

25th INTERNATIONAL BIOLOGY OLYMPIAD

5 – 13 July 2014

INDONESIA



PRACTICAL TEST 4 ECOLOGY AND ETHOLOGY

실험 시험 4

Total points: **100**

총점: 100

Duration: 90 minutes

시험시간: 90 분

COUNTRY: 국가명	
STUDENT: 학생번호	

Dear Participants 수험생 여러분

- The theme of this test is “**Biogeography and Biodiversity**”. The test consists of three tasks:

이 시험의 주제는 “생물지리학과 생물다양성”입니다. 이 시험은 다음의 세 가지 과제로 구성됩니다.

Task 1 : Island Biogeography (17 points)

섬 생물지리학 (17 점)

Task 2 : Primary Succession after volcanic eruption

화산 폭발 이후의 1 차 천이

Part A: Succession and plant community structure (22 points)

천이와 식물 군집 구조 (22 점)

Part B: Dispersal biology of *Ficus* (30 points)

무화과의 산포 생물학 (30 점)

Task 3 : Speciation

종분화

- Use the **Answer Sheet**, which is provided separately, to answer all the questions. Do not write or make any markings on the Question Paper.
별도로 제공한 **답안지**에 모든 질문에 대한 답을 적으시오. 문제지에는 답을 하거나 어떤 표시도 하지 마시오.
- Answers written in the Question Paper will **NOT** be evaluated.
문제지에 쓴 답은 **평가하지 않음**을 유의하시오.
- Write your answers legibly in ink.
잉크펜으로 읽기 쉽게 답을 쓰시오.
- Please make sure that you have received all the material and equipment listed for all tasks. **If any items are missing, raise your hand immediately.**
모든 과제에 제시된 재료와 장치를 모두 받았는지 확인하시오. **그 중 빠진 것이 있으면, 즉시 손을 드시오.**
- Materials such as photographs and model fruits for Task 1 and 2 will be used by your country team mates. Please do not mark, damage, or take them with you. You may, however, mark on spectograms provided for Task 3.
사진 등의 자료들과 과제 1과 2의 모델 열매는 여러분 국가팀의 동료 수험생이 사용할 것입니다. 여기에 표시를 남기거나 손상을 주지 말고, 가져가지도 마시오. 그러나 과제 3에서 제공하는 스펙토그램에는 표시를 하여도 됩니다.
- Stop answering and put down your pen **immediately** when the bell rings.
종이 울리면 **즉시** 답쓰기를 멈추고 펜을 내려놓으시오.

- At the end of the test, place your Answer Sheet and Question Paper in the envelope provided. Our Assistants will collect the envelope from you.
시험이 끝나면, 답안지와 문제지를 제공된 봉투 안에 넣으시오. 조교가 봉투를 거둬갈 것입니다.

Materials and Equipment 재료와 장치

	Quantity 양	Unit 단위
Material 재료		
Aerial photographs, coded A, B and C 항공사진, A, B, C 를 표시	3	Sheets 장
Model chips of <i>Ficus</i> fruits (in one plastic bag) (1 개의 비닐봉지에 들어있는)무화과 열매 모델	30	chips 개
Sample of whole and dissected <i>Ficus</i> fruit 무화과 열매 전체와 해부된 것 샘플	1 ½	Fruits 열매
Bird song spectrogram and oscillogram 새 지저귀(소리) 스펙토그램과 오실로그램	9	Sheets 장
Blank paper for scrap paper 연습용 백지	2	Sheets 장
Equipment 장치		
Calculator 계산기	1	Piece 개
Ruler 자	1	Piece 개
Vernier caliper 버니어캘리퍼스	1	Piece 개
Magnifying glass 확대경	1	Piece 개
Color pencils 색연필	4	Pieces 개
Pencil sharpener 연필깎기	1	Piece 개
MP3/audio player with recording of bird song + earphone 새 지저귀(소리) 녹음이 들어있는 MP3/오디오 플레이어 + 이어폰	1	Set 세트

BIOGEOGRAPHY & BIODIVERSITY (생물지리학과 생물다양성)

Indonesia is a megabiodiversity country consisting of over 17,000 islands, spanning from Sumatra island in the west, to Papua in the east (see aerial photograph coded A). The country's rich biodiversity can be attributed to its tropical setting, as well as its biogeographical history. The following three tasks concern several important concepts related to biogeography, colonization, succession, and speciation, using examples from Indonesia.

인도네시아는 서쪽으로는 수마트라섬으로부터 동쪽으로는 파푸아(항공사진에서 A)에 이르는 17,000 개 이상의 섬으로 구성된 다양성이 매우 높은 나라이다. 인도네시아의 풍부한 생물다양성은 생물지리학적 역사뿐만 아니라 열대지방에 위치하는 것에 기인할 수 있다. 다음 3 과제는 생물지리학, 정착, 천이, 그리고 종분화와 관련된 몇몇 중요한 개념을 인도네시아에서의 예를 사용하여 다룬다.

