

여름철 우렁쟁이 大量斃死에 對한 溶存酸素의 影響

羅琪煥 · 李彩成 · 崔禹政
國立水產振興院 統營水產研究所

The Effect of Dissolved Oxygen on the Estival Mass Mortality of sea squirt, *Halocynthia roretzi* (Drasche)

Gui-Hwan NA · Chae-Sung LEE and Woo-Jeung CHOI
Tong Young Fisheries Research Laboratory of National Fisheries Research
and Development Agency., Tong Young 651-940, Korea

Mass mortality of *Halocynthia roretzi* has been occurred in culturing grounds of southern coast of Korea during the long period of summer drought and the unusual high water temperature in 1988. Especially *Halocynthia roretzi* was damaged severely in 2 years group. Therefore we verified these phenomena by observing the environmental factors of culturing grounds and by evaluating oxygen consumption rate in indoor experiment.

In culturing grounds, the mortality rate was high in Namhae Mizo area where water temperature was the highest and the lowest in dissolved oxygen concentration as low as 3.76 ml/l in field observation.

In indoor experiment, the higher the water temperature, the more mortality was occurred and the salinity above 30‰ had no effect on its mortality. In oxygen consumption rate experiment, the smaller needs more oxygen than larger one, i. e., oxygen demand per unit weight was higher in 2 yeras group than that of 3 years. The theoretical and the actual minimum oxygen demands(MOD) for preventing asphixiation was 3.7ml/kg/h at 20°C and 6.3ml/kg/h at 25°C, But actual MOD was 4.3ml/kg/h at 25°C in indoor experiment.

It seemed that mass mortality of *Halocynthia roretzi* in summer was caused by metabolism disorder due to insufficient oxygen level influenced by the high water temperature and the high density of *Halocynthia roretzi*, which results in the paucity of oxygen especially in 2 years groups.

緒 言

우렁쟁이(*Halocynthia roretzi* Drasche)는 글리코겐 함량이 높고, 不飽和 알콜의 일종인 신티올(Cynthial)이란 成分이 있어 독특한 맛을 내므로(柳, 1979) 需要가 急增하여 最近 高所得 品種으로서 漁場面積이나 施設이 크게 增加하고 있다(農林水産部, 1988).

우렁쟁이 養殖은 日本에서 1905년경부터 시작되어(酒井, 1982) 1970년대 초 우리나라에서도 人工

種苗生産으로 본격적인 養殖이 시도되었으나 1970년대 中반 養殖産 및 自然産의 大量斃死로 消滅되어가는 차에 日本産 우렁쟁이 어미를 수입하여 生産된 種苗를 이용하여 지금까지 養殖되고 있지만(柳等, 1988) 여름철 高水溫期 이후 9~10月경에 大量斃死가 頻繁히 일어나고 있고, 특히 2年産에서 斃死가 높다. 우렁쟁이 斃死에 관한 研究는 藤田等〔1966〕, 菊池〔1976〕, 張等〔1982〕이 있으며, 이들은 高水溫과 低比重 또는 高水溫과 먹이생물 부족에 의하여 斃死하는 것으로 報告하였다.

그러나 1988年 우렁쟁이 大量斃死가 發生한 여름철 海況은 7, 8月에 高水溫, 高鹽分으로 8月부터 斃死率이 增加하기 시작하여 9月에 가장 높았고 斃死體의 대부분이 2年産인 것이 特異하여 이의 原因을 알고져 室內에서 高水溫에 收容하여 觀察해 보았지만 斃死가 적었으므로 高水溫의 影響의 에 環境의 다른 因子가 作用한 것으로 推定되었다. 따라서 本 研究은 夏季 高水溫으로 인한 漁場環境 中の 溶存酸素가 우렁쟁이의 斃死에 어떤 影響을 미치고 있는지를 알기 위하여 養殖場의 環境 및 斃死狀況을 調査하고 아울러 우렁쟁이 重量에 따른 酸素消費量 變化를 調査하였다.

