

# 自然浄化対策について

生態系機能を活用した  
“健やかな湖沼水環境”の実現を目指して

平成26年12月

環境省 水・大気環境局 水環境課

## 本資料の目次と記載内容の主旨（ 1 / 2 ）

第1章 はじめに	1
1.1 湖沼の水環境保全の基本的な考え方	1
1.2 水環境保全の取組と自然浄化対策	1
1.3 本資料の目的	3

第1章では、「湖沼の水環境保全の基本的な考え方」、本資料で扱う「自然浄化対策の定義」、「本資料の目的」を記載。また“健やかな湖沼水環境”の実現のためには、湖沼からの多様な恵沢(生態系サービス)を取り戻して高めることが重要である。

第2章 自然浄化対策の主な手法およびその効果や課題	9
2.1 植生を活用する（生やして刈る）取組	11
2.2 土壌に浸透させる取組（植生組み合わせ有）	23
2.3 湖内等の水草を刈り取る取組	30
2.4 二枚貝等の浄化機能活用を促進する取組(覆砂等)	38

第2章では、自然浄化対策の取組について、湖沼自然浄化活用事業で行った対策手法とその効果や問題点の概要や用途例をとりまとめた。  
なお、湖沼自然浄化活用事業は、6事業を選定して実施した。

第3章 自然浄化対策を講じる際に配慮すべき点	44
3.1 配慮すべき点の考え方	44
3.2 配慮すべき点	45

第3章では、自然浄化対策を講じる際にどのようなことに配慮すべきかについてとりまとめた。  
本章の配慮すべき点は、自然浄化対策を効果的に推進する際に参考となると考えられる。

## 本資料の目次と記載内容の主旨（ 2 / 2 ）

湖沼水環境調査検討会 .....	61
問い合わせ先 .....	61

### 参考資料（自然浄化対策に関わる取組事例集）

1. 湖沼自然浄化活用事業の取組事例 ..... 参 1
2. 文献や既往報告書等から整理を行った取組事例 ..... 参 86
3. 住民等が参加した湖沼の水環境保全の取組事例 ..... 参 100

ここでは、自然浄化対策を講じる際に参考となるよう事例を整理した。  
また湖沼水環境保全の取組を持続的・効果的に行っていくには住民等の協働・連携が不可欠であるため、住民等が参加した湖沼の水環境保全の取組事例も整理した。  
ただしこれら事例には期待される効果を発揮されているものばかりではなく、課題が見られるものも多い。事例別に対策を講じた場合の効果や配慮すべき点等を整理した。

# 第1章 はじめに

## 1.1 湖沼の水環境保全の基本的な考え方

湖沼は、古来人々の生活と生産活動を支え、人々に多様な恵沢\*1を持続的にもたらしてきたかけがえのない国民的資産である。湖沼は、水道水源となるなど水資源の安定的な確保に重要な役割を果たしているほか、多様な生物をはぐくみ豊かな水産資源をもたらし、あるいは周辺の自然環境と一体となって良好な景観を構成するとともに、沿岸の遊歩、自然探勝等の野外レクリエーションの場となっている。また自ら生態系機能を活用し、有機物が微生物により分解されたり、植物等により栄養塩類が吸収されたりする浄化作用がある。さらにこれらの湖沼は治水等の面でも重要な機能を有してだけでなく、固有の生態系を形成する等学術的に価値の高いものも少なくない。

一方、社会・経済活動の発展に伴って湖沼に流入する汚濁の負荷が増大したことや、湖沼自然環境に影響を及ぼす改変等\*2により、湖沼は水質汚濁が進行し、生態系を含む自然環境の劣化も引き起こされ、湖沼からの多様な恵沢は損なわれてきている。

湖沼は、閉鎖性の水域であるため、水質の汚濁が進みやすい上に、いったん水質が汚濁するとその改善が容易でないという特性を有している。現在の我が国における湖沼の水質については、水質環境基準(COD)の達成率は50%程度と海域や河川に比べて低い状況のままである。

望ましい湖沼水環境(“健やかな湖沼水環境”)とは、湖沼に関わる人々の合意形成を図りながら水圏生態系・生物多様性や良好な水質、親水性等の人と水との関わり等の保全、適切な水量や治水などを目指しつつ、上述する湖沼の多様な恵沢を維持することである。このことから、“健やかな湖沼水環境”の実現、すなわち湖沼の多様な恵沢を将来にわたって国民が持続的に享受できるように、湖沼の水環境保全及び改善を図ることは極めて重要である。

## 1.2 水環境保全の取組と自然浄化対策

水環境保全の取組には大別すると水質保全、生態系保全(水産資源含む)、景観保全等がある(図 1.2-1)。これら取組は、湖沼の有する治水、利水、水産その他の公益的機能に十分配慮しつつ、湖沼の特性及び汚濁原因等の課題に応じた保全対策を適切に講じなければならず、このような取組を総合的に実施するにあたっては、国、地方公共団体、事業者、住民等の緊密な協力が必要となる。

水環境保全の有効な取組の一つに生態系機能を活用した水質浄化\*3の取組(「自然浄化対策」という)がある(図 1.2-1)。この取組は、劣化している生態系機能による自浄能力の回復・向上を期待するものである。湖沼流域では下水道等の汚水処理施設の普及が進捗しており、今後、大幅な湖沼への流入汚濁負荷の低減が望めない状況の中で、湖沼の内部生産や底泥からの溶出等の汚濁メカニズムに対応した自然浄化機能を活用した水質保全対策が期待される。

\*1: 「生態系サービス」という。詳細は[コラム I](p4~5)を参照。

\*2: 後述[コラム II](p6~7)で例示。

\*3: 本資料でいう「水質浄化」とは、有機汚濁負荷(COD、BOD)の削減のみならず、懸濁粒子の沈降や巻き上げ抑制、透明度向上、貧酸素化や植物プランクトンの異常増殖の抑制、富栄養化の要因になる栄養塩類の低減等を対象としている。

このような取組の促進に係る一環として、平成 17 年の湖沼水質保全特別措置法の改正において湖辺植生の水質浄化機能により水質の保全を図るための、湖辺環境保護地区指定制度\*4が設けられている。

ただし、自然浄化対策の取組には、維持管理が不可欠であることや、取組を行ったことにより湖沼全体の水質が浄化されるというものでもなく、水質浄化の効果は想定以上に小さい可能性がある（後述の「配慮すべき点(2)」(p48)参照）。ときには、期待している効果と異なる望ましくない結果をもたらすおそれもある（後述 p16～21 等参照）。

このため自然浄化対策を行う際には、水質浄化の目的に主眼を置きつつも、生態系の再生・保全、資源活用、人と自然の触れ合いの場の提供（取組を通じての住民の環境保全に関する意識高揚等）にも着目し（後述の「配慮すべき点(2)」(p47～52)参照）\*5、科学的知見に基づき実施に伴う環境への影響の低減に配慮しながら長期的な視野で持続的に進めていくことが重要であり、湖沼全体の水質保全を見据えるには他の対策（流域対策等）と併せて複合的な効果を見込んでいくことも大切である（後述の「配慮すべき点(2)」(p47)参照）。その際、それぞれの湖沼の特性に応じ、湖沼に関わる人々で合意形成を図りながら対策を進めていくことが必要である。

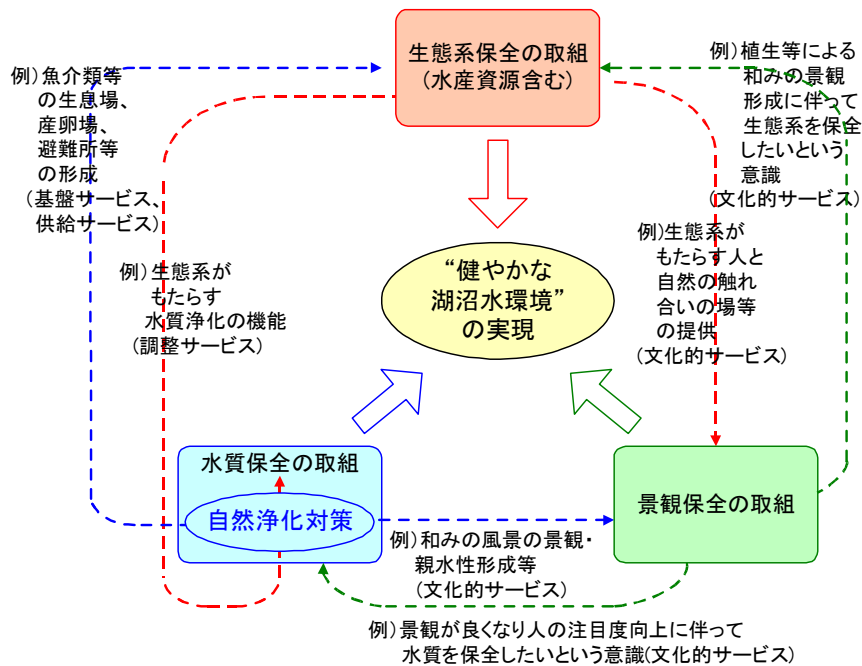


図 1.2-1 “健やかな湖沼水環境”の実現における自然浄化対策の位置づけ\*5-6

\*4：詳細は[コラムⅢ](p8)を参照。

\*5：「このような湖沼にしたい」という期待する湖沼の姿を全て同時にかなえることはできない（例えば「多く魚の棲む湖沼」と「水が澄んだきれいな湖沼」が両立しないおそれがある）。また湖沼の望ましい姿はそれぞれの湖沼で異なる。このため、目指す姿は対象とする湖沼の特性や目標・目的の優先度等を勘案しつつ、関わる人々の合意形成を通じながら選択することが重要である（後述の「配慮すべき点(1)」(p45)、[コラムⅤ](p46)参照）。

\*6：“健やかな湖沼水環境”の実現に向けたそれぞれの取組は、図 1.2-1 に挙げた生態系保全の取組、水質保全の取組、景観保全の取組だけではなく、湖沼に関わりのある人々や住民等の意識高揚のための取組などもある。そのような取組を実施する際には、対象とする湖沼の現状と問題点・課題等を勘案しつつ、取組を選択していくことが重要である。

### 1.3 本資料の目的

本資料は、それぞれの湖沼における“健やかな湖沼水環境”の実現に向けて、湖沼水質の保全・改善の観点から生態系機能を活用した水質浄化の取組である自然浄化対策の考え方をとりまとめたものである。平成 23～25 年度にかけて実施された湖沼流域水循環健全化事業の一環として作成した。

行政やNPO等の湖沼水環境保全に関わる関係機関等がそれらの取組を実施する際に参考資料として役立つように実例を中心に紹介して取組における期待される効果や配慮すべき点を整理した。例えば、以下のような活用の仕方を想定して作成している。

- ◇行政の方においては、“健やかな湖沼水環境”の実現に向けた対策に係る計画立案～施工(実施)～維持管理を一連として担う参考となるように作成している。また、本資料では住民等が参加している湖沼の水環境保全の取組事例もとりまとめているので、住民等の理解・協働等を得る対応を図る際の参考にしていただければと考えている。
- ◇一方、NPO や住民等の方においては、湖沼水環境保全に関わる関係機関や住民等の方が自然浄化対策の考え方を参考にすることができるよう作成している。

## [コラム I] 生態系サービスとは

豊かな生態系が保全されているということは、多様な生物が存在し、これを取り巻く大気、水、土壌等の環境の自然的構成要素と相互作用によって多様な生態系が形成されていることであり、人類は、このような生態系がもたらす恵みを享受することにより生存しており、生態系が人類存続の基盤になっている。しかし、現在、人間活動により多様な生態系が損なわれ、それに伴う人々が受ける生態系からの恵みの損失・低下が深刻な問題になっている。

このような背景から、生態系の保全と持続的な利用を進め、人間の福利への生態系の貢献を高めていくため、国連環境計画（UNEP）を事務局とした国際機関において、2001年～2005年に、生態系の変化が人間の福利に及ぼす影響の評価「ミレニアム生態系評価」が行われた。それには人類が生態系によって提供される資源と生態系のプロセス（働き）から得ている利益である「生態系サービス」、いわゆる“人々が受ける生態系からの恵み”の重要性がまとめられている。「生態系サービス」は地球全般に通ずる概念であり、以下の四つのサービスから成り立っている（図 -1）。

- ①栄養塩類循環・土壌形成・光合成などの“基盤サービス”
- ②食糧・水・木材・繊維などを与える“供給サービス”
- ③気候・洪水・疾病・水の浄化などを調整する“調整サービス”
- ④レクリエーションや審美的・精神的な恩恵を与える“文化的サービス”

これらサービスは、生態系無くしては存在しないものであり、世界中の全ての人々は、地球上の生態系と、その恵みである生態系サービスに完全に依存している。このため、それら多様なサービスが調和されつつ人々へ持続的に享受されつづけられるようにするために、損なわれつつある生態系を再生・保全していくこと、それらサービスを高めることは人々にとって必要不可欠な取組といえる。

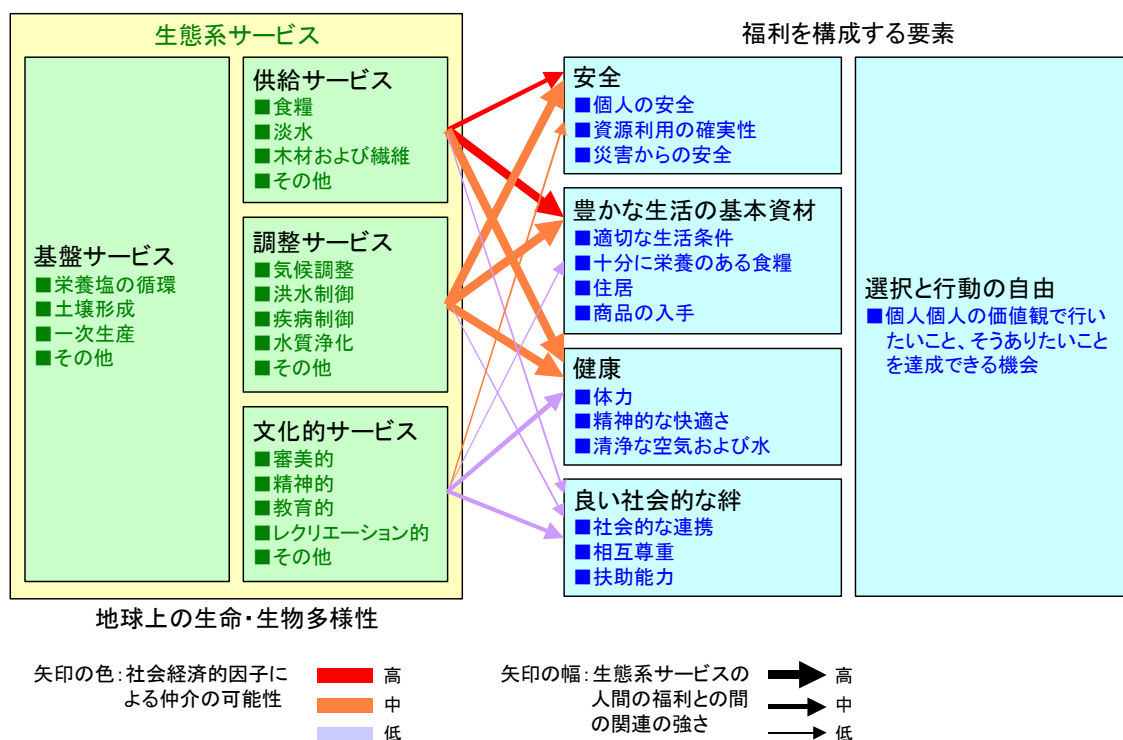


図 -1 生態系サービスと人間の福利との関係(出典：ミレニアム生態系評価)

湖沼についても、元来、多様な生物をはぐくみ、人々に多様な恵沢「生態系サービス」を持続的にもたらす存在である。例えば、人々へ豊かな水産等の資源（食糧、燃料等）、上水道や農業用水、工業用水などの水資源をもたらしてくれており、これらは“供給サービス”に該当する。

生態系機能を活用した水の自浄作用などは“調整サービス”に該当する。また湖沼の“調整サービス”には、洪水を一時的に貯留することによって洪水から人々の命・財産を守るということや、気候を左右することも含まれる。

湖沼は周辺の自然環境と一体となって良好な景観を構成するとともに、沿岸の遊歩、自然探勝等の野外レクリエーションの場である。また湖沼は歴史的に人々との関わりを通じて地域文化や習俗を培ってきた。また環境学習等の場として利用されることから、人々の環境保全に関する意識を高揚させる場でもある。さらには固有の生態系を形成する等学術上価値の高いものも少なくない。これらは“文化的サービス”に該当する。

これらの恵みを維持するためには、栄養塩類や水の循環や土壌形成、光合成などの生態系による機能、すなわち“基盤サービス”がそれらサービスを支えている。



[コラムⅡ] 湖沼の人為的改変の一例 (干拓・埋立、湖岸の人工化)

我が国では高度経済成長期以降、主として食糧増産を目的とした干拓が霞ヶ浦、印旛沼、八郎潟、河北潟、宍道湖、中海や琵琶湖内湖などで行われてきた(図-1)。1945年～1991年に干拓・埋立が行われたのは、全国で66湖沼(347km<sup>2</sup>)に及び、その面積は「第4回自然環境保全基礎調査」で対象にした478湖沼(2,374.37km<sup>2</sup>)の約14.6%に相当している。例えば、琵琶湖内湖は1990年代までに1890年代の面積の約9割が消失している(図-2)。

また、湖岸においては、災害防止等の治水、農地や親水の利用などを目的として人為的改変が進められ、1990年代には全国の湖沼で約3割が人工湖岸になっている(図-3)。

このような湖沼の人為的改変は、社会の経済発展に大きな利益をもたらした反面、生物多様性が損なわれる要因の一つになっている。例えば、湖岸の人工化は、湖岸の植生帯などのエコトーン(水際移行帯)の消失につながり、その結果、両生類や魚類等の生息場所が減少して生物多様性が損なわれている。



図 -1 湖沼の干拓・埋立地の例

\* 1945～1985年。黒塗部が干拓・埋立地。  
\* 平井幸弘(1995)「湖の環境学」古今書院, PP41.

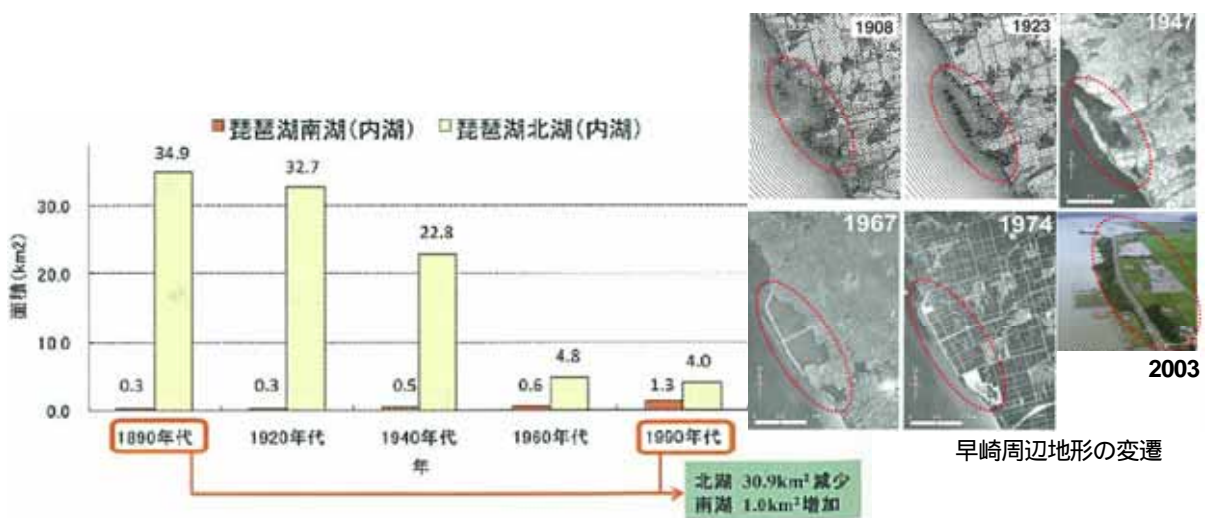
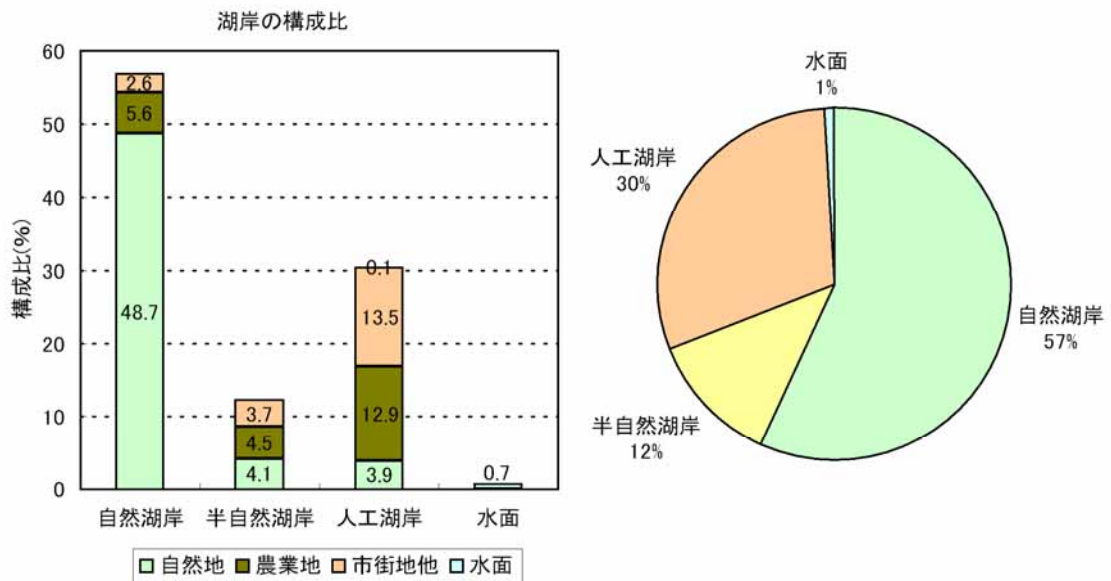


図 -2 琵琶湖内湖の面積の変化

\* 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター(2011)「琵琶湖岸の環境変遷カルテ」PP5, 11.



