

吉備国際大学研究紀要
(医療・自然科学系)
第25号, 11-18, 2015

クマエビ (*Penaeus semisulcatus*) の相対成長について

福田 富男, 香田 康年*

About allometry of green tiger prawn (*Penaeus semisulcatus*)

Tomio Fukuda and Yasutoshi Kohda

Abstract

It is considerably important to know the allometry of various marine animals when their seedling production and investigation are executed. Authors calculate several kinds of marine animal's allometries, and have already reported. The allometries of green tiger prawn (*Penaeus semisulcatus*) are reported in this paper. Each relational expression of BW(Body Weight), TL(Total Length), CL(Carapace Length), LUL(Left Uropodus Length), and RUL(Right Uropodus Length) was calculated.

As a result, $TL=4.14CL+11.11$, $LUL=0.61CL+2.71$, $BW=(3.68TL^{3.17}) \times 10^{-6}$, $BW=(1.26CL^{2.85}) \times 10^{-3}$, were obtained. A significant difference did not exist in LUL and RUL though the t-test and chi square test were executed. A significant difference was admitted in the relational expression of BW and TL between male and female. However, it was judged that we could use the relational expression calculated by using all individuals without distinguishing the male and female, if accuracy was not requested too much.

Key words : green-tiger-prawn, allometry, relational-expression, body-weight, total-length

キーワード : クマエビ, 相対成長, 関係式, 体重, 全長

吉備国際大学短期大学部
〒716-8508 岡山県高梁市伊賀町8
Kibi International University Junior College
8, *Iga-machi Takahashi, Okayama, Japan (716-8508)*

*吉備国際大学保健科学部
〒716-8508 岡山県高梁市伊賀町8
Kibi International University
8, *Iga-machi Takahashi, Okayama, Japan (716-8508)*

はしがき

クマエビ *Penaeus semisulcatus* はクルマエビ科の暖海性の大型種であるが、岡山県では 100mm サイズの小型クマエビは「祭り寿司」の材料として珍重され、かなり高価格で取引されるため人気が高いエビ類と言える。福田ら⁷⁾の調査によれば、特に東部の日生町地域では重要な水産物として扱われていることが明らかにされている。

このクマエビを始め、種々のエビ類、魚類の種苗生産や生態調査あるいは漁場造成等を実施する場合、その種類の相対成長を知ることはかなり重要な作業であり、しかも手間のかかる仕事である。多くの場合、個々の研究者が必要に応じて独自に算出して利用しており、報告書として見かけることは少ない。著者らは、クロダイ²⁾、ボラ類³⁾、各種魚類⁴⁾、マアナゴ⁵⁾、アマゴ⁶⁾などについての相対成長式を算出し、既に報告した。

その一環として本報告ではクマエビの相対成長について検討したので、ここに報告する。

材料と方法

測定標本は 1999 年 9 月 1 日と 9 月 22 日に岡山県東部に位置する日生町漁協（東経 134 度 11 分、北緯 34 度 44 分）所属の小型定置網で採捕された漁獲物から抽出した。

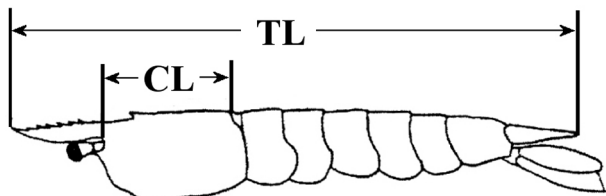


Fig. 1 Display of part by which TL(Total Length) and CL(Carapace Length) are measured.

