



Title	水産無脊椎動物筋肉中の酸可溶核酸成分 VI : トヤマエビ, コイ, ウシ筋肉中のAMPの分解について
Author(s)	新井, 健一; ARAI, Ken-ichi
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 17(2), 99-109
Issue Date	1966-08
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/23276">https://hdl.handle.net/2115/23276</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	17(2)_P99-109.pdf



## 水産無脊椎動物筋肉中の酸可溶核酸成分 VI

トヤマエビ<sup>\*</sup>, コイ, ウシ筋肉中の AMP の分解について

新井 健一

### VI. Acid-soluble Nucleotides in Muscle of Marine Invertebrates Degradation of adenylic acid in the muscles of prawn, carp and calf

Ken-ichi ARAI\*

#### Abstract

The rates of degradation of AMP, IMP AdR and HxR added in crude enzyme of the muscle extract of prawn, carp and calf were studied by ion-exchange chromatographic analysis.

#### 1) Prawn:

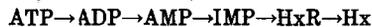
On incubating at 37°C, the substrates above described were converted as follows: 3.23 μ mole of AMP was mainly converted to IMP and HxR by 25 minutes, 3.47 μ mole of IMP to HxR and Hx by 6 hours, 4.16 μ mole of AdR mainly to HxR and Hx by 25 minutes, 1.60 μ mole of HxR to Hx by 6 hours. According to the facts that main pathway of degradation of ATP in the muscle of prawn may be as follows,



But the route passing through IMP may hardly be probable.

#### 2) Carp:

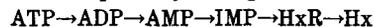
On incubating at 37°C, substrates were converted as follows: 5.32 μ mole of AMP to IMP by 15 seconds, 4.96 μ mole of IMP to HxR by 10 minutes, 3.13 μ mole of AdR to HxR by 10 minutes, 2.59 μ mole of HxR to Hx by 4 hours. It can be seen that the strong activity of adenylic acid deaminase was observed in carp muscle, but that of adenosine deaminase was observed to be weak. From the results above mentioned, the main pathway of degradation of ATP in the muscle of carp may be as follows,



This is well recognized in the muscle of mammals.

#### 3) Calf:

On incubating at 37°C, substrates were converted as follows: 2.90 μ mole of AMP to IMP by 30 seconds mainly, 7.79 μ mole of IMP to HxR by 90 minutes, 6.29 μ mole of AdR to HxR by 10 minutes mainly, 5.37 μ mole of HxR to Hx by 90 minutes. From these results a fairly strong activity of adenylic deaminase was observed, while that of adenosine deaminase was comparatively weak. In bovine muscle the main pathway of degradation of ATP may be as follows;



\* 北海道大学水産学部水産化学教室

本報告において使用する略語はすべて前報<sup>1)</sup>にならった。

本報告を水産動物筋肉中の有機磷酸化合物に関する研究—第 XVII 報とする。

But the route passing through AdR is also probable.

4) In conclusion, the results obtained from the muscles of some invertebrates, already described, showed that generally, the activity of adenosine deaminase was appreciably strong as compared with that of vertebrates. This may be the specific aspect concerning the pathway of degradation of ATP to HxR.

著者はすでに水産無脊椎動物筋肉のうち、スルメイカ<sup>1)</sup>、ホタテガイ、エゾアワビ<sup>2)</sup>について、筋肉中の ATP の分解の機構を明らかにするための実験を行ない報告した。これらの動物はいずれも筋肉を各種の条件下においたときにおこる酸可溶性核酸成分の動的变化から検討して、分類出来る特徴あるグループのうちの代表的なものである<sup>3)</sup>。そして筋肉ホモジネートを複合酵素とみなした酵素実験の結果は、それらの特徴ある分類をさらに裏づけるようなものであって、みちびき出された筋肉中の ATP の分解経路に関する結果はそれぞれの特徴と矛盾しないものであった。

