

## 2006년 하계 경북 연안의 수온변화와 우렁쉥이 폐사

이용화\* · 심정민\*\* · 김영숙\*\* · 황재동\*\* · 윤석현\*\* · 이주\*\* · 진현국\*\*

\*, \*\* 국립수산물과학원 동해수산연구소

# The Variation of Water Temperature and the Mass Mortalities of Sea Squirt, *Halocynthia roretzi* along Gyeongbuk Coasts of the East Sea in Summer, 2006.

Yong-Hwa Lee\* · Jeong-Min Shim\*\* · Young-Suk Kim\*\* · Jae-Dong Hwang\*\*

Suk-Hyun Yoon\*\* · Chu Lee\*\* · Hyun-Gook Jin\*\*

\*, \*\* East Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and Development Institute

**요 약** : 2006년 8월 경북 연안의 우렁쉥이 양식장에서 대량폐사가 발생하였다. 폐사 원인을 규명하기 위하여 폐사 직후 폐사가 발생한 양식장을 대상으로 수질환경 조사와 병리학적 조사를 실시하였으나 특이점을 발견하지 못하였다. 그래서 폐사가 발생하기 직전 동해에 영향을 미친 10호 태풍 '우콩'이 우렁쉥이 폐사에 영향을 미쳤을 것으로 가정하고 태풍 '우콩' 통과 전후의 해황 자료를 분석하였다. 태풍 우콩의 영향을 받기 전인 8월 초·중순 동해 연안은 전반적으로 저층 냉수의 용승으로 인하여 수심 10m 이심에서는 15°C 이하의 찬물이 존재하고 있었다. 그 후 태풍 '우콩'의 영향으로 인한 북풍이 약 5일간 지속되면서 수온이 높은 외측의 표층수가 연안으로 밀려와 침강하는 현상(에크만 효과)이 발생하여 우렁쉥이가 매달려 있는 수심 10~20m의 수온이 일시에 10°C 이상 상승하여 약 5일간 지속되었다. 2006년 경북 연안의 양식 우렁쉥이는 장기간 냉수에 적응되어 있다가 태풍 '우콩'의 영향으로 수온이 급상승함에 따른 수온 스트레스로 인하여 대량폐사된 것으로 추정된다.

**핵심용어** : 대량폐사, 우렁쉥이, 태풍 우콩, 수온 성층, 용승, 에크만 효과

**Abstract** : Mass mortalities of the farmed sea squirt, *Halocynthia roretzi*, occurred in August, 2006 along the Gyeongbuk coasts of the East Sea without any pathological symptom. Suspecting the No. 10 typhoon, Wukong, which had passed over the relevant locations in the middle of August, 2006 as a culprit of the mortalities, we compared water temperature stratifications of the affected coasts before and after the typhoon. Just prior to the typhoon, cold waters lower than 15°C were stratified at depths deeper than 10m probably by a persisting upwelling of cold bottom waters. The typhoon enforced warm off-coast waters into coasts for 5 days, replacing the cold waters at depths 10~20m which can be justified by Ekman Spiral Effect. The results were an increment of water temperature by 10°C and more at depths where sea squirts were suspended. The sudden elevation of water temperature might drive the sea squirts under abnormal stress to mass mortality.

**Key Words** : Mass mortality, Sea squirt, Typhoon wukong, Stratification, Upwelling, Ekman spiral effect

### 1. 서 론

우렁쉥이 양식 사업은 남해 내만을 중심으로 활발하게 이루어지고 있으며 양식 역사가 상당히 오래된 사업이다. 그러나 같은 해역에서 오랫동안 양식을 계속함에 따라 질병 등으로 폐사가 자주 일어나 수익성이 감소함으로 인하여, 1990년대 초부터 양식대상지가 동해해역으로 확대되어 2005년 현재 경상북도의 양식 우렁쉥이 생산량은 연간 2,436M/T으로 국내생산량 9,334M/T의 26%를 차지하고 있다(해양수산부, 2007).

