

日水研報告, (10) : 83-90 1962.

Bull. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab., (10) : 83-90, 1962.

魚肉の無機成分に関する研究

佃 信 夫

A Study on the Inorganic Substance Contents in Fish Muscle

BY

NOBUO TSUKUDA

Abstract

The contents of sodium, potassium, calcium, magnesium, phosphorous, iron and total ash in the fresh muscle were determined for ten species of fishes caught in the coastal water off Niigata Prefecture.

The results shown in Tables 1, 2 and 3, are summarized as follows.

1. The individual variation of the inorganic substance (six elements) contents within the same species is comparatively small, if the place and time of fishing, and the body length are same

2. The contents of total ash and inorganic substance (six elements) in the ash from bottom fishes are low, and especially potassium, magnesium, phosphorous and iron. But the inorganic substance contents of the flat fish (*Paralichthys olivaceus*) is correspond to that of the bream (*Chrysophrys major*) and the croaker (*Argyrosomus argentatus*), and the sodium content of the Alaska pollak (*Theragra chalcogramma*) are very high.

3. Contents of the sodium, the potassium, the calcium, and the magnesium in the protein of actomyosin fraction and water insoluble parts were determined. Their contents are very small.

4. The relation between the effect of rinsing for preventing the denaturation of the frozen muscle and the inorganic substance contents of the muscle was discussed.

I. 緒 言

魚類筋肉中には通常 1~1.5%程度の灰分を含有し、生理上重要な役割を営んでいる。灰分中に含まれる元素の種類は多いが、主な構成成分は K, Na, Ca, Mg, P, S, Cl, Fe の 8 元素であり、他は極微量に存在するに過ぎない。

過去におけるこの種の研究は断片的であり、またサンプルの状態が不明であつたり、測定方法にも問題があり、発表者によりかなり異つた値が報告されている。しかし最近になつて炎光光度分析技術の応用等により、魚肉についても Na, K については生化学的な面からの研究がかなり系統的に進められる様になつ

た。

魚肉蛋白質は魚種による差が著しく、加工原料としての適否等利用面からの制約を受ける事も多い。特にねり製品製造時における魚肉すりみの粘度や、すりみ放置中におけるいわゆる“坐り”や、加熱後の弾力等は魚種や鮮度により大きく変化する。この原因としては魚肉蛋白質のアクトミオシン区の量的問題と共に蛋白質の質的相違や含有無機成分の影響が指摘されているが、未だに不明の点が多い。そこで著者は魚類筋肉中における主要無機成分であり、加工原料としての魚肉蛋白質にも特に密接な関係を有すると思われる Na, K, Ca, Mg, P, Fe の6元素について分析を実施した。

もちろんこれらの成分は、生理的、環境的な状態により変化する事が考えられるが、とりあえず同一時期同一種内の個体変動と魚種間の差を知る事を主な目的とし、それに附ずいして水晒しした肉中の無機物やアクトミオシンとして沈澱せしめた蛋白質中の含量等についても、予備的な実験をこころみたのでその結果について報告する。

I. 材料と方法

1. 試料魚

試料魚としてマダイ (*Chrysophrys major*), ヒラメ (*paralichthys olivaceus*), イシモチ (*Argyrosomus argentatus*), イナダ (*Seriola quinqueradiata*), マサバ (*Scomber japonicus*), アカガレイ (*Hippoglossoides dubius*), ヤナギムシガレイ (*Tanakius kitaharai*), スケトウダラ (*Theragra chalcogramma*), マダラ (*Gudas macrocephalus*), アブラツノザメ (*Squalus suckleyi*) の10種を用いた。以上の魚種はいずれも新潟近海産のもので漁獲後1昼夜以内の材料を入手してサンプリングを行った。

MACLEOD (1960) 等の研究によれば冷却海水中に貯蔵したギンザケ肉中の Na, K 含量は24時間はほとんど変化しない。したがって本実験に使用した魚種においても、漁獲後海水氷あるいは砕氷がけで貯蔵されたものもあるが、筋肉内層部は漁獲前と無機物含量においてほとんど差がないものと思われる。