体重(BW=Body Weight)は供試エビ各々の全湿重量を

100mg 単位で測定した。全長 (TL=Total Length)、頭胸甲長 (CL=Carapace Length) の測定部位を Fig.1 に示した。TL は額角先端から、尾部の尾節先端まで、CL は頭胸甲の眼域先端から頭胸甲背面の後端までを測定した。なお、Fig. 1 に示したように頭胸甲の背面は側面に対して、やや凹んでいる。左尾扇枝長 (LUL=Left Uropodus Length)、右尾扇枝長(RUL=Right Uropodus Length)の測定部位を Fig. 2 に示した。各々の長さは mm 単位で測定した。左右尾扇枝と頭胸甲長の関係式は左右どちらの尾扇枝長を用いて検討しても基本的には同一と考えられる。しかし、本報告は福田ら⁷⁾の調査と同時進行したため、供試エビの中に放流エビの標識として用いた目視では判別不可能な、右尾扇枝切除個体が含まれている可能性も否定できない。そこで尾扇枝長と頭胸甲長の関係は左尾扇枝長(LUL)の測定値を利用して検討した。

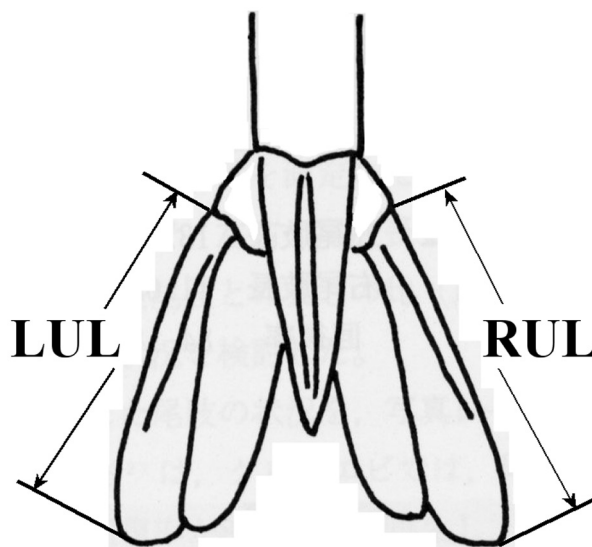


Fig. 2 Display of part by which LUL(Left Uropodus Length) and RUL(Right Uropodus Length) are measured. This pictures were quoted and retouched from Fujii *et al.*¹⁾

福田ら⁷⁾の調査に先立ち同様の調査を実施した際に、天然産クマエビも本来個体により左右の尾扇枝長に差があるのではないかとの疑問が提起された（杉野・福田, 2014: 未発表）。福田ら⁷⁾の調査では右尾

扇肢を切除して標識としているが、もし上述したように天然産クマエビでも左右の尾扇肢長が異なる個体が多数存在するとすれば、右尾扇肢切除の標識自体の有効性が問題とされる。そこでこれらの点を検討するために、本報告では天然産クマエビを対象に（一部人工生産クマエビも含まれると推察される）左右の尾扇肢長を測定し、その差の有無について t 検定、 χ^2 乗検定を用いて検定した。

各要因間での相対成長計算は、TL:CL、LUL:CL の関係式を求めた。関係式は直線一次回帰式 $y=b_0+b_1x$ として最小 2 乗法による単回帰分析を行い（以後「回帰直線式」と呼ぶ）、 b_0 および b_1 を求めた。各式とも逆の関係式（以後「逆関係式」と呼ぶ）は、式の変形ではなく、データーを再入力し算出した。また、BW:TL、BW:CL 関係については両者を自然対数（以後「対数」と呼ぶ）変換後、それらを一次直線として、上記と同様に処理し、各々の係数を求めそれらを用いて指数式（以後「回帰曲線式」と呼ぶ）に変形した。

通常有意差検定は回帰直線式 $y=b_0+b_1x$ の係数 b_0 と b_1 の信頼区間について検討するが、実用の場合 b_0 付近には常識的にデーターがなく b_0 についての推定はほとんど無意味である。そのためこの報告では b_1 についての信頼区間から有意差を検討した。実際には x の特定値 x_i における y の母平均 y_i およびその 95% 信頼区間を求め、母回帰全体の信頼区間を求めることにより

雌雄間での有意差を検討した。

結果

1. TL, CL, LUL の関係

TL と CL の関係について雌雄を区別せず全個体を 1 群として処理し（以後この群を「全個体」と呼ぶ）、測定値、回帰直線とその 95% 信頼範囲の上限と下限を Fig. 3 に図示した。

