

日水研報告, (10): 99-106, 1962.

Bull. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab., (10): 99-106, 1962.

魚肉ゲルの性状に関する研究

Ⅵ. 魚肉のアクトシオンに及ぼすピロリン酸ソーダの作用について¹

山 本 常 治

Studies on the Nature of the Fish Meat Gel

VI. On the Influence of Sodium Pyro-phosphate upon the Actomyosin of Meat

BY

JOJI YAMAMOTO

Abstract

A study was made on the influence of sodium pyro-phosphate, calcium chloride and magnesium chloride upon the actomyosin solution prepared from three species of marine fishes (*Argyrosomus argentatus*, *Theragra chalcogramma* and *Hippoglossoides dubuis*) by the methods of viscosity measurement and sedimentation analysis. The obtained results indicated that sodium pyro-phosphate shows an action to decompose actomyosin into myosin and actin, whilst magnesium chloride promotes the decomposition and calcium chloride inhibits this reaction.

I. 緒 言

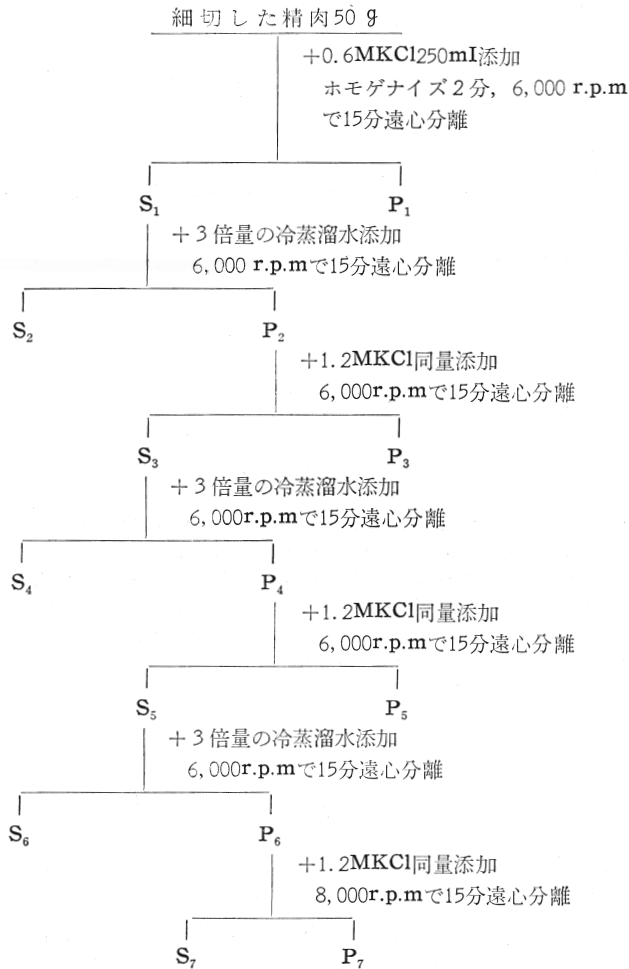
魚肉に食塩及びピロリン酸ソーダを併用してホモゲナイズした場合、グチを始めとして大多数の魚肉ではピロリン酸ソーダによる粘度 (CP)低下は極めて著しかったが、アカガレイ及びスケトウダラ等では粘度(CP)低下はそれほど顕著ではなく特にアカガレイの場合にはこの傾向が著しかった。(著者等, 1960) それでこれらのピロリン酸ソーダの作用が魚種によつて相異なる事実を更に明確にする中からこれらの原因を追求したいと考えた。そしてこれらの魚肉のアクトシオンを精製分離し、アクトシオン溶液に及ぼすピロリン酸ソーダの作用を粘度(η_0)測定及び沈降分析等によつて比較検討したのでその結果について報告する。なおアクトシオン溶液の沈降分析並びに分析結果に有益な御意見をいただいた新潟大学理学部菅野浩助教授ならびに渡辺いく子助手、実験結果の検討御批判をいただいた東海区水産研究所松本重一郎技官、また本研究の機会をあたえていただいた日本海区水産研究所長内橋潔先生ならびに本研究の実施にあたり御指導と本稿の御校閲をいただいた利用部長野口栄三郎先生の各位に厚く御礼申上る。

