



Title	海水浸漬ウニ生殖腺の鮮度に与える酸素の影響
Author(s)	木下, 康宣; Kinoshita, Yasunori; 吉岡, 武也 他
Citation	日本水産学会誌, 75(2), 237-243 https://doi.org/10.2331/suisan.75.237
Issue Date	2009-03-15
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/42885
Rights	© 2009 公益社団法人日本水産学会
Type	journal article
File Information	NSG75-2_237-243.pdf



海水浸漬ウニ生殖腺の鮮度を与える酸素の影響

木下康宣,^{1,2*} 吉岡武也,¹ 宮崎俊一,¹ 加藤早苗,³ 今野久仁彦²

(2008年8月29日受付, 2008年10月1日受理)

¹北海道立工業技術センター, ²北海道大学大学院水産科学研究院, ³旭川医科大学大学生化学講座

Storage of sea urchin gonad in oxygenated sea water

YASUNORI KINOSHITA,^{1,2*} TAKEYA YOSHIOKA,¹ SYUN-ICHI MIYAZAKI,¹
SANA E KATO³ AND KUNIHICO KONNO²¹Hokkaido Industrial Technology Center, Hakodate, Hokkaido 041-0801, ²Faculty of Fisheries Sciences, Hokkaido University, Hakodate, Hokkaido 041-8611, ³Department of Biochemistry, Asahikawa Medical College, Asahikawa, Hokkaido 078-8510, Japan

Changes in the contents of ATP related compounds in the gonad of sea urchin *Strongylocentrotus nudus* stored in artificial seawater were investigated. A gradual decrease of ATP content was followed by an accumulation of HxR and Hx during storage, while total nucleotide content decreased from 2.6 to 1.2 $\mu\text{mol/g}$ in 8 days indicating a leaking of the compounds from the gonad. The ATP content relative to the sum of ATP related compounds was used to show the ATP content of the gonad. Turbidity of seawater used for storage, a commercial sensory freshness index of gonad of sea urchin, also increased during storage. The increase in turbidity seemed to correspond to the decrease in relative ATP content. The effect of oxygen volume filled in the storage bag on the change in the relative ATP content of gonad and on the turbidity increase of seawater was studied. Decrease in the relative ATP content and turbidity development were both suppressed by an increase in filled oxygen volume. Almost no increase in the marine bacteria population was observed during the storage under any conditions. It was concluded that storage of sea urchin gonad in oxygenated sea water was an effective method for maintaining freshness.

キーワード : ATP 関連化合物, K-値, ウニ, 酸素, 鮮度

水産物の価値は鮮度によって決定されることが多いため、その維持技術および評価方法が広く研究されている。生物が生きている間は、呼吸活動による酸素の供給によって、細胞レベルで効率的に ATP の生合成がなされており、組織活動により消費されても常にほぼ一定値を保持していることが知られている。一方、死後は、その生合成が停止することによって ATP の減少が起こり、死後硬直に代表されるような諸々の品質変化を招くと考えられている。このことから、魚類の鮮度指標には、死後の時間経過に伴う筋肉中のアデノシン三リン酸 (ATP) の分解から求めた K-値が最も広く用いられている。この指標は、ATP がアデノシン二リン酸 (ADP)、アデノシン一リン酸 (AMP)、イノシン酸 (IMP)、イノシン (HxR)、ヒポキサンチン (Hx) に分解されていく各生成物のうち、リン酸を含まない成分

(HxR, Hx) の蓄積量を全体に対する比で表したものである。¹⁾ イカ^{2,3)} のような頭足類、ホタテ^{4,5)} やカキ⁶⁾ といった貝類、クルマエビ⁷⁾ のような甲殻類などについても、分解経路やその速度などに違いはあっても、K-値を鮮度指標として利用することの有用性が指摘されている。⁸⁾ しかしながら、ウニのような生殖腺を可食部とする場合の ATP 関連化合物の経日変化を追跡した例は乏しく、それらが鮮度指標として利用できるかについては、ほとんど検討されていない。

ウニの生殖腺は、身崩れを防ぐためにミョウバンなどのタンパク質凝固作用のある食品添加物で処理を施した後、折詰めして出荷されることが多い。これは、一般に「生ウニ」や「板ウニ」と呼ばれ、寿司、刺身として全国各地で流通、消費されており、これらの賞味期限は出荷後 5 日程度と言われている。⁹⁾ 最近では、生殖腺をミ

* Tel : 81-138-34-2600. Fax : 81-138-34-2602. Email : kinoshita@techakodate.or.jp

