水産皮革の理化学的研究—Ⅶ.

サメ皮の腐敗について

高橋 豊雄・田中 武夫

(東海区水産研究所)

Physico-Chemical Studies on the Skin and Leather of Marine Animals—Ⅶ.

On the Spoilage of Shark Skin

Toyo-o TAKAHASHI and Takeo TANAKA

Intending to establish the criterion of putrefaction of a green shark skin, we have carried out research on volatile bases (V.B.), volatile fatty acids (V.F.A.), and trimethylamine (T.M.A.) to be formed in the course of spoilage of the green skin. Then the first two were compared with these formed in the washed skin. In addition, shrinkage temperature (Ts) that lowers in the green skin just as the spoilage proceeds has been observed for the same purpose.

The results obtained are shown in Figures 1 to 3 where fluctuations of the chemical properties, bacterial counts as well as shrinkage temperature are indicated with respective symbols, in solid lines for the test A, and in a broken lines for the test B.

As evident from Figure 2, an abrupt change in the value of each item was observed together with a sharp decrease of Ts at a certain time between 8th to 11th day of the test A, and between 5th to 6th day of the test B.

It appears for us that in the early course of the spoilage prior to the abrupt change, extractive matters (mainly urea) in the skin are decomposed by bacteria. However, the hide substance (collagen) which has remained being hardly affected at that time, is seriously degraded by bacteria in the later course.

For this reason we have reached a conclusion that in case of green shark skin, fluctuations of V.B., T.M.A., V.F.A. in amount, and of Ts in degree, cannot be used as the criterion of bacterial degradation of the hide substance. In other words, a green shark skin is not a suitable material for preservation experiments of shark skin. It is proposed that a washed skin can be conveniently used in the spoilage experiments, however.

序 論

多くの動物皮は他の動物組織に於けると同様にその腐敗状態を表わすためにその皮の揮発性塩基窒素含有量によることが多い。サメ肉は死後比較的短時間内に多量の揮発性塩基窒素を生じ、これは一般に認められているようにサメの体内に1~2.5%存在する尿素が細菌によつて分解されたものの如くで^{1) 2) 3)}、従つて他種動物組織の腐敗の際に生ずる揮発性塩基窒素とは種々の点で趣を異にするものと考えられる。

著者等はサメ皮に於いて、サメ肉の場合と同様であるか否か、そしてもしも同様であるならばこの種の揮発性塩基窒素の生成はサメ皮の保蔵という立場からどのように考えるべきであるか、即ちこれが腐敗の指標として如何に役立つものであるかを確かめるため、サメ皮が腐敗する際の揮発性塩基窒素の発生状態を検

した。尙腐敗に関連があると考えられる二、三の化学成分及び皮の物理的性質の変化をも検した。これ等は揮発性塩基窒素の生成結果について考察する際に役立たせると共にこれら成分及び性質の変化がサメ皮の腐敗の指標として役立ち得るか否かを知らたいと考えて測定した。

一般に畜産動物皮の腐敗程度を表すためには前記の如く揮発性塩基窒素⁴⁾による外、可溶性窒素⁴⁾、又時には遊離脂肪酸⁵⁾によることもある。魚肉の腐敗状態を表すには古くから揮発性塩基窒素が用いられている、又トリメチールアミンの多少も海産魚肉に於いては腐敗の指標となる事が認められ⁶⁾、更に又揮発性脂肪酸も魚肉の腐敗程度を表すのに都合のよいものであると云われている⁷⁾。

皮の物理的性質がその腐敗と共に変化することは当然考えられる事であつて、例えば抗張力の如きは皮が腐敗すれば低下し、又コラーゲンの分子内結合に由来すると考えられている皮の耐熱性¹⁷⁾も皮が腐敗することによつて生ずる上記結合の崩壊と共に変化するものと思われる。

よつて茲に著者等はサメ皮を腐敗させた際の揮発性塩基窒素の生成状態を検すると共にトリメチールアミン及び揮発性脂肪酸の生成及びその皮の耐熱性の变化をみた。可溶性窒素及び抗張力について測定を省略したのは次の理由による。即ちサメ皮に於いては新鮮なものでも既に比較的多量(約1%)の可溶性窒素が存在するために、この可溶性窒素の増加により腐敗の程度を知ることは不適當と考えてのぞき、又サメ皮では厚さの均一な試料を作る事が困難であるから抗張力については不確定な結果しか得られないと考え、抗張力の測定も行わなかつた。

