



저작자표시 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#) 

碩士學位論文

Hebei spirit 사고 2년 후, 유류유출
지역에 서식하는 개울타리고둥
(*Monodonta labio confusa*)의
생리와 번식에 관한 연구

濟州大學校 大學院

海洋生命科學科

朴 아 름 이

2013年 2月

Hebei spirit 사고 2년 후, 유류유출

지역에 서식하는 개울타리고둥

(*Monodonta labio confusa*)의

생리와 번식에 관한 연구

指導教授 崔光植

朴아름이

이 論文을 理學 碩士學位 論文으로 提出함

2013年 2月

朴아름이의 理學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長

백상훈

委員

김성민

委員

최광석

濟州大學校 大學院

2013年 2月



PHYSIOLOGICAL AND REPRODUCTIVE STUDY OF
TOOTHED TOP SHELL (*MONODONTA LABIO
CONFUSA*), TWO YEARS AFTER THE *HEBEI SPIRIT* OIL
SPILL AT TAEAN, OFF THE WEST COAST OF KOREA.

Areumi Park

(Advised by Professor Kwang-Sik Choi)

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement for
the degree of Master of Science

Department of Marine Life Science

GRADUATE SCHOOL

JEJU NATIONAL UNIVERSITY

February 2013

목 차

List of Figure

List of Table

	Page
Abstract	1
I. 서론	3
II. 재료 및 방법	7
1. 시료 채집	7
2. 수온	7
3. 비만도 (Condition index, CI)	7
4. 생식소 발달 단계.....	8
5. 소화맹낭위축도 (Digestive Gland Atrophy, DGA).....	8
6. 생식소 단면적 지수 (Percent Gonad Area, PGA).....	9
7. 통계분석	9
III. 결과	13
1. 수온	13
2. 실험에 사용된 개울타리고둥.....	13
3. CI.....	14

4. 생식소 발달 단계.....	14
5. 연중 번식 주기.....	16
6. DGA.....	17
7. PGA.....	18
IV. 고찰.....	28
1. 두 지역간의 개울타리고동의 크기	28
2. Condition Index (건강도)	29
3. 생식소 발달 단계	30
4. DGA	32
V. 요약	34
VI. 참고문헌	35
감사의 글	

List of Figure

Fig. 1. Location of the sampling sites on the west coast of Korea.....	10
Fig. 2. Shell Height (SH) and Shell Length (SL) of <i>Monodonta labio confusa</i> ..	11
Fig. 3. External feature of <i>Monodonta labio confusa</i> removed from the shell (A), Cross section of kidney and gonad (B).	12
Fig. 4. Monthly variation in water temperature at the sampling sites from April 2010 to April 2011.	20
Fig. 5. Monthly changes in the Condition Index (CI) of <i>Monodonta labio confusa</i> collected from Guryepo and Jonghyun.	21
Fig. 6. Photomicrographs of the ovary development. (A) Resting stage; (B) Early development stage; Oocyte (Oc), Oogonium (Og) (C) Late development stage; Follicular wall (Fw), Nucleus (N), Nucleolus (No), Vitellogenic oocytes (Vo) (D) Ripe stage; Mature oocyte (Mo) (E) Spawning stage; Lumen (Lu) (F) Spent stage.....	22
Fig. 7. Photomicrographs of the testis development. (A) Resting stage; (B) Early development stage; Spermatogonia (Sg) (C) Late development stage; Spermatocyte (Sc) (D) Ripe stage; Spermatozoa (Sz) (E) Spawning stage; Lumen (Lu) (F) Spent stage.	23
Fig. 8. Percentage of gonad development stage of the female collected from Jonghyun (A) and Guryepo (B).....	24

Fig. 9. Percentage of gonad development stage of the male collected from Jonghyun (A) and Guryepo (B).	25
Fig. 10. Monthly variation of the Digestive Gland Atrophy (DGA) (T-test, $P < 0.05$). The vertical line shows the standard error.	26
Fig. 11. Monthly mean and the standard error (vertical line) of the Percent Gonad Area. Statistically significant difference are marked by the star (T-test, $P < 0.05$).	27

List of Table

Table 1. Number (N), Shell Weight (SH, mm), Shell Length (SL, mm), and Tissue Wet Weight (TWT, g) of <i>M. labio confusa</i> collected from the oil spilled site and the control site from April, 2010 to April, 2011. Each value represents the mean and the standard deviation (SD).	19
--	----

Abstract

In an attempt to understand effects of the *Hebei spirit* oil spill on benthic invertebrate animals 2 years after the accident, the annual reproductive cycle of the toothed top shell, *Monodonta labio confusa* (Tapparone-Canefri, 1874) occurring at a rocky intertidal in Taean oil spill site was investigated using histology. For histological analysis, the top shells at the oil spill site were collected monthly from April 2010 to April 2011. As a control, the annual reproductive cycle of the same population distributed in Incheon bay was also collected and analyzed monthly. Size of the toothed top shells in terms of shell height from the oil spill site was significantly smaller ($p < 0.05$) than the top shells at the control site. It was believed that the top shell collected from the spill site was 1-2 years old, possibly recruited in 2009 summer or fall. Monthly means of the condition index of top shell at the control site were significantly higher ($p < 0.05$) than the oil spill area. Histology revealed that the female at the control site initiated gametogenesis in February, which was a month earlier than the spill site. At the control site, the top shell was ripe and ready for spawning in July and first spawning females observed in August. In contrast, sexual maturation and subsequent spawning of the toothed top shell at the oil spill area occurred in July and September respectively. The percent gonad area (PGA) of the top shell at the control site in Incheon bay peaked in June and the PGA declined linearly from June to August, suggesting that the spawning occurred during June and August. The PGA at the control site increased from August to September then declined from September to October, suggesting a second spawning pulse at the control site. In contrast, PGA of the top shell at the spill site peaked in July and it declined gradually from July to October, indicating that the top shell spawned

from July to October. The student t-test indicated that PGA of the top shell at the control site during spawning peak was significantly higher than PGA measured from the oil spill site ($p < 0.05$), suggesting that the top shell at the control site produced more eggs compared to the quantity of egg produced from the top shell at the spill site. The observed slow gonad maturation and spawning at the oil spill area 2 years after the accident was in part, explained by the lower water temperature at the spilled area since the surface water temperature at the spill site during the spring and the early summer was 3-4 degree lower than the control site. It was also believed that the difference in the gonad maturation and spawning observed between the control and the oil spill sites was due to the age of the top shell, since the toothed top shell collected from the oil spill area was believed to be 2-3 years younger than the top shells at the control site.

I. 서론

사고로 인한 기름누출은 일차적으로 누출된 지역 해양생물의 대량폐사를 유발하며, 시간이 흐름에 따라 장기적인 영향으로 면역력 및 번식력 저하 등을 유발하는 것으로 알려지고 있다. 제 등. (1991)의 실험에 의하면 원유에 인위적으로 노출된 조간대 복족류는 96시간 이내에 모두가 폐사 하였다. Ludovic et al. (2010)은 유류에 노출된 참굴 (*Crassostrea gigas*)의 면역능력을 대조구 참굴과 비교한 결과, 유류에 노출되지 않은 대조구 참굴에 비해 혈구의 식세포능력과 혈구세포인 granulocytes 개체수가 감소함을 보고하였다. Peteiro et al. (2006)의 연구에 의하면 유류에 노출된 지 1년이 지난 후, 지중해담치 (*Mytilus galloprovincialis*)는 성장률과 비만도가 대조구 지역의 담치와 비교 시, 낮았다고 보고하였다. 또한, 이 등. (2010)에 의하면, Hebei spirit 유류 유출사고 지역에 서식하는 참굴 (*Crassostrea gigas*)은 유류에 노출되지 않은 지역의 참굴에 비해 번식량은 저하되고, 산란시기가 늦어짐을 보고한 바 있다.

2007년 12월 7일 충청남도 태안군 원북면 신도 남서방 6마일 해상에서 크레인 을 운반하던 예인선과 투묘 중이던 원유운반선 Hebei spirit (허베이스피리트호)와 충돌하여 아랍에미레이트, 쿠웨이트, 이란산 원유 12,547 kL가 해상에 유출되었다. 유출된 원유는 겨울철 강한 북서풍의 영향으로 원유는 충청남도를 비롯하여 전라도해안 및 도서지역까지 이동되었다 (ITOPE. 2008; 국토해양부 2008). 이 사고로 인하여, 태안 연안의 패류 (굴, 전복) 및 해조류 양식장의 양식생물 대부분이 폐사하였다 (농림수산식품부 2010). 또한 유류오염에 의한 폐사로 인하여, 태안 지역의 조간대 및 조

하대에 분포하던 해양생물의 종 다양도 및 밀도가 심각하게 낮아졌다 (국토해양부 2008, 2009). 그러나 사고 직후에 실시된 기름제거 작업으로 인하여 2009년 이후부터 저서생물의 회복이 관찰되기 시작하였는데, 2009년부터 2010년까지 태안 유류오염지역에서 관찰된 대형저서동물은 204종, 평균서식밀도 9,075개체/m² 로, 이는 2008년 태안연안에서 관찰된 대형저서동물 111종, 6,858개체/m² 와 매우 대조적이었다. 특히 유류 노출 사고는 태안연안의 조간대에 서식하던 대부분의 초식성 복족류의 대량 폐사를 유발하였으나, 2009년부터 이들 복족류의 출현 및 서식밀도가 서서히 증가함이 관찰되었다. 이에 따라 2009년 태안연안의 조간대에서 관측된 복족류는 대부분 크기가 작은 0세의 새로운 연령군이 가입된 것으로 추정되었다 (국토해양부 2008, 2009).

이매패류와 복족류의 건강도 평가는 비만도 (Condition Index, CI)조사, 소화맹낭 위축도 (Digestive Gland Atrophy, DGA)조사 등을 통해 평가되고 있다. 비만도 지수는 패각 무게와 육중량의 비를 표시한 것으로 계절에 따라 비만도가 변화하며, 이 변화는 산란활동 및 질병 등과 밀접한 관계를 갖고 있다. 양 등. (2006)은 천수만에 분포하는 새조개 (*Fulvia mutica*)의 연중 번식주기를 조사한 결과, 생식소가 발달하면서 비만도 역시 증가하며, 산란과 동시에 비만도는 줄어든다고 보고하였다. 소화맹낭 위축도는 이매패류와 복족류의 영양상태를 잘 반영하며, 영양상태가 좋을 경우, 소화선 (digestive gland)의 내부가 충만하게 되며, 반대로 기아 상태가 진행되면 소화선의 내부는 빈 상태로 확장된다. 소화선의 관찰은 조직학적 방법으로 가능하며, 강 등은 (2010) 가막만에서 양식되는 참굴의 연중 소화맹낭 위축도를 연구한 결과, 소화맹낭의 계절적 위축 정도가 chlorophyll-a의 계절적 패턴과 밀접한 관계가 있음을 보고하

였다. 가막만 참굴의 경우, 봄철 플랑크톤 대량 증식기에 참굴의 소화맹낭위축도 지수는 낮아져 참굴의 먹이 섭식이 좋은 반면, 먹이 생물 (식물플랑크톤)이 풍부하지 않은 계절에는 소화맹낭 위축도가 증가하였다.

