

8. 水生植物カワゴロモの保全に配慮した滝の景観再生

LANDSCAPE RESTORATION OF WATERFALL AND PROTECTION OF AQUATIC PLANT KAWAGOROMO

藤原 秀志* ・ 杉尾 哲**

Hideshi FUJIWARA*, Satoru SUGIO**

ABSTRACT; A waterfall of about 3 meters in height exists in the middle reach of Iwase river in Miyazaki Prefecture. It is formed from the cracking welded tuff, and has collapsed many times by taking off sandy soil from the lower layer. As a result, the position of the waterfall has retreated by about 30m in 30 years. To restore the landscape of the waterfall, a repair construction for the waterfall was planned. Other purpose of this project is the inhabiting environment of aquatic plant kawagoromo. Kawagoromo has been specified as an extermination misgivings kind by the Japanese Environment Agency.

The repair method was selected from five methods, and at last the method of using pseudorock panel of the glass fiber reinforced concrete together with lock anchor was accepted. It is the best method for securing the steady riverbed, reproducing the landscape and inhabiting of kawagoromo. In addition, a fish way like a natural waterway was set up on the left side of the waterfall.

After construction, not only the waterfall is prevented from retreating but an excellent river environment is also reproduced.

KEYWORDS; restoration of landscape, kawagoromo, pseudorock panel, fish way

1 はじめに

従来、我が国の河川改修は、洪水の安全な流下に重点を置いた河道拡幅や、コンクリート系の素材による河岸防御を中心として推進されてきた。こうした改修によって治水安全度は著しく向上してきたが、一方では河川が本来有する自然環境が減少の一途をたどってきた。

しかし近年、国民のニーズは安全・安心に加え、やすらぎや潤いを求めており、河川については昔ながらの「川らしい川」、すなわち、良好な自然景観や水辺の植生などの保全・再生が重要視されている。さらに、生物にとって生息しづらい環境は人間にとっても生活しにくいことに多くの人々が気づき始めている。本稿では、宮崎県の一級河川大淀川水系岩瀬川の中流部における、景観の再生と希少水中植物カワゴロモの保護に配慮した滝の保全事業について報告する。

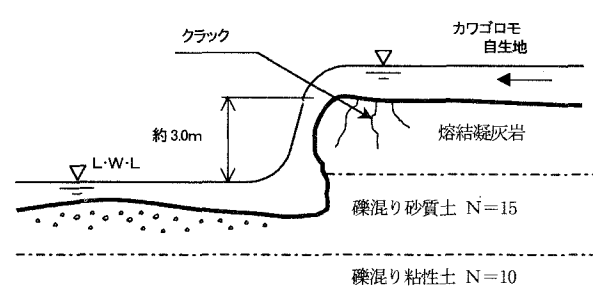
2 滝保全の意義

宮崎県の小林市と野尻町の境に位置する岩瀬川は、流域面積 372.5 km²、幹川流路延長 50.7 kmの河川で、自然豊かな昔ながらの原風景を残したまさに「川らしい川」である。本河川の中流部には図—1に示すような落差約 3.0mの小さな滝が存在しているが、本滝は亀裂性の熔結凝灰岩で形成されていて、洪水時における下層の砂質土層の吸い出しと滝天端の岩盤に生じるせん断力との相乗効果による崩壊が繰り返

* (株)国土開発コンサルタント Kokudo Kaihatsu Consultant Co.,Ltd.

** 宮崎大学 工学部 土木環境工学科 Dept. of Civil & Environmental Eng., Miyazaki Univ.

されて、年間約 1.0mの割合で後退を続けていた。この崩壊が単なる自然現象で、かつ治水・利水・環境保全上の問題を生じさせなければ人間が手を加える必要はないが、本滝は地域住民に親しまれており、その良好な河川景観が喪失しようとしていること、さらに、滝の直上流部には世界的にも貴重なカワゴロモが自生しており、その生息・生育環境が危機に直面していること、などから滝の保全は必要不可欠であった。



