

## I 調査課題名

# 災害廃棄物有効利用調査

## II 実施機関及び担当者名

財団法人漁港漁場漁村技術研究所 第2調査研究部 部長 伊藤 靖  
同 次長 不動雅之  
同 主任研究員 三浦 浩  
同 主任研究員 松本卓也  
同 主任研究員 田中浩生

## III 実施年度

平成23年度

## IV 緒言

平成23年3月11日に三陸沖で発生した東北地方太平洋沖地震による津波のため、被災地域の沿岸から沖合にかけて広範囲の漁場に大量のがれき、船舶、土砂等が流入、堆積するとともに、海底地形の変化により水産基盤整備事業等によって整備された漁場施設の損壊、魚類等の育成に重要な藻場・干潟等の喪失などが生じ、被災地域における漁場の生産力が著しく低下している。

また、東日本大震災に伴って発生した膨大な量の災害廃棄物が発生しており、その処理が課題となっている。本調査では、迅速かつ着実な被災地域の復旧・復興のため、コンクリートがら等の災害廃棄物を漁場施設の資材として使用するため、漁場施設の方法、構造物として使用する場合の技術的課題を明らかにして解決するとともに、実証試験によってその適用性を検証することで、被災地域における復興の足がかりとなる今後の漁場施設、水産生物の保護・育成礁、藻場・干潟等の環境を効率的に修復するための基礎情報を得たものである。最終的に本調査の成果は、「漁場施設への災害廃棄物等再生利用の手引き」としてとりまとめた。

なお、「災害廃棄物」を再生利用する場合、有価物としての扱いになり「廃棄物」の範疇から外れることとなる。このことを踏まえ本報告書、および手引きでは環境省などの引用を基にしている箇所以外では「災害廃棄物等」と記述することとした。

## V 調査概要

### 1 調査の検討項目と方法

本調査において、災害廃棄物が生じた被災地域を対象として以下の検討を行った。また、各検討は有識者による検討委員会を設置し、検討委員会の議論を踏まえ行った。本調査のフローを図1に示す。

## (1) 漁場施設として使用可能な災害廃棄物等の選定・確保方法

### ① 災害廃棄物の現状把握

公表資料等をもとに、被災県における災害廃棄物の概要について把握するとともに、選定した3地域における災害廃棄物の種類、廃棄物量の実態の把握をした。

### ② 漁場施設として使用可能な災害廃棄物等の種類の選定

①で得た情報をもとに、漁場施設として使用可能な災害廃棄物等の種類を選定した。

### ③ 漁場施設として使用可能な災害廃棄物等の確保（調達）

②で選定した災害廃棄物等の漁場施設として使用可能となる品質（強度、耐久性、水産生物への安全性等）を担保した確保方法を検討した。

## (2) 災害廃棄物等を使用した漁場施設単体の設計の検討

災害廃棄物等の形状と大きさ、および漁場施設としての利用目的（増殖場（着定基質）、保護礁、人工魚礁、マウンド礁）に応じた、漁場施設の単体の設計方法を検討した。

また、後述する(3)の実証試験の内容を踏まえ、コンクリートがらを使用したコンクリートブロックの漁場施設（増殖ブロック、養殖用アンカーブロック）への適用性を把握するため、設計の基礎資料となるコンクリートがらを使用したコンクリートの配合試験、強度試験等を室内、および現地で実施した。

## (3) 災害廃棄物等を使用した漁場施設の実証試験（製作・据付け）

選定した地域の関係機関（地元漁業者、漁協、自治体、海上保安部等）と調整し、漁場施設候補場所の事前調査、候補場所における設置位置の確定、および施工ヤードの確保をした上で、(2)で検討した漁場施設のうち、地元の要望に応じた漁場施設（増殖ブロック、養殖用アンカーブロック）を製作し、設置海域に沈設を行った。

## (4) 災害廃棄物等を使用した漁場施設のモニタリング

漁場施設設置時（施工時及び施工後）の潜水観察やサンプリング等によるモニタリング調査を行った。

## (5) 漁場施設への災害廃棄物等再生利用の手引きの作成

(1)から(4)の検討結果のとりまとめを行い、漁場施設への災害廃棄物等（主にコンクリートがら）を再生利用するための手引きを作成した。

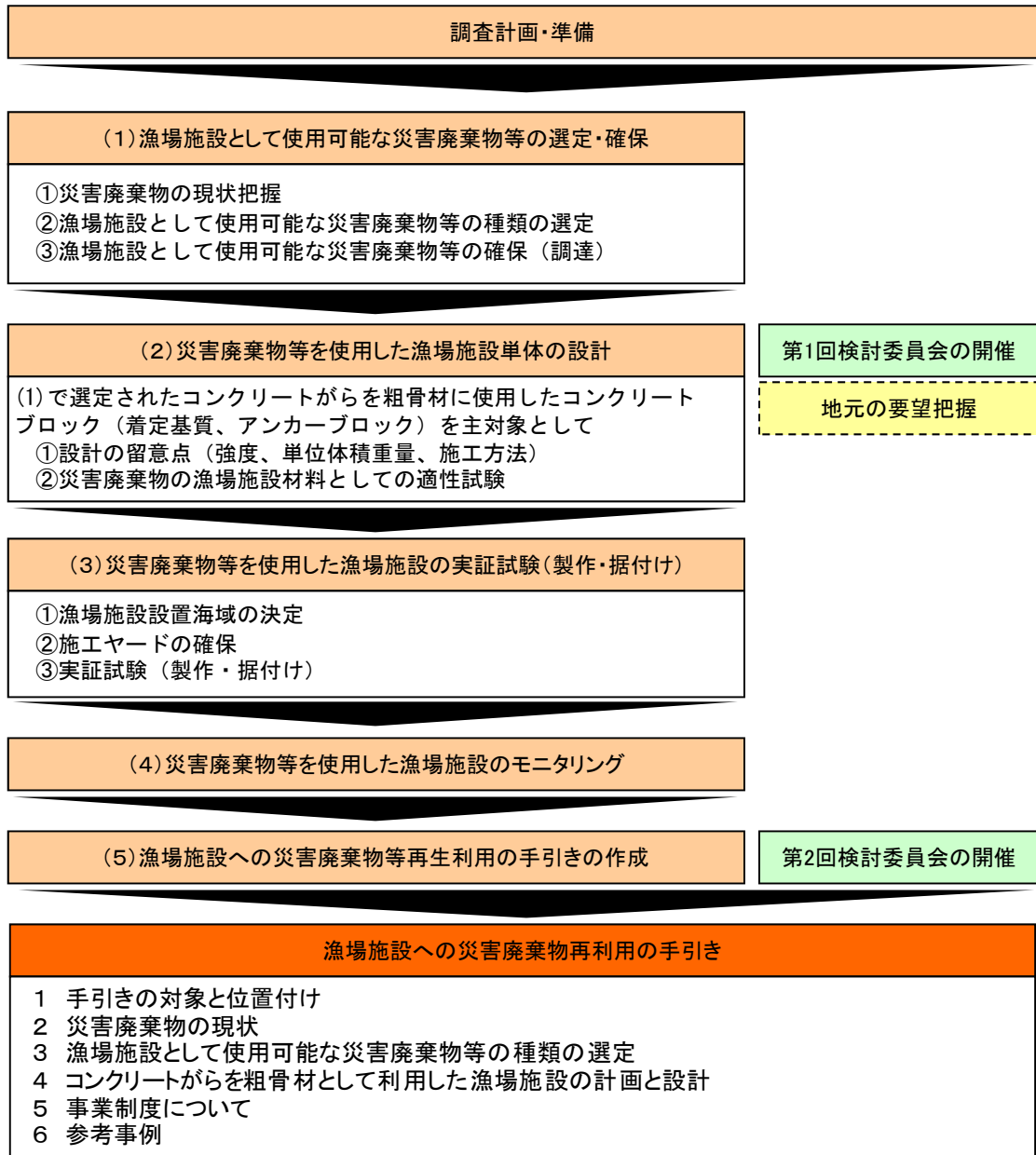


図1 調査フロー

## 2 調査実施工程

表1に調査の実施工程表を示す。

表1 実施工程表

調査内容 / 年月	平成23年		平成24年		
	11月	12月	1月	2月	3月
1 調査計画準備	■				
2 漁場施設として使用可能な災害廃棄物等の選定・確保		■	■		
3 災害廃棄物等を使用した漁場施設単体の設計		■	■	■	
4 災害廃棄物等を使用した漁場施設の海域実証試験				■	■
5 災害廃棄物等を使用した漁場施設のモニタリング				■	■
6 漁場施設への災害廃棄物等再生利用の手引きの作成		■	■	■	■
7 検討委員会の設置・運営		○			○
8 報告書のとりまとめ				■	■
9 協議・打合せ	○	○	○		○

## 3 検討委員会の設置

本事業を実施するに当たり、有識者による検討委員会を設置し、災害廃棄物（主にコンクリートがら）を使用した漁場施設の設計、製作、据付けおよび施工時及び施工後のモニタリング調査、手引き作成について助言を受けた。検討委員会の検討委員および検討委員会の開催日（2回開催）を以下に示す。

### ■検討委員会

(委員)			
社団法人全国水産技術者協会 理事	安永義暢	氏	
東北大学大学院工学研究科 教授	久田 真	氏	
水産総合研究センター水産工学研究所 主幹研究員	明田定満	氏	
漁港新技術研究会 魚礁漁場専門部会 部会長	岡重文久	氏	
(オブザーバー（関係機関）)			
青森県漁港漁場整備課 企画・振興グループ 主幹	西谷正治	氏	
岩手県宮古水産振興センター 漁港漁村課 課長	藤原庄一郎	氏	
宮城県農林水産部水産業基盤整備課 資源環境班 技術補佐	伊藤 貴	氏	
(委託者)			
水産庁漁港漁場整備部計画課			
(事務局)			
財団法人 漁港漁場漁村技術研究所			

## ■検討委員会の開催と議事

### (1) 第1回 検討委員会

開催日 平成23年12月26日 pm

#### 議事

- ①事業実施計画の確認
- ②災害廃棄物の現状と漁場施設への利用性について
- ③災害廃棄物等を利用した漁場施設単体の設計の留意点について
- ④災害廃棄物等の漁場施設材料としての適性試験について
- ⑤海域実証試験内容について
- ⑥漁場施設への災害廃棄物等再生利用の手引きのアウトプットについて

### (2) 第2回 検討委員会

開催日 平成24年3月26日 pm

#### 議事

- ①第1回検討委員会の主な意見と対応について
- ②コンクリートがらの漁場施設材料としての適性試験結果について
- ③海域実証試験結果について
- ④漁場施設への災害廃棄物等再生利用の手引きについて

## VI 調査結果

### 1 漁場施設として使用可能な災害廃棄物等の選定・確保方法

#### (1) 災害廃棄物の現状

##### ① 災害廃棄物の種類

災害廃棄物の現場で処理される区分は、環境省の東日本大震災に係る災害廃棄物の処理指針（マスタープラン）によると、A.可燃物、B.木くず、C.不燃物、D.金属くず、E.コンクリートくず、G.家電・自動車、H.船舶、I.危険物・PCB廃棄物・石綿含有廃棄物等、J.津波堆積物に分類された<sup>1)</sup>。図2.1にマスタープランにおける各区分の処理方針を示す。環境省の処理指針では、災害廃棄物は仮置場へ集積され、再生利用が可能なものは、極力再生利用することとしている。

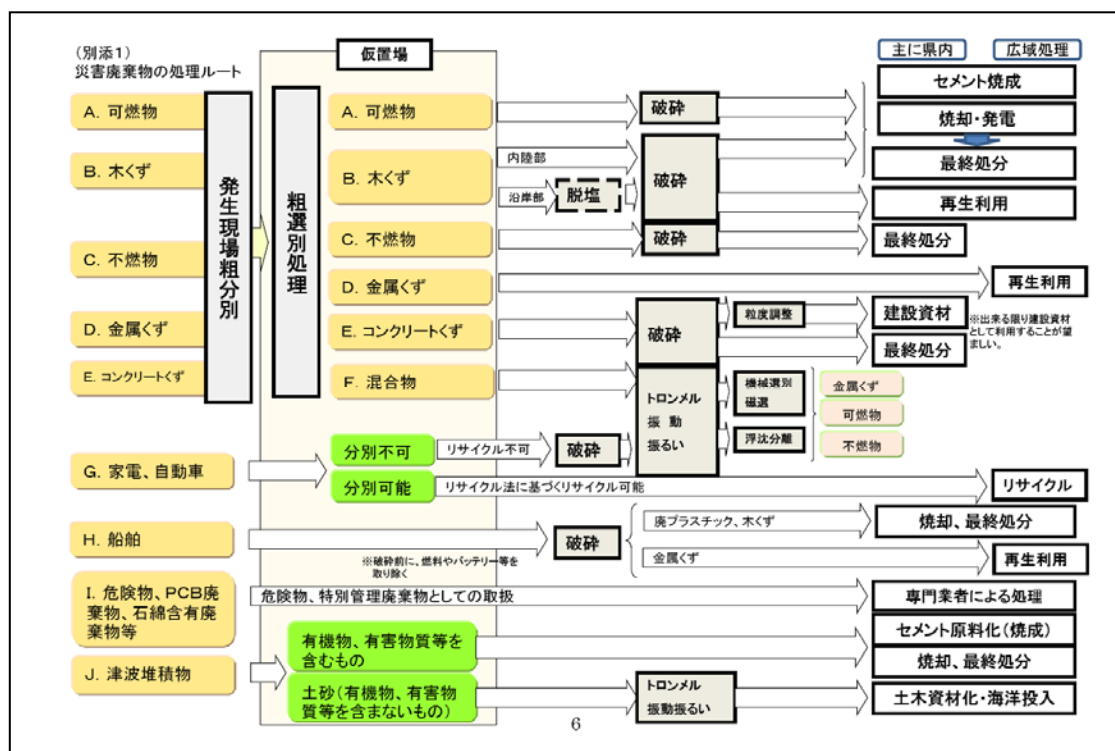


図 2.1 災害廃棄物の処理ルート<sup>1)</sup>

(出典；環境省 東日本大震災に係る災害廃棄物の処理指針(マスタープラン)平成 23 年 5 月 16 日)

②被災県及び現地実証試験対象地の廃棄物の種類・量・現状の処理状況

東日本大震災の津波により沿岸部において大量のがれきが発生し、その大半は被災の大きい岩手県、宮城県、および福島県の3県である。(a)に岩手県、宮城県、および福島県の3県のがれきの推計量と処理状況、(b)に3県の災害廃棄物種類別発生量と処理状況を示す。

(a) 災害廃棄物の推計量と処理状況

環境省による津波被災3県の災害廃棄物の推定総量を表2.1に示す。表2.1に示すように、岩手、宮城、福島県の3県の全体で約2,200万トンと膨大な量の災害廃棄物が発生しており、環境省では、これらの災害廃棄物について、原則として、平成26年3月までに処理を終えることを目標としている（劣化、腐敗等せず、再生利用されるコンクリートくず等を除く）。

発災から1年経過後した平成24年3月時点では、解体により生じるものを除く災害廃棄物の97%が仮置場に搬入されているが、処理が完了したものは6.7%であり（表2.2）、処理の促進が必要となっている状況である。

表 2.1 各県のがれきの推計量（単位千 ton）<sup>2)</sup>

（出典：環境省 災害廃棄物の処理に関する関係閣僚会合 平成24年3月13日 資料2-3より作成）

	がれき推計量	仮置場へ搬入済み	撤去率
岩手県	4,755	4,145	87%
宮城県	15,691	11,205	71%
福島県	2,082	1,324	64%
合計	22,528	16,674	74%

（注）がれき推計量：衛星画像を用いて浸水区域を特定し、これをもとに、環境省において津波により倒壊した家屋等のがれき量を推計したもの。

撤去率： がれき推計量に対する搬入済量の割合

表 2.2 沿岸市町村の災害廃棄物処理の進捗状況<sup>2)</sup>

(出典：環境省 災害廃棄物の処理に関する関係閣僚会合 平成 24 年 3 月 13 日 資料 2-3)

平成24年3月12日

県	沿岸市町村の災害廃棄物処理の進捗状況	県への事務委託 <sup>注1)</sup>	がれき推計量 <sup>注2)</sup> (千t)	仮置場への搬入状況			解体により生じるものを除く 搬入率 (%)	解体により生じるものを含む			処理・処分状況				
				うち家屋等解体によるがれき推計量(解体済のものを含む)	仮置場設置数	仮置場面積(ha)		搬入済量 <sup>注3)</sup> (千t)	搬入率(%)	目標期日 <sup>注4)</sup>	目標達成状況 <sup>注5)</sup>	処理・処分量計(千t) <sup>注6)</sup>	処理・処分割合(%)	目標期日	目標達成状況
岩手県	洋野町(ひろのちよう)		* 15	3	1	3.0	15	100%	100%	H24.3	○	6	44.4%	H24.6	
	久慈市(くじし)		* 96	20	4	5.0	96	100%	100%	H23.10	◎	18	18.5%	H26.3	
	野田村(のだむら)	有	* 140	10	9	11.0	140	100%	100%	H24.3	○	7	5.3%	H26.3	
	菅代村(ふだいむら)		* 19	2	2	2.0	19	100%	100%	H24.3	○	7	34.8%	H26.3	
	田野畑村(たのはたむら)	有	* 86	20	3	4.0	86	100%	100%	H24.9	○	4	4.7%	H26.3	
	岩泉町(いわいずみちよう)	有	* 42	5	1	4.0	42	100%	100%	H24.3	○	0	0.0%	H26.3	
	宮古市(みやこし)	有	* 715	140	9	30.0	645	100%	90%	H24.9		22	3.1%	H26.3	
	山田町(やまだまち)	有	* 399	40	19	18.0	395	100%	99%	H25.3*		21	5.4%	H26.3	
	大槌町(おおつちちよう)	有	* 709	40	17	31.0	691	100%	98%	H25.3*		2	0.4%	H26.3	
	釜石市(かまいし)		762	400	11	19.0	381	100%	50%	H25.3*		16	2.0%	H26.3	
	大船渡市(おおふなとし)		756	130	20	40.0	701	100%	93%	H24.8*		233	30.8%	H26.3	
	陸前高田市(りくぜんたかたし)	有	* 1,016	90	14	83.0	934	100%	92%	H24.10*		86	8.5%	H26.3	
	計		4,755	900	110	250	4,145	100%	87%	—	—	423	8.9%	—	
	宮城県	気仙沼市(けせんぬまし)	有	1,367	330	21	43.3	1,349	100%	99%	H24.3		25	1.9%	H26.3
南三陸町(みなみさんりくちよう)		有	* 560	260	15	15.9	322	100%	58%	H25.3*		10	1.8%	H26.3	
女川町(おながわちよう)		有	444	251	4	5.8	276	100%	62%	H24.3		144	32.5%	H26.3	
石巻市(いしのまきし)		有	6,163	4,700	24	162.7	2,947	100%	48%	H25.3*		464	7.5%	H26.3	
東松島市(ひがしまつしまし)		有	1,657	1,300	5	51.8	1,157	100%	70%	H25.3*		9	0.5%	H26.3	
利府町(りふちよう)			* 15	10	5	4.8	15	100%	99%	H24.1		8	53.3%	H26.3	
松島町(まつしままち)			* 43	27	5	1.9	41	100%	96%	H24.3		28	64.7%	H26.3	
塩釜市(しおがまし)		有	* 251	100	3	5.8	247	100%	98%	H24.3		0	0.0%	H26.3	
七ヶ浜町(しちがはままち)		有	333	50	4	12.2	258	92%	77%	検討中		35	10.4%	H26.3	
多賀城市(たがじようし)		有	* 550	401	8	10.8	344	100%	62%	検討中		23	4.3%	H26.3	
仙台市(せんだいし)			1,352	450	3	103.4	1,315	100%	97%	H25.3*		134	9.9%	H26.3	
名取市(なとりし)		有	* 636	50	3	41.6	633	100%	99%	H24.3		67	10.6%	H26.3	
岩沼市(いわぬまし)		有	520	90	18	54.8	515	100%	99%	H24.3		0	0.1%	H26.3	
亘理町(わたりちよう)		有	* 1,267	10	5	86.1	1,262	100%	100%	検討中		12	1.0%	H26.3	
山元町(やまもとちよう)	有	533	340	21	66.5	524	100%	98%	H24.3		0	0.0%	H26.3		
計		15,691	8,369	144	667	11,205	99%	71%	—	—	961	6.1%	—		
福島県	新地町(しんちまち)		* 94	5	4	7.2	89	100%	95%	H24.3		19	20.5%	H26.3	
	相馬市(そうまし)		* 254	23	2	31.1	243	100%	96%	H24.3		16	6.4%	H26.3	
	南相馬市(みなみそうまし)		640	30	10	44.9	487	80%	76%	H25.3*		3	0.5%	H26.3	
	浪江町(なみえまち)		147	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	双葉町(ふたばまち)		60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	大熊町(おおくままち)		37	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	富岡町(とみおかまち)		49	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	楢葉町(ならはまち)		58	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	広野町(ひろのまち)		* 43	25	1	3.0	18	100%	41%	H24.7*		3	6.0%	H26.3	
	いわき市(いわきし)		* 700	550	18	23.8	487	100%	70%	H25.3*		83	11.9%	H26.3	
計		2,082	633	35	110.0	1,324	65%	64%	—	—	125	6.0%	—		
岩手・宮城・福島3県合計		22,528	9,902	289	1,027	16,674	96%	74%	—	—	1,508	6.7%	—		



(b)被災3県の災害廃棄物の種類別発生量と処理状況

環境省による被災3県における災害廃棄物の種類別発生量を表2.3に示し、表2.3のうち、岩手県、宮城県について円グラフにしたものを図2.2、図2.3にそれぞれ示す。

図2.2、図2.3に示すように、不燃物系、および可燃物系を除いた災害廃棄物のうち、岩手県、宮城県の両県に共通して多いものはコンクリートがらであり、どちらの県でも20%以上を占めている。

表2.3 被災3県における災害廃棄物の種類別発生量<sup>3)</sup>

(出典：環境省 災害廃棄物の処理に関する関係閣僚会合 平成24年3月13日 資料2-2)

岩手県

単位:千トン

	柱材・ 角材	可燃系混 合物	不燃系混 合物	コンクリート がら	金属くず	量	その他	合計
久慈地域	31	60	67	68	35	0	9	269
宮古地域	177	326	242	167	142	3	4	1,062
釜石地域	115	231	267	428	166	3	49	1,259
大船渡地域	201	417	556	240	329	4	15	1,763
合計	524	1,034	1,132	904	672	10	77	4,353

※発生量は、それぞれ四捨五入によっているため、端数において合計とは一致せず、また、「0」も災害廃棄物が発生している。

宮城県

	木くず	可燃物	不燃物	コンクリート・アス ファルトくず	金属くず	合計
石巻ブロック	1,950	158	4,343	1,806	206	8,463
亘理処理区	371	10	549	294	27	1,251
名取処理区	159	9	258	161	35	622
岩沼処理区	131	2	136	69	43	381
山元処理区	223	3	317	177	13	733
宮城東部ブロック	139	172	211	229	34	785
宮城県合計	2,973	354	5,814	2,736	358	12,235

※ 気仙沼ブロックについては未定。

福島県(代行)

	可燃物	不燃物	合計
新地町	22	38	60
相馬市	152	98	250
南相馬市	145	148	293
広野町	11	26	36

福島県(直轄)

	可燃物	不燃物	合計
南相馬市	74	109	183
浪江町	46	132	178
双葉町	5	7	12
大熊町	17	12	29
富岡町	17	30	47
楢葉町	10	15	25

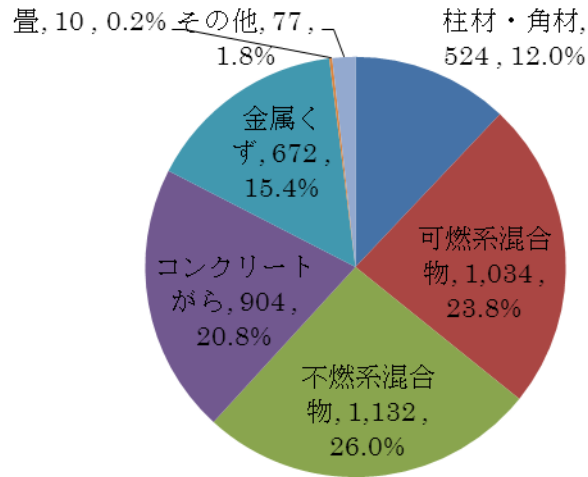


図 2.2 岩手県の災害廃棄物の推計量；単位千トン（表 2.3 より作成）

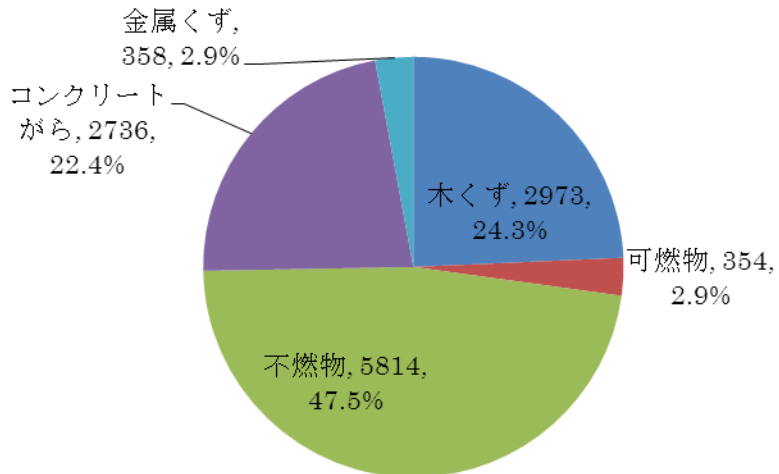


図 2.3 岩手県の災害廃棄物の推計量；単位千トン（表 2.3 より作成）

また、各地の災害廃棄物の仮置場では、廃棄物の種類に応じて分別されている。岩手県が行っているがれきの仕分け分類を図 2.4 に示す。図 2.4 に示す様に、岩手県ではがれきの仕分け分類は、環境省マスタープランの分類に加え、細かくなって分別出来ない混合物、畳、海中から引き上げた漁網などが分類されている。

処理の状況としては、鋼材等の金属くずは処理が進んでいるが、他のコンクリートがら等は大量に仮置場に残されている状況である。これは鋼材等の金属くずが、廃材としての再生処理技術と再生処理のルートが既に確立されており、他の種類の災害廃棄物に比して仮置場の状態からそのまま搬出しやすいためである。

	柱材・角材：	おおむね 30cm 以上の、重機や手選別で明確に選別できる木材（倒壊した生木も含む）
	可燃系混合物：	小粒コンクリート片や粉々になった壁材等と木片・プラスチック等が細かく混じり合ったものうち、木材が多く、おおむね可燃性のもの
	不燃系混合物：	小粒コンクリート片や粉々になった壁材等と木片・プラスチック等が細かく混じり合ったものうち、コンクリートが多く、おおむね不燃性のもの
	コンクリートがら：	鉄筋・鉄骨の大柄なコンクリート片やコンクリートブロック等、重機でも容易に選別できる不燃物
	金属くず：	災害廃棄物の中に混じっている金属片で、選別作業によって取り除かれるもの（自動車や家電等の大物金属くずは含まず）
	畳：	海水や泥等が付着し、塩素濃度が高いものが多数
	その他：	津波により破損し、海より引き揚げられた漁網や浮等の漁具が主体

図 2.4 がれき集積場に集められた廃棄物<sup>4)</sup>

(出典；岩手県災害廃棄物処理詳細計画 平成 23 年 8 月 30 日)