材料 및 方法

1988年 여름에 南海岸 全域에서 우렁쟁이가 大量斃死한 漁場을 中心으로 8月부터 10月까지 月 1回 養殖場의 環境 및 斃死狀況을 3個 海域으로 區分하여 (Fig. 1) 調査하였고, 室內實驗으로 우렁쟁이 의 水溫 및 鹽分에 대한 耐性試驗과 酸素消費量을 測定하였다.

(1) 斃死率과 環境調査

調査海域은 統營郡 閃山面, 山陽面(彌勒島) 그리고 南海郡 彌助지선에서 養殖되는 우렁쟁이 養殖場을 選定하였다. 斃死率 調査는 海域別로 各各 垂

下連 3곳을 표시하여 每月 現場에서 總 個體數와 斃死 個體數를 計數하여 百分率로 나타내었고, 水溫은 봉상온도계로 現場에서 測定하였으며 溶存酸素는 Winkler azide 變法으로 測定하였다.

(2) 高水溫, 低鹽分에 對한 耐性試驗

高水溫 試驗은 5個의 유리水槽(60×30×35cm)의 底面에 各各 5cm 높이로 모래를 깔은 後 海水 50l 씩을 채우고 공기를 曝氣시키면서 우렁쟁이 6~8 cm 크기 10尾를 各 水槽에 넣었다. 溫度調節裝置를 이용 水槽內의 水溫을 各各 20, 25, 26, 27℃ 및 27.5 °C 로 維持시키면서 試驗하였다.

(3) 酸素消費量

15l 圓筒形 유리水槽에 濾過海水 10l 를 넣고 溫度調節裝置로 20℃ 와 25℃로 調節하여 우렁쟁이 6 cm, 8cm 크기 5尾씩을 各各 넣고 水面에는 공기중으로 부터 酸素가 들어가지 못하도록 液體과라핀을 1cm 두께로 넣어 密閉式으로 했으며 時間의 經過에 따라 溶存酸素量을 測定하여 酸素消費量을 式(1)에 의해 算出했다.

$$K_c = \frac{(C_0 - C_t) \times V}{t \times w} \dots\dots\dots (1)$$

여기서,

K_c : 酸素消費量(ml/kg/h)

C_0, C_t : 試驗始作 및 t時間 後의 酸素濃度 (ml/l)

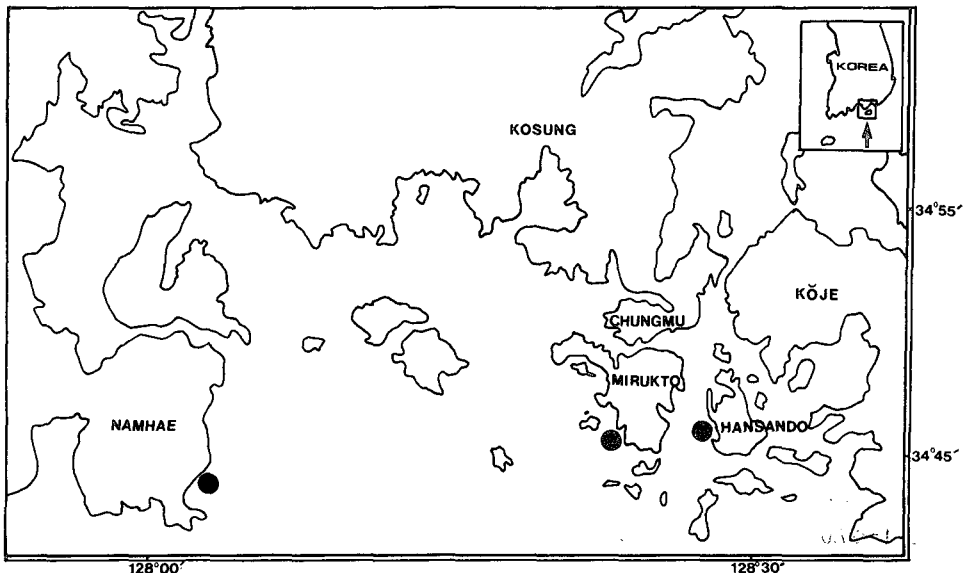


Fig. 1. Location of the sampling stations of *Halocynthia roretzi*.