생식소 발달단계에 따른 생식주기의 연구는 이매패류와 복족류의 연령사정 및 가입시기의 추정을 위해 필수적이다 (정 등. 2005). 또한, 생식소 발달단계의 판정은 생식소의 조직학적 관찰에 의해 생식세포의 크기 및 형태적 특징을 토대로 분석하며, 대체로 5단계 (초기활성기, 후기활성기, 완숙기, 부분산란기, 퇴화 및 비활성기)로 구분한다 (정 등. 2008). 원시복족목에 속하는 패류의 연중 생식주기는 생식소 단면적 측정을 통해 정량적인 분석이 수행되었다. 이 (1980)는 울산 연안에 분포하는 소라의 연중 생식주기를 규명함에 있어 연중 생식소 단면적의 변화를 추적하여 산란시기를 추정한 바 있으며, Matoto et al. (2002) 역시 일본 동경만에 서식하는 소라의 연중 생식주기를 규명함에 있어 생식소 단면적 측정 방법을 활용하였다. 이러한 방법은 중복족목에 속하는 복족류에도 활용되어, 양 등. (2010)은 제주항내에 서식하는 대수리 (*Thais clavigera*)의 생식소 단면적 측정으로 이들의 번식 주기를 규명한 바 있다.

해산 복족류는 해양환경변화에 따른 건강도를 측정할 수 있는 모니터링 종으로서 높은 가치를 지니고 있다. 또한, 정착 및 고착생활을 하여 쉽게 채집이 가능하며, 활동범위가 제한적여서 환경 오염원등의 영향을 나타내는 생물지표종으로 많이 사용되고있다 (Storelli et al. 2005). 개울타리고둥 (*Monodonta labio confusa*)은 우리나라 전 해역의 조간대 암반에 분포하는 조식성 복족류로서 원시복족목 (Archaeogastropoda), 밤고둥과 (Trochidae)에 속하며 외형적으로는 울타리고둥 (*Monodonta labio*)과 흡사하다. 개울타리고둥은 울타리고둥보다 각정 (殼頂)이 높고

뾰족한 나선형태를 띄며, 외순 (外脣)이 두껍고, 패각 (貝殼)은 짙은 갈색과 분홍색과
립을 띤다 (NARIS). 또한, 개울타리고둥은 일본 홋카이도부터 큐슈 지역까지 분포한
며 (Takashi. 2000), 제주도를 포함한 우리나라 전역의 암반조간대에 서식한다 (민.
2004). 특히 개울타리고둥은 Hebei spirit에 의한 유류오염이 일어난 태안 연안의 조
간대 암반지역에 널리 분포하고 있다.

이 연구는 *Hebei spirit* 유류유출 사고 2년 후, 유류에 노출되어 해양생물의 대량
폐사가 발생한 충남 태안군 구례포 지역에 서식하는 개울타리고둥과 유류유출로 인
한 피해를 입지 않은 인천시 종현동에 서식하는 개울타리고둥을 대조구로 설정하여
이들의 비만도, 생식소 발달단계, 생식소 단면적, 및 소화맹낭 위축도를 비교함으로
써, 유류오염이 개울타리고둥의 번식 및 생리에 미치는 영향을 이해 하고자 수행되
었다.

II. 재료 및 방법

1. 시료채집

개울타리고둥 (*Monodonta labio confusa*)은 허베이스피리트 유류오염지역인 태안 구례포 (36°53'N, 126°11'E)와 대조구로 58 km떨어진 인천 종현 (37°13'N, 126°34'E, Fig. 1)에서 2010년 4월부터 2011년 4월까지 매월 채집되었다. 개울타리고둥은 두 지역 모두 암반 조간대 하부에 널리 분포하고 있었다.

채집된 시료는 실험실로 옮겨져 지역별로 크기가 비슷한 20-30개체를 선별하여, 각장 (Shell Length, SL)과 각고 (Shell Height, SH)를 측정하였다. 고둥의 비만도 (Condition Index, CI)를 산출하기 위해 개각 전의 전중량 (Total Weight, TWT)과 개각 후의 육중량 (Total Wet Weight, TWWT)를 측정하고, 조직학적 방법에 의한 소화맹낭 위축도와 생식소 발달 단계 관찰을 위한 분석에 이용하였다.

2. 수온

채집 지역의 수온 자료는 국립해양조사원의 관측월보자료를 인용하였다 (<http://www.khoa.go.kr>). 수온은 채집 지역에 가장 근접한 지역을 선택하여 태안 구례포는 대산 (37°00'N, 126°21'E), 인천 종현 지역은 인천 (37°29'N, 126°35'E)의 자료를 이용하였다.

3. 비만도 (Condition Index, CI)

개울타리고둥의 비만도는 패각무게에 대한 육중량의 비로 계산하였다. 패각무게는

개각 전 TWT에서 개각 후 TWWT을 감산한 값을 사용하였다.

$$\text{비만도} = \text{육중량(g)} / \text{패각무게(g)}$$

4. 생식소 발달 단계

개울타리고둥의 생식소 발달 단계와 소화맹낭 위축도를 관찰하기 위해, 개각된 고둥의 신장 (kidney)과 위 (stomach) 사이의 중간부에서 생식소와 소화맹낭이 포함 되도록 조직을 수직 절단하였다 (이, 1980, Fig. 2A). 절단된 조직은 Davidson's solution에 24시간 고정하고, 다음날 70% 에탄올로 치환하였다. 알코올로 치환된 조직은 에탄올로 탈수한 후, 파라핀으로 포매하였다. 마이크로톰을 이용하여 6 μm 두께로 조직을 절편하고, Hematoxylin & Eosin Y (H&E)로 염색하였다.

염색된 시료는 광학현미경에서 암, 수를 구분하여 이 등. (1999)의 방법에 따라 초기 발달기 (early development stage), 후기 발달기 (late development stage), 성숙기 (ripe stage), 산란기 (spawning stage), 산란후기 (spent stage), 휴지기 (resting stage)의 총 6단계의 생식소 발달단계를 구분하였다.

5. 소화맹낭위축도 (Digestive Gland Atrophy, DGA)

DGA는 개울타리고둥의 먹이 섭이에 따른 영양상태를 나타내는 지수로 생식소 발달 단계에 이용한 조직학적 시료를 DGA 평가에 이용하였다. 강 등. (2010)의 연구를 참고하여 위축정도를 0-4단계, 총 5단계로 나누었으며, 영양상태가 가장 좋은 0단계에서 가장 좋지 않은 4단계로 구분하였다. 두 지역에서 채집된 개울타리고둥의 영양상태 평가를 위하여, 각 지역별로 월별 DGA 평균을 산출하였다.

6. 생식소 단면적 지수 (Percent Gonad Area, PGA)

연중 생식소 발달에 따른 생식소 단면적 변화를 정량화하기 위해 PGA를 다음과 같이 산출하였다. 양 등. (2010)의 방법에 따라, H&E 염색된 모든 개울타리고둥 (암컷과 수컷) 조직 슬라이드를 스캐너로 scanning하여 전체 단면적 내에 분포하는 생식소 단면적을 Image J program을 이용하여 산출하였다 (Fig. 2B). 측정된 전체 단면적과 생식소 단면적 비는 PGA 지수로 표현하였다.

$$\text{생식소 단면적 지수} = [(\text{생식소단면적}(\text{mm}^2) / \text{전체단면적}(\text{mm}^2))] \times 100$$

7. 통계분석

개울타리고둥의 비만도, 소화맹낭위축도, 생식소 단면적 지수의 지역간 차이는 t-test를 실시하여, 통계적 유의성을 검증하였다.

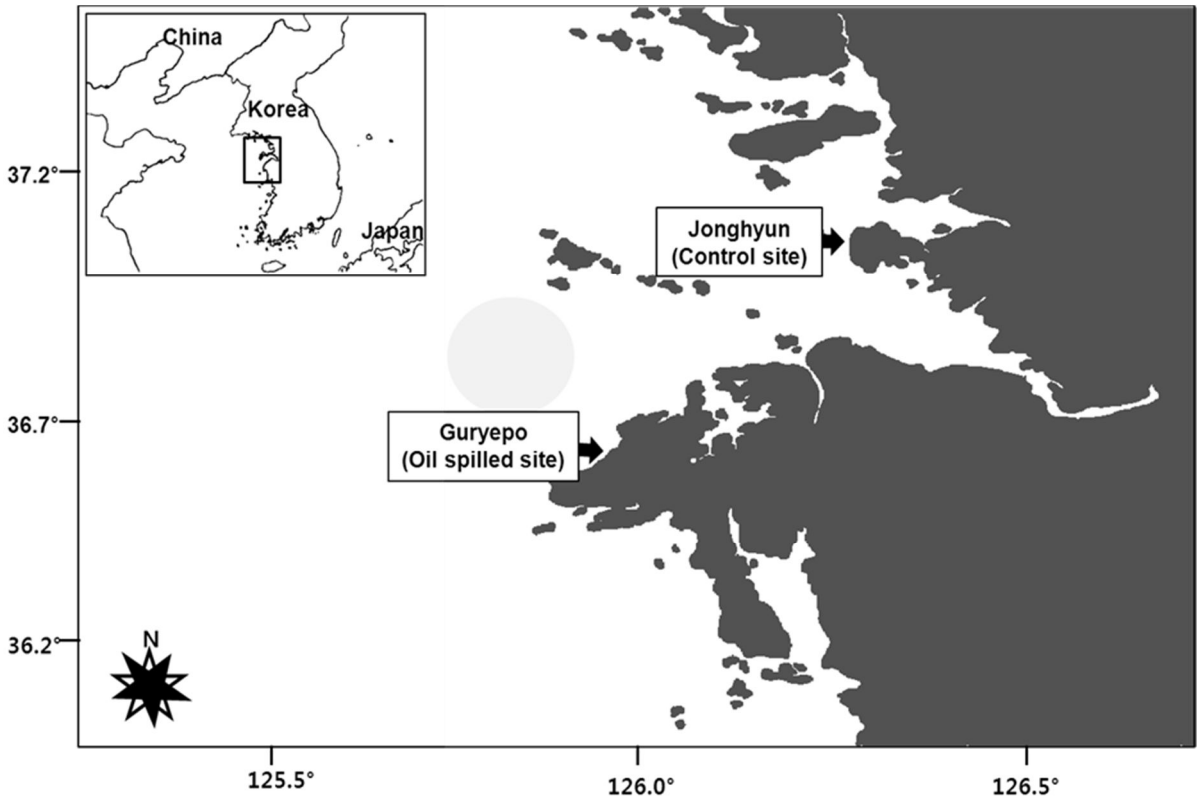


Fig. 1. Location of the sampling sites on the west coast of Korea.