自然湖岸 : 際線とそれに接する陸域 (水際線より20m 以内の区域) が工作物によって人工化されていない湖岸  
 半自然湖岸 : 水際線は自然状態を保っているが、水際線に接する陸域 (水際線より20m 以内の陸域) が人工化されている湖岸  
 人工湖岸 : 水際線が人工化されている湖岸

**図 -3 全国の湖沼における湖岸の構成比**

\*環境庁自然保護局編 (1995)「日本の湖沼環境Ⅱ」環境庁から作成。1991 年に実施された自然環境保全基礎調査湖沼調査 (第4回) 結果に基づく (478 湖沼対象)。

[コラムⅢ] 湖辺環境保護地区指定制度について

湖沼水質保全特別措置法（湖沼法）制定後においても、指定湖沼の水質改善は停滞した状況にあった。そこで、湖沼の水質改善に向けた施策の拡充の必要性が求められ、平成17年6月に湖沼法の一部改正が行われた（改正湖沼法という）。

この改正によって、①流出水対策地区の新設や、工場・事業場に対する規制の見直しによる湖沼への流入汚濁負荷の一層の削減、②「湖辺環境保護地区」の新設による湖辺植生の保護と水質浄化機能活用のための維持管理、③湖沼水質保全計画の策定手続に関係住民の意見聴取を位置づけること等がこれまでの湖沼法に追加された。

このうち、「湖辺環境保護地区」は、湖沼法の指定湖沼において、湖沼の水質改善に資する植物が生育している地区の自然環境を保護する必要があると認めるとき、都道府県知事により指定されるものである。なお、指定手続については、図-1のフロー例を示す。

保護される植物は、都道府県知事が指定するが、地区内の指定された植物を保護することによって、地区内の植生全体が結果的に保護されることが期待される。また、水質改善に関しては、刈り取り等の管理や鳥類、魚類、昆虫類等を通じた窒素、リンの直接の取り出しのみでなく、有機物を分解する微生物の生息環境の提供、浮遊物の沈降等、多様な効果が期待される。

ただし、計画立案にあたっては、水質が汚濁する以前はどのような生態系であったかを検討した上で、本来その場に生育していた種を原則として保護する種に選択するとともに、定期的に植生を刈取る等の維持管理を徹底する計画を見据える必要がある。

また、こうした取組を持続的に行っていくためには、湖沼に関わる人々や住民等の湖沼水環境保全に関する理解と協力をさらに広げていくことが重要である。

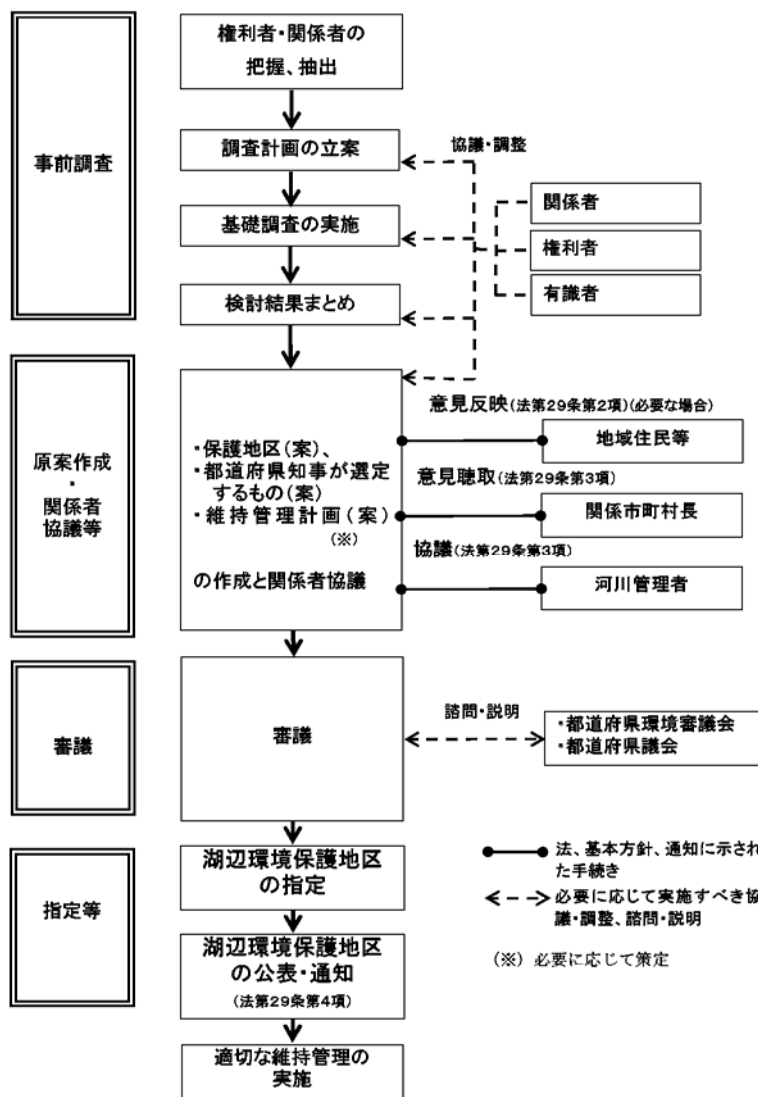


図 -1 湖辺環境保護地区指定手続フロー例

## 第2章 自然浄化対策の主な手法およびその効果や課題

自然浄化対策の取組には、植生を活用して水質浄化等を図るもの、二枚貝等の浄化機能や食物連鎖に着目したもの、ビオトープ等を形成してそれら環境が有する機能を活かすものなど様々なものがあり、生態系機能を活用しながら効果を発揮することを期待されて行われている。

第2章では、自然浄化対策の取組について、環境省と地方公共団体により湖沼自然浄化活用事業<sup>\*1</sup>で行った対策手法(表2-1)を対象とし、事例(後述の「参考資料第1章」参照)を通じて手法、湖沼水質に関して期待される効果や想定される問題点・課題の観点から各対策手法の概要を整理した(表2-2)。また中には説明を補足するために、その他の事例(後述の「参考資料第2~3章」参照)を挙げているところもある。

本章(第2章)では、各取組の手法、期待される効果、想定される問題点・課題をとりまとめ、次章(第3章)では、それら問題点・課題を鑑み、例えば「適切な維持管理の徹底」などのような自然浄化対策を講じる際にどのようなことに配慮すべきかについてとりまとめた。

なお、これらの対策を選定する際には、期待する水質浄化の効果のみならず、その他の効果も含めて長期的な観点から見据えつつ、対象とする湖沼の環境特性、目標・目的の優先度(何を優先して望むものか)、実現性(施工性、維持管理性、経済性、持続性等含む)、実施に伴う環境影響などを総合的に勘案しながら検討し、対象とする湖沼に関わる人々の合意形成に基づき決定していくことが重要である。

表2-1 「湖沼自然浄化活用事業」の概要

事例番号	湖沼(事業者)	事業概要	対策手法
1-1	八郎湖(秋田県)	湖沼への流入汚濁負荷を削減することを目的とし、植生(自生ヨシ)を用いた自然浄化対策(植生浄化)を試験ほ場で行う浄化試験。	植生を活用する(生やして刈る)取組[後述2.1参照]
1-2	大沼(北海道(七飯町))	湖沼への流入汚濁負荷を削減することを目的とし、植生(ヨシ)、透水材、暗渠排水を用いた自然浄化対策(土壌・植生浄化(浸透流れ方式))を試験ほ場で行う浄化試験。	土壌に浸透させる取組(植生組み合わせ有)[後述2.2参照]
1-3	中海(鳥取県)	湖沼の栄養塩類等の汚濁負荷を削減することを目的とし、湖内の海藻を採捕(藻刈り)する自然浄化対策。また刈り取った海藻は堆肥化して農地で利用する。	湖内等の水草を刈り取る取組[後述2.3参照]
1-4	宍道湖(島根県)	覆砂による底質からの栄養塩類の溶出抑制とシジミ生息場創出による水質浄化を図る。	二枚貝等の浄化機能活用を促進する取組(覆砂等)[後述2.4参照]
1-5	諏訪湖(長野県)	ヒシの異常繁茂による影響(水質悪化等)の低減を目的とし、湖内のヒシを採捕(刈取り)する自然浄化対策。また刈取ったヒシは堆肥化して農地で利用する。	湖内等の水草を刈り取る取組[後述2.3参照]
1-6	琵琶湖(滋賀県)	水草の異常繁茂による影響(水質悪化等)の低減を目的とし、湖内の水草を採捕(刈取り)する自然浄化対策。また刈取った水草は堆肥化して農地で利用する。	湖内等の水草を刈り取る取組[後述2.3参照]

\*1: 湖沼自然浄化活用事業について

環境省では「湖沼流域水循環健全化事業(平成23~25年度)」の一環として、生態系機能を活用する水質改善などを図る対策に関する検討を目的とし、環境省と地方公共団体が実際の湖沼において自然浄化対策を試験的に実施したものである。また、活用事業を実施することにより、自然浄化機能を活用した効果的な水質保全対策を確立し、その普及に役立てることも目的としている。

この事業は地方公共団体等から公募したものについて、効果や課題等を参考とする事例になりそうか、事業実施によりその湖沼の水環境保全への取組の発展や推進が期待されるかなどの観点から環境省開催による専門家から成る「湖沼水環境調査検討会」で審査するなどにより6事業(後述の「参考資料第1章」を参照)を選定して実施した。その選定された地方公共団体が、関係する湖沼で事業に関する調査、設計、工事から、水質の調査・分析、効果検証まで行った。



表 2-2 本章で列挙した自然浄化対策の手法や効果、問題点・課題の概要と用途例

取組の手法	水質浄化の効果	問題点・課題	用途例	参照
<p>植生を活用する（生やして刈る）取組(植生浄化)[後述2.1参照] ○湖沼自然浄化活用事業の八郎湖(1-1)で行った手法である。</p> <p>・イメージ図 </p> <p>・八郎湖の例 </p>	<p>[A]流水中の懸濁粒子の沈降促進・底泥の巻き上げの抑制 [B]遮光等による植物プランクトン抑制 [C]植生による栄養塩類(窒素,リン)吸収※</p> <p>など</p> <p>※ヨシ等の抽水植物や浮葉植物は根より土壌中の栄養塩類を吸収する。一方、沈水植物やヒシ等は水中の栄養塩類も吸収する。ただしこれら植生はそのまま放置すると、含まれている栄養塩類がいずれ水中に回帰することとなる。</p>	<p>[a]植生の枯死体や細粒泥等の堆積 [b]植生の異常繁茂</p> <p>など</p>	<p>○流入汚濁負荷(SS、栄養塩類等)が高くそれを低減したい場合 →流入部等での対応 ○湖内の汚濁負荷(SS、栄養塩類等)が高く、それを低減したい場合や、生態系機能を活用した水質浄化作用の回復を図りたい場合 ○植物プランクトン異常増殖等の問題が見られる場合</p> <p>など</p>	<p>p11~22</p>
<p>土壤に浸透させる取組[後述2.2参照] ※植生も組み合わせることもある(土壤・植生浄化(浸透流れ方式)) ○湖沼自然浄化活用事業の大沼(1-2)で行った手法である。</p> <p>・イメージ図 </p> <p>・大沼の例 </p>	<p>[A]流水中の懸濁粒子の沈降促進・底泥の巻き上げの抑制 [B]遮光等による植物プランクトン抑制 [C]植生による栄養塩類(窒素,リン)吸収 [D]土壤浸透ろ過による土壤へのリン等の吸着</p> <p>など</p> <p>※土壤のみの取組は[D]のみ期待</p>	<p>[a]植生の枯死体や細粒泥等の堆積 [b]植生の異常繁茂 [c]浸透量の減少に伴う効果の低下 [d]高価なコスト負担</p> <p>など</p>	<p>○流入汚濁負荷(SS、栄養塩類等)が高く、それを低減したい場合 ○植物プランクトン異常増殖等の問題が見られる場合</p> <p>など</p> <p>※植生浄化(後述2.1)と土壤・植生浄化のどちらを選ぶかは、現在生じている問題の大きさやその課題の優先度、見込まれる効果の程度、施工条件(場があるか等)、維持管理性、経済性などを踏まえて総合的に判断する。</p>	<p>p23~29</p>
<p>湖内等の水草※を刈り取る取組[後述2.3参照] ○湖沼自然浄化活用事業の中海(1-3)、諏訪湖(1-5)、琵琶湖(1-6)で行った手法である。</p> <p>・イメージ図 </p> <p>・諏訪湖の例 ・琵琶湖の例 ・中海の例</p> <p>※ここでいう「水草」とは、沈水植物や抽水植物、浮葉植物、湿性植物といった水生植物、海藻・海草などをいう。</p>	<p>[A]植生の異常繁茂による貧酸素化等の影響低減効果 [B]有機汚濁負荷蓄積・増加の抑制、栄養塩類(窒素,リン)の除去</p> <p>など</p>	<p>[a]水草除去後の再繁茂 [b]湖沼全体に対する栄養塩類等の除去効果が小さい [c]大きな作業負担・再利用物(堆肥等)の品質低下</p> <p>など</p>	<p>○植生の異常繁茂に伴う影響(貧酸素化、景観悪化、航行障害等)を低減したい場合 ○湖内の有機物や栄養塩類等の汚濁負荷を削減したい場合</p> <p>など</p>	<p>p30~37</p>
<p>二枚貝等の浄化機能活用を促進する取組(覆砂等)[後述2.4参照] ○湖沼自然浄化活用事業の宍道湖(1-4)で行った手法である。</p> <p>・イメージ図 </p> <p>・宍道湖の例 </p>	<p>[A]浄化機能を有する二枚貝(シジミ等)の生息場再生・創出 [B]二枚貝による栄養塩類(窒素,リン)の除去の促進 [C](覆砂による)湖底からの栄養塩類等の溶出抑制等のための底質改善</p> <p>など</p>	<p>[a]近傍の未覆砂水域からの影響 [b]時間の経過とともに再び底質が悪化</p> <p>など</p>	<p>○湖内の栄養塩類等の汚濁負荷を削減したい場合 ○底質改善(栄養塩類等の溶出,硫化水素発生等の低減)を図りたい場合 ○シジミやアサリ等の水産資源を増やしたい場合</p> <p>など</p>	<p>p38~41</p>

\*詳細は表中の最右欄に表示したページを参照。また湖沼自然浄化活用事業で該当する事例に記載した( )は「参考資料 第1章」で付けた事例番号を意味する。



## 2.1 植生を活用する（生やして刈る）取組

### (1)手法

本手法は植生を活用する（生やして刈る）取組（ここでは「植生浄化」という）であり、自然又は人工的に造成された湿地に繁茂した植生に水を流して浄化を図るものである。植物は根を張り水面より上部に現れており（中には根を土壌へ張っていないものや、沈水植物のように水中に潜っているものなどもある）、水はそれら植物帯を湛水・通過しながら地表面を流れる（図 2.1-1）。活用する植生には抽水植物、浮葉植物、沈水植物等があるが、水質が汚濁する以前はどのような生態系であったかなどを検討した上で、本来その場に生育していた種を原則として選択することが重要である。

維持管理においては、植生を刈り取る、枯死体を取り除くなどにより植生を湖外へ除去することが肝要である。そのまま植生を放置すると、貧酸素化に伴う影響や有機汚濁負荷の増加を招くおそれがある。

本手法は、湖沼自然浄化活用事業の八郎湖で行われており（後述の「参考資料 第 1 章」参照）、湖沼流入部に施設を設けて八郎湖への流入水の浄化を図っている（図 2.1-2）。このほか、本手法では、湖岸に設けて湖水を導水するもの、中には湖内で隔離水塊を設けてそこに植生を根付かせて植生による水質浄化を図るもの、特殊基材を用いてそこに植生を根付かせる浮島などで適用するものがある。

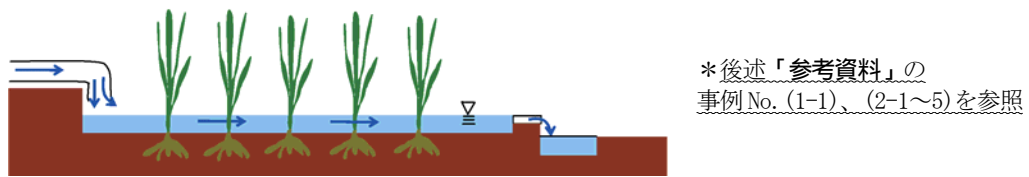


図 2.1-1 植生を活用する（生やして刈る）取組のイメージ図（流入部等で行う場合）

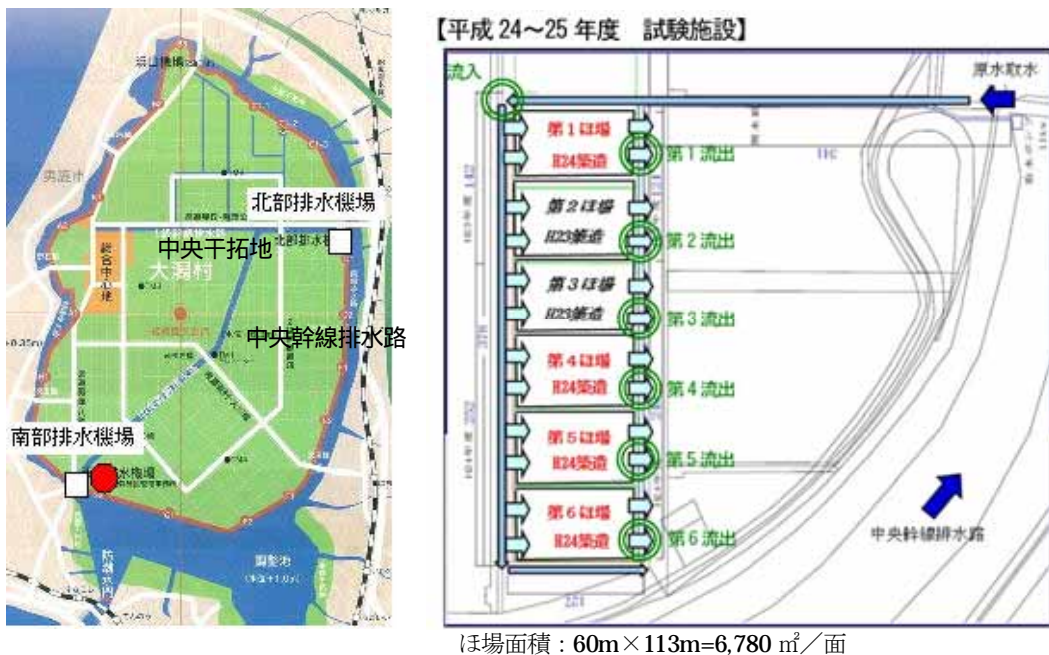


図 2.1-2 八郎湖における実施箇所と施設平面図（平成 24～25 年度の場合）

## (2)期待される水質浄化に係る効果

- [A] 流水中の懸濁粒子の沈降促進・底泥の巻き上げの抑制
- [B] 遮光等による植物プランクトン抑制
- [C] 植生による栄養塩類（窒素, リン）吸収 など(図 2.1-3)

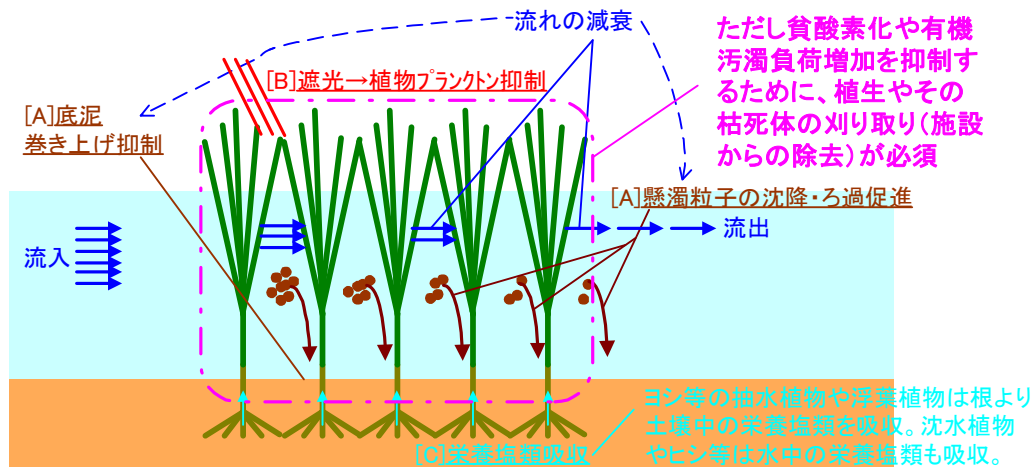


図 2.1-3 植生を活用する(生やして刈る)取組により期待される水質浄化の効果イメージ図

### 1)効果[A]：流水中の懸濁粒子の沈降促進・底泥の巻き上げの抑制

植生を用いた自然浄化対策では、植生の存在により風速、波浪、流れが減衰されやすくなることから、懸濁粒子（浮遊物質(SS)、懸濁態の栄養塩類等）の沈降・ろ過促進、底泥の巻き上げ抑制、それに伴う透明度向上といった効果が期待される。

#### ■八郎湖の例（後述の「参考資料 第1章」の事例No. (1-1)参照）

流出水 SS が流入より低くなっていたことから(図 2.1-4)、対策施設内を流下する過程で除去された可能性が考えられる。これは対策施設への流入水が植生帯を流下するとき、流水中の懸濁粒子が植生帯を通じて沈降・ろ過された可能性があると考えられる。また流下する途中を測定した「3 系列」という施設では、流下に伴って SS の除去率が増加した（流下距離が長くなるにつれて除去率が高い）ことが確認されている。

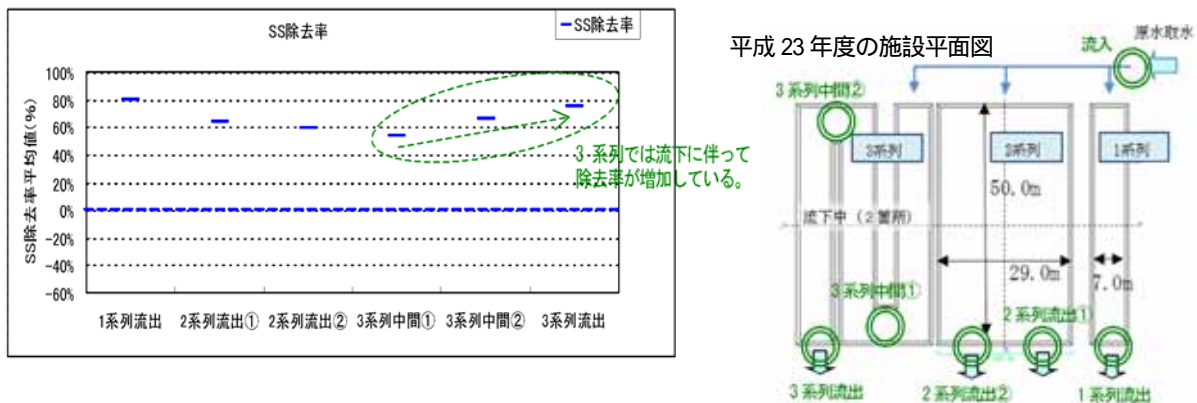


図 2.1-4 浮遊物質(SS)除去率の例  
(八郎湖(平成 23 年度)の例、後述「参考資料 第1章」の事例No. (1-1)を参照)

\*八郎湖では、秋田県が平成 23 年度に右図に示す 3 施設で実験を実施した。1~3 系列とは、そのときの実験施設名称を示す。

## 2)効果[B]：遮光等による植物プランクトン抑制

植生を用いた自然浄化対策では、遮光等による植物プランクトン抑制といった効果が期待される。ただし、その一方で大気からの酸素供給量が少なくなり、底層の貧酸素化を促すおそれがある(後述の「(3)想定される問題点・課題」参照)。

### ■八郎湖の例 (後述の「参考資料 第1章」の事例No. (1-1)参照)

ヨシを用いている八郎湖では、植物プランクトンの流入、流出を比較すると、流出が流入と比べて減少していた(図2.1-5)。ヨシによる遮光等に伴って植物プランクトン増殖が抑制されていた可能性が考えられる。

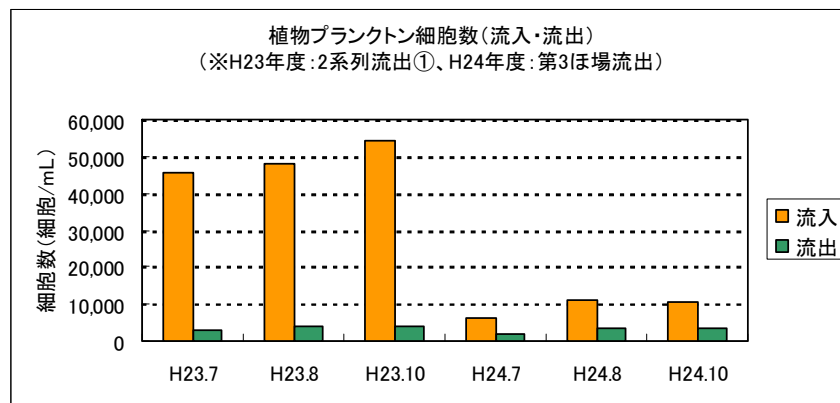


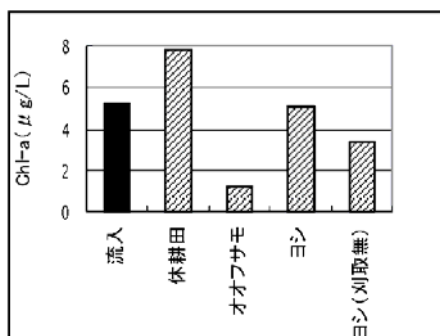
図 2.1-5 流入水・流出水の植物プランクトン細胞数の例  
(八郎湖(平成23~24年度)の例、後述「第4章」の事例No. (1-1)を参照)

### ■霞ヶ浦・山王川の例 (後述の「参考資料 第2章」の事例No. (2-2)参照)

霞ヶ浦・山王川では、植物プランクトンの指標となるクロロフィル a (Chl-a)について、流入水と流出水(植生無しの休耕田、オオフサモ、刈り取りを行っているヨシ、刈り取っていないヨシ)で比較されている(図2.1-6)。

この結果を見ると、植生無しの休耕田では流出水 Chl-a が流入水より高かった。このことから、水が滞留する施設内で植物プランクトンが増殖した可能性が考えられる。

一方、オオフサモ、刈り取っていないヨシでは流出水 Chl-a が流入水より低くなっており、特に水面を覆うオオフサモは最も低かった。このことから、水面が植生に覆われ、遮光等による植物プランクトン増殖が抑制された可能性が考えられる。



左図は、平成13年に休耕田、オオフサモ、ヨシ(刈取有無別)を用いた植生浄化施設と施設への流入水でChl-aを測定したものである。  
ただし、オオフサモは外来種(平成16年策定の外来生物法で特定外来種として指定)であることから、在来種への影響に懸念する必要がある。

図 2.1-6 植生の違いによる Chl-a の状況  
(霞ヶ浦・山王川の例、後述「参考資料 第2章」の事例No. (2-2)を参照)

\* (財)河川環境管理財団河川環境総合研究所(2007.12)「植生浄化施設計画の技術資料[2007年版]」(財)河川環境管理財団(現在、(公財)河川財団)、河川環境総合研究所資料第26号、PPIII-16.



