

ケンサキイカ活魚出荷に関する研究

上田 拓・的場 達人
(研究部)

ケンサキイカ *Loligo bleekeri* は、福岡県筑前海区において、主につり漁業の対象種として非常に重要であるが、近年漁獲量は減少傾向にある。漁業者は鮮魚に比べ単価が高い活魚での出荷を望んでいるが、夏期高水温時には、漁獲後、蓄養中の斃死率が高まり活魚出荷の妨げになっている。室内実験の結果、無換水の状況では海水温を24℃以下に保つ事が望ましいことが明らかになったが、実際の漁船上では換水率を高める事により海水温が26℃であっても斃死が起きない事も確認された。海水冷却時には、冷却効率を上げるために換水率を下げるか、無換水状況にする必要があるが、そういった状況下では、イカが吐き出す二酸化炭素により水素イオン濃度 (pH) が低下し、呼吸障害を引き起こす危険性がある。そこで室内実験を行い、食品添加物の重曹として知られる炭酸水素ナトリウムを蓄養水槽内に添加し、pH低下を抑制する手法を試み、斃死率を下げる事ができた。

キーワード：ケンサキイカ、活魚出荷、pH、炭酸水素ナトリウム

ケンサキイカは、福岡県筑前海区において、主につり漁業の対象種として非常に重要であるが、近年漁獲量は減少傾向にある。

また、漁獲金額向上のため、漁業者の多くが鮮魚に比べ単価の高い活魚での出荷量を増やす事を望んでいるが、活魚出荷先はイカ料理専門店や活魚料理店に限られているため、活魚出荷量は伸び悩んでいるともいわれている。

そこで、近年のケンサキイカ漁獲量動向、並びに出荷実態、単価の推移を明らかにし、活魚出荷に関する問題点の抽出を行う事を目的に解析を行った。

一方、漁獲したイカは出荷までの間、漁船の魚倉で生かされているが、本県いかつり漁船の多くは、設備投資費がかさむ事を理由に、海水冷却装置を搭載しておらず、特に夏期高水温期には魚倉内で斃死がおきたり、魚倉で生きたまま収容可能なイカ重量が低下し、活魚出荷の妨げとなっている。

よって、活魚出荷技術向上のため必要な基礎的知見を得ることを目的として、高水温期における海水冷却装置を有しない漁船での蓄養時の水質等に関する実態調査、本県での知見が少ないいかつり漁船での海水冷却装置使用方法に関する実態調査、水温や水質と斃死率の関係に関する実験、水質改善による斃死率抑制手法についての実験を行い、いくつかの知見が得られたので報告する。

方 法

1. 漁獲量推移並びに出荷実態

全いかつり漁業でのケンサキイカ漁獲量の約3割を占める代表漁協いかつり(集魚灯利用いかつり、たる流しつり)漁業者の1977~2006年の仕切り書データを用いて漁獲量、1日1隻当たり漁獲量(以下CPUE)の推移を把握した。また、'02~'06年の5年間について出荷形態(鮮魚と活魚)別出荷量、比率、単価の変動等について検討を行った。

2. 漁船蓄養実態調査

(1) 高水温期の換水下での蓄養実態

スルメイカでは水温が高くなると活性が高くなり酸素消費量が多くなる事が報告されている。¹⁾ケンサキイカでも同様に酸素不足は夏期高水温期の斃死要因の1つと考えられる。

そこで、'07年10月3日にたる流し漁船A丸(4.99t)に乗船し、魚槽(約1,000l)へのイカ収容尾数と魚倉内海水の溶存酸素量(以下DO)、水素イオン濃度(以下pH)、水温について計測を行った。

DO、水温の計測にはYSI社製デジタルDOメーターModel 58、pHの計測にはOrion Research社製デジタルメーター290を用いた。

なお、平年では当調査を行った時期は高水温期とは言

えないが、'07年10月上旬に行った定期海洋観測調査による沖合海域の平均表層水温は25.91℃で、平年より2.04℃高かったことより高水温期とみなした。

(2) 高水温期の無換水での蓄養実態

海水冷却装置を搭載していない漁船では、高水温期には換水を止めて、魚倉に氷を投入して水温を低下させ、活魚率を向上させる手法をとる事が多い。

一方、無換水状態では二酸化炭素の蓄積によりpHの低下がおこると言われて²⁾おり、それが斃死の原因になっていることも推測される。

そこで、'07年8月10日にたる流し(4.99t)漁船B丸に乗船し、イカ収容密度、魚槽(2401)内海水のDO、pH水温について計測を行った。

(3) 海水冷却装置使用実態

'05年8月11日に海水冷却装置を搭載した集魚灯利用いかつり漁船(7.9t)に乗船し、魚倉内にOnset社製小型メモリー式水温計TidbiTを設置し、海水冷却装置稼働時の水温変動を把握した。あわせて海水冷却装置の使用手法、留意点などに関する聞き取り調査を行った。

