

## クルマエビの精製合成飼料に関する研究VIII

誌名	日本水産學會誌
ISSN	00215392
著者	弟子丸, 修
巻/号	42巻6号
掲載ページ	p. 655-660
発行年月	1976年6月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



## クルマエビの精製合成飼料に関する研究-VIII

摂餌に伴う筋肉, 中腸腺および血液の  
遊離アミノ酸の変動<sup>\*1</sup>

弟子丸 修

(1976年1月28日受理)

## Studies on a Purified Diet for Prawn-VIII

Changes in Free Amino Acid Contents in Muscle, Hepatopancreas  
and Blood of Prawn after FeedingOsamu DESHIMARU<sup>\*2</sup>

The changes in free amino acids contained in muscle, hepatopancreas and blood were examined in prawn *Penaeus japonicus* after feeding them on an amino acid test diet (AA-diet) and on a casein-albumin test diet (CA-diet).

The concentration of total free amino acids in the above mentioned three parts of the prawn attained a maximum in 3 or 6 hours after feeding, and then decreased rapidly, reverting in 12 or 24 hours after feeding to the respective levels noted before feeding. There was a high increase in total free amino acids in the muscle of prawn fed on the AA-diet, as well as in the blood of prawn fed on the CA-diet. Arginine, one of the essential amino acids for prawn, increased remarkably in the blood of prawns fed on the AA-diet compared with that of the CA-diet fed prawn. On the other hand, the increase in the essential amino acids excepting arginine was less in the AA-diet prawn than the CA-diet. Although the increase in the concentration of total free amino acids in the hepatopancreas of prawn fed on the AA-diet was approximately the same as with the CA-diet, there was an obvious difference between the two diets in the time required to reach the maximum concentration of total free amino acids after feeding.

エビ類のエキシアミノ酸については食品化学的な見地からの研究<sup>1-4)</sup>や、滲透圧調節因子として捉えた研究<sup>5,6,\*3)</sup>は多いが、飼料栄養の面から調査された報告はない。著者は既報<sup>7,8)</sup>でクルマエビ *Penaeus japonicus* は AA 飼料でほとんど成長しないが、その飼料性アミノ酸をよく吸収することを報告した。そこで今回は、AA 飼料を与えたクルマエビの遊離アミノ酸をその筋肉、中腸腺および血液について分析し、摂餌に伴う経時的な変化を CA 飼料を与えた場合の変化と比較した。

その結果、両試験飼料の間でいくつかの明瞭な違いが認められたのでここに報告する。

<sup>\*1</sup> この研究の費用の一部は昭和 50 年度文部省科学研究費によった。本報では以下の略号を用いた。AA 飼料; アミノ酸試験飼料, CA 飼料; カゼイン・アルブミン試験飼料, Arg; アルギニン, His; ヒスチジン, Ile; イソロイシン, Leu; ロイシン, Lys; リジン, Met; メチオニン, Cys; シスチン, Phe; フェニールアラニン, Thr; スレオニン, Tyr; チロシン, Val; バリン, Gly; グリシン, Ala; アラニン, Asp; アスパラギン酸, Glu; グルタミン酸, Pro; プロリン, Ser; セリン, Tau; タウリン。

<sup>\*2</sup> 鹿児島県水産試験場 (Kagoshima Pref. Fish. Exp. Stn., 21-1 Kinko-cho, Kagoshima, Japan)

<sup>\*3</sup> 鮫島・島村: 昭和 50 年度日本水産学会春季大会講演要旨集, p. 106 (1975)。

## 実験方法

**供試エビ飼育方法および供試飼料** 鹿児島水試垂水増殖センターで養成された平均体重 8g のクルマエビを前報<sup>9)</sup>に準じて 75 l 容角型水槽で飼育した。供試飼料も前報で使用した結晶アミノ酸混合物を窒素源とする AA 飼料と、カゼイン・アルブミンを窒素源とする CA 飼料の 2 種類をそのまま使用した。