Task 1. Island Biogeography (17 points) 과제 1. 섬생물지리학(17 점)

Introduction (도입)

The Equilibrium Theory of Island Biogeography (MacArthur and Wilson, 1963, 1967) suggests that the number of species on an island represents an equilibrium between immigration of new species (i.e., addition of species) and local extinction (i.e., loss of species). The rate of new species immigration is affected by the island's distance from the mainland as a colonization source, while the rate of local extinction is affected by island size.

섬생물지리학 평형이론은 한 섬에 있는 종의 수는 새로운 종의 유입(즉, 종의 추가)과 지역적인 절멸(즉, 종의 소실) 사이의 평형에 의해 결정된다는 것을 제안한다. 새로운 종의 유입률은 정착할 종의 공급원으로서 본토로부터 섬까지의 거리에 의해 영향을 받는다. 반면 지역적인 절멸률은 섬의 크기에 의해 영향을 받는다.

- Study the aerial photograph provided for Halmahera islands (coded B), which are on the eastern part of Indonesia, and locate the following five islands :
할마헤라군도(B 로 표시됨)의 항공사진을 보시오. 이 군도는 인도네시아의 동쪽에 위치하며 다음 5 개의 섬으로 구성된다.
 - Ternate 테르나테(area 면적: 111.80 km²)
 - Tidore 티도레(117.60 km²)
 - Mare 마레(6.04 km²)
 - Moti 모티(24.60 km²)
 - Makian 마키안(113.12 km²)

- Using the ruler provided, estimate the actual distance from the mainland of Halmahera to each island. Distance is measured as the shortest length connecting the outer edges of islands (example given in **Figure 1**).

제공된 자를 사용하여 할마헤라 본토로부터 각 섬에 이르는 실제 거리를 추정하시오. 거리는 그림 1 에서서 보여주는 예와 같이 섬의 가장 바깥 가장자리를 본토와 연결하는 최단 거리로 측정된다.

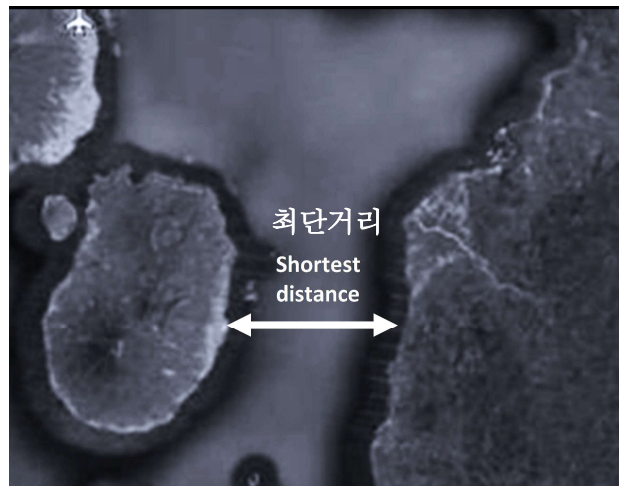


Figure 1. Measurement of shortest distance between islands.

그림 1. 섬 사이의 최단거리 측정

Question 1.1. (5 points) For each island, determine its distance from the mainland and record your measurements in the **Answer Sheet**.

문제 1.1. (5 점) 각각의 섬에 대하여 할마헤라 본토로부터의 거리를 측정하고 **답안지**에 측정치를 적으시오.

Question 1.2. (10 points) Fill in the appropriate islands whose rates of colonization and extinction have been depicted in the graph in the **Answer Sheet**, using the island codes provided below:

문지 1.2. (10 점) **답안지**의 그래프에 표시된 정착률과 절멸률에 해당하는 **섬의 기호**(아래에 제공됨)를 각각 적으시오.

Code(기호)	Island(섬)
A.	Ternate(테르나테)
B.	Tidore(티도레)
C.	Mare(마레)
D.	Moti(모티)
E.	Makian(마키안)

Question 1.3. (2 points) Which two islands listed have the largest number of species in equilibrium?

문제 1.3. (2 점) 아래의 섬 중에서 평형상태에서 종 수가 가장 많은 섬 2개를 고르시오.

- A. Ternate (테르나테)
- B. Tidore (티도레)
- C. Mare (마레)
- D. Moti (모티)
- E. Makian (마키안)

Task 2. Primary Succession After Volcanic Eruption (52 points)

과제 2. 화산폭발 후 1 차 천이(52 점)

Introduction(도입)

The Krakatau islands are a small volcanic group located in the strait of Sunda which separates the large islands of Java and Sumatra (see aerial photograph coded C). In 1883, Mount Krakatau produced one of the most catastrophic volcanic eruptions in human history and a new volcanic island, Anak Krakatau (Child of Krakatau) emerged in 1927 and is still active today.

크라카타우 제도는 큰 섬인 자바와 수마트라(항공사진에서 C로 표시됨)를 분리하는 순다 해협에 위치하는 작은 화산섬들로 구성된다. 1883년 인간 역사에서 가장 큰 재앙을 준 화산폭발 중의 하나가 크라카타우산에서 일어났다. 이때 하나의 새로운 화산섬인 아낙 크라카타우(크라카타우의 자식)가 1927년 나타났으며, 이 화산은 아직도 활동하고 있다.