3. 水温耐性実験

高水温耐性について明らかにするために、たる流しにより漁獲されたイカを用いて以下の手法で実験を行った。

サンコー社製プラスチックコンテナサンボックス#54(内寸525*340*282mm)に海水20l、イカ1尾ずつを入れたものを1試料とした。エアブローアで毎分2lの通気を行いながら、恒温室内で水温が22, 24, 26℃に保たれるように室温を調整した。48時間収容し、斃死時間や、目視によるイカの外見や行動の経過観察、飼育水中のDO、pH、アンモニアの計測を行った。

1回の実験で各温度区ごとに3試料を用い、同じ設定で計4回の実験を行った。

なお、漁業者からの聞き取り、筑前海区におけるケンサキイカ生息海域の海水温度などを考慮し、実験の上限水温を26℃と設定した。アンモニアの計測は、飼育水をシリンジで採取し、Advantec社ディスポーザブルフィルターDismic-25csを用いて夾雑物を濾過し、-30℃冷凍庫で凍結させた後、解凍し、オートアナライザーにより分析した。各実験区ごとに使用したイカの重量について表1に示した。

4. pH調整による斃死抑制実験

夏期高水温時において魚倉内海水を冷却する手法は、

海水冷却装置を用いる手法と、氷投入による海水冷却手法のいずれかが一般的であるが、両者とも冷やす海水量が多いほどコストがかさむため、海水量に対するイカ収容密度を高める技術、つまり少ない海水で多くのイカを生かす技術が求められている。

一般的に二酸化炭素は水の中で二酸化炭素(CO₂)、炭酸(H₂CO₃)、炭酸水素イオン(HCO₃⁻)、炭酸イオン(CO₃²⁻)という4つの性質の異なる状態で存在する。その存在比率はpHにより定まり、pHが低いほど非解離型のCO₂、H₂CO₃の割合が増加し、毒性が強くなるといわれている。³⁾

一方、高水温期に冷却のため魚倉のスカッパーを閉め換水しなかった場合、魚倉内では、イカの呼吸によって吐き出される二酸化炭素が水中に溶けこみ、pHが低下する事²⁾が想定される。魚倉へのイカ収容密度が高まれば二酸化炭素排出量も増加し、その傾向はさらに強まるものと思われる。

そこで、食品添加物として認められている炭酸水素ナトリウム(NaHCO₃、以下重曹)を添加し、低下するpHを上昇させる事により、毒性の強いCO₂、H₂CO₃の比率を下げ、斃死を抑制する手法について以下の通り実験を行った。

水温耐性試験と同条件で、海水量15l、水温24℃、ケンサキイカを3尾ずつ収容したものを1試料とした。

なお、筑前海区において一般的ないかつり漁船の魚倉は複数に区切られており、1区画500l程度であり、近年のいかつり平均CPUEは25kg程度であることから、本実験における海水に対するイカ収容重量比(イカ重量/海水重量、海水比重は1と計算)は、5%程度を目安とした。

12時間収容し、水温耐性実験と同様の項目について経過観察並びに計測を行った。同条件で重曹を入れない区を対照区とした。

1回の実験で実験区と対照区は4試料ずつ用い、同じ設定で計2回の実験を行った。3尾中1尾が死んだ時点でその試料の計測は終了した。

各実験区ごとに使用したイカの重量について表2に示した。

表1 実験に用いたケンサキイカ平均重量(g)

実験	22℃区	24℃区	26℃区	全体
1回目	244	255	288	262
2回目	339	313	294	315
3回目	183	229	224	212
4回目	176	181	226	194
総計	236	245	258	246

表2 実験に用いた試験区別ケンサキイカ合計重量(g)

実験回数	試験区	最大	最小	平均	海水に対する密度
1回目	重曹区	961	752	961	6.4%
	対照区	1,358	834	931	6.2%
2回目	重曹区	948	723	752	5.0%
	対照区	1003	778	855	5.7%

結 果

1. 代表漁協漁獲量推移並びに出荷実態

代表漁協漁獲量は、'77年から'91年は増減を繰り返しながら横ばい、'92年に一気に増加し'94年まで好漁が続いたが、その後は減少傾向に転じ、'00年以降中位水準で横ばいで推移している（図1）。

CPUEは'77年以降'81年にかけて減少したが、'82年以降増加に転じ、'86年50kgを越えピークを迎え、その後急激に減少傾向に転じ、'06年まで緩やかに減少を続けている。

次に'02～'06年の年別形態別出荷量の推移を図2、漁獲量が多くなる5～9月の活魚出荷率の推移を図3に示した。

年別出荷量は'01年から上昇し、'03年にピークを迎え、その後減少傾向に転じている。活魚出荷量も、'03年以降減少傾向にあるが、全出荷量に占める割合は増加している。