なおサンプリングは1960年11月14日から1961年2月1日迄の期間に実施したものであり、試料は魚体中央部よりやや頭部よりの最も肉厚部の背側筋を背骨に達する迄深く切り取り、その内層部のみ(血合肉を除く) 5~10gを採取して実験に供した。

2. 乾燥および灰化

試料中の水分は乾燥恒量法により定量し、その後電気が中で $420^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ で24~35時間灰化した。普通灰分の定義としては $550^{\circ}\text{C} \sim 600^{\circ}\text{C}$ で焼いた残渣を云うが、この場合には Cl の大部分と磷酸の相当な部分が消失するので、これらの元素の消失を出来るだけ防ぐと同時に炭素量を可及的に減少させる目的で上記の温度と時間によつた。この灰化处理によりわづかに黒灰が残存するので、灰分の割合は常法に比して稍高い数値を示す事が予想される。また磷酸の含量は湿性灰化でなければ、一部の消失はまぬかれ得ないので、上記の条件下における灰分中の含量と云う事で定量を行った。

3. 分析法

K, Na, Ca

上記3元素については分光光度計附属炎光装置(日立製 Epu 2型)による直読法で実施した。すなわち K は $768\text{m}\mu$, Na は $589\text{m}\mu$ における $1 \sim 10\text{ppm}$ の検量線により、また Ca は $554\text{m}\mu$ における $10 \sim 100\text{ppm}$ の検量線から試料溶液の定量を行った。

Mg, P, Fe

Mg は Titan yellow 法によつたが、実際の操作法は斎藤の著書(光電比色計による臨床化学検査, 斎藤正行)に準拠し、その一部を改変して $540\text{m}\mu$ の吸光度から測定した。

P, は Fiske & Subbarow 法 (I. Biol. Chem. 66, 375, 1952) に従い $773\text{m}\mu$ の吸光度から測定した。

Fe はチオシアン酸法で発色させ、このままでは微量のため定量が困難なので、発色後 n-ブタノール15 ml で抽出後 $485\text{m}\mu$ の吸光度から測定した。

Ⅲ. 実験結果ならびに考察

1. 水分および灰分の含量

漁船または市場より入手した鮮魚10種類について各魚種共各々5尾づつの生物学的調査と水分、灰分含量を測定した結果を第1表に示す。実験結果の数値は標本数に比較して変動係数は5~10%であるので比較的