ヨウバン処理せずに、殺菌海水や食塩を水に溶かした人工海水とともにカップ容器に包装した塩水パック品の流通量が増加している。これは、「塩水ウニ」と呼ばれており、自然なウニの風味が味わえると消費者に好評である。塩水ウニは、貯蔵に伴い濁りが生じて外観の劣化を招くことから、商業的には、官能的な海水の濁り具合が鮮度の指標として用いられており、一般流通品の商品価値は3日程度と短く、¹⁰⁾ 鮮度保持技術の開発が求められている。一方、近年は、消費者の高鮮度志向に対応するため、酸素を供給しながら組織を活かしたままで貯蔵するという新しい水産物の貯蔵方法が提案されている。ホタテガイ貝柱を酸素環境下で貯蔵すればATP含量を低下させずに維持することができ、ATP消失に伴う硬化発生を抑制できることが報告されている。¹¹⁻¹³⁾ また、スルメイカでも、酸素の供給が貯蔵中の外套膜筋のATPの減少を抑制し、透明感の低下を遅延できることが示されている。¹⁴⁾ このような、まだATPの再生産が継続されていると予想される状態のものでは、K-値よりもむしろ、ATP含量そのものを鮮度指標値として利用する方が科学的にみて合理性が高いと考えられる。

そこで、本報告では、塩水ウニの調製直後から保管時間の経過に伴って起こる海水の濁りの進行を品質的な鮮度変化と捉え、生殖腺に含まれるATPの消長が鮮度変化の指標として利用できないか、官能的な海水の濁りの進行を追跡しながら検証した。また併せて、塩水ウニにおいても酸素を供給した鮮度保持が図れないか、検討を行った。

試料および方法

実験材料 函館市内の加工業者から、平成18年7月から9月の間に、函館市根崎地区で水揚げされ、実験当日脱殻されたキタムラサキウニ *Strongylocentrotus nudus* の生殖腺を購入した。試料には、目視上赤みが強く、商業的に卵巣と判断されているものを使用した。これらは、海水に浸漬した状態で実験室へ運び、あらかじめ5°Cに冷却しておいた人工海水（富田製薬㈱：MARINE ART Hi, 海水濃度換算値：34%）を用いて3度洗浄した後ザルにあげ、5°Cで30分間静置することにより、十分に水切りして使用した。

貯蔵試料の調製 ガスバリア性の高い包装資材（四国化工㈱：活かすパック, 酸素透過度：40 cc/m²・24 h・atm (23°C, 75% RH), 0.09×110×210 mm) に、あらかじめ5°Cに冷却しておいた人工海水100 mLと生殖腺5~50 gを投入して密封した後、0~200 mLの酸素ガス（99.9%）を充填したものを貯蔵試料とした。貯蔵は0~10°Cで行った。

ATP関連化合物の測定 ATP関連化合物含量は、常法に従い高速液体クロマトグラフ（TOSOH, LC-8020）

を用いて測定した。³⁾ 一定期間貯蔵したものから生殖腺を採取し、液体窒素で即時凍結した後、分析まで-80°Cで貯蔵した。抽出は、凍った状態の生殖腺に25倍量の冷10%過塩素酸を加え、氷水中で磨砕することにより行った。抽出液は、5000 rpmで10分間遠心分離を行い、ろ過した上清を5 M KOHで中和した後、0.2 μmのメンブランフィルターを通して使用した。カラムにはTOSOH社製のODS-80TS（4.6 mm I.D.×250 mm）を用い、溶出はA液〔0.1 Mリン酸二水素ナトリウム（pH 4.1）〕とB液〔20%アセトニトリルを含む同溶液〕の2液を用いたリニアグラジエントにより行った。流速は1 mL/min, カラム温度は室温, 検出波長は254 nmとした。検出は、ATP, ADP, AMP, IMP, HxR, Hxの6成分について行い、ヌクレオチド総量は、これらの値の合計値として示した。結果の一部は、ヌクレオチド総量に占めるATPの割合（%）をATP含量として表した。

海水の濁りの官能評価 0~10日間貯蔵した後の試料を開封して海水を採取し、2日おきに濁りの官能評価を行った。評価は、実験担当者をパネルとして6段階評価法により行い、ほぼ濁りがない状態を6点、やや濁りがある状態を5点、かなり濁りがある状態を4点、ひどく濁りがある状態を3点、著しく濁りがある状態を2点、完全に濁っていて商品的価値がないと判断されるものを1点として採点した。

K-値の算出 以下の式を用いて算出した。¹⁾

$$K\text{-値}(\%) = \{(\text{HxR} + \text{Hx}) / (\text{ATP} + \text{ADP} + \text{AMP} + \text{IMP} + \text{HxR} + \text{Hx})\} \times 100$$