一方、漁獲量が増加する5～9月の活魚出荷率は'01年以降継続して減少傾向にあった。

次に月別形態別出荷量の推移について図4、出荷量全体に占める活魚出荷率の推移を図5に示した。

月別全出荷量は本海域での水温変動と傾向がほぼ一致しており、総じて5～10月の高水温期に多く、11～4月の低水温期に少なくなる傾向があった。

活魚出荷量は全漁獲量が少なくなる1月前後を除き、月に2t以上を維持しながら推移しているが、近年低下傾向にあった。

活魚出荷率は高水温期には低下し、低水温期には上昇する傾向があった。

月別の全出荷量と活魚出荷率は負の相関関係があり、全出荷量が増加しても活魚出荷量は伸び悩む傾向が見受けられた。

続いて月別の出荷形態別にみた単価の推移を図6に、出荷形態別出荷量と単価の関係について図7に示した。活魚単価は漁業者と活魚流通業者との協議によって単価が決定されるため、年間通じて安定しており、おおむね1kgあたり2,500円以上で推移している。一方、鮮魚の単価は、月別出荷量と負の相関があり、漁獲量が多くなると、下がる傾向が見られた。漁獲量が少ない月には鮮魚単価が、活魚単価を上回る事があった。

2. 漁船蓄養実態調査

(1) 高水温期の換水下での蓄養実態

A丸は3:00に出港し、沖ノ島北東海域に到着後6:00頃

から操業を開始し、14:00に終漁し片付けを行った後、16:00に帰港した。操業海域の水深は90m前後、表層海水温は25.9℃であった。魚倉の換水は表層の海水をポンプでくみ上げ、注水し、上からオーバーフローさせて行っていた。斃死したイカはすぐに魚倉から取り除いた。

操業開始から帰港までの累積収容尾数と、斃死尾数の関係について図8に示した。魚倉内水温は表層海水温とほぼ同じ26℃前後で推移し、斃死は107尾中7尾であった。経過時間8時間から9時間にかけて斃死が増えているが、これは操業を終了後、斃死あるいは衰弱個体を取り除くため魚倉内を入念に見たためである。

船長がイカの様子を見ながら、適宜通気量を増加させていたが、収容尾数が増えるにつれ、DOは次第に低下し、操業開始時は6.6mg/lであったものが、100尾程度収容した時には4.7mg/lに低下した。収容尾数とDOには負の相関があった（図9）。

pHは換水していたためほとんど変化が無く、操業開始時が8.2、終了時8.1であった。

収容密度が高くなってくると、墨を吐く個体や、体色が赤くなったり、体表面が赤白に点滅する興奮状態の個体も次第に見られた。

また、斃死間際の個体からは、粘膜が剥離するためか、あるいは体表粘液の分泌量が増加するからか、体表のぬめりが強くなり、このぬめり成分が水槽内に溶け出し、安定泡沫と呼ばれる粘性の泡²⁾が形成され、水面に浮上していたが、斃死後個体を取り除くと安定泡沫や水中の粘性汚濁物質は次第に消えた。

この日の漁獲物は、業者へ活魚出荷することがあらかじめ決まっておき、体長測定を行うことが出来なかったため、同船漁獲物を10月23日に買い取り、測定を行ったところ、平均外套背長は194mm、平均重量は214gであったので、乗船調査日の魚倉収容重量は20kg程度、収容重量比は2%程度と推測された。

(2) 高水温期の無換水での蓄養実態

B丸は3:00に出港し、沖ノ島北西海域に到着後4:30頃から操業を開始し、14:00に終漁し片付けを行った後、16:00に帰港した。操業現場海域の水深は90m前後、表層海水温は28.5℃であった。

無換水で3.5時間、20l程度の氷を投入して冷却した魚倉(240l)にイカを15尾、合計約4kg(海水に対する重量比1.7%)を収容しDO、pHの推移を計測した(図10)。

DOは5.7～6.0mg/lの間でほとんど変化がなかった。

一方pHは時間と共に低下し、開始時は8.1であったが、3.5時間後には無脊椎動物の斃死がおこるとされる7.4⁴⁾まで低下した。斃死した固体はいなかった。

(3) 海水冷却装置使用実態

C丸は17:00に出港し、遠賀沖の漁場に18:00頃到着し、18:25に魚倉のスカッパを閉め、吸入口に取り付けた取水ホースを30m程度にのばし、表層と比較して温度の低い中層まで到達させ、海水をくみ上げ、魚倉に注水していた。18:30頃から冷却を開始した。冷却装置の設定温度は16℃に固定し、外海水を注水しながら、魚倉内の水温を適宜調整していた。C丸では海水冷却装置を搭載

して9年になるが、漁場海水温との差が大きすぎると、かえってイカの生残に悪影響を及ぼすことがあったという経験に基づき、最大でも漁場の海水温度から5℃程度下げるに止めているとの事であった。