Part A : Succession and Plant Community Structure

파트 A: 천이와 식물군집 구조

Anak Krakatau has now become a habitat for a variety of flora and fauna. Table 1 presents part of the data collected on plant species richness and abundance on Anak Krakatau in 1934, 1949, 1963, 1979 and 1991. Using data from Table 1, compare the plant community structure on Anak Krakatau across these years, using diversity and similarity indices.

이제 아낙 크라카타우는 다양한 식물과 동물의 서식지가 되었다. 표 1은 1934, 1949, 1963, 1979, 1991년에 아낙 크라카타우에서 조사된 식물의 종 수와 풍부도 데이터의 일부를 나타낸 것이다. 표 1의 데이터를 사용하여 조사된 해 사이에 아낙 크라카타우의 식물군집 구조를 다양성 지수와 유사도 지수를 사용하여 비교하시오.

Table 1. List and abundance of plant species on Anak Krakatau.

표 1. 아낙 크라카타우에서 식물 종 목록과 풍부도

No	Life Form* 생활형*	Plant Species 식물 종	Habitat** 서식지**	Plant Abundance 식물 풍부도 (number of individuals per unit area) (단위 면적당 개체 수)				
				1934	1949	1963	1979	1991
1	T	<i>Calophyllum inophyllum</i>	I	0	0	1	3	35
2	H	<i>Canavalia rosea</i>	C	1	0	3	7	37
3	T	<i>Casuarina equisetifolia</i>	C	0	0	2	8	59
4	T	<i>Cocos nucifera</i>	C	0	0	2	11	69
5	S	<i>Eupatorium odoratum</i>	C	0	0	3	17	121
6	T	<i>Ficus septica</i>	I	0	0	0	5	16
7	T	<i>Hibiscus tiliaceus</i>	C	2	0	8	26	56
8	H	<i>Imperata cylindrica</i>	C	0	0	15	94	256
9	H	<i>Ipomoea pes-caprae</i>	C	18	15	37	80	212
10	H	<i>Nephrolepis hirsutula</i>	C	15	12	30	58	278
11	T	<i>Nypa fruticans</i>	C	0	0	2	11	87
12	T	<i>Pandanus tectorius</i>	C	2	0	8	28	101
13	T/S	<i>Pongamia pinnata</i>	C	2	0	0	0	65
14	H	<i>Saccharum spontaneum</i>	I	0	0	5	19	189
15	T	<i>Samanea saman</i>	I	0	0	2	3	45
16	S	<i>Scaevola taccada</i>	C	0	0	2	18	37
17	H	<i>Spathoglottis plicata</i>	I	0	0	0	0	28
18	T	<i>Tamarindus indica</i>	I	0	0	0	2	21
19	T	<i>Terminalia catappa</i>	I	0	0	3	4	121
20	H	<i>Vigna marina</i>	C	2	3	4	5	46
DIVERSITY INDEX (H') 다양성 지수(H')				??	0.94	2.17	2.33	2.70

*T=tree, H=herb, S=shrub; **I=inland, C=coast

* T=목본, H=초본, S=관목; **I=내륙, C=해변

- The Shannon-Wiener diversity index (H') as in Table 1 is calculated using the formula below.
표 1의 섀넌-위너 다양성 지수(H')는 아래 식을 사용하여 계산하였다.

$$H' = - \sum_{i=1}^n (p_i \ln p_i)$$

where (여기에서): H'= diversity index (다양성 지수)

p_i = the proportion of the i^{th} species (i 번째 종의 개체 수 비율)

$\ln p_i$ = the natural logarithm of p_i (p_i 의 자연 로그)

n = the number of species in the community (군집에서 종의 수)

문제 2.1. (3 점). 1934 년 아낙 크라카타우에서 식물 다양성 지수는?

- 두 군집 사이의 유사도는 종종 다음과 같은 소렌슨 유사도 지수를 사용하여 나타낸다.

$$\beta = \frac{2c}{S_1 + S_2}$$

중복되는 경우) 사이가 된다.

Page 9 of 19

Question 2.4. (4 points) Indicate, using the data above, whether the following statements are true or false.

문제 2.4. (4 점) 위의 데이터를 사용하여 다음 진술에 대한 옳고 그름을 표시하십시오.

- A. Plant species richness at a particular observation year is always higher than the previous observation year.
특정해에 조사된 식물 종 풍부도는 그 이전해에 조사된 것보다 항상 더 높다.
- B. Vegetation in 1979 shows lower species evenness compared to 1963 (evenness is defined as H' divided by the natural logarithm of the number of species).
1979 년의 식생은 1963 년에 비해 종 균등도가 더 낮다(균등도는 H' (종 수의 자연로그 값)로 정의 된다.).
- C. On Anak Krakatau, the first pioneer plant species were dispersed by sea.
아낙 크라카타우에서 처음 개척 식물 종들은 바다를 통해 전파되었다.
- D. On this island, the first pioneer plant species were woody plants.
이 섬에서 처음 개척 식물 종들은 목본 식물이었다.

