

報告

海域における生活史や生息環境の情報が少ない種に対する モニタリングのためのインパクト・レスポンスフロー策定

An Impact Response Flow for the Monitoring to a Species with Little Information in Ocean Space

酒井 洋一*・赤倉 康寛**・富田 幸晴***・小早川 弘***
高橋 由浩****・細谷 誠一*****・池田 宗平*****

Youichi SAKAI, Yasuhiro AKAKURA, Yukiharu TOMITA, Hiromu KOBAYAKAWA,
Yoshihiro TAKAHASHI, Seiichi HOSOYA and Sohei IKEDA

要旨: インパクト・レスポンスフローは、工事等の物理的変化が生物や生息環境に与える影響を伝搬経路で整理する手法である。本論文においては、工事海域周辺に存在する生活史や生息環境が十分には解明されていない貴重種オキナワヤワラガニに対して、合理的なモニタリング計画を策定するため、インパクト・レスポンスフローを活用する方法を示した。このフローにより、伝搬経路が複雑な海域においても、当該種についての既存の情報を用いて必要十分なモニタリング項目を設定することが可能となった。さらに、監視結果を監視方法や体制の拡充にフィードバックさせる方法についても示した。

キーワード: インパクト・レスポンスフロー, 貴重種, オキナワヤワラガニ, モニタリング

1. 序論

様々な整備事業においては、工事中に環境への影響の有無を監視するモニタリングが実施される。この際、大気質、騒音・振動、水質といった環境基準が存在する監視項目については、環境基準を超過しているかどうかで評価が可能である。これに対し、生物・生態系の監視項目については、明確な数値基準がないため、調査項目の設定及び評価が困難な部分がある。著者ら¹⁾は、これらに対して①事前調査の範囲②周囲の環境変化③広域的な環境変化の順に評価していく手法を提案した。この中でも、生活史や生息環境等が明らかでない特定の生物種に対するモニタリングについては、合理的な調査項目の設定が非常に難しい。

一方、様々な整備事業においては、環境影響評価が終了した後においても、貴重種・重要種に相当する生物種が発見される場合が散見される(例えば、文献2), 3))。そのような場合、事業がこれらの生物種に与える影響について、慎重なモニタリングが求められる。このような事例は、特に生物種の同定が進んでいない沿岸海域での事業において、可能性が高いものと考えられる。

本論文は、以上の状況を鑑み、生活史や生息環境の情報が少ない種に対して、合理的なモニタリング計画を策定するため、構造物設置(工事実施及び構造物の存在)の影響を伝搬経路で評価するインパクト・レスポンスフローを活用する方法を提案するものである。そのために、本論文では、

* 正会員 沖縄総合事務局, ** 正会員 前沖縄総合事務局, *** 非会員 沖縄総合事務局,
**** 非会員 (財) 港湾空間高度化環境研究センター, ***** 賛助会員 国土環境株式会社

中城湾港泡瀬地区埋立事業において実施された貴重種オキナワヤワラガニへのインパクト・レスポンスフローの策定によるモニタリング計画策定の手順を示す。さらに、このモニタリングをより効率的・効果的に実施するためのモニタリング体制についても示す。これらの手法は、他の沿岸海域での整備事業において広く活用が可能なものと考えられる。

2. 既往の研究

インパクト・レスポンスフローとは、工事等の物理的变化 (impact) が生物や生息環境に与える影響 (response) を伝搬経路 (flow) で整理する手法であり、主に河川的环境を対象として開発が進められてきた⁴⁾。海域での事例としては、三番瀬において、人為的地形改変が環境の課題へ結びつく経路を整理している⁵⁾。環境アセスメント技術の解説においては、典型種 (アサリ) に対して埋立てが与える影響をフローで示している⁶⁾。また、フローを海岸の環境調査に適用を試みた研究もみられる⁷⁾。水産分野では工事による濁りの発生が漁獲量にどのように影響するか伝搬経路を示し評価を行った試みがある¹⁸⁾。しかし、生活史や生息環境が十分には解明されていない貴重種について、特に伝搬経路が複雑となる海域で評価がなされた事例は見当たらなかった。また、このフローを基に、モニタリング計画を策定した例も見当たらなかった。

3. 埋立事業区域周辺での貴重種の発見

3.1 中城湾港泡瀬地区埋立事業の概要

中城湾港泡瀬地区埋立事業は、沖縄本島中部圏東部海岸地域の活性化を図るため、海に開かれた国際交流拠点「マリンシティ泡瀬」が形成する事業である。地元沖縄市を中心に計画が策定されていた当初、昭和 60 年代には、図 1 のように

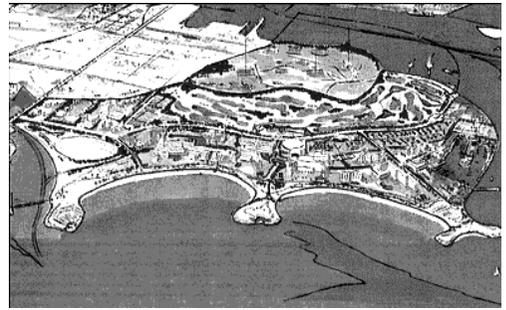


図1 昭和 60 年代の陸続きの埋立計画

既存海岸線から陸続きで約 219ha～340ha を埋め立てる計画であった。これらの案に対し、地元市民から海域環境保全について強い反対の声があがり、市民有志が独自に自然環境への配慮や環境創造についての研究を進め、自然海浜を残した人工島形式を提案した経緯がある。最終的には、市民から提案された人工島形式で、かつ、埋立面積も 187ha と縮小して、平成 7 年 11 月に港湾計画一部変更 (第 156 回計画部会) により中城湾港の港湾計画⁸⁾ に位置付けられている (図 2)。



