

人工干潟造成手法に関する研究

実施機関 北海道開発局 開発土木研究所 水産土木研究室
担当者名 阿久津孝夫、永田晋一郎
調査実施期間 平成9年度～平成11年度

1. はじめに

北海道の干潟に生息する生物の代表例としてアサリを対象に人工干潟造成手法に関する研究を実施した。

近年、北海道においてアサリの漁獲が増加し、それに伴いアサリ漁場の造成が増加傾向にある。天然干潟の少ない北海道では、天然漁場の地盤高を参考にした盛土による造成が一般的であるが、九州等では古くから漁場周辺の物理環境調査を行い、それにもとづき切盛土・作濎・潜堤設置などの様々な手法により漁場造成が行われている。北海道のような寒冷地では、主要なアサリ生産地にくらべ気温・海水温が低く、冬期間は海水面の結氷といった現象もあり、気象・海象条件が著しく異なっているにもかかわらず、これまで寒冷地に適したアサリの生息環境（物理環境）について検討した例は少なかった。そこで、寒冷地においてアサリで漁場を造成する際、アサリの生息環境を把握した上で寒冷地特有の環境条件（温度・底質・流況など）に配慮した漁場造成手法の検討が必要と考えられた。

そこで、本報告は、北海道のアサリ漁場の造成を行なうにあたり参考となる以下の項目について調査を行なった。

第2章	……	底質特性（粒度）について
第3章	……	底質の硬さについて
第4章	……	結氷による底質の締め固めの影響について
第5章	……	アサリ漁場における温度環境について
第6章	……	海水の低塩分化の影響について

2. 底質特性（粒度）について

アサリ漁場の底質特性に関して、泥分含有率が低い底質がアサリの生息に適している知見¹⁾があり、東北以南のアサリ増殖場の造成事例では、中央粒径を0.5 mm以上、泥分含有率を30%以下としている所が多い。しかし、中央粒径と泥分含有率は、アサリの生息に大きな影響を及ぼさないといった知見²⁾もあり、調査や実験によって見解はあまり定まっていない。

北海道のアサリ漁場も本州の漁場と同様な底質で造成されていると思われるが、造成方法は本州等で行なわれているものと異なり、砂留堤工により周囲を囲い、その中に砂を入れ整地する盛土工により行なわれている。これは、北海道は干潟の発達した場所が少なく、湖、沼などで漁場が造成されていることがあげられる。そのため、北海道のアサリ漁場は、本州の漁場と比べて造成面積も小規模となっている。

そこで、効率的な漁場造成を行なうにあたり、アサリの生息環境に好適な底質を把握するため、底質特性とアサリの生息量との関係について解析を行なった。

2.1 調査解析内容

1993年4月に、図-1に示す尾岱沼に造成された2つのアサリ漁場において、底質の粒度測定が実施されており、今回そのデータを用いて解析を行った。解析を行なった粒度の指標として、中央粒径、泥分含有率に加え、粒度の均一度合いを示すFolkの淘汰係数³⁾（以下、淘汰係数）を用いて、アサリの生息量と

の関係について検討を行った。しかし、海岸工学の分野では、一般的に粒子の均一度合いを示す指標として、ふるいわけ係数（式-1）が用いられている。今回、淘汰係数を用いたのは、底性生物（ベントス）の生息環境の解析を行なう際に用いられていること、ふるいわけ係数と比較すると、通過質量百分率25%以下、75%以上の底質を考慮することから、アサリの生息環境を考慮する際、淘汰係数のほうが、より適しているものと考え使用した。なお、中央粒径は、ふるい分け試験において粒度加積曲線50%に相当する粒径、泥分含有率は、0.074 mmのふるいを通じた粒子の割合、淘汰係数は、以下の式（式-2）で求められる。

アサリの生息量については、野付漁業協同組合指導部等が実施したアサリの稚貝発生量（調査日：1993年7月19～20日）とアサリ資源量（調査日：1993年4月26～27日）の調査結果⁴⁾を用いた。なお、稚貝発生量は、前年度夏季に発生した稚貝のうち1年後に生残している量、資源量は、殻長40 mm未満の未成貝の生息量を示している。また、殻長40 mm以上の成貝については、漁獲されることを配慮して調査対象から除外している。

2.3 中央粒径、泥分含有率とアサリの生息量の関係

中央粒径とアサリの稚貝発生量、資源量の関係を図-2に、泥分含有率とアサリの稚貝発生量、資源量の関係を、図-3に示す。現地の底質の中央粒径は、0.2～4.5 mmの範囲内であり、アサリの生息量との相関関係はみられなかった。また、泥分含有率も0～6%と非常に狭い範囲であることもあり、稚貝発生量、資源量に対して明確な傾向はみられなかったが、泥分含有率が6%以下ではアサリの生息にとって影響のない範囲であることが確認された。

2.4 Folkの淘汰係数とアサリの生息量の関係

図-4に、淘汰係数とアサリの稚貝発生量と資源量の関係を示す。現地における底質の淘汰係数は、1.0～2.5範囲内にあり、淘汰係数が大きくなるにつれ、稚貝発生量、資源量ともに減少する傾向がみられる。淘汰係数が大きいほど、つまり底質の粒径が不揃いになるほど、アサリは生息しづらい環境であることが推測される。また、今回分析を行なった底質で、淘汰係数とふるいわけ係数を比較（図-5）したが、淘汰係数とふるいわけ係数はほぼ相関しており、幅広い粒度組成を考慮した傾向の違いはあまり見られなかった。

3. 底質の硬さとアサリの生息環境について

海底の砂泥中に潜入して生活するアサリにとって、底質の硬さはアサリの潜砂行動を規定する要因であることから、アサリの生育環境に少なからず影響があると考えられる。しかし、アサリの生息と漁場の底質特性に関する調査、研究がこれまで数多く行われてきている中、硬さについては測定方法が定められていないこともあり、考慮されることが少なかった。

そこで、図-6に示すコーンペネトロメータにより測定される抵抗力（コーン支持力）を、底質の硬さの指標として採用し、アサリの生息量との関係について調査を行った。さらに、底質の硬さの影響については、宮城県水産試験場⁵⁾で行なった室内実験において、アサリの潜砂行動は、底質の硬さ（間隙率による指標）により影響を受けることが明らかになっていることから、コーン支持力の数値の違いによるアサリの潜砂行動への影響を把握するため現地実験も併せて行った。今回の調査の際に使用したコーンペネトロメータは、先端のコーン部を地中に垂直に貫入した際の抵抗力（コーン支持力）から底質の硬さを計測する機器であり、操作が簡単で迅速に測定ができること、解析が容易であることから、底質の硬さを測定するのに有効な機器と考え使用した。