### 3)効果[C]：植生による栄養塩類（窒素,リン）吸収

期待される効果の一つとしては、植生の生長に伴って湖沼の富栄養化の要因になる栄養塩類を吸収すること\*1が挙げられる。このため、栄養塩類等を含む植生の刈り取り等を行うことにより、植物体中の栄養塩類等も湖外へ除去されることが期待される。

ただし植生そのものが有機物であるため、そのまま植生を放置すれば、枯死等により有機汚濁負荷を蓄積し、貧酸素化が生じるとともにそれに伴う栄養塩類の溶出など、期待する現象と逆のことが生じるおそれがある（後述の「(3)想定される問題点・課題」参照）。このため、植生の刈り取り（湖外への除去）等の維持管理は必須であると考えられる。

またこの手法を用いた対策を講じたからといって湖沼全般の栄養塩類の負荷を削減することにならないことにも留意すべきである（詳細は後述の配慮すべき点(2)（p48）参照）。

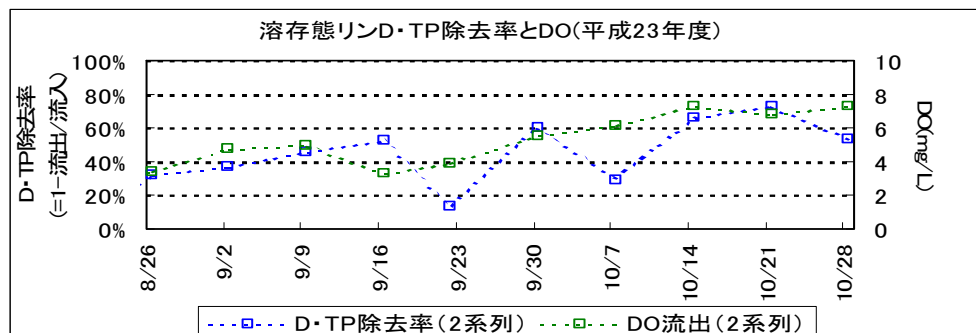
---

\*1：ヨシ等の抽水植物や浮葉植物は根より土壌中の栄養塩類を吸収する。一方、沈水植物やヒシ等は水中の栄養塩類も吸収する。ただしこれら植生はそのまま放置すると、含まれている栄養塩類がいずれ水中に回帰することとなる。

■八郎湖の例 (後述の「参考資料 第1章」の事例 No. (1-1) 参照)

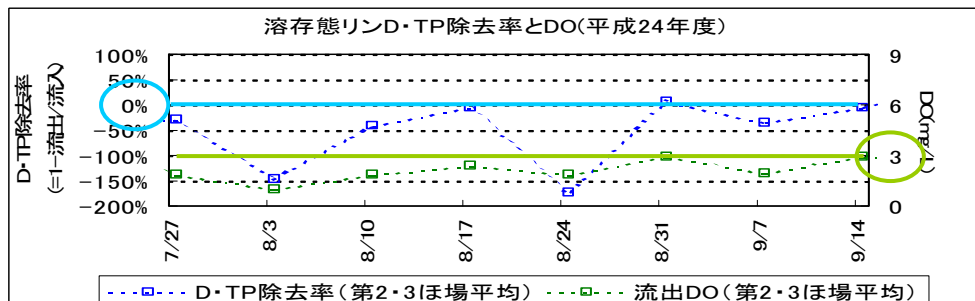
八郎湖では、流水中の溶存態リン(D・TP)が除去されていること(除去率\*2が正)が確認されている(図2.1-7(1))。

ただし、図2.1-7(2)に示すように溶存酸素量(以下、「DO」と称す)が少ないと溶存態リン(D・TP)の除去率が負(流入<流出)になっていることが確認されている。底層が貧酸素状態になって嫌気化することにより栄養塩類が増加した可能性が考えられる(次項の「(3)想定される問題点・課題」参照)。



D・TPが流入>流出であり、植生により除去されていると考えられる。  
なおこのときDOは3mg/L以上あり、貧酸素状態になっていなかった。

図2.1-7(1) 溶存態リン(D-P)除去率の例  
(八郎湖(平成24年度)の例、後述「参考資料 第1章」の事例 No. (1-1)を参照)



DOが3mg/L以下であり、貧酸素状態になっており、D・TPは流入<流出(除去率が負)になっている。嫌気化していたため、D・TPが溶出している可能性が考えられる。

図2.1-7(2) 溶存態リン(D-P)除去率が負になっている例  
(八郎湖(平成24年度)の例、後述「参考資料 第1章」の事例 No. (1-1)を参照)

\*2: ここでいう「除去率」とは、流入水質に対する流入水質と流出水質の差を示す。

$$\text{除去率}(\%) = (1 - \text{流出水質} / \text{流入水質}) \times 100$$

### (3)想定される問題点・課題

[a] 植生の枯死体や細粒泥等の堆積

[b] 植生の異常繁茂

など

#### 1)問題点・課題[a]：植生の枯死体や細粒泥等の堆積

植生は富栄養化の要因になる栄養塩類を吸収する。しかし、植生を刈り取らないと、栄養塩類を含む植生が枯死して堆積する。また植生そのものが有機物であることから、枯死した後に有機物が蓄積される（湖内の有機汚濁負荷が増す）。

その結果、底層は貧酸素化が生じ、栄養塩類（窒素, リン）等が溶出により水中へ回帰され水質が悪化する。また懸濁粒子の沈降を促進する一方で有機物、細粒泥等の堆積を促すため、底泥嫌気化が懸念される。

このため、植生を用いた自然浄化対策を行う場合、植生の刈り取りや植生の枯死体等の堆積物除去などを定期的に行い、底泥嫌気化の低減に配慮する必要がある。

また湖岸の人工化が進む中、湖沼の水質浄化等の効果を高めることを期待して湖岸にヨシ等の植生を再生するなどの取組が報告されている。ただし、そのような植生が生育できる（生育していた）環境ではない場に強制的に植栽させることなどにより泥等の堆積、それに伴う底層の嫌気化など環境への悪影響を招くおそれがある。

例えばヨシ等の植生は波浪の影響を受けやすく、元来そのような場（波浪のある湖岸等）では生育が困難である。そのため、ヨシ等の植栽に際して消波施設等の構造物設置や浅場造成などの人工改変が伴われることが多い。しかし、湖岸付近でのそのような人為的な改変は、波浪が緩和されるため、湖岸及びその沖の環境変化が懸念される。また密生したヨシ等の存在により水の流速はやわらぎ浮遊物の沈殿が促進される一方、枯れた植物体が供給されるために有機物含量の高い泥が堆積するため（吉良, 1991）<sup>\*1</sup>、湖岸周辺底質の嫌気化を促進するおそれがある。このような湖岸環境の変化は、湖岸寄りの浅い水域に生息する生物（例えばシジミ等の貝類など）に影響を及ぼすことが懸念される。

したがって、湖岸植生の再生を行う場合、植生の特性と再生場所の環境の関係や、水質が汚濁される以前にどのような生態系が存在していたかなどを踏まえて、再生に伴う湖岸付近の環境への影響（底泥嫌気化促進など）を低減することが必要である。

\*1：吉良竜夫(1991)「ヨシの生態おぼえ書き」琵琶湖研究所報 9, PP29-37.

## ■八郎湖の例（後述の「参考資料 第1章」の事例 No. (1-1) 参照）

八郎湖では、（特に DO（溶存酸素濃度）が低いとき）TP（全リン）、DP（溶存態リン）の除去率が負の値（流入<流出と逆転）となるところが見られていた（[図 2.1-8](#) や前述の[図 2.1-7\(2\)](#)）。リンの除去率の推移は DO の濃度変化に似ており、底泥の嫌気化に伴って底質からリンが溶出した可能性が考えられる。

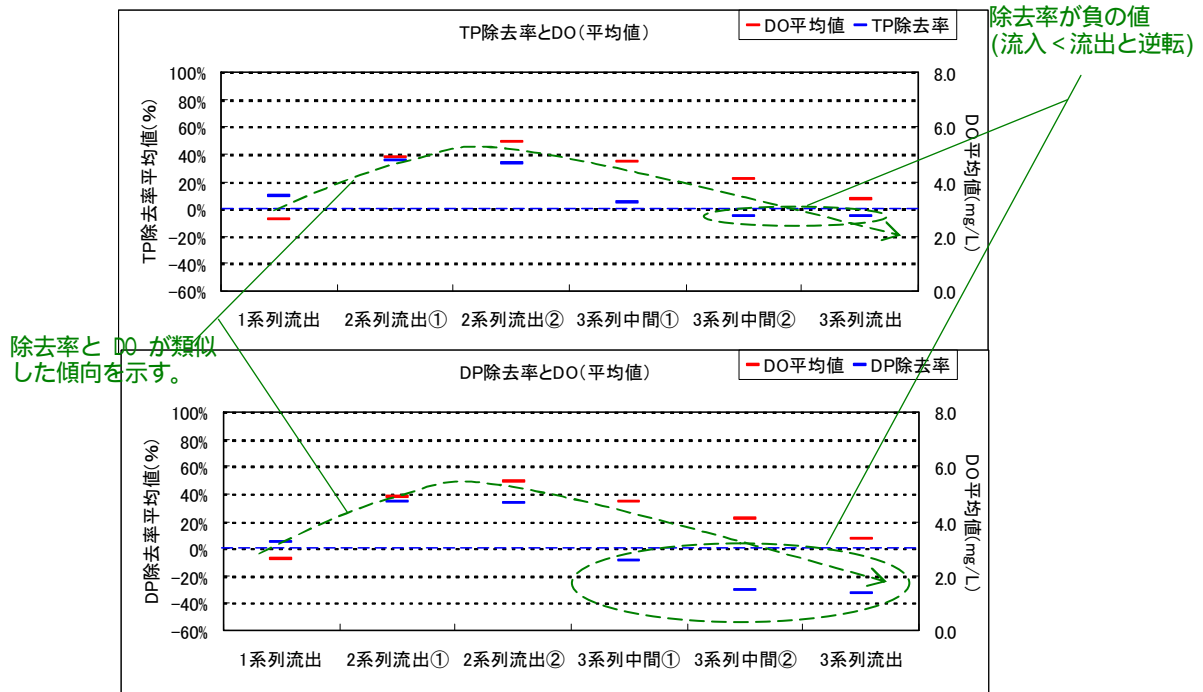


図 2.1-8 TP（全リン）、DP（溶存態リン）の除去率と DO（溶存酸素量）の例（八郎湖（平成 23 年度）の例、後述「第 4 章」の事例 No. (1-1) を参照）

※1～3 系列とは実験施設名称を示す（前述の[図 2.1-4](#) 参照）。

## ■宍道湖の例

宍道湖では、自然再生を目的としてヨシ植栽が湖岸で行われている。しかし、石飛ら(2014)<sup>\*2</sup>によると、宍道湖では、波浪が比較的強く、湖岸に砂浜が広がっており、元来ヨシ等が生息できる環境ではなく、シジミなどが湖岸寄りの浅い水域に生息する。そのような環境下において、湖岸で浅場造成などを行いながらヨシが強制的に植栽されており、その結果、ヨシと岸の間に枯死した茎や泥等が堆積し（[図 2.1-9](#)）、植えられた一部が陸ヨシ状態になっている場所があった。またヨシの植栽に伴う人工改変によりシジミ稚貝の着底の場であった砂・細礫なぎさ、礫湖岸など汀線部が大きく変わったと指摘されている。



図 2.1-9 水位低下時における植栽箇所の湖岸の様相<sup>\*3</sup>

\*ヨシと岸の間に枯死した茎や泥等が堆積している。

\*2：石飛裕，神谷宏，山室真澄(2014)「山陰文化ライブラリー5 中海宍道湖の科学—水理・水質・生態系—」ハーベスト出版，PP161～168.

\*3：山室真澄撮影

■霞ヶ浦・山王川の例 (後述の「参考資料 第2章」の事例 No. (2-2) 参照)

霞ヶ浦・山王川では、ヨシを年1回刈り取るとともに干し上げを実施したケースとヨシを刈り取らないケースでCODやTPの除去率が比較されている(図2.1-10)。

後者のケースでは4年目以降に植生の最生育期(4月~8月、図中緑色の棒)でCODやTPの除去率が負になっており、枯死体による有機汚濁物の蓄積、土壌の嫌気化が要因と考えられている。一方、前者のケースにおける植生の最生育期では、刈り取りを実施した4年目以降でも除去率が確保されている傾向が見られており、刈り取り・干し上げにより底泥が改善された可能性が考えられる。

すなわち、この事例から干し上げ等による底泥改善(土壌の嫌気化低減)を図ることは重要であるといえる。

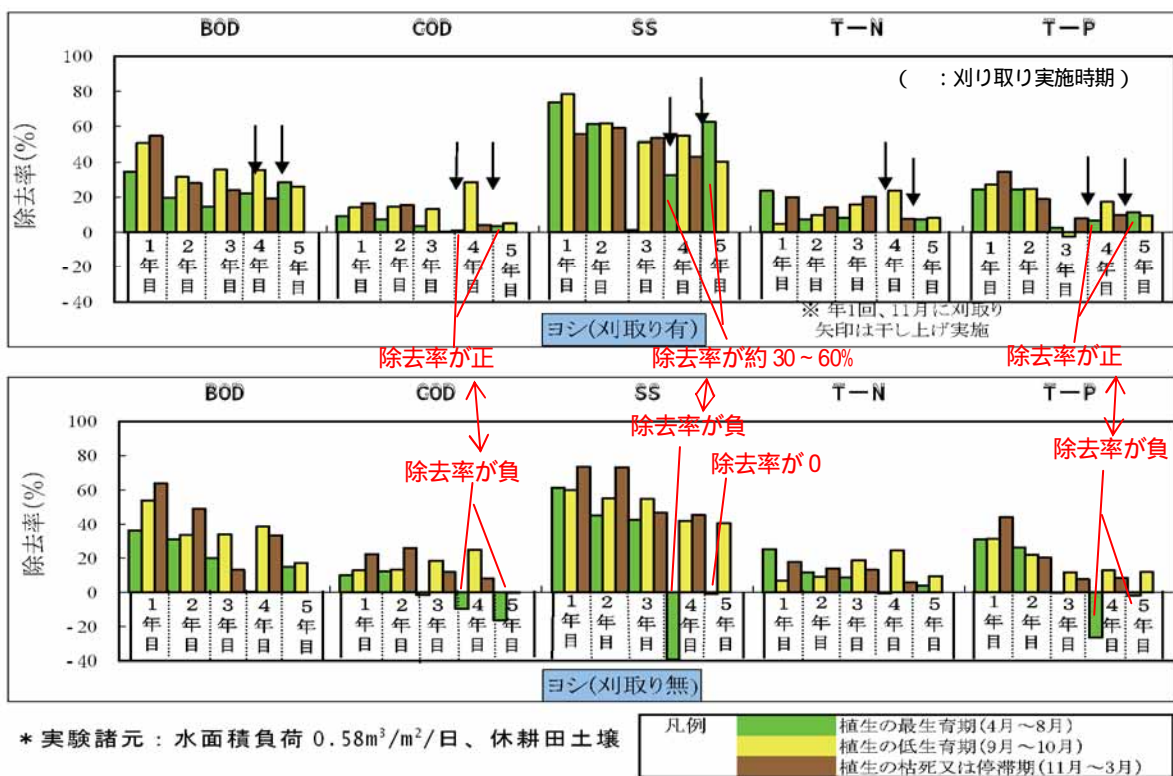


図2.1-10 除去率の違い(ヨシ刈取り+干し上げ有(上段)・無(下段))の例  
(霞ヶ浦・山王川の例、後述「参考資料 第2章」の事例 No. (2-2)を参照)

※(財)河川環境管理財団河川環境総合研究所(2007. 12)「植生浄化施設計画の技術資料[2007年版]」(財)河川環境管理財団(現在、(公財)河川財団)、河川環境総合研究所資料第26号, PP II-34.

## 2)問題点・課題[b]：植生の異常繁茂

かつての湖沼（1950年代半ばまで）では、藻刈りや貝曳き漁業が行われ、人為的な富栄養化が進行していなかったため、透明度は高く、良好な環境と適正な人間活動によるバランスの取れた水草<sup>4</sup>の繁茂量にあったといわれている。しかし、沈水植物等の水草は、高度経済成長期になると、水質汚濁の進行、湖岸の人工化や浚渫等の人為的インパクトに伴って失われていった。

ところが、最近では三方湖や琵琶湖、諏訪湖などで植生の異常繁茂による問題が見られている。植生の異常繁茂は、前項[a]のような植生の枯死体等の堆積や、流動阻害（水の滞留）、大気からの酸素供給遮断等により底層の貧酸素化発生などの水質悪化、悪臭発生などの問題を引き起こすほか、漁船の航行や漁具設置への支障・影響や生態系への変化、景観悪化なども及ぼしている。

### ■三方湖の例

三方湖では、昭和45年頃から水草が大きく減少したが、平成14年頃からヒシが再繁茂し始め、平成20年頃には、湖面の大半を占めるほど異常繁茂するようになった(図2.1-11)。

その結果として、ヒシが異常繁茂に伴って湖面を覆うことにより、水面と大気とのやりとりが遮断されるため、湖内のD<sub>0</sub>減少(図2.1-11)が見られており、魚類等の生息環境への影響も懸念されている。このほか、強風時には根が切れて風下に集積し、それが腐敗により異臭を放つなどの問題や漁船や観光遊覧船の航行阻害などがあり、観光地としてのイメージも損なっている。

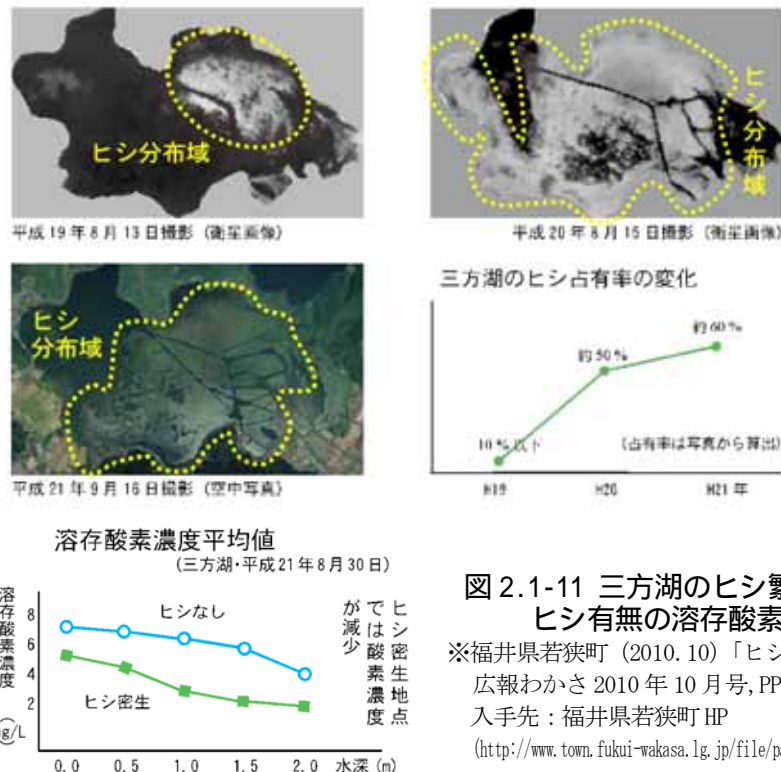


図2.1-11 三方湖のヒシ繁茂状況(上)とヒシ有無の溶存酸素比較(左)

※福井県若狭町（2010.10）「ヒシのきもち」若狭町、広報わかさ2010年10月号, PP16～23.

入手先：福井県若狭町 HP

(<http://www.town.fukui-wakasa.lg.jp/file/page/740/doc/4.pdf>)

\*4: :ここでいう「水草」とは、沈水植物や抽水植物、浮葉植物、湿性植物といった水生植物、海藻・海草などをいう。



■琵琶湖・南湖の例 (後述の「参考資料 第1章」の事例 No. (1-6)参照)

琵琶湖・南湖では 1994 年以降、沈水植物が異常繁茂し(図 2.1-12(1))、様々な問題を引き起こしている。この異常繁茂の背景には、透明度の回復が図られる一方、過去に湖底や湖中での栄養塩類蓄積に伴って水草の大量繁茂に至る環境(ポテンシャル)が高まった中に、1994年の記録的な大渇水が引き金となって生じたものと考えられている。

沈水植物は、成長過程で底泥中の栄養塩類を根から多量に吸収するなど水質浄化につながるが、秋季以降の枯死・分解後には、栄養塩類を多く含む枯死体が底泥に堆積するとともに貧酸素化やそれに伴う栄養塩類の溶出などを引き起こすおそれがある。

沈水植物の繁茂状況は、2006 年には沈水植物の生育面積が 44km<sup>2</sup> と南湖全面積の約 80%を占め、PVI(沈水植物の体容積が南湖容積に占める割合)も 33%となった。その結果、沈水植物により湖内が覆われた状態となり、植生帯下部で湖水の停滞・滞留が生じ、光や大気からの D<sub>0</sub> 供給が遮られるため、2006 年では湖底直上が貧酸素化する所が多かった(図 2.1-12(2))。

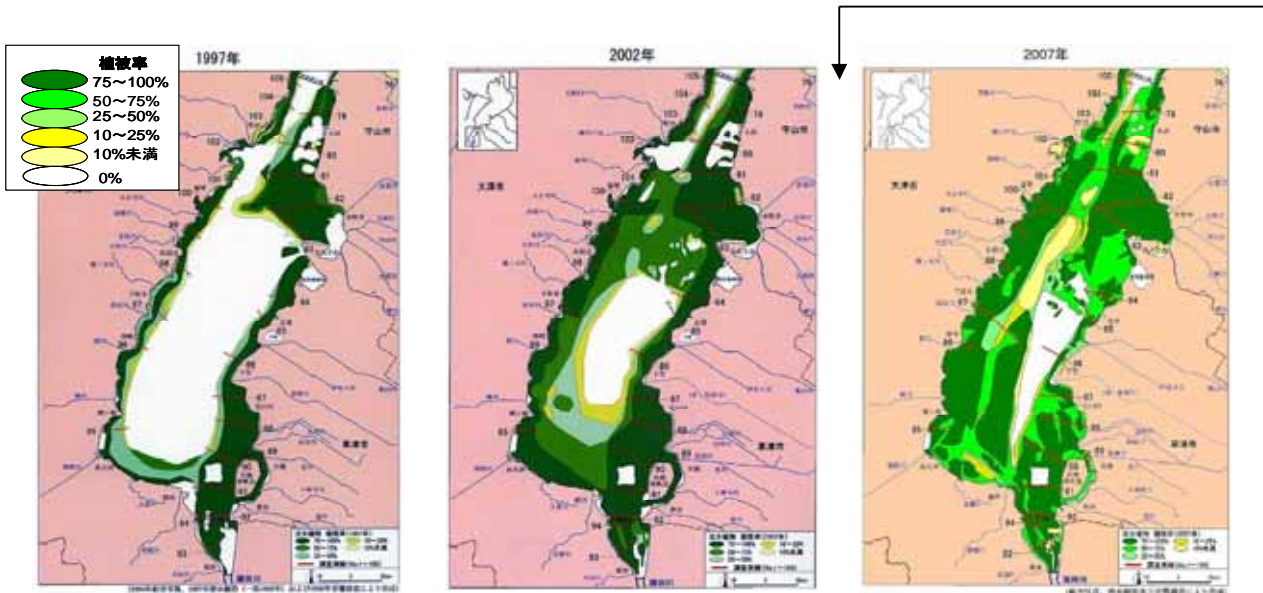


図 2.1-12(1) 琵琶湖(南湖)の沈水植物分布の変遷

※(独)水資源機構琵琶湖開発総合管理所ホームページ沈水植物の琵琶湖全域調査結果  
[http://www.water.go.jp/kansai/biwako/html/report/1997\\_minami.html](http://www.water.go.jp/kansai/biwako/html/report/1997_minami.html)  
[http://www.water.go.jp/kansai/biwako/html/report/2002\\_minami.html](http://www.water.go.jp/kansai/biwako/html/report/2002_minami.html)  
[http://www.water.go.jp/kansai/biwako/html/report/2007\\_minami.html](http://www.water.go.jp/kansai/biwako/html/report/2007_minami.html)

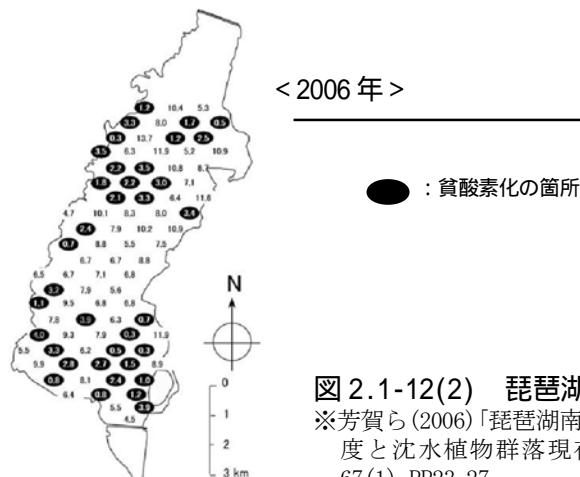


図 2.1-12(2) 琵琶湖南湖の泥直上 D<sub>0</sub>(2006 年)  
 ※芳賀ら(2006)「琵琶湖南湖における湖底直上の溶存酸素濃度と沈水植物群落現存量」日本陸水學會, 陸水學雜誌 67(1), PP23-27.