現場海域の表面水温は28.8℃であったが、冷却装置を可動し、徐々に水温を低下させ、操業終了後、帰港時の水温は23.1℃であった。帰港後活魚車に漁獲物を引き渡し操業を終了した(図11)。

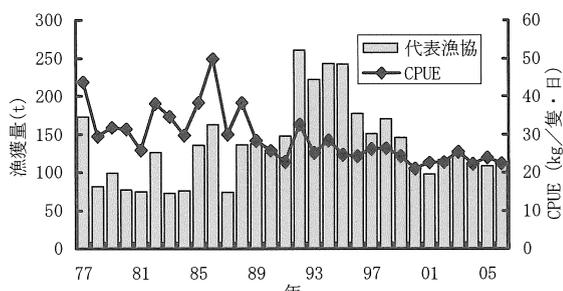


図1 代表漁協ケンサキイカ漁獲量及びCPUE

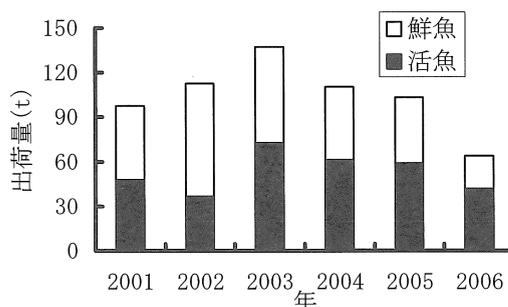


図2 形態別出荷量

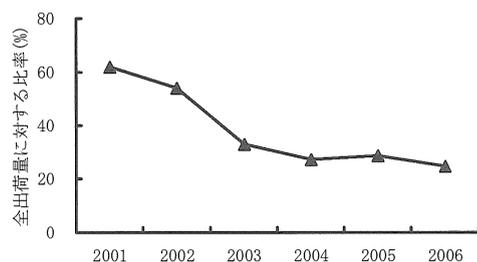


図3 5～9月の活魚出荷率

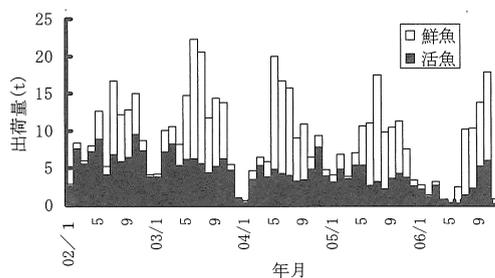


図4 月別形態別出荷量

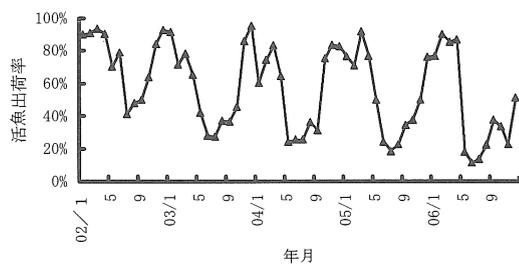


図5 月別活魚出荷率

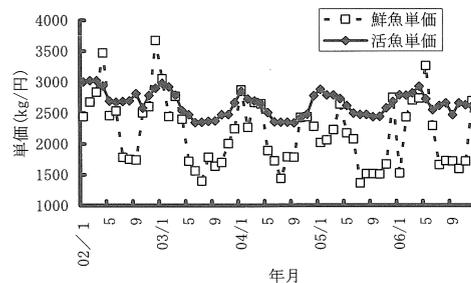


図6 月別出荷形態別単価

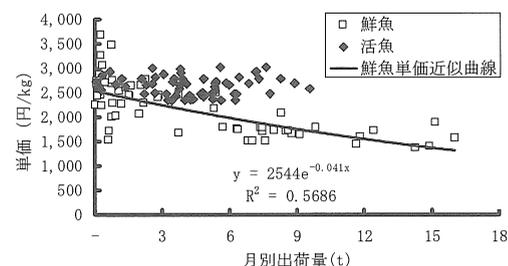


図7 出荷形態別出荷量と単価

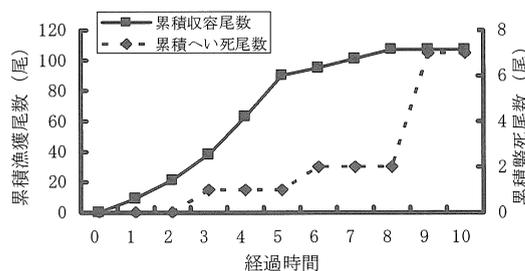


図8 累積収容尾数と斃死率

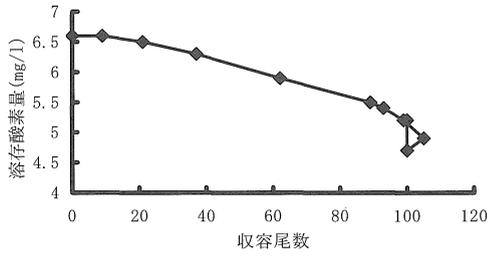


図9 收容尾数とDO

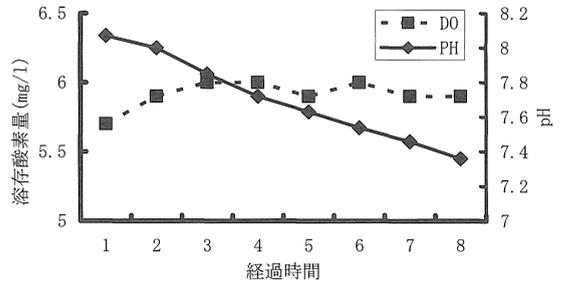