**試料エビから分析試料の摂取と処理の方法** 1 水槽当り 20 尾のエビを収容し 3 日間 CA 飼料を与えたのち 1 日間絶食させた。試験開始時に充分量の供試飼料を与えて 3 時間放置後、摂取した餌が消化管内に充満している個体を試料エビとして別に準備した水槽に移しそのまま放置した。このように 3 時間摂餌させた後は絶食状態に保つた。試験開始時を 0 時間とし、以後 3, 6, 12, 24 および 48 時間目に試料エビを取り上げ、直ちに筋肉、中腸腺および血液を採取した。このうち筋肉は第 3 腹節部周辺の肉質を、血液は心臓から注射器を用いてそれぞれ採取した。1 試験区について 2~3 尾の試料エビを用い、これを合して 1 試料とした。これに 50 倍量の 5% トリクロル酢酸を加えてホモジナイズし、30 分放置のちトリクロル酢酸可溶部分を遠心分別した。生成した沈殿について同じ操作を 3 回繰り返してトリクロル酢酸可溶部分を合し、これに等量のエチルエーテルを加えて振盪する操作を 3 回繰り返してトリクロル酢酸を除いたのち減圧乾固し、pH 2.2 のクエン酸緩衝液で定容としてアミノ酸分析に供した。

**アミノ酸分析** 液体クロマトグラフ (日立, 034 型) を用いて分析した。

## 結果と考察

本文中、遊離アミノ酸濃度はすべて生鮮組織 100g 当りの mg 数で表示した。

**摂餌に伴う遊離アミノ酸濃度の全般的な変動 (Fig. 1)** 1. 筋肉: 摂餌前の遊離アミノ酸濃度は 3600 mg であつた。AA 飼料区では摂餌後 3 時間で 6100 mg に増加して最高値に達したのち、急速に減少して 6 時間で 4100 mg に低下し 12 時間まで変わらず、以後漸減して 24 時間ではほぼもとのレベルに復する。一方、CA 飼料区では摂餌後 3 時間で 4200 mg に増加するが 6 時間でさらに 4300 mg とわずかながら増加して最高値を示したのち減少し、AA 飼料区より幾分早く 12 時間でもとのレベルに復する。ピーク時の濃度は AA 飼料区では著しく高く、ピークの出現も極めて明瞭であるが、CA 飼料区では増加する濃度が低く、その増減の推移もゆるやかである。

2. 中腸腺: 摂餌前の遊離アミノ酸濃度は 900 mg であつた。摂餌に伴いこの濃度は増加するが、最高値に達するのは AA 飼料区が摂餌後、6 時間、CA 飼料区が摂餌後 3 時間で筋肉の場合と時間的に逆転する。ピーク時の濃度は AA 飼料区が 2000 mg, CA 飼料区が 2200 mg で両飼料間に大きな違いはなく、その後は急速に減少して AA 飼料区では 12 時間、CA 飼料区では 6 時間でそれぞれほぼ摂餌前のレベルに戻る。CA 飼料区ではその後一旦摂餌前のレベルを下廻る濃度にまで低下したのち再び増加してもとの復するが、この傾向は AA 飼料区では観察されない。

3. 血液: 摂餌前の遊離アミノ酸濃度は 28 mg であつた。摂餌に伴いその濃度は増加し、両飼料区とも摂餌後 3 時間で最高値に達する。ピーク時の濃度は AA 飼料区が 74 mg, CA 飼料区が 129 mg で CA 飼

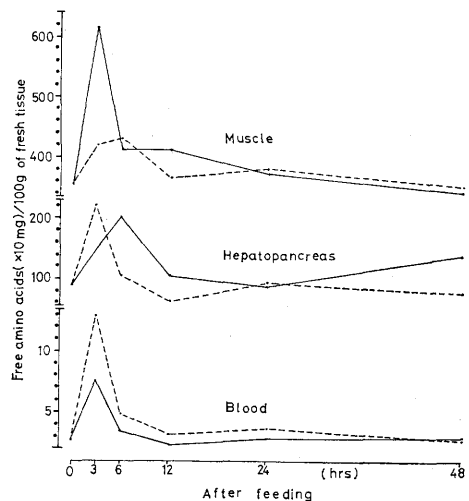


Fig. 1. Changes in total free amino acids in muscle, hepatopancreas and blood of prawn after feeding.  
— Amino acid test diet.  
--- Casein-albumin test diet.

