

養殖 우렁쟁이 (*Halocynthia roretzi*) 의 資源 生態學的 分析 및 適正管理 方案

張昌翼 · 林賢植

韓國科學技術研究院 海洋研究所 海洋物理研究室

Population Ecological Study of Cultured Sea Squirt (*Halocynthia roretzi*) and Management Implications

Chang Ik Zhang and Hyun Sig Lim

Biological Oceanography Lab., Korea Ocean Research and Development Institute, KIST,
Ansan, P.O. Box 29, Seoul 425-600, Korea

ABSTRACT

A population ecological study was carried out to estimate survival and growth rates, biomass, biological production and turnover ratio of cultured sea squirt, *Halocynthia roretzi*, by growth stages, using data from *in situ* culture experiment off Hansando in the southern part of Korea from February 1985 to July 1986. The squirt population followed an exponential decay function and the instantaneous coefficient of total mortality (Z) was estimated to be 0.0614 month⁻¹ (Var (Z) = 0.000126). Growths in total weight and meat weight of squirts were expressed as linear functions during the period of culture experiment. The growth of squirts showed a negative correlation with the water temperature. The mean biomass per string ranged from 2.14 kg for March of the first year to 16.26 kg for March of the next year. The biological production per string was estimated to range from 3.28 kg for the first summer (June-July) to 6.46kg for the first late winter (February-March). The peak of turnover ratio occurred in the late winter (February-March) as 3.013 and the ratios sharply declined thereafter. Based on the results of this study, management implications for culturing sea squirts were also suggested. The optimum harvest time (t_{mh}) when the peak biomass in terms of total weight occurred was estimated to be late June of the second year, which corresponded to 16.7 months after the main hanging. However, the time when the peak biomass in terms of meat weight was occurred was early July of the second year. The maximum harvest biomass was 17.4 kg per string in terms of total weight and 6.3 kg per string in terms of meat weight. In conclusion, the process of culture should be conducted on the basis of the knowledge of population ecological theories as shown in this study.

序 論

養殖은 自然 生態系를 人爲的으로 變化시키는 行爲에 해당한다. 養殖의 課程을 資源生態學的으로 照明하여 본다면 우선 人工種苗의 撒布는 그 資源의 加入을 助長하는 方案이며, 垂下連을 設置하는 것은 그 資源의 成育場을 助成하는 環境管理에 해당되며, 天然飼料를 增加시키는 것은 資源의 成長管理이고 害賊生物을 救濟하는 行爲는 自然死亡 管理에 속한다고 볼 수 있다. 또한 排他的 漁業水面의 設定은 漁獲死亡 管理에 해당된다고 볼 수 있을 것이다. 따라서 養殖은 資源生態學的의 綜合的인 應用 分野이므로 養殖場 및 養殖生産 管理는 지금까지의 經驗에 의한 귀납적인 方法보다는 資源生態學的인 理論과 知識에 바탕을 두고 演繹的이며 豫測性(predictable)을 가지는 方法으로 遂行되어져야 보다 바람직할 것이다. 이러한 方法을 사용하는 한 例로서 우렁쟁이의 資源生態學的인 研究를 基礎로 하여 適正 養殖 管理 方案을 檢討하여 보았다.

본 研究에서는 本격적인 養殖에 해당되는 垂下連에 附着이후 收穫단계에 이르는 課程에 대한 個體의 成長과 個體群의 生殘, 各 成長단계에 따르는 生體量, 生物學的 生産量 및 回轉率의 變化 等, 個體群 力學을 집중적으로 考察하며 이러한 제반 特徵들을 基礎로 하여 適正 養殖 管理 方案을 提示하고자 한다.

材料 및 方法

本 實驗에 使用된 材料로는 1984年 2月初 日本 宮城県 石卷市에서 養殖中인 3年生 우렁쟁이 어미를 輸入하여 室內탱크에서 生産한 人工 種苗들이었다. 준비한 우렁쟁이 種苗는 閑山島 장작지 養殖場(Fig. 1)에서 假移植에 의한 12個月間의 成育을 거처서 本垂下를 시켰다. 일반적으로 행하여지고 있는 길이 3.5m의 垂下連에 1cm當 2個體씩을 基準로 附着시킨 20개의 垂下連을 表層아래 3.0—6.5m 사이의 水層에 垂下하였다.

1. 養殖 우렁쟁이 個體群의 死亡率 推定

養殖 우렁쟁이 個體群의 死亡率을 推定하기 위하여 本垂下가 시작된 1985年 2月부터 1986年 3月까지 約 2個月 間격으로 每回 調査時 垂下連을 無作爲로 5連씩 올려 生殘個體를 구별하여 計數하였다. 死亡率을 推定하는데는 一般的으로 生物 個體群의 死亡率 推定에 가장 많이 使用되고 있는 指數函數의인 減少를 나타내는 微分方程式을 아래와 같이 假定하였다.

$$\frac{dN}{dt} = -ZN, \text{ 여기서 } N = \text{우렁쟁이 個體數}, Z = \text{全死亡係數}, t = \text{時間(여기서는 月數)}$$

이 式을 풀면 $N_t = N_0 \exp(-Zt)$ (여기서 N_0 = 本垂下時 初期 우렁쟁이 個體數)가 되며 이 式의 兩邊에 代數를 취하여 線形化시켜서 全死亡係數 Z 를 推定하였다.

$$\text{즉 } \ln N_t = \ln N_0 - Zt$$

2. 養殖 우렁쟁이 個體의 成長率 推定

養殖中인 우렁쟁이 個體들의 成長率을 推定하는데는 死亡率을 推定하기 위해 올려졌던 垂下連에서 各 垂下連當 20個體를 無作爲로 標本 抽出하였다. 이들 標本들은 공기중에 露出 즉 시 ice box에 넣고 얼음을 채워 實驗室로 運搬하여 全重과 肉重을 測定하였다. 全重은 가아제 위에서 우렁쟁이의 外部水分을 깨끗이 닦아 제거한 후 10mg까지 읽을 수 있는 저울을 사용하여 測定하였다. 肉重은 피낭을 제거한 후 가아제 위에 約 1分間 올려 놓아 水分을 除去한 後 全重과 같은 方法으로 測定하였다.

한편, 우렁쟁이의 成長率이 水溫과 關聯이 있는지를 알아보려고 國立水産振興院의 沿岸地 地觀測資料(未發表)를 이용하였으며, 成長이 거의 完了됨으로서 成長率이 떨어진다고 판단되는 이듬해 3月과 7月의 資料를 除外한 2月에서 11月까지의 成長比率($\frac{W_{t+1}}{W_t}$, month⁻¹)과 水溫의 加重 平均値를 利用하여 이들 사이의 關係를 分析하였다. 月別로 測定된 平均 全重과 肉

