

内湾性沿岸域の水環境再生のための設定目標の提案

Proposal of setting objective for restoring water environment of inner coastal zone

遠藤 徹\*

Toru Endo

重松 孝昌\*

Takaaki Shigematsu

**ABSTRACT:** Although the environment of inner coastal region has a close relationship between human activities so far, human society, especially economy system, has not recognized it. As a result, human society lost interest in the environment and knowledge of it. Japanese government established the law for promoting restoration of nature in 2002. But nobody has been able to presents an ideal environment of inner coastal region that has been under sever condition for last several decades. In this study, through a questionnaire for an ideal environment image and environmental problems of the inner coastal region, the ideal environment image which residents have and restoration objectives are explored. Furthermore impacts of human activities on the environment of coastal region are organized and the mechanism of forming environment of inner coastal region by the impacts is presented. In consequence, it is concluded that elimination of anoxic water is appropriate to the integrated environmental objective for restoration of inner coastal region.

**KEYWORDS:** Integrated environmental objective, Mechanism of forming environment of coastal region,

Ideal environment of inner coastal region, Strategic environmental assessment

# 1 はじめに

沿岸水域は、陸域における人間活動が自然に及ぼす影響の集積地としてとらえることができよう。ある時は、食料としての魚介類を獲ることだけを考えて、その要求を満足する沿岸水域がその理想像であったかもしれない。人命や財産を自然災害から防護することを強く意識し、その要求を満足する沿岸域整備が行われることもあった。より積極的に浅場を埋め立てて、経済活動を活性化して生活水準の向上を目指した時代もあった。このように、沿岸水域あるいは沿岸域は、人間の生活・活動・価値観と決して無縁ではない。現在の人間活動とその履歴とが無関係ではないのと同様に、現状の沿岸水域あるいは沿岸域の環境もその履歴とは無関係ではない。

このことは、沿岸域に関わる法律を顧みても明らかである(表-1 参照)。20 世紀初頭に制定された法律は沿岸域の利用に関する法律、20 世紀半ば以降に制定された法律は規制(公害問題)に関するもの、1990 年代以降に制定されたものは修復(環境問題)に関する法律であると分類できる。これらのうち、前二者は、その目的や達成目標が明確であるのに対して、第三者はそ

表-1 沿岸域に関わる主な法律

| 年代   | 法律                   | 分類   |
|------|----------------------|------|
| 1949 | 漁業法                  | 利用   |
| 1950 | 港湾法                  | 利用   |
| 1953 | 港湾整備促進法              | 利用   |
| 1956 | 海岸法                  | 利用   |
| 1959 | 特定港湾施設整備特別措置法        | 利用   |
| 1961 | 港湾整備緊急措置法            | 利用   |
| 1967 | 公害対策基本法              | 公害対策 |
| 1970 | 海洋汚染および海上災害の防止に関する法律 | 公害対策 |
|      | 水質汚濁防止法              | 公害対策 |
| 1973 | 瀬戸内海環境保全特別措置法        | 環境保全 |
| 1974 | 沿岸漁場整備開発法            | 利用   |
| 1993 | 環境基本法                | 環境保全 |
| 1999 | 海岸法改正                | 環境保全 |
| 2000 | 港湾法改正                | 環境保全 |
| 2001 | 水産基本法                | 利用   |
| 2002 | 自然再生推進法              | 環境保全 |

\* 大阪市立大学大学院工学研究科 Graduate School of Engineering, Osaka City University

の達成目標が不明確である。「自然再生推進法」の成立に伴って環境保全・修復の気運が高まりつつあるものの、明確な沿岸水域の自然再生像、修復された環境像が描けないのが実情である。これは、少なくとも過去数十年間は、本来、それが人間の社会システム内に組み込まれているものであるという意識がきわめて希薄になっていること、また、沿岸水域の環境が経済システムの中に組み込まれていなかったことが原因であると考えられる。その結果、前述のように、沿岸水域の環境が空間の履歴の結果として現れているにもかかわらず、その履歴を考慮することなく理想像を求めようとするために、その設定目標が明確でなくなっていると感じられる。