¹ 日本水産学会 36年度年会で発表(東京,昭36.4)

I. 実験方法

アクトミオシンの分離調整法：第1図に示したように0.6Mの塩化カリで抽出したものを冷蒸溜水でイオン強度0.2で沈澱させ、更に1.2M塩化カリでイオン強度を0.6にして溶解し、これらの沈澱、溶解を3回繰返した。

粘度 (η_0) 測定法：精製したアクトシオシン溶液10.0ccに0.1Mピロリン酸ソーダ1.0 cc或は0.005M塩化マグネシウム、塩化カルシウム等を添加してその10ccをオストワルドNo.2の粘度計にとり20℃の恒温構内で常法により測定した。



第1図 魚肉のアクトミオシンの精製分離

沈澱分析：アクトミオシン溶液の沈澱分析は新潟大学医学部のベックマンのスピノコE型超遠心機を使用した。回転速度は50,000~55,000 r.p.m, 13~16℃で4分或は8分ごとにセットした。なおアクトシオシン溶液は分離してから沈澱分析するまでに大凡3~6時間を経過した。

窒素の定量：キルダール氏法による。

Ⅲ. 実験結果

実験-I 粘度 (η_0) の測定

第1表 アクトミオシン溶液に及ぼすピロリン酸ソーダ及び塩化マグネシウムの影響

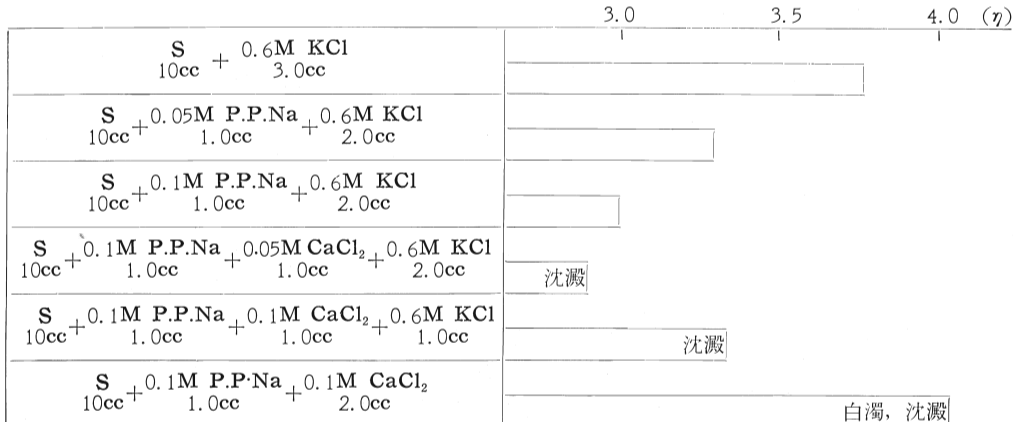
魚種	蛋白濃度 (%)	0.6M KCl (η_0)	0.6M KCl 0.1M P.P.Na (η_p)	$\frac{\eta_0 - \eta_p}{\eta_0} \times 100$ (%)	0.6M KCl 0.1M P.P.Na 0.05M MgCl ₂ (η_{mg})	$\frac{\eta_0 - \eta_{mg}}{\eta_0} \times 100$ (%)
グチ	0.65	4.648	4.258	8.39	2.390	48.58
	0.34	2.490	2.360	5.22	2.020	18.88
	0.40	2.709	2.414	10.89	1.987	26.65
スケトウダラ	0.35	2.420	1.800	25.62	1.462	39.67
	0.45	3.758	3.086	17.88	2.060	45.79
	0.34	2.412	1.346	44.44	-	-
アカガレイ	0.40	3.346	3.340	0.18	2.333	31.34
	0.45	3.783	3.877	-2.48	2.155	44.42
	0.35	2.922	3.104	-6.22	1.776	39.22

