

꽃게의 소리와 행동 (II)

金 尙 漢

SOUND PRODUCTION AND BEHAVIOUR OF CRABS,

PORTUNUS TRITUBERCULATUS(MIERS) (II)

Sang-Han KIM

For the development of acoustic fishing method, we had been researched a fundamental study which concerned on the sound production and behaviour of crabs was conducted. For specimen crabs such as *Portunus trituberculatus* and *Charybdis japonica* were selected.

Croaking noise were recorded by the Cassette-recorder (Sony model CF-1600) through the under water monitor microphone, and analyzed in frequencies by Octave band analyzer, Rion SA-55, and sound pressure level of source by sound level meter, SM-5844.

The following are the results obtained from the present investigations:

When sound production of crabs [*Portunus trituberculatus*(♀): carapace width 12.6~15cm] were attracted to another crabs in the water of anechoic aquarium, efficacy of phonotaxis was 84~100% and velocity by phonotaxis was 6.5~7.2 cm/sec.

The time required for copulation ranged from 90 minute to 95 minutes by *Charybdis japonica*, at that time there was no sound production with their copulation.

I. 서 언

어류의 가청 주파수 범위는 50-9,000Hz이고 소리에 대단히 민감하다고 한다. 근래 많은 과학자들은 어류들이 내는 소리를 녹음 분석하는데 많은 관심을 모으고 있다. Quentin (1960)이 참고래(fin whale)의 울음소리 주파수가 20Hz이고, 대구(cod fish)는 150-200Hz, 메기(cat fish)는 250Hz라 보고했다. Tavolga (1965)는 아귀(toad fish)의 울음소리가 200-300Hz이고, 열계돔(squirrel fish)은 100-500Hz라 보고했다. 또 Mizue(1965)는 상광어(尙光魚)의 울음소리가 6K-15K Hz이며, 서로 대화를 하고 있지 않나라고 보고했다. 이들은 모두 소리의 주파수만을 보고했고, 그 소리의 음압 level의 값이 얼마란 것을 언급하지 않았다. 우리나라에서 조 등(1972)에 의하여 처음으로 담수어인 잉어, 초어, 붕어, 금붕어 등의 식이음(食餌音) 주파수가 250-500Hz이고, 그때 음압 level은 90-101db이라 보고한 바 있다. 그리고 갑각류를 대상으로 소리의 주파수와 음압 level에 관해 연구한 것은 Salmon(1965, 1967), Salmon과 Atsaiades(1968)이 해변에 서식하고 있는 게(*Ucarapax*, *Uca mondax*)의 수컷이 주파수 170-200Hz인 소리를 낸다고 보고했다. Akira(1968, 1969)는 새우(Snapping

꽃게의 소리와 행동

shrimp)가 내는 fried noise를 "Tempura noise"라 이름하고, 음원 level은 65-85db범위라고 보고했다. Burkenroad (1947), Hensen (1863), Crane (1966) 등은 해변에 서식하는 게 (*Uca lactea*, *Uca speciosa*)의 수컷이 오각(cheliped)으로 모래 바닥을 쳐서 북소리와 닮은 소리를 내며 작은 오각의 표면 에 있는 돌기와 흉부복갑의 표면을 마찰 할 때의 소리, 입에서 기포를 낼 때 소리를 녹음했다고 보고했으나 그 소리가 주파수와 음압 level이 어떤 것이란것을 발표하지 않았다.

본 연구는 바다에 서식하고 있는 꽃게가 먹이를 먹을 때 내는 울음소리를 녹음했으며 그 소리를 주파수, 음압 level을 분석 조사하고 소리의 파형을 오실로스코프로 관찰 및 촬영하였다. 꽃게가 교미할 때 특이한 소리는 없고 먹이 먹을 때만 입에서 개구리 울음소리와 비슷한 소리를 내고 있다. 녹음된 꽃게의 내는 소리를 수중 스피커를 통해 무향수조속의 꽃게에게 방성하여 그때의 추음과 배음의 반응을 조사한 것을 보고하며, 또 실제 조업에 응용할 수 있는 음향어법의 기초자료를 얻고자 했다.

II. 재료 및 방법

1. 시료 : 꽃게 (*Portunus trituberculatus*), 민꽃게 (*Charybdis japonica*) 등을 사용하였으며, 이들의 사료는 바지락조개 (*Tapes philippinarum*)를 사용하였다. 이들 꽃게는 다음 Table 1과 같이 A(♂)군에서 F(♀)군까지 갑족의 크기별로 분류하였다.

2. 사육 : 본 대학 부속 임해 연구소의 콘크리트 수조(378cm×86cm×60cm) 큰것 2개와 작은것(378cm 45cm×60cm) 여섯개에 바다물을 계속 공급하는 한편 깊이 50cm를 유지하도록 배수구로 배출시켰다.

꽃게의 제1차 사육기간은 2월 21일에서 5월 22일까지 약 90일 이었고, 거제도 및 다대포 연안에서 어획된 것으로 수조내의 수온은 6.5~17℃였으며, 사료는 바지락의 살을 날것으로 마리당 두개정도가 되게 매일 9시에 급여하고 17시에 먹고 남은 먹이를 거두어 해수의 오염은 가능한 한 방지하였다.