第1表 試料魚の水分および灰分含量

魚種名	調年	査月	日	体長 cm	体重 gr	性別	水分 %	灰分 %	魚種名	調年	査月	日	体長 cm	体重 gr	性別	水分 %	灰分 %		
アカガレイ	35.11.16			23.0	174	♀	81.91	1.06	ヤナギムシガレイ	35.11.14			23.5	141	♀	79.98	1.27		
				24.6	179	♀	81.36	1.11					22.8	125	♀	80.42	1.26		
				24.0	167	♂	80.92	1.18					22.0	131	♀	80.46	1.23		
				25.0	234	♀	81.38	1.10					21.5	131	♀	79.91	1.22		
				22.8	174	♂	81.48	1.13					21.0	130	♀	79.64	1.15		
平均値						81.41	1.11	平均値									79.99	1.22	
S						0.35	0.05	S										0.30	0.05
ヒラメ	35.11.16			28.0	350	不明	79.08	1.48	スケトウダラ	35.12.5			44.2	822	♂(完熟)	81.41	1.17		
				27.5	344	♀	79.76	1.47					46.2	882	♂(完熟)	81.44	1.14		
				26.5	312	♀	80.07	1.42					44.0	597	♂(未熟)	82.08	1.15		
				24.5	232	♀	80.35	1.44					41.0	626	♀(一部放卵済)	81.20	1.21		
				11.26	27.0	248	♀	79.09					1.42	39.8	510	♀(完熟)	82.08	1.18	
平均値						79.67	1.44	平均値									81.64	1.17	
S						0.57	0.03	S									0.40	0.03	
タイ	35.11.14			18.6	187	不明	77.64	1.52	イシモチ	35.12.7			24.0	309	♀	77.30	1.28		
				17.5	164	♀	78.79	1.45					24.8	305	♂	77.83	1.31		
				17.8	157	♀	79.42	1.32					23.8	262	♂	77.61	1.35		
				17.2	157	♀	80.23	1.46					24.0	284	♀	77.31	1.28		
				17.5	178	♀	78.86	1.46					24.2	261	♂	77.99	1.26		
平均値						78.99	1.44	平均値									77.61	1.29	
S						0.95	0.09	S									0.28	0.04	
イナダ	35.12.8			37.2	820	不明	75.28	1.50	マダラ	36.1.24			58.0	2,600	♂(完熟)	81.91	1.29		
				38.0	840	♀	74.99	1.47					57.0	2,685	♂(〃)	80.35	1.34		
				37.0	752	♀	75.12	1.56					57.5	2,520	♂(〃)	80.62	1.43		
				37.6	864	♀	74.49	1.31					61.8	2,950	♂(〃)	79.63	1.40		
				37.8	864	♀	75.44	1.43					57.5	2,460	♂(〃)	80.82	1.30		
平均値						75.06	1.45	平均値									80.66	1.35	
S						0.30	0.09	S									1.38	0.06	
サバ	36.1.26			36.7	621	♂	74.61	1.48	アブラツノザメ	36.2.1			96.0	4,680	♀胎内に稚子	68.58	1.33		
				37.5	611	♀	72.68	1.65					101.0	5,000	♀	69.44	1.20		
				35.6	715	♀	70.19	1.45					107.0	4,700	♀	63.49	1.16		
				35.2	554	不明	74.82	1.67					99.0	4,370	♀	66.48	1.34		
				34.0	540	♀	75.02	1.59					104.0	5,250	♀	68.71	1.46		
平均値						73.46	1.56	平均値									67.34	1.29	
S						2.23	0.10	S									2.42	0.12	

註 S = 標準偏差

標本間の差は小さいから以下その平均値を用いて比較することとした。

水分含量はスケトウダラ、アカガレイ、マダラ、ヤナギムシガレイ、ヒラメ等の底棲魚は79~82%と高くタイ、イシモチでは77~80%と中位の値を示す。しかし底棲魚の中でもヒラメは平均79.7%であり、タイの平均79.0%に近い。またイナダ、サバは72~75%であり、一般に運動の激しい魚種では水分含量が低いようである。しかしアブラツノザメは筋肉中に油脂分が多いためか平均水分は67.3%と最も低かった。

灰分は1.0~1.7%の範囲内にあり、アカガレイ、スケトウダラの平均1.1%を最低とし、マダラ、ヤナギムシガレイ、イシモチ、アブラツノザメの1.2~1.3%とやや高くなり、更にヒラメ、マダイ、イナダでは

1.4%内外となり、サバは最も高く平均 1.56%を示す。大体において灰分量の高い魚種は運動の活潑な魚種に多く、水分含量と逆の相関関係がある程度見られるようである。ただしアブラツノザメは例外的であり、またヒラメは底棲魚ではあるが、水分・灰分共にタイヤインモチに近い。筋肉中の無機物なかんずく磷酸や加里は運動と密接な関係を有するので、エネルギー源の豊富な魚種では総体的に灰分量も多くなるものと思われる。

