

沿岸漁場整備開発調査委託事業（大規模砂泥域開発調査）

調査課題名 放流ケガニの保護育成礁造成技術の開発

調査実施機関 (社) 日本栽培漁業協会厚岸事業場
中川 亨(平成8～10年)
堀田 卓朗(平成8～11年)
北海道立函館水産試験場資源増殖部
宮本 建樹(平成8～9年)、
門間 春博(平成10年)
北海道立栽培漁業総合センター貝類科
干川 裕(平成8年)
菊地 和夫(平成9～10年)

調査実施年度 平成8年度～平成11年度

I 事業の概要

1 目的

平成5～7年度の3年間に、噴火湾海域の伊達市有珠地区に2基、茅部郡砂原地区に3基の直径10mの鋼製施設を設置し、海域特性総合利用技術開発調査事業が実施され、平成8年に日本栽培漁業協会によりとりまとめ、報告された。しかし、同事業では収容密度や収容齢期といった条件は考慮されておらず、解決できずに課題として残された。また、それぞれの比較試験において用いた枠取りによる面積法の生残数の推定では、天井網設置によって調査時に稚ガニが潜砂せずに逃避して枠取り調査値の誤差が大きく詳細に検討できなかった。

このため、これらの残された課題について検討するため本事業が平成8年度より4年間の補完調査として実施された。調査実施地区は、上記事業と同様である。

2 調査概要

本調査では、残された課題を詳細に解析、検討するための調査手法の課題として、(1)生残数の推定手法の確立、稚ガニの保護育成条件で残された課題として、(2)シェルターの設置効果の解明、(3)適正な収容密度、(4)適正な収容齢期があり、これら4課題が取りあげられた。また、(5)標識方法の検討は保護育成後の種苗放流にとって重要な課題であるとともに、保護育成試験においても前述の4課題の解明を行う上で有用な手法となるので課題として取りあげられた。

なお、本調査は、対象種がケガニという北海道にとって重要魚種であることから、海域特性総合利用技術開発調査委託事業では基礎生態試験の実施や資料の提供等で協力関係にあった北海道（北海道立函館水産試験場、北海道立栽培漁業総合センター）も本調査では新たに参加し、課題を分担した。

3 調査計画

調査事業開始にあたり実施課題の整理と分担を行ったが、種苗生産の不調等の理由で試験に用いる種苗の確保ができず、計画の遂行が困難となったことから、計画を変更(表1)して実施した。

平成8年度は、1)生残数の推定方法の開発を両地区で、3)適正な収容密度の検討を砂原地区で、4)適正な収容齢期の検討を両地区の比較で実施することとした。しかし、種苗の不足から3)の課題では、収容密度を若干落とした比較試験とし、4)の課題でも有珠・砂原両地区で収容密度を合わせた設定ができず、それぞれの試験区の評価にとどめた。

平成9年度には8年度の結果を受け、1) 生残数の推定方法の開発試験で、下記に記す問題点が新たに浮上し、採集手法を再度検討する事とした。また、3) 適正な収容密度の検討では種苗の不足や齢期別に実施できないこと等から、2) シェルターの効果解明と4) 適正な収容齢期の検討を行い、収容密度は両地区、各試験区とも41尾/m²とした。

平成10年度の当初計画では、シェルターの外敵防除効果の検討を齢期別に行う予定であったが、種苗生産の不調により、供試種苗の確保が困難となり、当初計画通りの試験の実施はできなくなった。近年、施設の設置経過年数とともに、保護育成試験での稚ガニの生残率が低下している傾向がみられていること、水深の浅い有珠地区では毎年多量の藻類を主とした付着生物の除去のため洗浄を余儀なくされていることなどから、施設の耐用に関する評価の調査、施設への付着生物の調査、および施設内の底質劣化状況と底質改善についての調査を行うこととした。

平成11年度には、設置施設を台船上に引き揚げ、施設の劣化状況の調査を行い、有珠、砂原両地区ともに施設上面、内面と外面の付着生物の調査を行うこととした。

表1 調査実施課題と分担

課題の項目	調査場所	取り組み年度				計画の内容
		8年	9年	10年	11年	
1) 生残数の推定手法の開発	有珠施設 砂原施設	● ○	● ○			デラリー法での生残率推定
2) シェルターの効果解明	有珠施設 砂原施設		● ○			シェルターの設置効果の要素解明
3) 適正な収容密度の検討	有珠施設 砂原施設					C ₁ ~C ₂ 、C ₂ ~C ₃ 、C ₃ ~C ₄ 齢期での密度別の飼育を実施
4) 適正な収容齢期の検討	有珠施設 砂原施設	● ○	● ○			有珠ではC ₁ ~C ₂ 齢期を、砂原では対照としてC ₃ ~C ₄ 齢期で試験する
5) 標識手法の開発	総合センター	△	△	△		パイナリーワイヤータグを用いた標識の検討
6) 施設の耐用に関する評価の調査	有珠施設 砂原施設			○ ○	○ ○	施設の耐用に関する評価の調査、施設への付着生物の調査、および施設内の底質劣化状況と底質改善についての調査

調査担当：●-函館水試 ○-日裁協 △-総合センター

II 平成8年度の調査

1 調査方法

- 1) 収容：有珠地区では6月20日に中間育成した2齢期の稚ガニ8,763尾を天井網を取付けたA施設へ収容した(図1~3)。砂原地区では8月6日に中間育成した3~4齢期の稚ガニ1,940尾をD施設、6,325尾をE施設へ収容した(図1~3)。各施設には天井網を取付け、食害を防除した。両地区とも試験期間中、1週間に1度配合飼料の給餌を行った。
- 2) 生残率調査：調査は潜水による枠取り法で行い、有珠地区は7月16~18日に、砂原地区は9月2、4、6日に行った。砂原地区では、枠取り採集が終了した翌日に、リフトポンプによる採集を試みた。
- 3) 消化管内容量調査：施設内の餌環境の把握と共食い状況の観察のため、砂原地区の稚ガニの消化管内容量調査を行った。サンプルは、施設収容時、収容15日後、生残率調査を行った27日後の稚ガニを20尾ずつ用いた。調査サンプルは個体別に、消化管内容物量を胃内容物量の空胃(0)から飽食状態(5.0)までの6段階、腸内容物量の空(0)から充満(3.0)までの4段階に分け、その和で、内容物から出現するケガニの割合を共食い率として表現するとともに、それぞれの個体の脱皮ステージ(脱皮後期、脱皮間期、脱皮前期、脱皮の4段階に分けた)も併せて調べた。
- 4) 環境調査：両地区とも期間中の水温、塩分を施設直上1m付近に設置した水温・塩分計により、連続測定した。
- 5) 成長調査：有珠地区は施設収容時に100個体、生残率調査で採集された個体から100個体を任意に抽