3.1 調査内容

コーン支持力の測定は、平成6年4月29日に、図-1に示す尾岱沼のアサリ増殖場の第1工区（22地

点)と第2工区(21地点)において、増殖場の干出時に実施した。コーン支持力は、アサリの生息と測定精度を考慮して、底質に5 cm 貫入時の結果を用いた。

現地実験は、図-7に示すサロマ湖キムアネップ地区のアサリ増殖場において、コーン支持力が 2.5kg/cm^2 (中央粒径2.3 mm、淘汰係数2.57)、 0.5kg/cm^2 (中央粒径0.37 mm、淘汰係数2.57)と異なる2地点で、アサリの潜砂行動の観察を行った。潜砂行動の評価は、平均潜砂速度[アサリの殻長(mm)/潜砂時間(s)]と1時間当たりの潜砂率[潜砂したアサリ個数/全アサリ個数]で判断した。また、実験に用いたアサリは、大きさごとに、A(10~20 mm)、B(20~30 mm)、C(30~40 mm)、D(40~50 mm)の4種類に分類している。

3.2 コーン支持力とアサリの生息量の関係

コーン支持力とアサリ生息量の関係について、図-8に示す。コーン支持力は、 $1.0\sim 3.5\text{kg/cm}^2$ の範囲で分布し、同じ漁場内において底質の硬さが異なることが確認された。アサリの資源量は、コーン支持力と相関が見られなかったが、アサリの稚貝発生量はコーン支持力が大きくなると減少する傾向が見られる。この結果から、アサリの稚貝は底質の硬いところは生息しにくくなっていることが考えられる。また、稚貝の生息環境を考慮して増殖場の造成を行なう際は、底質の硬さについて検討する必要があると考えられる。

前述で述べた淘汰係数とコーン支持力の関係について、図-9に示す。淘汰係数は大きくなると、コーン支持力も大きくなる傾向がみられた。このことから、淘汰係数の数値が大きい粒径が不揃いな底質ほど、硬くなることが示された。

3.3 コーン指数とアサリの潜砂行動の関係

サロマ湖で行ったアサリの潜砂実験の結果について、図-10に示す。潜砂速度は、すべての大きさのアサリで、底質が軟らかい地点(コーン支持力: 0.5kg/cm^2)で速い結果となった。1時間当たりの潜砂率は、B、Cの大きさのアサリでは、コーン支持力の違いによる差がほとんど見られなかったが、A、Dのアサリでは、底質の軟らかい地点が硬い地点を約10%程度上まわる結果となった。また、底質の硬い場所では、途中で潜砂をやめてしまう個体(C、Dの大きさのアサリ)や、底質に礫が混在していたため潜砂する場所を探す個体も見られた。

これらの結果、底質の硬さはアサリの潜砂行動に影響を及ぼし、底質が軟らかいほどアサリの潜砂行動は容易であることが考えられる。そのため、アサリの潜砂行動を考慮した漁場造成を行なう際は、底質がなるべく硬くならないような工夫が必要であると思われる。

4. 冬季の結氷によるアサリ漁場の底質の締め固めについて

サロマ湖のアサリ漁場のように、冬季に結氷する環境では、結氷する以前と春の結氷融解後で漁場を比較すると、底質が締まることが感覚的に言われていた。底質が締まる、つまり硬くなることについては、前章においてアサリの稚貝の生息量に影響を及ぼすことを示している。そこで、結氷の影響によるアサリ漁場の底質の変化を把握するため、底質の粒度組成の調査とコーン支持力の測定を行なった。

4.1 調査内容

粒度組成の調査は、図-7に示す、サロマ湖キムアネップ地区と赤川地区の2つの漁場に測定を設け、結氷前の平成7年12月、結水中の平成8年2月、3月、結氷融解後の平成8年5月の計4回、底質を採取しふるいわけ分析を行なった。また、(株)西村組研究開発室で、粒度組成の調査(キムアネップ:平成7年8月、赤川地区:平成7年10月)を実施しているので、併せて解析を行なった。各漁場の地盤高は、D.L+45 cm、潮位変動は、H.W.L+110 cm、L.W.L±0 cmとなっている。

コーン支持力の測定は、図-11に示す、サロマ湖キムアネツプ地区にある2つのアサリ漁場に16地点の測点を設け、結氷前(平成7年12月)と融解後(平成8年5月)に行なった。キムアネツプ地区にあるアサリ漁場は、第一工区と第二工区と2つあり、第二工区では、平成7年11月にトラクターによる耕耘作業が行なわれている。

4.2 結氷による底質の変化

(1) 粒度組成

キムアネツプ地区における底質の粒度組成の変化を、図-12に示す。8月に採取した底質は、砂分(0.075~2.0mm)が約80%、礫分(2.0mm以上)が約20%で、シルト分はほとんどなかった。この時の底質の中央粒径は0.9mm、淘汰係数は2.0であった。その後、12月(結氷直前)に採取した底質は、礫分が多くなり、細砂分(0.075~0.425mm)が大きく減少した。そのため、中央粒径は1.2mmと大きくなったが、淘汰係数については2.1とほとんど変化がなかった。この期間におけるサロマ湖の気象状況をみると、11月下旬から12月上旬に数回、北西方向からの風速7~10m/sの風が観測されていることから、風浪が発生し底質に変化を及ぼしたことが推測される。

結氷中の2、3月に採取した底質は、12月とほとんど変化がなかったが、結氷融解後の5月になると、粒度組成は8月の底質と同様に砂分が多い傾向を示した。中央粒径は1.1mm、淘汰係数は2.3であった。これは、4~5月にかけて春の融雪水がサロマ湖に流入し、融雪水に含まれるSS成分が添加したことが推測される。

赤川地区における底質の粒度組成の変化を、図-13に示す。底質を採取した平成7年10月から平成8年5月までの5回の調査中、キムアネツプ地区と比べると、大きな変化はあまりなかった。中央粒径も0.3~0.4mmと一定であった。

(2) コーン支持力

コーン支持力の測定結果を、図-14に示す。結氷前にあたる12月の測定では、コーン支持力は第一工区では0.69~3.49kg/cm²、第二工区では0.12~0.62kg/cm²であり、耕耘を行っている第二工区は、全測点で底質が軟かった。結氷融解後の5月の測定では、第一工区では0.48~2.56kg/cm²であり、測点により硬くなった地点、軟らかくなった地点があったが、第二工区ではコーン支持力が0.72~1.40kg/cm²であり、結氷前と比べると全測点で底質が硬くなった。

第二工区で底質が硬くなった原因として、サロマ湖で毎年結氷が張っていることから、冬期間のアサリ漁場では、潮の干満により繰り返し氷の荷重がかかり底質を締め固めていたことが推測される。

5. アサリ漁場における温度環境調査

九州や瀬戸内海のアサリ増殖場では、夏季における底質温度の上昇がアサリの生息を制限する要因の1つ考え、増殖場造成の地盤高決定にあたり底質温度や干出時間を考慮している。一方、北海道の増殖場では、近隣の天然漁場の地盤高を参考にして造成を行われており、温度環境(水温・底質温度)を考慮した検討はあまり行われていなかった。このため、北海道ではアサリの生息と温度環境の関係についての知見も少なかった。さらに、北海道は西日本に比べ平均気温や海水温は低く、冬季には流水の襲来や海水面が結氷する寒冷地特異の現象が起こることから、低温環境に考慮した寒冷地独自の漁場造成技術が必要であると思われる。