以上の事実から考えて、次に筋肉中にわづかながら IMP の生成をみることもあるもう一つの特徴あるグループすなわち、甲殻類の中からトヤマエビについて筋肉中における ATP の分割を検討することにした。なお、実験結果を比較対照するために、筋肉中に IMP を顕著に生成する水産脊椎動物としてコイおよび陸棲の哺乳動物としてウシをえらび、同じ条件における実験を行ない比較生化学的見地から検討しようと試みた。

#### 実験方法

1. 動物試料 実験に供したトヤマエビ (*Pandalus hypsinotus*) は噴火湾にて捕獲されたもの、コイ (*Cyprinus carpio*) は市販の養殖鯉、ウシは函館市営屠殺場において分与してもらったものであって、いずれもきわめて新鮮な筋肉をえらんで使用した。

2. 粗酵素液 トヤマエビは胴肉をとり 0.5 M KCl で、コイは背肉をとり 0.13 M KCl で、ウシは首肉をとり 0.16 M KCl で、それぞれ前報と同じようにホモジナイズし圧濾して粗酵素液とした<sup>4)</sup>。

3. 酵素反応 酵素反応についても前報においてすでに述べた<sup>4)</sup>。すなわち、粗酵素液、5 ml に基質として AMP, IMP, AdR, HxR のうち、一成分 1 ml (1.0~2.0 mg/ml) を加え、37°C で一定時間反応を行ない 60% HClO<sub>4</sub> 0.5 ml で中止させた。

4. 反応生成物のイオン交換樹脂法による分析 反応中止後の試料液の活性炭処理、Dowex 1 カラムによる反応生成物の分析については前報に準じた<sup>4)</sup>。

また、使用した核酸系試薬についても前報において述べた。

#### 実験結果

##### I. トヤマエビ

トヤマエビ粗酵素液による AMP, IMP, AdR, HxR の分解について行なった結果を第1表に示した。

トヤマエビ筋肉粗酵素液中には筋肉に本来存在している AMP, IMP, HxR, Hx, Ad が含まれているが、その量は酵素反応の基質としては不十分であるため、これにさらに AMP, IMP, AdR, HxR を添加して反応させた。その結果 AMP は 25 分間に 3.23 $\mu$  mole が変化して HxR と少量の IMP,

Table 1. Degradation of AMP, IMP, AdR and HxR added in crude extract of prawn muscle

( $\mu$  mole/reaction mixture)

Substrate		AMP		IMP		AdR		HxR	
		0	25 min.	0	6 hr.	0	25 min.	0	6 hr.
Reaction product	AMP	5.95	2.72	0.43	0.39	0.40	0.40	0.50	0.40
	IMP	0	1.19	7.91	4.48	0	0	0	0
	AdR	0	0	0	0	8.18	4.02	0	0
	HxR	2.10	3.40	2.23	4.54	1.61	4.60	11.50	10.00
	Hx	1.30	1.76	1.38	2.55	1.45	2.16	1.40	2.77
	Ad	0.33	0.35	0.34	0.32	0.35	0.86	0.34	0.32
	Total	9.68	9.42	12.29	12.28	11.99	12.04	13.74	13.49

Hx, Ad となり, IMP は 6 時間に  $3.47\mu$  mole が変化して HxR と Hx となり, また, AdR は 25 分間に  $4.16\mu$  mole が変化して HxR と少量の Hx と Ad になり, さらに HxR は 6 時間に  $1.60$  mole が変化して Hx になることがわかった。このうち特に AMP を基質とした反応において IMP が反応生成物として見出されることは, 軟体動物 (スルメイカ, ホタテガイ, エゾアワビ) では全く認められない現象である<sup>1,2)</sup>。しかし, AMP から HxR が生成する速さは IMP から HxR が生成する速さの数十倍であるから, AMP が IMP を経由して HxR へ変化してゆく可能性はあまり強いとは考えられないのである。また, その事実から AMP の脱リン酸が IMP の脱リン酸よりはるかに速く行なわれることがわかるが, そこに基質特異性の強い Adenosine monophosphatase として知られている酵素<sup>3)</sup>の存在が予想される。さらに AdR から HxR への変化は Ad の生成量を差引いてみると 25 分間に  $3.65\mu$  mole となり, AdR-deaminase の活性はかなり強いことになる。したがって AMP は AdR を経由して HxR に変化する可能性はかなり強いと考えられる。また, HxR の脱リボース反応はあまり強くはなくてホタテガイ貝柱筋肉の場合と同じ程度であった。一方 AdR から Ad が生成する速さは 25 分間に  $0.49\mu$  mole であるから, エゾアワビ斧足筋に比べて速かった。