出して甲長の測定を行った。砂原地区はそれらに加え、消化管内容量調査で採集されたサンプルも測定した。

2 結果と考察

1) 有珠地区

- ①デラリー法による生残数の推定：種苗収容から26日後の生残率は30～40%と推定された。また同時に生残個体に対する採集個体の割合（採集率）は、50～60%と算出された。
- ②試験期間の環境：水温は、収容直後に10℃以下になったが、その後は12～15℃の範囲で推移し、生残率調査時に15℃を超えた。塩分は30.5～32.0%であった。
- ③成長：収容時の稚ガニの平均甲長は7.0mmで、2齢期が80～90%を占めていた。26日後の生残率調査時の平均甲長は9.2mmで、3齢期が90%以上を占めていた。

2) 砂原地区

- ①デラリー法による生残数の推定：収容から26日後の生残率は6～7%及び6%であった。枠取り採集翌日のリフトポンプを用いた採集では、採集密度は5.7尾/m²となり、枠取り採集より効率が高かったと考えられた。しかし、平成7年度までの採集密度20尾/m²に対しては低い値であった。
- ②成長：収容時の平均甲長は12.1mm、4齢期で、軟甲個体が25%、脱皮間近い個体が15%おり、主群の脱皮時期に当たり大きく減耗したと推測できる。26日後には5齢期に脱皮した個体が増え、6齢期の出現も見られたが、収容時の齢期構成が疎らで、早い時期の脱皮に伴い減耗し、密度が緩和され、共食い頻度が低下したため成長が進んだものと思われる。
- ③消化管内容量調査：摂餌状況は、摂餌が活発なステージで4.18～6.14と常に高い値を示し、摂餌活動がやや衰えるステージでも1.29～4.60の値を示したことから、十分な摂餌状態であったとともに、餌料環境は問題なかったと思われる。共食い率は、収容時には55%と非常に高かった。E施設では15日後でも45%の共食率で、密度、給餌の実施、シェルターの設置等の条件を考慮すると、非常に高い結果であったが、26日後では共食い率は11%と低下した。D施設では、収容密度が低い場合、15日後で全個体の13%、26日後では11%程度の共食い率であった。
- ④試験期間の環境：水温は、施設への収容後低下し、2日後には10℃以下まで低下したが、その後上昇し、試験期間中はほぼ20℃以下で推移した。塩分は30.2～32.0%の範囲内であり、生育環境としては問題なかったものとみられる。

III 平成9年度の調査

1 調査方法

- 1) 生残率の推定方法の検討：昨年度の問題点の検討から、開始時に採集枠を設置し、作業の攪乱による影響を小さくする、回数を両地区とも10回とする、シェルターの撤去と調査開始および調査と調査の間隔をできるだけあける、採集は効率を高め、枠毎の採集率を一定にするために、リフトポンプを用いる、などの改良を行った。
- 2) シェルター、天井網の効果解明：両地区でシェルター無しとシェルター設置施設の生残率の比較からシェルターの効果を検討する。砂原地区ではシェルターを設置した2施設のうち1施設に天井網を取付け、生残率の比較による食害に対するシェルターの果たす効果を検討するとともに、減耗と共食いの関連を検討する。
- 3) 適正な収容齢期の検討：有珠地区（1齢期収容）と砂原地区（3齢期収容）の生残率を比較し、検討する。
- 4) 種苗の収容：有珠地区では中間育成した1齢稚ガニ3,220尾（A施設、シェルターなし）、3,217尾（B施設、シェルターあり）を6月11日に収容した。砂原地区では3齢期稚ガニ3,200尾（C施設、シェルターあり、天井網なし）、3,200尾（D施設、シェルターなし、天井網なし）、3,194尾

(E施設、シェルターあり、天井網あり) を7月28日に収容した。両地区とも全施設に、収容期間中、ほぼ4日間隔で配合飼料の給餌を行った。

5) 生残率調査方法

- ①有珠地区：調査は収容34日後の7月15～19日に行った。前日にシェルターと給餌装置を撤去、回収し、調査は午前と午後の2回、計10回を潜水で行った。稚ガニは採集区ごとに番号札とともに袋に入れ、採集終了後に船上へ揚げた。採集個体は船上で採集区別に計数した。
- ②砂原地区：調査は収容36日後の9月2～6日まで行った。調査方法は有珠と同様である。
- 6) 成長調査：両地区とも15日後のサンプル20尾と、生残率調査で採集された個体から任意の最大100尾について甲長の測定を行った。
- 7) 環境調査：両地区とも1施設の直上に水温・塩分計を係留し、収容期間の連続観測を行った。
- 8) 消化管内容量調査：稚ガニの摂餌と共食い状況を調べるため、収容時、15日後および生残率調査時に稚ガニのサンプリングを行った。収容時には両地区の中間育成籠から取揚げた種苗を20尾ずつ、15日後(砂原地区は23日後)、生残率調査時には各施設ごとに20尾をサンプリングして観察に供した。

2 結果と考察

1) 有珠地区

- ①生残尾数の推定：推定された生残尾数は、A施設122尾、B施設236尾で、シェルターの効果がみられたが、生残率は3.8、7.3%であり、昨年30～40%に比べ著しく低かった。これは、天井網がなかったことによる食害と考えられ、昨年の生残率は天井網の効果が含まれているものと思われる。
- ②成長：15日後には2齢期になり、34日後のA施設では2・3齢期がほぼ同じ割合で混在し、B施設では3齢期が主体で、一部4齢期の出現もみられた。
- ③環境変化：開始当初の水温は12℃前後で、徐々に上昇し、生残率調査時には24℃まで達した。昨年と比べ大きな変化はなく、日間変動も最大5℃前後で、稚ガニの成育上問題はなかったと思われる。塩分も30.0～31.2‰で、問題はなかったと思われる。
- ④消化管内容量調査：消化管内容量の平均評価点数は4.9～5.7と高い水準で、空胃率も0%であったことから、餌料環境が良かったと考えられる。共食い率も収容時および34日後に10%の出現率がみられた程度であった。共食い率が低かった要因として、収容時の脱皮ステージがほぼ揃っていたこと、収容密度が40尾/m²と低かったこと、1齢期収容のため脱皮までの時間が短時間で進行したことなどがあげられる。しかし、推定生残率は4及び7%と非常に低く、餌料環境とは別の減耗要因があったと推測される。