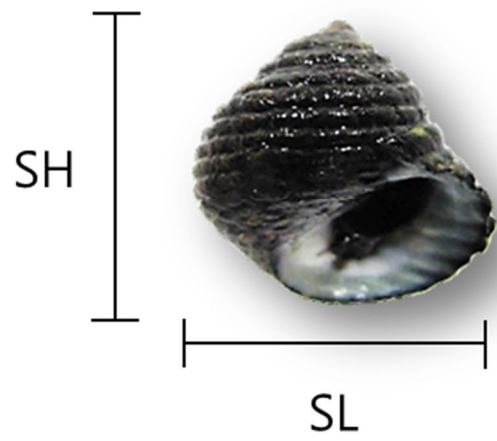
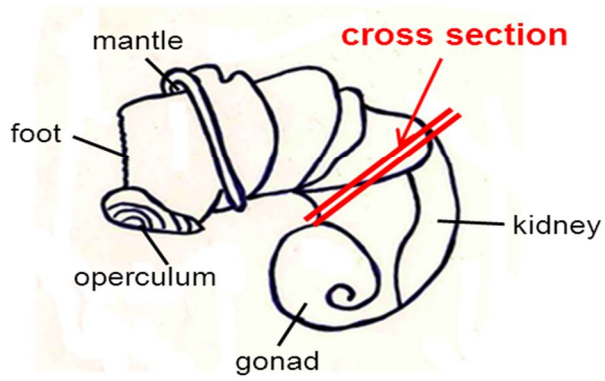


Fig. 2. Shell Height (SH) and Shell Length (SL) of *Monodonta labio cofusa*.

A



B

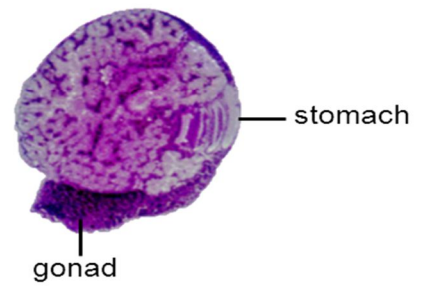


Fig. 3. External feature of *Monodonta labio confusa* removed from the shell (A), Cross section of kidney and gonad (B).

Ⅲ. 결과

1. 수온

연구기간 동안 수온의 변화는 Fig. 4과 같다. 2010년 4월부터 2011년 4월까지 종현 지역은 0.7-25.7°C, 구례포 지역 수온은 2.1-23.8°C의 수온 범위를 보였다. 두 지역 모두 봄철부터 여름철까지 수온이 서서히 증가하였고, 여름철인 8월에 인천 지역이 25.7°C, 태안 지역은 9월에 23.8°C의 최고 수온을 기록하였다. 이후, 수온은 가을철부터 겨울철까지 점차적으로 감소하는 경향을 보였으며, 종현은 1월 0.7°C, 구례포는 2.1°C로 최저 수온을 나타냈다. 4월부터 8월까지 종현 지역의 수온은 구례포 지역보다 평균 3.6°C 높았으며, 10월부터는 종현 지역의 수온이 구례포 지역보다 평균 1.6°C 낮았다.

2. 실험에 사용된 개울타리고둥

연구기간 동안 분석에 사용된 개울타리고둥의 개체수는 구례포가 총 380개체, 종현이 총 370개체였다. 구례포의 개울타리고둥의 SH, SL과 TWT는 각각 10.5-17.9 mm, 14.7-20.1 mm, 1.36-3.37 g의 범위를 나타냈으며, 평균 SH 15.5 mm, 평균 SL 16.2 mm, 평균 TWT는 1.90 g이다. 종현의 개울타리고둥의 SH, SL과 TWT는 12.6-21.4 mm, 16.8-20.2 mm, 2.15-3.07 g의 범위를 나타냈으며, 평균 SH, SL, TWT는 각각 19.2 mm, 18.8 mm, 2.79 g이었다 (Table 1).

채집시 두 지역 모두 최대한 크기가 큰 개체들을 수집하였으나, 구례포에 서식하는 개울타리고둥의 평균 크기가 종현의 개울타리고둥보다 작았다 ($P < 0.05$). 이번 연구에 사용된 개울타리고둥의 평균 각고와 평균 각장의 크기를 Iijima et al. (2010)의 보고와 비교시, 구례포 개울타리고둥은 2년생, 종현 개울타리고둥은 3년생 이상으로 추정되었다.

3. CI

구례포와 종현 지역의 개울타리고둥의 CI를 산출하여 연중 변화를 Fig. 5에 나타내었다. 구례포의 개울타리고둥의 CI는 6월에 0.420으로 가장 높았으며, 7월부터 10월까지 점차적으로 감소하였다. 반면, 종현 개울타리고둥 CI는 4월부터 증가하기 시작하여 6월에 0.534로 가장 높았고, 7월에 급속히 감소된 CI는 점차적으로 증가하여 9월에 0.491로 두 번째로 높았다. 구례포 개울타리고둥의 연 평균 CI는 0.303이었으나, 대조구인 종현에서 채집된 개울타리고둥의 연평균 CI는 0.410으로, 두 지역간의 연 평균 CI는 통계적으로 유의하였으며, 구례포 개울타리고둥 CI가 종현 개울타리고둥 CI보다 유의적으로 낮았다 ($p < 0.05$).

4. 생식소 발달단계

조직학적 관찰시, 개울타리고둥의 생식소 (gonad)는 위 (stomach)의 외부 가장자리에 위치하고 있으며, 내장부 전체에 걸쳐 관찰하였다 (Fig. 2B).

개울타리고둥은 암컷과 수컷으로 나누어 생식소 발달 단계를 관찰하여 Fig. 6와 7에 나타내었다. 휴지기 (resting stage)의 개울타리고둥의 생식소는 여포 (follicle)가 완전히 비어있으며, 여포벽 (follicular wall)도 매우 얇아진 상태이다. 여포세포 사이의 연결조직은 매우 느슨하며, 여포내 정원세포 (spermatogonia) 또는 난원세포 (oogonia)가 관찰되지 않아, 성을 구별할 수 없다 (Fig. 6F & 7F). 초기 발달기 (early development)의 난소는 여포가 발달, 성장함에 따라 그 영역이 커지게 된다. 여포벽을 따라 매달린 형태로 성장중인 난원세포 (oogonia)가 관찰된다 (Fig. 6A). 후기 발달기 (late development)의 난소는 여러 개의 발달중인 난모세포를 갖는 여포세포로 가득 차 있으며, 난모세포 (oocyte)가 성장함에 따라 여포벽은 얇아진다. 이 시기에 성장중인 난모세포의 세포질에서는 인 (nucleolus)이 뚜렷히 관찰된다. 성장한 난모세포는 여포 내강 (follicular lumen)의 중앙에 위치하며, 난모세포의 중앙에 핵 (nucleus)이 관찰된다 (Fig. 6B). Fig. 6C와 같이, 성숙기 (Ripe stage)에는 일부 발달중인 난모세포가 관찰되기는 하지만, 대부분이 크기 97.7-147.8 μm 의 완숙난 (mature egg)이 여포를 가득 채우고 있다. 완숙난의 세포질내에는 거대한 핵 (nucleus)이 뚜렷하게 구분된다. 산란기 (spawning stage)의 난소는 배우자의 방출에 의해 여포의 형태를 잃어버려 여포내 빈 공간 (lumen)이 생성된다 (Fig. 6D). 산란후기 (spent stage)의 난소는 퇴화된 난모세포들이 관찰된다 (Fig. 6E).

초기 발달기 (early development)의 개울타리고둥의 정소는 여포 (follicle)의 크기와 수가 증가하고, 정원세포 (spermatogonia)의 발달이 여포벽에서 여포 중심부로 시작된다 (Fig. 7A). 후기 발달기 (late development)의 정소는 여포내 고밀도의 정모세포 (spermatocyte)와 정세포 (spermatid)가 분포한다 (Fig. 7B). 성숙기 (ripe stage)

의 정소 여포에는 고밀도로 밀집된 성숙한 정자 (spermatozoa)가 가득 채워져 있다. 뚜렷한 둥근-머리형의 정자가 여포에서 관찰되며, 꼬리부는 여포의 중심부를 향해 있다 (Fig. 7C). 산란기 (spawning stage)의 정소는 정자의 방정으로 여포내 빈 공간 (lumen)이 생겨난다 (Fig. 7D). Fig. 7E와 같이, 산란후기 (spent stage)의 정소는 방란 되지 않은 정자가 점차 퇴화되었다.

5. 연중 번식주기

구례포와 종현 지역에 서식하는 개울타리고둥의 연중 번식주기를 분석한 결과는 Figs. 8 & 9와 같다. 구례포에 서식하는 암컷 개울타리고둥의 생식소내 초기 발달은 수온이 3.3°C인 3월에 gametogenesis가 일어난 반면 (Fig. 8B), 수컷 개울타리고둥은 수온이 6.4°C 이상인 4월에 gametogenesis가 일어났다 (Fig. 9B). 암컷 개울타리고둥은 수온 23.8°C인 9월에 산란이 일어난 주된 산란이 일어난 것으로 추정되며, 반면, 수컷 개울타리고둥은 22.6°C인 8월에 산란을 시작하여, 9월까지 지속된 것으로 사료되었다. 산란후기의 암컷 개울타리고둥은 10월부터 3월까지 관찰되었으며, 1월과 11월에 모든 개체가 산란후기였다. 수컷 개울타리고둥의 산란후기는 9월에 시작되어, 1월까지 관찰되었다. 휴지기는 암컷 개울타리고둥이 7월-9월, 1월, 3월과 11월, 수컷 개울타리고둥은 7월-9월을 제외하고, 연중 관찰되었다.

