

熊本県水産研究センター研究報告

第1号

目 次

1. 天然抗酸化剤による節類（イワシ）の酸化防止Ⅱ
天然トコフェロールをイワシ肉へ添加した時の酸化防止効果 …………… 古庄真喜・本田 彰 1
2. 天然抗酸化剤による節類（イワシ）の酸化防止Ⅲ
天然トコフェロールとアスコルビン酸ステアリン酸エステルをイワシ肉へ添加した時
の酸化防止効果 …………… 古庄真喜・本田 彰 7
3. 天然抗酸化剤による節類（イワシ）の酸化防止Ⅳ
天然トコフェロールのイワシ肉への酸化防止効果 …………… 吉永敏之・本田 彰 13
4. クルマエビの酸素消費について …………… 石田宏一・古庄真喜・梅崎祐二・本田 彰 17
5. 生きクルマエビの輸送方法に関する研究Ⅰ
密閉容器にオガクズ詰めで収容中及び収容後海水に戻したときのエビ体液中の炭酸
ガス量の変化 …………… 梅崎祐二・古庄真喜・石田宏一・本田 彰 23
6. 生きクルマエビの輸送方法に関する研究Ⅱ
密閉容器で収容温度を変えたときのクルマエビ筋肉中のATP関連物質及び乳酸の
量的変化 …………… 古庄真喜・梅崎祐二・石田宏一・本田 彰 27
7. 生きクルマエビの輸送方法に関する研究Ⅲ
ダンボール容器で収容温度を変えたときの生きクルマエビ筋肉中のATP関連物質
及び乳酸の量的変化 …………… 古庄真喜・梅崎祐二・石田宏一・本田 彰 33
8. 生きクルマエビの輸送方法に関する研究Ⅳ
夏場における生きクルマエビの輸送実態調査及び発泡スチロール容器における収容
試験 …………… 古庄真喜・梅崎祐二・川崎信司・石田宏一・本田 彰 39

平成 3 年 4 月

熊本県水産研究センター

天然抗酸化剤による節類（イワシ）の酸化防止—Ⅱ

天然トコフェロールをイワシ肉へ添加した時の酸化防止効果

古庄真喜・本田 彰

Studies on the Antioxdatation of Dried Sardine (Fushirui) with Natural Antioxdant—Ⅱ

The Effect of the Antioxdatation When Natural Tocopherol Was Added in Boiled Muscle of Sardine

Shinki Furusho and Akira Honda

本県牛深地区においては、イワシ、サバ類を原料として煮干し、節類および塩干し等を製造している。これらの製品は、多脂肪魚を原料として利用すれば、脂質の酸化による品質低下を起こすので、その防止は重要な研究課題である。そのため、これまでも、魚類の脂質の酸化防止に関する報告^{1~6)}がなされている。

従来、煮干、節類の脂質の酸化防止には、BHA (Butyl Hydroxy Anisol) が使用され、大きな効果を発揮してきたが、最近BHAが食品添加物としての適格性に疑いがあるということで、業界では使用の自粛を行っているところである。そこで、著者らは、牛深地区近海で多量に漁獲されるマイワシを原料とする節類に、BHAに代わる天然抗酸化剤として、0.5%の天然トコフェロールをスプレーしたところ5週間は脂質の酸化防止に効果があることを報告⁷⁾した。

マイワシを原料としてその加工適正の範囲を拡大するためには、魚に含まれる脂質量に対し、添加したトコフェロールの効果を定量的に把握する必要がある。そこで著者らはイワシ肉に含まれる脂質の酸化防止に対しトコフェロールの添加量を変えた場合の効果を調べたので、本報ではその結果について報告する。

実験方法

供試魚及び供試試料の調整 粗脂肪8.6%、体重68~80g、体長18.3~18.7cmの新鮮なマイワシを購入し、3%塩化ナトリウム溶液で15分間煮沸後、粉碎し、理研ビタミン製の食添用天然トコフェロールで純度71.3%（組成 $\alpha=14.4\%$ 、 $\beta=68.7\%$ 、 $\gamma=16.9\%$ ）のもの912mgを300mlのエチルアルコールに溶解し、イワシ肉に添加し、よく混合し、その一部を精秤してシャーレにとり室温（平均10°C程度）で放置乾燥した。

試験区は、無添加のもの、イワシ肉100g当りトコフェロールを217mg（粗脂肪1g当り25mg）、434mg（同50mg）、868mg（同100mg）添加したものとした。

脂質の抽出 脂質の抽出は、放置、乾燥中の試料をFolchらの方法⁸⁾に準じクロロホルム・メタノール（2:1）混液で抽出した。得られた抽出液は、混入するタンパク性の物質を除去するために水洗し、その後クロロホルムを濃縮して最終的にクロロホルムで25ml定容とし、試験に供した。

脂質の性状 脂質の性状を把握するために、過酸化物質及びヨウ素価を測定した。測定法は前報⁷⁾に準じた。ガスクロマトグラフィー（GLC）による脂肪酸の分析 脂質をケン化し、BF₃-MeOHでメチル化し、後

GLC (島津GC-4 BM, 水素炎イオン化検出器) で分析した。GLCの測定条件は前報⁷⁾に準じた。

高速液体クロマトグラフィー (HPLC) によるトコフェロールの分析 放置, 乾燥中の試料を Folch らの方法で抽出し, クロロホルムを除去後, ノルマルヘキサンで 5 ml に定容し, HPLC (日立 655 A, 紫外外部検出器) で分析した。HPLC の測定条件は前報⁷⁾に準じた。

結 果

過酸化物価, ヨウ素価の変化 放置, 乾燥中における過酸化物価の変化を図 1 に, ヨウ素価の変化を図 2 に示す。

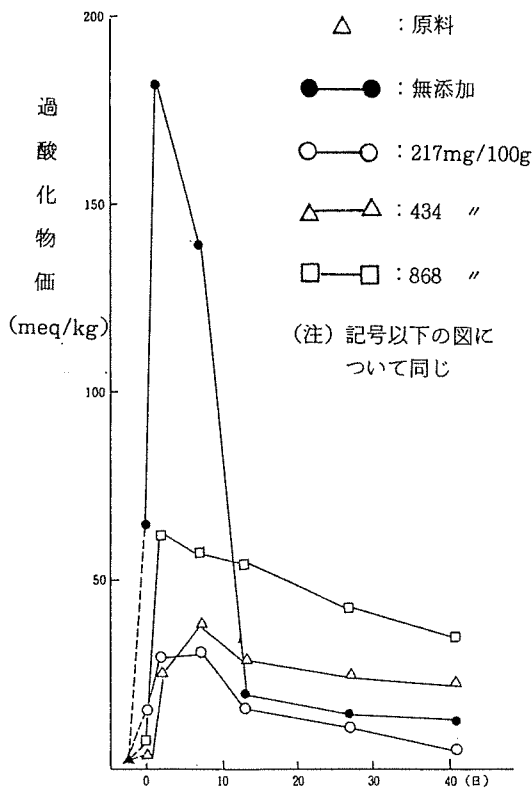


図 1 過酸化物価の変化

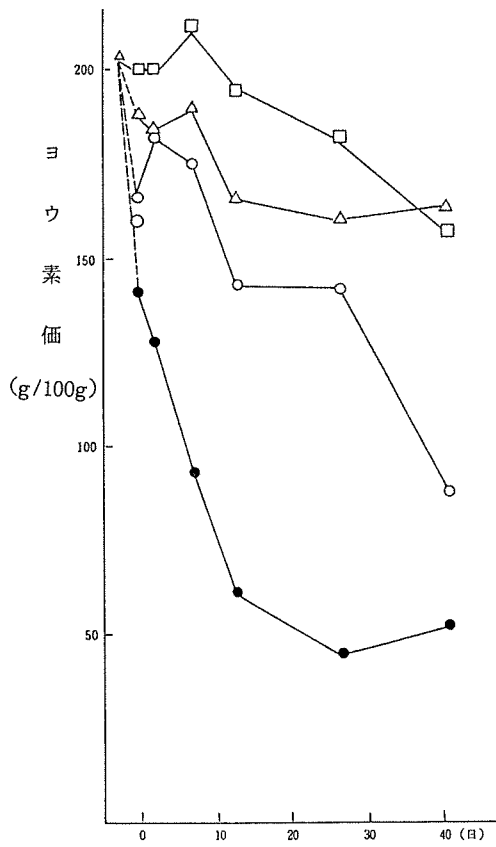


図 2 ヨウ素価の変化

過酸化物価は, 無添加区で 2 日後に最大値 182 meq/kg を示し, その後は急速に減少し, 13 日後には 19 meq/kg となり, その後はほぼ同じ値で推移した。トコフェロール添加区においては, 3 ~ 62 meq/kg の範囲で変化し, 868 mg/100g 添加区で 2 日後に 62 meq/kg を, 217 mg/100g 及び 434 mg/100g 添加区では 7 日後でそれぞれ 30.38 meq/kg と最大値を示した。変化は期間を通じて添加区では, 無添加区に比べると小さかった。添加区中では添加量の多い試験区が高い値を示す傾向にあった。

ヨウ素価は原料魚で 204 g/100g あったものが, 無添加区では時間の経過とともに減少し, 41 日後には 53 g/100g になった。添加区においても時間の経過とともに減少の傾向にあるが, その速度は無添加区にくらべると緩やかであり, 41 日後には 217 mg/100g 添加区で 88 g/100g, 434 mg/100g 添加区で 163 g/100g, 868 mg/100g 添加区では 157 g/100g であった。ヨウ素価の減少速度はトコフェロールの添加量が多い試験区ほど緩やかな傾向にあった。

脂肪酸組成の変化 飽和脂肪酸, モノエン脂肪酸およびポリエン (ジエン以上をいう。) 脂肪酸の変化を図

3, 図4, 図5に示す。原料魚の脂肪酸組成比は、飽和脂肪酸36.9%, モノエン脂肪酸27.2%, ポリエン脂肪酸35.9%であった。

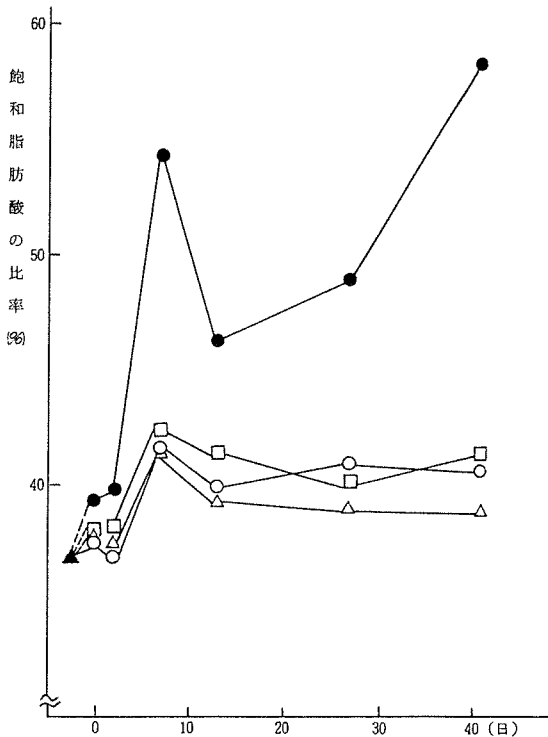


図3 飽和脂肪酸組成の変化

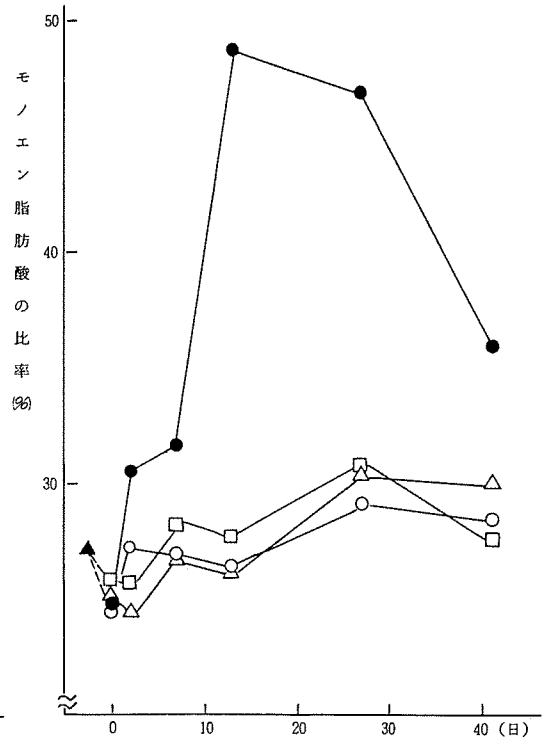


図4 モノエン脂肪酸組成の変化

飽和脂肪酸は、無添加区では時間の経過とともに増加の傾向にあり、41日後には58.3%となった。添加区においては、41日の期間中36.2~41.6%の範囲で変化し、41日後で217mg/100g添加区で40.6%, 434mg/100g添加区で38.9%, 868mg/100g添加区で41.3%となり、全般的に原料魚における飽和脂肪酸の組成比よりやや高めに推移しているが、ほとんど変化しなかった。

モノエン脂肪酸は無添加区では13日後に48.7%と最大となり、その後は低下して41日後には35.9%となった。添加においては24.4~30.6%の範囲で変化し、全体的に時間の経過とともに緩やかに増加し、41日後217mg/100g添加区で28.4%, 434mg/100mg添加区で27.5%となった。

ポリエン脂肪酸は、無添加区では時間の経過とともに急速に減少し、13日後には5.1%となった後はほとんど変化しなかった。添加区では、29.4~39.4%の範囲で変化した。全般的に低下の傾向にあったが、無添加にくらべるとその速度はきわめて緩やかで、41日後の値は217mg/100g添加区で31.0%, 434mg/100g添加区で31.1%, 868mg/100g添加区で31.2%であった。

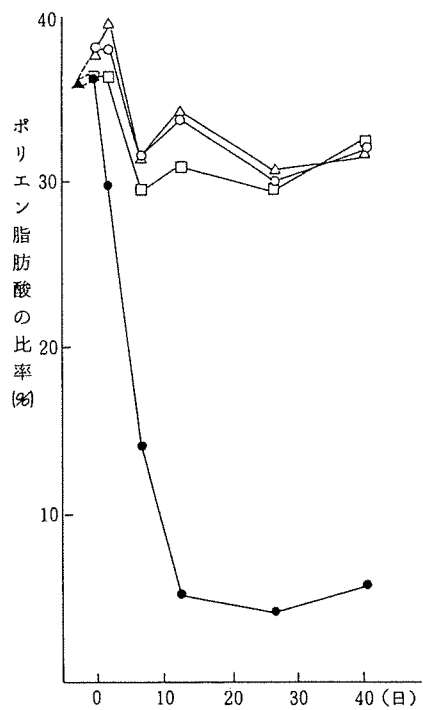


図5 ポリエン脂肪酸組成の変化

エイコサペンタエン酸 (C_{20:5}) とドコサヘキサエン酸 (C_{22:6}) の変化 庄野ら⁹⁾の方法を利用して、マイワシを原料とする場合、脂肪酸組成の大きいC_{20:5}とC_{22:6}の合計の減少率を図6に示す。減少率(%)は

$$\left\{ 1 - \frac{(tC_{20:5} + tC_{22:6}) / tC_{16:0}}{(oC_{20:5} + oC_{22:6}) / oC_{16:0}} \right\} \times 100$$

で表示した。

$oC_{20:5}$ 、 $oC_{22:6}$ 、 $oC_{16:0}$ は原料魚、 $tC_{20:5}$ 、 $tC_{22:6}$ 、 $tC_{16:0}$ は t 日後の脂肪酸の組成比をあらわしている。無添加区では、13日後に88.7%と急激に減少し、41日後には91.4%になった。添加区では、3試験区 2 日間は減少せず、7日後に217 mg/100g添加区で14.1%、434mg/100g添加区で20.3%、868mg添加区で22.5%と減少し、その後の速度も無添加区にくらべるときわめて緩やかであった。

トコフェロールの残存量 イワシ肉中のトコフェロールの残存量の変化を図7に示す。イワシ肉への添加と同時に217mg/100g添加区で133mg/100g、434mg/100g添加区では327mg/100g、868 mg添加区では757mg/100gへと低下した。その後も急速に減少し、217mg/100g添加区では7日後に12mg/100g、434mg/100g添加区では13日後に8 mg/100g、868mg/100g添加区では27日後に19 mg/100gとなった。

考 察

著者らはマイワシに含まれる脂質に対するトコフェロールの酸化防止効果をいかに定量的に把握し、加工原料への適正範囲をいかに拡大するかを目的に研究を進めている。山田¹⁰⁾はマイワシ各部位脂質の安定性に関与しているのは、各脂質の α トコフェロール含有量であり、脂質安定性は α トコフェロールによって支配されていると述べている。今回の試験では、イワシ肉へ天然トコフェロールの添加量を変えて、脂質の酸化防止の効果をみた。その結果、過酸化物質、ヨウ素価、脂肪酸組成の変化からイワシ肉の脂質の酸化防止に大きな効果が認められた。(図1, 2, 3, 4, 5, 6) 脂質1g当り25mgのトコフェロール添加でも

(イワシ肉100g当りトコフェロール217mg添加)それ以上の添加量とほとんど効果に変わりがないところを見ると、これ以下のトコフェロール添加量でも十分効果があることが推察された。今後さらにトコフェロールの添加量を下げた試験を行う必要がある。一般に同一魚種でもトコフェロールとASの併用試験から、ASの添加はトコフェロールの消失防止に幾分か効果があることを確認した。しかし脂質含有量の高い魚肉ほど極性脂質に対する中性脂肪の割合が高いこと¹¹⁾極性脂質と中性脂質とでは酸化に対する安定性が相違し、極性脂質が