Question 2.5. (6 points) Using the data from Table 1, plot the number of species colonizing the coastal and inland areas of Anak Krakatau against time (in years) in the graph provided in the Answer Sheet.

문제 2.5. (6 점) 표 1 의 데이터를 사용하여 답안지에 주어진 그래프에 시간(년도)에 대한 아낙 크라카타우의 해변과 내륙에 정착한 종 수 그래프를 완성하십시오.

Question 2.6 (2 points) Based on your graph, state whether the following statements are true or false.

문제 2.6. (2 점) 그린 그래프에 근거하여 다음 진술이 참인지 거짓인지 판단하십시오.

- A. The coastal colonization of Anak Krakatau stabilized after 45 years.
아낙 크라카타우 해변에서의 정착은 45 년 후에 안정화되었다.
- B. The inland colonization of the island occurred 15-30 years after that of the coast.
이 섬 내륙에서의 정착은 해변에서의 정착보다 15-30 년 늦게 일어났다.

Part B: Dispersal Biology of *Ficus*

파트 B: 무화과의 산포 생물학

The size of a plant's fruit and seed is related to its ability to disperse and colonize new sites. Three different species of fig (*Ficus*) are found on Anak Krakatau, i.e., *Ficus hispida*, *Ficus septica* and *Ficus variegata* (Table 2).

식물의 열매와 종자 크기는 산포되어 새로운 장소에 정착하는 능력과 관계가 있다. 무화과 3 종(*Ficus hispida*, *Ficus septica* and *Ficus variegata*: 표 2)이 아낙 크라카타우에서 발견되었다.

Table 2. Description of fruits of *Ficus* species found on Anak Krakatau

표 2. 아낙 크라카타우에서 발견된 무화과 3 종의 열매에 대한 설명

Species (종)	Fruit Description (열매에 대한 설명)
<i>Ficus hispida</i>	having the form of a pear, greenish yellow, diameter 24-35 mm. (먹는) 배 모양, 녹색을 띠는 노랑색, 직경 24-35mm
<i>Ficus septica</i>	globular, light green, longitudinally ribbed with many pole warts, diameter 15-25 mm. 둥근 모양, 연한 녹색, 많은 막대모양 돌기를 가지고 세로로 배열된 갈비뼈 모양, 직경 15-25mm
<i>Ficus variegata</i>	globular, red with white lines and blotches, or yellowish green, diameter 20-25 mm 둥근 모양, 흰색 줄과 반점을 가진 붉은색, 또는 연두색, 직경 20-25mm

- On your table, you will find a bag containing a mixture of 30 *Ficus* “fruits” (*they are not actual fruits, but are acrylic chips that are representative of the actual form and size of the original fruits*). Each chip has a serial number printed on it.
테이블 위에 30 개의 무화과 “열매”(이들은 진짜 열매가 아니라 실제 열매의 크기와 실제 형태를 대표할 수 있도록 만든 아크릴 모형이다.)가 들어 있는 봉지가 있다. 각각의 모형에는 일련번호가 적혀 있다.
- Observe the morphology and color of the fruits and separate them according to species.
열매의 형태와 색을 관찰하고 종별로 분류하시오.
- Using the Vernier caliper provided, measure the diameter of each fruit, i.e., the widest part of the fruit, as in the example below. Record your measurements in millimeters (Precision: two places after the decimal point).
버니어 캘리퍼스를 사용하여 아래의 예에서 보여주는 것처럼 열매의 가장 넓은 부분에서 열매 각각의 직경을 측정하고, 답지에 밀리미터 단위로 측정치를 적으시오.(주의: 소수점 아래 둘째 자리까지 적으시오.)

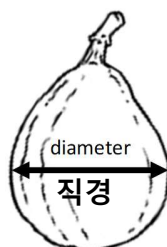


Figure 2. Example of fruit diameter measurement at the widest part.

그림 2. 가장 넓은 부분에서 열매의 직경을 측정하는 예

Question 2.7. (15 points) Enter your measurements of all fruits into the table in the **Answer Sheet**. Be sure to record your data in the appropriate species column and according to the serial number printed on each fruit. After all fruits have been measured, calculate the average diameter and standard deviation for each species.

문제 2.7. (15 점) 답안지의 표에 모든 열매의 측정치를 적으시오. 적절한 종에 해당하는 열(세로줄)에 각 열매에 적혀 있는 일련번호에 따라 데이터를 적어야 합니다. 모든 열매를 측정한 후에 각 종에 해당하는 열매의 평균 직경과 표준편차를 계산하시오.

Question 2.8. (8 points) Using your data from Question 2.7, draw a bar graph with standard deviation, to illustrate the size comparison among fruits of the three species. You may use the color pencils provided.

