

の発生が速く生鮮貝柱の品質保持には不適當であった。100%N₂は初期腐敗や硬化の発生が含気包装に比べて速く、生鮮貝柱の品質保持には適さないことが明らかになった。100%O₂では含気包装よりも貯蔵中の硬化発生、ATPの減少、pHの低下およびオクトピンの蓄積も同様に遅延した。また、オクトピンは15 μ mol/g以上になると貝柱の硬化が認められ、貝柱の品質評価の指標となることが明らかとなった。

3.2では、生鮮貝柱に抗菌シートおよび抗菌性を持たないペーパータオルを使用し、5℃貯蔵中の硬化発生率、生菌数、pHおよびATP関連化合物の変化について通常の流通形態の貝柱（対照区）と比較検討した。貝柱の硬

化は、対照区で4日目、ペーパータオルで5日目、抗菌シートで6日目と最も遅く発現した。生菌数は抗菌シートでは貯蔵5日目までほとんど増加せず、対照に比べて増加が遅かった。また、ペーパータオルでは、腐敗臭が貝柱よりもタオルのほうが強く、ペーパータオル中で細菌が増殖したと考えられる。pHは、対照区に比べて、抗菌シートでは明らかに低下が抑制されており、ATPの減少も同様の傾向が認められた。K値についても、対照区と比べてペーパータオルは差がなかったが、抗菌シートでは上昇が遅かった。以上の結果より、生鮮貝柱の流通にはシェルフライフが2日程度延長される酸素ガス置換包装や抗菌シートの使用が有効であると思われる。

第4章 総括的考察

近年、大都市の市場ではより高鮮度、高品質な生鮮食品に対する需要が強くなっているが、大消費地から遠い北海道は、輸送に時間や経費がかかるため、製品の価格や鮮度にも他の生産地に比べてハンディキャップを負っている。また、ホタテガイ生産量の増大にともなってホタテガイやその加工製品の価格が低下している状況にある。ホタテガイの安全性や高品質をアピールすることにより付加価値向上や消費拡大を図っていくことが重要である。ホタテガイ貝柱製品の消費拡大には消費地での鮮度、品質評価が重要な鍵と考えられるが、それらの基準は視覚による評価項目が多く、客観的な基準の策定が必要である。しかし、ホタテガイ加工製品の客観的な品質基準やこれをクリアする加工技術の開発はまだ行われていない。貝柱製品の品質的な基準を策定する上で、貝柱の成分変動を把握しておくことが重要な課題の1つである。このため、第1章ではホタテガイの原料性状や高品質な貝柱加工品製造のための適性を把握するため、貝柱の成長や一般成分およびエキス成分の季節変化について検討した。一般成分の季節変化では、1個当たりのグリコーゲンとタンパク質量は餌環境が良い春から夏にかけて増加しており、貝柱の成長のピークは夏季であることを明らかにした。また、グリコーゲンとタンパク質の無水物値には負の相関関係があり、水分とグリコーゲン量から簡易的にタンパク質量を推定できることを明らかにした。さらに両成分の負の相関関係から、貝柱の呈味や食感にはこの2成分のバランスが重要であることを示した。貝柱歩留りは夏季に高くなっており、さらに水分量も相対的に低くなるため、夏季は加熱処理や乾燥工程を伴う加工製品に向く時期であると考えられた。また、灰分は無機成分の30%以上を占めるカリウム量により大きく変動し、その変動は海水の塩分濃度が大きく関与しているものと考えられた。

オホーツク海域では春から夏にホタテガイ生息環境の水温が上昇するため、この時期ホタテガイの代謝活性が活発になり、呼吸量の増加に伴って貝柱のATP関連化合物量も増加するものと考えられた。

オクトピンは産卵時期と8月～11月まで増加しており、この時期に代謝に必要なエネルギーをグリコーゲンからも得ていたと考えられた。アルギニンについても産卵時期と10月にピークが認められた。オクトピンやアルギニンの季節変動は、産卵期など代謝活動が活発になる時期に変動しており、貝柱の代謝活動の状態を示す指標となる可能性を示した。

遊離アミノ酸量は約2000～2600mg/100gと変動し、春から夏にかけて高くなっていった。遊離アミノ酸はタウリンとグリシンで6割以上を占め、味に関連するものとして先に示したアルギニンの他にグリシン、アラニン、グルタミン酸が含まれていた。グルタミン酸は5月に特異的に高く、10月で最小となっており、この変動には産卵や餌環境などが関与していると推定されるが、現在のところ不明である。プロリンは量的には少なく、味への関与も低いと思われるが明瞭な季節変動を示しており、今後の検討が重要と思われる。呈味を有する遊離アミノ酸はグルタミン酸を除いて夏季に多いことを明らかにした。以上の結果から、貝柱の成長や呈味成分の季節変化を総合的に評価すると、紋別地域のホタテガイの旬は夏季であり水揚げが集中する時期と一致していた。また、ホタテガイの鮮度管理や加熱方法によって、呈味成分であるAMPや遊離アミノ酸量も変化するため、呈味成分を保持させる加工技術の開発が重要である。

生鮮ホタテガイの流通においては、東京など大都市向けの殻付きホタテガイは大部分が東北産であり、地理的に不利な北海道では生鮮貝柱や冷凍貝柱が主流となっている。北海道産の生鮮貝柱は本州向けには主に航空機を