■琵琶湖・木浜内湖の水路の例（後述の「参考資料 第2章」の事例 No. (2-10)参照）

琵琶湖・木浜内湖では、浮遊植物であるホテイアオイが水路全面を覆うほど異常繁茂した（図2.1-13）。異常繁茂の結果、夏季の栄養塩類は低くなり、遮光による光合成抑制によって植物プランクトンが減少した。

しかし、流況阻害、貧酸素化現象（底層は無酸素化状態）が生じ、魚類の酸欠死などの影響が見られるようになっていた。また、冬季にはホテイアオイが枯死することにより吸収していた栄養塩類が底泥に堆積し、底層の嫌気化に伴って底泥から栄養塩類が溶出してリンが著しく上昇することとなった。（図2.1-13）

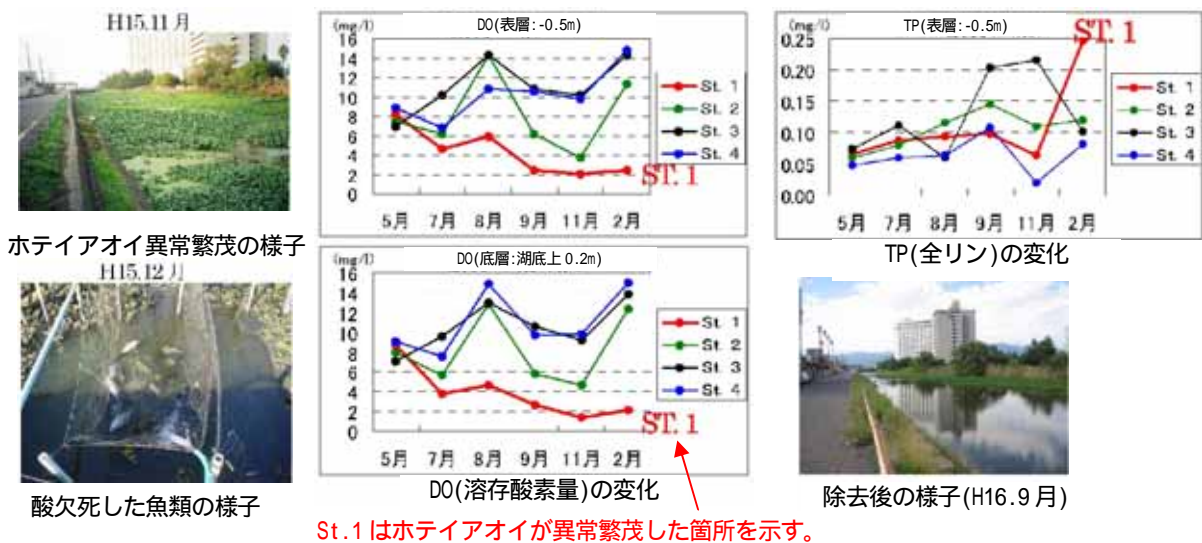


図 2.1-13 ホテイアオイの影響と対策後の状況

（琵琶湖内湖の一つである木浜内湖の水路の例、後述の「第4章」の事例 No. (2-10)参照）

※上野邦雄(2005)「木浜内湖におけるホテイアオイの異常繁茂の障害と抑制対策について」国土交通省近畿地方整備局, 平成 17 年度国土交通省近畿地方整備局管内技術発表会資料, 環境・景観部門 No.13.  
国土交通省近畿地方整備局ホームページ「<http://www.kkr.mlit.go.jp/plan/kannai2005/02/13.pdf>」



#### (4)本手法のまとめ

本手法は植生を活用する（生やして刈る）取組であり、効果として「[A]流水中の懸濁粒子の沈降促進、底泥の巻き上げ抑制」、「[B]遮光等による植物プランクトン抑制」等が期待できる。

このため、例えば湖沼へ流入する汚濁負荷量（SSや栄養塩類等）が多くその低減などを図りたいとき、流入河川（流入部）等で本対策を行うことが期待できる。ただし施設を整備できるスペースがあり、植生が繁茂するのに適した条件（例えばヨシが自生している等）を満たす場合に、本手法が適用できる。

また湖内の生態系機能を活用した自浄作用の回復や透明度向上、植物プランクトンの抑制などを図りたいときに湖岸等で対策を行うことが期待できる。ただし、湖岸等の環境に影響（貧酸素化、底質悪化等）を及ぼさないような配慮が必要である。

いずれにせよ本手法は、植生を自生等により繁茂させて植生が有している機能を活用しながら水質浄化に取り組むものであるが、そのまま植生を残せば枯死等に伴って有機汚濁負荷の蓄積・増加、植生が吸収した栄養塩類等の回帰をもたらすため、植生を湖外へ持ち出してこそ効果が発揮されるものであることを認識する必要がある。

## 2.2 土壌に浸透させる取組（植生組み合わせ有）

### (1)手法

本手法は土壌に浸透させる取組であり、植生と組み合わせで行うこともある。ここでは植生との組み合わせを想定して手法等を整理した。なお、以下では「土壌・植生浄化」と称す（「浸透流れ方式」ともいう）。

本手法は自然又は人工的に造成された湿地に繁茂した植生に水を流すとともに、基盤土壌の透水材を経て流出させる（図 2.2-1）。すなわち、水の流れは植生帯を湛水・通過しながら透水材を配する基盤土壌中を浸透して、植生及び基盤土壌の透水材による水質浄化を期待するものである。中には、植生を用いず、基盤土壌中を浸透させることのみで水質浄化を図るものもある（土壌浄化と称す）。

維持管理においては浸透量確保のための透水材の改善や、植生を用いる場合、植生の刈取、枯死体の除去などを行う。

本手法は、湖沼自然浄化活用事業として大沼で行われており（後述の「参考資料 第1章」参照）、大沼のように湖沼流入部に施設を設けて大沼への流入水の水質浄化を図る（図 2.2-2）。

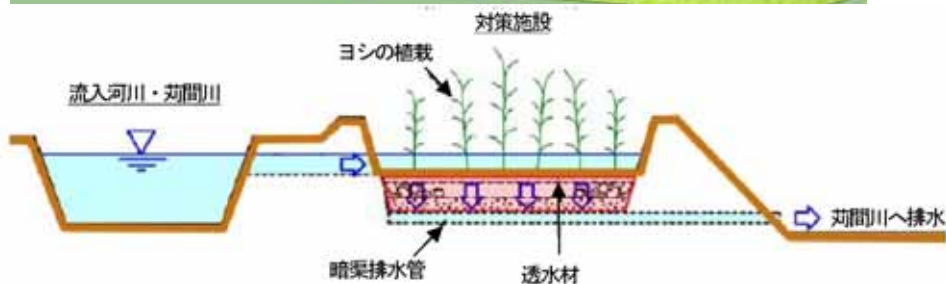
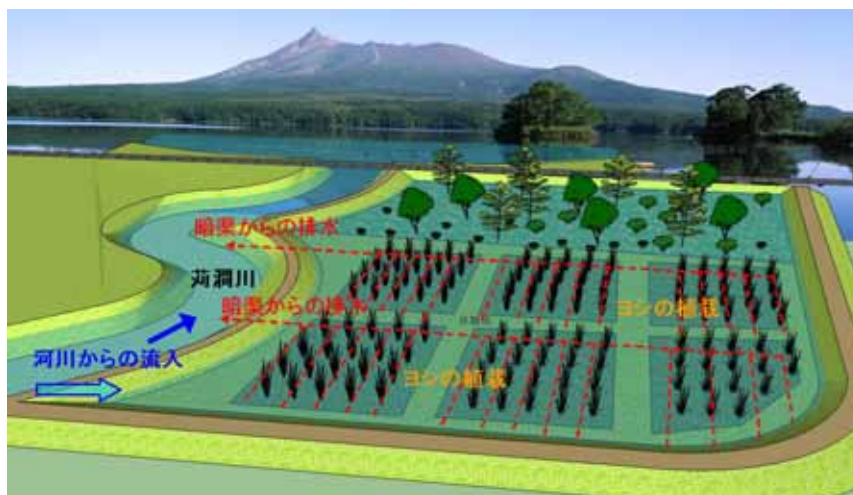
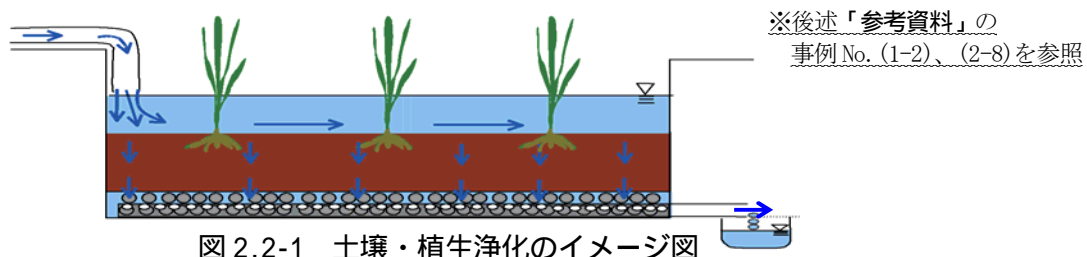


図 2.2-2 大沼の例(全体構想のイメージ図(上段)と施設原理図(下段))  
(後述「参考資料 第1章」の事例 No. (1-2)を参照)

## (2)期待される水質浄化に係る効果

- [A] 流水中の懸濁粒子の沈降促進・底泥の巻き上げの抑制
- [B] 遮光等による植物プランクトン抑制
- [C] 植生による栄養塩類（窒素, リン）吸収
- [D] 土壌浸透ろ過による土壌へのリン等の吸着 など(図2.2-3)

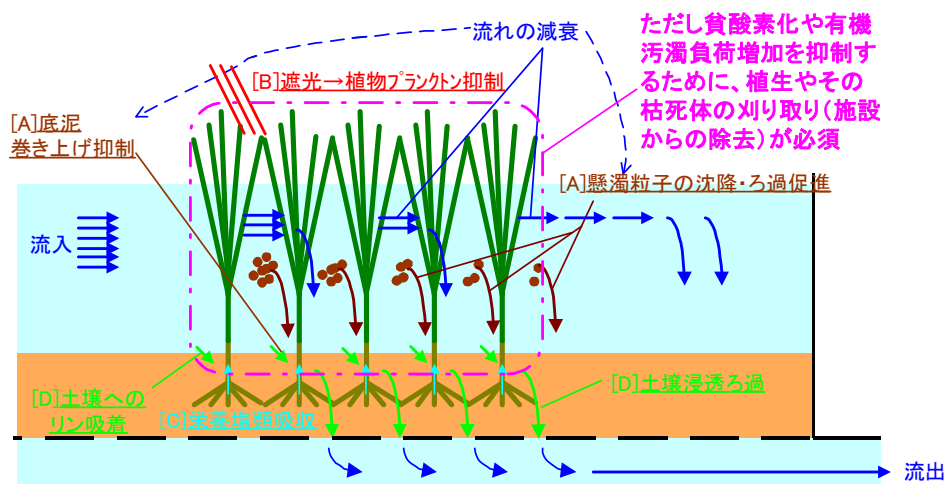


図 2.2-3 土壌・植生浄化により期待される水質浄化の効果イメージ図

### 1)効果[A]～[C]

前項 2.1(2)を参照。

### 2)効果[D]：土壌浸透ろ過による土壌へのリン等の吸着

期待される効果の一つとしては、流水を基盤土壌中の透水材へろ過させることから土壌へのリン等の吸着により栄養塩類が削減されることが期待される。

ただし、その効果は対策施設からの流出が透水材を経由したものだけになることから、透水材への浸透量に左右されるので、浸透量の確保が重要となる(後述の「[3] 想定される問題点・課題」参照)。また透水材の種類に応じて除去率も異なってくる(図 2.2-4(2))。なお、図 2.2-4(2)は、黒ボク土と礫のケースであり、栄養塩類の除去率は黒ボク土の方が高かった。

## ■霞ヶ浦・山王川の植生浄化と土壌・植生浄化（浸透流れ方式）の比較例

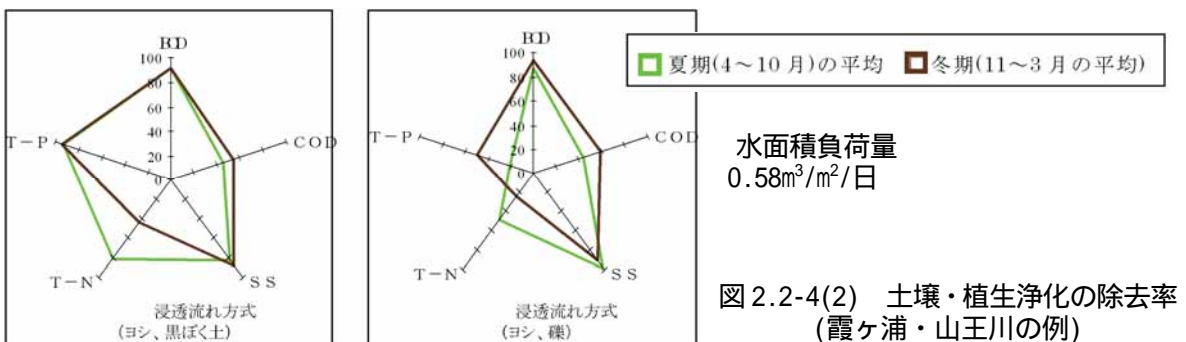
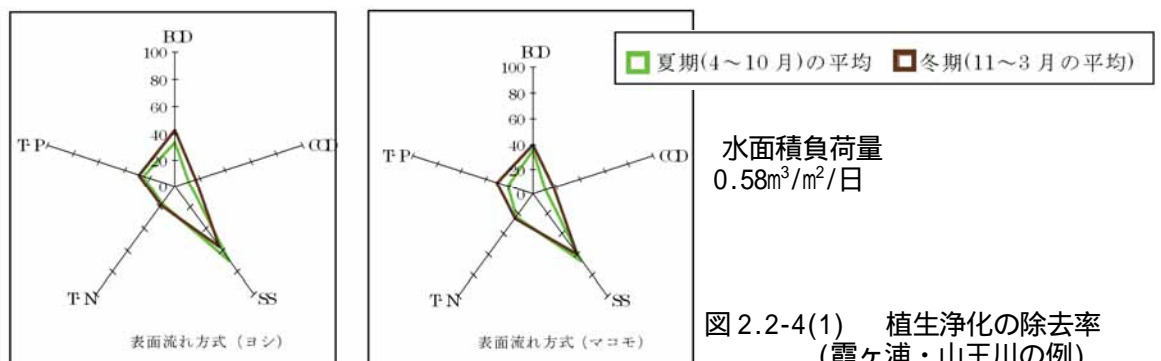
(後述の「参考資料 第2章」の事例 No. (2-2)、(2-8)参照)

図 2.2-4(1)～(2)は植生浄化（前項 2.1 の手法）と土壌・植生浄化（浸透流れ方式）の除去率を比較した一例である。

これらを見ると季節や適用する植生、透水材の違いはあるが、植生浄化は BOD が約 30～40%、COD が約 10～20%、SS が約 50～60%、全窒素（以下「TN」と称す）が約 20%、全リン（以下「TP」と称す）が約 20～30%の除去率であった。これに対し、土壌・植生浄化は BOD が約 90%、COD が約 50～60%、SS が約 90%以上、TN が約 20～80%、TP が約 20～90%と、植生浄化より高い除去を確保していた。

この違いの要因の一つには、土壌・植生浄化では、植生浄化に無い土壌浸透ろ過による土壌へのリン等の吸着が加わっていることが考えられる。このことから、土壌・植生浄化は植生浄化より高い効果が期待される。ただし透水材を利用するため、植生浄化より維持管理の内容が増すほか、コスト（イニシャル＋ランニング）の負担が大きくなる。

(後述の「(3)想定される問題点・課題」(p26)、「参考資料 第1章」(p23～24)参照)



\*後述「参考資料 第2章」の事例 No. (2-2)、(2-8)を参照。

\* (財)河川環境管理財団河川環境総合研究所(2007.12)「植生浄化施設計画の技術資料[2007年版]」(財)河川環境管理財団(現在、(公財)河川財団), 河川環境総合研究所資料第26号, PP II-25, II-27.

### (3)想定される問題点・課題

- [a] 植生の枯死体や細粒泥等の堆積
  - [b] 植生の異常繁茂
  - [c] 浸透量の減少に伴う効果の低下
  - [d] 高価なコスト負担
- など

#### 1)問題点・課題[a]、[b]

前項 2.1(3)を参照。

#### 2)問題点・課題[c]：浸透量の減少に伴う効果の低下

土壌・植生浄化の場合、浸透量が施設で処理できる量で決まり、その量に応じて水質浄化効果に大きく左右する。このため効果を発揮するには、浸透量の確保が重要である。

ただし、透水材の種類に応じて浸透量が異なってくるので、それに配慮した透水材の選定も重要である。

また対策開始から時間経過とともに、懸濁物の堆積や土壌へのリン等の吸着により透水材の目詰まりが生じるようになり、浸透量が減少する。このことから、浸透量を確保するために、透水材の目詰まり低減を図る維持管理（透水材の入れ替え、洗浄、干し上げ、堆積物除去など）が必要である。特に流入水が高濁度の場合、透水材の目詰まりが進行しやすいので、施設へ流入させる前に沈殿槽のようなものを設けておくことが望ましい。

#### ■大沼の例（後述の「参考資料 第1章」の事例 No. (1-2)参照）

大沼では、土壌・植生浄化について、平成 23 年度に透水材の種類を変えた 4 ケース（図 2.2-5）で浸透量の実験を行っている。

その結果は、図 2.2-5 に示すとおり、透水材に応じて浸透量やコスト等が異なっている。透水材の選定には、浸透量やコスト、実施に伴って期待したい（見込まれる）処理量や除去率などを勘案して慎重に行う必要がある。

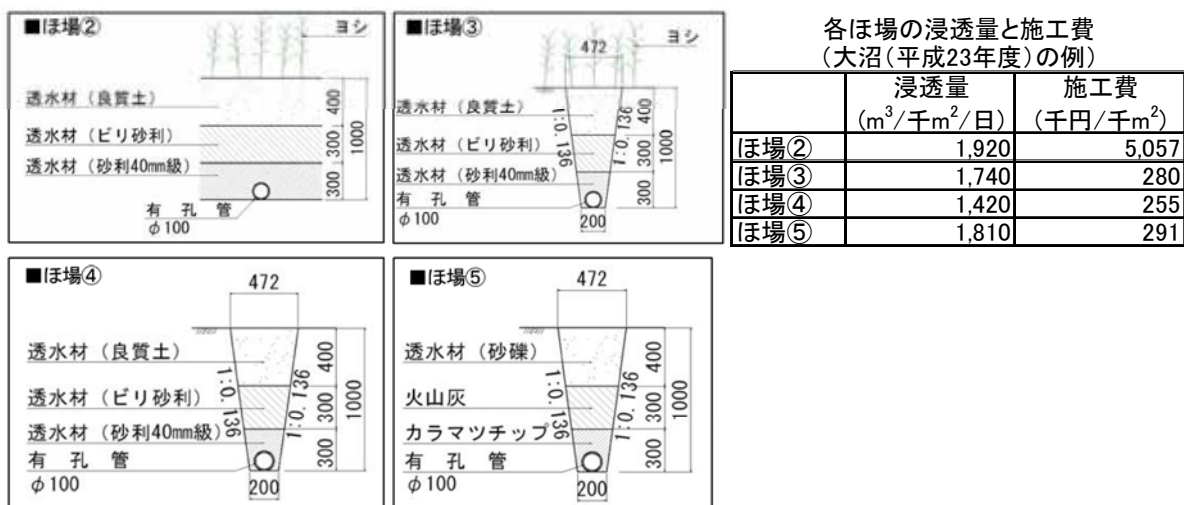


図 2.2-5 大沼(平成 23 年度)の土壌・植生浄化の実験ケース（透水材の種類）と各ケースの浸透量・施工費（後述「参考資料 第1章」の事例 No.(1-2)を参照）

■霞ヶ浦・山王川の例（後述の「参考資料 第2章」の事例 No. (2-7) 参照）

図 2.2-6(1)～(2)は土壌・植生浄化（透水材：黒ボク土、礫）における透水性調査結果の一例である。横軸が流量、縦軸が水深を示しており、傾きが大きいほど透水性が良好でないこと（流量が増えると水深が大きくなる（水位が上がる））を示す。

これを見ると通水開始した平成 15 年 9 月から約 1 年半経過した平成 17 年 3 月には傾きが顕著に大きくなっていることから、透水性が低下していることが伺える。

特に黒ボク土の方（図 2.2-6(1)）はその傾きの変化が礫のものより大きかった。ただし黒ボク土の方は干し上げを行うことにより、平成 17 年 3 月から 9 月にかけて傾きが緩くなり、透水性が回復している可能性が考えられる。しかし礫の方（図 2.2-6(2)）は干し上げによる効果が見られず、平成 17 年 3 月から 9 月にかけて傾きが大きくなっている。

以上のことから、浸透量は時間の経過とともに減少すること、またその透水性の回復は透水材の違いにも応じて異なっていることが伺える。

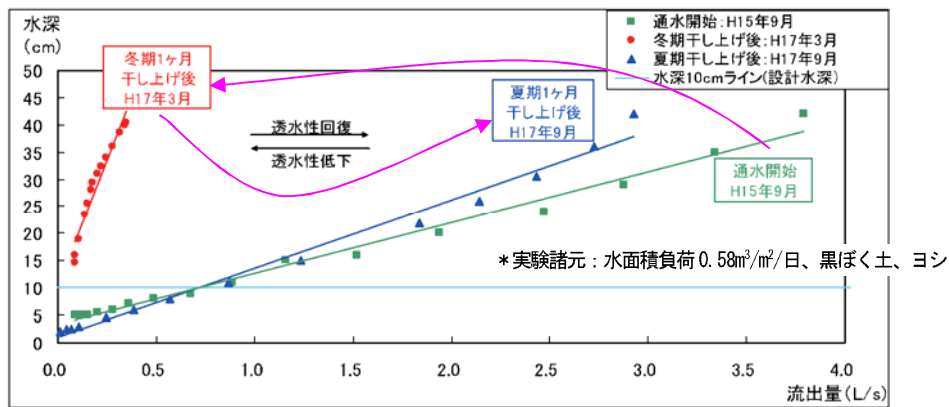


図 2.2-6(1) 透水性調査結果（流量と水深）  
（霞ヶ浦・山王川の例（透水材・黒ボク土）後述の「参考資料 第2章」の事例 No. (2-7) 参照）

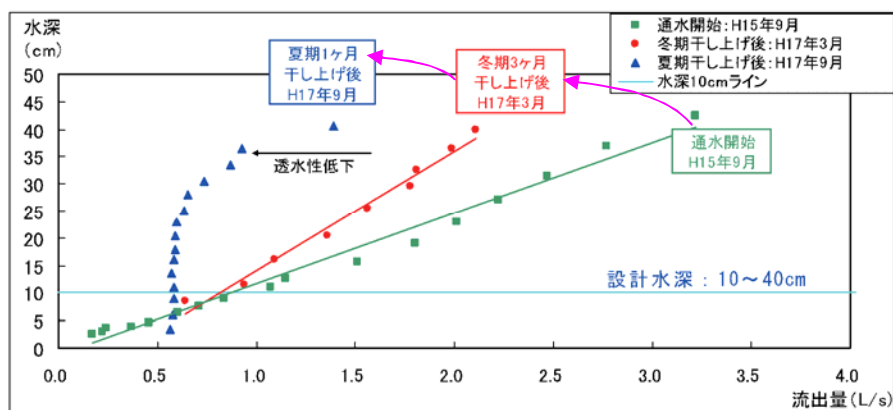


図 2.2-6(2) 透水性調査結果（流量と水深）  
（霞ヶ浦・山王川の例（透水材・礫）後述の「参考資料 第2章」の事例 No. (2-7) 参照）

\* (財)河川環境管理財団河川環境総合研究所(2007. 12)「植生浄化施設計画の技術資料[2007 年版]」(財)河川環境管理財団(現在、(公財)河川財団), 河川環境総合研究所資料第 26 号, PPIV-60, IV-61.