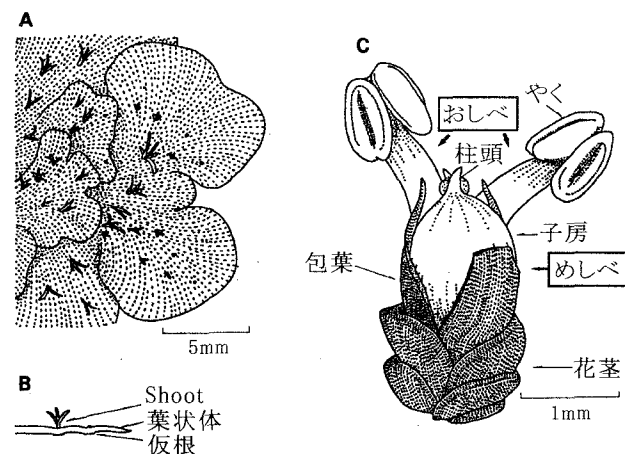
図ー1 地質断面図(河川縦断方向)

3 カワゴロモとは

カワゴロモとはカワゴケソウ科に属する水生種子植物（学名；*Hydrobryum japonicum*）で環境省の絶滅危惧種〔IA類（CR）〕に指定されている。その外観は写真ー1及び図ー2に示すように流れの早い溪流で生息できるよう、根が葉状体に変形し、葉も針状のシュートと呼ばれる構造に変化している。そのため、コケ類やソウ類と誤解されることもあるが、花も実もある高等植物である。これまでに世界的には約 200 種のカワゴケソウ科植物が報告されており、そのほとんどは南米・アフリカ・インド・スリランカ・インドネシアと中国南部の熱帯域に分布している。また日本では鹿児島県内の河川と宮崎県の岩瀬川にしか自生していない。つまり、東アジアではインドネシアや中国南部に生息し、フィリピンや台湾、琉球諸島には生息せず、遠く離れた鹿児島県と宮崎県に分布していることから、本種は生物地理学的に注目されている（上野 1982）¹⁾。さらに、岩瀬川はカワゴケソウ科植物の世界の北限となっており、本河川のカワゴロモは平成 11 年に新種「オオヨドカワゴロモ」として認定されている。



写真ー1 岩瀬川のカワゴロモ



図ー2 カワゴロモの構造（上野，1982）

4 滝の保全（改修）における課題

滝の後退防止の改修にあたって、カワゴロモの生息場所が滝に近接していること、また、滝の周辺は良好な河川景観を呈していること、などから解決すべき次のような課題があった。

- 1) 景観再生上の課題：滝の景観の再生にあたっては、周辺の良好で特色ある河川景観との調和に充分留意する必要があること。
- 2) 施工上の課題：カワゴロモの保護のため、その生態調査に基づいた施工上の適切な対応が必要であること。また、カワゴロモの生息・生育環境が施工前後において変化しないように充分留意する必要があること。
- 3) 生態学上の課題：滝によって生態学的に上下流が分断されており、生息・生育の場の連続性を確保するための適切な対応を行なう必要があること。

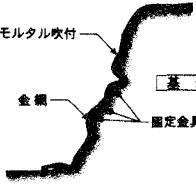
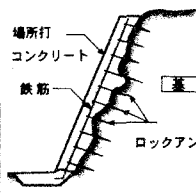
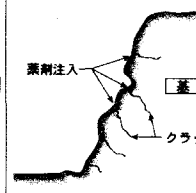
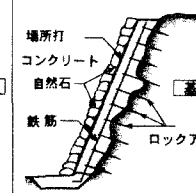
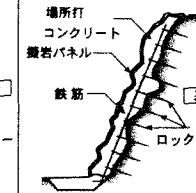
5 滝の保全対策