そこで、北海道のアサリ漁場の温度環境を把握するため、能取湖とサロマ湖において調査を行なった。

5.1 夏季の底質温度

(1) 調査内容

夏季の調査は、図-15に示すオホーツク海に面した能取湖のアサリ漁場において、平成7年7月中旬から12月上旬の期間、底質温度（表面および深さ10cm）の観測を行った。観測地点の地盤高は、平成6年に網走水産試験場で実施されたアサリ生息量調査の生息限界地盤高とほぼ等しい、干出時間1日あたり平均8時間、D.L+65cmとした。

(2)調査結果

観測期間中、最高気温を記録した7月27日の観測結果を、図-16に示す。夜間に20°Cを下回っている気温は、日中になると30°C以上に上昇し、それにともない表面の底質温度は20°Cから25°Cに上昇した。深さ10cmの底質温度は、気温、水温による影響が少なく、20~23°Cの範囲内で変動していた。また、観測期間中、気温が30°Cを超えた日が数日確認されたが、水温、底質温度（表面および深さ10cm）が30°Cを超えた日は1日も確認されなかった。

アサリの高温に対する耐性については、木下⁶⁾は、「アサリの稚貝や成貝は、水温が40°Cをこえると1~2時間で以内に死亡し、35°C以上の水温が24時間連続するとほぼ全数が死亡する」ことを報告している。また、杉山⁷⁾は、室内実験で夏季大潮の昼間干潮時の海浜を再現し、「アサリが干出に耐えられるのは、3時間(アサリの潜砂深度付近の砂中温度は36°C)が限度である」と推察している。

これらの知見を踏まえ、夏季の底質温度の観測結果を考察すると、北海道は西日本にくらべ気温、海水温が低いことから、干出時間が8時間程度のアサリ漁場で底質温度が30°Cを超えることがほとんどないと思われ、アサリの高温耐性からみて、北海道のアサリ漁場では、夏季の温度環境によってアサリの生息が制限されることが少ないことが推測される。

5.2 冬季の低温とアサリ生息の関係

(1)調査内容

冬季の調査は、図-11に示すサロマ湖キムアネップ地区のアサリ漁場に観測点を設け、平成7年12月から平成8年4月の期間、気温、水温、底質温度（深さ5cm）の観測を行った。キムアネップ地区のアサリ漁場の地盤高は、D.L+45cm、潮位変動はH.W.LがD.L+110cm、L.W.LがD.L+0cmとなっている。

(2)調査結果

サロマ湖のアサリ漁場の気温、水温、底質温度の観測結果を、図-17に示す。湖面が結氷する以前（1月上旬以前）は水温の変動と同様に底質温度も変動するが、水温にくらべ底質温度は、変動幅が大きい。完全に結氷した1月下旬以降は、底質温度は-1~0°Cでほとんど一定であった。また、水温も-1.8°C前後でほぼ一定であった。これは、結氷により湖面が覆われ、底質温度や水温が気温の影響を受けにくくなったことが考えられる。結氷が融解をはじめる3月20日頃になると、水温は上昇し、それにともない底質温度も上昇した。これらの結果、冬季に結氷するサロマ湖のアサリ漁場の底質温度は、気温、水温の影響を受けて氷点下になるが、-2°C以下に低下しないことが確認された。

アサリの生息と低温環境の関係については、喜多村⁸⁾は、「アサリの成長に関連のある鰓の繊毛運動が0°Cで停止する」ことを、倉重²⁾は、「アサリは-3°C前後でも長期間生存続けるとしている」ことを報告している。

これらの知見をふまえ今回の調査結果を考察すると、サロマ湖のように冬季に結氷するアサリ漁場においても底質温度が-3°C以上を保っていることから、北海道の冬季の低温環境によってアサリの生息が制限されることないことが考えられる。しかし、二枚貝の鰓の繊毛は、摂食や呼吸活動に関わる器官であることを考えると、3ヶ月以上におよぶ0°C以下の底質温度がアサリの成長や生息にどのような影響を与えるか、今後把握する必要があると思われる。

6. アサリ漁場における海水の低塩分化について

サロマ湖のアサリ漁場において、春先、一部のアサリに死亡個体が確認され、春先の河川からの融雪出水、湖内結氷の融解によって起こる海水の低塩分化が要因として考えられた。冬期間のサロマ湖は、湖口付近を除き全面結氷をし、春季の融雪、融氷出水により水深下 3mあたりまで低塩分水層を形成するとの報告⁹⁾がある。

そこで、サロマ湖キムアネツプ地区のアサリ漁場において、海水塩分濃度の低下の状況を把握するため、調査を実施した。

6.1 調査内容

調査は、サロマ湖の融雪・融氷期にあたる平成9年3月中旬から下旬、キムアネツプ地区のアサリ漁場と水深が約 3mある対照区において（図-18）、塩分濃度の変化を把握するため、水温塩分計を 21 日間設置した。また、低塩分水層の厚さを把握するため、調査期間中 5 回、鉛直分布調査を行った。また、結氷前、結氷融解後にも調査を行なっている。

6.2 海水の低塩分化

融解期におけるアサリ漁場の結氷状況と海水の水温と塩分濃度の変化を、図-19 に示す。サロマ湖の結氷は 1 月頃から成長をはじめ、3 月中旬頃から融解が始まる。融解期初期にあたる 3/12 の時点では、3 地点で 30 cm 以上の結氷が確認された。3/16、3/21 は、結氷融解による氷厚の変化は少なかったが、3/31 になるとすべての地点で氷厚は半分以下になった。また、4/10 になるとサロマ湖の結氷は完全に消失した。

水温は、調査を行った 3/12 から 3/31 の期間は変動が少なく、0°C 付近を推移していた。塩分濃度については、11 月はサロマ湖に結氷が張る前であるため、ほぼ通常の海水濃度と同様であり、全層にわたりほぼ均一な状態であった。3/12 になると、調査地点②、④において低塩分水が 20cm も形成された。これ以降、3/16、21 と経過するにしたがい塩分濃度は低下を続け、3/26 の測点②において 8 %以下の低塩分層が 40 cm 以上確認された。3/31 においても、8 %以下の低塩分水層は確認されたが、縮小傾向にあり、4/10 になると、通常のサロマ湖の海水濃度になった。

対照区の結果を、図-20 に示す。結氷は、3/12 時点では 51 cm であり、これ以降の結氷は、3/16 (45 cm)、3/21 (44 cm)、3/26 (38 cm) と緩やかに融解を続けた。3/31 になると、結氷は 3/21 の厚さの半分以下 (15 cm) になり、アサリ漁場の結氷融解と同様の傾向を示した。水温は、結氷前の 11 月は、表層から底層まで均一な分布を示していた。融解初期 (3/12) は変化がみられなかったが、後期 (3/31) になると表層の 30 cm あたりまで上昇がみられた。結氷が完全に消失した 4/10 になると、11 月と同じような状態になった。対照区の塩分濃度は、アサリ漁場と同じ傾向を示し、3/31 には塩分濃度 10%以下の水層が水深 50cm あたりまで形成された。

