

静岡水技研研報(48): 23-26, 2015
 Bull. Shizuoka Pref. Res. Inst. Fish. (48): 23-26, 2015

短 報

サクラエビ卵孵化時間への積算温度法則の当てはめ

長谷川雅俊*1・鷲山裕史*2

サクラエビの卵孵化時間に積算温度法則を当てはめた。得られた式は $DT = 379.9 + 8.352D$ (D :孵化時間, T :飼育温度)であり, 発育ゼロ点は 8.4°C , 有効積算温度は $380^{\circ}\text{C}\cdot\text{時間}$ となった。

キーワード: サクラエビ, 孵化時間, 積算温度法則

サクラエビ *Sergia lucens* は駿河湾特産の漁業生物であるが, 近年漁獲量が減少傾向にあり, 静岡県水産技術研究所では, 資源量を推定しそれに基づく漁獲可能量の検討を始めた¹⁾。資源量推定法の一つとして卵数法の Daily Egg Production Method (DEPM) の適用を検討している^{1,2)}が, DEPMでは1日当りの産卵量として卵出現量を調査する必要がある。調査にあたり卵の孵化時間が24時間を超えると, 1日の調査で複数日に産出された卵が採集されることになり, 1日当りの産卵量を求めるのが難しくなる。そこで, DEPMの調査設計のために, サクラエビ卵の孵化時間を定式化しておく必要がある。

サクラエビの孵化時間と水温の関係は近藤³⁾に記載があり, そこでは直線式を当てはめている。しかし, 卵の孵化のような変温動物の非休眠性の発育には積算温度法則が当てはめられることが多く⁴⁾, 本県の漁業生物でもトコブシ⁵⁾やナマコ⁶⁾で適用例がある。そこで今回は, サクラエビの孵化時間と水温の関係に積算温度法則を当てはめた結果を報告する。

積算温度法則⁴⁾とは, ある発育段階を終えるのに要する時間を D , 温度を T とすると,

$$D = \frac{K}{T-t} \dots\dots\dots(1)$$

が, 成り立つというものである。ここで, t :発育ゼロ点(あるいは発育限界温度), K :有効積算温度である。

t 及び K を求めるのに, 従来は(1)式を, 発育速度($1/D$)を V とした(2)式にして, (3)式に変形し,

$$V = \frac{T-t}{K} \dots\dots\dots(2)$$

$$V = \frac{1}{K}T - \frac{t}{K} \dots\dots\dots(3)$$

T と V を直線回帰させ, 傾きから $\frac{1}{K}$ を, Y 切片から $-\frac{t}{K}$ を求めていた⁴⁾。しかし, この従来法は①データ範囲の外側では大きな誤差が出る可能性がある, ②高温域のデータほど重視され, 低温域は無視される傾向が強い, ③ X 軸観測値 T に誤差が含まれていないと仮定されているために傾きは過小推定されるという問題点^{7~9)}が近年指摘され, その問題点を解決する不偏長軸法が提案されている^{7~9)}。

不偏長軸法^{7~9)}は, (1)式を変形し,

$$DT = K + tD \dots\dots\dots(4)$$

とした後に, (D , DT)平面上のデータに不偏長軸直線を適用するものである。不偏長軸直線($y = Ax + B$)の傾き A は一次直線 $y = a_1x + b_1$ の傾きと y と x を入れ替

表1 サクラエビ卵の孵化時間と水温

水温 ($^{\circ}\text{C}$, T)	孵化時間 (時間, D)	水温と孵化時間の積 (DT)	データ由来
15	53	795	技連要旨*
18	42	756	技連要旨*
20	33	660	プランクトン学会誌 ¹⁰⁾
21	30	630	技連要旨*
23	25	575	プランクトン学会誌 ¹⁰⁾
24	26	624	技連要旨*
26	20	520	プランクトン学会誌 ¹⁰⁾
27	21	567	技連要旨*

