

以上のことから、理論的な選択性曲線の改善のためには、選択性を決定する体の部位の特定が重要であると考えられる。また、本研究では脱出口サイズのバラツキを評価しなかったことも、両選択性曲線の違いの原因になった可能性がある。脱出口サイズにバラツキがあった場合には、理論的選択性曲線の選択性レンジはより大きくなるため、両選択性曲線は良く一致する可能性がある。

理論的選択性曲線の推定については、これらの点を踏まえてさらに検討する必要がある。

3.6 SELECTモデルにおける相対漁獲効率とBaranovの仮定

脱出口サイズによる選択性の解析において、浸漬日数1日の場合に脱出口の有無あるいは脱出口サイズの違いによる相対漁獲効率の違いはみられなかった。しかし、浸漬日数2日以上の場合、相対漁獲効率は脱出口を付けたかごの方が高く、かつ脱出口サイズが大きいほど高い傾向がみられたことから、脱出口についても相対漁獲効率は浸漬時間により異なることが示唆される。脱出口に関する研究では、脱出口を取り付けることにより漁獲効

率が高くなるという報告が多い^{5,42,52,71,86}。しかし、Treble et al.⁵⁴はロブスターを対象とした操業実験結果をSELECTモデルにより解析し、脱出口が漁獲効率を増大させることはない結論した。彼らの解析では、浸漬日数が1日より長いデータを削除し、解析に用いるデータの操業条件の統一を図っている点が注目される。本研究においても、浸漬日数1日の場合に限ってみると、脱出口は相対漁獲効率を増大させないと結論される。したがって、選択性が異なる場合の漁獲効率の評価には、浸漬時間などの操業条件を十分に考慮する必要があると考えられる。

一方、Baranovの仮定については、網目選択性の解析とは異なる結果が得られた。すなわち、マスターカーブの推定において、浸漬日数に関わらずBaranovの仮定に基づくモデルが選択された。その理由として、脱出口の選択性の解析では、脱出口の高さが分離部位の大きさそのものであることと、脱出に関わる体の部位が体高1や体高2のように甲長と比例関係にあることが考えられる。

SELECTモデルは脱出口の選択性の解析においても、このような仮定を検証しつつ選択性を評価できることから、従来の解析手法に比べ優れているといえる。

第5章 総合考察

1. ケガニかごの漁獲選択性解析における新たな解析手法の有効性と課題

これまで、比較操業実験に基づくカニかごやエビかごの漁獲選択性の解析には、非選択な対照かごに対する実験かごの甲長階級別の相対的効率（漁獲比）や、石田の方法により推定された選択性曲線が用いられてきた。これらの方法では、実験に使用した各かごの漁獲効率（選択性は含まない）が等しいという仮定と、Baranovの仮定が用いられるが、それらの仮定の妥当性が確かめられないことが大きな問題であった。これに対し本研究では、SELECTモデルとマスターカーブ法を組み合わせた新たな解析手法を用いることにより、両仮定の妥当性の評価と選択性曲線の推定を同時に行うことを可能にした。その結果、ケガニかごの漁獲選択性の解析では、上述の2つの仮定が必ずしも適切でないことが明らかになった。さらに、SELECTモデルでは従来の解析法と異なり、標本数が非常に少ない場合を除き、偏りがほとんどない推定値が得られることが、シミュレーションにより確かめ

られている¹⁰。これらのことから、本研究で用いた新たな解析手法は、ケガニかごの漁獲選択性解析に有効な方法であると結論できる。そこで、従来法の解析結果との違いを具体的に検討する。本研究では選択性曲線にLogistic曲線を適用し、適合度検定や残差分析から、データに対する当てはまりは比較的良いと判断された。これに対し、小池・小倉²⁸は石田の方法によりベニズワイかごの網目選択性曲線を推定し、その特徴はある甲幅長で最高の漁獲比を示し、それ以上の甲幅長になると漁獲比が低下する傾向を示す点にあると述べており、選択性曲線の形状はLogistic曲線と異なる。ケガニかごの場合にも石田の方法を用いて網目選択性曲線を推定すると、同様の傾向がみられる。この原因について検討する。ケガニかごでは浸漬時間が長い場合に、目合が大きいほど相対漁獲効率が高くなる傾向がみられた。このことはいずれの目合でも選択性が働かないような大きな甲長階級では、目合が大きいほど漁獲尾数が多いという傾向が現れることを意味している。石田の方法ではBaranovの仮定を用いて、

ある甲長 l_i の目合 m_j による漁獲尾数 n_{ij} を、選択性を求めようとする目合 m に対する換算甲長 ($l_i \times m/m_j$) の漁獲尾数として扱う。このため、目合が大きいかほど漁獲尾数が多いというデータは、換算甲長が大きいかほど漁獲尾数が少ないというデータに変換されることになる。このように変換されたデータを用いて推定された選択性曲線では、選択率はある甲長まで増加した後、減少することが予想される。ベニズワイかごでみられた漁獲比の低下は一見すると入口の選択性に起因するようみえるが、ある甲幅長についてみれば、入口の選択作用は同じであるから、目合に応じて換算甲幅長を求めても入口の選択性は同じであり、スケールを調整した後に得られる選択性曲線には入口の選択性は現れないことになる。それにもかかわらず、ある甲幅長以上で漁獲比が低下する傾向が現れる原因の一つとして、目合などの違いによる相対漁獲効率の違いが、選択性に含まれてしまうことが考えられる。SELECTモデルでは、選択性と選択性を含まない相対漁獲効率を分離して客観的に評価することが可能であり、このような問題の解決が図られている。