次に前報にならって粗酵素液による AMP, IMP, AdR の分解に対する  $\text{Cu}^{++}$ ,  $\text{Hg}^{++}$ ,  $\text{F}^-$  の影響を検討して第 2 表にその結果を示した。

この結果によると, 先ず  $\text{IMP} \rightarrow \text{HxR}$  の反応では  $\text{Hg}^{++}$  と  $\text{F}^-$  が阻害作用を示すが  $\text{Cu}^{++}$  はむしろ促進作用を示した。この現象はスルメイカ, ホタテガイ, エゾアワビ筋肉では見ることの出来ない特有現象であるが, 戸田ら<sup>4)</sup>もクルマエビについて同じ結果を報じており, 関連酵素系の性質の差異を想像させるものであろう。 $\text{AMP} \rightarrow \text{HxR}$  の反応に対しては  $\text{Hg}^{++}$  は強く,  $\text{Cu}^{++}$  と  $\text{F}^-$  はきわめて弱い阻害作用を示した。このとき, また特異な現象としては  $\text{F}^-$  が存在するとき AMP は主に IMP に変化する事実であって, 対照の 3 倍以上の生成を示した。すなわち  $\text{F}^-$  は AMP の脱アミノ作用は阻害しないが, 脱リン酸は強く阻害する事実を意味しているのであって興味深い。次に  $\text{AdR} \rightarrow \text{HxR}$  の反応であるが, 1 時間の反応では  $\text{Cu}^{++}$ ,  $\text{Hg}^{++}$ ,  $\text{F}^-$  共に弱い阻害を示しこの点もスルメイカ, ホタテガイ, エゾアワビの場合と非常に異なっていた。 $\text{HxR} \rightarrow \text{Hx}$  の反応については第 2 表の結果から判断出来るのであるが,  $\text{Cu}^{++}$ ,  $\text{Hg}^{++}$  が阻害作用を示し,  $\text{F}^-$  は無影響であってこれらの傾向はスルメイカ, ホタテガイの場合と全く同じであった。

以上のトヤマエビに関する実験を総合すると, トヤマエビ筋肉内における ATP の分解の主経路は

Table 2. Effects of  $\text{Cu}^{++}$ ,  $\text{Hg}^{++}$  and  $\text{F}^-$  on the degradation of IMP, AMP, AdR and HxR added in crude enzyme of prawn muscle ( $\mu$  mole/reaction mixture)

Substrate		IMP				
Incubation time		0	2 hr.			
Additions		—	$\text{H}_2\text{O}$	0.1 M $\text{CuCl}_2$	0.1 M $\text{HgCl}_2$	1.1 M $\text{NaF}$
Reaction product	AMP	0.47	0.39	0.49	0.58	0.58
	IMP	7.31	3.83	2.75	6.05	6.40
	AdR	0	0	0	0	0
	HxR	3.60	5.64	8.03	4.13	3.03
	Hx	1.54	2.86	1.48	1.48	2.45
	Total	12.92	12.72	12.75	12.24	12.46
Substrate		AMP				
Incubation time		0	6 hr.			
Additions		—	$\text{H}_2\text{O}$	0.1 M $\text{CuCl}_2$	0.1 M $\text{HgCl}_2$	1.1 M $\text{NaF}$
Reaction product	AMP	6.79	0.80	3.60	6.51	3.40
	IMP	0.92	1.00	0.85	1.04	3.27
	AdR	0	0	0	0	0
	HxR	3.61	8.02	6.32	3.61	3.20
	Hx	1.50	2.97	2.01	1.55	2.43
	Total	12.82	12.79	12.78	12.71	12.30
Substrate		AdR				
Incubation time		0	1 hr.			
Additions		—	$\text{H}_2\text{O}$	0.1 M $\text{CuCl}_2$	0.1 M $\text{HgCl}_2$	1.1 M $\text{NaF}$
Reaction product	AMP	0.50	0.51	0.54	0.54	0.51
	IMP	0	0	0	0	0
	AdR	8.90	1.14	3.42	3.50	3.47
	HxR	2.10	7.63	6.30	6.52	5.96
	Hx	1.65	3.25	2.01	1.77	3.24
	Total	13.15	12.53	12.27	12.33	13.18