図2 現在の埋立計画

環境影響評価については、平成 12 年 3 月に評価書 (補正後)⁹⁾ が公表され、同 12 月に公有水面埋立承認 (免許) が取得されている。事業の実施に当たっては、埋立てに必要な土砂は、同港湾内で隣接地区である新港地区の航路・泊地の浚渫土砂を有効活用することとなっており、平成 14 年度には海上工事に現地着工している。なお、事業

者（沖縄総合事務局及び沖縄県）においては、十分な環境配慮を行うため、環境監視調査に係る環境監視委員会と環境保全措置の技術的検討を行う環境保全・創造検討委員会を開催している（平成15年度以降の体制）。両委員会は、専門家や地元自治会等の委員により構成されており、環境影響評価書⁹⁾に基づき検討項目とされた内容について、技術的検討を行い、事業者に指導助言を行うこととしている。事業者は、この指導助言を踏まえて、慎重に事業を進めることとなっている。

3.2 貴重種の発見

平成15年7月23日に「泡瀬干潟生物多様性研究会」は、泡瀬干潟において、新種等貝類と共に甲殻類オキナワヤワラガニ（標本：図3、希少種＝沖縄県¹⁰⁾）を発見したとの記者発表を行った¹¹⁾。本論文では、以降、この希少甲殻類のみについて述べることにする。その他の貴重種の情報や、事業者の対応策の策定等については、文献¹²⁾を参照されたい。

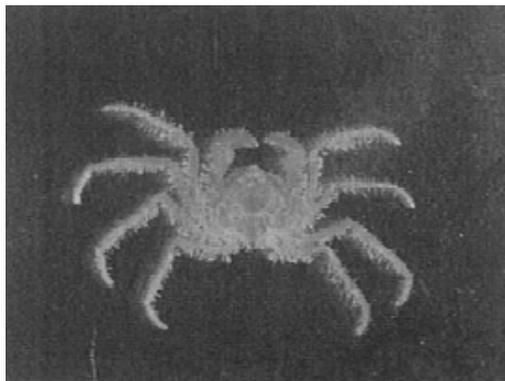


図3 オキナワヤワラガニの標本

3.3 対応策

環境影響評価書⁹⁾においては、事業者が新たに貴重種等を確認した場合には、沖縄県環境部局と調整の上、対応策を策定することとされている。その結果、公有水面埋立権者である県知事より認

められたオキナワヤワラガニについての対応策は、以下のとおりである¹²⁾。

- ① 汚濁防止対策の徹底
- ② 水質及び生息状況のモニタリングの実施
- ③ ②により工事の影響が確認された場合の改善策の実施
- ④ 沿岸域及び陸域の環境保全を検討する

上記のうち、本論文は、対応策②生息状況に工事影響が及んでいないことを確認するモニタリング手法の設定及び実施について述べるものである。

4. インパクト・レスポンスフローの策定

4.1 フローの組み立て

モニタリング計画の基となるインパクト・レスポンスフローの策定には、以下の情報、手順が必要となる¹³⁾。

- ① フローにおける影響内容の列挙：生物の情報を整理した上で、生物への影響評価の視点を整理する。
- ② フローにおける原因の列挙：予定されている工事やその構造物の存在により影響が生じる可能性のある原因を整理する。
- ③ 原因から影響内容への影響伝搬の検討：伝搬経路を整理する。

これらの情報を、図4のようにフローに組み立てる。このフローにより、影響内容に及ぶ伝搬経路からモニタリングすべき内容が決まり、モニタリング計画が導かれる。この手順を経ることにより、影響が及ぶ可能性を洗い出した上で、モニタリングを実施することが可能となる。この手法は、特に生活史や生息環境の情報が少ない種や伝搬経路が複雑な場合に有効であると考えられる。

4.2 オキナワヤワラガニへの影響内容

貴重種であるオキナワヤワラガニについて、既

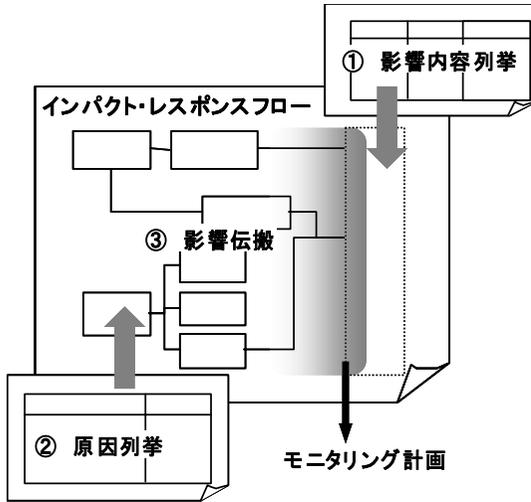


図4 フローの組み立て概念図

存の文献¹⁴⁾や事業者の確認調査結果¹³⁾から情報を収集し、表1のように整理した(概要)。さらに、この情報を踏まえ、生息に必要な条件と影響内容を、表2のように整理した(概要)。右列の番号(A)～(L)が影響内容の種別を示している。

表1 オキナワヤワラガニの情報(概要)