使用しているが、市場に搬入される製品は、加工後24～48時間経過している。この際、洗浄が不十分で砂の混入が認められるもの、サイズが不揃いであるもの、そして重要なのは貝柱表面の色が黒ずみ硬化しているものが不良とされ、通常品よりも価格が大きく下がってしまうのが現状である。また、ここ10数年で生鮮貝柱の生産量が増加し、さらに消費者の生鮮志向の高まりに伴い、流通現場では鮮度や品質が厳しく吟味され、貝柱の硬化現象もクレーム対象の1つとなった。しかし、硬化現象については一部の関係者だけが認知しており、その原因に関する研究はほとんど行われていない。第2章では、生鮮貝柱の硬化現象に着目し、加工工程中の貯蔵温度および洗浄方法による影響や、水揚げ時期による差をレオロジーおよび生化学的な角度から検討し、その発生要因を明らかにすることを目的とした。

2.1では、実際の流通を想定し、生鮮貝柱を冷蔵5℃、氷蔵0℃、パーシャルフリージング-3℃の温度帯で貯蔵し、貯蔵温度が生鮮貝柱の硬化発生に与える影響を調べるとともに、品質指標の検索も行った。貝柱の硬化は貯蔵温度が低いほど速く発生し、通常の貝柱に比べて破断強度が低下し、官能検査でも歯ごたえが劣っていた。硬化した貝柱は、通常の貝柱より表面が硬くなるが、筋肉内部は急激な筋収縮や自己消化によって脆弱化していたと考えられた。貯蔵温度が低いほど硬化が速く発現した要因として、筋小胞体からのCa²⁺取り込み能の低下によって筋原線維内のCa²⁺濃度が高まり、ATPの急激な減少に伴う筋肉の激しい収縮が大きく影響していたと考えられた。貝柱の硬化は、その発現に際し貝柱が黒ずむことから細胞死を引き起こしていた可能性が推定された。また、貝柱の硬化に伴うpHの低下はATP分解による水素イオン増加や激しい筋収縮による細胞膜などの破壊によって影響された可能性が考えられた。さらに、ATPの減少とpHの低下はほぼ一致しており、pH低下の抑制によって硬化発生が遅延できる可能性を示した。K値が約20%以上、pHが約6.5以下になると貝柱に硬化が発生したことから、この付近から細胞死を引き起こしていたことが予想され、さらにK値やpHが生鮮貝柱の品質指標として適していることを示した。以上の結果、-3℃貯蔵は硬化の発生が最も速いことから、生鮮貝柱の貯蔵温度としては不適切であることを明らかにした。実際の流通においても、保冷車の温度管理、梱包資材への碎氷量やその温度および入れ方などによって過度の冷却状態になり生鮮貝柱の硬化発生による品質劣化が多く発生したと思われる。

ホタテガイから分離された貝柱の洗浄は、砂の除去や除菌も含め重要な工程となっており、工場によって5分

～15分間程度行われている。貝柱の洗浄には殺菌海水、殺菌地下水および水道水が使用されている。2.2では、貝柱の洗浄条件が貯蔵中の硬化発生に与える影響を調べた。硬化発生率は蒸留水洗浄では2日目、無洗浄および人工海水洗浄では5日目に100%となった。貝柱は収縮率が約25%を超えると硬化の発生が観察された。貝柱の硬化は蒸留水洗浄においては洗浄直後に発生しておらず、ATP流出による影響は少ないと考えられた。蒸留水洗浄は無洗浄や人工海水洗浄に比べて貯蔵中に破断強度、ATPおよびpHは急激に低下し、K値は著しく上昇した。蒸留水洗浄した貝柱は吸水していたため、細胞内への水の浸入が硬化へ影響を与えたと考えられた。この要因として、吸水による筋細胞内イオンバランスの崩壊、受動的リーク経路からのCa²⁺放出など推定できるが、明らかにはなっていない。しかし、貝柱へ浸透した水が貯蔵中の貝柱の品質劣化を速めることは明白であり、水道水や殺菌地下水による洗浄は当日消費なら問題はないが、流通する際には短時間であっても不適切であることを明らかにした。生鮮貝柱の洗浄には、殺菌海水や殺菌食塩水による洗浄が望ましいことを明らかにした。

第1章で述べたように、ホタテガイは漁獲場所や時期によって、貝柱の水分、タンパク質およびグリコーゲン量の変動が大きく異なる。このため2.3では、ホタテガイの水揚げ時期が貝柱の硬化に与える影響を調べた。0℃貯蔵中の貝柱の硬化発生は、水揚げ時期によって異なっていた。即ち、9月の貝柱は4月の貝柱に比べて、貯蔵中におけるATP減少、pH低下、硬化発生およびオクトピンの蓄積が著しく速かった。また、4月と9月の貝柱では重量で2倍以上、グリコーゲン量で10倍以上の差があった。摂餌活動が活発で貝柱サイズが大きくグリコーゲン量も多いホタテガイは生体内の代謝活性も高いため、脱殻後に低温下に置かれた場合に貝柱の硬化が速くなる可能性がある。水揚げ地域、場所、年によって餌環境やホタテガイの成長が違うことから、貝柱の硬化発生状況も異なると考えられた。ホタテガイ棲息海水温度は、4月では9月より約15℃も低く、貯蔵温度との差は4月が4.4℃に対し、9月が18.8℃であり、棲息海水温度と貯蔵温度の差が硬化発生に大きく影響していたことを示した。また、脱殻した貝柱は、しばらくの間接触反応があり、筋細胞は酸素呼吸による好氣的代謝とグリコーゲン分解による嫌氣的代謝を同時に行っており、酸素要求量の季節差が貯蔵中の硬化発生の程度に影響を及ぼしたと考えられた。貯蔵中のアルギニンやオクトピンの変動は、貝柱のグリコーゲンの嫌氣的な代謝だけではなく、季節的に硬化発現が異なる要因に深く関与していることを示した。以上のことから、ホタテガイは季節の