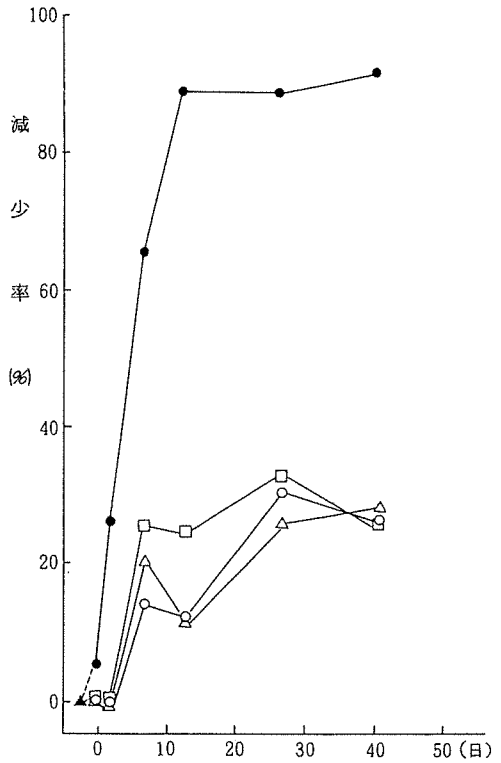


図6 C_{20:5}とC_{22:6}の減少率の変化

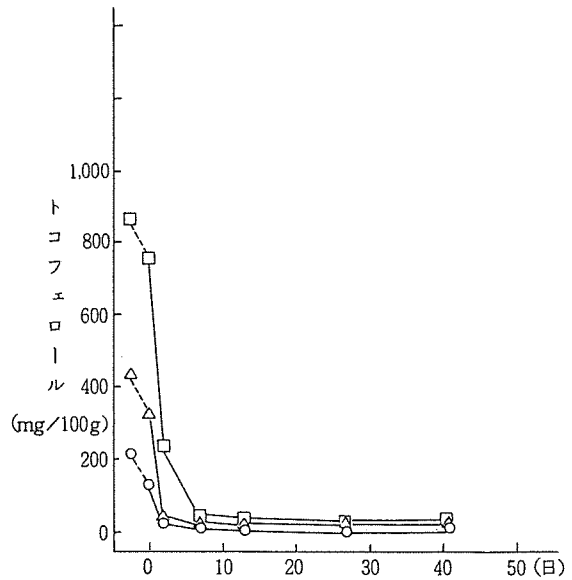


図7 トコフェロールの変化

安定であること¹²⁻¹³），多脂肪魚の部位別にくらべると，脂質は皮（皮下脂肪層を含む）部で高く，内部で低いこと，特に皮部での脂質は中性脂肪の比率が高く，少脂肪魚では，これらの傾向はあまり顕著に現われないとの報告¹⁴がある。これらのことから多脂肪魚では皮下に蓄積される中性脂質をいかにトコフェロールで防止するかが重要な課題であると考えらる。

イワシ肉中に残存するトコフェロールは，短時間でほとんど消滅することが今回の試験で確認することができた。（図7）しかし消滅しても，酸化防止効果は残ることもまた確認できた。これらのことから，トコフェロールが酸化分解される過程に生ずる分解物も酸化防止効果があることが考えられた。

要 約

1. 粗脂肪8.6%の大羽マイワシを用い，肉中に含まれる脂質の酸化防止に対し，天然トコフェロールの添加量を変えた場合の効果を検討した。
2. 天然トコフェロールは，イワシ脂質の酸化防止に効果のあることが認められた。
3. 脂質1g当り25mg以下の添加量でも十分その効果のあることが明らかになった。
4. 魚肉中のトコフェロールは短時間でほとんど分解消滅するが消滅後も酸化防止効果が残ることを確認した。
5. 多脂肪魚では皮下に蓄積された中性脂質の酸化をいかに防止するかが重要な課題である。

文 献

- 1) 浅原充雄・松崎幸夫・松森 茂:日食工誌, 22, 467-473(1975).
- 2) 佃 伸夫:日食工誌, 27, 388-392(1980).
- 3) 飯田 暹・徳永俊夫・中村弘二・坏美智子・東海水研報, No110, 39-48(1983).
- 4) 田辺 伸:水産の研究, 4 (No 4), 56-61(1985).
- 5) 田辺 伸:ibid, 4 (No 5), 68-72(1985).
- 6) 浅原充雄:日水誌, 53, 1617-1621(1987).
- 7) 古庄真喜・本田 彰:熊本水試研報, 5, 53-57(1988).
- 8) J. Folch, M. Lees and G. H. S. Stanley:J. Biol. Chem., 226, 497-509(1957).
- 9) 庄野寿彦・豊水正道:日水誌, 37, 912-918(1971).
- 10) 山田充阿弥:東海水研報, No99, 23-29(1979).
- 11) M. Toyomizu・T. Nakamura and T. Shono: Nippon Suisan Gakkaishi, 42, 101-108(1976).
- 12) 座間宏一:日水誌, 36, 826-831(1970).
- 13) 山口邦子・豊水正道:ibid, 50, 1897-1903(1984)
- 14) 滝口明秀: ibid, 52, 1029-1034(1986).

天然抗酸化剤による節類（イワシ）の酸化防止—Ⅲ

天然トコフェロールとアスコルビン酸ステアリン酸エステルをイワシ肉へ添加した時の酸化防止効果

古庄真喜・本田 彰

Studies on the Antioxdation of Dried Sardine (Fushirui) with Natural Antioxdant—Ⅲ

The Effect of the Antioxdation When Natural Tocopherol and Ascorbyl Stearate Were Added in Boiled Muscle of Sardine

Shinki Furusho and Akira Honda

著者らは、これまでにトコフェロールを抗酸化剤として利用し、節類の脂質の酸化防止を試み、その効果についていくつかの知見⁹⁻¹⁰⁾を得てきたが、本報では、トコフェロールとアスコルビン酸ステアリン酸エステル（以下ASと表記）を併用した場合、イワシ肉の脂質の酸化防止についてその効果を調べたので結果を報告する。

実験方法

抗酸化剤 ASは浜理薬品工業製の食品添加物品を、天然トコフェロールは食品添加物品で理研ビタミン製の純度71.3%（組成 $\alpha=14.4\%$ 、 $\beta\cdot\gamma=68.7\%$ 、 $\delta\%16.9\%$ ）のものをそれぞれエチルアルコールに溶解して使用した。

供試魚及び供試資料の調整 粗脂肪14.5%、体重68~92g、体長17.5~19.0cmの新鮮なマイワシを購入し、前報¹⁰⁾に準じ試料を調製し、室温（平均10°C程度）で放置、乾燥した。試験区は無添加のもの（以下対照区という。）、イワシ肉100g当りトコフェロールを54.5mg（粗脂肪1g当り3.8mg）添加したもの（以下試験区Ⅰという。）、同じくトコフェロールを109mg（粗脂肪1g当り7.5mg）添加したもの（以下試験区Ⅱという。）、同じくトコフェロール54.5mgとAS50mg（粗脂肪1g当り3.4mg）を添加したもの（以下試験区Ⅲという。）、同じくトコフェロール109mgとAS100mg（粗脂肪1g当り6.9mg）を添加したもの（以下試験区Ⅳという。）、とした。

脂質の抽出及び性状の把握 前報¹⁰⁾に準じFolchらの方法¹¹⁾で脂質を抽出し、脂質の性状を把握するために、過酸化物価、ヨウ素価を測定した。測定法は既報⁹⁾に準じた。

ガスクロマトフィー（GLC）による脂肪酸及び高速液体クロマトグラフィー（HPLC）によるトコフェロールの分析 前報¹⁰⁾に準じ測定試料を調製し、GLC及びHPLCの測定条件は既報⁹⁾によった。

結 果

過酸化物価, ヨウ素価の変化 放置, 乾燥中における過酸化物価の変化を図1に, ヨウ素価の変化を図2に示す。

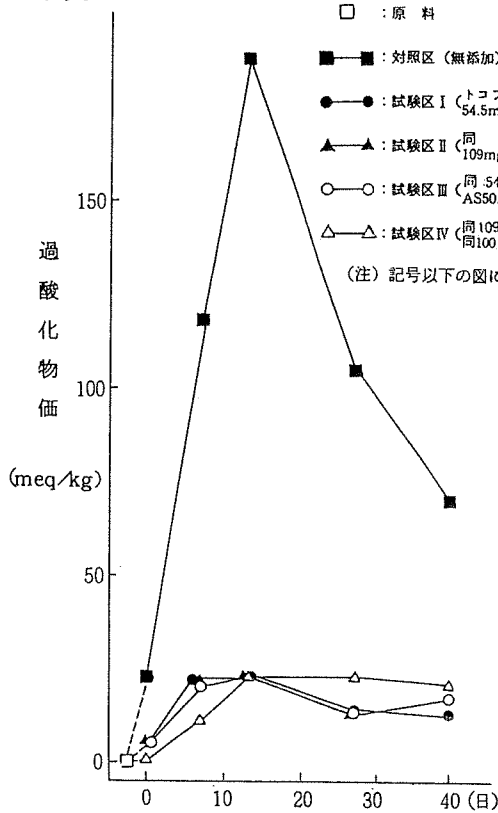


図1 過酸化物価の変化

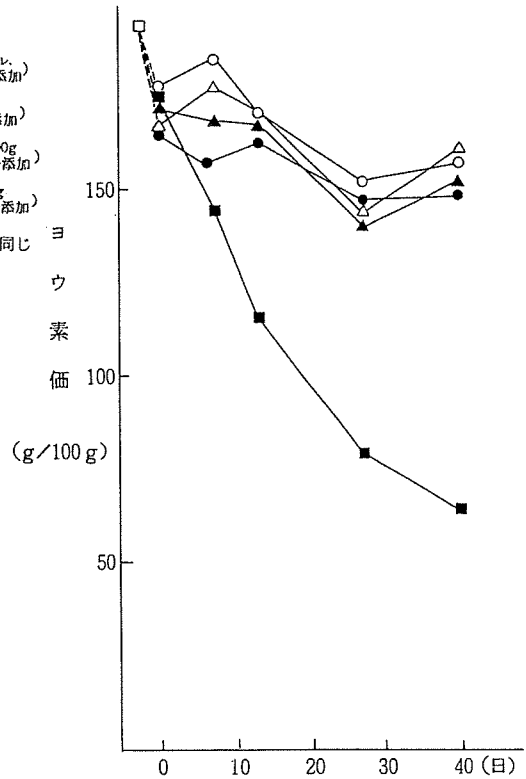


図2 ヨウ素価の変化

過酸化物価は, 対照区で13日後に最大値meq/kgを示し, その後は減少し, 40日後には70meq/kgとなった。試験区 I~IVにおいては, 1~23meq/kgの範囲で変化し, 各試験区の間で目立った違いはなかった。

ヨウ素価は原料魚で193g/100gあったものが, 対照区では時間の経過とともに減少し, 40日後には64g/100gになった。試験区 I~IVにおいても時間の経過とともに減少の傾向にあるが, 対照区にくらべるとその速度は緩やかであり, 40日後に試験区 Iで148g/100g, 試験区 IIで152g/100g, 試験区 IIIで157g/100g, 試験区 IVで161g/100gであった。

脂肪酸組成の変化 飽和脂肪酸, モノエン脂肪酸およびポリエー (ジエン以上をいう。) 脂肪酸の変化を図3, 図4, 図5に示す。原料魚の脂肪酸組成比は, 飽和脂肪酸34.4%, モノエン脂肪酸28.6%, ポリエー脂肪酸37.0%であった。

飽和脂肪酸は, 対照区では13日後に45.2%へと増加し, 40日後には46.3%となった。試験区 I~IVにおいては, 34.0~36.6%の範囲にあり, 40日の期間中ほとんど変化しなかった。

モノエン脂肪酸は, 対照区では27日後に40.8%へと増加し, 40日後には40.7%となった。試験区 I~IVでは28.4~32.9%の範囲にあり, 試験期間を通じてほとんど変化はなかった。

ポリエー脂肪酸は, 対照区では時間の経過とともに急速に減少し, 40日後には13.0%になった。試験区 I~IVでは32.9~37.8%の範囲にあり, ほとんど変化はなく, 40日後の比率は試験区 Iで36.2%, 試験区 IIで35.8%, 試験区 IIIで36.9%, 試験区 IVで35.8%であった。

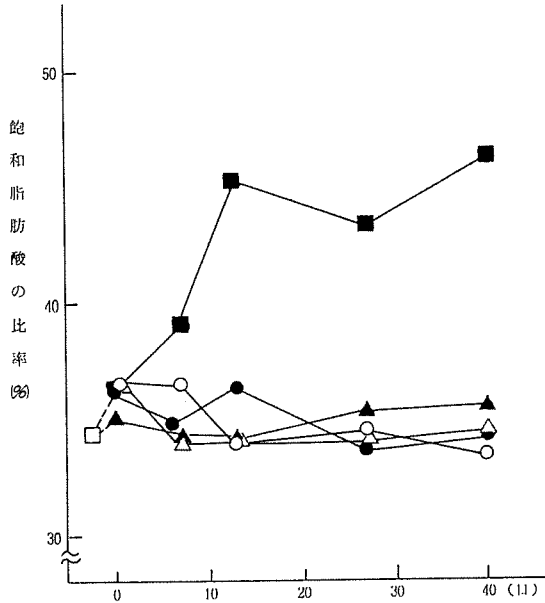


図3 飽和脂肪酸組成の変化

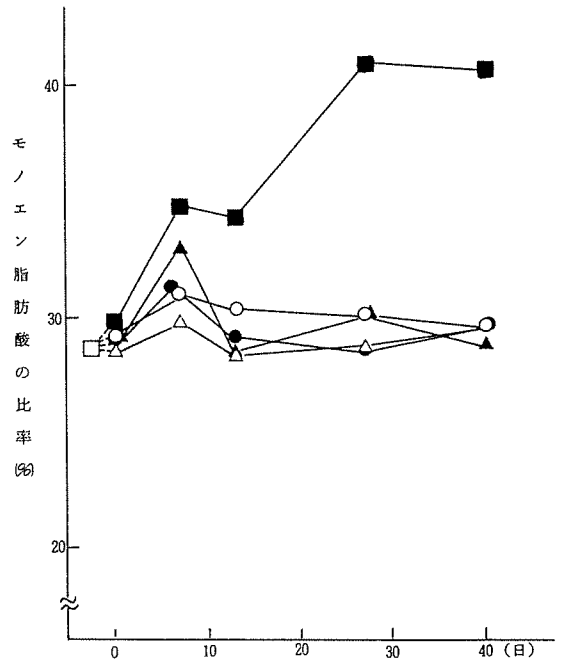


図4 モノエン脂肪酸組成の変化

エイコサペンタエン酸 (C_{20:5}) とドコサヘキサエン酸 (C_{22:6}) の変化 庄野ら¹²⁾の方法を利用して、マイワシを原料とする場合、脂肪酸組成の大きいC_{20:5}とC_{22:6}の合計の減少率を図6に示す。減少率(%)は

$$\left\{ 1 - \frac{(tC_{20:5} + tC_{22:6}) / tC_{16:0}}{(oC_{20:5} + oC_{22:6}) / oC_{16:0}} \right\} \times 100$$

で表示した。

oC_{20:5}, oC_{22:6}, oC_{16:0}は原料魚, tC_{20:5}, tC_{22:6}, tC_{16:0}はt日後の脂肪酸の組成比をあらわしている。対照区では、7日後に49.9%に、13日後に67.1%となり40日後には78.4%になった。試験区I~IVでは、I~IIIの間では同じ傾向で変化しているが、IVは他の試験区にくらべると低い値で推移した。しかし、40日後には4試験区とも10.4~13.3%の範囲にあり、著しい違いはみられなかった。しかしながら、対照区にくらべると各試験区とも減少率の変化はきわめて小さかった。

トコフェロールの残存量 イワシ肉中のトコフェロールの残存量の変化を図7に示す。試験区Iでは、トコフェロールが54.5mg/100gのものが、添加直後22mg/100gとなり、7日後に9mg/100gへと減少し、その後は2~5mg/100gの範囲にあった。試験区IIでは、109mg/100gのものが、添加直後55mg/100gとなり、7日後で14mg/100g、13日後に11mg/100gとなり、その後は4~6mg/100gの範囲にあった。試験区IIIでは、54.5mg/100gのものが添加直後48mg/100gとなり、7日後に7mg/100gへと減少し、その後は0~5mg/100gの範囲にあった。試験区IVでは109mg/100gのものが添加直後93mg/

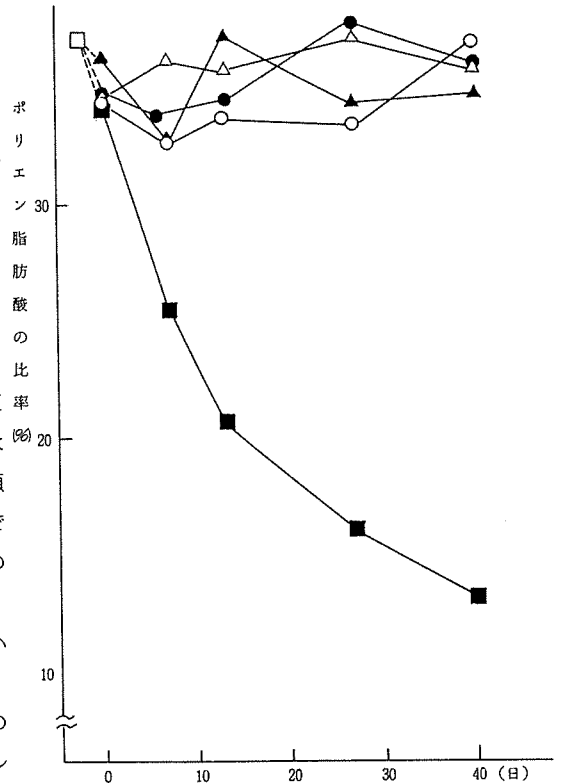


図5 ポリエン脂肪酸組成の変化

100gとなり、7日後には53mg/100g、13日後に13mg/100gに減少し、その後は5mg/100gで推移した。

考 察

今回は、トコフェロールとASをマイワシ肉に添加して脂質の酸化防止を見た。その結果、過氧化物価、ヨウ素価、脂肪酸組成の変化からイワシ肉の脂質の酸化防止に大きな効果が認められた。しかし、トコフェロールとASの酸化防止の相乗効果を期待したが、脂質1g当り3.8mgのトコフェロールを添加した試験区Ⅰと、それ以上のトコフェロールを添加した試験区Ⅱ、また、トコフェロールとASを併用した試験区Ⅲ及びⅣとの間の、酸化防止効果に著しい違いは、認められなかった。(図1, 2, 3, 4, 5, 6)以上のことから、脂質1g当り3.8mg以下のトコフェロール添加でも、脂質の酸化防止に効果があることが推察された。

トコフェロールのみの試験と、トコフェロールとASの併用試験から、ASの添加はトコフェロールの消失防止に幾分か効果があることを確認した。しかし、トコフェロールとASを併用した試験区Ⅲ(トコフェロール54.5mg/100g, AS50mg/100g添加)においても、13日後には残存するトコフェロールは11mg/100gであり、同じく試験区Ⅳ(トコフェロール109mg/100g, AS100mg/100g添加)においても、13日後には13mg/100gであり、トコフェロールのみの試験区Ⅰ(トコフェロール54.5mg/100g添加)、試験区Ⅱ(トコフェロール109mg/100g添加)とトコフェロールの残存量はほぼ等しくなった。(図7)しかしながら、前報¹⁰⁾でも述べたとおり、トコフェロールがほとんど消滅しても、酸化防止の効果は残ることが確認できた。また、今回測定しなかったASについても今後残存量を把握し、酸化防止にどの様に影響しているかを検討していく必要がある。