項目	知見, 調査結果, 参考データ等
形態特性	十脚目 ヤワラガニ科 甲の石灰化が不十分で柔らかい小型カニ類
生息確認場所	安波川河口干潟, 大浦川河口干潟, 泡瀬比屋根湿地前面干潟
生息環境	生息場所は潮間帯の高潮帯で, 泥粗砂と礫から成る底質で, 付近に陸側からの排水や滲出水のみお筋があり, 水分が多く酸化状態にある転石裏面の窪み 同所に巻貝類, カニ類が生息
生理生態	産卵期は夏季 1個の転石下には1~4個体が生息
希少性	希少種 ¹⁰⁾

4.3 構造物設置による原因と伝搬経路

平成15年度には、干潟域において、沖合現場へ石材を搬入するための仮設橋梁の設置工事が予定されていた。その施工状況を図5に示す。組み立てた鋼材を杭打機により打設し、その上にPC覆鋼板を載せていく方法である。施工延長は105m、

表2 生息条件と影響内容の整理(概要)

項目	考察	影響内容	
生息環境	生息域	河口干潟等陸水の影響をわずかに受ける環境	(A)淡水供給量変化による生息場所の塩分変化
	生息様式	高潮帯の転石地が生息場所	(B)転石の攪乱, 土砂埋没
	生息基盤基質	生息場所の底質は泥混じり砂礫	(C)泥分の堆積・増加, 極端な礫質化
	生息場の状態	転石下は酸化状態 転石下は湿潤な状態	(D)底質の還元化 (E)転石下の乾燥
生理生態	繁殖	一般のカニ類同様と想定	(F)幼生回遊ルートへの遮断
	成長	1年以内に成熟, 繁殖と想定	(G)環境水温の変化による成長阻害, 死亡
	食性	微小藻類, デトリタス等と想定	(H)食物の変化
	行動特性	表面的に目立つ行動は行わないと想定	(I)隠れ場の減少
	呼吸	干出時は転石下であれば呼吸可能と想定 体表面への油脂類付着は呼吸障害を誘引と想定 濁りの発生による呼吸障害の誘引	(J)転石の攪乱 (K)油脂類の漂着汚染 (L)鰓づまり
他生物	競合	他カニ類幼体等と隠れ場や食物で競合を想定	(M)転石下の他カニ類等の大量発生

杭打本数は135本、PC覆工板設置は292枚であった。なお、施工に当たっては、作業機械から油脂類等が落下しないように日々管理すること、発電機、建設機械は、低騒音型・低振動型を使用することとしていた。また、工事が実施される場所とオキナワヤワラガニが生息する干潟の位置関係は図6のとおりとなっており、工事場所は主要な生息地の沖合約100mに位置していた。

以上を基に、まず、これらの仮設橋梁の施工や、その存在等構造物の設置により、オキナワヤワラガニ生息環境等への影響を生じる可能性のある原



図5 杭打機による杭打設の状況

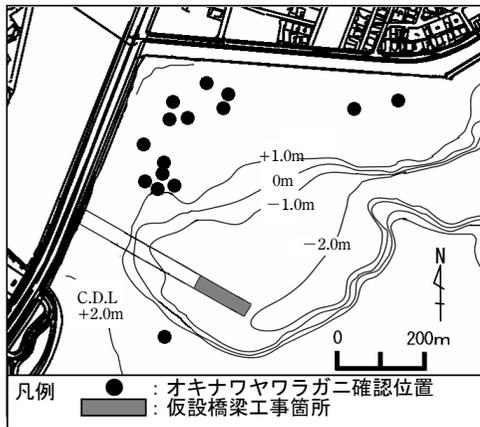


図6 工事場所と生息地の位置関係

因は、以下の4項目と判断した。

- ・ 仮設橋梁の施工
- ・ 仮設橋梁の使用
- ・ 杭の存在
- ・ 覆鋼板の存在

これらの原因が、生物への影響に伝搬していく経路を列挙したのが表3である。原因と影響内容から、伝搬経路は、番号(1)~(19)と整理した。この中には、伝搬経路の情報が不確かなものも存在するが、その経路自体の有無を検討するためにも、とりあえず経路を記入している。一方、経路を検討した結果、表2で評価したオキナワヤワラガニ生息への影響内容のうち、(C)泥分の堆積増加、極端な礫質化のうち、礫質化は橋梁設置箇所の極近

表3 設置によって生じる可能性のある伝搬経路

設置等による影響内容	生物影響	可能性
(1)磁気探査、杭打設により地盤攪乱 》》直接	(B)(I)(J) 転石移動	無し
(2)杭打設により地盤振動 →底泥中の空隙減少 →酸素供給不足	(D)場の還元化	無し
(3)施工機械等の油脂類漏出 →転石や底泥へ付着 →酸素供給不足		低い
(4)杭打設により濁り発生 →浮泥沈降・堆積		低い
(5)杭周辺洗掘により底質巻上 →濁り発生 →浮泥沈降・堆積		低い
(6)杭により海水滞留域発生 →プランクトン増殖 →浮泥沈降・堆積		低い
(7)構造物上の鳥の糞落下 →底泥中の酸素不足		低い
設置等による影響内容		生物影響
(4)杭打設により濁り発生 →浮泥沈降・堆積	(C) 泥分の堆積、極端な礫質化	低い*
(5)杭周辺洗掘により底質巻上 →濁り発生 →浮泥沈降・堆積		低い*
(8)施工機械等の油脂類が漏出 》》直接	(K)油脂付着	低い
(9)杭打設により濁り発生 →水中光量減少 →付着藻類基礎生産低下	(H)餌の変化	低い
(10)杭周辺洗掘により底質巻上 →濁り発生 →水中光量減少 →付着藻類基礎生産低下		低い
(11)杭により海水滞留域発生 →プランクトン増殖による水中栄養塩濃度低下 →プランクトン増殖による水中光量減少 →付着藻類基礎生産低下		低い
(12)構造物上の鳥の糞落下 》》直接		低い
(13)構造物が日陰形成 →水中光量減少 →付着藻類基礎生産低下		低い
(14)杭周辺洗掘 →底質の移動・堆積 →地盤高上昇 →干潟表面乾燥	(E)場の乾燥	低い
(15)杭周辺洗掘による地形変化 杭による流れの攪乱 →淡水流路の変化		低い
(16)杭による流れの攪乱 →淡水の流路変化	(A)塩分変化	低い
(17)杭による流れの攪乱 》》直接	(F)回遊変化	低い
(18)杭打設により濁り発生	(L)鰓づまり	低い
(19)杭周辺洗掘により底質巻上 →濁り発生		