대조구인 경기도 종현동에서 채집된 암컷 개울타리고둥의 초기 발달은 수온 0.9°C인 2월경에 시작된 것으로 추정되며 (Fig. 8A), 수컷 개울타리고둥은 수온 8.1°C인 4월에 gametogenesis가 일어난 것으로 사료되었다 (Fig. 9A). 종현동 개울타리고둥은

6월에 암, 수 모두 성숙한 난과 정자를 갖는 개체가 출현하기 시작하여, 암컷 개울타리고둥은 최고 수온 25.7°C을 기록한 8월에 산란을 시작하여, 10월까지 지속된 반면, 수컷 개울타리고둥은 22.8°C인 7월에 시작되어, 10월까지 계속되었다. 산란후기의 암컷 개울타리고둥은 10월부터 2월까지 관찰되며, 11월에 모든 개체가 산란후기였다. 수컷 개울타리고둥의 산란후기는 10월부터 12월까지 관찰되었다. 휴지기는 암컷 개체가 5월-9월과 11월, 수컷 개체가 5월-9월을 제외하고 연중 관찰되었다.

두 지역 모두 개울타리고둥의 생식소 발달은 암, 수가 동시에 일어나지 않았으며, 암컷 개체의 gametogenesis가 수컷 개체보다 먼저 일어나며, 산란활동은 수컷 개체가 암컷 개체보다 먼저 시작한 것으로 사료되었다. 조직시료 검사 결과, 종현동 지역에 서식하는 개울타리고둥은 구례포 지역에 서식하는 개울타리고둥보다 약 한달 먼저 성숙과 산란이 이루어진 것으로 사료되었다.

6. DGA

종현 개울타리고둥은 4월에 월평균 1.1로 DGA 지수가 가장 높았으며, 구례포 개울타리고둥은 8월에 월평균 1.1로 DGA 지수가 가장 높게 관찰되었다. DGA의 계절별 변화는 종현 개울타리고둥은 여름철에 평균 0.38로 가장 낮았으며, 겨울철 평균 1.02로 DGA지수가 가장 높았다. 반면, 구례포 개울타리고둥은 가을철 0.22로 가장 낮았으며, 봄철에 0.94로 가장 높게 관찰되었다. 구례포 개울타리고둥의 연평균 DGA 범위는 0.59 ± 0.4 , 종현 개울타리고둥은 0.73 ± 0.4 이었다. 두 지역 모두 연 평균 DGA는 2 이하로 관찰되었으며, 전반적으로 두 지역에서 채집된 개울타리고둥은 영양생

태가 상대적으로 양호한 것으로 판정되었다 (Fig. 10).

7. PGA

월 별 개울타리고둥의 PGA 변화는 Fig. 11와 같다. 대조구인 종현동에 분포하는 개울타리고둥의 PGA는 6월에 5%에서 36%로 면적 지수가 급격히 증가하였으며, 7월에 31%, 8월에 17%로 감소하였다. 그러나 종현동 개울타리고둥의 PGA는 9월에 25%로 다시 증가하였으며, 이를 통해 종현 지역에 서식하는 개울타리고둥은 산란 기간 중, 2회 산란한 것으로 추정되었다.

유류오염에 노출된 구례포에 분포하는 개울타리고둥의 PGA 는 6-7 월에 5%-23%로 증가하였으며, 8 월 PGA 는 12%로 감소하였다. 그러나 대조구인 종현동과 달리 9 월중 PGA 의 증가는 관찰되지 않아, 구례포 개울타리고둥은 산란 기간 중 1 회 산란한 것으로 사료되었다. 두 지역간의 월평균 PGA 를 비교한 결과, 구례포의 개울타리고둥 PGA 가 종현의 개울타리고둥 PGA 보다 유의적으로 낮았다 ($p < 0.05$). 개울타리고둥의 월간 PGA 변화는 생식소 발달단계와 밀접한 관계를 보였으며, 산란 직전에 최대치를 보인 반면 산란이 완료된 10-11 월부터 최저치를 보였다.

Table 1. Number (N), shell weight (SH, mm), shell length (SL, mm), and tissue wet weight (TWT, g) of *M. labio confuse* collected from the oil spilled site and the control site from April, 2010 to April, 2011. Each value represents the mean and the standard deviation (SD).

Period	Guryepo (oil spilled site)				Jonghyun (control site)			
	N	SH(mean±SD)	SL(mean±SD)	TWT(mean±SD)	N	SH(mean±SD)	SL(mean±SD)	TWT(mean±SD)
2010								
Apr	30	14.6 ± 1.6	20.1 ± 1.3	3.37 ± 0.5	30	20.7 ± 1.5	19.7 ± 1.4	2.82 ± 0.6
May	20	10.5 ± 0.7	16.6 ± 1.7	2.08 ± 0.3	20	12.6 ± 1.5	18.7 ± 3.0	2.86 ± 0.7
Jun	30	17.9 ± 1.0	17.5 ± 0.8	2.01 ± 0.3	30	20.6 ± 1.5	19.6 ± 1.2	2.85 ± 0.6
Jul	30	17.0 ± 1.6	15.6 ± 3.4	1.85 ± 0.3	30	18.8 ± 3.4	18.2 ± 2.9	2.44 ± 0.9
Aug	30	15.3 ± 1.0	14.9 ± 1.3	1.66 ± 0.3	20	19.5 ± 2.1	18.7 ± 2.0	2.74 ± 0.7
Sep	30	15.2 ± 1.3	15.1 ± 10	1.60 ± 0.3	30	19.5 ± 2.6	18.8 ± 2.2	2.88 ± 0.9
Oct	30	15.5 ± 0.9	15.2 ± 0.9	1.68 ± 0.3	30	17.5 ± 2.4	16.8 ± 2.2	2.15 ± 0.7
Nov	30	16.2 ± 1.3	15.9 ± 0.7	1.91 ± 0.2	30	20.4 ± 2.4	19.2 ± 2.0	3.07 ± 0.6
Dec	30	17.5 ± 1.1	16.7 ± 0.9	2.18 ± 0.3	30	21.4 ± 1.6	20.1 ± 1.5	3.07 ± 0.9
2011								
Jan	30	15.2 ± 0.8	14.9 ± 0.8	1.56 ± 0.2	30	21.4 ± 1.7	20.2 ± 1.4	3.32 ± 0.7
Feb	30	14.8 ± 1.1	14.7 ± 1.1	1.36 ± 0.3	30	19.0 ± 2.7	18.1 ± 2.1	2.63 ± 0.9
Mar	30	15.7 ± 1.2	15.4 ± 0.7	1.61 ± 0.2	30	19.7 ± 2.6	18.7 ± 2.0	2.86 ± 0.9
Apr	30	15.8 ± 0.8	15.1 ± 0.6	1.77 ± 0.2	30	19.2 ± 2.4	18.1 ± 1.9	2.70 ± 0.8

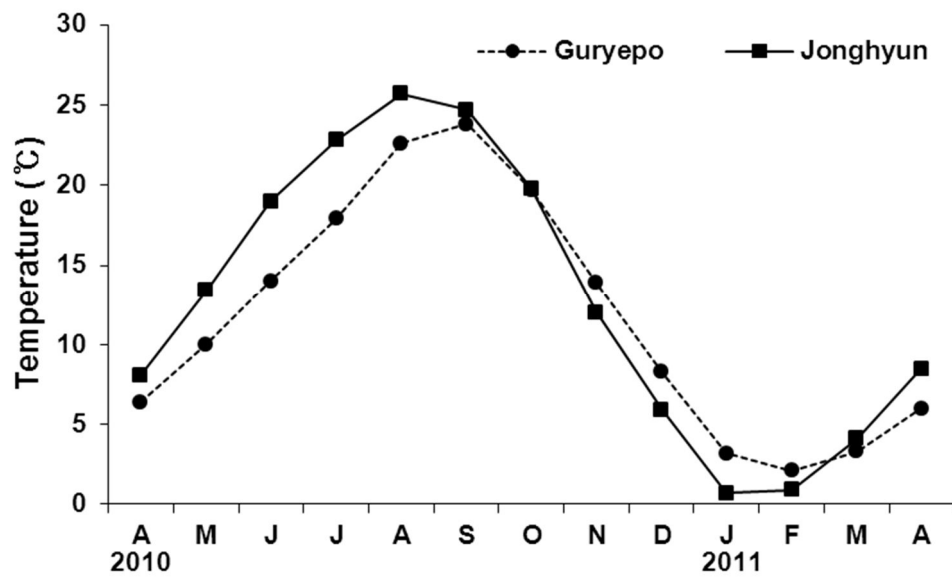


Fig. 4. Monthly variation in water temperature at the sampling sites from April 2010 to April 2011.

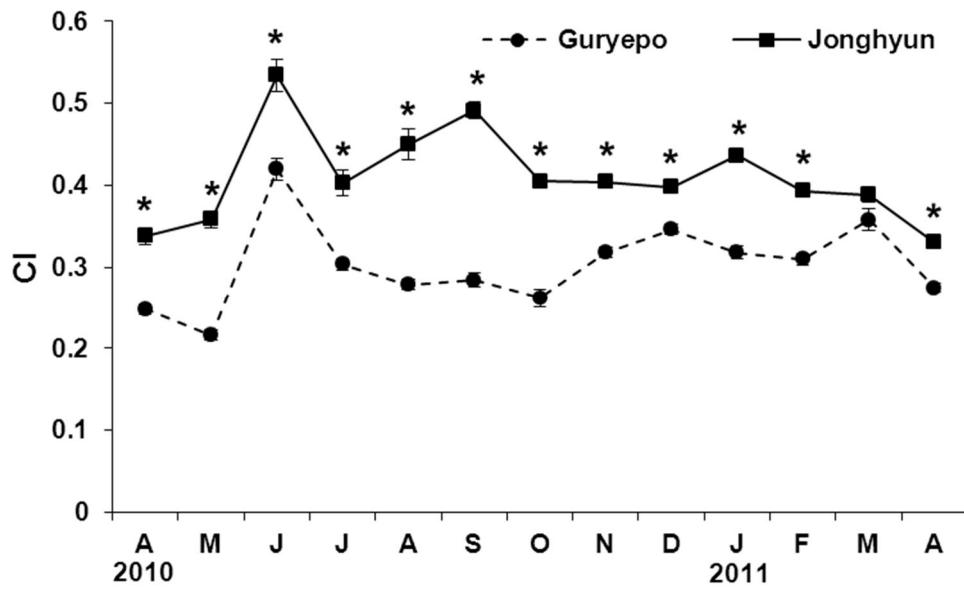


Fig. 5. Monthly changes in the Condition Index (CI) of *Monodonta labio confusa* collected from Guryepo and Jonghyun. (T-test, $P < 0.05$)