本研究では、まず、アンケート調査によって、その背後に大都市を抱える内湾生沿岸域の理想像を明らかにしようとした。次に、沿岸水域環境の形成過程を科学的に分析し、沿岸水域に及ぼすインパクトとインパクトによる沿岸水域環境の悪化構造を明らかにする。最後に、沿岸水域環境の現状に対する人々の認識を整理し、沿岸水域環境の修復のために適切な設定目標を提案する。

## 2 内湾性沿岸域の理想像

自然再生推進法によれば、自然再生の定義は、過去に損なわれた生態系その他の自然環境を取り戻すこととなっている。しかし、過去に、津波や高潮で多くの人命や財産を失った我が国では、防波堤、防潮堤の築造など「防護」に重点を置いた海岸整備がなされてきた。また、沿岸域を開発し、利用することによって現在の日本経済を築き上げてきた。このような歴史的経緯を顧みると、決して過去の海岸利用を全否定することはできない。同時に、開発・整備された現在の海岸線や沿岸域の構造物をすべて取り除いて、元の自然の姿に戻すことは経済的・社会水準的に難しいであろう。背後に大都市を抱える内湾性沿岸水域の環境を保全・修復するためには、まず、我々が現状の生活水準を維持したままで得られる沿岸域の理想像を見出し、その理想像に近づけていくことを考えるべきである。その理想像を決定するのは、地域住民または関係都道府県に住む人々である。

ここでは、沿岸域環境の理想像を見出すために、背後に大都市を抱えた沿岸域の例として大阪湾を取り上げ、その関係府県在住の人を対象にアンケート調査を行った結果を紹介する。アンケートの対象者は、大学生121名と30歳前後の社会人96名の計217名である。アンケートの調査方法は、大学生に関しては授業中に、社会人に関してはイベント参加時にアンケート調査を行い、自由記述方式で行った。インターネット（たとえば、文献1）や郵送によるアンケート調査では、沿岸域環境に興味・関心のある人の回答が多くなりがちであると推測される

表-2 「理想的な海」と「理想的な大阪湾」の回答結果の比較

| 「理想的な海」はどのようなものですか？ |              |     |     | 「理想的な大阪湾」はどのようなものですか？ |               |     |     |
|---------------------|--------------|-----|-----|-----------------------|---------------|-----|-----|
| 頻度                  | 回答例          | 回答数 | 割合  | 頻度                    | 回答例           | 回答数 | 割合  |
| 1                   | きれい          | 102 | 34% | 1                     | きれい           | 81  | 27% |
| 2                   | 生物の多様性が富んでいる | 36  | 12% | 2                     | 自然が残っている      | 45  | 15% |
| 3                   | ハワイ・沖縄・南国の海  | 25  | 8%  | 3                     | わからない         | 27  | 9%  |
| 4                   | 砂浜がある        | 16  | 5%  | 4                     | 生物の多様性が富んでいる  | 23  | 8%  |
| 5                   | 自然が残っている     | 15  | 5%  | 5                     | 安全・安心         | 15  | 5%  |
| 6                   | ゴミがない        | 14  | 5%  |                       | 汚染されてない・ゴミがない | 15  | 5%  |
| 7                   | 泳げる          | 13  | 4%  | 7                     | 親水性が富んでいる     | 14  | 5%  |
| 8                   | 安全           | 11  | 4%  | 8                     | 開発されている       | 13  | 4%  |
| 9                   | 親水性が富んでいる    | 9   | 3%  | 9                     | 海運が盛ん         | 12  | 4%  |
| 10                  | 静か           | 8   | 3%  | 10                    | 砂浜がある         | 9   | 3%  |
| 11                  | 波が穏やか        | 7   | 2%  | 11                    | 活気がある         | 7   | 2%  |
|                     | 魚介類がたくさんとれる  | 7   | 2%  | 12                    | 楽しめる海         | 6   | 2%  |
| 13                  | 青い           | 6   | 2%  | 13                    | 理想的な海と同じ      | 5   | 2%  |
| 14                  | わからない        | 5   | 2%  | 14                    | アメニティー空間がある   | 4   | 1%  |
|                     | 開放的な海        | 5   | 2%  |                       | 泳げる           | 4   | 1%  |
| 16                  | 楽しめる海        | 4   | 1%  | 16                    | 波が穏やか         | 3   | 1%  |
|                     | 人が少ない        | 4   | 1%  |                       | 魚介類がたくさんとれる   | 3   | 1%  |
| 18                  | 遠浅           | 3   | 1%  |                       | 癒してくれる        | 3   | 1%  |
|                     | アメニティー空間がある  | 3   | 1%  |                       | 景観がよい         | 3   | 1%  |
|                     | 癒してくれる       | 3   | 1%  | 20                    | 人間にとって便利      | 2   | 1%  |
|                     | 自然と人間が共存している | 3   | 1%  |                       | 静か            | 2   | 1%  |
| -                   | その他          | 5   | 2%  |                       | きれいな環境をもつ貿易港  | 2   | 1%  |
|                     |              |     |     | -                     | その他           | 10  | 3%  |