料区での濃度増加が著しい。最高値に達したあとは急速に減少して 12 時間前後で摂餌前のレベルに戻るが、その後の血液中に維持される遊離アミノ酸濃度は CA 飼料区で全般に高目の傾向がみられる。

このように、筋肉、中腸腺および血液の遊離アミノ酸濃度は摂餌に伴って何れも増加するが、その増加量は筋肉では AA 飼料区が、血液では CA 飼料区がそれぞれ顕著に高く、中腸腺では両飼料区ともほぼ等しい増加量であるが増加のピークの出現が AA 飼料区でおくれるなど、両飼料区の間でいくつかの明瞭な違いが認められた。一方、両飼料区に共通の傾向として、一旦増加した遊離アミノ酸濃度は急速に減少し、組織内で高濃度を維持する時間が各組織とも短い結果が示された。

次に、これらの変動を各組織相互間で比較するため筋肉、中腸腺および血液のそれぞれについて、摂餌前の遊離アミノ酸濃度を基準とした摂餌後の濃度の増加率を算出すると、AA 飼料区では 3 時間の時点で 69%、65% および 164%、6 時間の時点で 14%、122% および 25%、12 時間の時点で 14%、14% および -18% の増加率を示し、CA 飼料区では 3 時間の時点で 17%、144% および 360%、6 時間の時点で 19%、15% および 75%、12 時間の時点で 0%、-30% および 14% の増加率であった。これらの値からみて、CA 飼料区では摂餌後 3 時間で中腸腺と血液での増加率が著しく高く、摂餌に伴い増加する遊離アミノ酸がこの時点で主に中腸腺と血液に集中していることがわかる。これに対して AA 飼料区では摂餌後 3 時間で血液での増加率は極めて高くなるが、筋肉と中腸腺では何れも低く、また両者ほぼ等しい増加率である。AA 飼料区の中腸腺での増加率が CA 飼料区と同様に著しく高くなるのは時間的におそく摂餌後 6 時間にみられる。前報<sup>8)</sup>で明らかのように、クルマエビは AA 飼料、CA 飼料ともにこれを摂取したあと 2.5 時間で、その飼料性アミノ酸の 50% 以上を中腸腺附近で吸収する。このことから両飼料区の中腸腺と血液で増加する遊離アミノ酸は飼料由来のアミノ酸と推察される。しかしながら、上記したように血液中の遊離アミノ酸の

増加が AA 飼料区と CA 飼料区で時間的に一致し、CA 飼料区の中腸腺でも同じ時点で遊離アミノ酸が増加するのに、AA 飼料区の中腸腺でその増加が時間的におくれるのは両飼料区間の大きな違いであるがこれがどのような理由によるかは明らかでない。

摂餌前の個々の遊離アミノ酸 (Fig. 2, Fig. 3, Fig. 4) 筋肉中で最も多い遊離アミノ酸は Gly で、次いで Arg, Pro, Ala と続き、この 4 種のアミノ酸の合計は筋肉の遊離アミノ酸の 92% を占める。鴻巣ら<sup>2)</sup> および藤田<sup>4)</sup> は、クルマエビのエキリアミノ酸には Gly と Arg が特異的に多く、Pro, Ser, Ala がこれに次ぐことを報告しているが、本実験で Ser は少なかつた。中腸腺の遊離アミノ酸の中では Tau が最も多く、Pro がこれに次ぐ。筋肉に多い Gly, Arg, Ala は、中腸腺では他のアミノ酸とほぼ同じレベルで含まれる。血液の遊離アミノ酸は筋肉や中腸腺に比べてはるかに少ない。その中で Tau は極めて多く、Arg, Pro, Gly, Lys と続き、この 5 種のアミノ酸が血液中の遊離アミノ酸のほぼ 70% を占める。CAMIEN *et al*<sup>5)</sup> は、ウミザリガニ *Homarus vulgaris* の血漿アミノ酸濃度は筋肉に比べて非常に低いが、その

