

# 河川改修における環境モニタリング手法の提案

## PROPOSAL OF METHOD FOR ECOLOGICAL MONITORING IN RIVER IMPROVEMENT WORK

尾澤卓思<sup>1</sup>・狩野晋一<sup>2</sup>・三宅淑正<sup>3</sup>・山下潤<sup>4</sup>・片山善仁<sup>3</sup>・松本豊隆<sup>5</sup>・酒井奈美<sup>5</sup>  
Takashi OZAWA, Shinichi KARINO, Yoshimasa MIYAKE, Jun YAMASHITA, Yoshihito KATAYAMA, Toyotaka MATSUMOTO and Nami SAKAI

- <sup>1</sup>正会員 国土交通省九州地方整備局武雄河川事務所 (〒843-0023 武雄市武雄町昭和745)  
<sup>2</sup>正会員 (財) リバーフロント整備センター 研究第四部 (〒102-0082 東京都千代田区一番町8番地)  
<sup>3</sup>正会員 パシフィックコンサルタンツ (株) 九州本社 (〒819-0007 福岡市西区愛宕南1丁目7号)  
<sup>4</sup>正会員 パシフィックコンサルタンツ (株) 中部本社 (〒451-0046 名古屋市西区牛島町2番5号)  
<sup>5</sup>正会員 西日本技術開発 (株) (〒810-0004 福岡市中央区渡辺通り1-1-1)

Large flood disaster happened in Kita river of Gokase river basin, at September 1997. The urgent river improvement has been done to prevent second large flood disaster. The methods to avoid and mitigate the influence on river environment as much as possible were adopted after understanding the characteristic of river environment thoroughly in time of river improvement.

We propose the methods of monitoring by which we can understand the influences on river environment after river improvement and verify the hypothesis of plan.

**Key Words :** monitoring, river environment, river improvement, environmental division

### 1. はじめに

五ヶ瀬川水系北川では、平成9年9月出水により1894戸の床上浸水が発生する大災害を生じた。このため、激甚災害対策特別緊急事業（以降、激特事業）により再度災害の防止のために緊急的に北川の改修が進められた。北川の改修にあたっては、河川環境の特性を十分に把握した上で、河川環境への影響をできるだけ回避・低減す

る方法がとられた。緊急的な事業のため、短時間の中で環境調査や河道計画が行われ、「河道計画検討の手引き」<sup>1)</sup>や「河川事業の計画段階における環境影響の分析方法の考え方」<sup>2)</sup>などを参考に改修による影響を把握するためのモニタリングを行っている。本稿では、北川での実施例を用いて改修による河川環境への影響を把握し、検証するモニタリング手法について提案するものである。（図-1）

