

# 魚 類 内 臓 酵 素 作 用 の 研 究

越 智 通 秋

## Studies on the Enzymatic Action of the Internal Organs of Fishes

Michitoshi OCHI

### 緒 言

魚肉保蔵，魚廃物利用の立場から魚類の内臓酵素力について実験した。

従来これらの研究は非常に多いが，さらに各魚種・内臓部位等による 活性の程度を一層認知することは水産物加工の本質上特に必要と考えた。

従て本実験に供した酵素液は魚類内臓より抽出調製した直接粗液で，これをトリブシン様酵素液と考えて実験を進めた。

### 実験 A. 酵素作用力の測定

#### I 酵素液の調製

内臓（幽門垂，胃部，腸部，pH 5.6~5.8）を摘出し細切，磨碎して抽出用水をその 5 倍及び 10 倍量となるように加え，pH 5.8~6.4 に保ち室温（約 15°C）にて 7~10 日間の消化を行つた。この溶液を遠心，濾過して適宜稀釈し試料酵素液とした。

魚種は主に薩南海区産のサバを用い，カツオその他を比較試料とした。

#### II 酵素作用力測定方法

0.1% カゼイン溶液 5 cc に対し，以上の酵素液を pH 6.8~7.0 に調整して，2 の階乗的倍率で稀釈したもの 5 cc を加えて 10 cc 容に一定し，1 時間 38°C 又は 40°C にて処理した後，これに硝酸硫酸マグネシウム混液 0.5 cc を添加し，未消化白濁の有無を検し，消化し得た酵素液の最少量を求めた。

蛋白質分解酵素量単位は 1 g の酵素試料が 1 g のカゼインを 40°C，1 時間にて完全に消化したとき，この試料の分解酵素量を 100 とする表示法によることにした。

Table 1. The enzymatic action of the internal organs  
of several fishes.

Sample	Digest. ratio casein %	Sample	Digest. ratio casein %
<i>Seriola spinosus</i> ブリ	32.1	<i>Evynnis japonica</i> 小ダイ	57.6
<i>Katsuwonus pelamis</i> カツオ	115.2	<i>Euthyoapteroma virgatum</i> イトヨリ	57.6
<i>Auxis tapeinosoma</i> ソーダカツオ	115.2	<i>Pleuronichthys cornutus</i> カレイ	57.6
<i>Scomber japonicus</i> サバ	230.4	<i>Octopus vulgaris</i> タコ	14.4
<i>Sardinops melanostica</i> マイワシ	230.4	<i>Coscinasterias acutespina</i> Stimpson ヤツデヒトデ	460.8

## 結 果

### 1. 数種の魚類の内臓酵素作用力

これらの内臓酵素液を pH 6.8~7.0 に調整して上述測定法 (38°C) によつた。その結果は第1表の通りである。

以上の結果によると俗に謂う「青もの」の酵素力是一段と強く、サバ、イワシは明かに之を示した。

### 2. 内臓部位別の酵素作用力

次いで内臓を各部位毎に区分して上述と同様に酵素液を抽出し、pH 6.4~6.8 に調整して 38°C で 1 時間消化した。魚種は最も活性を強く示したサバ内臓部位を仕別けして得た酵素液を用いた。その結果は第2表の通りである。

**Table 2.** The enzymatic action in the parts of internal organs.  
(Mackerel)

Organ	Digest. ratio casein %	Organ	Digest. ratio casein %
Heart	0	Stomach	57.6
Liver	7.2	Intestine	115.2
Pyloric coeca	230.4	All parts	230.4

以上の結果から幽門垂の消化力は周知のように大きく、これと全く同等に内臓全部よりの抽出液の消化力が大きいことがわかる。これは幽門垂の作用が内臓全域に重要生理作用を営むものだろうと考える。

〔一般に不鮮原料の兆しは腹割れに始まる、而も幽門垂部位が当初に目立つのも当然と肯ける。又一方塩辛等加工に幽門垂を特に加える意味は此の消化力に俟つところが大きく次で呈味成分助長にあるのではないかと思う、ニシン身欠・カツオ節加工の際等これを捨てる場合が多い。〕

### 3. pH の変化に伴う酵素作用力

試料酵素液はサバ内臓(幽門垂・胃・腸)を5倍量の水で抽出したもの「A」、10倍量の水で抽出したもの「B」の2種を pH 6.2 で 10 日間、室温(約 15°C)で消化せしめたものより採り、これを pH 4~11 までに調整区分して試料とし、前実験同様カゼインに用い 40°C で測定した。(pH 4 以上は魚肉自然変性の経過上からとペプシン様酵素とを考へて一応除外した) その結果は第3表及び第1図の通りである。