保全対策の立案においては「崩壊の防止による滝の安定化」と、「河川景観の再生及び生態環境の保全」が両立するよう検討を行った（岩瀬川改修工法検討会 1998）²⁾。

5. 1 滝の安定確保と景観再生

改修工法は、表―1 に示す施工可能と思われる 5 種類の工法を案出し、構造上の問題や周辺環境との調和さらに耐久性等について比較検討の上で決定した。

表―1 工法の比較検討表

工法名	① モルタル吹付工法	② 場所打コンクリート工法	③ 薬剤注入工法	④ 自然石積上工法	⑤ 擬岩工法
断面イメージ					
工法概要	道路の法面保護（落石防止）工法として多く用いられており、法（岩）の表面を金網等で覆い、コンクリートモルタルを吹き付けます。	高知県龍王崎で用いられた従来の工法（巻末資料）で岩にアンカーを打込み、鉄筋コンクリートを現場で打設します。	コンクリート等のクラックに接着剤を注入する補修工法です。	自然石を下段より一段づつ積み上げ、間隙には自然石と同色のモルタルを接着剤として施工します。	GRC又はFRPパネル擬岩工法、もしくはモルタル吹き付け後削り取る工法、擬岩ブロック工法、そして埋め殺し型枠工法などがあります。
構造上の問題 （自然災害からの防護）	通常100mm程度の施工厚であるので、軟質化した岩部分では剥離の懸念があります。また逆傾斜部分にモルタルの付着の問題があると思われます。 △	軟質化した部分、剥離状態部分を除去すれば問題はありません。 ◎	クラック部分は補修できますが、他の箇所においてはさらに風化が進むと考えられます。 ×	逆傾斜部分などでは、欠落の恐れが十分にありますが。 △	上記の各種擬岩工法の中でGRCパネル擬岩工法であれば（但しコンクリート充填）問題はありません。 ○
周辺環境との調和	現状に100mm程度モルタルによって覆うこととなるので、形状では柔和な感じとなります。 △	土木の工作物による施工であるため、最終的には原形と異なった形状となります。 ×	自然状態の現状にほとんど手を加えないため、問題はありません。 ◎	周囲とは異なった意匠形状となるので、人為的なイメージが持たれます。 △	自然状態に最も近い形状で通り込むため、問題はありません。 ◎
利用特性	遠景は違和感はありませんが、近景では自然感を失います。 △	周辺環境との調和において、イメージが全く異なったものとなります。 ×	問題はありません。 ◎	周辺環境との調和で、ややイメージが異なる恐れがあります。 △	遠景・近景とも問題はありません。 ◎

まず、①の工法は一般に道路等の法面の崩壊防止に用いられている工法である。本工法は施工も比較的容易であり建設コストも少なく済むという利点がある。さらに、金網の設置や塗装の方法によっては、遠景での周辺の景観との違和感を少なくすることは可能と考えられる。しかし、道路法面の実績から流水や風化に対する耐久性が劣るものと考えられ、半永久的な対応策としては採用し難いと判断された。

②の工法は、いわゆる従来型の工法で、滝の安定という点では全く問題ないと思われる。しかし、本工法は本プロジェクトの主目的である滝の景観再生を成し得ない工法であり、事業そのものの意義を失ってしまうものである。

③の工法は溶結凝灰岩のクラックに接着剤を注入して岩盤を一体化する工法である。本工法は周辺環境との調和という点では、現状にほとんど手を加えないことから最良の工法である。しかし、溶結凝灰岩の下層の砂質土層がむき出しのままであるため吸い出しを防止することはできず、結局、滝の崩壊が繰り返されることになる。

④の工法は、②の工法の前面に自然石を埋め込む工法で、近年、河川護岸に用いられることの多いタイプである。本工法は②の工法と同様に滝の安定という点では全く問題はないが、周辺の景観（垂直に近い一枚岩）との調和という点ではイメージが異なり、人工的な景観にとどまるものである。

⑤の工法は擬岩パネルを用いるもので、次のような理由から本工法は本プロジェクトの目的を達し得る

工法であると判断され採用を決定した。

- イ) 現地の岩石の凹凸を造形加工して見た目では天然の岩石とほとんど区分がつかない自然な景観を再生できること。
- ロ) 滝の元々の形状である垂直壁を比較的容易に造形できることから、滝が本来もつ落下水脈の重量感や水しぶきの減少・消失を防止できること。
- ハ) 植物学者によると、カワゴロモは擬岩パネルでも付着・生息できること。

本工法は正確にはロックアンカー併用擬岩パネル工法といい、図-3に示すとおり亀裂の入った溶結凝灰岩を一体化するためにロックアンカーを施工し、その前面に擬岩パネルを設置するものである。擬岩パネルにはGRC（ガラス繊維補強コンクリート）パネルを用いるが、このパネルは現地の天然の岩石から型をおこし、工場にてその型にGRCを吹き付けてパネルを作製するものである。一枚の大きさは $1.5 \times 2.0\text{m}$ 程度であり、岩瀬川では約20枚程度の型をとって作製した。現地では、写真-2のようにパネルを配置して取付金具に固定した。さらに、擬岩パネルの背面にはコンクリートを充填して、目地処理等を行った。また、彩色についてはパネルと裏込コンクリートに顔料を混ぜるとともに、現地において仕上げの塗装を行って現地の岩石の色あいを再現した。なお、顔料や塗装材料は耐久性、耐候性、耐汚染性にすぐれた実績や試験結果を有するものを厳選した。