変化に馴化しているため、海水温度が低い時期のホタテガイから貝柱を加工流通することによって、硬化による品質低下を抑制できることを明らかにした。また、サイズが大きくグリコーゲン量も多く、さらには海水温度の高い夏季のホタテガイについても、低温馴致することによって酸素要求量を変化させ硬化を抑制できる可能性を示した。

オホーツク海域におけるホタテガイの水揚げは海水温度の高い夏季に集中しており、この時期の生鮮貝柱について高品質を長く保持させる技術開発が必要である。第2章において生鮮貝柱の硬化発生要因について検討し、夏季のホタテガイを使用した場合や貯蔵温度が低いほど硬化発生による品質劣化が速いことを明らかにした。貯蔵温度が高いと硬化発生は遅延するが腐敗しやすいことから、生鮮貝柱の高品質保持技術を実用化するためには、細菌の増殖も抑制する技術開発が必要である。生鮮魚介類やフィレを対象としたガス置換包装による貯蔵技術の研究が行われ、品質保持に関する研究成果が数多く報告されている。また、刺身などの生鮮水産加工品においては包装の際にドリップ吸収材などを使用するのが一般的であり、ドリップ吸収材には抗菌性を持たせた商品が数多く出回っている。第3章では、これら新しい技術を利用し貯蔵中における生鮮貝柱の生化学的および細菌学的変化と硬化発生状況について検討し、高鮮度流通技術を開発することを目的とした。3.1では、生鮮貝柱のガス置換包装による品質保持について検討した。窒素ガスの単独使用は初期腐敗や硬化の発生が速くなることや、酸素と炭酸ガスの混合では、炭酸ガスの濃度が高くなると、初期腐敗は遅延するが硬化の発生が著しく速くなることを明らかにし、品質保持に適さないことを示した。炭酸ガスの貯蔵中に硬化が促進される要因は、貝柱筋肉組織へのCO₂浸透による影響と考えられるが、そのメカニズムについては現在のところ不明である。また、対照区に比べてN₂区で初期腐敗が速い要因として、嫌気性細菌の増殖が影響していたと考えられた。含気包装については、初期腐敗以降のD-乳酸の急増とpH低下がほぼ一致しており、細菌増殖が関与していることを明らかにした。一方、酸素区では含気包装よりも初期腐敗が2日ほど遅れており、酸素濃度の差が細菌の発育に影響した可能性を示した。さらに、酸素区では含気包装よりも貯蔵中の硬化発生、pHの低下およびオクトピンの蓄積も同様に遅延した。これは、脱殻直後の貝柱では、筋細胞自体はまだ生きており呼吸によるATPの再生産が含気区よりも効率的に行われたことを示した。酸素区においても、細胞内に蓄積した炭酸ガスの蓄積によって細胞死を引き起こし硬化が発生したと考えられた。このため、硬化防

止には細胞からのCO₂の除去やpHの低下を抑制することが重要であることを示した。また、オクトピンは15μmol/g以上になると貝柱の硬化が認められ、貝柱の品質評価の指標となることを明らかにした。酸素100%によるガス置換包装では、生鮮貝柱の硬化発生や初期腐敗が遅延し品質保持が通常より2日程度延長することを明らかにした。

3.2では抗菌シートによる生鮮貝柱の品質保持について検討した。貝柱の硬化は、対照区で4日目、ペーパータオルで5日目、抗菌シートで6日目と最も遅く発現した。生菌数は抗菌シートでは貯蔵5日目までほとんど増加せず、対照に比べて増加が遅かった。抗菌シートには光半導体セラミックスと銀が使用されており、これらの酸化還元力や殺菌作用により貯蔵中の生菌数の増加を抑制したと考えられた。また、ペーパータオルでは、腐敗臭が貝柱よりもタオルの方が強く、ペーパータオル中で細菌が増殖したと考えられた。さらに、発生したドリップの菌数が貯蔵中に増加しており、腐敗臭の主な要因がドリップであることを示した。このため、貝柱の洗浄工程での水切りをしっかりと行うこと、流通中にはドリップの菌数増加を抑制することが重要と思われた。抗菌シートでは対照区に比べてpHの低下やATPの減少に伴う硬化の発現が遅延しており、これは抗菌シートによる微生物の増加抑制やそれに伴うD-乳酸の蓄積も抑制されたことが一因と考えられた。以上の結果より、生鮮貝柱の流通にはシェルフライフが2日程度延長される抗菌シートの使用や酸素ガス置換包装が有効であることを明らかにした。