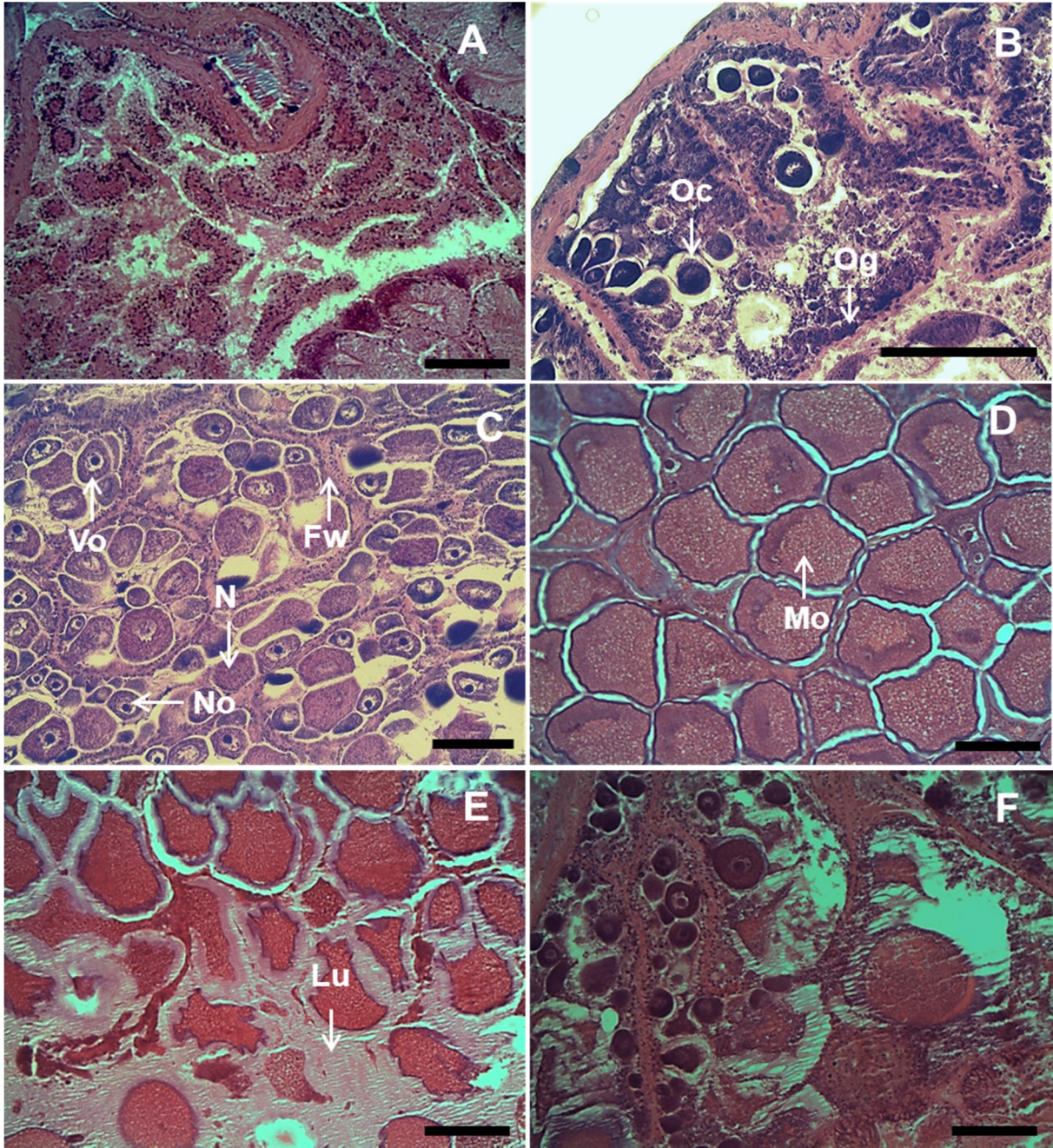


Fig. 6. Photomicrographs of the ovary development. (A) Resting stage; (B) Early development stage; Oocyte (Oc), Oogonium (Og) (C) Late development stage; Follicular wall (Fw), Nucleus (N), Nucleolus (No), Vitellogenic oocytes (Vo) (D) Ripe stage; Mature oocyte (Mo) (E) Spawning stage; Lumen (Lu) (F) Spent stage, Scale bar= 50 μ m

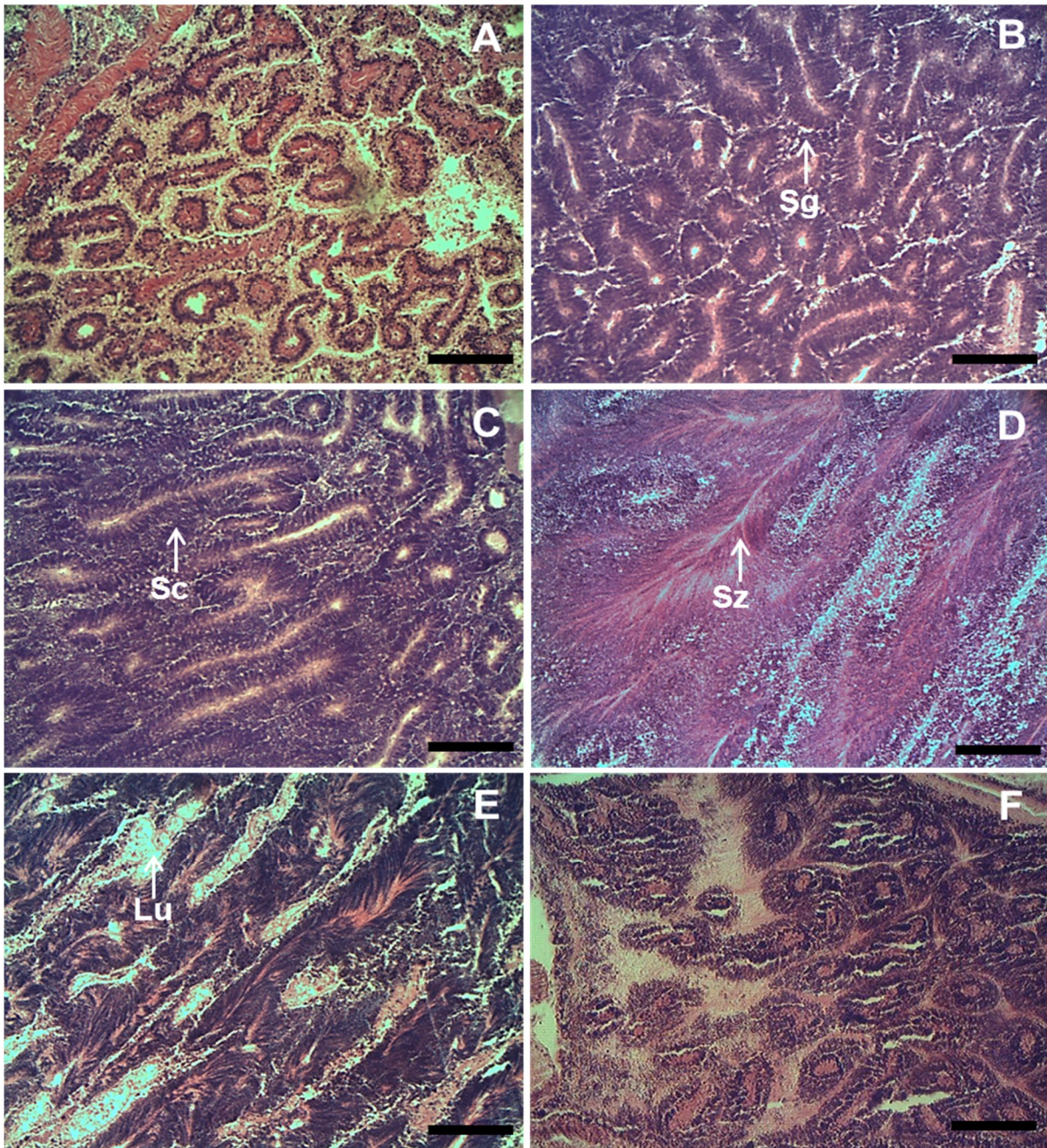


Fig. 7. Photomicrographs of the testis development. (A) Resting stage; (B) Early development stage; Spermatogonia (Sg) (C) Late development stage; Spermatocyte (Sc) (D) Ripe stage; Spermatozoa (Sz) (E) Spawning stage; Lumen (Lu) (F) Spent stage, Scale bar = 50 μ m