スルメイカ、ホタテガイなどの筋肉の場合と同一であろうと考えられる。しかし、AMP を基質とした反応においてわづかではあるが IMP が生成する事実、特に  $\text{F}^-$  の存在下では相対的に多量の IMP が認められる事実などを考えるならば、すでに他の動物筋肉についてよく知られている IMP を經由する分解経路の可能性も全く無視するわけにはゆかない。また Ad の生成については AMP を基質とするよりは AdR を基質とする場合の方が顕著であることなどを考慮に入れて、結局トヤマエビ筋肉内の ATP の分解経路は次のようになると云えよう。

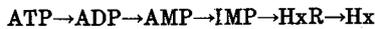


Table 4. Effects of  $\text{Cu}^{++}$ ,  $\text{Hg}^{++}$  and  $\text{F}^-$  on the degradation of IMP, AMP, AdR and HxR added in crude enzyme of carp muscle ( $\mu$  mole/reaction mixture)

Substrate		IMP				
Incubation time		0	4 hr.			
Additions		—	$\text{H}_2\text{O}$	0.1 M $\text{CuCl}_2$	0.1 M $\text{HgCl}_2$	1.1 M $\text{NaF}$
Reaction product	AMP	0.65	0.19	0.61	0.55	0.32
	IMP	7.37	0	5.32	3.42	0
	AdR	0	0	0	0	0
	HxR	6.83	10.75	8.72	10.84	11.55
	Hx	0.40	3.84	0.37	0.40	3.16
	Total	15.25	14.78	15.02	15.21	15.03
Substrate		AMP				
Incubation time		0	30 min.			
Additions		—	$\text{H}_2\text{O}$	0.1 M $\text{CuCl}_2$	0.1 M $\text{HgCl}_2$	1.1 M $\text{NaF}$
Reaction product	AMP	6.22	0.20	6.07	5.73	0.20
	IMP	0	0	0	0	4.56
	AdR	0	0	0	0	0
	HxR	6.21	11.50	5.69	6.42	6.66
	Hx	1.01	1.62	0.99	0.82	1.57
	Total	13.44	13.32	12.75	12.97	12.99
Substrate		AdR				
Incubation time		0	30 min.			
Additions		—	$\text{H}_2\text{O}$	0.1 M $\text{CuCl}_2$	0.1 M $\text{HgCl}_2$	1.1 M $\text{NaF}$
Reaction product	AMP	0.85	0.75	0.96	0.73	0.75
	IMP	0	0	0	0	0
	AdR	8.45	3.00	8.30	8.50	4.59
	HxR	6.21	11.17	6.63	6.73	9.92
	Hx	1.55	2.11	1.35	1.02	1.88
	Total	17.06	17.03	17.24	16.98	17.14
Substrate		HxR				
Incubation time		0	5 hr.			
Additions		—	$\text{H}_2\text{O}$	0.1 M $\text{CuCl}_2$	0.1 M $\text{HgCl}_2$	1.1 M $\text{NaF}$
Reaction product	AMP	0.55	0.10	0.21	0.20	0.20
	IMP	4.98	0	1.27	0	0
	AdR	0	0	0	0	0
	HxR	12.43	12.30	16.34	17.66	12.31
	Hx	0.24	5.72	0.23	0.15	5.10
	Total	18.20	18.12	18.05	18.01	17.61