## (2) 漁場施設として使用可能な災害廃棄物等の種類選定

漁場施設については、「漁港・漁場の施設の設計の手引（2003年版）」に施行上必要とされる技術的指針が示されており、使用材料や設計方法等はこの手引を基準にする。

なお、コンクリートを主体とした災害で発生したがれきは、コンクリートがれき、コンクリートくずなどいくつかの呼び名で呼ばれているが、本報告書の以降の説明では、コンクリートを主体とした災害で発生したがれきを「コンクリートがら」とする。

### ① 漁場施設の概要

漁場施設には、魚類を蝟集する魚礁、有用水産生物の生育する場となる増殖施設、養殖漁場を造成するために行う消波施設などがある。また、近年では、海域の生産力を向上させるための海底マウンドのような流動を制御するような増殖施設がある。

主な漁場施設を以下に示す。

#### (a) 魚礁

魚礁は、水産生物の漁獲の増大、操業の効率化及び保護培養を行うための施設であり、機能上から以下のように分類される。

- ・水産生物の餌場、産卵場、棲み場等としての機能：沈設魚礁
- ・魚類を効率的に蝟集等する機能：浮魚礁

#### (b) 増殖場

増殖場は、海域及びこれに接続する陸地に、有用生産物の発生及び育成を図ることを目的とした施設であり、機能上から以下のように分類される。

- ・水産生物の餌場、棲み場等としての良好な環境を形成する機能：着定基質、消波施設、海水交換施設、中間育成施設とその用地
- ・海域の基礎生産力を嵩上げする機能：人工海底山脈、湧昇流発生工

#### (c) 養殖場

養殖場は、海域及びこれに接続する陸地のうち、未利用状態にある養殖適地に生産性の高い養殖場を造成するための施設であり、機能上から以下のように分類される。

- ・養殖場の静穏域を造成する機能：消波施設
- ・養殖場の水環境の改善・保全する機能：海水交流施設

### ② 漁場施設の材料

漁場施設に使用されている材料は、作用する外力、耐用年数、形式、施工性、経済性などを考慮して、適切な材料を選定する必要がある。漁場施設に使用されている主な材料としては、コンクリート材、鋼材、石材および複合材などがあり、多種多様な材料が用いられている。

最近では木材による魚介類の増殖効果が着目され、各地で木材を利用した魚礁が設置され

るようになってきた。また、貝殻を利用した魚礁、瓦の複雑な形状に付着生物が多いことから瓦を魚礁に装着した事例もある。樹脂を原料としたものとしては、FRP（繊維強化プラスチック）製の魚礁も製品化されている。

### ③漁場施設へのがれき利用の可能性

漁場施設には、作用する外力や耐久性等が求められることから、これらの条件を満足する資材となるがれきを使用しなければならない。漁場施設として必要な条件を以下に示す。

#### (a)魚礁（水産基盤整備事業の対象事業）

- ・ 対象生物の分布・行動などの生態、漁業や海況の実態を考慮するとともに、造成漁場の効率的な利用や的確な管理が行われるよう、その機能を十分に発揮させるため適切なものとする。
- ・ 流体力、自重、設置時の衝撃力などの外力に対して構造耐力上安全なものとするとともに、造成漁場の円滑な利用や的確な管理を行うため適切なものとするほか、洗掘、埋没又は沈下により当該施設の機能が低下しないよう考慮する。

#### (b)増殖場（水産基盤整備事業の対象事業）

- ・ 対象生物の生理・生態、餌料などを含む対象生物に適した生育環境や成長段階に応じた場のネットワーク化、漁業の実態、更には栽培漁業や資源管理のための当該海域における取組状況を考慮するとともに、造成漁場の効率的な利用や的確な管理が行われるよう、その機能を十分に発揮させるため適切なものとする。
- ・ 流体力、自重などの外力に対して構造耐力上安全なものとするとともに、造成漁場の安全かつ円滑な利用や的確な管理を行うため適切なものとするほか、洗掘、埋没又は沈下により当該施設の機能が低下しないよう考慮するとともに、船舶の航行に及ぼす影響についても考慮する。

#### (c)養殖場（水産基盤整備事業の対象事業）

- ・ 海域及びこれに接続する陸地のうち、未利用状態にある養殖適地に生産性の高い養殖場を造成するための施設である。
- ・ 対象生物の成育に必要な水質・底質や水域の静穏の程度、造成漁場利用予定者の営漁状況を考慮するとともに、造成漁場の効率的な利用や的確な管理が行われるよう、その機能を十分に発揮させるため適切なものとする。
- ・ 流体力、自重などの外力に対して構造耐力上安全なものとするとともに、造成漁場の安全かつ円滑な利用や的確な管理を行うため適切なものとするほか、洗掘、埋没又は沈下により当該施設の機能が低下しないよう考慮するとともに、船舶の航行に及ぼす影響についても考慮する。

仮置場に集積されたがれきは様々なものが混在している。そのままりサイクル可能な鋼材等の金属くずは仮置場から処理業者へ引き取られる。表 2.4 に示すように、漁場施設への利用の可能性としては、コンクリートがらが有望である。近年、間伐材魚礁の検討や FRP 漁船を沈船魚礁とする技術開発が実施されている。現在の段階は研究的なレベルであることから、ここでは大量に発生しているコンクリートがらの利用に絞って示すこととする。

以上の条件を考慮すると、漁場施設へのがれきの利用の可能性については、表 2.5 のとおり整理できる。また、図 2.5 に漁場施設とがれきの利用の図を示す。

表 2.4 がれきの種類から整理した漁場施設への適用性

がれきの種類	漁場施設への適用性	漁場施設への利用のしやすさ
柱材・角材	柱材や生木、大木から木片などサイズや素材が不均一である。木材利用魚礁への利用が考えられるが、規格を揃えるには労力がかかる。	△
可燃系混合物	漁場への利用はできない	×
不燃系混合物	FRP 漁船等の大型のものは、そのまま沈船魚礁としての利用が検討されている。現状では研究開発段階で、事業として実施するには時期尚早である。	△
コンクリートがら	ブレーカーやニブラで破碎し、鉄筋を取り除いたものはコンクリートがらとして利用できる。さらに、ガラパゴス等のクラッシャーや再生骨材プラントによって破碎すると、利用範囲が広がる。	○
金属くず	金属くずは変形し、そのまま漁場施設に利用できない。既存の再生処理ルートが確立されており、金属リサイクルで利用の方が効率的である。	×

表 2.5 漁場施設の概要とがれき利用の可能性(1)

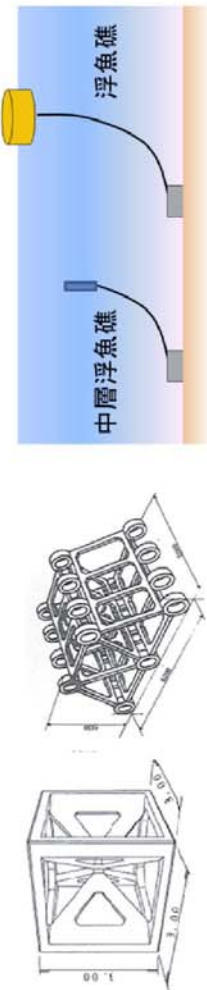
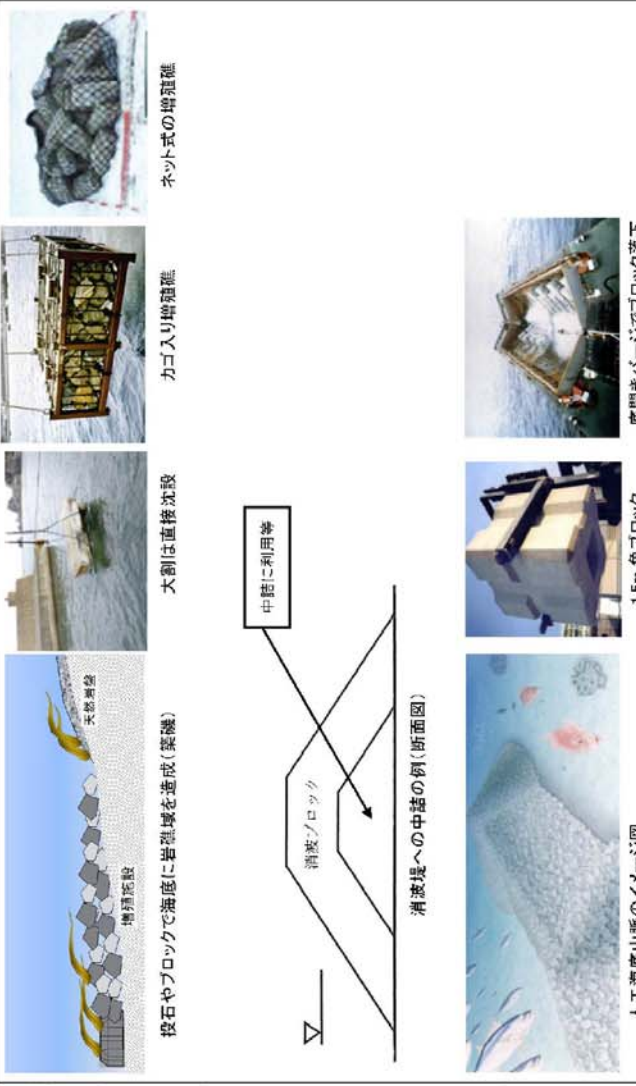
施設名	がれき利用の可能性と留意点	おもな事例
魚礁 (沈設魚礁・ 浮魚礁)	<p>がれき利用の可能性と留意点</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>生コン工場を使用するので骨材の粒径は40mm以下の再生骨材に限定される。</u></li> <li>・<u>コンクリート魚礁は柱状や面状であり、かぶりの小さな鉄筋コンクリート部材からなる。塩分を含むコンクリートからの鉄筋が腐食しコンクリートのひび割れの原因になるので、腐食対策が必要。</u></li> </ul> <p>(浮魚礁)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>重量が確保でき、防錆しない強度が確保できれば、コンクリートがら骨材としたコンクリートでアンカーが製作可能。</u></li> </ul>	 <p>中層浮魚礁</p> <p>浮魚礁</p> <p>コンクリート魚礁の例</p>
増殖場 (増殖施設・ 消波施設・人 工海底山脈な ど)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>漁港由来の大部のコンクリートならば安定性が確保できれば、漁獲量の付着基質として利用可能。</u></li> <li>・<u>小型のコンクリートがらをネットに入れ、安定性を確保した着底基質に利用可能。</u></li> <li>・<u>鋼製の枠内に石材を入れる増殖礁では、コンクリートがらを利用可能。</u></li> <li>・<u>蒸気マシプロックは無筋コンクリートが多く、塩分を含むコンクリートがらを骨材としたコンクリートでも利用可能。</u></li> </ul> <p>(消波施設)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>構造により鉄筋や無筋コンクリート製などがあるが、無筋コンクリートに利用可能。</u></li> <li>・<u>消波堤の中試管に利用可能。</u></li> <li>・<u>根固被覆マシプロック等のコンクリートとして利用する場合、所要の強度が必要。</u></li> </ul> <p>(人工海底山脈)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>間隙の少ない無筋コンクリートのブロックであれば、コンクリートがら骨材に利用可能。</u></li> <li>・<u>海面から水中落下させるので、着底時に衝撃反力によって崩壊しない強度が必要。</u></li> </ul>	 <p>投石やブロックで海底に岩礁域を造成(築礁)</p> <p>大割は直接沈設</p> <p>ネット式の増殖礁</p> <p>カゴ入り増殖礁</p> <p>1.5m 角ブロック</p> <p>底付きバーージでブロック落下</p> <p>消波ノブロック</p> <p>消波堤への中詰の例(断面図)</p> <p>人工海底山脈のイメージ図</p>

表 2.5 漁場施設の概要とがれき利用の可能性(2)

<p>養殖場 (養殖施設・消波施設)</p>	<p>(養殖施設)          ・養殖施設のアンカーは無筋コンクリートなので利用可能。          ・安定な重量で、崩壊しない強度が確保できれば、コンクリートがらを量材とした無筋コンクリートで各種のアンカー等の製作が可能。</p> <p>(消波施設)          ・構造により鉄筋や無筋コンクリート製などがあるが、無筋コンクリートに利用可能。          ・消波堤の中詰蓋に利用可能。          ・根固被覆ブロック等のコンクリートとして利用する場合、所要の強度が必要。</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="320 862 598 1308"> <p>小割り生簀(魚籠養殖)</p> </div> <div data-bbox="320 465 598 741"> <p>岩手県大畑町の養殖施設のアンカーブロックの事例</p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> </div>
----------------------------	--	--





図 2.5 漁場施設とがれきの利用

### (3) 漁場施設として使用可能な災害廃棄物等の確保（調達）

ここでは、災害廃棄物等のうち(2)で選定したコンクリートがらについて、漁場施設として使用可能となる品質（強度、耐久性、水産生物への安全性等）を担保したものの確保方法の検討を行った。

#### ①一般的なコンクリートがらの処理

コンクリートがらは、路盤材（RCクラッシュラン）や埋戻し材（再生砂）として再利用することが一般的であるが、災害時は一度に大量の廃棄物が発生することや復興に向けた利用を考慮すると、コンクリート材料等への再利用の検討も必要である<sup>5)</sup>。

一般的なコンクリートがらのリサイクルは図2.6<sup>6)</sup>のフローに示すように、粉碎分級後、建設材料としてリサイクルが可能となる。

コンクリートがらを破碎するにあたっては、コンクリート解体現場で破碎装置の供給最大寸法（200mm～450mm程度）以下に粗割る必要がある。破碎はコンクリート骨材や路盤材等の適当な粒度分布を必要とする用途では、1次破碎と2次破碎の2段階で行われることが多く、1次破碎はジョークラッシャーなどの粗粉碎用破碎機で粉碎した後、目視選別による木片等の異物を選別し、40mm以下と以上の粒径（用途によっては20mm）に選別する。40mm以上のコンクリートがらは2次破碎（インパクトクラッシャー；衝撃破碎）によって40mm以下の破碎物に加工される。

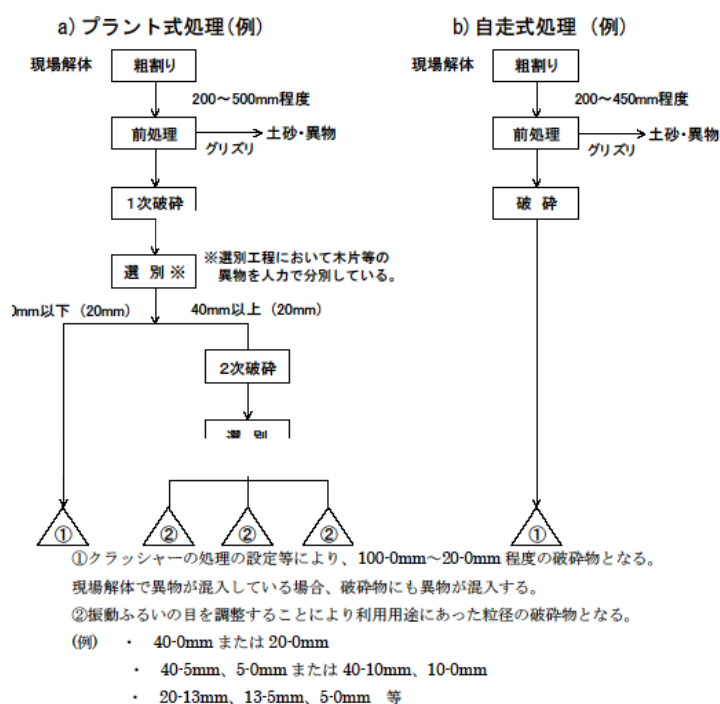


図 2.6 コンクリートがらの破碎処理（例）<sup>6)</sup>

(出展：建設副産物・再資源の取扱いに関するガイドブック、運輸省第四港湾建設局

(現国土交通省九州地方整備局) リサイクルキンググループ)

この1次破碎後の破碎物と2次破碎物後の破碎物では品質が違うものとして取り扱われることが多い。これは、1次破碎物には目視選別で除去できない細かな異物が多く含まれているためであり、コンクリート骨材等の高品位の用途では後者の破碎物を利用することになる。

破碎回数が増えると、骨材の周りに付着しているモルタル分が除去されるため、高品位の破碎物を製造することができるが、モルタル微粒分が多く発生し、その利用方法を検討する必要がある。

## ②コンクリートがらの漁場施設への有効利用

前項で示したように、コンクリートがらはブレーカーやニブラで破碎すると粒径200～500mmに粗割りすることができる。次のステップでは、ガラパゴス等の移動式クラッシャーで小割り（粒径50～200mm）に破碎できる。さらに、再生骨材プラントでは2次破碎し、粒径40mm以下の再生骨材とすることができる。表2.6にコンクリートがらの性状と漁場施設への利用の可能性を整理する。

クラッシャーや再生プラントでの加工はコスト高となるため、現場での粗割りの段階のコンクリートがら（粒径200～500mm）をそのまま漁場施設に利用することができれば経済的である。

表 2.6 コンクリートがらの有効利用の可能性と課題

コンクリートがらの再生	性状	利用の可能性
	<p>大型のコンクリートの塊 形は扁平 1～数m 数 ton</p>	<p>鉄筋を除去すれば、大割りの状態で、増殖場の付着基質工として利用が可能である。 形状が扁平でそのままでは使用しにくいものは、機械で小割することにより利用できる可能性がある。</p>
	<p>ブレイカーで砕く(粗割り) 粒径 500mm 前後 形は歪 約 30kg</p>	<div style="display: flex; align-items: center;">   </div> <p>ネットやカゴにコンクリートがらを入れる事例は河川で実施されている。海でも増殖施設に利用可能と考えられる。 コンクリートブロックの粗骨材に利用する可能性があるが、大型のコンクリートがらを粗骨材としたコンクリート製品の事例がなく、課題が残っている。</p>
	<p>ニブラで砕く 粒径 200～300mm 10～30kg</p>	<p>コンクリートブロックの粗骨材に利用する可能性があるが、大型のコンクリートがらを粗骨材としたコンクリート製品の事例がなく、課題が残っている。</p>
	<p>移動式クラッシャーで小割り 粒径 50～200mm 150g～10kg コスト高</p>	<div style="display: flex; align-items: center;">  </div> <p>ネットに入れ、消波堤の基礎マウンド下面からの砂の吸出防止工などとして利用可能である。 ネットに入れ、増殖施設として利用可能だが、波でコンクリートがらが動揺するので、静穏域の漁場施設に限定される。ブロックの粗骨材としての可能性があるが、事例が無く、課題が残っている。</p>
	<p>再生骨材プラントにて骨材採取 粒径 40mm 以下 L;分級のみ M;モルタル付着 H;碎石品質</p>	<p>RC40 など下層路盤材として利用されている。 Lは捨てコン等強度があまり必要でない場所に利用。ブロック製作ヤードの改善に利用可能である。 Hは通常の骨材として利用可能であり、人工魚礁などの鉄筋コンクリートなどにも利用可能である。ただし、骨材の再生にエネルギーを消費するので、利用に当たってはコスト高になる。</p>

#### (4) 法的規制と手続き

災害廃棄物等を漁場施設として用いる場合に、関連する法律を以下に示す。

##### ① 廃棄物処理法の範疇

廃棄物の処理及び清掃に関する法律（廃棄物処理法）第2条は、廃棄物を「ごみ、粗大ごみ、燃え殻、汚泥、ふん尿、廃油、廃酸、廃アルカリ、動物の死体その他の汚物又は不要物であって、固形状又は液状のもの（放射性物質及びこれによって汚染された放射性廃棄物を除く。）をいう」と規定しており、これらは産業廃棄物又は一般廃棄物に分類される。

ここで、「不要物」とは、「占有者が自ら、利用し、又は他人に有償で売却することができないために不要になった物」との解釈が厚生省（当時）環境衛生局環境整備課長通知により示され、有価物は廃棄物ではないと判断される。例えば、コンクリートがらを利用して漁場施設を造成するため、粒径ごとに集積したり、再生利用に必要な粒径のコンクリートがらを選別・準備したりする場合、有価物と見なすことが可能なので、廃棄物処理法の対象外になる。

##### ② 海洋汚染防止法

漁場施設として海洋に設置する場合には、海洋汚染防止法による廃棄物の定義「人が不要とした物（油及び有害液体物質を除く）」に対して、漁場施設としての効果を有すれば、現在の法の枠組みで利用可能である。廃棄物は原則として陸上で処理し、海洋では処理してはならないので、漁場施設としての機能や有効性が認められない場合、災害廃棄物等を利用することは出来ない。

表 2.7 ロンドン条約 96 年議定書、海洋汚染防止法、および廃棄物処理法の関係<sup>7)</sup>

（出典；平成 14 年度水産基盤整備生物環境調査リサイクル材を利用した魚礁の検討調査，（社）全国沿岸漁業振興開発協会を一部加筆）

法	ロンドン条約 96 年議定書	海洋汚染防止法	廃棄物処理法
目的	海洋における油、有害液体物質および廃棄物の適正処理の確保、防除ならびに海洋汚染及び海上災害を防止し、船舶交通の危険防止のための国際法	海洋の汚染及び海上災害を防止し、あわせて海洋の汚染及び海上災害の防止に関する国際約束の確実な実施を確保し、海洋環境の保全並びに人の生命及び身体並びに財産の保護に資する法	廃棄物の適正な分別、保管、収集、運搬、再生、処分などの処理をし、生活環境を清潔にすることにより、生活環境の保全及び公衆衛生の向上を図る法
内容	詳細は、海防法に記載されている。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・廃棄物の規定</li> <li>・詳細な廃棄物の分類、処理分類は基本的には廃棄物処理法に準ずる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・廃棄物の規定</li> <li>・廃棄物の排出抑制、適正な分別、保管、収集、運搬、再生、処理について記載されている。</li> </ul>

### ③溶出試験等の計量証明の必要性

コンクリートがらは微量の六価クロムが含まれる事が知られている。また、建築物として利用されていた用途、場所によっては、有害物質が付着している可能性がある。このため、漁港などの関連施設から排出された災害廃棄物を使用するなど、排出元が明らかなコンクリートがらを利用すると安全性が高い。

コンクリートがらを海洋に設置する場合、産業廃棄物による埋立に関する法律が準用されている。産業廃棄物の埋め立て(浚渫等)については、「海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律施行令」に基づき、総理府令第六号で判定基準が定められ、環境庁告示13号で溶出の判定に用いる試験方法が規定されている。

コンクリートがらを使用した漁場施設に関する規定は存在しないが、産業廃棄物の埋め立て(浚渫)の基準と同様の基準で溶出試験を行うのが望ましいとされている。総理府令第六号による環境基準を以下に示す(但し、埋め戻し材として再生コンクリート砂を使用する場合、環境庁告示第46号による測定を行う場合もある)。また、コンクリートがらを漁場施設の資材として利用する場合、埋立の基準のみならず、水産用水基準(平成18年3月、社団法人日本水産資源保護協会)にも配慮することが望ましい。

ただし、漁港施設や海岸保全施設のような公共構造物では、製作中、製作後も安全性には十分に留意し、管理されていることから、これらの公共構造物由来のコンクリートがらを使用する場合は、溶出試験等の計量証明書は必要ないとされる事例が多い。

なお、放射線汚染された骨材を利用したコンクリート構造物から、基準値以上の放射線が出て社会問題となっている。したがって、使用するコンクリートがらは放射線汚染されていないことに留意しなければならない。

総理府令第六号 海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律施行令第五条第一項に規定する埋立場所等に排出しようとする金属等を含む廃棄物に係る判定基準を定める省令

(昭和四十八年二月十七日総理府令第六号)

(水底土砂に係る判定基準)

- 第一条 海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律施行令(昭和四十六年政令第二百一号。以下「令」という。)第五条第一項第一号の環境省令で定める基準は、別表第一第一〇号から第一二号まで及び第一五号から第一八号までの上欄に掲げる物質ごとにそれぞれ当該各号下欄に掲げるとおりとする。
- 2 令第五条第二項第四号の環境省令で定める基準は、別表第一第一号から第三号まで、第九号、第一三号、第一四号及び第一九号から第三一号までの上欄に掲げる物質ごとにそれぞれ当該各号下欄に掲げるとおりとし、ダイオキシン類(ダイオキシン類対策特別措置法(平成十一年法律第百五号)第二条第一項に規定するダイオキシン類をいう。以下同じ。)にあつては検液一リットルにつきダイオキシン類一〇ピコグラム以下とする。
- 3 令第五条第二項第五号の環境省令で定める基準は、別表第一第四号から第八号まで及び第三二号の上欄に掲げる物質ごとにそれぞれ当該各号下欄に掲げるとおりとする。

総理府令第六号 別表第一 (第一条、第二条関係)

一	アルキル水銀化合物	アルキル水銀化合物につき検出されないこと。
二	水銀又はその化合物	検液一リットルにつき水銀〇・〇〇五ミリグラム以下
三	カドミウム又はその化合物	検液一リットルにつきカドミウム〇・一ミリグラム以下
四	鉛又はその化合物	検液一リットルにつき鉛〇・一ミリグラム以下
五	有機りん化合物	検液一リットルにつき有機りん化合物一ミリグラム以下
六	六価クロム化合物	検液一リットルにつき六価クロム〇・五ミリグラム以下
七	ひ素又はその化合物	検液一リットルにつきひ素〇・一ミリグラム以下
八	シアン化合物	検液一リットルにつきシアン一ミリグラム以下
九	ポリ塩化ビフェニル	検液一リットルにつきポリ塩化ビフェニル〇・〇〇三ミリグラム以下
一〇	銅又はその化合物	検液一リットルにつき銅三ミリグラム以下
一一	亜鉛又はその化合物	検液一リットルにつき亜鉛二ミリグラム以下
一二	ふつ化物	検液一リットルにつきふつ素十五ミリグラム以下
一三	トリクロロエチレン	検液一リットルにつきトリクロロエチレン〇・三ミリグラム以下
一四	テトラクロロエチレン	検液一リットルにつきテトラクロロエチレン〇・一ミリグラム以下
一五	ベリリウム又はその化合物	検液一リットルにつきベリリウム二・五ミリグラム以下
一六	クロム又はその化合物	検液一リットルにつきクロム二ミリグラム以下
一七	ニッケル又はその化合物	検液一リットルにつきニッケル一・二ミリグラム以下
一八	バナジウム又はその化合物	検液一リットルにつきバナジウム一・五ミリグラム以下
一九	廃棄物処理令別表第三の三第二十四号に掲げる有機塩素化合物	試料一キログラムにつき塩素四十ミリグラム以下
二〇	ジクロロメタン	検液一リットルにつきジクロロメタン〇・二ミリグラム以下
二一	四塩化炭素	検液一リットルにつき四塩化炭素〇・〇二ミリグラム以下
二二	一・二—ジクロロエタン	検液一リットルにつき一・二—ジクロロエタン〇・〇四ミリグラム以下
二三	一・一—ジクロロエチレン	検液一リットルにつき一・一—ジクロロエチレン〇・二ミリグラム以下
二四	シス—一・二—ジクロロエチレン	検液一リットルにつきシス—一・二—ジクロロエチレン〇・四ミリグラム以下
二五	一・一・一—トリクロロエタン	検液一リットルにつき一・一・一—トリクロロエタン三ミリグラム以下
二六	一・一・二—トリクロロエタン	検液一リットルにつき一・一・二—トリクロロエタン〇・〇六ミリグラム以下
二七	一・三—ジクロロプロペン	検液一リットルにつき一・三—ジクロロプロペン〇・〇二ミリグラム以下
二八	テトラメチルチウラムジスルフィド(以下「チウラム」という。)	検液一リットルにつきチウラム〇・〇六ミリグラム以下
二九	ニ—クロロ—四・六—ビス(エチルアミノ)—s—トリアジン(以下「シマジン」という。)	検液一リットルにつきシマジン〇・〇三ミリグラム以下
三〇	S—四—クロロベンジル=N・N—ジエチルチオカルバマート(以下「チオベンカルブ」という。)	検液一リットルにつきチオベンカルブ〇・二ミリグラム以下
三一	ベンゼン	検液一リットルにつきベンゼン〇・一ミリグラム以下
三二	セレン又はその化合物	検液一リットルにつきセレン〇・一ミリグラム以下