**Table 3.** The ranges of the enzymatic action on various pH.

pH	Digest. ratio casein %	
	A	B
Blank	115.2	230.4
4	ppt.	ppt.
5	28.8	28.8
6	115.2	230.4
7	230.4	230.4
8	460.8	460.8
9	460.8	230.4
10	115.2	57.6
11.2	28.8	28.8

以上の結果は、これら内臓酵素作用は pH 8~9 が最大を示した。この間に最高値があるものと思う。これは又魚類の生活環境である海水 pH が 8.2 内外であることにも符合するような至適 pH だとも考えた。

但し A クラスが B クラスより急増したのは抽出濃度の差異が以後の消化速度に影響したものか或は実験誤差かとも考えたが同一経過と思つている。

〔魚肉鮮度の落ちかかつた進度は可成加速度的なことを示し、このことが pH の測定で察知し得ることを改めて示していると思う。〕

#### 4. 温度の変化に伴う酵素作用力

内臓酵素作用の至適 pH は 8 ～ 9 であることを認めたので前記抽出酵素液「B」を pH 8.0 に調整した試料を、同様カゼインに作用せしめて温度による変化を求め第 4 表及び第 2 図の結果を得た。

Table 4. The enzymatic action on the variation of temperature.

Temp. °C	Digest. ratio casein %
10	7.2
20	57.6
30	230.4
40	460.8
45	691.2

以上において 10～20°C は夏季以外の室温、30°C は南方漁獲時、45°C は盛夏日射下温度を想定した。

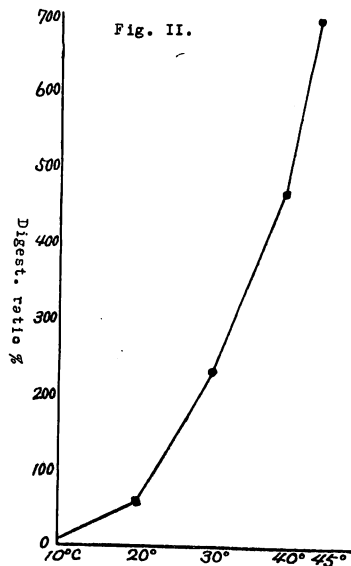
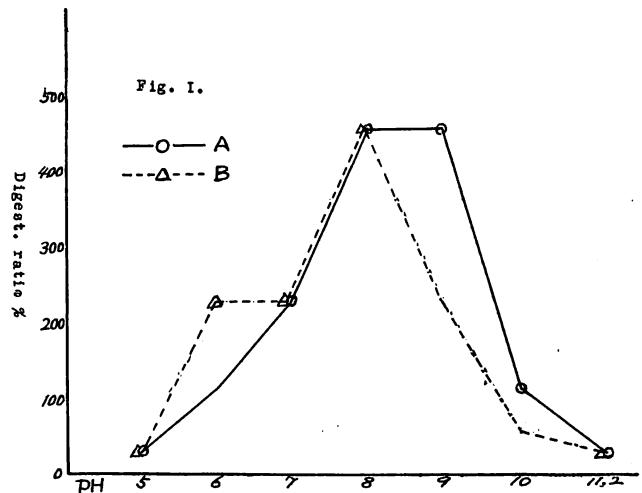
その結果は 10～20°C 間はやや緩慢であるが 20～30°C では 20°C の場合の 2 倍半、30～40°C においては約 5 倍、40～45°C の僅か 5°C 間においても約 5 倍の消化成績を示したことになる。

〔このことは漁獲物処理時の急冷効果を

示し又特に不鮮原料での加熱加工或は乾燥時に際して品質変化の影響が著大である結果と附会すると思う。〕

#### 実験 B. 塩蔵・冷蔵時等における酵素作用力

次に実験 A にて得た酵素作用力を抑制する方法の実験として、その一端である塩蔵・冷蔵法に準じて酵素作用を測定した。これら氷蔵・凍結は学部設備によつた。この作用期間の経過及び当日気温等は第 5 表の通りであつた。



## I 酵素液

実験Aにての酵素抽出液中最も作用力が大きかった サバ幽門垂（抽出 pH 6.4）を調製し 1/20 濃度として用いた。

## II 試料基質

先ず基準として 2% カゼイン溶液（pH ≐ 7.4）を用いて試験し、次いでサバ・アラ・ヒラアジの鮮肉（pH ≐ 5.8）を 1% 濃度になるよう次記のように調製した。

