

ザリガニの脱皮に伴う摂餌量の変動に関する定量的解析

中 村 薫*

Quantitative Analysis on the Feeding Patterns of the Crayfish Relating to the Molting Cycle

Kaworu NAKAMURA*

Abstract

It has been commonly known that the feeding habits of decapods are affected by inevitable moltings for their developments. In this report, the quantitative methods were applied to feeding experiments of individual crayfish, *Procambarus clarkii*, for the purpose to clarify the relation of feeds to the molting cycle. Some kinds of pellets were prepared, especially such pellets as containing much cellulose (90%) or oil (14.1%) were used for the examinations of nutritional consideration. Such items as the body weights at different stages on the molting cycle, the diurnal amount of consumed pellets, and in some cases the amount of feces were weighed. After that, the feed conversion factor of each molting cycle, the amount of consumed pellets during one cycle/(the body wt. of postmolt—the body wt. of intermolt), was calculated. Further, the values of the molting power were introduced here as the indicatives of the degrees of water absorption at the molting time, which were calculated as (the body wt. of postmolt—the body wt. of premolt) \times 100/the body wt. of premolt.

As results, the diurnal amount of consumed pellets showed a distinct variation following the lapse of molting stages. Its pattern had the 1st maximum, which is also the greatest value, at the short postmolt period and the 2nd maxima were recognized in some cases before the next molting. Such greatest values correspond to the 2-3% of their body weights, and the summed feeds of the diurnal amounts during one molting cycle occupy about 23% of the body weight of intermolt. Considering with the experimental results of cellulose feeding, it suggested that the internal factor(s) of a feed-control mechanism if existed in the crayfish might participate primarily with the hemolymph concentration(s) of absorbed nutritive(s) rather than the physical factor as the capacity of the digestive tract, that is the stomach and intestinal volume. In addition, as the pellets of much contained oil gave comparatively a high efficiency to the molting power and the feed conversion factor, it seems that lipid may propose a physiological interest for the nutritional approach to the molting development.

甲殻類の摂餌習性はその成長にとって不可避的な脱皮現象により大きく支配されており、且つ成長それ自体は節足動物の他にその例を見ない段階的成長曲線を示す。よって養魚飼料

* 鹿児島大学水産学部増殖生理学研究室 (Lab. of Propagation Physiology, Fac. of Fisheries, Kagoshima Univ., Kagoshima, Japan)

学的立場からは特に甲殻類を対象とした飼料効果を調べる際、栄養試験上の飼育管理、各試験項目、例えば摂餌量、増重量、飼料転換効率（飼料係数）或いは飼料消化率、等の取り扱い方およびその算出に当たっては、該当種の摂餌習性に即した実験を組むことを目的とした、予察的知見を得ておく必要があろう。ところが従来、甲殻類における摂餌行動を定量的に扱った報告は、その例に乏しいと判断されることもあり、此にザリガニを一例としてその摂餌習性を摂餌量の把握と云った計量可能な側面からとらえることを試み、併せて飼料係数或いは脱皮時の吸水作用に基づく増重の度合いを脱皮力 molting power なる数値を導入することにより求め、特にザリガニ用に調製されたペレット飼料の栄養効果を検討した。

実験方法

材料には埼玉県谷塚近郊の廃止水田にて採集したアメリカザリガニ *Procambarus clarkii* を用い、体重約 2~10 g の個体を主として実験に供した。

実験は脱皮周期に付随した摂餌量の変動を明確にし、加えて摂食の制御機構を解明する上での予察的実験としてセルロース給餌を試み、さらに飼料中の脂質成分の多寡による脱皮成長への影響を調べることを目的とした飼料試験を組んだ。

飼育は共食いを防止すること、および実験が定量的な性質のものであることから、ザリガニに対しては正常な棲息を許す条件ではないが、体重秤量、給餌、残餌分或いは糞、等の個体毎の秤量或いは回収時の便宜を考慮して個別隔離飼育を実施した。飼育容器としてエナメル塗装を施し円筒状に丸めた金網（5 mm 目）を側壁とし、上端にアクリル樹脂板、下端には残餌の損失を抑えるため目の細かい茶漉を装備させて両端とも開閉自由の構造とした網籠を多数用意した (Fig. 1)。

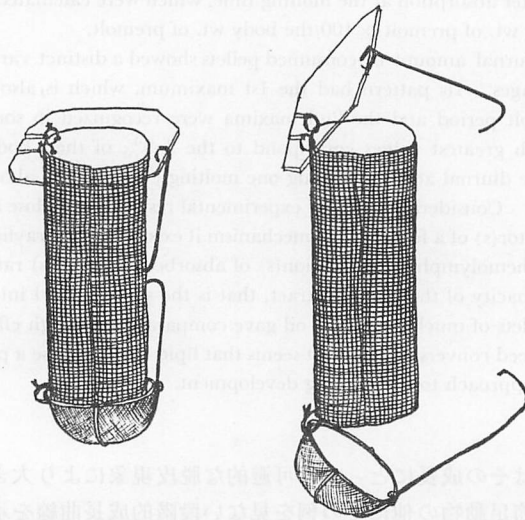


Fig. 1. Keeping basket of individual crayfish. It consists of a wire netting lateral-cylinder, an acrylic lid and a bottom cap, to which a tea ball or a net ladle of frying was applied.