図10 経過時間とDO, pH

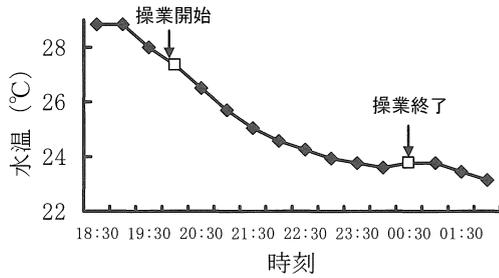


図11 海水冷却装置使用時の水温

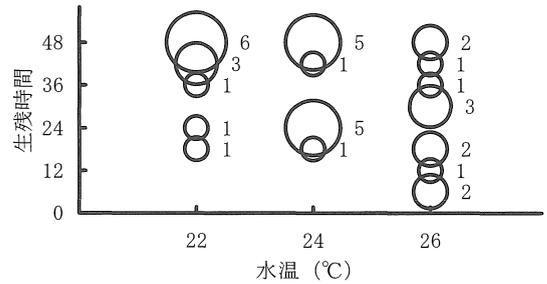


図12 温度区別生残時間

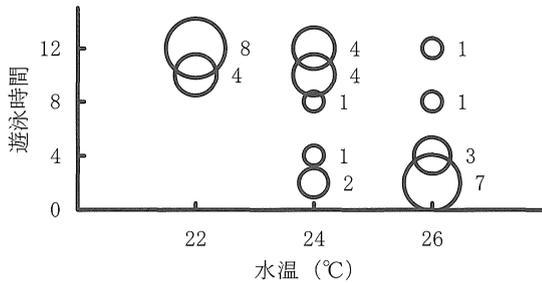


図13 温度区別遊泳時間

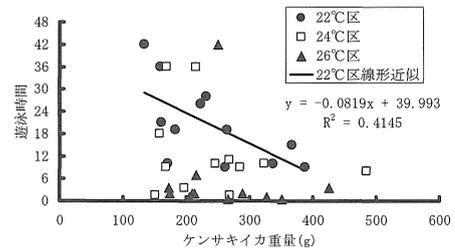


図14 イカ重量と遊泳時間との関係

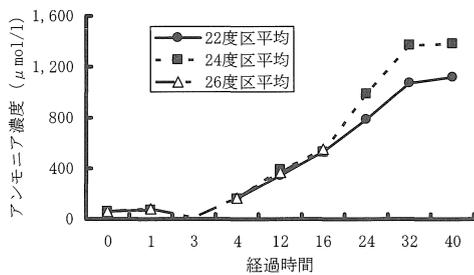


図15 温度区別アンモニア濃度推移

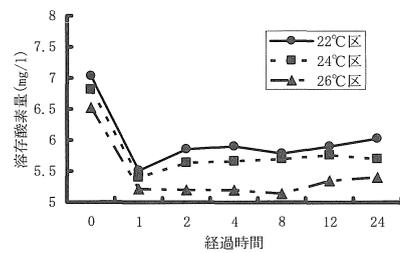


図16 温度区別DO

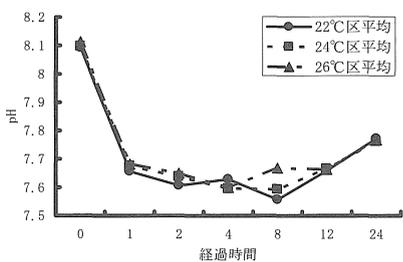


図17 温度区別pH

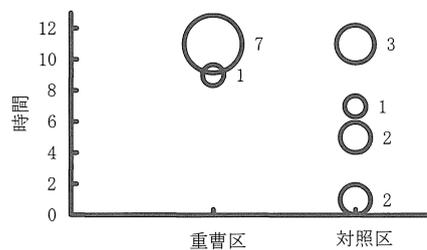


図18 試験区別生残時間

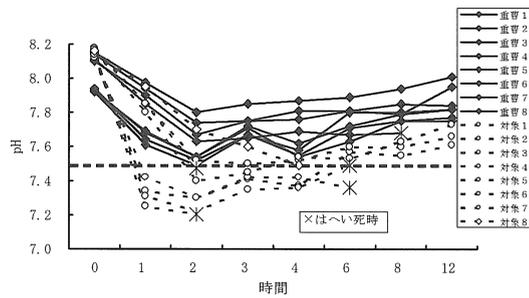


図19 試験区別pH

3. 水温耐性実験

温度区別生残尾数の推移を図12に示した。実験開始から18時間以内で斃死した個体が22℃区24℃区では1尾ずつであったのに対し、26℃区では5尾と斃死する個体が多く見受られた。