備考

1 この表に掲げる基準は、第四条の規定に基づき環境大臣が定める方法により廃棄物に含まれる各号上欄に掲げる物質を溶出させた場合における当該各号下欄に掲げる物質の濃度として表示されたものとする。

2 「検出されないこと。」とは、第四条の規定に基づき環境大臣が定める方法により検定した場合において、その結果が当該検定方法の定量限界を下回ることをいう。

## 2 災害廃棄物等を使用した漁場施設単体の設計方法の検討

災害廃棄物を利用した漁場施設の設計は、原則として「漁港・漁場の施設の設計の手引き 2003 年版」に準拠して、品質や安定性を確保する。ここでは、2.1 で検討された結果を踏まえ、発生したコンクリートがらに特別な処理を施さずなるべくそのまま使用することを想定し、コンクリートがらをコンクリートの粗骨材として使用する場合について検討した。

災害廃棄物等を利用した漁場施設単体の設計の留意点、および設計の基礎資料を得るために行ったコンクリートがらの漁場施設への適性試験結果を以下に示す。

### (1) 構造強度に関する留意点

粒径の大きなコンクリートがらを粗骨材として利用した場合、粗骨材の粒径は 40mm 以上と大きいことから鉄筋コンクリートでは、狭い鉄筋の間隔に粗骨材が入らず、鉄筋とコンクリートとの間の付着力が不均一となり大きな課題となる。したがって、鉄筋コンクリートに対しては、最大の骨材寸法が 40mm 以下の再生骨材を使用すべきであり、粒径の大きなコンクリートがらを粗骨材として利用する場合は、無筋構造物で容積の大きなコンクリートブロックなどの構造物を選定することが望ましい。

大型のコンクリートがらを粗骨材にする場合、コンクリートがら自体にクラックが入っていたり、確実な強度が不足していたり、モルタルとコンクリートがらとの接着強度に課題がある。1 つの部材でも高強度の部分と低強度の部分があり、圧縮強度が均質ではなく、引っ張り強度や曲げ強度も均質ではない可能性が高い。

粗骨材として利用したコンクリートで製作する構造物の対象としては、重量が必要とされ、通常の波浪等では崩壊しないが、海藻類やアワビ・ウニ類等の増殖施設（付着基質）として機能するような構造物、あるいは海底の流れを変化させる目的の海底マウンド礁等の単純な直方体形状のブロックに利用するのが望ましい。波浪の影響が大きく、大きな外力に耐えなければならないような構造部材としての利用は極力避けなければならない。また、単純な形状であっても、大きな応力が発生すると予想される場合は、補強をしなければならない。

例えば、図 2.7 は、下層を普通コンクリート、上層をコンクリートがらを粗骨材としたコンクリートで構成されたコンクリートブロックであり、下層に強度を持たせ、曲げ応力や下面の引っ張り力に対抗させる構造の例である。ここで、吊り筋は下層の付着力の高い普通コンクリートの付着力に期待している。

このように、安全性を確保するために、コンクリートがらを骨材としたコンクリートによってブロック全体を形成させるのではなく、構造強度は別に担保する配慮が必要となる場合もある。図 2.7 の構造の場合、上層のコンクリートがらを粗骨材としたコンクリートの設計強度は、以下のような強度を有することが必要である。

- ・吊り上げ時に崩壊しない強度を有すること
- ・仮置きや沈設時に他のブロックに軽く衝突しても崩壊しない強度を有すること

以上から、コンクリートがらを使用した場合には構造強度が低下する可能性があることを理解し、ブロック等の構造物の設計を行う必要がある。



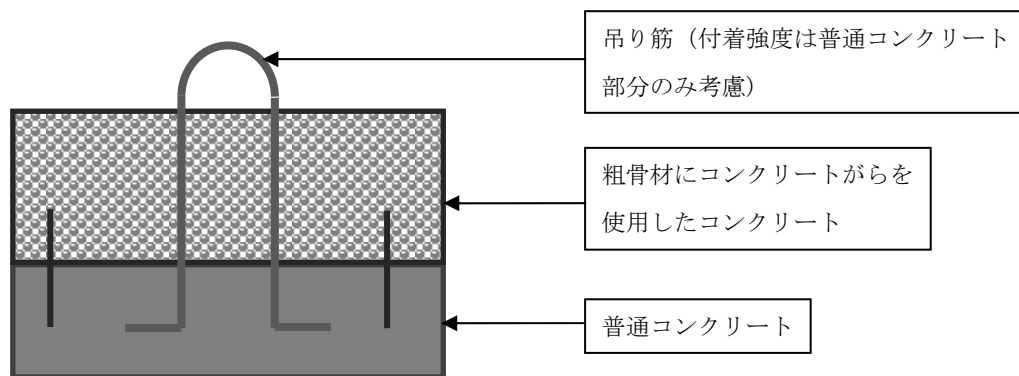


図 2.7 構造強度に配慮した構造のブロックの例

### (2) 単位体積重量の低下に対する留意点

粒径が 40mm より大きいコンクリートがらを粗骨材としてブロック等を製作する場合、レディミクストコンクリートのようにプラントで練ることができないため、プレパックドコンクリートあるいはポストパックドコンクリートのような、粗骨材にモルタルを供給するような施工を取らなくてはならない。この場合、コンクリートがらのブロックへの充填の度合い（実績率）にバラツキが出ることも予想される。また、モルタルが十分に粗骨材の間隙に入り込めばよいが、コンクリートがらの形状が扁平であったり、細かい空隙を有していたりする場合、空洞部分が残る無筋コンクリートの単位体積重量  $2.3\text{t/m}^3$  より低くなる可能性がある。

したがって、粗骨材にコンクリートがらを使用したブロックの安定計算等の際には、材料試験あるいは海域実証試験において測定された単位体積重量のデータのばらつきを参考に、最も軽い場合の単位体積重量を用いるのが望ましい。

### (3) 施工方法に関する留意点

コンクリートがらを粗骨材としたコンクリートブロックの施工については、構造強度を担保するため、吊り上げ方法を検討しなければならない。また、製作においてプレパックドコンクリートあるいはポストパックドコンクリートのような施工方法の場合、一般的なレディミクストコンクリートによる施工に比べ、施工時間が長くなる可能性がある。さらに粗骨材が大きい場合、施工速度はブロックの形状寸法にも影響を受ける。

したがって、強度のみならず、できるだけ容易に施工できるように、ブロックの形状寸法を決定しなければならない。そのためには、大きな粒径のコンクリートがらを用いた配合試験、施工性試験に基づき、安全で施工性が良く、経済性の高いブロックの施工方法を十分に吟味する必要がある。

#### (4) コンクリートがらの漁場施設材料としての適性試験

##### ① 適性試験の目的

適性試験では、比較的容易に製作が可能と考えられる無筋のコンクリートブロックに着目し、発生したコンクリートがらに特別な処理を施さずなるべくそのままコンクリートの粗骨材として使用することを想定し、ブロック製作用の1材料としてのコンクリートがらの適用可否を検証した。

試験内容として、製作に関わる試験・各種強度試験・施工に関わる試験を設定し、所要の性能を満足する製作方法の検討を行った。また、現地プラントの運用可否などの現地条件が施工方法の選定に大きく関わってくることから、現地視察の結果より試験を実施するのに相応しいと考えられる岩手県宮古市田老地区で試験を行った。

##### ② 試験による検討概要

適性試験の検討項目を表 2.8 に示す。コンクリートがらの実績率、ブロックの製作方法(図 2.8)、コンクリートがら寸法、打設方法等とし、最適な製作方法選定のための判断材料とした。また各種強度試験および施工に関わる試験を実施し、コンクリートがらを用いたブロックの品質についても検証した。

試験の流れを図 2.9 に示す。室内試験は、(a)コンクリートがらの実績率の変動幅の把握、(b)充填モルタルの配合検討を実施し、後に続く現地試験のための事前情報を得た。現地試験では、(c)製作方法(プレパックドコンクリートとポストパックドコンクリート(図 2.8))による施工性比較、(d)がらサイズ(500mm・300mm・50~200mm)による施工性比較(モルタル充填性・ハンドリング)、(e)各種強度試験(小サイズ(40mm以下)のがらを用いたテストピースおよび製作したブロックから採取したコア供試体)による力学的性能把握、(f)転置試験によるブロックの損傷程度の把握および重量確認等により適用性の検証を行った。

表 2.8 検討項目概要

検討項目	評価内容
(a)がら実績率	容器の容積に占めるコンクリートがらの体積の割合 (コンクリートがら使用量の把握)
(b)充填モルタル配合	コンクリートがらの隙間に充填するモルタル配合の選定 関連技術として鋼繊維、海水練り
(c)製作方法	プレパックド方式およびポストパックド方式 (製作方法を上記2方法より選定)
(d)がら寸法	500mm・300mm・50~200mm (施工性：充填性・ハンドリング)
(e)強度試験	テストピース(圧縮・割裂引張・曲げ)、コア供試体(圧縮強度) (ブロックの力学的性能)
(f)転置試験	吊り作業による損傷度確認、ブロックの重量確認

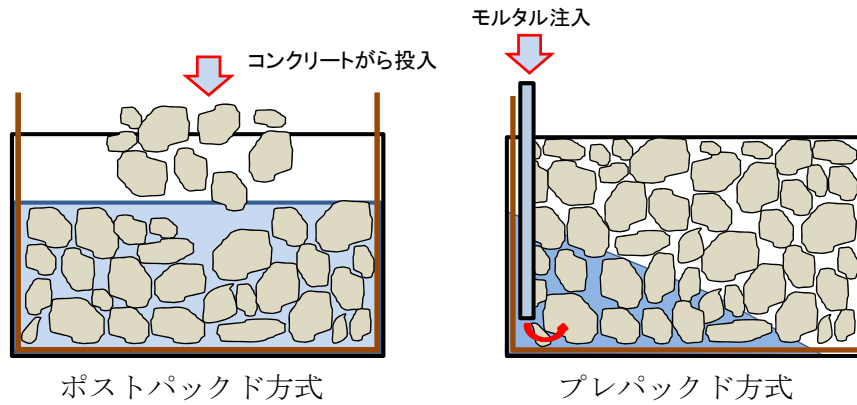


図 2.8 ポストパッキング方式とプレパッキング方式の概念図

③試験フロー

適性試験のフローを図 2.8 に示す。

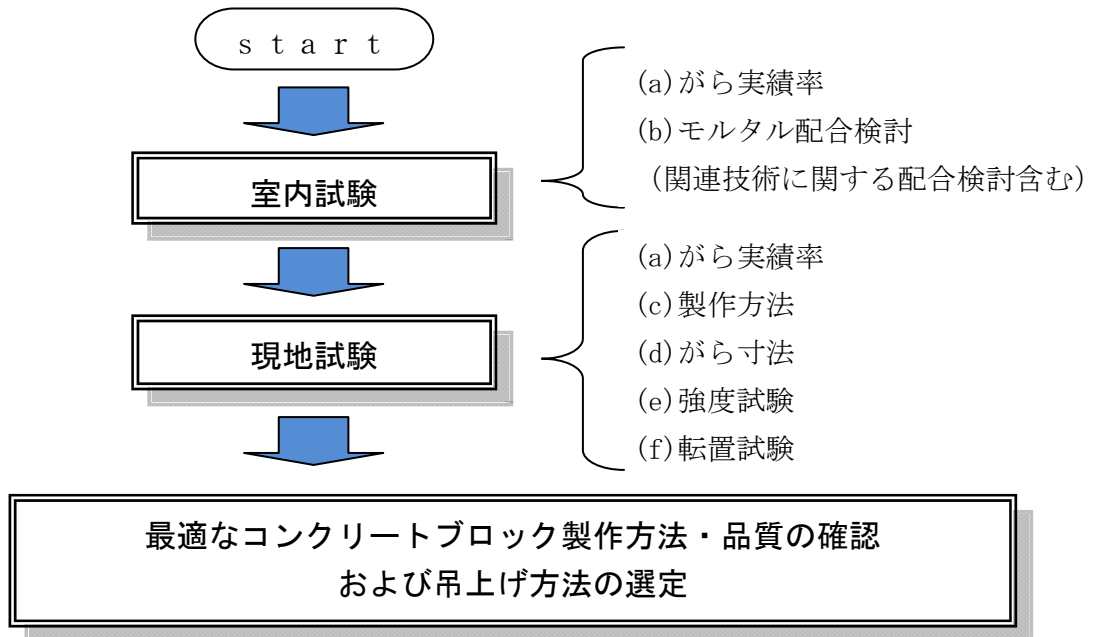


図 2.9 コンクリートがらの漁場施設材料としての適性試験フロー

#### ④室内試験

##### (a)実績率の検討

ブロックの製作に必要なコンクリートがらの量を把握する目的で実績率の測定を行った。がらの粒径が小さいほど実績率は大きくなるため、現地で得られるがらの寸法より小さなもの（室内試験場所の栃木県内で調達可能な最大 80mm 以下）を使用することで、現地試験での実績率の最大値を把握することとした。

なお、実績率は型枠と骨材の寸法により変化するため、型枠およびがらの寸法を変えた表 2.9 に示す 2 つのケースについて試験を行い、実績率の変動幅についても調査した。コンクリートがらの実績率は、コンクリートがらを詰めた型枠内に水を注入し、注入した水量から実績率および間隙率を算定した。

試験結果を表 2.10 に示す。また、最大および最小実績率でまとめたものを表 2.11 に示す。

表 2.10 に示すように、実績率は容器サイズとがらのサイズとの比率によって異なり、コンクリートがらの形状、粒形の分布、詰め込み具合によっても変動する。

現地試験では 1 辺が 2m の型枠に対して 3 水準のサイズ(500mm 程度、300mm 程度、50~200mm 程度)のコンクリートがらを使用し、辺長 2m に対する比はそれぞれ、1/4、1/7、1/40~1/10 である。一方、室内試験の CASE-1 での型枠サイズに対するがらのサイズの比は約 1/25~1/12 となる。これより、CASE-1 での実績率は現地試験での 50~200mm 程度のサイズのがらを用いた場合の実績率に概ね近いものと推察できる。

表 2.9 実績率の室内試験ケース一覧

	がら寸法 (mm)	型枠形状、型枠寸法 (mm)	備考
CASE-1	40~80	直方体、幅 1000×長さ 1000×高さ 500	図 2.10(1)参照
CASE-2	20~40	円筒、φ125×高さ 250	図 2.10(2)参照



図 2.9 実績率確認用供試体 (CASE-1)



図 2.10 実績率確認用供試体 (CASE-2)

表 2.10 間隙率および実績率

	型枠体積 (L)	がらの投入量 (kg)	投入水量 (L)	間隙率 (%)	実績率 (%)
CASE-1	498.67	597.2	219.1	42.75	57.25
CASE-2	3.068	3.338	1.644	52.51	47.49

- (注) ・水は重量計測を行い、15℃のときの比重から水の容積を計算  
 ・型枠中に水を投入するのにかかる時間を考慮して、30分間水中に浸漬したときの吸水率（0.99%）で投入水量を補正した。

表 2.11 最大および最小実績率

最大実績率 (%)	最小実績率 (%)
57.25	47.49

(b)モルタル配合の選定

コンクリートがらに充填するモルタルの配合検討は、充填性を左右するコンシステンシーを評価する P 漏斗試験（JSCE-F521、図 2.11）での流下時間 10～25s<sup>8)9)</sup>を目標とした。セメントについて配合強度の基準は「漁港・漁場の施設の設計の手引き 2003 年版」のコンクリート構造物の最低基準強度 18N/mm<sup>2</sup>以上とした。また、陸上試験、および海域実証試験の時期が冬季施工なのでセメントは早強ポルトランドセメントを用いることとし、材齢 7 日での強度 ( $\sigma_7$ ) 確認を基本とした。公共事業でのコンクリート構造物の配合を踏まえ、セメントと砂の割合(C:S)については 1:1～1:3 の範囲で、水セメント比 (W/C) については 55%～65% の範囲で行い、さらに混和剤の使用有無などの条件を加え配合を検討した。最終的には施工性、経済性も考慮して配合を決定した。

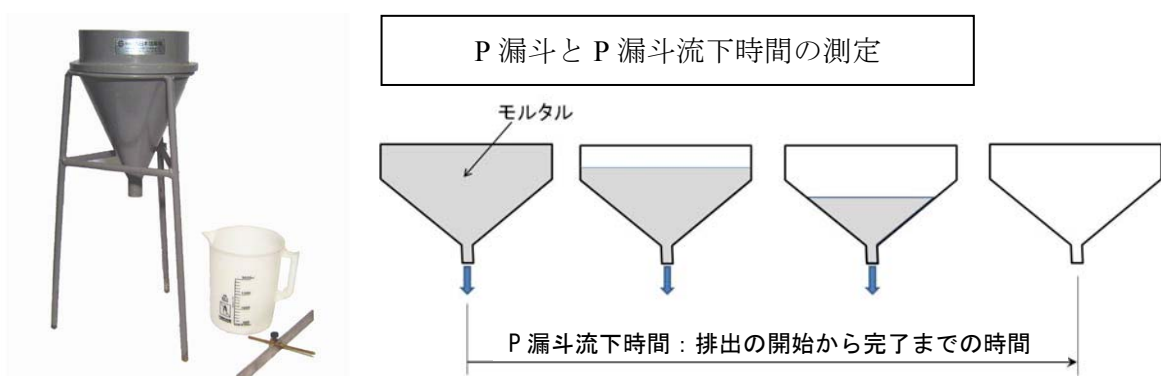


図 2.11 P 漏斗試験の概要

P漏斗試験の結果を表 2.12 に示す。表 2.12 において、ケース 1～2、4～5、7～8 はモルタルが閉塞し排出が完了しなかったケースである。また、それらの結果からケース 3、6 は明らかに閉塞することが予想されたため実施しなかった。ケース 16、17 では流下時間の初期値が 25s 以上となり目標値を満足しなかった。また、W/C=65%程度の配合のケース 9、12、15 のうち、ケース 9 の配合は水量が多く材料分離の傾向が大であったが、ケース 12、15 の性状は比較的良好であった。ケース 17～20 は材料分離に伴うブリーディングを抑制する目的で単位水量を低減するよう混和剤（AE 減水剤）を混入したものであるが、性状としてはケース 19 と 20 が比較的良好であった。

以上より有効と考えられる配合であるのは、表 2.12 のケース 12、15、19、20 の 4 ケースである。

表 2.12 P 漏斗試験結果

ケース	配合		P 漏斗				コメント
	C:S	W/C	0h	1h	2h	3h	
1	1:3	65.0%	×	—	—	—	非常に硬く流下せず
2	1:3	60.0%	×	—	—	—	更に硬くなり流下せず
3	1:3	55.0%	—	—	—	—	更に硬くなることが予想されたため実施せず
4	1:2	65.0%	(17)	—	—	—	砂がつまり途中で停止 2 回目で流下
5	1:2	60.0%	31	—	—	—	
6	1:2	55.0%	—	—	—	—	更に硬くなることが予想されたため実施せず
7	1:3	43.2%	×	—	—	—	プラント配合 流下せず
8	1:2	30.5%	×	—	—	—	プラント配合 流下せず
9	1:1	65.0%	11	12	13	14	
10	1:1	60.0%	13	14.5	15	18	
11	1:1	55.0%	19	22	28	36	
12	1:1.5	65.0%	14	15	17	19	
13	1:1.5	60.0%	18	23	25	39	
14	1:1.5	55.0%	21	25	28	49	
15	1:1.8	65.0%	16	19	21	26	
16	1:1.8	60.0%	26	33	39	53	
17	1:1.9	58.6%	25	—	—	—	混和剤 C×1.5%
18	1:1.9	60.5%	18	—	—	—	混和剤 C×1.5%
19	1:1.9	61.8%	16	—	—	—	混和剤 C×1.5%
20	1:1.6	61.8%	14	—	—	—	混和剤 C×1.5%

次に、有効と考えられる4ケース（表2.12のケース12、15、19、20）の配合に対し、再度P漏斗試験、ブリーディング試験、圧縮強度試験により性状の確認を行った。その結果を表2.13、および表2.14に示す。

表2.14に示す様に、全てのケースで $\sigma_7$ は18N/mm<sup>2</sup>以上を満足している。よって、経済性（セメント量）やブリーディング性状等を考慮し、表2.15の配合を海域実証試験に使用するモルタルの基本配合とした。ただし、八戸地区、大槌地区、田老地区で行う海域実証試験では、これを参考に各地区で使用する生コンプラントで試験練りを行い、プラントの実績に応じて配合を修正する。また、施工中に不具合が生じた場合にも適宜に配合を修正し、各地区で最適な配合を決定する。

また、現地で行う陸上試験では、基本配合に加えてW/Cをより低下させたケースについても試験を行うほか、関連技術活用の観点から鋼繊維を混入させたケース、さらには練混ぜ水に海水を用いるケースについても検討を行う事とした。これらのケースについて室内実験において多くの配合実験を行った結果、最終的に表2.16に示す配合を陸上試験で行うこととした。

表 2.13 P 漏斗試験結果（再試験結果）

ケース	セメント:砂	W/C	直後	60分	120分	180分
1	1:1.8	65.0%	14	17	19	25
2	1:1.5	65.0%	12	14	16	18
3	1:1.9	61.8% (混和剤入り)	14	18	20	22
4	1:1.6	61.8% (混和剤入り)	13	16	17	18

表 2.14 ブリーディング試験および圧縮強度試験結果

ケース	セメント:砂	W/C	ブリーディング率(%)			圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )			
			3hr	6hr	20hr	がれきコンクリート ( $\phi$ 125×250mm)		モルタル ( $\phi$ 50×100mm)	
						$\sigma_3$	$\sigma_7$	$\sigma_3$	$\sigma_7$
1	1:1.8	65.0%	2.32	2.40	1.24	17.33	22.67	20.22	30.03
2	1:1.5	65.0%	3.39	3.65	1.50	16.50	20.28	22.21	32.82
3	1:1.9	61.8%	2.40	4.06	2.32	21.69	27.46	29.85	40.93
4	1:1.6	61.8%	3.67	5.50	4.33	19.67	27.40	28.16	39.85

表 2.15 海域実証試験で使用するモルタルの基本配合

配合		セメント (kg)	水 (kg)	砂 (kg)	混和剤 (78S) (kg)
C : S	W/C				
1:1.8	65.0%	603	392	1085	無し

表 2.16 陸上試験で使用するモルタル基本配合

試験ケース	配合 C:S	W/C	セメント (kg)	水 (kg)	砂 (kg)	その他
ケース：1-1～1-6, 2-1～2-6	1:1.8	65.0%	603	392	1085	—
ケース：2-7 (W/C=55%)	1:0.8	55.0%	851	468	681	—
ケース：2-8 (鋼繊維混入)	1:1.8	65.0%	603	392	1085	鋼繊維 V×1.0% 78.5(kg)
ケース：2-9 (海水練り)	1:1.6	61.8%	603	370 (海水)	1136	混和剤 3.02kg

(注) ケース 2-7, 9 は P 漏斗試験結果を満足するように配合を決定した。

(c) 室内でのブロック製作試験

実績率測定で使用した、幅 1000mm×長さ 1000mm×高さ 500mm の型枠を用いてポストパックドコンクリート方式により、ブロック製作（コンクリートがらの固化試験）を行った。コンクリートがらは寸法が 40～80mm のものを使用した。ブロックの製作は、計算により求めた必要量のモルタルを 1 層打込んだ後に、コンクリートがらを投入した。モルタル中にコンクリートがらを投入した際に、下層のモルタル中にコンクリートがらが沈降しにくく、がらを人力で押し込むことが必要であった（図 2.12）。最終的には充填されていない箇所も無く、ほぼ十分な状態でコンクリートがらを固めることができた（図 2.12）。しかし、コンクリートがらをブロックに均質に充填するためには、コンクリートがらの寸法と打設層厚を考慮すれば、現地試験も含め実施工では、1 層だけのモルタル投入ではなく、2 層以上に分けて各層ごとにモルタル投入→がら投入を繰り返すのが良いと思われた（図 2.13）。



打設状況（人力によるがらの押し込み）



模型試験後の外観

図 2.12 室内ブロック製作試験状況



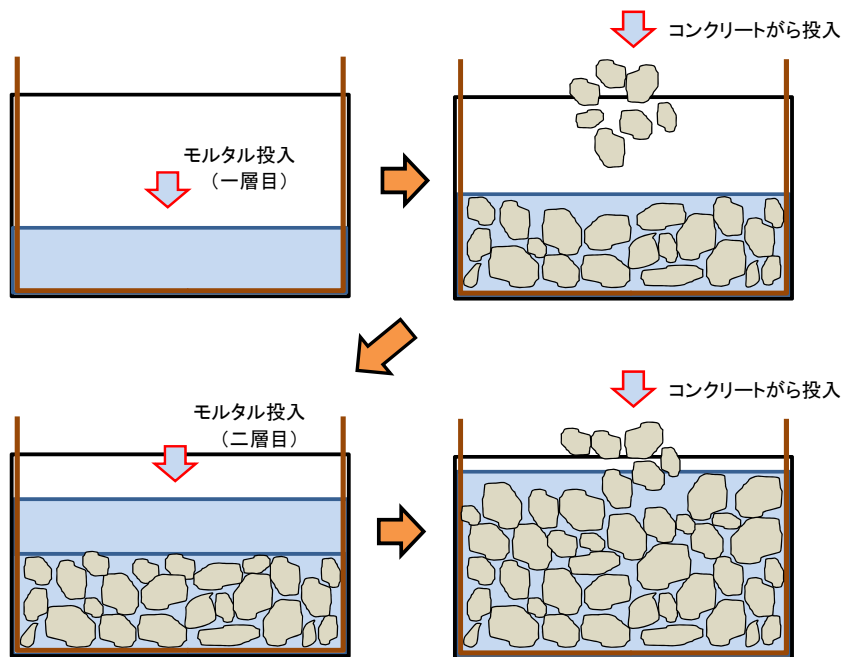


図 2.13 ポストパッキング方式による2層打設のイメージ図

⑤現地でのブロック製作試験（陸上試験）

室内試験の結果を踏まえて、現地で実寸大のブロック（幅 2m×長さ 2m×高さ 1.5m）を各種製作し、試験を行った。表 2.17 に試験項目、表 2.18 に試験ケースを示す。

表 2.17 陸上試験項目一覧表

試験項目		試験内容
(a) 実積率の確認		製作するブロックと同等のサイズである6㎡の水槽にがらを詰め、モルタルポンプにより水を投入し、水の投入量を確認する。がらのサイズごとに実施しそれぞれの実績率を算出した。また、各試験ケースでのブロック製作時にも、使用したモルタル数量から実績率を算定した。
(b) 製作方法の比較		ポストパッキング方式、プレパッキング方式の2種類の製作方法を比較した。
(c) コンクリートがらのサイズ		コンクリートがらのサイズによる製作性を比較した。
(d) 強度試験	テストピース	試験体に使用するがらのサイズは200～500mm程度と大きいため、それらがらを用いた試験体を作製することは実用的ではない。本試験では40mm以下のサイズにふるい分けたがらを用いて供試体を作成し強度試験を行った。強度試験は圧縮強度試験（円柱供試体：φ150×300mm）、曲げ強度試験（角柱供試体：150×150×530mm）、割裂引張強度試験（円柱供試体：φ150×300mm）の3種類を行った。
	コア供試体	各試験ケースで製作した製作したブロックの上面から鉛直方向にφ100mmのコアを採取し（コアの長さは1300mmを目標とした）、コアの表面観察によりモルタルとがらとの付着状況の確認を行った。また、上方と下方とから圧縮強度試験用の供試体を切り出し圧縮強度試験を行った。
	シュミットハンマー	各試験ケースで製作した製作したブロックの側面強度をシュミットハンマーにより測定した。
(e) 転置試験		各試験ケースで製作したブロックをクレーンで転置を行い、吊筋、ブロック本体に損傷等の有無を確認した。