アサリ漁場内における海水の水温・塩分濃度および日照時間の推移を、図-21 に示した。調査を開始して 2、3 日目は、一定の間隔で水温・塩分の変化が確認された。これは、日照時間と相関することから、日照による結氷融解が考えられた。これ以降、水温は 0°C で推移し、塩分濃度は、1 日のうち数時間程度の低塩分状態を示した。3/21 以降、水温は約 5°C までの上昇、塩分濃度は 0%付近までの低下が、何度か確認された。調査期間中、3/25 から 3/28 の 4 日間にわたり、0 %付近の低塩分化が観測された。これは、鉛直分布調査についても同様の結果であることから、3/21 から続いた水温上昇と 3/25 に長時間日照が続いたことが、大規模な結氷融解を引き起こしたものと考えられた。

対照区における海水の水温・塩分濃度および日照時間の推移を、図-22 に示した。調査結果は、塩分計のセンサーの異常により 3/12~3/19 はデータ欠測となっている。この期間の水温は安定し、0°C 付近を推移した。これは、水深が 2 m 以上であることから、アサリ漁場に比べ影響がないと思われた。3/20 以降も水温は 0 付近を推移し安定し、塩分濃度も同様に 30 %付近を推移し、これは 3/28 まで続いた。しかし、

3/29以降、水温・塩分に若干の変動がみられ、最大で塩分濃度24%まで低下した。この結果から、サロマ湖における海水の低塩分化の影響は、水深3 mまで及びことが確認された。

今回、アサリの減耗要因として、春先に発生する海水の低塩分化に注目して調査を実施した結果、アサリの生息にとって影響のある低塩分化の期間は短かったが、調査後、キムアネップ地区でアサリの斃死が確認された。柿野ら¹⁰⁾によると、「冬季の海水温低下は、アサリの摂餌行動や活動力が低下し、間接的に肥満度の低下、潜砂能力の低下、ひいては生残率の低下をもたらす」と推察している。これらの知見などを踏まえて今回の調査結果について考えると、サロマ湖におけるアサリの斃死の原因は、海水の塩分濃度の低下のみであると考えにくく、その他の要素（長期にわたる海水温の低下等）も合わさって、アサリに影響を与えた斃死を招いたものと推測される。

7.まとめ

- ① アサリの生息量は、底質の中央粒径や泥分含有率による影響は見られなかったが、底質の均一性を示すFolkの淘汰係数が大きくなる（底質が不揃い）ほどアサリの生息量が少なくなる傾向が見られた。
- ② コーン指数が大きい底質（底質が硬い）ほど、アサリ（特に稚貝）の生息量が減少する傾向がみられた。また、淘汰係数が大きい底質（底質が不揃い）は、コーン支持力が大きくなることが分かった。
- ③ 北海道におけるアサリ漁場の底質温度は、観測の結果、夏季（30°C以下）、冬季（-2°C以上）であったことから、アサリの生息可能な環境範囲内であることが確認できた。
- ④ 冬季に結氷するサロマ湖のアサリ漁場では、結氷前と比べると、結氷後は底質が硬くなることが分かった。また、サロマ湖のアサリ漁場（キムアネップ地区）では、春の融雪・融氷期になると10%以下の低塩分水層が水深50 cm前後まで形成し、数日間程度持続することが確認された。

8.おわりに

これまで北海道に適したアサリ漁場造成手法に資すること目的に、水質・底質等の物理環境を中心に調査を行ってきた。その結果、北海道のような寒冷地の環境においてもアサリの生息に影響が少ないことが確認された。しかし、サロマ湖キムアネップ地区のアサリ漁場で調査した結果、斃死についての原因の究明ができず、アサリの生息環境についての補足を行なうまでには至らなかった。これについては、調査内容や手法にもう一工夫が必要であったと思われるが、アサリの生息条件を明確にする必要もあり、今後の生態学的な研究等に期待したい。

— 参考文献 —

- 1) 例えば、井上泰：山口・大海湾におけるアサリの生態と環境について、水産土木、Vol.16、No.2、1980
- 2) 倉重英次郎、松本文夫：アサリの生態学的研究、とくに環境要素について、水産学集成、東大出版会、pp.611-655、1957
- 3) N.A.HOLME・A.D.McIntyre：Methods for the Study of Marine Benthos、pp.54-57、1984
- 4) 野付湾漁業協同組合・国際航業株式会社：野付湾地区水産資源環境改善事業調査報告書、1985
- 5) 水産庁：大規模増殖場造成事業総合報告書（松前地区）、昭和58年度版、1983
- 6) 木下秀明：アサリ卵・浮遊幼生・稚貝の高温耐性、海洋生物環境研究所報告、1985
- 7) 杉山元彦：アサリ分布域制限要因に関する2、3の知見、日本水産工学会学術講演会講演論文集、平成5年度、pp.41-42、1993

- 8) 喜多村勇：アサリの繊毛運動と温度の関係、日本水産学会誌、Vol.6、No.3、1937
- 9) 武内智行、坂田年隆、早瀬吉雄：寒冷地圏域の海跡湖における環境保全に関する研究、開発土木研究所報告、第92号、1990
- 10) 柿野純、古畑和哉、長谷川研一：東京湾盤洲干潟における冬季のアサリのへい死要因について、水産工学、Vol.32、No.1、pp.23-32、1992
- 11) 開発土木研究所水産土木研究室：平成7年度アサリ漁場物理環境調査業務報告書、1995
- 12) 開発土木研究所水産土木研究室：平成8年度サロマ湖他アサリ漁場冬季環境調査業務報告書、1996
- 13) 開発土木研究所水産土木研究室：平成9年度サロマ湖アサリ漁場冬季環境調査業務報告書、1997
- 14) 阿久津孝夫、谷野賢二、明田定満：寒冷地におけるアサリ漁場の底質環境について、海洋開発論文集、Vol.12、pp.473-478、1996
- 15) 阿久津孝夫、谷野賢二、藤芳義裕、山田俊郎：寒冷地におけるアサリ漁場の物理環境について、寒地技術論文・報告集、Vol.12-No.1、pp.118-123、1996
- 16) 阿久津孝夫、明田定満、谷野賢二：アサリ漁場の物理環境条件について、北海道開発局技術研究発表会、第38回、pp.195-200、1995
- 17) 阿久津孝夫、明田定満、谷野賢二：アサリ漁場の底質環境条件について、北海道開発局技術研究発表会、第39回、pp.159-164、1996
- 18) 阿久津孝夫、谷野賢二：寒冷地におけるアサリ漁場の物理環境とアサリの生息の関係、北海道開発局技術研究発表会、第40回、pp.175-180、1997
- 19) 阿久津孝夫、山田俊郎、佐藤仁、明田定満、谷野賢二：アサリの生息と底質の硬度、粒度との関係について、北海道開発局開発土木研究所月報、No.503、pp.22-30、1995
- 20) 阿久津孝夫、佐藤仁、明田定満、谷野賢二：アサリ漁場の底質に関する一考察、農業土木学会北海道支部研究発表会、第43回、pp.60-63、1994
- 21) 谷野賢二、明田定満、阿久津孝夫：アサリの生息と底質の物理環境について、土木学会年次学術講演会概要集、No.50、pp.720-721、1995

