因度の関係

3. ISM による問題要素の起因階層化

3.1 全問題要素による起因階層図の作成

問題要素はそれぞれの問題要素間で相互に関連を持っており、影響と被影響の大小から原因と結果の関係を持っている。それぞれの問題要素間の原因と結果の関係から全体の問題要素の起因と結果を連結した起因階層化をISMを用いて行った。

ISMによる問題要素の起因階層化を行うためにDEMATEL法において作成した直接影響行列を0（問

題要素間の影響関係なし）、1（問題要素間の影響関係あり）の隣接行列（A）に置き換える。隣接行列から、（1）式を満足するまで計算を繰り返し、到達可能行列（ T_n ）を求め問題要素を階層化するISMを適用した。

$$(A+I)^{r+1}=(A+I)^r=(A+I)^{r+1} \dots\dots\dots (1)$$

I：単位行列

直接影響行列から隣接行列への転換は次のように行った。各要素間で影響を与えている、いないの判断を各要素間の直接影響係数が上位4分位値以上となるものをありとして1と置き換え、それ未満は要素間の関係なしとして0と置き換える。さらに一対比較において推移律を適用し、対角要素のスクリーニングを行い再度1, 0の判断をして隣接行列を作成した。推移律とは要素aから要素bを見た場合と要素bから要素aを見た場合に、2要素の関係においていずれも影響を与えていて起因であるというのはあり得ないので、直接影響係数の大きい方を1にする。

全体の問題要素間でのISMにより起因階層化が行えるが、同じレベルに複数の要素が位置する。これら複数の要素間での起因階層化を行なうため、同一レベルにある複数要素に対して次のようにISMを適用した。同一レベルにある要素の直接影響行列から同じように隣接行列を作成し、到達可能行列を求めた後、同一レベルにある要素間の起因階層化を行った。ここでは最初の第一レベルの5要素、第二レベルの5要素に対して再度隣接行列を求め到達可能行列を計算して起因階層化を行った（図-4）。

図-4に見るとおり、サロマ湖地区の問題の起因階層図から、意識面での問題要素が下位レベルにあり、それらが起因となり環境面での問題要素や産業面での問題要素の結果を生み出している。しかし環境社会システム分析の特徴であるが、それぞれの要素は全体の要素が相互

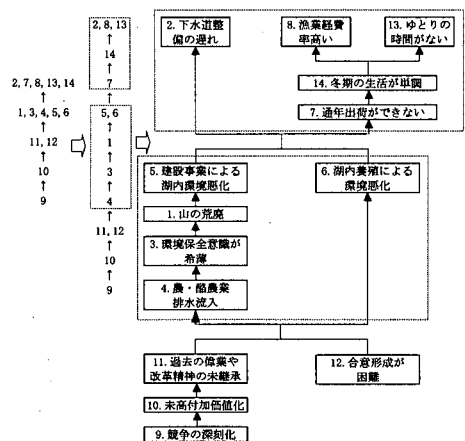


図-4 問題要素の階層化

に関連しているので、明確に起因と結果を示すのが難しい。環境社会システム分析は全体の要素が相互に関連していることを示すのが目的であるが、ある問題解決のためには要素を限定して明確に原因と結果を示した後に問題への対策を立てていく必要がある。

3.2 群の合成要素による起因階層図

環境社会システムにおける問題要素の範囲は広く問題要素間の起因階層化の解釈を明確にするため、問題要素を限定した中でISMによる起因階層化を行う。ここでは図-2に示したDEMATEL法による中心度と原因度による問題要素の分類を行い、分類問題要素群を合成した中で起因階層化を行った。

図-2において意識群は環境群及び産業群より原因度が高く、産業群は環境群より原因度が高い。これらのことから次の群の組み合わせにより、隣接行列を作成し到達可能行列を求め要素間の起因階層図を作成した。各図中で複数の問題要素群を枠で囲んでいるものは、全体問題要素におけるISMによる起因階層図の作成と同様に

同一レベルの複数問題要素を段階的に起因階層化を行った部分である。

図-5は意識群と環境群の問題要素を起因階層化したものである。⑩の高付加価値商品を作ろうとする心構えは意識群に分類したが産業への意識なので起因階層化からは独立している。この階層図は上位の階層はそれ以下の階層の影響を受けていることを示しており、例えば、⑥湖内繁殖により水質・底質が悪化している、はそれ以下のレベルすべての問題要素の影響を受けていることを示している。

図-6は意識群と産業群の問題要素を階層化したものである。図-5、図-6とも現地のヒヤリングなどをあわせて起因階層図を解釈しなければならないが、個別の意識に関する問題要素が環境や産業の問題要素の要因であったり、逆に図-6のように問題要素の一番の要因と思われる③環境保全意識が最上位のレベルとなっており、すべての問題要素の結果という図になっている。これらのことは一対比較調査において、問題要素間の二者の関係において一方が他方に影響を与えていると影響方向を答えるのではなく、二者の関係が強いと答えた結果と思われる。これらの解釈については図-2、表-2、図-3、図-4のほか現地のヒヤリングなどを総合して検討していく必要がある。