ところで、多脂魚では、その脂質は皮下で蓄積され、酸化されやすい中性脂質である¹³⁾ことを考えると、この脂質の酸化をいかに防止するかが課題かと考える。今後さらに、トコフェロールとASの添加量をさげ脂質に対する酸化防止の限界を確認するとともに、節類製品への抗酸化剤の添加方法(スプレー法、浸漬法等)を検討していく考えである。

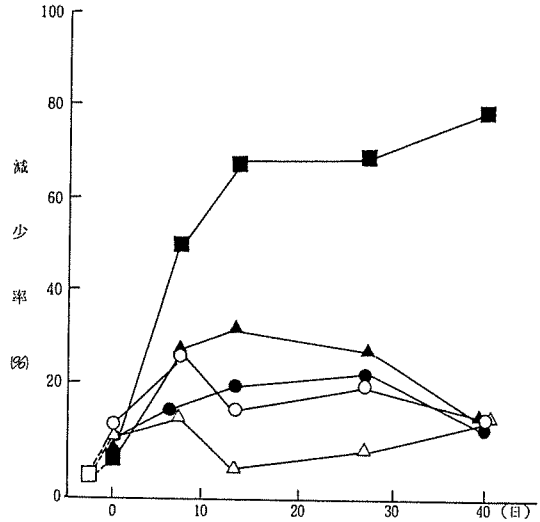


図6 C_{20:5}とC_{22:6}の減少率の変化

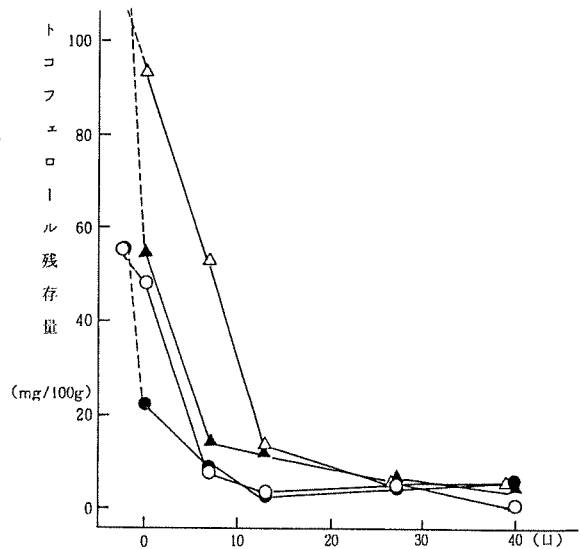


図7 トコフェロールの変化

要 約

1. 粗脂肪14.5%の大羽マイワシを用い、肉中に含まれる脂質の酸化防止に対する天然トコフェロールとA Sの併用効果等について検討した。
2. 脂質1g当り3.8mg以下の天然トコフェロールの添加で酸化防止に効果があると推察された。
3. A Sの添加は天然トコフェロールの消失防止に僅かながら効果はあるものの、併用による酸化防止の相乗効果はほとんど認められなかった。

文 献

- 1) 浅原充雄・松崎幸夫・松森 茂:日食工誌, 22, 467-473 (1975).
- 2) 佃 信夫:日食工誌, 27, 388-392 (1980).
- 3) 飯田 遥・徳永俊夫・中村弘二・坪美智子:東海水研報, No110, 39-48 (1983).
- 4) 田辺 伸:水産の研究, 4 (No 4), 56-61 (1985).
- 5) 田辺 伸: ibid, 4 (No 5), 68-72 (1985).
- 6) 浅原充雄:日水誌, 53, 1617-1621 (1987).
- 7) 綾野雄幸・古橋樹雄・渡辺幸雄・本橋和夫:日食工誌, 24, 372-376 (1977).
- 8) 山口直彦・平野真由美・山口幸寛: ibid, 34, 282-287 (1987).
- 9) 古庄真喜・本田 彰:熊本水試研報, 5, 53-57 (1988).
- 10) 古庄真喜・本田 彰:熊本水研報, 1 (酸化防止II).
- 11) J. Folch, M. Lees and G. H. Stanley: J. Biol. Chem., 226, 497-509 (1957).
- 12) 庄野寿彦・豊水正道:日水誌, 37, 912-918 (1971).
- 13) 滝口明秀: ibid, 52, 1029-1034 (1986).

天然抗酸化剤による節類（イワシ）の酸化防止－Ⅳ

天然トコフェロールのイワシ肉への酸化防止効果

吉永敏之・本田 彰

Studies on the Antioxidation of Dried Sardine (Fushirui) with Natural Antioxidant-Ⅳ

The Effect of the Antioxidation When Natural Tocopherol Was Added in Boiled Muscle of Sardine

Toshiyuki Yoshinaga and Akira Honda

著者らは、これまでにトコフェロールを抗酸化剤として利用し、節類の脂質の酸化防止を試み、その効果についていくつかの知見¹⁻³⁾を得てきた。本研究では、トコフェロールをイワシ肉に添加した場合、イワシ肉の脂質の酸化防止のためのトコフェロールの最低有効添加量について調べたのでその結果を報告する。

実験方法

抗酸化剤 天然トコフェロールは食品添加物品で理研ビタミン製の純度71.3%（組成 $\alpha=14.4\%$ 、 $\beta\cdot\gamma=68.7\%$ 、 $\delta=16.9\%$ ）のものをエタノールに溶解して使用した。

供試魚及び供試試料の調製 粗脂肪11.3%、体重60～93g（平均74g）、体長16.7～19.0（平均17.7cm）の新鮮なマイワシを購入し、3%塩化ナトリウム溶液で15分間煮沸後、粉碎し、食添用天然トコフェロールの1%エタノール溶液を所定量添加、混合し、試料を調製し、その一部を精秤してシャーレにとり、室温（平均10℃程度）で放置、乾燥した。試験区は無添加のもの（以下対照区という。）、イワシ肉100g当りトコフェロールを7.1mg（粗脂肪1g当り0.46mg）添加したもの（以下試験区Ⅰという。）同じくトコフェロールを14.2mg（粗脂肪1g当り0.92mg）添加したもの（以下試験区Ⅱという。）、同じくトコフェロール28.4mg（粗脂肪1g当り1.84mg）を添加したもの（以下試験区Ⅲという。）、同じくトコフェロール56.8mg（粗脂肪1g当り3.69mg）を添加したもの（以下試験区Ⅳという。）とした。

脂質の抽出及び性状の把握 クロロホルム・メタノール（2：1）混液で脂質を抽出し、脂質酸化の状態を把握するために、過酸化価、ヨウ素価を測定した。

ガスクロマトグラフィー（GLC）による脂肪酸の分析 抽出した脂質をケン化し、BF₃-MeOHメチル化後、GLC（島津GC-4BM、FID検出器）で分析した。GLCの測定条件は次のとおりとした。カラム;3mm×3mガラスカラム、充填剤;5%Shinchrome-E71, Shimalite W (80-100Mesh), カラム温度; 220℃, 試料入口温度; 275℃, 検出器温度; 275℃, N₂ ガス; 20ml/min, 水素ガス圧; 0.7kg/cm², 空気圧; 1.0kg/cm²。

結 果

過酸化物価, ヨウ素価の変化 放置, 乾燥中における過酸化物価の変化を図1に, ヨウ素価の変化を図2に示す。

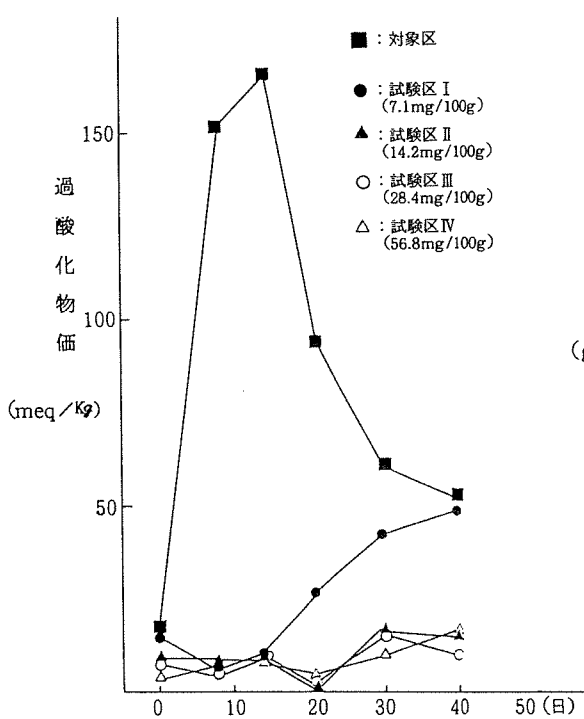


図1 過酸化物価 (POV) の変化

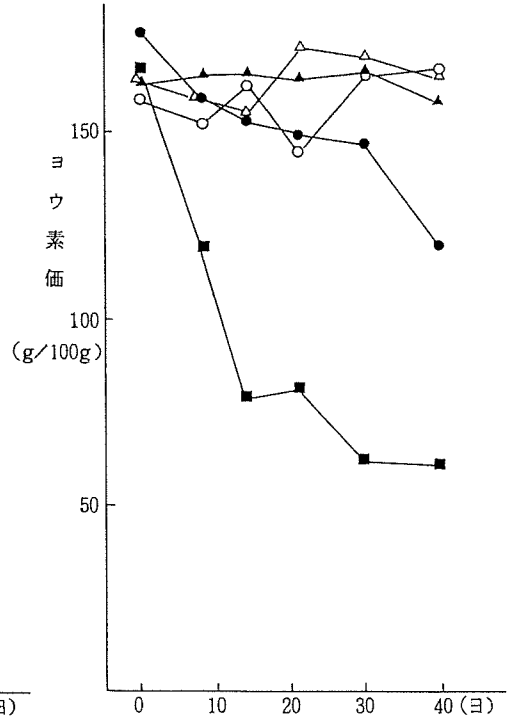


図2 ヨウ素価 (IV) の変化

過酸化物価は, 対照区で14日後に最大値167meq/kgを示し, その後は減少し, 40日後には52meq/kgとなった。試験区II~IVにおいては, 1~21meq/kgの範囲で変化し, 各試験区の間で目立った違いはなかったが, 試験区Iにおいては, 21日後から増加し, 40日後には47meq/kgまで上昇した。

ヨウ素価は試料調製直後は, 166g/100gあったものが, 対照区では時間の経過とともに減少し, 40日後には60g/100gになった。試験区II~IVにおいては余り大きな変動はみられなかったが, 試験区Iでは, 時間の経過とともにやや減少の傾向が見られ, 40日後には118g/100gになった。

脂肪酸組成の変化 飽和脂肪酸, モノエン脂肪酸およびポリエン (ジエン以上を言う。) 脂肪酸の変化を図3, 図4, 図5に示す。試料調整後の脂肪酸組成比は, 飽和脂肪酸10.4%, モノエン脂肪酸29.1%, ポリエン脂肪酸60.5%であった。

飽和脂肪酸は, 全試験区において日数の経過とともにやや増加の傾向を示し, 対照区は, 他の試験区より増加の傾向が大きかった。

モノエン脂肪酸は, 対照区では14日後に37.7%へと急増し, その後は大きな変動はなく, 40日後には40.5%となった。試験II~IVでは26.8~29.8%の範囲にあり, 試験期間を通じてほとんど変化はなかったが, 試験区Iでは30日経過後, 急上昇し, 40日後には, 35.6%となった。

ポリエン脂肪酸は, 対照区では時間の経過とともに急速に減少し, 40日後には46.6%になった。試験区II~IVでは59.4~62.0%の範囲にあり, ほとんど変化はなかったが, 試験区Iでは, 30日経過後急激に減少し, 40日後には51.9%となった。

エイコサペンタエン酸 (C_{20:5}) とドコサヘキサエン酸 (C_{22:6}) の変化 庄野ら⁴⁾の方法を利用して, マ

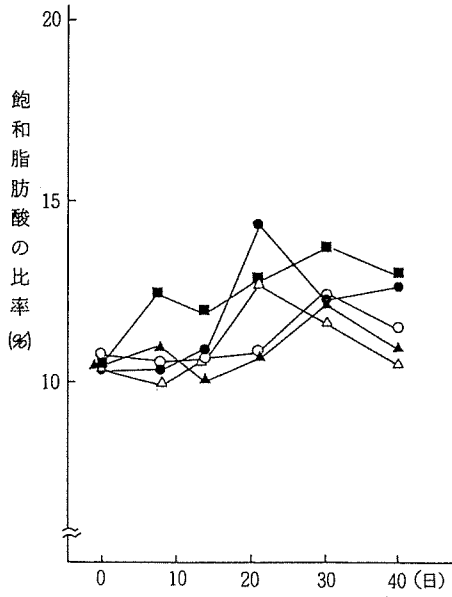


図3 飽和脂肪酸組成の変化

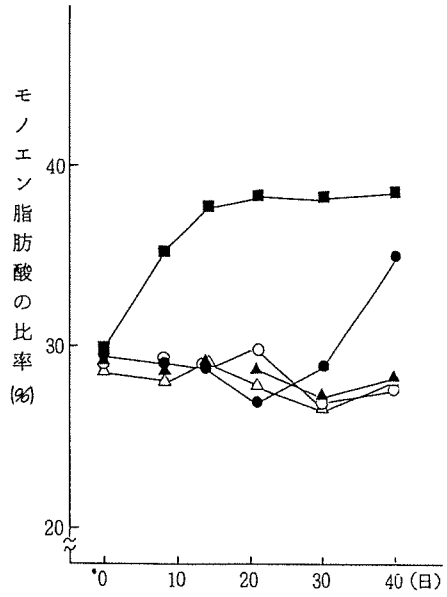


図4 モノエン脂肪酸組成の変化

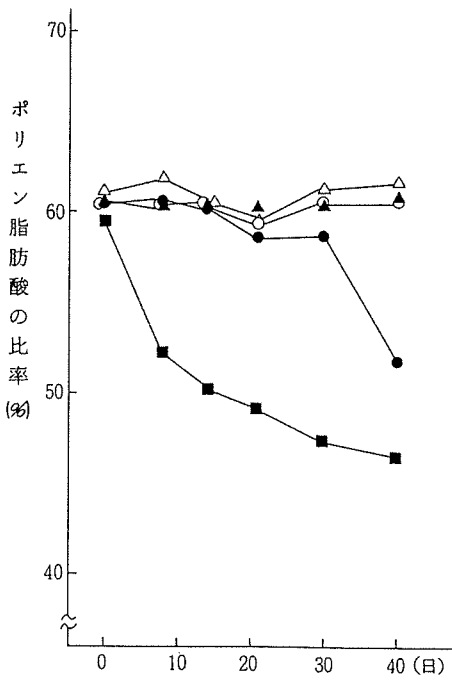


図5 ポリエン脂肪酸組成の変化

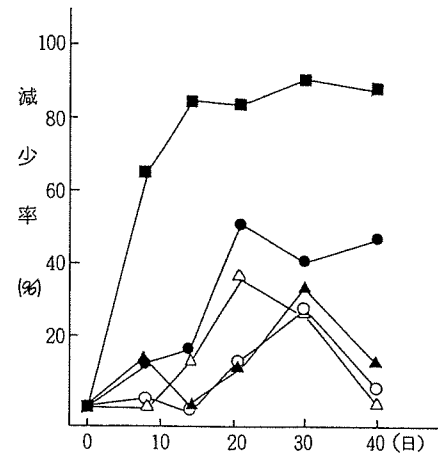


図6 C_{20:5}とC_{22:6}の減少率の変化

イワシを原料とする場合、脂肪酸組成の大きいC_{20:5}とC_{22:6}の合計の減少率を図6に示す。減少率(%)は

$$\left\{ 1 - \frac{(tC_{20:5} + tC_{22:6}) / tC_{16:0}}{(oC_{20:5} + oC_{22:6}) / oC_{16:0}} \right\} \times 100$$

で表示した。

oC_{20:5}、oC_{22:6}、oC_{16:0}は試料調製直後、tC_{20:5}、tC_{22:6}、tC_{16:0}はt日後の脂肪酸の組成比をあらわしている。対照区では、7日後に65.1%に、14日後に85.4%となり40日後には88.0%になった。試験区Ⅱ～Ⅳでは、多少の変動がみられるものの、減少率は小さく、一方試験区Ⅰでは、試験区Ⅱ～Ⅳよりも減少率がやや高

い傾向で推移した。

考 察

イワシ肉の脂質の酸化防止剤としてのトコフェロールの有効添加量について検討した。その結果、トコフェロールの添加により、脂質の酸化防止効果が認められ、その有効最低添加量はイワシ肉100g当りトコフェロール14.2mg（粗脂肪1g当り0.92mg）程度であり、それ以上添加してもその効果はあまり変化のないことが認められた。

今回の研究では、供試試料として新鮮なマイワシを煮沸後粉碎したものにトコフェロールを均一に添加したものであるが、実際の節類の製造にあたって、原料魚の煮沸後、トコフェロールの添加方法及びその量についてはさらに検討の余地がある。

要 約

1. 粗脂肪11.3%の大羽マイワシを用い、肉中の脂質の酸化防止のための天然トコフェロールの有効な最低添加量を検討した。
2. 有効な最低添加量はイワシ肉100g当り14.2mg（粗脂肪1g当り0.92mg）程度であると考えた。

文 献

- 1) 古庄真喜・本田 彰：熊本水試研報，5，53-57（1988）。
- 2) 古庄真喜・本田 彰：熊本水研報，1（酸化防止Ⅱ）。
- 3) 古庄真喜・本田 彰：ibid（酸化防止Ⅳ）。
- 4) 庄野寿彦・豊水正道：日水誌，37，912-918（1971）。

クルマエビの酸素消費について

石田宏一・古庄真喜・梅崎祐二・本田 彰

Studies on the Oxygen Consumption and Survival Rate of Kurumaebi Prawn (*Penaeus Japonicus*) Stored in Sawdust

Kōichi Ishida, Shinki Furushō, Yuji Umezaki, Akira Honda

業界で一般に生きエビとして輸送されている養殖クルマエビの輸送方法は、取り上げたエビを一度冷水で冷やし動きを緩慢にして、オガクズを敷いた段ボール箱につめて送る。活きたまま輸送されるため、箱のなかでの生存時間が長いことが要求されるが、その生存時間は季節によって異なり、温度が低い季節ほど、生存時間が長い傾向がある。

クルマエビの水槽中における酸素消費量は測定されているが¹⁾、オガクズ中に入れて輸送する場合については、この方法が長年行われているにもかかわらず、測定されていない。また空気中に放置した場合は高湿度のほうが空気中での生存時間が長い傾向にあるが²⁾、クルマエビからの脱水率という点からは検討されていない。クルマエビ輸送時の生存時間をさらに長くするための保蔵条件の改良点を見いだすため、クルマエビの酸素消費量と脱水、ATP関連物質の消長等について昭和61年11月から63年2月にかけて試験した。