一方マン・ホイットニーU検定(以下u-検定)の結果、各温度区間で48時間の生残時間には5%以下での有意差は見られなかった。

施設や器材の関係上4回に分けて実験を行い、各実験ごとに異なる日に漁獲されたイカを用いた。そこで温度区にかかわらず、各実験日ごとの生残時間に関して分散分析を行ったところ、1%水準で有意であった。

活力を表す指標として、水槽内で遊泳していた時間を用いて、水温との関係について検討を行った。漁場で操業開始から帰港するまでの時間から考えて、実験開始から12時間で比較した。

温度区別の遊泳時間について図13に示した。狭い容器内であっても22、24℃区では8時間を超えて遊泳する個体が多く見られたのに対し、26℃区では4時間以内に底に沈む個体がほとんどであった。u-検定の結果、22℃区と24℃区、24℃区と26℃区の間でそれぞれ5%水準で有意差が見られ、温度が上昇するにつれ活力が低下する事が確かめられた。

次に各温度区別に、イカ重量と遊泳時間との関係を検討した(図14)。

その結果、22℃区では重量と遊泳時間の間には負の相関があり($R^2=0.41$)、t-検定の結果5%未満で有意差がみられた。他の温度区では重量と遊泳時間間に相関は見られなかった。

次に温度区別アンモニア濃度の推移について図15に示した。実験1回目の際に飼育水を適量とり分析した。アンモニア濃度は時間の経過と共に増加した。斃死した時のアンモニア濃度は、68~1,379 $\mu\text{mol/l}$ 、平均650 $\mu\text{mol/l}$ であり、非常にばらつきが大きかった。実験開始後16時間までは、温度区ごとの差はそれほどなく、16時間経過後は、22℃区と24℃区では22℃区の方が低い傾向を示

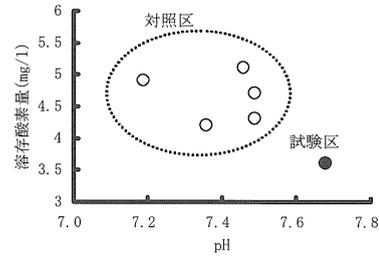


図20 斃死がおきた時のDOとpH

した。26℃区では16時間以内に全ての個体が斃死していたため、それ以降計測は行えなかった。

温度区ごとの平均DOとpHについて図16、17に示した。なお経過時間と共に斃死が増え、試料数に偏りが出てくるため、24時間までについて示した。DO、pH共に実験開始後、急減し、2~4時間後には緩やかに回復していったが、元のレベルには至らなかった。

温度が高いほどDOが低い傾向があった。

4. pH調整による斃死抑制実験

経過時間ごとの生残試料数を図18に示した。12時間以内に斃死があったのは、重曹区8試料中1試料、対照区8試料中5試料であり、重曹区の方が生残時間が長かった。生残時間について試験区と対照区をu-検定したところ、9時間では5%水準で有意、12時間では10%水準で有意であり、重曹による斃死抑制効果が認められた。

試験区別試料ごとのpHの推移を図19に、斃死がおきた時のDOとpHの関係について図20に示した。

pHは各試験区共に実験開始後2時間までに急激に低下し、その後次第に回復した。重曹区の方が対照区より高く保たれ7.5以上で推移していた。

対照区で斃死が見られたのはいずれもpHが7.5を下回った時点あるいは、一定時間pH7.5以下が続いた場合であった。その時のDOは4.2~5.1mg/lであった。

一方、重曹区で斃死が見られた試料のpHは7.7と他の斃死が起きた区よりも高かったが、DOが3.6mg/lといちじるしく低かった。

経過時間ごとのDOの推移については試験区と対照区では明瞭な違いは見られなかった。

使用したケンサキイカの大きさにばらつきがあり、重曹区の方が合計重量が少ない傾向があったが、重量と生残時間間では有意な相関関係はなかった。

考 察

代表漁協では、'88年以降のたる流し漁法導入や、夜間に操業する集魚灯利用いかつりの集魚灯光力増大などにより漁獲能力を増加させ、漁獲量を伸ばしてきたが、'92年以降漁獲量は減少傾向に転じている。延べ操業隻数も'95年以降減少しているにもかかわらず、CPUEの回復は見られず、やや減少傾向にある事などから、資源量の低下が危惧される。