4. 問題への対策の有効度評価

環境社会システムにおける問題要素の対策の有効度評価を次のように行った。

表-1の14項目の対策が14の問題要素に対しどれだけ有効であるかの5階層得点をアンケートすると評価得点行列(H)が表-3のように求まる。これは各対策の各問題要素への直接的な有効度評価である。各問題要素は相互に関連し、環境社会システムの中では間接的影響も考慮した各対策への問題解決有効度を評価しなければならない。各問題要素の間接的影響も含めた影響の大きさは表-2の総合影響度で問題要素ごとに算出され、それを成分とする総合影響度ベクトル(E)で表される。評価得点行列(H)と総合影響度ベクトル(E)の積である(2)式は、対策項目ごとの有効度評価を成分(b_i)とする問題解決総合効果ベクトル(B)となる。

$$H \cdot E = B \dots\dots\dots (2)$$

表-3に(2)式の計算結果である問題解決総合効果とともに直接評価得点を示している。これら評価得点をプロットしたものが図-7である。図-7では直接評価得点と問題解決総合効果の評価点数を基準化してプロットしてある。問題解決総合効果は環境社会システムの中で各問題要素間の間接的影響がなく、また各対策の各問題ごとの有効性を評価しなければ、対策の直接評価得点(D)

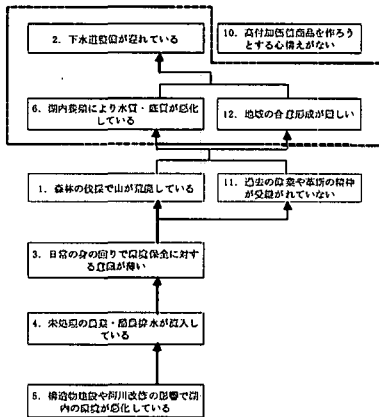


図-5 意識群と環境群の起因階層化

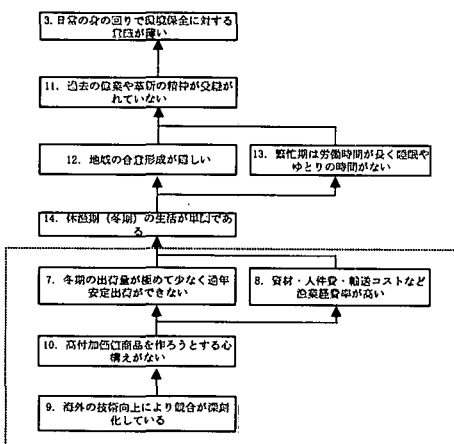


図-6 意識群と産業群の起因階層化

表-3. 対策の直接評価得点と問題解決総合効果

評価得点行列 (H)	1. 森林の伐採で山が荒 廃している	2. 下水道の整備 している	3. 日常生活の回りで環境 がよい	4. 排水が流入している	5. 未利用地の農業・漁業・ 観光で活用している	6. 湖内資源により水 質・底質が悪化して いる	7. 冬の湖が凍結し、 氷が厚く、湖岸が崩 壊している	8. 木材・人件費・輸送 費が高騰している	9. 湖外の技術向上によ り漁業が深刻化して いる	10. 高付加価値商品を作 ろうとする心構え がない	11. 過去の漁業や畜産 の慣習が変換されて いない	12. 地域の合意形成が 難しい	13. 観光客は労働時間 の長い、収入の低い 仕事に就いている	14. 休漁期（冬期）の生 活が単調である	総合影響度 ベクトル (I)	問題解決総合効果 (E)	直接評価得点 (D)
1. 植林の推進	3.0	1.5	2.7	2.0	2.0	2.0	0.3	0.2	0.2	0.5	1.5	1.2	0.0	0.0	4.62	80.18	30.00
2. 下水道の整備	1.2	3.0	2.5	2.3	2.2	2.3	0.3	0.2	0.0	0.0	0.8	1.0	0.2	0.0	4.13	74.65	28.00
3. 日常の環境保全意識の高揚	2.7	3.0	3.0	2.7	2.8	3.0	0.7	0.0	0.0	0.8	1.2	1.5	0.3	0.3	5.35	102.10	30.00
4. 農地や牧場からの排水処理 施設の整備	1.2	2.0	2.0	3.0	2.7	2.7	0.7	0.2	0.3	0.8	1.0	1.2	0.2	0.2	4.83	83.15	29.00
5. 自然環境と調和した河川・漁 港・海岸施設の計画や整備	2.0	2.0	2.5	2.0	2.8	2.7	0.8	0.3	0.5	0.7	0.8	1.0	0.0	0.0	4.83	83.93	29.00
6. 第2湖口の改良による環境 保全対策実施	0.8	0.8	2.2	1.8	2.3	3.0	1.2	0.5	0.5	0.5	0.8	1.3	0.0	0.0	4.50	72.86	28.00
7. 冬期畜養の実施	0.5	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	2.3	1.2	1.8	1.8	1.3	0.3	0.7	1.3	3.59	50.46	26.00
8. 地元消費の拡大	0.2	0.2	0.2	0.5	0.5	0.5	2.0	1.5	1.3	1.7	1.2	0.5	0.7	1.0	3.24	46.86	21.00
9. 衛生管理の徹底と信頼の付加	0.7	0.8	1.7	1.0	1.2	1.7	0.8	1.0	1.5	1.7	1.3	0.7	0.5	0.5	3.43	65.07	25.00
10. 資源・環境・経営を 考えた営漁計画の実施	0.8	0.8	1.2	1.2	1.2	2.0	1.5	2.2	1.7	1.7	1.3	1.0	0.5	0.7	4.39	74.41	28.00
11. 地域の歴史に関する教育や 次代を担う組織・人づくり	1.2	1.3	1.5	1.5	1.3	1.3	0.7	0.5	1.7	1.8	2.7	1.5	1.5	1.3	4.84	85.81	25.00
12. 地域におけるコミュニ ケーションの推進	1.3	1.8	1.8	1.3	1.5	1.7	0.7	0.7	0.7	1.3	1.8	1.5	1.8	1.8	4.94	83.41	23.00
13. 定期的な休みの確保や就 労形態の改善	0.2	0.2	0.7	0.2	0.5	0.5	0.8	1.3	1.0	1.0	0.8	1.3	2.7	1.7	3.15	50.12	19.00
14. 町内におけるスポーツや 文化的活動の展開	0.7	0.7	1.3	1.0	1.2	1.2	1.2	1.0	1.3	1.3	1.5	1.7	1.8	2.5	3.29	76.02	19.00