材料および方法

供試用のクルマエビは養殖業者から購入し、恒温室を調整して15°C、11°C、8°C、5°Cの状態に密封されたプラスチック容器中に保蔵して、その酸素消費量と生残率をみた。酸素の測定にはYELLOW SPRING INSTRUMENT社製のDOメーター、温度と湿度の測定にはKAKUSOKU KESOW社製 U-2-12 TH型を用いた。

また、一般にクルマエビ業者の輸送には段ボール箱が使われているが、段ボール保蔵中における酸素濃度(分圧)、炭酸ガス濃度、生残率を25°C、15°C、11°Cの場合について試験した。酸素濃度、炭酸ガス濃度の測定には検知管を用いた。

結果および考察

各保蔵温度の容器中に於ける単位時間、単位重量あたりの酸素消費量は基本的には次の式で表すことができる。

$$Y = V(O_n - O_{n+1}) / t \times 1000 / W \dots\dots\dots (1)$$

$$V = 2925 - W / 1.1463 - U / 0.6075$$

ここに Y : クルマエビ 1 kgあたりの酸素消費量(cc/kg·H, H:hour), W:クルマエビの重さ(g), V:保蔵容器の体積からオガクズとエビがしめる体積を除いた体積(cc), O_n : t_n 時における容器内の酸素割合, O_{n+1} : t_{n+1} 時における容器内の酸素割合, t:経過時間($t_{n+1} - t_n$), U:容器内に入っているオガクズの重さ, 2925 : エビ保蔵容器がからの時の体積(cc), 1.1463:クルマエビの比重, 0.6075:オガクズの材質(スギ材)の

比重

(1) 式はさらに次のように書き改めることができる。

$$Y = F_2 (P_n - P_{n+1}) / t \times 1000 / W \dots\dots\dots (2)$$

ここに $F_1 = 344 (2925 - W / 1.1463) / 2925$, $F_2 = 2925 - (W / 1.1463 + F_1 / 0.6075)$, P_n : t_n 時の容器内酸素分圧/760 (大気圧を760mm Hgと仮定した。), P_{n+1} : t_{n+1} 時の容器内の酸素分圧/760, 344: オガクズを空容器内に満たしたときのオガクズの重さ (g)

なお酸素分圧の測定には、DOメーターを調節の際に空気中の湿度分圧を差し引いた値にあわせて調節した。

(2) 式を用いて、酸素消費量を実験開始後4時間は1時間毎に、その後は4時間毎に、1時間・1kg当りの酸素消費量として求めた。

また、容器内の酸素消費率を x とし、各経過時間における容器内の残存酸素量 Z_n との間に次の関係式が成立する。

$$Z_0 = A \quad (A: \text{容器内の実験開始時における酸素量})$$

$$Z_1 = A (1 - x)$$

$$Z_2 = A (1 - x) - A (1 - x) x = A (1 - x)^2$$

$$Z_3 = A (1 - x)^2 - A (1 - x)^2 x = A (1 - x)^3$$

$$Z_n = A (1 - x)^n$$

この x は酸素を消費する割合を示しており、その強さが一定ならば x の値は一定であり、活力が弱ってくると、 x の値は小さくなると考えられる。この x を千分率で表わし、時間別に求めてエビの活力をみた。

酸素消費量

実験開始後における最も大きな酸素消費量は15°Cで34cc/kg・H(H;hour)であり、11°Cでは17.5cc/kg・H、8°Cで10.6cc/kg・H、5°Cで、10.2cc/kg・Hあった(図1)。保蔵温度の低下とともに酸素消費量が著しく減少した。従って、密閉された容器中に高密度で輸送されるクルマエビにとっては周囲の温度が低く酸素消費量が少ないほど輸送の条件はよいと考えられる。また、保蔵温度が低いほど酸素消費が低く呼吸が長く続くことが観察された。これは酸素消費が少ないために、箱内における酸素を少しずつ使っていったために長く生存できたためと考えられる。

酸素消費率

酸素分圧の変化から箱内における酸素消費率について検討した。酸素消費率が一定ならば同じ割合で酸素を摂取していると考えられ、この値が減少するのなら酸素を摂取する割合が減っていることを意味する。このことは、同一保蔵温度で酸素消費率が減っているのであるから活力の低下を意味するものと考えられ、この酸素消費率について検討した。

保蔵温度が15°Cの場合には約20時間60%前後の値が続き、後、減少している(図2)。11°Cの場合には16時間後まで約25%の値を、20時間後には約20%の値を保ち48時間後まで大きな変化はなく、その後急激にさがる。8°C保蔵の場合には40時間後まで約20%の値が続き、その後、次第に減少してゆく。

次に、5°Cの場合についてみると、52時間後まで、約18%の値が続き、その後、緩やかにさがり、その後104時間後から急激にさがっている。

以上の結果から11°C、8°Cの場合には酸素消費率は15°Cの場合に比べてかなり低いが、温度が低いほど酸素消費率が低く、同じ値を維持している時間が長い。

酸素消費率が0になる時間すなわち、呼吸が停止したと考えられる時間は15°Cの場合と11°Cでは大差なく約64時間後である。しかし、8°C以下では酸素消費が認められる時間が長時間継続しているのがみられる。

生残率

クルマエビの生残は保蔵温度によって違いが認められた。15°Cにおける、エビの半数が致死に至る時間(以下「半数致死時間」と記す)は42時間であり、11°Cにおける半数致死時間は62時間であった(図3)。8°Cで

クルマエビの酸素消費について

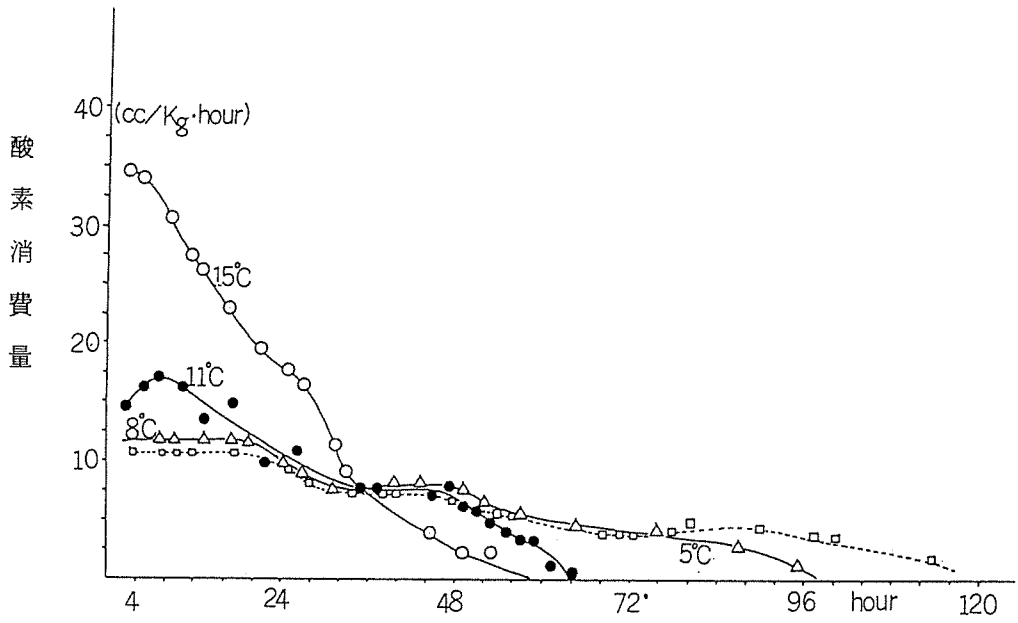


図1 クルマエビの酸素消費量 (S61年11月~12月)

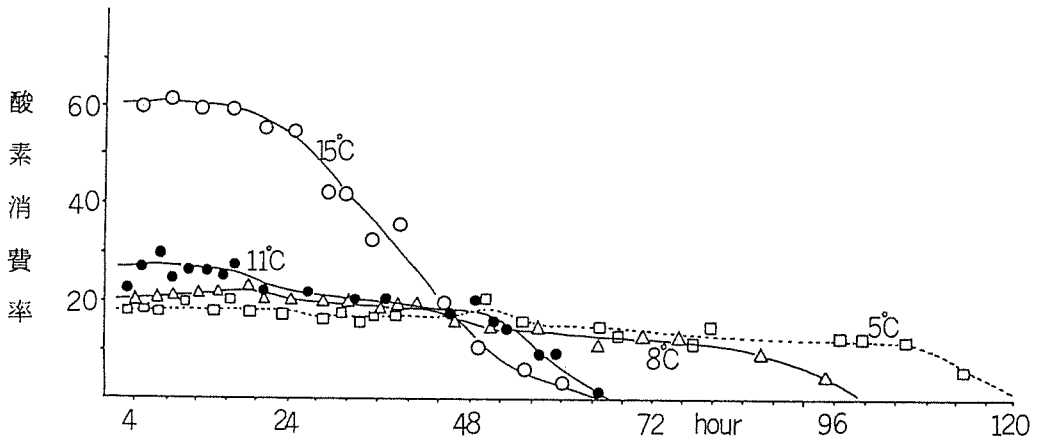


図2 クルマエビの酸素消費率 (S61年11月~12月)

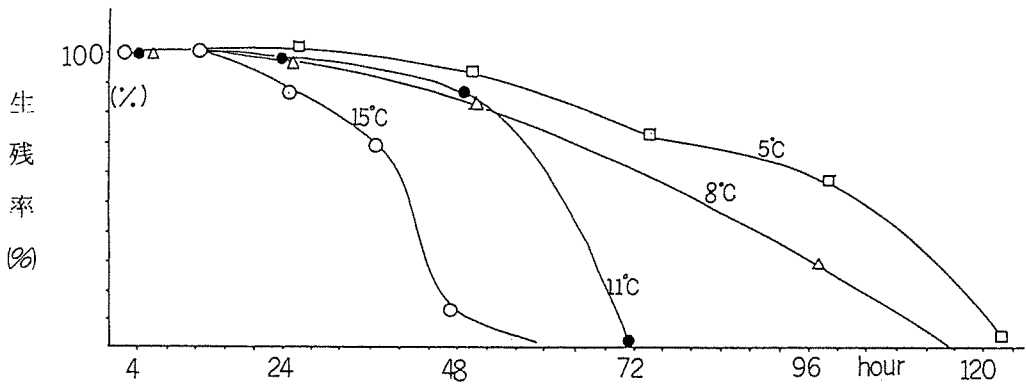


図3 クルマエビの生存率 (密閉容器内 S61年11月~12月)

は82時間後、5℃では104時間後であった。また、11, 8, 5℃ともに50時間後まで生残率は80%以上をしめし
ており、15℃と11℃の場合を比較すると、保蔵温度の低下による生残時間のかなりの延長がみとめられた。

段ボール箱中に於ける生残

段ボール箱中に於ける生残率を保蔵温度を変えることによって比較した。15℃と11℃の場合につき密閉容器
の場合と比較すると、その半数致死時間はそれぞれ72時間、96時間を示しており、これは密閉容器の場合のそ
れぞれ1.7倍、1.5倍にあたる(図4)。11℃では48時間で90%以上の生残が認められた。

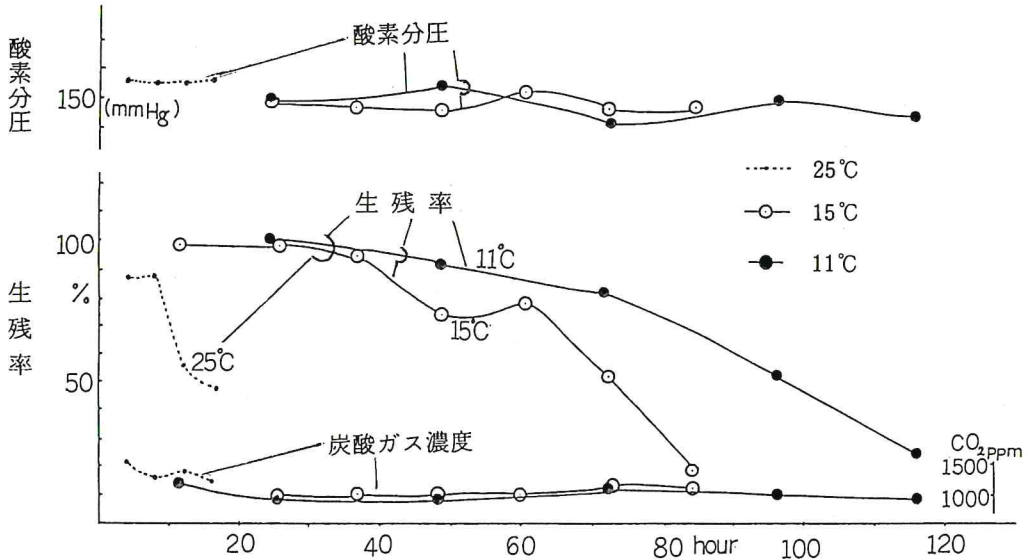


図4 クルマエビの生残率(段ボール箱内 S62年6月~8月)

表1 充填物質の違いによる生残 (昭和63年2月)

		48時間後	72時間後
カンナクス	生残率	100	94
	脱水率	13	8
オガクス	生残率	88	76
	脱水率	17	18
モミガラ	生残率	66	41
	脱水率	10	14

表2 充填物質の粒子の大きさ別のATP比と生残 (昭和63年2月)

		当日	24時間後	48時間後	72時間後	96時間後
粗いオガクス	比	81.3	72.0	86.9	88.0	82.1
	生残率		93.8	100	100	78.6
	脱水率		8	11	11	13
	容器中の粗いオガクスの重さ	275 g (平均)				
	充填材の含水量	25.14%				
未処理のオガクス	比	81.3	81.2	74.4	86.5	84.3
	生残率		100	100	80	86.7
	脱水率		9	9	9	13
	容器中のオガクスの重さ	295 g				
	充填材の含水量	21.48% (平均)				
細いオガクス	比	81.3		77.9		74.4
	生残率			100		81.8
	脱水率			7		13
	容器中のオガクスの重さ	312 g (平均)				
	充填材の含水量	26.03%				

この実験の際に同時に箱内の酸素量と炭酸ガス量を測定したが、これら2者の測定値は実験期間中大差なかった。これは段ボール箱には通気性があり、酸素の不足、炭酸ガスの増加等がなかったことによると推定された。

また、体液中の炭酸ガス濃度を測定するため、体液を採取したが、時間の経過とともにクルマエビの体液の粘性が増し体液が採取しにくくなる現象が見られた。この時にはクルマエビの体重減少が認められ、充填物質による脱水と考えられた。脱水は充填物質の材質とその量によって違いが生ずると考えられ脱水と生残率との関係について検討するため、実際の輸送に使われる段ボール箱を使用して、実験した。

脱水率と生残率

この実験については充填剤としてカンナグズ、オガグズ、モミガラを使用した。

カンナグズはその体積の割には最も軽く、従って、箱内のエビの体表と接する面積も少ないと考えられた。72時間後の脱水率を見ると、カンナグズの区分が最も脱水率が低く、かつ、生残率も90%以上であり、高い値を示した(表1)。オガグズ、モミガラともに76%を示し、脱水率もそれぞれ18%、14%であり、脱水率が少ない区分ほど生残率が高かった。

次に、クルマエビはオガグズ中に詰められているのであるが、箱中における空気量が多い程すなわち容器の体積からエビと充填物質によってしめられている体積を除いた体積(以下「容器中の空間」と記す)が多いほど、呼吸しやすいのではないかと考えた。この点について検討するため、生残率と容器中の空間との関係、生きエビの活力を示すと考えられるATP関連物質との関係について検討するため、オガグズの粒子の大きさをかえた区分を作って、実験を行った。

容器中の空間とATPのATP関連物質に対する割合

試験区分は、2mmメッシュのフルイを用い、フルイを通過しない粗いオガグズ(区分A)、未処理のオガグズ(区分B)、フルイを通過した細かいオガグズ(区分C)の3区分を設けた。

ATP関連物質については、ATP, IMP, ADP, AMP, Hypoxanthine (Hx), Inosine (HxR) を測定し、

$$K = \frac{ATP (m-eq)}{(IMP+ADP+AMP+Hx+HxR) (m-eq)} \times 100$$

として表わした。生残率については48時間目のものは100%生きており96時間後では、A、B、Cの区分それぞれ76.8、86.7、81.8%であった(表2)。96時間後のATPのATP関連物質に対する比の値(以下「ATPの比の値」と記す。)は、96時間後では細かいオガグズ(区分C)の区分が最も低かった。

従って粗いオガグズの区分はそれより小さい区分に比べATPの比の値が高かった。この値が高いほど箱内で生存条件がよかったと考えられる。

なお、カンナグズに保蔵した場合に、48時間後と72時間後における脱水率はそれぞれ13%、8%であり、経過時間が長い72時間目の方が脱水率が低かった。このような現象がおきた原因についてはクルマエビと充填物質との接する状態によるのかどうかを含めさらに検討する必要がある。

要 約

1. クルマエビ保蔵中における50%以上の生残時間は保蔵温度15°Cで42時間、11°Cで64時間、8°Cで82時間、5°Cで104時間であった。
2. 酸素消費量の各温度に於ける、最大値を比較すると15°Cで34cc/kg・H、11°Cで17.5cc/kg・H、8°Cで10.6cc/kg・Hであり、5°Cでは10.2cc/kg・Hであった。
3. クルマエビの酸素消費率は15°Cから11°Cに温度を低下させると、著しく低下した。しかし、11°C以下では、

著しい低下は見られなかった。また、酸素消費率は段階的に減少していくのが見られた。このことは容器内のエビ全体としての活力は段階的に弱まっていくことを示していると考えられた。

4. 保蔵中における生存時間を長くするためには、オガクズ等の材質から吸収される水分量を少なくしたほうがよいことが推定された。
5. 段ボール箱にはオガクズ等の充填物質を入れるが、容器中の空間が多いほうが、生存条件がよいことが推定された。

参 考 文 献

- 1) 板沢靖男：魚類生理（呼吸）pp45-88. 恒星社厚生閣
- 2) 八柳健郎・宇都宮正：クルマエビの輸送に関する研究-II（ノコクズ詰め 輸送時の外気温と活力との関係）栽培漁業技術開発報告5号（1977）.
- 3) 八柳健郎・宇都宮正・藤田義宣・高見東洋：クルマエビの輸送に関する研究-I（水温と活力との関係について），栽培漁業技術開発報告第5号（1977）.
- 4) 梶山英二：クルマエビ輸送に関する二，三の実験 日水誌 Vol 3, No 1.
- 5) Osmotic concentration of Hemolymph in various Growth Stages of *Penaeus japonicus*.
- 6) 諸岡 等：活魚輸送 水産研究叢書14 日本水産資源保護協会（1966）.

