

광릉숲, 장수하늘소



Gwangneung forest,
Callipogon relictus Semenov

광릉숲, 장수하늘소

Gwangneung forest, *Callipogon relictus* Semenov

광릉숲, 장수하늘소

Gwangneung forest, *Callipogon relictus* Semenov

인쇄 2019. 12. 20.

발행 2019. 12. 20.

발행인 국립수목원장

발행처 국립수목원 산림생물다양성연구과

주소 경기도 포천시 소흘읍 광릉수목원로 509

전화 031-540-8833 팩스 031-540-8800

집필 임종옥, 이승규, 김철학, 이봉우, 오승환

사진제공 임종옥, 이승규, 최익제

도움 주신 분들 최익제, 남종우, 국립문화재연구소(천연기념물센터),

Alexander V. Kuprin, Meiyang Lin, 김준현, 정종국, 정종철

편집·제작 자연과생태

발간등록번호 11-1400119-000382-01

ISBN 979-11-88720-96-5 93490



Gwangneung forest,
Callipogon relictus Semenov

광릉숲,
장수하늘소

곤충은 전 세계에 100만 종 이상이 보고된, 지구에 기록된 생물군의 70~80%를 차지하는 큰 분류군으로, 바다 속을 제외한 거의 모든 서식지에서 그들만의 거대한 왕국을 건설하며 살아가고 있습니다.

하늘소과는 전 세계에는 4,000여 속(genus), 38,000여 종(species), 우리나라에는 356종이 기록된 딱정벌레목의 한 과(family)입니다. 화려한 몸 색깔과 높은 종 다양성으로 많은 수집가의 관심 대상이자, 꽃하늘소류처럼 산림생태계에서 화분매개자 역할을 하는 종들, 장수하늘소, 버들하늘소처럼 분해자 역할을 하는 종들에 이르기까지 경제적으로 매우 중요한 곤충군이라고 할 수 있습니다.

우리나라에 기록된 하늘소과를 포함한 모든 딱정벌레류 중에서 가장 클 뿐만 아니라, 동물지리학적 지역인 구북구 지역에서도 가장 큰 딱정벌레인 장수하늘소(*Callipogon relictus* Semenov)는 빙하기에 동시베리아와 현재의 알래스카 지역이 이어져 있었음(베르링 육교, Berling bridge)을 증명하는 살아 있는 화석 곤충이라는 점은 과학적으로 증명된 사실입니다. 국내에서 장수하늘소는 1960년대 서식 밀도가 급격하게 감소함에 따라 곤충 중에서는 처음으로 1968년에는 천연기념물(제218호), 2012년에는 멸종위기야생생물 I 급으로 지정되어 현재까지 법적으로 관리를 받고 있습니다.

장수하늘소는 서울(북한산), 경기 포천(광릉숲), 강원 양구, 춘천, 화천, 강릉(소금강)에서 분포 기록이 있었지만, 현재는 경기 포천(광릉숲)에서만 수년 동안 발견됨에 따라 광릉숲이 국내에서 유일한 서식처로 알려져

있습니다.

이러한 광릉숲에 위치한 국립수목원은 '산림생물종 보존과 이용기술 개발을 통한 국민의 삶의 질 향상 기여'를 기반으로 장수하늘소와 서식처 보전을 위해 지난 10여 년간 지속적인 연구개발을 추진해 왔습니다. 이와 같은 꾸준한 연구로 2014년부터 2019년까지 6년 연속으로 광릉숲에서 장수하늘소 성충의 안정적인 서식을 확인하였고, 자연조건에서 5~7년이 소요된다고 알려진 생육기간을 인공사육을 통해 1/3인 16개월로 단축하는 데도 성공하였습니다. 이뿐만 아니라 2016년, 2019년에는 우리나라 토종 암컷에게서 국내 최초로 알을 받고 이후 성충으로 우화한 개체들을 고향인 광릉숲으로 방사하여 복원까지 성공을 거두었습니다.

『광릉숲, 장수하늘소』에서는 그동안 국립수목원이 추진한 장수하늘소 연구 과정과 결과를 총망라하였으며, 우리나라에서 멸실을 방지하고 장수하늘소와 서식처를 보전하기 위한 마련책을 제시하였습니다.

국립수목원에서는 앞으로도 장수하늘소뿐만 아니라 국내에 서식하는 잠재적인 자원곤충을 발굴하고 보존하여 곤충의 종 다양성, 자원곤충에 관한 인식을 높일 수 있고, 곤충산업에 이바지할 수 있는 연구를 지속적으로 추진해 나가도록 하겠습니다.

감사합니다.

2019년 12월

국립수목원장 이유미

01 • 하늘소과와 광릉숲 008

하늘소과(Cerambycidae)란?

광릉숲(Gwangneung forest)과 곤충 종 다양성

02 • 장수하늘소속과 장수하늘소 026장수하늘소속(Genus *Callipogon*)장수하늘소(*Callipogon relictus* Semenov)**03 • 장수하늘소 연구사** 040

국내

국외

04 • 형태학적 연구 방법 및 결과 066

연구 방법

연구 결과

05 • 서식실태 연구 방법 및 결과 094

연구 방법

연구 결과

06 • 분자생물학적 연구 방법 및 결과 142

연구 방법

연구 결과

07 • 토종 장수하늘소의 지속가능한 서식 밀도 유지 방안 152

국내 서식지에 대한 지속적인 서식실태 조사

유전학적 특성 연구 추진

광릉숲 보전과 장수하늘소 서식가능지역 발굴

장수하늘소 보전을 위한 제언

참고 문헌 168**부록** 172

1. 장수하늘소 조사 시 필요한 행정사항

2. 장수하늘소 관련 법령 정보

3. 관련 법령에 따른 신고 양식



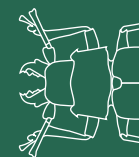
GWANGNEUNG
FOREST

CALLIPOGON RELICTUS
SEMENOV



01

하늘소과와 광릉숲



하늘소과(Cerambycidae)란?

분류학적 위치

하늘소과(Cerambycidae)는 생물분류학적으로 절지동물문(Arthropoda) 육발이상강(Hexapoda) 곤충강(Insecta) 딱정벌레목(Coleoptera) 잎벌레상과(Chrysomeloidea)에 속하는 한 과(科, family)이다. 본 과에 속하는 종 대부분이 긴 더듬이가 있어 영문 일반명(English common name)으로는 'longhorned beetle, longicorn beetle'이라고 한다.

종 다양성

전 세계적으로 하늘소과에는 약 4,000속(屬, genus) 이상 38,000여 종(種, species)이 보고되었다(Lingafelter, 2015). 중국에는 3,220여 종, 일본에는 960여 종, 한반도(남한, 북한)에는 356종이 보고되었다(장 등, 2015). 하늘소과는 화려한 몸 색깔과 높은 종 다양성으로 많은 곤충 수집가가 관심을 갖는 분류군이기도 하다(Arnett, 1963).



아과(subfamily) 분류 체계

Linsley (1961)는 하늘소과를 Aseminae, Cerambycinae, Lamiinae, Lepturinae, Parandrinae, Prioninae, Spondylinae 7개 아과로 구분하였다. 이후, Gresiitt *et al.* (1970)은 7개 아과에 Philinae를 더하여 8개 아과로 구분하였다.

Lobanov *et al.* (1981)은 Necydalinae를 더하여 총 9개 아과로 구분하였다. Švácha와 Danilevsky (1987)는 하늘소류를 Anoplodermatidae, Oxypertidae, Vesperidae, Distennidae, Cerambycidae 5개 과로 분류하고, 하늘소과를 다시 8개 아과로 분류하였다.