2) 砂原地区

- ①生残尾数の推定：推定生残尾数は、C施設で69尾、D施設で90尾、E施設で143尾となり、生残率は2.2～4.5%であった。CとD施設では生残率に差はなく、有珠地区と異なりシェルターの効果はみられなかった。E施設については天井網の効果が多少あったものと考えられるが、すべての施設で5%以下の生残率であったことは、減耗の主要因が食害や共食いもしくは餌不足ではなく、他の要因であると推測される。
- ②成長について：収容時は9割近くが3齢期であったが、23日後には4齢期の割合が多くなり、35日後にはD施設を除き4齢期が5割前後を占め、平均甲長のt検定ではD施設のみ有意に小さかった。D施設は35日後で4齢期の割合が20%以下で、シェルターを設置していないことから、3齢期から4齢期への脱皮時の食害が他の施設より多かったとも考えられるが、全体的に生残率が低く、一概には断定できない。また、C、E施設においても水温が15℃以上を維持している状況では、ほとんどが4齢期になっているはずが、5割程度の出現率であり、稚ガニの摂餌状況が成長に影響

響を及ぼした(後述)ためと思われる。

- ③環境変化：収容から8月13日までは水温の変動が大きく、8月6日には10℃から23℃に急激に上昇した。室内試験では23℃で飼育すると死亡率が高くなる傾向にあることから、この水温変動は稚ガニの成育に何らかの影響を与えたと思われる。期間中の塩分も8月13日を境に31%を下回った。
- ④消化管内容量調査：収容時の消化管内容量平均評価点数が3.5と有珠地区の7割程度で、共食率は55.6%、空胃率9.1%と中間育成時の餌料環境としてはあまり良好でなかったと考えられる。収容後には、給餌による餌料の増加や育成密度の大幅な緩和がなされたにもかかわらず、消化管内容量平均評価点数は低下し、空胃率は大きく上昇した。個別のサンプルでは、評価点数で6以上の配合飼料やベントスを飽食している個体も存在することから、施設内の餌料環境は悪くなかったと思われる。空胃の個体では腸管が肥大している個体が多数観察され、稚ガニの摂餌に何らかの障害があったものと思われる。

IV 平成10年度の調査

1 調査課題

シェルターの外敵防除効果の検討を齢期別に行う予定であったが、供試種苗の不足により、耐用年数等の調査に変更した。

- 1) 施設の耐用調査：本調査事業で使用している施設は、設置から5年を経過しており耐用年数を評価する必要がある。施設は鋼製であるため、腐蝕や漂砂による表面の削れ、開放窓のボルトや溶接部の亀裂等の劣化が考えられる。したがって、これらの調査を行い、施設の耐用年数に関する評価を行うこととする。
- 2) 付着生物の調査：有珠地区の設置水深は12mと浅く、大量の付着生物が繁茂して、稚ガニの逸散が予想されるため、毎年施設の内面の洗浄を行っている。水深28mに設置した砂原地区は、目立った付着生物はおらず、これまで洗浄していない。施設洗浄に要するコストは多大なものとなるため、両地区の付着生物の種類、量の調査を行い、施設設置水深の基礎データとする。また、これまでの付着生物除去を目的とした施設洗浄が、鋼板の肉厚変化に与えた影響についても合わせて考察する。
- 3) 底質劣化状況と底質改善：施設は上部が開放形であるため、潮流および波浪による砂の移動は避けられず、これまでの調査でも施設内底面の形状変化は観察されてきた。また、それにとまなう底質の篩い分け現象も考えられ、これらが稚ガニの生息に何らかの影響を及ぼすことや底質の変化による底生生物の生残および生物相の変化も考え得る。さらには、毎年稚ガニを収容し、給餌を行っている施設内部底面の環境悪化の可能性も考えられる。このような底質の劣化は、これまでの調査結果にも影響するため検討が必要である。

2 調査方法

1) 施設の耐用調査

- ①鋼板の肉厚測定：施設各箇所の腐蝕による劣化状況を調べるため、海中で超音波測定機を用いた鋼板の肉厚調査を行う。有珠地区は平成5年に設置したA施設と平成6年に設置したB施設、砂原地区は平成6年に同時に設置した中央のD施設を測定する。測定部位は、設置場所の流れは南流が主体であるため、施設南北の壁面、埋没防止板、放流窓の各部分から1点ずつ、施設東西方向の放流窓から1点ずつの合計8点/1施設とした。測定部分は3~5cm四方をスクレイパーで錆や付着生物を落とし、金属の地肌を露出させ、超音波測定機で測定した。
- ②その他の目視による劣化の確認：潜水目視による肉厚調査対象施設の溶接部の亀裂、開放窓の歪みによる隙間の有無とボルトの脱着状況の確認を行い記録した。
- ③施設の埋没と施設内部底面の掘れの計測：肉厚測定を行う施設を対象とし、施設外側のグラウンド

レベルからの施設の埋没状況を調査する。測定部位は、施設の東西南北方向の4点およびその中間点の4点の計8点で、施設外側2mにグランドレベルの基準点を作り、その基準に対する施設の埋没防止板までの垂直の距離を測定した。また、施設内部の埋没防止板接合部分から上記調査と同方向にラインを張り、ライン上を中心から1.5m、2.0m、1.5mの間隔で底面との距離を測定し、施設内部の掘れ状況を観測した。

2) 付着生物の調査：有珠地区はA施設、砂原地区はD施設で調査する。採集点1点につき30×30cmの範囲のラインを引き、その範囲内をスクレイパーで少しずつ削り取り、目合い3mm以下の採集袋へ収容する。採集地点は、付着植物ではA施設東西壁面内側、外側、上面、D施設では北側上面、動物ではA施設東西壁面内側、外側、D施設では南北壁面内側、外側である。採集生物は船上で固定後、種の同定、種別個体数、種別湿重量を記録する。

3) 底質劣化状況と底質改善

①底質別の稚ガニ生残調査：両地区とも施設内側全面に外側から約5cmの砂を入れ、底質を改善した施設及び底質を変えない施設、さらに施設の設置されていない外側の試験区の3区で、1m²枠に稚ガニを囲い込み、1週間後に稚ガニの摂餌状況の観察および生残調査を行う。施設内への砂入れは、浮泥の舞い上がりや底面の形状を安定させるため、稚ガニ収容の1週間前とする。1m²枠は、1×1×0.15mのアルミ製枠板上部および下部にネットを取付け、稚ガニが枠外へ移動できない構造とする。1施設に1m²枠を1カ所とし、100尾/m²の稚ガニを収容する。稚ガニは、厚岸事業場で育成したものをを用い、有珠地区は1齢期で、砂原地区は3齢期で収容し、両地区とも300尾ずつ、計600尾の稚ガニを用いる。1週間後の取り揚げ時には、下部のネットを引揚げて全回収し、試験区別の生残率を求める。