以上の結果から、ホタテガイ貝柱の品質保持のための高鮮度流通は、次のとおり行うべきであるとの結論に達した。

1. 漁獲後の貝柱洗浄は殺菌海水または殺菌食塩水を使用する。水道水による洗浄は貝柱の硬化により品質劣化が速まるため適当でない。
2. 流通温度は5℃とする。温度が低いと硬化が速く、高いと腐敗しやすい。
3. 夏季の貝柱は貯蔵中の硬化の発生が速いため、過度の冷却には注意する。
4. 酸素ガス置換包装や抗菌シートの使用により貝柱の品質保持の延長が可能である。

今後の課題として、安全で高品質な貝柱製品を供給するため、ホタテガイの砂の除去、除菌および硬化防止を目的とした低温馴致システムを開発することが急務である。殺菌海水の製造方法については、塩素、オゾン、紫外線などによって行われているが、それぞれ問題点があ

るため、限外濾過膜などを使用し、完全に微生物を除去した洗浄水を循環供給するシステムについて検討する必要がある。ホタテガイを殺菌低温海水に馴致した場合、砂の除去による作業効率の向上や腸炎ビブリオ等の食中毒菌除去による衛生面での品質向上にも対応できると思われる。また、現在、外套膜、生殖巣、中腸腺および鰓は大部分が破棄されており、またそれらを利用する際には、砂の混入が大きな問題となっている。蓄養によって混入した砂の除去が可能となれば、ホタテガイ未利用資源のリサイクル技術開発への足がかりとなると考えられる。さらに、夏季の旬のホタテガイを低温馴致システムや酸素ガス置換包装および抗菌シートを組み合わせたことにより、遠距離地域への消費拡大や付加価値向上に大きく貢献すると考えられる。これらの技術開発や実用化に向けた取り組みが、今後の重要な課題である。

謝 辞

本研究を行うにあたり、終始ご懇切なるご指導とご鞭撻を賜った東京水産大学 山中英明教授、潮秀樹助教授に衷心より感謝の意を表する。

また、本論文をご高覧いただいた東京水産大学 藤井建夫教授、田中宗彦教授、長島裕二助教授に深く感謝する。

本研究の実施にあたり、実験にご協力いただいた網走水産試験場紋別支場の職員ならびにホタテガイ入手にご協力いただいた紋別漁業協同組合の職員の方々に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) 水島敏博, 鳥澤 雅: 新北のさかなたち. 北海道新聞社, 札幌, 2003, pp. 290-295.
- 2) 阿部宗明, 本間昭郎: 現代おさかな事典. エヌ・ティー・エス社, 東京, 1997, pp. 914-918.
- 3) 境 一郎: 海扇の道, 北日本海洋センター. 札幌, 1987, pp. 15-24.
- 4) 奥谷喬司, 波部忠重: 学研生物図鑑貝Ⅱ. 学習研究社, 東京, 1999, pp. 1-294.
- 5) 茶碗谷洋: ホタテガイ取り扱い手引. 北海水産新聞社, 札幌, 1985, pp. 1-282.
- 6) 菅野 尚, 和久井卓哉: ホタテガイ母貝集団の造成. 「増殖技術の基礎と理論」(日本水産学会編). 恒星社厚生閣, 東京, 1978, pp. 79-89.
- 7) 北海道: 製造水産業の発展. 新北海道史第4巻, 北海道庁, 札幌, 1973, pp. 993-997.
- 8) 紋別市史編さん委員会: 第3章 産業の進展 第1節 漁業. 新紋別市史上巻, (株)ぎょうせい, 札幌, 1979, pp. 529-627.
- 9) 田中正午: 網走管内におけるホタテガイ漁業と増殖対策の概況. 北水試月報, 16(7), 239-242 (1959).
- 10) 木下虎一郎: ホタテガイ増殖に関する研究. 北方出版社, 札幌, 1949, pp. 1-106.
- 11) 北海道水産林務部: 本道の漁業生産. 北海道水産業のすがた2000, 北海道, 札幌, 2000, pp. 283-311.
- 12) 阿知波三男, 岡本武雄: 海扇貝柱缶詰製造試験総括. 北水試旬報, 364後編, 1-10 (1937).
- 13) 岡本武雄, 後藤宏治: 海扇貝柱缶詰製造試験. 北水試旬報, 420後編, 1-8 (1939).
- 14) 猪川喜久男, 黒田久仁男, 一杉哲郎, 田元 馨, 中村全良: ホタテガイの利用に関する試験 第Ⅱ報 煮干貝柱の製造過程と黒褐変に関する検討. 北水試月報, 20(8), 273-281 (1963).
- 15) 中村全良, 猪川喜久男, 一杉哲郎: ホタテガイの利用に関する試験 第Ⅲ報 煮干貝柱の黒褐変と製造過程の影響について. 北水試月報, 21(8), 364-369 (1964).
- 16) 今村琢磨, 坂本正勝: ホタテ白干しの褐変について. 北水試月報, 43(1), 63-73 (1986).
- 17) 佐藤照彦: ホタテガイの鮮度保持試験 第1報 酵素化学的鮮度判定法について(1). 北水試月報, 29(12), 17-25 (1972).
- 18) 坂本正勝, 藤井 豊, 中村邦典: 貯蔵中のホタテ貝柱の成分変化. 東海水研報, 75, 107-118 (1973).
- 19) 宇野 勉, 坂本正勝: ホタテガイの冷凍貯蔵試験 第2報 瞬間加熱ホタテガイ貝柱冷凍中の品質について. 北水試月報, 33(2), 34-39 (1976).
- 20) 西 紘平, 西田 孟: 水産物の冷凍冷蔵に関する研究 第11報 ホタテガイ貝柱の貯蔵中の生化学的変化について. 北水試研報, 18, 27-37 (1976).
- 21) 北海道水産林務部: 水産物の消費・流通動向. 北海道水産業のすがた99, 北海道, 札幌, 1999, pp. 38-41.
- 22) 中川義彦, 丸 邦義, 清川 進: サロマ湖産養殖ホタテガイの軟体部の肥満とグリコーゲン量の季節的変化について. 北水試月報, 31(10), 13-21 (1974).
- 23) 坂本正勝, 宇野 勉: 噴火湾産養殖ホタテガイの成長と成分, 軟体部歩留りの変化について. 北水試月報, 34(11), 1-11 (1977).
- 24) 辻 浩司, 西田 孟: 根室海域産ホタテガイの原料性状について. 北水試研報, 31, 27-54 (1988).
- 25) 蔵田 護: 北海道オホーツク海沿岸におけるホタテガイの小型化の実態とその原因. 北水試研報, 54, 25