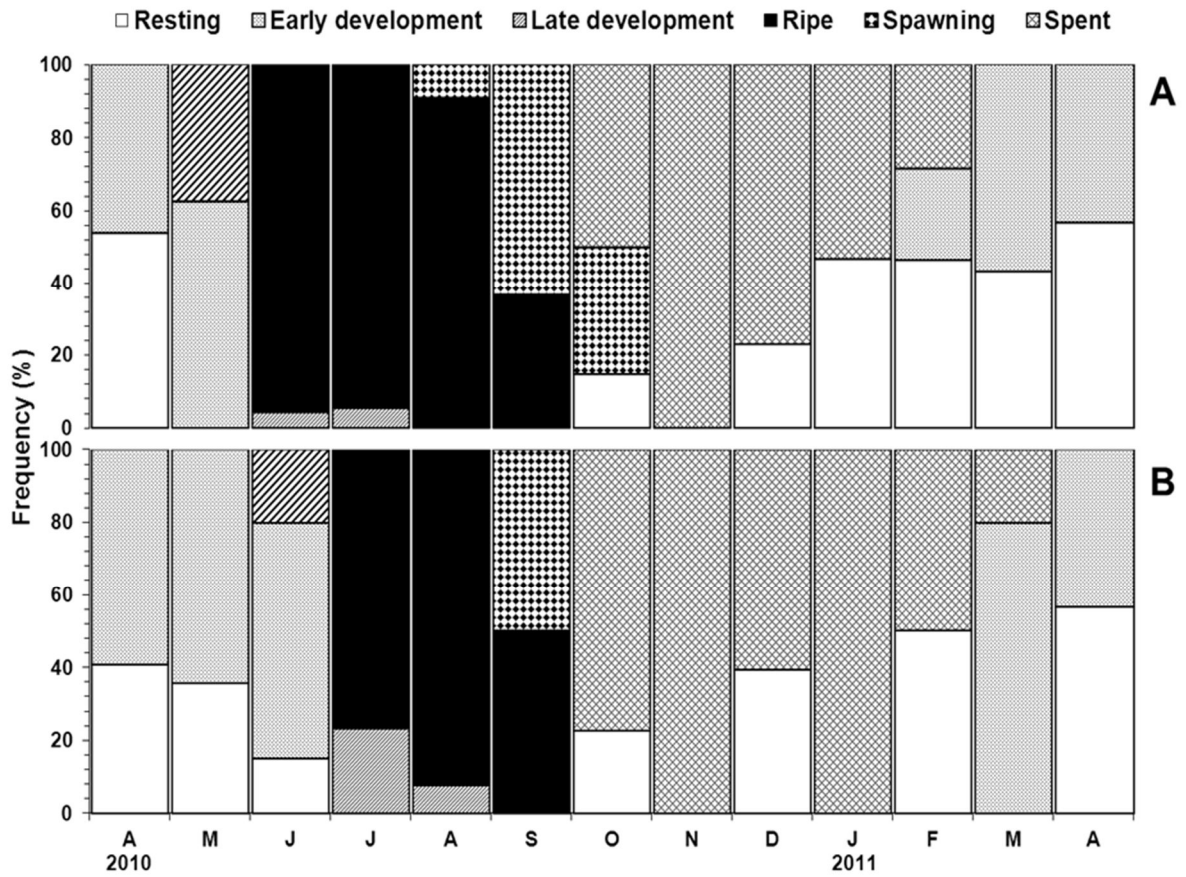


Fig. 8. Percentage of gonad development stage of the female collected from Jonghyun (A) and Guryepo (B).

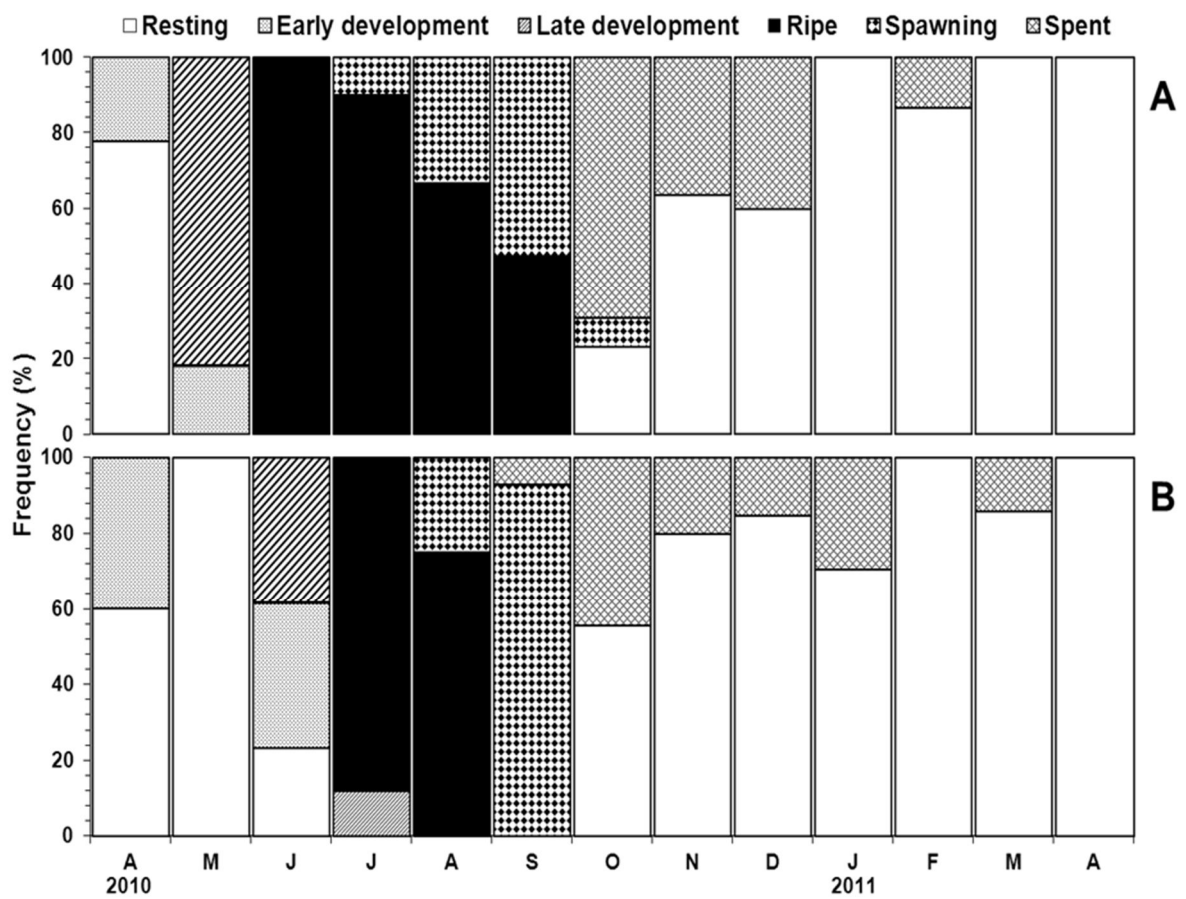


Fig. 9. Percentage of gonad development stage of the male collected from Jonghyun (A) and Guryepo (B).

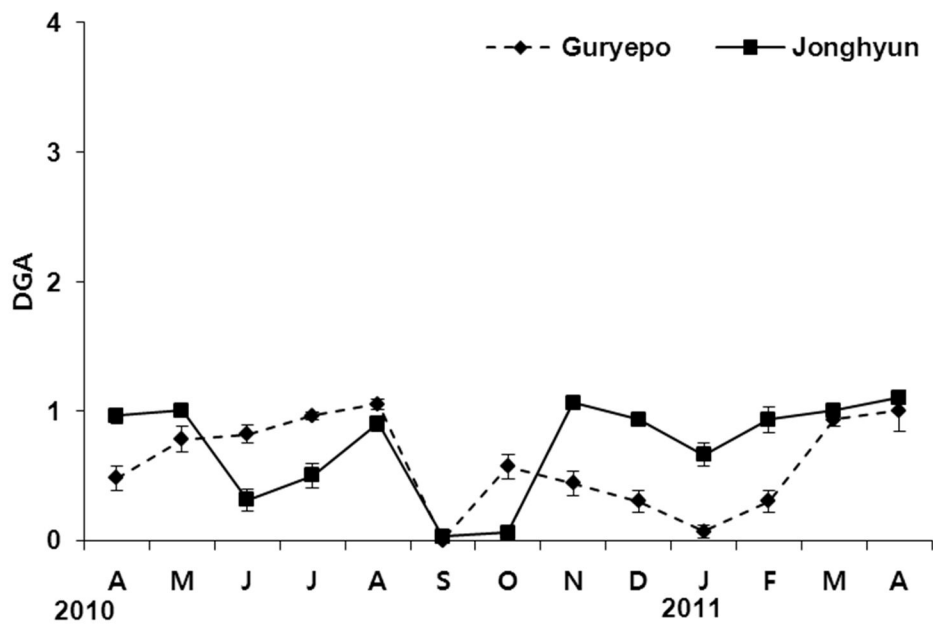


Fig. 10. Monthly variation of the Digestive Gland Atrophy (DGA) (T-test, $P < 0.05$). The vertical line shows the standard error.

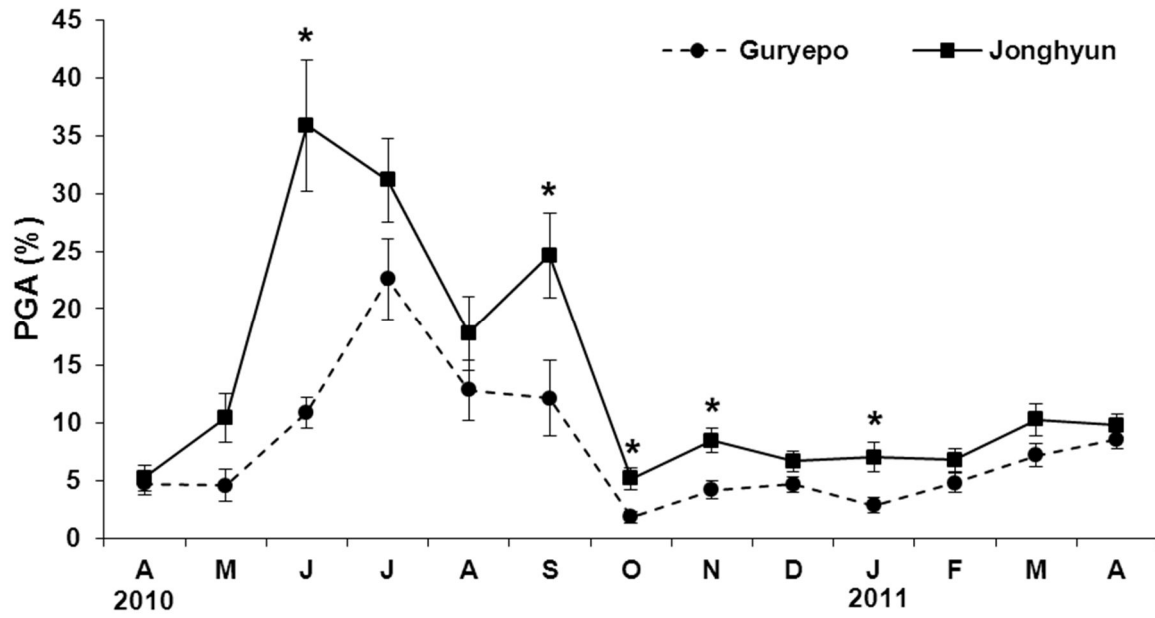


Fig. 11. Monthly mean and the standard error (vertical line) of the Percent Gonad Area.

Statistically significant difference are marked by the star (T-test, $P < 0.05$).