*「極端な礫質化」は、現地の流速は概ね4cm/s以下と弱いこと等から可能性は無しとした。

傍に限られると考えられ実際に現地の流速も概ね 4cm/s 以下と弱い⁹⁾ことから原因はないと判断した。(G)環境水温の変化による成長阻害、死亡については、完全に水域を遮蔽しないことから成長を阻害するほどの水温の変化を生じさせる原因はないと判断した。

さらに、原因の発生場所及び生息場所へ伝搬していくであろう経路の情報、例えば原因と生息場所との距離や経路上の流れの状況等について踏まえた上で、各経路の伝搬可能性を評価したのが表 3 の最右列である。ほとんどが程度が低いが可能はあると考えたが、(1)地盤攪乱は、橋梁設置箇所以外では生じないため影響は生じないと考えられ、(2)地盤振動→酸素不足の経路は、杭の打設に低振動機械を使用すること、また、工事箇所と生息場所は 100m 以上離れているため影響は生じないと判断した。

4.4 インパクト・レスポンスフローの全体形

図 7 に、これまで整理されてきた生物生息への影響内容(表 3 の生物影響(A)~(K))、構造物設置による影響(表 3 の影響内容(1)~(19))及びこれらを結びつける伝搬経路をとりまとめたインパクト・レスポンスフローの全体形を示す。影響内容の番号の重複度により、どの経路が重要であるのかを判断することが可能となっている。一方で、前節で可能性無しと評価された経路は点線で示している。また、このフローの中では、構造物設置場所、干潟(生息場所)及びその両者との形で、事象の発生する場所も分類している。なお、詳細な伝搬経路を洗い出しているため、表 3 より複雑になっているが、中身は同一のものである。

このフローを作成することにより、原因発生～影響内容を網羅し、さらにその中で重要な経路を抽出することが出来た。このフローを利用すれば、生活史や生息環境の情報が少ない種に対して、合

理的なモニタリング計画の策定が可能となるものと考えられる。

5. モニタリング・フィードバック

5.1 モニタリング計画

貴重種へ与える影響を監視するためのモニタリング内容は、図 4 に示すように、生物への影響内容に至る経路について、経路の重要度やそれぞれの経路特性を踏まえて決定される。完成したインパクト・レスポンスフロー図 7 によれば、重要と考えられる経路は、経路が重複している本数から影響内容(D)及び(H)に至る経路であることが判る。そこで、これらに至る経路における監視を、直接かつ重点的に行うこととして、その内容をまとめたのが表 4 である。

表 4 に示すように、モニタリング内容は、①油脂類落下への対応、②濁り監視及び③生息地・生息環境の監視調査に分類される。このうち、①②は、重要とされた経路における直接監視である。

一方、③は、直接的に影響内容に至る経路の事象の確認が困難なことから、生息地や生息状況に現れた結果を監視するとの意味となる。なお、これらのモニタリング内容について、図 7 にも示した。このモニタリング内容を実施するため、工事監督員による機器点検整備及び目視による常時監視を徹底した他、表 5 のモニタリング計画を策定した。具体的なモニタリング計画としては、モニタリング内容に対応し、②毎日及び大雨や台風の直後に実施する濁り観測と、③毎月及び大雨等直後に実施する生息個体数、大きさ等、さらには、生息場の底質や間隙水の分析等となっている。それぞれのモニタリングポイントは、工事場所と生息地を考慮し、図 8 のように設定した。濁りの監視基準としては、貴重種クビレミドロ(絶滅危惧 I 類=環境庁¹⁵⁾、絶滅危惧種=水産庁¹⁶⁾、沖縄県¹⁰⁾生息地に対応する St.1 については、環境