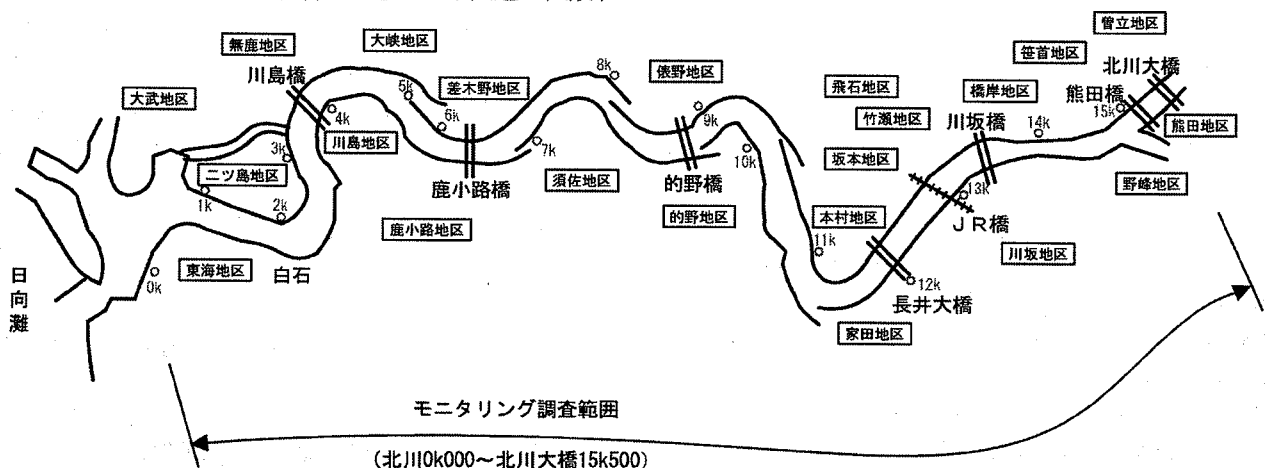


図-1 モニタリング調査範囲

## 2. モニタリングの考え方

### (1) 環境への影響を考えた改修

北川の河川改修の検討は、北川「川づくり」検討委員会で行われた。北川の五ヶ瀬川合流点から北川大橋まで(16.6km)を対象に治水安全度の向上と河川環境への影響を考慮し、霞堤方式の踏襲、堤防の補強と築堤、高水敷陸上部の掘削、河畔林の保全や流下能力不足箇所での伐採と再生の防止、霞堤開口部の植栽などが計画された。河道掘削では、平水位+1.0m以上の高水敷の掘削を基本とし、掘削箇所の樹木も伐採している。こうした改修を大規模に行うことから、改修後において出水の繰り返しによる河道形状の変化が起こりうると考えられた。このため、河床縦断形状の変化、湾曲部の淵の形状の変化、川幅(低水路幅)の変化について事前に予測が行われた<sup>3)</sup> また、改修による環境への影響に対しては、ワンドの造成などの保全措置を講じた。モニタリングでは、こうした予測や保全措置の効果の検証と河川環境における様々な要素への影響を把握するものである。

### (2) 河川環境の把握とモニタリングの方法

改修による河川環境の変化をモニタリングするには、スケールの異なる環境の変化を様々な物理や生物などの指標により把握することが重要である。このため、マクロ的な視点として生態系の典型性レベル(環境類型区分)や河川の縦断的な環境要素の変化を見ることにした。次に環境への影響を考えた改修の検証方法の提案を行った。さらに表土の移植(覆土)、植物の移植、ワンドの造成という環境保全措置の効果を検証した。そして、個々の地区毎に詳細に改修によるインパクトとレスポンスの事前に立てた仮説を検証することにした。

河川環境の把握の方法として、北川の対象区間において生態系の典型性の視点から環境類型区分を行い、典型的な場の物理的構造と生物の生息生育場としての機能を把握した。環境類型区分は、河川の物理的・化学的環境(河床縦断形状、河道横断形状、瀬淵の状況、河床材料、河川構造物、水質、塩水遡上の状況等)と河川特性(川幅水深比、摩擦速度、無次元掃流力等)を把握し、河川の植生縦断図や魚類等の生物分布などと組み合わせることで類型化できる環境である。

事業におけるモニタリングで取得できるデータを考えると生物の相互関係やエネルギーフローを把握することは困難である。そのため、典型的な場の物理的構造や生物の生息生育場としての機能をできるだけ把握し、環境の特徴をまとめ、改修により河川の物理的・化学的環境や河川特性の変化に伴い、この特徴がどう変化するかをモニタリングしていくことにした。

河川の縦断的な環境要素の変化の把握にあたり、河川の物理的・化学的環境や河川特性の変化は、環境への影響

を考えた改修の検証の中で経年的に把握した。それ以外に河川の植生縦断図(ヨシ群落、オギ群落、ススキ群落、河畔林、樹林地、竹林、河原(自然裸地)、河原(ツルヨシ群落)、外来種など)、藻場の指標種としてコアモモ、ヨシ原の指標種としてオオヨシキリ、砂礫地の指標種としてイカルチドリ、汽水域の指標種としてカワスナガニ、アユの産卵場などについて場の変化と併せて経年変化をモニタリングした。