- 32 (1999).
- 26) 福井作蔵：生物化学実験法1 還元糖の定量法. 学会出版センター, 東京, 1969, pp. 47-54.
 - 27) M. Matsumoto and H. Yamanaka: Post-mortem biochemical changes in the muscle of kuruma prawn during storage and evaluation of the freshness. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 56, 1145-1149 (1990).
 - 28) M. Sato, M. Takeuchi, N. Kanno, E. Nagahisa and Y. Sato: Determination of octopine by pre-column fluorescence derivatization using benzoin. *Biochem Intern.*, 23, 1035-1039 (1991).
 - 29) 石居 進：生物統計学入門. 培風館, 東京, 1975, pp. 1-290.
 - 30) 蔵田 護：オホーツク海における放流ホタテガイの呼吸量. 北水試研報, 49, 7-13 (1996).
 - 31) 丸 邦義：ホタテガイの生殖に関する研究 第1報 養殖ホタテガイの生殖周期. 北水試研報, 18, 9-26 (1976).
 - 32) 森 勝義：カキ・ホタテガイ・アワビ, 生産技術と関連研究領域. 恒星社厚生閣, 東京, 1995, pp. 18-27.
 - 33) 木村 稔, 成田正直, 今村琢磨, 福土暁彦, 高橋玄夫：水産加工に関する調査研究. 平成10年度網走水産試験場事業報告, 135-142 (1999).
 - 34) 木村 稔, 成田正直, 今村琢磨, 福土暁彦, 高橋玄夫：ホタテガイ貝柱製品の品質および製造基準策定試験. 平成11年度網走水産試験場事業報告, 177-190 (2000).
 - 35) 宮園 章, 多田匡秀, 大槻知寛：ホタテガイ貝柱成分の季節変化. 平成4年度網走水産試験場事業報告, 276-287 (1994).
 - 36) 西浜雄二：オホーツクのホタテ漁業. 北海道大学図書刊行会, 札幌, 1994, pp. 18-45.
 - 37) 宮園 章, 中野 広：北海道オホーツク海沿岸域における地まきホタテガイ閉殻筋中のタンパク質量とグリコーゲン量の季節変化. 北水試研報, 58, 23-32 (2000).
 - 38) 鴻巣章二, 品川 明：無脊椎動物の含窒素化合物. 「魚介類のエキス成分 (水産学シリーズ72)」(坂口守彦編), 恒星社厚生閣, 東京, 1988, pp. 9-24.
 - 39) 鴻巣章二, 渡辺勝子, 郡山 剛, 白井隆明, 山口勝巳：ホタテガイのエキス成分とオミッショントテストによる呈味有効成分の同定. 日食工誌, 35, 252-258 (1988).
 - 40) K. Watanabe, H. Uehara, M. Sato and S. Konosu: Seasonal variation of extractive nitrogenous constituents in the muscle of the ascidian *Halocynthia roretzi*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 51, 1293-1298 (1985).
 - 41) 大石圭一, 飯田 優, 吉村彩子：ホタテガイ閉殻筋のエキスアミノ酸組成と酸可溶性燐. 日水誌, 36, 1226-1230 (1970).
 - 42) D. Ming, Y. Ninomiya, R. F. Margolskee: Blocking taste receptor activation of gustducin inhibits gustatory responses to bitter compounds. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 96, 9903-9908 (1999).
 - 43) K. Kawashima and H. Yamanaka: Effects of freezing and thawing on post-mortem biochemical changes in scallop adductor muscle. *Fisheries Sci.*, 61, 691-695 (1995).
 - 44) 原田祿郎, 小櫛満里子, 徳間裕美子, 疋田直子：乾しホタテガイ貝柱エキス中の呈味成分の特性. 相模女子大学紀要, 56, 59-64 (1993).
 - 45) H. Watanabe, H. Yamanaka and H. Yamakawa: Seasonal variations of extractive components in the muscle of disc abalone. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 58, 921-925 (1992).
 - 46) M. Iwamoto, H. Yamanaka, S. Watabe and K. Hashimoto: Effect of storage temperature on rigor mortis and ATP degradation in plaice *Paralichthys olivaceus* muscle. *J. Food Sci.*, 52, 1514-1517 (1987).
 - 47) M. Iwamoto, H. Yamanaka, H. Abe, H. Ushio, S. Watabe and K. Hashimoto: ATP and creatine phosphate breakdown in spiked plaice muscle during storage, and activities of some enzymes involved. *J. Food Sci.*, 53, 1662-1665 (1988).
 - 48) 岩本宗昭, 井岡 久, 斉藤素子, 山中英明：マダイの死後硬直と貯蔵温度との関係. 日水誌, 51, 443-446 (1985).
 - 49) 岩本宗昭, 山中英明：天然ならびに養殖マダイにおける死後硬直の顕著な差異. 日水誌, 52, 275-279 (1986).
 - 50) 岩本宗昭, 山中英明, 阿部宏喜, 渡部終五, 橋本周久：二, 三海産魚における死後硬直の進行と貯蔵温度の影響. 日水誌, 56, 93-99 (1990).
 - 51) 岩本宗昭, 山中英明, 渡部終五, 橋本周久：種々の貯蔵温度におけるイタヤガイ閉殻筋中のATP関連化合物の消長. 日水誌, 57, 153-156 (1991).
 - 52) S. Wongso and H. Yamanaka: Changes in content of extractive components in the adductor muscle of noble scallop during storage. *Fisheries Sci.*, 62, 815-