Table 1. The crabs used for acoustic experiment

1. *Portunus trituberculatus*

Term of breeding	Temperature of water(℃)	Habitat	Length of carapace (cm)	Width of carapace (cm)	Numbers	Group
1 st Feb. 21 to May 22	6.5-17	Geojedo and Dadaepo	4.0-5.5	8.5-12.5	11	A(♂)
			4.0-5.5	8.5-12.5	10	A(♀)
			5.6-6.5	12.6-15.0	12	B(♂)
			5.6-6.5	12.6-15.0	11	B(♀)
			6.6-8.5	15.1-18.5	15	C(♂)
			6.6-8.5	15.1-18.5	11	C(♀)
2nd May 24 to July 16	17-23	Yongho- dong	6.6-8.5	15.1-18.5	14	C(♂)
			6.6-8.5	15.1-18.5	11	C(♀)
3rd July 11 to July 27	22.8-24	Yongho- dong	4.0-5.5	8.5-12.5	27	A(♂)
			4.0-5.5	8.5-12.5	17	A(♀)
			5.6-6.5	12.6-15	23	B(♂)
			5.6-6.5	12.6-15	21	B(♀)

4th July 28 to August 7	24—25.5	DadaePo	6.6—8.5	15.1—18.5	28	C(♂)
			6.6—8.5	15.1—18.5	29	C(♀)

2. *Charybdis Japonica*

Term of breeding	Temperature of sea water(℃)	Habitat	Length of carapace (cm)	Width of carapace (cm)	Numbers	Group
April 24 to July 19	16—22	Yongho- dong	3.5—4.0	5.0—6.5	13	D(♂)
			3.5—4.0	5.0—6.5	8	D(♀)
			4.1—5.0	6.6—8.0	11	E(♂)
			4.1—5.0	6.6—8.0	15	E(♀)
			5.1—6.0	8.1—9.0	18	F(♂)
			5.1—6.0	8.1—9.0	13	F(♀)

제2차는 서식처가 다른 용호동 연안에서 저인망으로 어획된 것을 사용하였다. 제1차, 2차의 꽃게는 먹이 먹을 때 내는 울음소리를 녹음하는데 사용하였고, 제3차, 4차 기간에 사육한 꽃게는 녹음된 울음소리(신호)를 수중에 방성할 때 추음 및 배음의 반응을 조사하는데 사용하였다. 그외에 민꽃게를 사육하여 먹이 먹을 때의 울음소리를 서로 비교하고, 교미할 때의 행동과 내는 소리를 녹음하는데 시료로 삼았다.

3. 녹음: 외부의 잡음을 차단하기 위한 방음실은 입체 연구소 수조실 옆에 부설되어 있는 냉동실 속을 이용하였다. 이 방음실은 외실(410cm×243cm×245cm)과 내실(410cm×134cm×245cm)로 되어 있으며 내실은 외실을