給餌は日毎1回、午前中に個別に与えることとし、3日毎に予想消費量を推算して給餌量の秤量を行ない給餌準備量とした。具体的にはまず個体毎にサンプル管を用意して、これに3日分の準備量を秤量後、収めた。餌は長さ不定で長短が混在した一定直径の棒状ペレットの中から等長のものを3本選んで各々を1日分に相応させることを基本とした。場合により数には3の倍数で増加の必要も生じた。さて3日毎の秤量方式において給餌2日目は前日の残餌状態を調べた後、極力適正量に近づくよう給餌量に加減を行なった。給餌3日目はサンプル管内の当日給餌分に不足を生じた場合にのみ、予測される摂餌量を考慮してあらたに給餌不足分を秤量の後、補充した。給餌4日目には先の3日間を通して日毎回収された残餌分を、適宜糞に関しても同様に、まとめて定温乾燥器内にて110°C・3時間の処理の後、秤量して回収残餌量(糞量)を求めた。なお4日目においてサンプル管内の準備量に余りを生じた際には、その未給餌分は乾燥処理を経ずそのまま秤量して先の残餌量と合計して損失量として扱った。ザリガニが実質上、摂食したと看做されるいわゆる摂餌量は準備量より損失量を減じた値として算出した。ところで損失量の中で、回収残餌量の取扱いに当たっては、残餌の飼育水中での溶出度合を予め調べてその係数(得られた値としては1.25~1.43)を回収残餌量に乗じたものを(推定)残餌量とした。なお体重に関しては脱皮時期に留意して適宜測定を行なった。また上記の諸項目の秤量に際しては小数点以下2ないし3桁まで記録したが、測定誤差に関する予備実験の結果から信頼度の高い範囲はせいぜい小数点以下1桁までであり、よって2桁目以下は参考程度に考慮することとした。

飼育実験は用意された飼料の相違に基づいて7区を設定し、それをI, II, III, IV, V, VIおよびVIIと区別した。前4者はいづれもVとその組成上、著しい差異のない飼料が用いられ、他方VIでは前5者と比較して脂質成分を約10倍増加させた飼料を用いた。これは中性脂肪(植物性)の脱皮成長への効果の有無を調べる目的で設定した区である。さらにVIIとして蛋白質、脂質および大部分の炭水化物をセルロースに置替えた、いわゆる栄養価の乏しい飼料の給餌区を設け、摂食量制御の機序を考察する手掛りとした。V, VIおよびVIIの飼料に関する飼料組成の分析表をTable 1に示した。

Table 1. Feed composition of three different pellets applied to the nutritional examinations. *1: vegetable oil, *2: binder contained.

Group	Feed composition (%)				
	Protein	Lipid*1	Carbohydrate*2	Ashes	Cellulose
V	54.7	1.3	32.0	11.3	0
VI	53.9	14.1	18.3	11.7	0
VII	0	0	10	0	90

本実験において使用された計量項目を整理すると下記の通りである：1) 体重；体重は各脱皮 stage において繰返し秤量し、その平均値を脱皮間期 intermolt, 脱皮前期 premolt および脱皮後期 postmolt 毎に算出した、2) 給餌準備量 prepared, 3) 損失量 loss = 未給餌量 + 推定残餌量, 4) 推定残餌量 = 回収残餌量 × 溶出係数, 5) 推定摂餌量 consumed = 給餌準備量 - 損失量, 6) 糞量 = 回収糞量 (溶出による補正せず), 7) 脱皮力 molting power = (脱皮

後期体重-脱皮前期体重)×100/脱皮前期体重, 脱皮時に脱皮前期の体重がどれ程増量するか目安を与える値で, 間接的には吸水作用の大きさを意味し, 且つその値は殻を脱ぐ力とも関連する. 真の値ではさらに脱皮殻の重さを加算せねばならないが, 便宜上, その点は除外されているために見掛けの値として示される, 8) 飼料係数 feed conversion factor = 脱皮間の積算推定摂餌量/(脱皮後期体重-脱皮間期体重).

実験期間は1970年9月-1971年2月で, 飼育水は流水状態, 水温は19-23°C の範囲にあり当該水温においてザリガニの摂食行動に負の影響は特に認め得なかった.

最後に, 実験に際しては東京大学農学部日比谷京教授(当時)の指導を受け, また飼料の調製およびその組成分析に当たりオリエンタル酵母株式会社の北村佐三郎博士と野沢卓爾氏にお世話いただいた. 実験結果の整理が遅れたことも併せて此に深謝の意を表します.

結果および考察

日間摂餌量は脱皮周期上の位置, 即ち脱皮 stage の経過に伴ない著しい量的変動を示すことが確認された. 得られた基礎資料の一部を Appendix 1, 2 に載せ, 当該資料をもとに描いた No. 14, 148 および187の各個体のグラフを Fig. 2~4 に示した. 他の標本個体の結果とも併せて, 以下の事が摂食行動の典型的パターンとして導出された. 脱皮時およびその前後の短い期間には摂食は殆んど認められず, この状態は個体が大きい程, 量的把握に明瞭な差異を生じるために確認が容易となるが, 概して脱皮後 2, 3 日を経ると摂食は再開される. 当該時期は脱皮周期上, 最大の摂餌量を示す stage に当たり, 極大点を経て数日後には徐々に, 或いは急激に摂餌量には減少的傾向が生じ, その勾配のまま次回脱皮時まで摂食の低下が持続するか (Fig. 2), 或いは第2極大期に向いつつ摂餌量は再び増加傾向を回復し極大点を経た後に減少して次回脱皮時期に入る (Fig. 3, 4). ところで脱皮後から次回脱皮直前までの積算摂餌量は個体の大きさに関わらず体重に対して大略一定の値を示し, それは脱皮間期体重の23%前後を占めることが Appendix 3, 4 および5を基礎として算出された. さらに第1極大期において積算された摂餌量は体重(脱皮後期)の13%程に当たり, それは胃の容積, 等が許容量を設定していることも考えられる. 又, 摂餌量の変動には摂餌と糞の排泄との生理的平衡関係が関与することも考えられ, さらに日間摂餌量の量的側面を考慮する際には摂食因子, 飽食因子と云った摂食の制御機序を想定する必要がある. 脱皮後期における大食的摂食は一つに脱皮に付随した消化器系, 即ち胃および後腸, の内容物と旧被覆クチクラの除去によって生じるであろう消化器系の収容容積の拡張が起因をなす機械的理由と, 一つに脱皮直後の著しい吸水作用による血リンパの栄養分濃度の低下が摂食中枢(存在は未だ確認されていないが)を刺戟する化学的理由とが挙げられよう. ところで摂食の行動発現に関与する神経支配系については BETHE¹⁾ の, ワタリガニ *Carcinus maenas* における困食道神経連絡の両側切断実験により摂食促進が生じること, 等から脳(食道上神経節)が行動発現の抑制中枢を備える可能性を示す報告の例があるが, 摂食中枢を対象とした哺乳類等の研究²⁾³⁾⁴⁾ に沿った報告は未だ例を見ない. そこで次に飼料中の主要な栄養要素の殆んど全てを, ザリガニに対しては消化不可能或いは不良とも云えるセルロースに置替えて給餌実験した結果を比較した. Fig. 5 はその一例の No. 406 の個体で, 該当する基礎資料は Appendix