SELECTモデルの有効性については、非選択な対照漁具と選択性のある実験漁具を用いた多くの比較操業実験のデータ解析で確かめられている。しかし、Millar⁶³⁾は比較操業実験データの解析において、非選択な対照漁具の漁獲データがない場合には、2種類の漁具の漁獲データから選択性曲線を決定することが困難であることを示し、3種類以上の漁具による漁獲データが利用できれば、それらを同時に解析した方がよいかも知れないと述べている。本研究では、4種類の脱出口付きのかごによる漁獲データを用いて脱出口サイズの選択性マスターカーブを推定し、非選択な漁獲データを用いなくても選択性曲線を決定することが可能であることを確かめた。従来カニかごやエビかごの網目選択性の研究では、目合の異なる数種類のかごを用いた比較操業実験が数多く行われている。本研究で用いた解析手法はこれらのデータ解析に応用可能であり、新たな実験を行う場合はもちろんのこと、既存の実験データからもマスターカーブや相対漁獲効率を推定でき、資源管理に役立つ多くの重要な情報が得られると考えられる。

一方、SELECTモデルをケガニかごの漁獲選択性解析に利用した場合、いくつかの問題点もみられた。その一つは、小さな甲長における外れ値（たとえばFig. 18, 50）の取り扱いである。このようなデータは、物理的には十分に網目や脱出口を通過できる個体が、かご内に留まり漁獲される現象によるものであり、読みとり誤差等による異常値ではない。同様の現象は他の種でもみられている。Treble et al.⁶⁴⁾は口ブスター *Jasus edwardsii* を対象に

2つの海域で脱出口の選択性に関する野外実験を実施し、甲長の小さい側では、実験データに基づく選択率が体型に基づく理論的選択率よりもかなり高いことを報告している。彼らはSELECTモデルによりデータを解析し、Logistic曲線よりもRichard曲線の当てはまりが良いことを示した。Richard曲線を用いる際、1つの海域では甲長90mm未満のデータを削除するとともに、モデルを単純化して推定するパラメータを少なくするために、50%選択甲長が脱出口サイズに比例すると仮定している。かご漁具ばかりでなく、底曳き網のコッドエンドの選択性に関する実験でも類似の現象がみられており、Richard曲線が適用されている^{51,63)}。結果には示さなかったが、本研究においても小さな甲長に外れ値がある場合にRichard曲線を適用すると適合が良くなるケースがみられた。しかし、パラメータの解が安定しないという問題が生じた。網目と脱出口の選択性レンジは非常に狭いことから、Logistic曲線よりも複雑なRichard曲線を正確に当てはめるためには、観測度数を増やし甲長階級幅を狭くとる必要があると考えられる。本研究では、目合間あるいは脱出口サイズ間の漁獲選択性、特に50%選択甲長及び選択性レンジの比較に関心があったので、外れ値の甲長階級よりも小さな甲長階級のデータを削除して解析を行った。しかし、かごによる調査結果から資源密度を推定する場合には、小型個体に対する選択率の推定精度が結果に大きく影響することから、十分な観測データを得てRichard曲線の適用を検討することが望ましいと考えられる。外れ値の出現は、実験全体を通して浸漬日数1日の場合に多くみられたことから、餌の誘集力の持続時間と関連した生物的要因による可能性が考えられる。

相対漁獲効率の取り扱いにも検討の余地がある。SELECTモデルでは、漁獲効率を対象生物の大きさとは無関係に扱っているが、ケガニかごの相対漁獲効率がかごの飽和度や個体間の干渉に関係している場合には、ケガニのサイズに依存する可能性がある。しかし、SELECTモデルでは選択性曲線と相対漁獲効率とともに個体のサイズに依存する場合、これらをデータから識別して推定することが困難であるため、相対漁獲効率を個体サイズと無関係に設定せざるを得ない。これに対し、Perez-Comas and Skalski⁶⁶⁾は標準目合と実験用目合の2種類のコッドエンドによる交互操業実験のデータを解析する際に、目合ではなく体長階級に対して多項分布を適用することにより、相対漁獲効率を用いないモデルを開発し、Millar⁶³⁾の目合についての二項分布を用いたモデルと同様に良い適合が得られることを報告している。この方法は、選択性曲線のみに関心がある場合には適切なモデルとなるであろうが、逆に目合が異なることによる相対漁獲効率の

違いを評価できない。SELECTモデルでは体サイズに対する依存は分からないまでも、選択性的変化に伴う相対漁獲効率を評価できる点で優れていると思われる。

脱出口サイズ別の漁獲選択性の解析では、モデルが適合しないケースが多くみられた。比較操業実験では、得られるデータの分散が統計モデルに用いる分布で規定される分散よりも大きくなる現象がよく起こる。その原因として、対象生物の集中分布などに起因する過分散 (over-dispersion)^{94,95)} や、操業条件の違いなどに起因すると考えられる操業間での選択性的変動 (between-haul variation)⁹⁶⁾ が考えられる。このような場合、用いた選択性曲線が適切であるにもかかわらず、モデルの適合がみられないという現象が起こる。カニ類の集中分布については、ズワイガニ⁹⁷⁾ やケガニ⁹⁸⁾ で報告されている。脱出口の選択性解析では残差のプロットに系統的なパターンが認められない場合が多かったことから、モデルの適合がみられなかった原因の1つとして、ケガニの集中分布による過分散が考えられた。過分散はパラメータの推定値にはほとんど影響しないが、推定値の標準誤差や仮説検定に影響することが知られている⁶³⁾。このため、本研究では逸脱度の自由度に対する比で過分散の大きさを推定し、尤度比検定量とパラメータ推定値の標準誤差を補正した。しかし、この方法では操業毎の選択性的変動は補正されない。ケガニかごでは、浸漬時間により選択性が異なることが明らかとなったことから、操業毎に選択性が変化する可能性が高い。たとえ浸漬時間を統一して解析したとしても、ケガニかごの選択性はかごの中のケガニの行動に大きく依存すると考えられることから、操業日や操業場所により異なる底水温やケガニのサイズ組成、あるいは脱皮周期などが原因して、選択性や相対漁獲効率が操業毎に変動することは十分考えられる。このため、ケガニかごでは操業間の変動の評価も重要と考えられる。操業間の変動を補正する方法として、Fryer⁹⁶⁾ は各操業回毎に推定した選択性曲線のパラメータを用いる方法を提案している。ケガニかごでは操業回毎に選択性曲線を推定しようとする、実験の規模を相当大きくしなければならない。ケガニかごでは、過分散と操業間の変動を同時に推定できるREPと呼ばれるノンパラメトリックな方法^{63,94)} や、ブートストラップ法^{52,99)} の利用が実際的であると考えられる。