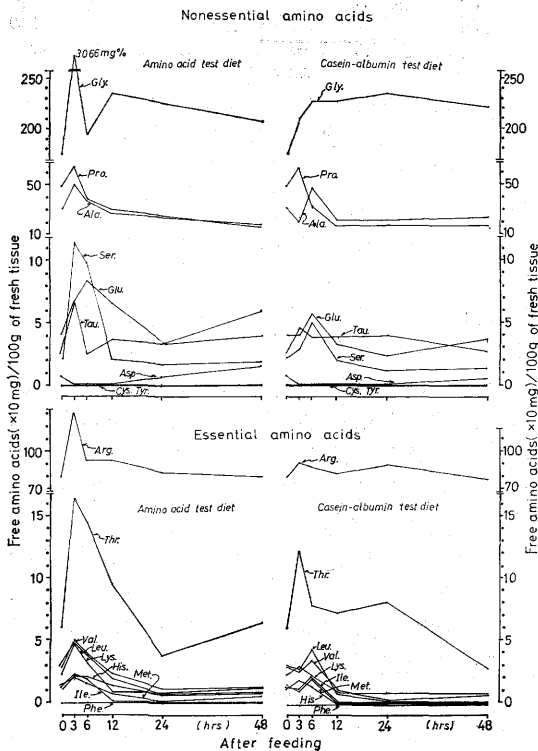


Fig. 2. Changes in each free amino acid in muscle of prawn after feeding.

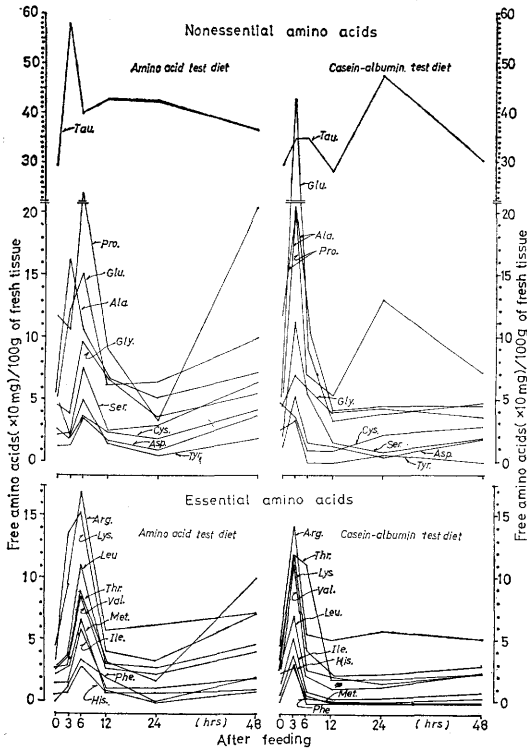


Fig. 3. Changes in each free amino acid in hepatopancreas of prawn after feeding.

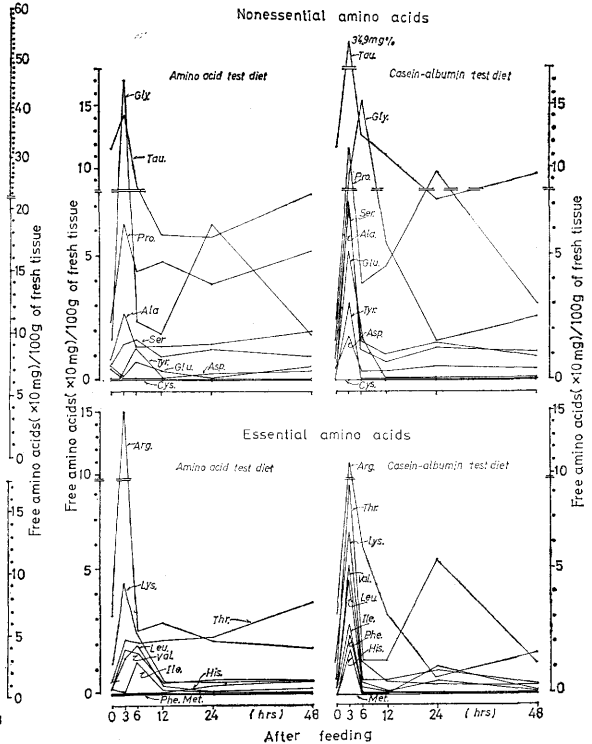


Fig. 4. Changes in each free amino acid in blood of prawn after feeding.