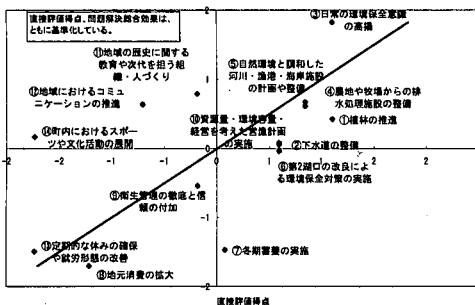


図-7 問題解決総合結果と直接評価得点による対策の有効性比較

と同じになるべきものである。図-7には勾配1の直線を示している。直線から上に外れている対策は⑫地域におけるコミュニケーションの推進や⑭町内におけるスポーツや文化活動の展開等意識に関する対策が多い。直線から下に外れている対策は①植林の推進、⑦冬期畜養の実施などであり、環境と産業に関するものが多い。このことは対策の直接評価有効度は、環境と産業に関する対策が直接的に大きく意識されるが、意識群の問題要素への対策は直接的な評価より間接的な影響も含んだ問題解決の有効度が大きいことを示している。

5. 主要な結論

①サロマ湖地区では産業、生活・文化、環境の中で環境に関すること及び生活・文化の中でも地域の合意形成、環境保全への意志が問題要素の中心であり原因となっており、問題は意識群→環境群、意識群→産業群、

産業群→環境群という原因方向となっている（図-3）。

②DEMATEL法の直接影響行列においてその直接影響係数を1, 0の影響関係あり、なしに置き換え推移律を適用することにより要素間の起因階層化が出来る。さらに複数要素のレベル内でこのことを繰り返すことにより同一階層の複数要素も階層化が可能である（図-4）。

③幾何学的構造分析モデルについての結論として、DEMATEL法による問題点の相互関連図、中心度、原因度の結果を利用し、問題要素を限定化したISMによる問題要素の起因階層化が行える（図-5, 6）。しかし、一対比較調査の回答者に問題要素間の関係の大きさではなく、影響と被影響の関係の回答を徹底する必要がある。④環境社会システムにおける問題要素への対策評価においては、問題要素の間接的影響及び各対策の問題への有効性を考慮した問題解決総合効果（表-3）で行い、その結果を対策の直接評価と比較検討（図-7）する必要がある。

参考文献

- 児玉いずみ・松本卓也・本田耕一・長野 章 (2000): 北海道サロマ湖地区における環境社会システムの構造分析について、環境システム研究, Vol. 28, 土木学会, pp. 383-389.
- 古屋温美・関いずみ・松本卓也・長野 章 (2002): 問題の構造と対策の分析手法について（漁業後継者問題を中心にして）、海洋開発論文集, Vol. 18, pp. 797-802.
- 古屋温美・関いずみ・松本卓也・中村 誠・長野 章 (2001): 沿岸漁村振興構想のフォローアップと新たな課題、海洋開発論文集, Vol. 17, pp. 433-438.
- 門間敏幸 (1996): TN法—むらづくり支援システム—実践事例集、農林統計協会, pp. 53-56.