V : 容器内の 海水量(l)
 t : 測定期間(hour)
 w : 우렁쟁이 무게(kg)

또한 降雨量은 6월에 184.5mm로 最高值였으며 그 후 8월부터 급격히 減少하여 우렁쟁이의 大量斃死가 發生한 8~10月の 降雨量은 14.3~63.5mm로 平年の 61.2~236.7mm보다 훨씬 적은 가뭄現象을 보이고 있었다(Fig. 2).

結 果

(1) 우렁쟁이 斃死環境

우렁쟁이 養殖이 활발한 閑山島, 彌勒島, 南海 3 個漁場의 우렁쟁이 斃死率은(Table 1) 閑山漁場의 경우 7月까지 우렁쟁이 斃死는 2.5%로 아주 낮으나 水溫이 急上昇하는 8월부터 斃死가 增加하여 9月에는 23.1%로 가장 높았다. 또한 彌勒島, 南海海域에서도 이와 같은 傾向을 보이고 있으나 閑山漁場에서보다 斃死率이 훨씬 높은 39.6%, 74.3%로 各 漁場 모두 9월에 가장 높았으며 海域別 斃死率은 南海漁場이 가장 높았다.

우렁쟁이 斃死가 進行되는 동안 養殖場環境은 溶存酸素의 경우 閑山漁場 4.73ml/l, 彌勒島漁場 4.5 ml/l 그리고 南海漁場이 3.79ml/l로 斃死率이 가장 높은 南海가 가장 낮은 溶存酸素를 나타내었고 8月에는 水溫이 27.5℃까지 上昇하는등 高水溫 現象이 長期間 持續되는 異常海況을 보였다(Table 2).

(2) 高水溫 低鹽分에 對한 耐性試驗

高水溫 低鹽分에 對한 우렁쟁이 耐性을 調査하기 위해 유리水槽에서 20日間 無給餌로 試驗한 結果는 Fig. 3, Fig. 4와 같다. 高水溫에 따른 우렁쟁이의 生殘率을 보면 水溫 20℃에서 19日 만에 10%의 斃死가 있었을 뿐 모두 20日 동안 살아있었으며, 25℃일때는 4日 후부터 斃死하기 시작하여 16日 後에 斃死率은 30%에 달했다. 水溫 26℃에서는 試驗始作日부터 斃死하였으며, 27.0℃에서는 試驗始作日부터 斃死하기 始作하여 6日 後에 50%, 14日 後에 100% 斃死되었으며 27.5℃에서는 8日 後에 全量 斃死하였다.

鹽分濃도에 對한 우렁쟁이의 生殘率을 보면 34‰ 濃度에서는 20日 동안 모두 살아있었으며, 30‰일때는 13日 後에 10%가 죽었고, 27.5‰에서는 4日 後부터 죽기 시작하여 15日 동안에 90%가 죽었고, 17日 동안에 100% 斃死하였으며, 25‰일 때

Table 1. Mortality rate and dissolved oxygen at the different culturing grounds of *Halocynthia roretzi*

Area	Hansan		Mireukdo		Namhae	
	B. H* (cm)	M. R** (%)	B. H (cm)	M. R (%)	B. H (cm)	M. R (%)
Month						
June	5.46	1.5	-	-	-	-
July	5.74	2.5	-	-	-	-
August	5.87	9.9	6.07	15.2	5.74	26.8
September	6.13	23.1	6.03	39.6	5.71	74.3
October	6.54	3.8	6.41	5.2	6.06	8.6

* B. H: Body height

** M. R: Mortality rate

Table 2. Days of occurrence above 25℃ at the different culturing grounds of *Halocynthia roretzi*

Area	Hansan		Mireukdo		Namhae		Mean year (Chung mu)	
	Aug.	Sep.	Aug.	Sep.	Aug.	Sep.	Aug.	Sep.
Water temp. (℃)								
25.1~26.0	7	0	9	0	9	6	15	0
26.1~27.0	6	0	16	0	11	0	0	0
27.1~27.5	3	0	2	0	7	0	0	0
Total	16	0	27	0	27	0	15	0

는 6日 동안에 全量 斃死하였다.