活魚と鮮魚単価を比較した場合、1月などの漁獲量が少ない時期を除けばやはり活魚単価の方が周年高く、安定しているが、近年、活魚出荷量は低下してきており、特に高水温期の活魚出荷量の低下は著しい。

この要因について、漁業者に聞き取りを行ったところ、活魚出荷先の多くが佐賀県唐津市呼子町の業者であるが、近年は卸値の安い他県での仕入れ量を増加させたり、以前は活魚出荷していなかった地区の漁業者が活魚出荷を始めたためそこと取引するようになったこと、佐賀県の地元漁協が蓄養水槽を整備したため、一定期間ストックが可能になり、安定的な仕入れができるようになったこと等の理由により、当漁協からの取引量が低下したのであるとの回答を得た。

筑前海区でケンサキイカ蓄養施設を有している漁協(支所)はわずかに1漁協であり、多くは漁業者が個人的に小規模な蓄養水槽を持っているに過ぎない。漁協や、漁業者の協業体などが活魚料理店等への直接販売を行うにあたっては、やはりしけなどで出漁できなくても、しけ前に獲れたイカを一定期間ストックしておいて、天候にかかわらず安定的に供給出来る能力が求められる。今後、活魚出荷量を増加させるためには蓄養施設整備が不可欠であろう。

また、イカを特殊な溶液の入ったビニール袋に封入し、生きた状態で宅急便などで送る事が出来るイカ活魚パック等の新しい技術も開発され実用されている。

'06年6月3、4日に宗像市で行われた、「玄海さかな祭り」鐘崎会場で、この活魚パックを抽選で配布し、購入の可能性などに関するアンケート調査をあわせて行ったところ、おおむね好意的な意見が多く、贈答用や直売所などからのお土産用として一定の需要がある事が推察された。

ケンサキイカ漁獲金額を増加させるためには、漁業者自らが設備整備を行い、一定期間陸上での蓄養、活魚での輸送を行い、既存の出荷先以外の顧客を開拓していく事や、活魚パック等の新技術を導入し、新しい需要を掘り起こす事も模索していくべきであろう。

室内実験の結果より、22~26℃の水温帯では水温が低いほど活性が高く保たれる事が確認された。漁船実態調査や漁業者からの聞き取りの結果をあわせると、夏期高水温時のケンサキイカの蓄養は24℃以下で維持することが望ましいと思われた。

室内実験の結果、斃死には問題がないと思われる水温22℃の実験区で、イカ重量と遊泳時間との間で負の相関が見られた。いいかえると大きな個体ほど活力が低下しやすいう状況が確認された。今回実験で用いた容器が収容したイカに対して小さく、十分な遊泳スペースがなく、壁にぶつかり、すれを生じていたため、細菌感染などをおこした可能性もあるが、夏期高水温時には大きい固体は生残しにくいとの漁業者からの聞き取り情報もあり、水温とイカの大きさ、活力との関係を明らかにするためには、今後もっと詳細に酸素消費量などに関する実験を行う必要があるものと思われた。

海水冷却装置の使用実態に関しては、長年使用してきた漁業者の経験から、急激な温度低下はかえって逆効果であり、現場の海水温から5℃程度下げるに止めており、24℃程度まで下げれば斃死はおこらないとの情報を得た。また、完全循環させず、少量ずつ注水を行いながら換水を行い、水質悪化を抑制している状況も確認できた。

水温が26℃であっても、水流をおこして遊泳できる状態で、十分な換水を行う事により海水量に対し2%程度までの収容量であれば、大量には斃死をおこさない事も確認された。しかしながら、収容尾数が増えて来るに従いやはりDOは低下していった。

酸素には温度が高くなると水への溶解度は低下する²⁾という物理的特性があり、高水温期にはいくらブローポンプによる通気量を増やしても、海水中にとけ込む酸素の絶対量は低下する。あわせて水温上昇に伴ってイカ自身の酸素消費量増加もおこる¹⁾との報告もあり、水槽内では酸素不足が引き起こされる。

魚倉内海水冷却には、イカの活性抑制と酸素溶解度増加の2つの効果がある。魚倉内海水を冷却する手法としては、海水冷却装置使用と、氷投入のいずれかが一般的であるが、両者とも冷却効率から考えると換水率は出来る限り低い方がよい。

二酸化炭素も酸素と同様温度が高くなると溶解度は下がるが、酸素と比較して溶解度が非常に高い²⁾ため、無換水あるいは、換水率が低い状況下では二酸化炭素が海水中にとけ込み、pHが低下する。