活きクルマエビの輸送方法に関する研究-I

密閉容器にオガクズ詰めで収容中及び収容後海水に戻した
ときのエビ体液中の炭酸ガス量の変化

梅崎祐二・古庄真喜・石田宏一・本田 彰

Studies on the Transportation Method of Live Prawn-I

Changes on Amount of Carbon Dioxide in Body Fluid of Prawn
during the Storage of Sealed Vessel with Sawdust, and after Put Back in
Seawater

Yuji Umezaki, Shinki Furusho, Koichi Ishida, Akira Honda

本県では、クルマエビの養殖が盛んで、昭和61年の年間生産量も865tと国内生産の36%近くを占め、全国一を誇っている¹⁾。エビは、ダンボール箱にオガクズ詰めにして、京阪神地方に活かしたまま出荷されている^{2), 3)}が、この方法は、エビの生理特性を活かした簡便な方法である。しかし、夏場など高温期の輸送においては、オガクズを冷やしたり保冷剤などを同封したりして、箱内の温度上昇を抑える工夫がなされているにもかかわらず、冬場の輸送に比べて、へい死個体が増加し夏場出荷の大きな問題となっている。筆者らはこの問題を解決するため昭和61年度から一連の実験を行ってきた。

本報では、オガクズ中でのエビの酸素摂取状況とへい死との関連を把握するため密閉容器による収容試験、空気中での放置試験及び密閉容器に一定時間収容後海水に戻しての回復試験を行ったので、その結果を報告する。

材料および方法

収容試験、放置試験及び回復試験のそれぞれの実施日、使用したエビのその時の生息水温と平均体重は表1に示すとおりである。収容試験回復試験の箱内及び海水の温度は、夏場の出荷輸送における箱内の平均温度と思われる15°Cに保った。

収容試験

エビは養殖場からオガクズ詰めで運搬し、通気を行った水槽中で5時間程度静養させた後、2,700ml容量の完全密閉式のポリプロピレンの箱に15尾ずつオガクズ詰めにした。この箱を6個用意し恒温室に収容後、12時間ごとに1箱ずつ取り出し、箱中の酸素濃度、エビの生残率及び体液中の炭酸ガス含有量を測定した。酸素濃度測定のために箱には2箇所に穴をあけシリコ

表1 試験の期間、クルマエビ養魚池の水温、平均体重

No	年月日	水温	平均体重
1	'86.11.18-21	17°C	24(g)
2	11.21-22	17	24
3	11.24-25	12	31

ンチューブをつけたガラス管を通して、収容中はピンチコックでチューブを塞いで密閉状態を保ち測定時にはガステック検値管を一方のガラス管からできるだけ外気が入らないようにして挿入して測定した。また、

一つの箱には、温湿度計と酸素濃度計を装着し連続的に測定した。エビの生死は、手に取って動くかどうかで判断した。体液中の炭酸ガスは、ヘパリンナトリウム溶液（800unit/ml）を湿潤させた1mlのガラス注射器でエビの心臓の背部後方から採取し、速やかに微量血液中ガス分析装置（EKDS）で測定した。

放置試験

5尾のエビを紙にくるんだまま室内に放置し、エビの体液中の炭酸ガス含有量の変化を調べた。

回復試験

この試験は、収容試験と同様、密閉容器に15℃で24時間収容した後、通気中の海水に戻し体液中の炭酸ガス含有量の変化を測定した。

結 果

収容試験

収容中の箱内の温度、湿度、酸素濃度の変化を図1に示した。温度は、15℃で変動しなかった。湿度は、エビの体表についていた水分などにより、箱詰め後すぐに上昇し、その後96～98%で安定した。酸素濃度は、収容時は21%であるが、12時間で14%、24時間で10%、48時間後には6%と収容時間の経過とともに低下していった。

生残率と体液中の炭酸ガス含有量の変化は図2に示した。生残率は、12時間では100%、24時間には87%であったが、48時間で7%に低下し、60時間後にはすべて死んでしまった。

炭酸ガス含有量は、この単位は体液の単位容量当りのガス容量の百分率で表しているが、箱詰め前の水中生息時においては10%程度であった。箱詰め後、急速に上昇し、生残個体では12時間で39%、24時間で69%、48時間で95%に達した。一方、へい死個体では48時間目で70%であった以外は全て50%程度であった。

放置試験

この時の室温は18～19℃、湿度は66～74%であった。炭酸ガス含有量は、図3に示すとおり緩やかに上昇し9時間後に17%になったが、20.5時間後でも17%と同じ値であった。なお、この試験の間、エビは全て生きていた。

回復試験

24時間収容後の箱内の酸素濃度は8%であり、エビの生残率は93%、また体液中の炭酸ガス含有量は84%であった。その後、エビを水中に戻すと図4に示すとおり、炭酸ガス含有量は1時間で54%、3時間で25%と急速に低下し6時間後には11%とほぼ平常値に回復した。

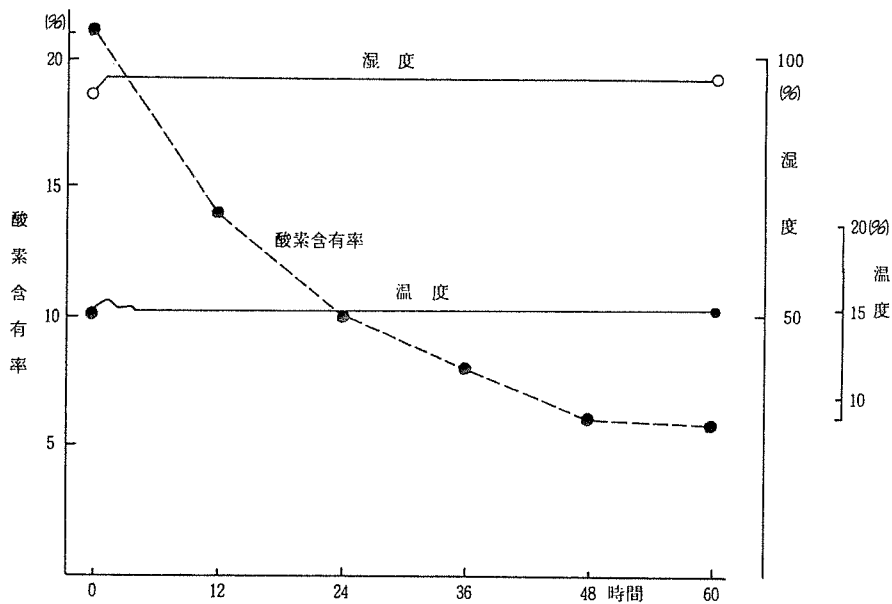


図1 容器中の酸素、湿度、温度

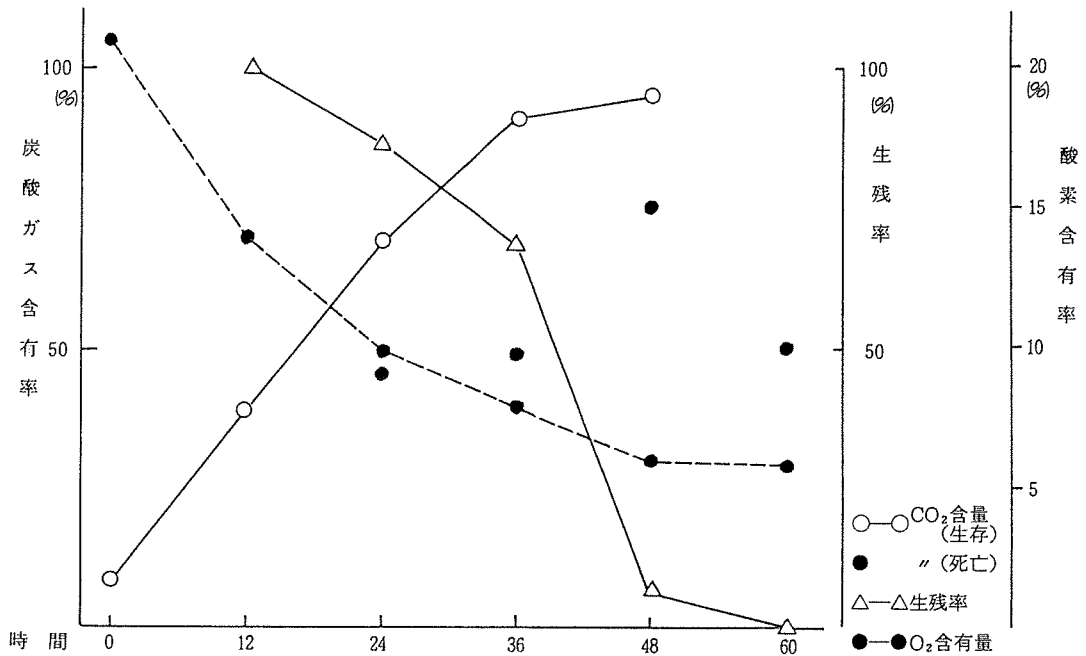


図2 体液中の炭酸ガス量の変化及び生存率 (15°C容器中オガクズ詰め)

考 察

収容試験では、密閉容器中の酸素濃度は時間の経過に伴い減少し、48時間経過して容器中のエビがほとんど死んでしまってその後の酸素濃度の低下はなかった。また、エビの体液中の炭酸ガス含有量は、容器中の酸素濃度の低下と逆相関的に上昇しており、その上昇は放置試験と比較してはるかに大きいものである。したがって、エビは、オガクズ中でも酸素摂取を行っており、このような密閉容器中では酸素不足が生じエビに大きな影響を与えているものと思われる。しかしながら、今回の試験だけでは、エビのへい死が、酸欠によるものかどうかは判定できない。また、死亡個体の体液中の炭酸ガス含有量は、50%程度のもが多かったが、これは死亡後体液から急速に炭酸ガスが消失することも予想されることから50%程度の濃度で死んでしまうとは断定できない。

要 約

1. クルマエビの夏場における出荷技術を改善することを目的として、オガクズ中のエビの酸素摂取の状態を把握するため試験を行った。

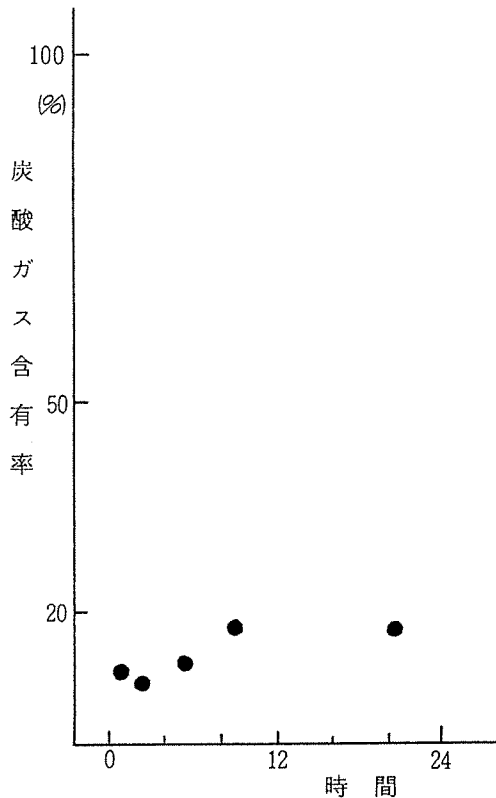


図3 クルマエビ体液中の炭酸ガス量の変化 (空气中放置)

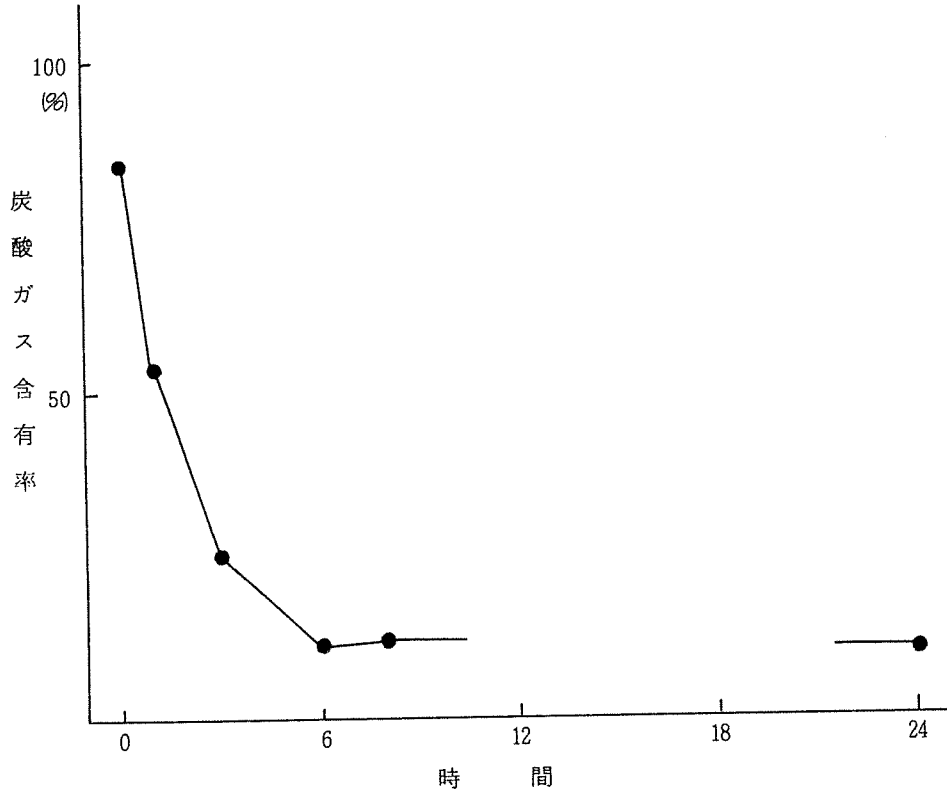


図4 15°Cオガクズ詰め、24時間保存後海水中に戻した場合のクルマエビ体液中の炭酸ガス量の変化

2. オガクズの中でもエビは酸素摂取を行っており、その結果、密閉容器では容器内の酸素濃度が低下し、エビに大きな影響を与えていると思われた。
3. エビ体液中の炭酸ガス含有量は、オガクズ中の酸欠状態で上昇したが、海水に戻すと6時間程度で平常値に回復した。

文 献

- 1) 農林水産省統計情報部：昭和60年漁業養殖業生産統計年報，1987.
- 2) 熊本県水産試験場：熊本県のクルマエビ養殖業，1972.
- 3) 熊本県：昭和58～59年度組織的調査研究活動推進事業結果報告書，1985.

活きクルマエビの輸送方法に関する研究— II

密閉容器で収容温度を変えた時のクルマエビ筋肉中の ATP
関連物質および乳酸の量的変化

古庄真喜・梅崎祐二・石田宏一・本田 彰

Studies on the Transport Method of the Live Prawn *Penaeus Japonicus*— II

Changes in the Amount of ATP Related Compounds and Lactic Acid in Muscle of the Live Prawn during Storage in Sealed Vessel at Various Temperatures

Shinki Furusho, Yuji Umezaki, Koichi Ishida, Akira Honda

本県天草地域で大量に生産されているクルマエビは、オガクズ詰めで活きエビとして東京、大阪へ出荷されているが、冬場に比べ夏場においては、輸送中短時間でエビの活力が落ち、夏場出荷の大きな問題の一つとなっている。ところで、クルマエビの輸送に関する報告は極めて少ない。古くは、梶山¹⁾がモミガラの中でのエビの活力の状況を、宇都宮ら²⁾はオガクズ中において温度とエビの活力の変化を生残率を指標として報告している。

著者らは、夏場におけるエビの活力持続を図るための研究に取り組んでいるが、オガクズ中におけるエビの生理を明らかにするために、酸素消費量、体液中の炭酸ガス濃度の変化等多方面から検討を加えている。前報³⁾では、オガクズ中のクルマエビの活力を指標化するための手段として、筋肉中の ATP 関連物質、乳酸の変化を調べたところ、全ヌクレオチド (ATP + ADP + AMP + IMP) に対する ATP の割合とエビの生残率との間に関連があり、この値がエビの活力の指標として利用できることを見いだした。

本報においては、収容温度を変化させた場合エビの活力にどのように影響するか、前報と同じく密閉容器を使用し、生残率とエビ筋肉中の ATP 関連物質および乳酸の変化について調べたので報告する。

実験方法

供試エビ 養殖場からオガクズ詰めで運搬し、収容温度と同温の水槽中で 5 時間程度静養させた体長 11~14 cm、体重 20~30 g のものを試験に供した。

箱詰め試験 2,700ml 容量の完全密閉式のポリプロピレン容器にエビ 15 尾ずつオガクズ詰めした。この容器を 6 個用意し、15, 11, 5°C の恒温室に収容後、一定期間毎に 1 箱ずつ取り出した。なお、試験は昭和 61 年 11 月から 12 月にかけて実施した。

本報においては、以下の略語を用いた。ATP; adenosine 5'-triphosphate, ADP; adenosine 5'-diphosphate, AMP; adenosine 5'-monophosphate, IMP; inosine 5'-monophosphate

A T P 関連物質の測定 筋肉中の A T P 関連物質の測定は、生残しているエビを胸頭部と腹部とに切断し、殻をむき腹部筋肉を約 4 g 取った。測定に当たっての抽出操作は江平ら⁴⁾の方法に従った。測定には、日立 655A-11型高速液体クロマトグラフィーを使用し、測定条件は榎本ら⁵⁾の方法に準じた。その条件は、カラム：Hibar Lichrosorb RP-18 (7 μm), 250 × 4mm, 溶出液：0.05 MKH₂ PO₄ : 0.05 MK₂ HPO₄ = 1 : 1, 流速：1.0 ml/min, 検出波長：254nm とした。ピーク面積の計算には日立655型データ処理装置を使用した。

乳酸の測定 上記抽出液を使用し、Gutmannら⁶⁾の方法に準じた。

結 果

生残率の変化 オガズ収容中のエビの生残率の変化を図 1 に示す。収容温度 15°C では、12 時間までは 100% 生残し、24 時間で 86.7%, 36 時間で 68.8%, 48 時間で 6.7%, 60 時間で 0% になった。11°C と 5°C ではほぼ同じ傾向を示し、48 時間までは 100% 生残しその後徐々に低下し、120 時間後には 0% となった。

A T P 関連物質の変化 15, 11, 5°C で収容した時のエビ筋肉中の A T P 関連物質の変化を表 1 に示す。全ヌクレオチドの値は 683 から 916 μmol/100g の範囲で変化した。これらの値は時間の経過とともに増加の傾向にあった。A T P は、15°C においては収容開始直後から 24 時間まではその減少は緩やかであるが、24 時間の 496 μmol/100g から 48 時間の 16 μmol/100g へと大きく減少した。しかし 11°C においては、収容 72 時間は A T P の減少はほとんどなかった。5°C では、11°C と同じく 72 時間は A T P の減少は緩やかであるが、72 時間の 535 μmol/100g から 96 時間の 82 μmol/100g へと大きく減少した。これとは逆に AMP は、15°C においては開始直後から 24 時間では徐々に増加したが、24 時間の 124 μmol/100g から 48 時間の 753 μmol/100g へと大きく増加した。11°C においては、開始から 72 時間まで増加は緩やかであった。5°C では 72 時間は徐々に増加したが、72 時間の 36 μmol/100g から 96 時間の 478 μmol/100g へと大きく増加した。ADP は 27 から 177 μmol/100g の範囲で変化した。しかし、A T P および AMP ほどの大きな変化はなかった。IMP は、15°C においては 36 時間で 162 μmol/100g と最大値を示し、5°C では 72 時間の 29 μmol/100g から 96 時間の 201 μmol/100g へとかなり増