実験の部

測定方法

揮発性塩基窒素は減圧蒸溜法により、トリメチールアミン窒素は上記の溜出液にホルマリンを加えて再蒸溜することにより、揮発性脂肪酸はFRIEDZMAMM 法⁵⁾の変法、即ち硫酸酸性にてタングステン酸ソーダを加え蒸溜後逆流冷却器を附して煮沸し、炭酸ガスを追い出した後苛性ソーダで滴定する方法によつた。耐熱性は著者等の用いている熱収縮温度を測定する方法⁹⁾によつた。

実験 (1)

細切したヨシキリザメ *Prionace glauca* の皮 10 g (肉は出来るだけ除いた) づつを密栓瓶に入れ 20°C の恒温槽中に一定時間放置した後その揮発性塩基窒素、トリメチールアミン、揮発性脂肪酸及び熱収縮温度を測定した。尙この際生菌数*をも同時に測定した。

得た結果は第1図の如くである。

Fig. 1. Formation of volatile bases, trimethylamine, and volatile fatty acids; fluctuation of shrinkage temperature and bacterial population in shark skin during a 9 day storage.

●...Volatile basic nitrogen □...Shrinkage temperature
△...Trimethylamine nitrogen ×...Bacterial count
○...Volatile fatty acids (expressed on an acetic acid basis)

* 塗抹法により 30°C, 48 時間培養

揮発性塩基窒素：放置1日目では余り増加しないが、2日目より急激に増加し、4日目には350 mg（皮100 g 当り）になった。その後暫らく増加を停止したが、6日目以後に再び増加する傾向が認められた。このようにサメ皮にてもその肉の場合と同様に放置後比較的短期間に多量の揮発性塩基窒素を生じた。

トリメチールアミン：この生成状態は揮発性塩基窒素のそれと大約同様で放置の当初約3 mg（皮100 g 当り）存在したトリメチールアミン窒素は20°C に1日放置すると約9 mg となり、2日後には急増して50 mg、4日乃至6日には約70 mg、9日目にはやや増加して約100 mg となった。

揮発性脂肪酸：第1図の結果は生成したすべての揮発性脂肪酸を醋酸に換算し図示したものである。これは図に見るように放置6日迄は大約直線的に増加し、その後やや急激に増加するように思われた。

熱収縮温度：著者等の実験によるとヨシキリザメ皮の極く新鮮なものはその熱収縮温度は53°C 附近であつて、これを放置すると50°C 前後まで比較的速に低下し、その後徐々に低下するようである。本実験に用いた皮は当初すでにその熱収縮温度が49°C であつて、それに附着した生菌数が皮1 g 当り 15×10^4 であつた事と併せ考えると相当鮮度の低下したものであつたようだ。

図に見るように当初49°C を示した熱収縮温度は放置日数の増加と共に次第に低下し、6日目には47°C 前後となり、6日目乃至9日目にやや急激に低下して45°C になった。

生菌数：放置の当初に試料1 g 当り 15×10^4 であつた生菌数が放置2日目までは急激に増加し、 10^5 乃至 10^6 に達した。その後は余り変化が認められなかつた。

放置3乃至4日目までの生菌数の増

加曲線（log. で表す）と揮発性塩基窒素及びトリメチールアミンの夫々の発生曲線との間には関連があるように思われる。

実験（2）

前実験に於いて揮発性塩基窒素が4乃至6日でその増加が一時停止し、その後再び増加する傾向が認められ、又揮発性脂肪酸及びトリメチールアミンも6日前後を境として僅かではあるが生成が盛んになるようである。尚熱収縮温度も6日乃至9日に於いてそれ以前よりやや急激な低下をしめた。

サメ皮がその肉と同様に放置後短期間に多量の揮発性塩基窒素を生じる事と併せ考えると、上記の事柄は大概6日迄に生じる変化と5日以後に生じる変化とが各々その原因を異にするという事を示すものではなからうか。

前実験の諸結果、特に6日前後に認められた諸成分及び熱収縮温度の急激な変化についてより一層明瞭な結果を得たいと考え、前実験と同様の実験を更に長時間に亘つて行つた。

Fig. 2. Formation of volatile bases, trimethylamine, and volatile fatty acids; lowering of shrinkage temperature in shark skin during a 18 day storage.