(3) 酸素消費量

우렁쟁이 크기 및 水溫에 따른 酸素消費量과 窒息을 일으키는 時間을 살펴보면 Fig. 5와 같다. 酸素消費量은 2年産(重量 47~50g)의 경우 水溫 20℃와 25℃에서 1時間 後에 각각 21.0ml/kg/h, 23.5ml/kg/h, 3時間 經過 後에 11.2ml/kg/h, 14.5ml/kg/h였고, 各各 15時間, 9時間 이후부터 窒息을 일으켰으며 이때의 酸素消費量은 3.7ml/kg/h, 4.5ml/kg/h로 나타났다. 또한 3年産(重量 104~108g)의 경우 水溫 20℃와 25℃에서 1時間 後의 酸素消費量은 各各 13.2ml/kg/h, 16.1ml/kg/h, 3時間 經過 後에 7.7ml/kg/h, 10.2ml/kg/h였고, 各各 14時間, 7時間 以後부터 窒息을 일으켰으며, 이때의 酸素消費量은 2.2ml/kg/h, 4.2ml/kg/h로서 水溫上昇에 따라 窒息을 일으키는 時間이 훨씬 짧아졌고 酸素消費량도 많았으며 또한 單位重量에 對한 個體가 작을수록 酸素消費가 많았다.

또한 우렁쟁이 密植 정도와 個體成長에 따라 酸素消費量이 달라지므로 실제의 養殖場에서 우렁쟁이가 살아가기 위한 最低酸素 要求量은 室內實驗結果를 토대로 살펴보면 Fig. 6과 같다. 個體重量의 酸素消費量은 個體重量이 크고 水溫이 높을수록 酸素消費가 많아 個體重量에 對한 酸素消費량이 正의 相關關係를 나타내고 있으며, 單位重量에 對한 酸素消費量은 單位重量當 表面積이 클수록 酸素消費량이 많아지므로 個體가 작고 溫度가 높을수록 酸素消費가 많아져 逆의 相關關係를 보이고 있었다. 여기서 溫度別 個體重量에 따른 酸素消費와 單位重量에 對한 酸素消費가 교차되는 點이 最低酸素 要求量으로 水溫에 따라 큰 差異를 보이게 된다. 水溫 20℃에서 最低酸素 要求量은 3.7ml/kg/h, 25℃에서 6.3ml/kg/h로 나타나 實驗을 통한 實測 값 4.5ml/kg/h에 比하여 훨씬 높은 酸素를 要求하고 있는 것으로 나타났다. 따라서 우렁쟁이의 最低酸素 要求量 特性은 20℃보다 25℃에서 높고 동일 重量이라면 個體가 작을 때 즉 3年産보다 2年産에서 溶存酸素의 要求量이 높았다.

考 察

우렁쟁이 養殖場에서 斃死은 9月이 가장 높고, 海域別로는 南海 彌助가 74.3%로 가장 높은 斃死率을 보였다(Table 1). 우렁쟁이는 高水溫, 低比重에 약하여(藤田等, 1966; 菊池, 1976; 金, 1980) 水

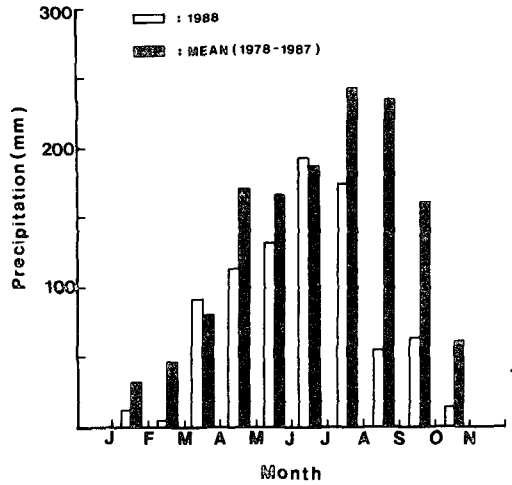


Fig. 2. Monthly changes of precipitations at Chung Mu meteorological station.