Özdikmen (2008)은 Danilevsky (1979)가 제안한 Apatophyseinae를 Dorcasominae로 귀속시켰다.

Bouchard *et al.* (2011)은 딱정벌레목 과명(family name)을 요약하면서 하

늘소과를 9개 아과(Parandrinae, Prioninae, Lepturinae, Spondylinae, Necydalinae, Dorcasominae, Apatophyseinae, Cerambycinae, Lamiinae)로 정리하였다.

가장 최근 문헌(Svácha and Lawrence, 2014)에서는 8개 아과(Prioninae, Parandrinae, Dorcasominae, Cerambycinae, Spondylinae, Necydalinae, Lepturinae, Lamiinae)로 정리하였다.

현재 한국에는 이 중 6개 아과인 갈따구하늘소아과(Disteniinae), 툽하늘소아과(Prioninae), 하늘소아과(Cerambycinae), 검정하늘소아과(Spondylinae), 벌하늘소아과(Necydalinae), 꽃하늘소아과(Lepturinae), 목하늘소아과(Lamiinae)가 보고되어 있다.

한국산 하늘소과(Cerambycidae) 아과(subfamily) 분류 검색표

1. 큰턱(mandible)은 아래를 향하고, 작은턱수염(maxillary palpus) 마지막 마디 말단은 뾰족하다. **목하늘소아과(Lamiinae)**
- 1'. 큰턱은 앞을 향하고, 작은턱수염 마지막 마디 말단은 절단된 모양이다. 2
2. 앞가슴등판(pronotum) 측면에는 각진 가로 융기선이 있다. **툽하늘소아과(Prioninae)**
- 2'. 앞가슴등판 측면에는 각진 가로 융기선이 없다. 3
3. 딱지날개(elytra)는 확연히 짧고, 뒷날개(hind wing) 말단은 접하지 않는다. **벌하늘소아과(Necydalinae)**
- 3'. 딱지날개는 복부(abdomen) 대부분을 덮지만 일부 종은 딱지날개가 짧고 뒷날개 말단이 접혀 있다. 4
4. 뒷날개 1A2맥이 없고, 중간가슴등판(mesonotum) 발음판은 분리되지 않는다. **하늘소아과(Cerambycinae)**
- 4'. 뒷날개 1A2맥이 있고, 중간가슴등판 발음판은 분리되어 있다. 5
5. 머리는 앞쪽으로 신장되어 있고 겹눈(compound eye) 뒤쪽으로 좁아진다. 더듬이(antenna) 2번째 마디 길이는 폭보다 길지 않다. **하늘소아과(Lepturinae)**
- 5'. 머리는 짧고, 겹눈 뒤쪽으로 좁아지지 않는다. 검정하늘소를 제외한 다른 종들은 더듬이 2번째 마디 길이는 폭보다 길다. **검정하늘소아과(Spondylinae)**

*Ohbayashi and Niisato, 2007 참조

한국산 하늘소과 연구사(研究史)

한국산 하늘소과에 관해서는 1886년 Kolbe가 최초로 발표했다. 그 후 여러 학자의 연구를 통해 2015년까지 한반도에서는 6아과(subfamilies) 356종(species)이 알려졌다(Han, 2015, Jang *et al.*, 2015).

Kolbe (1886)는 학술지 *Archiv für Naturg.*에서 「Beitrag zur kenntniss der Coleopteren Fauna Koreas」라는 제목으로 Gottsche에 의해 부산~서울에서 채집된 하늘소과 16종을 발표하였고, 그중에는 1 신속(*Lamiomimus* Kolbe), 4 신종(*Lamiomimus gottschei* Kolbe, *Hesperophanes flavopubescens* Kolbe, *Moechotypa fuliginosa* Kolbe, *Rhytidodera integra* Kolbe), 1 신변종(*Batocera rubus* Linnaeus var. *coreana* Kolbe) 이 포함되어 있다. 이후 Ganglbauer (1887), Bates (1888), Reitter (1895), Sharp (1905), Pic (1912)이 다수의 신종과 미기록종을 발표하였다.

일제 강점기(1910~1945)에는 대부분 일본 학자들이 국내 하늘소류를 연구하였다. 그중에서도 Okamoto (1927)는 3 신종, 38 종의 한국 미기록종을 포함하여 한반도산 하늘소과 총 98종을 발표하였다. Saito (1932)는 1 신종, 1 신아종과 18 종의 한국 미기록종을 발표하였다. 1930년대 중반부터는 한국인 학자로 조복성 박사와 일본 학자들이 연구를 진행하였다(조복성, 1962).

조복성(1905~1971)은 1930년대부터 1950년대까지 한국산(조선산) 하늘소에 대한 분류학적 연구를 통하여 많은 국명 및 학명을 정리하였을 뿐만 아니라 분류학적인 체계를 구축하였다. 조복성 (1946)이 발표한 논문은 한반도산 하늘소 종 목록의 첫 종합 자료로 간주된다. “필자(조복성)는 십여 년 전(1946년 기준)부터 조선산 하늘소과 갑충의 연구에 착수

하여 기관표본과 문헌수집에 많은 노력을 하여왔다. . . . 조선명 조사와 명명이 무엇보다도 시급함을 느끼었으므로, 목록을 편성하여. . . .” 이 논문 서언에 포함된 글귀이다. 하늘소는 1940년대까지 ‘하늘소’라고 불리다가 1950년에 들어오면서 ‘하늘소’로 쓰이기 시작하였다.

또한 조복성 (1961)은 하늘소과 형태 특징 설명과 한반도에 기록된 모든 종에 대해 학명, 국명, 동종이명, 채집지, 국내(남한, 북한)외 분포지 정보를 정리하였다. 그 다음 해인 1962년에는 『한국산 하늘소(천우)과 갑충의 연구사』를 발표하였다.

조복성 이후 이승모(1923~2008)는 잠자리류와 나비류뿐만 아니라 하늘소류에 대한 연구 논문을 다수 출판하였다. 특히 1980년대에 지역별 하늘소류 곤충상과 많은 한국 미기록종을 보고하였다. 이러한 자료들을 바탕으로 1987년에는 292종을 정리하여 『韓半島하늘소(天牛)科 甲蟲誌』를 출판하였다. 이 책은 현재까지도 하늘소를 공부하는 많은 학생과 일반에게 제1의 참고 서적으로 손꼽힌다.