IV. 고찰

1. 두 지역간 개울타리고둥의 크기

이 연구에서 사용된 구례포 개울타리고둥의 크기는 각장 평균 15.5 mm로 10.5-17.9 mm의 범위를 보였고, 종현은 평균 19.2 mm로 16.8-20.2 mm의 범위를 보였다. Iijima et al. (2001)는 일본 혼슈 (35°N, 140°E)에 서식하는 울타리고둥 (*Monodonta labio*)의 성장률에 관한 연구를 보고한 바 있다. 일본에 서식하는 1년생 개울타리고둥은 평균 각장 10.3 mm, 2년생 16.7 mm, 3년생 20.2 mm, 4년생 22.6 mm 및 5년생 24.4~25.0 mm이며, Iijima et al. (2001)의 연구에 의한 패각 성장 및 연령을 적용하면, 구례포의 개울타리고둥 나이는 2년생, 종현은 3년생 이상으로 추정된다. 이는 2008년 유류오염에 의하여 구례포연안에 분포하던 대부분의 개울타리고둥이 폐사하고 2009년 이 지역의 환경이 개선됨에 따라 구례포 주변 지역에 서식하던 개울타리고둥의 산란에 의해 새로운 개체군이 다시 가입된 것으로 추정된다. 이에 따라 이 연구가 시작된 2010년 4월에 처음으로 채집된 개체들은 2009년에 새로 연구지역에 가입된 개체들로 사료된다.

제 등. (1991)은 유류 오염 지역 연안에서 유류제거 작업을 진행하면, 그 과정 중에서 작은 입자로 분산되어 주변 조간대에 서식하는 해양 생물에게 유분 형태로 영향을 미치게 된다고 보고하였다. 이에 따라 유분에 노출된 고둥류는 부착력을 상실하고 사멸하게 되며, 유처리제를 살포할 경우 오염의 영향을 가중시킨다고 보고하

였다. 한국해양연구원이 수행한 태안 유류오염지역의 저서생태 연구에 의하면, 원유 노출 사고 직후 이 지역에 서식하는 암반 조간대 연체동물의 평균 서식밀도는 4,006개체/m² 이었으나, 2009년 3,646개체/m² 로, 평균 서식밀도가 13개월 동안 감소하였다 (국토해양부 2011). 그러나, 2009년 이 지역에 서식하는 연체동물의 서식 밀도는 점차 증가하여 2010년에는 5,071개체/m² 가 관찰되었다. 이 연구 결과에 의거하면, 2008년 허베이스피리트 유류유출 사고 직후, 이 지역 암반 조간대에 서식하던 대부분의 개울타리고둥은 폐사한 것으로 사료되며, 유류사고 발생 1년 후인 2009년부터 개울타리고둥의 재가입이 이루어진 것으로 추측된다. 따라서 이 연구 지역인 구례포에서 채집된 개울타리고둥은 1-2년 생인 것으로 추정되는 반면, 대조구인 경기도 안산시 종현동 연안에서 채집된 개울타리고둥은 최소 2년생 이상인 것으로 추정되며, Iijima et al. (2001)의 연구에 의거하면 3년생 이상인 것으로 추정된다.

2. Condition Index (건강도)

패류의 건강도 또는 비만도는 종종 패각의 무게와 육중량의 비율로 표시되며, 패각의 무게는 육중량의 무게와 관계없이 일정한 무게를 보이는 반면, 육중량은 생리적 특성 및 환경 특성에 따라 변하게 된다. 따라서 비만도는 패류의 건강도를 측정하는 지수로 오랫동안 사용되어 왔다. 특히 온대지방의 경우 패류의 급격한 비만도 변화는 산란에 의한 정자 또는 알의 대량방출로 인한 육중량 감소에 기인한다. 원과 허 (1993)는 바지락의 시기에 따른 CI의 변화를 추적하여 바지락의 생식소 성숙 및 산란기를 추정할 수 있다고 보고하였다. 이 등. (2012)은 2003년 7월부터 2004년 8월까지 제주도 북촌지역과 강정지역에 서식하는 소라 (*Turbo cornutus*)의 CI를

측정하였다. 그 결과, 두 지역 모두 산란시기인 7-9월까지 CI가 감소하는 것을 확인할 수 있었다. Culbertson et al. (2008)은 유류오염이 홍합과에 속하는 *Geukensia demissa*의 생리에 미치는 영향을 규명함에 있어, 유류에 노출된 지역과 노출되지 않은 지역에 서식하는 *G. demissa*의 건강도를 비교한 바 있다. 이들의 연구 결과, 유류 오염 지역에서 채집된 *G. demissa*의 CI는 대조구와 비교시 낮은 것으로 보고하여, 유류오염의 영향이 CI의 시간적 변화에 영향을 미침을 보고한 바 있다. 또한 유류 오염지역에 서식하는 홍합을 유류오염이 일어나지 않은 지역으로 이식한 바. 이들의 CI가 증가함을 보고하였다. 따라서 이 연구에서 관찰된 두 지역간의 연 평균 CI 차이는 먹이, 수온 및 염분 등과 같은 여러 가지 환경인자에 기인한 것으로 사료되나, 다른 연구에서 관찰된 바와 같이 유류오염에 의한 영향 역시 배제할 수 없으며, 이에 대한 지속적인 관찰이 필요할 것으로 사료된다.

3. 생식소 발달 단계

연체동물인 복족류의 연중 산란은 염분, 수온 및 가용 먹이 등과 같은 외부적 환경인자와 밀접한 관계를 갖는 것으로 알려져 있다 (강 등. 2004; 이 등. 2012). 이 연구에서는 처음으로 우리나라 서해안에 서식하는 개울타리고둥의 연중생식 주기를 규명하였으며, 그 산란 시기는 8월에서 10월로 추정된다. 개울타리고둥의 번식에 관한 연구는 국내의 경우 그 연구가 미진한 실정으로, 송 등. (2002)은 제주시 북부 함덕 연안 (33°N, 126°E) 에 서식하는 개울타리고둥의 산란시기를 조직학적 방법으로 분석한 결과, 10-1월 사이인 것으로 추정하였다. 개울타리고둥의 생식소 관찰결과, 대

조구인 경기도 안산시 종현동 연안의 개울타리고둥이 유류오염지역인 태안 구례포지역의 고둥보다 약 한달 정도 먼저 산란을 시작한 것으로 사료된다. 이는 정량적 분석방법인 생식소 단면적 (PGA)의 관찰결과와도 일치하는데, 대조구인 종현동의 경우 연간 PGA 최고값은 6월에 관찰되었으며, PGA는 6월에서 8월까지 감소하여 이 기간 동안 산란이 일어난 것으로 추정된다. 또한 PGA 분석에 의하면 대조구인 종현동의 개울타리고둥은 9월과 10월 사이에도 비록 그 규모는 여름과 비교시 작으나, 소규모의 제 2차 산란을 한 것으로 추정된다. 반면에 유류오염지역인 구례포의 개울타리고둥은 PGA 최고값을 7월에 보였으며, 이후, 10월까지 PGA는 점진적으로 감소하여 이 지역의 개울타리고둥은 8월에서 10월 사이 1회 산란한 것으로 추정되었다. 따라서 구례포에 분포하는 개울타리고둥이 약 한달 정도 늦게 산란하며, 번식량도 대조구와 비교시 낮은 것으로 추정된다.

구례포에서 관찰된 개울타리고둥의 늦은 성성숙 및 산란은 수온과 밀접한 관계를 갖는 것으로 생각된다. Park et al. (2011)은 높은 수온이 연체동물의 생식소 성숙 및 산란의 속도를 증가시킨다고 보고하였다. 대조구인 경기도 종현동의 수온은 개울타리고둥의 성성숙 및 산란 시기인 4월부터 8월까지 구례포보다 평균 3.6°C 높았다. 따라서 구례포에서 관찰된 개울타리고둥의 늦은 성성숙과 산란은 일차적으로 수온에 기인한 것으로 추정된다. 그러나 두 지역간의 PGA를 비교한 결과 오염의 영향 지역인 구례포의 개울타리고둥이 산란기간 중 대조구보다 현저하게 낮아 이러한 두 지역간의 번식학적 차이는 일차적으로 수온에 기인하나, 정량적인 차이는 수온 이외에 먹이나 환경스트레스 등, 이차적인 요인에 기인한 것으로도 해석할 수 있다.

4. DGA

소화맹낭위축도는 패류의 영양상태를 반영하는 지수로 자주 활용되고 있다 (Kang et al. 2010, Yang et al. 2011). 이 (2010)는 허베이스피리트 유류사고 직후인 2008년 1월부터 2009년 1월까지 태안 의항리 지역의 참굴 (*Crassostrea gigas*)과 대조구인 경기도 선재도에 분포하는 참굴의 연중 DGA를 조직학적 방법으로 비교 관찰한 바 있다. 이 (2010)에 따르면, 두 지역 참굴의 연중 DGA 관찰 결과, 오염사고 직후인 2008년 2월부터 7월까지 유류에 노출된 참굴의 DGA는 대조구에 비하여 월등히 높아, 유류의 영향이 참굴의 먹이활동에 스트레스로 작용한다고 보고하였다. 따라서 조직학적 방법에 의한 DGA 판정은 오염지역에 서식하는 패류의 먹이활동 및 이에 따른 영양상태를 판정할 수 있는 좋은 방법으로 사료된다.

2010년4월부터 월별로 채집 분석된 종현과 구례포 개울타리고둥의 연 평균 DGA는 0.73 ± 0.4 및 0.59 ± 0.4 로 평균값의 차이와 무관하게 두 지역의 개울타리고둥 모두 먹이 섭식 및 영양에 지역 별 차이가 없는 것으로 사료된다. 이에 따라 유류 오염 사고 2년 후 구례포 조간대 생태계에 있어 조식성 복족류인 개울타리고둥의 먹이원으로 생각되는 저서성 규조류나 소형 해조류의 분포는, 비록 이 연구에서는 수행되지 않았으나, 개울타리고둥의 DGA가 양호한 것으로 미루어 이들의 분포는 양호한 상태로 추정되나, 이들 먹이원에 대한 보다 심도있는 연구가 필요한 것으로 사료된다.