- 820 (1996).
- 53) S. Watabe, H. Ushio, M. Iwamoto, H. Yamanaka and K. Hashimoto: Temperature - dependency of rigor-mortis fish muscle: Myofibrillar Mg^{2+} -ATPase activity and Ca^{2+} uptake by sarcoplasmic reticulum. *J. Food Sci.*, 54, 1107-1110 (1989).
 - 54) K. Kawashima and H. Yamanaka: Effects of storage temperatures on the post-mortem biochemical changes in scallop adductor muscle. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 58, 2175-2180 (1992).
 - 55) P. W. Hochachka and T. P. Mommsen: Protons and anaerobiosis. *Science*, 219, 1391-1397 (1983).
 - 56) 豊原治彦, 志水 寛: 魚体の死後硬直現象と魚肉の物性の関係. 日水誌, 54, 1795-1798 (1988).
 - 57) 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, 56, 1673-1678 (1990).
 - 58) 畑江敬子, 玉利朱美夏, 宮永邦子, 松本重一郎: 魚肉の物性の魚種間の差および鮮度低下による変化. 日水誌, 51, 1155-1161 (1985).
 - 59) M. Ando, H. Toyohara, and M. Sakaguchi: Post-mortem tenderization of rainbow trout muscle caused by the disintegration of collagen fibers in the pericellular connective tissue. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 58, 567-570 (1992).
 - 60) M. Ando, H. Toyohara, Y. Shimizu and M. Sakaguchi: Post-mortem tenderization of fish muscle due to weakening of pericellular connective tissue. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59, 1073-1076 (1993).
 - 61) M. Ando, H. Toyohara, Y. Shimizu and M. Sakaguchi: Post-mortem tenderization of fish muscle proceeds independently of resolution of rigor mortis. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 57, 1165-1169 (1991).
 - 62) K. Sato, C. Ohashi, K. Ohtsuki and M. Kawabata: Type V collagen in trout (*Salmo gairdneri*) muscle and its solubility change during chilled storage of muscle. *J. Agric. Food Chem.*, 39, 1222-1225 (1991).
 - 63) T. Saito, K. Arai and M. Matsuyoshi: A new method for estimating the freshness of fish. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 24, 749-750 (1959).
 - 64) 宇田文昭, 内山 均: 簡易カラムクロマトグラフィーと比色法によるK値の測定. 「魚の低温貯蔵と品質評価法 (水産学シリーズ60)」(小泉千秋編), 恒星社厚生閣, 東京, 1986, pp. 24-35.
 - 65) 永峰文洋, 福田 裕, 石川 哲: 高速液体クロマトグラフィーによるK値の測定. 青森加工研報, 昭和60年度, 111-116 (1986).
 - 66) 渡邊悦生: バイオセンサ. 「魚介類の鮮度判定と品質保持 (水産学シリーズ106)」(渡邊悦生編), 恒星社厚生閣, 東京, 1995, pp. 32-43.
 - 67) 内山 均, 江平重男, 小林 宏, 清水 亘: 揮発性塩基, トリメチルアミン, ATP関連化合物の魚類鮮度判定法としての測定意義. 日水誌, 36, 177-187 (1970).
 - 68) 天野慶之, 尾藤方通, 河端俊治: 漁獲直後の処理方法が肉質に及ぼす影響 I. ソーダガツオ筋肉の解糖作用の相違に就いて. 日水誌, 19, 487-498 (1953).
 - 69) 山田金次郎, 原田勝彦, 河原敏明, 伊東良太郎, 塚本真一: 直殺ならびに苦悶死ハマチにおける死後硬直とATP分解について. 水大校研報, 31, 59-64 (1983).
 - 70) 岩本宗昭, 山中英明, 渡部終五, 橋本周久: 天然および養殖ヒラメの死後硬直の進行の比較. 日水誌, 56, 101-104 (1990).
 - 71) H. Watanabe, H. Yamanaka and H. Yamakawa: Post-mortem biochemical changes in the muscle of disk abalone during storage. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 58, 2081-2088 (1992).
 - 72) 松本美鈴, 山中英明: ズワイガニ筋肉貯蔵中における生化学的死後変化. 日水誌, 58, 915-920 (1992).
 - 73) D. E. Atkinson: The energy charge of the adenylate pool as a regulatory parameter. Interaction with feedback modifiers. *Biochemistry*, 7, 4030-4034 (1968).
 - 74) Y. Yokoyama, M. Sakaguchi, F. Kawai and M. Kanamori: Chemical indices for assessing freshness of shellfish during storage. *Fisheries Sci.*, 60, 329-333 (1994).
 - 75) Y. Yokoyama, S. Takahashi, M. Sakaguchi, F. Kawai and M. Kanamori: Postmortem changes of ATP and its related compounds and freshness indices in spear squid *Doryteuthis bleekeri* muscles. *Fisheries Sci.*, 60, 583-587 (1994).
 - 76) 畑江敬子, 松本美鈴, 島田淳子, 山中英明, 渡部終五, 橋本周久: コイあらいのテクスチャーに及ぼす調理条件の影響. 日水誌, 56, 1521-1525 (1990).
 - 77) 松本美鈴, 山中英明, 畑江敬子: クルマエビ筋肉の生化学的変化に及ぼすあらい処理の影響. 日水誌, 57, 1383-1387 (1991).
 - 78) 松本美鈴, 山中英明: カニのあらいに関する研究. 日水誌, 58, 787-791 (1992).
 - 79) 山中英明, 松本美鈴: スズキの洗いに関する研究.