本研究では各操業回で得られるデータ数が一般に少なかったため、繰り返し行って得た実験データを合算したが、このような合算は一定条件を必要とする。この条件については、内田ら¹⁰⁰⁾ が検討している。それによると、データを合算して用いて良い条件は、操業期間中に体長組成が変わらない場合、操業期間中に努力量が一定

である場合、調査対象漁具と非選択漁具の努力量の比が一定の場合のいずれかである。本研究ではかごをブロック単位で扱うことにより、この条件が満たされているためデータを合算して用いた。ただし、これらの条件のいずれにも該当しない場合であっても、Tokai and Ueta⁵⁷⁾ が拡張した方法により、操業回毎のデータを用いて解析することは可能である。SELECTモデルでは、漁具間の努力量が異なる場合や測定標本を抽出する場合^{52,61,101)} など、野外実験に特徴的な状況に対応したモデルの拡張も行われており、適用できる範囲が広がりつつある。

2. ケガニの選択的漁獲方法について

ケガニの選択的漁獲では、甲長が80mm以上あり、脱皮後の回復が進んだ商品価値の高い雄の選択が目標となる。このような選択的漁獲は、漁具の選択性だけでは実現が困難であるが、漁獲に関連する諸要因を検討することにより、可能になると考えられる。ケガニかごを用いた場合、ケガニの選択的漁獲を左右する要因として、漁期、漁場、餌の種類、入口の大きさ、目合、脱出口サイズなどが考えられる。これらの要因の選択作用について検討する。

漁期の選択は、目合や脱出口サイズでは選択が困難な脱皮後の回復が進んだ商品価値の高いケガニの選択的漁獲に対する効果が期待できる。実際に、釧路東部海域では軟甲ガニの出現が少ない時期に漁期をずらし、漁獲金額増大の効果が確認されている¹⁰²⁾。また、オホーツク海では軟甲ガニの出現が多くなる時期に休漁期間を設けて、軟甲ガニの漁獲削減が図られている。漁場の選択は、雌雄の選択やサイズ選択に対する効果が期待できる。ケガニでは雌雄や発育段階により分布域が異なることが知られており、雌や小型個体の多い海域での漁獲を避けることにより、これら水揚げ対象とならない個体の漁獲削減が可能と考えられる。オホーツク海などで設けられている資源保護区域は、選択的漁獲の点からも注目される。餌の種類による選択において、現在のところ実用段階にあるものはない。しかし、佐々木¹⁰³⁾ はケガニ雌の性フェロモンの存在を実験的に証明しており、これを餌に利用することができれば、成熟した雄のみを選択的に漁獲できる可能性がある。入口の大きさもかごに入る水族の大きさに影響することが知られているが⁷⁹⁾、選択性曲線の形状は一定しておらず、それぞれの水族で固有の性状を持つと考えられている¹⁰⁴⁾。ケガニかごの入口の選択性については不明であるが、ケガニかごの入口の大きさが一般に300mm以下であるのに対し、第3歩脚先端間の距離は甲長80mmの雄で平均360mmと推定されたことから、規制サイズ以上のケガニがかごに入りにくい可能性がある。こ

のため、上で述べた選択的漁獲の目標とは異なるが、入口の大きさは大きい個体に対する漁獲効率を改善する上で重要であると考えられる。かごに入ったケガニは、網目や脱出口の選択作用を受けるが、これらの選択作用には浸漬時間が影響することが明らかになった。浸漬時間が選択性に影響するのは、かご内のケガニの生理的变化や餌の誘集力の時間的な変化、あるいは脱出口の場合には時間経過に伴うケガニの脱出口への遭遇確率の増大などが考えられる。誘集力の時間的な変化が選択性に影響する場合には、餌の量や質が選択性に関係することが考えられ、今後、餌の量や質と選択性との関係についても研究が必要と考えられる。

このように、ケガニの選択的漁獲に関係する要因は、ケガニの分布や生理・生態と深く関係しているため、選択のメカニズムは複雑であるが、反面、選択的漁獲方法の幅が広いとも言える。これまで、選択的漁獲方法を検討する場合、目合だけに 관심이持たれていたが、本研究により網目と同程度の選択性を持つ脱出口が開発され、選択的漁獲技術の幅が広がったといえる。脱出口による選択的漁獲では、網目による選択に比べ安定した選択性が期待できる他、選択性の変更も容易である。さらに、脱出口の数や面積あるいは取り付け位置の工夫により、網目よりも鋭い選択性が得られる可能性がある。また、網目と脱出口の選択性を組み合わせると、かご全体の選択性を改善することも考えられる。ケガニの選択的漁獲では、選択に係る要因をどのように組み合わせるかが、今後の課題になると考えられる。

3. ケガニの漁業管理と選択的漁獲技術

近年、FAOが「責任ある漁業」という概念を打ち出し、1995年には「責任ある漁業のための行動規範」が作成され、技術指針の中で選択漁獲の技術が具体策の一つとして取り上げられている。有元⁽¹⁰⁵⁾はこうした内容について、各国、そして各地域が独自の文化や社会制度を背景に海域環境や漁業権の特性を考慮しつつ、具体的にどのように取り組んでいくかを検討していく必要性を指摘している。北海道におけるケガニの漁業管理についても、一地域の資源の漁業管理という視点だけではなく、世界的な漁業管理の視点から、放流、投棄、混獲といった問題への対応策を具体化していく必要がある。ケガニの漁業管理では、許容漁獲量(TAC)制度と甲長制限が2つの大きな柱であるが、甲長制限に伴い発生する放流量や放流個体の死亡率の推定は、立ち遅れている現状にある。松宮⁽¹⁰⁶⁾は放流量や放流魚の生存率が把握されていなければ、漁獲量や努力量も実態と異なるため、資源評価も誤ったものになり、許容漁獲量も正しくない数値となることを