環境への影響を考えた改修の検証は、事前の予測に対して検証方法を提案し、モニタリングを開始した。具体的には下記のとおりとした。

縦横断測量の変化や航空写真から砂州や滞筋の変化を把握する。水域平均河床高や摩擦速度の変化から縦断形状の変化を把握する。縦横断測量結果を用いて河床の堆積・洗掘など土砂の堆積状況や瀬淵構造の変化を把握する。水理計算により平常時の水面形を算定し、瀬の変化を把握する。河床材料の粒度分布により河床の質の変化を把握する。横断測量結果の変化、摩擦速度と代表粒径の関係<sup>4)</sup>から川幅の変化を把握する。高水敷の掘削状況を整理して冠水頻度を算定し、その変化を把握する。冠水頻度の変化とベルトトランセクト調査などの植生調査により植生遷移の状況を把握する。

こうした方法で河床縦断形状、瀬淵構造、川幅、掘削後の樹木の繁茂などへの影響をモニタリングし、河道計画を検証することができる。

環境保全措置については、表土の移植や植物の移植は追跡調査を行い、ワンドの造成については、ワンドの特徴(止水性)や機能(稚魚の生息)を勘案し、流水部とワンドとの魚類の種や体長組成を比較した。

地区毎の詳細なモニタリングでは、改修によるインパクトは、高水敷掘削、樹木伐採、低水路掘削、湿地部の改変などで、これによるレスポンスとして物理的・化学的指標や生物相の変化だけでなく、インパクトに対し適切に指標種を選定して影響を評価する。指標種は河川の縦断的な環境要素の変化の把握で用いたものである。(例、ヨシ原の変化に対する指標種オオヨシキリ)

モニタリングにあたっては、災害前のデータが無かったため、災害直後の調査(H9.9)でデータを収集し、この後激特事業の進捗に応じて調査を行い、変化を把握している。特に工事期間の平成15年度まではデータを密に取得している。平成16年度から平成21年度までは河道形状、指標種や貴重種の追跡、植生の復元状況など内容を絞り込んでモニタリングを行い、平成22年度に再評価を行う予定である。

## 3. 検証事例とモニタリング方法の考察

### (1) 生態系の典型性の視点から影響の検証

#### a) 環境類型区分の変化

北川の環境類型区分は、友内川、北川河口域（汽水域、0k000～4k200）、北川下流域（汽水域、4k200～7k200）、北川中流域（淡水域、7k200～15k500）の4区分に分けられる。ここでの特徴は、北川下流域で緩やかな流れで広い水面を持つ河口域と瀬淵の連続する流水域の中間的な領域の存在である。谷底平野の最下流部に汽水域が突っ込んだ格好である。

改修による環境類型区分の変化は、北川中流域の例を示すと表－1のようになる。

b)環境類型区分の環境を代表する場の変化

環境類型区分の環境を代表する典型的な場を抽出し、その物理的構造と生物の生息生育場としての機能を整理する。改修によりこの物理的構造と生物の生息生育場の機能が受ける影響を河川の縦断的な環境要素の変化や地区毎の詳細なモニタリング結果からまとめる。北川中流域の代表の場における変化の例を表－2に示す。環境類型区分毎に代表の場は、複数存在し、これらの変化の集大成として環境類型区分の変化がわかる。

