

# 那賀川左岸地震・津波対策事業における ミチゲーションの実施について【最終報告】

那賀川河川事務所 調査課 長野 沙紀  
那賀川河川事務所 調査課係長 岡崎 真也  
那賀川河川事務所 調査課長 梶本 泰司

南海トラフ巨大地震等の大規模地震に備えるため、那賀川河口部では堤防の嵩上げ、耐震及び液状化対策を実施している。なかでも、那賀川左岸には砂泥質の干潟が形成されており、トビハゼやシオマネキ等重要な魚類・底生動物等が生息している。そこで、堤防工事による那賀川左岸の干潟環境への影響を抑えるために、「那賀川左岸堤防地震・津波対策事業環境保全検討委員会」「那賀川左岸堤防地震・津波対策事業環境モニタリング委員会」を設置し、学識経験者からの助言をいただきながらミチゲーションを実施してきた。順応的な改善対策により、干潟環境は回復がみられ、平成28年度はモニタリング調査結果から回復状況について総合評価を行った。

キーワード 「代償干潟」「ミチゲーション」「順応的管理」

## 1. はじめに

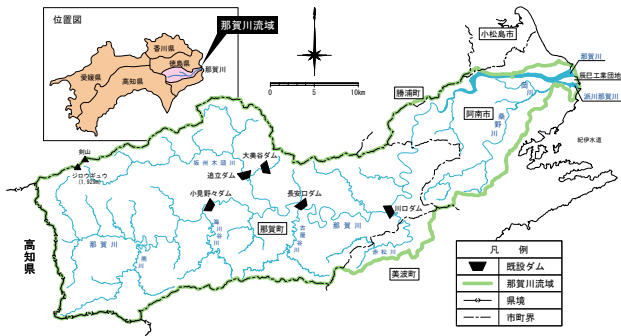


図-1 那賀川水系流域図

那賀川は、徳島県南部に位置し、その源を徳島県那賀郡の剣山山系ジロウギユウ（標高1,929m）に発し、坂州木頭川、赤松川等の支川を合わせ、那賀川平野に出、派川那賀川を分派し紀伊水道に注ぐ、幹川流路延長125km、流域面積874km<sup>2</sup>の一級河川である（図-1）。

那賀川河口部では、今後30年以内に約70%の確率（算定基準日平成26年1月1日）で発生すると想定されている南海トラフ巨大地震等へ備えるため、堤防の嵩上げ、耐震及び液状化対策等を平成23年度末から実施している。本稿では、防災と環境の調和した整備を行った、那賀川左岸堤防の地震・津波対策事業におけるミチゲーションの事例について報告する。

## 2. 地震・津波対策事業の概要

### (1) 地震・津波対策の基本的な考え方

地震・津波対策を実施していく上では、次の二つのレベルの津波を想定している。一つは、発生頻度は極めて低いものの、発生すれば甚大な被害をもたらすものであり「最大クラスの津波（レベル2）」と称している。もう一つは、河川管理施設の整備を行う上で想定する津波であり、最大クラスの津波に比べて津波高は低いものの発生

頻度は高く大きな被害をもたらす津波であり、「計画津波（レベル1）」と称している。

那賀川においては「計画津波」に対して必要な堤防高を確保して防護するとともに、最大級の地震動に対して堤防や水門などの河川管理施設に必要な機能を確保し、海岸における防御と一体になって減災を目指すこととしている。

### (2) 地震・津波対策の環境面での課題

地震津波対策事業区間（図-2）は那賀川水系の河口部にあたり、汽水環境を利用する動植物の生息環境となっている。特に那賀川左岸1.0k~2.0kに形成されたワンド地形内には、那賀川水系で唯一まとまった砂泥質の干潟環境がみられる箇所であり、シオマネキをはじめとする重要な生物が多く生息するホットスポットとなっていることから、堤防の嵩上げ工事による汽水環境への影響が懸念された。



図-2 地震・津波対策事業実施区間

## 3. 環境保全の取り組み

### (1) 環境保全対策の検討

当該対策区間は高潮対策区間でもあり、法勾配は「河川堤防設計指針 H19.3」に基づき3割1枚法断面で計画していたが、改変面積が大きいことから、堤防に近接している後背地の住宅や川側の干潟等への影響を低減するた