また、測定個体数(n)、相関係数(r)、全個体、雌雄別の回帰直線式および逆関係式、測定個体の分布範囲を Table 1 に示した。なお、各々の関係式には式番号を付記した。

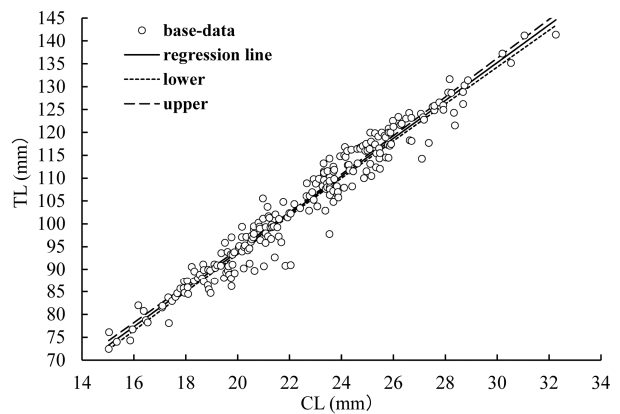


Fig. 3 The relation between TL and CL. Base-data, regression line, 95% confidence interval (upper limit line and lower limit line).

Table 1 Relation between TL and CL

	Whole	Male	Female
n	229	113	116
r	0.98	0.98	0.98
Relation of TL:CL	1*: TL=4.14CL+11.11	2: TL=4.24CL+9.43	3: TL=4.08CL+11.77
TL-Distribution(mm)	72.5-141.4	72.5-137.3	74.3-141.4
Relation of CL:TL	4: CL=0.23TL - 1.52	5: CL=0.23TL-1.20	6: CL=0.23TL - 1.69
CL-Distribution(mm)	15.0-32.3	15.0-30.2	15.9-32.3

* Equation number (all are same as follows)

これらによると、クマエビの TL:CL 回帰直線式について、全個体は測定個体数 229 尾、関係式は

$$TL=4.14CL+11.11 \quad \text{---} \quad 1 \text{ 式}$$

$$CL=0.23TL-1.52 \quad \text{---} \quad 4 \text{ 式}$$

となる。相関係数は 0.98 となり相関は非常に高いといえる。同様に雄個体の回帰直線式は 2, 5 式, 雌個体の回帰直線式は 3, 6 式となり、相関係数はいずれも 0.98 であり、非常に相関が高い。

次に LUL と CL の関係について、上記と同様の処理を施し全個体を Fig. 4 に図示した。また、全個体、雌雄別の回帰直線式などの結果を Table 2 に示した。

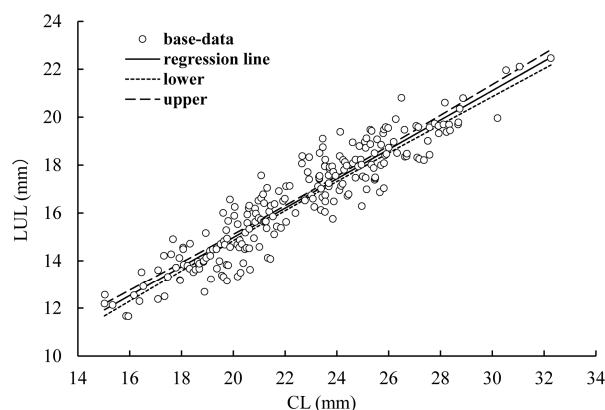


Fig. 4 The relation between LUL and CL. Base-data, regression line, 95% confidence interval (upper limit line and lower limit line).

Table 2 Relation between LUL and CL

	Whole	Male	Female
n	229	113	116
r	0.93	0.92	0.94
Relation of LUL:CL	7: $LUL=0.61CL+2.71$	8: $LUL=0.62CL+2.69$	9: $LUL=0.61CL+2.63$
LUL-Distribution(mm)	11.7-22.5	12.1-20.8	11.7-22.5
Relation of CL:LUL	10: $CL=1.42LUL-0.89$	11: $CL=1.37LUL-0.32$	12: $CL=1.45LUL-1.28$
CL-Distribution(mm)	15.0-32.3	15.0-30.2	15.9-32.3