2006년 8월 경북 연안의 우렁쉥이 양식장에서 비슷한 시기에 동시에 넓은 지역에 걸쳐서 폐사현상이 발생하였다. 폐사 발

생 후 폐사 원인을 규명하기 위하여 현장의 수질환경 요인과 바이러스 등 병리학적 요인에 대한 조사를 실시하였으나 특이사항을 발견하지 못하였다. 폐사한 우렁쉥이는 껍질은 수하연에 붙어 있으나 육질부가 흘러내리는 증상을 보이고 있었다. 이 증상에 대하여 학술적으로 정의된 바는 없으나 수산관계자와 어민들에 따르면 이러한 증상은 수온이 급상승할 경우 입수공과 출수공을 닫고 호흡활동을 거의 하지 않을 경우 발생하는 '쪼그랑증'이라고 부르고 있어, 이번 우렁쉥이 폐사는 동해 연안의 수온 변화와 관련이 있을 것으로 추정할 수가 있다. 수온 변화가 우렁쉥이 폐사에 영향을 미칠 수 있는 가능성에 대하여 홍 등(2000)은 8°C의 수온 자극으로 폐사가 높게 나타났다고 하였고, 菊池(1976)는 우렁쉥이의 고온 내성실험에서 22°C에서 수관 위축 징후가 있었고, 25°C에서는 폐사된다

\* 대표저자 : 정희원, dragon@momaf.go.kr, 033-660-8531

고 보고하였다. Chang et al.(1982)은 16 °C에 자라던 우렁छ이를 19 °C에서 정치시킨 후 10시간 만에 수온을 26 °C로 상승시켰을 경우 4일 만에 전량 폐사되었다고 보고하였다.

경북 연안의 수온은 표층에서 동계에 10 °C 이상, 하계에는 최고 27~29 °C로 계절에 따라 변하고 있지만(국립수산진흥원, 2001), 저층수는 동해에서 생성된 수온 범위 3 °C~10 °C인 냉수괴가 해저를 따라 남서향하고 있기 때문에(임파 장, 1969) 하계에는 표층과 저층 간에 강한 성층을 이루고 있다. 이로 인하여 6월부터 9월까지 남서풍이 불면 동해 남부해역에서는 냉수대가 발생하고(이 등, 1992), 평균속도 약 3m/sec의 남서풍이 7일간 계속하여 불었다 할 때 경계층의 냉수는 약 8.5m 상승한다(송, 1974).

우렁छ이 폐사가 일어나기 직전 태풍 우콩이 동해에 영향을 미쳤다. 태풍 우콩은 2006년 8월 13일에 생성되어 북상하다가 19일 부산 동북동쪽 약 90km 부근해상에서 소멸하였다. 서 등(2002)은 태풍이 한반도 동해 연안을 따라 북상하면 냉수대가 있을 경우 이것을 소멸시킨다고 하였고, 또한 김 등(2007)은 일반적으로 태풍이 통과한 후에는 해양 표면온도가 하강하는 해수면 냉각현상(sea surface cooling, SSC)이 발생하지만, 태풍이 한국 동해 주변해역을 통과하면 상층의 고온수와 하층의 저온수 사이의 혼합에 의한 것으로 추정되는 하부층의 수온 상승현상이 발생한다고 하였다.

본 연구는 2006년 하계 경북 연안의 우렁छ이 폐사 원인을 태풍 우콩의 영향으로 인한 갑작스런 수온 변화일 가능성을 고려하여, 8월 태풍 우콩의 영향을 받기 전과 태풍 영향권에 있을 당시의 수온 자료를 분석하였다.

## 2. 재료 및 방법

본 연구에 사용된 2006년 하계 냉수대 출현 기간 자료는 해양수산속보 3012호, 3026호, 3038호 및 3043호(국립수산과학원, 2006)를 이용하였으며, 2006년 8월 7~12일 동해 연안 수온 자료는 국립수산과학원에서 운영하고 있는 해양환경측정망 조사 결과를 수록하고 있는 한국해양환경조사연보(국립수산과학원, 2007) 중 거진에서 감포연안의 63개 정점의 표층 및 저층 수온자료를 이용하였다.

2006년 8월 강원 연안의 층별 수온자료는 동해수산연구소에서 운영하고 있는 실시간 수온관측시스템을 통하여 30분 간격으로 획득한 수온자료를 분석하였다. 동 기간 중 동해안의 풍향 및 풍속자료는 기상청 홈페이지의 AWS 1분 평균자료를 이용하였고, 태풍 우콩에 대한 자료는 기상청 홈페이지(<http://www.kma.go.kr>)에서 자료를 다운받아 사용하였다.