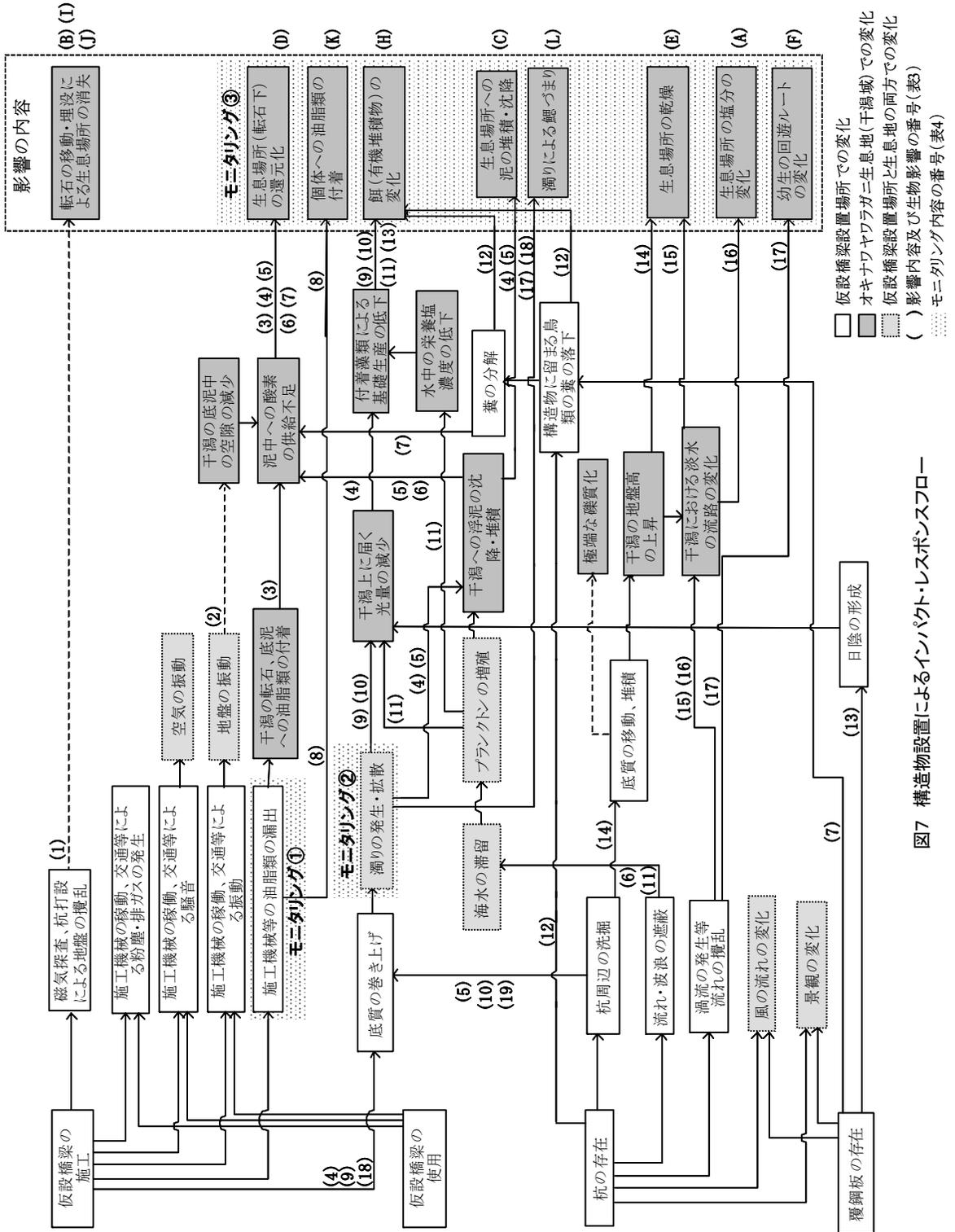


表4 モニタリング内容

原因	影響内容	モニタリング内容	
(3)油脂類漏出	(D) 場の還元化	①機器点検整備徹底と目視による常時監視実施	
(4)濁り発生	(C) 場の泥質化	②目視による濁り常時監視と毎日の濁度観測実施	
(5)底質巻上	(4)(5)のみ	③生息地及び生息状況を定期的に監視調査する	
(6)海水滞留		(同上)	
(7)鳥の糞落下		(同上)	
(8)油脂類漏出		(K) 油脂付着	①機器点検整備徹底と目視による常時監視実施
(9)濁り発生		(H) 餌の変化	②目視による濁り常時監視と毎日の濁度観測実施
(10)底質巻上	(同上)	③生息地及び生息状況を定期的に監視調査する	
(11)海水滞留		(同上)	
(12)鳥の糞落下		(同上)	
(13)日陰形成		(同上)	
(14)洗掘		(E) 場の乾燥	(同上)
(15)地形変化	(同上)	(同上)	
(16)流れ攪乱	(A) 塩分変化	(同上)	
(17)流れ攪乱	(F) 回遊変化	(同上)	
(18)(19)濁りの発生	(L) 鯰づまり	(同上)	

表5 モニタリング計画

項目	頻度	方法
工事中の濁り	毎日 大雨直後	濁度計によるSS測定
生息状況調査	当面毎月 大雨直後	45cm 四方内の生息個体数、大きさ、生息状況を記録
生息環境調査		底質・間隙水を採取・分析酸化還元電位を測定
滲出水の供給	当面毎月 大雨直後	生息状況調査に併せて目視観測
競合生物の状況	潮干狩り ピーク時	利用については転石攪乱の有無も観察
干潟の利用状況		

影響評価書⁹⁾の規定に従いSS7mg/Lとした。これは、モニタリングポイントにおける平常時の濁りをバックグラウンド値：SS5mg/Lとし、これに水産用水質基準のSS基準値である2mg/Lを工事影響の許容範囲として加えた値である。その他の工事監視に対する基準値としては、環境影響評価書⁹⁾に従い実施される水質の基本監視に準拠し、



図8 モニタリングポイントの配置

目安値をSS11mg/Lとして、これを超える場合には異常確認の有無等を行うこととした。

さらに、構造物設置以外において、オキナワヤワラガニの生息に影響を与える可能性のある要因として、表2に示す影響内容(A)塩分変化及び(E)転石下の乾燥に関係する滲出水の状況や(M)競合生物の状況、さらには(B)転石移動に関係する干潟の利用状況についても、参考情報として、モニタリング計画に含めることとした。