指摘している。オホーツク海の網走支庁管内では、1994年の目合規制導入後、漁期初めの調査における規制サイズ未満のケガニの漁獲割合が減少しているが、依然として30~40%程度の漁獲物が規制サイズ未満である(Table 15)。この値は、放流量として考えると決して低い値とはいえない。生存率の把握や生存率を高めるための技術開発が大事であることは言うまでもないが、それにもまして放流量を減らすことのできる選択的漁獲技術の開発・改良が重要なことは明らかである。ケガニかごによる選択的漁獲の具体的な取り組みとして、現在、目合規制の徹底が図られているが、目合規制では網目の選択性に影響すると考えられる網糸の伸縮や縮結、網地の張り具合などについては触れていない。これらの内容については、實際上管理が困難であるという問題がある。これに対し脱出口では、素材、形状、サイズの管理が容易であり、行政機関などが規格を明確に指定できるという漁業管理上のメリットも大きいことから、今後、選択的漁獲の具体策として検討していくべきと考えられる。

一般に漁具の規制による選択的漁獲の効果は、資源保護や資源管理の面で強調されることが多い。一方、行政機関から漁具の規制が提案された場合、漁業者は漁獲量の減少を危惧するため受け入れに難色を示す場合が多い。しかし、ケガニかごでは、小型個体や混獲物の漁獲を削減することにより、かごの引き揚げ労力の低減や、選別作業のための労力と時間の削減ができる他、本研究における選択性の解析結果から、浸漬時間が長い場合には漁獲効率の向上も期待できる。漁具の規制が論議される場合、このような漁業経営上のメリットが過小評価され、漁業者に十分な情報とデータが提供されているとはいえない。漁具の規制による中長期的な資源回復への効果ばかりでなく、短期的にみた漁業経営上の効果は、漁業者の理解を深め、資源管理対策を具体化する上で重要な要素である。オホーツク海の網走支庁管内毛がに漁業対策協議会が、北海道の目合規制に先だって自主的に目合の拡大を進めたのも、小型個体が多く出現していた時期に自ら網目試験を実施し、目合拡大の影響あるいは効果を漁業経営の面から実感できたことによると考えられる。宮澤⁽¹⁰⁷⁾は、オホーツク海のケガニかご漁業の資源管理モデルを例に取り上げ、現実の漁業経営の側の条件が折り合わなければ、管理・規制についての合意は成立しないことを指摘し、管理方針についてはどのような個別経営間の合意が可能であるかという点から考えて行くべきであろうと述べている。ケガニかごの漁獲選択性の研究では、このような漁業経営の視点に立つことも重要であると考えられる。

要 約

ケガニ *Erimacrus isenbeckii* は北海道の特産品であり、重要な水産資源であるが、近年の漁獲量は低位であり、資源の増大が求められている。本研究では、ケガニの資源管理の柱の1つである甲長規制に対応した選択的漁獲技術の確立を目的に、比較操業実験結果から、ケガニかごの網目選択性と新たに開発した脱出口の漁獲選択性を明らかにするとともに、両者の選択性を比較検討した。目合別及び脱出口サイズ別の選択性曲線の推定にはSELECTモデルを用い、任意の目合及び脱出口サイズを選択性を求めることのできるマスターカーブの推定には、SELECTモデルとマスターカーブ法を組み合わせた新たな解析手法を用いた。本研究で得られた成果は次のとおりである。

1. 比較操業実験からかご漁具の漁獲選択性を求めるために用いられてきた従来の解析手法の問題点を整理し、ケガニかごの漁獲過程を踏まえて、SELECTモデルとマスターカーブ法を組み合わせた新たな選択性解析手法を考案した。この手法は仮定の妥当性の評価と選択性曲線の推定を同時に行うことが可能であり、網目選択性と脱出口の選択性の解析に適用した結果、従来の解析手法が基礎においている選択性を含まない相対漁獲効率は等しいという仮定とBaranovの仮定が、必ずしも適切でないことが明らかになった。
2. 網目と脱出口の選択性を同一の基準で比較できるようにするため、マスターカーブから50%選択甲長 l_{50} と選択性レンジSR(75%選択甲長-25%選択甲長)の関係式を導いた。この関係式を図示することにより、網目と脱出口の選択性の比較が容易となった。
3. 目合内径が57, 72, 87, 102, 117mmの5種類のかごを用いた比較操業実験結果から、Logistic式により浸漬日数別に網目選択性を推定した。浸漬日数の違いによる50%選択甲長の違いは明らかでなかったが、選択性レンジは浸漬日数が1日よりも2日で狭く、浸漬時間の増加に伴い選択性が鋭くなることが示唆された。浸漬日数が1日の場合、目合の違いによる相対漁獲効率の違いはみられなかったが、浸漬日数2日の場合、相対漁獲効率は目合が大きいほど高くなる傾向があった。これらのことから、網目の選択性と相対漁獲効率はかごの浸漬時間により変化することが示唆された。また、マスターカーブの推定におけるモデルの比較から、同じ選択性を示す目合と
4. 規制サイズである甲長80mmが50%選択甲長となる目合が適切であるとすると、マスターカーブから適切な目合は、浸漬日数1日の場合も2日の場合も114mm、その選択性レンジは浸漬日数1日の場合6.3mm、浸漬日数2日の場合2.5mmと推定された。選択性レンジが狭いことから、網目の鋭い選択性が明らかとなった。また、現行の目合規制における最小目合115mm(外径)の50%選択甲長は、浸漬日数1日の場合78.3mm、浸漬日数2日の場合78.4mmと推定され、甲長の規制サイズ80mmよりもやや小さかった。
5. 網走海域において、1994年の目合規制導入前後における調査船とケガニかご漁船の雄漁獲物に占める規制サイズ未満の割合を比較した。目合規制導入前には、両者に差が認められなかったが、導入後には有意な差がみられた。目合規制導入後、目合の拡大を行ったケガニかご漁船では規制サイズ未満の漁獲割合が顕著に低下しており、目合規制の効果が確認された。しかし、ケガニかご漁船による規制サイズ未満の漁獲割合は、目合規制導入後も漁期初めにおいて平均30~40%程度と高く、ケガニかごの選択性には改善が必要であると考えられた。
6. 75×48mmと85×55mmの矩形の脱出口を用いた予備実験を行い、ケガニかごにおいて脱出口が選択性を有することが確認された。また、85×55mmの脱出口を取り付けたケガニかごの方が、規制サイズ以上の雄の選択的漁獲に有効であることが分かった。
7. ケガニの相対成長に基づいて設計した高さだけが異なる4種類の脱出口(100×49, 100×51, 100×53, 100×55mm)を用いて比較操業実験を行い、Logistic式により浸漬日数別に脱出口の選択性を推定した。その結果、浸漬日数が多い方が50%選択甲長は大きく、選択性レンジは小さかった。また、浸漬日数1日の場合、脱出口サイズの違いによる相対漁獲効率の違いはみられなかったが、浸漬日数2日以上の場合には、脱出口サイズが大きいほど相対漁獲効率が高い傾向がみられた。このことから、脱出口の場合にも選択性と相対漁獲効率はかごの浸漬時間により変化することが示唆された。マスターカーブの推定におけるモデルの比較から、同じ選択性を示す脱出口サイズと甲長の関係には、Baranovの仮定が成立