2. 灰分中の Na, K, Ca, Mg, P, Fe の含量

水分および灰分を測定した後の試料について上記 6 種の無機物含量を定量した結果を第 2 表に示す。

第 2 表 筋肉中の Na, K, Ca, Mg, P, Fe の含量

	アカガレイ	ヒラメ	タ イ	ヤナギムシガレイ	スケトウダラ	インモチ	イナダサ	ハマダラ	アブラツノザメ	
Na	53.2	51.9	65.5	55.7	89.1	46.7	58.6	50.5	40.6	54.6
	52.9	60.6	75.3	77.5	104.2	53.3	43.4	34.5	41.7	54.2
	54.0	49.8	72.9	61.3	123.7	49.1	38.2	36.2	35.6	64.0
	54.1	47.3	79.4	63.7	110.5	58.6	59.5	33.6	38.4	66.7
	55.1	49.7	65.1	68.7	117.5	57.2	38.4	34.6	36.5	60.9
平均値	53.8	51.8	71.6	65.3	109.0	52.9	47.6	37.8	38.5	60.0
S	0.87	5.15	6.28	8.21	13.3	6.04	10.8	7.13	2.60	5.60
K	387.2	495.8	537.0	446.6	433.5	504.9	474.5	491.8	428.7	365.8
	374.6	483.8	488.7	422.4	411.3	499.1	520.5	483.2	433.7	396.0
	399.6	477.5	442.8	443.6	390.1	510.5	516.3	452.7	442.8	351.7
	376.6	498.0	504.8	419.0	397.3	445.6	494.7	496.5	444.1	354.4
	377.4	500.7	527.0	415.6	398.3	456.8	518.3	516.1	434.0	379.2
平均値	382.0	491.1	500.0	429.4	406.1	483.4	504.8	488.0	436.6	369.4
S	13.6	13.2	38.1	15.9	17.1	29.4	21.7	24.7	10.4	18.9
Ca	12.3	13.5	11.5	13.4	11.1	14.1	12.9	12.7	12.8	12.4
	10.9	14.3	12.5	12.5	11.3	12.1	15.5	13.7	13.4	13.0
	11.1	15.9	12.0	13.2	11.8	12.9	12.7	12.2	12.5	11.9
	11.0	13.0	12.1	14.0	11.7	12.5	12.8	13.4	13.4	12.4
	10.9	15.6	12.5	13.8	11.6	13.5	12.9	13.6	13.3	12.9
平均値	11.2	14.4	12.1	13.3	11.5	13.0	13.3	13.1	13.1	12.5
S	0.60	1.28	0.41	0.59	0.29	0.79	1.20	0.65	0.42	0.45
Mg	20.8	30.3	28.4	24.9	21.6	24.4	25.7	22.5	17.1	13.5
	17.1	29.7	26.5	22.1	19.1	23.2	25.2	22.3	18.1	14.6
	19.8	27.2	26.7	22.7	19.4	25.1	26.7	20.0	18.3	13.1
	17.9	27.1	24.5	23.3	21.8	62.8	27.8	24.1	18.6	16.4
	18.2	26.0	29.1	22.2	17.1	26.9	22.6	24.4	17.4	16.7
平均値	18.7	28.0	27.0	23.0	19.8	25.3	25.6	22.6	17.9	14.8
S	1.50	1.80	1.80	1.13	1.95	1.60	1.95	1.75	0.62	1.65
P	150.0	220.8	224.0	170.3	160.1	222.6	248.2	212.5	183.3	125.3
	150.0	225.6	219.6	156.9	164.2	204.2	276.8	210.5	152.8	138.7
	180.4	217.8	206.2	163.1	150.1	209.1	282.8	170.4	146.6	120.2
	153.8	210.0	208.8	161.2	166.0	212.8	253.6	216.0	158.0	129.6
	161.7	204.2	219.3	165.9	159.6	230.4	230.0	203.7	176.9	169.0
平均値	159.1	215.6	215.5	163.4	160.0	215.8	258.2	202.6	163.4	136.5
S	14.0	10.8	10.1	7.51	6.16	11.8	22.8	18.8	17.3	19.9
Fe										
平均値	126.5	250.7	299.4	122.3	156.7	275.0	416.7	291.8	190.0	181.5

註 (1) 単位=生肉 100g 中のmg Feのみ7単位で示す。

(2) S=標準偏差

Na, K の含量

Na 含量はサバとマダラが低く 40mg% 内外であるが、他の魚種では 50~70mg% を示し、スケトウダラの

みは 100mg%以上になつている。またKの含量はいづれの魚種も灰分中最大の割合を占め、ヒラメ、タイ、イシモチ、イナダ、サバでは 500mg%前後であるが、その他の魚種では370~440mg%程度である。