表 2.18 陸上試験ケース一覧

試験ケース	製作方法	モルタル配合	がらの寸法	打設方法	吊上げ方法
1-1	プレパックスドコンクリート方式	試験練により決定	500mm 程度	注入管 2 本	A タイプ (図 2.14 参照)
1-2				注入管 1 本	
1-3			300mm 程度	注入管 2 本	
1-4				注入管 1 本	
1-5			50~200mm 程度	注入管 2 本	
1-6				注入管 1 本	
2-1	ポストパックスドコンクリート方式	W/C=65%	500mm 程度	2 層打設※	
2-2				4 層打設※	
2-3			300mm 程度	2 層打設※	
2-4				4 層打設※	
2-5			50~200mm 程度	2 層打設※	
2-6				4 層打設※	
2-7		W/C=55%	300mm 程度	2 層打設	
2-8		W/C=65% (繊維混入)	300mm 程度		
2-9		海水練り W/C=61.8%	300mm 程度		
3-1	上記の試験で最適なケースを採用 C:S=1:1.8, W/C=65% がらサイズ 300mm 程度				B タイプ (図 2.14 参照)

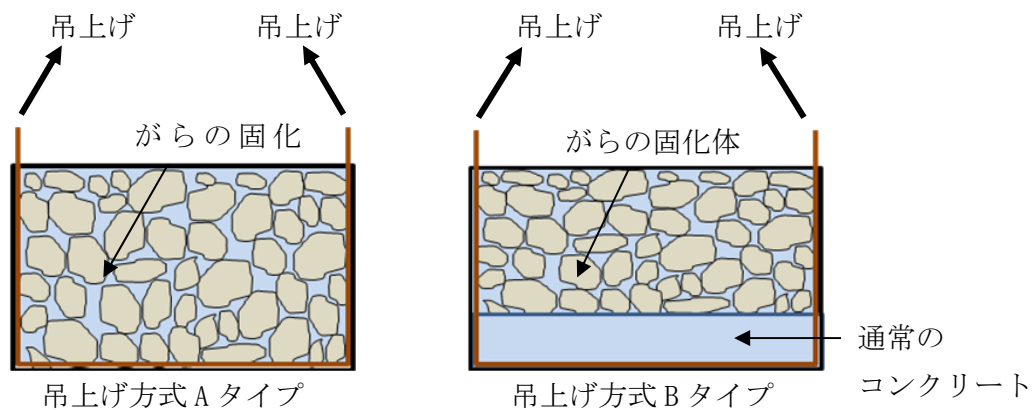


図 2.14 構造別ブロックタイプ (Aタイプ、Bタイプ)

(a) 実績率の確認

ブロックの製作前と製作時にコンクリートがらの実績率を確認した。ブロックの製作前に、製作するブロックと同体積（約 6 m<sup>3</sup>）のノッチタンクにコンクリートがらを投入し、さらにノッチタンクの天端まで水を満たし、投入した水量を測定することで実績率を確認した（図 2.15）。実績率の結果を表 2.19 に示す。表 2.19 に示すように、コンクリートがらのサイズが大きいほど、実績率は小さくなっている。また、50～200mm サイズでの実績率（58.0%）は、室内実験で 40～80mm サイズのコンクリートがらを用いて得られた実績率（57.25%）とほぼ近いものであった。

また、ブロックの製作時の実績率は、モルタルの投入量からコンクリートがらの実績率を確認した。モルタル投入量はプレパックド方式（ケース 1-1～1-6）は、モルタルポンプの流量計の値を採用し、ポストパックド方式（ケース 2-1～2-9）は搬入数量から残ったモルタル分を差し引いたものとした。その結果を表 2.20 に示す。

表 2.19 コンクリートがらサイズごとの実績率

コンクリートがらサイズ (mm)	投入水量 (L)	実績率 (%)
500	2710	54.8
300	2683	55.3
50～200	2475	58.0



図 2.15 実績率確認状況

表 2.20 打設方法ごとの実績率

配合	打設方法	がらサイズ (mm)	モルタル投入量 (L)	実績率 (%)
C:S=1:1.8, W/C= 65%	プレパックド方式	500	3078.5	48.7
		300	2894.5	51.8
		5～200	2920.5	51.3
	ポストパックド方式	500	3265.0	45.6
		300	3160.0	47.3
		5～200	3138.0	47.7
C:S=1:0.8, W/C= 55%	ポストパックド方式	300	3500.0	41.7
C:S=1:1.8, W/C=65% (繊維)			3500.0	41.7
C:S=1:1.8, W/C=61.8% (海水)			3152.0	47.5

表 2.20 に示すように、コンクリートがらのサイズが大きいほど実績率は小さくなっている。また、プレパックド方式とポストパックド方式との実績率では、プレパックド方式の値の方が大きくなっている。これは型枠内にモルタルが無い状態でコンクリートがらを先に詰めるプレパックド方式の方が、目視によってコンクリートがらを隙間なく詰めやすいためである。なお、製作時のモルタル投入による実績率の方が、製作前の水投入による値より小さくなっている。この理由としては、いったん打込んだモルタルから上がってきたブリーディング水を除去した後、モルタルを追加したため、打込んだモルタル量は見掛け上、水を投入する場合の水量よりも大きくなっていることが挙げられる。

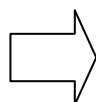
## (b) 製作方法の比較

### 1) プレパックド方式

本方式では、図 2.16 に示す手順で行った。打設前に型枠内の隅角位置にあらかじめ注入管（1 本または 2 本）を設置し、コンクリートがらを投入してからモルタルポンプによりモルタル注入を行った。注入管が 1 本の場合でも、注入管部分と対角位置の注入管がない部位においてもモルタル天端の差は 10cm 程度であり、がらのサイズによらず注入状況は良好であった。また、注入管が 1 本の場合と 2 本の場合とを比べると、今回使用したモルタルの流動性では、両者の充填度に差は見られず、注入管 1 本で十分注入が可能であった。すなわち、プレパックド方式により、このサイズの型枠のブロック製作を行う場合には、注入モルタルに適度な流動性を確保できれば、配管手間や、材料と資機材コストの観点から、隅角部に注入管を 1 本配置すれば良いと考えられる。



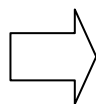
型枠組立完了



コンクリートがら投入完了



モルタル打設状況



モルタル打設完了

図 2.16 プレパックド方式の製作手順

## 2) ポストパックド方式

本方式では、図 2.17 に示す手順で行った。型枠組立完了後に、すぐにモルタルやコンクリートがらの投入が行えるため施工速度は速く、また施工も比較的容易にできる。モルタルの投入回数が 2 回の場合と 4 回とを比較すると、製作場所が狭隘なため、回数が多いほど生コン車とがら投入用重機（バックホウ）の入れ替え回数が増えて作業時間が長くなる。しかし、両方でモルタルの充填度などに差は見られないことから、本試験での型枠サイズであれば 2 層仕上げで十分と考えられる。

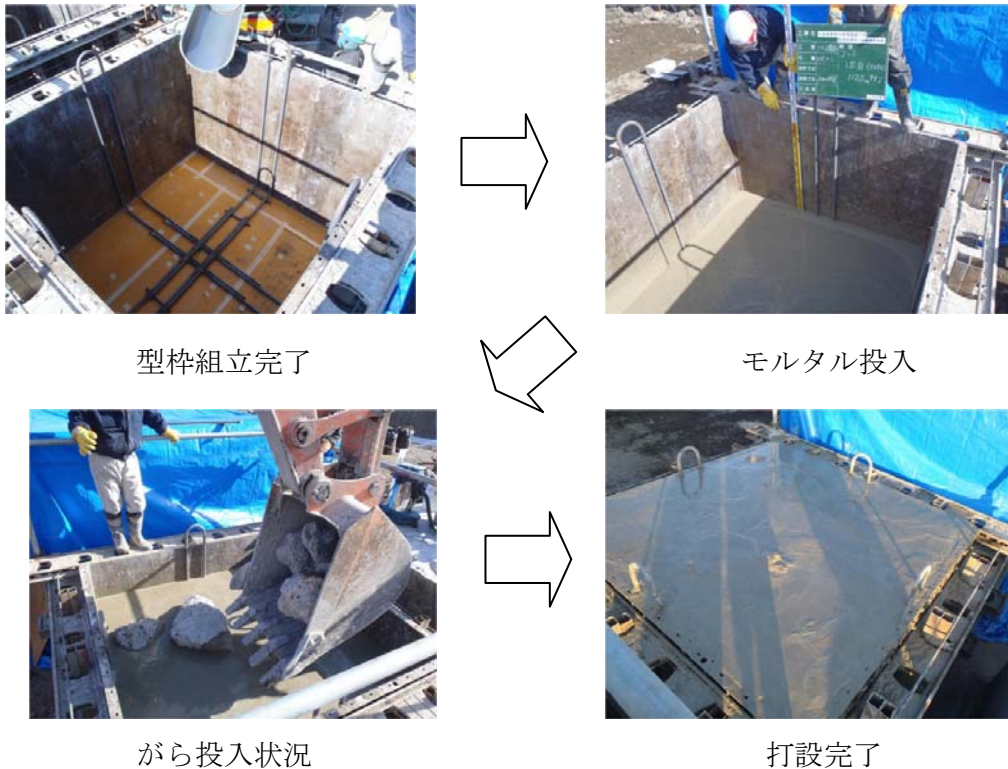


図 2.17 ポストパックド方式の製作手順

## 3) プレパックド方式とポストパックド方式の比較

プレパックド方式とポストパックド方式を比較すると、型枠組立からの施工速度ではポストパックド方式のほうが優れていると考えられる。また、プレパックド方式では注入に必要なモルタルポンプの使用方法を習熟している必要があるため、誰でも施工できることが条件であることを考慮すると、ポストパックド方式の方が優位性があるものと考えられる。

#### 4) コンクリートがらのサイズによる製作性の比較

500mm 程度のコンクリートがらは重量が大きく、本試験では型枠内に投入したコンクリートがらを動かすのに 2 人以上の労力を要したのに対して、300mm 以下のコンクリートがらの場合には 1 人でも動かすことが可能であった。そのため、使用するコンクリートがらは人間が比較的容易に動かすことが可能な 300mm 以下のサイズとするのが良いと考えられる。



500mm コンクリートがら均し状況



300mm コンクリートがら均し状況



50~300mm コンクリートがら均し状況

図 2.18 各サイズのコンクリートがらの均し状況

(c) 強度試験

強度試験の強度は「漁港・漁場の施設の設計の手引き(2003年版)」に従い、設計基準強度を  $18\text{N}/\text{mm}^2$  以上として設定した。また、冬季施工なのでセメントは早強ポルトランドセメントを用いることとし、試験練りの結果を踏まえて現地試験では材齢7日での強度確認を基本とした。

各強度試験の状況を図 2.19 に示し、強度試験結果を表 2.21 に示す。



モルタルテストピース圧縮強度試験



テストピース圧縮強度試験



割裂引張試験



曲げ強度試験



シュミットハンマーによる本体強度測定



コア供試体

図 2.19 各強度試験の状況とコア供試体

表 2.21 に示すように、試験練りでのモルタル強度は事前の室内試験結果と同等の値が得られたが、打設時に採取したモルタルの強度は試験練りの値を下回る結果であった。この理由として、試験練りは打設直後からほぼ 20℃の環境下で養生されたのに対して、現地試験では供試体は打設直後から翌日まで外気温の低い現場で養生せざるを得なかったことが挙げられる。すなわち、採取した供試体はブロックを覆ったブルーシート内に置き、その内部は練炭で保温したが、練炭の熱でブルーシート内の空間が温まるまで時間がかかり、一方で夕刻から外気温は急激に低下する状況であり、材齢初期の段階で低い気温の環境下に置かれたことで、凍害を受けないまでも強度発現が遅れたと考えられる。試験期間中の最低気温（夜中～早朝）は氷点下であり、日中の平均気温もほぼ 0℃であり、早強セメントを使用したとはいえ、強度発現が大きく遅延したと考えられる。さらに、低温下に置かれたため硬化が遅延し、ブリーディングの発生時間も長くなったことも影響していると思われる。

表 2.21 強度試験結果一覧（テストピース等）

ケース 番号	打設方法等	モルタル	テストピース（φ125、□150mm）			シュミット ハンマー N/mm <sup>2</sup>
		圧縮（ $\sigma_c$ ） N/mm <sup>2</sup>	圧縮（ $\sigma_c$ ） N/mm <sup>2</sup>	引張（ $\sigma_t$ ） N/mm <sup>2</sup>	曲げ（ $\sigma_f$ ） N/mm <sup>2</sup>	
試験練 1	試験練り 65%	27.4	—	—	—	—
試験練 2	試験練り 55%	32.7	—	—	—	—
1-1	プレ 500 2本	19.0	11.7	1.55	2.75	22.6
1-2	プレ 500 1本	19.0	11.8	1.68	2.63	24.4
1-3	プレ 300 2本	25.7	10.2	1.58	2.64	25.3
1-4	プレ 300 1本	19.6	10.5	1.55	2.79	24.9
1-5	プレ 50～200 2本	18.4	10.3	1.52	2.43	25.2
1-6	プレ 50～200 1本	19.0	10.1	1.48	2.57	24.1
2-1	ポスト 500 2層	22.4	12.0	1.42	3.47	26.5
2-2	ポスト 500 4層	20.5	12.1	1.88	2.75	24.3
2-3	ポスト 300 2層	21.8	13.3	1.94	2.36	24.6
2-4	ポスト 300 4層	22.8	14.4	1.90	3.30	24.5
2-5	ポスト 50～200 2層	22.0	13.0	1.79	3.17	22.6
2-6	ポスト 50～200 4層	21.6	12.5	1.94	3.04	20.1
2-7	W/C 55% ポスト 300 2層	35.5	14.5	1.80	3.10	26.9
2-8	鋼繊維 ポスト 300 2層	24.1	13.0	1.92	3.40	23.7
2-9	海水 ポスト 300 2層	29.9	13.1	1.37	2.77	26.6
3-1	底版あり ポスト 300 2層	24.0	10.9	1.41	2.47	23.8



また、現地採取したモルタルの強度は試験練り強度より小さいが、材齢の経過とともに試験練りの値に近づいていることから、低温下での初期養生の影響が強度に大きく影響していることが推察される。φ125 のテストピースの強度も、モルタル自体の強度発現の遅れに伴い、発現が遅れる結果となった。

一方、シュミットハンマーによって得られた増殖ブロック自体の圧縮強度はすべてのケースにおいて 18N/mm<sup>2</sup> を満足していた。テストピースの結果はシュミットハンマーによる推定強度と乖離があるが、これは増殖ブロックに比べテストピースが極めて小さく、熱伝達率の大きい鋼製型枠を用いたこともあり、低い気温の影響を大きく受けたことで強度発現が遅れたと考えられる。

現地の陸上試験では材齢 7 日での強度確認を基本としたが、養生期間の影響を確認するために、ケース 2-1 (最初のポストパックド施工時) の際に採取していた予備の供試体を用いて、材齢 28 日強度を確認した。その強度の結果を材齢 7 日強度と併せて表 2.22 に示す。同表に示すように、強度発現に必要な条件 (温度・養生期間等) が確保されればテストピース強度も 18N/mm<sup>2</sup> を超えることが確認された。モルタル強度に対しテストピース強度が低い大きな原因は、低温によるブリーディングの影響が支配的であったと考えられる。すなわち、このブリーディングが多く発生したことで、コンクリートがらの下面においてモルタルとの付着力が低下し、強度の低下を招いたと推察される。

表 2.22 圧縮試験結果 ( $\sigma_7$  および  $\sigma_{28}$ )

ケース	圧縮 ( $\sigma_7$ ) N/mm <sup>2</sup>	圧縮 ( $\sigma_{28}$ ) N/mm <sup>2</sup>
2-1 モルタル	22.4	34.4
2-1 テストピース	12.0	21.5

次にコア供試体強度の試験結果を表 2.23 に示す。表 2.23 に示すように、コア供試体の圧縮強度に著しく低い値 (表 2.23 の編みかけ部分) があることが確認できる。これは、コアの径に対してコンクリートがらのサイズが大きいことから、モルタルとコンクリートがらの境界面の位置関係によりコア供試体の強度が大きく影響を受けた結果と考えられる。次に、供試体の状況と強度の代表的な関係を表 2.24 に示す。表 2.24 に示すように、特に強度が低い供試体は、コンクリートがらとモルタルの境界面が供試体内部全体に渡っており、それが破壊における弱部となっていると考えられる。境界面が鉛直方向 (圧縮試験時の載荷方向に平行) の場合ほど境界の影響が大きく、境界面が水平方向 (載荷方向に直角) に入っているものの強度は 20N/mm<sup>2</sup> を確保していた (表 2.23 の太字部分)。コア供試体は構造体強度を表す指標として有効と当初考えられたが、コアの径に対してコンクリートがらのサイズが大きいために、通常のコンクリートとは異なって等質性がなくなり、コンクリートがらとモルタル境界の影響を大きく受けるために、強度に大きなばらつきがあることが確認できた。

表 2.23 圧縮試験結果一覧（コア抜き供試体）

ケース 番号	打設方法等	採取コア	強度 (N/mm <sup>2</sup> )				
			1	2	3	4	平均
1-1	プレ 500 2本	1本目	17.4	29.9	19.5	17.5	21.1
		2本目	17.6	16.1	16.1	14.2	16.0
1-2	プレ 500 1本	1本目	15.5	14.9	13.2	14.0	14.4
		2本目	21.0	14.3	23.3	20.2	19.7
1-3	プレ 300 2本	1本目	14.2	7.3	8.1	8.2	9.5
		2本目	7.9	10.7	8.7	13.1	10.1
1-4	プレ 300 1本	1本目	11.8	<b>20.0</b>	10.7	6.1	12.2
		2本目	18.4	14.8	6.7	16.5	14.1
1-5	プレ 50~200 2 本	1本目	8.4	4.3	7.6	11.9	8.1
		2本目	11.5	14.8	10.7	15.3	13.1
1-6	プレ 50~200 1 本	1本目	11.3	8.1	12.5	9.4	10.3
		2本目	<b>28.3</b>	9.7	12.0	8.2	14.6
2-1	ポスト 500 2層	1本目	11.1	14.0	22.3	17.7	16.3
		2本目	14.2	13.3	16.7	<b>31.9</b>	19.0
2-2	ポスト 500 4層	1本目	5.1	14.3	19.0	7.3	11.4
		2本目	19.7	18.9	12.0	30.9	20.4
2-3	ポスト 300 2層	1本目	9.0	5.9	13.4	7.4	8.9
		2本目	6.4	10.6	23.5	24.7	16.3
2-4	ポスト 300 4層	1本目	11.9	10.4	14.1	13.5	12.5
		2本目	12.5	14.1	15.1	<b>22.0</b>	15.9
2-5	ポスト 50~200 2 層	1本目	9.9	16.3	15.8	8.1	12.5
		2本目	7.5	8.2	10.5	12.4	9.7
2-6	ポスト 50~200 4 層	1本目	16.9	10.9	14.1	14.2	14.0
		2本目	9.2	8.2	10.7	8.5	9.2
2-7	W/C 55% ポスト 300 2層	1本目	<b>20.4</b>	12.0	22.5	14.2	17.3
		2本目	8.5	21.5	7.8	14.9	13.2
2-8	鋼繊維 ポスト 300 2層	1本目	28.1	11.8	<b>23.5</b>	12.7	19.0
		2本目	12.7	16.7	12.5	19.8	15.4
2-9	海水 ポスト 300 2層	1本目	11.5	5.6	15.3	10.8	10.8
		2本目	1.7	18.0	14.5	14.9	12.3
3-1	底版あり ポスト 300 2層	1本目	<b>24.8</b>	7.4	9.2	6.4	12.0
		2本目	5.7	14.6	20.7	18.6	14.9

※編みかけ部分は強度が著しく低いもので、太字はモルタルとがらの境界面が水平方向のもの。

表 2.24 コア抜き供試体の状況と強度（ケース 1-4）

強度が著しく低い部分		強度が低い部分		強度がモルタルと同程度の部分	
モルタル	19.6N/mm <sup>2</sup>	モルタル	19.6N/mm <sup>2</sup>	モルタル	19.6N/mm <sup>2</sup>
テストピース	6.7N/mm <sup>2</sup>	テストピース	14.8N/mm <sup>2</sup>	テストピース	20.0N/mm <sup>2</sup>
コンクリートがらとモルタルの境界面が供試体内部全体に斜め方向に位置している.		コンクリートがらとモルタルの境界面が供試体内部に部分的にあり、その方向は様々である.		コンクリートがらとモルタルの境界面が供試体内部全体に水平方向に位置している.	
 圧縮試験前      圧縮試験後		 圧縮試験前      圧縮試験後		 圧縮試験前      圧縮試験後	

以上の結果、コアによる強度試験では強度の低い供試体もあったが、強度発現に必要な条件を確保したコンクリートがら（粒径 40mm 以下）とモルタルにより作製したテストピース（φ 125mm）では目標強度の 18N/mm<sup>2</sup> 以上を確保している。これは、ブロックの均質性が確保されれば本体強度も確保される事を示唆している。

また、コンクリートがら（粒径 40mm 以下）とモルタルにより作製したテストピース（φ 125mm）では 7 日強度は低くでているが、モルタルテストピース、及びシュミットハンマーによる本体強度は 7 日で目標強度 18 N/mm<sup>2</sup> をクリアしている。この乖離の原因は明らかでないが、この乖離を考慮して充填するモルタルに高強度にすれば本体強度も確保できることを示唆している。したがって、本体の強度は

- コンクリートがらの均質性を確保するためにコンクリートがらの実積率を下げる（施工性も考慮すれば 40%程度）
- モルタルの強度を高強度にする

等により求められる所定の強度が確保されるものと考えられた。

(d) 転置試験

転置試験では、ブロックの重量計測、施工性、および転置時のブロックの損傷の有無を確認した。

1) 重量計測

クレーンのフック先端にロードセルを取り付け、ブロックの重量を測定し、がらを用いて製作したブロック重量がどの程度の範囲にあるかを確認した（図 2.20）。表 2.25 に各ブロックの重量測定結果を示す。

ブロックはそれぞれコンクリートがらの投入量（すなわち実績率）が異なるほか、右の写真に示すように天端面よりコンクリートがらが突出し、その程度にも差があるため、ブロック重量にはばらつきが生じる。しかし、表 2.25 に示すように重量は 13.4～13.9(ton)の範囲にあり、平均値は 13.64(ton)である。ブロック体積を 6m<sup>3</sup>とした時の密度は 2.23～2.31g/cm<sup>3</sup>であり、一般に無筋コンクリートに対して言われる密度（2.3g/cm<sup>3</sup>程度）とほぼ同程度である。

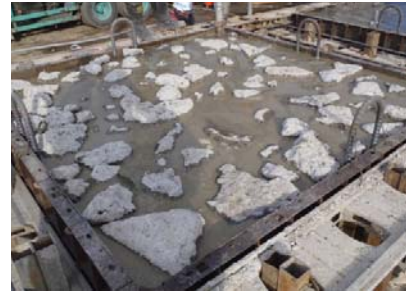


表 2.27 各ケースのブロック重量

	重量(t)	比重
1-1	13.41	2.24
1-2	13.40	2.23
1-3	13.56	2.26
1-4	13.52	2.25
1-5	13.84	2.31
1-6	13.88	2.31
2-1	13.66	2.28
2-2	13.56	2.26
2-3	13.66	2.28
2-4	13.73	2.29
2-5	13.76	2.29
2-6	13.69	2.28
2-7	13.46	2.24
2-8	13.76	2.29
2-9	13.67	2.28
3-1	13.70	2.28

※比重はブロック体積 6 m<sup>3</sup>として計算。



図 2.20 ロードセルによる重量測定状況

## 2) 転置試験（本体、吊筋の損傷の有無）

図 2.21 に示すように、通常のブロックの製作・据付けにおいては、現地ヤードで製作したブロックは据え付けられるまでに複数回（通常は 4 回程度、多い場合には 6 回程度）の転置（吊上げ、吊下し）が行われる。

本コンクリートブロックにおいても、同様な転置が行われるものと考えられるが、転置によってブロックには致命的な損傷が生じないことが必要である。本コンクリートブロックではコンクリートがらの投入による吊筋の変形を防止し、コンクリートがらの投入の障害とならないように吊筋を型枠に接するように配置しているため、図 2.22 に示す位置において、吊筋に生じる支圧応力などによるブロックの破壊等が想定される。

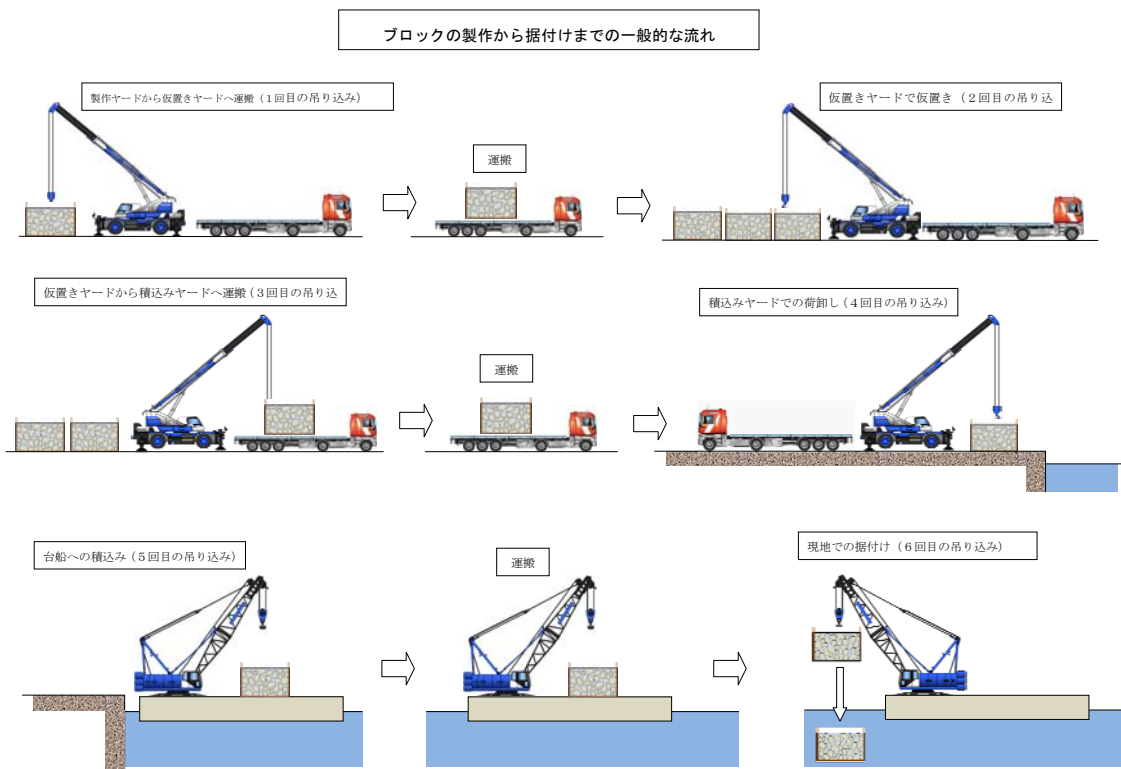


図 2.21 ブロックの製作から据付けまでの施工の流れ概略図

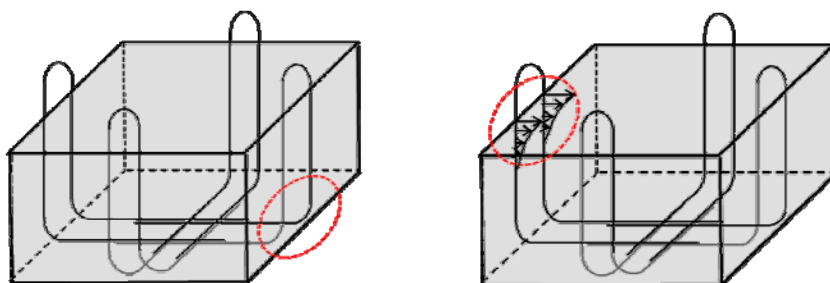


図 2.22 吊上げ時に吊筋によりブロックに影響するイメージ図

ブロックごとに計6回の転置（吊上げ、吊下し）を行い、外観観察を行った。転置試験では、クレーンによってブロックを吊上げた後、クレーンのブームを旋回させて異なる場所に吊下すことを6回繰り返した（図 2.23）。試験結果は、図 2.24 に示すように吊筋位置でモルタルに若干の局所的なひび割れや剥離等が認められたが、着定基質としての機能を損なうような損傷は認められなかった。また、海域への沈設時にも損傷は見られなかった（転置試験の結果から、陸上試験で製作した全てのブロック 16 基は、ブロックの強度、および着定基質としての機能に問題が無いと判断できたため、後述する田老地区での海域実証試験の 55 基とあわせて田老漁港内に沈設した。沈設後のモニタリング調査でダイバーにより目視観察されたがブロックの損傷は見られなかった）。