- すると考えられた。
8. 脱出口の数が選択性に影響するかどうかを調べるため、予備実験で規制サイズ以上の雄の選択漁獲に効果がみられた、85×55mmの脱出口を1個取り付けたかごと2個取り付けたかごの選択性を比較した。浸漬日数が1日の場合、両者の選択性に違いはみられなかったが、浸漬日数が2日以上の場合には、脱出口を2個取り付けたケガニかごの方が50%選択甲長は大きく、選択性が良いことが明らかとなった。
 9. 脱出口サイズと脱出口の数の違いによる選択性の比較から、規制サイズである甲長80mm以上の雄を選択的に漁獲するためには、100×51mmの脱出口を2個取り付けることが適切であると考えられた。
 10. 経費と労力の節約のため、体高と脱出口の高さの関係をを用いた理論的選択性曲線の推定が可能か検討した。浸漬日数1日の場合には、比較操業実験から求めた選択性曲線は理論的選択性曲線と異なり、50%選択甲長が明らかに小さく、選択性レンジが広がった。一方、浸漬日数2日以上の場合には、理論的選択性曲線の方がやや選択性レンジが狭かったが、両曲線は類似していた。このことから、理論的選択性曲線の推定には、浸漬時間を考慮する必要があると考えられた。
 11. 網目と脱出口の選択性マスターカーブから、それぞれ50%選択甲長と選択性レンジの関係を求めて比較した結果、本研究で開発した脱出口の選択性は網目のそれと同様に鋭いことが確かめられた。さらに、脱出口には網目にはない利点（安定した選択性、容易な選択性の変更など）や改善可能な点（材質、形状、数、位置など）が多いことから、脱出口の取り付けはケガニかごの選択性改善の有効な手段になると結論した。

謝 辞

本研究をとりまとめるにあたり、懇切なご指導とご校閲を賜った北海道大学水産学部教授 梨本勝昭博士、ご校閲と有益なご教示を賜った北海道大学水産学部教授 山本勝太郎博士、同助教授 平石智徳博士、同助教授 山下成治博士に深甚な謝意を表す。

東京水産大学教授 東海 正博士には本研究を進めるにあたり、貴重な論文を送っていただくとともに、温かい励ましと懇切なご助言をいただいた。心より感謝する。ケガニかご漁場内での操業実験は、長年の経験と試験研究に対する深い理解を持つ第58喜宝丸船長古山茂明氏の協力と助言がなければ実施できなかったものである。心からお礼申し上げます。

網走支庁管内毛がに漁業対策協議会のみなさんには、各種調査の実施にあたりご協力頂いた。泰東製鋼（株）網走出張所長の三上氏には、脱出口付きのケガニかごの製作にあたり、有益な助言とご協力をいただいた。島田建設（株）取締役営業部長の阿部晃治氏（元北海道立水産孵化場場長）には脱出口の実験に取り組む契機を与えていただいた。北海道立函館水産試験場の三橋正基資源予測科長には、貴重な標本を提供いただいた。北海道立水産試験場の甲殻類研究グループの諸氏には、本研究の