*近藤優・窪田久(1983)サクラエビのふ化飼育に及ぼす温度条件の影響について, 第118回静岡県水産試験研究機関技術連絡協議会要旨。

2015年1月28日受理

静岡県水産技術研究所(本所)業績第1157号

*1 静岡県水産技術研究所伊豆分場

*2 静岡県水産技術研究所資源海洋科

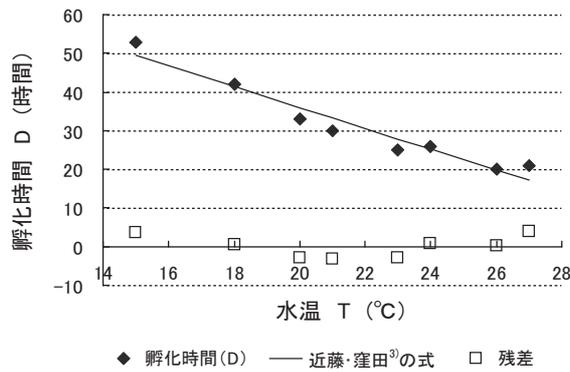


図1 サクラエビ卵の孵化時間と水温の関係

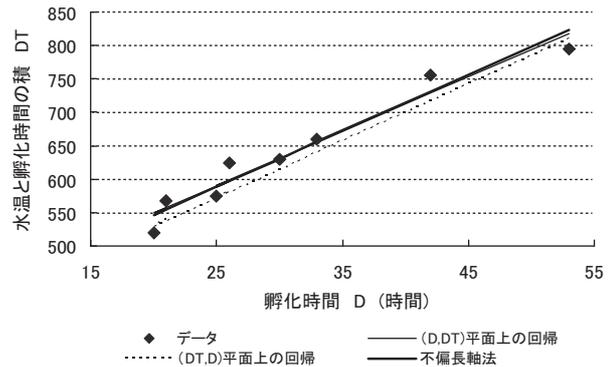


図2 (D, DT) 平面上での不偏長軸法の当てはめ

表2 不偏長軸法による積算温度法則の当てはめに関するパラメータ

傾き		平均	切片
(D, DT) 平面上の回帰	(DT, D) 平面上の回帰	D	B
a_1	a_2	$A = \sqrt{a_1 \times \frac{1}{a_2}}$	$B = \overline{DT} - A \overline{D}$
8.137	0.117	8.352	379.9

えた $x = a_2y + b_2$ を変形した $y = \frac{1}{a_2}x - \frac{b_2}{a_2}$ の傾きの幾

何平均 ($A = \sqrt{a_1 \times \frac{1}{a_2}}$) として求められる。不偏長軸直線は (D, DT) 平面上の座標 (Dの平均値, DTの平均値) を通るので、傾きAが求められれば、必然的にBは定まる。

表1にサクラエビ卵の孵化時間と水温のデータ^{10)*}を示した。近藤・窪田³⁾では水温と孵化時間の関係図を載せているが数値の記載はないため、数値が記載されている近藤ら¹⁰⁾と静岡県水産試験研究機関技術連絡協議会要旨*から引用した。図1にそれを図示し、回帰直線を当てはめた結果(直線と残差)を示した。残差は水温の低温域と高温域で正であるが、中温域で負である。このように直線当てはめは系統的な残差となるため不適当であり、曲線を当てはめるのが適当である。積算温度法則は曲線(直角双曲線)を当てはめることに相当する。

表2に不偏長軸法による積算温度法則の当てはめに関するパラメータを、図2に不偏長軸法の計算過程に必要な (D, DT) 平面上の散布図を示した。表1の孵化時間D及び水温と孵化時間の積DTより、(D, DT) 平面上の回帰式 $y = a_1x + b_1$ の傾き a_1 は8.137となり、 y と x を入れ替えた (DT, D) 平面上の回帰式 $x = a_2y + b_2$ の傾き a_2 は0.117となる。不偏長軸直線の傾きAは幾何平均 ($A = \sqrt{a_1 \times \frac{1}{a_2}}$) より $A = 8.352$ となり、(Dの平均値

表3 サクラエビ卵の孵化時間と水温の関係への積算温度法則の当てはめ

水温 (°C, T)	不偏長軸法による積算温度法則の当てはめ	
	孵化時間(時間, D)	水温と孵化時間の積(DT)
15	57.1	822.5
18	39.4	730.7
20	32.6	655.5
21	30.0	630.4
23	25.9	588.7
24	24.3	597.0
26	21.5	546.9
27	20.4	555.3