め、「河川管理施設等構造令」の規定での最低水準である2割1枚法に変更した。

堤防の法勾配の変更により、改変面積は2/3程度に低減したものの、那賀川左岸1.0k~2.0kの干潟面積は約24%が消失することとなる。また、地震・津波対策事業という本来の目的のため、干潟の改変を回避することは困難であった。このため、適切な環境保全対策の実施に向け、学識経験者から環境への配慮事項及び環境保全等の具体的な手法に関して、技術指導・助言を頂くため、河川工学や生物学を専門とする学識経験者10名で構成する「那賀川左岸堤防地震・津波対策事業検討保全検討委員会」（以下、「検討委員会」という）を設置し、2回（H24.12.17及びH25.2.5）の議論を行った。

検討委員会では、次のような意見を頂き、環境保全対策の内容や実施時期等について検討を行った。

- ① 工事によって消失する干潟の代償地の設定をする。
- ② 代償地は出来るだけ早い時期に創出するとよい。
- ③ 干潟のミチゲーションは事例が少ないため、事前・事後の評価が出来るように調査を適切に行う。
- ④ ミチゲーションについてはアダプティブマネジメント（順応的管理）を取り入れる。

環境保全対策の内容は、前述の法勾配の変更【低減】：法勾配を3割から2割に変更することによる改変範囲の低減（図-3①）に加え、検討委員会での意見を踏まえ、図-3に示す低減及び代償の対策を実施した。なお、これらの対策を実施することによって、干潟の消失率を約24%から約10%に低減することが可能となった。

□那賀川左岸1.3k付近断面

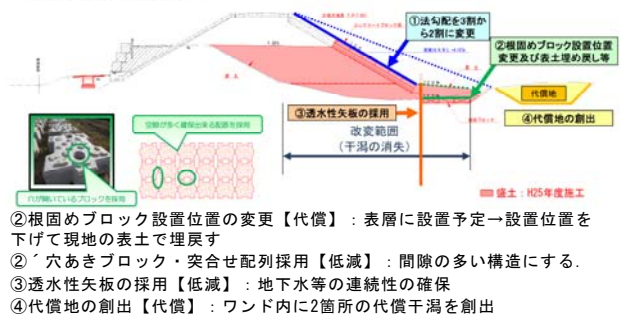


図-3 環境保全対策の概要

## (2) 保全対策の実施状況

干潟の工事開始前には、学識経験者の助言を得ながら、ワンド内の高水敷や砂嘴の掘削等により2箇所を代償地を創出した。（図4.1、図4.2）



図-4.1 環境保全対策の実施状況(代償地1)

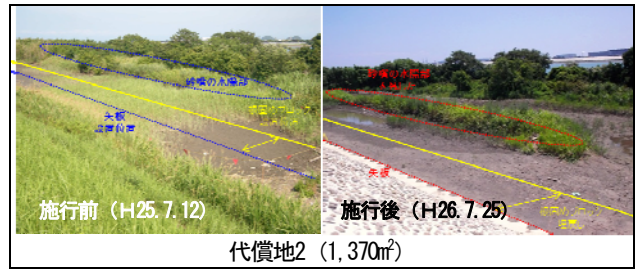


図-4.2 環境保全対策の実施状況(代償地2)

## (3) 保全対策実施後のモニタリングと順応的管理

保全対策実施後は、干潟環境の回復状況について把握し評価を行うために、検討委員会で助言をいただいた委員を中心に、8名で構成する「那賀川左岸堤防地震・津波対策事業環境回復モニタリング委員会」（以下、「モニタリング委員会」という）を設置し、モニタリング調査の内容・方法、代償地創出箇所等の順応的管理の具体的な手法について、5回の会議を実施し（表-1）、次のような指導・助言を頂きながら進めてきた。なお、モニタリング調査は平成25年度より毎年夏季に実施してきたが、平成26年及び平成27年の調査は台風による大出水があったため、時期をずらして調査を実施している（図-5）。