各鮮肉を 5 g 宛とり、これに常法により 5% NaCl (0.02 M, NaHCO<sub>3</sub>) を加えて 300 cc となし、均一化して更に 500 cc として、この濾液を鮮肉による基質とした。

## III 酵素作用力測定方法

1. 基準としてのカゼインに対する測定は 2% カゼイン 200 cc + 1/20 酵素液 40 cc から 5 cc 宛試験管にとり、これに塩蔵目的試料には食塩を 3~25% 量加えたものを室温、氷冷室、凍結保蔵して測定することにした。

2. 鮮肉基質に対する測定は上記 鮮肉濾液 + 1/20 酵素液 40 cc から 5 cc 宛試験管にとつて基準カゼインのときと同様同時に処理して測定した。

測定成績は以上を所定期間各区で作用せしめた後、常法に従い TCA で除蛋白し、その濾液について Tyrosin 量を Folin 試薬により比色（フィルター 660 mμ）し、その示度数を標準曲線<sup>(1)</sup>に照合して求め得た指数で各消化度を表示することにした。

## 結 果

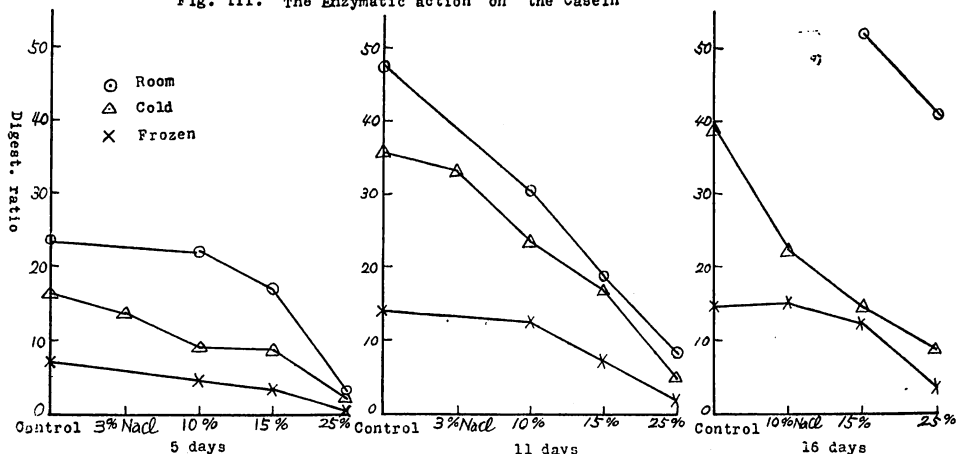
1. カゼイン基質に対する対照、塩蔵、冷蔵による酵素作用の測定結果は第6表及び第3図の通りである。

**Table 6.** The enzymatic action for the casein on the salting and cold storage.

Temp.	Section \ Days	0	5	11	18
Room temp. ≐ 15°C	Control	0	23.5(100.0)	47.5(100.0)	—
	Add. 10% NaCl		22.1 (94.0)	30.5 (64.2)	—
	// 15 //		16.8 (71.4)	18.7 (39.3)	52.3
	// 25 //		3.0 (12.7)	8.3 (17.4)	36.0
Cold room ≐ 7°C	Control	0	16.3(100.6)	35.5(100.0)	39.1(100.0)
	Add. 3% NaCl		13.8 (84.0)	33.1 (93.2)	—
	// 10 //		9.1 (55.8)	23.5 (66.1)	22.1 (56.5)
	// 15 //		8.9 (54.6)	17.0 (47.8)	14.8 (37.8)
Frozen ≐ -17°C	Control	0	7.0(100.0)	14.2(100.0)	14.7(100.0)
	Add. 10% NaCl		4.5 (64.0)	12.5 (88.0)	15.3(104.0)
	// 15 //		3.3 (47.1)	7.3 (51.4)	12.5 (85.0)
	// 25 //		0.5 (7.1)	1.8 (12.6)	3.3 (20.4)

上表によれば

Fig. III. The Enzymatic action on the Casein



(1) 室温放置のものは全試料共5日目に示した成績の2倍値を示した、16日目の試料は変敗明かで測定しなかつた。又10%の加塩試料も11日目は5日目の1.5倍値に進んで此の程度の加塩では余り抑止できないことを示した。又15%、25%加塩試料と雖も室温では著しく消化は進む結果を示し、酵素作用は加塩量の増加のみでは抑止できないことが分つた。