●, ● Volatile basic nitrogen
△ Trimethylamine nitrogen
○, ○ Volatile fatty acids (expressed on an acetic acid basis)
□ Shrinkage temperature
Experiment A Solid lines
Experiment B Broken lines

得た結果は第2図の如くで揮発性塩基窒素及びトリメチールアミンの生成状態及び熱収縮温度の低下状態は大約その傾向が前実験の結果(第1図)に類似しているようである。

第2図の実線で示した曲線は同一試料について同時に行つた実験の結果をしめすもので、この実線で現わされた揮発性脂肪酸の結果は前実験に於いてこの値が実験期間中絶えず増加したのに反して複雑な増減を示した。然しこれについての実験値が少く確かな事が云えないので再試験を行い、第2図の破線のような結果を得た。尚これに関連して同時に揮発性塩基窒素についても測定し、同様破線の結果を得た。

実線、破線の二曲線より解る様に揮発性脂肪酸は5乃至6日迄は余り増加しないが、その後急激に増加し10乃至14日目に最大値(醋酸として皮100g当り1500~1800mg)に達し、その後再び急速に減少する。何故にこのような現象が生じるかという事については説明出来ないが、これと大約同様な結果が著者等のサメ肉の腐敗実験⁽¹⁾中にも認められた。

上記のように前実験に於いて於置6日目に認められた諸成分の急激な増加及び熱収縮温度の急激な低下は本実験に於いて尙一層明瞭に認められた。然しこの急激な変化の表われる時期は前実験のように諸成分及び熱収縮温度の間に於いて一致せず、熱収縮温度にて8日目、揮発性塩基窒素にて11日目(再試験にては6日目)、トリメチールアミンにて14日目であつた。複雑な増減を示した揮発性脂肪酸にては実験(1)に相当すると考えられる急激な増加は5~6日目にあるように思われる。

実験(3) 水洗したサメ皮についての試験

前二実験に於いてサメ皮は放置短時間に多量の揮発性塩基窒素を生じ、又腐敗する際の化学成分及び熱収縮温度の変化を示す諸曲線が多少時間的にずれはあつたが、或る時期に総べてがやゝ急激な変化を表わした。

著者等はこれらの結果からサメ皮の腐敗の初期に生ずる変化とその後期に生ずる変化とがその原因を異にし、放置後短時間に多量に生ずる揮発性塩基窒素は肉の場合と同様に尿素が細菌によつて分解したもののよう

に考えられる。著者等⁽¹⁾は先に水洗したサメ肉の腐敗する際の揮発性塩基窒素の生成について水洗しないサメ肉のそれ

と比較したが、サメ肉を水洗するとその中に存在していた1%程度の可溶性窒素が殆んど除去され、その水洗肉の腐敗に際しては未水洗肉の場合よりも揮発性塩基窒素の生成が少く、その増加傾向も異り、又水洗肉の放置によつて生ずる臭気が所謂腐敗臭であつて、未水洗肉の臭気がアンモニア臭である事を認めた。そしてこれ等の結果はサメ肉が漁獲後比較的短時間内に多量に生じるアンモニアの本源が可溶性窒素化合物であることを示すものであり、この可溶性窒素化合物は従来云われているように尿素であろうと考えた。

サメ皮の放置初期に認められる多量の揮発性塩基窒素も上記のサメ肉と同様に可溶性窒素化合物(多分尿素)に主として由来し、皮蛋白質(コ

Fig. 3. Effect of washing on formation of volatile bases and volatile fatty acids in shark skin during a 10 day storage.

In green skin,

● Volatile basic nitrogen.

○ Volatile fatty acids (expressed on an acetic acid basis)

In washed skin,

⊙ Volatile basic nitrogen

◎ Volatile fatty acids (expressed on an acetic acid basis)

ラーゲン) 自身には余り関係しないのではなからうか。この点を確かめるため水洗したサメ皮の腐敗状態を未水洗皮のそれと比較した。尙この際揮発性脂肪酸をも同時に測定した。

得た結果は第3図の如くである。

図に見るように水洗しない場合には揮発性塩基窒素の生成は前二実験と全く同様の傾向を示したが、水洗したサメ皮ではその生成量及び増加傾向が前者のそれと著しく異り、特にその増加傾向は一般獣皮のそれに近いものである。この結果は著者等がサメ肉について得た結果と同様であつて、サメ皮にても放置後比較的短時間に生ずる揮発性塩基窒素は尿素に原因し、皮質に由来するものは殆どないと考えられる。