第1表はグチ、スケトウダラ及びアカガレイの精製したアクトミオシンに及ぼすピロリン酸ソーダ及び塩化マグネシウムを併用した場合の粘度 (η_0) 変化を示した。グチのアクトミオシン溶液にピロリン酸ソーダを単独に添加した場合の粘度低下は10%程度であるが塩化マグネシウムを併用した場合の粘度低下は30%以上に達する。スケトウダラのアクトミオシン溶液ではピロリン酸ソーダ添加のみでも粘度低下は著しく、塩化マグネシウムを併用した場合には更に低下し40%以上になる。アカガレイのアクトミオシン溶液ではピロリン酸ソーダ単独のみでは粘度低下は殆んどみられず逆に僅かばかりであるが増加する傾向もみられる。しかし塩化マグネシウムを併用した場合には粘度低下は著しくなりグチやスケトウダラのアクトミオシン溶液にみられるように40%近くに達する。

第2表 アクトミオシン溶液に及ぼすピロリン酸ソーダ及び塩化カルシウムの影響

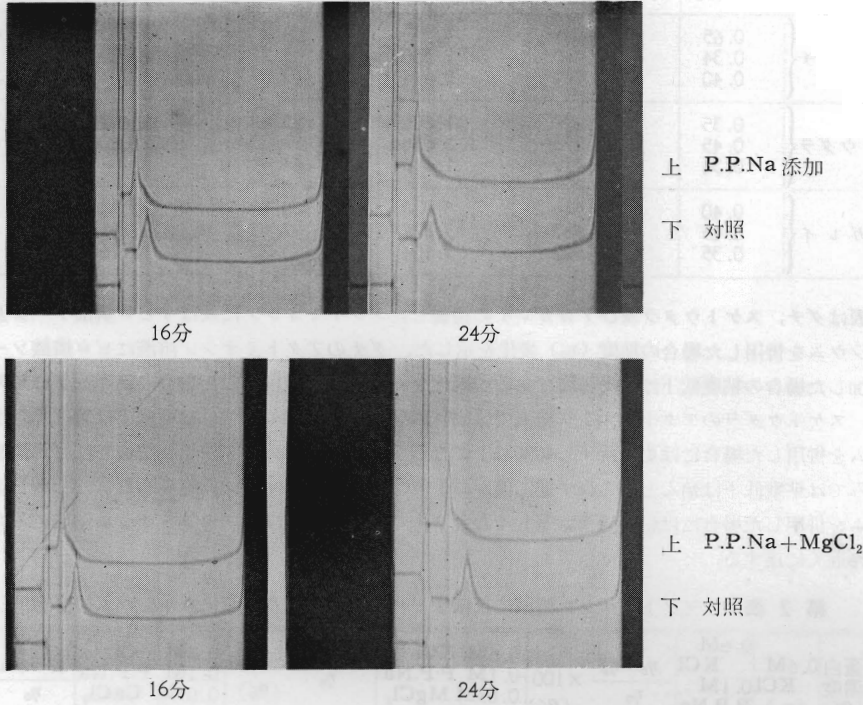
	蛋白濃度 (%)	0.6M KCl (η_0)	0.6M KCl 0.1M P.P.Na (η_p)	$\frac{\eta_0 - \eta_p}{\eta_0} \times 100$ (%)	0.6M KCl 0.1M P.P.Na 0.05M MgCl ₂ (η_{mg})	$\frac{\eta_0 - \eta_{mg}}{\eta_0} \times 100$ (%)	0.6M KCl 0.1M P.P.Na 0.05M CaCl ₂ (η_{Ca})	$\frac{\eta_0 - \eta_{Ca}}{\eta_0} \times 100$ (%)
ヒラメ	0.47	4.145	3.799	3.35	2.148	4.818	3.687	11.05
グチ	0.40	2.709	2.414	10.89	1.987	26.65	2.331	13.95