一方、河床（滝つぼ）については、落下水脈による洗掘を防止するため、図-3のように吸出し防止マットを敷設してその上に布団籠を設置し、さらにその上に環境に配慮して現地の岩塊を据え付けた。

5. 2 施工時の対応

工事中におけるカワゴロモへの負荷低減を図るとともに、施工後の生息・生育環境を変化させないために、工事着手前にカワゴロモの分布及び生育環境調査を実施した。調査は滝地点から上流200m、下流100m間を河岸と水中部分の目視によって行い、カワゴロモの有無とその群落の面積を測定した（野呂ら1997）³⁾。その結果、本種は図-4に示すとおり滝の上流に存在する取水堰の魚道から下流に通じる水路の水中部分だけに帯状に分布していた（第1群落）。また、その下流の淵の部分にも小規模の群落が認められ（第2、3群落）、さらに下流に点在する巨石の間隙にある狭い水路の中にも生息していた（第4、5群落）。これら5箇所の合計面積は約75㎡であり、その中でも第1群落が最も大きいものであった（約70㎡）。また、これらはいずれも水深5~50cmの岩盤上にあり、流速も0.5~1.0m/sと比較的速い場所であった。一方、滝の下流域には全く生息していなかったが、これは、この下流域では水深が急に深くなり流速も緩やかになっているため川底に細かな泥が堆積しており、本種の生息には適していなかったものと考えられた。

以上のような調査結果より、工事中において特に留意すべき点は、①カワゴロモは乾燥に極めて弱いことから、水位の低下によって群落が空中に露出することがあってはならないこと、②カワゴロモの生息域の流速を常に一定の範囲に保存する必要があること、であると判断した。そこで、滝の直上流部に土のう

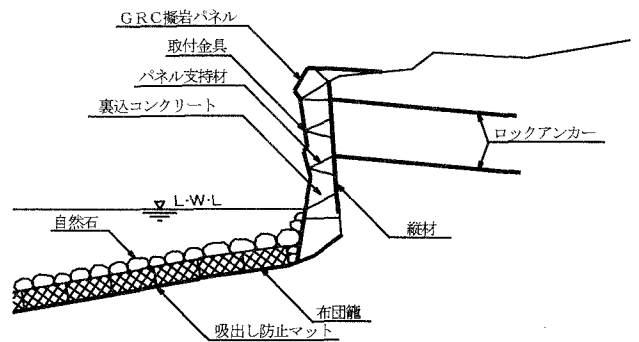
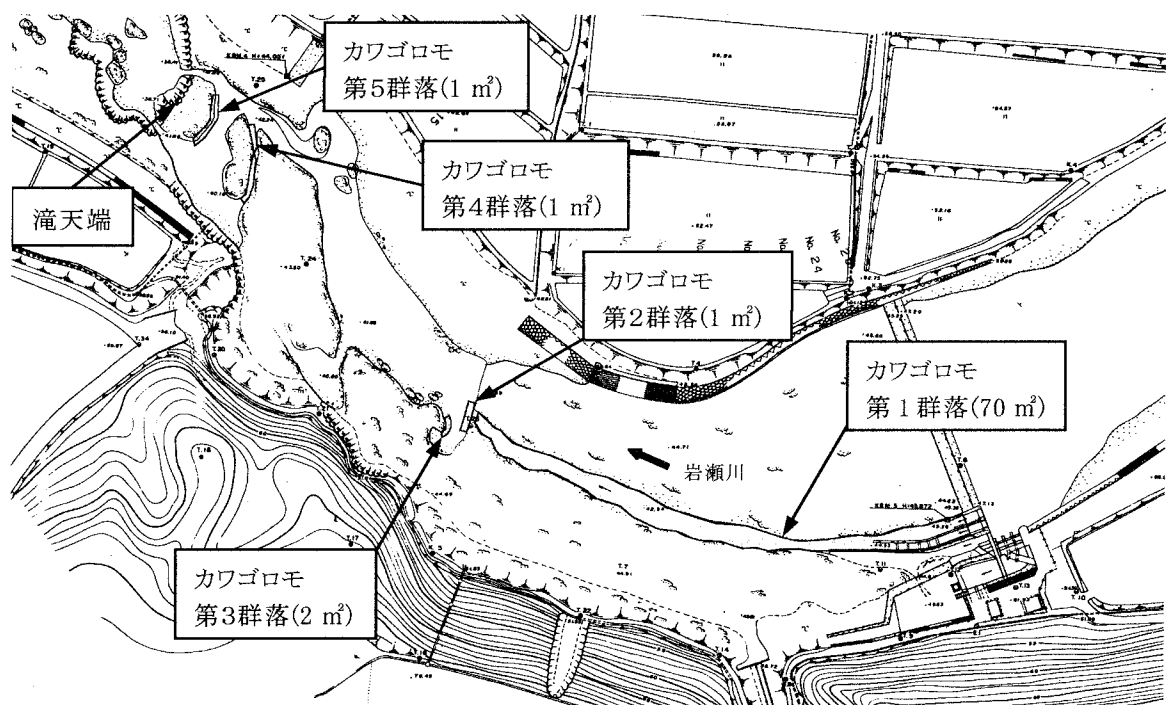