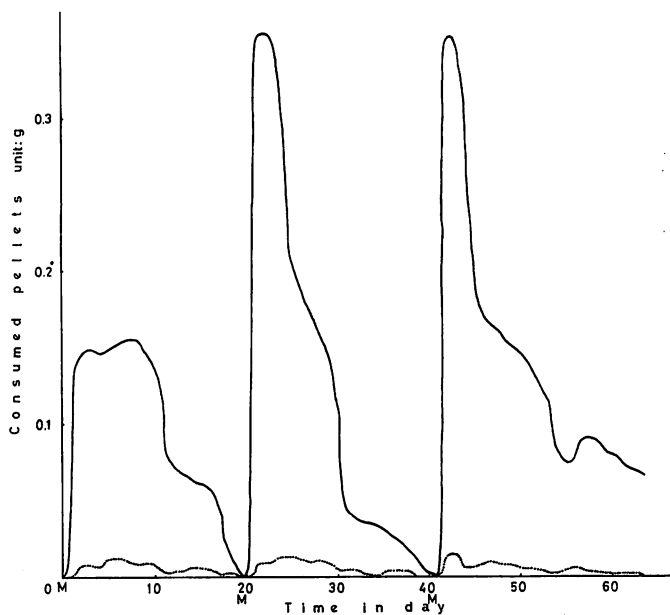


Fig. 2. Feeding pattern of a crayfish No. 14 after the 1st molt, relating to the molting cycle. Capital letter M on abscissa means the day of molting. solid line: feed, dotted line: feces.

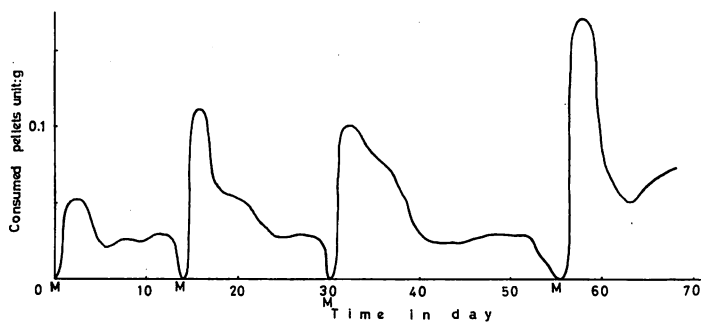


Fig. 3. Feeding pattern of a crayfish No. 148 after the 1st molt, relating to the molting cycle. Capital letter M on abscissa means the day of molting. solid line: diurnal feeding.

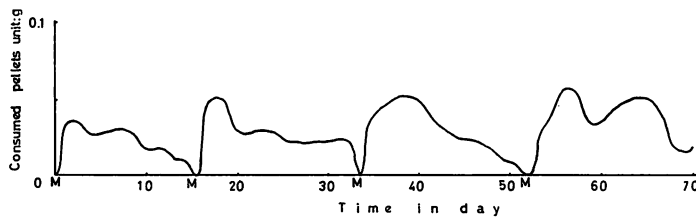


Fig. 4. Feeding pattern of a crayfish No. 187 after the 1st molt, relating to the molting cycle. Capital letter M on abscissa means the day of molting. solid line: diurnal feeding.

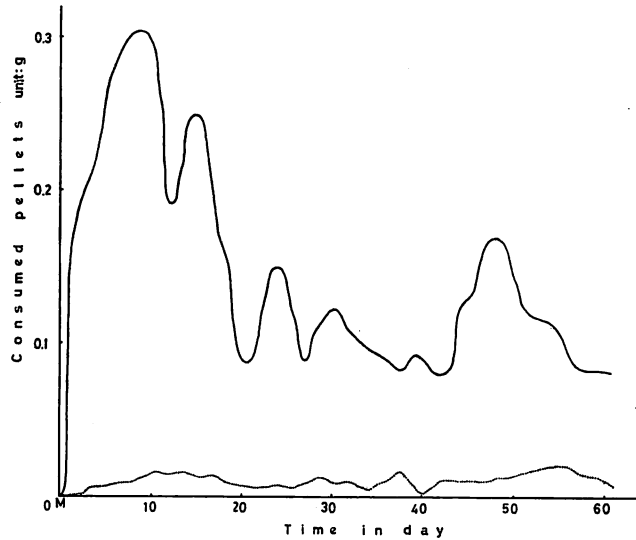


Fig. 5. Feeding pattern of a crayfish No. 406 after the 1st molt. solid line: feeding on cellulose-rich pellets, dotted line: feces.

2に載せておいた。当該個体は先に Fig. 2 に示した No. 14 の個体と実験開始時において大略同一体重 (9 g 前後) であったが、後者が20日間を要して約 1.8 g の摂餌の後、次回脱皮に入るのに反し、セルロース給餌の前者は20日間に前者の摂餌量の2倍もの 3.8 g の摂餌をしても次回脱皮に至らず、さらに以後の日間摂餌量は前者に比較して著しく多量でいくつかの極大点を示しながらもその摂餌量には減少的傾向が窺えない。即ち平常条件において認められた摂餌パターンは全く失われ、替に大食的摂餌行動が持続することとなる。さらに糞量の比較においてセルロース給餌個体では No. 14 の場合よりも糞量の多いことが確認され、それは摂餌が多くなれば糞量も多くなる関係、即ち両者間に一定の正の相関が存在し両者に

Table 2. Statistical examinations of the feeding effects of different pellets on the six groups, of which values are calculated from the data in Appendix 3, 4 and 5. *¹: the amount of consumed pellets during one molting cycle/(the body wt. of postmolt-the body wt. of intermolt), *²: (the body wt. of postmolt-the body wt. of premolt) × 100/the body wt. of premolt.