表－1 環境類型区分の変化の例（北川中流域の例）<sup>5)</sup>

| 環境類型<br>区分<br>指標 | 北川中流域（淡水域）<br>(7k200～15k500)                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                  | 特 徴                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 変 化                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 物理特性<br>(形状・材質)  | <ul style="list-style-type: none"><li>・北川上流域は蛇行の激しい谷底平野の河川である。河道内には蛇行に伴う交互砂州が形成されているが砂州は動きやすくなっている。交互砂州に応じて瀬と淵が連続し、山付きの崖地につかる場所には深い淵が形成されている。</li><li>・河道内は水域から陸域にかけて比高が徐々に変わる単断面形状を持ち、比高に応じた河原、草地、河畔林、樹林地等の様々な環境が形成されている。</li><li>・河畔林は、無堤部では水防林として、水際に張り出した魚付き林等として機能している。</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>・築堤、堤防強化、高水敷掘削など大きな改変があり、低水路幅の拡大、河畔林の伐採より広い河川空間が形成された。</li><li>・河道内の交互砂州と連続する瀬・淵や崖地の淵の形態は変わらないが、砂州の前縁が下流に移動することによる瀬の位置や高さの変化や上流域での淵が浅くなるなどの形状変化が生じている。</li><li>・従来河道に対し河畔林等樹木面積は減少したが、河原、草地、河畔林、樹林地などの多彩な環境要素の構成は変わらない。</li><li>・河床材料の代表粒径は22mm程度の礫で、従来河道に対し少し細くなった。河床材料の特徴では、北川下流域(4k200～7k200)も含め同様な環境に変化している。</li></ul> |
| 生物特性             | <ul style="list-style-type: none"><li>・山付林、河畔林が発達し、水防林、魚付林となっている。</li><li>・河原（ツルヨシ群落、礫）が発達し、ヨシ原ではオオヨシキリ、砂礫地ではイカルチドリが繁殖する。</li><li>・水際には、ゲンジボタルやカジカガエル等清流域に生息する昆虫や両生類が生息する。</li><li>・淡水域であり、底生動物では水生昆虫が、魚類では淡水魚、回遊魚が大半を占める。</li><li>・8k付近より調査範囲の15k500付近までの瀬はアユの産卵場が分布している。</li></ul>   | <p>従来河道の生物特性で変化したのは以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・高水敷掘削を行った箇所を主体にアレチハナガサ群落の分布が急拡大した。</li><li>・掘削により一時的にオオヨシキリやイカルチドリの生息場所が失われたと考えられるが、平成12年以降には、それらの鳥類が確認されている。</li><li>・的野地区の樹林地、竹林が掘削により大幅に減少した。</li><li>・アユの産卵場については、平成14年時点で過年度調査にて確認された天然の産卵床が4箇所消失したが、掘削工事による影響は明確でなく、付着藻類の増加など他の要因が考えられる。</li></ul>                                |
| 水質特性             | <ul style="list-style-type: none"><li>・水質良好（淡水域）</li></ul>                                                                                                                                                                                                                             | <ul style="list-style-type: none"><li>・pH、SSは良好であり経年的変化は小さい。（淡水域）</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

表－2 代表的な場における変化の例（北川中流域の例）<sup>5)</sup>

| 環境類型区分        | 場の構造の変化                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 場の機能の変化                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 北川中流<br>(淡水域) | <p>(構造)</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・高水敷掘削と築堤により低水路幅は従来河道の3倍以上に拡大した。従来河道に立地していた河畔林、樹林地、竹林（水防林）は一部を残し消失し広大な河原が形成された。</li><li>・山際の崖地、斜面上の竹林及び崖地に沿った淵の形態は維持されているが淵の深さや瀬の位置や形状は変動している。</li><li>・河床材料の代表粒径は20mm程度の礫であり従来河道に対し少し細かくなっている。</li></ul> <p>(水理特性)</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・高水敷掘削により洪水時の摩擦速度は従来河道に対し低下しておりまた、縦断的には下流に向けて低減しているため土砂の堆積の傾向が想定される。</li></ul> <p>(キーワード)</p> <p>河畔林（水防林・魚付林）、山際の崖地、砂州、瀬と淵、河原、礫、淡水</p> | <ul style="list-style-type: none"><li>・平成10年に確認された9k付近及び9k/500～9k/700付近の瀬はアユの産卵場としての機能を持っていたが、平成14年では、9k/500では産卵が確認されず、その機能に変化がみられた。</li><li>・湾曲部の対岸（右岸）の樹林に変化はなく、その機能（鳥類や昆虫類等のハビタットとしての機能や魚付林としての機能）に変化はない。</li><li>・湾曲部の樹林地は、一部掘削され、哺乳類や樹林性の鳥類及び昆虫類などのハビタットとしての機能は失われた。</li><li>・右岸の9k/400～/500付近の淡水域ワンドに変化はなく、その機能（洪水時の魚類の退避場、止水性の魚類・底生動物や稚魚期の魚類の生息場）に変化はない。</li></ul> |