応は進行してゆくことがわかっている。また、HxR が Hx に変化する反応では  $\text{Cu}^{++}$  と  $\text{Hg}^{++}$  が阻害作用を示し  $\text{F}^-$  が弱い阻害作用を示したが、反応時間が延長されると  $\text{F}^-$  が存在しても反応は進行してゆくことがわかっている。この現象はスルメイカ、ホタテガイの場合とよく類似している。また HxR が Hx に変化する反応では  $\text{Cu}^{++}$  と  $\text{Hg}^{++}$  が阻害作用を示し  $\text{F}^-$  は無影響であることがわかるが、この結果はスルメイカ、ホタテガイ、トヤマエビの場合と共通していた。

以上のコイ筋肉に関する実験結果を総括すると、コイ筋肉中における ATP の分解は他の酵素系に比べて極端に強力な AMP-deaminase が存在する事実その他からして、IMP を經由する次の分酵経路による可能性が大きいと考えられる。



また、この経路を支持する結果はすでに報告されている<sup>9,10)</sup>。スルメイカ、ホタテガイ、トヤマエビについて認められた AdR を經由する分解の可能性はきわめて弱いと考えられる。

### III. ウ シ

次にウシ筋肉粗酵素液による IMP, AMP, AdR, HxR の分解について検討しその結果を第5表に示した。

ウシ筋肉粗酵素液中には筋肉に本来存在している IMP と少量の AMP, HxR, Hx を含んでいるが、その量は酵素反応の基質としては不十分であるため、さらに IMP, AMP, AdR または HxR を基質として添加し反応させた。この条件では IMP は 90 分間に  $7.79 \mu \text{mole}$  が変化して HxR と Hx になり、AMP は 30 秒間に  $2.90 \mu \text{mole}$  が変化して主に IMP になっていた。また AdR は 10 分間に  $6.29 \mu \text{mole}$  が変化して HxR と少量の Hx になり、さらに HxR は 90 分間に  $5.37 \mu \text{mole}$  が変化して Hx になっていた。すなわち、この結果によってコイ筋肉の場合ほど極端に強くはなかったが他の酵素系に比べて非常に強い AMP-deaminase 活性が認められ、AMP が基質のとき反応生成物として主に IMP が生成されることから、コイ筋肉の場合と同様に  $\text{AMP} \rightarrow \text{IMP} \rightarrow \text{HxR}$  の反応の可能性が強い。

次に IMP, AMP, AdR, HxR の分解に対する  $\text{Cu}^{++}$ ,  $\text{Hg}^{++}$ ,  $\text{F}^-$  の影響を検討して第6表に結果を示した。

この結果によると、IMP が HxR に変化する反応に対して5時間の反応では  $\text{Cu}^{++}$  と  $\text{F}^-$  は弱い阻害を示し  $\text{Hg}^{++}$  は無影響であった。反応時間がより短かければ  $\text{Hg}^{++}$  も弱い阻害の傾向を示すが、これらの現象はトヤマエビ、コイの場合と異なっていた。この実験結果から HxR が Hx に変化する

Table 5. The rate of degradation of IMP, AMP, AdR and HxR added in crude enzyme of cattle muscle ( $\mu \text{mole}/\text{reaction mixture}$ )

Substrate		IMP		AMP		AdR		HxR	
		0	90 min.	0	30 sec.	0	10 min.	0	90 min.
Reaction product	AMP	0.40	0.17	6.00	3.10	0.37	0.26	0.61	0.18
	IMP	11.98	4.42	4.58	6.75	4.30	4.22	4.51	0.41
	AdR	0	0	0	0	8.42	2.13	0	0
	HxR	0.42	4.36	0.22	1.00	0.44	5.13	8.84	8.00
	Hx	0.39	3.55	0.39	0.45	0.45	1.73	0.45	5.46
	Total	13.19	12.50	11.19	11.30	13.98	13.47	14.41	14.05

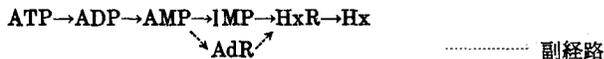
Table 6. Effects of  $\text{Cu}^{++}$ ,  $\text{Hg}^{++}$  and  $\text{F}^-$  on the degradation of IMP, AMP, AdR and HxR added in crude enzyme of cattle muscle ( $\mu$  mole/reaction mixture)