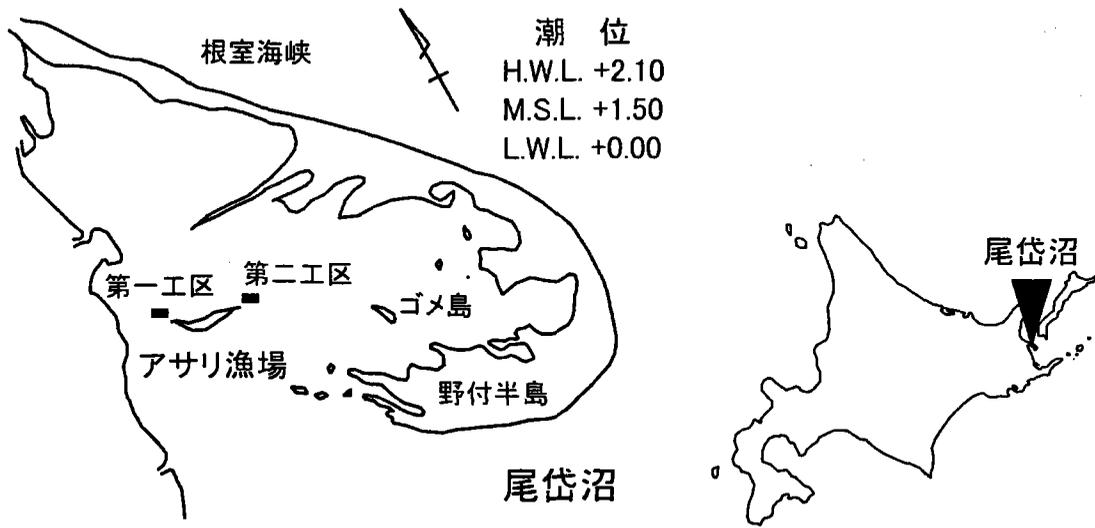


図-1 アサリ漁場（尾岱沼）

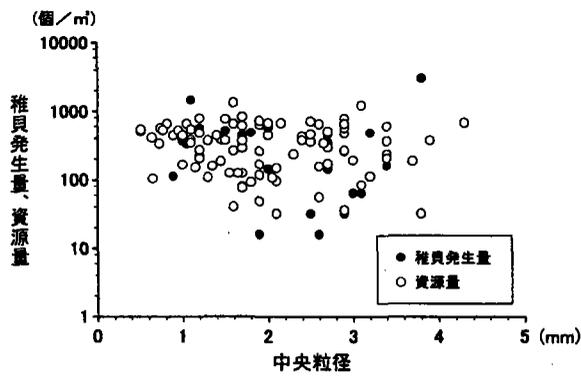


図-2 中央粒径とアサリの生息量

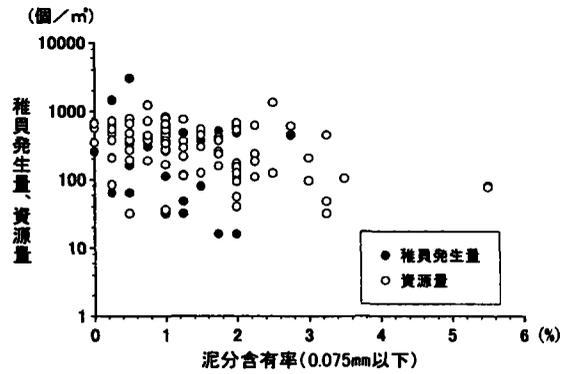


図-3 泥分含有率とアサリの生息量

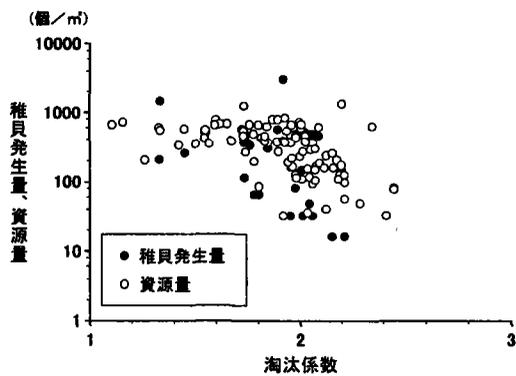


図-4 淘汰係数とアサリの生息量

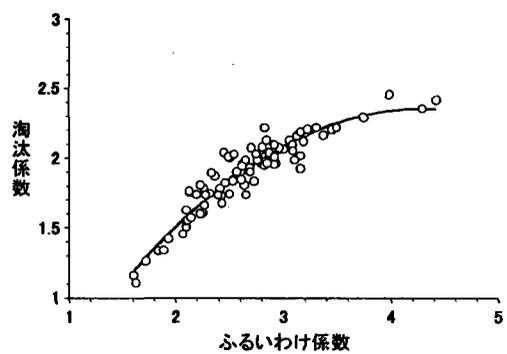


図-5 ふるいわけ係数と淘汰係数

$$S_0 = \sqrt{\frac{d_{75}}{d_{25}}} \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 S_0 : ふるいわけ係数、1に近づくほど底質の粒子は均一。

d_{75} 、 d_{25} : 粒度加積曲線において、それぞれ通過質量百分率が、75、25%に相当する粒径。

$$\sigma_1 = \frac{1}{4} \left(\log_2 \frac{d_{84}}{d_{16}} \right) + \frac{1}{6.6} \left(\log_2 \frac{d_{95}}{d_5} \right) \dots\dots\dots (2)$$