が、本アンケート調査では興味・関心のない人の意見も反映されており、より平均的な意見が抽出されていると期待できる。

アンケート調査で得られた結果の一部を表-2に示す。表-2は、「理想的な海」と「理想的な大阪湾」について質問した結果を整理したものである。表-2によると、「理想的な海」も「理想的な大阪湾」のいずれも、「きれい」、「生物の多様性が富んでいる」、「安全」、「自然」といった項目が上位を占めている。注目したいのは、「理想的な大阪湾」として、「開発されている」、「海運が盛ん」、「人間にとって便利」、「近代的」、「活気がある」といった項目が挙がっていることである。このことから、回答者は、抽象的な「海」に対しても「大阪湾」に対しても自然や静穏性を求めているが、「大阪湾」には単なる自然を求めているのではなく人間活動と調和のとれた空間を求めていることが読み取れる。すなわち、大阪湾のように背後に大都市を抱えた内湾性の沿岸域の自然再生や環境修復は、単に過去の原因風景を取り戻すというのではなく、人間活動の影響が考慮された「人間活動と調和のとれた沿岸域環境」を創造していく必要があると考えられる。

また、沿岸域環境の理想像は、一般論として考えるのではなく、対象地域毎の理想像を議論することが不可欠であることが改めて認識された。

### 3 背後に大都市を抱えた内湾性沿岸水域の現況

#### 3. 1 沿岸水域の環境に及ぼす人為的インパクト

東京湾、伊勢湾、大阪湾をはじめとする内湾性の沿岸水域は、その背後に大都市を抱えており、古くから人間と水域環境とのつながりが密接であった。ここでは、人間の生活の営みと内湾性沿岸水域の環境形成との関連について整理してみた(図-1)。まず、人間が沿岸域環境に及ぼす形態は、漁業・工業・商業などの営利活動に起因する「経済活動」を介してなされる形態と、人間が存在するために必然的になされる「日常生活」を介して行わ