### 3)問題点・課題[d]：高価なコスト負担

土壌・植生浄化では、植生浄化と比べ、植生のみならず基盤土壌による水質浄化が期待できるので、効果が大きくなることが想定される。しかし、経済性では土壌・植生浄化の方が高価になることが想定される。

ただし、植生浄化で土壌・植生浄化と同様の効果を期待するとしたら、土壌・植生浄化よりも広大な面積が必要となる可能性がある。

このため、方式の選定にあたっては、対象地域の特性(地形形状・土地面積(用地確保のしやすさ)、植生等の生育状況、確保土壌の有無など)を踏まえつつ、処理水量や処理水質(SSの多少など)、除去率、施工性、維持管理性等のほか、経済性にも考慮しながら、決定することが必要である。

#### ■八郎湖と大沼の例 (後述の「参考資料 第1章」の事例 No. (1-1), No. (1-2)参照)

八郎湖の植生浄化(後述の「参考資料 第1章」の事例 No. (1-1))は造成費を面積1,000m<sup>2</sup>あたりに換算すると約5万円である。一方、大沼の土壌・植生浄化(後述の「参考資料 第1章」の事例 No. (1-2))は、ほ場③の場合、面積1,000m<sup>2</sup>あたりで約30万円弱と算定され、植生浄化より高価である。また時間の経過とともに透水材が目詰まりすると、浸透流量が減少することからその修繕費も嵩むことが想定される。

#### ■効果とコストの比較例

表2.2-1に植生浄化と土壌・植生浄化による水面積負荷、経済性、除去率の比較例を示す。土壌・植生浄化は、植生浄化よりも除去率が高いものの、造成が大がかりであるとともに維持管理頻度が多く、コストも高価になっている。

土壌・植生浄化の透水材別コストについては、礫+リン吸着槽を設けるとその交換を要するので僅かに高くなっているが、下表のケースでは全般的に大きな違いが見られていない。ただし礫のみのケースでは、リンがほとんど除去されていない。

表 2.2-1 水面積負荷、経済性、除去率の比較例

浄化方式	水面積負荷 目安 (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /日)	建設費単価 概算*2 (千円/m <sup>2</sup> )	運転・維持管理費 単価概算*3 (千円/m <sup>2</sup> /年)	除去率の目安 (%)				
				SS	BOD	TN	T-KN	TP
植生浄化*1	0.3~0.6	12	0.34	70	30	15	30	30
土壌・植生浄化*1 (透水材：黒ボク土)	0.2~0.6	20	1.20	80	85	85	75	90
土壌・植生浄化*1 (透水材：礫)	0.6~1.2	20	1.20	90	80	25	60	0
土壌・植生浄化*1 (透水材：礫+リン吸着槽)	0.6~1.2	20	1.30	90	80	25	60	75

\*1: 植生浄化は、前項 2.1 で示した植生を活用する取組を示す。土壌・植生浄化は植生のみならず基盤土壌への浸透を見込んでいる本項 2.2 の手法である。

\*2: 建設費は土木工事費と植栽費であり、ポンプ設備、取水施設の導水路等は含まない。

\*3: 運転、維持管理費の内訳

施設点検：植生浄化は年 12 人日、土壌・植生浄化は年 24 人日を想定して換算。

土壌・植生浄化の透水材交換は 10 年に 1 回の頻度を想定して換算。

またリン吸着槽があるケースはその交換も見込む。

植生管理は年 1 回を想定して換算。底泥管理は 5 年に 1 回を想定して換算。

\*4: (財)河川環境管理財団河川環境総合研究所(2007.12)「植生浄化施設計画の技術資料[2007年版]」(財)河川環境管理財団(現在、(公財)河川財団)、河川環境総合研究所資料第 26 号、PPIV-6。

なお本文献では、表中の植生浄化を「表面流れ方式」、土壌・植生浄化を「浸透流れ方式」と称している。

#### (4)本手法のまとめ

本手法は土壤に浸透させる取組であり、植生と組み合わせて行うこともある。前項 2.1 の植生浄化と同様に「[A]流水中の懸濁粒子の沈降促進、底泥の巻き上げ抑制」、「[B]遮光等による植物プランクトン抑制」等の効果が期待できるほか、基盤土壤中の透水材に浸透させることから「[D]土壤浸透ろ過による土壤へのリン等の吸着」なども見込まれる。

このため、例えば湖沼へ流入する汚濁負荷量（SS や栄養塩類等）が多くその低減などを図りたいとき、前項 2.1 の植生浄化と同様に流入河川（流入部）等で本手法が適用できる可能性がある。ただし、水質浄化の効果に対しては植生のみならず基盤土壤も機能するため、前項 2.1 よりスペースの規模は小さくなることが期待される（同等の効果を得ようとする場合）。

本手法と前項 2.1 の手法を選択する際には、生じている問題や見込む効果の程度、施工条件、維持管理性、経済性などを踏まえて総合的に判断する必要がある。ただし湖内での活用は、基盤土壤への浸透が困難のため、植生浄化の方が適している。

また本手法で植生も組み合わせる場合、前項 2.1 と同様に植生を湖外へ持ち出してこそ効果が発揮されるものであることを認識する必要がある。



## 2.3 湖内等の水草<sup>\*1</sup>を刈り取る取組

### (1)手法

昔の湖沼（1950年代半ばまで）では、農業生産のための肥料として、肥料藻の採捕が多く行われていた。このような活動は、湖沼の生産物を生活資材の原料としての活用とともに、湖沼に蓄積する有機汚濁負荷や栄養塩類の除去、バランスの取れた水草の繁茂量の維持などにもつながっていたと考えられることから、“健やかな湖沼水環境”の実現に向けて有効な手段になる可能性が想定される。

一方、最近では水草の異常繁茂により有機汚濁負荷の蓄積・増加や貧酸素化、景観悪化、航行阻害等の諸処の影響が見られており、その影響低減が急務の湖沼も多い。

本対策は、そのようなことを勘案した湖内の水草を刈り取る取組である。水草等を刈り取ることにより、有機物である水草に吸収されている栄養塩類<sup>\*2</sup>を湖外へ持ち出すこととなり、湖内における有機汚濁負荷の蓄積・増加の抑制や栄養塩類の削減が期待される（図2.3-1）。また水草の異常繁茂による諸処の影響低減も見込まれる。さらに栄養塩類を含む刈り取った水草は、肥料等として農地などで利用することができる。

本手法は、湖沼自然浄化活用事業の中海で海藻刈り取り、諏訪湖や琵琶湖・南湖で水草の異常繁茂対策として行われている（図2.3-1、後述の「参考資料 第1章」参照）。



図 2.3-1 海藻刈りによる浄化・栄養塩類循環のイメージ（中海の例）

\*鳥取県西部総合事務所・島根県環境生活部環境政策課（2012.3）「中海エコ活動レポート第10号」鳥取県・島根県, P2.

\*後述の「参考資料」の事例 No. (1-4~6)、(2-9~10) を参照

\*1：ここでいう「水草」とは、沈水植物や抽水植物、浮葉植物、湿性植物といった水生植物、海藻・海草などをいう。

\*2：ヨシ等の抽水植物や浮葉植物は根より土壌中の栄養塩類を吸収する。一方、沈水植物やヒシ等は水中の栄養塩類も吸収する。ただしこれら植生はそのまま放置すると、含まれている栄養塩類がいずれ水中に回帰することとなる。

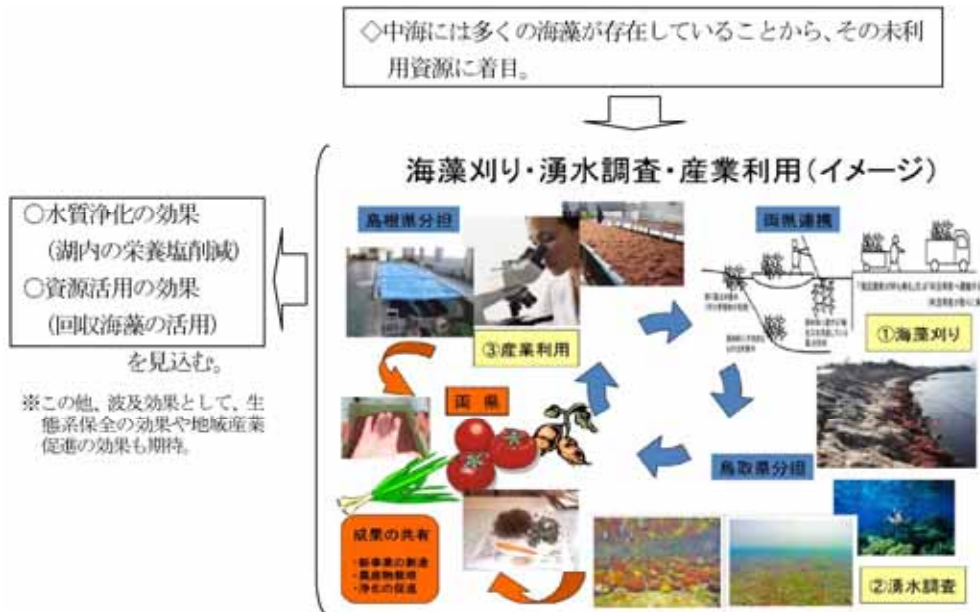


図 2.3-2(1) 中海における対策の仕組み概念図 (後述「参考資料 第1章」の事例 No.(1-3)を参照)

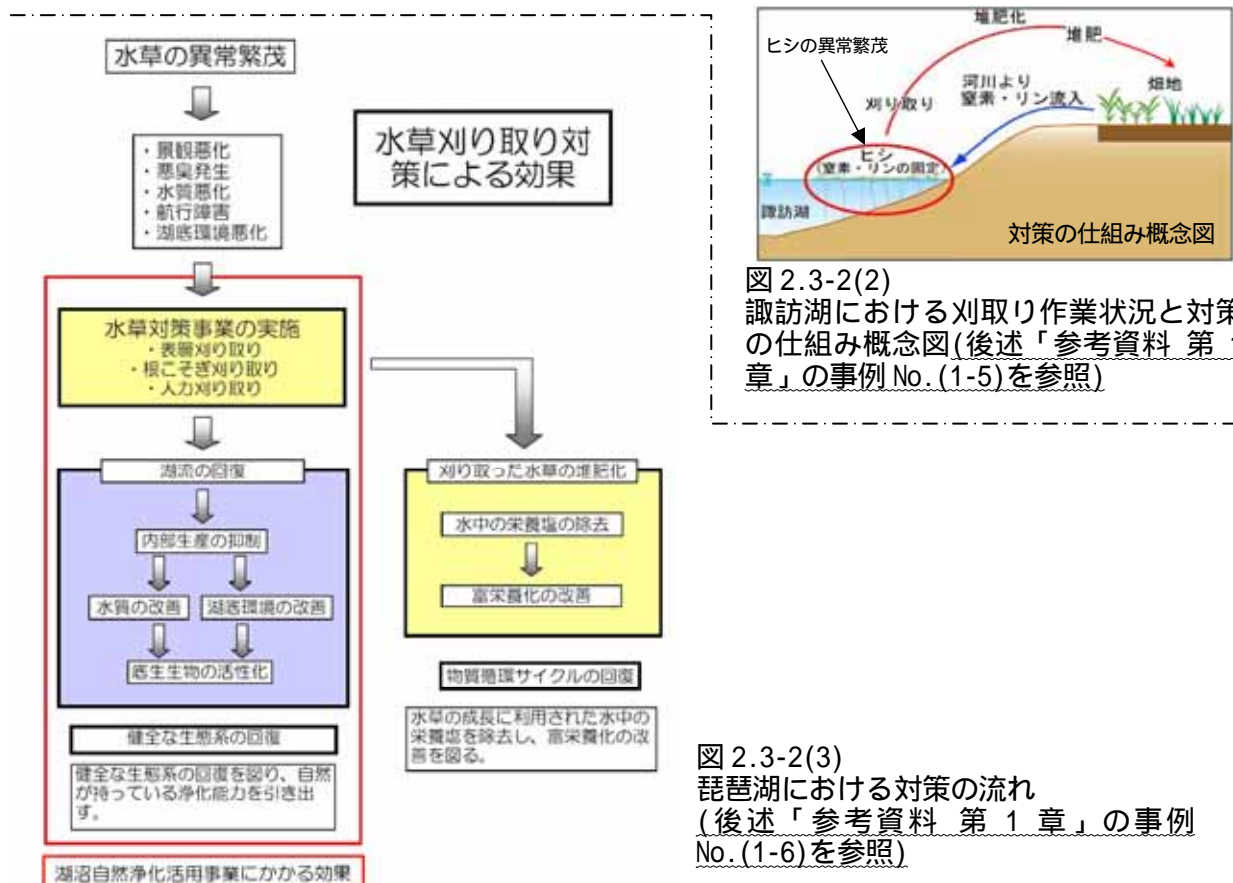


図 2.3-2(2) 諏訪湖における刈取り作業状況と対策の仕組み概念図(後述「参考資料 第1章」の事例 No.(1-5)を参照)

図 2.3-2(3) 琵琶湖における対策の流れ (後述「参考資料 第1章」の事例 No.(1-6)を参照)

## (2)期待される水質浄化に係る効果

- [A] 植生の異常繁茂による貧酸素化等の影響低減効果  
[B] 有機汚濁負荷蓄積・増加の抑制、栄養塩類（窒素,リン）の除去 など

なお、ここではそれらの概要を以下に示す。

### 1)効果[A]：植生の異常繁茂による貧酸素化等の影響低減効果

異常繁茂した植生を除去することにより湖内流動の促進や枯死体による有機汚濁物の増加低減を見込むことができるため、底層の貧酸素化抑制や底質改善など植生の異常繁茂による諸処の影響低減効果が期待される。

#### ■諏訪湖の例（後述の「参考資料 第1章」の事例No. (1-5)参照）

諏訪湖ではヒシの異常繁茂に伴う底層の貧酸素化や航行阻害等の影響が見られていたことから、ヒシの刈り取りを行っている。図 2.3-3(1)はヒシの刈取区と刈り取っていない繁茂区のDO鉛直分布である。また併せてpHの鉛直分布を図 2.3-3(2)に示す。

これらを見ると、刈取区の方が繁茂区よりDOが高い傾向にある。その要因としては、DOとpHが類似した鉛直分布を示していることを踏まえると、ヒシが刈り取られたことにより光が水中深くまで達し、水中の植物等の光合成に伴ってDOが回復したと推測される。またヒシが刈り取られたことにより大気から供給される酸素が水中深くまで行き渡っていることや、水の流動が促進された可能性も考えられる。

このようにヒシ刈り取りに伴ってDO回復による水質浄化の効果が期待できる。ただし遮光に伴う植物プランクトン増殖の抑制は見込みにくくなるおそれがある。

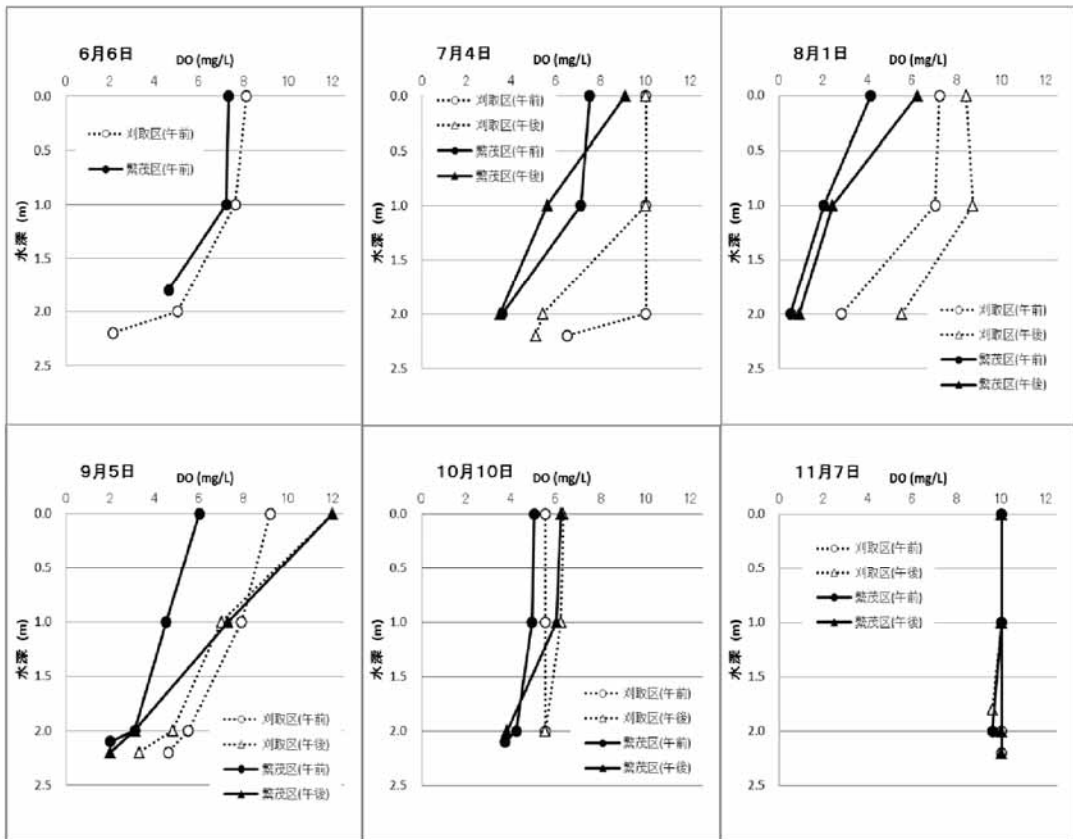


図 2.3-3(1) 諏訪湖におけるヒシ列取区と繁茂区の DO 鉛直分布 (平成 24 年度)

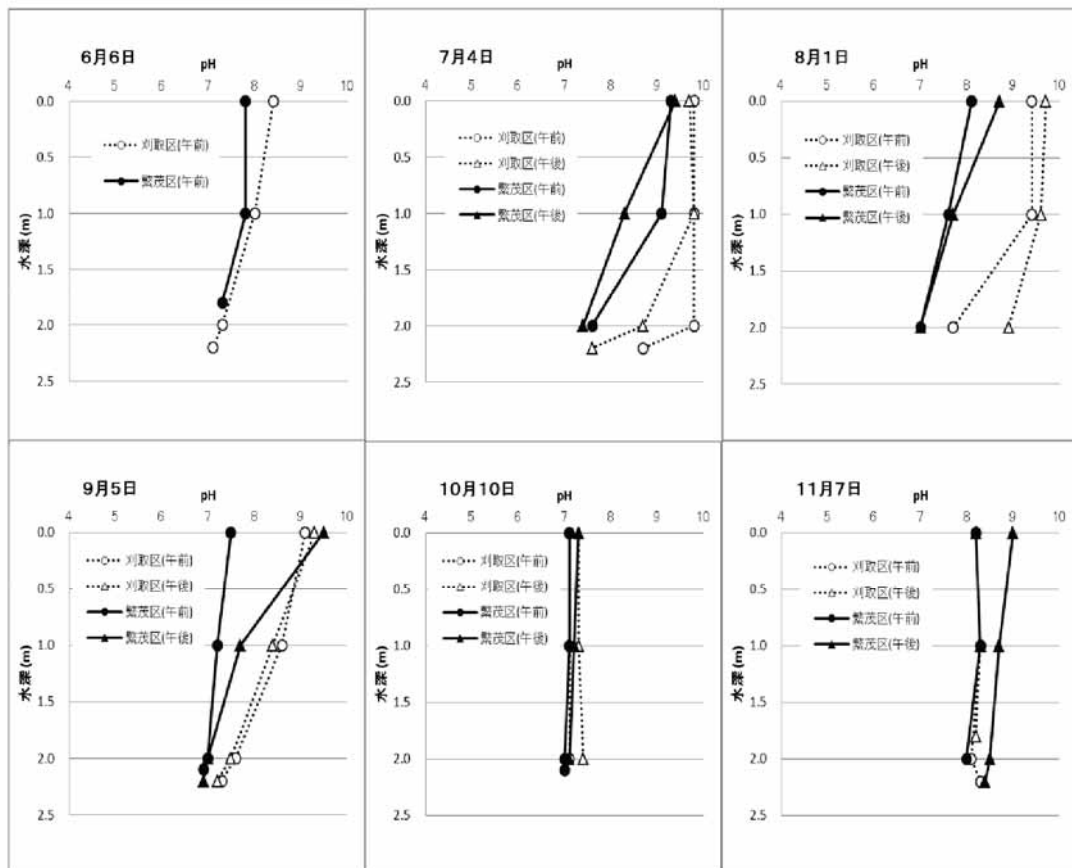


図 2.3-3(2) 諏訪湖におけるヒシ列取区と繁茂区の pH 鉛直分布 (平成 24 年度)

## 2)効果[B]：有機汚濁負荷蓄積・増加の抑制、栄養塩類（窒素,リン）の除去

植生そのものが有機物であることから、そのまま枯死後まで放置すると有機汚濁負荷が蓄積・増加してくるので、水草を刈り取ることによりその蓄積・増加を抑制することが期待される。また除去した水草には多くの栄養塩類が含まれていることから、これらを湖外へ持ち出すことによりその分の湖内の栄養塩類を除去することになる。

ただし湖内の有機汚濁負荷や栄養塩類の除去効果を大きくするには除去・採捕量が多く必要であり、湖沼全体の水質改善を図るには本対策のみならずその他の取組も併用することが重要である（後述の「(3)想定される問題点・課題」、配慮すべき点(2)(p47)参照）。

### ■東郷池の例（後述の「参考資料 第2章」の事例No. (2-9)参照）

表 2.3-1 は東郷池で刈り取った水草に含まれる栄養塩類等の含有量を測定した例である。これを見ると、刈り取った水草には農地で使われる肥料と同程度の栄養塩類等が含まれており、その分が湖外へ持ち出されていることとなる。

表 2.3-1 刈り取り後水草・緑肥・有機質肥料の窒素、リン酸等の含有量

	窒素 N(%)	リン酸 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	カリウム K <sub>2</sub> O(%)	苦土 MgO(%)
刈り取り後水草	2.62	1.59	3.17	1.62
緑肥作物平均	1.9	0.5	2.3	0.5
有機質肥料平均	3.3	2.6	1.9	0.8

\*刈り取り後水草は東郷池の例

\*緑肥作物、有機質肥料は、「神奈川県作物肥料施用基準—肥料成分表」を基に算出。

\*緑肥作物は、レンゲ、ソルゴー、イタリアンライグラス、トウモロコシが対象

\*有機質肥料は、稲わら、もみがら、牛糞、豚糞、鶏糞、魚かす、菜種油かす、大豆油かす、加工家きん糞、カニ殻、米ぬかが対象

\* (財)河川環境管理財団・河川環境総合研究所(2011.3)「我が国の湖沼での沈水植物の再生及び利活用に関する資料集」(財)河川環境管理財団(現在、(公財)河川財団)、河川環境総合研究所資料第30号, PP7-15.