문제 2.8. (8 점) 문제 2.7 에서 답한 데이터를 사용하여 3 종의 열매 크기를 비교하여 보여주는 표준편차가 포함된 막대 그래프를 그리시오. 이때 제공된 색연필을 사용할 수 있다.

Fig fruits are highly variable and are consumed by almost all taxa of terrestrial vertebrates, such as birds and bats. Birds have a relatively narrow gape, lack teeth, have tetrachromatic vision and a poor sense of smell. Bats have teeth, eat fruit piecemeal, are mostly nocturnal, and have a keen sense of smell. Birds usually prefer seeds/fruits with a size of around 11.3 mm, while bats can eat fruits greater than 50 mm in diameter.

무화과 열매는 변이가 심하며 새와 박쥐 같은 거의 모든 육상 척추동물 무리에 의해 소비된다. 새는 상대적으로 좁은 입을 가지고, 이빨이 없으며, 4 원색 감지 시각을 가지고, 냄새를 잘 감지하지 못한다. 박쥐는 이빨을 가지고 열매를 조각내서 먹으며, 대부분 밤에 활동하고, 냄새를 잘 감지한다. 새는 보통 약 11.3mm 의 크기인 종자/열매를 선호하는 반면 박쥐는 직경이 50mm 이상인 열매를 먹을 수 있다.

Question 2.9. (4 points) Indicate whether the following statements are true or false.

문제 2.9. (4 점) 다음 진술이 참인지 거짓인지 판단하여 표시하시오.

- A. Bats will choose fruit colors such as green, yellow, pale, orange or brown, i.e., colors that do not contrast with its surroundings.
박쥐는 녹색, 노랑, 희미한 색, 오렌지 또는 갈색 같은 색을 가지는 열매를 선택할 것이다.
즉, 주변과 대비되지 않는 색을 가진 열매를 선택할 것이다.
- B. Birds eat *Ficus benjamina*, another species with red fruits that are 9.8 mm in diameter.
새는 직경이 9.8mm 인 붉은색 열매를 가지는 다른 종인 *Ficus benjamina* 를 먹는다.
- C. Based on fruit size, *Ficus hispida* is more likely to rely on bats for its dispersal than *Ficus septica*.
열매 크기에 근거하여 *Ficus hispida* 는 *Ficus septica* 보다 종자의 산포를 박쥐에 더 의존할 것 같다.
- D. Birds will eat *Ficus variegata*.
새는 *Ficus variegata* 를 먹을 것이다.

Using a magnifying glass, observe the sample of *Ficus* fruit on your table. This 'fruit' is actually a unique structure called syconium, which has many flowers on its inner surface. The syconium is pollinated by specialized fig wasps, which enter and pollinate the flowers as they lay eggs in the ovules. The syconium is essential for wasp larvae development and their eventual mating.

확대경을 사용하여 테이블 위에 있는 *Ficus* 열매 표본을 관찰하십시오. 이 '열매'는 안쪽에 많은 꽃을 가지는 은두화서(꽃차례)라 부르는 독특한 구조를 가진다. 은두화서는 특수하게 분화된 무화과 말벌에 의해 수분된다. 말벌은 그들이 무화과의 은두화서로 들어가서 밑씨에 알을 낳을 때 수분이 일어나게 한다. 은두화서는 말벌의 애벌레가 발달하는 데, 그리고 그들의 짝짓기에 꼭 필요하다.

Question 2.10. (3 points) Based on the above information and observation, indicate if each of the following statements is true or false.

문제 2.10. (3 점) 위 정보와 관찰에 근거하여 다음 진술이 참인지 거짓인지 표시하십시오.

- A. The *Ficus* syconium contains both male and female flowers.
무화과의 은두화서는 수꽃과 암꽃을 모두 가진다.
- B. The interaction between *Ficus* and fig wasps is not mutualistic.
무화과와 무화과 말벌 사이의 관계는 상리공생관계가 아니다.
- C. The relationship between these two species is an example of coevolution.
이 두 종 사이의 관계는 공진화의 예이다.

Task 3. Speciation in Songbirds (31 points) (과제 3. 명금의 종분화, 31 점)

Introduction (도입)

Songbirds communicate to other animals using clear sound or vocal signals, which are important cues for both intra- and interspecific recognition.

명금은 명확한 지저귀임(소리) 또는 목소리 신호를 사용하여 다른 동물과 소통한다. 이 소리 신호는 종내 그리고 종간 인식 모두에 중요한 단서가 된다.

An ornithologist has been studying several songbirds in the tropical forests of Indonesia and uses song variations to investigate bird speciation. He analyses all songs using spectrograms (sonograms) and oscillograms, which are produced by an instrument called a sound spectrograph (sonograph). A spectrogram, which is a plot of sound frequency (pitch) on the vertical axis against time on the horizontal axis, reveals (1) the frequency range and (2) the duration of the song. The oscillogram plot is the variation in amplitude (loudness) against time.