또한 구룡포 연안의 수온관측 자료는 포항지방해양수산청에서 매주 실시하는 어장환경조사 자료를 이용하였고, 울산 연안의 수온관측 자료는 울산지방해양수산청에서 매일 실시하는 어장환경조사 자료를 이용하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3. 1. 태풍 '우콩' 이전의 해황

태풍 '우콩'의 영향을 받기 전인 8월 초중순의 동해 연안수온은 다음과 같다.

국립수산과학원 해양수산속보(국립수산과학원, 2007)에 따르면 2006년 7월 31일에서 8월 17일까지 동해 남부해역은 전반적으로 냉수대가 발생하거나 냉수의 영향을 받고 있었다(Table 1). 또한 8월 7일에서 12일까지 실시한 해양환경측정망 조사 자료(국립수산과학원, 2007)에 따르면 강원 연안의 표층 수온은 냉수대가 발생한 해역은 17 °C, 냉수대의 영향을 받지 않는 해역은 28 °C 정도의 수온 분포를 보이고 있으나, 수심 9m 이상에서는 수온 15 °C 이하의 분포를 보였다.

Table 1. The periods of cold water appearance

coast	'06. 7. 31	'06. 8. 7	'06. 8. 14	'06. 8. 17
Gijang	—————		—————	
Ulgi	—————		—————	
Gampo	—————			
Uljin	—————			

경북연안에서는 표층 수온은 냉수대가 발생한 해역은 18 °C, 냉수대의 영향을 거의 받지 않는 해역은 26 °C 정도의 수온 분포를 보이고 있으나, 수심 6m 이상에서 수온 13 °C 이하로 나타나 동해연안 전역에서 표층 바로 아래에는 저층 냉수가 융승하여 분포하고 있음을 나타내고 있다(Fig. 1).

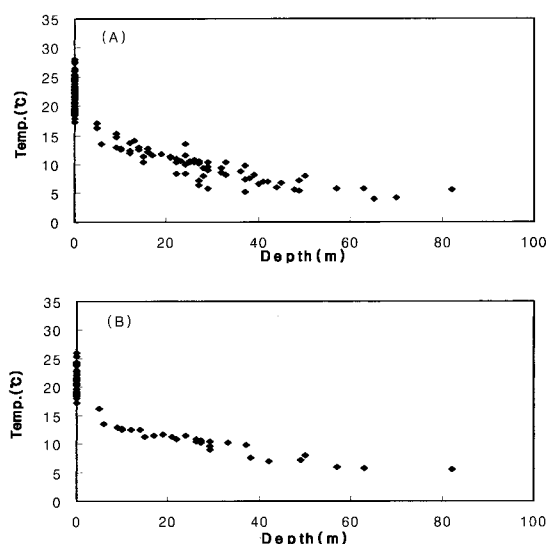


Fig. 1. Water temperature of the coast of Gangwondo(A) and Gyeongsangbukdo(B) on August 7~12, 2006.

그러므로 경북 연안에서는 우렙헝의 성장이 가장 높은 것으로 보고된(홍 등, 2000) 수심 6~16m층에서는 저층 냉수의 영향을 받고 있는 것으로 나타났다.

실시간 수온관측장치에서 획득한 수온자료(Fig. 2)에서도 2006년 8월 15일 이전에는 강원도 양양연안의 표층은 19~28℃, 수심 15m와 30m에서는 각각 10℃ 및 8℃ 내외의 수온을 유지하였다. 강릉연안은 표층은 23~25℃, 수심 15m와 25m에서는 각각 15℃ 및 9℃ 내외의 수온을 보였고, 삼척 연안은 표층은 22~25℃, 수심 25m에서는 10℃ 내외의 수온을 유지하였다.