図 2.24 に示すような局所的なひび割れや剥離は、吊上げに伴い吊筋が内側に絞り込まれることによるものである（図 2.22）。したがって、転置試験で生じたブロックの局所的なひび割れや剥離を避けるためには、内側に絞り込む力を小さくするために吊りロープを長くすることで吊り角度を小さくすること等が考えられる。



図 2.23 転置試験状況



図 2.24 吊筋位置での局所的なひび割れ状況

### 3 災害廃棄物等を使用した漁場施設の海域実証試験



次の3地区で海域実証試験を実施した。

- ①青森県八戸市鮫町 ②岩手県宮古市田老町 ③岩手県上閉伊郡大槌町

#### (1)各地区におけるブロックの概要

3地区で製作したブロックの概要を表2.26に示す。また、各地区で製作したブロックの製作イメージを図2.25、図2.26に示す。

表 2.26 各地区におけるブロックの概要

地区名	八戸	大槌・田老
用途	コンブ養殖用アンカーブロック	コンブ・ワカメ増殖礁
形状	方塊	方塊
寸法：幅×長さ×高さ	2.0m×2.0m×1.5m	2.0m×2.0m×1.5m
製作個数(1地区あたり)	20個/地区	55個/地区
天端植石(コンクリートがらによる)の有無	あり	あり
天端溝の有無	無し	あり
コンクリート底版の有無	あり	無し
コンクリートがら充填方法	ポストパッド方式 (図2.27参照)	ポストパッド方式 (図2.28参照)
写真		

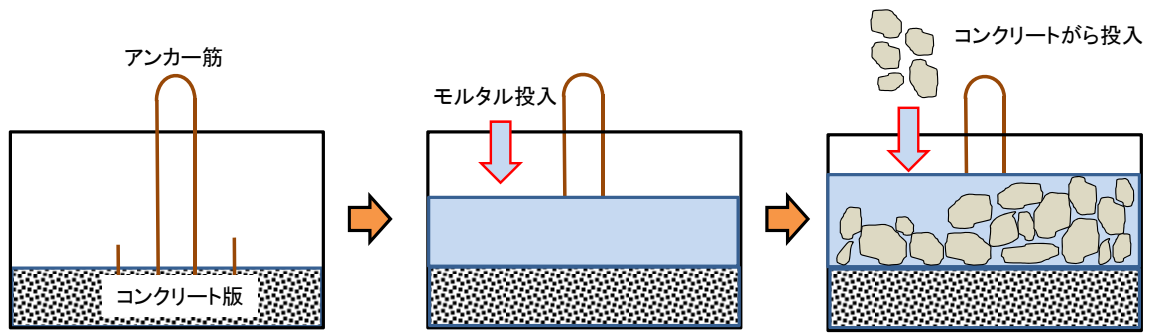


図 2.25 八戸地区のブロック製作イメージ図

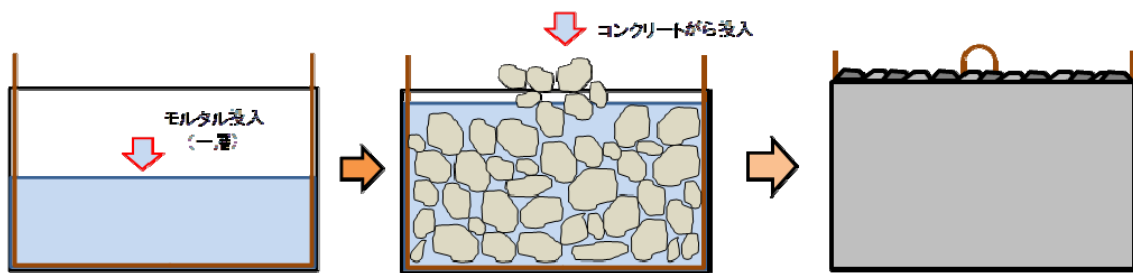


図 2.26 田老・大槌地区のブロック製作イメージ図



## (2)各地区における使用材料の概要

各地区で調達、使用したコンクリートがらの詳細を表 2.27 に示す。また、各地区で使用したモルタルの配合と P 漏斗試験による流下時間を表 2.28 に示す。

表 2.27 各地区のコンクリートがら

地区名	八戸	田老	大槌
由 来	八戸港白銀北防波堤	防潮堤（大槌町）	
提供元	青森県 三八地域県民局	岩手県 沿岸振興局	
提供されたコンクリートがらの状態	平均粒径 500mm の山積み (県事業での防波堤解体・撤去により破碎された状態)	防潮堤（津波により転倒した状態）  ※写真は 1 基分	
提供された数量	50m <sup>3</sup>	555m <sup>3</sup> （防潮堤 3 基分） 185m <sup>3</sup> /基（＝断面積 18.5m <sup>2</sup> ×長さ 10m）	
提供後の解体・破碎方法	写真のニブラにより破碎 	クローラドリルで防潮堤を削孔し、写真のシャイアントブレイカーにより解体・破碎 	
使用したコンクリートがらの粒径と形状	300mm 程度 扁平で角張っている 	50～300mm 程度 田老地区：丸みを帯びた矩形 大槌地区：扁平で角張っている 	

各地区のモルタル配合は、室内試験結果により決定した設計配合について、各地区の生コンクリート工場で試験練りを実施した。室内試験での設計配合の考え方と同様に、モルタルの強度は「漁港・漁場の施設の設計の手引き(2003年版)」に従い、設計基準強度を18N/mm<sup>2</sup>以上として設定し、冬季施工なのでセメントは早強ポルトランドセメントを用い、材齢7日での強度( $\sigma_7$ )確認を基本とした。

表 2.28 に示すように、大槌地区のみ配合の微調整の必要が生じた。

表 2.28 各地区で使用したモルタル

地区名	設計	八戸	田老	大槌
配合① 水(kg)	603	603	603	603
配合② セメント(kg)	392	392	392	392
配合③ 砂(kg)	1085	1085	1085	1123
配合④ 混和剤(78S)(kg)	—	—	—	—
W/C (%)	65	65	65	65
C : S	1:1.8	1:1.8	1:1.8	1:1.9
セメント種別	早強ポルトランド	早強ポルトランド	早強ポルトランド	早強ポルトランド
P漏斗流下時間(秒)	10~25	19.0~24.0 平均 22.6	12.0~19.0 平均 16.0	14.75~24.53 平均 22.06

### (3)各地区（八戸地区・田老地区・大槌地区）における現場実証試験

各地区において行った実証試験は次の項目である。

- ①コンクリートがらの実積率
- ②ブロック強度
- ③ブロック重量試験
- ④沈設試験

また、①～④の試験に加え各地区での製作費についても調査した。

各項目に対する試験結果、および各地区の製作費の調査結果を次に示す。

#### ①コンクリートがらの実積率

各地区のコンクリートがら実積率の結果を図 2.27 に示す。3 地区ともおおむね 50%の実積率である。大槌地区、田老地区に比べ八戸地区がやや実積率が大きい。これはブロック天端の溝型枠が影響していると思われる。大槌地区、田老地区は天端に溝型枠を設置しており、八戸地区は溝型枠を設置していない。溝型枠により天端面付近のコンクリートがらの入る範囲が制限され、溝型枠の無い場合に比べて実積率が低くなっているのではないかと考えられる。

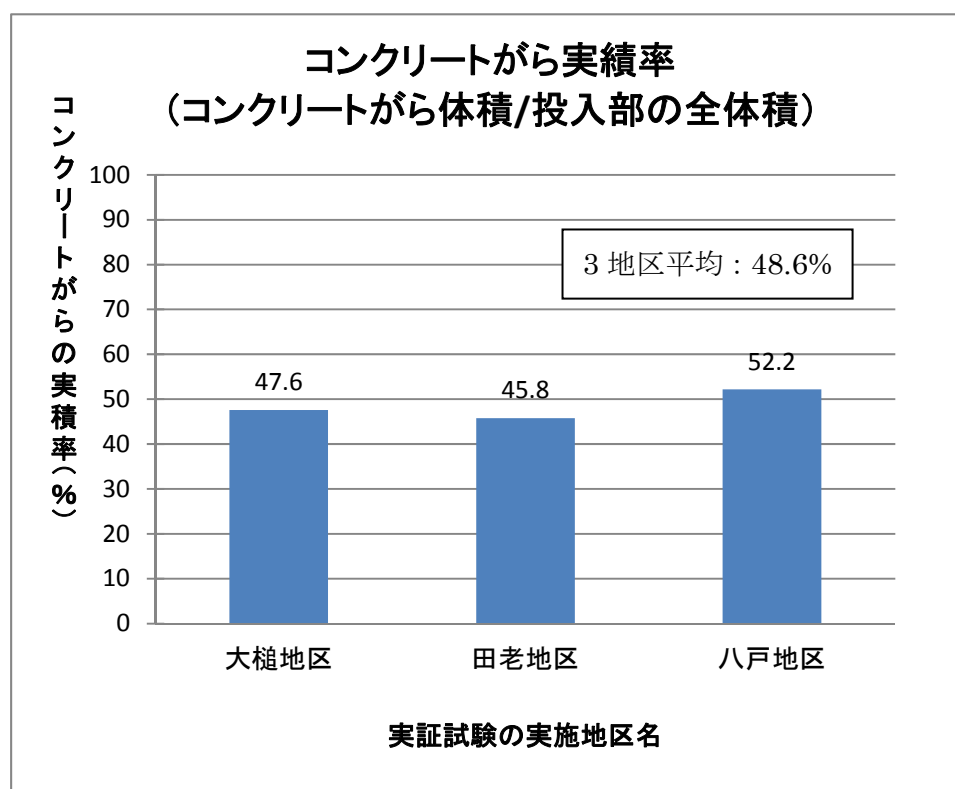


図 2.27 各地区のコンクリートがら実積率

## ②ブロック強度

各地区の強度試験結果を図 2.28 に示す。図 2.28 は各地区の強度の傾向を見るために左の表をグラフにしたものであり、横軸はモルタルテストピースの圧縮強度試験  $\sigma_7$  (N/mm<sup>2</sup>) で、縦軸はシュミットハンマーによるブロック本体の強度試験  $\sigma_7$  (N/mm<sup>2</sup>) である。

図 2.28 に示すように、どの地区もモルタルテストピースの圧縮強度とシュミットハンマーによる強度は 18 (N/mm<sup>2</sup>) より大きい値が得られている。また起重機船への積込作業、クレーンでの転置、および沈設の際にも、ブロックに問題は生じ無かった。

テストピースによる強度とシュミットハンマーによる強度は、大槌地区ではテストピースの強度の方が大きく、田老地区では同程度、八戸地区ではシュミットハンマーによる強度の方が大きくなっており、地区ごとに結果は異なる。また、3 地区の中で大槌地区が八戸地区、田老地区に比して強度が大きい。この要因として、大槌地区の配合のみ砂が若干多く、この事が強度に影響していると考えられる。

地区名	圧縮強度 $\sigma_7$ (モルタルテストピース) (N/mm <sup>2</sup> )	ブロック強度 $\sigma_7$ (シュミットハンマー) (N/mm <sup>2</sup> )
大槌地区	32.2	33.0
	38.2	37.9
	30.0	33.6
	22.0	35.2
	28.3	33.7
	24.4	30.6
	23.7	32.0
	20.9	31.5
	24.3	31.3
	22.6	27.5
	26.8	30.8
	24.4	26.7
	田老地区	20.3
19.3		21.0
20.0		20.1
23.0		21.6
22.5		22.0
八戸地区	20.5	22.3
	19.5	20.2
	20.8	20.2
	20.1	20.2
	21.4	20.2
20.6	20.2	

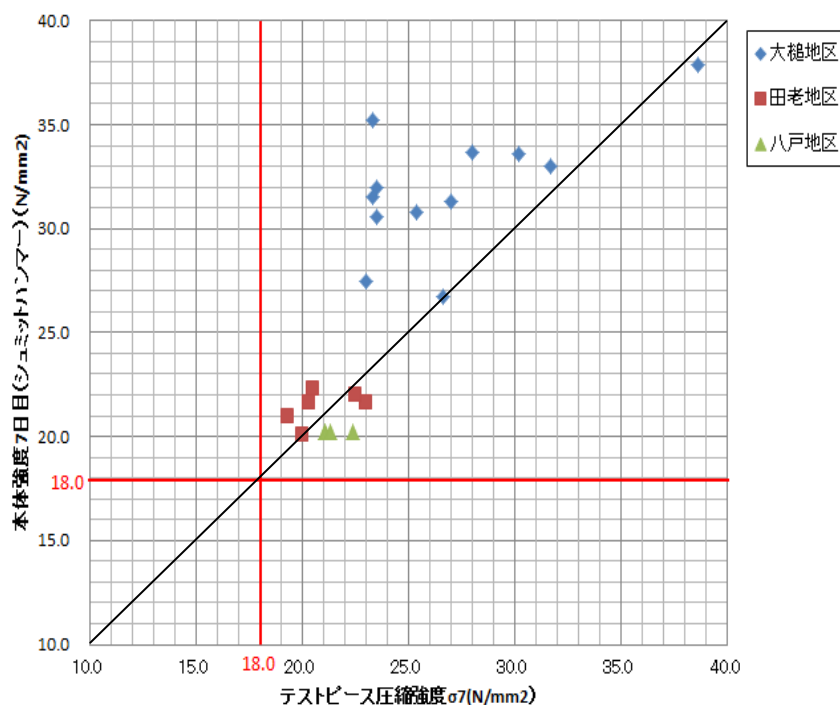


図 2.28 各地区の強度試験結果

### ③ブロック重量試験

ブロック重量の測定は大槌地区と田老地区ではクレーンとロードセルを使用し、八戸地区では起重機船の荷重計により測定した。また、実測した重量と計算重量（無筋コンクリートの単位体積重量  $2.3\text{t/m}^3$  とブロックの出来形寸法による体積から算出）を比較した。各地区のブロック重量試験結果を表 2.29 に示す。

表 2.29 に示すように、各地区とも計算重量と実測重量の比が 1.00 前後であり、最小のもので大槌地区の 0.96 である。従って、コンクリートがらとモルタルによるブロックは、無筋コンクリートと同じ単位体積重量であるといえる。

表 2.29 各地区のブロック計算重量と実測重量との比較

地区名	①計算重量 (ブロック体積×2.3) (t)	②実測重量 (t)	②/① (%)
大槌地区	13.76	13.60	0.99
	13.77	13.60	0.99
	13.68	13.82	1.01
	13.47	13.52	1.00
	13.67	13.14	0.96
	13.75	13.96	1.02
	13.72	13.58	0.99
	13.52	13.10	0.97
	13.66	13.42	0.98
	13.61	13.48	0.99
13.81	13.24	0.96	
田老地区	13.80	13.90	1.01
	13.80	14.20	1.03
	13.80	13.80	1.00
	13.80	13.90	1.01
	13.80	13.90	1.01
	13.80	13.40	0.97
	13.69	13.30	0.97
八戸地区	13.88	14.10	1.02
	13.95	14.10	1.01
	13.93	14.10	1.01
	13.94	14.10	1.01
	13.93	14.10	1.01
全体平均	13.76	13.71	1.00

#### ④沈設試験

3 地区で製作したブロックを次の海域に沈設した。なお、田老地区では実証試験で製作したブロック 55 基に、陸上試験で製作した 16 基も沈設した。沈設結果の詳細は、4 災害廃棄物等を使用した漁場施設のモニタリング、に記載する。

##### (a) 岩手県大槌地区

岩手県上閉伊郡大槌町地先 大槌海域  
 コンブ・ワカメ増殖礁ブロック 55 基  
 沈設日 平成 24 年 3 月 22 日～23 日

##### (b) 岩手県田老地区

岩手県宮古市田老地先（田老漁港）  
 コンブ・ワカメ増殖礁ブロック 71 基  
 沈設日 平成 24 年 3 月 20 日～21 日

##### (c) 青森県鮫浦地区

青森県八戸市鮫浦地先（区画漁業権範囲内）  
 養殖用アンカーブロック 16 基  
 沈設日 平成 24 年 3 月 23 日

#### ⑤製作費調査

大量にあるコンクリートがらの処分としては、破碎を繰り返し、再生骨材にする方法が一般的である。本調査で取り上げた技術は、この破碎の途中段階でコンクリートがらを利用し、増殖場の施設に使用できるブロックの製作を行うものである。ここでは、図 2.29 に示すように、コンクリートがらの処分と通常（生コン）での増殖施設の整備をそれぞれで行う場合と比較した。

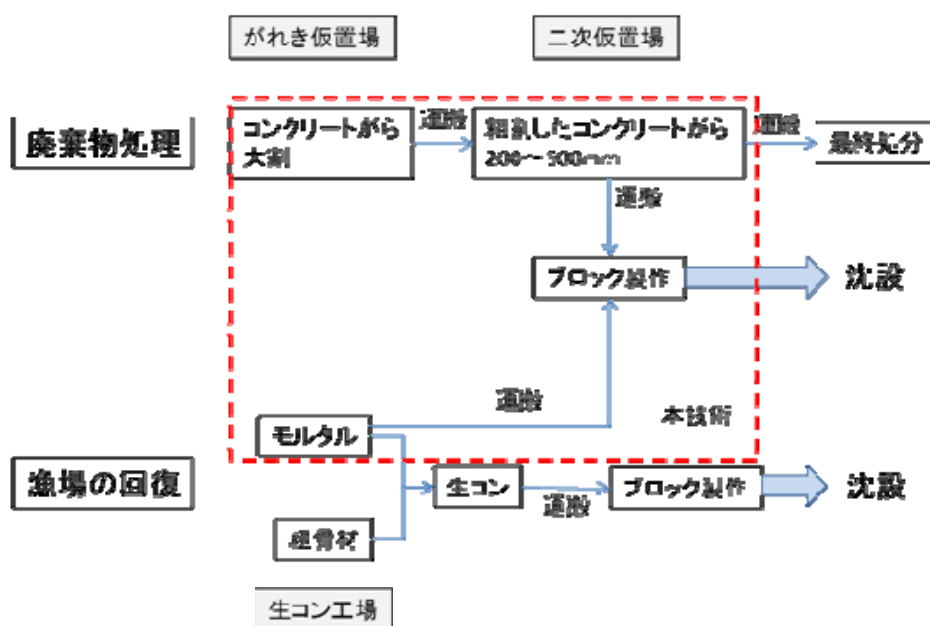


図 2.29 コンクリートがらの処理と漁場の回復における本技術の位置付け

(a) 3 地区の概算製作費

3 地区のブロックの概算製作直接工事費を示す。3 地区のブロックの概算製作直接工事費の算出条件は次の通りである。また、表 2.30 に 3 地区の概算製作直接工事費を示す。表 2.30 に示すように、八戸地区の概算製作直工費が他の 2 地区に比して高い。これは、八戸地区では、底版コンクリート打設を行う 2 段階施工により作業量が多かったためである。

- 1) 作業期間：型枠大組から、最終打設後の型枠解体までとした。
- 2) 労 務 費：職種と各職種の人数は各地区の作業日報から求め、労務単価は平成 23 年度の各県の公共工事労務単価を使用した。
- 3) 機 械 費：機械種別と使用日数は各地区の作業日報から求め、機械単価は物価本による日当たりの単価を使用した。
- 4) 資 材 費：型枠材については、各地区の実績による。
- 5) 材 料 費：モルタルは 3 地区で使用した各生コンクリート工場からの見積もりによる。八戸地区の底版コンクリートについても同様である。コンクリートがらについては無償提供とした。
- 6) そ の 他：雑材料費として全体製作直接工事費の 1%を計上した。

表 2.30 ブロックの概算製作直接工事費

地区名	八戸	田老	大槌
製作個数	20 個	55 個	55 個
概算製作直工費	3,922,739 円	7,667,065 円	7,604,243 円
1 個当たりの概算製作直工費	196,137 円/個	139,401 円/個	138,259 円/個

(b) 従来法と本技術による場合の概算工費比較

2×2×1.5m の増殖施設のブロックを 55 個製作・据付する規模で、従来法と本技術の費用の比較を表 2.31 に示す。なお、表 2.31 に示したコンクリートがらの処分費は、比較した大槌地区での処分業者からの見積もりによる。

従来法：コンクリートがらの処分＋通常の生コンで増殖場を造成した場合＝13,495 千円
本技術：コンクリートがらを増殖場のブロックの粗骨材に利用する場合＝12,555 千円

この結果から、本技術の場合、従来法と比較して、コンクリートがらの最終処分費用や粗骨材及び生コンの購入費用を削減することができ、約 93%の費用でコンクリートがらの処分と漁場の回復のための増殖場が整備できる。

表 2.31 増殖施設（ブロック 55 個）の製作・据付費用の比較（単位：千円）

費 目	従来工法		本工法
	防潮堤 撤去処分	増殖ブロック	コンクリートがら 使用増殖ブロック
コンクリートがら解体・運搬	1,487		1,487
コンクリートがら処分費	680		—
増殖ブロック製作工費		7,864	7,604
据付工費		3,464	3,464
合計	13,495		12,555

（注）本工法の増殖ブロック製作工費は、陸上実験を行った 3 地区の実績による製作工費（表 2.30）のうち大槌地区のものである。



#### 4 災害廃棄物等を使用した漁場施設のモニタリング

岩手県大槌地区、岩手県田老地区及び青森県鮫浦地区の3地区において、震災により発生したコンクリートガラを有効利用したコンブ・ワカメ増殖礁ブロック及び養殖用アンカーブロックの設置箇所の事前調査と設置後の状況の調査を行なった。

##### (1) 調査概要

###### ① 調査場所

調査場所は下記の3地区である（図 2.30～2.32）。

###### (a) 岩手県大槌地区

岩手県上閉伊郡大槌町地先 大槌海域・野島海域

###### (b) 岩手県田老地区

岩手県宮古市田老地先（田老漁港）

###### (c) 青森県鮫浦地区

青森県八戸市鮫浦地先（区画漁業権範囲内）

###### ② 調査年月日

###### (a) 岩手県大槌地区

事前調査：平成24年2月21日

設置後調査：平成24年3月23日

###### (b) 岩手県田老地区

事前調査：平成24年2月20日

設置後調査：平成24年3月22日

###### (c) 青森県鮫浦地区

事前調査：平成24年2月17日

設置後調査：平成24年3月27日

###### ③ 調査方法

###### (a) 事前調査

コンブ・ワカメ増殖礁ブロック及び養殖用アンカーブロック設置予定箇所に潜水して、半径約3m内の底質、魚介類について観察するとともに、ダイバーが携行するダイブコンピュータにより水深を計測した。なお、底質に砂が分布する地点ではダイバーが鉄筋を差し込んで砂層厚を100cm以内の範囲で計測した。

###### (b) ブロック設置後調査

設置した増殖礁ブロック及び養殖用アンカーブロックの状況について観察した。

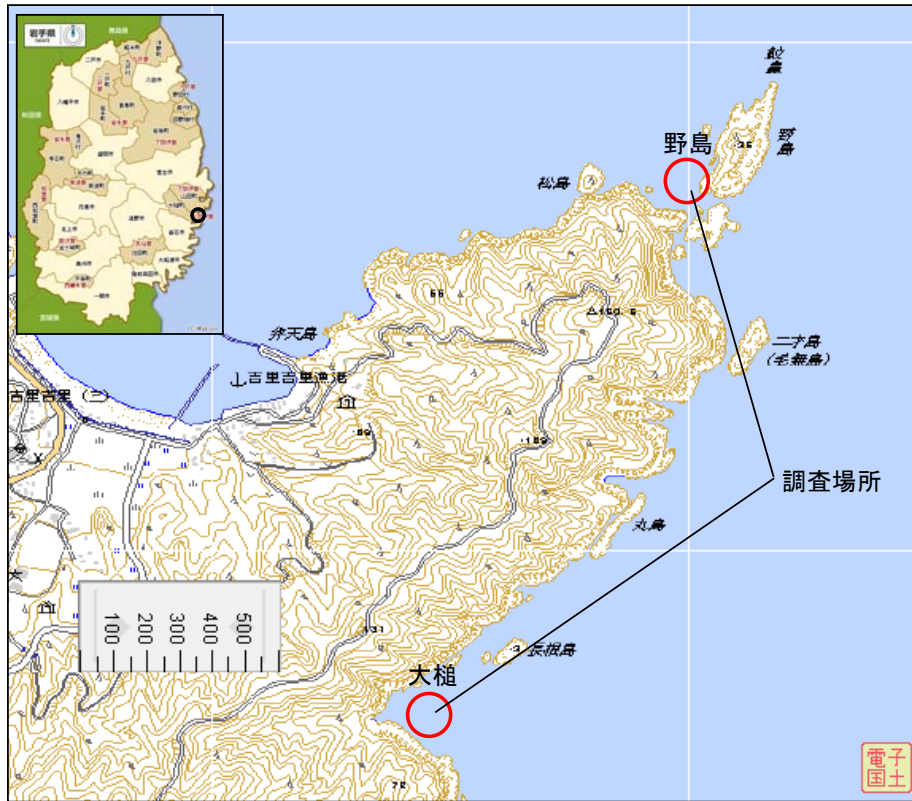


図 2.30 調査場所（岩手県大槌地区）



図 2.31 調査場所（岩手県田老地区）



図 2.32 調査場所（青森県鮫浦地区）

## (2) 事前調査結果

### ① 岩手県大槌地区大槌海域

#### (a) 調査地点

調査地点は、図 2.33 に示す大槌地区の長根島から南西約 200m の海域で、目視観察及び水中写真撮影を図中の①～⑤の 5 地点、水深計測を 1～10 の 10 地点、合計 15 で調査を行なった。調査範囲 4 角の緯度経度は表 2.32 に示すとおりである。