결론적으로, 이 연구에서는 허베이스피리트 유류유출 사고 2년이 후, 태안 지역에 서식하는 개울타리고둥의 생리와 번식학적 특성을 조직학적 방법에 의하여, 대조

구인 경기도 안산시 종현동 연안에 분포하는 개울타리고등과 비교하였다. 그 결과, 태안 구례포연안에서 채집된 개울타리고등은 2009년 이후에 새로 가입한 어린 개체로 추정되었으며, 반면에 대조구인 종현동에 분포하는 개울타리고등은 3년생 이상인 성체로 추정되었다. 조직학적 연구결과, 대조구인 종현동의 고등이 오염지역의 고등에 비하여 약 한달 정도 먼저 성숙하며, 산란도 한 달 정도 빠른 것으로 밝혀졌다. 생식소단면 지수 (PGA) 분석결과 역시 생식소의 조직학적 관찰결과와도 일치하였으며, 특히 PGA 분석결과 대조구 지역의 개울타리고등은 산란 기간 중 2회 산란 한 것으로 추정되며, 반면 구례포 지역 개울타리고등은 1회 산란과 함께 그 산란량도 대조구 지역의 개울타리고등보다 낮은 것으로 밝혀졌다. 이러한 두 지역간의 번식학적 차이는 일차적으로 수온에 기인한 것으로 생각되나, 유류오염에 의한 생리적스트레스에 기인한 가능성 역시 배제할 수 없으며, 이에 따라 보다 장기적인 번식학적 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 요약

이 연구는 Hebei spirit 유류오염 사고 2년 후 유류오염이 주변 해양생물에 미치는 번식학적 영향 구명의 일환으로 수행되었다. 실험에 사용된 개울타리고둥은 2010년 4월부터 2011년 4월까지 태안 구례포와 경기 종현에서 매월 30개체씩 채집되었으며, 구례포 개울타리고둥의 평균 크기는 15.5 mm, 종현 지역은 19.2 mm로 대조구 지역의 개울타리고둥이 통계적으로 유의하게 그 크기가 컸다. 구례포 개울타리고둥의 월평균 비만도는 0.213-0.420의 범위를 나타내었으며, 종현은 0.331-0.534 범위를 보였으며, Student t-test 결과, 구례포 개울타리고둥의 비만도가 종현의 개울타리고둥 비만도보다 유의적으로 낮았다 ($P < 0.05$). 조직학적 관찰결과, 대조구에 서식하는 개울타리고둥의 번식주기는 구례포보다 한달 먼저 성숙 및 산란이 이루어진 것으로 판단되며, 대조구인 종현에서는 산란이 7월부터 10월까지 약 2회 일어난 반면, 구례포 8, 9월에 1회 산란이 추정되었다. 개울타리고둥의 소화맹낭위축도는 지역과 관계없이 5단계 중, 0-2단계까지만 관찰되어, 전반적으로 두 지역 모두 먹이 상태가 양호한 것으로 사료되었다. 종현 개울타리고둥의 생식소 단면적지수는 6월 35.9%로 가장 높은 수치를 나타낸 반면, 구례포 개울타리고둥은 7월에 23.6%로 가장 높게 나타났다. 이러한 개울타리고둥의 번식학적 특성 차이는 일차적으로 수온에 기인한 것으로 판단되나, 유류오염에 의한 2차적 영향 역시 배제할 수 없어 이에 대한 장기적인 연구가 필요한 것으로 사료된다.

VI. 참고문헌

국토해양부 (2008) 유류오염 환경영향평가 및 환경복원연구. 국토해양부, 11-1611000-001143-01, 801 p

국토해양부 (2009) 유류오염 환경영향평가 및 환경복원연구. 국토해양부, 11-1611000-001143-01, 954 p

국토해양부 (2010) 유류오염 환경영향평가 및 환경복원연구. 국토해양부, 11-1611000-001643-01, 999 p

농림수산식품부 (2010) 태안어장 정밀조사 및 복원사업. 농림수산식품부. SP-2010-AQ-008, 498 p

민덕기 외, 2004. 한국패류도감. 도서출판 한글.

이주하 1980. 소라, *Turbo cornutus* Solander 의 생식세포형성과정 및 생식주기에 관한 조직학적 연구. 한국수산학회지 13(4): 125-134.

정의영, 김진희, 류동기, 박갑만, 박관하, 박성우, 소재귀, 신윤경, 이정식, 이정열, 이창훈, 최진우, 허영백 공저. 2008. 연체동물 이매패류의 생리상태. 도서출판 바이오사이언스, 386 p

Chung, E.Y., Kim, Y.M., Hur, Y.B., Ryu, D.K. 2005. Sexual Maturation and Artificial Spawning

- of the Hard Clam, *Meretrix Iusoria* (Bivalvia:veneridae) on the West Coast of Korea. Korean Journal of Malacology 21(2), 81-93.
- Culbertson, J.B., Valiela, I., Olsen, Y.S., Reddy, C.M. 2008. Effect of field exposure to 38-year-old residual petroleum hydrocarbons on growth, condition index, and filtration rate of the ribbed mussel, *Geukensia demissa*, Environmental Pollution 154(2), 312-319.
- Donaghy, L., Hong, H. K., Lee, H. J., Jun, J. C., Park, Y. J., Choi, K. C. 2010. Hemocyte parameters of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* a year after the *Hebei Spirit* oil spill off the west coast of Korea. Helgoland Marine Research 64 (4), 349-355.
- Iijima, A. 2001. Growth of the intertidal snail, *Monodonta labio* (Gastropoda, Prosobranchia) on the Pacific coast of central Japan. Bulletin of Marine Science 68 (1), 27-36.
- International Tanker Owner Pollution Federation Ltd. (ITOPF), 2008. The environmental impact of Hebei spirit oil spill, Taean South Korea.
- Je, J.G., Kahng, S.H., Oh, J.R., Yang, D.B. 1991. Effects of stranded oils and dispersant clean-up on intertidal gastropods. The Journal of the Oceanological Society of Korea 26 (4), 350-357.

- Kang, D.H., Ngo, T.T., Koh, K.J., Choi, K.S. 2004. Seasonal Changes in Gonadal Development of Manila Clam, *Ruditapes philippinarum* from Shi-Heung-Ri, Jeju, Korea. *Journal of Aquaculture* 17(1), 81-88.
- Kang, D.-H., Chu, F.-L.E., Yang, H.-S., Lee, C.-H., Koh, H.-B. Choi, K.-S. 2010. Growth, reproductive condition, and digestive tubule atrophy of Pacific oyster *Crassostrea gigas* in Gamakman Bay off the southern coast of Korea. *Journal of Shellfish Research* 29(4), 839-846.
- Lee, J.E., Yang, H.S., Kang, D.H., Jeung, H.D., Hong, H.K., Lee, H.J., Kang, H.S., Choi, K.S. 2012. Spatial variation in the annual reproductive cycle of the top shell *Turbo (Batillus) cornutus* (Lightfoot 1786) in Jeju Island off the south coast of Korea. *Invertebrate Reproduction and Development*.
- Lee, J.H. 1999, Gametogenesis and reproductive cycle of the rock shell, *Reishia (Thais) clavigera* (Neogastropoda: Muricidae), on the west coast of Korea. *Korean Journal of Biological Sciences* 3(4), 375-383.
- Lee, H.J. 2010. Impacts 2007 *Hebei spirit* oil spill on reproductive physiology of pacific oyster, (*Crassostrea gigas* Thunberg, 1793) in Tae-an, off the west coast of Korea. Masters Science Thesis, Jeju National University, Korea. PP.40.
- Lee, H.J., Kang, H.S., Park, K.I., Choi, K.S. 2012. Quantification of Reproductive Effort and Microscopic Observation on the Larval Development of Manila clam *Ruditapes*

- philippinarum (Adams and Reeve 1850). Korean J. Korean Journal of Malacology 28(2), 145-156.
- Matoto SV, Shimitzu T, Mita H, Tsuchiya K, Segawa S. 2002. Reproduction and metabolism of *Turbo (Batillus) cornutus* in Chiba, Japan. Fisheries Science, 68(supplement 1): 330-333.
- Park, H. J., Lee, W. C., Choy, E. J., Choi, K. S. Kang, C. K. 2011. Reproductive cycle and gross biochemical composition of the ark shell *Scapharca subcrenata* (Lischke, 1869) reared on subtidal mudflats in a temperate bay of Korea. Aquaculture 322-323, 149-157.
- Peteiro, L.G., Babarro, J.M.F., Labarta, U. Fernandez-Reiriz, M.J. 2006. Growth of *Mytilus galloprovincialis* after the *Prestige* oil spill. ICES Journal of Marine Science 63, 1005-1013.
- Song, Y. B., Lee, C. H., Na, O. S., Lee, Y. D., 2002. Reproductive Cycle of Thick lipped monodont, *Monodonta labio*, Bullet Marine Research 26, 21-28.
- Takasi, 2000. Marine Mollusks in Japan. Takai University Press.
- Won, M.S., Hur, S.B. 1993. Fatness Index and Spat Occurrence of the Shortnecked Clam, *Ruditapes philippinarum*. Journal Of Aquaculture 6(3), 133-1993
- Yang, H.S. 2006. Reproductive cycle and proximate tissue composition of the cockle,

Fulvia mutica from Anmyeon Island, on the west coast of Korea. Masters Science Thesis, Jeju National University, Korea. PP.37.

Yang, H. S., Kim, B. K., Park, H. S., Choi, K. S., 2010. Report on the Annual Reproductive Cycle and Imposex Phenomenon of the Rock-shell, *Thais clavigera* in Jeju Port. Korean journal of Malacology, 26 (1), 97-105.

감사의 글

지난 학부생활과 석사과정 동안 감사한 일들과 잊지 못할 추억들이 너무 많았습니다. 제일 먼저 부족한 저에게 많은 관심과 사랑으로 가르쳐주신 최광식 교수님께 감사드립니다. 그리고 바쁘신 와중에도 저의 졸업논문에 많은 격려와 가르침을 주신 정석근 교수님, 박상률 교수님께도 감사함을 전합니다. 실험실 생활 동안 너무 많은 분들에게 도움과 격려를 받으며 지내왔습니다. 양현성 박사님, 강현실 박사님, 이지연 선배님, 김봉규 선배님, 홍현기 선배님, 정희도 선배님, 이희중 선배님, 임나래 선배님. 그리고 이제는 다른 곳에서 응원해주시는 Dr. Yanin Limphanont, Dr. Mostafizur, Cuong. 마지막으로 김영민, 장윤수, 김민지. 모두들 덕분에 잊지 못할 실험실 생활과 좋은 시간을 보냈습니다. 함께 했던 모든 추억 잊지 못할 것입니다. 그리고 이 연구를 수행하는 데 많은 도움을 주신 한국해양연구원의 박흥식 박사님과 팀원분들에게 감사함을 전합니다. 그리고 우리 은아, 나래, 민영이 함께 공부하면서 많이 의지하며 힘이 되어주어서 고맙습니다. 마지막으로 저에게 많은 믿음과 사랑을 주신 아버지, 어머니, 준호에게 너무 사랑하고 감사한다고 전하고 싶습니다. 이 연구는 국토해양부의 유류오염 환경영향평가 및 환경복원연구 (PM55020: Oil Spill Environmental Impact Assessment and Environmental Restoration)의 지원에 의하여 수행되었으며, 지원에 깊은 감사를 드립니다.