中で Gly は特異的に多いことを認めている。本実験の結果からクルマエビの血液の遊離アミノ酸濃度も元来低いものと考えられるが、その中で Tau が多い点はむしろニジマス<sup>9)</sup>や大西洋産のサケ *Salmo salar*<sup>10)</sup>などの魚類の血液と似ている。

**摂餌後の個々の遊離アミノ酸の変動** 1. 筋肉 (Fig. 2): 両飼料区とも摂餌前にその存在を認めたアミノ酸はほとんどすべて摂餌後3時間間ないし6時間で増加のピークに達するが、Aspだけは消失する。AA飼料区で量的に顕著な増加は Gly, Arg, Ala および Pro にみられ、特に Gly と Arg の増加が著しい。摂餌前には少ないアミノ酸の中で Ser と Thr の増加量は比較的高い。一方、CA飼料区ではAA飼料区に比べて各アミノ酸の増加量は全般に低い。量的に高い増加はAA飼料区と同様に Gly, Arg, Pro および Ala にみられるが、その中で Gly と Arg の増加量はAA飼料区より著しく低い。また、Glyの変動パターンはAA飼料区のと全く相違し、摂餌後6時間ではほぼ最高値に達したあと減少することなくその量を維持し、48時間でやや減少する。クルマエビにとって必須といわれるアミノ酸<sup>\*)</sup>の中で Arg と Thr を除くアミノ酸は量的に少なく、摂餌に伴う変動も全般的に小さいが、両飼料区とも摂餌の12時間以降は摂餌前のアミノ酸濃度を下廻るレベルにまで減少する。この傾向は特に CA飼料区で明らかで、Ile, Met, His および Leu は摂餌後12時間ないし24時間で消失してしまう。これに対してAA飼料区では消失するアミノ酸はIleだけで、他のアミノ酸は期間を通じてほぼその存在を認める。

2. 中腸腺 (Fig. 3): 摂餌に伴い高い増加を示すアミノ酸は、AA飼料区では Tau, Pro, Arg, Lys, Glu および Leu, CA飼料区では Tau, Pro, Glu, Ala, Arg および Thr で、Tau, Pro, Arg および

\* 金沢, 手島, 植村: 昭和49年度日本水産学会春季大会 (於東京) 講演要旨集, p. 67 (1974).

Glu は両飼料区で共通する。全般的な変動のパターンをみると、CA 飼料区ではほとんどすべてのアミノ酸が摂餌後 3 時間で最高値に達したのち、6 時間ないし 12 時間で一旦摂餌前のレベルを下廻る量にまで減少し、再び増加する傾向をみせる。この傾向は必須アミノ酸群でより顕著に認められ、特に His, Met, Phe, Ile は消失するか、著しく減少する。一方、AA 飼料区での増加のピークは CA 飼料区よりおくれてほぼ摂餌後 6 時間に集中し、のち減少するが減少後のレベルは CA 飼料区よりも明らかに高く、消失してしまうアミノ酸は認められない。この点は筋肉の場合に似ている。

3. 血液 (Fig. 4): 摂餌に伴う遊離アミノ酸の増加は、Gly と Arg を除くすべてのアミノ酸で CA 飼料区が高い。すなわち、AA 飼料区で高い増加を示したのは、血液に元来多く含まれる Tau, Arg, Pro, Gly, Lys, Ala などの限られたアミノ酸にみられ、その他のアミノ酸では全般に低い増加にとどまる。特に必須アミノ酸群では Arg の異常な増加に比べて他のアミノ酸は極めて低く、中でも Phe と His は摂餌に伴う増加を認めない。また不必須アミノ酸で Gly だけは特異的に高い増加を示す反面、Asp は摂餌に伴い消失するなど、個々のアミノ酸の変動にかなりのムラが観察される。これに対して CA 飼料区では摂餌後時間ではほぼすべてのアミノ酸が一様にピークに達し、ピーク時の増加量は概ね摂餌前のレベルに応じて高くなる傾向がみられる。AA 飼料区でその増加を認めない Phe, His, Asp も CA 飼料区では明瞭に増加する。なお、Gly と Arg の増加量だけは CA 飼料区で明らかに低いが、ピークに達したあとの減少は AA 飼料区で早く CA 飼料区でゆるやかである。