計画策定や結果の解析にあたり、貴重な助言をいただいた。本研究で使用したケガニ資源調査に関する資料の一部は、北海道立網走水産試験場におけるケガニ資源調査の担当者であった佐藤 一博士と今井義弘氏により収集・蓄積されたものである。北海道立中央水産試験場の佐野満廣企画情報室長には、本論文をまとめるにあたりご配慮をいただいた。以上の方々に、記して厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) Bain, J.Jr.: Investigations into the effectiveness of escape gaps in crayfish traps. *New Zealand Marine Department of Fisheries Tech. Rept.*, 17, Wellington, 1967, 20pp.
- 2) Eldridge, P.J., Burrell Jr. V.G. and Steele, G. : Development of a self-culling blue crab pot. *Mar. Fish. Rev.*, 41, 21-27(1979)
- 3) Davis, G.E.: Effects of injuries on spiny lobster, *Panulirus argus*, and implications for fishing management. *Fish. Bull.*, 78(4), 979-984(1981)
- 4) Brown, R.S. and Caputi, N.: Conservation of recruitment of the western rock lobster (*Panulirus cygnus*) by improving survival and growth of undersize rock lobster captured and returned by fishermen to the sea. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 43, 2236-2242(1986)
- 5) Guillory, V. and Hein, S.: A review of escape rings in blue crab traps. *J. Shellfish Res.*, 17(2), 551-559(1998)
- 6) Miller, R.J.: North American crab fisheries: regulations and their rationales. *Fish. Bull.*, 74(3), 623-633(1976)
- 7) Smolowitz, R.J.: Trap design and ghost fishing: An overview. *Mar. Fish. Rev.*, 40, 1-8(1978)
- 8) Everson, A.R., Skillman, R.A. and Polovina, J.J.: Evaluation of rectangular and circular escape vents in the northwestern Hawaiian Islands lobster fishery. *N. Am. J. Fish. Manage.*, 12, 161-171(1992)
- 9) Millar, R.B. and Walsh, S.J.: Analysis of trawl selectivity studies with an application to trouser trawls. *Fish. Res.*, 13, 205-220(1992)
- 10) Cadigan, N.G. and Millar, R.B.: Reliability of selection curves obtained from trouser trawl or alternate haul experiments. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 49, 1624 - 1632(1992)
- 11) 東海 正 : MS-Excelのソルバーによる曳き網の網目選択性 logistic 式パラメータの最尤推定 .水産海洋研究 , 61 , 288-298(1997)
- 12) 西内修一 : “ 比較操業実験法とSELECTモデル ” . 漁具の選択特性の評価と資源管理 (東海 正 , 北原武編) . 東京 , 恒星社厚生閣 , 2001 , 51-61 .
- 13) Nishiuchi, S.: Size selectivity of hair crab pots. *Rev. Fish. Sci.*, 9(1), 13-26(2001)
- 14) 川上四郎 : 毛蟹調査 (其一) (昭和九年度) . 北水試旬報 , 258 , 1-4 (1934)
- 15) 酒井 恒 : 日本産蟹類 . 東京 , 講談社 , 1976 , 185-194 .
- 16) 阿部晃治 : ケガニの脱皮と成長 . 日水誌 , 48(2) , 157-163 (1982)
- 17) 鳥澤 雅 : ケガニ雌の大型標本2例 . 北水試月報 , 39(7) , 163-166(1982)
- 18) 西内修一 : “ ケガニ *Erimacrus isenbeckii* (Brandt) ” . 漁業生物図鑑北のさかなたち (長澤和也 , 鳥澤 雅編) . 札幌 , 北日本海洋センター , 1991 , 310-315 .
- 19) 土門 隆・鈴木春彦・山本正義・森 格・原田 昭・館岡清治 : オホーツク海におけるオオクリガニ(ケガニ)資源調査 . 北水試月報 , 13(7) , 8-23 (1956)
- 20) 阿部晃治 : 道東近海におけるケガニの初期生活 . 水産海洋研究会報 , 31 , 14-19 (1977)
- 21) 佐々木正義・田中伸幸・上田吉幸 : 1991年秋季における噴火湾及び胆振太平洋沿岸域の雄ケガニの分布特性と海洋構造の関係 . 北水試研報 , 55 , 115-122 (1999)
- 22) 山本正義 : 網走支庁管内におけるケガニ資源について . 北水試月報 , 23(12) , 15-33 (1966)
- 23) 北海道 : 昭和62年度～平成元年度漁業高度管理適正化方式開発調査事業最終報告書 (北海道オホーツク海沿岸域) . 北海道 , 1990 , 114 p .
- 24) 佐々木潤・乗原康裕 : ケガニの齡期判別法と成長 . 北水試研報 , 55 , 29-67 (1999)
- 25) 佐藤 一 : 北海道におけるケガニの漁業管理 . 北日本漁業 , 26 , 1-8(1998)
- 26) Sinoda, M. and Kobayashi, T.: Studies on fishing of Zuwai crab in the Japan Sea-VI. Efficiency of the Toyama kago(a kind of crab trap) in capturing the Beni-Zuwai crab. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 35(10), 948-956(1969)
- 27) 谷野保夫・加藤史彦 : ベニズワイかご網の漁獲性能と選択性 . 日水研報告 , 23 , 101-117 (1971)
- 28) 小池 篤・小倉通男 : エビ籠 , カニ籠における網目 , 入口の選択作用について . 東京水産大学研究報告 , 64(1) , 1-11 (1977)
- 29) Watanabe, Y. and Sasakawa, Y.: A preliminary note on pot selection for the size of the rock crab. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 35(4), 225-233(1984)
- 30) 安達二郎 : ベニズワイガニかご網の網目選択性につ