조류학자는 인도네시아의 열대림에서 여러 종류의 명금을 연구하였으며, 새의 종분화를 연구하기 위하여 새의 지저귀임에 있어서의 변이를 사용하였다. 그는 소리 분석기(소노그래프)라 부르는 도구에 의해 만들어지는 스펙트로그램(음향기록도)과 오실로그램을 사용하여 모든

지저귀음을 분석하였다. 가로축에는 시간을, 세로축에는 소리의 주파수(피치)를 나타낸 스펙트로그램은 (1) 주파수 범위와 (2) 지저귀음의 지속기간을 보여준다. 오실로그램은 시간에 대한 진폭(크기)의 변이를 보여준다.

Bird sounds typically consist of: **call** (short and simple) and **song** (long and complex). In addition to a repertoire ("collection") of song types, birds also produce pure tonal or whistled sounds that can be modulated/varied in both frequency and amplitude. A typical spectrogram and oscillogram, with explanation is given below:

새소리는 전형적으로 call(짧고 단순)과 song(길고 복잡)으로 구성된다. Song 유형의 레퍼토리("수집")에 더하여 새는 주파수와 진폭 모두 변조될 수 있는 단순한 톤 또는 휘파람 소리도 낸다. 전형적인 스펙트로그램과 오실로그램은 설명과 함께 아래에 주어졌다.

R

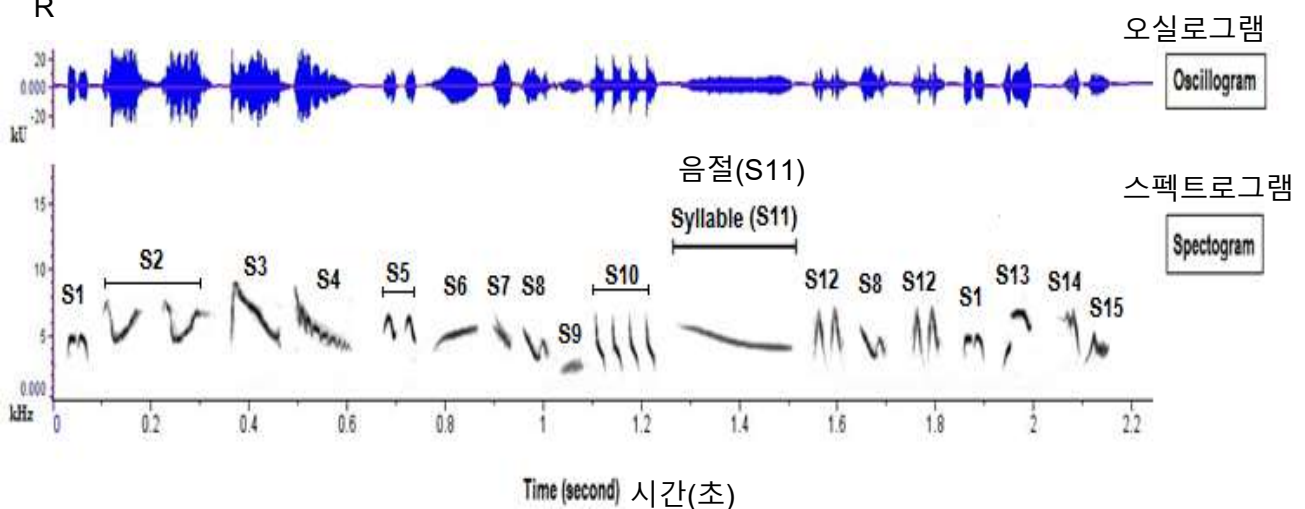


Figure 3. Spectrogram and oscillogram of different syllables from a songbird's repertoire.

그림 3. 한 마리의 명금 레퍼토리로 부터 얻은 여러 음절의 스펙트로그램과 오실로그램

- Syllable (S): One or more continuous traces, consisting of one, two or three elements, which appear together in a sequence
음절(S): 연속적으로 함께 나타나는 하나, 둘, 또는 세 요소로 구성된 하나 또는 그 이상의 연속적인 그림.
- Syllables can be distinguished according to the syllable's frequency range
음절은 음절의 주파수 범위에 따라 구분될 수 있다.
- Syllable Repertoire (SR): number of different syllables in a song (Fig. 3, $\sum SR = 15$)
음절 레퍼토리(SR): 한 지저귀음에서 다른 음절의 수(그림 3, $\sum SR = 15$)

You have been provided with the spectrograms of nine individual songbirds. Your task is to analyze all the spectrograms using the terminologies described above, and identify different groups of songbirds. You have also been given an MP3 player and ear phone to listen to the recorded songbirds (see Appendix B if needed).

9 마리 명금의 스펙트로그램이 주어졌다. 과제는 위에 설명된 용어를 사용하여 모든 스펙트로그램을 분석하고 서로 다른 무리의 명금을 확인하는 것이다. MP3 플레이어와 이어폰을 이용하여 기록된 명금의 지저귀음을 들을 수 있다(필요하다면 부록 B 를 보시오).