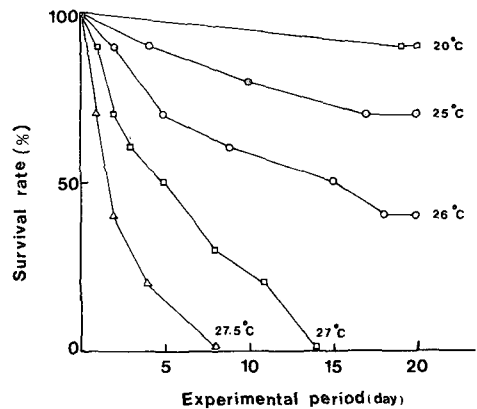


Fig. 3. Survival rate of *Halocynthia roretzi* at the different water temperature.

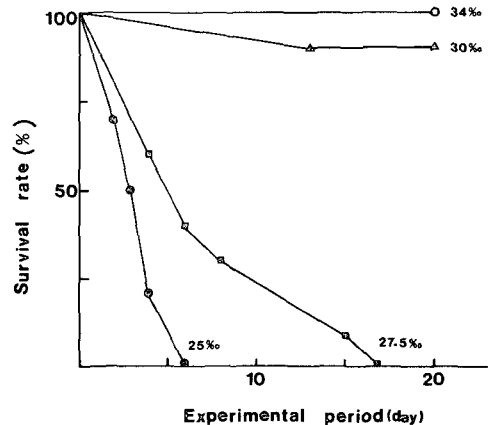


Fig. 4. Survival rate of *Halocynthia roretzi* at the different salinity.

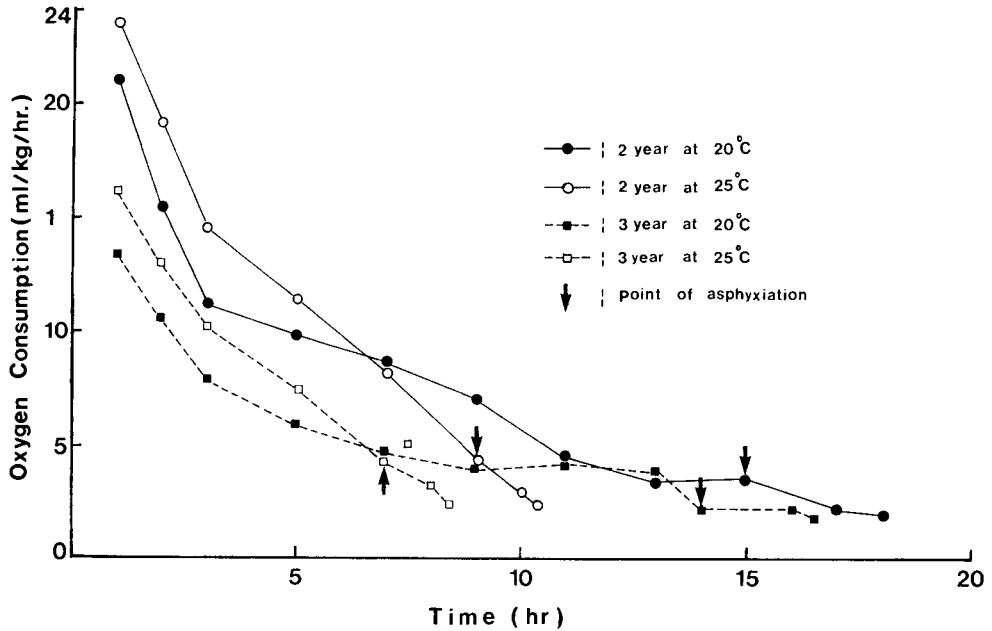


Fig. 5. Changes of oxygen consumption of *Halocynthia roretzi* at the different water temperature.