②摂餌調査：収容時には同条件で飼育していた稚ガニを20尾、取揚げ時には各試験区から20尾ずつサンプリングし、摂餌容量、摂餌生物種、共食い状況の調査を行う。さらに、各試験区の収容直前と取揚げ個体から20尾を脱皮ステージの確認、摂餌活動の補正資料とし、収容時には顎脚付属肢のみ切除してサンプリングする。

③底質およびベントス調査：底質の粒度組成、含水率、全硫化物、強熱減量を各試験区から採泥して分析する。採泥は、篩い分け現象を考慮して、底質を変えない施設が東西南北の施設内部壁面付近から4点、中央部から1点、その中間位置から4点の計9点を、砂を入れ底質を変えた施設は中央部1点と南北の施設壁面までの中間点2点の計3点、施設外側は5～7m程度離れた場所に設置した枠の内部より1点と枠から東西に1mほど離れた位置から2点の計3点とする。ベントスの分析は、各試験区の1m²枠内から1点、枠外の任意の点から2点の採泥し、マクロベントスの種の同定、種別個体数、種別湿重量を調査する。採泥は、それぞれの個所で、稚ガニの収容直前および取揚げ時に行い、1点ごとに20×20×5cmの容器を用いて潜水により行う。

3 調査結果

1) 施設の耐用調査結果

①鋼板の肉厚測定：平成5年度設置の有珠地区A施設は、北及び南側の放流窓部分に大きな減少がみられ、特に、南側の放流窓は一部腐食により穴があいている個所があり、他の部位に比べて破損が大きかった。この個所は当初9mm鋼板で作製したが、6年に脱着しやすいように4mm鋼板に取り替えている。有珠地区では、海域特性総合利用技術開発調査での物理的基礎調査結果において、沿岸砂州がほとんど観察されなかったこと、夏期の波浪は波向Sにおいて周期T=4.0が、冬期は波向SWのT=5.0が卓越すること、砂の顕著な移動限界水深が5～6m前後であることなどから、施設設置場所は漂砂が少なく、施設全体は砂に削られることは少ないと考えられる。ただし、南流傾向が強い場所であること、さらに放流窓の形状が角張ったトンネル状で流れを集めやすい形状であったため、一部の個所での腐食が進んだものと考えられる。他の施設につ

いては方向、部位によって減少量に多少の差がみられるものの、概ね5年間で0.3～1.4mmの減少量であった。

②その他の目視による劣化の確認：有珠地区A、B施設ともに藻類の付着が多く、錆が浮いていたため、錆の下になる鋼板内部の観察は数点に限り実施したが、溶接部等での亀裂はみられなかった。砂原地区D、E施設とも錆が浮いていたため、鋼板内部の観察は数点に限り実施したが、溶接部等での亀裂はみられなかった。

③施設の埋没と施設内部底面の掘れの計測：有珠地区のA施設は南北、南西方向の海底面が下がっている傾向にある。B施設は南と南西が基準点より下がっているが、他は基準点より上にある。北東では大きく砂が盛り上がっていたが、これは平成9年度にリフトポンプによる採集調査での砂が堆積したためである。以上の結果は、平成6年度に調査した結果と概ね同じ傾向で、それ以後大きな変化がみられていない。しかし、A施設の南北は海底面が埋没防止板より6～8cm下がっており、流れによってはさらに下げられる可能性がある。砂原地区のE施設では、平成6年度調査時（設置97日後）には東側を除き5～6cmの沈下があったが、今回の調査では東、南東、南西が下がり、北西、西、北が上がり、若干の傾きがみられた。壁面付近では埋没防止板のレベルより砂が若干盛り上がっている傾向にあり、有珠地区では中心からやや南方向に向かいすり鉢状に掘られており、砂原地区では東西に瓢箪形に掘られているのが観察された。平成6年度の調査では、育成試験期間中の流れによる南北の窓下当たりが掘られ、試験終了後に放流窓を開けると掘られる面積及び深さが拡大する傾向にあったが、平成8、9年度は試験終了後も窓を開放しなかったため、掘られる場所は施設中央付近に移動してきたことが窺われる。

2) 施設に付着した生物の調査：有珠地区では付着藻類の量が採集部位により大きく異なった。上面からは西側を除き360～510g/0.09m²が採集され、非常に多く、壁面外側は1.4、2.1g/0.09m²と非常に少なかった。上面ではケウルシグサ、スジメ、コンブ属が多く出現し、それらの葉長は1mを超えるものも存在し、容易に施設内部底面に到達する。一方、砂原地区では上面1点だけからの採集ではあるが、出現湿重量が9.4g/0.09m²と少なく、いずれも小さな藻体であった。上面以外の他の部位の目視による観察では、ほとんど植物は付着していなかった。施設採集点および採集植物とともに採集された幾つかの動物種は、後に底土から採集したベントスの半分程度と出現種類数こそ少ないが、類似した種組成で、ベントスに比べ環形動物が少なくなり、節足動物の割合が増す程度であった。有珠及び砂原での出現種はとも大きな差異はなかった。

3) 底質劣化状況と底質改善

①底質別の稚ガニ生残調査：1週間後の生残率は、砂原地区が96～98%と非常に高く、試験区ごとの差はみられなかった。有珠地区では69～81%と全体的に砂原地区よりも低い値であった。試験区別でも砂を入れなかったA施設内は、1週間で31%が減耗したが、他の2区では20%程度であった。有珠地区では収容時に約90%の稚ガニが1齢期であったが、1週間後には80～90%が2齢期になり、1齢期の稚ガニは存在しなかった。この間の水温は13～14℃で、この水温では通常16～18日間で脱皮する。また、収容時の脱皮ステージは脱皮間近の個体が70%以上を占めており、メガロパから脱皮して間もない、甲殻の柔らかい個体が15%と、共食いが起こりやすい条件であった。砂原地区では、収容時に3齢期が90%以上を占め、1週間後においても甲長組成の変化はなく、平均甲長にも有意差はみられない。脱皮ステージにおいても収容時で脱皮間期が75%を占め、期間の水温が13℃前後で、脱皮までに22～23日を要することから、試験期間中は脱皮が行われず、共食いの頻度が非常に小さかったと思われる。

②摂餌調査：消化管内容量の評価では、収容時の有珠が2.46、砂原が1.89と低く、これは厚岸事業場からの輸送と各地区での枠内収容までに、有珠地区が約1日間、砂原地区が1.5日間を要し、その間無給餌であったためである。収容後は、全ての試験区で4以上の値を示し、地区別、試験

区別の餌料環境の差異による生残率への影響はなかったと考える。従って、有珠と砂原の生残率の差は、脱皮の有無と共食いの頻度が影響していると考えられた。有珠地区での試験区別の生残率の差は、A施設の収容時における甲長のバラツキが大きく、他の試験区より脱皮進行が早かったこと等が影響した結果と考えられる。