これらによると、クマエビの LUL:CL 全個体回帰直線式は

$$LUL=0.61CL+2.71 \quad \text{---} \quad 7 \text{ 式}$$

$$CL=1.42LUL-0.89 \quad \text{---} \quad 10 \text{ 式}$$

となる。同様に雄個体の回帰直線式は 8, 11 式, 雌個体の回帰直線式は 9, 12 式となる。相関係数は 0.92 - 0.94 と TL:CL 関係に比較しやや低いが、なお高い相関を示すと言える。

2. BW, TL, CL の関係

BW と TL の関係について全個体の測定値, 回帰曲線とその 95%信頼範囲の上限と下限を Fig. 5 に図示した。また、全個体、雌雄別の回帰曲線式などの結果を Table 3 に示した。

これらによると、クマエビの TL:BW 関係式について、全個体は測定個体数 229 尾、回帰曲線式は

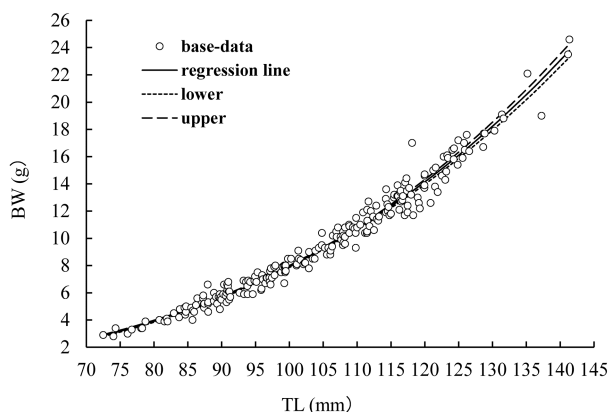


Fig. 5 The relation between BW and TL. Base-data, regression line, 95% confidence interval (upper limit line and lower limit line).

$$BW=(3.68TL^{3.17}) \times 10^{-6} \quad \text{---} \quad 13 \text{ 式}$$

$$TL=52.79BW^{0.31} \quad \text{---} \quad 16 \text{ 式}$$

となる。相関係数は 0.99 となり相関は非常に高いとい

Table 3 Relation between BW and TL

	Whole	Male	Female
n	229	113	116
r	0.99	0.99	0.99
Relation of BW:TL	13: $BW=(3.68TL^{3.17}) \times 10^{-6}$	14: $BW=(3.19TL^{3.19}) \times 10^{-6}$	15: $BW=(4.41TL^{3.13}) \times 10^{-6}$
BW-Distribution(g)	2.8-24.6	2.8-19.0	3.3-24.6
Relation of TL:BW	16: $TL=52.79BW^{0.31}$	17: $TL=53.26BW^{0.31}$	18: $TL=52.08BW^{0.31}$
TL-Distribution(mm)	72.5-141.4	72.5-137.2	74.3-141.4

える。同様に雄個体の回帰曲線式は 14, 17 式, 雌個体の回帰曲線式は 15, 18 式となり, 相関係数はいずれも 0.99 であり, 非常に相関が高い。

BW と CL の関係について全個体の測定値, 回帰曲線とその 95%信頼範囲の上限と下限を Fig. 6 に図示した。また, 全個体, 雌雄別の回帰曲線式などの結果を Table 4 に示した。