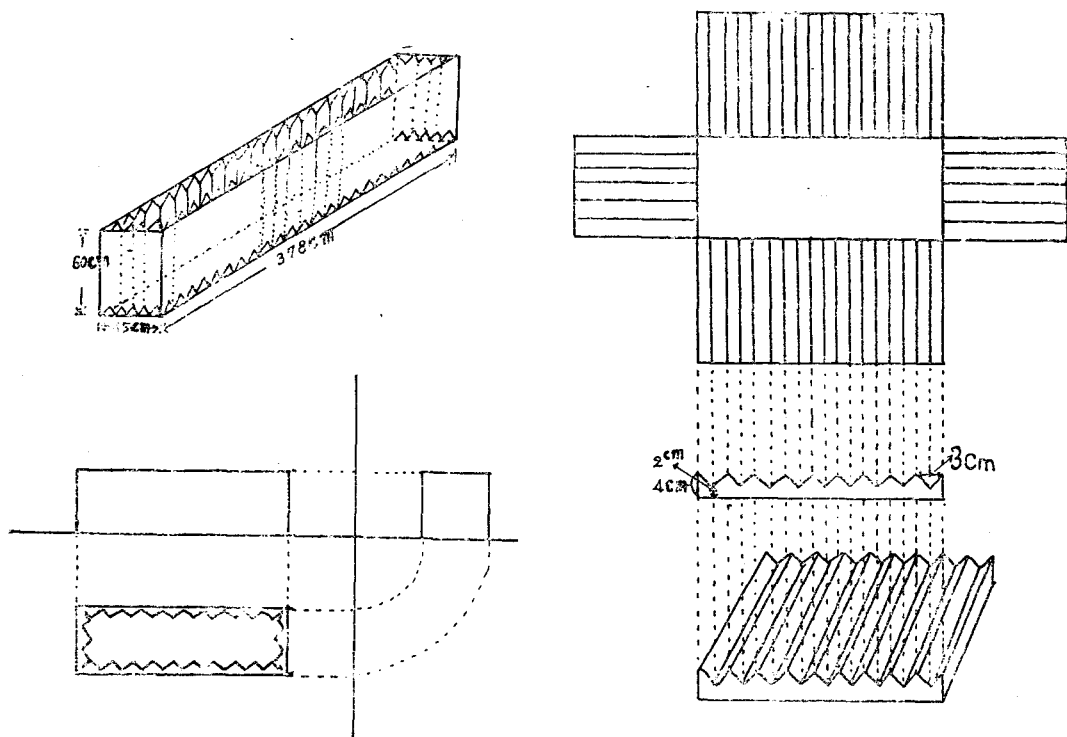


Fig. 1. Surface wall of anechoic aquarium

꽃게의 소리와 행동

통하여 출입하도록 되어 있다. 녹음실로는 방음실의 내실을 사용하였고, 녹음실에서는 간이수조(프라스틱 수조 46cm×32cm×29cm)의 내부 벽에 두께 4cm인 스티노 보오트를 Fig. 1과 같이 만들어서 4면의 벽에 부착시킨 무향수조 두께에 20l의 해수를 붓고 녹음하디고 하는 꽃게를 한 수조에 한 마리씩 넣고 먹이를 3~4개 게앞에 놓아 주며, 다른 한개의 수조속에 있는 게에는 먹이를 주지않고 환경에 적응될 시간적 여유를 주었다. 이때 먹이 먹는 소리를 녹음하는 기구로서는 Sony cassette-corder (CF-1,600)에 Cassette tape (60분용)를 사용하였으며 수중 마이크로폰은 녹음기의 마이크로폰을 얇은 고무막으로 덮어 쇠위 해수가 스며들지 못하게 밀봉한 것을 사용하였다.

수중 마이크로폰의 감도는 약-4db(0 db=1 volt/ μ bar)이며 여기에 수압을 적게 받도록 하기 위하여 마이크로폰의 끝에서 2~4cm정도 해수 중에 잠기게 하였다. 수중 마이크로폰은 간이 수조의 한가운데가 되도록 스탠드를 세워 고정시켰다. 수조내인 해수면의 조도는 34 lux였으며 간이 수조내의 물은 한마리를 녹음한 후 다시 갈아 주는 방법을 택하였다.

4. 방식: 무향수조는 수조실의 콘크리트 수조(378cm×45cm×60cm)의 내부 벽에 두께 4cm인 스티노 보오트를 Fig. 1과 같이 만들어서 4면의 벽에 부착시켰다. 수중 스피-커는 진동판(직경 8.5cm)에 수압 및 해수의 침식을 고려하여 해수중에서 잘 견딜 수 있는 베이클라이트 진동판으로 된 것을 시중에서 구입하여 방수가 잘 되도록 첩통속에 넣은 후 접착제를 사용하여 완전히 수밀하고 5인치의 다이내믹으로 된 요크까지 연결된 스피-커용 케이블과 첩통사이도 완전 방수 장치를 하여 사용하였다. 증폭기는 트랜지스터를 사용한 증폭회로를 사용하고 녹음기의 출력단자에 증폭기의 입력단자 및 증폭기의 출력 단자에 수중 스피-커를 연결하고 수중 스피-커에 방성여부를 확인하기 위해 같은 출력쪽에 단자를 만들어 이어폰(UH-40)을 연결하였다. 트랜지스터용 증폭기(주파수 63-8,000Hz에서 전력의 이득은 3.2-8.3db이며 증폭도는 약 3배)를 택한 이유는 장치 꽃게를 음향어업으로 어획하려 할 때 전원을 전지로 사용할 수 있는 편리한 점을 고려한 것이다. 방성시의 반응조사는 Table. 1의 반응실험용으로사용한 제3차, 4차의 꽃게를 균별로 여덟마리를 무향수조에 넣고 수중 스피-커에서 거리 10, 60, 110, 160, 210, 260, 310, 360cm 되게 50cm의 간격으로 한마리씩 배열하였다. 녹음된 소리(신호)를 증폭기, 스피-커를 통해 해수중에 방성할 때 꽃게의 반응 즉 추음, 배음, 제 자리등의 행동 및 그때의 속도를 관찰, 측정하기 위해서 꽃게 한 마리에 한 사람씩 담당하여 수조양 옆에 4명씩 모두 8명이 스톱워치로 이동시간을 측정하고 꽃게의 이동 거리를 측정하였다. 무향수조의 수면의 조도는 약 34 lux였고,

밤에는 약 1 lux였다. 이때 사용한 조도계는 도시바(東芝) 5호형 조도계이다. 낮과 밤의 반응을 비교한 즉, 낮에는 꽃게가 시각으로 사물을 판단할 수 있다고 생각되고, 또 꽃게는 야행성 갑각류이기 때문에 실험은 19시에서 23시까지 약 4시간 동안 하였으며, 반응조사 기간은 7월 13일부터 8월 7일까지 약 20일간이었다.