- ③底質及びベントス調査：含水率及び強熱減量では、施設外側と施設内の各調査点とに顕著な差違はみられなかった。全硫化物では、砂原地区のD施設中心点が0.09mg/gと高く、E施設でも中心から西側で若干高い傾向がみられるように、両施設とも中心付近で値が高くなったが、施設外側での値は検出限界以下であった。本調査では平成6年から育成試験時に給餌してきたが、E、C施設は給餌しなかった年があり、D施設のみ毎年給餌をしてきた。本調査で用いた給餌器による給餌は、中央に配合飼料が溜まりやすい傾向にある。従って、D施設中央付近で全硫化物値が高かったのは、平成9年まで実施してきた給餌の残餌の影響ではないかと思われる。有珠地区でも同様に給餌を行ってきたが、全調査点で検出限界以下で、水深の浅いことによる波浪の影響で施設内底土のかき混ぜ効果が大きかったのではないかと思われる。有珠地区施設外側では、粗砂分が77～82%を占め、50%粒径は0.72～0.81mmで、概ね平成6年度調査結果と同じであった。それにたいし、A施設内では東西線上に細砂分が逆転して多くなり、50%粒径は0.28～0.62mmであった。B施設でも中心以外は粗砂分が74%、50%粒径は0.62～0.73mmと6年度結果と同じであったが、中心は60%、0.46mmと砂が細かくなっている。施設内部が波浪で掘られ、表層の粗砂が壁面方向に移動し、下層の細砂が表出してきたのではないかと考える。砂原地区の施設外側では、細砂分が69～78%を占め、50%粒径は0.18～0.21mmで、平成6年度調査結果とほとんど同じであった。ここでは有珠地区と逆に、D施設中心とE施設中心及び東西線上で31～52%と細砂分が減少し、粗砂分が増加した。中心の他に東西で粒度に変化がみられることは、前出の瓢箪型窪みと一致する。
- ④ベントス調査：ベントスの出現種類数は有珠、砂原とも施設外が若干多い傾向にあり、総湿重量でも同じ傾向であった。施設B及びDに砂を入れたことによるベントス増加の効果はみられなかった。稚ガニ収容時と取揚げ時のベントス湿重量をみると、有珠地区は枠外で増加している傾向にあり、稚ガニを収容した枠内は施設外を除き減少傾向にあった。一方、砂原地区は、E施設枠外を除き増加傾向にあった。ベントスが増加し、共食いも少なかったことから、稚ガニによる摂餌を自然増が上回った結果であると考えられる。

V 平成11年度の調査

1 調査課題

- 1) 劣化状況の調査：昨年度の目視による劣化の確認は、海中で行い、埋没部分や細部にわたる確認はできていないため、今年度は施設を海上に引き揚げ、水平方向洗掘（埋没）防止板を含めた施設全体の劣化状況の確認を行った。
- 2) 付着生物の調査：昨年度の付着生物調査は潜水作業であったため、砂原地区（水深28m）は施設上面の1点のみであった。また、付着生物量は年によって異なる場合もあると考えられることから、本年度は有珠、砂原両地区とも施設上面、内面と外面の付着生物の調査を行うこととした。

2 調査方法

施設の引き揚げは、有珠地区は平成11年9月4日に、砂原地区は平成11年9月3日に行った。

- 1) 劣化状況の確認：台船上に引揚げた施設の水平方向洗掘（埋没）防止板を含めた全体の劣化状況を目視で調査した。
- 2) 付着生物の調査：有珠地区はA施設、砂原地区はC施設のそれぞれ任意に、施設上面は30×30cm、内面と外面は50×50cmの範囲のラインを引き、その範囲内をスクレイパーで少しずつ削り取りな

がら、ビニール袋に収容し、10%ホルマリンで固定した。採集した生物は、目合1mm以下のネットでろ過した後、種の同定、種別湿重量を調べた。

3 調査結果

- 1) 施設の耐用調査：劣化状況の確認は、有珠、砂原両地区とも施設全体に錆が浮く程度で、海中に露出していた部分や埋没していた部分に差は見られなかった。また溶接部において亀裂も確認できなかった。しかし、有珠地区の施設において放流窓の一部の破損が進み、脱落しかかっていた。
- 2) 付着生物の調査：有珠地区の付着植物は、最も付着量が多かった上面でも30.2g/0.09m²、他の面は数g/0.25m²少なかった。採集面別では、上面が多く、外面や内面はほとんど付着していなかった。付着動物の重量は、上面は3.517g/0.09m²でニシキウズガイ等の軟体動物が多く、内面や外面も同様の傾向であった。ワレカラやヨコエビ等の節足動物は、施設上面が他の面と比べ、明らかに多かった。砂原地区の付着植物は、最も多かった上面でも3.0g/0.09m²で、外面や内面ではほとんど付着していなかった。付着動物は、上面では種数が他の採集面と比べ非常に少なく、内面では海綿動物の付着が30.6g/0.25m²と非常に多く、外面ではヨコエビの付着量が他の採集面と比べ多かった。有珠、砂原両地区間の付着動物の出現種数に大きな差はなかった。付着植物は水深の浅い有珠地区が量、種ともに多く、昨年度の調査と同様の結果であった。しかし、昨年は有珠地区の付着生物はスジメ等の大型藻類がみられ、付着量が数十gから数百gであったが、本年度は多くても数十gと年度によって、種や量に大きな差があると考えられた。

VI バイナリーコードド・ワイヤー・タグによる標識試験

人工種苗と野生個体を識別するために、金属タグによる標識法を検討した。

平成8年度から10年度までに、ノースウエスト・マリン・テクノロジー社のバイナリーコードタグ(二進法コード化マイクロタグ)を使って、ケガニおよび他のカニ類に対してタグを装着した場合の生残、成長を比較した。

1 平成8年度の試験

1) 目的：生残や成長に影響を与えない部位を明らかにし、装着可能な最小サイズを検討する。

2) 材料と方法

- ①標識の挿入：厚岸事業場から提供されたケガニ人工種苗(0⁺、1⁺)とトゲクリガニ、ヒライソガニを使い、第1あるいは第2歩脚基部の筋肉部位に腹甲からタグを挿入した。タグはステンレス製のハーフサイズを使用した。標識後、金属検知器でタグの有無を確認した。ケガニは標識群の0⁺が5個体、1⁺が10個体、対照群の0⁺が3個体、1⁺が8個体であった。また、トゲクリガニは標識群が4個体、対照群が2個体、ヒライソガニは標識群が8個体、対照群が8個体とし、両群とも同様な方法で飼育した。
- ②飼育状況：ケガニは直径11cm、長さ20cmの塩ビ管を立てたものに個別に収容し、下側から8℃の調温海水を1.5回転/時間となるように給水し、飼育した。他のカニは、1.5ℓの角形スチロール水槽にトゲクリガニは1個体を、ヒライソガニは3~5個体を入れて、14℃の調温海水で飼育した。餌料は冷凍オキアミを解凍し、毎日与えた。