(2) 冷室保存のものは当然室温のものよりも遙かに抑止されると予期したが、実験期間が低気温に終始したためか5日目の試料は室温のものよりずっと低位を保つたが11日目に到つてはそんなに差がなくなり以後その程度で安定した成績を示した。特に加塩試料は軽度の冷温保存で抑止効果があることを示したと思う。

(3) 凍結によるものは11日目において5日目試料の約2倍値を示し、この値は16日目に到るも略同程度であることは一応抑止安定したものと思う。而して $-17^{\circ}\text{C}$ 程度の緩慢凍結の場合に於て徐々に消化作用が進むことは無塩試料が之を示していると思う。

(4) 塩蔵による抑制効果は、25%加塩試料に限りその5日目までは室温、冷室、凍結の3条件下にて共に極めて近似の抑止成績を示したが以後時日の経過と共に緩慢上昇を示している。

Table 7. The enzymatic action on the fresh fish meat.

(1) On the meat of *Scomber japonicus* (Saba) (Total protein ... 19.40%)

Temp.	Section	Days	0	5	11	16
Room temp. ≐ $15^{\circ}\text{C}$	Control	0	0	5.9(100.0)	—	—
	Add. 10% NaCl			4.3 (72.8)	5.2	—
	" 15   "			3.3 (55.7)	5.0	8.0
	" 25   "			1.7 (28.8)	2.7	5.7
Cold room ≐ $7^{\circ}\text{C}$	Control	0	0	5.9(100.0)	—	—
	Add. 3% NaCl			5.2 (88.1)	—	—
	" 10   "			4.2 (71.1)	4.8	5.4
	" 15   "			5.2 (54.2)	4.0	4.3
	" 25   "			1.5 (25.4)	1.7	1.5
Frozen ≐ $-17^{\circ}\text{C}$	Control	0	0	2.7(100.0)	4.2(100.0)	5.2(100.0)
	Add. 10% NaCl			2.1 (77.7)	3.3 (78.5)	4.3 (82.6)
	" 15   "			1.5 (55.5)	2.5 (59.5)	3.2 (61.5)
	" 25   "			0.9 (33.3)	1.2 (28.5)	1.3 (25.0)

(2) On the meat of *Nippon spinosus* (Ara) (Total protein ... 12.00 %)

Temp.	Section	Days	0	5	11	16
Room temp. ≡ 15°C	Control		0	5.3(100.0)	5.5(100.0)	—
	Add. 10 % NaCl			3.5 (66.0)	4.8 (87.3)	9.2
	〃 15 〃			2.8 (52.8)	4.2 (76.3)	8.0
	〃 25 〃			1.5 (28.3)	2.5 (45.4)	4.7
Cold room ≡ 7°C	Control		0	—	—	—
	Add. 3 % NaCl			4.3	—	—
	〃 10 〃			3.7	4.3	—
	〃 15 〃			2.8	3.7	2.6
Frozen ≡ -17°C	Control		0	2.5(100.0)	3.2(100.0)	4.3*(100.0)
	Add. 10 % NaCl			2.0 (80.0)	3.0 (93.7)	3.0 (69.7)
	〃 15 〃			1.2 (48.0)	2.0 (62.5)	2.8 (65.1)
	〃 25 〃			—	1.0 (31.2)	1.2 (27.9)

(3) On the meat of *Caranx eguula* (Kaiwari) (Total protein ... 13.20 %)

Temp.	Section	Days	0	5	11	16
Room temp. ≡ 15°C	Control		0	2.2(100.0)	2.2(100.0)	—
	Add. 10 % NaCl			2.0 (90.9)	1.2 (51.5)	1.5
	〃 15 〃			2.6 (118)	1.0 (45.4)	1.2
	〃 25 〃			1.0 (45.4)	1.0 (45.4)	2.0
Cold room ≡ 7°C	Control		0	2.0(100.0)	—	—
	Add. 3 % NaCl			—	—	2.0
	〃 10 〃			1.7 (85.0)	—	0.7
	〃 15 〃			0.5 (25.0)	—	0.6
Frozen ≡ -17°C	Control		0	1.5(100.0)	—	1.2(100.0)
	Add. 10 % NaCl			1.0 (66.0)	0.5	1.0 (83.3)
	〃 15 〃			0 (0)	0.8	1.0 (83.3)
	〃 25 〃			0 (0)	0	0 (0)