Substrate		IMP				
Incubation time		0	5 hr.			
Additions			$\text{H}_2\text{O}$	0.1 M $\text{CuCl}_2$	0.1 M $\text{HgCl}_2$	1.1 M $\text{NaF}$
Reaction product	AMP	0.63	0.32	0.36	0.36	0.40
	IMP	10.71	0	3.50	0	1.25
	AdR	0	0	0	0	0
	HxR	1.45	3.33	8.72	12.70	5.49
	Hx	1.52	10.37	1.35	1.11	6.95
	Total	14.31	14.02	13.93	14.17	14.09
Substrate		AMP				
Incubation time		0	30 min.			
Additions			$\text{H}_2\text{O}$	0.1 M $\text{CuCl}_2$	0.1 M $\text{HgCl}_2$	1.1 M $\text{NaF}$
Reaction product	AMP	6.50	0.66	5.77	6.46	5.38
	IMP	3.50	5.82	2.60	3.01	3.86
	AdR	0	0	0	0	0
	HxR	0.85	2.25	1.92	0.91	0.73
	Hx	0.50	2.05	0.72	0.70	1.22
	Total	11.35	10.78	11.01	11.08	11.19
Substrate		AdR				
Incubation time		0	2 hr.			
Additions			$\text{H}_2\text{O}$	0.1 M $\text{CuCl}_2$	0.1 M $\text{HgCl}_2$	1.1 M $\text{NaF}$
Reaction product	AMP	0.51	0.60	0.66	0.61	0.66
	IMP	2.20	0	1.43	0.61	1.00
	AdR	7.30	0	5.09	7.32	0.88
	HxR	2.00	5.96	4.38	3.67	5.60
	Hx	4.23	10.06	4.02	4.05	8.41
	Total	16.24	16.62	15.58	16.26	16.55

反応に対する  $\text{Cu}^{++}$ ,  $\text{Hg}^{++}$ ,  $\text{F}^-$  の影響を推定出来るが、それによると  $\text{Cu}^{++}$  と  $\text{Hg}^{++}$  は阻害作用を示し  $\text{F}^-$  はほとんど無影響と考えられるから、この結果に関しては研究した他の動物（スルメイカ、ホタテガイ、トヤマエビ、コイ）の場合と同一傾向を示した。次に、AMP が IMP を経て HxR および Hx に変化する反応に対しては  $\text{Cu}^{++}$ ,  $\text{Hg}^{++}$  は最初の脱アミノ反応を阻害し  $\text{F}^-$  もかなりの阻害作用を示していた。この  $\text{F}^-$  の態度はコイの場合と比べて明らかに異なっていた。さらに AdR が HxR に変化する反応に対しては  $\text{Cu}^{++}$ ,  $\text{Hg}^{++}$  が強い阻害作用を示し  $\text{F}^-$  は弱い阻害作用を示したが、

これはコイの場合とよく類似した傾向であった。

以上の諸結果を総合して考えると、ウシ筋肉中の ATP の分解経路は次のようになる。



AMP の脱アミノ反応に比べて推定される脱リン酸反応 (IMP の脱リン酸反応から推定) および AdR の脱アミノ反応はかなり遅いが、コイ筋肉の場合と比較すると相対的に速く行なわれており、このことから考えると AdR を経由する分解経路もわづかながら働いている可能性が残されているのではなかろうか。

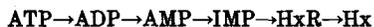
### 考 察

甲殻類の中からトヤマエビ (*Pandalus hypsinotus*) について筋肉中の ATP の分解経路について検討をしたが、前にも述べたとおり各種条件下における筋肉中の酸可溶核酸成分の動的変化についてきわめて類似性の多かったオオクリガニ、シャコ、タラバガニにおいても、同じ共通の分解経路が存在しているであろう<sup>9)</sup>。またすでに報告した軟体動物において認められた分解経路を考えあわせると、一般に軟体動物および節足動物などの水産無脊椎動物筋肉中には相対的に活性の強い AdR-deaminase が存在しており、ATP の分解経路は原則的に次に示すようになる。