### (3)想定される問題点・課題

[a]水草除去後の再繁茂 [b]湖沼全体に対する栄養塩類等の除去効果が小さい [c]大きな作業負担・再利用物(堆肥等)の品質低下 など
---

なお、ここではこれらの概要を以下に示す。

#### 1)問題点・課題[a]：水草除去後の再繁茂

湖内の水草の異常繁茂とそれに伴う影響を抑制・低減することを目的として水草刈り取りを行うことが多い。ただし刈り取り後にしばらくしてから水草が再生して密集することがある。これは、水草を刈り取っても完全に刈り取りされていないことや種子等が残ることなどによる可能性が推測される。

このため、刈り取りにあたっては、種子等まで見据えた採取に配慮するとともに、効果的な刈り取り時期（例えばできる限り早い段階での刈り取りなど）や手法を検討する必要がある。

#### ■諏訪湖の例（後述の「参考資料 第1章」の事例No. (1-5)参照）

諏訪湖においては、異常繁茂したヒシの刈り取りを行っている。ただしその翌年にはヒシが再繁茂して密集していた（図 2.3-4）。



図 2.3-4 ヒシ再繁茂の様子（諏訪湖の例）

これは機械（刈り取り船）により刈り取ったものの、種子まで採取できなかったこと、また刈り取りに伴って種子が水中に拡散したことなどにより、ヒシが再繁茂して密集した可能性が推測される。

※刈り取り1年後に再繁茂

この結果、前年度に刈り取りを行った地点でも貧酸素化の発生など水質等への影響が見られていた（図 2.3-5）

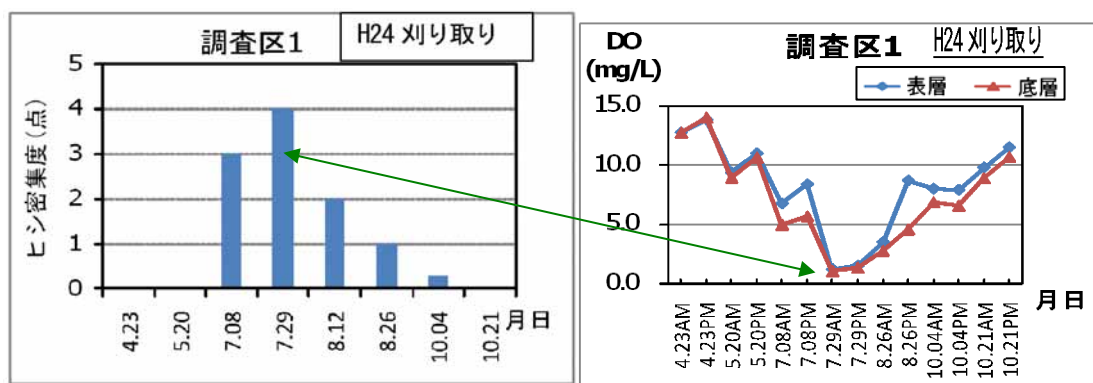


図 2.3-5 刈り取りの翌年におけるヒシ密集度と DO の経時変化

\*ヒシ密集度は、ヒシの繁茂状況を目視で定性的に判断して6段階で区分した（0、0.3、1、2、3、4、5点）ものである。



## ■琵琶湖（南湖・赤野井湾）の例

琵琶湖・南湖においては、異常繁茂した沈水植物の刈り取りを行っている（後述の「参考資料 第 1 章」の事例 No. (1-6)参照）。このとき水草の生息密度が小さい（成長する前）2月頃に根こそぎ除去を行った。その後は、例年6月頃に水草が密集するが、この年は7月中旬まで水草の生長が抑えられていた。これらは、成長前に根こそぎ除去を行ったことにより、翌年に繁茂する時期を遅らせることができた可能性が推測される。

一方、琵琶湖・赤野井湾では、面積16ha程度にハスが存在しており、その刈り取りによる管理が行われている（後述の「参考資料 第 2 章」の事例(2-11) (p98~99)参照）。ハスは地下茎を刈り取ることが群落の縮小という面で有効的であるが、地下茎は底泥表面から30cm以深に存在するため、成長したハスを根こそぎ除去しなければならない。

赤野井湾では、6月、8月に刈り取った翌年の新芽が抑制された。このことは、刈り取りに伴う効果であると考えられる。ただし、その時期は群落の密度が高いことから刈り取り作業の負担が大きかった。

## 2)問題点・課題[b]：湖沼全体に対する栄養塩類等の除去効果が小さい

水草刈り取りでは、湖内の栄養塩類を除去することが見込まれる。ただし湖内の栄養塩類除去効果を大きくするには、除去・採捕量が多く必要となる。漁獲(シジミ漁など)が盛んな湖沼では、水産資源を採捕した後の経済効果が見込まれるためその量が多くなるので、栄養塩類除去の効果が大きいと期待できる。しかし、水草の除去の場合、作業効率や除去後の需要などの観点から除去量に限りがあることが懸念される。

このことから、湖沼全体の水質改善を図るには、本対策のみならずその他の取組も併用することが重要である（後述の配慮すべき点(2) (p47~48)参照）。

## ■中海・東郷池の例（後述の「参考資料」の事例 No. (1-3), (2-9)参照）

中海においては、30~50日で343tの海藻刈り取りを行っており、それに伴う栄養塩類の除去が見込まれる。しかし、除去できた栄養塩類は、窒素、リンともに湖沼全般における流入負荷量の約0.8日分と僅かであった。

東郷池の場合、除去される栄養塩類は湖沼全般における流入負荷量に比較して僅か（窒素で0.06日分、りんで0.3日分）であった。

### 3)問題点・課題[c]：大きな作業負担・再利用物(堆肥等)の品質低下

異常繁茂した水草を刈り取る作業は負担が比較的大きく、刈り取り後の水草の処理も必要である。

またこの対策を継続的に行っていくためには、水草を刈り取るのみならず、刈り取った後に水草を堆肥等で利用し、効果の幅を広げていく必要がある（湖内の効果のみならず、資源活用という観点から人々へもたらす恵沢まで見据え、刈り取る意義を高めるなど）。しかし、刈り取った水草の堆肥化を行う際に、乾燥作業が天候の影響を受けやすいことから水草が腐敗することや、保管時にカビ臭が生じることなどがある。さらに水を含むと固まりやすい、ゴミ等の混入など肥料として品質が低くなりがちなことや、刈り取りから堆肥製造までの作業負担が大きいことからコストが高むので市場展開が容易ではないことから、利用の需要確保が課題である。

このことから、水草刈り取りを継続的に行うための工夫が重要である（例えば諏訪湖の事例のように住民参加による刈り取り作業や琵琶湖のように品質改良を図るなど（後述の「参考資料 第1章」の事例 No. (1-5), (1-6) 参照）。

### (4)本手法のまとめ

本手法は湖内の水草を刈り取る取組であり、[A]植生の異常繁茂による貧酸素化等の影響低減効果等が期待できる。

このため、例えば水草等が異常繁茂している湖沼でそれに伴う影響（底層の貧酸素化発生などによる水質悪化、悪臭発生、漁船の航行や漁具設置への支障・影響や生態系への変化、景観悪化など）の低減を図りたいときに、本手法が適用できる可能性がある。

また植物体そのものが有機物であるため、刈り取ることによって枯死等に伴う有機物の増加を抑制することを期待できる。さらに栄養塩類等を含む水草を刈り取るものことから、湖内の水質浄化（栄養塩類（TP、TN）等の低減を講じたい場合）や肥料等の資源活用の効果を期待できる。

ただし、刈り取り後におけるヒシの再生による水質等への影響が懸念されるため、ヒシの再生を抑制するための手法検討が必要である。併せて大きな作業負担の低減、生産する堆肥等の品質確保を図る工夫も必要である（後述の配慮すべき点(5), (6)（p55～57）参照）。

また本対策を講じたからといって湖沼全体に対する栄養塩類等の除去が実現するわけではないことに配慮が必要である（後述の配慮すべき点(2)（p47）参照）。



## 2.4 二枚貝等の浄化機能活用を促進する取組(覆砂等)

### (1)手法

シジミやアサリなど二枚貝（懸濁物食者）は、湖水中の栄養塩類等を取り込み、同化産物として窒素を体内に蓄積するなどの浄化機能を有する(図 2.4-1)。さらには、二枚貝は、漁獲や食物連鎖による鳥類の採捕により湖外へ持ち出されることにより、前項の 2.3 水草の刈り取りと同様に湖内の栄養塩類等の負荷を削減することができる。

本手法は、そのことに着目し、シジミやアサリ等の二枚貝（懸濁物食者）が元来有する浄化機能を活用することやそれらの漁獲等の採捕に着目し、それを促進するための取組(覆砂等)である。

ただしシジミの場合、生息するには底質が砂質である必要がある。また底層の嫌気化に伴って湖底から発生する硫化水素等の影響が小さいことなどが必要である。

これらのことを踏まえると、二枚貝の浄化機能の活用を促進する取組としては覆砂などが挙げられる(図 2.4-2)。覆砂は底質を砂質に変えるほか、底層の嫌気化を改善することから、硫化水素発生を低減するなどの底質改善を図ることになるため、水質浄化効果をもたらすシジミ等の生息場を創出・再生することにつながり、シジミ等による浄化機能の促進が期待できる。

また覆砂は底層の嫌気化を改善することにより湖底からのリン等の溶出抑制といった直接的な湖内の水質浄化効果も見込まれる。

本手法は、湖沼自然浄化活用事業においてシジミ等の水産が盛んである宍道湖で行われている(後述の「参考資料 第 1 章」の事例 No. (1-4) 参照)。

なお、シジミ以外の生物の食物連鎖に着目した例としてミジンコを用いたバイオマニピュレーション\*1がある。水質浄化を目的として、本項のようなシジミを人為的に増やすことや、前項に挙げた水草の除去は、ある意味で「生態系にある種のを付加・除去することで生息密度を変える人為的な生態系操作」であり、生態系操作という点でバイオマニピュレーションの一種と考えられる。このため、対策に際しては、生態系への影響や関係機関等との合意形成などを勘案しながら慎重に進めていく必要がある。

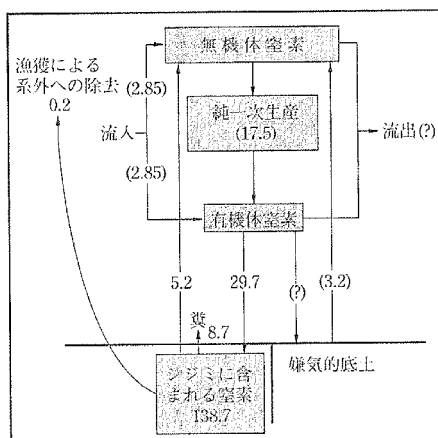


図 2.4-1 シジミによる窒素循環の試算結果の例(宍道湖)

\* 中村幹雄(2000)「日本のシジミ漁業 その現状と問題点」たたら書房, PP23.

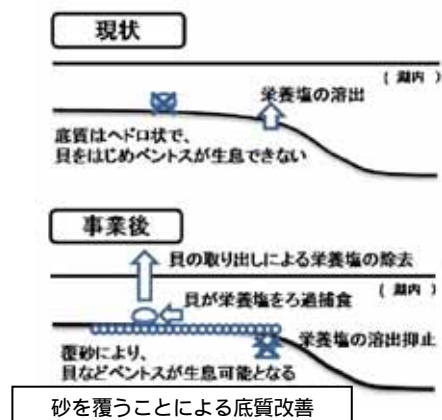


図 2.4-2 シジミの生息場再生を図るための覆砂の概念図

(後述の「参考資料 第 1 章」の事例 No. (1-4) 参照)

\*1: 後述の[コラムIV] (p42~43) 参照。

## (2)期待される水質浄化に係る効果

- [A] 浄化機能を有する二枚貝（シジミ等）の生息場再生・創出
- [B] 二枚貝による栄養塩類（窒素, リン）の除去の促進
- [C] (覆砂による)湖底からの栄養塩類等の溶出抑制等のための底質改善 など

### 1)効果[A]、[B]

効果[A]は次章の配慮すべき点(2)(p49の図3.2-2)、[B]は前項の「(1)手法」及び図2.4-1を参照。

### 2)効果[C]：湖底からの栄養塩類等の溶出抑制等のための底質改善

覆砂は、嫌気化している底泥を嫌気化していない砂で覆うことになることから、湖底からの栄養塩類等の溶出が抑制されることが期待される。

ただし、近くの未覆砂水域で貧酸素化等により水質が悪化していると覆砂した水域へ影響するおそれや、時間の経過とともに再び底質が悪化するおそれが懸念される。

#### ■宍道湖の例 (後述の「参考資料 第1章」の事例No. (1-4)参照)

図2.4-3(1)は覆砂を行った箇所・行っていない箇所における底層水質を示したものである。覆砂を行っている箇所の夏季の栄養塩類（TN、TP）は行っていない箇所よりも低減しており、覆砂による底質改善の効果の可能性が伺える。

ただしDOについては、栄養塩類（TN、TP）が高くなっている9月の時期を見ると、覆砂を行っていない箇所で概ね無酸素化していたのに対し、覆砂を行っている方はその状態を回避しているが、約2mg/Lまでは低下している。このように覆砂有りでもDOが低下していたのは、その時期に付近の西岸なぎさ公園(図2.4-3(2))で青潮が生じていたことが関わっていた可能性がある。

以上のことから、覆砂により底質改善され、水質浄化につながる可能性が期待できるが、近くの未覆砂水域で貧酸素化等により水質が悪化していると、覆砂水域にも影響を及ぼすおそれがある。

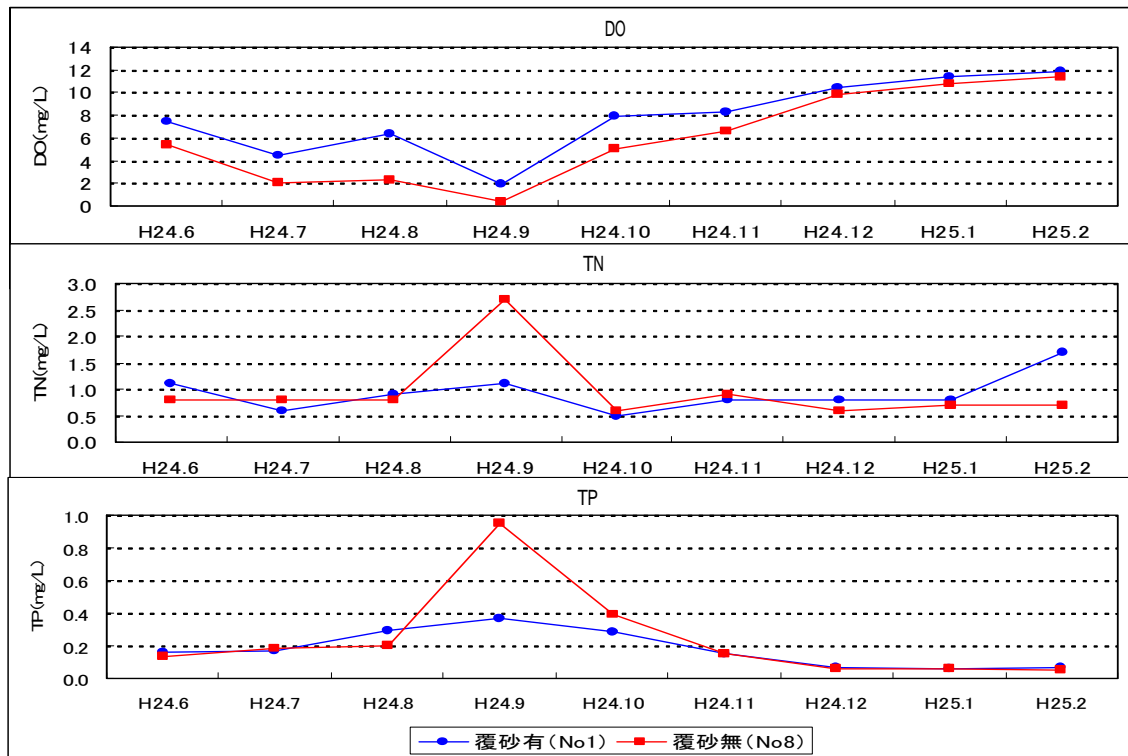


図 2.4-3(1) 覆砂有・無別における底層水質の状況  
 (宍道湖の例、後述「参考資料 第 1 章」の事例 No. (1-4)を参照)



図 2.4-3(2)  
 平成 24 年 9 月に生じた  
 青潮による魚類斃死箇所

※国土地理院の 5 万分の 1 地形図『今市』を掲載

### (3)想定される問題点・課題

- [a] 近傍の未覆砂水域からの影響
- [b] 時間の経過とともに再び底質が悪化 など

本手法においては、前述の図 2.4-3(1)に示す宍道湖の事例のように、近く未覆砂水域で貧酸素化等により水質が悪化していると覆砂した水域へ影響するおそれがある。また時間の経過とともに再び底質が悪化するおそれが懸念される。

このため、その他の対策との併用や実施後の状況把握とその結果に応じた順応的な対応などが重要である。

#### (4)本手法のまとめ

本手法は二枚貝（懸濁物食者）の浄化機能を活用することに着目したものであり、覆砂等により「[A] 浄化機能を有する二枚貝の生息場再生・創出」、「[B]二枚貝による栄養塩類の除去」、「[C]底質改善」などの効果が期待される。

このため、例えば元来シジミやアサリ等の二枚貝の水産が豊かであった湖沼でそれら水産資源の回復や二枚貝による湖内の水質浄化（栄養塩類（TP、TN）等の低減など）を図りたいときに、本手法（覆砂等）が適用できる可能性がある。また底質の嫌気化に伴う湖底からのリン等の溶出などの問題があり、それらの改善を図りたい場合、覆砂はその底質を覆うことにより直接的な底質改善も見込まれる。

ただしシジミ等の生息環境を整備しても、その結果に関しては不確実性があることから、モニタリングを行いながら順応的な対応を図ることが重要である。

#### [コラムⅣ] バイオマニピュレーション

バイオマニピュレーションは、食物連鎖(「食う－食われる」という食物網を主とする生物間のつながり)に着目し、ある生態系に特定の種を付加・除去して生息密度を変えることにより、目的とする種の構成やその密度を変える生態系の人為的操作をいう。

例えば、昔は水草を適度に刈り取る(間引く)ことにより、底層の貧酸素化や枯死体堆積等による有機汚濁負荷の増加を抑制するとともに、光の透過性を高めて水草の群落内の再生産を増大させていたことが推測される。このことは、人間が常に手を加えて生態系を操作してきた結果であり、ある意味でバイオマニピュレーションが行われていたといえる。また浄化機能を有するシジミを増やし、水質浄化を図る対策も、ある意味でバイオマニピュレーションであるといえる。

バイオマニピュレーションによる水質浄化対策は、主に欧米の湖で魚類群集の制御等による試みが見られているが、日本ではそのような対策は、漁業権等の制約によりあまり取り組まれていない。国内の事例としては、信州大学により白樺湖で行われたものがある。

アオコ等の低減には、湖沼へ流入する栄養塩類等の負荷量を削減することが一般的な対策である。このほか植物プランクトンを捕食するミジンコ等を増やすことにより植物プランクトンの異常増殖の低減を図ることが考えられる。そのミジンコ等を増やすには、ミジンコ等の天敵となる捕食魚の減少やミジンコの放流などが対応として挙げられ、その事例はそのことに着目したものであった。

白樺湖は、下水道供用開始に伴って一時的に水質が改善されたが、再びアオコが発生する状況にあった。このため、白樺湖では、小型動物プランクトン種が優占している現状を踏まえ、ワカサギなどのプランクトン食魚を減らすことにより大型プランクトンを増やすことで水質改善が見込まれたことから、バイオマニピュレーションを実施した。

また、白樺湖は人工湖であり、漁業活動がないこと、サケ科の冷水魚が生息できることなどがバイオマニピュレーションを可能とした。

このときの手法は、ニジマス\*1放流を行い、ニジマスが動物プランクトンを採餌するワカサギを摂餌することにより、動物プランクトンを増加させること、植物プランクトンを捕食するカブトミジンコ放流を行い、植物プランクトンを減少させることを見込み、これを繰り返している。

その結果、白樺湖のワカサギは2002年まで採捕できていたが、2003年以降、採れなくなっていた。また、2002年秋季にカブトミジンコが出現し始め、それ以降、増加していた。透明度は、1997～2002年が概ね200cmであったのに対し、ワカサギの減少、カブトミジンコの増加に伴い、2003年9月に約350cm、2004年7月に約460cmとなり、改善が見られていた(図 -1)。

\*1: ニジマスは、2004年に制定された外来生物法による規制対象ではないが、適切な取り扱いが求められている要注外来生物に指定されていることから、水域によっては在来種に大きな影響を与えることに、十分留意する必要がある。

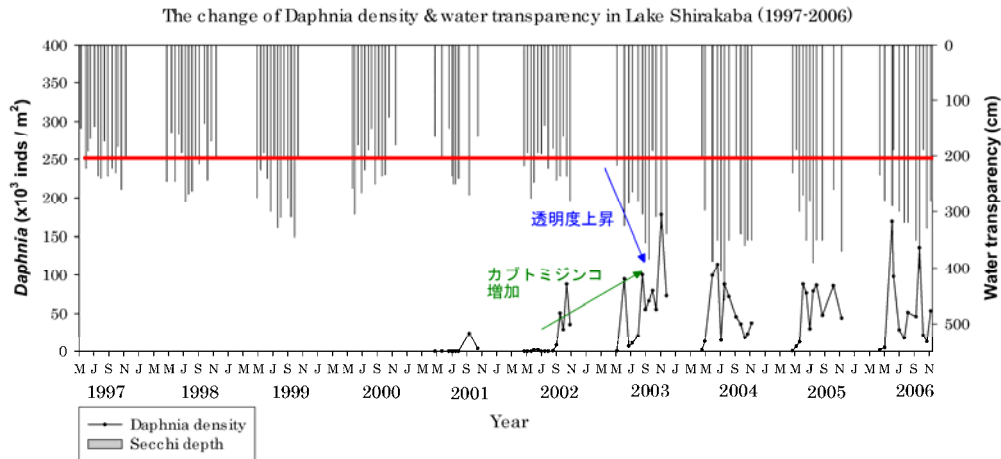


図 -1 白樺湖の透明度(上段)とカブトミジンコ数(下段)の経年変化

\*花里孝幸「湖の水質浄化に伴う生態系変化とそれが生み出した新たな問題—諏訪湖から学んだこと」

このように植物プランクトンを捕食するカブトミジンコの増加を図り、植物プランクトンを減少させることにより透明度が上昇する効果を得ている。

ただし、バイオマニピュレーションは、人為的に生態系を操作することになることから従来の湖沼の生態系に影響を及ぼすことが懸念される。特に移入する生物種が外来種であればその影響は大きくなると考えられる。この事例からも、白樺湖の透明度が上昇したという結果は元の生態系が変化したことによるものであり、湖沼に魚を放流するという行為がいかに生態系全体に大きな影響を与えるかを示している。

このため、対象とする湖沼の固有の生態系に十分に配慮しつつ、従来の生態系のバランスを欠かないように努めながら慎重に対応する必要がある。

ワカサギ等については、(ある意味で外来種であるが) 主要な水産資源として扱われている湖沼が多いことから、バイオマニピュレーションによる漁業等への影響が懸念される。このため、漁業権のある湖沼では漁業活動との共存に配慮し、関係機関等との合意形成を図りながら進める必要がある。

これらのことから、バイオマニピュレーションを講じる際には、事前に対象とする湖沼の食物網、植物プランクトンの低減に寄与する生物種を把握し、適切な放流種を検討するとともに、放流に伴って湖沼の生態系(水産資源含む)への影響を与えないよう、湖沼の固有の生態系や漁業活動との共存に配慮しつつ、関係機関等との合意形成を図りながら慎重に進めていく必要がある。

なお、日本ではワカサギやヘラブナなどが水産資源や釣り等のレクリエーション促進のために放流されることが多く、放流されたワカサギはアオコの天敵となるミジンコ等を捕食するため、ヘラブナは釣り人が大量の練り餌を湖へ投入することにより有機物や栄養塩類を増加させるため水質汚濁が促進されやすいことに留意が必要である。また最近、環境教育の一環などで魚類の放流などが行われているが、魚類の増加は排泄などを通して水質汚濁を進める懸念があるので、むやみに魚類を放流することは望ましくないと考えられる。



## 第3章 自然浄化対策を講じる際に配慮すべき点

### 3.1 配慮すべき点の考え方

“健やかな湖沼水環境”の実現を目指す取組を講じていく際には、それぞれの湖沼に関わる国、地方公共団体、事業者、住民等の緊密な協力が必要である。そのためには、住民等の湖沼水環境保全に関する意識高揚を促進していくなどの取組を行いながら、関わりのある人々が湖沼への関心をいつまでも持ち続けてもらうことが重要である。自然浄化対策は、そのような取組手法の一つとなるとともに、住民等の理解や協働が必要不可欠であることから、対策を講じる際には住民等の意識高揚を見据えることが重要である。

また“健やかな湖沼水環境”の実現に向けては、湖沼が人々へもたらす多様な恵沢を将来にわたって持続的に享受できるようにすることを目指すことが極めて重要である。自然浄化対策は水質浄化効果のみならず、生態系の再生・保全、資源活用、人と自然の触れ合いの場の提供などの効果も見込まれるので、そのような効果を見据えて行うことが重要である。

ただし、人々が求める望ましい湖の姿は、湖の利用目的や環境条件、人々の利害関係等によって異なっており、すべての目的を同時にかなえることができるわけではない。また対策を行っても、期待する効果が思っている以上に小さい可能性があるほか、ときには期待している目的と異なる望ましくない結果をもたらすおそれもある。

このため、それぞれの湖沼の特性に応じ、湖沼に関わる人々で合意形成を図りながら、何の目的を優先させていくかなどを考慮しつつ対策を進めていくことが必要である。また対策の実施時や実施後にモニタリング調査を行いながら、その結果に応じた順応的な対応を図っていくことも重要である。

また対策を継続的に行っていくためには、維持管理を適切に行いながら効果の持続や対策に伴う環境影響の低減に努めていくことや、費用削減の工夫、前述した住民等との協働などが必要である。

このようなことを踏まえ、ここでは、自然浄化対策を講じる際に配慮すべき点について、事例を通じながら表3-1に示すものを列挙し、次項3.2で各々を整理した。次項3.2の文章中に列挙する事例に併記しているNo.は後述「参考資料」に挙げている事例番号を示す。