## (2) 河川の縦断的な環境要素の変化

河川の縦断的な環境要素の変化として河川の植生縦断図の例を図-2に示す。改修により河原（自然裸地）やススキ群落などが減少し、外来種のアレチハナ

ガサ群落などが増加していることがわかる。オオヨシキリやイカルドリなどの指標種もこれらの環境の変化と同様に整理すると関係がよくわかる。

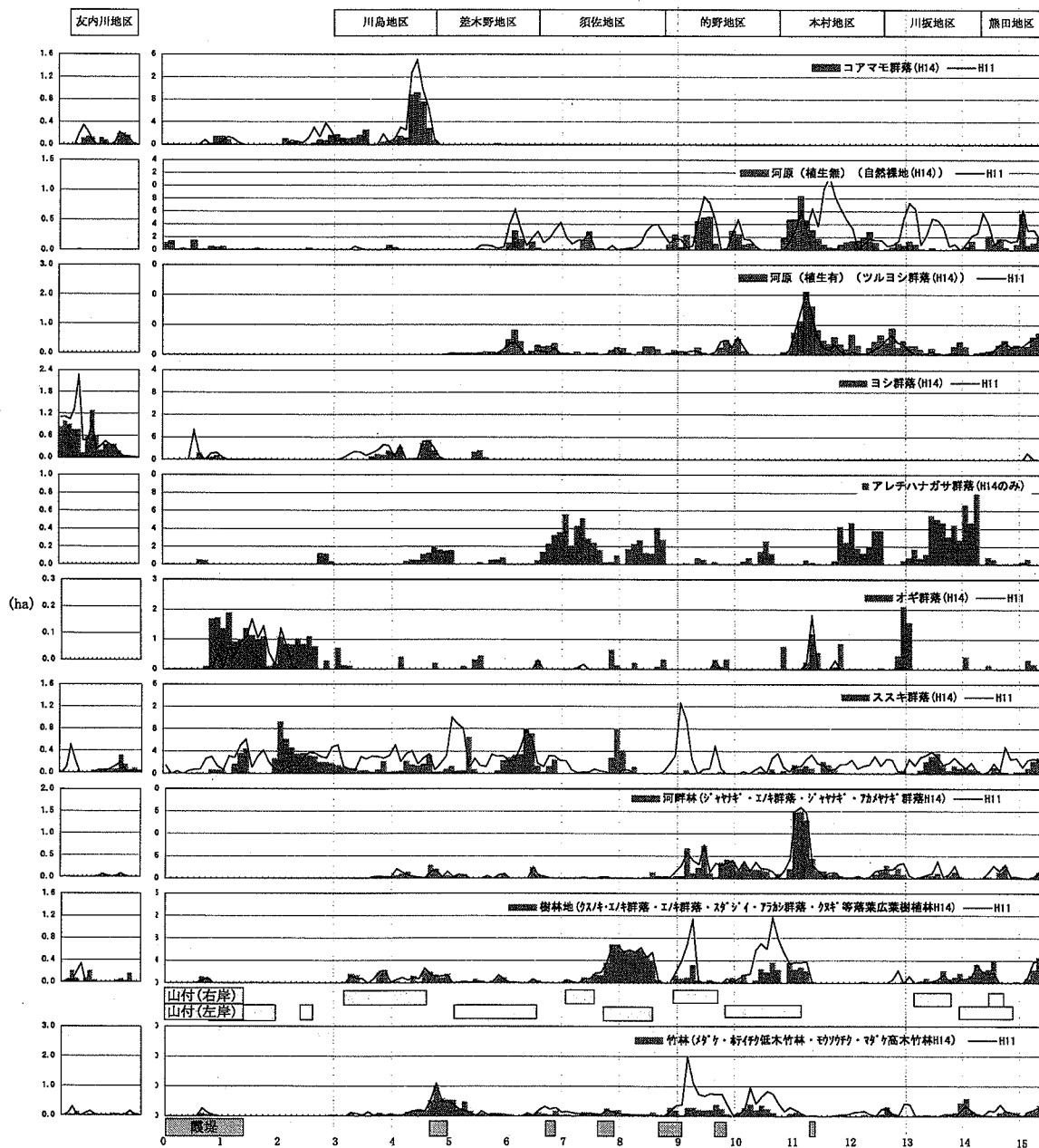


図-2 河川の植生縦断図の例<sup>9)</sup>

## (3) 環境への影響を考えた改修の検証

### a) 河床縦断形状の変化

改修前後で摩擦速度の縦断的な変化は、局所的な増加・減少はあるものの、全体的な増減の一定傾向は見られず、河床縦断形状の大幅な変化はないものと事前に予測された。

H9.9とH15.3の河道での水域平均河床高の変化を見ると、河床高の局所的な上昇・低下という変化は見られるが、全体的に見ると縦断形状の変化は小さい。

### b) 湾曲部の淵等の形状変化

掘削に伴う土砂の排除に対し、河床部からの土砂補給が行われ、結果的に湾曲部の淵の部分の標高は少し下がる可能性があるとして予測された。交互砂州は、比較的安定なものについては淵の標高が不変または少し上がる、淵の標高が少し下がる可能性があるとして事前に予測された。不安定なものについては淵が動く可能性があり、そこでは淵の標高は不変または少し上下する、淵の標高は不変または場所によってやや下がる可能性があるとして事前に予測された。

H9.9とH15.3との河道横断測量結果を比較すると湾曲

部の淵は、位置はほぼ固定されているが、淵の標高は予測に反し、上流域において上がる傾向にある。淵の部分では浅くなる場合だけでなく、水際部に土砂堆積が見られたり、淵の水面積が縮小していたりする。また、砂州の前縁部は、少し下流に移動し、瀬の位置や高さが一部変化している。高水敷掘削後、川幅水深比が全体的に増加し、単列砂州ではあるが複列化しやすい方向へ変化している。距離標11km～12km区間では単列・複列砂州の形成の境界領域となっている。（図－3）