結 果

貯蔵中のATP関連化合物の変化 初めに、貯蔵中のATP関連化合物の変化に及ぼす雌雄の影響が明確でないことから、予備実験として、商業的に卵巣および精巣と判断された試料について貯蔵試験を行い、ATP関連化合物の経時変化を追跡した。その結果、精巣に比べて卵巣と選別されたものの方が貯蔵中のATP含量の低下が早い傾向にあることがわかった。そこで本研究では、性差によるばらつきを排除するため、実験材料には、目視上赤みが強く商業的に卵巣と判断されているものを使用することとした。

50 gの生殖腺を100 mLの人工海水と共に5°Cで貯蔵した時のATP関連化合物の経日変化をFig. 1に示す。貯蔵開始時のATP関連化合物の主成分はATP（1.2 μmol/g）であり、次にADP（0.8 μmol/g）、AMP（0.3 μmol/g）の順に量が少なくなり、IMPはほとんど検出されなかった。ATP量は、貯蔵時間の経過に伴って減少し、8日目ではほぼ消失した。ADPもATPより緩やかに減少した。AMPは、貯蔵4日まで直線的に増加した

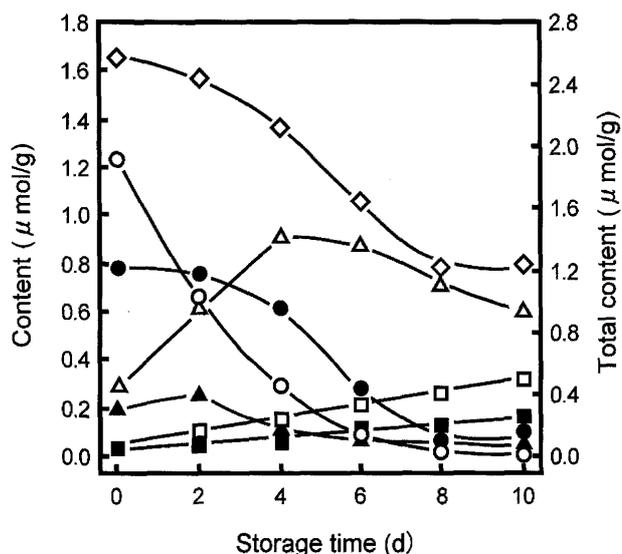


Fig. 1 Changes in content of ATP related compounds in gonad of sea urchin stored in artificial seawater. Fifty g of gonad was stored in 100 mL of artificial seawater at 5°C. ATP (○), ADP (●), AMP (△), IMP (▲), HxR (□), and Hx (■) contents were measured on HPLC. Sum of the compounds was expressed as total content (◇).

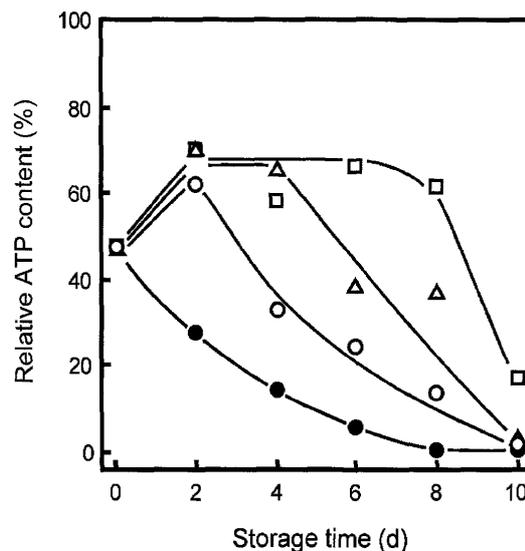


Fig. 2 Change in relative ATP content of sea urchin gonad stored in artificial seawater with various oxygen volumes. Fifty g of gonad was stored in 100 mL of artificial seawater together with 0 mL (●), 50 mL (○), 100 mL (△), and 200 mL (□) oxygen gas at 5°C. ATP content (%) was defined as the ATP content relative to the sum of the ATP related compounds.