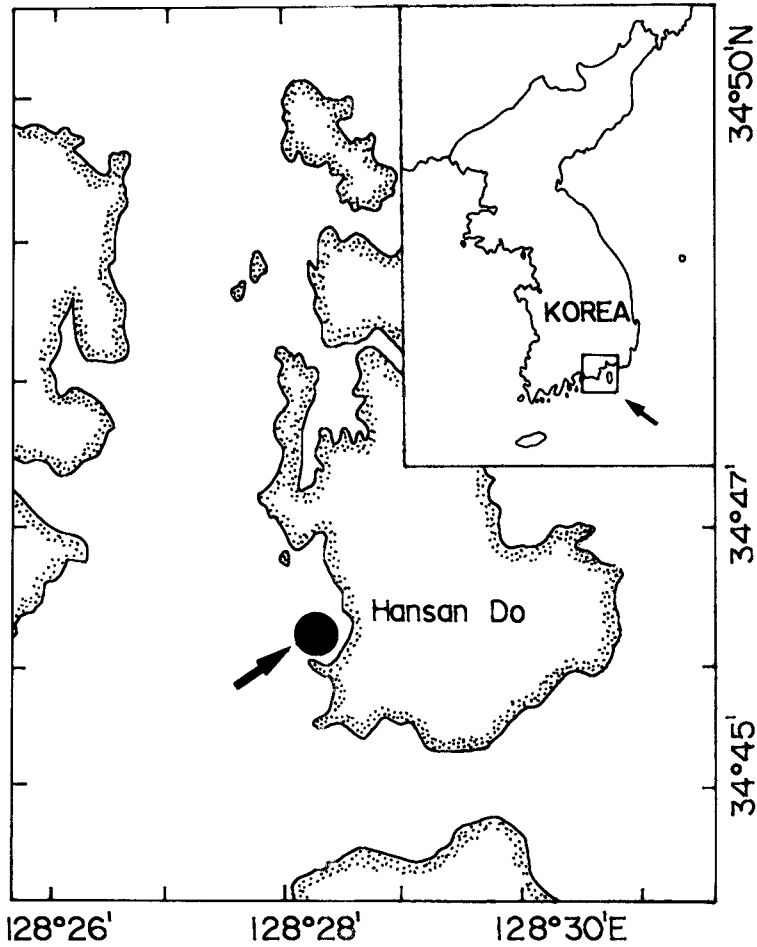


Fig. 1. Map showing the experimental area.

重의 資料를 利用하여 成長式을 求하였는데, 여기서는 直線的인 成長式이 適合한 것으로 나타났다. 즉 直線의 成長은 $W_t = a + bt$, 여기서 $t = \text{月}$, $W_t = \text{月}(t)$ 別 全重 혹은 肉重이다.

3. 養殖 우렁쟁이 個體群의 平均 生體量, 生物學的 生産量 및 回轉率

일반적으로 어느 期間 t_1 에서 t_2 사이의 平均 生體量(\bar{B})은

$$\bar{B}(t_2-t_1) = \frac{1}{t_2-t_1} \int_{t_1}^{t_2} B_t dt$$

로 구할 수 있다.

여기서 우렁쟁이 資料의 경우

$$B_t = N_t \cdot W_t$$

$$N_t = N_0 e^{-zt}, \quad W_t = a + bt \text{ 이므로}$$

$$B_t = N_0(a + bt)e^{-zt} \text{가 된다. 따라서}$$

$$\bar{B}(t_2-t_1) = \frac{N_0}{t_2-t_1} \left[\left(\frac{ae^{-zt_1}}{z} + \frac{bte^{-zt_1}}{z} + \frac{be^{-zt_1}}{z^2} \right) - \left(\frac{ae^{-zt_2}}{z} + \frac{bte^{-zt_2}}{z} + \frac{be^{-zt_2}}{z^2} \right) \right]$$

式에 適合시켜 一定期間 사이의 個體群 平均 生體量을 求하였다.

또한 일반적으로 어느 期間 t_1 에서 t_2 사이의 個體群의 生物學的 生産量(P)은

$$P(t_1-t_2) = \int_{t_1}^{t_2} N_t \frac{dW}{dt} dt \text{ (왜냐하면 } \frac{dP}{dt} = N_t \frac{dW}{dt} \text{)} \text{로 구할 수 있다.}$$

따라서 본 研究에서는

$$P(t_1, t_2) = \frac{N_0 b}{Z} (e^{-Zt_1} - e^{-Zt_2}) \text{의 公式으로}$$

生産量을 計算하였다. 이 식은 다시 쓰면,

$$P(t_1, t_2) = \frac{b}{Z} \{N(t_1) - N(t_2)\} \text{와 같이 된다.}$$

또한 식(1)도 다시 나타내면 다음과 같다.

$$\bar{B}(t_1-t_2) = \frac{1}{Z(t_2-t_1)} [B(t_2) - B(t_1) - P(t_1, t_2)]$$

한편, 일반적으로 어떤 生物의 生物學的 生産量과 平均生體量의 比를 알고 있으면 平均 生體量에 그 값을 곱하므로써 年間 그 生體量을 알 수 있다. 따라서 生物 生産力의 指標인 回轉率(turnover ratio; TR)은 Waters (1969)가 指示한 바와 같이 平均 生體量(\bar{B})과 生産量(P)의 比率인

$$TR = \frac{P}{\bar{B}} \text{의 公式으로 구하였다.}$$

한편, 實測值에 의한 平均生體量(B)과 生物學的 生産量(P), 死亡量(D) 및 回轉率(P/ \bar{B})을 모델에 의해 계산된 理論值과 비교해 보기 위하여 아래와 같이 이들 값을 구하였다.

$$\bar{B}(t_1, t_2) = \frac{B_{t_1} + B_{t_2}}{2}$$

$$\bar{P}(t_1, t_2) = \bar{N} \cdot \Delta W$$

$$\bar{D}(t_1, t_2) = \bar{W} \cdot \Delta N$$

4. 養殖 우렁쟁이 個體群의 力學的 分析

養殖 우렁쟁이 個體群의 生産量이 養殖期間 中 어떠한 形態로 變動 하는지를 알아 보기 위하여 다음과 같이 資源 力學的인 分析을 하였다.

個體群의 個體數의 減少를 나타내는 式은 앞에서 설명된 바와 같이 $N_t = N_0 \cdot \exp(-Zt)$ 로 나타낼 수 있으며 個體들의 全重과 肉重에 대한 成長을 나타내는 데는 아래와 같이 直線式을 사용하였다.

$$\text{즉 全重의 成長式은 } W_t = a + bt,$$

$$\text{肉重의 成長式은 } W_r = a + bt \text{이다.}$$

全體量(B_t)은 個體數와 個體의 平均重量의 곱이므로 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$B_t = N_t \cdot W_t \text{ 따라서}$$

$$B_t = N_0 \cdot \exp(-Zt) (a + bt)$$

生體量이 最大가 되는 時間(t_{mb})를 求하는데는 위 式을 微分해서 0으로 놓은 후 t에 대해서 풀면 求할 수 있다.

$$\text{즉 } \frac{dB}{dt} = N_0 (-Z) \exp(-Zt) (a + bt) + bN_0 \cdot \exp(-Zt) = 0 \text{로 부터}$$

$$t_{mb} = \frac{b - aZ}{bZ}$$

따라서 最大 生産量(B_{mb})은 t가 t_{mb} 가 되는 때가 되므로

$$B_{mb} = \frac{bN_0}{Z} \exp\left(\frac{az}{b} - 1\right)$$

結果

1. 養殖 우렁쟁이 個體群의 死亡率

本 垂下가 시작된 1985年 2月부터 1986年 3月까지에 대해 推定된 生殘率과 生殘 個體數는 Table 1에 나타나 있다. 生殘率은 6月과 7月の 水温이 올라가는 夏季를 제외하고는 90% 이상이었으며 6月이 78%로 가장 낮은 生殘率을 나타내었고, 그 다음으로 7月이 81%를 나타내었

養殖 우렁쟁이의 資源 生態學的 分析

Table 1. Survival rate of cultured sea squirt, *Halocynthia roretzi* from *in situ* culture experiment off Hansando, Korea, Feb. 1985-Mar. 1986

Calendar month	Time	Survival rate (Cumulative %)	population num(er)per string)
	Calculated month		
Feb. 14, 1985	0	100.0(100.9)	414
Apr. 23, 1985	2.33	92.03(92.03)	381
June 10, 1985	3.87	77.95(71.82)	297
July 24, 1985	5.33	81.48(58.43)	242
Sept. 15, 1985	7.03	92.15(53.98)	223
Nov. 26, 1985	9.40	91.93(49.63)	205
Mar. 31, 1986	13.57	94.15(46.71)	193

Table 2. Growth rate of cultured sea squirt, *Halocynthia roretzi* from *in situ* culture experiment off Hansando, Korea, Feb. 1985-July 1986

Calendar month	Time	Mean total weight(g)	Mean meat weight(g)
	Calculated month		
Feb. 14, 1985	0	4.84	1.27
Apr. 23, 1985	2.33	13.70	4.00
June 10, 1985	3.87	31.89	11.17
July 24, 1985	5.33	37.13	12.24
Sept. 15, 1985	7.03	35.17	11.97
Nov. 26, 1985	9.40	61.77	19.08
Mar. 31, 1986	13.57	119.35	41.69
July 22, 1986	17.30	127.03	47.68

다.