ただし、 σ_1 : Folk の淘汰係数、0に近づくほど底質の粒子は均一。

d_{95} 、 d_{84} 、 d_{16} 、 d_5 : 粒度加積曲線において、それぞれ通過質量百分率が、95、84、16、5%に相当する粒径。

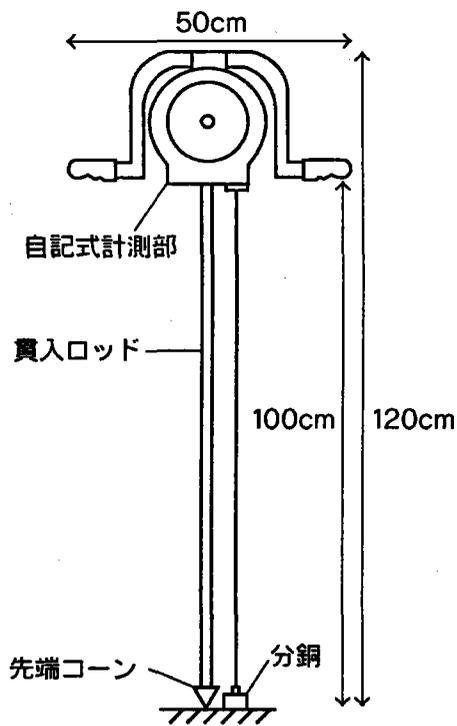


図-6 コーンペネトロメータ

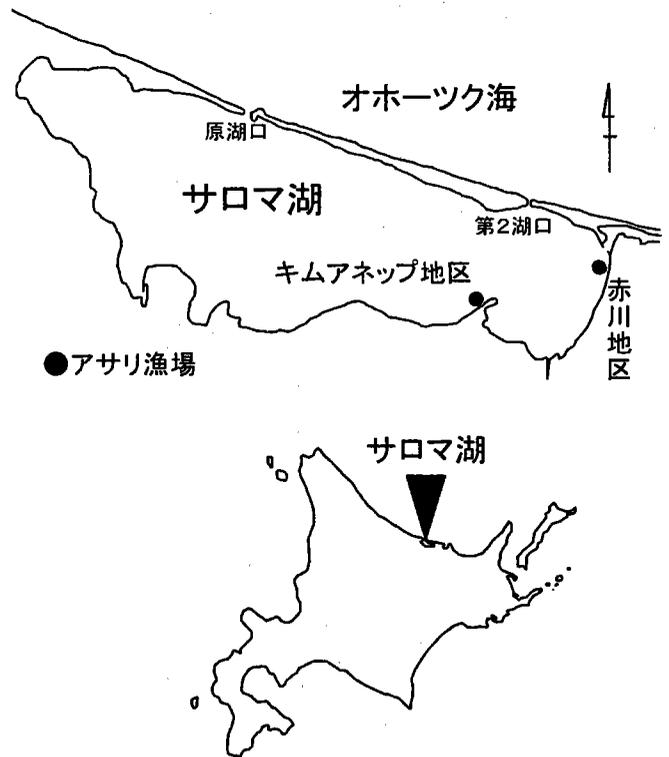


図-7 アサリ漁場(サロマ湖)

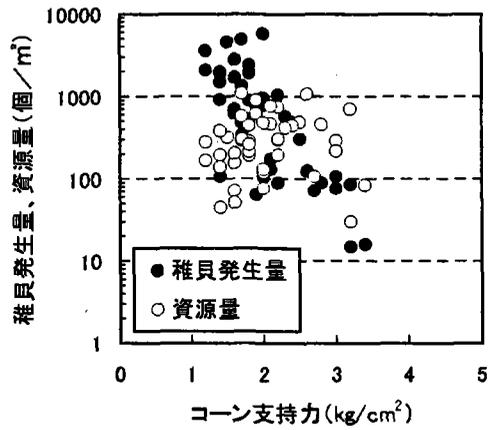


図-8 コーン支持力とアサリ生息量

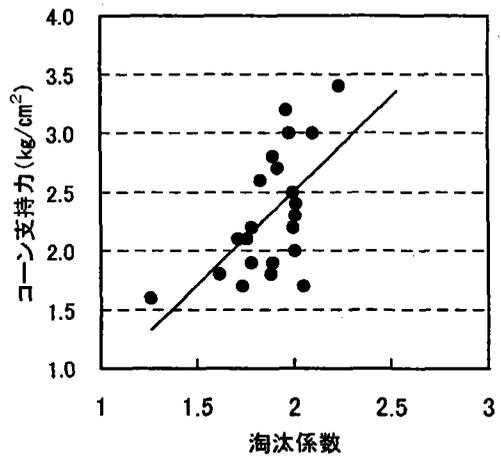


図-9 淘汰係数とコーン支持力

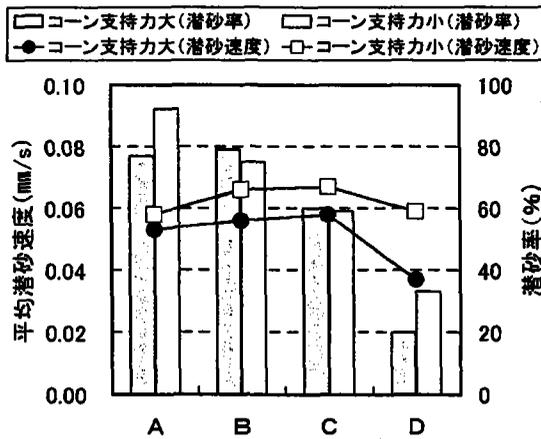


図-10 潜砂実験結果

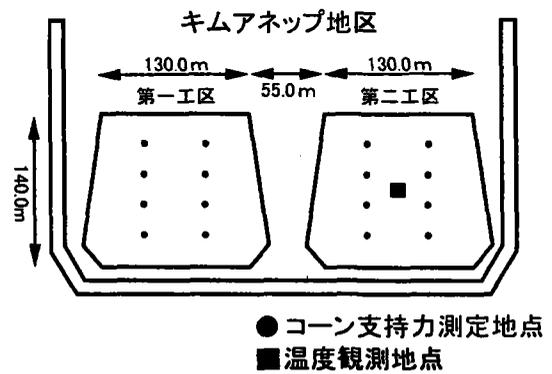


図-11 アサリ漁場 (キムアネップ地区)

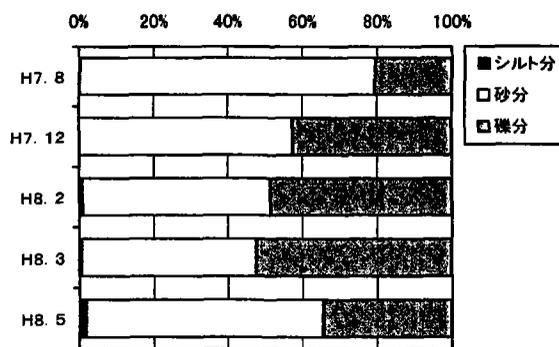


図-12 粒度組成の変化 (キムアネップ地区)

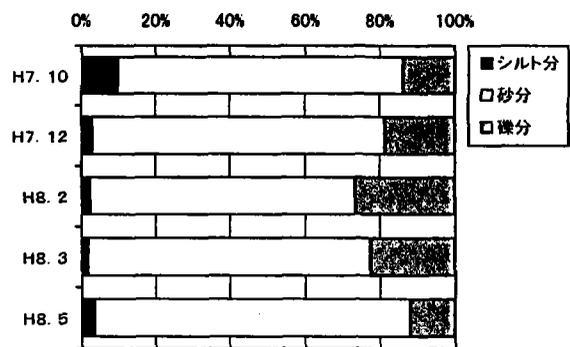


図-13 粒度組成の変化 (赤川地区)