これらによると, クマエビの BW:CL 関係式について, 全個体は測定個体数 229 尾, 回帰曲線式は

$$BW=(1.26CL^{2.85}) \times 10^{-3} \quad \text{--- 19 式}$$

$$CL=10.80BW^{0.33} \quad \text{--- 22 式}$$

となる。相関係数は 0.97 となり相関は非常に高いといえる。同様に雄個体の回帰曲線式は 20, 23 式, 雌個体

の回帰曲線式は 21, 24 式となり, 相関係数はいずれも 0.97 であり, 非常に相関が高い。

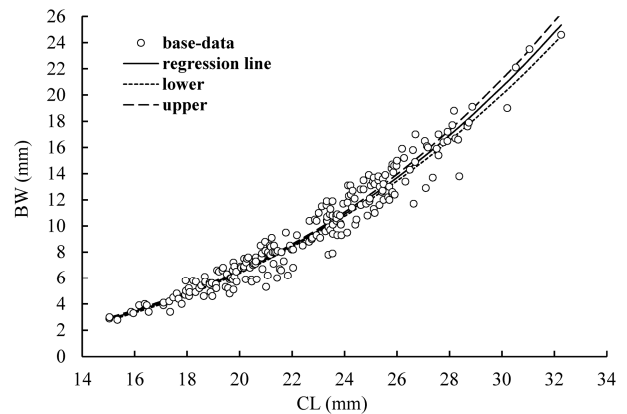


Fig. 6 The relation between BW and CL. Base-data, regression line, 95% confidence interval (upper limit line and lower limit line).

Table 4 Relation between BW and CL

	Whole	Male	Female
n	229	113	116
r	0.97	0.97	0.97
Relation of BW:CL	19: $BW=(1.26CL^{2.85}) \times 10^{-3}$	20: $BW=(1.07CL^{2.91}) \times 10^{-3}$	21: $BW=(1.49CL^{2.80}) \times 10^{-3}$
BW-Distribution(g)	2.8-24.6	2.8-19.0	3.3-24.6
Relation of CL:BW	22: $CL=10.80BW^{0.33}$	23: $CL=10.95BW^{0.33}$	24: $CL=10.67BW^{0.34}$
CL-Distribution(mm)	15.0-32.3	15.0-30.2	15.9-32.3

3. LUL, RUL の関係

左右の尾扇枝長に差がないとすれば, 左尾扇枝長 / 右尾扇枝長は 1.00 となるはずである。今回 232 尾のクマエビについて左右の尾扇枝長を測定し, LUL/RUL の値について平均値, その 95%信頼区間などを計算した。その結果,

個体数	232
平均値	0.999975
95%信頼区間	±0.002533
標準偏差	0.019582
分散	0.000383
最大値	1.152350
最小値	0.921757

を得た。

また、更に、左尾扇枝長/右尾扇枝長の期待値を 1.00 として、 χ^2 乗検定を実施し

$$\chi^2 \text{ 乗値} = 0.0886$$

自由度=231 を得た。

考察

1. 雌雄の差について

各関係式の雌雄差について以下に検討する。TL:CL 関係の回帰直線式 $y=b_0+b_1x$ の係数 b_1 の雌雄間での有意差を検討するため、回帰直線式の x の特定値 x_i における y の母平均 y_i と信頼域 (95%) を雌雄間で求めるとする。母平均 (この際 y は TL) について雄の方が雌より大きい場合

$$\alpha_i = \text{雌信頼域上限}_i - \text{雄信頼域下限}_i \quad \text{--- 25 式}$$

とすれば、 α_i の値が正の値をとれば信頼区間は重なっていることを示し、母平均は 95% の信頼率で有意差が認められないことになる。それぞれの i に対する母平均を計算すると、TL:CL 関係では、雄の TL 母平均が大きいことが判明するので、25 式を利用して α_i を求めた。雌回帰直線と 95% 信頼区間の上下限、雄回帰直線と 95% 信頼区間の上下限に加え各 i に対する α_i の値を Fig. 7 に示した。また、 α_i が 0 の直線も加え、 α_i の正負を視覚的に区別し易いようにした。

これによると、おおむね α は正の値を示し雌雄間の有意差は認められないが、CL の 23–27mm で α が負の値を示し、その間のみ雌雄間で有意差が認められる。

有意差が認められた関係式を利用する場合、正確には雌雄別に算出した関係式を利用するのが当然である。しかし、一般的に、全個体の CL 範囲 15.0–32.3mm のうち 23–27mm で有意差が認められるのみとすれば、雌雄を区別することなく、TL:CL 関係については全個体で算出した回帰直線式を利用してもあまり問題は無いと考えられる。