即ち短期間は大体に於て抑止されることが分るが、15 % 以下の加塩量で消化を抑制するために低温保存に俟たねばならぬことと分かる。

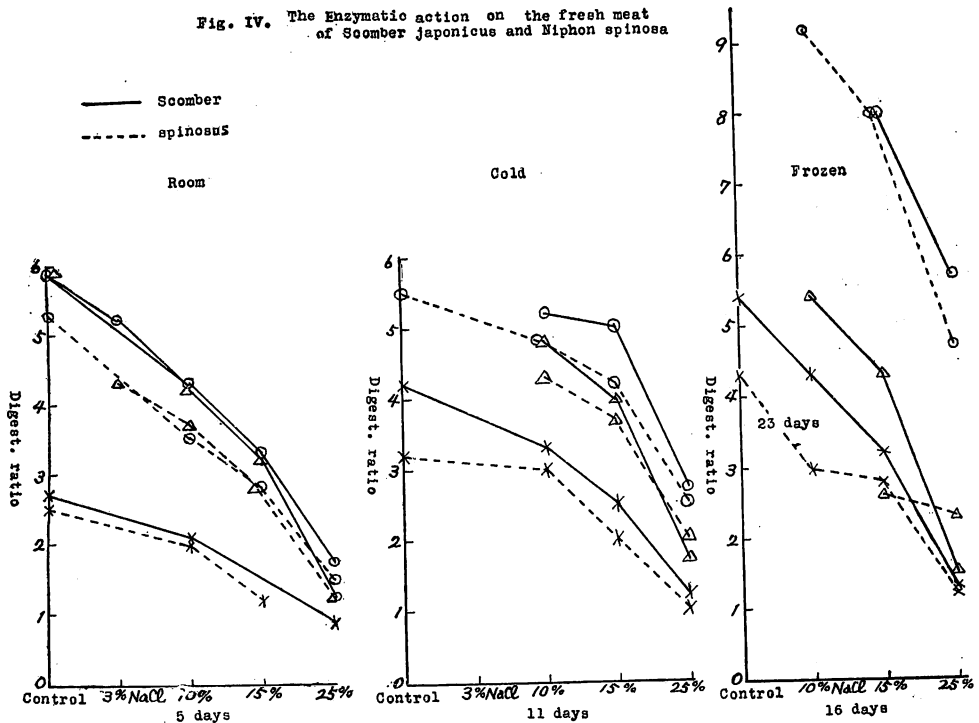
2. 数種の鮮魚肉基質に対する対照、塩蔵、冷蔵における酵素作用の測定結果は第7表及び第4図の通りである。

以上の結果については、魚肉そのものの酵素作用はこれを考慮に入れないことにした。赤肉魚と考えてサバ肉を、白肉魚としてカイワリ（アラ）、その中間色肉としてヒラアジを試料にえらんで用いた。

(1) 魚肉の種類によつて明かに酵素作用の差があることが示された。赤肉系のサバは後二者より常に上位の作用成績であつた。即ち室温、冷室においても塩蔵によつても上位を示すことはサバ肉本来の酵素力その他組成が異常であることを示すのではないかと考えた。但し凍結のみは近似的であつた。

〔蒲鉾原料としてサバは不適原料とされ時に少量添加用とされ、アラの如きは最も適する魚肉であるが高値のため用いられないだけである。〕

(2) 塩蔵効果はカゼイン基質についての結果と同様に作用時日の経過に伴い、当初5日目に表われて来なかつた効果が11日目からは表われて来ている。加塩量の差異による成績は漸く15 % 加塩において効果の緒を表わし始めていると思う。

Fig. IV. The Enzymatic action on the fresh meat of *Scomber japonicus* and *Nippon spinosa*

(3) 特に凍結によるもののうち加塩試料は期せずして抑止効果を示したが無塩試料は著しい消化をみた。

### 摘 要

魚肉及びその廃物利用の立場から数種の魚類の内臓より抽出した酵素液の作用について研究した。そしてその反面これらの酵素作用を鮮魚肉に試み抑制する実験をした。この酵素作用はトリプシン様酵素と考えて用いたがその結果は次の通りであつた。