- いて．日本海ブロック試験研究集録，12，63-100 (1988)
- 31) 西内修一：“ケガニ資源調査”．昭和63年度事業報告書．北海道立網走水産試験場，1989，40-56．
- 32) 竹内正一：ホッコクアカエビ籠の網目の大きさが入籠，脱籠に及ぼす影響．東京水産大学研究報告，75(1)，45-58(1988)
- 33) 青山恒雄：底びき網の網目の選択作用．日水誌，31(10)，848-861(1965)
- 34) 竹内正一：ホッコクアカエビ籠の網目の大きさ，入口の大きさと漁獲個体の大きさとの関係．東京水産大学研究報告，74(2)，241-256(1987)
- 35) Sinoda, M., Ikuta, T. and Yamazaki, A.: On changing the selectivity of fishing gear for *Chionoecetes opilio* in the Japan Sea. *Nippon Suisan Gakkaishi* 53(7), 1173-1179(1987)
- 36) Pope, J.A., Margetts, A.R., Hamley, J. M. and Akyuz, E.F.: Manual of methods for fish stock assessment Part . Selectivity of fishing gear. *FAO Fish. Tech. Pap.*, No. 41, 1975, 65p.
- 37) Simpson, D.G.: Codend selection of winter flounder *Pseudopleuronectes americanus*. *NOAA Tech. Rep. NMFS* 75, 1989, 10p.
- 38) 石田昭夫：刺網の網目選択性曲線について．北水研報告，25，20-25 (1962)
- 39) 東海 正：“石田の方法と北原の方法による釣鐘型選択性曲線の決定”．漁具の選択特性の評価と資源管理（東海 正，北原 武編）．東京，恒星社恒星閣，東京，2001，44-50．
- 40) 大本茂之・東海 正：“漁具の分離部位によるS字型サイズ選択性曲線の決定”．漁具の選択特性の評価と資源管理（東海 正，北原 武編）．東京，恒星社恒星閣，2001，30-39．
- 41) 梨本勝昭：“刺網の漁獲選択性”．漁具の漁獲選択性（日本水産学会編）．東京，恒星社厚生閣，1979，71-81．
- 42) Fogarty, M.J. and Borden, D.V.D.: Effects of trap venting on gear selectivity in the inshore island American lobster, *Homarus americanus*, fishery. *Fish. Bull.*, 77(4), 925-933(1980)
- 43) Millar, R.B.: Estimating the size-selectivity of fishing gear by conditioning on the total catch. *J. Am. Stat. Assoc.*, 87, 962-968(1992)
- 44) Kitahara, T.: On selectivity curve of gillnet. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 37, 289-296(1971)
- 45) Tokai, T. and Kitahara, T.: Methods of determining the mesh selectivity curve of trawl net. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 55, 643-649(1989)
- 46) 東海 正 (1998)：底曳網の網目選択性曲線の決定法とその資源管理への応用．日水誌，64(4)，597-600 (1988)
- 47) 平松一彦：最尤法による水産資源の統計学的研究 - パラメータ推定とモデル選択 - ．遠洋水研報，29，57-114(1992)
- 48) 平松一彦：“水産資源学における最尤法とAICの適用例”．水産資源解析と統計モデル（松宮義晴編）．東京，恒星社厚生閣，1993，9-21．
- 49) Wileman, D.A., Ferro, R.S.T., Fonteyne, R. and Millar, R.B.: Manual of methods of measuring the selectivity of towed fishing gears. *ICES Cooperative. Res. Rep.* No.215, Copenhagen, 1996, 126p.
- 50) 東海 正・三橋延央：比較操業実験から選択性曲線を求めるSELECTモデルについて．水産海洋研究，62(3)，235-247(1998)
- 51) Suuronen, P. and Millar, R.B.: Size selectivity of diamond and square mesh codends in pelagic herring trawls: only small herring will notice the difference. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 49, 2104-2117(1992)
- 52) Xu, X. and Millar, R.B.: Estimation of trap selectivity for male snow crab (*Chionoecetes opilio*) using the SELECT modeling approach with unequal sampling effort. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 50, 2485-2490(1993)
- 53) 鍋島靖信・安部恒之・山本圭吾・大本茂之・東海 正：マアナゴの資源管理のための漁獲制限体長の設定とアナゴかごの適正目合の選定およびその効果の予測について．大阪水試研報，9，41-55(1995)
- 54) Treble, R.J., Millar, R.B. and Walker, T.I.: Size-selectivity of lobster pots with escape-gaps: application of the SELECT method to the southern lobster (*Jasus edwardsii*) fishery in Victoria, Australia. *Fish. Res.*, 34, 289-305(1998)
- 55) 西内修一：ケガニかご．月刊海洋，31(2)，105-110 (1999)
- 56) 西内修一：ケガニかごの雄ケガニに対する網目選択性．北水試研報，55，131-139(1999)
- 57) Tokai, T. and Ueta, Y.: Estimation of size selectivity for oval squid *Sepioteuthis lessoniana* in the squid jigging fishery of Tokushima Prefecture. *Fisheries Sci.*, 65, 448-454(1999)
- 58) 鄭 義哲・金 三坤・朴 倉斗・辛 鐘根・東海