表3-1 自然浄化対策を講じる際に配慮すべき点一覧

- |   |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"><li>(1) 対象湖沼に応じて実現の優先度を考慮した目的・目標の設定 (p45 参照)</li><li>(2) 水質浄化以外の効果や他の水質対策との併用による複合的な効果の発揮に着目した取組の展開 (p47～52 参照)</li><li>(3) 適切な手法の選定 (p53 参照)</li><li>(4) 対策に伴う環境への影響低減に配慮した調査・検討の実施 (p54 参照)</li><li>(5) 費用削減の工夫 (p55 参照)</li><li>(6) 対策を通じての住民等の湖沼水環境保全に関する意識高揚の促進 (p56～57 参照)</li><li>(7) 適切な維持管理の徹底 (p58～59 参照)</li><li>(8) モニタリングの実施とその結果に応じた順応的な対応 (p60 参照)</li></ol> |
|---|

## 3.2 配慮すべき点

### (1)対象湖沼に応じて実現の優先度を考慮した目的・目標の設定

自然浄化対策は、次項の配慮すべき点(2)(p47～52 参照)で後述するとおり、水質浄化の効果のほかに、生態系の再生・保全、資源活用、人と自然の触れ合いの場の提供等の効果も期待される。

ただし、人々が求める望ましい湖の姿は、湖の利用目的や環境条件、人々の利害関係等によって異なっており、すべての目的を同時にかなえることができるわけではない。

また生態系は大気や水、土壌などにおける物質循環や、生物間の食物連鎖などを通じて、絶えずその構成要素を変化させながら、全体としてバランスを保っている。このため、人間の福利と経済発展に伴って生物の著しい減少・絶滅、自然が有している力の損失はもとより、逆に植生等の異常繁茂や外来種の増加もその生態系のバランスを損ねる要因になる。

以上のことから、自然浄化対策を利用する湖沼水環境再生・保全の取組を行う際には、その湖沼の実情<sup>\*1</sup>に応じてどの目的・目標を優先して実現させるかを勘案しつつ、生態系のバランス（湖沼の環境特性に整合した植生が無理なく<sup>\*2</sup>適度に繁茂するなど）に配慮しながら取組を進める必要がある。

#### ■すべての目的を同時にかなえることができるわけではないことの例

諏訪湖は、かつて多くの汚濁物質の流入に伴って富栄養化が進行し、1960年代後半にはアオコが大発生する水質問題が見られていた。その後、下水道処理等の対応により水質が改善されるようになり、アオコの減少に伴って透明度が向上した。しかし、有機物が堆積しているところではヒシが異常繁茂するようになり、景観を損ねるほか、航行阻害をもたらすことになった。さらには、水質浄化が進んだことにより、植物プランクトンの減少に伴って漁業の主産業の一つであったワカサギの漁獲量も減少した。

すなわち、この事例から「多くの魚が棲む湖沼」と「水が澄んだきれいな湖沼」が両立しないことが想定される。(後述の[コラムV](p46)参照)

#### ■合意形成を図りながら目的を設定した例

汽水湖である湖山池では、湖沼に関わる人々の利害関係等を調整しながら水質保全の取組を進めている。今までは農業用水として利用することから塩分を低くする管理が行われていたが、アオコやヒシが異常発生するようになっていた。

このため、鳥取県は湖沼の水を利用している農業従事者等と協議を重ね、農地転換を図りながら、湖山池の塩分を上昇させてアオコやヒシの発生抑制を図る取組を行っている。ただし、湖山池では、アオコやヒシの発生抑制という目標を優先して選択しているが、今後、その塩分変化に伴う湖沼水環境の変化の把握とそれに応じた順応的管理(後述の配慮すべき点(8)(p60)参照)が課題になっている。

\*1: 元々有している湖沼の姿(水質が汚濁される前の湖沼の姿)、現在の環境特性や問題点・課題、取組の実施体制や経済性、地域が望む方向性、利害関係等の実情。

\*2: 例えば、植生を繁茂させる場所がその植生の生育環境を有していないことから人工的・強制的に植栽を行う場合、湖沼環境を大きく改変する可能性がある。

[コラムV] 水が澄んできれいになった湖沼で生じている新たな影響（諏訪湖の事例）\*3

諏訪湖では、流域の発展等に伴って水質が悪化し 1960 年代後半よりアオコが大発生したことから、下水処理場の整備等の水質汚濁対策が重点的に行われてきた。その結果、水質は改善されるようになり、1999 年にはアオコの発生が激減した。(図 -1~2)。

一方、アオコ発生の激減による透明度の上昇に伴い、有機物が湖底に堆積したところでヒシが大繁茂するようになり(図 -4)、景観への悪影響、船の航行障害要因といった問題が見られるようになった。なお、現在、諏訪湖では大繁茂したヒシの刈り取りが対策として講じられている(後述の「参考資料 第1章」の事例 No. (1-5)を参照)。

また、下水処理場の稼働以降、主要な漁業権魚種ワカサギの漁獲量が減少するようになった(図 -3)。この原因は、栄養塩類(窒素やリン)の減少に伴い植物プランクトンが減少し、ワカサギの餌となるユスリカ幼虫が激減したことが挙げられている。

このほか、漁業振興のためコイを放流しているが、コイのような底生魚は、底泥を巻き上げ、底泥中のユスリカ幼虫などを捕食して糞を排出している。このことは、湖の水質汚濁を進めることになり、また生態系の攪乱に繋がることになると考えられる。

以上のことから、「多くの魚が棲む湖沼」と「水が澄んだきれいな湖沼」が両立しないことが想定される。

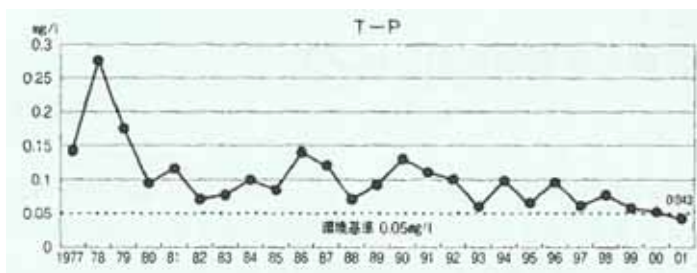


図 -1 諏訪湖における全リン濃度の経年変化



図 -4 諏訪湖のヒシ大繁茂の状況

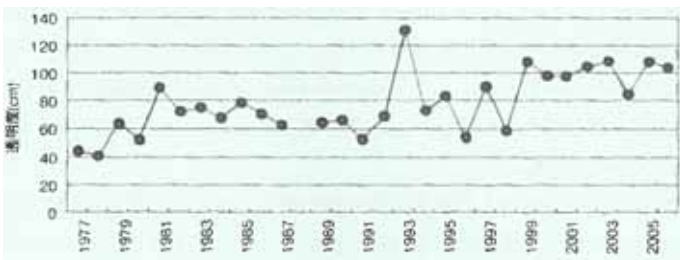


図 -2 諏訪湖における夏季(7~9月)の透明度の平均値の経年変化

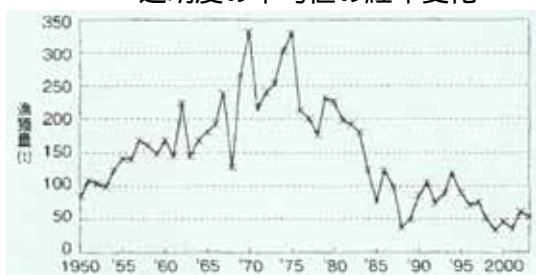


図 -3 諏訪湖におけるワカサギ漁獲量の経年変化

※図V-1~3

花里孝幸(2009.6)「コラム I 漁業生産と水質浄化のジレンマ」高村典子編著(2009.6), 共立出版, 生態系再生の新しい視点 湖沼からの提案, PP137-142.

※図V-4

高村典子編著(2009.6)「生態系再生の新しい視点 湖沼からの提案」共立出版, 巻頭

\*3: 花里孝幸(2009.6)「コラム I 漁業生産と水質浄化のジレンマ」高村典子編著(2009.6), 共立出版, 生態系再生の新しい視点 湖沼からの提案, PP137-142. 及び、花里孝幸(2006.3)「ミジンコ先生の水環境ゼミ」地人書館, PP242.

## (2) 水質浄化以外の効果や他の水質対策との併用による複合的な効果の発揮に着目した取組の展開

自然浄化対策では、前述のとおり、施設からの流出水質が流入水質より低くなるような水質浄化が期待されるが、この対策のみで湖沼全体の水質改善を図るには限界があり、その水質浄化の効果は思った以上に小さいことが想定される（表 3.2-3 の例を参照）。時には望ましくない結果をもたらすこともある。自然浄化対策のみで湖沼への総流入負荷量を削減するなど水質浄化を図ることは難しいと考えられる。

一方、自然浄化対策については、水質浄化効果のみならず、生態系の再生・保全、資源活用、人と自然の触れ合いの場の提供などの効果も見込まれる（表 3.2-1）。

例えば植物群落は、水質浄化のみならず、魚類やエビ類等の産卵場、稚魚や幼生の成育場、底生動物や貝類への餌の供給、水産や肥料等の資源の供給、景観・親水性などの役割を果たしている（表 3.2-2）。またそのような場を通じて、人々の湖沼水環境保全に関する意識が高揚されることも期待できる。

このような効果は、生態系が人々にもたらす重要な恵沢であるとともに、“健やかな湖沼水環境”の実現を目指すには重要なものであると考えられる。

このため自然浄化対策を行う際には、水質浄化という一側面の効果だけに着目するのではなく、生態系の再生・保全、資源活用、人と自然の触れ合いの場の提供（取組を通じての住民の湖沼水環境保全に関する意識高揚等）にも着目し、科学的知見に基づき対策実施に伴う環境影響低減に配慮するとともに、湖沼に関わる人々で合意形成を図りながら長期的な視野で持続的に進めていくことが重要である。

これに加え、湖沼全体の水質浄化を目指すには、他の水質対策（流域対策など）も併せて実施し、それらの複合的な効果を期待することが重要である。

表 3.2-1 自然浄化対策における水質浄化以外で期待される効果の例

効果の具体例	備考
<b>◆生態系の再生・保全</b> ・魚介類等の生息場・産卵場・避難所、鳥類の休憩地などの提供 ・生物多様性の再生・保全(外来種駆除等)	生態系サービスの供給、基盤サービス*に相当
<b>◆資源活用</b> ・植生刈取り等に伴う肥料などの資源活用 ・漁獲に伴う水産資源の供給	生態系サービスの供給サービス*に相当
<b>◆人と自然の触れ合いの場の提供</b> ・和みの風景等の景観・親水性の形成 ・レクリエーションの場の提供 <b>◆湖沼環境保全への意識高揚促進</b> ・環境教育の場、住民参加によるイベント等の場などの提供、住民等への啓発	生態系サービスの文化的サービス*に相当

\*生態系サービスについては前述の[コラム I] (p4~5) 参照。水質浄化は、生態系サービスの調整サービスに相当。

表 3.2-2 湖岸の植物群落の様々な働き

働き	植物群落					
	水辺林	湿生植物群落	抽水植物群落	浮葉植物群落	沈水植物群落	
動物の棲み場	魚・エビ類の産卵と稚魚・幼生の棲み場			○	○	○
	野鳥の営巣・育雛・隠れ場	○	○	○	+	○
	野鳥への餌の供給	○	○	○	○	○
	昆虫類・両生類の棲み場と餌の供給	○	○	○	○	○
	底生動物や貝類への餌の供給	+	+	○	○	○
	付着生物の着生基体			○	○	○
水質の浄化	土砂や汚濁物質の流入阻止	○	○	○	○	+
	有機物の分解浄化			○	○	○
	湖水と底泥からの栄養塩の吸収			○	○	○
	植物プランクトンの抑制			○	○	+
湖岸の保護	密生した根茎による侵食防止	○	○	○		
	密生群落による波消しとしづき防止	○	○	○	+	+
資源の供給	人間の食物	○	○	○	○	○
	生活用品の材料	○	○	○	+	+
	家畜の餌と農地の肥料	○	○	○	○	○
穏やかな水辺景観の形成	○	○	○	○	+	

\* 桜井喜雄(1993)「湖沼・河川の自然環境の生態的機能とその保全」工業技術会, 河川・湖沼・水辺の水質浄化、生態系保全と景観設計 第1章 第2節, PP29.

### ■湖沼全体の流入負荷と自然浄化対策の水質負荷削減効果の比較の例

八郎湖(事例 No. (1-1))において、植生浄化の施設規模を将来計画で想定している25haにした場合の除去量(推定)について、八郎湖へ流入する中央幹線排水路の総汚濁負荷量に対する比率を見ると、SS、TN、TPとも1~3%弱程度であり(表3.2-3)、総汚濁負荷量をまかなうには、施設規模、コスト等が莫大なものとなることが考えられる。

中海(事例 No. (1-3))においては、30~50日で343tの海藻を刈取り・回収ができ、利用する堆肥量が見込まれるが、除去することができる栄養塩類は流入負荷量の約0.8日分である(表3.2-3)。また水草の刈り取り量にも限界がある。

これらのことから、自然浄化対策のみで湖沼への総流入負荷量を削減することは難しいと考えられる。

表 3.2-3 湖沼全体の流入水質負荷に対する自然浄化対策による水質負荷削減効果

[八郎湖]の例(中央幹線排水路の総汚濁負荷量に対して本事例の対策により除去される量の比率を算出したもの)

項目	SS	TN	TP
効果率	約 2.7%	約 1.3%	約 1.2%

\*この算出にあたっては、対策施設規模が整備構想の25ha、施設稼働期間がかんがい期6ヶ月(5~10月)を想定し、平成25年度調査結果の除去率平均値を勘案して検討した。また中央幹線排水路の総汚濁負荷量は、南部排水機場の放流水質、放流量より換算した。

$$\text{上表の効果率 (\%)} = \frac{(1 - (\text{中央幹線排水路総汚濁負荷量}) - (\text{対策による汚濁負荷削減量}))}{(\text{中央幹線排水路総汚濁負荷量})} \times 100$$

[中海]の例

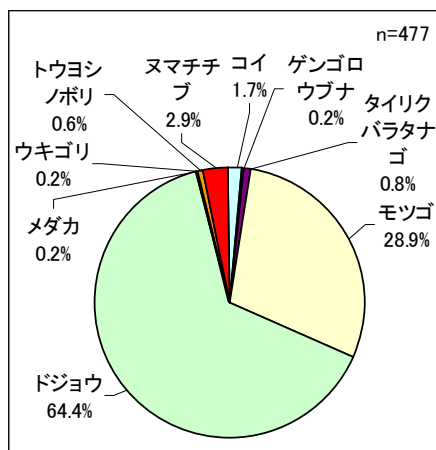
事業	TN	TP
海藻の刈取り (回収量 343 t 30~50日回収)	負荷削減量 約 680kg (流入負荷量の 0.8日分)	負荷削減量 約 55kg (流入負荷量の 0.8日分)

## ■生態系の再生・保全の例

自然浄化対策では、その場が生物の生息場となり、生態系の再生・保全の効果が見込まれる。[生態系サービス(前述 p4~5 参照)の供給、基盤サービスに相当]

### [例 1] 八郎湖 (事例 No. 1-1))

自然浄化対策施設内(平成 23 年度)に魚類が 3 目 4 科 9 種の計 477 尾、その他の生物は 2 目 5 科 5 種計 696 個体が確認された。魚類の優占種は、ドジョウ (64.4% : 307 尾)、モツゴ (28.9% : 138 尾) であり、この他、環境省レッドリスト及び秋田県版レッドデータブックに記載されているメダカが確認されている(図 3.2-1)。



### [例 2] 霞ヶ浦・清明川 (事例 No. 2-1))

ヨシ群落単独であった植生浄化施設は、年々ヤナギ類等の樹木の侵入や遷移を生じ、施設内の植生の構成種が多様化(8年後に 40 科 119 種)するようになった。

またサギ類、カモ類、セキレイ類等の水辺に生息する種、ヨシゴイ、オオヨシキリ、オオジュリン等のヨシ原に生息する種などが確認されている。

図 3.2-1 確認された魚類の構成 (八郎湖の例(平成 23 年度))、「参考資料 第 1 章」の事例 No. (1-1)を参照)

### [例 3] 宍道湖 (事例 No. 1-4)

覆砂した範囲の方が覆砂無しの範囲よりヤマトシジミの生息が確認されていた(図 3.2-2)。

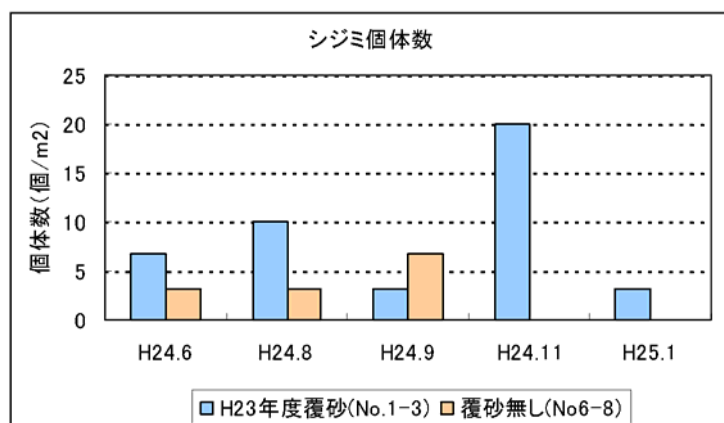


図 3.2-2 ヤマトシジミの確認個体数(覆砂有無) (宍道湖の例、後述の「参考資料 第 1 章」の事例 No. (1-4)参照)

\* 覆砂無は覆砂範囲の外



■資源活用の例

湖内の海藻は栄養塩類等を多く吸収していることから、これを刈取ることにより湖内の栄養塩類を除去することができるとともに、それを回収することにより、肥料等への活用(資源活用)が見込まれる(図3.2-3)。また水生生物の漁獲や採捕は、食糧や肥料等として供給される。[生態系サービス(前述 p4~5 参照)の供給サービスに相当]

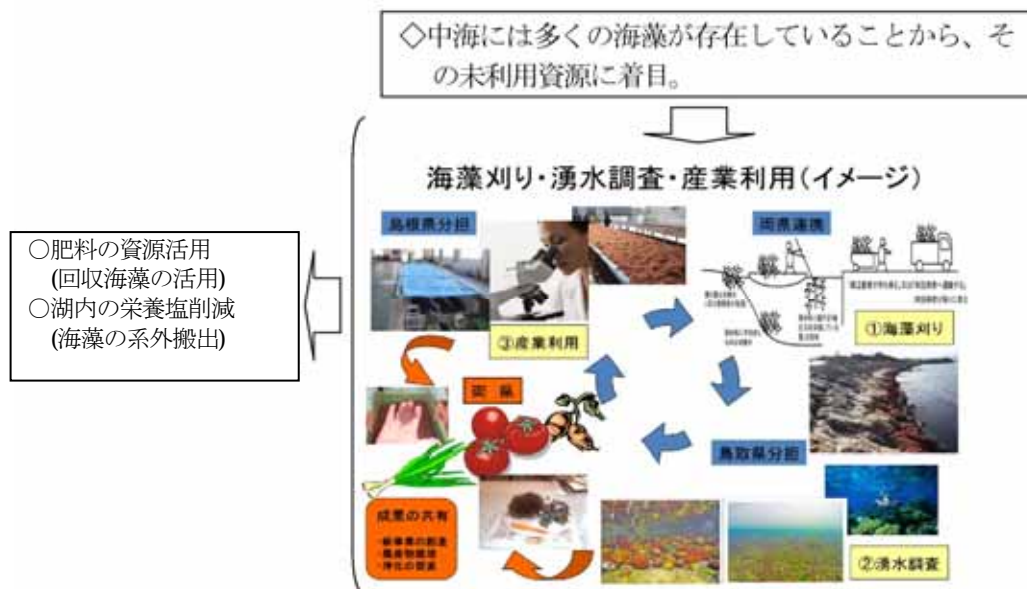


図 3.2-3 海藻刈り取りによる資源供給等の効果概念図 (中海の例、後述「参考資料 第1章」の事例 No. (1-3)を参照)

## ■人と自然の触れ合いの場の提供・湖沼環境保全への意識高揚促進の例

自然浄化対策では、和みの風景等の景観・親水性の形成などにより人と自然の触れ合いの場の提供という効果が見込まれる。また自然浄化対策を講じることにより、環境教育の場や住民参加によるイベント等の場の提供、住民への啓発などができ、住民等の湖沼環境保全への意識高揚を促進する効果が期待できる。

[生態系サービス(前述 p4~5 参照)の文化的サービスに相当]

### [例1]木場潟

木場潟では、「木場潟再生プロジェクト」の自主研究会が開催されており、浄化施設がイベント等(観察会等)の場の一つとして活用されている。例えば、ヨシ刈りのイベントは、周辺町内会、北陸大谷高校、小松航空自衛隊基地等の協働を得ながら、毎年約300人のボランティアが参加し毎年開催されており、環境学習・意識啓発の場として活用されている。

### [例2]八郎湖

八郎湖では、「環八郎湖・水の郷創出プロジェクト」を立ち上げ、多様な主体の参加・交流・連携・協働を図るプラットフォーム(図3.2-4)を構築し、外来魚駆除対策や湖岸での水草植え付けなど八郎湖に関わる諸問題への取組を通じて、人々の一体感、意識の高揚を図っている。

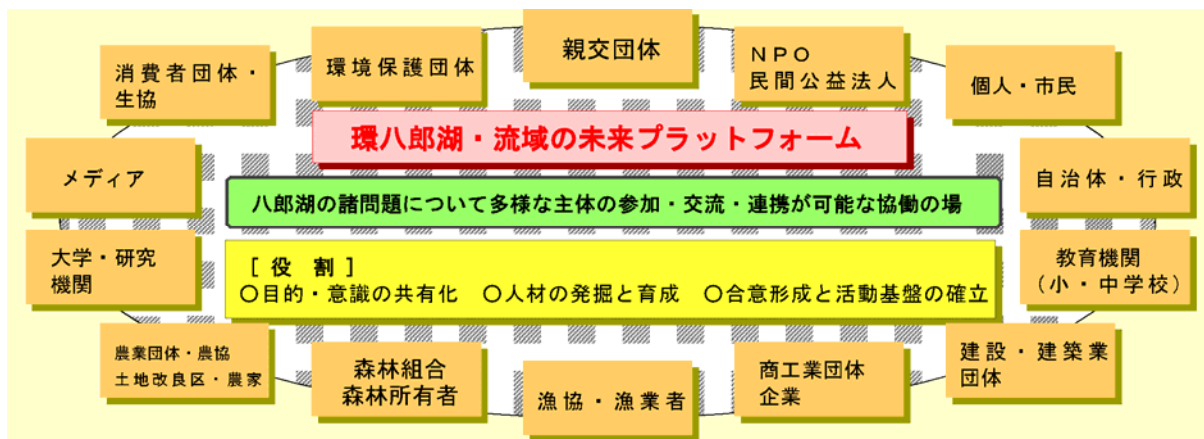


図3.2-4 八郎湖における多様な主体の参加・交流・連携のイメージ図

※秋田県ホームページ(<http://www.pref.akita.lg.jp/www/contents/1334122085789/files/gaiyouA3.pdf>)より

→後述の「参考資料 第3章」参照

[例 3] 植生浄化を講じている箇所へのアンケート結果の例

植生浄化を講じている箇所へのアンケート対象とした設置目的に関するアンケート結果の例を表 3.2-4~5\*<sup>3</sup>に示す。その結果、植生浄化施設では、設置目的に親水、教育・PR、景観など水質浄化以外の効果を有している事例が見られている。

このように浄化施設は、人と自然の触れ合いの場の提供を期待する目的を兼ねているとともに、実際に住民との関わりをもたらし場になっていることが期待できる。

表 3.2-4 植生浄化施設を対象とした設置目的に関するアンケート結果の例\*<sup>3</sup>

設置目的	実施設	実験施設	合計
水質浄化	34	25	59
親水	9	1	10
教育・PR等	8	1	9
景観	4	3	7
合計	55	30	85

\* アンケート対象施設数は66、複数回答による

表 3.2-5 植生浄化施設を対象とした住民の関わりに関するアンケート結果の例\*<sup>3</sup>

項目	施設数	内 容
教育等	4施設	ボランティア団体や小学生が生物調査 動植物の観察会や水質調査視察会
行事	2施設	収穫野菜での料理実習 魚のつかみどり
維持管理	11施設	植栽に参加(5)：主に小学校単位 刈り取りに参加(2)：地域住民やボランティア 草刈りに参加(5)：地域住民やボランティア
特になし	8施設	

本表からは、アンケート対象の25施設のうち、17施設(約7割)が住民との関わり場になっていることが伺える。

\*3：(財)河川環境管理財団河川環境総合研究所(2007.12)「植生浄化施設計画の技術資料[2007年版]」(財)河川環境管理財団(現在、(公財)河川財団)、河川環境総合研究所資料第26号、PPIV-91、IV-95。

### (3)適切な手法の選定

対策の手法を選定する際には、期待する水質浄化の効果のみならず、その他の効果も含めて長期的な観点から見据えつつ、対象とする湖沼の環境特性、目標・目的の優先度（何を優先して望むものか）、実現性（施工性、維持管理性、経済性、持続性等含む）、実施に伴う環境影響などを総合的に勘案しながら検討し、対象とする湖沼に関わる人々の合意形成に基づきつつ対策手法を決定していくことが重要である。

例えば、植生を用いた自然浄化対策を講じる際には、その生育状況（量・密度、種）に応じて異常繁茂による底層の貧酸素化や栄養塩類の溶出、固有生態系等への影響、漁労上の支障などの発生のおそれがある。また適用する植生に応じ、その湖沼の環境特性との整合性（湖沼環境への影響の程度等）、発揮する効果の程度、必要な維持管理の負担などが異なる。植生浄化（前項 2.1）と土壌・植生浄化（前項 2.2）では、効果やコスト等が異なっている（前述 p28 参照）。

このことから、植生を用いた自然浄化対策を講じるときには、対象とする湖沼の水質の現状や目標としたい浄化効果のほか、施工性、維持管理性、経済性等を踏まえて手法を検討する必要がある。また植生を選定する際には、水質状況はもとより、当該地域における固有の在来種の状況（その場に生育していた種が原則）、水質が汚濁される以前はどのような生態系を有していたか、植物の生育環境との適合性はどうかなどを勘案しつつ、取組の目的・目標、適用したときの効果や影響、維持管理性、経済性などを考慮しながら、適切に設定する必要がある。

もし植生を植栽したい場合、その取組を実施する場が適用しようとする植生の生育環境を有していないのにも関わらず人工的・強制的に植栽しようとする、その直接的改変に伴って湖沼環境へ影響を及ぼすおそれがあること（前述の p17 参照）にも配慮する必要がある。

#### ■維持管理まで見据えた植生選定の例

槇谷ダム（岡山県）<sup>\*1</sup>では、維持管理の実現性を見据えて植生の選定を行っている。候補として挙げられたホテイアオイは、外来種であるとともに収穫が煩雑であり、適当な収穫機械が見あたらず、収穫後は水分、空隙が多くかさばるため運搬経費が高むこと、地域のニーズが無く廃棄処分せざるを得なく多大なコストを要することから、選定されなかった。

一方、ヨシは稲ワラなどに比べて腐植、分解しにくい特性があるが、刈り取り後、主に果樹園の敷ワラや多年性作物のアスパラガスの土づくりなどに利用でき、最終的には肥料と化す。ただし、ツルヨシはダム建設前から自生していたが、茎が湾曲するので収穫作業及び収穫後の利用面で課題が多かったため、最終的にはマヨシが選定されている。

\*1: 向原保男(2001)「槇谷ダムにおけるヨシを利用した水質保全対策－ヨシ原の栽培管理と利用の現状－」  
日本土壌協会, 圃場と土壌 33(8), PP31-37.