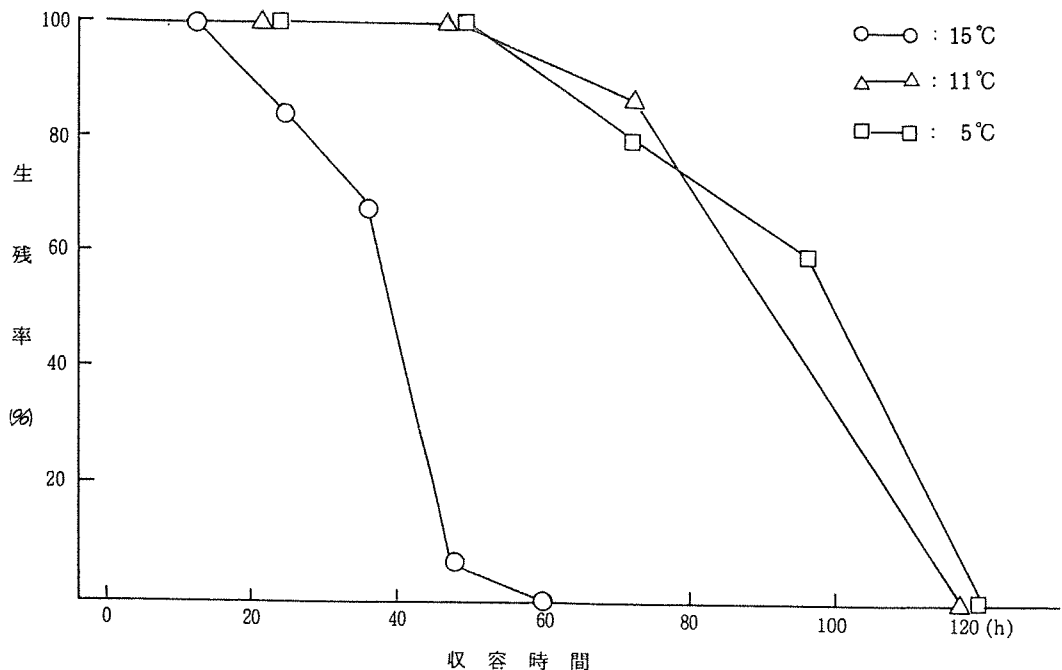


図 1 各収容温度における生残率の変化

表1 各収容温度におけるクルマエビ筋肉中のATP関連物質の変化

保蔵温度°C	ATP関連物質	収 容 時 間 (h)						
		0	12	24	36	48	72	96
15	A T P	636	540	469	45	16	(μmol/100g)	
	A D P	109	128	177	104	58		
	A M P	23	76	124	522	735		
	I M P	14	18	51	162	56		
	Total	782	762	821	833	865		
11	A T P	673		742		671	702	
	A D P	117		69		108	127	
	A M P	26		8		60	63	
	I M P	11		15		29	24	
	Total	827		834		868	916	
5	A T P	647		845		658	535	82
	A D P	27		33		37	121	114
	A M P	1		1		6	36	478
	I M P	8		7		9	29	201
	Total	683		886		710	721	875

加した。11°Cでは収容72時間の間でほとんど変化しなかった。

ATPに対するADP, AMP, IMPの変化 エビ筋肉中のATPに対するADP, AMP, IMPのオガクズ収容中における変化を図2に示す。ADP/AMPは、15°Cにおいては開始直後0.178であったものが、時間の経過とともに高くなり48時間で3.65となった。11°Cでは開始直後0.174であったものが、72時間で0.181となり収容中ほとんど変化はなかった。5°Cでは開始直後から48時間まではほとんど変化はなかったが、48時間の0.056か

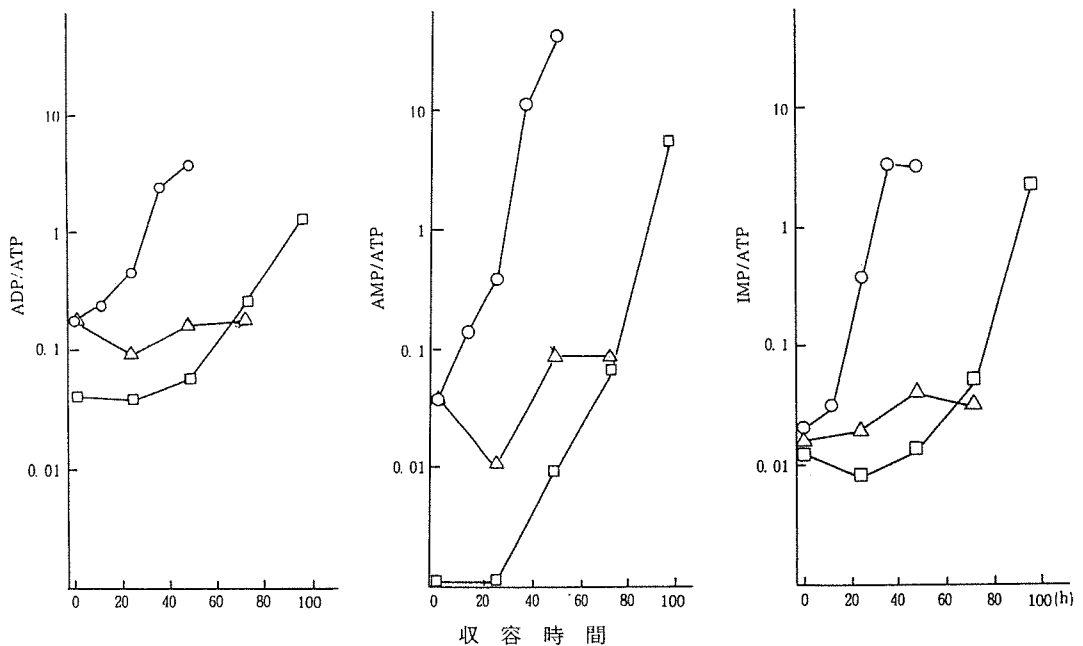


図2 各収容温度におけるクルマエビ筋肉中のADP/ATP, AMP/ATPおよびIMP/ATPの変化
 —○—○— : 15°C, —△—△— : 11°C, —□—□— : 5°C

ら96時間の1.36と増加した。AMP/ATPは、15℃では開始直後0.37から48時間の46.2へと大きく増加した。11℃においては、72時間の収容中ほとんど変化はなかった。5℃では開始直後から24時間は変化はなかったが、24時間の0.0012から96時間の5.69へと増加した。IMP/ATPは、15℃では開始直後0.02であったものが36時間で最大値を示し、48時間には3.50とやや低下した。11℃では開始直後0.016であったものが、72時間0.034へと収容中ほとんど変化しなかった。5℃では開始直後から48時間はほとんど変化はなかったが、48時間の0.014から96時間の2.39へと増加した。

乳酸の変化 各収容温度における乳酸の変化を図3に示す。15℃では収容開始直後574 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ であったものが、時間の経過とともに36時間で1930 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ と大きく増加した。11℃では保蔵直後723 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ であったものが、その後徐々に増加し、72時間で1034 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ となった。5℃では保蔵直後から72時間はほとんど変化せず、72時間の583 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ から96 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ と増加した。

考 察

今回の試験では、収容温度を変えた場合、オガクズ中のクルマエビの生残及び代謝にどのように影響するかをATP関連物質、乳酸を対象として調べた。

その結果、生残率については15℃と11℃では、温度の低下はエビの生存期間に著しい効果があることが判明した。しかし、11℃と5℃との間にはほとんど効果はみられなかった。宇都宮ら²⁾は夏と冬における収容試験を行い、生息水温と収容温度との間には関連があり、これがエビの生残に大きく影響するとしている。今回の試験では、15、11℃の収容試験の生息水温は17℃であり、5℃の時の生息水温は13℃であった。

ATP関連物質は、全ヌクレオチドについては、収容時間の経過とともに増加の傾向にあったが、特に目立った変化はなかった。ATPは時間の経過とともに減少し、15℃と11℃および5℃の間には、減少の速度に大きな違いがあった。全ヌクレオチドに対するATPの割合の変化を図4に示す。この変化と図1に示す生残率の変化との間には関連がある。従って、前報³⁾でも述べたように、全ヌクレオチドに対するATPの割合の変化が収容中のエビの活力変化をよく現わしていると考えられる。一方、AMPは時間の経過とともに増加して、15℃と11℃および5℃の間には、増加の速度に大きな違いがあった。しかし、ADP、IMPは、ATP、AMPほどの大きな変化はなかった。これらのことから、オガクズ中におけるクルマエビ筋肉のATP関連物質は、高エネルギー物質のATPから低エネルギー物質のAMPへと変化していることがわかる。しかも、それは収容

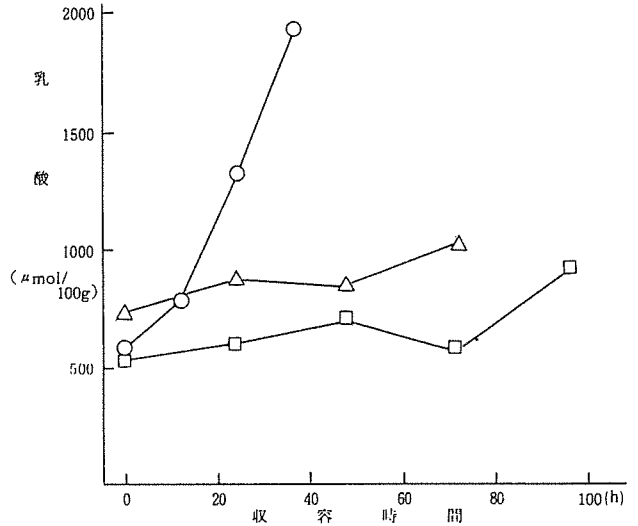


図3 各収容温度におけるクルマエビ筋肉中の乳酸の変化

○—○ : 15℃ △—△ : 11℃ □—□ : 5℃

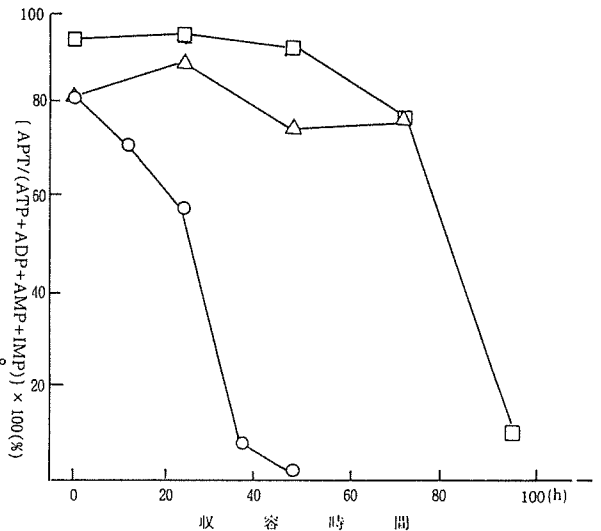


図4 各収容温度におけるクルマエビ筋肉中の全ヌクレオチドに対するATPの割合の変化

○—○ : 15℃ △—△ : 11℃ □—□ : 5℃

温度に大きく影響されることが判明した。

筋肉中の乳酸についても収容時間の経過とともに増加するが、その速度は15°Cと11°Cおよび5°Cとの間には大きな違いがあり、収容温度の低下はエビの代謝を抑え、活力持続につながることを確認した。

要 約

1. 密閉容器中オガズで収容した場合、15°Cと11°Cの間では温度の低下は、生残率の持続に大きな効果があった。しかし、11°Cと5°Cの間には、それほどの違いはなかった。
2. エビ筋肉中のATP関連物質は、時間の経過とともに増加し、AMPは逆に減少した。これらの物質の変化の速度は、15°Cにくらべると11°Cでは遅くなった。しかし、生残率と同じように11°Cと5°Cの間には違いは小さかった。
3. 全ヌクレオチドに対するATPの割合と生残率の間には関連があり、前者はオガズ中のクルマエビの活力を現わしていると考えられた。
4. エビ筋肉中の乳酸は保蔵の経過とともに増加したが、15°Cにくらべ11°Cと5°Cではその速度は遅かった。

文 献

- 1) 梶山英二：日水誌，3，23-24 (1934).
- 2) 宇都宮正・八柳達郎：栽培漁業技術開発報告（山口県内海栽培漁業センター），5，25-32 (1977).
- 3) 古庄真喜・梅崎祐二・石田宏一・本田 彰：日水誌，54 (7)，1209-1212 (1988).
- 4) S. Ehira, H. Uchiyama, F. Uda, and H. Matsumiya : Nippon Suisan Gakkaishi, 36, 491-496 (1970).
- 5) 樋本六良・三嶋俊雄・宇津木照洋・北島俊一・矢田殖朗・保田正人：日水誌，51，1363-1369 (1985).
- 6) I. Gutmann, and A. W. Wahlefeld : in "Methods of Enzymatic Analysis" (ed. by H. U. Bergmeyer), Academic Press, New York, 1963, pp. 1464-1468.

活きクルマエビの輸送方法に関する研究—Ⅲ

ダンボール容器で収容温度を変えた時の活きクルマエビ筋肉中のATP関連物質および乳酸の量的変化

古庄真喜・梅崎祐二・石田宏一・本田 彰

Studies on the Transport Method of the Live Prawn *Penaeus Japonicus*—Ⅲ

Changes in the Amount of ATP Related Compounds and Lactic Acid in Muscle of Live Prawn during Storage in Cardboard Box at Various Temperatures

Shinki Furusho, Yuji Umezaki, Koichi Ishida, Akira Honda

本県天草地域で大量に生産されているクルマエビは、ダンボール容器を使用しオガクズ詰めで活きエビとして東京、大阪へ出荷されているが、冬場にくらべ夏場においては、輸送中短時間でエビの活力が落ち、夏場出荷の大きな隘路となっている。

ところで、クルマエビの輸送に関する報告¹⁻³⁾はきわめて少ない。著者らは、夏場におけるエビの活力持続を図るための研究に取り組んでいるが、オガクズ中におけるエビの生理を明らかにするために、酸素消費量、体液中の炭酸ガス濃度の変化等多方面から検討を加えている。これまでに、オガクズに収容している時のクルマエビ筋肉中の全ヌクレオチド(ATP + ADP + AMP + IMP)に対するATPの割合がエビの活力の指標として利用できることを報告⁴⁾した。また、前報⁵⁾では、密閉容器を使用し収容温度を変化させた時のATP関連物質および乳酸の変化を調査し、これらは温度の影響を強く受けていることを確認した。

本報においては、現在クルマエビ輸送に利用されているダンボール容器を使用し収容温度を変えた場合、エビの活力にどのように影響するかを、生残率、筋肉中のATP関連物質および乳酸について調べたので報告する。

実験方法

供試エビ 養殖場からオガクズ詰めで運搬し、収容温度と同温の水槽中で24時間程度静養させた体長10~13 cm、体重17~22 gのものを試験に供した。

箱詰め試験 3,200ml容のダンボール容器にエビ500g(大体25~30尾)オガクズ詰めにし、この容器を8, 11, 15, 25°Cの恒温室に収容後、一定時間毎に1箱ずつ取り出した。なお、試験は昭和62年6月から7月にかけて実施した。

本報においては、以下の略語を用いた。ATP; adenosine 5'-triphosphate, ADP; adenosine 5'-diphosphate, AMP; adenosine 5'-monophosphate, IMP; inosine 5'-monophosphate.

A T P 関連物質および乳酸の測定 エビ筋肉中の A T P 関連物質および乳酸は、前報⁵⁾と同様の方法で測定した。

結 果

生残率の変化 収容中の生残率の変化を図1に示す。収容温度15℃では、24時間は100%生残し、その後36時間で96.3%、48時間で75.0%と低下し96時間で0%となった。25℃では、収容開始8時間で87.5%、12時間

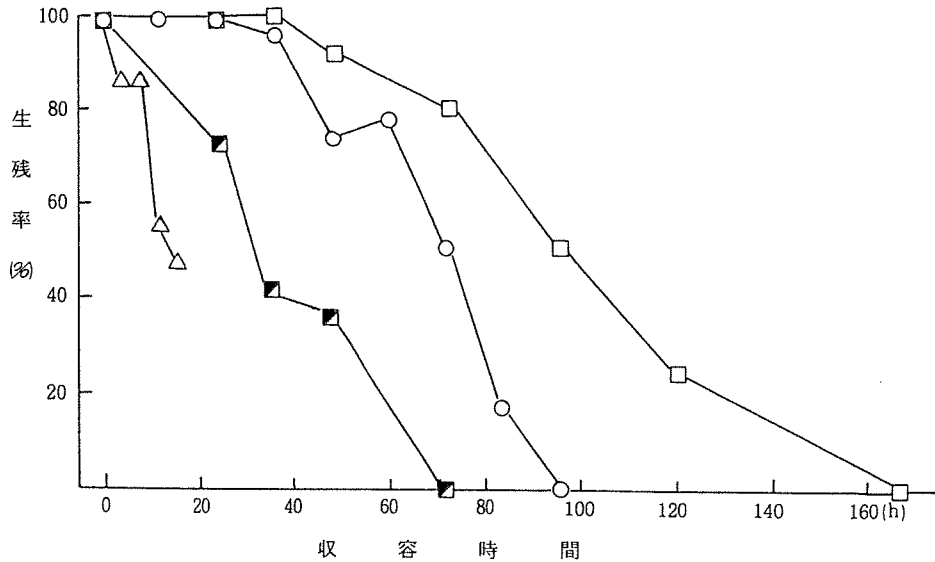


図1 各収容温度における生残率の変化

△—△; 25℃, ○—○; 15℃, □—□; 11℃, ■—■; 8℃

表1 各収容温度におけるクルマエビ筋肉中のA T P 関連物質の変化

収容温度 (°C)	A T P 関連物質	収容時間 (h)															
		0	4	8	12	16	24	36	48	60	72	84	96	120			
25	A T P	567	262	228	233	207											
	A D P	232	230	214	379	347											
	A M P	263	511	462	639	481											
	I M P	76	132	78	75	95											
	Total	1138	1135	982	1326	1130											
15	A T P	1020			712		832	654	586	483	443	163					
	A D P	165			236		291	287	198	322	241	127					
	A M P	21			101		105	183	184	264	221	564					
	I M P	32			57		69	47	35	92	41	166					
	Total	1238			1106		1299	1171	1003	1161	946	1020					
11	A T P	920					706		536				603	379			
	A D P	44					212		211				230	249			
	A M P	44					92		153				143	365			
	I M P	30					41		45				52	58			
	Total	1038					1051		945				1028	1051			