MCBRIDE and MACLEOD (1956) はBritish Columbia 海における重要魚類6種の Na, K含量を測定し、Na は 50~80mg%, K は 330~485mg%の測定値を得、また Na に関しては同一漁場で漁獲されても魚体の大小により差を生じ、更に漁期の始めと終り頃でも差を生じたと述べている。

また THURSTON and OSTERHANG (1960) は数種魚類の Na 含量を測定し、大西洋側の魚類は 48~81mg%で平均は62mg%、太平洋側では34~91mg%で平均は68mg%であつたと報告している。

これらの結果と著者の得た値は近いが、ただスケトウダラの Na 含量が異常に高い。市場から購入した試料であるから生活状態の含量とは異なつた状態が生じたものとも思われるが、それにしても死後24時間内の内層筋肉であり、生活時筋肉内の Na 含量が常時100mg%程度存在するものかどうかについては更に多くの測定を実施した上で考察したい。

次にKについては既にのべた様に運動の活潑な魚種が大体において多く、また陸上の動物筋肉と比較して魚類筋肉のK含量は総体的に高い値を示すが、反対に Na 含量はやや低いようであるKイオンが静止および働作電位の主役を演じた筋蛋白と結びついてアクトミオシンとATP反応の仲介となる事実等から考え、魚肉のK分布は興味ある問題であろう。

Ca, Mg の含量

第2表に示す様に魚肉中の Ca 含量は著るしく低く 10~15mg% の範囲内にある。魚種毎の差も明確ではなく、低い方ではアカガレイ、スケトラダラの11mg%内外であり、最も高いヒラメにおいても平均値は14.4mg%であつた。Ca に比して魚肉中の Mg は量的に相当上まわり最も低い値を示すアブラツノザメで 15mg%程度であり、マダラ、アカガレイ、スケトウダラでは17~20mg%であるがヒラメ、タイ、イシモチでは25~28mg%含有している。アクトミオシンとATPとの関係において Mg が一定の役割を持つことからKと同じ意味で生理上重要な役割を果すものと考えられ、ひいては加工原料としての魚肉蛋白の特異性にも、何等かの関係を有するものと思われる。

P, Fe の含量

Pについては先に述べた様に灰化中に相当量の消失が考えられるが、この灰分中における含量としての魚種間の差を見ると、アブラツノザメが最も低く136mg%であり、タラ類やカレイ類がそれについて低く160mg%内外であるが、タイ・イシモチ・イナダ・サバとヒラメは 200mg% 以上の平均値を示し、特にイナダは260mg%と最も高い。中野(1960)は魚肉中のP含量について研究し、小サバの場合季節的な変化もあるが平均 266mg%であり、フナでは平均 180mg%と魚種による差が著るしく、同一魚種内における先天的個体差はきわめて少ないが、生活環境や採取試料の状態等が大きな個体差を示すものである事を明らかにしている。

著者の測定値はサバの場合約 200mg%であるが、これは前記のように湿性灰化によらなかつたための消失と考えられる。しかしながら第2表の結果から活動性の強い魚種程Pの含量も一般的に高い。ただしヒラメのみは他のカレイ類やタラ等の底棲魚と異なり、無機物のすべてにおいてタイやイシモチと近似した値を示す事は興味ある事実である。