5. 촬영 및 분석

녹음된 소리: 꽃게, 민꽃게 등의 먹이 먹을 때 내는 소리, 민꽃게의 교미시의 소리, 꽃게의 자웅 및 개체의 군

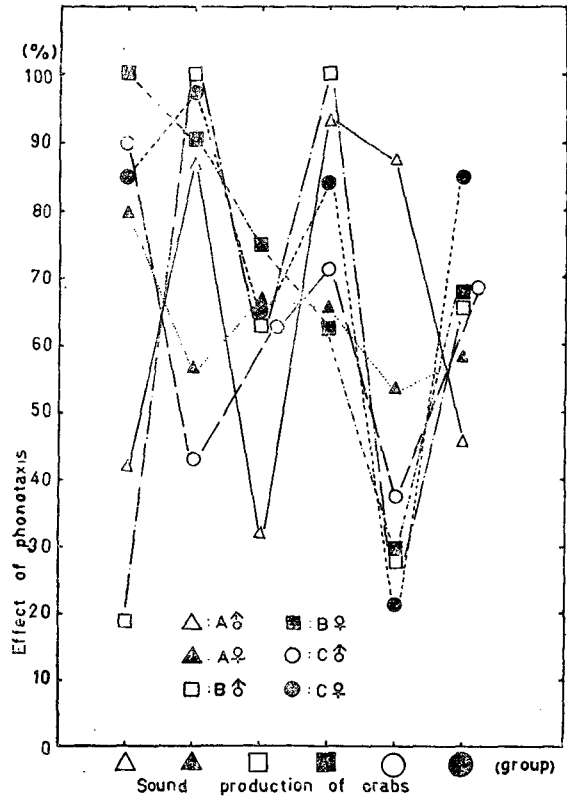


Fig. 2. The relationship between sound production by crabs (group) and effect of phonotaxis. Carapace width size(*portunus trituperculatus*)
 △A(♂), ▲A(♀): 8.5~less than 12.5cm
 □B(♂), ■B(♀): 12.6~less than 15.0cm
 ○C(♂), ●C(♀): 15.1~less than 18.5cm

별로 먹이 먹을 때 내는 소리 등을 녹음한것을 Heathkit Model 10-12 oscilloscope(C. R. T. Dia. 12cm)로 파형을 관찰하고 이 파형의 촬영은 Asahi pentax camera로 감광도 Asa 400인 흑백용 film를 사하였다. 녹음된 소리의 음압 측정에는 SM-5844 지시 소음계를 사용하였고 이 지시소음계는 지시 level범위 35~1,300db, 주파수범위 31.5~8,000Hz, 지시등급 -5~+10db(유효등급 1db)이며 다이내믹 마이크로폰으로 되어 있다. 주파수 분석기로는 Rion SA-55 옥타브 대역 주파수 분석기를 사용하였고, 대역 주파수 범위는 22.4~22,400Hz이고 이것을 10단계로 구분한 중심 주파수는 125, 250, 500, 1,000, 2,000, 4,000, 8,000, 16,000Hz로 되어있다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 소리에 따른 반응

Table 1과 같이 꽃게를 A(♂), A(♀), B(♂), B(♀), C(♂), C(♀), 군으로 분류한 것을 편의상 A(♂)를△, A(♀)를▲, B(♂)를□, B(♀)를■, C(♂)를○, C(♀)를● 등의 기호로 정하였다. 각군마다 개체별로 녹음된 것을 세개씩 선정하여 endless tape가 되게 녹음 편집하였다. 이것을 앞에서 설명한 바와 같이 각 군별로 사육한 꽃게 8마리를 한조로하여 무향 수조속의 수중 스피커에서 거리별로 한마리씩 배치하고 그곳에 방성하였다. 여기서 추음하는 꽃게는 스피커를 오자(cheliped)으로 집거나 건드려 본 후에 스피커에서 10~30cm의 거리에 머물고 있으며 배음하는 꽃게는 스피커에서 200~370cm인 곳에 머물게 되며 간혹 배음한 꽃게가 추음하여 오는 것도 있으며 처음부터 제자리에서 움직이고 있는 것도 있다.

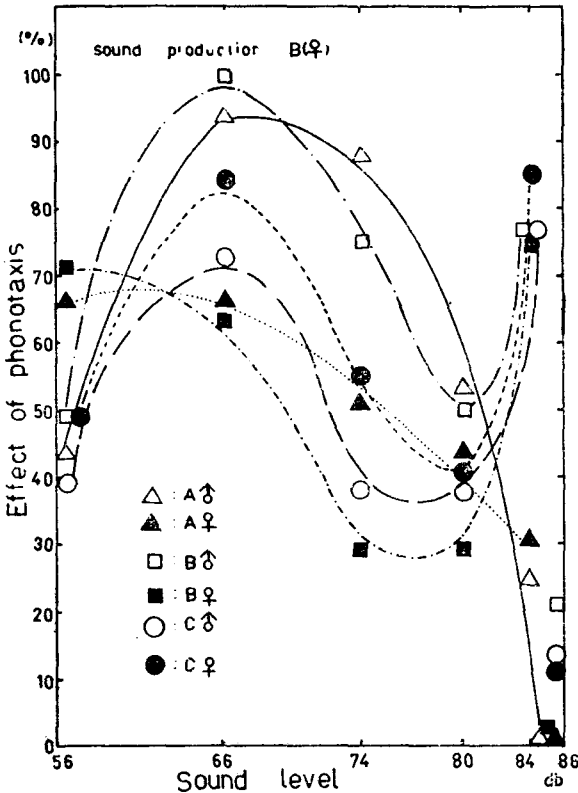


Fig. 3. The relationship between effect of phonotaxis and sound level.

자용의 반응 : △A(♂)가 내는 소리를 방성할때 개체가 작은 편인 A(♂), B(♂)군은 추음율이 18~42%로 낮고 개체가 큰 C(♂)군은 추음율이 90%로 높은 편이고, A(♀), B(♀), C(♀)군은 추음율이 80~100%로서 좋은 편이다. ▲A(♀)가 내는 소리를 방성할 때 A(♀), C(♂)군은 추음율이 40~45%로 낮으나, A(♂), B(♂), B(♀), C(♀)군은 85~100%로 추음율이 좋다. 여기서는 개체가 작은 암컷이 소리(신호)를 낼때 작은 개체의 수컷은 추음을 잘 하고 개체가 큰편의 암컷도 추음을 잘한다. □B(♂)가 내는 소리를 방성할 때 A(♀)군의 추음율은 32%로서 매우 좋지 못하고, B(♂), C(♂)군은 다 같이 62.5%인 추음율로 약간 저조한 편이며, A(♀), C(♀)군은 65~67%로서 추음율이 역시 저조하고, B(♀)군의 추음율이 75%로서 높은 편이다. B(♂)이 소리를 낼때는 수컷보다 암컷이 약간의 차로 추음 효과가 좋다고 할 수 있다.