が、その後緩やかに減少し、10日でも高いレベルを維持していた。IMP量は最初から低く、貯蔵期間を通して大きな変化が見られなかった。HxRおよびHxは、貯蔵開始時痕跡程度しか検出されず、時間経過に伴い直線的に増加したが、10日後の値はAMPに比べると非常に低いレベルであった。また、ヌクレオチドの総量は、貯蔵開始時2.6 μmol/gだったが、時間経過に伴って減少し、8日目には、およそ半分の1.2 μmol/gまで低下した。

この時の海水の濁りについて官能評価を行ったところ、評価点は、貯蔵開始時6点であったものが2日目で5点、4日目で3点と低下し、6日目には1点に至り商業的価値がないと判断された。このような濁りの変化は、特に4日目から6日目にかけて顕著であり、生殖腺のATPが消失する時期と一致していた。

ATP含量およびK-値の上昇に対する酸素充填量の影響 100 mLの人工海水に50 gの生殖腺を入れ、容器の上部にさらに0~200 mLの酸素ガスを吹き込み、5°Cで貯蔵した。その時のATP含量の経日変化をFig. 2に示す。酸素を充填しない場合、ATP含量は、貯蔵開始時から減少し続け、8日でほぼ消失してしまった。一方、酸素を充填した場合、貯蔵直後に一旦増加し、その後減少した。減少の速さは充填する酸素量に依存し、酸素充填量が50 mLの場合、一旦上昇した2日から減少に転じた。100 mLの場合、2~4日は一定のレベルを保ち、その後減少した。200 mLの場合、8日まで高いレベルを維持していた。

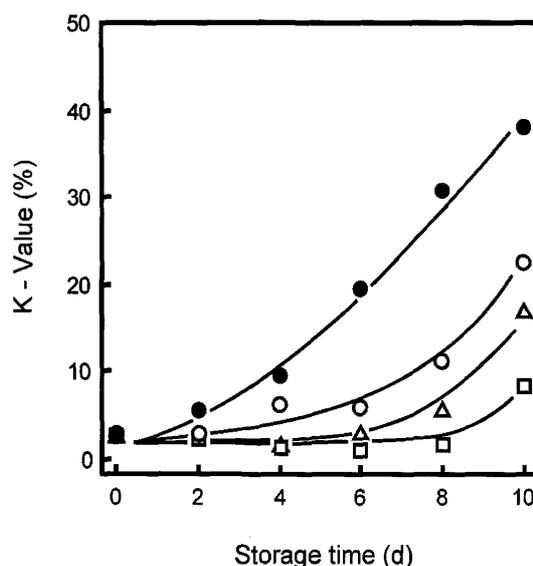


Fig. 3 Change in K value of sea urchin gonad stored in artificial seawater with various oxygen volumes. K-values were estimated from the result in Fig. 2, and the same symbols were also used as in Fig. 2.

この時のK-値の変化をFig. 3に示す。酸素を充填しなかった場合、貯蔵開始時から増加し、8日後に30%を超えた。酸素を50 mL充填した場合、K-値の上昇は4日目まで起こらず、その後緩やかに上昇したが、8日でも10%程度であった。酸素を100 mL充填した場合さらに、K-値の上昇までの期間が長くなり、6日目から始まった。酸素を200 mL充填した場合、上昇はやっと8日目から始まった。これらの結果、酸素充填量の

増加とともに K-値の上昇が遅れることが明らかとなった。この時の貯蔵海水の溶存酸素濃度を測定したところ、酸素未充填の場合、貯蔵開始時 8.1 mg/L だったものが、2 日目には 0.7 mg/L となり、ほぼ枯渇した状態となった。一方、酸素を 50 mL 充填したものでは、貯蔵開始時に 17.6 mg/L へと増加しており、貯蔵 2 日目でも 10.9 mg/L で、未充填区における貯蔵開始時の濃度以上の値を維持していた。100 mL および 200 mL 充填したものは、いずれも貯蔵開始時で 20 mg/L 以上のレベルにあったが、前者では 6 日目でも、また後者では 12 日目でも 10 mg/L 以上を維持していた。

酸素を 0 mL および 200 mL 充填したものについて、貯蔵中の官能的な海水の濁りの変化を評価した結果、酸素 0 mL 充填区では、貯蔵開始時 6 点であったものが 2 日目でも 5 点、4 日目で 3 点と低下し、6 日目には 1 点と採点されたが、酸素 200 mL 充填区では、6 日目でも 3 点を維持しており、1 点に至ったのは 8 日目であった。評価点は、いずれも時間経過に伴って低下したが、その速度は、酸素 200 mL 充填区の方が緩慢であることが示された。官能的な海水の濁りの進行は、貯蔵中の ATP 含量および K-値の変化と良く類似していた。

ATP 含量の低下に及ぼす貯蔵温度の影響 ウニ生殖腺の鮮度低下に対する貯蔵温度の影響を知るため、標準条件下 (生殖腺 50 g, 人工海水 100 mL, 酸素ガス 100 mL) 0, 5, 10°C で貯蔵した時の ATP 量の低下を追跡した (Fig. 4)。0°C で貯蔵した場合、一旦上昇した ATP 含量は 2 日目から非常にゆるやかな低下が起こり、14 日でもまだ多少の ATP が検出された。5°C で貯蔵した場合は、ATP 減少が促進され 4 日目から急速な減少が起こり、8 日目にゼロに達した。さらに、貯蔵温度を上昇させ 10°C で貯蔵した場合は、2 日目から急激な減少が始まり、5°C より速やかに低下した。すなわち、ATP 含量を指標とするならば、水温貯蔵が鮮度低下速度を低下させる手段であることが明らかとなった。