3) 結果

ケガニでは標識後20日目までに5個体が死亡したが、対照群では11日目に1個体が死亡しただけであった。大きさ別にみると0⁺、1⁺とも死亡個体があり、特定の大きさに偏って死亡していることはなかった。標識を装着した部位は穴が残り、その周辺が黒化していた。トゲクリガニでは標識した4個体中2個体が正常に脱皮し、脱皮後もタグを保持していることが確認された。トゲクリガニでもタグ装着部位の穴は黒点になっているが、脱皮後は傷口が塞がっていた。ヒライソガニでは小型の個体にも標識をつけたが、死亡した個体はいなかった。

4) 考察

ケガニでは標識を付けない個体でも死亡するものがあり、試験を続けるには8℃の水温の妥当性や、より大型の飼育容器の使用など、生残率の高い飼育方法を検討する必要がある。今後は、死亡要因について、異物が体内に挿入されたためか、標識を付けるための傷口からの細菌感染かを分けて検討する必要がある。そのために、対照群と標識群の他に、穴をあけるだけの群を加えて比較試験する必要がある。また、傷口を抗生物質で消毒後、瞬間接着剤などで塞ぐことで傷からの感染を防ぐことが可能と思われる。

2 平成9年度の試験

1) 8年度からの継続試験

8年度からの継続調査として引き続き飼育し、平成9年6月27日に終了した。

2) 予備試験

平成9年7月に有珠地先の施設より回収された人工種苗(1⁺、厚岸事業場産)と砂原町地先の育成籠外側に付着していた天然産のケガニおよび有珠、砂原の育成籠の外側に付着していたクリガニを、10ℓの角型スチロール容器で個別飼育した。容器には調温海水を3時間に約1回の換水割合で滴下した。水温は7.5~9.9℃の範囲で、餌料として冷凍オキアミを解凍し、週に3回与えた。8月29日に生存個体のうちケガニ4個体とクリガニ6個体について、それぞれ右第3歩脚基部の筋肉部位に腹側から、ステンレス製ワイヤータグを装着した。タグ挿入に要した時間は1個体につき平均42秒であった。標識後、金属探知器でタグの有無を確認した。また、ケガニ4個体とクリガニ6個体は約45秒間空中露出し対照とした。試験は、平成10年3月30日まで行った。

3) 本試験

平成9年9月3~4日に砂原町地先の施設より回収したケガニ計117個体を、水温8℃の小割生け簀3個に収容し、冷凍オキアミを給餌し、飼育した。9月18日に、タグ装着開孔群(タグを装着し、針孔は放置)、タグ装着閉孔群(タグを装着し、外科用接着剤アロンアルファ-Aで針孔を塞いだ)および対照群の各群17尾を角形の10ℓスチロール水槽で個別飼育した。使用したタグおよび装着部位等は予備試験と同様に行った。飼育条件は、調温海水温が6.5℃、水槽内水温が7℃であったこと以外は予備飼育と同様である。試験は、平成10年3月31日まで行った。

4) 結果

- ①8年度からの継続試験：標識したケガニは、平成8年10月27日から平成9年5月1日までにすべて死亡したが、標識の脱落はみられなかった。トゲクリガニでは、標識した4個体中3個体が1度脱皮し、1個体は2度脱皮し、1度目の脱皮後には標識が確認された。終了後の調査では1度脱皮した2個体で標識が確認できたが、2度脱皮した個体と1度脱皮した2個体で標識が確認できなかった。ヒライソガニでは、5個体で標識を確認できた。
- ②予備試験：標識したケガニのうち1個体は10日後に脱皮途中で死亡したが、1個体は2度脱皮し、2個体は3度脱皮した。3回脱皮したうちの1個体では2回目の脱皮時の脱皮殻にタグが確認された。他の個体では脱落がみられなかった。対照群の1個体は脱皮途中で死亡したが、3個体は試験終了まで生残した。タグ装着群と対照群で顕著な違いはみられなかった。標識したクリガニは4~203日後にすべてが死亡し、1個体のみ2回脱皮し、タグの脱落はなかった。対照群では2個体が死亡したが、4個体は試験終了まで生残した。
- ③本試験：装着開孔群では、2~8日後に16個体が死亡し、185日後にすべてが死亡した。期間中に脱皮した1個体に脱落はみられなかったが、脱皮せずに死亡した2個体ではタグの脱落が確認された。装着閉孔群では50日後には15個体が死亡し、185日後にはすべてが死亡した。脱皮した1個体では脱皮殻にタグが付着していたが、他の個体での脱落はみられなかった。対照群は、41日後までに13尾が死亡し、脱皮したのは1個体のみであった。

5) 考察

8年度の継続試験結果から、ケガニでは190日間脱落せず、トゲクリガニでは247日間脱落しなかった。また、1度の脱皮を経ても標識が残っている個体が2個体認められた。ヒライソガニでは247日間標識は脱落しなかった。以上のことから、装着した標識は少なくとも、脱皮までの期間中は脱落しにくいものと考えられた。一般に小型の個体ほど短期間で脱皮することから、標識の有効期間が短いと考えられ、今後脱皮により標識が脱落しない箇所への標識技術を検討する必要があると考えられた。

各群の生残率の推移から、開孔群は1週間で10%台となったが、閉孔群は比較的緩やかに低下し、2週間で40%台を維持した。さらに、対照群は4週間以後に40%となり、閉孔群との差が無くなった。これらから、接着剤による閉孔処置は有効であると考えられた。天然のケガニ(甲長8.8~9.8mm)を用いて行った試験では、脱皮中に死亡した個体を除いて、タグ装着後70日間生存していたことから、本標識法はこの大きさの個体に対しては特に悪影響はないものと考えられる。

1回の脱皮でタグが脱落した個体は、予備試験では無かったが、本試験で2例あった。この2例は閉孔群であり、接着剤との関係の可能性が考えられた。さらに、2回目の脱皮で脱落した個体が1例観察され、今後、他の個体での観察が必要であるとする。