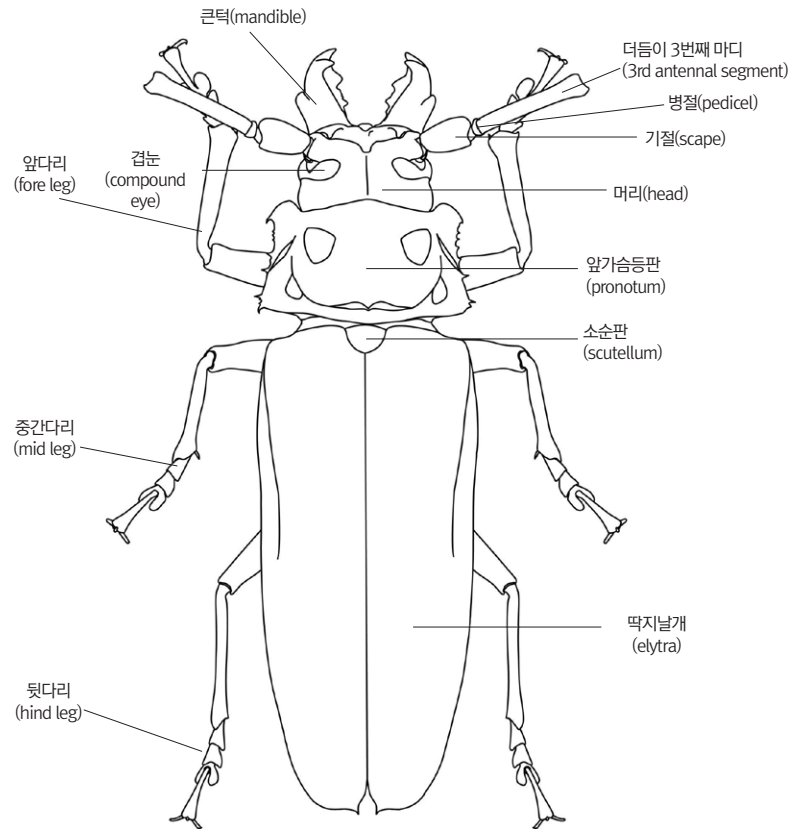
남한과 북한에 기록된 하늘소과 아과별 종 수 비교

아과	남한 ¹		북한 ²	
	속 수	종 수	속 수	종 수
톱하늘소아과(Prioninae)	5	5	4	4
꽃하늘소아과(Lepturinae)	33	58	31	71
검정하늘소아과(Spondylinae)	7	8	6	10
벌하늘소아과(Necydalinae)	1	2	1	1
하늘소아과(Cerambycinae)	53	109	37	81
목하늘소아과(Lamiinae)	71	144	48	105
계	170	326	127	272

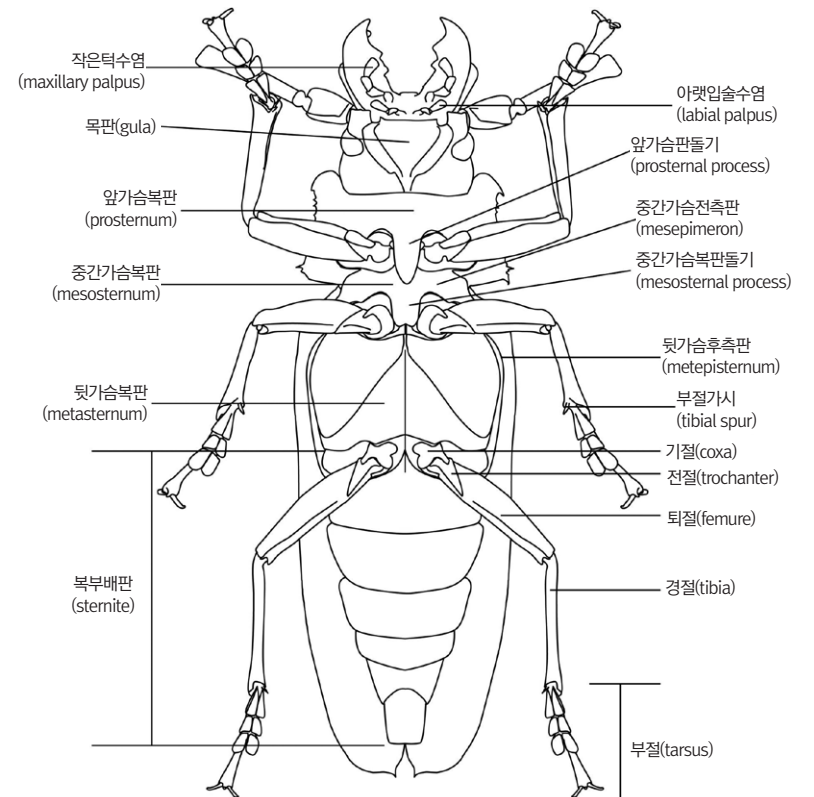
¹ Jang *et al.*, 2015; ² Han, 2015

하늘소과 성충의 형태 특징(장 등, 2015)

몸 길이는 약 3 mm부터 120 mm이상에 이르기까지 다양하다. 몸은 가늘고 긴 원통형에 가까우며 더듬이가 길어 다른 딱정벌레류와 구별된다. 더듬이는 대개 11~12마디로 구성되고, 2번째 마디 길이는 다른 마디보다 뚜렷하게 짧으며, 같은 종에서는 암컷이 수컷보다 더듬이 길이가 짧은 것이 일반적이다. 머리는 앞가슴보다 작고 큰턱은 튼튼하며, 겹눈은 측면에서 보았을 때 한쪽 가장자리가 함몰되었다. 앞가슴은 딱지날개보다 좁다. 딱지날개는 비교적 딱딱하며 종에 따라 색과 길이가 다르다.



하늘소 외부 형태 용어(등면) (임 등, 2018)



하늘소 외부 형태 용어(배면) (임 등, 2018)

—— 생애 특징 및 지위

하늘소과에 속하는 많은 종의 유충은 식물 조직 내부를 파고들어 섭식하는 천공성(穿孔性)이며, 부식이 진행 중인 목재, 살아있는 목본, 초본 식물을 섭식하기도 한다(Yanega, 1996).

대부분 성충은 수명이 짧아서 짧게는 수 일부터 길게는 수 주 안에 우화, 교미, 산란, 사멸이 이루어지며, 수컷은 암컷보다 수명이 더 짧다. 성충 섭식 활동은 주로 꽃하늘소아과(Lepturinae)와 목하늘소아과(Lamiinae)에서 확인된다. 성충 먹이원은 화분, 잎, 수피 또는 곰팡이류의 농포 등이다. 날씨가 화창한 날에는 꽃하늘소류가 선호하는 식물 꽃에 모여 있는 광경을 확인할 수 있다(Craighead, 1923).

식식성(植食性)이자 천공성 곤충인 하늘소류(특히 하늘소아과와 목하늘소아과)는 산림에서 얻은 생산물(임산물)의 경제적 피해 측면에서 바구미류(Curculionidae) 다음으로 중요한 분류군이다. 특히 농업과 임업에서 주요한 해충으로 알려졌으며(Yanega, 1996). 연 수백만 달러의 경제적 손실을 야기한다(Craighead, 1923).

국내에 기록된 130종 이상이 산림해충으로, 이 중에는 하늘소, 뽕나무하늘소, 버들하늘소, 북방수염하늘소, 솔수염하늘소, 알락하늘소, 작은별긴하늘소, 장수하늘소, 줄하늘소, 털두꺼비하늘소, 향나무하늘소가 주요 천공성 해충으로 지정되어 있다(Ko, 1969, Chung *et al.*, 1995, 신 등, 2008). 솔수염하늘소(*Monochamus alternatus* Hope)와 북방수염하늘소(*Monochamus saltuarius* Gebler)는 1989년, 부산 금정산에서 처음 보고된 이래 현재까지 국내 소나무림에서 큰 피해를 야기하고 있는 소나무재선충병(Pine Wilt Disease)의 매개충으로도 널리 알려졌다.

최근에는 국가 간 교역이 잦아지면서 세계적으로 외래종이 원산지 아 아닌 다른 국가에 침입하여 산림에 큰 피해를 준다는 보고가 있다. 대표적인 종은 동아시아(한반도, 중국, 일본) 특산종인 유리알락하늘소(*Anoplophora grabripennis* (Motschulsky))이다. 본 종은 1996년 미국 뉴욕과 1998년 시카고에 침입하고 2001년 유럽(오스트리아, 영국, 프랑스, 폴란드, 독일)에 침입한 이래 다양한 목본 식물을 가해해 막대한 경제적 피해를 야기하고 있다(Lingafelter and Hoebeke, 2002).