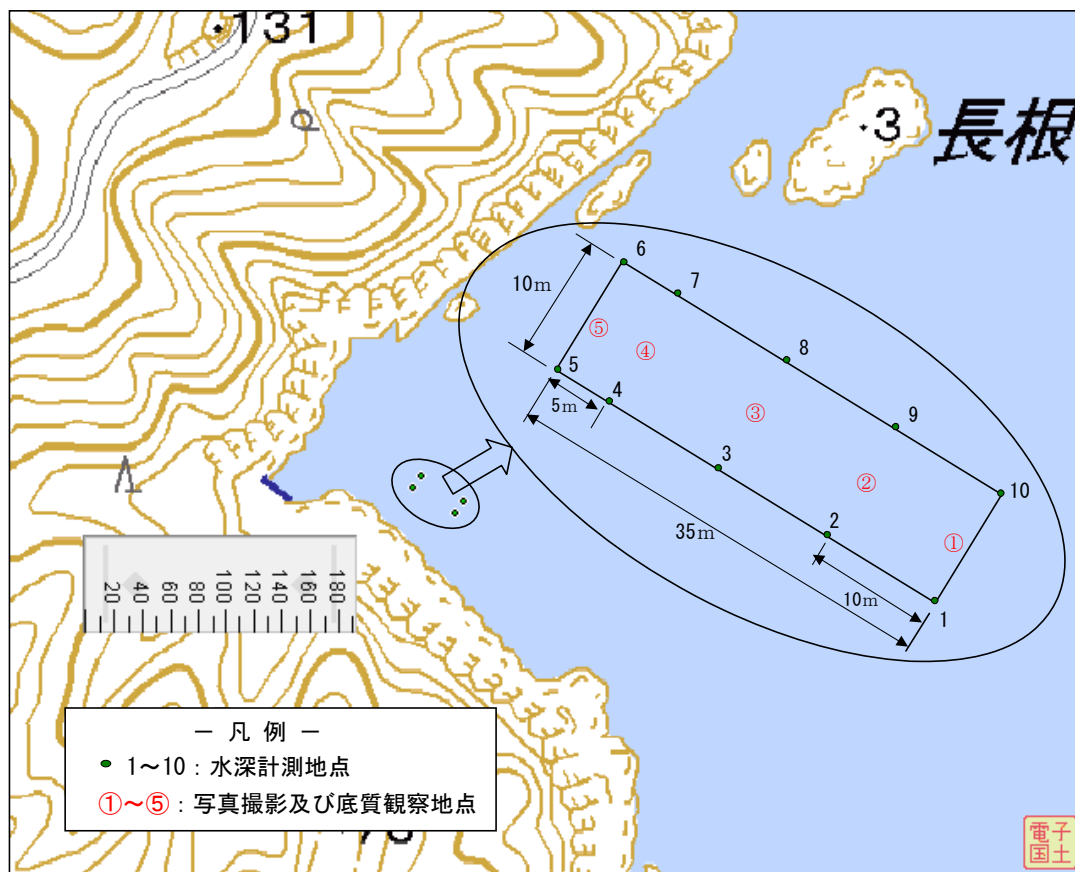


図 2.33 調査地点（大槌海域）

表 2.32 各調査地点の緯度経度

地区	地点	北緯			東経			水深 (m)
		°	'	"	°	'	"	
大槌	1	39	21	39.64	141	57	25.64	10.9
	5	39	21	40.23	141	57	24.38	12.2
	6	39	21	40.51	141	57	24.60	12.7
	10	39	21	39.92	141	57	25.86	11.2

注) 水深はダイバーが携行するダイブコンピュータにより計測した値である。

調査年月日、時刻：H. 24. 2. 21、大槌11：00～12：00、平均潮位：約0.9m

(b) 底質調査

各調査地点における底質の目視観察結果を表 2. 33、図 2. 34、および図 2. 35 に示す。

調査地点の水深は約 11m～13m で、転石の占める割合が 50～90% と多く、岩盤が 10～20%、礫及び砂が 10～30% で点在分布する。海底の起伏は最大で 100～150cm とやや高い箇所が認められる。砂層厚は何れも 10 cm であった。

なお、調査地点①～③でコンクリート片が観察された。

表 2. 33 底質等目視観察結果（大槌海域）

調査地点	水深 (m)	底質 (%)				Co.	砂層厚 (cm)	起伏 (cm)
		岩盤	転石	礫	砂			
①	11.1	20	50		30	+	10	100
②	11.6	10	50	10	30	+	10	150
③	11.9	20	60	10	10	+	10	150
④	12.5	10	80	10				120
⑤	12.4	10	90					100
1	12.2	—	—	—	—	—	—	—
2	12.2	—	—	—	—	—	—	—
3	11.4	—	—	—	—	—	—	—
4	11.1	—	—	—	—	—	—	—
5	10.9	—	—	—	—	—	—	—
6	11.2	—	—	—	—	—	—	—
7	12.2	—	—	—	—	—	—	—
8	12.5	—	—	—	—	—	—	—
9	12.8	—	—	—	—	—	—	—
10	12.7	—	—	—	—	—	—	—

注) 転石は長径約10cm以上、礫は長径約10cm未満、Co. はコンクリート片を示す。

+は5%未満を示す。

水深はダイバーが携行するダイブコンピュータにより計測した値である。

調査時刻：11：00～12：00、平均潮位：約0.9m

調査地点1～10は水深のみを計測した。

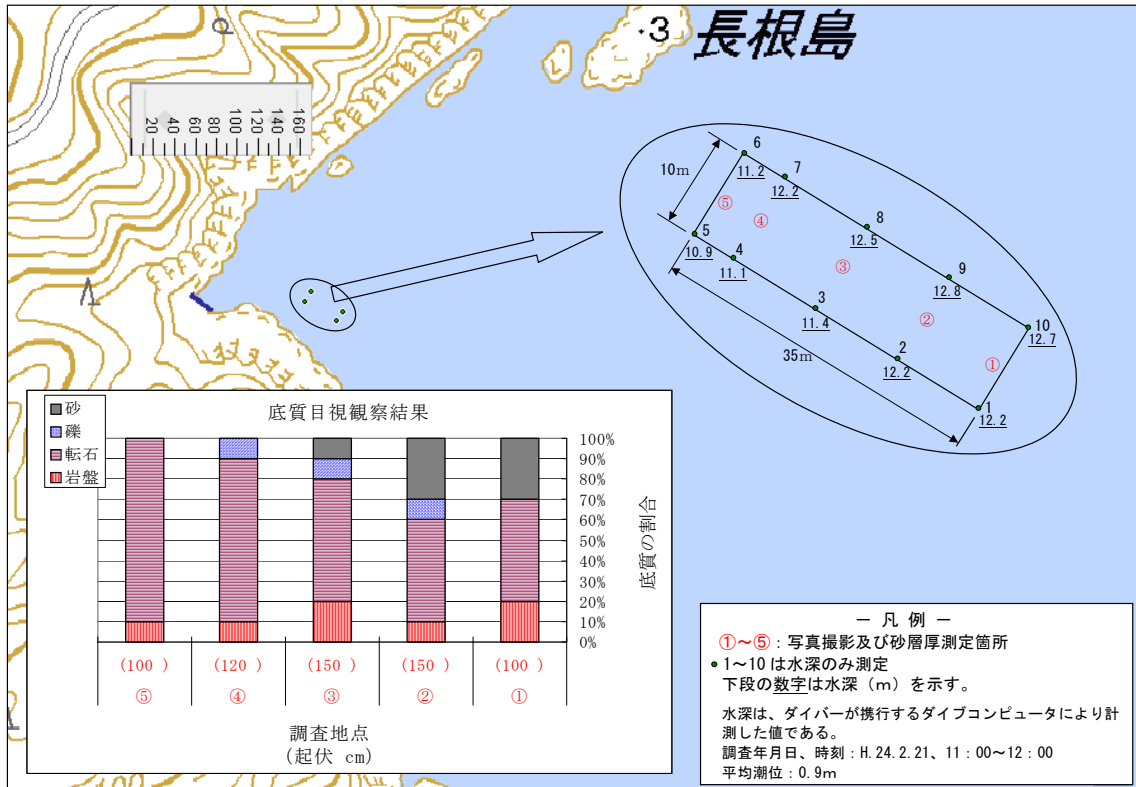


図 2.34 各調査地点の底質の状況 (大槌海域)

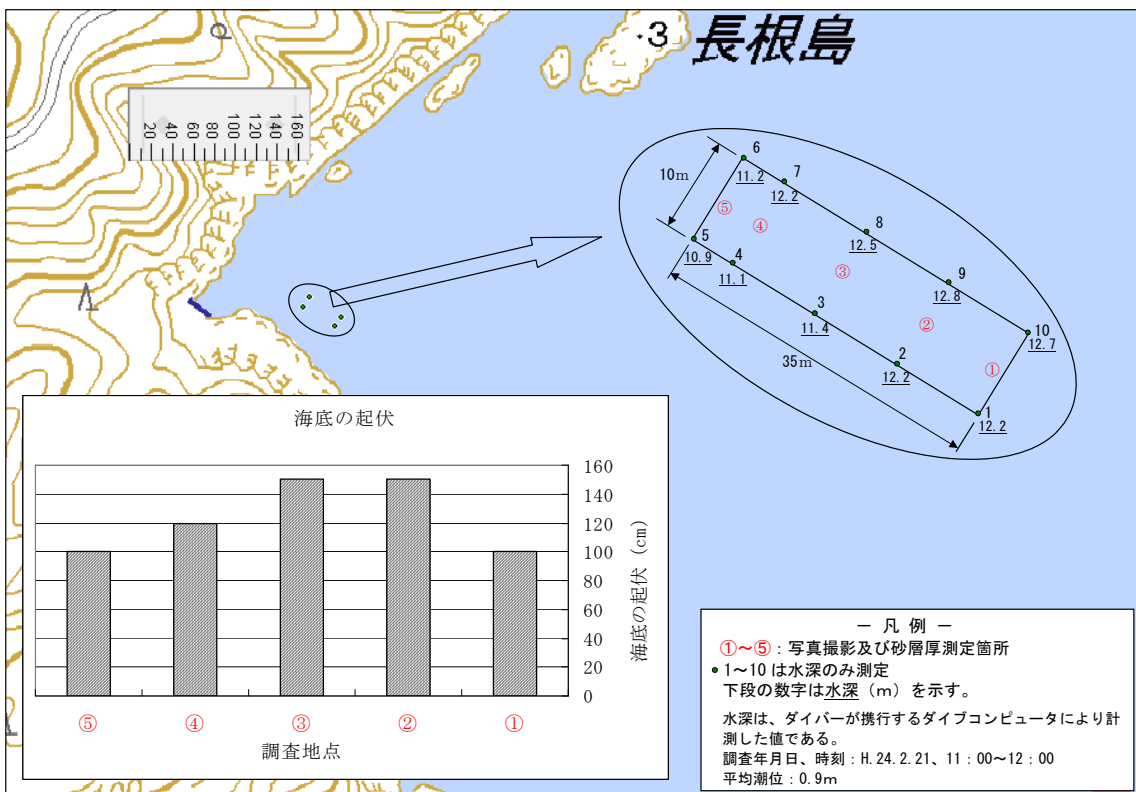


図 2.35 海底の起伏の状況 (大槌海域)

(c)魚介類調査

調査地点①～⑤における主な植物及び大型底生動物の目視観察結果を表 2.34 に示す。

植物は5地点中4地点で観察され、マコンブ、ウガノモク、ケウルシグサ及びアカバギンナンソウの4種が観察されたが、ウガノモクが被度10～20%、マコンブが5～10%とやや多く生育していた。

大型底生動物では、殻径約6cm以上のやや大型のキタムラサキウニが調査地点③～⑤で $m^2$ 当たり5～6個と多く、殻長9cm以上のエゾアワビが調査地点②、③で $m^2$ 当たり0.5～1個の密度で生息していた。その他の動物ではオオコシダカガンガラが観察されたが、量的には少ない。なお、魚類は観察されなかった。

表 2.34 魚介類目視観察結果（大槌海域）

調査地点	水深 (m)	主な植物被度	観察された主な底生動物 (個/ $m^2$ )
①	11.1	ウガノモク20%、マコンブ5%、ケウルシグサ5% アカバギンナンソウ+	キタムラサキウニ=0.1
②	11.6	マコンブ10%、ウガノモク10%、ケウルシグサ5% アカバギンナンソウ5%	エゾアワビ1、キタムラサキウニ=2、オオコシダカガンガラ1
③	11.9	ケウルシグサ+、マコンブ+	エゾアワビ0.5、キタムラサキウニ=5
④	12.5	ケウルシグサ+	キタムラサキウニ=5
⑤	12.4	なし	キタムラサキウニ=6
1	12.2	—	—
2	12.2	—	—
3	11.4	—	—
4	11.1	—	—
5	10.9	—	—
6	11.2	—	—
7	12.2	—	—
8	12.5	—	—
9	12.8	—	—
10	12.7	—	—

注) 水深はダイバーが携行するダイブコンピュータにより計測した値である。

調査時刻：11：00～12：00、平均潮位：約0.9m

調査地点1～10は水深のみを計測した。

+は5%未満を示す。

(d) 増殖礁ブロックの設置について

全体的に起伏はあるが、比較的平坦な場所が多く、潜水夫の誘導により増殖礁ブロックの設置は可能である。

また、マコンブやホンダワラ類等のアワビやウニの餌料海藻がやや多く生育している事から、ブロックの設置により海藻類の着生が期待できる（写真1）。



写真1 大槌海域の状況



②岩手県大槌地区野島海域

(a) 調査地点

調査地点は、図 2.36 に示す大槌地区の野島西側の海域で、目視観察及び水中写真撮影を 5 地点、水深計測を 10 地点、合計 15 地点で調査を行なった。調査範囲 4 角の緯度経度は表 2.35 に示すとおりである。

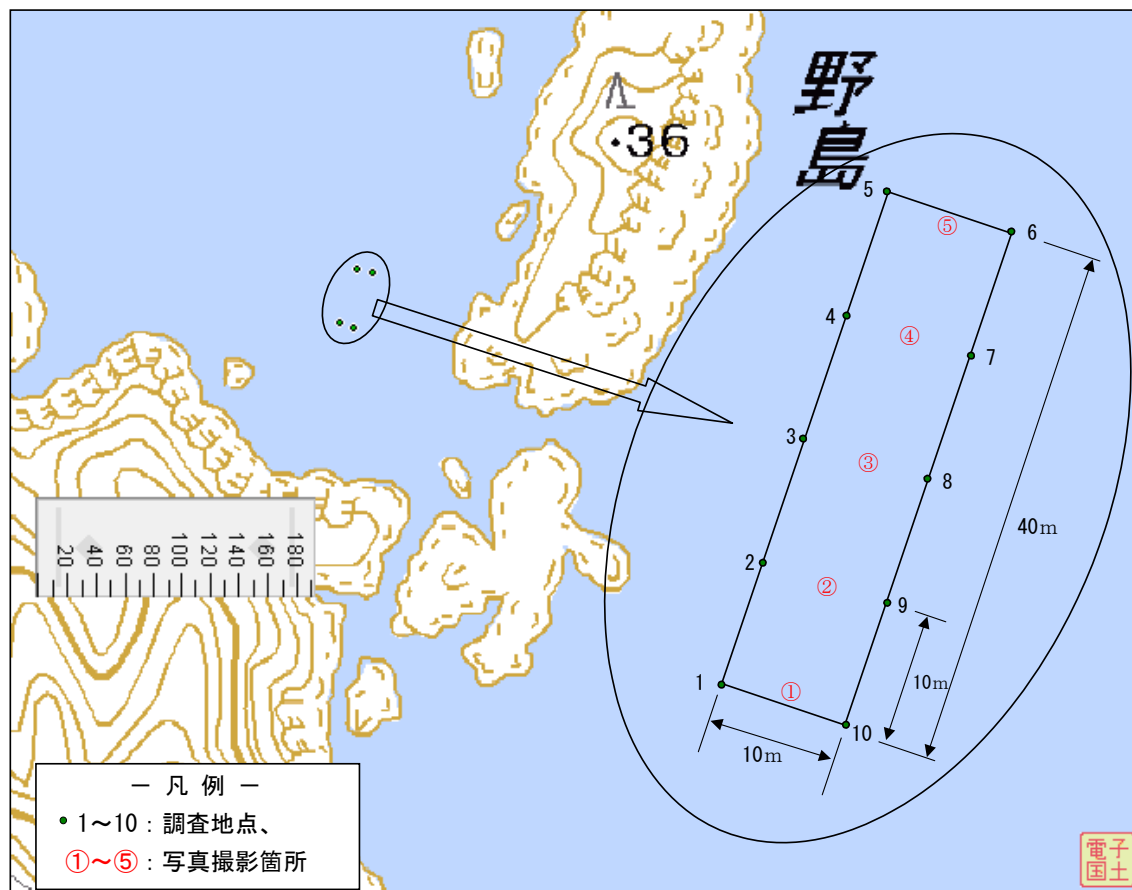


図 2.36 調査地点（野島海域）

表 2.35 各調査地点の緯度経度

地区	地点	北緯			東経			水深 (m)
		°	'	"	°	'	"	
野島	10	39	22	43.79	141	57	58.27	4.5
	1	39	22	43.89	141	57	57.86	9.1
	5	39	22	45.13	141	57	58.39	3.8
	6	39	22	45.03	141	57	58.80	4.8

注) 水深はダイバーが携行するダイブコンピュータにより計測した値である。

調査年月日、時刻：H. 24. 2. 21、野島9：00～10：30、平均潮位：約0.7m

(b) 底質調査

各調査地点における底質の目視観察結果を表 2. 36、図 2. 37、および図 2. 38 に示す。

表 2. 36 に示すように、調査地点の水深は約 5m～9m で、転石の占める割合が 70～100% と多く、岩盤が 10～30%、礫及び砂が 5% で点在分布する地点もある。海底の起伏は最大で 120～170cm と高い。砂層厚は何れも 10cm 未満である。

なお、各地点でコンクリート片が観察された。

表 2. 36 底質等目視観察結果（野島海域）

調査地点	水深 (m)	底質 (%)				Co.	砂層厚 (cm)	起伏 (cm)
		岩盤	転石	礫	砂			
①	4.6	30	70			+		130
②	6.2	10	80	5	5	+	-	170
③	6.5	10	80	5	5	+	-	150
④	7.7		100			+		150
⑤	9.0		95	5		+		120
1	4.5	-	-	-	-	-	-	-
2	7.0	-	-	-	-	-	-	-
3	7.3	-	-	-	-	-	-	-
4	8.3	-	-	-	-	-	-	-
5	9.1	-	-	-	-	-	-	-
6	8.7	-	-	-	-	-	-	-
7	7.0	-	-	-	-	-	-	-
8	6.0	-	-	-	-	-	-	-
9	5.5	-	-	-	-	-	-	-
10	4.8	-	-	-	-	-	-	-

注) 転石は長径約10cm以上、礫は長径約10cm未満、Co. はコンクリート片を示す。

+は5%未満を示す。

水深はダイバーが携行するダイブコンピュータにより計測した値である。

調査時刻：9：00～10：30、平均潮位：約0.7m

調査地点1～10は水深のみを計測した。

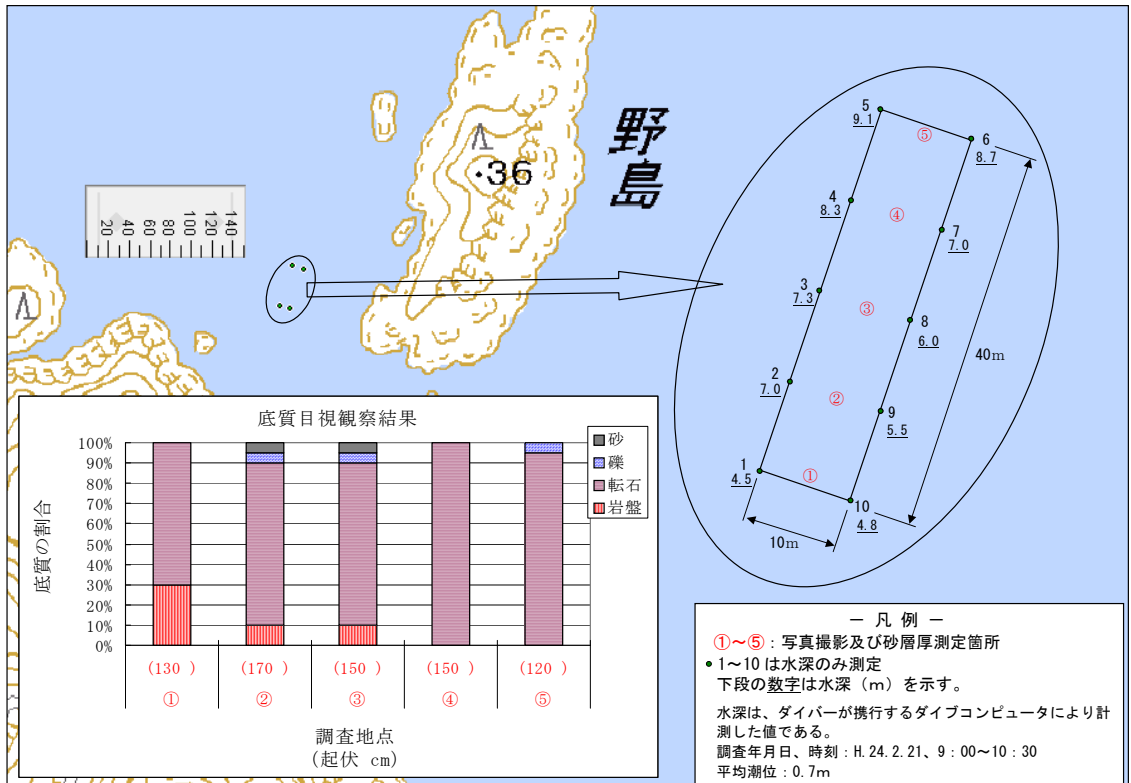


図 2.37 各調査地点の底質の状況（野島海域）

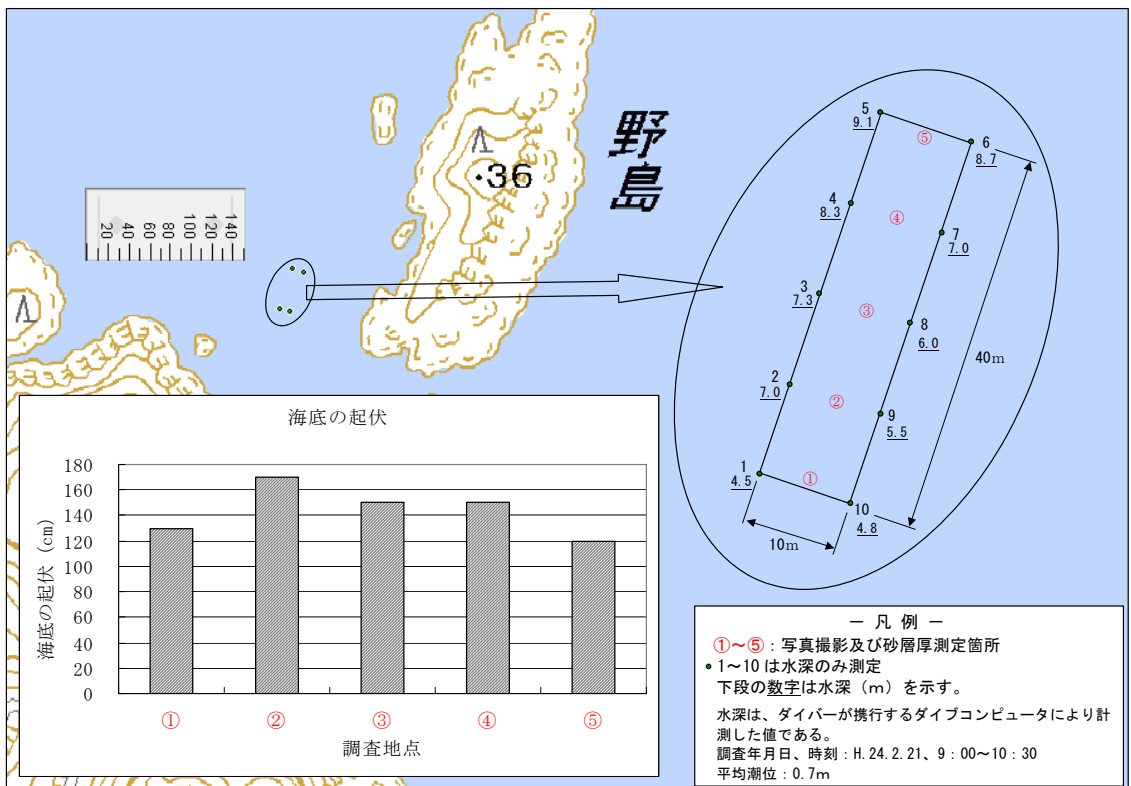


図 2.38 海底の起伏の状況（野島海域）

(c)魚介類調査

調査地点①～⑤における主な植物及び大型底生動物の目視観察結果を表 2.37 に示す。

植物は5地点中4地点で観察され、アオサ属、フクロノリ、マコンブ、スジメ、アカモク、フシスジモク及びアカバギンナンソウの7種が観察されたが、①、②でホンダワラ類が被度35～70%と多く、マコンブが10～20%とやや多く生育していた。全体の合計被度は約10～90%と濃密な藻場が形成されている。

大型底生動物では、殻径約6cm以上のやや大型のキタムラサキウニが③～⑤でm<sup>2</sup>当たり2～5個と多く、オオコシダカガンガラが2～20個とやや多く生息していた。また、エゾアワビ、エゾバフンウニが観察されたが、何れも量的には少ない。なお、魚類は観察されなかった。

表 2.37 魚介類目視観察結果（野島海域）

調査地点	水深 (m)	主な植物被度	観察された 主な底生動物 (個/m <sup>2</sup> )
①	4.6	アカモク50%、フシスジモク20%、マコンブ <sup>+</sup> 20% スジメ+、アカバギンナンソウ+	エゾアワビ <sup>+</sup> 0.5、オオコシダカガンガラ20
②	6.2	アカモク25%、フシスジモク10%、マコンブ <sup>+</sup> 10% スジメ+、フクロノリ+、アサ属+、アカバギンナンソウ+	オオコシダカガンガラ15、エゾアワビ <sup>+</sup> 0.1未満 エゾバフンウニ=0.1未満
③	6.5	アサ属20%、アカモク+、フシスジモク+ アカバギンナンソウ+	キタムラサキウニ=2、オオコシダカガンガラ2 エゾバフンウニ=0.1未満
④	7.7	アサ属30%	キタムラサキウニ=3、エゾバフンウニ=0.5
⑤	9.0	アサ属10%	キタムラサキウニ=5、エゾバフンウニ=1、マナコ0.1未満
1	4.5	—	—
2	7.0	—	—
3	7.3	—	—
4	8.3	—	—
5	9.1	—	—
6	8.7	—	—
7	7.0	—	—
8	6.0	—	—
9	5.5	—	—
10	4.8	—	—