水洗皮が腐敗する際に生ずる揮発性脂肪酸は未水洗皮のそれに比較して少く、その生成状態は水洗皮の揮発性塩基窒素の生成と平行し、サメを除いた一般魚肉の腐敗傾向^{7) 10)}と同様であつた。

未水洗皮は前諸実験に於けると同様で水洗皮とはその腐敗曲線が異つていた。

このようにサメ生皮(未水洗皮)と水洗皮にて揮発性脂肪酸の生成状態が異なるのは揮発性塩基窒素の場合と同様に揮発性脂肪酸の本源と考えられる炭水化物等が水洗除去された事に原因するのであろうが、この外に窒素源としての尿素が水洗除去されたために細菌の増殖状態に変化を生じた事も一つの原因であるように考えられる。

考 察

清水¹⁾、土屋²⁾及び著者等³⁾によりサメ肉に死後比較的短時間に多量に生じる揮発性塩基窒素は主として細菌の作用によると報告されている。サメ皮にても本実験の諸結果から死後短時間に多量の揮発性塩基窒素が生じ、尙水洗してエキス成分を除いた皮にては未水洗皮のように揮発性塩基窒素を多量には生じない事が認められ、この事から著者等はサメ皮に於いて死後短時間に生ずる多量の揮発性塩基窒素はサメ肉の場合と同様に尿素に由来するものと考えられる。

而してサメ皮に防腐剤を添加し、揮発性塩基窒素の生成を検してみると比較的多量に生じ*、第2報³⁾に記載したサメ肉の場合のように死後短時間に生ずる揮発性塩基窒素が細菌の作用によるとはこの結果から云えないようである。然しサメ皮は無菌的に入手する事が不可能で、上記の実験に用いたサメ皮も経歴の不明のものであり、相当に細菌が附着していた事が考えられ、従つてこの細菌のウレアーゼが防腐剤の添加後尙作用したとも考えられる⁺。尙肉と皮との差があつても、これ等が同一魚種のものであり、ましてや両者が隣接しエキス成分の交流が比較的自由と考えられる事⁺及び第1図に見る如くサメ皮の放置の初期に於ける揮発性塩基窒素の生成が生菌数の増加と関連がある事等から肉に於けると同様にサメ皮に於いても死後比較的短時間に生ずる多量の揮発性塩基窒素は主として細菌によるものであろう。

清水、大石¹⁾はサメ肉貯蔵中に先づアンモニアが急速に生じ、その後一時その発生が停止し、更に再び増加する事を認め、この前半に於けるアンモニアは尿素分解細菌による尿素の分解に由来し、一度生成の増加が停止した後には生じるアンモニアはその中に腐敗臭の伴う事実からも腐敗細菌による肉質の分解によるものであろうと報告した¹²⁾。その後、後半のアンモニアも尿素に原因すると訂正し、その尿素は細胞内のものだろうと推定している¹³⁾。サメの肉と皮とにて存在する尿素の性質に差異があるという事も考えられるが、前記の如く著者等のサメ皮についての実験に於ても、清水等のサメ肉と同様に放置中の揮発性塩基窒素の発生が階段的になる事を示し、その前半に於ける揮発性塩基窒素も後半のそれも共に清水等の後の考えに依ると尿素に由来するものである事が想像される。然し清水等の云う様に、後半のアンモニアが細胞内の尿素に原因

* 当初皮 100 g 当り 60 mg であつたものが 20°C に 5 日間放置すると 123 mg、18 日間にて 234 mg になつた。尙同一試料を防腐剤を添加せず同様に放置した場合には 2 日間にて 608 mg に達した。

+ 第2報³⁾はこれ等の点を考慮してサメ肉について自家消化を検し、その結果からサメ皮の場合を推察しようとしたものである。

するとしてもこの後半に於ける揮発性塩基窒素の再増加が始まる際には皮質自身にも相当著しい分解が生じ始めているのではないかと思われる。その理由は次の如くである。

即ち著者等の観察によるとサメ皮が放置初期に於いてはアンモニア臭を生じ、後半に於いて所謂腐敗臭を生じる事、揮発性塩基窒素の再増加と相前後して、おそらく炭水化物と取つて換つた皮蛋白質の腐敗に原因すると考えられる揮発性脂肪酸が多量に生じる事、更に又同時期に熱収縮温度に比較的顕著な低下が見られる事等からサメ皮の放置初期には尿素、炭水化物等の共雑物が主として細菌により分解され、その後揮発性塩基窒素の再増加する前後から皮質の細菌による分解が本格的になるものと考えられる。