土砂の堆積は、距離標の0km～3km区間、11km～12km区間で顕著に見られ、この区間では摩擦速度が上流より下流で小さくなっている。（図－4）

河床は礫主体で構成され変化はないが、縦断的に見ると上流では少し粒径が小さくなる傾向がある。

#### c) 川幅（低水路幅）の変化

改修前後について川幅変化の指標となる摩擦速度に大きな変化がないため、大局的に見て川幅の変化は少ないものと事前に予測された。

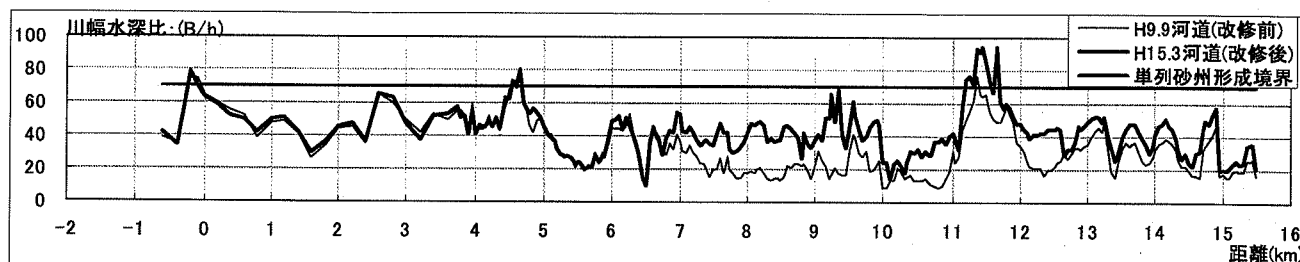
高水敷掘削前後の横断測量結果から川幅は大きく変化していない。摩擦速度と代表粒径の関係<sup>4)</sup>から見ても全国の河川の平均的特性とほぼ同様であり、変化は少ないと判定される。

#### d) 高水敷植生の遷移

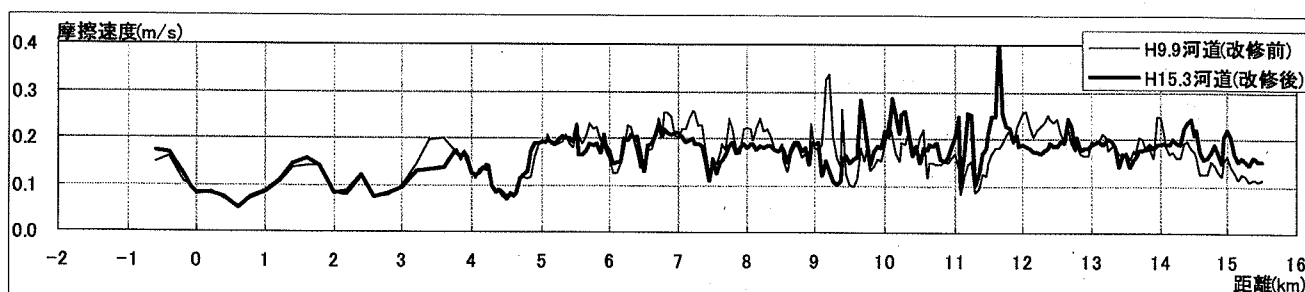
平水位＋1 mの高水敷掘削により冠水流量は約200m<sup>3</sup>/sとなり、冠水頻度は年間トータルで8日間程度となると事前に予測された。植生は、従来河道の冠水状況からツルヨシ群落、ヨモギクラス草地、ノイバラ低木林、マダケ林、ジャヤナギ林等の再生が事前に予測された。

平水位＋1 mの高水敷掘削を行っても、感潮区間の下流部と上流部とでは洪水時の水位上昇の状況が異なり、下流部では水位上昇の程度が上流部よりも小さく、冠水頻度は低下している。また、的野・本村地区では高水敷掘削面に1/100勾配を設けたため、水際部が低くなり、冠水頻度が高くなっている。こうしたことから、冠水流量は予測と異なって40m<sup>3</sup>/s～890m<sup>3</sup>/sまで幅があり、冠水頻度は年間1日～数ヶ月までとなる。高水敷掘削面の植生は、水際部にツルヨシ群落、陸域にはアレチハナガサ、セイタカアワダチソウ、オオクサキビ群落が成立している。冠水頻度の高い上流部では外来種のアレチハナガサが顕著である。（図－5）

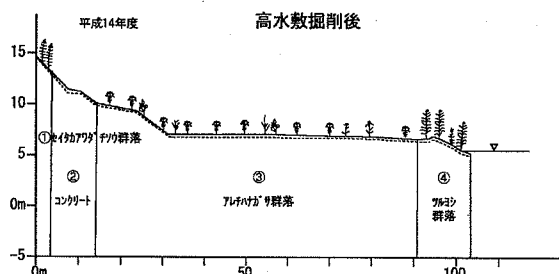
このように現時点において事前予測に対し、検証ができることを示してきた。しかし、改修後間もないため、傾向はわかるが、今後モニタリングを継続し、長期的に検証する必要がある。