■B(♀)이 내는 소리를 방성할 때 A(♀), B(♀), C(♂)군은 62~72%의 추음율을 나타내고, A(♂), B(♂), C(♀)군은 84~100%로 추음율이 높다. 이 같이 조사된 것으로 암컷이 소리(신호)를 낼때 수컷이 추음효과가 높고 암컷들도 추음효과가 좋으며 성별에 관계없이 추음된다. ○C(♂)가 내는 소리를 방성할때, B(♂), C(♂), B(♀), C(♀)군은 21~37%, A(♂)군은 54%, A(♀)군만이 87%였다. 여기서도 자용관계 즉 이성의 내는 소리에 추음한다고 단정짓기가 힘들다. ●C(♀)가 내는 소리를 방성할 때 A(♂), A(♀)군은 45~58%, B(♂), B(♀)군은

꽃게의 소리와 행동

65~66%, C(♂), C(♀)군은 68~85%의 약간 높은 추음율을 나타내고 있다. 이상과 같은 조사결과를 일관하여 자용별 이성의 소리가 날때 추음하는 경향을 보면 암컷이 소리를 낼때 자용 모두가 좋은 추음효과를 나타내고 개체가 작은 수컷이 소리를 낼때는 개체가 큰것이 잘 추음한다고 할 수 있다. 꽃게도 역시 개체가 큰것이 가치가 크므로 A(♀)에 비해 B(♀)의 녹음된 소리를 방성하면 개체가 큰 꽃게를 어획할 수 있다고 생각된다. Fig. 2는 군별로 내는 소리(신호)를 방성할때 각군별의 추음효과가 어떤지 백분율로 나타낸 것이다.

2. 음압에 따른 반응 : 꽃게 여섯군을 방성한 결과 그중 B(♀)가 내는 소리에 개체가 큰 꽃게들이 추음효과가 좋았다. 그래서 이 소리를 수중 스피커에 보낼때 녹음기의 음향 조절기와 증폭기의 음향조절기를 조절하여 각각 56, 66, 74, 80, 84, 86 db의 음압 level에 따라 꽃게들의 추음효과를 조사했다. Fig. 3은 B(♀)가 내는 소리를 녹음기와 증폭기의 음향조절기로 음압 level을 변화시켜 음압 level별로 꽃게들의 추음효과를 나타낸 것이다. 여기서 녹음할때 음향조절기의 상내를 그냥 두고 증폭기에서약간 증폭된 66db일 때의 추음효과가 가장 좋았고, 84db로 증폭되었을 때 추음효과가 좋은 편이며, 86db이상 일때는 기기에서 잡음이 나오기 시작하여 추음보다 배음의 경향이 크다. 수중 스피커를 무양수조의 한가운데 놓고 스피커에서 10, 60, 110, 160cm의 거리로 스피커의 앞면과 뒷면으로 각각 네마리씩 꽃게군별로 배치하고, 꽃게B(♀)가 내는 소리를 방성한 즉, 앞쪽의 꽃게

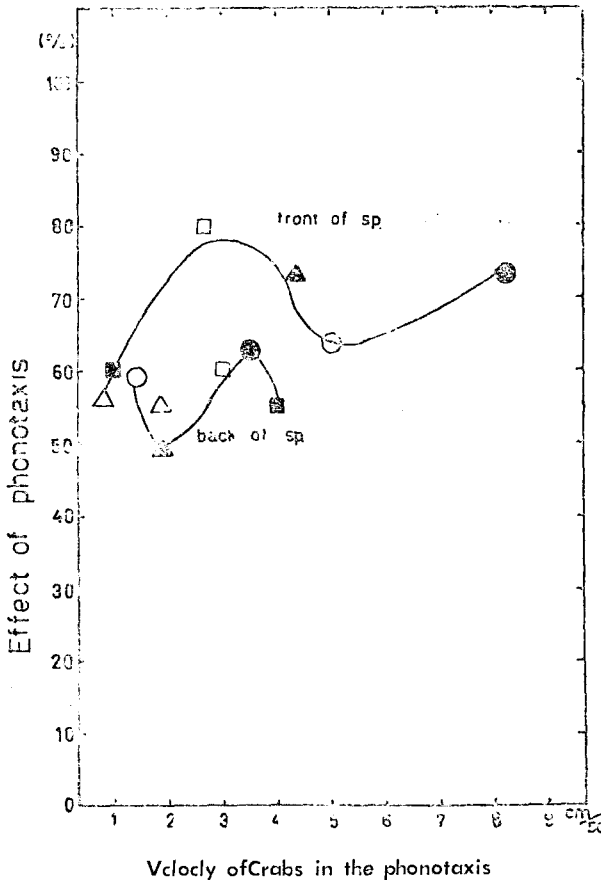


Fig. 4. The relationship between effect of phonotaxis and velocity of crabs *portunus, trituperkulatus* in the phonotaxis.