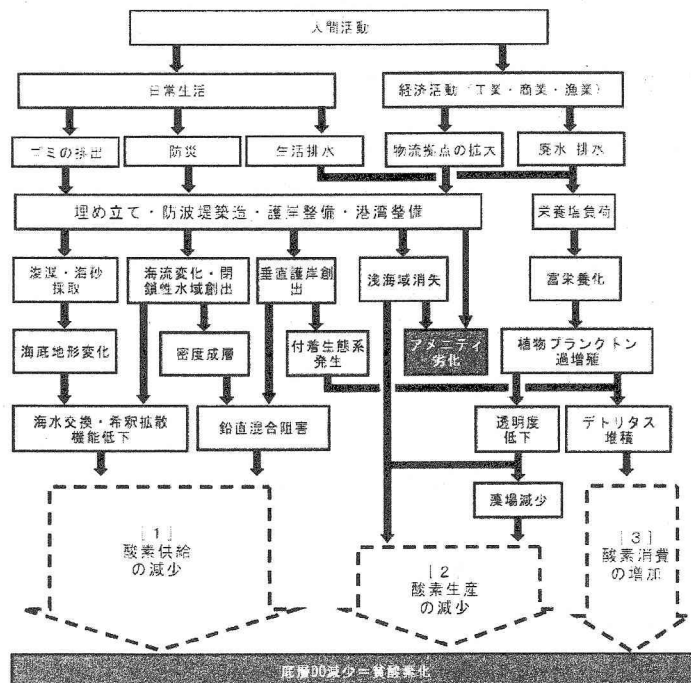


図-1 人間活動が影響を及ぼす内湾性沿岸域の環境構造の概念図

れる形態とに大別されよう。

「日常生活」を介して沿岸水域環境に及ぼす影響は、①ゴミ処分地としての浅海域の埋め立て、②人命・財産を自然災害から防護するために築造された防波堤・防潮堤等の構造物による陸域と海域との隔絶、③生活排水を介した栄養塩供給、などに集約される。また、「経済活動」を介して沿岸水域環境に及ぼす影響は、④港湾施設などの物流拠点の築造に伴う浅海域の埋め立てや、⑤排水や廃水を介した海域への栄養塩供給、などに集約される。これらは、さらに、(1) 埋め立て・防波堤や護岸・港湾などの構造物の築造と、(2) 栄養塩負荷、とに集約される。前者は物理的環境インパクトとして、後者は化学的環境インパクトとして理解することもできよう。

### 3. 2 インパクトによる沿岸水域環境の形成過程

#### (1) 物理的環境インパクトが及ぼす沿岸水域環境への影響

物理的環境インパクトは、

- ・ 浚渫・海砂採取などによる海底地形の改変
- ・ 海流の変化、閉鎖性水域の創出
- ・ 垂直護岸の創出
- ・ 浅海域の喪失

として発現している。これらは、

- ・ 海水交換機能の低下
- ・ 希釈・拡散機能の低下
- ・ 鉛直混合機能の低下
- ・ デトリタスの増産

等を招き、結果的に、底層域における溶存酸素濃度を低下させることがわかる。東京湾や三河湾などで青潮や苦潮と呼ばれる現象は、底層の貧酸素水塊が水表面に湧昇された結果、発現する現象である。

#### (2) 化学的環境インパクトが及ぼす沿岸水域環境への影響

化学的環境インパクトは、一次生産量の増加を促進し、これが過剰になると赤潮として認識される。赤潮の発生は、養殖産業に影響を及ぼすだけでなく、水底へのデトリタスの堆積量の増加に直結するので、これらがベントスやバクテリアなどによって分解されるときに多くの酸素が消費され、結局、底層の貧酸素化を促進させることになる。また、一次生産量が増加することによって水中透明度が減少すれば、水中あるいは水底に達する光量が減少し、その結果として、海藻・海藻の成長が阻害されることになり、光合成量の低下を招くことになる。

このように、人間活動が沿岸水域の環境に及ぼす影響は多岐にわたっていると考えられるが、図-1のように環境構造をシステムティックに整理すると、その影響の発現形態は

- [1] 酸素供給機能の低下
- [2] 酸素生産機能の低下
- [3] 酸素消費量の増加

として整理できることがわかる。すなわち、人間活動が沿岸水域の環境に及ぼす影響は、海水中の溶存酸素量を低下させる機能、すなわち貧酸素化を促進する要因として理解される。

### 4 沿岸水域の環境問題に関する認識

沿岸水域の環境を修復するうえで、何を改善できれば環境が修復できたといえるのか、また、現状のどのような問題点を克服して、どのような環境レベルに戻せば再生できたと言えるのであろうか。