Group	Feed conversion factor* ¹		Molting power* ²	
	\bar{x}	σ_n	\bar{x}	σ_n
I	0.808	0.179	22.6	5.93
II	0.700	0.143	24.4	4.86
III	0.686	0.127	27.0	5.68
IV	0.720	0.127	26.6	5.90
V	0.647	0.131	28.2	5.80
VI	0.617	0.126	29.8	6.34

は平衡関係が維持されていることを窺わせる。なおセルローズ給餌区の個体の中には飼育期間の後半において斃死する例が生じ、解剖の結果セルローズ粉末の蓄積固化に起因した後腸閉塞が死因と判断された。当該個体では斃死前に摂餌量の急激な低下が認められたことを付記しておく。

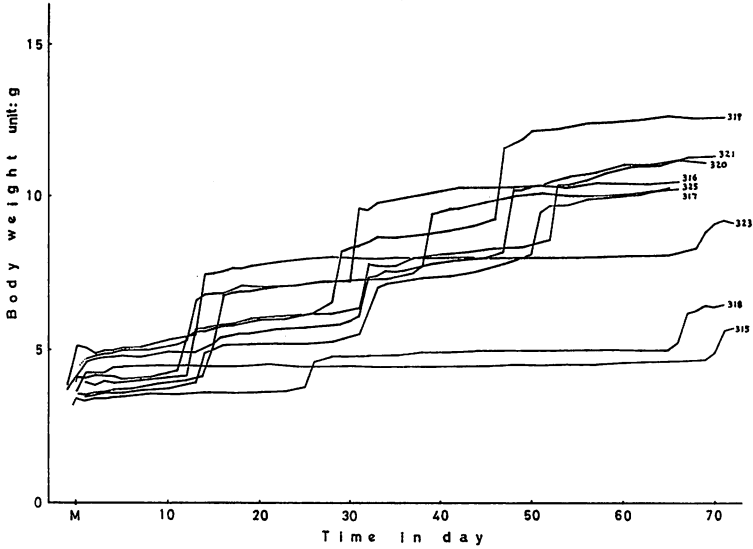


Fig. 6. Individual molting patterns in group V after each 1st molt. Capital letter M on abscissa means the day of 1st molt.

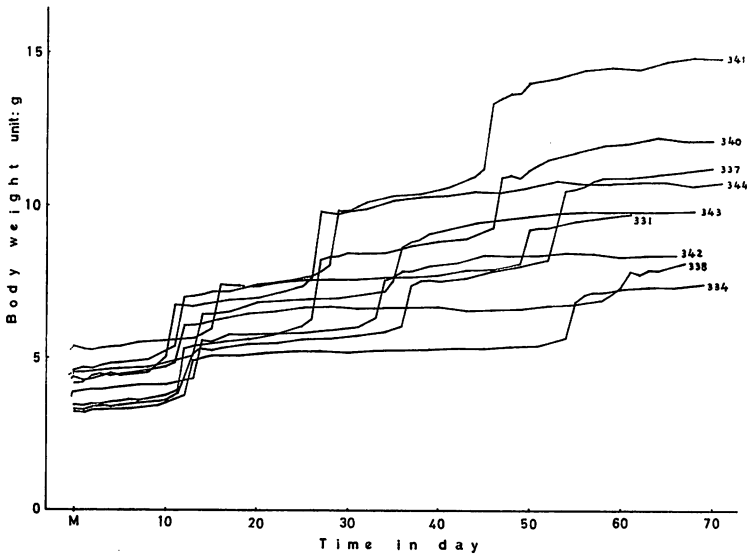


Fig. 7. Individual molting patterns in group VI after each 1st molt. Capital letter M on abscissa means the day of 1st molt.

セルロース給餌区との比較を踏まえた以上の諸結果を考慮すると、脱皮後期における大食的摂食は消化器系の脱皮による空虚化と容積の拡張とがその場を提供する因子となり、直接的な第一義的摂食因子としては何らかの栄養分の血リンパ濃度が脱皮時の吸水作用の影響で低下すること、および飽食因子は栄養分が消化吸收後、血リンパ中で一定の値に達すること、の両者が中枢神経の制御機構に働かせることに基づくものと解することが最も存在の可能性が高い機序と考えられる。

次に脂質飼料試験の結果を Table 2 に示し、その基礎資料を Appendix 3, 4 および 5 に載せた。脂質高含有飼料は VI 区に該当し、その飼料係数および脱皮力の値とも標準偏差は大きい、他の標準区に比較して平均値において無視できぬ差異を生じていることが窺える。本実験に使用した植物性油脂には脱皮時の吸水作用を高める効果が多少認められ、且つ飼料係数が相対的に最も低い値を示すことを併せて考慮すると、本試験区の中では最も効率の良い飼料に相当すると云える。ところで飼料効果を脱皮周期との関連において調べた結果を V, VI 両区に関して各々 Fig. 6 と 7 とに示した。両区の脱皮周期の所要期間の上には明瞭な差異を認め得ないことから、本脂質の効果は脱皮周期には及んでいないものと解される。脂質は甲殻を構成する 3 層 endo-, exo-, epi-cuticle の中で最外層を被う epicuticle に関連するものであり、その主成分としては蛋白質、polyphenol の他に脂質として炭化水素、蠟、等の存在が報告されている⁵⁾⁶⁾。組織学的にみて当該層は脱皮準備期に入りその分泌が高められ、徐々に剝離した旧殻の endocuticle の内側に、真皮細胞の外側を被う状態で出現し⁷⁾⁸⁾、さらに脱皮時までには当該層の内側に真皮細胞により exocuticle が分泌付加されることから、epicuticle は見かけの脱皮以前に体内生理が脱皮代謝に入ったことを示す指標とも云える。即ち、殻形成に関与する脂質は真の脱皮開始に当たり代謝上重要な役割を荷うことが推察される。よって本実験で得られた飼料係数と脱皮力の数値上に表われた他区との差異は、ザリガニを含めた甲殻類十脚目の脱皮生理を解明する上で、脂質の果たす役割が興味ある問題を提起するであろうと考える。