하늘소과는 검역해충으로도 알려졌기 때문에 하늘소과에 대한 국가별 기주식물 목록 파악과 자료 취합은 필수이다. 중남미(브라질, 아르헨티나, 멕시코), 북미, 이스라엘, 호주, 일본 등에서는 각 지역에 분포하는 하늘소과 기주식물 목록을 이미 체계화하여 많은 연구의 기초자료로 활용하고 있으며, 생물지리군(biogeographic)별로도 목록화되어 있다(Webb, 1987; Halperin and Holzschuh, 1993; Gonzalez and Di Iorio, 1997; Linsley and Chemsak, 1997; Hua, 2002; Sama, 2002; Kojima and Nakamura, 2011; Machado *et al.*, 2012; MacRae *et al.*, 2012).

한국산 하늘소과 기주식물 연구에서는 조복성(1959)이 기주식물 125종에 대한 집약적인 연구와 자료 수집을 하였다. 이후 고와 정(1995)은 해충으로서의 하늘소와 기주식물 목록을 정리하였으며, 강 등(2002)은 하늘소과 85종의 기주식물을 정리하였다.

하지만 최근까지 기주식물과 하늘소 종들의 학명이 현행화되지 않았고, 오류가 많아 국립수목원에서는 한국에서 알려진 하늘소과의 기주식물 현행화(임 등, 2014)를 실시한 바 있다. 임 등(2014)은 한국산 하늘소 6아과 103속 181종에 대한 기주식물 44과 107속 170종을 정리했다. 이

것을 과(科, family)별로 요약한 자료는 다음 표와 같다.

각 기주식물(과)을 먹이로 하는 한국산 하늘소의 아과, 속, 종 수(Lim et al., 2014)

번호	기주식물		하늘소		
	과 국명	과 학명	아과 수	속 수	종 수
1	느릅나무과	Ulmaceae	4	33	48
2	소나무과	Pinaceae	6	32	46
3	참나무과	Fagaceae	4	38	45
4	자작나무과	Betulaceae	6	28	42
5	장미과	Rosaceae	4	28	35
6	버드나무과	Salicaceae	5	29	34
7	가래나무과	Juglandaceae	2	20	26
8	뽕나무과	Moraceae	4	17	24
9	콩과	Leguminosae	3	16	21
10	포도과	Vitaceae	2	8	14
11	운향과	Rutaceae	2	7	13
12	단풍나무과	Aceraceae	4	9	11
13	대극과	Euphorbiaceae	3	7	9
14	낙우송과	Taxodiaceae	4	8	8
15	물푸레나무과	Oleaceae	3	7	7
16	층층나무과	Cornaceae	3	6	7
17	감나무과	Ebenaceae	2	6	7
18	피나무과	Tiliaceae	2	6	7
19	측백나무과	Cupressaceae	3	6	6
20	녹나무과	Lauraceae	2	6	6
21	두릅나무과	Araliaceae	2	4	6
22	현삼과	Scrophulariaceae	3	5	5
23	벼과	Gramineae	2	3	3
24	국화과	Compositae	1	3	3
25	다래나무과	Actinidiaceae	2	2	2
26	율나무과	Anacardiaceae	2	2	2

27	인동과	Caprifoliaceae	2	2	2
28	보리수나무과	Elaeagnaceae	1	2	2
29	부처꽃과	Lythraceae	1	2	2
30	석류나무과	Punicaceae	1	2	2
31	갈매나무과	Rhamnaceae	1	2	2
32	매죽나무과	Styracaceae	1	2	2
33	멀구슬나무과	Meliaceae	1	1	2
34	버즘나무과	Platanaceae	1	1	2
35	삼과	Cannabaceae	1	1	1
36	목마황과	Casuarinaceae	1	1	1
37	박과	Cucurbitaceae	1	1	1
38	굴거리나무과	Daphniphyllaceae	1	1	1
39	은행나무과	Ginkgoaceae	1	1	1
40	아욱과	Malvaceae	1	1	1
41	도금양과	Myrtaceae	1	1	1
42	소태나무과	Simaroubaceae	1	1	1
43	벽오동과	Sterculiaceae	1	1	1
44	쐐기풀과	Urticaceae	1	1	1

반대로 주요 천공성 해충으로 언급되는 하늘소는 유익한 특성도 있다. 특히 산림생태계에서 나무 조직을 분해하거나 천공으로 식물 조직을 분해하면서 부생성 곰팡이와 다른 무척추동물 전파에 도움을 주기도 하며(Ślipiński and Escalona, 2013), 꽃하늘소아과(Lepturinae)에 속하는 종들은 꽃을 오가며 화분매개 기능을 하는 것으로 알려져 있다.

광릉숲(Gwangneung forest)과 곤충 종 다양성

광릉숲(Gwangneung forest)은 조선 왕조의 7번째 왕으로 세조의 왕릉이 있으며 1460년 왕릉림으로 지정된 이래 550여 년 이상 잘 보존된 숲으로(Byun *et al.*, 2005; Cho *et al.*, 2007) 한반도 중부에 위치(북위 37° 42' ~ 37° 45', 동경 126° 00' ~ 126° 02')하며, 동서 약 4 km, 남북 약 7 km에 달한다.

수리봉과 봉선사천 사이에 위치하면서 전체적으로 동사면을 이루고, 수리봉 능선부를 제외하면 산세가 험준하지 않고 경사가 완만하다. 수리봉(536.8 m)을 중심으로 북, 남, 동 3개 지맥으로 형성된다. 북으로는 물푸레봉(476.8 m)을 지나 소흘읍 이곡리까지 뻗어 있으며, 남으로는 형제봉(476.8 m)을 지나 남양주시 별내면 용암리에서 진접읍 내곡리까지, 동으로는 남양주시 진접읍 장현리와 부평리까지 연결되어 있다.

산림 보고(寶庫)인 광릉숲은 2010년 6월 2일 개최된 유네스코(UNESCO) 인간과 생물권 계획(MAB: Man and the Biosphere Programme) 국제조정 이사회에서 국내에서는 4번째(1982년 설악산, 2002년 제주도, 2009년 신안 다도해), 한반도에서는 7번째(1989년 백두산, 2004년 구월산, 2005년 묘향산)로 유네스코 생물권 보전지역(UNESCO Biosphere Reserve)으로 선정되었다.

생물권 보전지역으로 선정된 광릉숲과 그 주변 지역의 총 면적은 24,465 ha이다. 수리봉과 죽엽산을 중심으로 한 천연활엽수 극상림 지역인 핵심 지역은 755 ha, 생물다양성 보존의 중요성을 일깨우는 교육의 장으로 산림생물에 대한 연구가 이루어지는 완충 지역(국립수목원, 산림생산기술연구소, 시험림, 문화재청 소관 능림, 봉선사 사찰림)은 1,657 ha, 주거지나 경작지 등으로 구성되어 지속 가능한 개발 등 경제 활동이 이루어지는 전이 지역(광릉숲 영향권내 포천시, 남양주시, 의정부시)은 22,053 ha이다.

광릉숲은 자연림 602.3 ha(54%)와 인공림 463.0 ha(42%)로 나뉜다. 자연림은 수리봉을 중심으로 졸참나무 군락, 서어나무 군락, 신갈나무 군락 등으로 이루어진다. 인공림은 저지대를 중심으로 잣나무, 전나무, 리기다소나무, 일본잎갈나무 조림지와 참나무류, 아까시나무, 밤나무 등 특수 활엽수 식재지가 소면적으로 잔존한다. 또한 광릉숲 임상은 침엽수림 449.6 ha(41%), 활엽수림 548.9 ha(49%) 및 혼합림 66.8 ha(6%)이다. 교목층의 주요 구성 종은 졸참나무, 서어나무, 갈참나무, 신갈나무, 소나무 및 굴참나무 순이다.