表-3は、前述のアンケート調査の中で「海の問題」と「大阪湾の問題」を挙げてくださるとの質問に

対する回答を整理したものである。海の環境問題に対する回答としては津波が最も多く、赤潮、海洋汚染などがこれに続いている。津波という回答が 30%も占めていることから、「海の環境問題」という言葉に対する認識も十分ではないことが推察される。一方、大阪湾の環境問題に対しては、37%の人が「わからない」と回答しており、環境問題らしい回答は「赤潮」と回答した5%にとどまっている。大阪湾の環境に対する関心の低さが表れていると考えられる。

このように、沿岸水域の環境問題に対する認識は低く、得られた回答結果の中でも赤潮や青潮以外は認知度が極めて低い。これは、沿岸水域の環境問題に関わる被害者がほとんどいないことに一因がある。例えば、赤潮や青潮は、養殖業者に甚大な被害が出るために新聞紙上を賑わしており、この新聞記事を介して我々はこれらを沿岸水域の環境問題と位置づけているのである。しかし、このような現象ですら実際に被害を被っているのは一部の漁業従事者であり、一般人の多くは直接的被害を被っていない。赤潮や青潮の他に、直接的に一般人に直接的被害を及ぼす現象はないと言っても過言ではない。それ故、沿岸水域の環境問題を認識できないのである。すなわち、自然再生や環境修復の主体あるいは受益者となる地域住民が問題点を認識できないのであれば、彼等は環境修復目標や自然再生目標を持つことはできず、したがって、彼等を主体とした沿岸域の自然再生事業なるものは成立し得ないと言える。

沿岸水域の環境に対する無関心や無知が、現在の沿岸水域の環境を形成していることを考えると、沿岸水域（あるいは海域）に関する環境教育の重要性が認識される。

表-3 海の環境問題の認知度に関するアンケート結果

海の環境問題をあげてください。

| 頻度 | 回答例    | 回答数 | 割合  |
|----|--------|-----|-----|
| 1  | 津波     | 138 | 30% |
| 2  | 赤潮     | 113 | 25% |
| 3  | 海洋汚染   | 61  | 13% |
| 4  | 高潮     | 54  | 12% |
| 5  | 水面上昇   | 27  | 6%  |
| 6  | 事故     | 23  | 5%  |
| 7  | 青潮     | 7   | 2%  |
|    | エルニーニョ | 7   | 2%  |
| 9  | 公害     | 4   | 1%  |
|    | 埋め立て問題 | 4   | 1%  |
|    | 浸食     | 4   | 1%  |
| 12 | わからない  | 3   | 1%  |
|    | 塩害     | 3   | 1%  |
|    | 貧酸素    | 3   | 1%  |
| —  | その他    | 9   | 2%  |

大阪湾の環境問題をあげてください。

| 頻度 | 回答例          | 回答数 | 割合  |
|----|--------------|-----|-----|
| 1  | わからない        | 40  | 37% |
| 2  | 環境が悪い        | 14  | 13% |
| 3  | 排水による水質汚染    | 13  | 12% |
| 4  | 少しずつ改善されつつある | 12  | 11% |
| 5  | 開発による破壊      | 7   | 6%  |
| 6  | 赤潮           | 5   | 5%  |
|    | 人間が汚している     | 5   | 5%  |
| 8  | 埋め立て         | 3   | 3%  |
| 9  | 護岸整備         | 2   | 2%  |
|    | 貧酸素          | 2   | 2%  |
|    | 生物が多様でない     | 2   | 2%  |
| 12 | くさい          | 1   | 1%  |
|    | 水質が悪い        | 1   | 1%  |
|    | 明石海峡大橋の完成    | 1   | 1%  |

## 5 沿岸水域の環境修復目標

一般人が環境問題を認識できていないからといって、沿岸水域の環境を修復する必要はないのであろうか。三番瀬干潟、藤前干潟などの例を取って考えてみれば、決してそうではないことは明らかである。では、どのようにして修復を図ればよいのであろうか。