注) 水深はダイバーが携行するダイブコンピュータにより計測した値である。

+は5%未満を示す。

調査時刻：9：00～10：30、平均潮位：約0.7m

調査地点1～10は水深のみを計測した。

(d) 藻礁ブロックの設置について

全体的に起伏が大きく平坦な箇所が少ないため、増殖礁ブロックの安定的な設置場所としては、必ずしも適地とは言えない。

また、マコンブやホンダワラ類等が既に濃密な藻場を形成しており、アワビやウニ等の餌料等の環境が整った漁場と考えられる（写真2）。

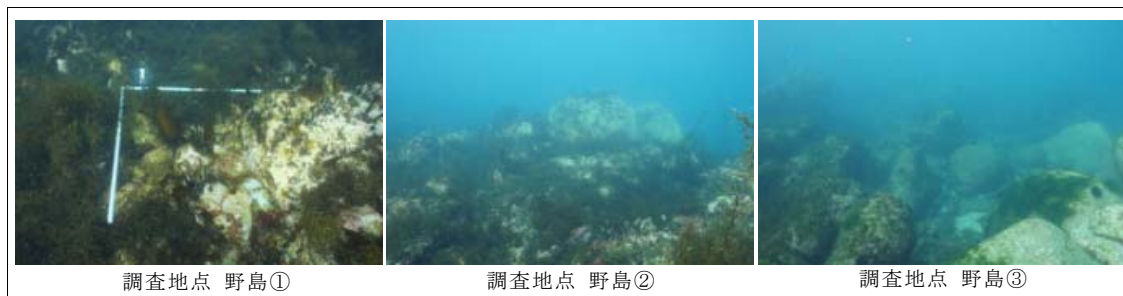


写真2 野島海域の状況

③岩手県田老地区

(a) 調査地点

調査地点は、図 2.39 に示す田老漁港東防波堤と沖防波堤の間で、目視観察及び水中写真撮影を 10 地点、水深計測を 24 地点、合計 34 地点で調査を行なった。調査範囲 4 角の緯度経度は表 2.38 に示すとおりである。

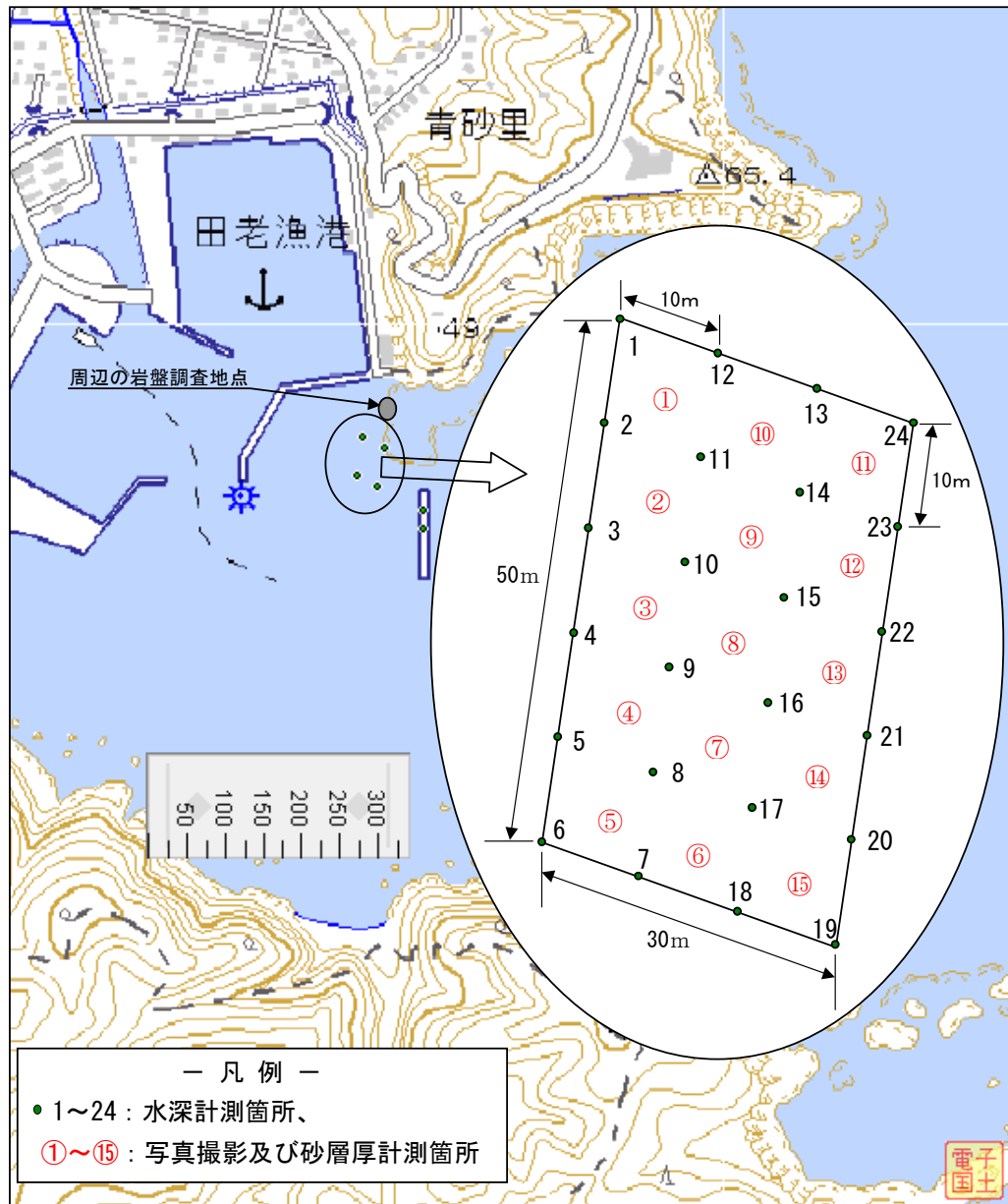


図 2.39 調査地点 (田老地区)

表 2.38 各調査地点の緯度経度（田老地区）

地区	地点	北緯			東経			水深 (m)
		°	'	〃	°	'	〃	
田老	1	39	43	55.33	141	58	40.39	9.9
	24	39	43	54.83	141	58	41.49	9.8
	19	39	43	53.22	141	58	41.10	10.5
	6	39	43	53.72	141	58	40.00	9.7

注) 水深はダイバーが携行するダイブコンピュータにより計測した値である。  
調査時刻：9：00～11：00、平均潮位：約0.9m

(b) 底質調査

各調査地点における底質の目視観察結果を表 2.39、および図 2.40 に示す。

表 2.39 に示すように、調査地点の水深は約 10m～11m、底質は全て砂で、砂層厚は 50～100cm 以上であった。

表 2.39 底質等目視観察結果（田老地区）

調査地点	水深 (m)	底質 (%)				調査地点	水深 (m)	底質 (%)				砂層厚 (cm)
		岩盤	転石	礫	砂			岩盤	転石	礫	砂	
1	9.9				100	①	9.9				100	90
2	9.8				100	②	9.8				100	90
3	10.0				100	③	10.0				100	100以上
4	9.9				100	④	9.9				100	70
5	9.8				100	⑤	9.7				100	55
6	9.7				100	⑥	10.3				100	100以上
7	10.0				100	⑦	10.1				100	60
8	10.0				100	⑧	10.2				100	100以上
9	10.0				100	⑨	9.6				100	50
10	10.1				100	⑩	9.8				100	60
11	9.8				100	⑪	9.8				100	60
12	9.9				100	⑫	9.7				100	100以上
13	9.8				100	⑬	10.2				100	100以上
14	9.6				100	⑭	10.2				100	100以上
15	10.0				100	⑮	10.5				100	100以上
16	10.2				100							
17	10.2				100							
18	10.3				100							
19	10.5				100							
20	10.3				100							
21	10.2				100							
22	10.0				100							
23	9.7				100							
24	9.8				100							

注) 水深はダイバーが携行するダイブコンピュータにより計測した値である。  
調査時刻：9：00～11：00、平均潮位：約0.9m

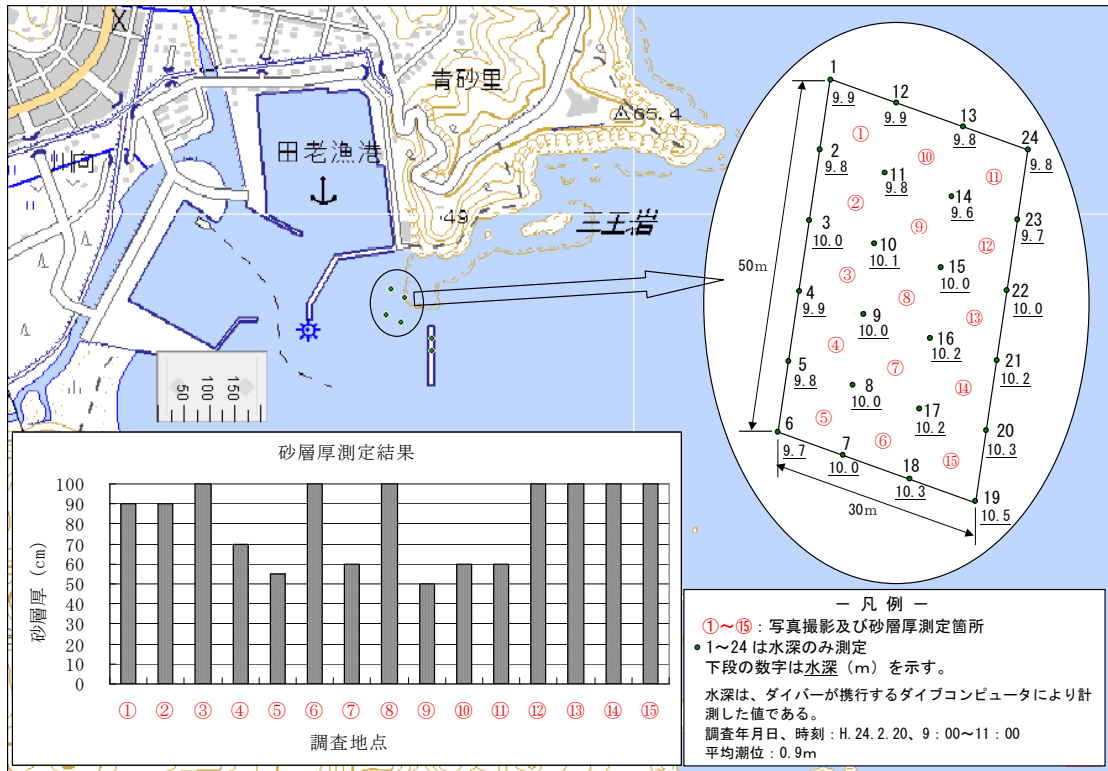


図 2.40 各調査地点の砂層厚測定結果（田老地区）

(c) 魚介類調査

調査範囲内では、魚介類は観察されなかったが、周辺の岩盤ではアオサ属、ワカメ、スジメ、マコンブ、ヌメハノリ及びモロイトグサが合計70%の被度で観察され、マコンブ（1年目藻体）が被度40%と優占していた（写真3）。

(d) 藻礁ブロックの設置について

全体的に平坦な砂地であり、藻礁ブロックの設置場所としては適地と言えるが、砂層厚が厚いことから礁体の埋没が懸念される。



写真3 田老地区の状況



④青森県鮫浦地区（八戸市）

(a) 調査地点

調査地点は、図 2.41 に示す八戸市漁港（鮫浦地先）の 1～16 の 16 地点で、各調査地点の緯度経度は表 2.40 に示すとおりである。

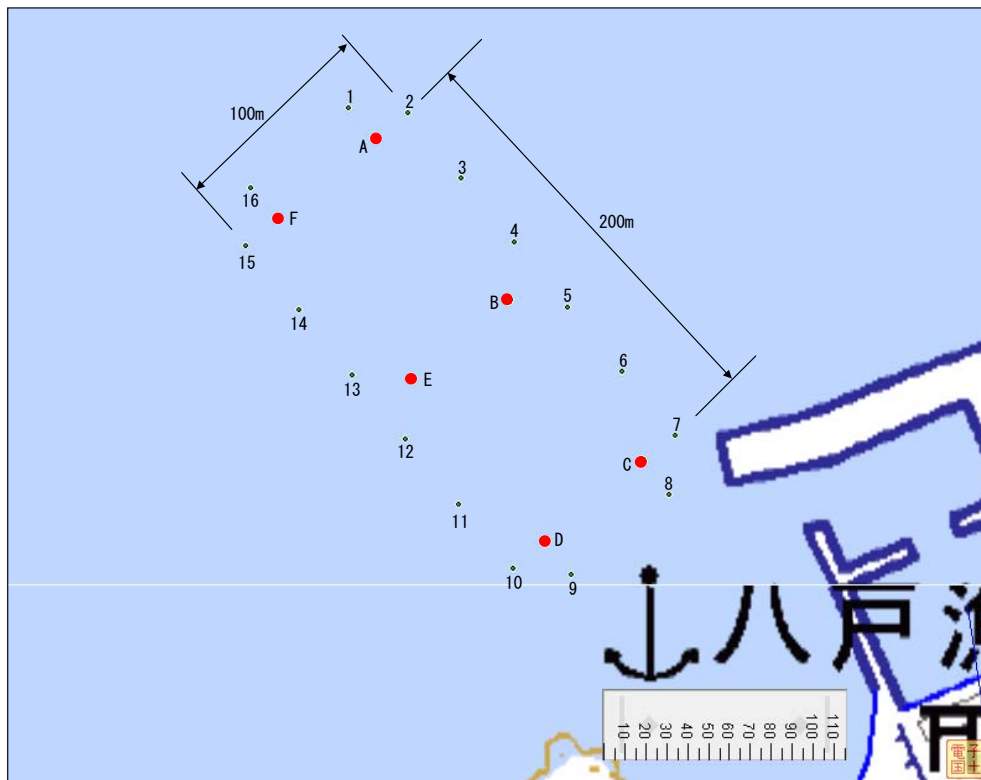


図 2.41 調査地点（鮫浦地区）

表 2.40 各調査地点の緯度経度（鮫浦地区）

調査地点	緯度経度	
	北緯	東経
1	40° 32' 37.44750"	141° 33' 41.78742"
2	40° 32' 37.35811"	141° 33' 42.98374"
3	40° 32' 36.35607"	141° 33' 44.06287"
4	40° 32' 35.35403"	141° 33' 45.14199"
5	40° 32' 34.35198"	141° 33' 46.22109"
6	40° 32' 33.34994"	141° 33' 47.30020"
7	40° 32' 32.34789"	141° 33' 48.37929"
8	40° 32' 31.43525"	141° 33' 48.26207"
9	40° 32' 30.20042"	141° 33' 46.29184"
10	40° 32' 30.28983"	141° 33' 45.09555"
11	40° 32' 31.29187"	141° 33' 44.01646"
12	40° 32' 32.29391"	141° 33' 42.93735"
13	40° 32' 33.29594"	141° 33' 41.85824"
14	40° 32' 34.29798"	141° 33' 40.77912"
15	40° 32' 35.30001"	141° 33' 39.69999"
16	40° 32' 36.21264"	141° 33' 39.81716"

(b) 底質調査

各調査地点における底質の目視観察結果を表 2. 41、図 2. 42、および図 2. 43 に示した。

調査地点の水深は約 8m～17m で、底質は沖側では砂が卓越するが岸側では起伏が 20cm～300cm 岩盤や転石が多く分布する。砂層厚は 20cm～80cm の範囲であった。

なお、養殖用アンカーブロックが 3 地点で、防波堤根固めブロック及び漁網が絡みついた中空三角ブロックが各々 1 地点で確認された。（写真 a、b）

表 2. 41 底質等目視観察結果（鮫浦地区）

調査地点	水深 (m)	底質 (%)				Co.	砂層厚 (cm)	起伏 (cm)
		岩盤	転石	礫	砂			
1	17.0	5	5		90		30	10
2	17.3		5	5	90		40	10
3	16.0				100		40	なし
4	16.1	60			40	B. 1	50	170
5	13.0	40	10		50	B. 1	30	130
6	10.8	60	10		30		25	160
7	8.6	10	30		60	B. 2	40	20
8	8.7	30	20		50		20	300
9	7.6	40			60		25	20
10	8.6	10	5		85		40	120
11	8.9		20		80		40	20
12	11.4				100	B. 1、B. 3*	25	なし
13	12.7	5			95		40	20
14	14.3		5		95		20	なし
15	15.4				100		80	なし
16	17.0				100		45	なし

注) 転石は長径約10cm以上、礫は長径約10cm未満、Co. は調査地点周辺のコンクリートを示す。

B. 1は養殖用アンカーブロック（写真1）、B. 2は防波堤根固めブロック、B. 3は三角中空ブロック（写真2）を示す。

\*は漁網残骸（写真2）が絡み付いている。被度は5%未満を示す。  
水深はダイバーが携行するダイブコンピュータにより計測した値である。  
調査時刻：9：00～11：00、平均潮位：約1.1m



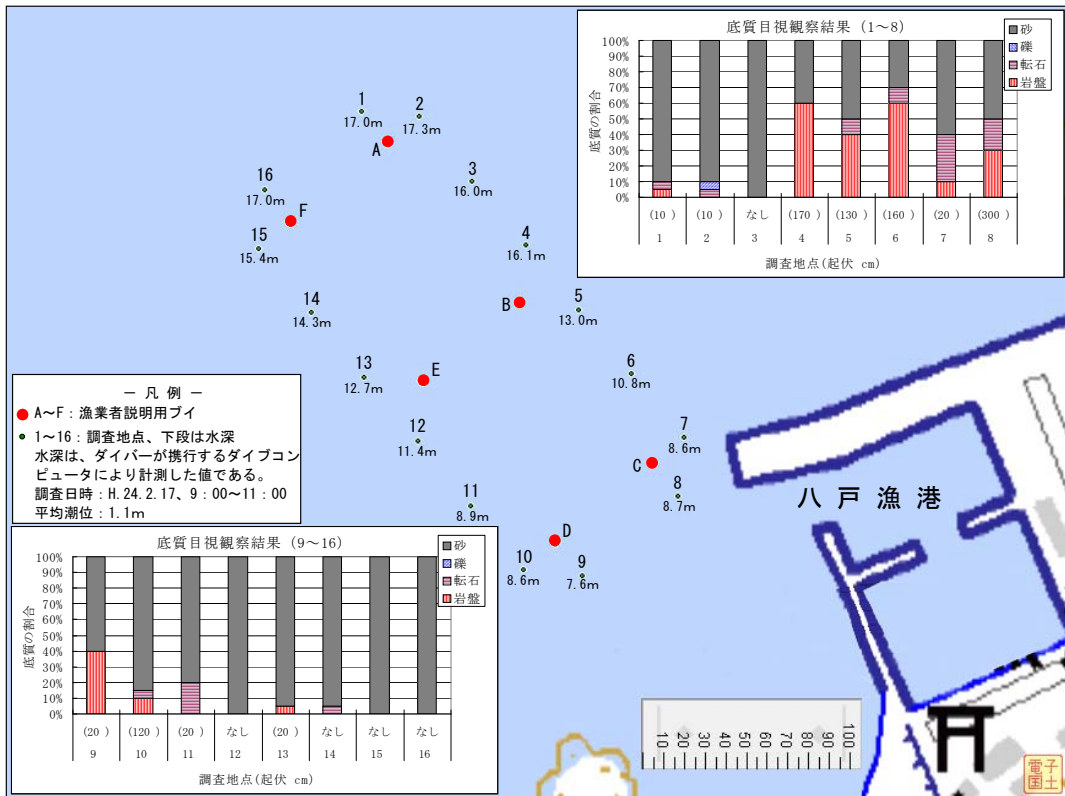


図 2.42 海底の起伏の状況 (鮫浦地区)

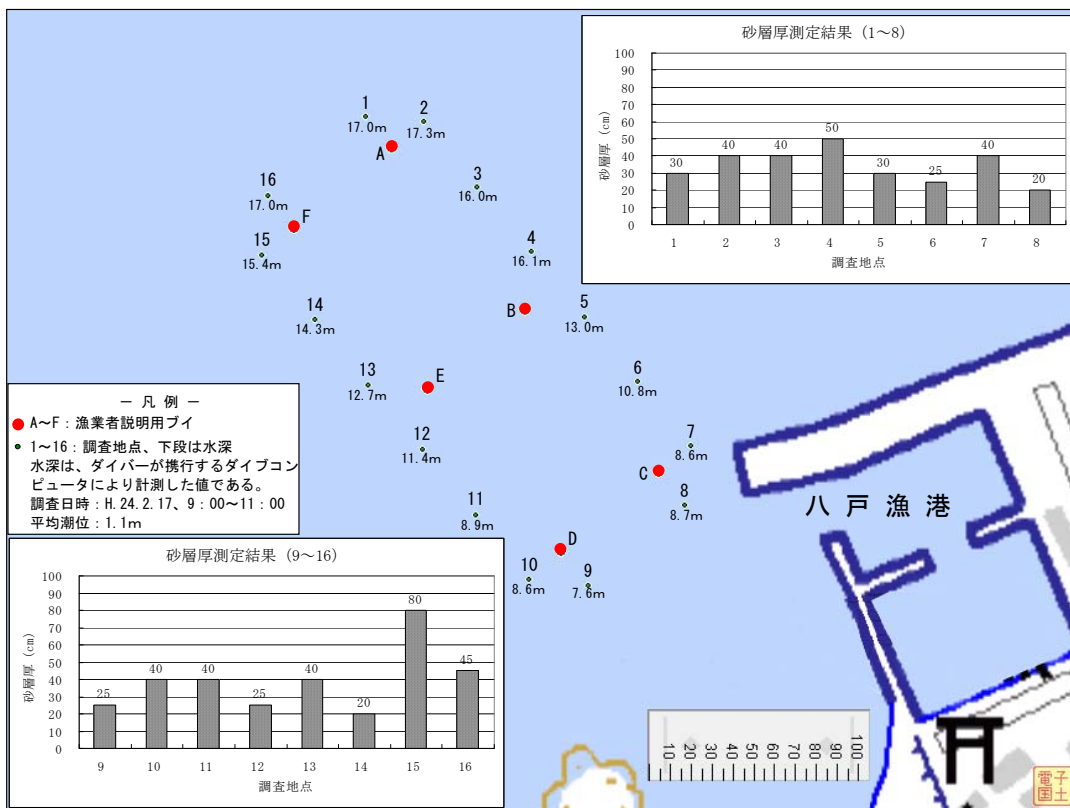


図 2.43 砂層厚測定結果 (鮫浦地区)

(c)魚介類調査

各調査地点における主な植物及び大型底生動物の目視観察結果を表 2.42 に示す。

植物は岸側の 5 地点で、ヒラキントキ、ハリガネ及び有節石灰藻類が観察されたが、ヒラキントキが被度 10%～20%と比較的多く生育していた。

大型底生動物は、マヒトデ、イトマキヒトデ、ヤドカリ類等が観察されたが、何れも量的には少なかった。なお、魚類は観察されなかった。

表 2.42 魚介類目視観察結果（鮫浦地区）

調査地点	水深 (m)	主な植物被度	観察された主な底生動物
1	17.0		マヒトデ
2	17.3		マヒトデ、イトマキヒトデ
3	16.0		ヤドカリ類
4	16.1		マヒトデ、イトマキヒトデ、ヤドカリ類
5	13.0		マヒトデ、イトマキヒトデ、ヤドカリ類
6	10.8	ヒラキントキ/30%	マヒトデ、イトマキヒトデ
7	8.6	ヒラキントキ/20%、有節石灰藻/+	エゾアワビ、マヒトデ
8	8.7	ヒラキントキ/10%	マヒトデ
9	7.6	ヒラキントキ/20%、有節石灰藻/5%、ハリガネ/+	
10	8.6	ヒラキントキ/10%	イトマキヒトデ
11	8.9		イトマキヒトデ
12	11.4		マヒトデ
13	12.7		
14	14.3		マヒトデ
15	15.4		
16	17.0		

注) 水深はダイバーが携行するダイブコンピュータにより計測した値である。

調査時刻：9：00～11：00、平均潮位：約1.1m

(d)養殖用アンカーブロックの設置について

沖側の調査地点は平坦な砂地が多く、ブロックの設置には適しているが、水深が約 14m～17mとやや深く海藻類の生育には好条件とは言えない。

一方、岸側の調査地点 4～10 では、高さ 20cm～300cm の岩盤や転石が分布するため、ブロックの設置に際しては、潜水夫による誘導が必要であるが、水深が比較的浅く植食性動物が少ないことから海藻類の生育が期待できる（写真 4）。



写真 4 八戸地区の状況

### (3) ブロック設置後調査結果

#### ① 岩手県大槌地区大槌海域

野島海域には既に藻場が形成されていることから増殖礁ブロック設置の適地とは言えない。一方、大槌海域では底質が岩盤及び転石から成るが野島地区と比べると起伏が少なく、マコンブやホンダワラ類等のアワビやウニの餌料海藻がやや多く生育している事から、増殖礁ブロックの設置により海藻類の着生が期待できる。これらの条件から、礁体設置場所は大槌海域とした。

#### (a) 礁体設置場所

礁体設置場所は、図 2.44 に示す大槌地区の長根島から南西約 200m の海域で、設置範囲は 47.5m × 12m の範囲である。

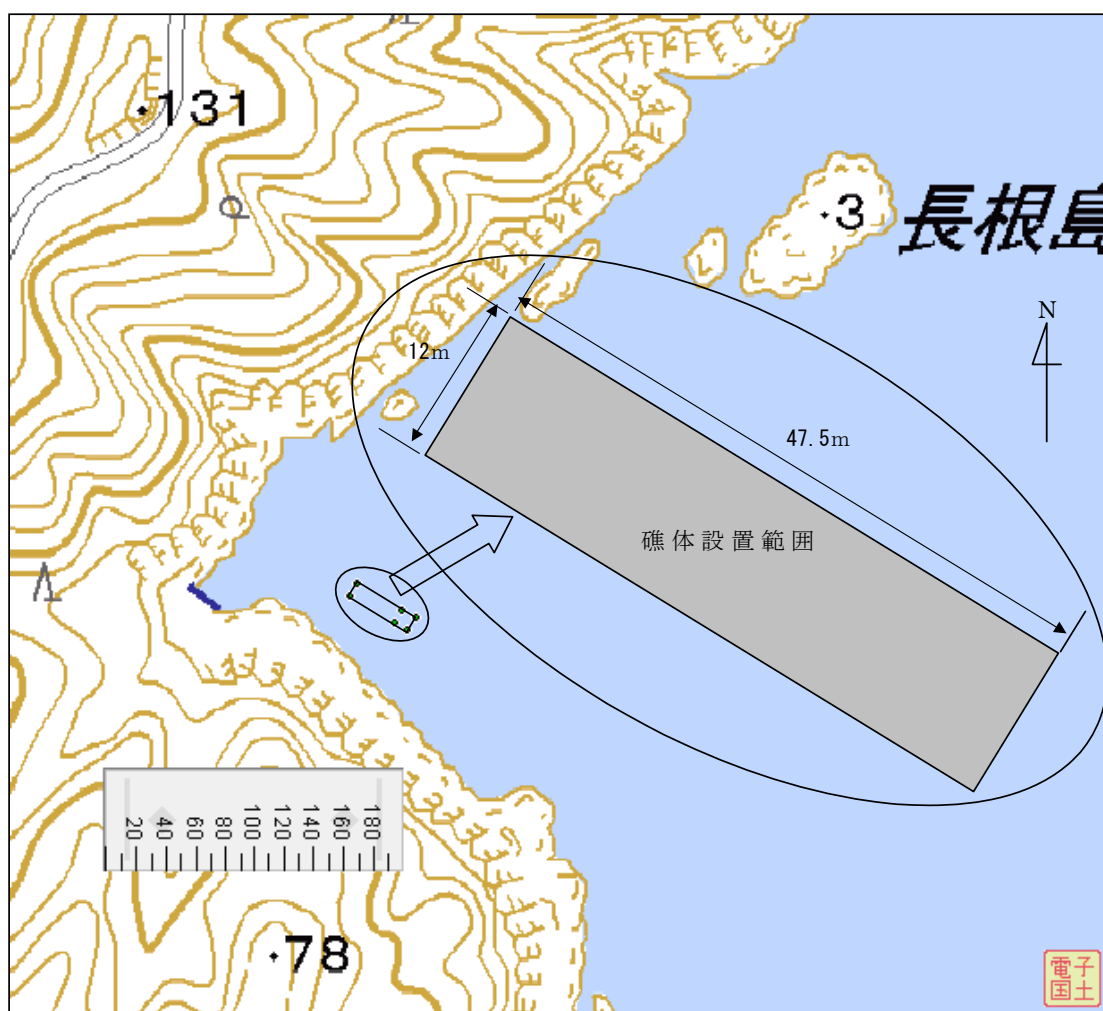


図 2.44 礁体設置場所及び範囲（大槌地区）

(b) 礁体の設置状況

礁体の配置を図 2.45 に、設置状況の概要を図 2.46 に示した。

観察した礁体は 36 基であるが、No.7 礁体の吊筋の一部が破損していたが、本体には問題が無い。また、他の礁体に破損は認められなかった。なお、大型の転石を避けるため一部で設置予定地点とはやや異なる。