要 約

1. 個別飼育法でペレット飼料を給餌し、アメリカザリガニの日間摂餌量を求め摂食と脱皮成長との関係を調べた。
2. 日間摂餌量は脱皮周期上の位置により著しい変動を示した。そのパターンは脱皮後期に最大値をもつ極大点を示すこと、第 2 極大期を次回脱皮の前に経る場合もあること、等が明らかにされた。
3. 最大日間摂餌量はその体重の 2-3% 程に当たること、脱皮の 1 周期上の積算摂餌量は個体の大きさに関らず脱皮間期体重の約 23% を占めることが算出された。
4. セルロース給餌との比較実験の結果、摂食の制御機序には胃の容積と云った機械的要因よりも血リンパの栄養分が第一義的に関与する可能性の高いことが示唆された。
5. 脂質高含有飼料の栄養試験により当該飼料は脱皮周期へは促進的效果を示さないが、脱皮時の吸水作用を高め且つ飼料係数を小さくする働きを窺わせ、脱皮成長に対して効率の良い飼料になり得る可能性を示した。

文 献

- 1) BETHE, A. (1897): Das Nervensystem von *Carcinus maenas*, Ein anatomisch-physiologischer Versuch. I. Theil, I. Mittheil. *Arch. mikr. Anat.*, **50**, 460-546.
- 2) LARSSON, S. (1954): On the hypothalamic organization of the nervous mechanism regulating food intake. Part I. *Acta physiol. scand.*, **32**, Suppl. 115.
- 3) ANAND, B. K. (1961): Nervous regulation of food intake. *Physiol. Rev.*, **41**, 677-708.
- 4) MORGAN, P. J. (1961): Medial forebrain bundle and "feeding centers" of the hypothalamus. *J. Comp. Neurol.*, **117**, 1-25.
- 5) RICHARDS, A. G. (1951): "The Integument of Arthropods", Univ. Minnesota Press, Minneapolis, 163-172.
- 6) HAMILTON, R. J., RAIE, M. Y., WEATHERSTON, I., BROOKS, C. J. and J. H. BORTHWICK (1975): Crustacean surface waxes Part I. The hydrocarbons from the surface of *Ligia oceanica*. *J. Chem. Soc., Lond., Perkin Trans.* **1**, 354-357.
- 7) TRAVIS, D. F. (1955): The molting cycle of the spiny lobster, *Panulirus argus* LATREILLE II. Precedysial histological and histochemical changes in the hepatopancreas and integumental tissues. *Biol. Bull.*, **108**, 88-112.
- 8) YAMAOKA, L. H. and B. T. SCHEER (1970): Chemistry of growth and development in Crustaceans. in "Chemical Zoology" (ed. by M. FLORKIN and B. T. SCHEER), vol. 5, Academic Press, New York and London, 321-341.

Key to Appendix 1 and 2

- *1 : specimen number
- *2 : October 31, November 1, November 2
- *3 : surplus on the 7th September
- *4 : unfed and molted on the 8th Sep.
- *5 : want on the 9th Sep.
- *6 : remained after feeding of 3 days
- *7 : presumed value calculated after diurnal collection in water
- *8 : dry weight collected during 3 days

Key to Appendix 3, 4 and 5

- *9 : the body wt. of intermolt stage
- *10: the body wt. of premolt stage
- *11: the body wt. of postmolt stage
- *12: $(\text{the body wt. of postmolt} - \text{the body wt. of premolt}) \times 100 / \text{the body wt. of premolt}$
- *13: the amount of consumed pellets during one molting cycle / (the body wt. of postmolt - the body wt. of intermolt)

Appendix 1

No. 14*1 Date	Diurnal check of allotment			Quantity of pellets (g)				Feces (g)	Occasional body-weight (g)				
				Prepared	Loss	Consumed							
0907-0909	+	*8	0M*4	-	*5	0.068	0*6	0.015*7	0.053	0.003*8	8.23	9.67M	9.69
0910-0912	-	-	-	-	-	0.433	0	0	0.433	0.020		9.65	
0913-0915	-	-	-	-	-	0.447	0	0	0.447	0.030		9.69	
0916-0918	-	-	-	-	-	0.458	0	0	0.458	0.023			
0919-0921	+	+	-	-	-	0.477	0.174	0.077	0.226	0.010	9.96		
0922-0924	-	+	+	+	-	0.265	0.050	0.028	0.187	0.014		10.13	
0925-0927	+	+	0M	-	-	0.164	0.078	0.042	0.044	0.003		10.57	13.40M
0928-0930	-	+	-	-	-	1.285	0.229	0.008	1.048	0.023	13.44		13.56
1001-1003	+	-	+	+	-	0.900	0.182	0.094	0.624	0.035	13.70		13.71
1004-1006	-	+	+	+	-	0.661	0.080	0.109	0.472	0.029		14.15	
1007-1009	+	+	+	+	-	0.487	0.074	0.274	0.139	0.016	13.92		
1010-1012	+	+	+	+	-	0.310	0.097	0.115	0.098	0.004	14.15		
1013-1015	+	-	+	+	-	0.168	0.058	0.046	0.064	0.011	14.23		
1016-1018	+	+	+	+	-	0.075	0.030	0.031	0.014	0	14.11		
1019-1021	0M	+	+	+	-	1.696	0.753	0.247	0.696	0.027	17.97M		
1022-1024	+	+	+	-	-	1.294	0.429	0.274	0.591	0.018	18.25		18.38
1025-1027	+	-	-	-	-	0.769	0.249	0.049	0.471	0.026			19.11
1028-1030	-	+	+	+	-	0.502	0.048	0.041	0.413	0.021		18.93	
1031-1102*3	+	-	-	-	-	0.382	0.110	0.041	0.231	0.015			18.95
1103-1105	-	-	-	-	-	0.274	0	0	0.274	0.003			
1106-1108	-	+	-	-	-	0.292	0.035	0.017	0.240	0.016	19.30		
1109-1111	+	-	+	+	-	0.266	0.012	0.056	0.198	0.012	19.19		
1112-1114	+	+	-	-	-	0.242	0.061	0.034	0.147	0.002			
1115-1117	-	-	-	-	-	0.165	0	0	0.165	0.002		19.48	
1118-1120	+	-	+	+	-	0.177	0.060	0.029	0.088	0			
1121-1123	-	-	-	-	-	0.089	0	0	0.089	0.004		19.46	
1124-1126	+	-	+	+	-	0.099	0.022	0.027	0.050	0.002			
1127-1129	-	+	-	-	-	0.065	0.016	0.004	0.045	0			