尚清水等は後半に於いて細胞中の尿素が分解される際には先づ細胞が破壊するのであろうと報告しているが、この細胞の破壊は所謂肉質（及び皮質）の分解ではなからうか。

このように著者等はサメ皮が放置された際には先づ暫くは皮質自身の本格的分解が生ぜず、或る時期以後に於いて初めて顕著な皮質の分解が生じるものとするが、それではこのような本格的分解の徴候を実用上どのように科学的に知るべきであらうか。以下本実験で測定した各成分及び熱収縮温度の各々について考察してみよう。

揮発性塩基窒素：初期の揮発性塩基窒素は細菌によつて尿素が分解したものであり、その増加は第1図に見られるように生菌数の増加に関連しているから、サメ皮が保蔵された場合その揮発性塩基窒素の多少はその皮に附着する生菌数を表わすと考えられる。従つて保蔵されたサメ皮が揮発性塩基窒素を含有していないか、或いは極く少量であるならばそれに附着する細菌の少いことをしめし、その皮が細菌から良好に保蔵されている事をしめしている。

然し一方保蔵されたサメ皮が相当多量の揮発性塩基窒素を有していてもそれはその皮に細菌が繁殖したという事は言えても、革或いはゼラチンとなるべき皮質（コラーゲン）自身が腐敗したとは前記の結果から断定出来ない。皮質自身の腐敗、即ち前記した本格的分解の徴候はどのようにして判定すべきであらうか。

実験（1）に於ける6日目、実験（2）に於ける11日目に認められた揮発性塩基窒素の再増加は先に記載したように皮質自身が細菌によつて本格的に分解され始めた事を表わすものと思われる。従つてこの際の揮発性塩基窒素量は皮質の大略の安全限界を示すと考えられる。

然し一方この揮発性塩基窒素は主として尿素に原因すると考えられるから、皮中の尿素含有量によつて変動し、この尿素量はサメの種類、漁獲後の処理及び個体差等によつて差異を生じるもののようで、著者等が二、三のサメ皮について分析した結果によるとその尿素含有量は生皮中0.23乃至0.8%であつた*。従つて皮質自身の本格的分解の開始に於ける揮発性塩基窒素量は一定したものではないから、サメ皮質の腐敗の開始を揮発性塩基窒素の或る数値で表す事は出来ない。

トリメチールアミン：腐敗に際して生ずるトリメチールアミンはトリメチールアミノオキシドが細菌により還元されて生じたもので、細菌が繁殖するための窒素源として肉質或いは皮質自身を用いる場合にはこの還元作用即ちトリメチールアミンの生成は肉質又は皮質の分解と平行し、従つてその生成量は肉質、皮質の腐敗の程度を表示するものとなる。

然しサメ皮の場合にはその放置中に先づ尿素が細菌の窒素源として用いられるという事が前記の如く推察される故にこの際のトリメチールアミンの生成量は揮発性塩基窒素と同様に細菌の繁殖状態を示してはいるが、皮質の腐敗とは直接関連がないものと考えられる。

揮発性脂肪酸：この生成状態は試料によつても異り、又複雑な増減をしめすが、残念な事にこれに対しては尙説明しうる結果が得られていない。

熱収縮温度：この温度の低下はコラーゲン分子のポリペプチド間に存在する側鎖結合の減少に原因す

* サメ肉に就いてはこれと同様の事が多くの研究者^{14) 15) 16)}によつて認められている。

るものであるから、皮質自身の或る意味での分解を表わすものである。実験(2)に認められるように皮質自身が腐敗し始めたと考えられる時期以前にも熱収縮温度は徐々ではあるが低下し、皮質が腐敗し始めたと思なされる時期と大約同じ時期に熱収縮温度はやゝ急激な低下をしめた。

ポリペプチド間の側鎖結合の減少は分子間力を減少させ、コラーゲン繊維の強さを減少させるものであるが、このような現象のみが皮に生じた場合、ましてや比較的その低下の少ない時は、このようなコラーゲン繊維を解製する事によりその強さの減少を充分に回復する事が出来る。従つてこのような比較的値かな熱収縮温度の低下によつて表わされる皮質の変性は革という立場からは余り問題にならない。皮質が腐敗し、コラーゲンが溶出するようになる際の熱収縮温度を知る事が必要である。