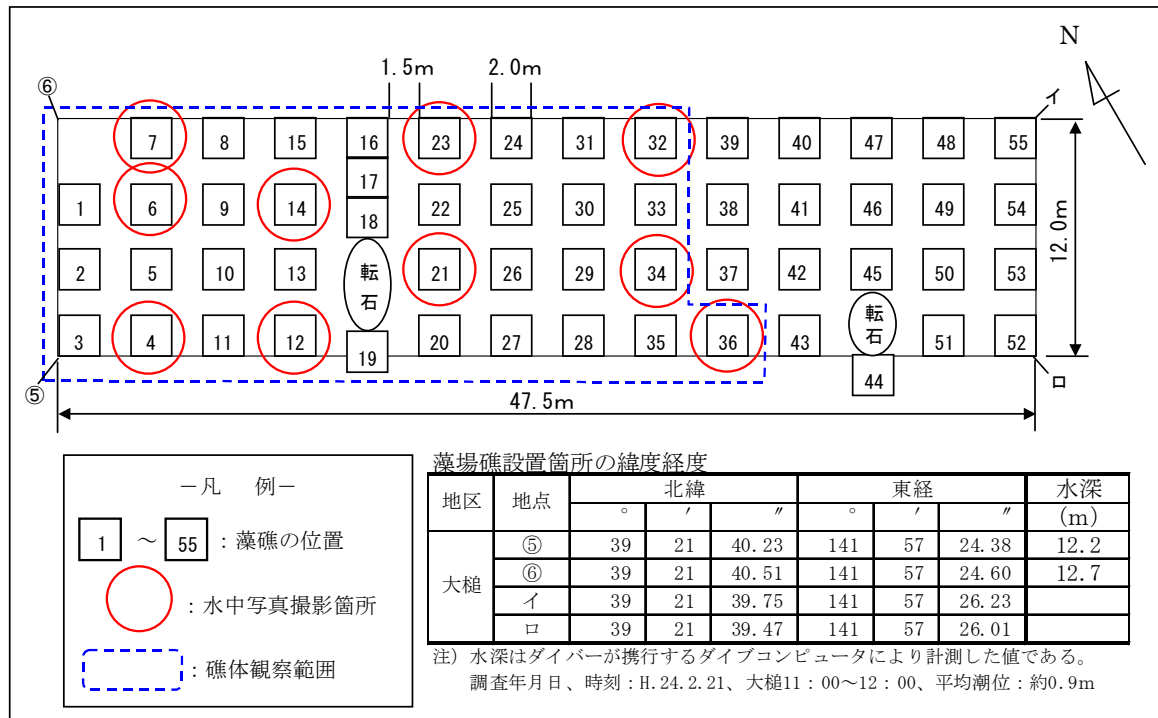


図 2.45 礁体の配置及び調査地点（大槌地区）

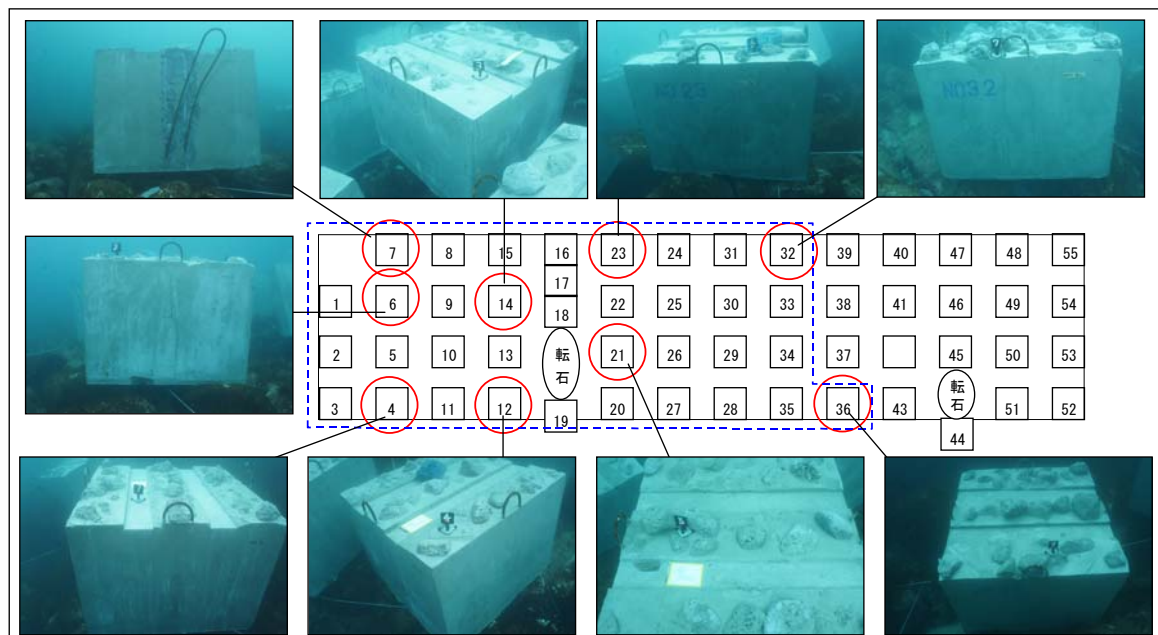


図 2.46 礁体設置状況の概要（大槌地区）

## ②岩手県田老地区

### (a) 礁体設置場所

礁体の設置場所は、図 2.47 に示す田老漁港東防波堤と沖防波堤の間で、事前調査により決定した区域のうち、30.7m×26.5mの範囲である。

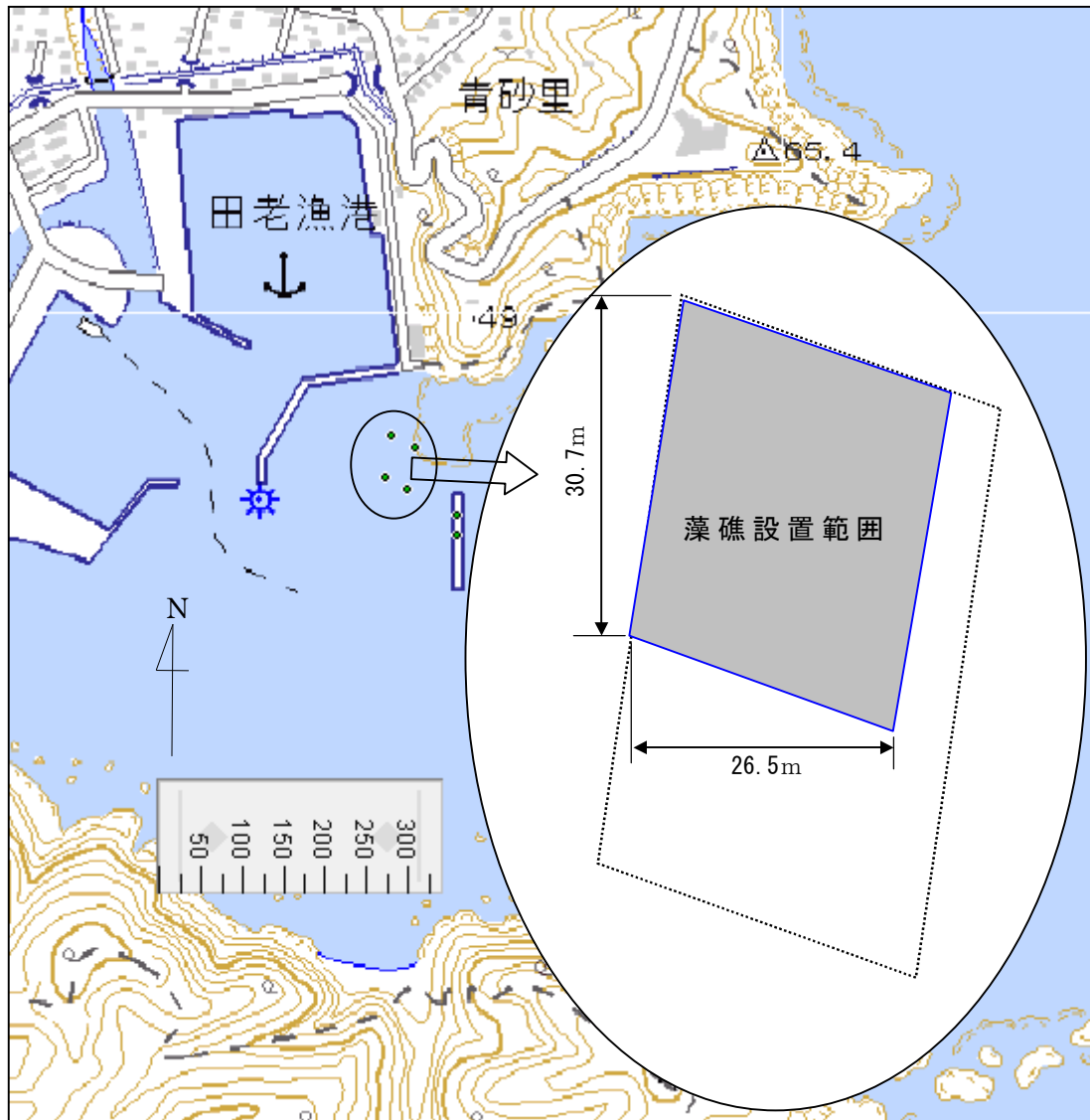


図 2.47 礁体設置場所（田老地区）

(b) 礁体の設置状況

礁体の配置を図 2.48 に、設置状況の概要写真を図 2.49 に示す。

設置した 71 礁体は全て正常に設置されており、破損は認められなかった。

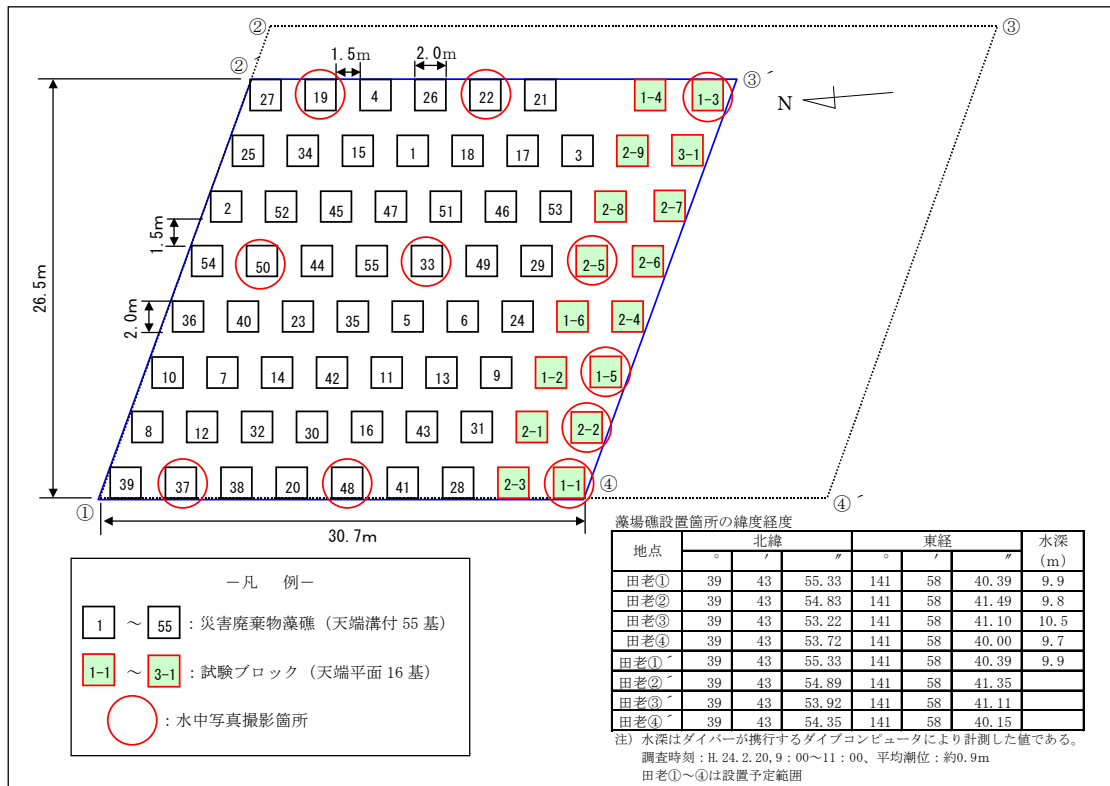


図 2.48 礁体設置地点及び調査地点 (田老地区)

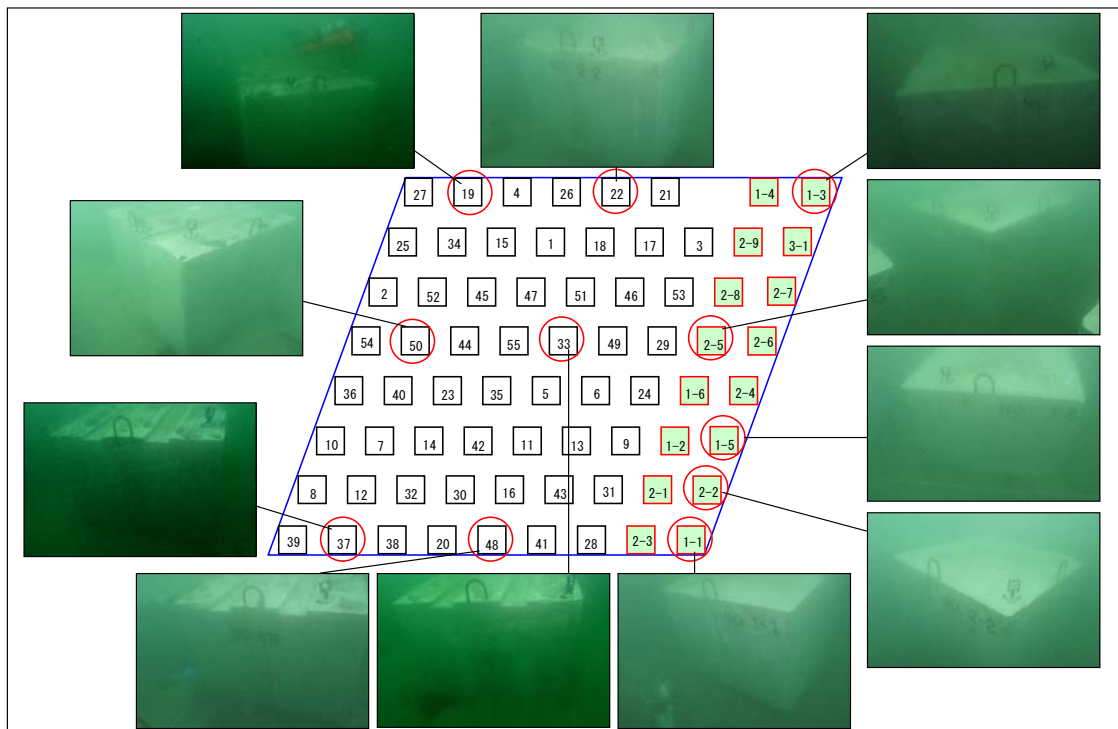


図 2.49 礁体設置状況の概要 (田老地区)



### ③青森県鮫浦地区

#### (a) 礁体設置場所

礁体の設置場所は、図 2.50 に示す八戸市漁港（鮫浦地先）の約 300m×約 250m の範囲である。なお、国土交通省による海底ケーブル設置のため、No.1、2、15、16 は設置位置を当初設置予定位置よりほぼ南東へ 20m 移動した。

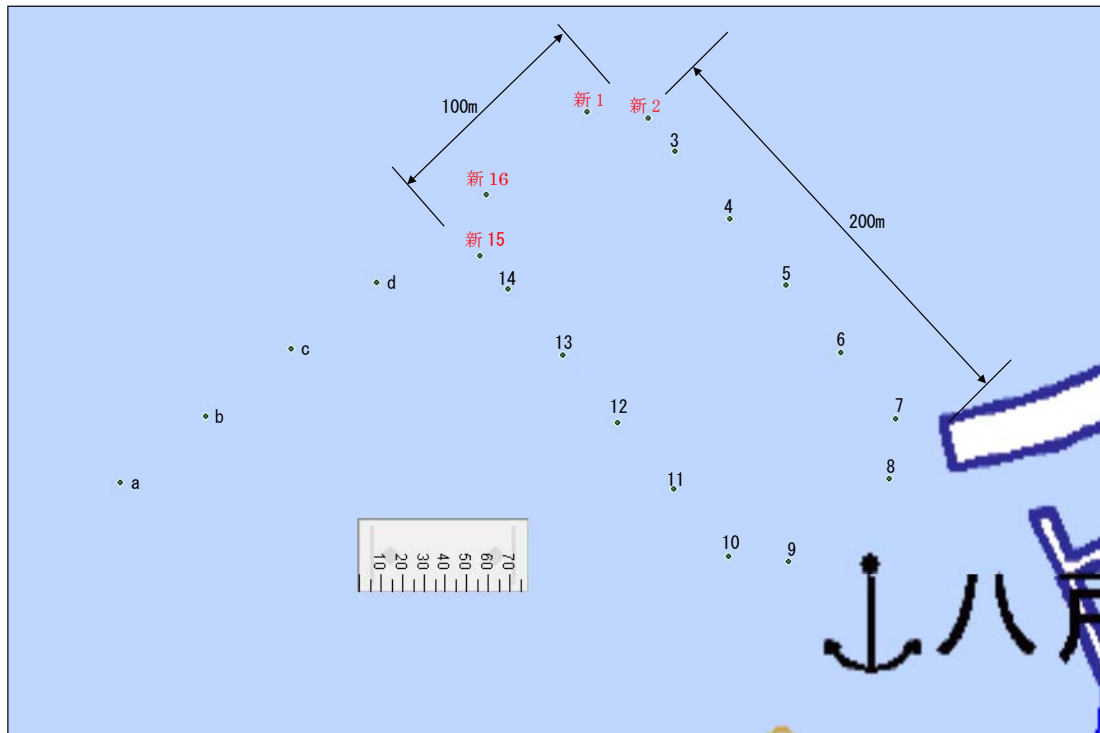


図 2.50 礁体設置場所（鮫浦地区）

#### (b) 礁体の設置状況

礁体の配置を図 2.51 に、設置状況の概要写真を図 2.52 に示す。

設置した 20 礁体は概ね正常に設置されており、破損は認められなかった。

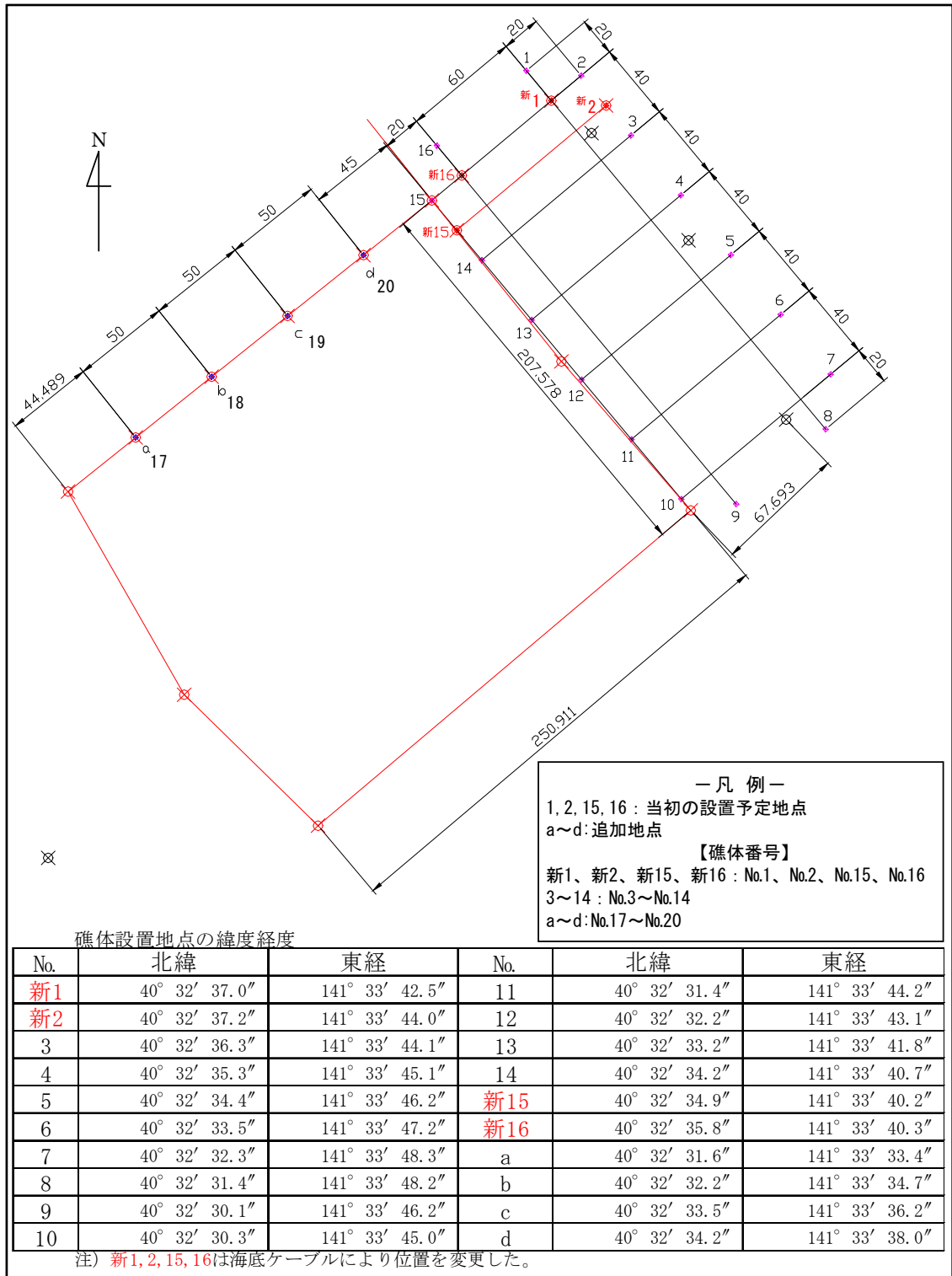


図 2.51 礁体の設置位置 (鮫浦地区)

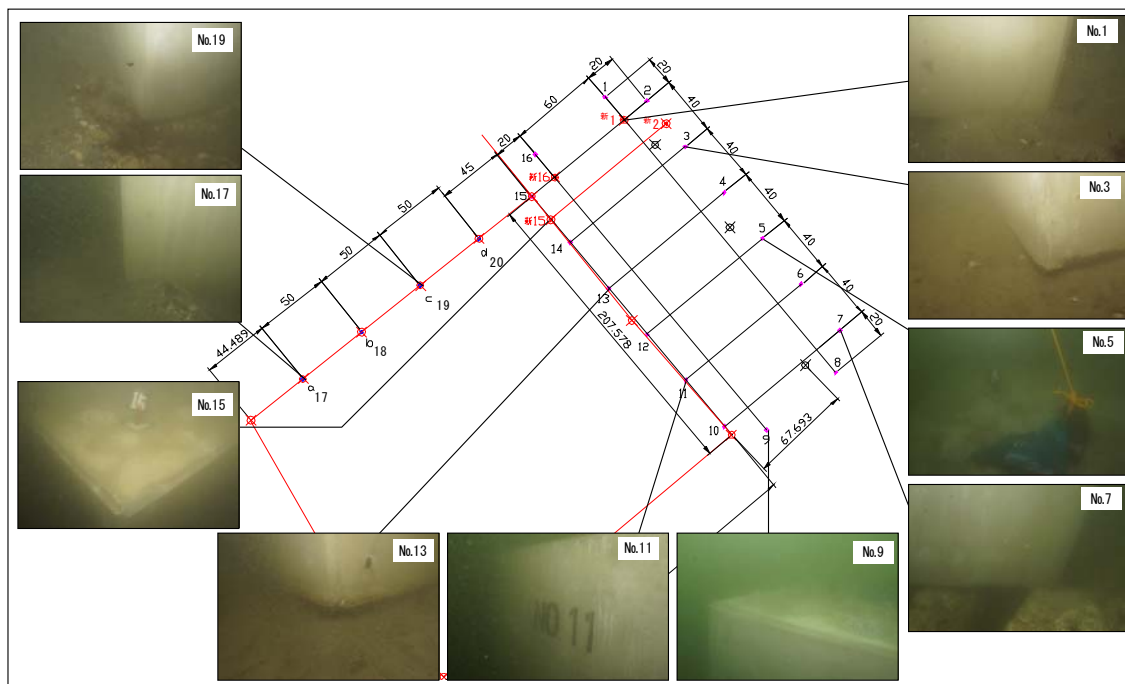


図 2.52 礁体設置状況の概要（鮫浦地区）

## 5 漁場施設への災害廃棄物等再生利用の手引き

本調査の結果を踏まえ、各自治体が災害廃棄物等を再生利用して漁場造成を実施する際に参考になるように、基本的な考え方や留意事項について、「漁場施設への災害廃棄物等再生利用の手引き」を成果としてとりまとめた。

## VII. 考察

本調査の成果である「漁場施設への災害廃棄物等再生利用の手引き」を参考として、被災地における災害廃棄物等の処理と漁場の回復が促進されることが期待される。

## VIII. 摘要

- ・ 本調査により、災害廃棄物等の種類の中で占める割合が 20%と比較的大きく、再生利用が比較的容易と思われるコンクリートがらに着目し、コンクリートがらをコンクリートの粗骨材として再生利用するのが有望であり、また実証試験によりコンクリートがらを粗骨材として製作した着定基質やアンカーブロックの漁場施設への適用性が明らかになった。
- ・ 従来のコンクリートがらを産業廃棄物として処分する場合と比べ、粗割りのコンクリートがらをそのまま再利用することで迅速、かつ安価に処理できること等がわかった。
- ・ 本調査の災害廃棄物等に対する様々な調査、検討の成果として「漁場施設への災害廃棄物等再生利用の手引き」をとりまとめた。

## Ⅸ. 引用文献

- 1) 環境省：平成 23 年 5 月 16 日「東日本大震災に係る災害廃棄物の処理指針」（マスタープラン）
- 2) 環境省：平成 24 年 3 月 13 日「災害廃棄物の処理に関する関係閣僚会合」資料 2-3
- 3) 環境省：平成 24 年 3 月 13 日「災害廃棄物の処理に関する関係閣僚会合」資料 2-2
- 4) 岩手県：平成 23 年 8 月 30 日「岩手県災害廃棄物処理詳細計画」
- 5) 廃棄物資源循環学会：平成 23 年 4 月 30 日「災害廃棄物分別・処理戦略マニュアル Ver. 2 Re. 1」
- 6) 運輸省第四港湾建設局（現国土交通省九州地方整備局）リサイクルワーキンググループ：「建設副産物・再資源の取扱いに関するガイドブック」
- 7) 社団法人全国沿岸漁業振興開発協会：平成 14 年度水産基盤整備生物環境調査リサイクル材を利用した魚礁の検討調査
- 8) 土木学会：平成 20 年 3 月「2007 年制定 コンクリート標準示方書【施工編】」
- 9) 土木学会：平成 10 年 11 月「コンクリート技術シリーズ 29 コンクリートと資源の有効利用」