以上のように、個々の遊離アミノ酸は摂餌に伴い各組織中で複雑に変化するが、これらの変動がアミノ酸の代謝にどのように関与しているかはクルマエビの栄養代謝の知見が乏しい現状では統一的には論じ得ない。しかしながら、既に明らかのようにクルマエビは CA 飼料でよく成長し AA 飼料ではほとんど成長しないことから、摂餌に伴う遊離アミノ酸の正常な変動は CA 飼料区で示されるとするならば、AA 飼料区でみられる血液中の Arg の著しい増加と、対照的に低い他の必須アミノ酸の増加や、中腸腺の遊離アミノ酸の摂餌に伴う濃度増加の時間的なおくれなどは CA 飼料区に比べて少なくとも正常でないように思われる。血液での Arg の著しい増加は Gly とともに AA 飼料区の筋肉でも認められるが、前報<sup>3)</sup>でクルマエビは摂餌に際し多分内因性と考えられる Gly をその糞中に分泌することを認めたことから、血液と筋肉に増加する Gly には飼料性 Gly の他に内因性 Gly も含まれている可能性が考えられる。しかしながら Arg は必須アミノ酸であることから、その増加はほとんど飼料由来の Arg によると思われるが、AA 飼料区の血液中で Arg だけが著しく増加し、他の必須アミノ酸は低い増加しか示さない理由は明らかでない。中腸腺での遊離アミノ酸の変動についてもまた、前報<sup>3)</sup>でクルマエビは飼料性アミノ酸を中腸腺附近で最もよく吸収し、その吸収率は摂餌後 2.5 時間で 50% 以上を示したことと、本実験で CA 飼料の中腸腺の遊離アミノ酸濃度が摂餌後 3 時間でピークに達したことからみて、吸収された飼料性アミノ酸は摂餌後急速に中腸腺に集中するものと考えられるが、AA 飼料区で上述のように中腸腺へのアミノ酸の移行がおくれるのは単にアミノ酸の吸収速度の違いによるのか、或いは吸収されたアミノ酸が中腸腺へ輸送される経路の違いを示しているのか、更にはこのような遊離アミノ酸の変動が AA 飼料でクルマエビの成長の悪い理由と関連しているのか等については全く不明である。

## 要 約

クルマエビに AA 飼料および CA 飼料を与えて 3, 6, 12, 24 および 48 時間毎に筋肉、中腸腺および血液を採取し、それらの遊離アミノ酸組成を調べた。

いずれの部位でも摂餌後 3 ないし 6 時間で遊離アミノ酸の濃度は最高値に達し、のち急速に減少した。ピーク時の濃度は、筋肉では AA 飼料区が、血液では CA 飼料区がそれぞれ高かった。個々のアミノ酸の中で Gly と Arg は AA 飼料区の筋肉と血液で著しく高くなったが、血液では Arg を除く他の必須アミノ酸の増加は全般に低かった。中腸腺ではピーク時の遊離アミノ酸濃度は両飼料の間ではほとんど差はなかつたが、ピークに達する時間が AA 飼料区でおくれる結果を示した。

終りに本報告の機会を与えられた本場茂野邦彦場長に謝意を表する。

#### 文 献

- 1) 清水 亘・藤田真夫：本誌，**20**，720-722 (1954)。
- 2) 鴻巣章二・秋山明子・森高次郎：同誌，**23**，565-567 (1958)。
- 3) 鴻巣章二：同誌，**37**，763-769 (1971)。
- 4) 藤田真夫：“エビ類の筋肉エキス中の窒素化合物に関する研究” 1-107 (1961)。
- 5) CAMIEN, M.N., H. SARLET, G. DUCHATEAU, and M. FLORKIN: *J. Biol. Chem.*, **193**, 881-885 (1951)。
- 6) GILLES, R.: *Arch. Inter. Physiol. Biochim.*, **78**, 91-99 (1970)。
- 7) 弟子丸修・黒木克宜：本誌，**40**，1127-1131 (1974)。
- 8) 弟子丸修：同誌，投稿中
- 9) NOSE, T.: *Bull. Freshwater Fish. Res. Rab.*, **22**, 137-144 (1973)。
- 10) COWEY, C.B., DAISLEY, K.W., and PARRY, G.: *Comp. Biochem. Physiol.*, **7**, 29-38 (1962)。