第2図 ピロリン酸ソーダによるアクトミオシン溶液の粘度 (η_0) 低下に及ぼす塩化カルシウムの抑制作用

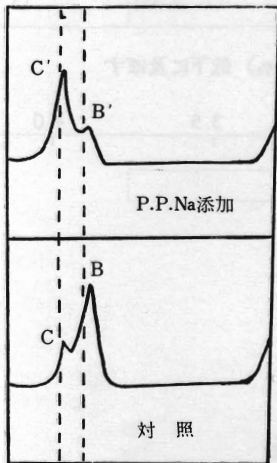


塩化カルシウム添加の影響については、第2表及び第2図に示す如く塩化マグネシウムと同濃度の塩化カルシウムを添加した場合にはピロリン酸ソーダの粘度低下を抑制することができない。しかしながら塩化カルシウムの添加量をピロリン酸ソーダと同量添加した場合にはピロリン酸ソーダによる粘度低下はいくらか抑制され、更に2倍量添加した場合には粘度は更に上昇するがアクトミオシン溶液は直ちに白濁し沈澱を生ずる。

実験 - II 沈降分析

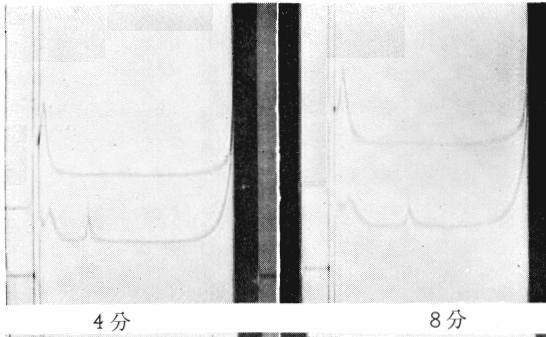


第3図 a グチのアクトミオシン溶液の沈降分析



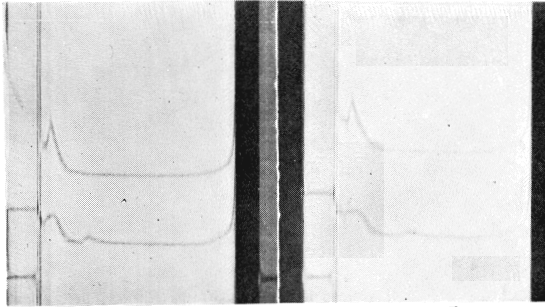
第3図 b

第3図aはグチのアクトミオシン溶液にピロリン酸ソーダ及び塩化マグネシウムを併用した場合の沈降分析図で第3図bはその略図である。即ちグチのアクトミオシン溶液を超速心分離した場合にはピークB及びピークCに相当する二つの分散系がみられるが大部分は沈降定数7.8を示す分散系(ピークB)であるように思われる。そしてこれにピロリン酸ソーダを添加した場合には逆にピークBに相当する分散系(ピークB)の面積が極めて少なくなりピークCに相当する分散系(ピークC')が大部分を示めるようになる。ピークCの沈降定数は4.5である。またピロリン酸ソーダと塩化マグネシウムを併用した場合にはピロリン酸ソーダのみ添加した場合と全く同様で特別な変化はみられないように思われる。次のスケウダラのアクトミオシン溶液の場合には(第4図a, b)グチのアクトミオシン溶液にみられたピークB及びピークCに相当する二つの分散系のほかに沈降定数の大きな($S=36.9$)分散系(ピークA)が存在する。そしてこれにピロリン酸ソーダを添加した場合には沈降定数の大きな分散系(ピークA)は消失してピークBに相当する分散系(ピークB')の面積が増加する。ピロリン酸ソーダと塩化マグネシウムを併