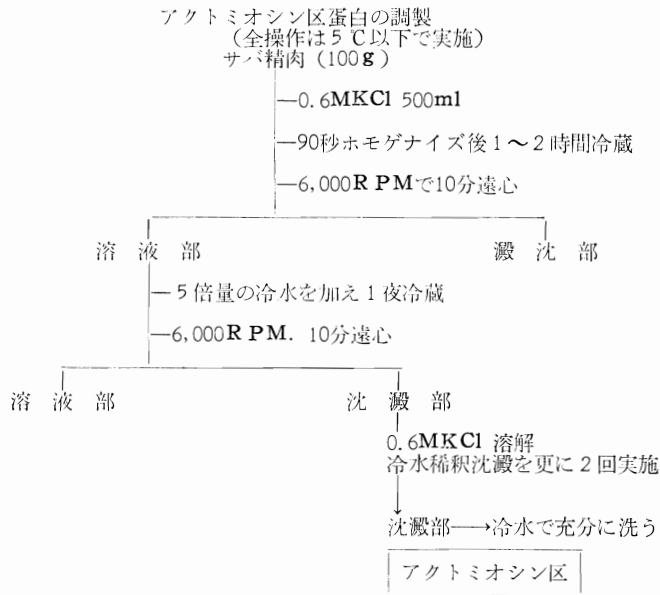
Fe の含量は著るしく低く、従来の文献値よりかなり低い。したがつて濃度の関係から定量操作上各魚種共5尾の平均値として測定を実施した。サメ・タラ・アカガレイ等自身の魚は低く、200γ以下であるが、ヒラメ・タイ・イシモチ・サバでは250~300γとなり、イナダが最高で約400γの値を示した。Fe の含量についても筋肉の運動や代謝と密接な関連を有するものと思われる。

3. サバ肉アクトミオシン区蛋白および水さらし肉中の塩基含量

魚肉中に含まれる無機物は水さらしによつて如何なる変化を受けるものであろうか、またアクトミオシン区に蛋白質にはどの程度無機物を含有するものであろうか。これらの点に関してサバ肉を使用して実験を行った結果を第3表に示す。

水さらしの方法としては精肉の10倍量の蒸溜水を加え、泡止めブレンダーで1分30秒ホモゲナイズした後1~2時間冷蔵庫中に放置し、後 6,000R PMで10分間遠心して溶液部を流去し、管底の固形物を採取した。同様の操作を3回、5回実施して3回水洗区、5回水洗区とした。

またアクトミオシン区蛋白の調製はつぎの方法によつた。



第 3 表 サバ肉のアクトミオシン区蛋白質および水さらし肉の塩基含量

使用生肉 g	アクトミオシン 区乾物収量 g	アクトミオシン 区灰分 mg	灰 分 % (アクトミオ シン区に対 し)	灰 分 % (生肉に対し)	アクトミオシン区灰分中の 塩基mg			
					Na	K	Ca	Mg
100	8,132	73.0	0.9	0.073	2.60	11.7	0.60	0.18

水洗回数	乾 物 %	乾 物 収 量 (生肉を100 として)	灰 分 % (乾物に対し)	灰 分 % (生肉灰分を 100として)	水さらし後の塩基 (mg) (生肉 100g に対して)			
					Na	K	Ca	Mg
0	27.57	100	5.42	100	35.6	428.0	12.1	24.0
1	18.39	66.7	0.82	10.04	3.85	14.7	1.0	0.55
3	18.08	65.6	0.35	4.08	3.55	1.1	0.8	0.18
5	17.58	63.4	0.33	3.98	2.50	1.0	0.8	0.17

第3表の結果からアクトミオシン区蛋白および水さらし肉中の灰分は著るしく減少する事が明らかである。すなわちアクトミオシン区蛋白では0.073%の灰分であるから生肉の灰分約1.5%と比較すると、残存量は約5%に過ぎず、また水さらし肉の場合も1回の処理で灰分の90%は失われ、3回の場合には96%が失われる事となる。

更に灰分中の塩基含量の分析結果からも、Na, K, Ca, Mgの残存量は微量であり、特にK, Mgは減少の度合が著るしい。

アクトミオシン区蛋白の場合溶解に使用するKClの影響のせい、水さらしの場合に比してKの残存量が多い結果を示した。しかしながら魚肉蛋白質中の水不溶部分には極微量の塩類が存在するに過ぎず、大部分は遊離の状態かあるいはゆるく蛋白と結合した形であり、水さらし等の処理によりその大部分が容易に失