- 日調科誌, 28, 20-23 (1995).
- 80) 野口栄三郎, 山本常治: 漁獲物の鮮度保持に関する研究 (第1報) “洗い” の現象と筋肉内ATP態磷酸量, Glycogen量との関係. 日水研報 No2, 109-114 (1955).
- 81) 野口栄三郎, 山本常治, 佃 信夫: 漁獲物の鮮度保持に関する研究 (第2報) “洗い” の現象と魚類の游泳運動について. 日水研報 No2, 115-121 (1955).
- 82) 野口栄三郎, 山本常治: 漁獲物の鮮度保持に関する研究 (第3報) 死後に於ける筋肉のpH, ATP, 遊離SH基等の変化. 日水研報 No2, 123-131 (1955).
- 83) 野口栄三郎, 山本常治: 漁獲物の鮮度保持に関する研究 (第4報) “洗い” の機構に関する考察. 日水研報 No2, 133-140 (1955).
- 84) 野口栄三郎, 山本常治: 漁獲物の鮮度保持に関する研究 (第5報) 死後硬直時に於ける鮮度判定法としての試み. 日水研報 No2, 141-145 (1955).
- 85) S. Watabe, G. -C. Hwang, H. Ushio, K. Hatae, H. Yamanaka and K. Hashimoto: Acceleration of physicochemical change in carp muscle by washing in either chilled or heated water. *J. Food Sci.*, 55, 674-677 (1990).
- 86) H. Ushio and S. Watabe: Carp sarcoplasmic reticulum changes due to heat treatment. *J. Food Sci.*, 59, 80-84 (1994).
- 87) 沖谷明紘, 児玉定子, 重盛進, 伊藤肇躬, 西村敏英, 深沢利行, 加藤博通: コイあらいの最適調製条件と筋肉の熱拘縮との関係. 日水誌, 49, 907-911 (1983).
- 88) L. Missiaen, H. D. Smedt, J. B. Parys, I. Sienaert, S. Vanlingen, G. Droogmans, B. Nilius and R. Casteels: Hypotonically induced calcium release from intracellular calcium stores. *J. Biol. Chem.*, 271, 4601-4604 (1996).
- 89) 木村 稔, 成田正直, 今村琢磨, 福土暁彦, 高橋玄夫: ホタテガイの高鮮度保持技術開発試験. 平成8年度網走水産試験場事業報告, 210-218 (1998).
- 90) 永井 慎, 井上裕樹, 進藤 穰, 御木英昌: ウナギの死後変化に及ぼす高張生理食塩水の即殺前投与の効果. 日水誌. 67, 291-295 (2001).
- 91) 北海道水産林務部: 平成10年度北海道水産現勢. 北海道, 札幌, pp. 1-432 (2000).
- 92) H.J. McArdle and I.A. Johnston: Evolutionary temperature adaptation of fish sarcoplasmic reticulum. *J. Comp. Physiol.*, 135, 157-164 (1980).
- 93) S. Watabe, G.-C. Hwang, H. Ushio and K. Hashimoto: Changes in rigor-mortis progress of carp induced by temperature acclimation. *Agric. Biol. Chem.* 54, 219-221 (1990).
- 94) G.-C. Hwang, H. Ushio, S. Watabe, M. Iwamoto and K. Hashimoto: The effect of thermal acclimation on rigor mortis progress of carp storage at different temperatures. *Nippon Suisan Gakkaishi*. 57, 541-548 (1991).
- 95) H. Abe and E. Okuma: Rigor-mortis progress of carp acclimated to different water temperatures. *Nippon Suisan Gakkaishi*. 57, 2095-2100 (1991).
- 96) R. H. Locker and C. J. Hagyard: A cold shortening effect in beef muscles. *J. Sci. Food Agric.*, 14, 787-793 (1963).
- 97) R. G. Cassens and R. P. Newbord: Effect of temperature on the time course of rigor mortis in ox muscle. *J. Food Sci.*, 32, 269-272 (1967).
- 98) D. R. Buege and B. B. Marsh: Mitochondrial calcium and postmortem muscle shortening. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 65, 478-482 (1975).
- 99) R. C. Whiting: Calcium uptake by bovine muscle mitochondria and sarcoplasmic reticulum. *J. Food Sci.*, 45, 288-292 (1980).
- 100) 西浜雄二, 蔵田 護, 多田匡秀: サロマ湖・能取湖・網走沖におけるクロロフィル量の季節変化. 水産海洋研究, 53, 52-54 (1989).
- 101) 蔵田 護, 干川 裕, 西浜雄二: サロマ湖における垂下養成ホタテガイの摂餌量. 北水試研報, 37, 37-57 (1991).
- 102) 坂口守彦: 水産動物におけるグアノジン化合物, オピン類および尿素合成系の比較生化学と進化. 京大食研報, 47, 11-18 (1984).
- 103) 佐藤 実: 軟体動物の嫌氣的解糖とオピン類. 化学と生物, 28, 82-90 (1990).
- 104) 小嶋秩夫編: 魚のスーパーチリング. 恒星社厚生閣, 東京, 1986, pp. 1-126.
- 105) 木村 凡, 村上正忠, 藤沢浩明: ガス充填包装貯蔵した海産魚フィレートの細菌数. 水大校研報, 37, 129-136 (1989).
- 106) 藤井建夫, 平野昌広, 奥積昌世, 安田松夫, 西野甫, 横山理雄: 二酸化炭素・窒素混合ガス置換包装による生鮮マイワシのシェルフライフ. 日水誌, 55, 1971-1975 (1989).
- 107) T. Ohta and S. Sasaki: Modified atmosphere storage of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) fillets. *Nippon Shokuhin Kagaku Kaishi*, 42, 536-539 (1995).
- 108) 上岡康達, 西川清文, 岡 弘康, 満田春馬, 酒井博