이 資料를 根據로 하여 本 垂下가 시작되는 시기의 平均 資源尾數인 414를 初期資源尾數로 보고 月別 資源尾數를 推定하였다. 이듬해 3월까지 약 53%가 死亡하여 約 193마리가 生殘한 것으로 나타났다. 이 資料를 사용하여 앞의 方法란에서 說明한 바와 같이 指數函數의 死亡 曲線式을 구한 結果는 Fig. 2와 같았다.

즉 $N_t = 386.2 \exp(-0.0614t)$ 로 여기서 時間 t 는 月을 가리키고 推定된 全死亡計數(Z)는 $Z = 0.0614 / \text{month}$, 그의 分散値는 $\text{var}(Z) = 0.000126$ 이었다. 따라서 이 個體群의 月生殘率은 94% ($\pm 2\%$: 95% 信賴區間)로 나타났다. 初期 資源尾數인 414개체와 가깝게 나타났으며, 회귀식에 대한 決定係數(r^2)는 $r^2 = 0.8569$ 로 높았고 回歸式은 統計學的으로 有意하게 나타났다 ($P < 0.001$).

2. 養殖 우렁쟁이 個體의 成長率

月別로 測定된 平均 全重과 肉重의 資料는 Table 2와 같다. 垂下時인 2月の 平均全重은 約 5g이었으며 7月에는 37g까지 成長하였다가 夏季에는 오히려 體重이 逆成長 現象을 나타내어 9月の 平均 全重은 35g으로 줄어 들었다. 이후 계속 成長하여 이듬해인 7月에는 約 130g까지 成長하였다. 肉重의 成長 形態도 全重의 成長과 비슷한 現象을 나타내었다. 時間이 지남에 따라 變化하는 成長의 패턴을 推定하기 위하여 時間에 따르는 個體의 平均 全重과 平均肉重을 各各 直線式으로 나타내었으며 그 結果는 Fig. 3 및 4와 같다.

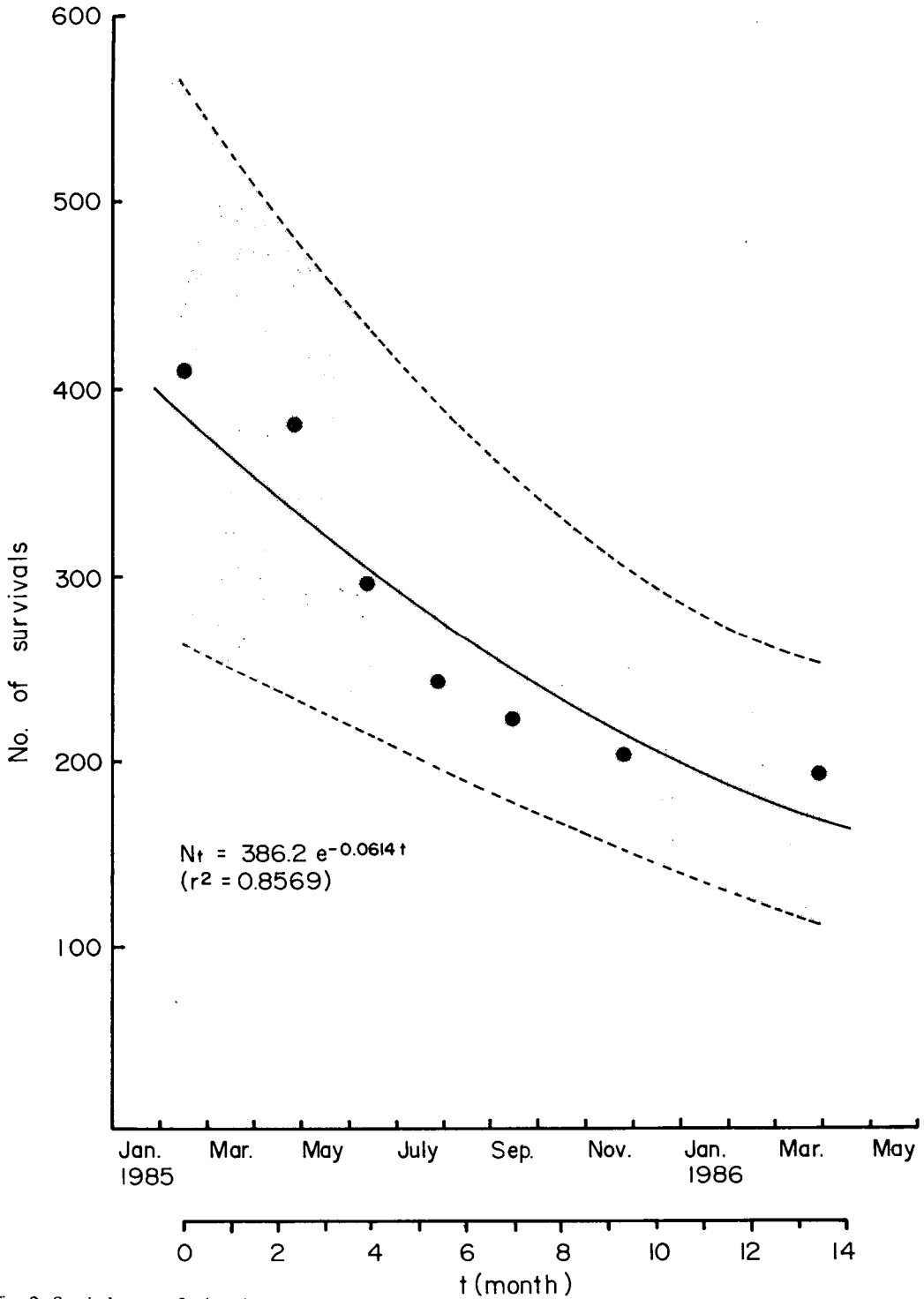


Fig. 2. Survival curve of cultured sea squirt, *Halocynthia roretzi* from *in situ* culture experiment off Hansando, Korea, Fed. 1985-July 1986. Shaded area indicates 95% confidence limits.