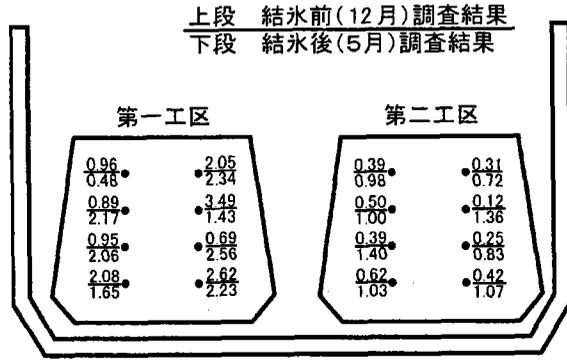


図-14 コーン支持力測定結果

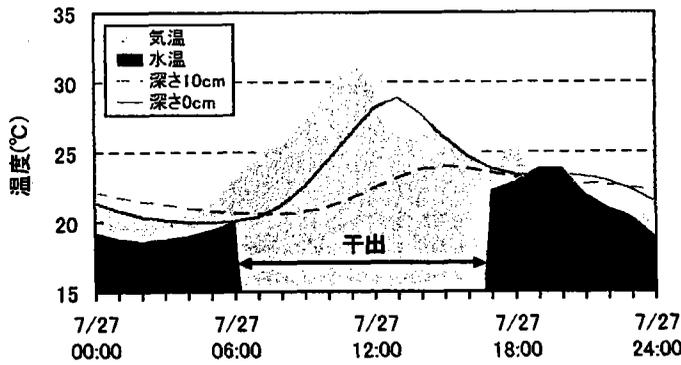


図-16 夏季の底質温度 (能取湖)



図-15 調査地点図 (能取湖)

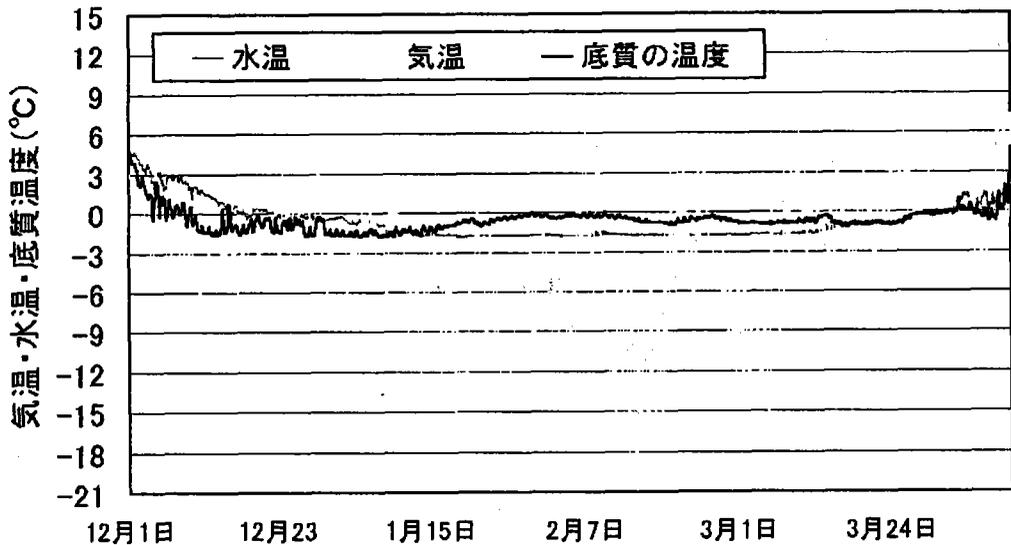


図-17 冬季の底質温度 (サロマ湖、キムアネップ地区)

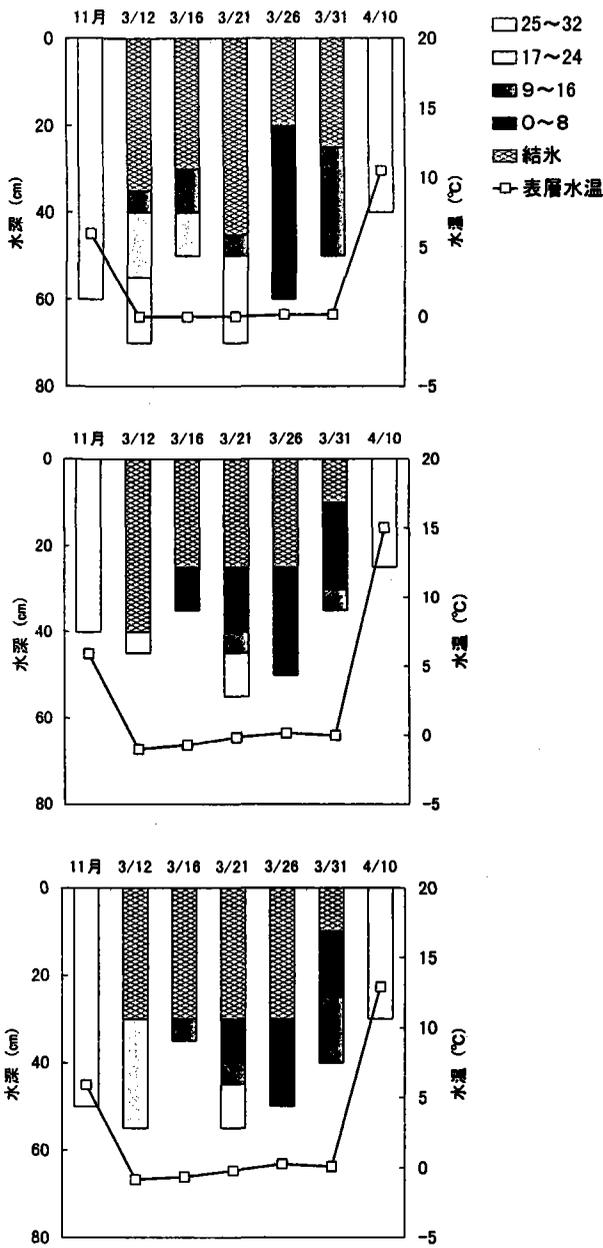


図-18 アサリ漁場における塩分濃度の変化
(上から、調査地点②、④、⑥)