ATP 含量の低下に及ぼす試料重量の影響 ウニ生殖腺の酸素充填海水貯蔵法を実用化するため、鮮度保持に対する生殖腺重量の影響を検討した。すなわち、100 mL の人工海水、100 mL の酸素ガスの条件下、生殖腺重量を減らすことで (50, 10, 5 g)、鮮度保持期間が長くなるか 5°C で貯蔵した時の ATP 含量の経日変化を追跡した。その結果を Fig. 5 に示す。これまでの実験条件である 50 g の生殖腺を使用した場合は 2 日から 12 日にかけて ATP が減少した。重量を 10 g に下げると、ATP の減少は緩やかになり、8 日まで一定のレベルを保ちその後減少した。すなわち、貯蔵量を少なくすると明らかな効果が認められた。さらに量を少なくし、5 g の生殖腺を用いた場合は 10 g の場合とほぼ同じで、8 日以降に減少が起きた。それゆえ、生殖腺重量を減少さ

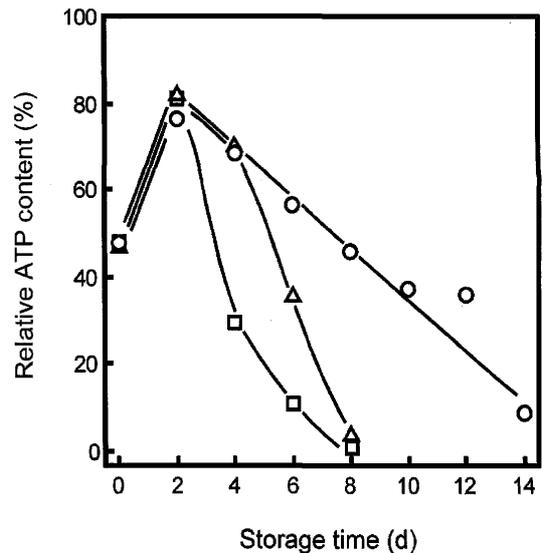


Fig. 4 Change in relative ATP content of sea urchin gonad stored in artificial seawater at various temperatures. Fifty g of gonad was stored in 100 mL of artificial seawater with 100 mL oxygen gas at 0°C (○), 5°C (△), and 10°C (□). Other conditions for storage and the calculation of ATP content were the same as in Fig. 2.

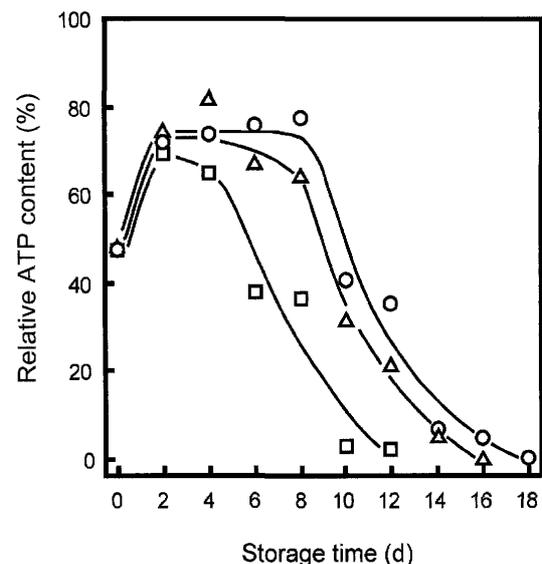


Fig. 5 Change in relative ATP content of sea urchin gonad stored in artificial seawater. Five g (○), 10 g (△), and 50 g (□) of gonad were stored in 100 mL of artificial seawater with 100 mL oxygen gas at 5°C.