5.2 モニタリング体制

環境影響評価書⁹⁾においては、監視基準を超える様な異常な事態が想定される場合、若しくは発生した場合には、(中略)工事の一時中断や工事工程の見直し等早期に適切な措置を講ずるよう努めることとされている。貴重種オキナワヤワラガニに対するモニタリングは、環境影響評価書に規定される事後調査ではなく、監視基準も存在しないが、事後調査に準じてモニタリングにおいて異常が発生した場合には対策をとることとした。

異常な事態をすぐに発見し、対策を講じるためには、毎日の濁り監視や毎月及び大雨等直後の生息状況等調査結果を確認し、評価するための実施体制を確立する必要がある。そのため、図9の体

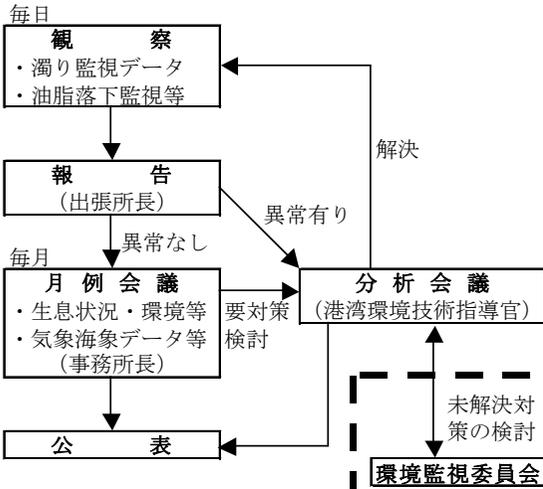


図9 モニタリング体制

制を採ることとし、日々の観察または毎月の調査結果において、異常な事態が生じるあるいは予想される場合には、分析会議から、最終的には専門家等による環境監視委員会開催までの枠組みを構築した。また、日々の観察においては、観察結果を記録する野帳を作成し、過去の状態等も確認できるようにした。図10に野帳への記載例を示す。このように、担当各個人のメモではなく、結果を同一形式で保存管理し、一ヶ月間まとまった段階で改めて議論する体制を確立した。

5.3 モニタリング結果及びフィードバック

前節で述べたモニタリング体制において実施した平成15年度のモニタリング結果を、表6及び表7に示す。これらは、2月及び3月の月例会議の概要である。表6の目視観測結果においては、工事に起因する周辺海域への影響は確認されなかったものの、工事による局所的な濁りと、陸域からの流入による濁りを区別する必要があると考えられたため、陸側からの流入地点に2地点(St.20, a)モニタリングポイントを追加している。また、水質調査結果の最初の行においても、クビレミドロ生息地へのモニタリングポイント St.1 において

記入者:		天候	風向	風速		
日付	2004年 2月 9日	時刻	16:30	雨 45℃	N	5~6m
チェック項目						
1. 工事区域周辺に濁りはあるか (無) 有						
* 有の場合、その濁りの箇所は(複数回答可)						
・工事箇所周辺 ・流入水路 ・その他周辺海域						
* また、その濁りの状況は(濁りの範囲、色等)						
記入例: バイプロハンマー稼働時に白濁が半径3m程度でみられた。						
* その濁りは工事によるものと考えられるか [理由] ・考えられる ・考えられない						
2. 工事区域周辺に油膜等はあるか (無) 有						
* 有の場合、その油膜等の箇所は(複数回答可)						
・工事箇所周辺 ・流入水路 ・その他周辺海域						
* また、その油膜等の状況は(油膜の範囲、色、枠構から油の漏れや落下の有無等)						
* その油膜等は工事によるものと考えられるか [理由] ・考えられる ・考えられない						
3. 工事周辺の干潮に釣りや潮干狩りに来ている人がいるか (有) (約5名)						
釣り? 潮干狩?						
その他特記事項(当日の作業内容も記入)						
支持杭 打込み 5本						
パイロ作動中も特に濁りの発生なし						

図10 観察記録を記載する野帳の例

表6 第1回月例会議概要(3/4実施, 2月期分)

	異常確認の有無等	工事との関連	フィードバック
目視観測結果	半径 1~2m の局所的濁りは見られたが、工事に起因する周辺海域への影響は確認されず		陸域からの流入負荷量を捉えるため、観測地点を2地点、2月23日より追加
水質調査結果	St.19 : 2/9PM に SS32mg/L, 2/22AM に SS150mg/L 超を観測(基準値 SS11mg/L)	工事箇所からの濁り拡散は無し、降雨が要因と考察	
	St.1 : 2/22PM に SS 11mg/L を観測(基準値 SS7mg/L)	当日は工事を実施していない	St.1 が基準値より低下を確認後、工事再開
	St.1, 10, 12, 13, 14 : SS は工事時も含め、低い傾向(平均 2.1~6.2mg/L)		
生息状況調査	St.19, 20, a : SS は比較的高い傾向(平均 11.3~12.9mg/L)		
	オキナワヤワラガニ生息確認数は St.A : 51 個体, St.B : 92 個体		

表7 第2回月例会議概要(4/6実施, 3月期分)

	異常確認の有無等	工事との関連	フィードバック
目視観測結果	半径1~2mの局部的濁りは見られたが、工事に起因する周辺海域への影響は確認されず		
水質調査結果	St.19, 20, a : SSは比較的高い傾向(平均 13.3~16.2 mg/L) 全般に, SS10mg/Lで安定	工事の有無に関わらず増減, 降雨が要因と考察	
生息状況調査	オキナワヤワラガニ生息確認数は St.A : 34 個体, St.B : 84 個体		今後継続的な調査による確認が必要