われる事が明らかである。

ねり製品製造の際一般には製品の品質向上のため水さらしを行うが、水さらしの効果の1つとして不要の塩類を除去すると云う事が指摘され、また魚肉の凍結貯蔵に際して生ずる蛋白変性についても1種の塩変性ではないかと云われている。西谷(1960)はスケトウダラ凍結すりみの研究から、水さらしを充分に行い塩類含量を出来るだけ少なくする事が凍結すりみの変性防止の要点であると述べている。

しかしながら第2表に示した結果からイシモチやサバはスケトウダラと比較して灰分含量が高く、灰分中の各々の無機成分にしてもNa以外はスケトウダラより多く含んでいる。それにもかかわらず、これらの魚類を凍結貯蔵した際、イシモチやサバは比較的凍結変性されにくく、スケトウダラに比して数倍の凍結貯蔵能を有する(佃, 1959・1961)。また西谷(1960)は凍結すりみ製造には塩類の除去と共に糖と磷酸塩の添加によつて始めて長期の凍結貯蔵が可能であると述べている。

以上の様な観点から考察すれば凍結による蛋白の変性を塩類の作用にのみ帰する事は困難であり、何等かの保護物質の存在が考えられる一方、物理的な筋繊維の構造状態等も考慮するべきであろう。また魚肉中の無機物の含量についてねり製品の原料学的観点から見ると、一般に強足原料と云われる魚種ではKやMgの含量が高い事も興味ある事実であり、この事も筋肉の収縮能其の他と何等かの関係を有するものではなからうか。

IV. 要 約

1. 新潟近海産の魚類10種について筋肉中の灰分含量と灰分中の Na, K, Ca, Mg, P, Fe の含量を測定した。
2. 漁場, 漁獲時期, 魚体の大きさ等を大体一定にした場合の同一魚種内における筋肉中の無機物(6元素)の含有量はそれ程大きな変動巾を示さない。
3. 底棲魚類は灰分含量および灰分中の無機物の含量は大体において低い数値を示す。ただしヒラメはタイやイシモチに近く、スケトウダラの Na 含量は特異的に高かった。
4. 活動の旺盛な魚種は大体において K, Mg, P, Fe の含量が高く、ねり製品として強い弾力を与えるといわれる魚種は概して K, Mg を多く含むようである。
5. アクトミオシン区蛋白および水さらし肉の灰分とその塩基含量から、筋肉内の無機物は大部分が水溶性であり、水不溶蛋白部と固く結合した塩基は極めて少量である。
6. 凍結魚肉の蛋白変性や、ねり製品製造の際の水さらし工程においていわれる無機物の影響について考察した結果、塩類の影響のみでなく他に未だ充分に明らかにされていない要因の存在する事を推察した。

本研究にあたり御指導ならびに本稿の御校閲をいただいた野口栄三郎利用部長に厚く御礼申し上げます。

文 献

- MCBRIDE, J. R., and R. A. MACLEOD (1956). The sodium and potassium content of British Columbia sea foods. II Some commercially important fresh fish. *Fis. Res. B. Canada, Prog. Rep. of the Pac. c. Stations.*, No. 105: 19-21.
- MACLEOD, R. A., R. E. E. JONAS and J. R. MCBRIDE (1960). Fish storage effects, sodium ion, potassium ion, and weight changes in fish held in refrigerated sea water and other solutions. *J. Agr. Food. Chem.*, 8 (2): 132-136.
- 中野 智夫 (1960). 魚類筋肉内磷化合物の生理化学的研究. 日水誌, 26(12): 1192-1197.
- 西谷 喬助 (1961). 煉製品原料としての摺身の凍結について. 冷凍, 36(403): 3-15.
- THURSTON, C. H. (1958). Sodium and potassium in the edible portions of 34 species of fish. *J. of the Am. Diet. Assoc.*, 34(4): 396-400.
- 佃 信夫・野口栄三郎 (1959). 冷蔵および冷凍中における魚肉の変化. 日水研年報, (5): 149-156.
- 佃 信夫 (1961). 真空包装凍結魚肉の蛋白質について. 水産物の利用に関する共同研究, (2): 138-145.