## (4) 対策に伴う環境への影響低減に配慮した調査・検討の実施

自然浄化対策を行う場合、その環境の変化や期待していない（目的と異なる）望ましくない結果が生じる可能性がある。自然浄化対策に伴う環境への影響の低減に努めることに配慮して計画立案に向けた調査・検討を行う必要がある（例えば、事前・事後調査や事前の環境影響の検討、影響低減のための方策や影響が生じた場合の対応方針などの検討）。

### ■自然浄化対策に伴う環境影響の例

#### [例 1] 水質の悪化

自然浄化対策の取組では、水質浄化の効果を目指しても、植生等を放置すると逆に水質が悪化することや、また植生が自生できないところに人工的に植栽することによる影響などが懸念される（前述の p17 の例を参照）。

#### [例 2] 外来種の生息

自然浄化対策の取組では、生物の生息場の提供の効果（前述の **配慮すべき点(2)**（p47～52）参照）が見込まれるが、逆に取組の場が外来種の生息場にもなる可能性がある。

例えば八郎湖（事例 No. (1-1)）では、植生浄化施設がドジョウや貴重種のメダカなどの生息場になっているが、ウシガエル、アメリカザリガニ等の外来種も確認されていた。

霞ヶ浦・清明川（事例 No. (2-1)）では、ヨシゴイ、オオヨシキリ、オオジュリン等のヨシ原に生息する種などが確認されているが、セイタカアワダチソウなどの外来種が見られている。

このため、外来種の生息状況の把握や、外来種駆除など対策に伴う環境への負荷低減を図るための適切な維持管理が重要である。なお、外来種対策においては、次のような点に配慮が必要である。

- ・人材確保（作業に必要な多大な人材、特定の知識・技術を有した人材の確保）
- ・駆除方法の確立
- ・対策の継続性を保つ体制作り、費用の確保
- ・情報提供、外来種防除のための普及啓発（住民等の意識高揚、理解と協働）
- ・駆除後の処分（駆除個体の有効利用や効率的処分の仕組み、殺処分に関する心理的な負担低減など）

など

#### [例 3] 水草刈り取り時の影響

重機等を用いて水草等の採捕（除去）を行う場合、貴重な固有種等も含めて水草を除去するほか、水草やシジミ等の資源を過度に採捕（乱獲）することは、生態系の破壊や持続的な資源供給力低下をもたらすなどのおそれがある。そのような生態系の破壊は生態系がもたらす水質浄化の機能を低下させることにつながる。

このようなことから、対策実施対象水域における実施前の動植物の生息・生育状況を捉えた上で対策手法（水草を除去する方法、除去・採捕する量の見込み等）を慎重に検討し、生態系への影響を低減するよう配慮する必要がある。

## (5)費用削減の工夫

自然浄化対策を講じる際には、植生の刈取や堆積土砂除去等の維持管理が必要であるが、(後述の配慮すべき点(7)) (p58～59)参照)、その反面、施設等のイニシャルコストのほか、ポンプ等を稼働させる費用などのランニングコストが嵩む。

計画立案時には、対策後の効果や効率性、維持管理などを見据えた手法の検討や目的・目標の重点化などにも配慮が必要である(前述の配慮すべき点(1)) (p45 参照)とも関連)。

また継続的に対策を実施していくには、なるべく費用削減の工夫が必要であると考えられる。例えば、住民等の協働を得ながら草刈り等の維持管理等を行う仕組みづくりなどが挙げられる。

### ■諏訪湖の例 (事例 No. (1-5))

諏訪湖では刈り取り作業を住民等の協働を得ながら行っており(表3.2-6)、経済的な負担低減が見込まれる。

またそのような住民等の協働は、環境保全に関する意識高揚にもつながることが期待できる(後述の配慮すべき点(6)) (p56～57)参照)。

表 3.2-6 諏訪湖における刈取作業の住民参加の例

主催者	実施日	刈取場所	参加者	刈取量 (湿潤量)
岡谷市 諏訪湖漁業協同組合 環境市民会議おかや	H24. 7. 21	南部中学校前船着場	60人	1.5トン
諏訪市	H24. 7. 22 H24. 8. 19	間欠泉センター ～新川河口の岸際	160人	50m3
下諏訪町 (6/30 AQUA SOCIAL FES共催)	H24. 6. 30 H24. 8. 25	高浜沖	270人	12トン
諏訪地方事務所環境課	H24. 8. 6 H24. 8. 7 H24. 8. 9 H24. 8. 10	武居田川(諏訪市) 河口の船着場沖	73人	16トン
岡谷市 諏訪湖漁業協同組合 環境市民会議おかや	H25. 7. 20	南部中学校前船着場	70人	4.6トン
諏訪市 (7/28 AQUA SOCIAL FES共催)	H25. 7. 28 H25. 8. 18	武井田、豊田沖 ヨットハーバー 豊田船着き場	160人 80人	6トン 8トン
		合 計	240人	14トン
諏訪湖環境改善行動会議	H25. 8. 5 H25. 8. 6 H25. 8. 7	下諏訪町高浜沖 岡谷市長地沖 諏訪市新川河口	27人 29人 33人	3.7トン 3.8トン 3.5トン
		合 計	89人	11トン

\* 上表以外にも住民等によるヒシの刈り取りが自主的に行われている。



住民等によるヒシ刈り取り作業状況



## (6)対策を通じての住民等の湖沼水環境保全に関する意識高揚の促進

自然浄化対策は、前述の配慮すべき点(2) (p47～52 参照)のとおり、和みのある風景等の景観形成や親水性向上をもたらすとともに、環境教育の場などにもなり、人と自然の触れあいの場として活用することができる。一方、対策を（維持管理を含めて）持続的に行っていくには住民等の理解や協働が必要不可欠である。

このためには、積極的な情報発信、啓発を行うことにより、湖沼環境の保全・再生の意義、目的、効果を地域住民に十分知ってもらい、人々の生活に深く関わるものとして意識（やる気）を高揚し、維持管理への理解と協働を促していくことが重要となる。

ただし、住民等の意識高揚を図るには、イベント開催や環境学習、活動の助成・協働、支援・連携などの対応が必要である。このとき、様々な参加者が集うための工夫、参加者のニーズにあった取組、参加意欲が湧く工夫などが必要である。その課題を解決しながら、住民の意識高揚、参加・協働を促進するには、取組に関する住民が興味を持つ企画、広範な広報など、企画力や情報発信力の向上、活動できる人材の育成（指導者・技術者含む）が重要である。（後述の「参考資料 第3章」参照）

このとき住民等の継続的な協働を得るために、取組について住民等に「聴いてもらう」、「理解してもらう」だけではなく、「賛同（共感）してもらう」、「行動してもらう」、「続けてもらう」ことを見据えて意識高揚の促進を図る対応が肝要である。

### ■琵琶湖・南湖の例（事例 No. (1-6)）

水草の刈取は、刈取から堆肥化までの作業負担が大きい。このような対策を継続的に行うには、作業の負担を低減するとともに、水草堆肥の需要確保（普及拡大）を図る工夫が必要である。そのためには、啓発イベントや出前講座、広報・PR、情報発信等の普及活動を充実させ、農家等を含む住民等への理解・協働を得る働きに努め、水草堆肥の需要拡大等を図ることなどが挙げられる。

琵琶湖・南湖では、滋賀県が啓発イベント、出前講座、広報、たい肥活用マニュアルの作成などの普及活動を行い、刈り取った水草利用の需要拡大に努めている。また利用者へのアンケート調査結果では約8割の人が今後も是非利用したい、機会があれば利用したいという回答を得ている。一方、たい肥中のガラスやゴミ等の混入、水を含むと固まりやすいなどの指摘もあったことから、滋賀県ではそれらの声を踏まえて堆肥の品質向上を図った。

このような住民等の協働は、環境保全に関する意識高揚にもつながることが期待できる。

### ■佐鳴湖の例（「参考資料 第3章」参照）

佐鳴湖では、平成13年に公共用水域水質測定結果でCOD年平均値が全国ワースト1位となり、しばらくその状態が続いていたことから、その状況を脱するために市民、企業、行政等が連携し、水質をはじめとした環境の改善に様々な取組が行われている（平成21年度には、CODが全国ワースト5を脱した）。

その一環として、住民参画による水質調査、ヨシ刈りなどが行われ、現在も催されており、住民意識の高揚などが図られている。そのうち、水質調査イベントは、年4回程度の頻度で行われており、毎回約30人の参加者が見られている。

また図3.2-5は住民参加（左側は地元小学校の参加、右側が一般の流域住民の参加）によるヨシ刈り作業の様子<sup>\*1</sup>であり、このときともに100人前後が参加し、カマ等を使って佐鳴湖のヨシの刈り取りを行った。刈り取られたヨシは佐鳴湖周辺のお茶農家の敷きワラとして再利用された。

その効果として、住民からは、イベントに参加することにより、新たな発見があったなど、湖沼への関心が高まっているような意見が聞かれている。ただし、湖沼の水環境保全に対する意識を高めて行くには、住民が無意識のうちに水質を悪化させているということを理解・認識してもらい、水環境改善のために住民ができることは何かを考えてもらえるようにしていくことが課題として挙げられる。



図3.2-5 住民参加によるヨシ刈り作業の様子<sup>\*1</sup>  
(左：地元小学校の環境教育の一環、右：一般の流域住民の参加のイベント)

\*1: 静岡県ホームページより

左側：[http://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke-890/documents/121025\\_sanarudaisyoyosikari.pdf](http://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke-890/documents/121025_sanarudaisyoyosikari.pdf)

右側：[http://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke-890/documents/121027\\_kyougikaiyosikari.pdf](http://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke-890/documents/121027_kyougikaiyosikari.pdf)

## (7)適切な維持管理の徹底

植生が成長過程で底泥中の栄養塩類を根から多量に吸収するが、そのまま植生を放置すると、分解・枯死に伴って栄養塩類を多く含む枯死体が底泥に回帰し、逆に富栄養化を促進させるおそれがある。また植生そのものが有機物であることから、蓄積すれば湖内の有機汚濁負荷を増やすことになる。

すなわち、植生を系外へ持ち出さないと（放置すると）逆に湖沼水環境へ影響を及ぼす懸念があるという意識が重要である。

また植生の異常繁茂は、貧酸素化や栄養塩類の溶出、悪臭の発生、さらには景観や航行阻害、生物への影響（生態系の損失・単一化、魚類等の酸欠死等）などを及ぼすおそれがある。ヒシやハス、ホテイアオイ等の浮葉群落は生産性が高く拡大速度が大きく、他の水生植生の生育阻害をもたらし、異常繁殖に伴って生態系の多様化を損ねるおそれがある。また、そのような状態に陥ると、元に戻すには相当の労力を要することとなる。このため、そのような状態に陥らないよう刈り取り等の対応が必要になる。

→後述の「第4章」の事例 No. (1-5~6)等参照

適切な植生管理などを行わないと、次のような影響が懸念される。

- ・ 植生の枯死体や底泥の堆積による嫌気化に伴うリン等の溶出
- ・ 植生の異常繁茂による貧酸素化と底泥からのリン等の溶出
- ・ 植生基盤（土壌）に有機物や栄養塩類等が多く蓄積
- ・ 浸透流れ式では植生基盤（土壌）の含有量が多くなることによる吸着能力や浸透量の低下
- ・ 浄化施設の老朽化、管理水準の低下による除去率の低下

など

以上のことから、適切な植生管理（定期的な刈り取り・間引き等）、植生の枯死体や底泥堆積の除去、底泥の干し上げ、施設の点検（浄化施設用地の履歴と状況の確認）・補修、管理水準の維持など、水質浄化の効果を維持するための適切な維持管理の徹底が重要である。

また植生の異常繁殖に伴う問題低減には、できれば過度な繁茂状態になる前に、定期的な刈り取り、間引きなどの適正な維持管理を行い、植生の生育状況のバランスを保つことが必要である。

ただし、そのような維持管理を持続させるためには、住民等との協働を図りながら、作業の負担低減、効率化を図ることが必要である。また除去した植生の適切な処理（利用）を行い、刈り取りによる効果拡大を図ることも重要である。

### ■長期稼働に伴う除去率低下の例

例えば図 3.2-6 に示すとおり、植生の刈取りや底質環境の改善を図らないと、水質浄化の効果が時間経過に伴って低下し、ときには施設への流入水より放流水の水質が悪くなり、除去率が負の値を示す（浄化前より浄化後が水質悪化）場合がある。

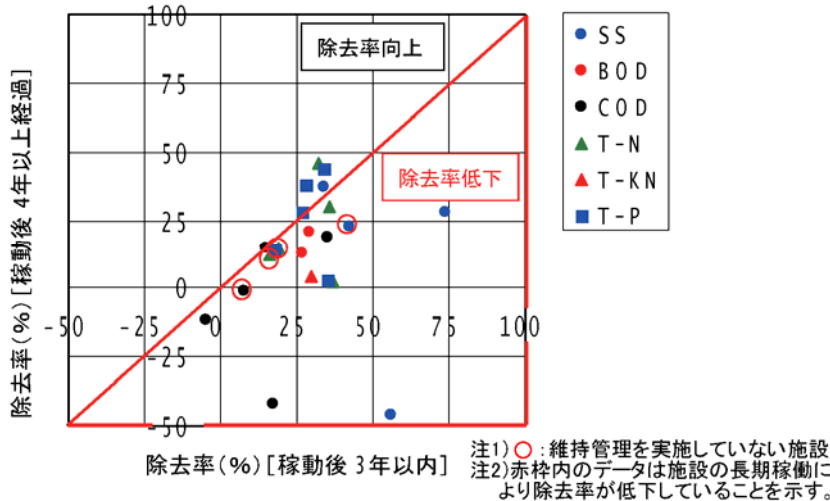


図 3.2-6 長期稼働による除去率の変化

※(財)河川環境管理財団河川環境総合研究所(2007.12)「植生浄化施設計画の技術資料[2007年版]」(財)河川環境管理財団(現在,(公財)河川財団),河川環境総合研究所資料第26号,PP II-21.

### ■霞ヶ浦・清明川の例 (事例 No. (2-1))

堆積物を除去した場合、底泥の全リン(TP)の含有量が大きく減少して全リン(TP)の除去率も確保されていることが期待できる(図 3.2-7)。

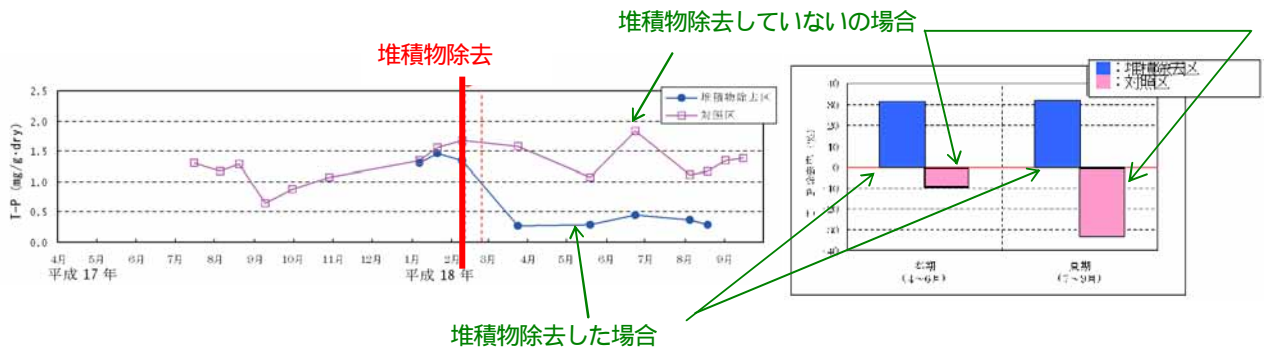


図 3.2-7 底泥の TP の含有量と流水中の TP の除去率(底泥堆積物の除去の有無別)  
(霞ヶ浦・清明川(後述の第 3 章の事例 No. (2-1)を参照))

※(財)河川環境管理財団河川環境総合研究所(2007.12)「植生浄化施設計画の技術資料[2007年版]」(財)河川環境管理財団(現在,(公財)河川財団),河川環境総合研究所資料第26号,PP IV-39~40.

### ■霞ヶ浦・山王川の例 (事例 No. (2-2))

図 2.1-10(p18 参照)で前述したとおり、植生の刈り取り及び干し上げを行うことにより除去率を確保していることが期待できる。

## (8)モニタリングの実施とその結果に応じた順応的な対応

自然浄化対策は生態系機能を活用した取組であるが、そのような機能の程度は実施時における環境条件に応じて異なり、不確実性も多いことから、対策を講じた結果が予期していなかった状況に陥ることが考えられる。

また植生を用いた自然浄化対策の場合、植生の繁茂状況、土砂の堆積状況、水の滞留状況などに応じて水質浄化効果が異なってくる（前述の「配慮すべき点(7)」(p58～59)参照）。

さらに対策を通じて住民等が関わる状況についても、そのときの対策の進捗状況や得られた効果、生じている問題点の状況のほか、協働していく体制や住民等の意識の状況などに応じ変化するものであることから、モニター調査等を行いながら、その状況に応じて人との関わり方を見直していくことが必要である。

このため、対策実施にあたってはモニタリングを行いながら状況を把握し、その結果に応じて順応的な対応を図ることが必要である。すなわち、PDCA サイクルの考え方にに基づき、自然浄化対策の検討→対策の実施→対策効果の把握（モニタリング）・検証→対策の見直し等を実施し、個々の湖沼で合意形成の基に決めた目的・目標の実現に向けて、より適切かつ効果的な対策を実施するように（図 3.2-8）、その時々々の状況を勘案しながら順応的に取組を進めていくことが必要である。

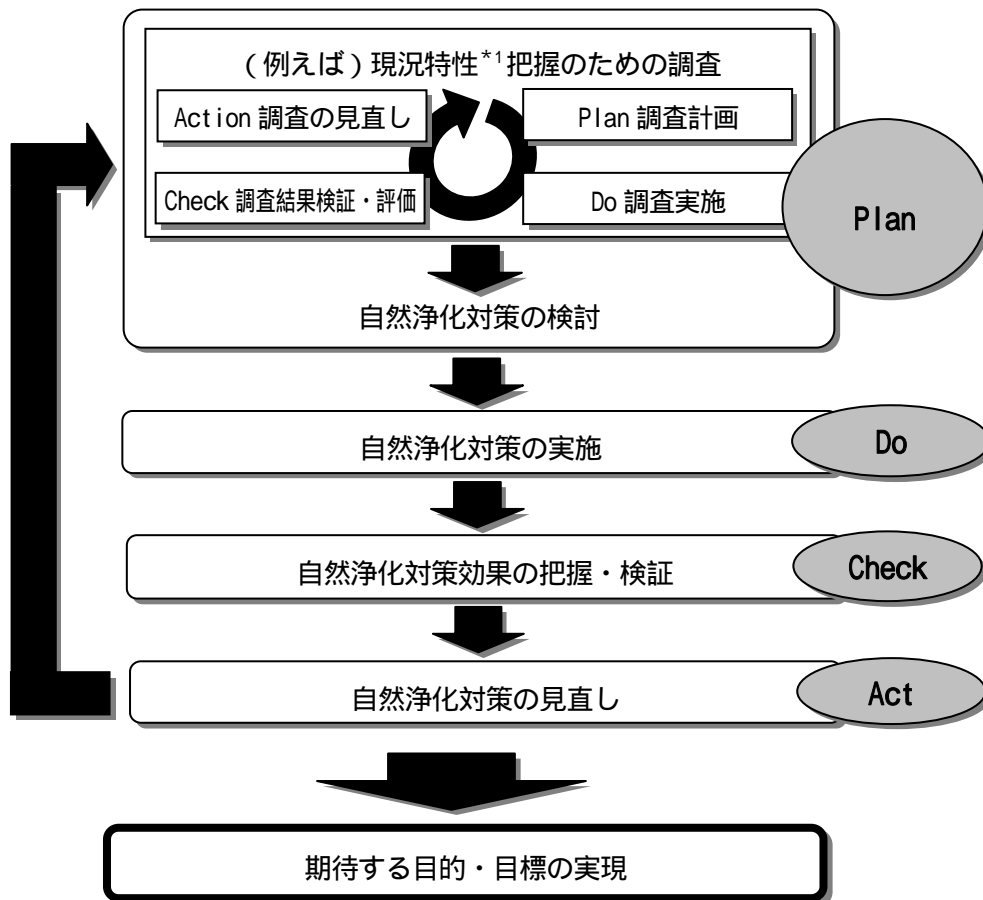


図 3.2-8 自然浄化対策の PDCA サイクルのイメージ

\*1: 対象とする湖沼の水質や生態系（水質汚濁前の状況含む）、人々の関わり方などの現状特性

## 湖沼水環境調査検討会

本資料については、学識経験者から成る「湖沼水環境調査検討会」により客観的かつ幅広い専門的知識に基づいた指導・助言を得ながらとりまとめた。

### 「湖沼水環境調査検討会」委員

氏名	所属・役職
今井 章雄	独立行政法人 国立環境研究所 地域環境研究センター 副センター長
太田 信介	全国農村振興技術連盟 前委員長
高村 典子	独立行政法人 国立環境研究所 生物・生態系環境研究センター長
永田 俊	東京大学大気海洋研究所 海洋化学部門 生元素動態分野 教授
花里 孝幸	信州大学 山岳科学総合研究所 山地水域環境保全学部門長
早川 和秀	滋賀県琵琶湖環境科学研究センター 総合解析部門 専門研究員
福島 武彦◎	筑波大学大学院 生命環境科学研究科 生命共存科学専攻 教授
古米 弘明	東京大学大学院工学系研究科 附属水環境制御研究センター 教授

敬称略、五十音順、◎印：座長、所属・役職は平成26年3月現在

## 問い合わせ先

本資料に関する問い合わせは、下記のところへお寄せください。

環境省水・大気環境局水環境課

〒100-8975 千代田区霞が関1-2-2

TEL: 03-3581-3351 (代表) FAX: 03-3593-1438

URL: <http://www.env.go.jp/>

※本資料について、無断引用・転載複製は著作権法上での例外を除き、禁じられています。