濁りが基準値を超えたことから、その状態で工事を再開すれば万が一工事による影響が出たとしてもこれを分離して確認することが出来ないことから、基準値より低下するのを待って工事を再開することとしている。また、表7においては、生息状況調査の結果について、2ヶ月の観測結果では変動の評価に困難な部分があることから、貴重種トカゲハゼ（絶滅危惧ⅠA類＝環境省¹⁷⁾、危急種＝水産庁¹⁶⁾、絶滅危惧種＝沖縄県¹⁰⁾）への配慮による工事中断期である4月～7月においても継続的に生息状況を確認する必要があるとしている。これは、5.1における同調査の意味付けが、直接計測が出来ない事象・経路を確認するためのものであることを踏まえたものである。

このように、モニタリングを実施していく中で、その後のモニタリングに必要な知見をフィードバックさせることを確実に実践できた。さらに、もし生息状況調査において、原因不明の事象が生じた場合は、表7のインパクト・レスポンスフローに戻り、監視計画を追加・修正をして、構造物設置による原因であるかどうかを検討することも可能となっている。

このような手法は、様々な事業においてもある

程度実践されているものと考えられるが、本論文において提案している手法を用いればその確度が上がるものと考えられる。すなわち、インパクト・レスポンスフローにおいてモニタリングすべき事象を確認した上で、モニタリング計画・体制を確立し、モニタリング結果を野帳において管理し、全体を俯瞰した形で月毎に改めて議論することは、モニタリングを有効に実施するために極めて有用な手段であると考えられる。

6. 結論

本論文は、生活史や生息環境が明確ではない種に対して、合理的なモニタリング計画を策定するため、構造物設置に対する影響を伝搬経路で評価するインパクト・レスポンスフローを活用する方法を提案したものである。本論文において得られた結論は以下の通り。

- (1) 生活史や生息環境の情報が少ない種に対するインパクト・レスポンスフロー策定手順を提案した。すなわち、フローは、影響内容の列挙→原因の列挙→原因から影響内容への伝搬経路の検討との手順を経ることとなる。この際、影響伝搬の情報が不確かな場合でも、とりあえず経路を記入しておくことが必要である。
- (2) モニタリングの内容や計画を、インパクト・レスポンスフローから合理的に設定できることを示した。さらに、このモニタリング計画を実践するための体制を提案した。この中で、野帳や月例会議の開催はこれまでの工事においても実施されてきたものと思われるが、明確に体制として確立した。
- (3) モニタリング結果より、モニタリングポイントの追加や工事再開のルール等モニタリング計画にフィードバックさせた事例を示した。さらには、先に情報が不確かな状況で記

入された伝搬経路についても、モニタリング結果に基づく推測等が可能となった。これらは、(1) 及び (2) を実施したことにより初めて可能になったものと考えられる。

本論文で述べたインパクト・レスポンスフローの策定～モニタリング・フィードバック体制の構築は、特に影響伝搬経路が複雑となると思われる沿岸海域での事業実施において有効であると考えられる。その際は、アサリ等の指標種を採りあげることとあれば、本論文の事例のようにその地に生息する貴重種を採りあげられる場合もあると考えられる。今後は、フローの各経路について、重要度や確度により表記を変え、生物影響への寄与をより明確に評価していく必要があると考えられる。

モニタリングは、事業実施における環境への影響について、予測の不確実性を補足するための手段である。そのため、モニタリングによって、事業実施周辺海域の環境について理解を深めることは、継続して努めていく必要がある。中城湾港泡瀬地区埋立事業においても、事業を慎重に実施しながら、モニタリングによって得られた情報を引き続き蓄積して、これをフィードバックさせたいと考えている。このような成果が、他の事業においても活かされることがあれば、幸いである。

謝辞

インパクト・レスポンスフロー策定方法について、国土技術政策総合研究所海洋環境研究室古川恵太室長及び東京大学大学院総合文化研究科清野聡子助手に多くの指導・助言をいただきました。また、オキナワヤワラガニの生態について、琉球大学教育学部仲宗根幸男教授に多くの情報をいただきました。これらに対し、末尾ながら、ここに記し、深く感謝の意を表します。

引用・参考文献

- 1) 酒井洋一・赤倉康寛・富田幸晴・石原正豊・溝口忠弘・松下訓・細谷誠一：環境アセスメントの事後調査結果の評価手法について～中城湾港泡瀬地区公有水面埋立事業における事例～，環境アセスメント学会第三回研究発表会講演集，No.15，pp.1-4，2002.8
- 2) 岩木山を考える会：絶滅危惧種ニホンザリガニ保護のために鱈ヶ沢スキー場拡張工事の緊急中止を求める要望（青森県宛），2000.
- 3) （財）日本野鳥の会：「一般国道44号線 根室道路（根室市）」の路線変更などに関する要望書（北海道開発局長宛），2000.
- 4) 河川事業環境影響評価研究会：ダム事業における環境影響評価の考え方，2000
- 5) 東京湾河口干潟保全検討会：東京湾河口干潟保全再生検討 報告書，pp.73，2004.
- 6) （財）自然環境研究センター：環境アセスメント技術ガイド 生態系，pp.211，2002.
- 7) 目黒嗣樹・加藤史訓・福濱方哉：生態系の概念に基づくインパクト・レスポンスフローを活用した海岸環境調査の提案，海洋開発論文集，Vol.21，pp.235-246，2005.
- 8) 中城湾港港湾管理者：中城湾港港湾計画書一部変更一，港湾審議会第156回計画部会資料，1995.
- 9) 沖縄開発庁沖縄総合事務局：中城湾港（泡瀬地区）公有水面埋立事業に係る環境影響評価書，2000.
- 10) 沖縄県：沖縄県の絶滅の恐れのある野生生物ーレッドデータ沖縄ー，1996.
- 11) 泡瀬干潟生物多様性研究会：記者発表資料「泡瀬干潟は生物多様性の宝庫！！」，2003.
- 12) 赤倉康寛・富田幸晴・浦辺信一・傍士清志・細谷誠一：事業実施中における新種等発見に対して環境影響評価の枠組みを導入する試