で56.0%, 16時間で47.8%となった。11°Cでは、収容開始36時間は100%で、48時間で92.3%, 72時間で84.0%, その後徐々に低下し168時間で0%となった。8°Cでは、収容開始24時間には73.7%となり、48時間で36.4%と低下し、72時間には0%となった。

ATP関連物質の変化 25, 15, 11°Cで収容した時のエビ筋肉中のATP関連物質の変化を図2に示す。全ヌクレオチドの値は945~1,326 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ の範囲で変化した。これらの値と収容時間との間には目だった関連はなかった。

ATPの変化は、25°Cでは収容開始時576 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ あったものが、4時間で262 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ と約1/2程度となり、その後は緩やかに減少し16時間で207 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ となった。15°Cでは収容開始時1,020 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ あったものが、24時間で832 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ となり、60時間でおおよそ1/2の483 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ となり84時間で163 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ に減少した。11°Cでは収容開始時920 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ から96時間の603 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ へと緩やかに低下し96時間から120時間かけて370 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ へと減少した。

AMPの変化は、25°Cで収容開始時263 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ あったものが、4時間で約2倍の511 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ へと増加し、その後16時間までは特に著しい変化はなかった。15°Cでは収容開始時21 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ であったものが、72時間までは徐々に増加し72時間の221 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ から84時間の564 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ へと短時間でかなり増加し

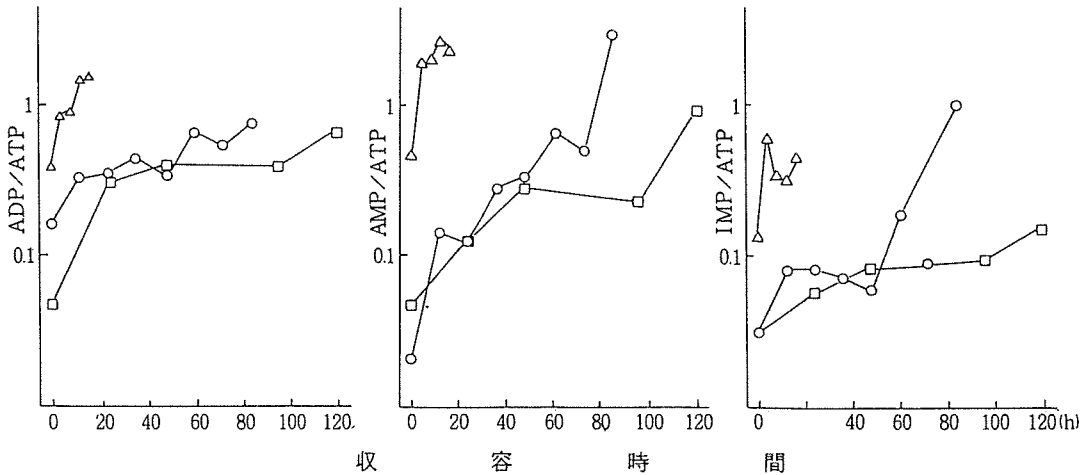


図2 各収容温度におけるクルマエビ筋肉中のADP/ATP, AMP/ATPおよびIMP/ATPの変化

△—△; 25°C, ○—○; 15°C, □—□; 11°C

た。11°Cでは収容開始時44 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ あったものが、96時間までは徐々に増加し、96時間までは徐々に増加し、96時間の143 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ から120時間の365 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ へとかなり増加した。

ADPの変化は、25°Cでは16時間の収容期間中232から347 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ へと増加の傾向にあった。15°Cでは収容開始時165 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ あったものが、60時間で322 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ の最大値となり、84時間では127 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ となった。11°Cでは収容開始時44 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ あったものが、24時間で212 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ と約5倍に増加

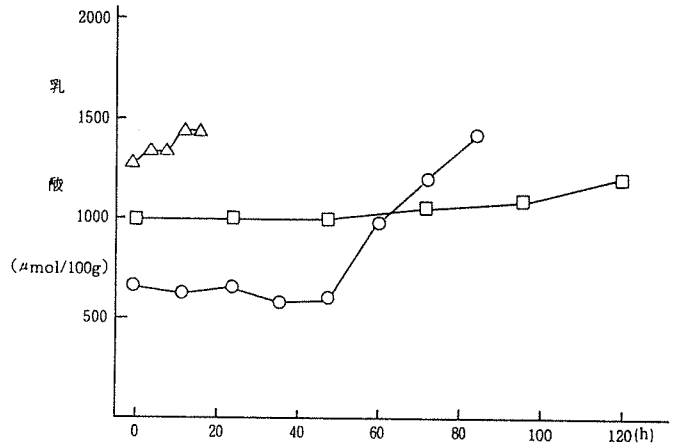


図3 各収容温度におけるクルマエビ筋肉中の乳酸の変化
△—△; 25°C, ○—○; 15°C, □—□; 11°C

し、その後は120時間までほとんど増加しなかった。

IMPは各収容温度において特に目立った変化はみられなかった。

ATPに対するADP, AMP, IMPの変化 エビ筋肉中のADP/ATP, AMP/ATP, IMP/ATPの収容中における変化を図2に示す。ADP/ATPの変化は、25°Cで収容開始時0.409であったものが16時間で1.68となった。15°Cでは収容開始時0.162であったものが12時間で0.331となり、その後48時間まではあまり変化がなくなりさらに60時間で0.667となり84時間まで変化がなかった。11°Cでは収容開始時0.0478であったものが24時間で0.300となり、その後96時間まではほとんど変化がなく、96時間から120時間の間に0.381から0.657へと増加した。

AMP/ATPの変化は、25°Cでは収容開始時0.464であったものが4時間で1.95となり、その後16時間までの変化は最初の4時間に比べ緩やかであった。15°Cでは収容開始の0.0206から12時間で0.142となり、その後72時間までは緩やかに変化し、72時間の0.499から84時間の3.46へと増加した。11°Cでは収容開始時の0.0478から120時間の0.963へと増加した。

IMP/ATPは、各収容温度においてADP/ATP, AMP/ATPにくらべ特に大きな変化はみられなかった。

乳酸の変化 エビ筋肉中の乳酸の変化を図3に示す。25°Cでは収容開始時1270 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ であったものが16時間の収容期間中1440 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ へと増加した。15°Cでは収容開始時659 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ であったものが48時間まではほとんど変化せず48時間の595 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ から84時間の1420 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ へと大きく増加した。11°Cでは収容開始時986 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ であったものが120時間で1200 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ とほとんど変化しなかった。

考 察

今回の試験では、クルマエビの輸送に実際利用されているダンボール容器を使用し、収容温度を変えた場合、オガクズ中のエビの活力にどのように影響するかを、生残率、筋肉中のATP関連物質および乳酸を対象として調べた。

その結果、生残率については25°Cでは16時間で48%と短時間で減少するが、15°C, 11°Cへと温度が下がるとつれて、生残率の減少の速度も緩やかになってくることが判明し、15°Cでは24時間、11°Cでは36時間100%生残することを確認した。しかし、8°Cでは、11, 15°Cにくらべるとエビの生残にとって悪条件であることも明らかになった。宇都宮ら³⁾は夏と冬におけるオガクズでの収容試験を行い、生息水温と収容温度の間には関連があり、生息水温がオガクズ収容中のエビの生残に大きく影響し、夏場の収容適温は15°Cとしている。著者らも、夏場の高水温(28~30°C)に生息するエビを対象に何度までの冷水に耐えうるかの試験を行ったが、冷水限界が10°Cである^{*1}ことを確認している。なお、今回の収容期間中の生息水温は24から28°Cであった。

ATP関連物質については、全ヌクレオチドは収容中特に目立った変化はなかった。ATPはこれまでと同様⁴⁻⁵⁾時間の経過とともに減少した。特に25°Cでは短時間で減少し、15, 11°Cと収容温度が下がると減少の速度は緩やかとなった。一方、AMPは時間の経過とともに増加するが、収容温度が低いほど増加の速度は緩やかであった。ADP, IMPの変化はATP, AMPにくらべると少なかった。

収容中の全ヌクレオチドに対するATPの割合の変化を図4に示す。この変化とエビの生残率の変化の間には関連があり、ダンボール容器においても前者の値がエビの活力の指標として利用できることを示している。収容開始時の全ヌクレオチドに対するATPの割合は、25°Cで49.8%, 15°Cで82.4%, 11°Cで88.6%と温度が低いほど高い値を示した。これらの温度は静養中の水温と考えてよいが、クルマエビ輸送において箱詰め時11°C程度の冷海水で静養させることはエビの活力保持にとって有利であることが判明した。

筋肉中の乳酸についても収容中増加することを確認した。収容開始時での量は25, 11, 15°Cの順となったが、

* 1, * 2 未発表

増加の速度は明らかに温度が下がるほどゆるやかとなった。このことから、オガクズ中で温度の低下はエビの代謝を抑え、活力保持につながることを確認した。

試験の実施時期に違いはあるが、ダンボール容器と密閉容器でのエビの活力状況を比較すると、一般的にダンボール容器での収容が好結果を得た。このことは、ダンボール容器が外部との空気の交換がよい^{*2}ことが原因の一つと考えられた。

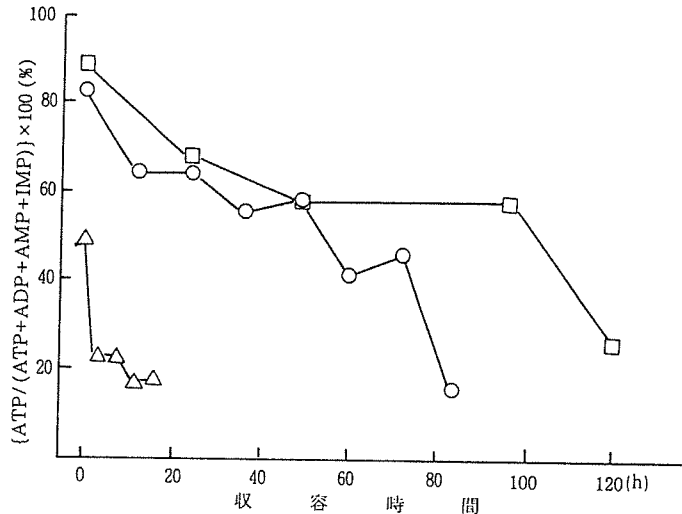


図4 各収容温度におけるクルマエビ筋肉中の全ヌクレオチドに対するATPの割合の変化

△—△; 25°C, ○—○; 15°C, □—□; 11°C

要 約

1. ダンボール容器中オガクズで収容した場合、25、15、11°Cの間では温度の低下はクルマエビの生残率の持続に効果があったが、8°Cになるとエビの死を速める結果となった。
2. エビ筋肉中のATP関連物質については、11から25°Cの収容温度の範囲において、ATPは時間の経過とともに増加し、AMPが逆に減少した。これらの物質の変化の速度は温度が低いほど緩やかであった。ADP、IMPの変化は少なかった。
3. 全ヌクレオチドに対するATPの割合と生残率の間には関連があり、前者はオガクズ収容中のクルマエビの活力を現わしていると考えられた。
4. エビ筋肉中の乳酸は時間の経過とともに増加し、11から25°Cの範囲で温度が低い程増加の速度は緩やかであった。
5. ダンボール容器と密閉容器とでエビの活力の持続状況を比較すると、前者が良好であった。ダンボール容器は空気をよく通すことが原因の一つとして考えられた。

文 献

- 1) 梶山英二：日水誌，3，23-24 (1934).
- 2) 八柳達郎・宇都宮正・田村 瀬・藤田義宣・高見東洋：栽培漁業技術開発報告（山口県内海栽培漁業センター），5，25-32 (1977).
- 3) 宇都宮正・八柳達郎：ibid（山口県内海栽培漁業センター），5，25-32 (1977).
- 4) 古庄真喜・梅崎祐二・石田宏一・本田 彰：日水誌，54(7)，1209-1212(1988).
- 5) 古庄真喜・梅崎祐二・石田宏一・本田 彰：熊本水研報，1

活きクルマエビの輸送方法に関する研究—Ⅳ

夏場における活きクルマエビの輸送実態調査および発泡スチロール
容器による収容試験

古庄真喜・梅崎祐二・石田宏一・川崎信司・本田 彰

Studies on the Transport Method of the Live Prawns, *Penaeus Japonicus*—Ⅳ

The Observation about the Transportation of the Live Prawns in Summer and the Examination of Storage in Foamed Polystyrene Vessel

Shinki Furusho, Yuji Umezaki, Koichi Ishida,
Shinji Kawasaki, Akira Honda

本県天草地域で大量に生産されているクルマエビは、ダンボール容器を使用し、オガクズ詰めで活きエビとして、東京、大阪へ出荷されているが、冬場に比べ夏場においては、輸送中短時間でエビの活力が落ち、夏場出荷の大きな問題の一つとなっている。

著者らは、夏場におけるエビの活力持続を図るための研究に取り組んでいるが、オガクズ中におけるエビの生理を明らかにするために、酸素消費量、体液中の炭酸ガス濃度の変化等多方面から検討を加え、これまでにいくつかの知見¹⁻³⁾を得ている。

本報においては、夏場の高温時における活きクルマエビ輸送の実態と問題点を把握するための調査を実施した。また、今後盛んになると考えられる、生産者から消費者へ直接出荷を想定し、発泡スチロール容器と保冷剤を使用した場合の、エビの活力試験を実施したので併せて報告する。

方 法

輸送実態調査

調査に供したエビ 養殖場からオガクズ詰めで運搬し、12°Cの水槽中で約24時間静養させた体長11~14cm、体重23~27gのクルマエビを12°Cの部屋で箱詰めした。容器は1kg詰めダンボール容器(5,200ml)を使用し、4個を一まとめにし更にダンボールで2重に包装した。

調査日および概要 調査は昭和62年7月28日から29日にかけて実施し、その概要は表1の通りとした。

調査項目 調査項目は外気温、容器内温度、生残率、容器内の酸素および炭酸ガス、エビ筋肉中のATP関連物質および乳酸、体重とした。

発泡スチロール容器による収容試験

供試エビ 実態調査と同じ方法で静養させたエビを供した。

収容試験 7,500ml(31.0×21.0×11.5cm、厚さ3.0cm)容の発泡スチロール容器に、保冷剤として氷およ

表1 調査概要

年 月 日	時 刻 (時:分)	経過時間 (時:分)	内 容
S62. 7. 28	10 : 30	0	箱詰め
	13 : 30	3 : 00	運送業者渡し
	17 : 10	6 : 40	熊本空港着
	17 : 35	7 : 05	測 定
	19 : 30	9 : 00	熊本空港発
	20 : 30	10 : 00	大阪空港着
	21 : 30	11 : 00	大阪集配所着測定
7. 29	0 : 30	14 : 00	大阪魚市場着
	1 : 10	14 : 40	測 定
	4 : 55	18 : 25	測 定

び吸水剤に水をふくませ凍らせたものを使用した。試験に供したエビは500gとした。収容方法は氷では、あらかじめ500g詰めダンボール容器にオガクズとともに収容し、500g, 1kg, 1kgを断熱剤(商品名:エアークャップ)でくるんだものを保冷剤として使用した。吸水剤に水をふくませ凍らせたものでは、オガクズとともに500gのエビを発泡スチロール容器に収容し、保冷剤1kgを2つに分け容器の上, 下層においた場合, 500gを3つに分け上, 中, 下層においた場合, 330gを2つに分け上, 下層においた場合について行った。試験は昭和62年8月から9月にかけて実施した。

試験項目 生残率, 容器内温度, 酸素および炭酸ガスとした。

調査および試験にかかる測定方法 容器内の酸素, 炭酸ガスはガステック検知管で, 発泡スチロールによる収容試験での容器内の温度は, (株)千野製作所EB3POO温度記録計で測定した。エビ筋肉中のATP関連物質, 乳酸の測定は前報に準じた。なお, 実態調査に当たってエビ筋肉は調査現場で胸部筋肉約4gを採取し, 液体チッソで保蔵し試験場へ持ち帰った。

結 果

輸送実態調査

輸送中の温度 箱詰めしたエビは12°Cの恒温室で収容した後, 9°Cの保冷車で熊本空港まで輸送された。航空機の貨物室の温度は係職員の話によると21°Cで管理されており, 大阪空港から魚市場までは15°Cの保冷車で輸送された。

温度と生残率の変化 測定時の外気温と, 容器内の温度, 生残率の変化を図1に示す。外気温は26.0から31.7°Cであった。容器内温度は熊本空港で15.4°C, 大阪集配所で17.2°C, 大阪魚市場1時10分で18.5°C, 同じく4時55分で24.2°Cであった。生残率は大阪集配所までは100%であり, 大阪魚市場1時10分で97.6%, 4時55分で87.8%であった。

容器内の酸素と炭酸ガスの変化 容器内の酸素と炭酸ガスの変化を図2に示す。酸素は熊本空港で17.0%と測定中最も低く, その他の地点では18.5から18.8%であった。炭酸ガスは熊本空港で1,400ppm, 大阪集配所で1,600ppm, 大阪魚市場で1,800ppmであった。

エビ筋肉中のATP関連物質および乳酸の変化 輸送中のエビ筋肉中の全ヌクレオチド(ATP+ADP+AMP+IMP)に対するATPの割合および乳酸の変化を図3に示す。前者は箱詰め時72.9%であったが, 熊本空港で57.6%, 大阪集配所で51.1%, 大阪魚市場1時10分で65.1%, 4時55分で48%で減少の傾向にあった。後者は箱詰め時1,150 μ mol/100gであったが, 熊本空港, 大阪集配所で1,610 μ mol/100g, 大阪魚市場1時