養殖 우렁생이의 資源 生態學的 分析

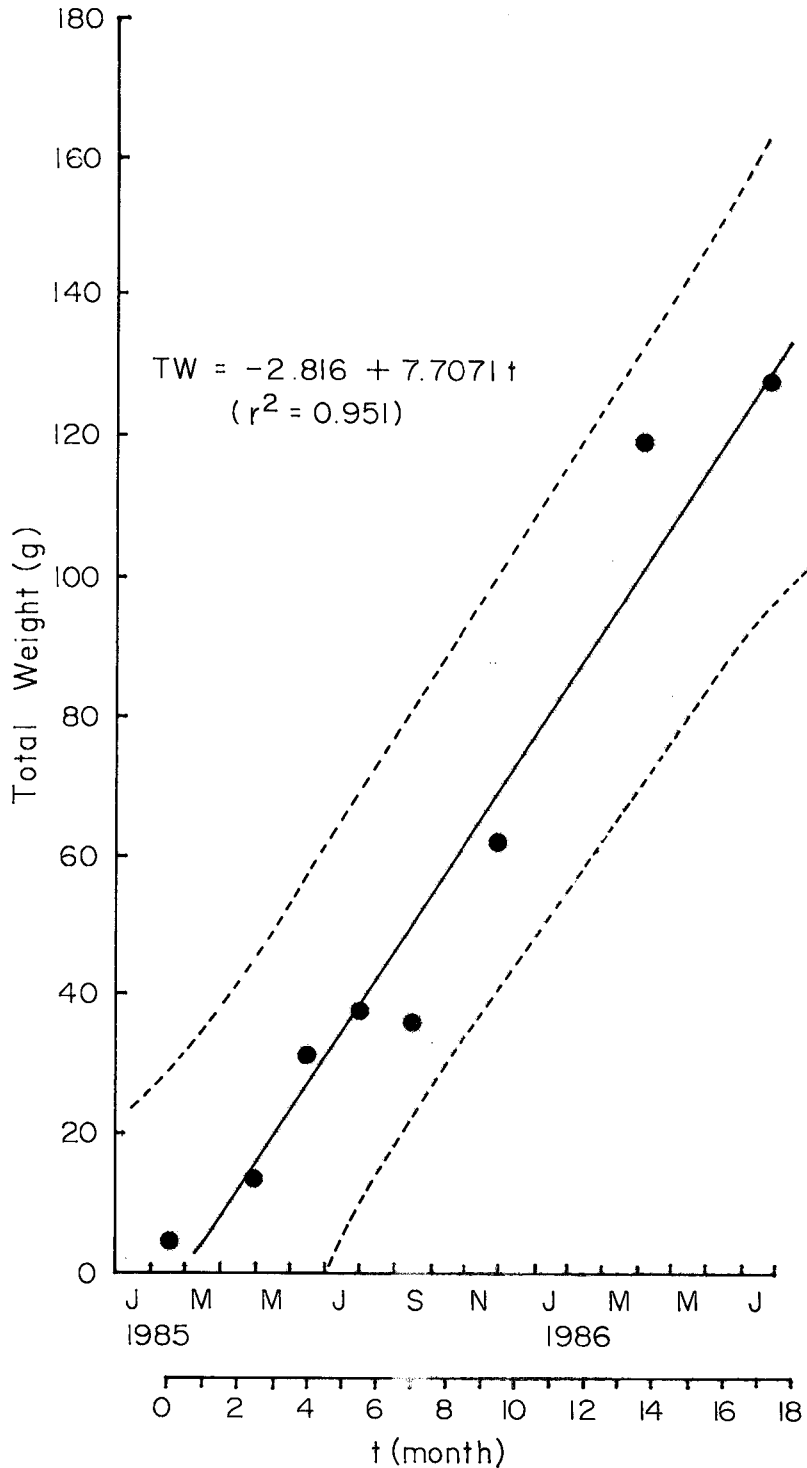


Fig. 3. Growth of total weight of cultured sea squirt, *Halocynthia roretzi*, from *in situ* culture experiment off Hansando Korea, Fed. 1985-July 1986. Shaded area indicates 95% confidence limits.

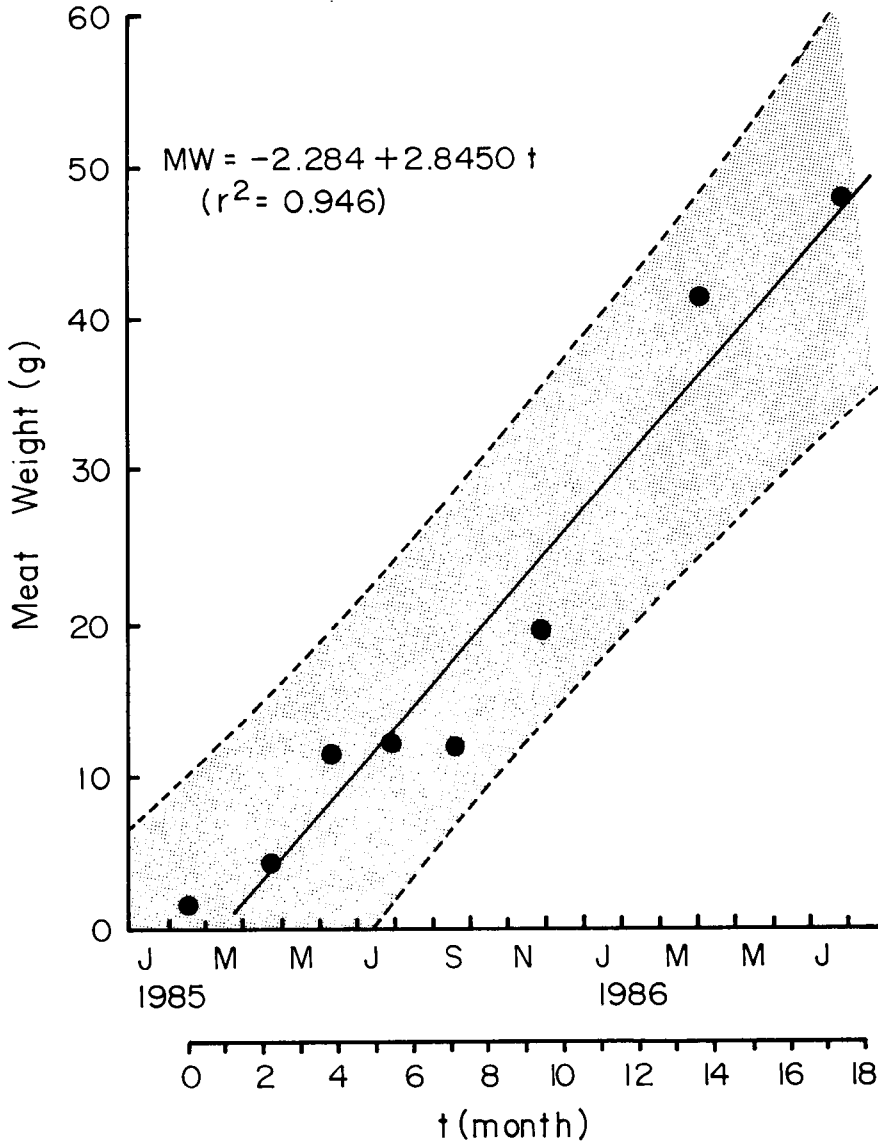


Fig. 4. Growth of meat weight of cultured sea squirt, *Halocynthia roretzi*, from *in situ* culture experiment off Hansando, Korea, Fed. 1985-July 1986. Shadowed area indicates 95% confidence limits.

全重의 경우 $W_t = -2.816 + 7.7071t (r^2 = 0.951)$

肉重의 경우 $W_t = -2.284 + 2.8450t (r^2 = 0.946)$ 였다.

두 경우에는 모두 높은 決定係數를 나타내었으며 매우 有意한 回歸 關係를 보여주었다($P < 0.001$).

한편 우렁쟁이의 成長에 미치는 水温의 影響을 알아 본 結果 成長率(G)과 平均水温(WT)과의 사이에는 $G = 3.012 \exp(-0.06552 \text{ WT})$ ($r^2 = 0.618$)의 關係를 보였으며 Fig. 5에서 보는 바와 같이 水温 增加에 따라 成長率은 指數函數의으로 낮아짐을 알 수 있었으며 有意의 逆相關의 關係를 나타내었다($P < 0.05$).