들은 추음율이 60~80%로 좋은 편이며, 추음속도도 2.5~8cm/sec로 빠른 편이다. 이것에 비해 추음하지 않은 개들은 제자리에서 머물러 있으며, 뒷쪽은 추음효과가 48~63%로 나쁜 편이며, 추음하지 않은 꽃게들은 제자리에 있지 않고 스피커에서 반대면으로 달아난다. 추음한 꽃게들은 스피커 뒷면 근처에 머물지 않고 스피커 옆을 지나 스피커 앞쪽에 머무는 경향이 있다. Fig. 4는 스피커 전후 방향에 있는 개들의 반응을 비교한 것이다.

3. 교미할 때의 소리 : 4월 26일에 구입한 민꽃게 (♂42, ♀36)를 자용을 구별치 않고 큰 수조 두개에 2~3일 사육하는 동안, 교미 자세를 하고 있는 것을 잡아 자용별로 다섯마리씩 분리하여 다른 수조에 3~4일 사육후 한 쌍씩 녹음실의 간이수조에 다시 만나게 하였다. 이렇게 다시 만난 꽃게는 30~40분 동안은 자용이 서로 떨어진 위치에 있고 암컷이 먼저 수컷 앞으로 또는 옆으로 왔다 갔다 하며 약 10분간 움직인후 수컷 옆에 움추러 있다. 이때 수컷이 걷는 자세로 하여 암컷의 감각을 보자으로 자극하고 옆으로 풀러 선다. 이와 같은 행위를 계속 4~5회 되풀이 한다. 이런 행위가 멈춘후 약 10분간 서로 마주 보고 있다가 수컷의 양 오각 증 절절(propodus)과 장절(merus) 사이의 각도가 90°되게 굽히고 지절(dactylus)의 각도를 약 20°되게 벌려서 암컷의 정면으로 향해 옆으로 건지 않고 바로 공격하는 자세를 취하여 닥아선다. 이때 암컷은 머리쪽을 조아더 숙인 자세에서 옆으로 달아나는 자세로 바꾸며 건기 시작한다. 이와 같이 암컷이 움직이면 수컷은 제때르게 좌측 지절로 암컷의

보좌 혹은 유영각을 집고 다음은 우측 지절로 암컷의 좌측 보좌를 천천히 잡는다.

이때 암컷의 양측 제1보좌는 수컷의 제1보좌와 제2보좌 사이로 펼쳐 수컷의 감각 후측연(mesobranchial)의 양

쪽을 포용한다. 수컷은 우측 지절로 잡고 있던 발을 놓으면서 암컷의 갑각 후연(*metabranhial*) 위를 자극시키며 암컷을 앞으로 잡아 당기게 되며, 이 동작으로 암컷이 밑에 있게 되고 수컷은 포용한 상태로 위쪽 자세가 된다. 곧 암컷의 복절은 펼쳐지고 펼쳐진 복절위에 수컷의 복절이 약간 펼쳐지면 암컷의 복절이 수컷의 복절을 덮어 싸는 상태가 된다. 이때부터 교미가 시작되고 개체가 분리될 때까지의 소요시간은 5쌍 중 한쌍은 4시간 30분 간이며, 나머지 네쌍은 90~95분간이었다. 이 시간동안 포용한 상태로 약간씩 자리를 이동하였으며 (5~10cm), 교미가 시작된 뒤 40~45분 경과후 수컷의 좌측 지절로 암컷의 양눈 사이의 액자(*frontal*)을 집거나 자극시킨다. 이때 암컷의 양 지절은 닫은 상태로 하여 밑에서 수컷을 바라보는 자세를 취하여 오자 한쪽만으로 좌우로 이리저리 혼돈다. 7~8분 마다 2~3회 자극시킨 수컷의 오자는 원상태로 되돌아간다. 얼핏 보면 암컷은 수컷의 체구에 가리어 잘 보이지 않는다. 그러나 수컷의 전체 자세로서 쉽게 교미상태의 자세를 분간할 수 있다. 교미가 끝나는 무렵은 암컷이 양쪽 제3보각의 지절 끝을 수컷의 복절과 장역(*intestinal*)의 양쪽 안으로 약간 넣어 펼치는 행위를 2~3번 되풀이 하면, 수컷이 암컷 위를 옆으로 비켜 나가며 암컷의 갑각이 땅에 닿았던 상태에서 빠른 동작으로 일어나 보통자세로 되돌아간다. Crane은 *Uca lactea*(갑폭 3~4cm)가 교미할때 발음을 하고 있다고 보고되어 있고, Yamaguchi는 *Uca lactea*의 교미상태에서 발음을 하지 않는다는 서로 상반된 보고를 하였다. 필자는 갑폭이 6.69cm인 흰꽃게 5쌍의 교미할 때 발음 여부를 알기 위해 녹음하였는데 교미행위를 관찰하면서 이 어폰으로 듣고 녹음된 것을 분석하여 본 결과 다섯쌍 모두 먹이 먹을 때와 같은 발음은 들을 수 없고, 다만 서로 포용하여 이동할 때 간이스조 밑바닥과 암컷의 갑각이 땅에서 나는 마찰소리와 교미를 시작하여 40~45분 후 약 7~8분 간격으로 2~3회 수컷이 좌측 오각으로 암컷의 눈언저리를 집거나 툭툭 쳐서 자극을 시킬 때의 소리를 들을 수 있었고 또 그 소리는 녹음되었다.