み～中城湾港公有水面埋立事業における実例を基に～, 第 51 回海岸工学講演会論文集, 2003.

- 13) 内閣府沖縄総合事務局開発建設部・沖縄県土木建築部・(財) 港湾空間高度化環境研究センター：中城湾港泡瀬地区環境監視委員会資料, 2003～2004.
- 14) Nakasone, Y. & M. Takeda: A new hymenomatid crab, *Elamenopsis okinawaensis*, n. sp. (Crustacea: Hymen osomatidae), from Okinawa, the Ryukyu Islands, Japan, *Pacific Science*, 48:158-160, 1994.
- 15) 環境庁編：改訂・日本の絶滅の恐れのある野生生物ーレッドデータブックー8 植物II (維管束植物以外), 2000.
- 16) 水産庁編：日本の希少な野生水生生物に関するデータブック, 1998.
- 17) 環境省編：改訂・日本の絶滅の恐れのある野生生物ーレッドデータブックー汽水・淡水魚類, 2003.
- 18) (社) 日本水産資源保護協会：埋立てによる漁業影響評価方法, 1984.

著者紹介

酒井 洋一 (正会員)

内閣府沖縄総合事務局開発建設部 (沖縄県那覇市前島 2-21-7), 昭和 61 年 3 月北海道大学大学院工学研究科博士課程前期の部修了, 同年 4 月運輸省入省, 平成 15 年 4 月より沖縄総合事務局開発建設部港湾環境技術指導官 (平成 16 年 4 月より港湾空港指導官に名称変更), 土木学会会員。

赤倉 康寛 (正会員)

内閣府沖縄総合事務局開発建設部 (沖縄県那覇市前島 2-21-7), 平成 7 年 3 月東北大学大学院工学研究科博士課程前期の部修了, 同年 4 月運輸省入省, 平成 15 年 6 月より沖縄総合事務局開発建設部港湾計画課長, 博士 (工学), 技術士 (建設部門), 土木学会会員。

富田 幸晴

内閣府沖縄総合事務局開発建設部 (沖縄県那覇市前島 2-21-7), 昭和 59 年 3 月関東学院大学工学部土木工学科卒, 昭和 54 年 4 月運輸省第四港湾建設局入省, 平成 15 年 4 月より沖縄総合事務局港湾計画課長補佐。

小早川 弘

沖縄総合事務局那覇港湾・空港整備事務所 (沖縄県那覇市港町 2-6-11), 昭和 56 年 3 月日本大学理工学部土木工学科卒, 昭和 49 年 4 月運輸省第四港湾建設局入省, 平成 17 年 4 月より那覇港湾・空港整備事務所副所長。

高橋 由浩

(財) 港湾空間高度化環境研究センター (東京都港区海岸 3-26-1), 昭和 62 年 3 月東京水産大学水産学部海洋環境工学科卒, 同年 4 月株式会社テトラ入社, 平成 2 年 4 月株式会社エコー入社, 平成 16 年 7 月より(財) 港湾空間高度化環境研究センター, 主任研究員, 技術士 (建設部門)。

細谷 誠一 (賛助会員)

国土環境株式会社沖縄支店 (沖縄県那覇市安謝 2-6-19), 昭和 53 年 3 月東京水産大学 (現東京海洋大学) 環境測定工学科卒, 同年 4 月新日本気象海洋株式会社 (現国土環境株式会社) に入社, 現在同社執行役員沖縄支店長, 技術士 (総合技術監理・環境部門)。

池田 宗平 (賛助会員)

国土環境株式会社 (東京都世田谷区駒沢 3-15-1), 平成 10 年 3 月東京水産大学 (現東京海洋大学) 大学院水産学研究科博士前期過程修了, 同年 4 月新日本気象海洋株式会社 (現国土環境株式会社) に入社, 現在研究員。

An Impact Response Flow for the Monitoring to a Species with Little Information in Ocean Space

Youichi SAKAI, Yasuhiro AKAKURA, Yukiharu TOMITA, Hiromu KOBAYAKAWA,
Yoshihiro TAKAHASHI, Seiichi HOSOYA and Sohei IKEDA

ABSTRACT : An impact response flow is the technique of arranging the influence course which structure installation has on a living thing or habitation environment. In this paper, in order to determine the rational monitoring plan of the influence of construction for the threatened species OKINAWAYAWARAGANI (*Elamenopsis okinawaensis* Nakasone et Takeda, 1994) with little information, the impact response flow was utilized. This flow made it possible to setting up a monitoring plan suitable for the species even in ocean space. Furthermore, the monitoring result was made to feed back to the monitoring plan.

KEYWORDS : *Impact Response Flow, Threatened Species, OKINAWAYAWARAGANI (Elamenopsis okinawaensis Nakasone et Takeda, 1994), Monitoring*