4分

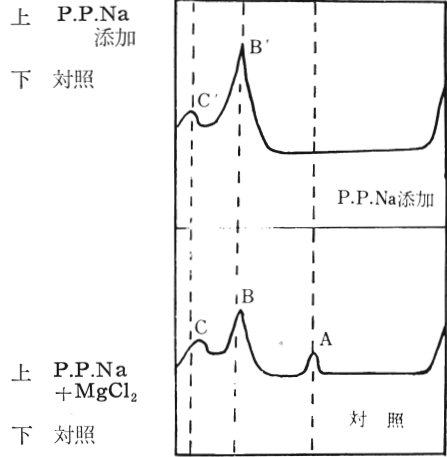
8分



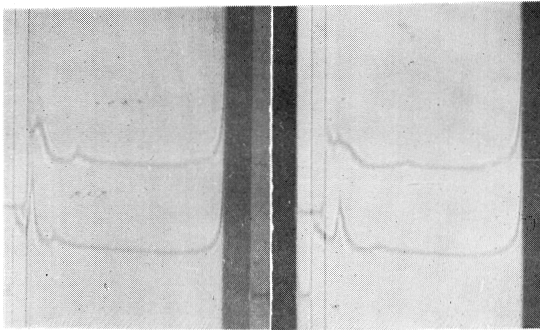
4分

8分

第 4 図 a スケトウダラのアクトミオシン溶液の沈降分析

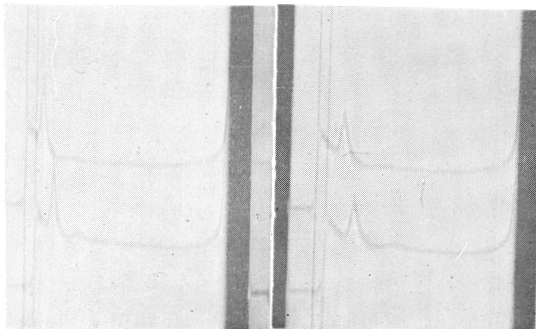


第 4 図 b



4分

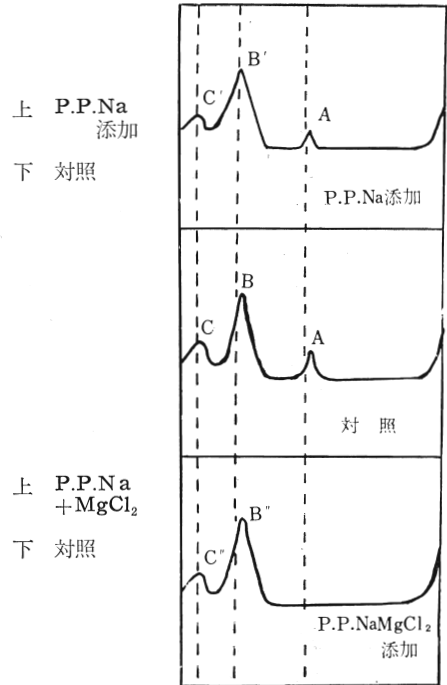
8分



4分

8分

第 5 図 a アカガレイのアクトミオシン溶液の沈降分析



第 5 図 b

用した場合、対照のピークB及びピークCに相当な分散系の分離があまり明瞭でなく多分散状を示すが塩化マグネシウムを併用した場合にはピークAの分散系が消失し、ピークB'の面積が増加することなどはピロリン酸ソーダのみ添加した場合と同様な変化を示すように思われる。アカガレイのアクトミオン溶液ではスケトウダラのアクトミオン溶液同様3つの分散系がみられる(第5図a, b)そしてピロリン酸ソーダを添加した場合でもピークAの分散系の変化は全然みられなくピークB及びピークCは多分散状態をとりこれらの変化はあまり明瞭ではない。しかしピロリン酸ソーダと塩化マグネシウムを併用した場合には沈降定数の大きなピークAの分散系は殆んど消失しピークBに相当する分散系(ピークB')は僅かながら増加するように思われる。なおスケトウダラ、アカガレイ等の沈降定数の大きな分散系はアクトミオン溶液を冷蔵庫に一晩放置した場合には消失する。