4. 소리의 분석

소리의 파형 : 녹음된 꽃게의 내는 소리를 오실로스코프에 나타나게 하여 카메라로 촬영하였고 Fig. 5의 (1), (2), (3), (4), (5), (6)은 각 군별로 나타내는 파형이다.

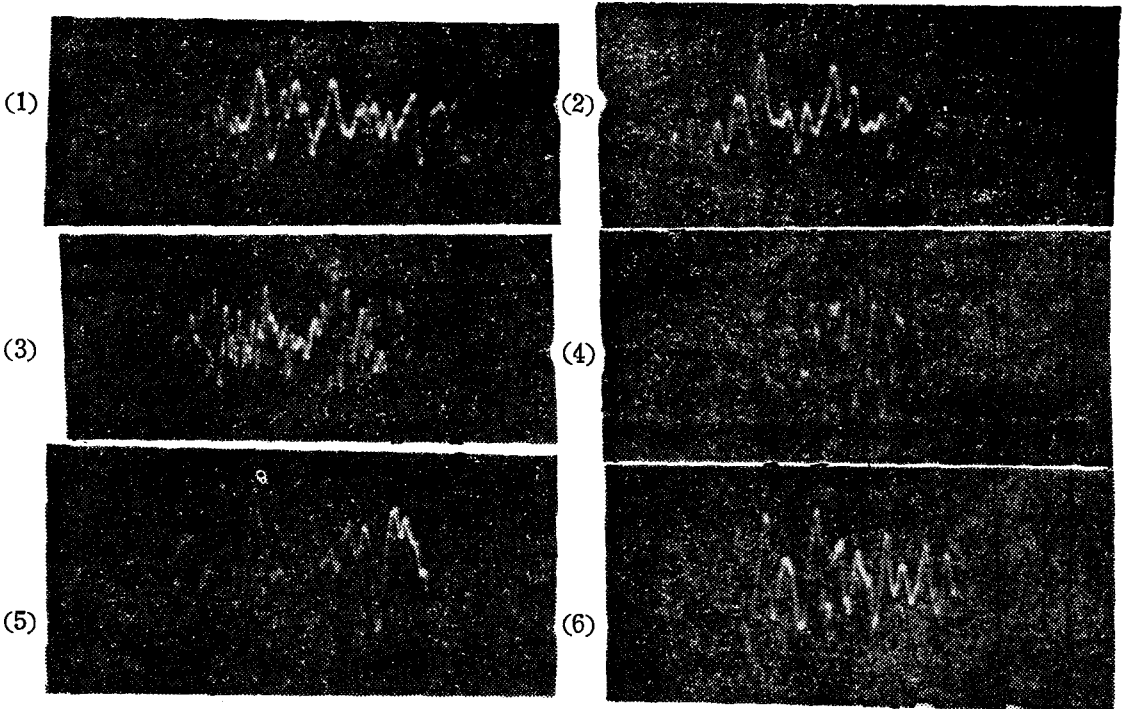


Fig. 5. wave forms of sounds produced by crabs (*portunus trituberculatus*).

- (1) : Sound produced by A(♂) group
- (2) : Sound produced by A(♂) group
- (3) : Sound produced by B(♂) group
- (4) : Sound produced by B(♀) group
- (5) : Sound produced by C(♂) group
- (6) : Sound produced by C(♀) group

꽃게의 소리와 행동

주파수 분석: 녹음기의 음향조절기는 녹음시의 음향과 같은 위치에 놓고, 지시 소음계의 level과 옥타브 대역 주파수 분석기의 level을 일치시킨 후, 게들이 내는 소리의 주파수와 음압 level을 측정하였다. 이때 지시 소음계의 level은 C 특성으로 하고 녹음기의 스피-커로부터 지시 소음계의 마이크로폰까지 거리를 1m로 하여 균별로 선정된 꽃게의 내는 소리를 각 중심 주파수마다

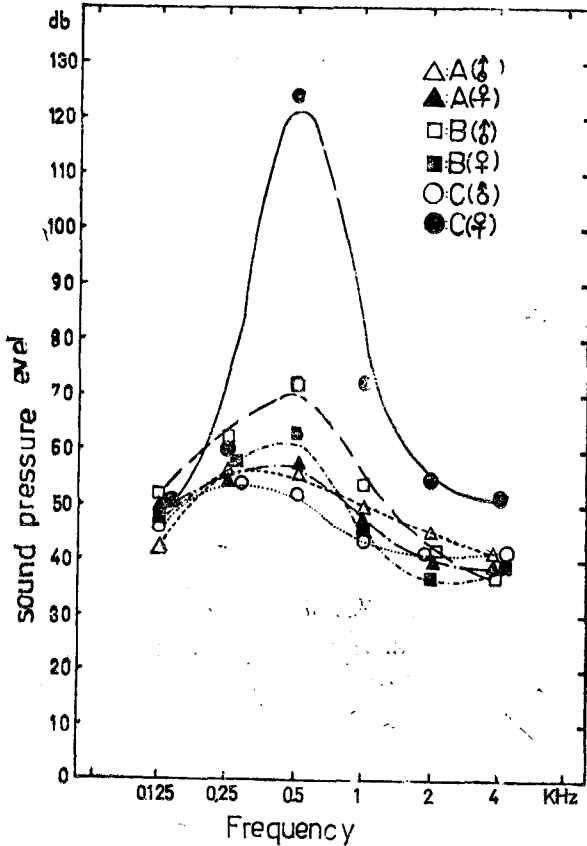


Fig. 6. Sound pressure level spectrum by frequencies. (*portunus trituberculatus*).