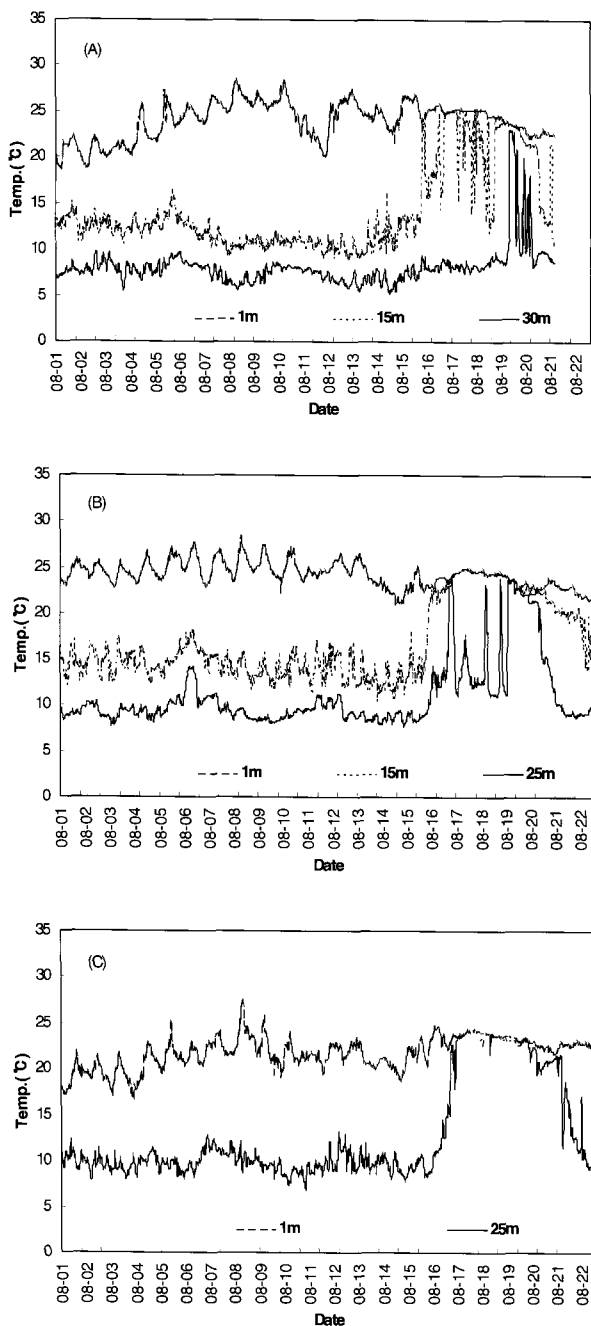


Fig. 2. Water temperature of the coast of Yangyang(A), Gangneung(B) and Samcheok(C) on August 1~23, 2006.

### 3. 2. 태풍 '우렙헝' 당시의 해황

태풍 '우렙헝'은 2006년 8월 13일 발생하여 8월 19일 공식적인 태풍으로서는 소멸되었지만(Fig. 3), 소멸 후에도 열대성 저기압으로 동해안을 지나면서 동해 연안역에 영향을 미쳤다.

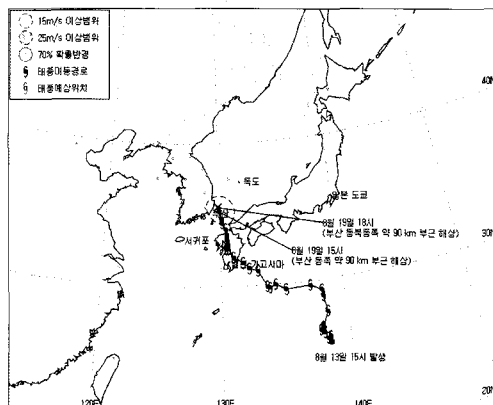


Fig. 3. The pass way of typhoon, Wukong, on August 13~19, 2006.

태풍 우렙헝의 영향으로 동해 연안역에서는 2006년 8월 15일에서 21일까지(6일간) 강한 북풍이 불었다(Fig. 4). 이때의 시간당 최대 평균 풍속은 강릉지방에서는 6.7m/sec., 동해지방에서는 9.1m/sec., 울진지방에서는 12.9m/sec. 그리고 포항지방에서는 7.8m/sec.를 나타내어 울진지방에서 바람이 가장 강하게 불었다.