一般人が沿岸水域の環境問題として認識している赤潮は、図-1によれば、陸域からの栄養塩負荷に起因して生じる現象である。したがって、赤潮の発生を抑制するには陸域からの負荷を削減すればよい。しかし、赤潮の発生が抑制できれば、沿岸水域の環境修復が達成されたと言えるのであろうか。すでに法律によって総量規制が

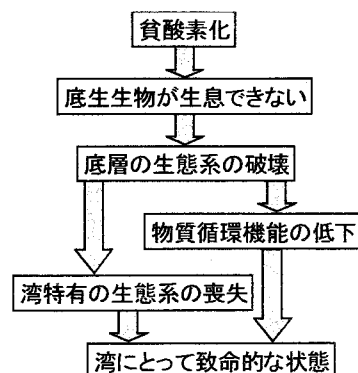


図-2 貧酸素化が及ぼす影響

行われているにもかかわらず沿岸水域の環境が改善されているとは言い難いことから、沿岸水域環境を修復する際、的確な修復目標を掲げなければならない。

人間活動が沿岸水域の環境に及ぼす影響は、海水中の溶存酸素量を低下させる機能、すなわち貧酸素化を促進する要因であるということは前述したとおりである。では、貧酸素化が海域の環境にどのような影響をもたらすのかについて考えてみよう。図-2 は、貧酸素化が海域に及ぼす影響の連関を示したものである。貧酸素化した海域では、我々が親しみを持つ好気性の生物は生息できなくなることは周知のことである。忌避行動を取ることができる生物は貧酸素水塊から逃れることで生き延びることができるが、忌避行動がとれない、あるいは、忌避速度の遅い生物、特に底生生物は死滅せざるを得ない。夏季に貧酸素化が著しい大阪湾の漁獲統計によると、二枚貝の漁獲が年々減少し、1997 年度の貝類の漁獲高は 1965 年度のその 1/100 程度になっている（文献 2）参照。すなわち、大阪湾の底生生態系は壊滅状態に陥っているといってもよいのではないだろうか。二枚貝などの底生生物は、水中の懸濁物質や水底に堆積したデトリタスを食すことを通じて、海域中の物質循環機構を支える重要な役割を担っており、したがって、これらの底生生物の消滅は湾スケールの生態系の崩壊を意味することになる。

前述の赤潮に対して対策を施して赤潮の発生が解消されたとしても、空間の履歴として形成された沿岸域の現状の元では、上述の貧酸素化を必ずしも抑制できると言えないことは、図-1 より明らかである。したがって、貧酸素化の解消を沿岸水域の環境修復目標とすることが、沿岸水域の環境改善要因として適切であると考えられる。

## 6 おわりに

本研究では、内湾性沿岸水域の環境を修復するための設定目標の抽出を行った。主要な結論を要約すると以下のとおりである。

- 1) 背後に大都市を抱える内湾性沿岸域の理想像と、海の理想像は必ずしも一致するものではない。内湾性沿岸水域の自然再生を推進するためには、その沿岸域に求められる理想像、すなわち、都市型自然（人間活動と調和のとれた自然）を見出さなければならない。
- 2) 人間活動が沿岸域の水域環境におよぼす影響を一つのシステムととらえて整理し、環境悪化の構造を明確にした。その結果、人間活動が沿岸水域環境に及ぼすインパクトは、水中溶存酸素への影響としてとらえられることを明らかにした。したがって、現状の沿岸域環境の修復目標として貧酸素化の解消を掲げることが適切であると結論づけられた。
- 3) 住民が主体となって沿岸域の環境修復について議論できるようになるためには、沿岸域の環境に関する環境教育が必要不可欠である。

最後に、本論文の作成にあたっては、生態系工学研究会で交わされた議論が大変有益であった。ここに記して謝意を表する。

## 参考文献

- 1) 大阪大学大学院工学研究科バーチャル大阪湾研究所(2001)：海域環境の保全・想像策に関する調査研究，109p.
- 2) 水産研究叢書 49「大阪湾の海域環境と生物生産」，社会法人日本水産資源保護協会，平成 14 年，p. 98.