IV. 考 察

グチの精肉に食塩及びピロリン酸ソーダを添加してホモゲナイズした魚肉ゾルの粘度(CP)は著しく低下するが、アカガレイ、或はスケトウダラ等ではそれほど低下せず特にアカガレイの場合にはこの傾向が著しかった。(著者等、1960)

精製したアクトミオン溶液にピロリン酸ソーダを添加した場合の粘度(η_0)変化ではアカガレイの場合には魚肉ゾルと同様にピロリン酸ソーダのみ添加した場合には粘度(η_0)低下は殆んどみられなかつた。しかしながらスケトウダラの場合では粘度(η_0)低下は40%にも達しグチの粘度(η_0)低下よりも大きくなっている。(第1表)沈降分析の結果ではグチのアクトミオン溶液ではピークB及びピークCの2つの分散系がみられる、そしてピロリン酸ソーダを添加した場合にはピークBの分散系の面積が極めて小さくなりピークCに相当な分散系(ピークC')の面積が増加する。(第3図a, b)一方スケトウダラのアクトミオン溶液では3つの分散系が観察され、ピロリン酸ソーダを添加した場合には沈降定数の一番大きな分散系(ピークA)が消失してピークBに相当する分散系(ピークB')の面積が増加する。(第4図a, b)またアカガレイの場合にはスケトウダラと同様に3つの分散系を示すがピロリン酸ソーダを添加した場合でもピークAの分散系は消失せずまたピークB及びピークCの分散系は多分散状態を示す。(第5図a, b)即ちアカガレイのアクトミオン溶液のようにピロリン酸ソーダを添加した場合に粘度(η_0)低下がみられないものでは沈降分析の結果でも分散系の変化は殆んどみられず、またグチ及びスケトウダラのようにピロリン酸ソーダの添加によつて粘度(η_0)低下がみられる場合には沈降分析の結果でも沈降定数の大きな分散系が消失、或は小さくなり、沈降定数の小さな分散系の面積が増加することが判明した。これらのことはこの実験結果の限りではアクトミオンがピロリン酸ソーダの添加によつてミオンとアクチンに分離したと考えてもよいのではないと思われる。そして $AM \rightarrow M+A$ のときにアクチンが F-アクチンで止まっているとすれば超遠心では早期に沈降してしまふだろうから(松本, 1961)図形からは $AM \rightarrow M$ だけのように見え、例えばグチのアクトミオン溶液の場合には $AM \xrightarrow{P, P, Na} B \rightarrow C'$ 、スケトウダラの場合には $AM \xrightarrow{P, P, Na} A \rightarrow B'$ の変化として観察されるのではないかと想像される。一方図形からはアカガレイのアクトミオン溶液の場合にはピロリン酸ソーダの添加のみでは $AM \rightarrow M+A$ の反応が進行しないのではないかと想像されるがこの理由についてはよくわからない。しかしピロリン酸ソーダのみでは粘度(η_0)低下がみられなかつた場合でも塩化マグネシウムを添加することによつて粘度(η_0)低下は著しく促進され、グチ或はスケトウダラのアクトミオン溶液の場合でも塩化マグネシウムの併用によつて粘度(η_0)低下は更に促進される。沈降分析の結果ではグチ或はスケトウダラのアクトミオン溶液のようにピロリン酸ソーダの添加のみでも大きな分子の分散系から小さな分子の分散系に移行するものでは塩化マグネシウム添加の促進効果はそれほどよく観察されなかつたが、アカガレイのアクトミオン溶液のようにピロリン酸ソーダの添加のみでは分散系の変化がみられなかつたものでも塩化マグネシウムを併用することによつてスケトウダラと同様に沈降定数の一番大きなピークAが消失することが観察された。塩化カルシウム添加の影響は第2表及び第2図に示した如く塩化マグネシウムと同濃度の添加量では粘度低下の抑制効果がみられないが、ピロリン酸ソーダの添加量と同量以上添加した場合にはピロリン酸ソーダによる粘度(η_0)低下の抑制効果がみられた。三宅(1959)は精製したアクトミオン溶液の