Question 3.1. (1 points) Which of the syllable types below are unmodulated frequency traces?

문제 3.1. (1 점) 아래의 어떤 음절 유형이 변조되지 않은 주파수 그림인가? 모두 고르시오.



A. 1

B. 2

C. 3

D. 4

E. 5

Question 3.2. (18 points) Count the number of different syllables for each song from the nine spectrograms provided and enter them into the table in the **Answer Sheet**. Different syllables in a song can be more clearly distinguished by comparing between the oscillogram and the spectrogram.

문제 3.2. (18 점) 주어진 9 개의 스펙트로그램으로 부터 각 지저귀음에 대해 다른 음절의 수를 세어 **답안지**의 표에 적으시오. 하나의 지저귀음에서 다른 음절은 오실로그래와 스펙트로그램을 비교 분석하면 더 명확히 구분될 수 있다.

Question 3.3. (3 points) Assign the individual songbirds to three putative species groups A, B and C, based on the closeness of their syllable repertoires as well as their characteristic spectrograms.

문제 3.3. (3 점) 그들의 특징적인 스펙트로그램뿐만 아니라 음절 레퍼토리의 유사성에 근거하여 각각의 명금을 잠정적인 3 종 A, B, C 에 할당하시오.

Question 3.4. (8 points) Compare the syllable repertoire of the two species groups that have the highest and lowest numbers of syllables, identified in Question 3.3, using the two-sample t-test with 95% confidence level (Appendix A). Tabulate the results of your analysis in the **Answer Sheet**.

문제 3.4. (8 점) 문제 3.3 에서 할당된 무리 중 가장 많은 수의 음절과 가장 적은 수의 음절을 가지는 두 종에 해당하는 무리의 음절 레퍼토리를 비교하시오. 이때 t-검정을 사용해서 95% 유의 수준(부록 A)에서 두 집단을 비교하 시오. 분석 결과를 이용하여 **답안지**의 표를 완성하시오.

Question 3.5. (1 points) Assuming that difference in syllable repertoires implies different species, indicate which of the following statements are correct.

문제 3.5. (1 점) 음절 레퍼토리의 차이는 다른 종을 의미한다는 가정을 가지고 다음 진술 중 옳은 것에 표시하십시오.

- A. The two groups belong to the same species.
두 무리는 같은 종에 속한다.
- B. The two groups belong to two different species.
두 무리는 두 개의 다른 종에 속한다.

APPENDIX A: Student t-test 스튜던트 t-검증

Statistical analysis by Student t-test can be used to compare between two groups. The calculated value is interpreted according to the t-table value at the significance level (i.e., if the calculated value \geq table value, the null hypothesis is rejected and it can be concluded that the difference is greater than what would be expected by chance; or if the calculated value $<$ table value, the null hypothesis is accepted and it can be concluded that the observed difference could have been the result of chance).

두 집단을 비교하기 위해서는 스튜던트 t-검증에 의한 통계 분석을 한다. t-table 에 제시된 특정 유의수준의 값에 의해서 계산한 값을 해석한다(즉, 계산한 값 \geq table 값이면, 영가설을 기각하며, 관찰값의 차이가 우연에 의해 발생하는 것보다 크다고 결론내릴 수 있다. 반대로 계산한 값 $<$ table 값이면, 영가설을 받아들이며, 관찰값의 차이는 우연히 발생한 결과일 수 있다고 결론내릴 수 있다.)

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

\bar{X}_1 = mean of sample 1

\bar{X}_2 = mean of sample 2

n_1 = number of subjects in sample 1

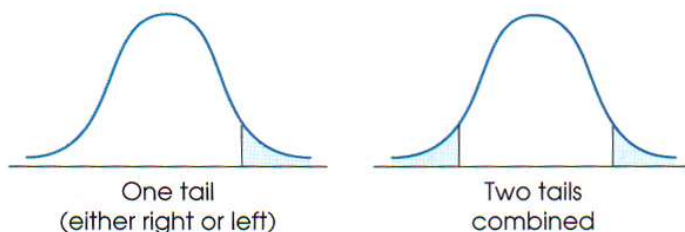
n_2 = number of subjects in sample 2

S_1^2 = variance of sample 1 = $\frac{\sum (x_1 - \bar{X}_1)^2}{n_1}$

S_2^2 = variance of sample 2 = $\frac{\sum (x_2 - \bar{X}_2)^2}{n_2}$

Statistical Tables Table t - distribution

Table entries are values of t corresponding to proportions in one tail or in two tails combined