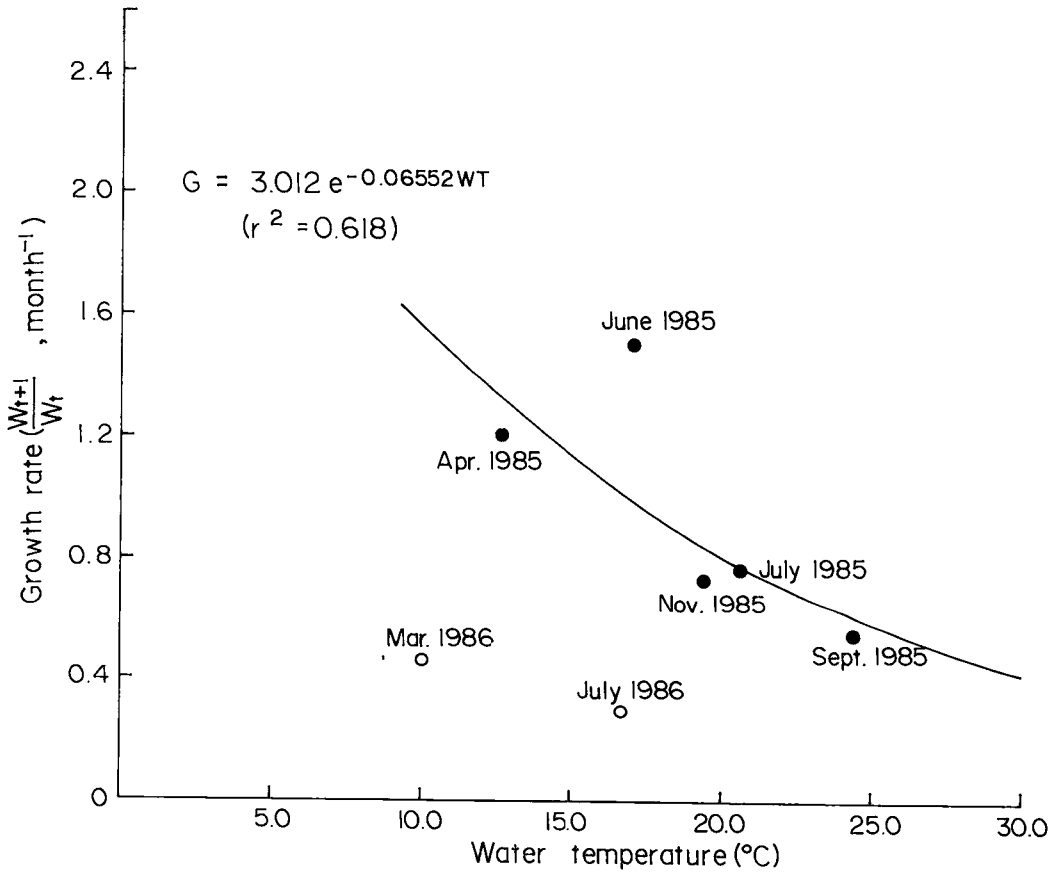


Fig. 5. Relationship between water temperature and growth rate of cultured sea squirt, *Halocynthia roretzi*, from *in situ* culture experiment off hansando, Korea, fed. 1985-July 1986. Closed circles were only used for this analysis.

3. 養殖 우렁쟁이 個體群의 平均生體量, 生物學的 生産量 및 回轉率

月別로 推定된 우렁쟁이 個體群의 平均 生體量은 Fig. 6에서 보는 바와 같다. 本垂下 直前에서 2.33個月이 經過할 때까지는 約 2kg이던 것이 收穫期에 접어들어서는 約 16kg으로 增加하였다. 本垂下 後 3-4個月까지는 높은 成長率 때문에 平均生體量은 급격히 增加하다가 점차 鈍化되는 傾向을 보였다.

養殖初期부터 收穫期까지 우렁쟁이의 生物學的 生産量은 養殖 初期에는 約 6.5kg이던 것이 여름철에는 오히려 減少하였다가 養殖末期에 이르러 다시 增加하여 約 6.0kg를 나타내었다 (Fig. 6).

위의 平均 資源量 및 生産量으로 구한 回轉率은(Fig. 6) 0.29-3.01範圍였으며, 養殖 初期에는 매우 높았으나 그후 점차 減少하였다가 다시 조금씩 增加하는 傾向을 보였다.

한편 實測值에 의해 계산된 이들의 값은 Table 3에서와 같다. 絶對值에 있어서는 모델에 의한 理論值로부터의 값들과는 다르게 나타났으나 傾向은 비슷하였다. 그러나 夏季의 逆成長 현상은 理論值로부터는 나타나지 않았으나 實測值에 의해서는 生産量(P) 값이 음의 값으로 계산되었다. 이 현상은 여기서 사용된 모델의 주된 목적이 生産량 추정에 있지않고 수확시기의 결정에 있음으로 모델을 사용하는 주된 목적에는 큰 영향을 주지 않는다.

4. 養殖 우렁쟁이 個體群의 力學的 分析

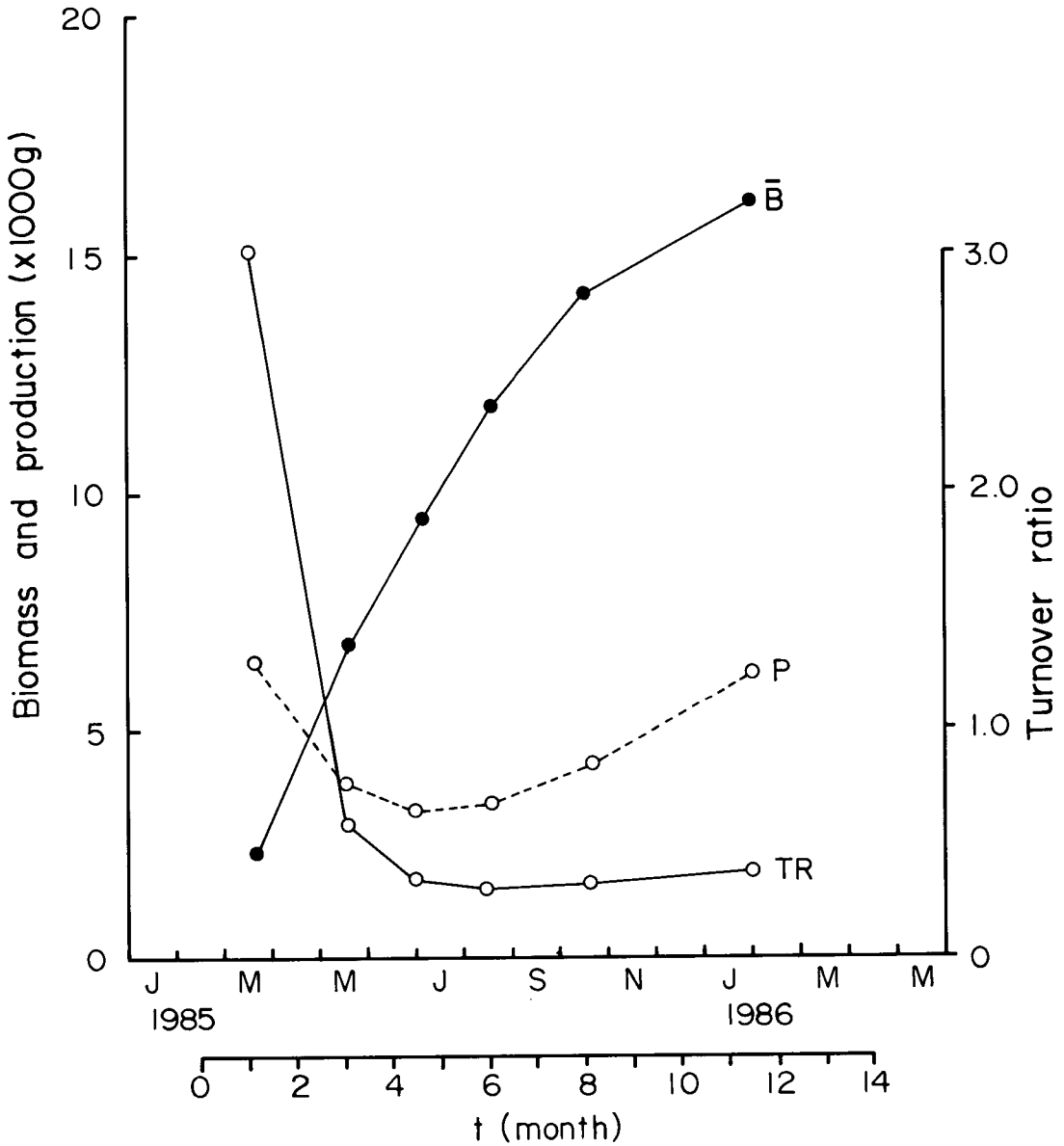


Fig. 6. Mean biomass(B), biological production(P) and turnover ratio(TR) of cultured sea squirt, *Halocynthia roretzi*, from in situ culture experiment off Hansando, Korea, Fed. 1985-July 1986.