粘度 (η_0) に及ぼすピロリン酸ソーダ、塩化マグネシウム及び塩化カルシウムの影響をオストワルドの粘度計で測定し、アクトミオシン溶液にピロリン酸ソーダと塩化マグネシウムを併用した場合、アクトミオシン溶液の粘度 (η_0) は急激に低下するが塩化カルシウムを併用した場合には対照と同様な粘度を示すこと、またこれらの化学的裏付けとして上澄液の窒素量を測定しピロリン酸ソーダによる上澄液中の窒素量の増加はアクトミオシン区分の解離であると解釈して、塩化マグネシウムを加えた場合には上澄液中の窒素量が更に増加すること、塩化カルシウムを加えた場合には逆に少く対照とほぼ同量になることからマグネシウムイオンは $AM \rightarrow M + A$ の反応を促進し、カルシウムイオンは逆に抑制するとのべている。マグネシウムイオンの促進作用については粘度 (η_0) 低下或はアカガレイのアクトミオシン溶液の沈降分析の結果等からもマグネシウムイオンは $AM \rightarrow M + A$ の作用を促進しているものと考えられる。それでこれらのマグネシウムイオンによる促進効果はアクトミオシンとピロリン酸の結合がマグネシウムイオンによつて促進されるためだらうと推察されるが、カルシウムイオンの抑制効果については塩化カルシウムをピロリン酸ソーダの $\frac{1}{2}$ 、或は等量添加しこれをしばらく放置した場合にはもやもやとした沈澱を生ずること、また塩化カルシウムを2倍量添加した場合には直ちに白濁、沈澱を生ずることなどから、ミオシン (或はアクトミオシン) に吸着されていると考えられるピロリン酸とカルシウムイオンがキレーションすることによつて粘度 (η_0) 低下が抑制されるのではないかと想像される。なお沈降分析による各魚種のアクトミオシン溶液の分散系の差異であるがいづれも多成分、多分散系からなりスケトウダラ及びアカガレイでは大凡同様な3つの分散系を示すがグチの場合にはスケトウダラ及びアカガレイにみられる沈降定数の大きな分散系はみられない。このことについては魚種間の本来の差異という反面、松本 (1961) のいう凝集の問題も考えられる。即ちアクトミオシンを沈澱させて分離した場合にはアクトミオシンには凝集の傾向がでて (抽出のときに細い気胞が出来るとそれが著しくなる) 凝集したアクトミオシンは早い中にセルの底に落ちてしまうので沈降分析で観察されるような沈降定数の低い値をもつ分散系はそれだけ減ることになり、従つて凝集という第2の要素が入つて来て魚種間の差異というよりも元の蛋白がもつている凝集の傾向の難易、大小の結果として図形に現れることも一応考慮に入れなければならないのではないと思われる。