t Table

cum. prob	$t_{.50}$	$t_{.75}$	$t_{.80}$	$t_{.85}$	$t_{.90}$	$t_{.95}$	$t_{.975}$	$t_{.99}$	$t_{.995}$	$t_{.999}$	$t_{.9995}$
one-tail	0.50	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005	0.001	0.0005
two-tails	1.00	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.002	0.001
df											
1	0.000	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.71	31.82	63.66	318.31	636.62
2	0.000	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	22.327	31.599
3	0.000	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	10.215	12.924
4	0.000	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	7.173	8.610
5	0.000	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	5.893	6.869
6	0.000	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.208	5.959
7	0.000	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.785	5.408
8	0.000	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	4.501	5.041
9	0.000	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.297	4.781
10	0.000	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.144	4.587
11	0.000	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.025	4.437
12	0.000	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.930	4.318
13	0.000	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.852	4.221
14	0.000	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.787	4.140
15	0.000	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.733	4.073
16	0.000	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.686	4.015
17	0.000	0.689	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.646	3.965
18	0.000	0.688	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.610	3.922
19	0.000	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.579	3.883
20	0.000	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.552	3.850
21	0.000	0.686	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.527	3.819
22	0.000	0.686	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.505	3.792
23	0.000	0.685	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.485	3.768
24	0.000	0.685	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.467	3.745
25	0.000	0.684	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.450	3.725
26	0.000	0.684	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.435	3.707
27	0.000	0.684	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.421	3.690
28	0.000	0.683	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.408	3.674
29	0.000	0.683	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.396	3.659
30	0.000	0.683	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.385	3.646
40	0.000	0.681	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.307	3.551
60	0.000	0.679	0.848	1.045	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	3.232	3.460
80	0.000	0.678	0.846	1.043	1.292	1.664	1.990	2.374	2.639	3.195	3.416
100	0.000	0.677	0.845	1.042	1.290	1.660	1.984	2.364	2.626	3.174	3.390
1000	0.000	0.675	0.842	1.037	1.282	1.646	1.962	2.330	2.581	3.098	3.300
Z	0.000	0.674	0.842	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	3.090	3.291
	0%	50%	60%	70%	80%	90%	95%	98%	99%	99.8%	99.9%
	Confidence Level										

APPENDIX B: MP3 Player User Guide

부록 B: MP3 플레이어 사용자를 위한 안내

On your MP3 player, you will find 4 buttons which are: mode button, play button, hold button and volume button (see Figure A).

MP3에는 4개의 버튼(mode button, play button, hold button, volume button)이 있다.

- The mode button (1) can be used to go forward to the next song (by turning the button right) or backward to the previous song (by turning the button left). This mode button can also be used as an OK button to choose the selection in the root menu by pressing down.

Mode button은 (1) 다음 지저귀음 소리로 갈 때 (오른쪽 버튼을 돌림) 또는 앞의 지저귀음 소리로 되돌아갈 때 (왼쪽 버튼을 돌림) 사용할 수 있다.

- The play button (2) is used to play a song or to pause a song. This button is also used to turn the MP3 player on/off.

Play button은 (2) 지저귀음 소리가 나오게 하거나 멈추게 할 때 사용한다. 이 버튼은 MP3 플레이어를 켜거나 끌 때(on/off)도 사용한다.

- The hold button (3) is used to freeze this MP3 player so no button will be responsive as long as the hold button is on the left position.

Hold button은 (3) MP3 플레이어의 다른 버튼이 작동하지 않도록 할 때 hold button을 왼쪽에 위치하게 하여 사용한다.

- The volume button (4) is used to raise the volume (the + button) or to reduce the volume (the - button)

Volume button은 (4) 소리를 크게 할 때(+버튼) 또는 소리를 작게 할 때(- 버튼) 사용한다.



To play a song, first turn on your MP3 player (by pressing the play button more than 3 seconds), then select music (the musical note icon, spelled MSC) from the main menu (Figure B) then press the mode button on the MP3 player's upper left corner. Here you will find your songbird's song, with each song title numbered according to the respective sonogram. Push the play button to play the song. Turn the mode button right for going forward to the next song, or turn left for going backward to the previous song. You

can also hold the button right to fast-forward the song you are listening to and hold left for reversing backward. On the screen upper right corner, you can see the time and duration of the song.

새의 지저귐 소리를 듣기 위해서는 먼저 MP3 플레이어의 전원을 켜다(play button 을 3 초 이상 누름). 그리고 나서 메인 메뉴(Figure B)에서 지저귐 소리(MSC 로 표시된 음악 아이콘)를 선택하고, MP3 플레이어 왼쪽 위의 모서리에 있는 mode button 을 누른다. 여기에서 각 지저귐 소리마다 음향기록도(sonogram)에 번호를 매겨놓은 명금의 지저귐 소리를 찾을 수 있다. 플레이 버튼을 눌러서 지저귐 소리를 나오게 한다. Mode button 을 오른쪽으로 돌려서 다음 지저귐 소리를 듣거나, 왼쪽으로 돌려서 이전 지저귐 소리를 듣는다. 모드 버튼을 오른쪽 끝에 고정시켜 지저귐 소리를 빠르게 진행시킬 수 있으며, 왼쪽 끝에 고정시켜 반대로 진행되게 할 수 있다. 오른쪽 위 모서리에서 지저귐 소리가 나온 시각과 기간을 볼 수 있다.



Figure B. MP3 Main Menu
MP3 메인 메뉴