No. 148 Date	Diurnal check of allotment			Quantity of pellets (g)				Occasional body-weight (g)				
				Prepared	Loss	Consumed						
1002-1004	0M	-	-	-	-	0.147	0	0	0.147	1.55M	1.55	1.57
1005-1007	+	+	-	-	-	0.166	0.066	0.038	0.062		1.62	
1008-1010	-	-	-	-	-	0.073	0	0	0.073	1.63		1.65
1011-1013	-	-	-	-	-	0.079	0	0	0.079		1.67	
1014-1016	-	+	0M	-	-	0.170	0.028	0.030	0.112	1.68		2.37M
1017-1019	-	-	-	-	-	0.227	0.038	0.004	0.185		2.42	
1020-1022	-	+	-	-	-	0.193	0.026	0.015	0.152	2.41		2.46
1023-1025	+	-	-	-	-	0.160	0.059	0.005	0.096		2.51	
1026-1028	+	-	-	-	-	0.103	0.023	0.003	0.077	2.54		
1029-1031	-	-	+	+	-	0.085	0.018	0.014	0.053	2.54		
1101-1103	0M	-	-	-	-	0.295	0	0	0.295	3.65M	3.58	3.62
1104-1106	-	+	-	-	-	0.307	0.031	0.041	0.235	3.67		3.69
1107-1109	+	+	+	+	-	0.268	0.071	0.043	0.154			3.75
1110-1112	+	-	-	-	-	0.140	0.052	0.009	0.079		3.83	
1113-1115	-	-	-	-	-	0.071	0	0	0.071	3.76		
1116-1118	-	-	-	-	-	0.080	0	0	0.080			
1119-1121	+	+	-	-	-	0.119	0.024	0.005	0.090	3.83		
1122-1124	+	+	-	-	-	0.104	0.042	0.007	0.055		3.93	
1125-1127	+	0M	-	-	-	0.186	0	0.014	0.172		5.50M	5.35
1128-1130	+	+	+	+	-	0.432	0.120	0.032	0.280		5.52	
1201-1203	+	-	-	-	-	0.265	0.105	0.024	0.136	5.56		
1204-1206	-	-	-	-	-	0.174	0	0	0.174			
1207-1209	-	+	-	-	-	0.250	0.061	0.007	0.182			

Appendix 2

No. 187 Date	Diurnal check of allotment			Quantity of pellets (g)				Occasional body-weight (g)		
				Prepared	Loss	Consumed				
0922-0924	0M	-	-	0.106	0	0	0.106	1.22M	1.20	1.25
0925-0927	+	+	-	0.202	0.081	0.041	0.080		1.27	1.30
0928-0930	-	-	+	0.109	0	0.018	0.091		1.28	
1001-1003	-	+	+	0.079	0.012	0.020	0.047	1.32		1.32
1004-1006	+	+	+	0.043	0.018	0.008	0.017		1.37	
1007-1009	+M	-	-	0.190	0.067	0.029	0.094	1.81M	1.78	1.85
1010-1012	-	-	-	0.083	0	0	0.083	1.84		1.83
1013-1015	-	-	-	0.082	0	0	0.082		1.94	
1016-1018	-	+	-	0.088	0.011	0.008	0.069	1.93		1.92
1019-1021	-	-	-	0.068	0	0	0.068		1.96	
1022-1024	+	-	+	0.077	0.017	0.011	0.049	1.99		2.04
1025-1027	+M	-	-	0.243	0.076	0.046	0.121	2.60M	2.62	2.69
1028-1030	+	-	+	0.212	0.046	0.015	0.151	2.66		2.71
1031-1102	-	+	-	0.139	0.022	0.018	0.099		2.72	
1103-1105	+	-	-	0.125	0.029	0.017	0.079			2.78
1106-1108	-	+	+	0.111	0.016	0.035	0.060			
1109-1111	+	+	-	0.074	0.031	0.024	0.019	2.87		
1112-1114	+	+M	-	0.250	0.102	0.084	0.064		3.71M	3.75
1115-1117	+	-	-	0.193	0.022	0.003	0.168	3.74		
1118-1120	+	-	-	0.171	0.046	0.020	0.105	3.88	3.84	
1121-1123	-	-	-	0.128	0	0	0.128			3.95
1124-1126	-	-	-	0.148	0	0	0.148			
1127-1129	+	-	-	0.159	0.068	0.043	0.048		4.03	
1130-1202	-	+	-	0.110	0.024	0.031	0.055			
1203-1205	+	+	0	0.084	0.046	0.029	0.009		4.05	
1206-1208	-	+	0	0.027						

No. 406 Date	Diurnal check of allotment			Quantity of pellets (g)				Feces (g)	Occasional body-weight (g)		
				Prepared	Loss	Consumed					
1205-1207	-	0M	-	0.150	0	0	0.150	0.002			8.11
1208-1210	-	-	-	0.588	0	0	0.588	0.018	8.18	8.15	8.20
1211-1213	-	-	-	0.827	0	0.001	0.826	0.025	8.18		
1214-1216	+	-	+	0.943	0	0.039	0.904	0.045	8.13		
1217-1219	+	-	-	0.785	0.120	0.090	0.575	0.047	8.33		
1220-1222	-	+	-	0.778	0	0.056	0.722	0.039	8.18		
1223-1225	+	-	+	0.780	0.210	0.084	0.486	0.025	8.29		
1226-1228	+	-	-	0.511	0.154	0.099	0.258	0.018	8.23		
1229-1231	-	+	+	0.492	0	0.065	0.427	0.020	8.27		
0101-0103	-	+	-	0.449	0.117	0.052	0.280	0.035	8.26		
0104-0106	-	+	-	0.377	0	0.024	0.353	0.011	8.37		
0107-0109	-	-	-	0.370	0.065	0.004	0.301	0.017	8.36		
0110-0112	+	-	+	0.345	0.056	0.033	0.256	0.036	8.22		
0113-0115	+	-	-	0.328	0.055	0.002	0.271	0.008	8.36		
0116-0118	-	+	-	0.306	0.050	0.013	0.243	0.031	8.24		
0119-0121	-	-	+	0.386	0	0.010	0.376	0.034	8.31		
0122-0124	-	+	+	0.558	0	0.164	0.394	0.040	8.28		
0125-0127	+	+	-	0.483	0.105	0.032	0.346	0.050	8.30		
0128-0130	-	+	-	0.364	0.021	0.005	0.338	0.060	8.35		
0131-0202	-	-	+	0.349	0.029	0.072	0.248	0.045	8.48		
0203-0205	-	+	-	0.292	0.037	0.015	0.240	0.027	8.40		