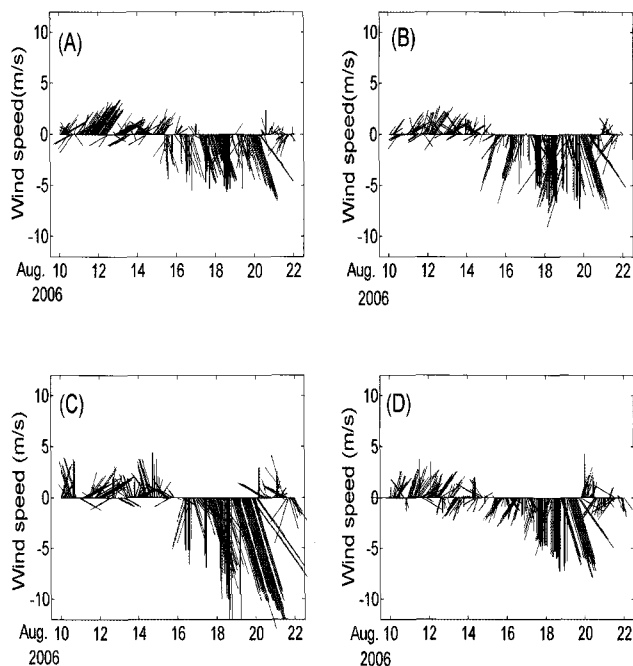


Fig. 4. Wind data of Gangneung(A), Donghae(B), Uljin(C) and Pohang(D) during the occurrence period of typhoon, Wukong, passed the East Sea.

이러한 동해 연안의 강하고 지속적인 북풍은 에크만 효과로 인한 표면수의 침강을 유발시켰다. 그 결과 양양연안(Fig. 2(A))에서는 8월 16일에서 21일까지 표층에서는 22.4~25.3 °C로 다소 낮았으나, 수심 15m층에서는 8월 16일 12.4 °C에서 불과 1시간 만에 25.0 °C로 급격하게 상승하였다가 이후 약 5일간 수온의 상승과 하강을 반복하였다. 그리고 수심 30m층에서는 8월 19일 11.2 °C에서 22.8 °C로 급상승하여 하강과 상승을 반복하다가 다음날 정상수온을 되찾았다.

강릉연안(Fig. 2(B))의 수온 변화는 양양연안의 수온 변화와 비슷한 경향을 보였다. 그러나 수심 15m의 수온이 8월 16일 상승 후 23일까지 7일간 지속되었고, 25m 수온도 상승기간이 5일로 양양연안 보다 수온 변동이 크게 나타났다. 그리고 삼척연안(Fig. 2(C))에서는 25m에서의 수온 상승 기간이 8월 17일 상승 후 22일까지 지속되었다. 강원연안에서의 수온변화폭이 남쪽으로 갈수록 크게 나타난 것은 바람의 세기가 울진연안에서 가장 세게 나타났기 때문으로 보인다. 또한 포항지방 해양수산청이 어장관리를 위하여 실시한 수온관측 자료(Fig. 5)는 태풍이 오기 전까지는 수심 10m의 수온은 14 °C 이하였으나, 태풍이 지나간 8월 21일에는 수심 30m의 수온이 23.1 °C로 표층과 비슷한 수온을 보였다. 또한 울산지방해양수산청이 어장관리를 위하여 실시한 수온관측 자료에서도 8월 21일에는 20m 수심의 수온이 23.5 °C로 표층과 비슷한 수온을 보였다.

이와 같이 태풍 우렁이 지나간 직후에 포항과 울산연안의 수심 20~30m층의 수온이 표층수온과 비슷하게 상승한 것으로 미루어, 태풍의 영향을 받을 당시에는 경북 연안에서는 강원연안과 같이 높은 수온의 표층수가 침강함으로써 어장에 매달린 우렁행이는 고수온의 영향을 받았을 것으로 추정된다. 또한 태풍의 영향을 받고 있을 때 포항지방의 시간당 평균 풍속이 7.8m/sec.으로 강릉과 동해지방에서의 각각의 평균 풍속 각각 6.7m/sec., 9.1m/sec.와 비교하였을 때 중간 정도의 풍속을 보였으며, 지속기간도 6일 정도로 비슷한 기간임을 감안할 때, 태풍의 영향권에 있을 당시 우렁행이가 고수온의 영향을 받은 기간은 강릉과 삼척과 비슷한 5~6일 정도로 추정할 수 있다.

#### 4. 결론

8월 16일 제 10호 태풍 「우렁」 이전은 표층수온이 20 °C내외, 10~20m층은 14 °C내외로 표·저층 간에는 동해 고유 냉수대 영향으로 뚜렷한 수온약층과 전반적으로 저수온상을 보였으나 제 10호 태풍 「우렁」 발생 후 약 5일간 지속된 북풍계열의 강풍으로 인해 “에크만 효과”가 나타나면서 수온이 높은 외층의 표층수가 연안으로 밀려들어왔다. 결과 태풍 이전 동해 대부분의 연안에서는 냉수대가 발달하였다가 태풍 이후 표·저층 간 수온차가 없이 단시간에 저층 수온이 24 °C 이상으로 급상승하였다. 따라서 태풍 이전 냉수대에 적용된 우렁행이가 10 °C 이상의 급격한 수온상승에 따른 스트레스로 인하여 생리대사의 장애가 유발되어 대량폐사가 발생한 것으로 추정된다.