3 平成10年度の試験

1) 方法

ケガニ人工種苗118個体をプラスチック製コンテナで1カ月間馴致した。8月28日に90個体の甲長を測定した後、60個体の右側第3歩脚基部にワイヤータグを装着した。そのうち30個体は装着時の針孔をそのままにした開孔群とし、別の30個体は装着直後に外科用接着剤で針孔を塞いだ閉孔群とした。また、無標識の30個体を対照群とした。これら供試個体の平均甲長は 10.42 ± 1.06 mmであった。これらの個体はコンテナ6基で、個体別飼育を行った。各コンテナにはビニール管から注水し、1時間に約1.8回の割合で換水した。飼育水温は 7.05 ± 0.63 °Cであった。餌料は、冷凍オキアミを解凍して週に3回与えた。

試験中に脱皮した個体は、脱皮確認日に、生体および脱皮殻についてタグの有無を、金属探知器によって調べた。試験開始から53日後と試験を終了した71日後に、同様の方法で全個体についてタグの有無を調べた。

2) 結果

- ①生残率：試験中の死亡は、開孔群の3個体のみであった。試験終了時の生残率は開孔群で90%、閉孔群と対照群は100%であった。
- ②脱皮率(1回脱皮個体数/供試個体数×100)：試験開始の翌日から脱皮する個体がみられ、終了時までには脱皮した個体は、開孔群と閉孔群ではともに27個体(脱皮率90.0%)であった。さらに、開孔群では6個体が、閉孔群では5個体が、2回目の脱皮を行った。対照群では26個体(同86.6%)で、3個体は2回目の脱皮を行った。タグの装着による脱皮への影響は無いものと考えられた。
- ③タグの保持率(タグ保持個体数/供試個体数×100)：試験終了時に、タグの保持率は、開孔群で29.6%、閉孔群は70.0%であった。これらには未脱皮、1~2回脱皮の個体が含まれている。これらタグ保持率の内訳では、開孔群では未脱皮が3.7%、1回脱皮25.9%で、2回目の脱皮ではすべて脱落した。閉孔群では未脱皮が10.0%、1回脱皮が53.3%、2回脱皮が6.7%であった。
- ④タグの脱落状況：開孔群でタグの脱落が多かったのは、a)脱皮確認日に生体と脱皮殻のどちらにもタグが無かった場合(脱落率29.6%)が多く、次いでb)脱皮殻にタグが存在した(同11.1%)、c)脱皮確認日には生体にタグの存在が認められたが、後日脱落した(同11.1%)、d)未脱皮の個体でタグが無かった(同3.7%)、の順であった。2回目の脱皮では、上記のa)と

b)で、同率であった。閉孔群では、b)脱皮殻にタグが存在した(同16.6%)が最も多く、次いでa)脱皮確認日に生体と脱皮殻のどちらにもタグが無かった(同3.3%)であった。2回目の脱皮では、すべてb)脱皮殻にタグが存在した。これらのことから、針孔を塞ぐことによって、装着したタグの脱落が抑えられ、閉孔処置効果があったと考えられた。しかし、脱皮を重ねるとタグの保持率は低下する。

VII まとめと課題

1 生残率の推定方法について

採集方法の改良により、デラリーの回帰直線は1例を除き-0.82~-0.92の回帰係数が得られ、精度の高い生残尾数の推定はできたと考える。5日間10回の採集の最終日を除く4日間8回の採集の推定でも概ね高い相関が得られており、採集方法の改良により4日間8回の調査でも、ある程度の精度をもった生残の推定は可能と考えられた。

2 シェルターの効果について

シェルターは稚ガニが外敵から身を隠して食害を抑制する目的で設置しており、室内実験では効果がみられているが、9年度の実証試験では、生残率が低く、明確な効果は得られなかった。稚ガニの行動観察や室内実験では物陰に潜む行動がみられ、室内試験での水槽内の稚ガニの分布がポアソン型を示し、ある程度の個体間距離を保つことが観察されている。これらの点から、シェルターを施設内に設置することは、分布を分散できる効果があると考えられ、共食いに関しても分散される分だけ有利であり、外敵からの食害を防止すると考えられる。今後もシェルターによる捕食者と被捕食者の行動、それによる分布の変化等の知見を積み重ねていく必要がある。

3 施設への収容密度について

収容密度の検討については、8年度に砂原地区で比較試験を行ったが、生残率が5%以下で明確な結果はでなかった。室内実験結果を考慮すると単に共食いによる減耗だけではないと思われる。10年度に行った施設内の底質環境調査の結果、全硫化物が高い傾向にあり、給餌を行っていた試験当時はさらに高い可能性もあり、この底質の悪化が影響したことも考えられる。

4 施設への収容齢期について

施設での保護育成は、直接放流の初期減耗の軽減を目的として行っており、サイズが大きくなるに伴い潜砂等の逃避の向上や、被捕食の面で有利となる。飼育試験では甲長10mm以上でのギスカジカによる捕食は明確に減少した。ただし、サイズの大型化は、中間育成を必要とし、育成密度との関係から共食い頻度が高くなり、種苗の減少が避けられない。1齢期収容では中間育成が不要で、底棲生活への移行期でもあり、理想的には本来の生態と合致する。しかし、今回の調査では施設への収容齢期の検討は、充分に行うことができなかった。今後は、逃避能力の向上や食害の実態など稚ガニ初期の生態を把握するとともに共食いの要因の解明、育成手法の再検討から適正な収容齢期を明らかにしうる資料の蓄積が必要とされる。

5 標識方法の検討

- 1) タグの装着部位：タグは、歩脚基部の筋肉中に装着することで、神経系、循環系への影響や脱落を少なくすることが期待できることから、装着する部位として歩脚基部を選定した。タグの装着に要した時間は、1個体当たり平均42秒であった。
- 2) 生残率：開孔群、閉孔群の生残率は、9年度と10年度とで大きな差がみられたが、開孔群<閉孔群の結果は両年度とも変わらなかった。このことから、閉孔処置は有効と考えられた。
- 3) 脱皮率：9年度と10年度の結果に大差が見られたが、両年度の供試個体の甲長には有意な差は認められない(t 検定、 $P>0.05$)ことから、健康状態の違いによるものと推測された。
- 4) タグの保持率：タグ保持率は開孔群に比べて閉孔群が高かったが、2回目の脱皮でタグが脱落した個

体がみられ、脱皮を重ねるとタグの保持率は低下すると考えられた。

5) 残された課題と問題点

- ①本試験では、歩脚基部にタグを装着したのみで、他の部位についての検討はできなかった。
- ②針孔を接着剤で塞ぐことにより、タグの脱落を軽減できたが、閉孔処置は手間がかかり、確実性に欠けるなどの問題がある。
- ③2回の脱皮をした個体は少ないが、多くでタグの脱落がみられ、脱皮を重ねた場合、タグの保持率は、低下するものと考えられ、標識個体の行動範囲の把握など、ある程度限られた目的に対しては有効であろう。