表-1 モニタリング委員会の実施状況

| 平成24年度        | 平成25年度     |            | 平成26年度            |                   |                   | 平成27年度            |                   |                   |                   | 平成28年度            |                   |                    |                    |                   |                   |
|---------------|------------|------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| 12月           | 2月         | 5月         | 8月                | 12月               | 3月                | 5月                | 9月                | 12月               | 5月                | 7月                | 8月                | 2月                 | 5月                 | 8月                | 1月                |
| ◆第1回環境保全検討委員会 | ◆環境保全対策の検討 | ◆環境保全対策の決定 | ◆第1回環境回復モニタリング委員会 | ◆第2回環境回復モニタリング委員会 | ◆第3回環境回復モニタリング委員会 | ◆第4回環境回復モニタリング委員会 | ◆第5回環境回復モニタリング委員会 | ◆モニタリング調査(工事後3年目) | ◆モニタリング調査(工事後2年目) | ◆モニタリング調査(工事後1年目) | ◆モニタリング調査(工事後半年目) | ◆モニタリング調査(工事後3ヶ月目) | ◆モニタリング調査(工事後1ヶ月目) | ◆モニタリング調査(工事後1週間) | ◆モニタリング調査(工事後1週間) |
| 干潟の改変         | 干潟の改変      | 干潟の改変      | 干潟の改変             | 干潟の改変             | 干潟の改変             | 干潟の改変             | 干潟の改変             | 干潟の改変             | 干潟の改変             | 干潟の改変             | 干潟の改変             | 干潟の改変              | 干潟の改変              | 干潟の改変             | 干潟の改変             |
| 出水等           | 出水等        | 出水等        | 出水等               | 出水等               | 出水等               | 出水等               | 出水等               | 出水等               | 出水等               | 出水等               | 出水等               | 出水等                | 出水等                | 出水等               | 出水等               |

| モニタリング調査 実施日        | 調査時期  | 7月 | 8月 | 9月 |
|---------------------|-------|----|----|----|
| (工事前) H25年 8月5日~9日  | H25年度 | ○  | ○  | ○  |
| (工事後) H26年 8月6日~10日 | H26年度 | ○  | ○  | ○  |
| H27年 8月27日~30日      | H27年度 | ○  | ○  | ○  |
| H28年 8月1日~5日        | H28年度 | ○  | ○  | ○  |

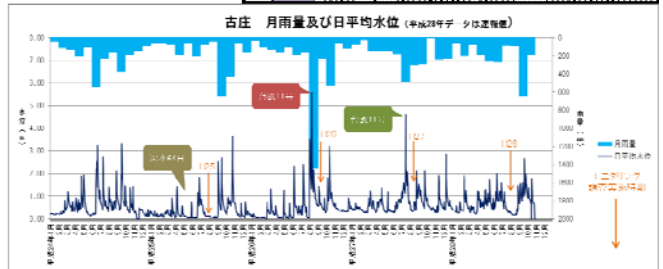


図-5 古庄 月雨量及び日平均水位

### a) H25年度モニタリング委員会での指導・助言

- ① 代償地1は法面の勾配が急であるので、緩やかに改善すれば環境の回復が早くなる。
- ② 生物の評価も重要であるが、代償地等の施工手順の記録もしっかり残していくことが重要である。
- ③ 干潟創出の次の目標としてヨシ原の再生を行うことによって多くの生物の回復が期待できる。

以上のご意見を受けて、施工に関する施工計画書を作

成し、委員から現地で直接指導・助言をいただくことと併せて、施工状況をビデオ撮影することにより、施工手順の記録を残している。また、代償地1は法面の勾配を緩やかにし、シオマネキの好む地盤高への修正等の改善を行った(図-6)。