溫이 25°C 이상 될 때 代謝機能에 障碍를 가져오고, 26.5°C 일 때는 입수관이나 출수관을 닫고 죽는다고 報告(金, 1980)된 것과 比較할 때, 本 實驗에서 20 日間 無給餌로 水溫에 對한 耐性試驗한 結果 水溫 20°C 때 30% 斃死되었으나, 27°C 이상에서는 全量斃死되어 高水溫에 약하다는 것을 입증하고 있다. 또한 鹽分에 對한 耐性試驗에서도 鹽分 25‰, 27.5‰ 일때 各各 4日, 17日만에 全量斃死되었으나 30‰ 이상만 되면 斃死와 無關한 것으로 나타나 張等(1982)의 報告와 一致하였다.

그러나 우렁쟁이 養殖場에서는 高水溫期인 8月 부터 斃死가 增加되기 시작하여 9~10월에 大量斃死가 일어나고(張 等, 1982) 2年産이 먼저 斃死가 되는 것으로 보아 水溫 이외에 다른 要因도 重要하다고 생각되며, 특히 代謝機能에서 빼놓을 수 없는 要인이 溶存酸素이다. 調查期間동안 溶存酸素는 閑山漁場이 4.73ml/l, 彌勒島漁場이 4.54ml/l, 그리고 南海漁場이 3.89ml/l로서 斃死率 增加에 따라 낮은 濃度를 나타내고 있음은 溶存酸素의 重要性을 말해주고 있다.

진주담치(*Mytilus edulis*) 및 총알 고동류(*Littorina littorea*) 등은 크기의 增加에 따라 代謝強度가 減少되고(Cohnheim, 1912; Zeuthen, 1947), 송어류(*Salmo trutta fario*)에 있어 酸素消費量은 一定溫度 내에서 水溫에 比例하며(Gardner and Leatham,

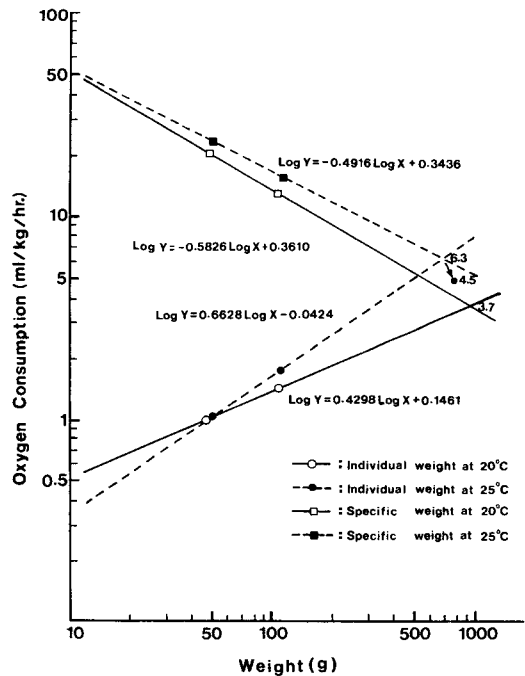


Fig. 6. Theoretical value of minimum oxygen demands to the oxygen consumption of individual weight and specific weight at different water temperature by *Halocynthia roretzi*.

1914), 尾崎(1979)에 의하면 溫度는 酸素消費量이 極大에 달하고 그 以後는 熱 障礙, 熱 痲痺를 가져와 酸素消費는 急激히 減少하며 죽는다고 말했다.

Fig. 5에서와 같이 우렁쟁이의 酸素消費量은 水溫 20~25℃에서 13.2~23.5ml/kg/h이고, 溫度 및 크기에 따른 酸素消費量은 個體가 큰 3年産에 비하여 크기가 작은 2年産 즉 單位 重量에 對한 個體가 작고 溫度가 높을수록 酸素消費가 많았다. 또한 窒息을 일으키는 時間은 水溫 20℃일때 14時間부터 窒息되기 시작하며 이때의 酸素消費量은 3.7ml/kg/h, 25℃일때는 7~9時間 만에 窒息되고 4.5ml/kg/h의 酸素를 消費하게 되므로 水溫上昇에 따라 窒息을 일으키는 時間이 훨씬 짧고 酸素消費量도 높았다.