광릉숲 시험림이 위치한 포천시의 35년간 연평균기온은 11.7 °C, 연강수량은 1,417.9 mm로 나타났으며, 연평균기온의 최고치는 2016년, 최저치는 1980년에 기록하였다.

2015년 광릉숲의 연평균기온은 12.9 °C, 연강수량 859.9 mm였으며, 월평균 최고기온은 25.6 °C, 최저기온은 -1.6 °C로 나타났다. 월강수량은 7월이 262.4 mm로 가장 많았으며, 3월이 9.0 mm로 가장 적었다. 2016년 광릉숲의 연평균기온은 13.2 °C, 연강수량 1002.6 mm였으며, 월평

균 최고기온은 27.2 ℃, 최저기온은 -3.6 ℃로 나타났다. 연강수량은 현저히 줄어들어 가뭄이 지속되고 있다. 연평균기온은 해마다 높아지며, 기온 증가 폭은 점점 커지고 있다(국립수목원, 2016).

변 등(2006)은 광릉숲에 서식하는 곤충에 대한 최초 기록인 임업시험장(1932) 자료에서부터 2005년 곤충학 전문학술지에 게재된 광릉숲 곤충 자료까지 모두 살펴 18목 257과 3,925종의 목록을 정리한 바 있으며, 2018년까지 누적된 종은 총 18목 261과 3,977종이다(국립수목원, 2018). 현재까지 누적된 광릉숲 서식곤충 중 수는 국내 기록된 곤충(특토기강, 쯤불이강, 낫발이강 제외) 중 수인 17,317종(환경부, 2017)의 약 23%를 차지한다.

광릉숲 서식 중 가운데 국내에서 법적으로 보호를 받는 종은 천연기념물 1종(정수하늘소), 멸종위기야생동식물 I 급 1종(정수하늘소), II 급 6종(물장군, 쌍꼬리부전나비, 왕은점표범나비, 붉은점모시나비, 큰수리팔랑나비, 소똥구리)이다. 또한 광릉숲에서 조사되어 신종(new species)으로 기재된 곤충은 5목 27과 56종, 광릉숲에서 조사되어 국내에서 처음 기록된 종은 9목 51과 241종에 달한다.



광릉숲



국립수목원

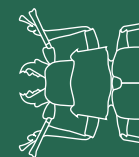


02

장수하늘소속과 장수하늘소

GWANGNEUNG
FOREST

CALLIPOGON RELICTUS
SEMENOV



장수하늘소속(Genus *Callipogon*)

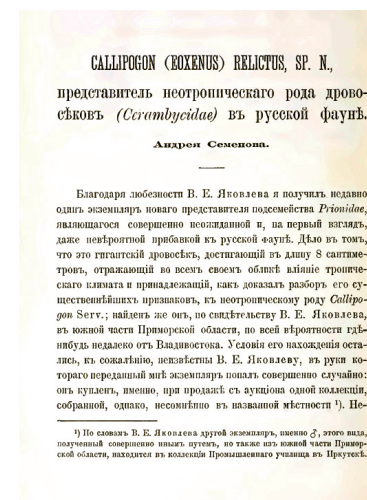
장수하늘소속의 학명(scientific name)은 *Callipogon* Audinet-Serville, 1832로, 프랑스 곤충학자인 Jean Guillaume Audinet-Serville(1775~1858)가 멕시코(Mexico)에서 채집한 *Prionus barbatulus* (Fabricius, 1781)(현재 학명 *Callipogon barbatulus* (Fabricius, 1781))를 기반으로 1832년 신속(new genus)으로 기재하였다(Audinet-Serville, 1832). 이후 러시아 학자인 Andrey Petrovich Semyonov-Tjan-Shansky(1866~1942)가 극동러시아 블라디보스토크(Vladivostok)에서 채집된 장수하늘소 암컷 표본을 기반으로 장수하늘소속의 아속(subgenus)인 *Eoxenus*에 속하는 장수하늘소(*Callipogon (Eoxenus) relictus*)를 1898년에 신종으로 첫 기재하였다.

현재 장수하늘소속에는 4아속 8종이 보고되었다. *Eoxenus* 아속의 장수하늘소는 다른 종과 다르게 극동아시아에 국지적으로 분포하는 반면, 다른 종들은 중남미를 중심으로 분포한다. 장수하늘소가 구북구(Palearctic region) 동아시아에 분포한다는 것은 베르링 육교(Bering land-bridge) 형성 기간(500~200만 년 전)에 구대륙과 신대륙이 연결되어 있었음을 증명하는 것이라고 할 수 있다(Kuprin *et al.*, 2014; Kim *et al.*, 2018).

장수하늘소(*Callipogon relictus* Semenov)

소개

장수하늘소는 장수하늘소속(*Callipogon*) 종들 중에서 유일하게 구북구 지역(Palearctic region)에 분포하는 종이다. 한국에서는 1968년 11월 25일 천연기념물 제218호로 지정된 이후 1998년 멸종위기 야생동식물 및 보호야생동식물, 2005년 멸종위기 야생동물식물 I 급, 2012년에는 멸종위기야생생물 I 급으로 지정되었다. 현재 러시아에서도 멸종위기종으로 지정되어 보호받고 있다. 몸 길이는 수컷 60~110 mm, 암컷 55~90 mm로, 구북구에 분포하는 딱정벌레류 중에서 가장 크다.

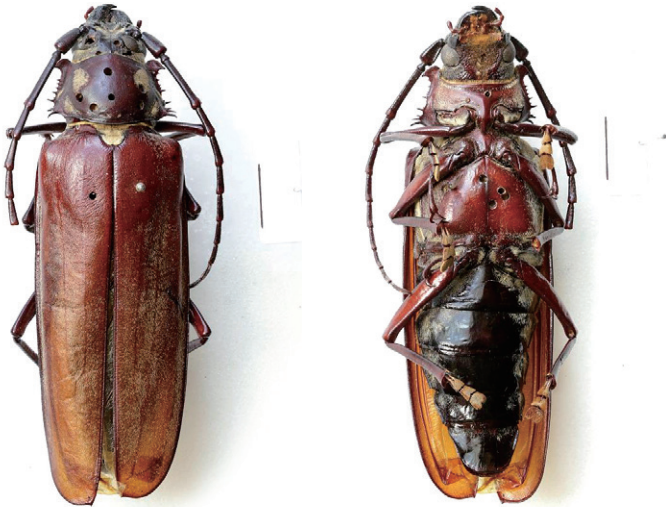


장수하늘소 원기재문

형태 특징

수컷 더듬이 중간에는 위로 솟은 뿔이 있지만, 암컷은 없다. 수컷의 앞가슴등판과 앞가슴복판, 중간가슴복판에는 대부분 미세한 점각들이 밀집하는 반면 암컷은 대부분 매끈하다. 머리에는 노란색 연모가 밀집한다. 수컷 더듬이에는 불규칙한 알갱이들이 있으나 암컷에는 없고 점각들이 분산한다. 앞가슴등판에는 노란색 연모 뿔치가 2쌍 있고 암컷은 이 뿔치가 더 크게 발달했으며 양 옆에 작은 뿔치가 1쌍 더 있다. 옆가장자리에는 뾰족한 가시들이 있다.

기준표본(holotype)



등면

배면



측면

* 스케일 바: 10 mm



라벨

장수하늘소 기준표본(holotype) 상태

- 암컷이며, 앞가슴등판에는 노란색 털 뿔치가 6개 있다. 왼쪽 더듬이 말단에 7개 마디가 없는 상태이다.
- 표본벌레과(Ptinidae)의 탈출공으로 판단되는 구멍이 머리에 4개, 앞가슴등판에 5개 있다. 왼쪽 가장자리에는 뾰족한 돌기(미소 돌기 모두 포

합)가 10개 있으며, 오른쪽 가장자리에는 11개 있다. 딱지날개 기부 1/4 쪽에는 노란색 연모가 거의 없어 매끈하다. 왼쪽 다리 중간에 발목마디가 없다. 왼쪽 뒷다리, 오른쪽 중간과 뒷다리에는 발톱이 없다. 앞가슴복판, 중간가슴복판, 복부마디에는 노란색 연모가 거의 없다.