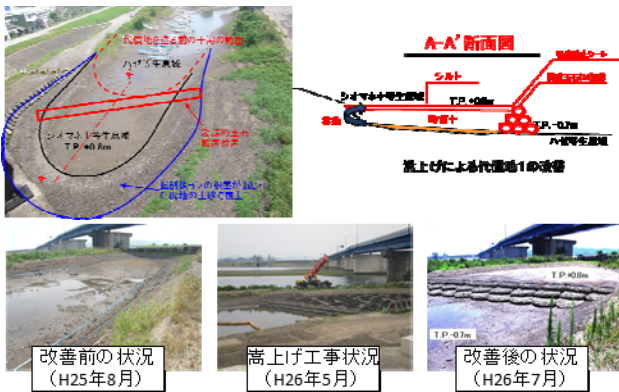


図-6 代償地1の改善の状況

**b) 平成26年8月台風11号による出水**

工事後1年目の平成26年度には、台風11号による猛烈な豪雨により、基準地点(古庄観測所)では、観測開始以来最高水位(8.0m)を観測した。この出水により、当該箇所において、代償地1創出箇所の砂の堆積や砂嘴の一部消失、代償地2では堤防前面で泥分の流出等の地形の大きな変化がみられた(図-7)。

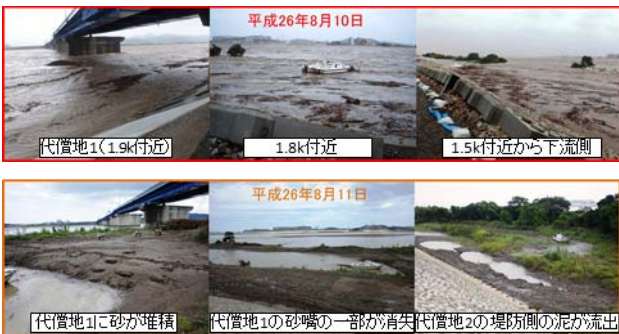


図-7 代償地創出箇所における出水後の状況

**c) 平成26年度モニタリング委員会(第3回)**

第3回のモニタリング委員会は、台風11号による干潟の変化や工事後1年目のモニタリング調査結果、今後の課題等について説明し、次のようなご意見をいただいた。

- ① 今回の調査結果は、工事の影響だけでなく出水による影響が大きかった。
- ② 出水後の悪条件下でも代償地にはシオマネキの稚ガニの加入が見られたことから、出水がなければ干潟創出の効果が期待できた。
- ③ 代償地1の砂の堆積箇所は、泥に置き換え、地盤高は少し下げてT.P. +0.6mに再調整するとよい。
- ④ 代償地2の堤防前面は、増水時の流速が速くなるため、緩和する対応策が必要。泥が流出した水溜りは、すぐに埋め戻さず経過観察を行う。

**d) 代償地の改善(図-8)**

第3回モニタリング委員会の意見により、代償地創出箇所の改善を行った。

代償地1の砂の堆積箇所は砂を除去し、シルト質の底質に置き換えて、地盤高をT.P. +0.6mに調整した。また、2箇所の代償地へのヨシの移植も行った。

なお、改善後の平成27年7月には、再び台風による降雨で戦後4番目の水位を観測する出水があり、復元した砂嘴の一部が流出したが、地盤高及び底質の改善を行った箇所やヨシの移植箇所に大きな変化はみられていない。