6) 稚ガニの保護育成の展望について

本調査における施設による稚ガニの保護育成は、外敵生物からの保護では有用であると考えられる。しかし、噴火湾での資源量の絶対値や若齢期の生活史が把握されていない現状では、漁獲に反映可能な加入量の検討が困難であるが、加入量に匹敵する尾数をこれらの施設で育成することは、コストの点で効率的ではないと思われる。これは、甲殻類は脱皮により成長を繰り返すため、高密度となった場合は常に共食いによる減耗の危険性を常に孕んでおり、限られた範囲の施設での大量育成では共食いによる尾数の減少が避けられず、育成期間が長期にわたる冷水性種では、特にその影響が顕著になると考えられるためである。

一方、施設に収容された稚ガニの行動観察や室内実験では、物陰に潜む行動や潜砂により身を隠す行動がみられ、外敵からの食害を避けているが、索餌時あるいは脱皮時には表出するため、捕食される可能性が高いと考えられる。また、室内試験での水槽内の稚ガニはある程度の個体間距離を保つことが観察されているが、捕食者が存在すると稚ガニの分布は集中型になり、密度によっては凝集行動がみられている。これらの行動から、シェルターは物理的に外敵生物を遮蔽する構造を持っており、稚ガニが表在しているときの外敵から身を隠して食害を抑制するとともに分布を拡散させることによる共食いの軽減にも有効と考えられ、育成密度を小さく維持し、成長、生残が期待できる。

前述のように稚ガニ保護育成の事業規模での展開を検討する際には、本調査に使用した施設がそのまま直接有効であるとは考えにくい。しかし、この間明らかにしてきた稚ガニの生態、行動特性に基づき、このようなシェルターの機能を有した魚礁（形状、材質等は検討の余地がある）を開発し、広範囲な面積に設置することは、外敵からの食害圧力で稚ガニが集っても、その密度は限られた面積の施設内と比較して小さくすることが可能であり、保護育成手法として効果的であると考えられる。また、本調査で得られた数々の生物的、物理的知見は、今後の稚ガニの保護育成方策を検討する上のみならず、調査実施海域での有用魚介類の育成、漁場整備事業等に非常に有益であると思われる。

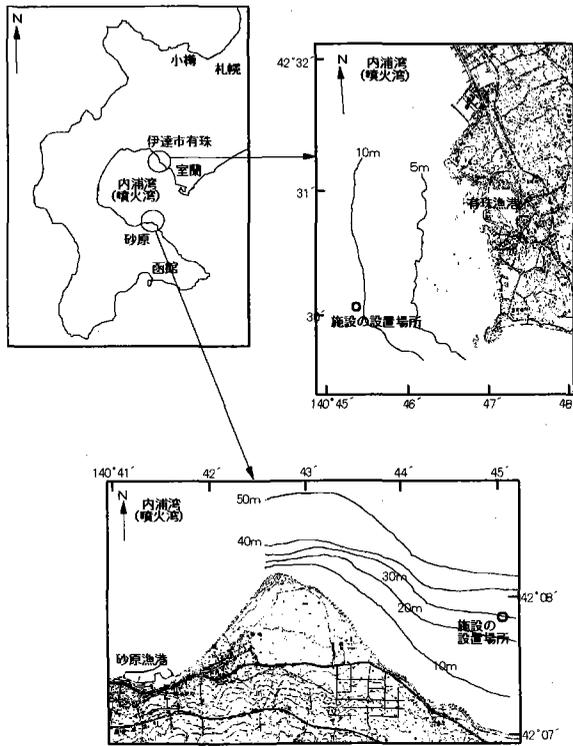


図1 調査対象位置図

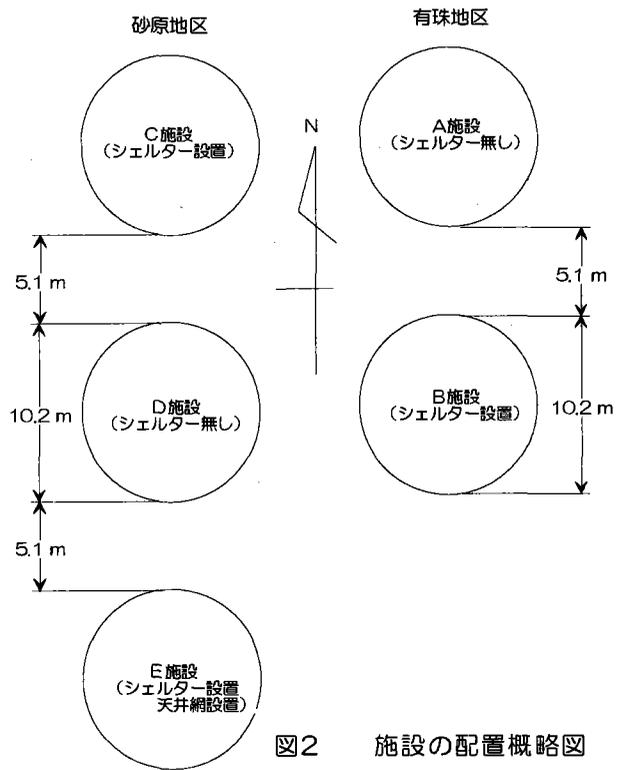


図2 施設の配置概略図

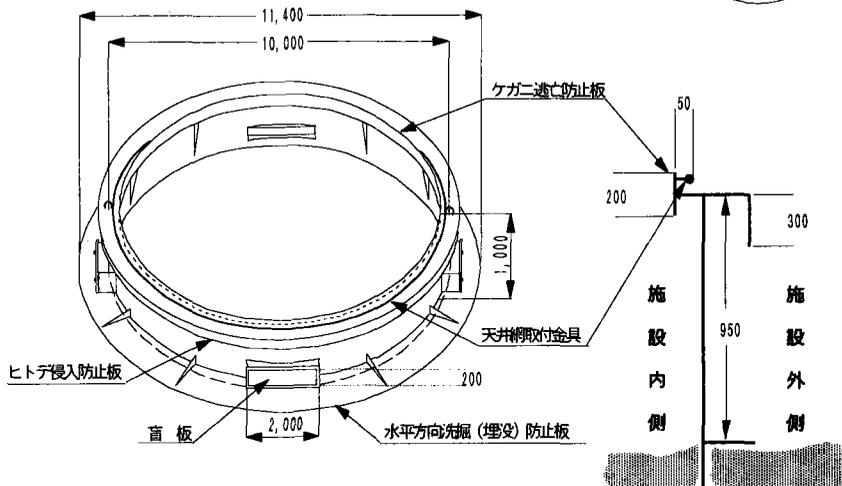


図3 施設の構造概略図