Appendix 3

Group I

Specimen No.	Sex	Mean body weight (g)			Consumed pellets (g)	Molting power (%) ^{*12}	Feed conversion factor ^{*13}
		Inter. ^{*9}	Pre. ^{*10}	Post. ^{*11}			
2	male	8.87	9.23	10.57	1.467	15	0.86
6	female	10.15	10.50	12.37	2.406	18	1.09
32	male	11.40	11.73	14.00	1.907	19	0.74
33	female	2.40	2.47	3.20	0.504	30	0.63
33	female	3.35	3.47	4.30	0.765	24	0.81
39	male	11.40	11.73	13.67	2.312	17	1.02
51	female	19.60	21.43	29.07	4.250	36	0.45
51	female	30.40	32.73	42.73	9.017	31	0.73
60	female	15.35	16.27	19.53	3.543	20	0.85
78	female	4.63	4.93	6.00	1.180	22	0.86
132	male	3.35	3.53	4.03	0.749	14	1.10
147	male	4.45	5.07	6.27	1.070	24	0.59
164	male	4.30	4.40	5.33	0.997	21	0.97
169	female	3.74	3.90	4.80	0.738	26	0.69
169	female	4.97	5.17	6.30	0.970	22	0.73

Group II

Specimen No.	Sex	Mean body weight (g)			Consumed pellets (g)	Molting power (%)	Feed conversion factor
		Inter.	Pre.	Post.			
4	female	10.50	10.87	12.90	2.190	19	0.91
7	female	10.70	11.20	14.93	2.540	33	0.60
14	male	9.70	10.53	13.48	1.845	28	0.49
14	male	14.15	15.00	18.18	2.459	21	0.61
19	male	10.40	11.10	13.35	2.402	20	0.81
54	female	15.10	16.27	20.00	3.785	23	0.78
77	female	11.45	12.97	15.15	2.108	17	0.57
107	female	4.05	4.30	5.13	0.817	19	0.76
113	female	2.14	2.23	2.83	0.540	27	0.78
116	female	3.85	4.07	4.85	1.106	19	1.11
126	female	1.94	2.07	2.40	0.410	16	0.89
126	female	2.48	2.77	3.43	0.510	24	0.54
126	female	3.50	3.87	5.00	0.736	29	0.49
145	male	2.15	2.20	2.80	0.502	27	0.78
145	male	2.85	2.97	3.80	0.688	28	0.72
170	female	3.56	3.80	4.63	0.765	22	0.71
170	female	4.80	5.11	6.48	1.025	27	0.61
175	female	3.73	3.90	4.98	0.896	28	0.71
175	female	5.13	5.70	7.40	1.035	30	0.46
178	male	4.90	5.10	6.20	0.960	22	0.74
178	male	6.40	6.80	8.38	1.250	23	0.63
192	male	3.45	3.67	4.40	0.690	20	0.72
198	male	4.70	5.00	6.53	1.441	31	0.79
198	male	6.80	7.17	8.48	1.325	18	0.79
199	male	5.35	5.70	7.40	1.465	30	0.71
211	male	2.86	3.10	3.98	0.583	28	0.52
211	male	4.20	4.33	5.65	0.970	31	0.67

Group III

Appendix 4

Specimen No.	Sex	Mean body weight (g)			Consumed pellets (g)	Molting power (%)	Feed conversion factor
		Inter.	Prc.	Post.			
11	male	9.40	10.17	12.87	2.216	27	0.64
11	male	13.30	14.10	19.40	3.970	38	0.65
17	male	8.90	9.20	11.43	1.460	24	0.58
23	female	13.20	13.67	17.20	3.300	26	0.83
35	female	3.62	4.07	5.17	1.103	27	0.71
35	female	5.47	5.80	7.53	1.590	30	0.77
86	male	9.10	9.37	11.10	1.825	19	0.91
101	female	8.15	8.47	10.23	1.376	21	0.66
101	female	10.40	11.20	13.50	1.845	21	0.60
102	male	4.80	5.17	6.40	1.485	24	0.93
104	female	2.95	3.10	3.87	0.922	25	1.00
108	female	2.30	2.50	3.17	0.470	27	0.54
109	female	3.18	3.40	4.13	0.690	22	0.72
117	male	2.25	2.37	3.03	0.490	28	0.63
117	male	3.13	3.33	4.40	0.704	32	0.56
117	male	4.55	4.87	5.93	0.990	22	0.72
118	male	3.74	4.07	4.97	0.890	22	0.72
118	male	5.00	5.53	6.93	1.020	25	0.56
121	female	2.75	2.80	3.50	0.650	25	0.87
121	female	3.60	4.10	5.30	0.680	23	0.48
121	female	5.20	5.50	6.67	0.945	21	0.64
148	male	1.63	1.73	2.40	0.440	39	0.57
148	male	2.48	2.57	3.63	0.623	41	0.54
148	male	3.80	4.03	5.47	1.070	36	0.64
172	male	4.20	4.43	5.60	1.060	26	0.76
172	male	5.70	6.17	7.73	1.285	25	0.63
179	female	2.95	3.20	4.23	0.760	32	0.60
179	female	4.43	4.70	6.00	1.165	28	0.74