- 큰턱 길이 35 mm, 머리 길이(등면), 큰턱 제외 8 mm, 앞가슴등판 길이 11 mm, 딱지날개 길이 58.5 mm

- 모식표본 외 기타 장수하늘소 증거 표본의 최소 길이
 - 수컷: 머리 7.5 mm, 앞가슴등판 9.5 mm, 딱지날개 36.5 mm
 - 암컷: 머리 7.5 mm, 앞가슴등판 9.0 mm, 딱지날개 43.0 mm



해외에 소장된 한국산 장수하늘소



1961년 서울(북한산)에서 채집된 장수하늘소 수컷(일본 국립자연과학박물관 소장)



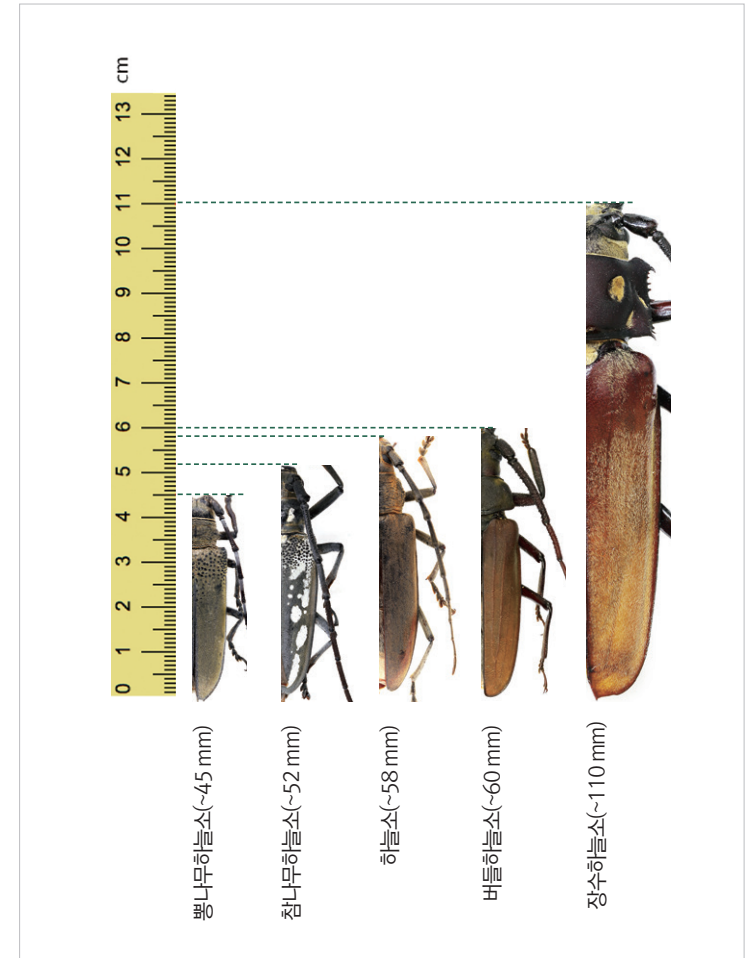
1962년 광릉숲에서 채집된 장수하늘소 수컷(미국 스미소니언 자연사박물관 소장)

국내 대형 하늘소 5종 비교

하늘소류 성충이 주로 활동하는 7~8월, 장수하늘소와 함께 장수하늘소로 오인할 수 있는 국내 대형 하늘소를 비교한 자료는 다음과 같다.

종명	크기 및 국내 분포
버들하늘소 <i>Aegosoma sinicum</i> White	- 몸 길이: 30~60 mm - 국내 분포 범위: 전국
뽕나무하늘소 <i>Apriona germari</i> (Hope)	- 몸 길이: 35~45 mm - 국내 분포 범위: 전국
장수하늘소 <i>Callipogon relictus</i> Semenov	- 몸 길이: 65~110 mm - 국내 분포 범위: 문헌에는 서울 북한산, 경기 포천, 강원 양구, 춘천, 강릉 등이 기록되어 있으나, 현재는 경기 포천에서만 발견된다.
참나무하늘소 <i>Batocera lineolata</i> Chevrolat	- 몸 길이: 45~52 mm - 국내 분포 범위: 강원 고성, 전남, 경남
하늘소 <i>Neocerambyx raddei</i> Blessig	- 몸 길이: 34~58 mm - 국내 분포 범위: 전국

국내 대형 하늘소 5종 크기 비교

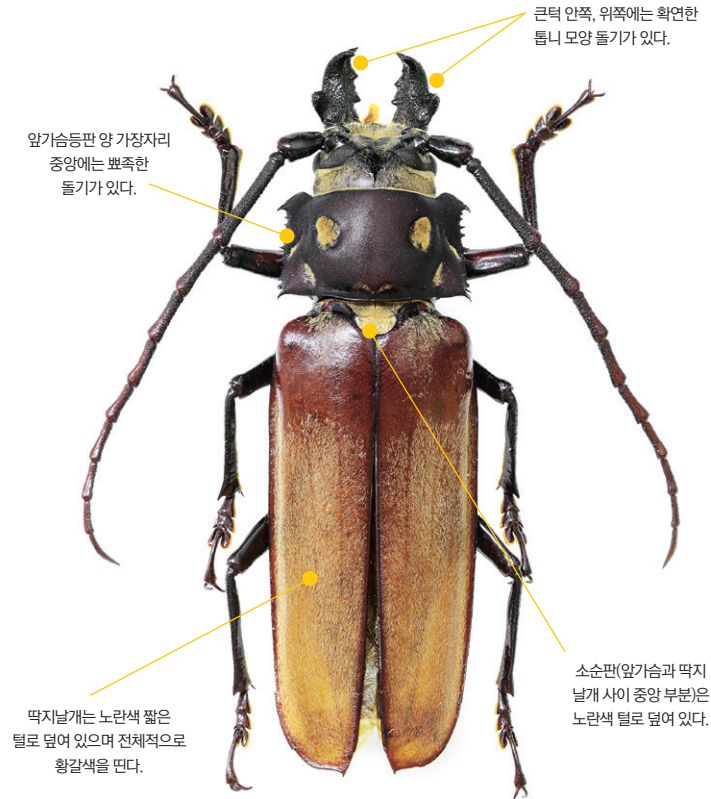


*주로 관찰되는 표본 크기(큰턱 포함)를 나타내는 것으로, 개체 간 몸 길이는 변이가 심하다.