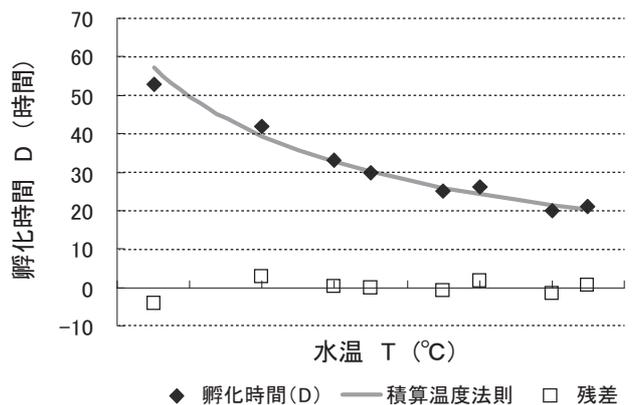


図3 サクラエビ卵の孵化時間への積算温度法則の当てはめ

*近藤優・窪田久(1983) サクラエビのふ化飼育に及ぼす温度条件の影響について. 第118回静岡県水産試験研究機関技術連絡協議会要旨.

\bar{D} , DT の平均値 \overline{DT} を通る y 切片 B は $B = 379.9$ となる。

以上より、不偏長軸法で得られた積算温度法則式は $DT = 379.9 + 8.352D$ となり、 (D, DT) 平面上の相関係数は0.974と高かった。発育ゼロ点(t)は8.4°C、有効積算温度(K)は380°C・時間となった。また、表3及び図3に孵化時間に積算温度法則を当てはめた結果を示した。図1と図3を比べて明らかのように積算温度法則を当てはめると系統的な残差はなくなり、直線式を当てはめるよりも適当であると判断される。表3及び図3より、水温24°C以上では孵化時間はほぼ24時間以内となり、この水温域では、1日の卵採集調査で1日の卵出現量を把握できることが示唆される。一方、水温24°C未満では孵化時間が24時間を超えるため1日の卵採集調査で複数日に産出された卵が採集される可能性がある。このように積算温度法則はDEPMの調査設計に役立てることができる。

文 献

- 1) 鷺山裕史・長谷川雅俊・中廣篤人・鈴木伸洋・望月洸汰・田中栄次・日吉 宏(印刷中): V資源管理に関する調査研究 2サクラエビの資源評価に関する研究. 平成25年度静岡県水産技術研究所事業報告.
- 2) 鷺山裕史・中村健太郎・高木康次・長谷川雅俊・鈴木伸洋(2014): サクラエビの資源評価に関する研究. 平成24年度静岡県水産技術研究所事業報告, 57~61.
- 3) 近藤優・窪田久(1983): サクラエビのふ化飼育試験. 昭和57年度静岡県栽培漁業センター事業報告, 37~39.
- 4) 伊藤嘉昭・法橋信彦・藤崎憲治(1980): 動物の個体群と群集, 生物学教育講座7, 東海大学出版会, 273pp.
- 5) 阿久津哲也(2010): トコブシ浮遊幼生の最終形態と初期発生期における生物学的零度. 静岡県水産技術研究所研究報告, 45, 7~12.
- 6) 吉川康夫・小澤豊(2012): 深層水を効率的に活用したナマコ養殖技術研究. 平成23年度静岡県水産技術研究所事業報告, 84~85.
- 7) Ikemoto T., Takai K. (2000): A New Linearized Formula for the Law of Total Effective Temperature and the Evaluation of Line-Fitting Methods with Both Variables Subject to Error. *Environmental Entomology*, 29(4), 671~682.
- 8) 桐谷圭治・山下英恵(2008): ルイスオサムシの繁殖様式と発育零点. 日本応用動物昆虫学会誌, 52(2), 77~86.
- 9) 桐谷圭治(2012): 日本産昆虫, ダニの発育零点と有効積算温度定数: 第2版. 農業環境技術研究所研究報告, 31, 1~74.
- 10) 近藤優・大滝高明・窪田久(1988): サクラエビの幼生飼育とノウブリス期幼生の形態. *Bulletin of Plankton Society of Japan*, 35(1), 75~81.

The application of the law of total effective temperature to the incubation time of the sergestid shrimp, *Sergia lucens*

Masatoshi Hasegawa and Hirohumi Washiyama

Abstract We applied the law of total effective temperature to the incubation time of sergestid shrimp (*Sergia lucens*). The applied formula was $DT=379.9+8.352D$ (D : the incubation time, T : temperature). The values of the lower development threshold and the effective cumulative temperature were 8.4°C and $380^{\circ}\text{C}\cdot\text{hour}$, respectively.

Key words: sergestid shrimp, *Sergia lucens*., incubation time, law of total effective temperature