エゾアワビ、アカガイの場合のように AMP から先へ分解が進まないような特別な例外はあるが、これはきわめて数少なかった<sup>2)</sup>。しかし、著者らが実験に供した動物の種類はまだ少なく、以上述べた分解経路に関する原則もどのぐらいの広さの普遍性をもつものであるのか知るべくもないが、分類学上からもより広範な動物筋肉についての研究が望まれる。

また著者が行なったウシおよびコイ筋肉中の ATP の分解に関する実験結果は、従来陸棲の温血動物<sup>11)</sup>および魚類において一般に認められている知識と一致していた。すなわち筋肉中の ATP の分解にあっては相対的に活性の強い AMP-deaminase が関与する IMP を経由する次の分解経路が主になっている。



しかし、同じ魚類の中にも筋肉内に多量の IMP を生成するコイのような群の他に、AMP を生成蓄積するササノハベラのような種類が報じられているので<sup>10)</sup>、より多種類にわたる研究を行なう必要がある。

ウシについても同様なことが考えられるのであって、動物の組織部位によって ATP の分解の機構が異なるとする報告も提出されているから<sup>9)</sup> 機能の異なっている他の部位の筋肉についても検討する必要がある。

次に添加した基質の変化に対する  $\text{Cu}^{++}$ ,  $\text{Hg}^{++}$ ,  $\text{F}^{-}$  の影響については、先に Lee, C.A. らが子牛の筋肉についてえた特徴ある結果<sup>12)</sup>は検討した5種の動物筋肉に関するかぎり再現することは出来なかった。これらの結果を概括してみると第7表のようになる。

この結果は各基質に対する反応時間がそれぞれ異なっているため非常に比較しにくい。反応時間が異なっても全く同じ傾向の結果を示したのは、HxR から Hx を生成する反応に対する  $\text{Cu}^{++}$ ,  $\text{Hg}^{++}$ ,  $\text{F}^{-}$  の影響の場合だけであるがスルメイカ、ホタテガイ、トヤマエビ、コイ、ウシ共に同じであった。筋肉内の ATP の分解経路が同じであるとの結論をえたスルメイカ、ホタテガイでは各基質の変化に対する各イオンの影響の様子は全く共通していた。しかし、その他の場合は各動物について

Table 7. Effects of Cu<sup>++</sup>, Hg<sup>++</sup> and F<sup>-</sup> on the degradation of AMP, IMP, AdR and HxR added in crude enzyme of muscle

Substrate	0.01 M Cu <sup>++</sup>	0.01 M Hg <sup>++</sup>	0.11 M F <sup>-</sup>	Animals
AMP	++	++	++	Squid, Scallop, (Cattle)
	+	++	+	Prawn
	++	++	0	Carp
IMP	-	++	++	Prawn
	++	+	0	Carp
	+	0	+	Cattle
AdR	+	++	0	Squid, Scallop
	+	+	+	Prawn
	++	++	+	Carp, Cattle
HxR	++	++	0	Squid, Scallop, Prawn, Carp, Cattle

++, strong inhibition +, inhibition 0, no inhibition -, activation

別々の影響を示しており類似している場合が少なかった。このことは分解経路の複雑さすなわち分解に関与する酵素系の種類、性質、活性力の差異を想像させるものであろう。ATP の分解経路に関連していると推定される酵素には Adenosine triphosphatase, Adenosine pyrophosphatase, myokinase, 5'-nucleotidase, non specific phosphatase, Adenosine monophosphatase, AMP-deaminase, AdR-deaminase, nucleoside hydrolase, nucleoside phosphorylase などがあるが、これらの分布、性質、活性力などについて今後の研究が待たれる。

本実験はそもそも複合酵素系の実験であるから、個々の酵素の至適条件については厳密な検討を行なわなかったがこれらの条件に注意を払って反応を行なえば、これまでに著者がえた実験結果に多少の変更を加える必要があるかも知れない。しかし、以上の実験結果は著者が従来検討してきた各種条件下における筋肉中の酸可溶核酸成分の動的変化についてえた知識ときわめて矛盾の少ないものであった。