1. 꽃게들이 내는 소리의 음압은 크기별, 균별로 다르며, 52~124db이고, 주파수는 250~1000Hz이다.
2. 꽃게의 내는 소리를 방성할때 추음효과는 약 70%이다.
3. 꽃게의 추음속도는 3~6cm/sec이며, 스피-커에 도달한 게는 그곳을 떠나지 않는다.
4. 꽃게의 소리를 이용하여 음향어법에 적용할 때 꽃게의 크기는 갑장 5.6~6.5cm, 갑폭 12.6~15cm인 암컷이 적당하다.

로 선정된 꽃게의 내는 소리를 각 중심 주파수마다 3회 되풀이하여 측정하고, 그 값을 평균하였다. 일반적으로 음원의 level을 알기 위해 사용되는 식은 다음과 같다. 음원 level=측정된 level-증폭기 이득+케이블손실-전치증폭기 이득-수중 마이크로폰 감도+전송 손실이다. 필자가 녹음할 때 기기의 장치에는 전치증폭기와 증폭기가 사용되지 않았고, 또 케이블의 길이가 1m정도였으므로 케이블손실과 전송손실은 미소하므로 생략하였다. Fig. 6은 꽃게가 내는 소리를 주파수에 따라 음원 level로 분석한 것이며, 여기서 대개의 꽃게들은 주파수 250~500Hz, 음원 level이 52~69db로 나타나고 있으나 특히, 개체가 큰 암컷이 내는 소리의 주파수는 500~1000Hz이며 음원 level도 72~124db로 매우 높다.

요 약

꽃게 (*Portunus trituberculatus*) 240마, 민꽃게 (*Charybdis japonica*) 78마 등을 2월 21일 부터 8월 7일 까지 사육하면서, 이들이 먹이를 먹을때 내는 소리를 녹음실의 간이 수조속에서 녹음하고, 행동을 관찰하였으며, 녹음된 소리를 증폭시켜 무향 수조 속에서 수중 스피-커로 방성하였을 때, 수조속 꽃게들의 반응결과와 녹음된 소리를 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 꽃게들이 내는 소리의 음압은 크기별, 균별로 다르며, 52~124db이고, 주파수는 250~1000Hz이다.

참 고 문 헌

Takemura A. and K. Mizue (1968): Studies on the under water sound-I. On the underwater sound of genus *Alpheus* FABRICIUS in the coastal waters of Japan. Bull. Fac. Nagasaki Univ., No. 26, 37-48.

_____. (1969): Studies on the underwater sound- II. On the Diurnal variation of the "TEMPURA

- NOISE" in the coastal waters of Nagasaki prefecture. Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ. No. 28, 31-41.
- Cho A, and J. Chang (1972): A study on the noise of fishes. Bull. of the Korean Fish. Tech. Soc., 8, 14-22.
- 譯Burkenroad, M. D. (1947): Production of sound by the fiddler crabs. *Uca puzilator* with remarks on its nocturnal and mating behaviour. *Ecology*, 23, 458-461.
- Crane, J. (1941): Crab of the Genus *Uca* from the West of Coast of Central America. *Zoologica*, 26, 145-208.
- _____ (1966): Combat, display and ritualization in fiddler crabs (ocypodidae, genus *Uca*). *Phil. Trans. Roy. Soc.*, 251, 459-472. London,
- Gordon, H. R. S. (1955): Displacement activities in fiddler crabs. *Nature* 176, 336-357.
- Harriscyr, I. M. (1957): Techniques in the use the sound sound analyzer. *Hand book of noise control*, 13-17.
- Richard J., (1968): Fish attraction with pulsed low-frequency sound. *Jour. Fish. Res. Canada*, 25(7), 1441-1452.
- Kazuhiro M. (1965): *Bull. Jap. Sci. Fish.*, 31, 765.
- Cohen M, J. and S. D. Raff (1951): Hearing and sound production. *The physiology of crustacea*, II, 100-108.
- Quentin, J. S. (1960): Under-water noise spectra fish sounds and reponse to low frequency of cutthroat trout (*Salmo clarki*) with reference to orientation and homing in Yellow stone Lake. *Rep. trans Amer. Fish. Soc.*, 98(4), 652-663.
- Kim S. H. and Y. R. Yang (1970): Research on phonotaxis of crabs by utilizing under-water acoustical wave. *Bull. Pusan Fish. Coll.*, 10(2), 59-64.
- Salmon, M. (1935): Waving display and sound production in *Uca puzilator* BOCC, with comparisons to *U. minax* and *U. pugnax*. *Zoologica*, 50, 123-150.
- _____ (1967): Coastal distribution, display and sound production by Florida fiddler crabs (Genus *Uca*). *Animal Behaviour*, 15, 449-459.
- Yamaguchi T. (1972): Ecology of fiddler crab (*Uca lactea*), II. Courtship and mating behaviour. *The Aitsu Mar. Bio. St. Kumamoto Univ. CALANUS* No. 3, 38-53.
- Waterman, T. H. (1951): Hearing and sound production. *The physiology of crustacea*, II. Academic press, New York.
- Tavolga W. N. (1967): Underwater sound in marine biology. "Underwater Acoustics" II. 35-41. Plenum press, New York. 1967.