せると、鮮度保持期間を長くすることができるが、現実的な賞味期限、経済的な輸送効率を考慮して判断すれば、50 g 程度が最適であろうと判断した。

貯蔵海水の溶存酸素は、生殖腺に付着した好気性細菌の増殖を促進して腐敗を促す可能性も考えられた。そこで、酸素未充填と 100 mL 充填した貯蔵試料について、5°C で 10 日間貯蔵した時の一般細菌数の変化を検討し

た。その結果、貯蔵前の菌数は 250 cfu/g であったが、酸素を充填しないものでは貯蔵後 75 cfu/g に低下した。また、酸素を充填したもので同様に菌数は約半分の 120 cfu/g まで低下していたので、酸素充填による一般細菌数の増加は認められないことがわかった。10 日という長期の貯蔵でも、菌数は酸素充填に関わらず、いずれも 300 cfu/g 以下であったことから、海水に浸漬貯蔵すること自体が一般細菌数の増大を抑制していることが示唆され、一般細菌の増殖に起因する腐敗はないと判断した。また、内田の方法¹⁵⁾に従い海洋細菌数を測定した結果、貯蔵前は 2.0×10^4 cfu/g であったが、貯蔵後は酸素を充填しないもので 3.0×10^3 cfu/g、酸素を充填したのも 3.0×10^3 cfu/g と同じであり、この貯蔵条件下では一般細菌と同様、海洋細菌であっても海水貯蔵、酸素充填による増殖は起こらないと判断した。

考 察

貯蔵中の ATP 関連化合物の変化が塩水ウニの鮮度指標として利用できないかを検討する目的で、その経日変化を追跡した。初めに、貯蔵中の ATP 関連化合物の変化に及ぼす雌雄の影響を検討したところ、精巣よりも卵巣として選別されたものの方が ATP 含量の低下が早い傾向にあることがわかった。この理由については、明らかではないが、実験材料には、性差によるばらつきを排除するために、卵巣と判別されたものを使用することとした。貯蔵開始時のウニ生殖腺からは ATP を主成分としながらも、ADP, AMP がかなりの量検出された (Fig. 1)。もし、活着している場合に ATP がほとんどであると仮定するならば、活着しているウニから取り出した生殖腺の ATP は、運搬、洗浄などの処理中に分解が進行したと考えることができる。貯蔵中の生殖腺からは、魚肉などと同じく ATP, ADP, AMP, IMP, HxR, Hx が検出された (Fig. 1)。平野らは、ウニ生殖巣のエキス成分について検討を行い、IMP が検出されず、HxR + Hx が 61.4 mg/100 g あったと報告している。¹⁶⁾ 今回用いた試料では、貯蔵開始時に HxR や Hx がほとんど検出されなかったが、これは、極めて鮮度の良い試料だったためと思われた。IMP については、バフンウニやエゾバフンウニで少量ながら存在することが報告されている^{17,18)} ことから、平野らも指摘しているとおり、種以外に雌雄や鮮度などによる変動要因が大きいと思われた。その他の値は、この報告値とほぼ同等であったことから、ATP 関連化合物は、良好に抽出・分析ができていたと考えられた。

貯蔵中には、ATP が低下し、HxR や Hx が増加した (Fig. 1)。このような変化は、ニジマス・マス・サバ、¹⁹⁾ ハマチ、²⁰⁾ コイ、²¹⁾ マアジ²²⁾ など、多くの魚肉で報告されている分解パターンと良く類似していた。一

方、塩水ウニのヌクレオチド総量は、時間経過に伴って低下した (Fig. 1)。一般に、商品として流通されている塩水ウニの消費期限は、5°C の貯蔵で 3 日程度と考えられている。¹⁰⁾ このことから、今回調製した酸素未充填の貯蔵試料は、市販品の品質変化を良く反映していると判断された。貯蔵中の塩水の色調変化を追跡したところ、10 日の貯蔵で明るさを示す L*値が 70 から 36 まで減少し、黄色みを示す b*値が 13 から 49 まで増加していた。峯木は、ウニ生殖巣の貯蔵による変化を組織科学的に観察し、実体顕微鏡による観察像から、生殖巣膜または生殖巣壁が貯蔵に伴って脆弱化し、破損によって膜内の内容物が膜表面に付着すること、また透過型電子顕微鏡による観察像から、卵巣では卵黄球の変形、精巣では精子束配列の乱れなどが起こることを報告している。²³⁾ 塩水のみを貯蔵しても濁りが生じないことから、塩水ウニの貯蔵中に発生する濁りは、生殖腺の組織構造が崩壊して内容物の溶出が起こるためと考えられた。この物質が何であるかは現時点で不明であるが、ヌクレオチド総量もまた、細胞や組織構造の破壊が生じることによって ATP 関連化合物が溶出したために減少したものと推定された。これらのことから、ATP 含量そのものを鮮度の指標として使用することは不相当と考えられたが、ヌクレオチド総量に占める相対的な ATP の割合 (%) の消長は、塩水ウニにおいても鮮度指標の一つとして利用できるかと判断した。