魚肉ゾルにピロリン酸ソーダ或は塩化マグネシウムを併用した場合にみられる粘度 (CP) 回復 (タイ、グチ等では特によく観察される。著者等、1960) はアクトミオシン溶液の場合には塩化マグネシウムの添加によつて粘度 (η_0) 低下は著しく促進されるがこれを放置した場合の粘度 (η_0) 上昇 (回復) は全然みられない。このことについては前述した様にマグネシウムイオンは $AM \xrightarrow{P.P.Na} M + A$ の反応を促進するものであるから魚肉ゾルの場合でもアクトミオシン溶液の場合でも同様に粘度 (η_0) 低下を促進するわけであるが、魚肉ゾルの場合の粘度上昇 (回復) は魚肉中に含有されるピロリン酸ソーダの作用によつて添加されたピロリン酸ソーダは分解されるものと思われる。すなわちマグネシウムイオンは $AM \xrightarrow{P.P.Na} M + A$ の反応を促進するが一方ピロリン酸ソーダの作用も促進するので (未発表) したがつて添加されたピロリン酸ソーダは分解し $AM \rightleftharpoons M + A$ の反応は再び左側に進行し粘度 (CP) も上昇するのではないかとと思われる。アクトミオシン溶液の場合にはこれらのピロリン酸ソーダが含まれておらないためにピロリン酸ソーダの分解も行れず $AM \rightleftharpoons M + A$ の反応も左側に進行したままとりしたがつて粘度 (η_0) 上昇 (回復) がみられないものと思われる。また前報で (1960) 魚肉ゾルにピロリン酸ソーダを添加した場合、グチのように非常に“たれ” やすい魚種と、アカガレイのように殆んど“たれ” ない魚種の差異については魚肉中のカルシウム及びマグネシウム含量、或はこれらのアクトミオシンの性状を比較しなければならぬだろうと述べたが、最近、佃 (1962) は魚肉中の無機物を定量し魚肉中のカルシウム含量は各魚種間の差異はそれほどみられないが、マグネシウム含量はタイ、ヒラメ、グチ等では多くアカガレイ、スケトウダラ、マダラ等では比較的少いと述べているが、このことは“たれ” やすい魚種の場合にはマグネシウム含量が多く、“たれ” がたい魚種ではマグネシウム含量が少いことと一致する。これらのことから前述した様に $AM \xrightarrow{P.P.Na} M + A$ の反応がマグネシウムイオンで促進されることなどからこれらの魚肉の“たれ” やすさにかなり影響しているのではないかと想像される。しかし同様に“たれ” にくい魚種であるアカガレイ及びスケトウダラのアクトミオシン溶液にみられるピロリン酸ソーダの作用の差異についてはよくわからない。

Ⅴ. 要 約

1. グチ、スケトウダラ及びアカガレイ等のアクトミオシン溶液に及ぼすピロリン酸ソーダ、塩化マグネシウム及び塩化カルシウムの作用を粘度 (η_0) 測定及び沈降分析で比較検討を行った。
2. グチ及びスケトウダラのアクトミオシン溶液にピロリン酸ソーダを添加した場合には、グチでは10%前後、スケトウダラでは30%前後の粘度 (η_0) 低下がみられるが、アカガレイの場合には殆んど粘度 (η_0) 低下はみられなかった。また塩化マグネシウムを併用した場合にはグチ、スケトウダラ及びアカガレイ等のアクトミオシン溶液の粘度 (η_0) 低下はいつも促進され30~40%に達した。塩化カルシウムを併用した場合にはピロリン酸ソーダと同量以上添加した場合にはピロリン酸ソーダによる粘度 (η_0) 低下はいつれの場合でも抑制された。
3. 沈降分析の結果ではグチのアクトミオシン溶液の場合には2つの分散系が観察され、これにピロリン酸ソーダを添加した場合には大きな分子の分散系の面積は極めて小さくなり、小さな分子の分散系の面積が増加する。スケトウダラのアクトミオシン溶液の場合には3つの分散系が観察される。そしてピロリン酸ソーダを添加することによつて沈降定数の一番大きな分散系は消失して沈降定数の小さな分散系の面積が増加する。アカガレイの場合にはスケトウダラ同様3つの分散系が観察されるがピロリン酸ソーダの添加のみではこれらの分散系の変化はみとめられなかった、しかし塩化マグネシウムを併用した場合にはグチ及びスケトウダラでは特別な変化みとめられなかったが、アカガレイの場合には粘度 (η_0) 低下と同様に塩化マグネシウムの添加によつて沈降定数の一番大きな分散系が消失することが観察された。

文 献

- 松本重一郎 (1961). 私信による.
- 三宅正人 (1959). 昭和34年度年会発表 (東京) 及び私信による.
- 佃 信夫 (1962). 魚肉の無機成分に関する研究. 本誌
- 山本常治, 野口榮三郎 (1960). 魚肉ゲルの性状に関する研究. I. 多リン酸塩を加えた魚肉ゾルの粘度. 日水研年報(6): 227—233.