(1) 試料に用いた魚種の範囲ではその酵素作用力はサバが著大でカツオが之に次いだ。此の結果は著者が先きに認知していたこと及び一般の経験と充分一致した。

(2) 内臓部位別にその酵素作用力をサバについて測定した結果、幽門垂、腸及び内臓全部よりのものが最大値を示し、カツオ幽門垂も之についだ。

(3) 酵素作用力に対する pH の影響では 8~9 が特に大きく、之は魚類の生活環境たる海水 pH に符合すると考えた。

(4) 温度による変化を 10~45°C 間で求めたが、この経過は夏季を除く通常気温に該当する 10~20°C 間ではやや緩慢であるが、20~30°C では 20°C 時の 2 倍半、30~40°C では約 5 倍、40~45°C の 5°C 間ですら約 5 倍の消化度を明示した。

酵素作用抑制の実験として鮮魚肉 (サバ、アラ、カイワリ 俗にヒラアジ) を基質としてこれにサバ幽門垂よりの酵素液を作用せしめた。尤も魚肉そのものの酵素作用は考慮に加えず行つたがその結果は次の通りであつた。

(1) 室温放置では実験実施時のような外気温 15°C 前後の場合は 5 日目位までは放置試料も加塩試料も大差がないが、10 日間を過ぎると差が大きくなつて来る。勿論 20°C を越えた場合大差ができることは摘要(4)で容易に想像される。

(2) 加塩量による効果は 3% 量は殆ど関係がない。10% 量加塩のものも抑制的效果は極めて弱く、15% 量において稍塩蔵の意義に副い始め 25% 以上でなければ抑止困難な経過を示した。又加塩量のみを増大しても温度の影響はそれを上廻ることあるを推知せしめた。

(3) 凍結によるときはその抑止効果が相当と考えた。実際その成績をみたが、加塩試料の場合確實で、加塩しない試料は意外に強度の作用を受けることを示した。之はもとより -17°C 程度の緩慢凍結では徐々に作用が進むものと考えられる。

(4) 其他の考察： これらのことは北洋（気温約 10°C）漁獲物に塩蔵処理を、南方では魚種にも関係するが専ら低温処理を妥当として実施せられ、又塩蔵魚と雖も冷温保蔵が通常とされるのは當を得たものと考える。

又魚類燻製の本来の冷燻が 20°C 以下の連続処理も以上の酵素作用の理と符合する。

又カツオ漁の海水氷は氷冷効果が主であることも察知出来るし、このままでは 3 週間の保蔵は相当無理なこととも思われる。

又 20% 加塩程度では長期塩蔵が困難なことをも示し塩醬品加工と思ひ合せることができる。

又糠製における石灰漬は 20°C 以下で行うが安全とされているが、これは pH の関係よりも温度による影響の方が大きいことを示していると思う。又脱灰時に此の内臓酵素を用いた場合、温度によつて相当の差異を生ずることが推察される。

以上により酵素作用力を通じて鮮魚保持、加工理念への実験結果の一端を示し得たと思う。

終りに本実験について助言を賜つた高田幸二教授、終始実験を担当して下さつた永吉秀夫氏、その他当教室各位及び試料をお寄せ下さつた枕崎水高西村行男教諭及び当学部田ノ上助教に感謝致します。

### Résumé

For the purpose of finding a further method to utilize fish-meat and waste, some researches were done about the enzymatic actions upon the internal organs of several fishes.

Namely, about the restraining effect of salting and cold storage over these enzymatic actions, some practical estimations were carried out. As the result of the estimations, the following items were clarified.

1. Among the various kinds of fishes, the mackerel and sardine was fixed to be most vulnerable to the effect of the enzymatic action, bonito following this.

2. As to the parts of internal organs, it was at pyloric coeca and intestines that the action showed the highest effect.



3. As to the range of pH it was most effective when pH showed 8, which was considered to be corresponding to the measure of pH intrinsic to the sea-water.

4. As to the variation of temp., within the limit of 10~45°C, beyond 20°C the action suddenly began to gain access to considerable amount, reaching its max. at 45°C. This phenomenon suggested to the writer the difficulty inevitably accompanied to the curing of dried matter in mid-summer under the blazing sunshine.

5. As to the effect of the action over the fresh fish-meat, beyond 10°C, even the salted one became more and more vulnerable to it.

6. Freezing showed an almost complete restrictive power to it.

7. In case of salted matter, it was fixed that its storing-power was not effective to the action unless under more than 15% NaCl.

8. This enzymatic action was considered to have enough applicability to be adapted to the deliming in the process of tannage.

#### 参 考 文 献

- (1) 江上外 6 名：標準生化学実験 P.207 (1953)