図-8 代償地創出箇所の改善状況

**4. モニタリング調査結果**

**(1) モニタリング調査内容(表-2)**

環境モニタリング調査は、工事前の平成25年より毎年夏季に底生魚類、底生動物等の生物調査ならびに底質調査、塩分調査等を実施している。

表-2 環境モニタリング調査内容

| 調査項目       | 調査実施日  | 地点数                | 調査内容◆設定理由  |
|------------|--------|--------------------|--|
| 生物調査       | 8月(夏季) | 8箇所<br>25地点        | タド網による底生調査<br>◆底生魚類の発生状況・代償地創出後の生息状況把握                   |
|            |        | 8箇所33地点            | 定性調査:33種体、定量調査:31種体◆底生動物の工事後・代償地創出後の生息状況把握               |
|            | 8月(夏季) | 4箇所18地点<br>54トドネット | 1m×1mのトドネット調査(シオマネキの多い箇所)<br>◆シオマネキの生息状況の把握              |
| 底質調査       | 9月(秋季) | 4箇所18地点<br>54トドネット | 30cm×30cmのトドネット調査(幼年の多い箇所)<br>◆シオマネキの稚ガニの加入状況の把握         |
|            |        | 8箇所<br>31地点31種体    | 粒度組成(ふるい分析)・堆積調査 ◆底質の把握                                  |
|            | 8月(夏季) | 4箇所<br>18地点18種体    | 粒度組成(ふるい分析)・目視トドネット調査(3コドラートあたり11地点)で実施 ◆シオマネキ生息箇所の底質の把握 |
|            |        | 4箇所<br>13地点26種体    | 粒度組成(ふるい分析)・調査箇所1・3・4・5<br>◆調査箇所の底質の傾向の把握(底質1の地点追加)      |
| 底質調査(細粒調査) | 8月(夏季) | 4箇所<br>18地点38種体    | クローフィルン(ファオフィリンを含む)口根トドネット調査<br>地点で各2種体採取 ◆シオマネキの生息箇所の底質 |
|            |        | 8月(夏季)             | (約100ピッチ)<br>10地点(ワンド内)<br>2地点(本川)                       |

**(2) モニタリング調査結果の概要(図-9)**

◇底生魚類：平成26年及び平成27年に大出水があったが、種数・個体数ともに工事前より増加した。  
◇底生動物：ニマイガイ類、ゴカイ・イトミミズ類、エビ・アナジャコ類、カニ類は、種数・個体数ともに工事前よりも増加した。一方でマキガイは、平成26年に激減し、

その後回復しているが、平成28年も工事前よりは少ない。

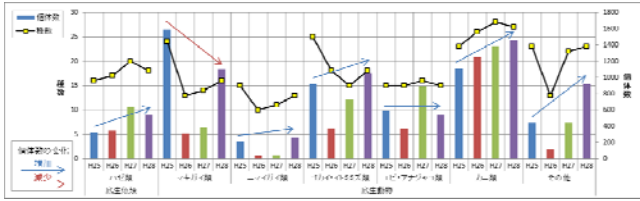


図-9 生物調査結果の概要

(3) 指標種の確認状況 (図-10)

モニタリング調査では、①典型性、②希少性、③魚類との関係性、④嫌気化の観点から、ハゼ科の底生魚類6種、底生動物11種を指標種に選定して評価を行ってきた。指標種17種は工事後も継続して確認されている。確認個体数をみると、砂質を好む種(クボハゼ、ツマグロスジハゼ、ハクセンシオマネキ等)は工事前よりも増加し、泥質を好む種(ツマグロスジハゼ、ウミゴマツボ、マンガローブテッポウエビ等)、ヨシや流木などを利用する種(ヒロクチカノコガイ、クリイロコミミガイ、ウモレベンケイガニ)は減少している。

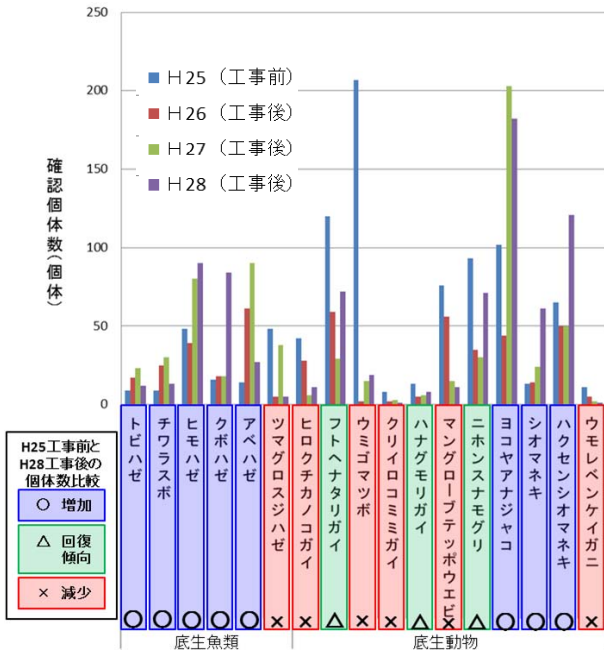


図-10 指標種の確認状況

(4) 代償地創出箇所の生物調査結果 (図-11)