図－3 改修前後における川幅水深比の比較(平均年最大流量1850m<sup>3</sup>/s時)<sup>5)</sup>



図－4 改修前後における摩擦速度の比較(平均年最大流量1850m<sup>3</sup>/s時)<sup>5)</sup>



図－5 高水敷掘削後の植生(ベルトトランセクト調査結果：家田地区12.6km)<sup>5)</sup>

#### (4) モニタリング方法の考察

激特事業による改修に伴い、マクロ的な視点から生態系の典型性レベルや河川の縦断的な環境要素の変化の把握、環境への影響を考えた改修の検証、環境保全措置の効果の検証、地区毎の詳細な環境の変化の把握を行った。河川環境の様々な現象はスケールが異なるため、河川の縦断的な環境要素や環境類型区分から地区毎の詳細なインパクトとレスポンスの関係まで階層的にモニタリングを考えた。河川の物理的・化学的環境や河川特性と生物の分布を組み合わせることにより、場の物理的構造と生物の生息生育場としての機能を概ね把握することができる。これをもとに地区毎の詳細に把握したインパクトとレスポンスの関係を併せて、改修による物理的構造の変化とそれに伴う生物の生息生育場としての機能の変化を把握する。そして河川の縦断的な環境要素の変化と典型的な代表の場の変化から環境類型区分の変化を把握する。

モニタリング方法として改修のインパクトとレスポンスの関係だけを把握するのではなく、マクロ的な視点を組み合わせることにより、概略的ではあるが生態系の構造や機能の変化を把握することができるようになる。

今回適切な対象を選定しなかったが、生態系の上位性や特殊性などの視点をモニタリングに導入するとより生態系への影響を検討することができる。

激特事業のため、十分なモニタリングの準備もできずに調査を開始した。このため、調査方法や範囲も途中で変更するなど比較できなくなったデータも存在する。対象を明確にし、不確実性を考慮した仮説を立て、それにあった調査手法及び範囲をとり検証していくという最初のモニタリングの考え方が重要であり、途中変更事項があってもできるだけ継続的なデータ収集を考える必要がある。

#### 4. まとめ

激特事業の河川環境への影響及び環境への影響を考えた改修の検証を行えるモニタリングの方法を提案し、実際に現時点での検証を行った。環境類型区分などを用いて階層的なモニタリングを考え、できるだけ生態系への影響を把握する方法を提案することができた。また、環境への影響を考えた改修の検証では、事前予測の結果を検証できる方法を提案することができた。

最後にモニタリングは、河川の持つダイナミズムを十分把握できるデータの取得を考えて組み立てることが重要である。外力には、自然によるものと人為によるものがあり、これらの関係がわからないと環境への影響を適切に把握することができない。

謝辞：北川のモニタリングについては、宮崎大学の杉尾哲教授を委員長とする北川モニタリング委員会及び専門部会において議論がなされ、様々なご意見

をいただいた。本稿は、これをもとにまとめたものであり、各位に感謝する。

#### 参考文献

- 1) (財) 国土技術研究センター編：河道計画検討の手引き，山海堂，2002
- 2) (財) ダム水源地環境整備センター：河川事業の計画段階における環境影響の分析方法に関する検討委員会：河川事業の計画段階における環境影響の分析方法の考え方，2002
- 3) 国土交通省九州地方整備局，宮崎県，(財) リバーフロント整備センター：五ヶ瀬川水系北川 北川「川づくり」検討報告書，1999
- 4) 山本晃一：沖積河川学，山海堂，1994
- 5) 国土交通省九州地方整備局，宮崎県，(財) リバーフロント整備センター：第9回北川モニタリング委員会専門部会資料－改修過程における河川環境の変化－，2004

(2004. 4. 7受付)