第1図及び第2図に見るようにヨシキリザメ皮に於いて皮質自身が腐敗し始めたと考えられる時期にはその熱収縮温度は 45 乃至 47°C に低下する。従つてもし放置されたヨシキリザメ皮の熱収縮温度を測定して 45 乃至 47°C の値が得られた時、その皮質自身が分解、即ち腐敗し始めたと推測する事が出来る。然しこれにも欠陥がある。その一はサメ皮の熱収縮温度は石灰漬、塩蔵等によつても相当低下するものであるから、このような温度を規準とするためにはその処理経歴を考えに入れなければならない、その二はサメの種類によりその皮の新鮮時の熱収縮温度に差異があるから、ヨシキリザメ皮で認められた 45 乃至 47°C という規準はどの種類のサメ皮にも用いられるというものではない。

尙皮質の腐敗が生じたと考えられる時期に熱収縮温度の急激な低下が認められるが、このような現象は腐敗の指標として実際的には用いられないであろう。

このように前記の諸成分及び熱収縮温度は何れもサメの皮質の腐敗の徴候を示す指標として用いる事が期待出来ない。このように期待出来ない原因は上記の考察及び実験(3)の結果から主として生皮中に存在する尿素によるものである事が判る。

尙この事につき保蔵の立場から更に敷衍的に説明すると、仮りに細菌による汚染という事を対象として保蔵方法を研究するとしても、その保蔵手段としての処理によつて尿素等のエキス成分に差異を生じ、その結果これら試料を放置し、揮発性塩基窒素等の増加を比較しても、この多少が保蔵処理により細菌の繁殖に影響が生じた事によるものか、或いは保蔵処理による尿素等のエキス成分の減少に原因するものか区別し得ない場合が生じる。

期くしてサメ皮の保蔵試験を行う場合にはその生皮について実験する事は現在の所不可能である。然し第3図に見る如く生皮を水洗し、尿素等をのぞいたものは通常の皮及び肉と同様の揮発性塩基窒素及び揮発性脂肪酸の発生曲線をあらわすから、これを用いるならば保蔵試験を通常の如く行う事が出来ると考えられる。然しこのような水洗皮についての試験は実際のサメ皮保蔵とは直接結びつかないもので、かかる試験は基礎的なモデル試験ともいうべきものである。

このように水洗したサメ皮を用いた保蔵試験は基礎的なモデル試験にすぎないが、兎に角サメ生皮では保蔵試験が行えないので、一応水洗皮にて試験を行い、その結果から出来れば実際面に利用出来るような推論を得たいと考えている。

終りに本研究に際し御助言を賜つた東海区水産研究所右田正男先生及び京都大学木俣正夫先生に深謝の意を呈す。亦実験に御助力を載いた輸出品検査所高橋利郎氏に厚く感謝する。

文 献

- 1) 清水, 大石: 日水会誌, **16**, 423 (1951).
- 2) TSUCHIYA, TAKAHASHI and YOSHIDA: Tohoku J. of Agricultural Research, **2**, 119 (1951).
- 3) 高橋, 田中: 日水会誌, **15**, 777 (1950).
- 4) 例えば SCHUTTLEWORTH and SEBBA: J. American Leather Chem. Assoc., **34**, 343 (1939).

- 5) ROBERT and SOMER: J. American Leather Chem. Assoc., **34**, 34 (1939).
- 6) BEATTY and GIBBONS: J. Biol. Board Can., **3**, 77 (1937).
- 7) SIGURDSSON: Ind. Eng. Chem., Anal. Ed., **19**, 892 (1947).
- 8) FRIEDEMANN: 7) より
- 9) 高橋: 日水会誌, **12**, 35 (1943).
- 10) 高橋, 松本, 新井: 日水会誌, **17**, 218 (1952).
- 11) 高橋, 田中: 水産研究会報, **3**, 328 (1950).
- 12) 清水, 大石: 日水会誌, **16** (12), 29 (1951).
- 13) 清水, 日引: 1952 年 4 月, 日本水産学会大会にて講演
- 14) 野口: 日水会誌, **1**, 121 (1932).
- 15) 須山, 徳広, 須山: 同上, **16**, 211 (1950).
- 16) 清水, 大石: 同上, **16** (12), 31 (1951).
- 17) GUSTAVSON: "Advances in Protein Chemistry," **5**, 351 (1949).