Group IV

Specimen No.	Sex	Mean body weight (g)			Consumed pellets (g)	Molting power (%)	Feed conversion factor
		Inter.	Prc.	Post.			
300	male	4.75	5.23	6.63	1.350	27	0.72
300	male	7.00	7.47	9.40	1.878	26	0.78
300	male	10.00	10.60	12.87	2.355	21	0.82
301	male	5.20	5.53	7.13	1.210	29	0.63
301	male	7.35	7.83	10.03	1.610	28	0.60
302	male	4.80	4.93	6.67	1.180	35	0.63
302	male	7.05	7.50	9.13	1.680	22	0.81
303	male	3.60	3.93	4.97	0.837	27	0.61
303	male	5.10	5.47	6.60	1.423	21	0.95
304	male	5.20	5.70	7.50	1.204	32	0.52
304	male	7.55	8.20	10.17	1.710	24	0.65
305	male	4.74	5.13	7.13	1.285	40	0.54
305	male	7.30	8.07	9.73	1.670	21	0.68
306	male	3.48	3.70	4.60	0.800	24	0.71
306	male	4.73	4.87	6.07	1.255	25	0.93
306	male	6.20	6.67	8.10	1.442	21	0.76
307	male	3.50	3.90	5.27	0.978	35	0.55
307	male	5.45	5.83	7.30	1.325	25	0.71
309	female	3.80	4.10	5.47	1.068	33	0.64
309	female	5.65	6.10	7.17	1.470	18	0.97
310	female	4.35	4.53	6.20	1.020	37	0.55
310	female	6.35	6.73	8.10	1.357	20	0.78
311	female	4.20	4.57	5.87	1.154	28	0.69
311	female	6.11	6.47	7.53	1.430	16	1.01
313	female	3.34	3.57	4.77	1.110	34	0.78
313	female	4.96	5.13	6.70	1.246	31	0.71
313	female	7.03	7.63	9.43	1.766	24	0.74
314	female	3.08	3.43	4.23	0.765	23	0.67
314	female	4.20	4.57	5.60	1.020	23	0.73

Group V		Appendix 5					
Specimen No.	Sex	Mean body weight (g)			Consumed pellets (g)	Molting power (%)	Feed conversion factor
		Inter.	Pre.	Post.			
316	male	5.00	5.27	6.73	0.981	28	0.57
316	male	7.10	7.30	9.67	1.172	33	0.46
317	male	4.80	5.00	6.90	1.093	38	0.52
317	male	7.10	7.60	9.47	1.460	25	0.62
318	male	3.56	3.70	4.70	0.905	27	0.79
318	male	4.95	5.23	6.33	1.165	21	0.85
319	male	4.10	4.30	5.60	0.900	30	0.60
319	male	6.25	6.43	8.30	1.192	29	0.58
319	male	8.65	9.30	11.73	1.940	26	0.63
320	male	3.70	4.07	5.40	0.970	33	0.57
320	male	5.71	6.03	7.47	1.220	24	0.69
320	male	7.60	8.10	10.20	1.804	26	0.69
321	male	4.04	4.20	5.70	0.920	36	0.56
321	male	6.05	6.37	7.77	1.157	22	0.67
321	male	8.12	8.50	10.40	1.958	22	0.86
322	male	4.90	5.03	6.13	1.130	22	0.92
322	male	6.30	6.77	8.77	1.258	30	0.51
323	female	5.08	5.50	7.47	1.330	36	0.56
324	female	4.25	4.63	6.10	0.925	32	0.50
324	female	6.30	6.70	8.33	1.182	24	0.58
325	female	3.57	3.77	5.07	0.710	35	0.47
325	female	5.20	5.60	7.13	1.185	27	0.61
325	female	7.37	8.10	9.64	1.800	19	0.79
326	female	4.53	4.87	6.23	1.080	28	0.64
326	female	6.40	6.70	8.20	1.645	22	0.92
327	female	4.10	4.20	5.57	0.901	33	0.61
327	female	5.75	6.03	7.93	1.265	32	0.58
327	female	8.05	8.80	10.77	1.813	22	0.67
328	female	5.00	5.40	7.50	1.165	39	0.47
328	female	7.80	8.40	10.17	1.805	21	0.76
329	female	3.85	4.07	5.03	1.000	24	0.85
345	female	4.00	4.30	6.03	0.985	40	0.49
345	female	6.38	6.70	8.27	1.413	23	0.75

Group VI							
Specimen No.	Sex	Mean body weight (g)			Consumed pellets (g)	Molting power (%)	Feed conversion factor
		Inter.	Pre.	Post.			
330	male	4.70	5.20	6.80	1.020	31	0.48
330	male	7.05	7.53	9.50	1.368	26	0.56
331	male	5.45	5.80	7.40	1.280	28	0.66
332	male	4.80	5.00	6.23	0.985	25	0.69
332	male	6.52	7.00	8.43	1.460	20	0.76
334	male	3.31	3.50	5.00	0.828	43	0.49
334	male	5.23	5.73	7.00	1.710	22	0.96
335	male	4.08	4.43	6.07	1.000	37	0.50
335	male	6.20	6.57	8.70	1.474	32	0.59
336	male	4.05	4.30	6.07	0.920	41	0.45
336	male	6.25	6.53	8.77	1.375	34	0.55
336	male	9.10	9.80	13.10	2.560	34	0.64
337	male	5.45	5.77	7.47	1.345	30	0.67
337	male	7.50	8.07	10.50	1.652	30	0.55
338	female	4.40	4.70	6.07	0.940	29	0.56
339	female	7.28	8.27	10.73	2.210	30	0.64
340	female	8.36	8.93	10.97	2.056	23	0.79
341	female	4.80	5.17	7.03	1.104	36	0.50
341	female	7.25	7.73	9.87	1.597	28	0.61
341	female	10.15	11.03	13.50	2.513	22	0.75
342	female	4.03	4.23	5.57	0.855	32	0.56
342	female	5.75	6.13	7.60	1.367	24	0.74
343	female	4.63	4.93	6.43	1.156	30	0.64
343	female	6.70	7.43	8.80	1.683	18	0.80
344	female	4.41	4.77	6.70	0.973	41	0.43
344	female	6.65	7.60	9.77	1.470	29	0.47