우렁쟁이는 密植程度에 따라 酸素消費量이 달라지는데 個體重量에 比例하여 酸素消費가 많아지고 동일 重量이라면 個體가 작고(表面積이 넓음) 溫度가 높을수록 酸素消費가 많아지므로 最低酸素要求量을 충족시키지 못하는 동일 環境이라면 3年産 보다는 2年産이 生存이 불리하다. 이는 動物 個體當 代謝速度가 重量增加의 2/3乘으로 增加하고 生體量 1g당 代謝速度는 體長에 反比例하여 減少하며(Zeuthen, 1953; Kleiber, 1961), 個體數 密度가 작을수록 酸素消費量이 크고 水溫이 높을수록 消費量이 커지는 結果(山口, 1978)와 동일한 現象으로 설명된다.

養殖場에서 우렁쟁이의 代謝에 必要한 最低酸素要求量은 各 溫度에서 個體重量과 單位重量의 酸素消費量이 교차되는 點이 最低酸素要求量의 理論值로 水溫 20℃에서 3.7ml/kg/h, 25℃에서 6.3ml/kg/h로 밝혀졌다. 20℃에서 窒息이 일어나는 最低酸素

要求量은 實測값과 잘 一致하고 있으나 25℃에서는 實測값이 4.5ml/kg/h로서 理論값보다는 酸素要求量이 적었다.

위의 結果로서 다른 種과의 溶存酸素 消費에 관한 關聯性을 보면(Table 3) 붕장어 84.24ml/kg/h, 남방제첩 3.0ml/kg/h로 우렁쟁이 酸素消費量은 활동성인 어류보다는 크게 낮으나 기수성인 남방제첩보다는 3~4배의 酸素가 代謝에 要求됨을 알 수 있으며, 本 調査期間의 우렁쟁이 大量斃死는 高水溫에 의한 代謝障礙가 있던중 우렁쟁이 群集의 酸素要求量에 대한 環境水의 溶存酸素量이 不充分하여 大量斃死를 誘發하였으며, 1年産이나 3年産에 비하여 2年産에서 反復斃死가 進行되었음은 群集의 酸素要求量 差異에 따른 結果로 판단된다.

25℃에서 最低酸素要求量의 理論값과 實測값의 差異는 우렁쟁이 自體의 高溫耐性이 強한지에 대한 調査를 2年産보다 1年産이나 3年産 以上의 大形個體에 대하여 追加試驗으로 認識해야하며 最低酸素要求量 以下의 環境에서도 潮流의 세기 등에 따라서 우렁쟁이 養殖場 群集에 溶存酸素의 供給이 달라지므로 各 漁場의 海水流動이 各 漁場間 斃死量 差異를 決定짓는 重要한 要因으로 생각되며 水溫과 溶存酸素의 供給 側面에서 볼 때 內灣域보다는 外洋에 面한 養殖漁場이 우렁쟁이의 生理生態에 더욱 適合하다고 생각된다.

要 約

1988年 여름철의 장기간 가뭄 및 高水溫으로 南 海岸 一圓에서 우렁쟁이 大量斃死가 일어났으나

Table 3. Comparison of oxygen consumption of *Halocynthia roretzi* to the other species

Species	Water temp.(℃)	Body weight(g)	Oxygen consumption (ml/kg/h)	Remark
<i>Astroconger myriaster</i>	19.5	294	84.24	Wi, 1976
<i>Portunus trituberculatus</i>	19.0	270	50.08	Wi, 1976
<i>Batillus cornutus</i>	19.0	190	29.78	Wi, 1976
<i>Anadara broughtonii</i>	19.2	202	11.13	Wi, 1976
<i>Corbicula fluminea</i>	25.0	0.7~10.3	3.0	Sung, 1972
<i>Halocynthia roretzi</i>	20.0	47	21.0	Present study
<i>Halocynthia roretzi</i>	25.0	50	23.5	Present study
<i>Halocynthia roretzi</i>	20.0	104	13.2	Present study
<i>Halocynthia roretzi</i>	25.0	108	16.1	Present study

斃死體의 大部分이 2年産인 것이 特異하여 그 原因을 밝히고져 環境要因중 酸素濃度와 斃死狀況을 調査하고 室內에서 水溫 및 鹽分에 대한 耐性試驗과 함께 個體別 酸素消費量에 重點을 두어 試驗한 結果는 다음과 같다.