酸素を充填することによって、塩水ウニの鮮度が保持できないか、ATP 含量を指標として検討を行った。その結果、貯蔵中の ATP 含量の低下は、酸素充填量が多いほど抑制されることがわかった (Fig. 2)。貯蔵中に見られる塩水の溶存酸素濃度の低下と生殖腺の ATP 含量の低下および海水の濁りの進行具合は、良く対応していた。生物が活着している間は、呼吸による酸素の供給によって効率的な ATP の生合成がなされており、組織中の含有量が、ほぼ一定に保たれていることが知られていることから、酸素充填量が多いほど、貯蔵中の ATP 含量が長期にわたって維持されたのは、ウニ生殖腺が脱殻後もしばらくの間 ATP の再生能を維持しており、充填された酸素を利用することによって、貯蔵中も ATP の生産が継続されたためと思われた。同時に、酸素充填量が多いほど海水の濁りの進行が遅延されたのは、酸素の存在によって一定期間 ATP レベルが高く保持されたため、結果的に細胞構造や機能が保持されたことによって内容物の溶出が抑制されたためと推察された。貯蔵中の ATP 含量の低下は、貯蔵温度が低いほど、また生殖腺重量が少ないほど、抑制される傾向にあった (Fig. 4, 5)。変温動物である魚においては、体内の代謝活性が環境水温によって大きく影響され、一般に温度が低いほど酸素消費量が小さくなることが知られている。²⁴⁾ 貯蔵

温度が低いほど ATP 含量の低下が抑制されたのは、低温で生殖腺組織の酸素消費量が抑制されたためと推察された。また、生殖腺重量が少ないほど ATP 含量が維持されたのも、貯蔵試料中の酸素の消費量が少なかったためと思われた。これらの結果は、ウニ生殖腺が脱殻後もしばらくの間、ATP の再生能を維持しているとする考察を支持するものと考えられた。酸素を充填したものでは、全ての試料で、貯蔵 2 日目に一時的に ATP 含量が増加した (Fig. 2, 4, 5) が、貯蔵開始時と 2 日目では、ヌクレオチドの総量に大きな変化がない (Fig. 1) ことから、この ATP 含量の増加は、脱殻前のウニが酸素欠乏の状態にあって ATP の生産が抑制されており、貯蔵試料調製時の酸素供給によって、ATP の再生産が促されたためと考えられた。この時、K-値もまた、酸素充填量が多いほど貯蔵中の増加が抑制された (Fig. 3) ことから、鮮度指標として利用できると考えられた。しかしながら、貯蔵初期の変化は緩慢であり、ATP の再生産を維持しているような、極めて高鮮度の状態にあるものを評価することは困難と思われた。このことから、塩水ウニの鮮度は、ATP 含量で評価することが最も好ましいと判断された。

三上らは、一般的な方法で製造された塩水ウニの貯蔵中の微生物性状の変化を検討し、5°C あるいは 10°C で 7 日間貯蔵した場合でも、一般細菌数の著しい増殖は認められなかったと報告している。¹⁰⁾ 今回の結果も同様の傾向にあったことから、塩水ウニでは、酸素の存在が生殖腺の一般細菌および海洋細菌の増殖を促進するものではないことがわかった。この理由は定かでないが、木村らは、酸素と二酸化炭素を混合した気体中でホタテガイ貝柱を貯蔵した実験を行い、空気に比べてより多くの酸素を含む環境の方が貯蔵中の生菌数の増殖が少ないことを報告し、この要因を二酸化炭素による静菌効果と推測している。¹¹⁾ 今回の試験で二酸化炭素は用いていないが、貯蔵中に生殖腺自体や微生物による呼吸活動により、貯蔵試料中に発生していることが予想される。貯蔵中の生殖腺および塩水の pH を測定すると、いずれも酸素を充填していないものに比べ、充填したものの方が高く維持されていた。この時の塩水の pH 低下は、発生した二酸化炭素が溶解して炭酸イオンとなったことが一因と考えられるが、pH が高いにもかかわらず、微生物の著しい増殖が見られなかったことから、菌数が増加しなかったのは、二酸化炭素による静菌効果とは異なる要因があることを示唆していると考えられた。今回の実験では、貯蔵試料に生殖腺重量の 2 倍量の塩水が存在していることから、塩水による洗浄効果もあると推測された。

以上のことから、高鮮度状態にある生殖腺を用いた塩水ウニでは、酸素を利用することによって、生殖腺の ATP 含量や海水の濁りに反映される鮮度を高く保つこ

とができることが明らかになった。

謝 辞

本研究を行うにあたり、終始ご指導をいただいた北海道大学関伸夫名誉教授に深謝する。また、包装資材の提供にご協力いただいた四国化工株式会社金地宏和氏および三谷正則氏に感謝する。本研究の一部は、函館都市エリア産学官連携促進事業 (文部科学省) により行われたものである。記して謝意を表す。