本 垂下後 養殖 우렁쟁이 個體群의 生産量의 變動을 살펴보기 위하여 앞에서 推定된 個體群의 減少式과 個體의 平均 成長式을 사용하여 個體群의 成長에 따르는 生體量의 變化를 나타내 주는 式을 다음과 같이 推定하였다.

$$B_t = 386 \exp(-0.0614t)(-2.816 + 7.7071t)$$

이 函數는 Fig. 7과 같이 生體量이 養殖 初期인 2月부터 이듬해 6月까지는 계속해서 늘어나고 있다. 이 현상은 우렁쟁이 資源尾數의 減少量 보다는 個體 成長의 增加量이 더 크기 때문에 나타나는 것이다. 그러나 6月이 되면서 資源重量은 최대를 나타내고 그 이후로는 점차적

養殖 우렁쟁이의 資源 生態學的 分析

Table 3. Mean biomass(\bar{B}), production(P) and turnover ratio(TR) of cultured sea squirt, *Halocynthia roretzi* from *in situ* culture experiment off Hansando, Korea, Feb. 1985-July 1986

Age (month ⁻¹)	\bar{B} (g)	P(g)	TR
0 -2.33	2143.703	6458.597	3.013
2.33-3.87	6697.869	3790.075	0.566
3.87-5.333	9476.829	3275.410	0.346
5.33-7.03	11812.054	3462.831	0.293
7.03-9.40	14061.801	4260.116	0.303
9.40-13.57	16255.969	6146.228	0.378

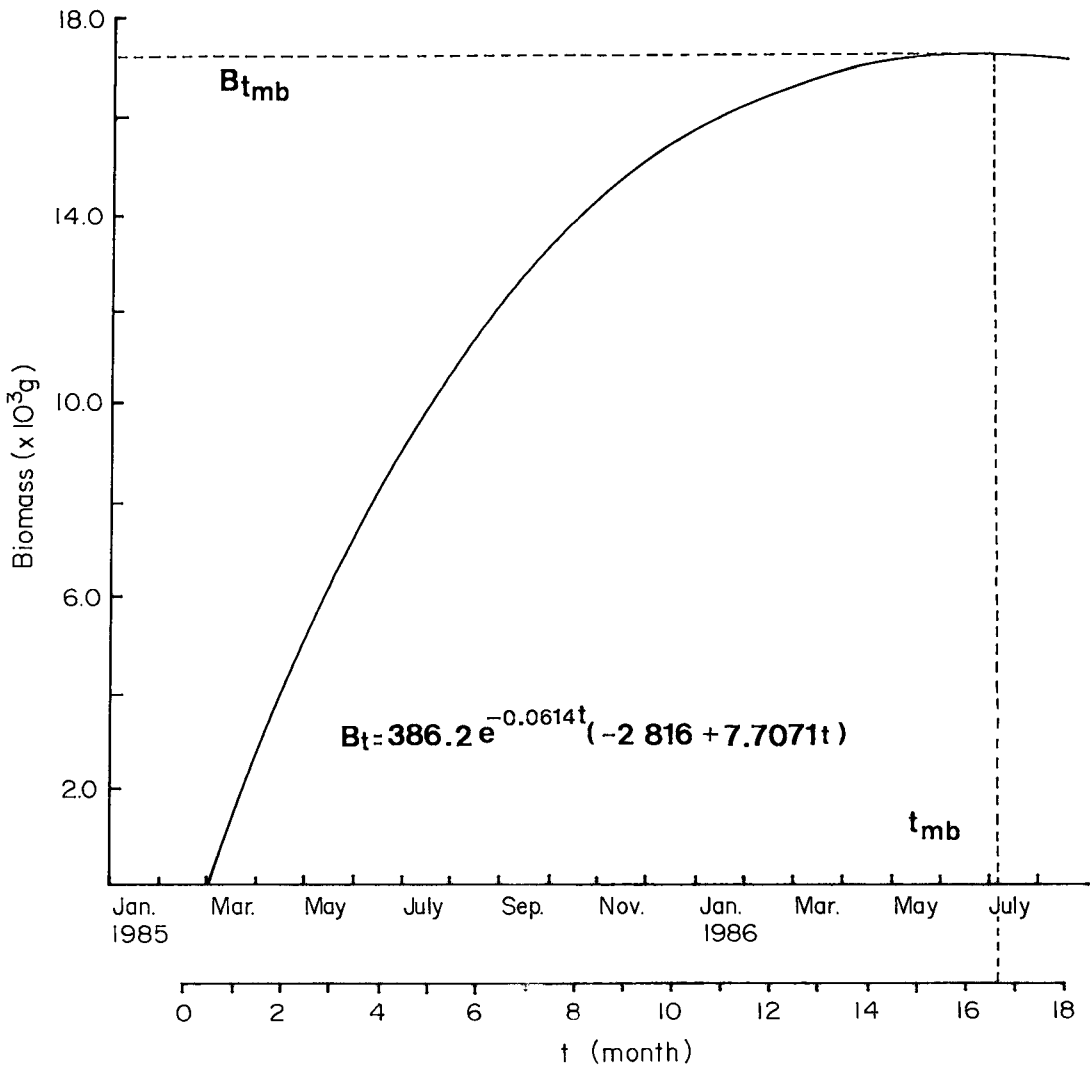


Fig. 7. Biomass curve of cultured sea squirt, *Halocynthia roretzi*, from *in situ* culture experiment off Hansando, Korea, Feb. 1985-July 1986.

으로 減少되는 傾向을 나타내었다. 즉, 이 時期는 그 個體群이 一生中 가질 수 있는 유일한 最大 生體量을 나타내는 때에 해당되므로 全重量의 收穫量을 最大로 하는 것이 目標일 경우에는 이 時期가 最適의 收穫時期가 되는 것이다.

이 時期는 이 函數를 1次 微分해서 0으로 놓은 후 求한 最大 生體量의 時期인(t_{mb})

$$t_{mb} = \frac{b-aZ}{bZ} = 16.7$$

로 나타났다. 즉 本垂下를 한 後 16.7個月이 된 때가 그 個體群이 最大 生體量을 가지는 시기이다.

한편, 個體群의 生體量을 基準으로 하는 것 보다는 실제의 肉重量이 때로는 더욱 중요할 지도 모른다. 그러나 실제로 肉重量은 個體의 全重量에 比例하는 傾向을 뚜렷이 보이므로 별로 큰 意味는 없을 수도 있다. 이 肉重量의 變動式도 역시 앞에서 推定된 個體의 全重量의 成長式 대신에 肉重量의 成長式을 사용하여 구할 수 있었다.

$$M_t = 386 \exp(-0.0614t)(-2.284 + 2.8450t)$$

이 函數는 Fig. 8과 같이 本垂下 以後 이듬해 7월까지의 계속 增加하다가 17個月째가 되면서 최대를 나타내고 그 이후로는 점차 계속 減少하는 傾向을 보였다.