우렁쟁이 斃死는 高水溫期인 8月부터 增加하기 시작하여 9월에 最大에 달했고 斃死率은 溶存酸素濃도가 3.79ml/l로 最低値를 보인 南海 彌助漁場에서 74.3%로 가장 높았으며 彌勒島, 閑山漁場 순이었다.

20일간 高水溫 耐性試驗에서 水溫 25℃일때 30% 斃死되었으나 27℃ 이상에서는 全量斃死하였고 鹽分은 30‰ 이상되면 斃死와 無關하였다.

우렁쟁이의 酸素要求量은 溫度가 높을수록, 單位重量에 대한 個體가 작을수록 즉 3年産에 비해 2年産이 높았으며 窒息을 防止하기 위한 最低酸素要求量은 20℃에서 3.7ml/kg/h, 25℃에서 6.3ml/kg/h로 水溫에 따라 큰 差異를 보였다.

우렁쟁이의 大量斃死는 高水溫에 의한 代謝障礙가 있던 중 우렁쟁이 群集의 酸素要求量에 대한 水中의 溶存酸素가 不充分하여 大量斃死를 加重시킨 것 같으며 1年産이나 3年産에 비해 2年産의 大量斃死는 群集의 酸素要求量 差異에 起因한 것으로 생각된다.

文 獻

- Cohnheim, O. 1912. Z. F. physiol. chem. 76, 298~313.
- Gradner, J. A. and C. Leetham. 1914. On the respiratory exchange in fresh water fish. J. Biochem. 8, 374.
- Kleiber, Max. 1961. The fire of life. John wiley and sons, inc. New York.
- Zeuthan, E. 1947. Body size and metabolic rate in the animal kingdom with special regard to the marine mico-fauna. Compt. rend. lab. Carlsberg ser. Chim. 26, 17~161.
- Zeuthan, E. 1953. Oxygen uptake and body size in organisms. Quart. Rev. Biol. 28, 1~12.
- 菊池要三朗, 1976. 마보야의 高水溫耐性. 養殖, 13(3), 86p.
- 藤田惣吉 · 藤田忠. 1986. 호야의 養殖試驗. 養殖, 3(9), 65~67.
- 尾崎久雄. 1979. 魚類生理學講座 第2卷, 呼吸の生理. 綠書房, 東京, 354p.
- 山口正男. 1978. 타이 養殖의 基礎와 實際. 恒星社厚生閣, 東京, 414p.
- 酒井誠一. 1982. 海의 파이나스즈르니 호야의 養殖. 養殖, 19(2), 44~47.
- 金榮吉. 1980. 古群山列島의 우렁쟁이 *Halocynthia roretzi*(V. Drasche) 移植에 관한 生態學的 研究. 韓水誌, 13(2), 57~64.
- 農林水産部. 1988. 農林水産部 統計年報.
- 成愚人子. 1972. 溫度 및 鹽分濃度の 變化에 따른 남방재첩 *Corbicula fluminea*(Muller)의 呼吸能에 관하여. 釜山水大臨海研報, 5, 37~43.
- 柳晟奎. 1979. 淺海養殖. 새롬출판사, 519~529.
- 柳晟奎 · 林賢植 · 林東澤. 1988. 人工種苗에 의한 우렁쟁이(*Halocynthia roretzi*)의 成長. 韓國養殖學會誌, 1(1), 75~84.
- 워종환 · 장영진. 1976. 활어수송에 관한 기초연구 (I). 수진연구보고, 15, 91~108.
- 張東錫 · 田世圭 · 鄭成采 · 徐海笠. 1982. 우렁쟁이 斃死原因調査. 水振研究報告, 29, 7~40
- 中央氣象臺. 1988. 氣象月報.

1990년 12월 19일 접수

1991년 1월 19일 수리