文 献

- 1) Saito T, Arai K, Matsuyoshi M. A new method for estimating freshness of fish. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1959; **24**: 749-750.
- 2) Yokoyama Y, Takahashi S, Sakaguchi M, Kawai F, Kanamori M. Postmortem changes of ATP and its related compounds and freshness indices in spear squid *Doryteuthis bleekeri muscles*. *Fish. Sci.* 1994; **60**: 583-587.
- 3) Yoshioka T, Kinoshita Y, Yoshino H, Park S, Konno K, Seki N. Change in translucency of squid mantle muscle upon storage. *Fish. Sci.* 2003; **69**: 408-413.
- 4) Kawashima K, Yamanaka H. Effects of storage temperatures on the post-mortem biochemical changes in scallop adductor muscle. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1992; **58**: 2175-2180.
- 5) 木村 稔, 成田正直, 野俣 洋, 潮 秀樹, 山中英明. ホタテガイ貝柱の硬化に与える洗浄の影響. *日水誌* 1999; **65**: 103-107.
- 6) Yokoyama Y, Sakaguchi M, Kawai F, Kanamori M. Changes in concentration of ATP-related Compounds in various tissues of oyster during ice storage. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1992; **58**: 2125-2136.
- 7) Matsumoto M, Yamanaka H. Post-mortem biochemical changes in the muscle of kuruma prawn during storage and evaluation of the freshness. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1990; **56**: 1145-1149.
- 8) 大橋 実. K 値測定器材の現状. *New Food Industry* 1999; **41**: 31-39.
- 9) 遠藤良徳, 小原 貢, 草葉隆一. 県産水産物の利用加工技術開発, 生ウニの鮮度保持技術の開発. 岩手県水産試験場年報 1995; **7**: 123-125.
- 10) 三上加奈子, 北川雅彦, 錦織孝史. 塩水ウニの消費期限は?. *北水試だより* 2003; **62**: 15-19.
- 11) 木村 稔, 成田正直, 今村琢磨, 潮 秀樹, 山中英明. ガス置換包装によるホタテガイ生鮮貝柱の高品質保持. *日水誌* 2000; **66**: 475-480.
- 12) Seki N, Niki T, Ishikawa D, Kimura M, Nozawa H. Preservation of scallop adductor muscle in oxygenated artificial seawater. *J. Food Sci.* 2004; **69**: FCT262-267.
- 13) 埜澤尚範, 里美正隆, 関 伸夫. ホタテガイ貝柱の生存保蔵技術. 「水産物の品質・鮮度と その高度保持技術」(中添純一, 山中英明編) 恒星社厚生閣, 東京. 2004; 113-119.
- 14) 吉岡武也. スルメイカ品質の新評価法と保持技術に関する研究. 博士論文, 北海道大学, 北海道. 2003.
- 15) 内田基晴. 海藻の乳酸発酵に関する研究. 水産総合研究センター研究報告 2005; **14**: 21-85.
- 16) 平野敏行, 山沢 進, 須山三千三. キタムラサキウニ生殖巣のエキス成分に関する研究. *日水誌* 1978; **44**: 1037-1040.

- 17) 小俣 靖, 江口 祝. ウニのエキス成分に関する研究, IIヌクレオチドおよび有機塩基. 日水誌 1962; **28**: 630-635.
- 18) 島田和子. うに塩辛の熟成中における核酸関連物質の変化. 日本家政学会誌 1989; **40**: 769-774.
- 19) 斉藤恒行, 新井健一, 矢島敏克. 水産動物筋肉中の有機リン化合物に関する研究, VII血合筋におけるアデニンヌクレオチドの変化. 日水誌 1959; **25**: 573-575.
- 20) 岡 弘康, 大野一仁, 二宮順一郎. 養殖ハマチの致死条件と冷蔵中における魚肉の硬さとの関係. 日水誌 1990; **56**: 1673-1678.
- 21) 馬龍 濱, 山中英明, 和田 俊, 高井睦雄. コイの解凍硬直に及ぼす致死および解凍条件の影響. 日水誌 1993; **59**: 145-150.
- 22) 望月 聡, 佐藤安岐子. マアジ筋肉の死後変化に及ぼす致死条件と貯蔵温度の影響. 日水誌 1994; **60**: 125-130.
- 23) 峯木真知子. 貯蔵した生うにの微細構造の変化. 青葉学園短期大学紀要 1997; **22**: 51-57.
- 24) 板沢靖男. 温度. 「魚類生理学概論」(田村保編) 恒星社厚生閣, 東京. 1991; 63-83.