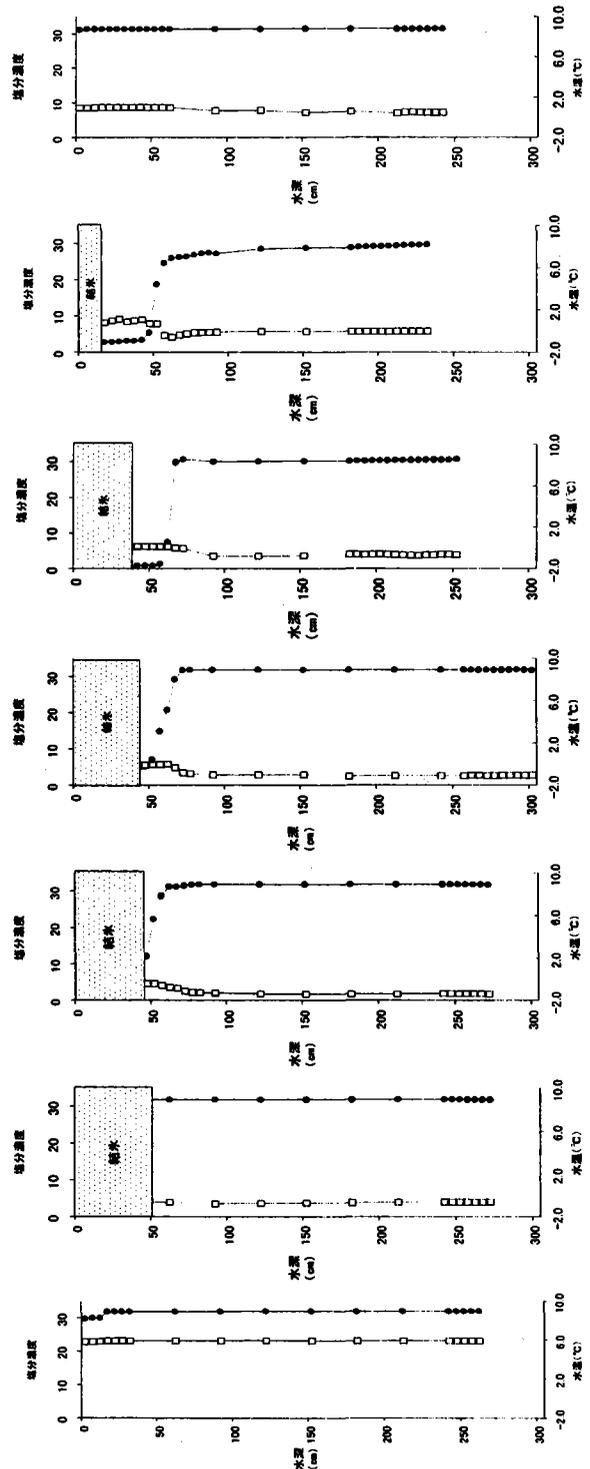


図-19 対照区における塩分濃度の変化
(下から、11月、3/12、3/16、
3/21、3/26、3/31、4/10)

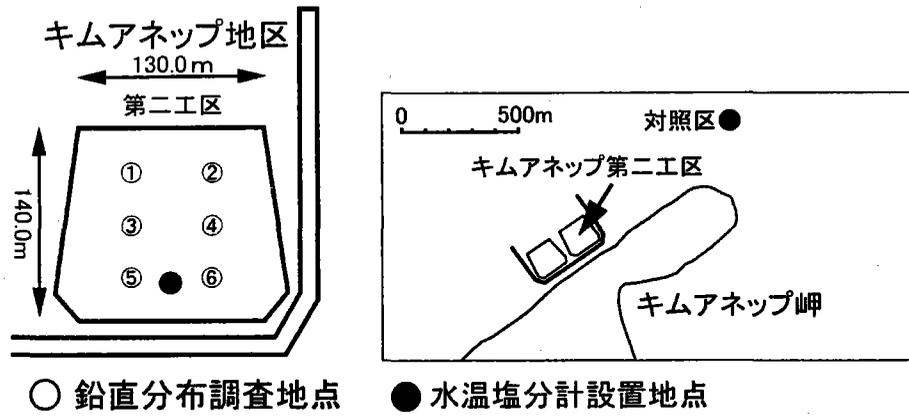


図-20 低塩分調査地点（サロマ湖キムアネツ）

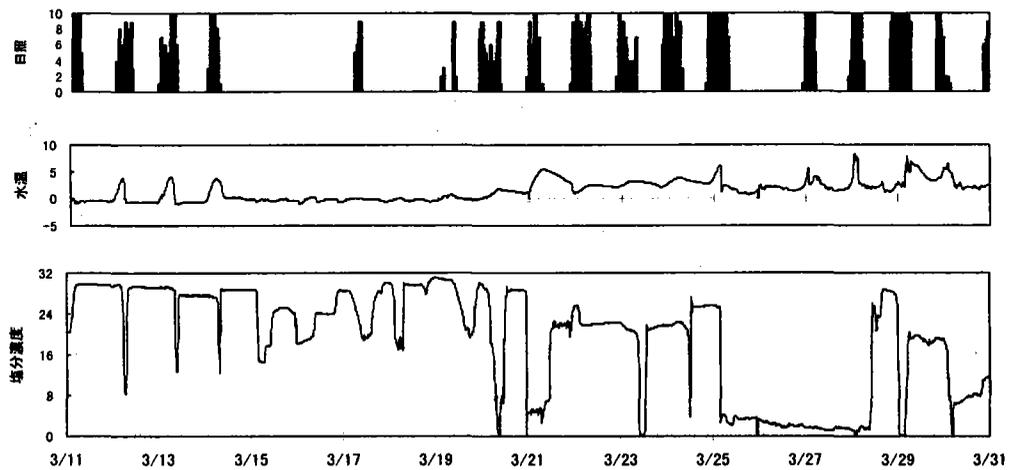


図-21 海水の水温、塩分濃度、日照時間の推移（アサリ漁場）

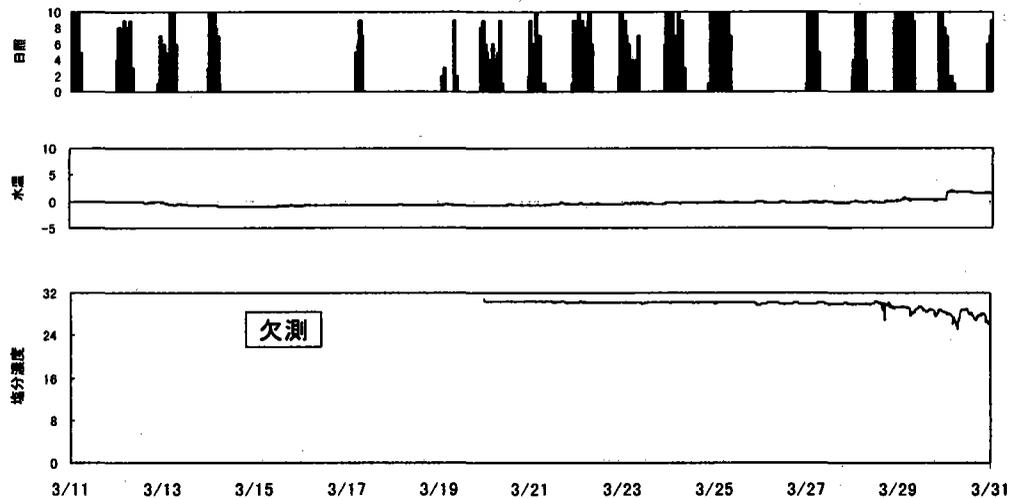


図-22 海水の水温、塩分濃度、日照時間の推移（対照区）