要 約

トヤマエビ、コイおよびウシ粗酵素液による AMP, IMP, AdR, HxR などの基質の変化をイオン交換クロマトグラフィーによって分析し検討した。

1) トヤマエビ

37°C で反応させると各基質は次のように変化する。

AMP は主に IMP と HxR となり 3.23μ mole/25 min., IMP は主に HxR と Hx となり 3.47 μ mole/6 hrs., AdR は主に HxR と Hx になり 4.16μ mole/25 min., HxR は Hx となり 1.60 μ mole/6 hrs. の割合である。AMP から IMP が生成することが認められるが、AMP から HxR が生成する速さは IMP から HxR を生成する速さに比べて非常に速いことから考えて、トヤマエビ筋肉中の ATP の分解経路は主に次のようになると考えられる。



しかし、IMP を經由する可能性もまったくないとは云えない。

2) コイ

37°C で反応させると各基質は次のようになる。

AMP は IMP となり  $5.32 \mu \text{mole}/15 \text{sec.}$ , IMP は HxR となり  $4.96 \mu \text{mole}/10 \text{min.}$ , AdR は HxR となり  $3.13 \mu \text{mole}/10 \text{min.}$ , HxR は Hx となり  $2.59 \mu \text{mole}/4 \text{hrs.}$  の割合である。すなわち、コイ筋肉には相対的にかなり活性の強い *adenylic acid deaminase* が認められ、*adenosine deaminase* は存在するけれども弱かった。以上のことから考えてコイ筋肉中の ATP の分解はすてよく知られている次の経路による。



AdR を經由する経路はあってもきわめて弱いと考えられる。

3) ウシ

37°C で反応させると各基質の変化は次のようになる。

AMP は主に IMP に変化し、 $2.90 \mu \text{mole}/30 \text{sec.}$ , IMP は HxR となり  $7.79 \mu \text{mole}/90 \text{min.}$ , AdR は主に HxR となり  $6.29 \mu \text{mole}/10 \text{min.}$ , HxR は Hx になり  $5.37 \mu \text{mole}/90 \text{min.}$  の割合である。すなわち相対的に活性の強い *adenylic acid deaminase* の存在が認められ、*adenosine deaminase* は相対的に弱かった。このことから考えて、ウシ筋肉中の ATP の分解経路は次のようになると思われる。



しかし、AdR を經由する経路の可能性もいくらかある。

4) すでに報じたスルメイカ、ホタテガイの結果をも考えあわせると、一般に、研究対象となった無脊椎動物筋肉中には相対的に活性の強い *adenosine deaminase* が見出されることが特徴的であって、ATP の分解は AdR を經由するという点、コイ、ウシなどの筋肉の場合と非常に異なっている。

謝辞 本研究の遂行にあたり、終始御懇切な御指導を賜った齋藤恒行教授、および実験にあたって技術的な御援助をいただいた函館栄養短大田中ツネ講師に深甚の謝意を表します。

## 文 献

- 1) 新井健一 (1966). 北大水産集報 **17**, 83.
- 2) ——— (1966). 同誌 **17**, 91.
- 3) ——— (1966). 昭和 41 年学位論文 (北海道大学水産学部).
- 4) ———・齋藤恒行 (1963). 日水誌 **29**, 168.
- 5) Takei, S. (1965). *Agr. Biol. Chem.*, **29**, 372.
- 6) 戸田 準・沢田幸七・中谷弘実・和田正三・藤田栄一郎 (1965). 栄養と食糧 **18**, 52.
- 7) Saito, T. and Arai, K. (1958). 日水誌 **23**, 579.
- 8) 奈良 盛 (1960). 生化学 **32**, 204.
- 9) Jones, N.R. and Murray, J. (1962). *J. Sci. Fd. Agric.*, **13**, 475.
- 10) 小林邦男 (1966). 日水誌 **32**, 166.
- 11) 寺崎 衛・梶川昌弘・藤田栄一郎・石川清文 (1964). 昭和 39 年日本農芸化学会シンポジウム講演.
- 12) Lee, C.A. and Newbold, R.P. (1963). *Biochim. Biophys. Acta* **72**, 349.