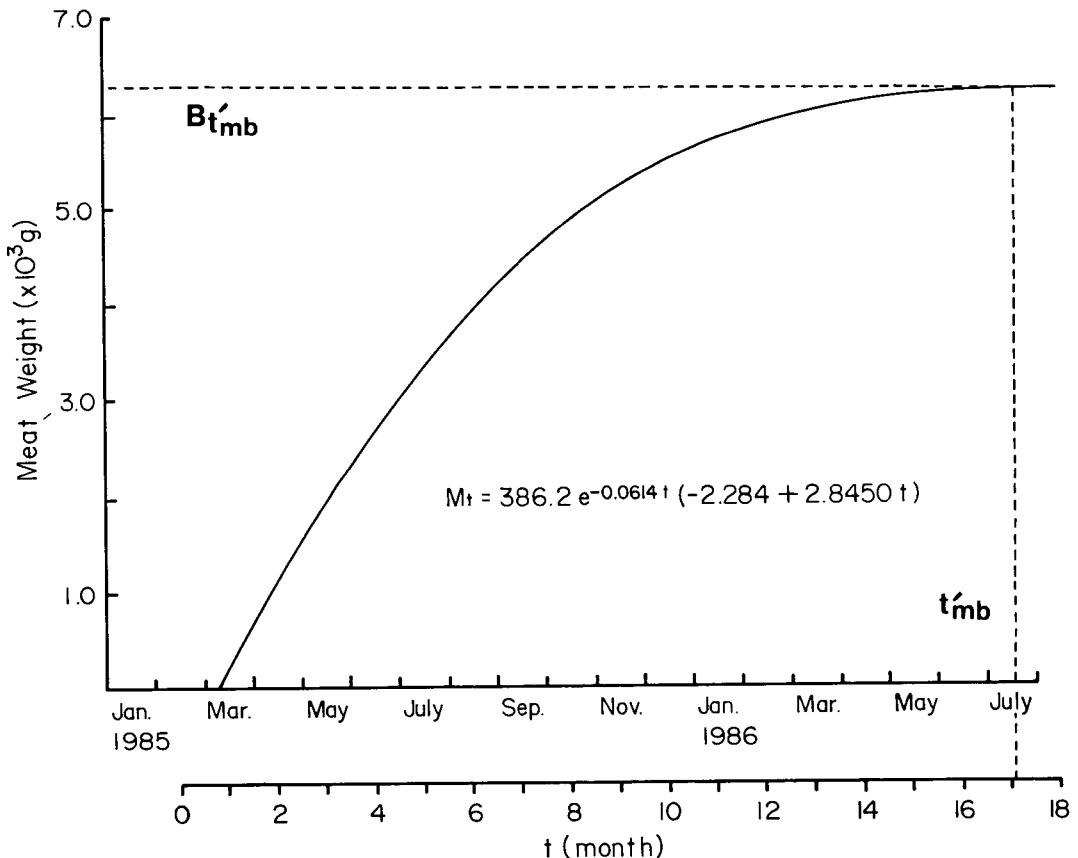


Fig. 8. Meat weight curve of cultured sea squirt, *Halocynthia roretzi*, from *in situ* culture experiment off Hansando, Korea, Feb. 1985-July 1986.

앞에서와 마찬가지로 最大 肉重量을 나타내는 時期(t_{mb})는

$$t_{mb} = \frac{b - aZ}{bZ} = 17.1$$

로 나타났다. 즉 本垂下를 한 後 17.1個月이 될때가 그 코호트가 最大의 肉重量을 生産하는 時期였다. 垂下連當 最大의 收穫 可能한 資源量을 推定하기 위하여

$$B_{mb} = \frac{bN_0}{Z} \exp\left(\frac{aZ}{b} - 1\right) \text{의 式을 사용하여 計算한 結果}$$

17,428g로 推定되었다.

한편, 垂下連當 最大의 收穫한 肉重量(M_{mb})을 推定한 結果 6,263g로 나타났다.

考 察

養殖은 天然的으로 適合하지 못한 棲息 環境을 가지는 生物들이나 혹은 適合한 生物이더라도 人爲的으로 약간의 變化를 棲息 環境에 加함으로써 生産力을 높일 수 있도록, 最適의 棲息環境을 提供함으로써 單位 面積當(혹은 努力當) 生産量을 높일 수 있는 方法이다. 그러나 生物의 進化學的 特徵을 보면, 대부분의 生物들은 주어진 自然環境을 최대한으로 이용하여 最適으로 適應하려고 오랜기간 동안 進化되어 오고 있으며 따라서 현재 처해 있는 生態系의 棲息環境을 人爲的으로 變化시키지 않는 한 그 生物에 대해서는 最適의 棲息處(habitat)로 볼 수 있을 것이다. 따라서 그들의 生態系 內에서의 役割(niche) 또한 最高의 效率(efficiency)을 가지고 있는 것으로 볼 수 있다. 그러므로 이러한 論理에 따르면 現在의 安定된 生態系 內에서의 自然的인 生産力은 가장 效率의이며 가장 높은 값을 나타내 주는 것이라 할 수 있다.

資源生物이라는 側面에서 보면 人間이 利用할 수 있는 有用生物들은 自然狀態에 있는 生態系 內 生物들의 資源量의 構成比와 일치하지 않을 수 있으며 심지어는 전혀 다른 형태를 나타낼 수도 있을 것이다. 따라서, 人間은 한 生態系에 대한 情報과 知識을 蓄積시킴으로써 그 生態系의 環境 收容力(carrying capacity)이나 潛在 生産量(potential production) 등을 알아 냄으로써, 주어진 限界內에서 人間에게 有用한 生物資源을 效果的으로 開發 利用할 수 있을 것이다.

그러나 만약 그 生態系의 特性에 關한 科學的인 知識이 없는 狀態에서 人爲的으로 生態系를 變形시키는 行위는 어떤 의미에서 보면 상당히 위험한 시도로 볼 수 있다. 어떤 生態系 內에서 하나의 有用 生物種을 選擇하여 이 種에 대한 生態學的 地位(ecological niche), 他 生物種과의 相互關係, 生態係가 收容할 수 있는 環境收容力, 潛在 生産量에 關한 情報 等도 없이 經濟的인 生産性을 높인다는 목표하에서 過密한 養殖을 시도한다면 短期的으로는 生産量을 높일 수 있을지 모르나 長期的으로 보면 環境이 不適合한 方向으로 變하게 되어 궁극적으로는 生態系의 均衡을 파괴함으로써 自然 生産力보다는 더 낮은 生産이 초래될 수 밖에 없는 狀況에 처하게 될 것으로 보인다.

養殖 生物의 管理에 있어서 主要한 課程 中의 하나는 收穫 時期를 適切하게 選擇하는 것인데 이 問題는 養殖 生物個體群의 成長에 依한 資源量의 增加가 死亡에 依한 減少보다 더 큰 狀態에서 資源量이 最大를 이루는 時點을 推定하는 것이다. 이를 위해서는 養殖 對象生物의 成長率, 死亡率 및 資源量의 變化形態 等에 關한 資源生態學的 理論과 知識을 바탕으로 하여야 한다. 그러나 現在 실제로 행하여지고 있는 우렁생이 養殖의 경우에서는 收穫 時期를 決定함에 있어서 直觀에 의한 推測으로 대개 本垂下後 約 1년이 經過된 이듬해 3-4月頃에 收穫을 하고 있다.