◇代償地1: 工事前の平成25年に創出後、順応的管理として、平成26年には地盤高の改善、平成27年には再び地盤高の調整と底質改善・ヨシの移植等を行った。その結果、2年連続で大きな出水には見舞われたものの、生物の種数・個体数は、工事前より増加している。

◇代償地2は工事前の平成25年に創出後、平成26年には出水による地形の変化がみられたが経過観察を行い、平成27年にはヨシの移植とシルトの投入による改善を行った。

代償地2においては生物の種数・個体数は、平成26年には出水等によると考えられる種数の減少がみられたが、平成27年以降は工事前と同レベルまでの回復がみられる。

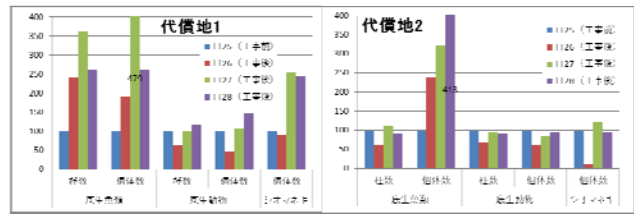


図-11 代償地創出箇所の調査結果

(5) 平成28年度モニタリング委員会 (第5回)

第5回のモニタリング委員会は、工事後3年目のモニタリング調査結果、代償地の改善状況等について説明し、以下のご意見をいただいた。

- ①シオマネキは代償地で順調に回復している。
- ②2年連続して大出水があったため、泥を好む種や環境の安定化が必要な種は十分には回復していない。
- ③泥分は今後減少していくおそれがあるため、持続的な泥の供給システムの構築が望まれる。
- ④今回の保全対策は丁寧に取り組んだ成果がでている。代償地づくりなどの保全対策は事前の計画の段階で取り組んだほうがよい。
- ⑤防災対策の中での干潟の再生の取り組みと評価の事例は少ないため、広く情報公開することが望まれる。

また、会議後に「生態系の回復確認」と報道された。

5. 総合評価と今後の対応

法勾配の変更による改変面積の縮小、根固めブロックの埋戻しによる干潟の再生、代償地の創出により、消失率を10%程度に留めることができた。また、工事による改変前に保全対策を実施したことで、生物への影響を低減しながら、工事を行うことができた。

干潟の創出は事例が少なく不明な部分が多かったが、モニタリング調査結果から得られた課題に対し、委員会にはかり指導等を頂き繰り返し改善を行うことで、代償地創出箇所では概ね工事前の多様性に回復した。

なお、一部の種は回復までに時間がかかることが想定されるため、今後は必要な調査項目を選定し、河川水辺の国勢調査等を活用しながら、モニタリング調査を継続していく予定である(表-3)。

表-3 目標達成度の評価 (総合評価)

| 項目                         | 目標達成度の評価 |     |     |
|----------------------------|----------|-----|-----|
|                            | H26      | H27 | H28 |
| ◆「生物の状況」(望ましい生態系が形成されているか) |          |     |     |
| 生物の種数(多様性)                 | A        | A   | A   |
| 生物の個体数(希少性)                | B        | D   | C   |
| シオマネキの生息状況                 | A        | A   | A   |
| 指標種の生息状況                   | C        | B   | B   |
| 指標種以外の種の生息状況               | A        | A   | A   |
| ◆維持管理すべき環境条件               |          |     |     |
| 土壌の状況                      | D        | D   | D   |
| 水質の状況                      | C        | C   | C   |
| 水質の状況                      | C        | C   | C   |
| ヨシの状況                      | A        | A   | A   |

マキガイ類回復傾向であるが工事前より少ない

ヨシ・流木が利用する種の回復が十分ではない

泥を好む種が減少、泥を好む種が増加

「生物の状況」についての目標達成度の評価基準  
 注記・調査対象の評価基準(工事前の調査も実施していない項目はコントロール値と比較)  
 A: 工事前の状況まで回復  
 B: 工事前の状況より回復傾向があるが、一部(種や個体)は十分な回復がみられない  
 C: 工事前の状況より回復傾向があるが、一部(種や個体)は十分な回復がみられない  
 D: 工事前より回復が十分でない  
 ○: 調査の項目が不明