B丸での乗船調査時においても、海水に対するイカ収容密度1.7%、3.5時間という低密度、短時間であったが、pHが8.1から7.4にまで低下した事が確認された。

pHが低いほど非解離型のCO₂、H₂CO₃の割合が増加し、毒

性が強くなるといわれている³⁾こと、硬骨魚類呼吸色素ヘモグロビンでは血中の二酸化炭素結合ヘモグロビン(PCO_2)の上昇,あるいはpH低下あるいは温度上昇により、ヘモグロビンの酸素親和性が低下するボーア効果(Bohr effect),さらに激しい運動や窒息によって血液、赤血球内のpH低下(acidosis)が進むと、いくら酸素分圧を高めても血液の酸素飽和度が100%に達せず酸素許容量が低下するルート効果(Root effect)が見られること^{5, 5)}が知られている。

またイカの呼吸色素はヘモシアニンでヘモグロビンと比較して酸素親和性が低く、さらに酸素の分離は二酸化炭素分圧に鋭敏に反応する⁷⁾ことなどから、イカの呼吸にとって水槽中の二酸化炭素濃度を下げる事は非常に重要である。

理論上、イカが生きている限り呼吸により二酸化炭素は排出され続け、pHの低下は飽和状態になるまで続く。

一方、重曹による水素イオン H^+ の中和は、炭酸水素イオン HCO_3^- が消費されると行われなくなるが、今回の実験での重曹添加量(0.3g/l)、通気量の範囲内では、重曹区において、対照区では斃死が見られたpH7.5を下回る事はなく、生残時間も長くなる傾向があった事から、重曹の添加は斃死抑制に一定の効果が見られ、活力を高く保つ事ができたと考えられた。

重曹区の1試料において、9時間で斃死が見られたため、u-検定の結果は、生残時間に関して9時間以内では5%有意差があったが、12時間以内では10%有意差と、有意水準が低下した。この理由としては、重曹区で斃死が見られた試料では、斃死がおきた時のDOが3.6と、斃死がおこらなかった試料と比較して著しく低下しており、通気に何らかのトラブルが起きたからだとも推察される。

実験区、対照区共に実験開始直後に下がったpHは、時間がたつと共に次第に上昇していく様子が見られた。この理由としては、実験開始直後は、狭い容器であったことや、遊泳に適した水流もなく、さらに容器中に複数固体がいたために、イカが興奮状態に陥り、一時的に酸素消費量が高かったが、次第に環境に馴致し安静状態になった、あるいは、疲弊して活力が低くなり二酸化炭素の排出量が下がると共に、水中に溶存していた二酸化炭素が通気により空気中に曝気されたためだと考えられる。

今後、重曹添加による収容密度増加及び斃死抑制手法

について漁業者への普及を行うに当たっては、重曹濃度、イカ収容密度、水温、通気量等の諸条件の絞り込みを行うと共に、さらに実験規模を大きくし、最終的には漁船を使って効果を実証する事が必要であろう。

今回の実験では呼吸阻害要因としてのpH低下に着目し、斃死を抑制する手法に関する実験を行ったが、スルメイカでは酸素発生器を用いて生残率を高めた事例⁸⁾などが報告されている。

直接的に酸素濃度を上げ、生残率を高める手法として酸素添加は容易であるが、酸素発生装置を使用するにせよ、酸素ポンプを使用するにせよ、導入及びランニングコスト等に関する経営的試算なども必要であり、今後の検討課題であると考えられた。

謝 辞

実態調査並びにサンプル試料提供に快諾頂いた脇田漁業協同組合所属山口豊志様、鐘崎漁業協同組合所属大庭隆成様、福岡市漁業協同組合西浦支所所属柴田智様には心からお礼申し上げます。

文 献

- 1) 鈴木恒夫：スルメイカの酸素消費量について。日本海ブロック試験研究集録，第17号，30-31 (1990)。
- 2) 矢田貞見：養殖・蓄養システムと水管理，第1版，恒星社厚生閣，東京，2004，pp99-104，118-120。
- 3) 大塚雅広：魚介類の循環濾過式飼育におけるpHの問題，アクアネット，3，22-27 (2007)。
- 4) 島崎健二・桜井泰憲：平成元年度スルメイカ人工飼育技術開発研究事業経過報告，函館市水産連合協議会，pp2-3 (1990)。
- 5) 川本信之：「魚類生理生態学」，恒星社厚生閣，2-2血液ガスと環境，50-62。
- 6) 会田勝美編：「魚類生理学の基礎」，恒星社厚生閣，第3章4-2血液の酸素運搬，pp.49-50。
- 7) 奈須敬二，奥谷喬司，小倉通男：イカ，改訂第1版，成山堂書店，東京，1991，pp38-40，212-219。
- 8) 仲手川恒，荻野隆太，長嶋智幸：酸素発生器を用いたスルメイカの活魚輸送法。神奈川県水産研究所研究報告，8号，47-51 (2003)。