그러나 本 研究에서 提示된 바와 같이 全重量의 側面에서 본 우렁생이 收穫 時期는 本垂下後 16.7個月 뒤인 6月 下旬頃이 적절하며, 肉重量의 側面에서는 本垂下後 17.1個月 뒤인 7月

初旬이 적절한 것으로 나타났다. 따라서 現在의 收穫時期보다 약간 늦추어서 收穫을 하더라도 별 問題없이 보다 많은 收穫을 할 수 있을 것으로 보인다. 그러나 本 研究에서 사용된 生殘曲線 모델에서는 실제 資料가 3월까지 밖에 사용되지 않아서 7월까지의 生殘패턴은 그 以前 資料들로부터 外插(extrapolation)되었으므로 收穫時期 決定에 다소 影響을 미칠 수 있을 것으로 보인다. 한편, 여름철의 收穫은 맛과 營養的인 側面에서도 바람직하는데, 여름철의 경우 水温이 낮은 겨울철보다 글리코겐 量이 7배나 많기 때문에 맛도 좋고 營養도 豊富하다(村長, 1952). 그러나 市場價格에 대해서도 收穫時期는 결정되므로 이것을 考慮한다면 다소 달라질 수 있을 것으로 생각된다.

또한 우렁쟁이의 成長에는 水温의 影響이 매우 중요한 것으로 알려져 있다. 우렁쟁이는 寒海性 種類로서 田村(1963)는 우렁쟁이 棲息水温을 2-24°C라고 하였으며, 菊池(1976)는 高温耐性 實驗을 한 結果 22°C에서 水管萎縮 徵候가 있었고 25°C에서는 斃死된다고 하였다. 또한 張(1979)은 우렁쟁이의 適正水温은 12-20°C라고 하였으며 藤田과 藤田(1966)은 高水温과 低比重에 약하다고 하였다. 本 研究에서도 Fig. 5에서와 같이 水温과 成長率과의 關係는 逆相關關係를 보임으로써 水温은 우렁쟁이 成長率에 큰 影響을 미치고 있음을 알 수 있었다. 이러한 結果로 미루어 볼 때 여름철의 우렁쟁이 養殖場 管理는 養殖의 成功與否를 판가름짓는 중요한 項目으로 생각된다. 우렁쟁이 回轉率의 季節的 變化를 보면 本垂下 初期에는 매우 높고 점차 減少하다가 다시 增加하는 傾向을 보이는데 특히 가장 낮은 時期는 여름철과 一致하고 있다. 이러한 結果는 여름철 成長 減少로 인한 것으로 생각된다. 또한 우렁쟁이의 경우 Table 2에서 보는 바와 같이 夏季에는 重量의 逆成長을 보이고 있으며 高水温에 弱한 短點이 있음으로 여름철을 넘기기 전에 收穫하는 것이 바람직할 것이다.

지금까지는 우렁쟁이의 適正收穫時期를 生物學的인 側面에서만 檢討해 보았으나 일반적으로 適切한 收穫時期는 生物學的 側面에서만 본다면 그 生物이 시간이 지남에 따라 成長量보다 死亡量이 많아짐으로써, 純生産量이 減少되기 시작하기 직전의 시기가 되겠지만 社會 經濟學的(socio-economic)面도 함께 생각한다면, 商品크기에 따르는 市場價格, 資金回轉, 人件費, 資材費 등 여러가지 要因에 의해서도 影響을 받고 있으므로 앞으로는 이들과의 關係를 동시에 檢討함으로써 보다 바람직한 養殖 管理 方案이 導出될 수 있을 것으로 생각된다.

이 研究는 우렁쟁이와 같이 單期間 養成하여 收穫하는 養殖種, 例로 조개류(굴, 피조개), 해조류(미역, 다시마, 우뚝가사리, 김), 魚類(참돔, 넙치, 방어) 등의 效率的인 養殖管理 및 生産計劃 수립을 위한 基礎的인 生態學的 모델로서 提示하는데 또한 그 目的이 있다. 그러나 養殖 對象種에 따라 成長패턴이나 死亡패턴이 다르며 또한 이에 미치는 環境要因도 다를 수 있으므로 各種의 生物學的 特性에 適合한 모델이 開發되어 사용되어야 할 것이다. 따라서 주어진 環境에 따르는 適正 養殖 密度를 決定하기 위한 研究라든지 成長 段階別로 숙아내 줌으로써 適正 密度를 維持하는 方法으로서 單位 面積當 生産性を 極大化시킬 수 있는 研究, 또는 주어진 標準 漁場에서의 收穫量을 豫測할 수 있는 方法 등에 關한 研究 등이 效果的인 養殖을 위해서 계속적으로 수행되어야 할 것으로 보인다.

要 約

養殖되고 있는 우렁쟁이(*Halocynthia roretzi*)의 生殘率과 成長率, 成長 段階에 따른 生産量과 生物學的 生産量의 變化 및 回轉率 등 個體群 生態學的 研究를 수행하였으며, 이 研究 結果를 基礎로하여 適正 養殖 管理 方案을 수립하고자 1985년 2월부터 1986년 7월까지 閑山島 장작지 養殖場에서 養成實驗을 실시하였다.

우렁쟁이 個體群은 指數函數的인 減少式에 適合하였으며 그의 全死亡係數(Z)는 0.0614/month(Var(Z)=0.000126)로 推定되었다. 우렁쟁이 個體들의 全重(TW) 및 肉重(MW)의 成長

養殖 우렁쟁이의 資源 生態學的 分析

은 調査 期間 內에서 直線的인 成長으로 나타났으며 成長式은 다음과 같다.

$$TW = -2.816 + 7.7071t (r^2 = 0.951)$$

$$MW = -2.284 + 2.8450t (r^2 = 0.946), \text{ 여기서 } t \text{ 는 月 數}$$

우렁쟁이 成長率(G)은 $G = 3.012 \exp(-0.06552WT)$ ($r^2 = 0.618$)로 水温(WT)과 逆相關의 關係를 보였다. 養殖 期間中의 垂下連當 平均 生體量은 첫해 3月の 2.14kg/垂下連부터 이듬해 3月の 16.26kg/垂下連으로 推定되었다. 한편 生物學的 生産量은 夏季(6月 - 7月)의 3.28kg/垂下連부터 첫해 늦겨울(2月 - 3月)의 6.46kg/垂下連으로 推定되었다. 回轉率은 첫해 늦여름(7月 - 9月)의 0.293에서 첫해 늦겨울(2月 - 3月)의 3.013으로 나타났다. 資源 重量이 最大가 되는 適正 收穫 時期는(t_{mb})는 本垂下 後 16.7個月이 經過된 이듬해 6月 末로 推定되었으며 이것을 肉重量을 基準으로 하였을 때는 17.1個月이 經過한 이듬해 7月 初旬으로 나타났다. 最大 收穫 可能 全重量은 17.4kg/垂下連이었고 이때 肉重量은 6.3kg/垂下連이었다. 養殖의 課程은 本研究을 通하여 例示된 바와 같이 資源生態學的인 知識을 바탕으로 수행되는 것이 보다 바람직 할 것으로 보인다.

參考文獻

- 張榮振. 1979. 養殖用 우렁쟁이 *Halocynthia roretzi*(Drasche)의 初期成長에 關하여. 水振研報 21:69-76.
- 菊池要三郎. 1976. 마보야成長의 養殖에 關する 試驗. 養殖 13(3):98-99.
- 村上義威. 1952. 호야類의 養殖. 水産界. 810.
- 田村 正. 1963. 호야類의 增殖. 淺海增殖學. 恒性社厚生閣. 東京:123-126.
- 藤田總吉. 藤田 忠. 1966. 호야의 養殖試驗. 養殖 3(9):65-67.
- Waters, T. F. 1969. The turnover ratio in production ecology of freshwater invertebrates. Amer. Nat. 103:173-185.