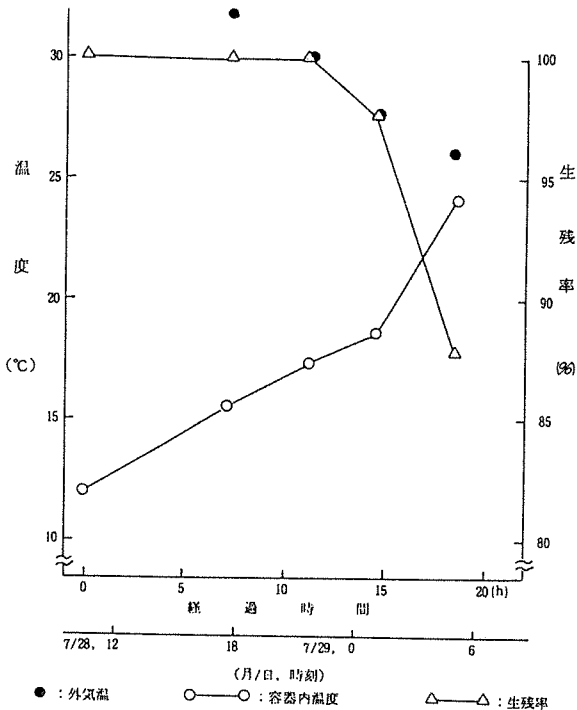


図1 輸送中における外気温と容器内温度およびクルマエビの生残率の変化

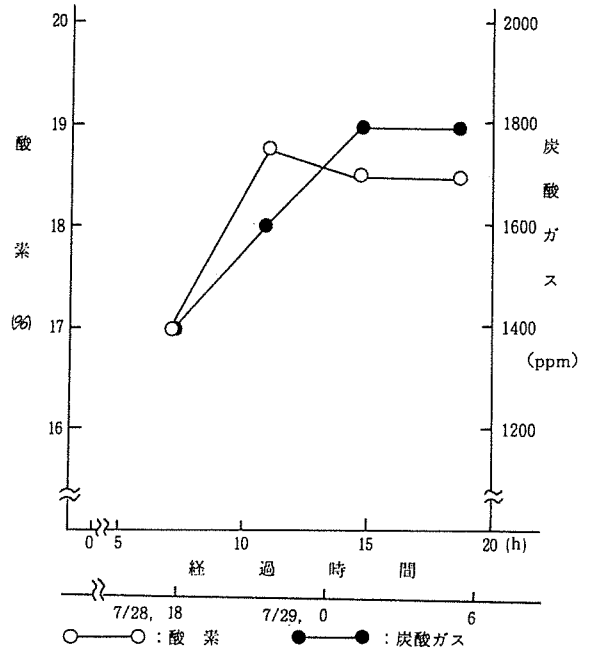


図2 輸送中における容器内の酸素と炭酸ガスの変化

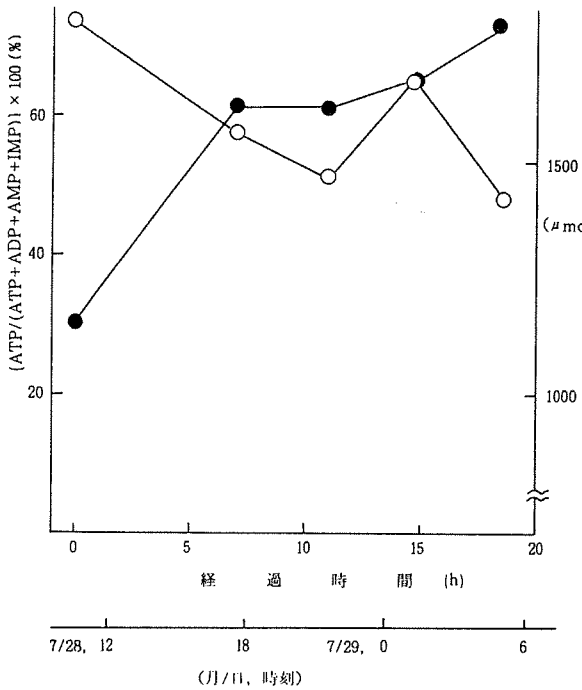


図3 輸送中におけるクルマエビ筋肉中の全ヌクレオチドに対するATPの割合および乳酸の変化

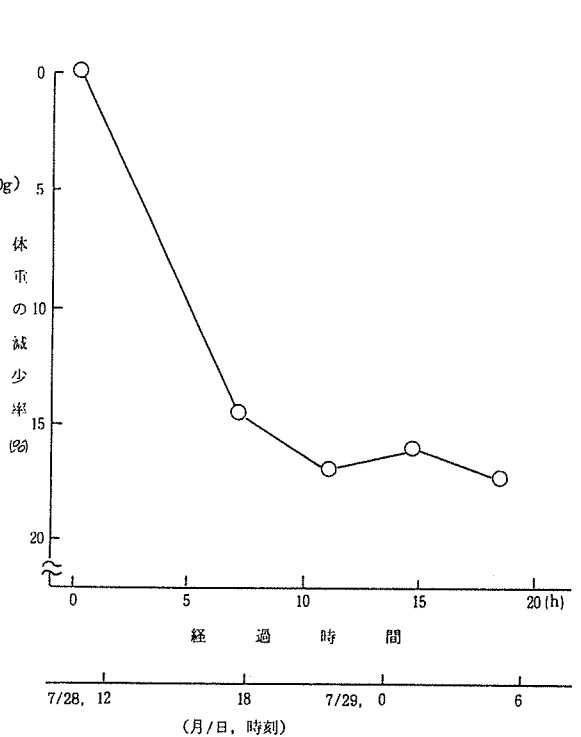


図4 輸送中におけるクルマエビ体重の減少率の変化

10分で1,680 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ 、4時55分で1,790 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ と増加した。

エビ体重の変化 輸送中のエビ体重の減少率の変化を図4に示す。時間の経過とともに低下の傾向にあり、大阪魚市場4時55分には82.8%であった。

発泡スチロール容器による収容試験

容器内の温度と生残率の変化 保冷剤として氷を使用したときの容器内の温度と生残率の変化を図5に、

吸水剤に水をふくませ凍らせたものを使用した時の変化を図6に示す。氷を使用した場合、まず外温を7時間12°Cにする

と容器内の温度は時間の経過とともに低下し、7時間後で添加量500gで11.7°C、1kgで7.9°C、1kgを断熱材でくるんだもので8.9°Cとなった。次に、外温を30°Cにすると容器内の温度は上昇し、32時間後で500gで29.6°C、1kgで24.0°C、1kgを断熱材でくるんだもので26.5°Cとなった。一方、生残率は氷500gでは収容開始18時間は95.5%とほとんど生残率は定まるが、24時間で85.7%、32時間で9.1%と低下した。1kgでは12時間で80.0%、24時間で33.3%、32時間で56.5%であった。断熱材でくるんだものは18時間までは100%、24時間で81.0%、32時間で77.3%と前のふたつに比べると緩やかに低下した。

吸水剤を施した場合、まず外温を7時間12°Cにすると容器内温度は低下し、7時間後には添加量330gで8.0°C、500gで5.3°C、1kgで1.8°Cであった。次に、外温を30°Cにすると28時間後に330gで30.0°C、500gで28.8°C、1kgでは24時間後に17.2°Cとなった。生残率は330gでは収容開始18時間は100%生残り、28時間で15.0%となった。500gでは7時間で39.1%、18時間で15.0%、28時間で0%となった。1kgでは7時間で5.6%、24時間で0%と低い値で推

測された。炭酸ガスは24時間で0%と低い値で推測された。

炭酸ガスは24時間で0%と低い値で推測された。

炭酸ガスは24時間で0%と低い値で推測された。

炭酸ガスは24時間で0%と低い値で推測された。

炭酸ガスは24時間で0%と低い値で推測された。

炭酸ガスは24時間で0%と低い値で推測された。

炭酸ガスは24時間で0%と低い値で推測された。

炭酸ガスは24時間で0%と低い値で推測された。

炭酸ガスは24時間で0%と低い値で推測された。

炭酸ガスは24時間で0%と低い値で推測された。

炭酸ガスは24時間で0%と低い値で推測された。

炭酸ガスは24時間で0%と低い値で推測された。

炭酸ガスは24時間で0%と低い値で推測された。

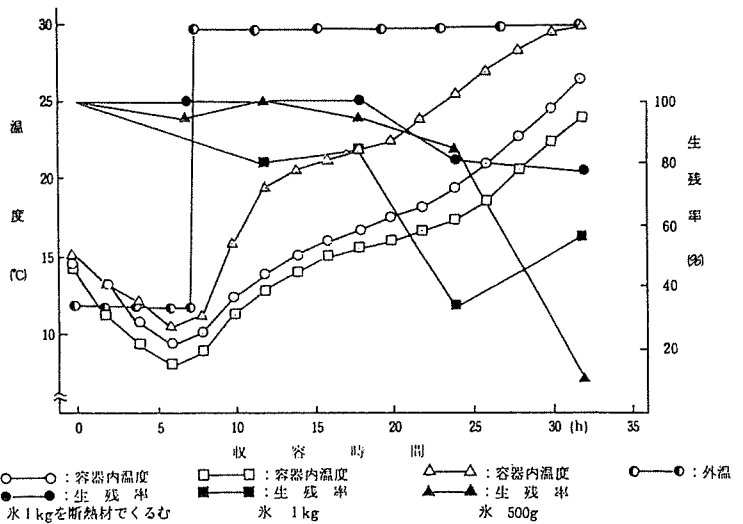


図5 氷を使用した時の発泡スチロール容器内の温度とクルマエビの生残率の変化

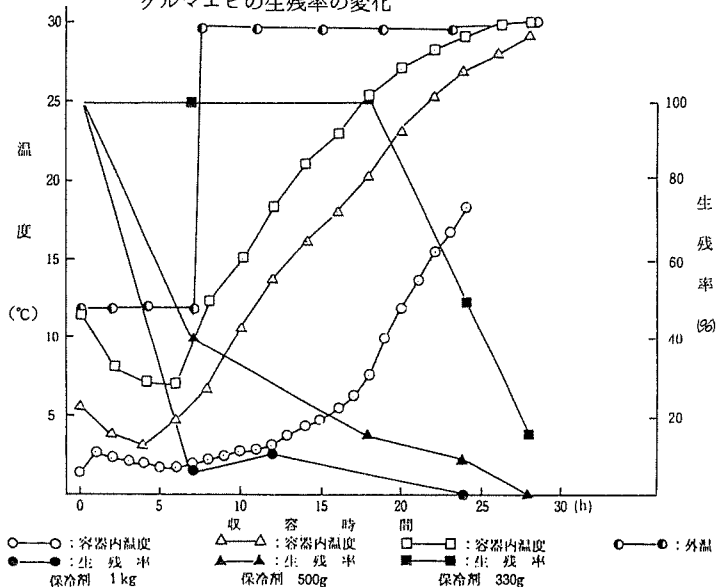


図6 吸水剤に水をふくませ凍らせたものを使用した時の発泡スチロール容器内の温度とクルマエビの生残率の変化

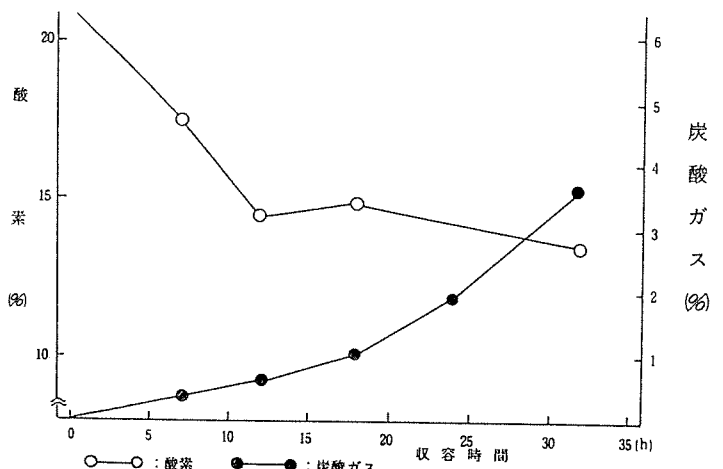


図7 発泡スチロール容器内の酸素および炭酸ガスの変化

移した。

容器内の酸素と炭酸ガスの変化 氷500gを保冷材として使用した時の容器内の酸素と炭酸ガスの変化を図7に示す。酸素は収容開始7時間で17.5%, 12時間で14.5%, 18時間で15.0%, 32時間で14.0%と減少した。炭酸ガスは7時間で0.42%, 18時間で1.1%, 32時間で3.7%へと増加した。

考 察

輸送実態調査

輸送中の容器内の温度は時間の経過とともに上昇していた。著者らがこれまでに得ている結果から、ダンボール容器内の温度は外気温に影響されやすい事実をつかんでいる。従って、保冷車以外の場所では得られた結果以上に外気温の影響を強く受けているものと考えられた。

生残率は大阪集配所までは100%であった。しかし、せりが終了すると思われる大阪魚市場4時55分で87.8%であった。集配所での容器内の温度は17.2°C, 魚市場1時10分で18.5°C, 同じく4時55分で24.2°Cであり、この間の高温がエビの活力低下に大きく影響していると考えられた。

容器内の酸素は輸送中17.0から18.8%の範囲で、また、炭酸ガスは1,400から1,800ppmの範囲で変化した。ダンボール容器は外部空気との交換がよいという事実をつかんでおり、特に保冷車内の空気組成が影響すると思われたが、今回の調査で得られた酸素、炭酸ガスの濃度ではエビの活力低下につながるとは考えられなかった。

エビ筋肉中の全ヌクレオチドに対するATPの割合の変化は時間の経過とともに減少の傾向に、乳酸は増加した、これらの結果からも輸送中にエビの活力が低下することが確認できた。

輸送中にエビの体重が15から17%減少している事実を確認した。これはエビ体液がオガクズに吸収されたからと思われるが、この現象がエビの活力低下の原因の一つとも考えられるので、今後更にこの体重減少防止対策を考えて行きたい。

発泡スチロール容器による収容試験

今回の試験で外温の設定は、収容後7時間は生産地での保管および保冷車で熊本空港までの輸送を考え12°Cとした。また、それ以後は翌日の夕食までの時間(15時間)と温度(30°C)とした。

この条件で外温を12°Cにすると容器内の温度は低下し、保冷材の量が多すぎると冷えすぎ活きエビにとっては悪条件であることが判明した。10°C以下の温度が3時間以上続くとエビの生存に影響を与えるようであった。外温を30°Cにすると温度は上昇し、保冷材が少ないものほど上昇は速く、容器内の温度が20°C以上になるとエビの活力は急速に低下するようであった。これらのことから、発泡スチロールを使用した場合、いかにしてエビの生存適温に容器内温度を維持するかが問題であると推察された。

保冷材として氷500gを使用した場合、容器内の酸素は収容32時間で14.0%に低下し、炭酸ガスは3.7%へと増加した。しかし、これまでに得た結果から判断してエビの活力低下につながるとは考えられなかった。

今回、保冷材として氷と吸水剤に水をふくませ凍らせたものを使用した。氷1kgを断熱剤でくるんだものが最も結果が良かった。これまでに得られた結果から、夏場11°Cから12°Cで管理すれば36時間は100%生残する事実をつかんでいるので、発泡スチロールの厚みを増すなど更に検討が必要と考えられた。

要 約

夏場における活きクルマエビ輸送の実態調査から次の結果を得た。

1. 容器内の温度は外気温に大きく影響され、大阪集配所で17.2°C, 大阪魚市場で18.5°Cおよび24.2°Cであった。

2. 生残率は大阪集配所までは100%, 大阪魚市場 1時10分で97.6%, 同じく 4時55分で87.8%であった。
3. 容器内の酸素は17.0から18.8%, 炭酸ガスは1,400から1,800ppmの範囲で変化したが, エビの活力低下につながるとは考えられなかった。
4. 輸送中のエビ筋肉の A T P 関連物質と乳酸の変化からエビの活力低下を確認した。
5. 輸送中にエビの体重が15から17%減少した。
6. 以上のことから, 容器内の温度上昇がエビの活力低下に大きく影響していることが考えられた。
発泡スチロール容器と保冷剤による収容試験から次の結果を得た。
 1. この方法では, 容器内の温度をエビの生存適温で管理するのは難しいが, 氷 1 kgを断熱材でくるんだ場合に, 収容後18時間は生残率100%, 32時間で77.3%であった。
 2. 容器内温度が20°C以上になるとエビの活力は急速に低下し, また, 10°C以下の温度が 3時間以上続くとエビの生存に悪影響を及ぼすようであった。
 3. 容器内の酸素は収容32時間で14.0%に低下し, 炭酸ガスは3.7%へと増加した。しかし, これらの濃度がエビの活力低下につながるとは考えられなかった。
 4. この方法でエビの活力をさらに持続させるには, 発泡スチロールの厚みを増すなどさらに検討が必要と考えられた。

文 献

- 1) 古庄真喜・梅崎祐二・石田宏一・本田 彰：日水誌, 54(7), 1209-1212(1988).
- 2) 古庄真喜・梅崎祐二・石田宏一・本田 彰：熊本水研報, 1
- 3) 古庄真喜・梅崎祐二・石田宏一・本田 彰：ibid,

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY

PHYSICS DEPARTMENT
5712 S. UNIVERSITY AVE.
CHICAGO, ILL. 60637

PHYSICS 311
LECTURE NOTES
BY
J. J. THORNTON

LECTURE 1
MECHANICS

1.1. Kinematics
1.2. Dynamics

KUMAMOTO KEN SUISAN KENKYU SENTA HOKOKU
(REPORT OF KUMAMOTO PREFECTURAL)
FISHERIES RESEARCH CENTER

No. 1 APRIL. 1991

- 1 S. Furusho · A. Honda
 Studies on the Antioxdation of Dried Sardine (Fushirui) with Natural Antioxdant-II
 The Effect of the Antioxdation When Natural Tocopherol Was Added in Boiled Muscle of Sardine 1
- 2 S. Furusho · A. Honda
 Studies on the Antioxdation of Dried Sardine (Fushirui) with Natural Antioxdant-III
 The Effect of the Antioxdation When Natural Tocopherol and Ascorbyl Stearate Were Added in Boiled Muscle of Sardine 7
- 3 T. Yoshinaga · A. Honda
 Studies on the Antioxdation of Dried Sardine (Fushirui) with Natural Antioxdant-IV
 The Effect of the Antioxdation When Natural Tocopherol Was Added in Boiled Muscle of Sardine 13
- 4 K. Ishida · S. Furusho · Y. Umezaki · A. Honda
 Studies on the Oxygen Consumption and Survival Rate of Kurumaebi Prawn (*Penaeus Japonicus*) Stored in Sawdust 17
- 5 Y. Umezaki · S. Furusho · K. Ishida · A. Honda
 Studies on Transportation Method of Live Prawn-I
 Changes on Amount of Carbon Dioxide in Body Fluid of Prawn during the Storage of sealed Vessel with Sawdust, and After Put Back in Seawater 23
- 6 S. Furusho · Y. Umezaki · K. Ishida · A. Honda
 Studies on Transportation Method of Live Prawn, *Penaeus Japonicus*-II
 Changes in the Amount of ATP Related Compounds and Lactic Acid in Muscle of Live Prawn during the Storage in Sealed at Various Temperatures 27
- 7 S. Furusho · Y. Umezaki · K. Ishida · A. Honda
 Studies on Transportation Method of Live Prawn, *Penaeus Japonicus*-III
 Changes in the Amount of ATP Related Compounds and Lactic Acid in Muscle of Live Prawn during the Storage in Cardboard Box at Various Temperatures 33
- 8 S. Furusho · Y. Umezaki · K. Ishida · A. Honda
 Studies on Transportation Method of Live Prawn, *Penaeus Japonicus*-IV
 The Observation about the Transpotation of the Live Prawns in Summer and the Examination of Storage in foamed Polystyrene Vessel 39