LUL:CL 関係についても、雄の LUL の方が雌より大

きいので同様に処理し、Fig. 8 に図示した。この関係は全 CL 間で α_i は正の値を示すので有意差は認められず、全個体で算出した回帰直線式を利用できる。

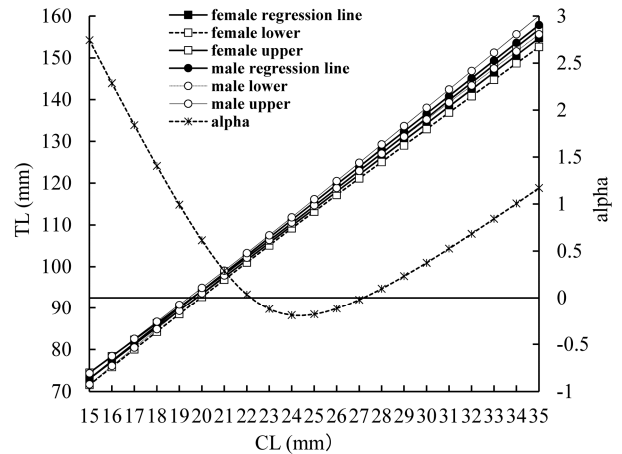


Fig. 7 The relation between TL and CL (distinguishing male and female).

Regression line and 95% confidence interval (upper limit line and lower limit line). Alpha is a value of female (upper level) minus male (lower level). When alpha shows minus-value, it means that there is significant difference between male and female. As alpha shows minus-value from CL=23mm to CL=27mm, 95% significant difference is recognized between female and male in that area.

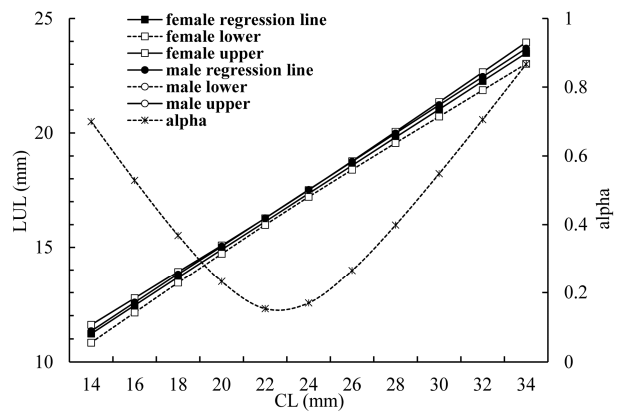


Fig. 8 The relation between LUL and CL (distinguishing male and female).

As alpha shows plus-value all over CL area, 95% significant difference is not recognized between female and male.

BW:TL 関係も、対数変換後に求めた回帰直線式で同様の処理を行った。しかし、BW について雌雄の大き

さ比較を実施した結果、雌の方が大きい結果となったため、25式は利用できない。そのため

$\alpha_i = \text{雄信頼域上限}_i - \text{雌信頼域下限}_i$ --- 26式
 とした。26式を利用する場合、雌雄間で有意差がある場合は25式と同様に α_i は負の値を示す。その結果をFig. 9に図示した。これによると、TLの74-112mm間において、 α_i は負の値を示し、雌雄間で有意差が認められる。これは全個体のTL範囲の72.5 - 141.4mmの55.2%を占めるため、BW:TL関係式は、雌雄別に算出した回帰曲線式を利用すべきである。但し、雌のBWに対する有意差BWの%を求めると、有意差のみられるTLの最小値72mmでは5.9%、TLの最大値112mmでは2.7%、平均は3.8%となる。このことから、BW:TL間では、雌雄の有意差は認められるがその差は微小と言える。

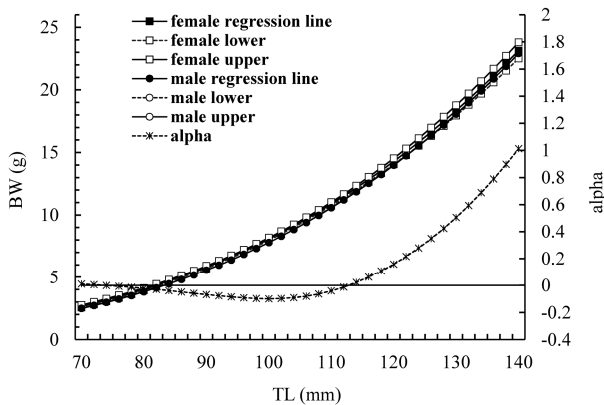


Fig. 9 The relation between BW and TL (distinguishing male and female).
 As alpha shows minus-value from TL=74mm to TL=112mm, 95% significant difference is recognized between female and male in that area.