국내 대형 하늘소 5종 형태 특징

장수하늘소

Callipogon relictus Semenov



하늘소

Neocerambyx raddei Blessig



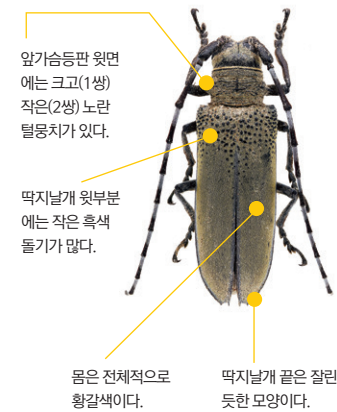
버들하늘소

Aegosoma sinicum White



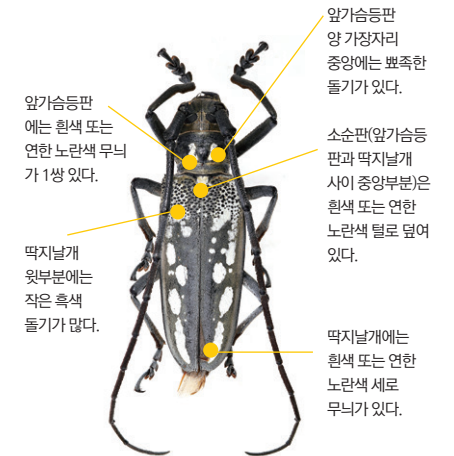
뽕나무하늘소

Apriona germari (Hope)



참나무하늘소

Batocera lineolata Chevrolat



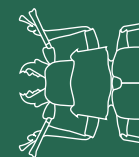


03

장수하늘소 연구사

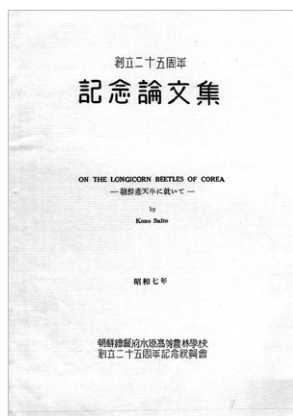
GWANGNEUNG
FOREST

CALLIPOGON RELICTUS
SEMENOV



1932년

Kozo Saito (1932)는 1927년부터 1932년까지 6년 동안 채집한 한국산 하늘소류 표본들을 바탕으로 신종 1종(*Ceresium coreanum* n. sp.), 1신아종(*Purpuricenus ritsemai coreanus* n. subsp.), 18한국 미기록종(장수하늘소 포함)을 1932년에 발표하였다. 이 중에 장수하늘소가 국내 처음으로 기록되었으며, “*Macrotoma (Bandar) fisheri*, Waterhouse?”로 표기하여 물음표를 병기하였다.



Saito (1932) 논문 표지

*Macrotoma fisheri*로 표기한 종의 정보에는 “조복성씨가 한 개체를 채집하였지만, 채집일자와 서식지 정보가 없음”, 종 분포 국가에는 “미얀마, 인도, 대만, 한국”이라고 기재하였다.

5. *Macrotoma (Bandar) fisheri*, Waterhouse?

Gahan, Fauna Brit. India Coleopt. 1., p. 35, 1906; T. Yoshida, Trans. Nat. Hist. Soc. Formosa, Vol. XXI, No. 116, p. 268, 1931.

T. N. - Togetsuhi - o - usubakamikiri.

One specimen was collected by Mr. Chō, but the date of capture and habitat are unknown. Hitherto unrecorded from Corea.

Distribution-Burma; India; Formosa; Corea.

Saito (1932) 논문에 기재된 *Macrotoma fisheri*

*Macrotoma fisheri*의 실체와 표본을 검경하기 위하여 국립수목원 연구진은 2016년, 저명한 하늘소과 분류학자인 Dr. Danilevsky가 수집한 하늘소 표본 수장고를 방문하여 본 종의 표본 사진을 확보하고 검경하였다. 본 종은 큰턱이 짧고 다리와 더듬이에 돌기가 많으며, 앞가슴등판 표면의 노란색 무늬와 옆면의 발달된 가시모양 돌기가 없다는 점에서 장수하늘소와 큰 차이를 보였다.



1 표본 검경 중인 Dr. Danilevsky
2 *Macrotoma (Bandar) fisheri* 표본(베트남산), Danilevsky 박사 소장

1934년

조복성(Cho Pok-Sung)은 1934년 장수하늘소의 일본명을 우수리오호 카미키리(ウスリオホカミキリ)(직역하면 우수리큰(넓은)하늘소)로 지명하고, Saito (1932)가 기록한 *Macrotoma fisheri*를 *Callipogon relictus* Semenov로 정정하였다. 또한 장수하늘소 채집지를 현재의 서울인 경성의 북한산 남장대, 채집일자는 1932년 8월로 기록했다.

1936년

Jozo Murayama는 1936년 광릉숲에서 서어나무(*Carpinus laxiflora*)를 기주 식물로 삼는 장수하늘소를 기록한 연구 결과를 발표하였다. 본 논문에서는 “장소하늘소는 일본제국 영토 내에서 최근 출현하여, 놀라운 크기

를 가지고 있어 우리들 사이에서 평판이 높은 갑충이다. 그러나, 해외에서는 가끔 기록되어 있다. 이러한 기재에 유충을 취급한 것은 거의 없는 편이지만, 필자의 제1조수는 작년에 광릉시험림에서 서어나무를 식해하고 있는 유충 1개와 함께 성충(암컷) 1개체를 잡았다. 그 후에도 같은 장소에서 수컷(성충) 한마리를 잡았다. 다른 유충은 성충의 알부터 사육한 것도 아니고, 또한 우화를 기다리지 않고 고정하였기에 곧바로 같은 종이라고 단정하는 것은 곤란하지만, 동일 장소에서 동일한 나무에서 잡힌 크기가 큰 톱하늘소아과(Prioninae) 하늘소 유충의 특징을 가지고 있으며, 다른 숲에서는 여기에 필적할 만한 다른 종류가 채집되지 않는 등의 사정으로부터 본 종의 유충으로 인정해도 된다고 생각되어 지므로 여기에 이미 기재된 것을 바탕으로 피해 상황과 함께 특징을 보고하는 바이다. 이 논문을 쓰는 데 있어 에사키(江崎) 교수에게는 귀중한 문헌을 빌렸고, 조복성 씨에게는 본 종의 조선 내에 다른 성충의 채집지와 기록을 알아보도록 부탁하였기에 여기에서 두 사람에게 대한 깊은 감사를 표한다”라고 기록하였다.

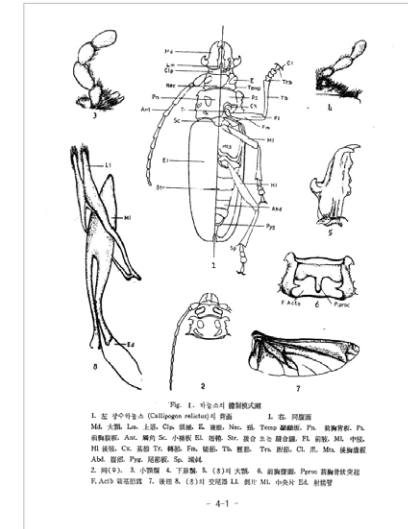
1946년

조복성은 1946년 논문 「한국산 하늘소(천우)과 갑충」에서 장수하늘소의 분포지를 “춘천시 북산면 추진리, 화천군 하남면 거례리, 화천군 간동면 유촌리, 양구군 양구면 읍내, 경성 북한산, 포천(광릉)”으로 기록하였다.

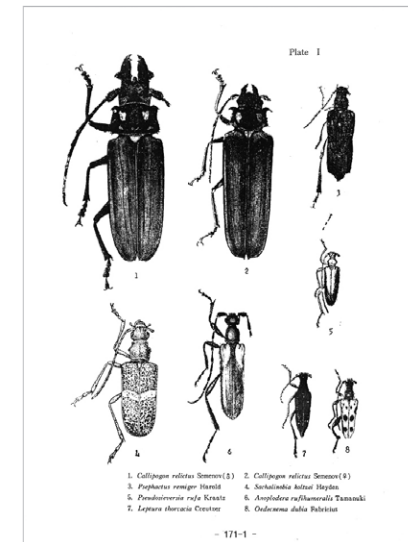
1961년

한국 전쟁(1950~1953) 이후인 1961년 조복성은 논문 「한국산 하늘소(천우)와 갑충에 관한 분류학적 연구」를 발표했다. 본 논문에서 장수하늘소를 포함한 하늘소과의 형태 특징(머리, 가슴, 배)을 설명하였으며, 한국에 기록된 하늘소 중별 학명, 동종이명(synonym), 채집지, 분포 국가 정보를 나열하였다. 하늘소과 대표 종으로 장수하늘소의 외부 형태를 용어와 함께 설명을 하였다. 또한 본 논문에서 장수하늘소의 채집지를 “강원도 춘천군 북산면 추전리, 화천군 하남면 거례리, 화천군 간동면 유촌리, 양구군 양구면 읍내, 경기 광릉, 서울 북한”으로 기록하였다.