図-3 擬岩パネル工法詳細図



写真-2 擬岩パネル取付状況

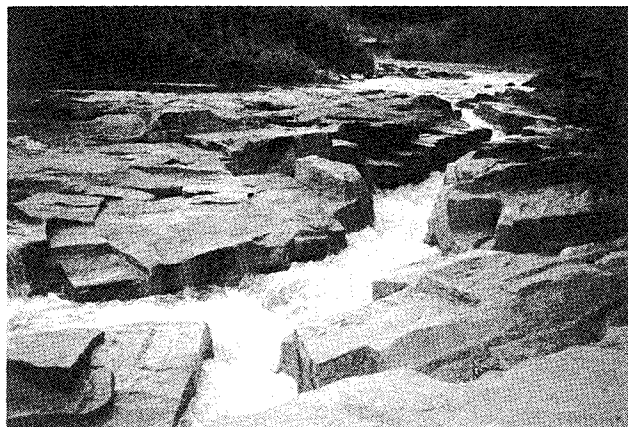


図ー4 カワゴロモ生息分布平面図

を設けて第4、5群落を水没させるように保ち、ポンプによる排水を行いつつ、滝の上流の取水堰のゲート操作も行つて、カワゴロモの生息地の流況を絶えず制御しながら施工を行った。また、滝の下流域の生物にも配慮してコンクリートが流出することのないよう、滝の直下流を遮水シートと土のうで締め切つてコンクリート汚染水の排出を行った。さらに、施工後にカワゴロモの生息地の流況が変化しないように、滝の落ち口部の延長を施工前と同一にして限界水深が変わらないようにした。

5. 3 滝による上下流分断への対応

滝がどのような原因でできて現在へ至っているのかについて聞き取り調査を行った。その結果、30 年程以前に現在の滝地点より約 30m 下流で石材採取を行っており、これが原因で滝が発生し崩壊が進行していったことが明らかになった。したがって、人為的に分断された生物の生息・生育の場の連続性を復元する必要がある。ミオ筋にあたり、樹木のかげとなっている左岸側に魚道を新設することとした。新設にあたっては、上述と同様カワゴロモの生息地の流況が魚道設置後に変化しないよう検討した。そして、その構造は、対象魚を生息魚種の中で最も多いコイとするとともにカワゴロモの生息にも配慮して、渇水期の流量（約 $1.0\text{m}^3/\text{s}$ ）で水深 30 cm、流速 $1.0\sim 1.5\text{m/s}$ を目標に射流計算による検討を行い、幅を 2.5m（河川幅の約 5%）、勾配を 1/13 とした。また、形状は写真ー3のように周辺の岩相と調和するよう滝本体と同様に擬岩パネルによって作成し、あたかも天然の水路のような景観を作り出した。



写真ー3 魚道完成写真

6 まとめと今後の課題

工事完了後のモニタリングにより次のように総括された。

まず、景観については写真－４と写真－５に示すとおり現地の岩石に近いテクスチャが作り出された。このため、地域住民に親しまれていた良好な河川景観が再生され、滝直下流の左岸側に公園が整備されたこともあいまって、人と自然との豊かなふれあいの場が創出された。次に、カワゴロモの分布・生育状況が工事前とほぼ同様であることから、世界的にも貴重なカワゴロモの生息・生育環境が保全・確保された。さらに、一見しただけでは自然のものと見分けがつかない魚道の新設により、過去の人間活動により分断されていた生物の生息・生育の場の連続性が再生された。