- 行, 山本賢治: ガス充填包装冷蔵による養殖ハマチフィレーの鮮度について. 愛媛工試報告, 17, 35-42 (1979).
- 109) 上岡康達, 金子洋子: ガス充填包装によるカツオフィレーの肉色保持について. 愛媛工技研報, 20, 48-56 (1982).
- 110) M. Okuzumi, S. Okuda and M. Awano: Isolation of psychrophilic and halophilic histamine-forming bacteria from *Scomber japonicus*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 47, 1591-1598 (1981).
- 111) F. Noll: in "Methods of Enzymatic Analysis" (ed. by H.U. Bergmeyer), 3rd ed., Verlag Chemie, Weinheim, vol. VI, 582-588 (1984).
- 112) N. M. Dixon and D. B. Kell: The inhibition by CO₂ of the growth and metabolism of micro-organisms. *J. Appl. Bacteriol.*, 67, 109-136 (1989).
- 113) K. Kawashima and H. Yamanaka: Effects of chloramphenicol on post-mortem biochemical changes in scallop adductor muscle. *Fisheries Sci.*, 60, 461-465 (1994).
- 114) D. F. Hiltz and W. J. Dyer: Octopine in postmortem adductor muscle of the sea scallop (*Placopecten magellanicus*). *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 28, 869-874 (1971).
- 115) 坂口守彦: 軟体動物筋肉におけるオクトピンの生成とその生理的意義. 京大食研報, 41, 1-7 (1978).
- 116) S. Wongso: Comparative studies on extractives and their related enzymes in three species of scallop. Doctor thesis for doctoral course of Food Science and Technology, Tokyo University of Fisheries, 1998, pp. 1-202.
- 117) 田中幹雄, 西野 甫, 里見弘治, 横山理雄, 石田祐三郎: マグロ切り身のガス置換包装による品質保持. 日水誌, 62, 800-805 (1996).
- 118) 富岡芳彦, 安田松夫, 土屋恵美子, 横山理雄: 牛肉の保存性におよぼす酸素ならびに炭酸ガスの影響. 日食工誌, 30, 25-32 (1983).
- 119) 畷本淳司: ガス置換包装によるカツオ“たたき”の肉色保持. *Food Packaging*, 31, 70-72 (1987).
- 120) 北海道環境生活部環境室環境保全課: 平成9年度公共用水域の水質測定結果. 北海道, 札幌, pp. 531-535.
- 121) 角田聖齊, 二橋義一, 池田正人, 熊谷和洋, 古川誠司, 土屋正夫, 宮下伸一, 菅沼光勇: アカザエビの貯蔵中の鮮度変化と貯蔵方法の検討. 中央水研報, 7, 403-409 (1995).
- 122) 藤井建夫: 水産食品の生菌数測定法の検討-I 培地組成, 培養温度および平板法について. 東海水研報, 118, 71-79 (1985).
- 123) 松永 是: 光半導体微粒子による殺菌. 防菌防ばい, 13, 211-220 (1985).
- 124) 高山正彦, 杉本浩子, 内田理恵, 山内理恵子, 丹野憲二: 銀および銅イオンの抗菌性. 防菌防ばい, 22, 531-563 (1994).
- 125) 猪川喜久夫, 西田 孟, 大堀忠志: 水産物の電子活性の応用に関する試験 第2報 むき身ホタテガイの鮮度保持について. 北水試月報, 35 (9), 67-72 (1978).
- 126) 山下公一郎: ワサビ成分を利用した抗菌性包材による鮮度保持. 食品と科学, 35, 102-107 (1993).