最後にBW:CL関係についても26式を利用して計算し、結果をFig. 10に図示した。これはCLの全域にわたり、雌雄間で有意差は認められないため、全個体で算出した回帰曲線式を利用できると言えよう。

以上を総合すると、BW:TL間の関係のみ雌雄間で有意差(信頼率95%)が認められるがその差は小さく、

極端な正確性を求められる場合を除き、クマエビの場合雌雄を区別することなく全個体で算出した、各々の関係式を利用しても良いと考えた。

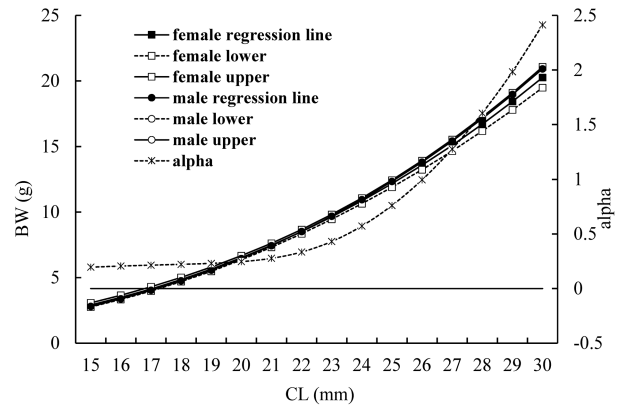


Fig. 10 The relation between BW and CL (distinguishing male and female).
 As alpha shows plus-value all over CL area, 95% significant difference is not recognized between female and male.

2. LUL と RUL の関係

平均値などの統計処理で平均値とその95%信頼区間は

$$0.999975 \pm 0.002533$$

$$(0.997442-1.002508)$$

と限りなく1.0に近く、実用上1とみなして問題は無い。従ってt検定の結果、左右尾扇肢長に有意差は無いと考えられる。

次に χ^2 乗検定の結果は、 χ^2 乗値=0.0886で自由度は231であった。この自由度に最も近い自由度200の χ^2 乗分布のパーセント点は、99%の危険率で χ^2 乗値は156.4である。今回得た χ^2 乗値=0.0886は156.4より遥かに小さく、危険率を99%まであげても理論値との有意差は無い、つまり χ^2 乗検定でも左右尾扇肢長で有意差は認められないことになる。

以上の両検定の結果から、天然産クマエビの左右尾扇肢長について、有意差は無いと結論づけられる。従って、福田ら⁷⁾の調査で右尾扇肢を切除して標識としたことについて、その有効性も傍証されたと言えよう。

文献

- 1) 藤井義弘・村田守 2000 : 尾肢切除標識したクマエビの尾肢再生状況. 岡山水試報, 15, 104-108
- 2) 福田富男 1983 : クロダイの相対生長について. 第15回南西海区ブロック内海漁業研究会報告, 13-18
- 3) 福田富男 1986 : ボラ, メナダ, セスジボラの相対生長について. 第18回南西海区ブロック内海漁業研究会報告, 19-30
- 4) 福田富男 1987 : 各種魚類の相対成長式 -体長, 全長, 体重の関係-. 岡山県水産試験場報告, 2, 167-170
- 5) 福田富男 1994 : 岡山県下におけるマアナゴの相対成長式について. 岡山県水産試験場報告, 9, 1-4
- 6) 福田富男・山野井英夫 1996 : 岡山県下におけるアマゴの相対成長式について. 岡山県水産試験場報告, 11, 7-13
- 7) 福田富男・藤井義弘・杉野博之・香田康年 2015 : 日生地区における稚クマエビ(*Penaeus semisulcatus*)放流が漁業生産に及ぼす効果の推定. 吉備国際大学 研究紀要・医療・自然科学系, 25, 1-10