一方、本プロジェクトはスポット的な環境保全事業であったが、今後の河川環境の保全・再生には流域全体を視野に入れた対応が求められている。水質環境については、滝の直上流部の水域における水質分析の結果を表－２に示した。これによれば、岩瀬川の水質は COD で示される有機汚染が著しく、また、農業排水の影響と考えられる磷や窒素も高い値を示していた。表－２には、鹿児島県で行った調査に基づくカワゴロモの生育可能環境をも並記しているが（野呂ら 1988～1991）⁴⁾、

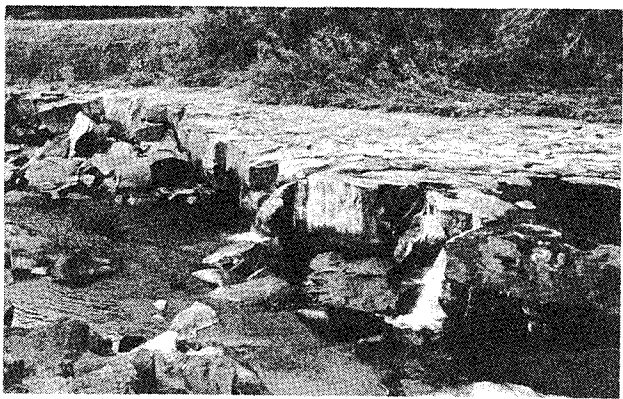
比較すると岩瀬川の水質はすでに本種の成育限界に達していることが伺える。これを改善するには農業や畜産業、林業等に係る人々との協調体制の確立がきわめて重要であり、住民参加型の河川環境保全を強力かつ早急に推進する必要がある。

【謝辞】

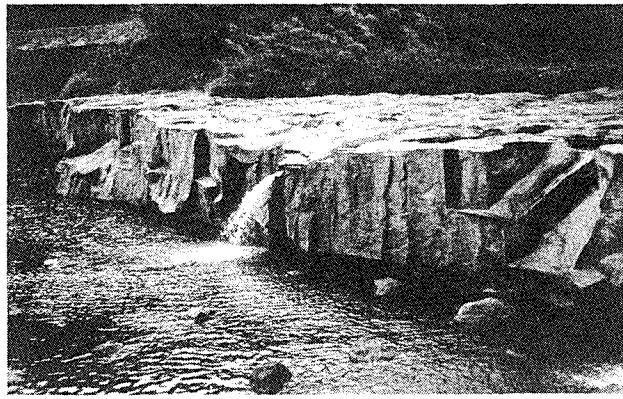
本プロジェクトの遂行にあたり、宮崎県河川課、宮崎県小林土木事務所の関係者、さらに「岩瀬川改修工法検討会」の委員の方々に貴重な助言をいただいた。ここに記して深謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 上野益三：薩摩博物学史，pp.29-pp.33，島津出版／つかさ書房，1982。
- 2) 岩瀬川改修工法検討会：岩瀬川改修工法検討会報告書，宮崎県土木部，1998。
- 3) 野呂忠秀・藤原秀志：宮崎県岩瀬川産カワゴロモ分布報告書，宮崎県土木部，1997。
- 4) 野呂忠秀・鈴木広志：環境保全対策報告書，九州農政局，1988～1991。



写真－４ 改修前の滝の状況



写真－５ 改修後の滝の状況

表－２ 水質分析結果

測定項目	測定値				カワゴロモの 生育可能環境
	1990/5	1994/9	1996/8	1996/10	
水温(℃)	24.5	22.4	23.5	14.4	10<
流速(m/s)	47.9	-	130.	50.	40-100
SS(ppm)	4.	12.	5.	0.	<6
電導度(us/cm)	148.	-	-	153.	
PH	6.10	7.35	7.78	7.58	6.0-7.5
DO(ml/l)	7.86	2.75	8.40	11.1	95%<
COD	1.20	3.42	-	-	<1
磷酸態磷(uM)	0.76	1.29	6.13	-	<1
全磷(uM)	1.38	1.29	3.23	-	<2
硝酸態窒素(uM)	6.00	0.35	15.86	31.4	<5
亜硝酸態窒素(uM)	0.00	2.86	0.00	2.1	<0.1
アンモニ態窒素(uM)	0.08	2.86	0.00	0.00	<5

(生息可能範囲は、鹿児島県神之川で行われた調査報告書（野呂・鈴木，1988-91）から推定した値を用いた）