#### 참고 문헌

- [1] 국립수산진흥원(2001), 한국해양편람, 제4판, pp. 59-62.
- [2] 국립수산과학원(2006), 2006년 한국근해 해양정보, pp. 91-132.
- [3] 국립수산과학원(2007a) 해양수산속보, <http://www.nfrdi.re.kr>.
- [4] 국립수산과학원(2007b), 2006년 한국해양환경조사 연보, pp. 332-342..
- [5] 기상청(2006), <http://www.kma.go.kr/intro.html>.
- [6] 김상우, 야마다게이코, 장이현, 홍철훈, 고우진, 서영상, 이주, 이규형(2007), 위성영상에서 관측한 태풍 Nabi 통과시의 한반도 동부해역 수온의 단기변동, 한국수산학회지, 제40권 2호, pp. 102-107.
- [7] 서영상, 김동순, 김복기, 이동인, 김영섭, 김일곤(2002), 태풍 통과에 따른 한국 연근해 수온 변동, 한국환경과학회지, 제11권 7호, pp. 627-636.
- [8] 승영호(1974), 8월의 한국동안에서의 수온분포에 관한 역학적 고찰, 한국해양학회지, 제9권 1호, pp. 52-58.
- [9] 이홍제, 신창용, 승영호(1992), 동해 죽변 연안해역에서 조석주기의 내부수온변동, 한국해양학회지, 제27권 3호,

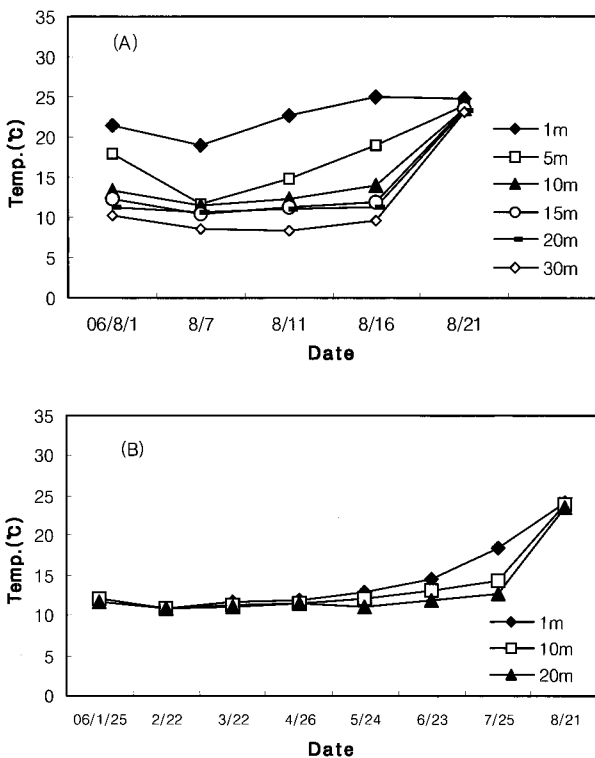


Fig. 5. Water temperature of the coast of Guryongpo(A) on August, 2006 and Ulsan(B) in 2006.

pp. 228-236.

- [10] 임두병, 장선덕(1969), On the cold water mass in the Korea Strait, 한국해양학회지, 제4권 2호, pp. 71-82.
- [11] 해양수산부(2007), <http://fs.fips.go.kr/index.jsp>.
- [12] 홍정표, 김영섭, 허성범(2000), 온도자극 및 수용밀도에 따른 우렁쟁이 폐사, 한국양식학회지, 제13권 4호, pp. 285-293.
- [13] Chang D.S., S.K. Chun, S.C. Cheong and H.L. Seo, (1982), A study on mortality of sea squirt, *Halocynthia roretzi* . Bull. fish. Res. Dev. Agency, 제47권, pp. 7-40 (in Korean).
- [14] 菊池要三郎(1976), マホヤの高温耐性, 養殖, 제13권 4호, pp. 98-99.

---

원고접수일 : 2007 년 12월 01일

원고채택일 : 2007 년 12월 20일