- 正：韓国におけるあなご筒かご水抜き孔のマアナゴ漁獲選択性．日水誌，65，260-267（1999）
- 59）野津倫代：東京湾あなご筒漁業における水抜き孔選択性に関する研究．東京水産大学修士学位論文．1999，115p．
- 60）Jeong, E.C., Park, C.D., Park, S.W. and Tokai, T.: Size selectivity of trap for male red queen crab *Chionoecetes japonicus* with the extended SELECT model. *Fish. Sci.*, 66, 494-501(2000)
- 61）Fujimori, Y. and Tokai, T.: Estimation of gillnet selectivity curve by maximum likelihood method. *Fish. Sci.*, 67, 644-654(2001)
- 62）Dobson, A.J.: 統計モデル入門（田中 豊・森川敏彦・栗原考次訳）．東京，共立出版，1993，176 p．
- 63）Millar, R.B. and Fryer, R.J.: Estimating the size-selection curves of towed gears, traps, nets, and hooks. *Rev. Fish Biol. Fish.*, 9, 89-116(1999)
- 64）平山信夫：“かご漁業の漁業資源”．かご漁業（日本水産学会編）．東京，恒星社厚生閣，1981，51-65．
- 65）北門利英：“選択曲線の推定と統計モデル”．漁具の選択特性の評価と資源管理（東海 正・北原 武編）．東京，恒星社恒星閣，2001，71-80．
- 66）Akaike, K.: “Information theory and an extension of the maximum likelihood principle”．2nd Inter. Symp. on Information Theory (In Petrov, B. N., and Csaki, F., eds.). Budapest, Akademiai Kiado, 1973, 267-281.
- 67）坂本慶行・石黒真木夫・北川源四郎：情報量統計学．東京，共立出版，1983，236p．
- 68）Perez-Comas, J.A. and Skalski, J.R.: A parametric multinomial model for size selection in alternate-haul experiments. *Fish. Res.*, 27, 113-129(1996)
- 69）西内修一：ケガニかごの網目選択性について．水産技術と経営，37(7)，13-21(1991)
- 70）山本正義：“ケガニ資源調査”．昭和58年度事業報告書．北海道立網走水産試験場，1984，11-38．
- 71）Miller, R.J.: Effectiveness of crab and lobster traps. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 47, 1228-1251(1990)
- 72）Armetta, T.M. and Stevens, B.G.: Aspects of the biology of the hair crab, *Erimacrus isenbeckii*, in the eastern Bering Sea. *Fish. Bull.*, 85, 547-560(1987)
- 73）Sokal, R.R. and Rohlf, F.J.: Biometry: the principles and practice of statistics in biological research. 3d ed. New York, W. H. Freeman and Co., 1995, 887p.
- 74）井上 実：“かごに対する水族の行動”．かご漁業（日本水産学会編）．東京，恒星社厚生閣，1981，37-50.
- 75）山根 猛：テナガエビ *Macrobrachium nipponense* のスパーシングメカニズム．日水誌，64(5)，885-886(1998)
- 76）Smith, A.D. and Jamieson, G.S.: A model for standardizing dungeness crab (*Cancer magiser*) catch rates among traps which experienced different soak times. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 46, 1600-1608(1989)
- 77）渡部俊広・山崎慎太郎：ベニズワイガニ籠漁業における漁具の浸漬時間と漁獲．日水誌，65(4)，642-649（1999）
- 78）佐藤 一・西内修一：ケガニ漁業における小型カニ規制と選択漁獲方策．月刊海洋，29(6)，362-366（1997）
- 79）小池 篤：“かごの漁具構造と漁獲”．かご漁業（日本水産学会編）．東京，恒星社厚生閣，1981，51-65．
- 80）Stasko, A.B.: Modified lobster traps for catching crabs and keeping lobsters out. *J. Fish. Res. Board. Can.*, 32, 2515-2520(1975)
- 81）Crous, H.B.: A comparison of the efficiency of escape gaps and deck grid sorters for the selection of legal-sized rock lobsters, *Jasus lalandii*. *Fish. Bull. S. Africa*, 8, 5-12(1976)
- 82）High, W.L.: Escape of dungeness crabs from pots. *Mar. Fish. Rev.*, 38, 18-23(1976)
- 83）Krouse, J.S.: Effectiveness of escape vent shape in traps for catching legal-sized lobster, *Homarus americanus*, and harvestable-sized crabs, *Cancer borealis* and *Cancer irroratus*. *Fish. Bull.*, 76(2), 425-432(1978)
- 84）Pecci, K.J., Cooper, R.A., Newell, C.D., Clifford, R.A. and Smolowitz, R.J.: Ghost fishing of vented and unvented lobster, *Homarus americanus*, traps. *Mar. Fish. Rev.*, 40(5-6), 9-43(1978)
- 85）Nulk, V. E.: The effects of different escape vents on the selectivity of lobster traps. *Mar. Fish. Rev.*, 40, 50-58(1978)
- 86）Brown, C.G.: The effect of escape gaps on trap selectivity in the United Kingdom crab (*Cancer pagurus* L.) and lobster (*Homarus gammarus* (L)) fisheries. *J. Cons. Int. Explor. Mer.* 40, 127-134(1982)
- 87）武野泰之：脱出機能を有したベニズワイかご．日本海ブロック試験研究集録，34，31-35（1996）
- 88）渡部俊宏：ベニズワイかご漁具の選択漁獲．月刊海洋，31(2)，100-104(1999)
- 89）Sechin, Y.T.: A mathematical model for the

- selectivity curve of a gillnet. *Rbyn. Khoz.*, 45(9), 56-58. (1969)
- 90) Smolowitz, R.J.: Trap design and ghost fishing: Discussion. *Mar. Fish. Rev.* 40, 59-70(1978)
- 91) Blott, A.J. A preliminary study of timed release mechanisms for lobster traps. *Mar. Fish. Rev.*, 40, 44-49(1978)
- 92) 平石智徳：“貝類に対する桁網とかご網の理論的選択性曲線”。漁具の選択特性の評価と資源管理（東海 正・北原 武編）。東京，恒星社恒星閣，2001，9-19。
- 93) Millar, R.B.: The functional form of hook and gillnet selection curves cannot be determined from comparative catch data alone. *Can J. Fish. Aquat. Sci.*, 52, 883-891(1995)
- 94) McCullagh, P. and Nelder, J.A.: Generalized Linear Models. 2nd edition. New York, Chapman and Hall, 1989, 511 p.
- 95) 山田作太郎・北田修一：生物資源統計学。東京，成山堂書店，1997，263p。
- 96) Fryer, R.J.: A model of between-haul variation in selectivity. *ICES J. Mar. Sci.*, 48,281-290(1991)
- 97) 安達二郎：島根県日御碕沖ズワイガニ保護礁設置海域におけるズワイガニの分布。海洋科学技術センター試験研究報告，7，259-266 (1991)
- 98) 佐々木潤：“ケガニ稚ガニ調査”。平成9年度事業報告書。北海道立網走水産試験場，1998，67-73。
- 99) Millar, R.B.: Incorporation of between haul variation using bootstrapping and nonparametric estimation of selection curves. *Fish. Bull.*, 91, 564-572(1993)
- 100) 内田圭一・東海 正・三橋延央・胡 夫祥・松田 皎：採集努力量が不定な比較操業実験におけるマアナゴに対するかご網漁獲選択性。日水誌，66(2)，228-235(2000)
- 101) Millar, R.B.: Sampling from trawl gears used in size selectivity experiments. *ICES J. Mar. Sci.*, 51, 293-298(1994)
- 102) 山口宏史：釧路東部海域におけるケガニ資源有効利用の取り組みについて。釧路水試だより，73，1-3 (1995)
- 103) 佐々木潤：ケガニの性フェロモンと配偶行動。化学と生物，32(5)，322-325 (1994)
- 104) 小池 篤：“かごの漁獲選択性”。漁具の漁獲選択性（日本水産学会編）。東京，恒星社厚生閣，1979，97-111。
- 105) 有元貴文：FAO「責任ある漁業」と操業技術指針。日本水産学会漁業懇話会報，41，1-40 (1998)
- 106) 松宮義晴：再放流・投棄魚の諸研究と資源管理との関連。月刊海洋，29(6)，327-332(1997)
- 107) 宮澤晴彦：“資源管理モデルの構造と限界 - 北海道オホーツク海ケガニ籠漁業のモデルを中心として - ”。資源管理型漁業（平山信夫編）。東京，成山堂書店，1991，168-177。