국립수목원 연구진은 지난 2012년, 일본 츠쿠바(Tsukuba)에 위치한 국립자연사박물관을 방문하여 천공성 딱정벌레류 표본들을 검경하던 중, 우리나라에서 채집되었던 장수하늘소 표본을 확인할 수 있었다. 해당 표본의 채집 라벨에는 “Mt. Hokkan-zan, C. Korea, 13.viii.1961”이라고 기록되어 있었다. 본 라벨에서 “Mt. Hokkan-zan”은 현재 서울 북한산의 일본식 발음 표기이다.



장수하늘소를 대표로 한 하늘소 형태 특징과 용어(Cho, 1961)



장수하늘소 수컷과 암컷 그림(Cho, 1961)



일본 국립자연사박물관에 소장중인 한국산 장수하늘소 표본과 라벨

1962년

문화재청은 춘천시 북산면을 '춘천의 장수하늘소 발생지'를 천연기념물 제75호 지정하였다.

1968년

문화재청은 1968년 11월 25일, 장소(서식지)가 아닌 곤충 종에서는 처음으로 장수하늘소를 천연기념물 제218호 지정하였다.

1971년

김창환과 김진일 (1971)은 논문「소금강 및 오대산의 곤충상」에서 강릉(소금강)을 장수하늘소의 서식지로 기록하였다.

1976년

김창환, 윤일병, 남상호는 1976년까지 장수하늘소가 확인된 지역 중 경기 광릉과 강원 강릉 소금강에서 조사를 수행하였다. 또한 기관에 소장된 20개체 표본(고려대학교 6개체, 이화여자대학교 1개체, 국립과학관 5개체, 임업시험장 4개체, 배재고등학교 4개체)을 검정하였다. 월별로 채집 개체를 확인한 결과 6월 3개체, 7월 5개체, 8월 10개체, 9월 2개체로 8월에 가장 많은 개체가 확인되었다. 광릉과 소금강 지역에서의 장수하늘소 피해 수목을 조사한 결과, 흉고 둘레는 80~250 cm, 높이는 3~18 m라는 점을 확인하였다. 유충은 지하 52 cm부터 지상 310 cm에 이르기까지 갱도를 형성하였고, 탈충공 위치는 북쪽으로 물려 있는 점을 확인하였다. 본 논문에서는 장수하늘소 유충 머리 길이와 너비를 측정하였고, 가슴

과 배 특징을 기재하였으며, 성충 특징도 간략하게 나열하였다. 본 논문 내용을 요약하면 1) 본 종은 현재 광릉과 강원 소금강에만 출현한다. 2) 서어나무 고목(흉고 둘레 80~250 cm)의 단단한 목질부에서 출현한다. 3) 암컷 1개체의 산란 수는 93개였으며, 알의 직경은 평균 2.6 mm, 길이 6.72 mm 였다. 4) 유충의 탈피 개수 등은 불명하나, 유충기는 3~5년이다. 5) 본 조사에서 확보한 유충의 길이는 127 mm였다.

1977년

김창환은 1977년 단행본인 『Distribution Atlas of Insects of Korea』에서 장수하늘소 분포지를 기존 조 (1946)가 기록한 바와 같이 “춘천시 북산면 추전리, 화천군 하남면 거례리, 화천군 간동면 유촌리, 양구군 양구면 읍내, 경성(서울) 북한산, 포천(광릉)”으로 기록하고 분포 지점을 지도에 표기하였다.

1991년

홍승표와 김용식은 1991년, 「한국산 장수하늘소에 대한 생태적 지견 및 형태 변이」라는 논문을 발표하였다. “성충의 생태적 지견”으로 “성충은 보통 저지대의 울창한 산림에 서식하며, 7월 20일부터 8월 20일까지 발생한다”, “비행할 때 날개를 부딪쳐 연속 마찰음을 낸다”, “비행 거리는 100 m 정도로 고공비행하여 수고 5~10 m의 신갈나무 등의 흑부분의 수액에서 관찰된다”라고 서술하였다. “채집기록과 현황”으로 “1971년에 강원도 소금강에서 관찰, 경기도 광릉에서 관찰 이외의 채집보고와 관찰 보고는 아직 없다”, “근년에는 식수인 서어나무의 무분

별한 벌목으로 이 종의 생존여부가 불투명하여 본 종의 보호가 절실하다”라고 표현하였다. “형태 변이”로서는 “다른 하늘소류에서 찾아보기 힘들 장치형과 단치형, 그리고 중간형인 중치형이 있고, 같은 체장의 대형의 수컷에서 보면 딱지날개가 중치형이 장치형보다 크다. 장치형의 두부는 가늘고 길어 보인다. 큰턱도 장치형이 현저히 크다”라고 기술하였다.

2006년

변봉규 등은 2006년 5월 1일부터 9월 30일까지 2차례(1차: 8월 16~17일, 2차: 8월 23~24일)에 걸쳐 외부 딱정벌레류 전문가들을 자문위원으로 초청하여 광릉숲에서 장수하늘소를 조사하였으며, 2016년 8월 24일에 장수하늘소 암컷 생체를 발견하였다. 또한 기존 국내외에서 발표된 장수하늘소 문헌들을 바탕으로 분류학적 위치, 형태 특징 및 생태 정보 등을 정리하였다.



광릉숲에서 20여 년 만에 발견된 장수하늘소 암컷(2006).

2007년

변봉규 등은 2007년 경기 광릉숲에서 1999년 7월부터 2006년 9월까지 8년 동안 조사된 장수하늘소 서식 현황을 재확인하고, 서식 밀도를 추정하였다. 2006년에 발견된 암컷 1개체의 산란 행동을 관찰하여 산란 횟수가 20회 이상임을 확인하였다.

본 논문에서는 장수하늘소 표본 총 31개를 대상으로 출현 시기를 분석하였다. 그 결과 6월 3개체, 7월 6개체, 8월 19개체, 9월 3개체를 확인하여 Kim *et al.* (1976) 결과와 마찬가지로 8월에 가장 많은 개체가 확인된 것을 재확인하였다.

장수하늘소 보전을 위해 “장수하늘소의 먹이식물이 되는 고사 직전의 노거수를 제거하지 말고 임내에 존치”, “서식지역 및 인근지역의 출입 통제 및 순찰을 통해 무분별한 밀렵꾼의 남획방지”, “출현시기에 입산 통제를 강화하고 밀렵꾼 적발 시 관련법규에 따라 엄격히 처벌”, “장수하늘소의 발견상황을 제보, 생존 개체를 제공하는 사람들은 포상”, “광릉숲 주변의 유흥업소와 주유소의 빛이 강한 야간의 불빛을 감소”, “광릉숲을 관통하는 도로에서 발생하는 차량의 소음이나 진동도 장수하늘소의 생존에도 불리할 것이므로, 차량의 통행 제한”, “지속적인 관심과 모니터링을 통해 서식실태를 지속적으로 파악하고, 서식 밀도의 증감을 파악하여 보전정책의 수립과 시행” 등을 제시하였다.

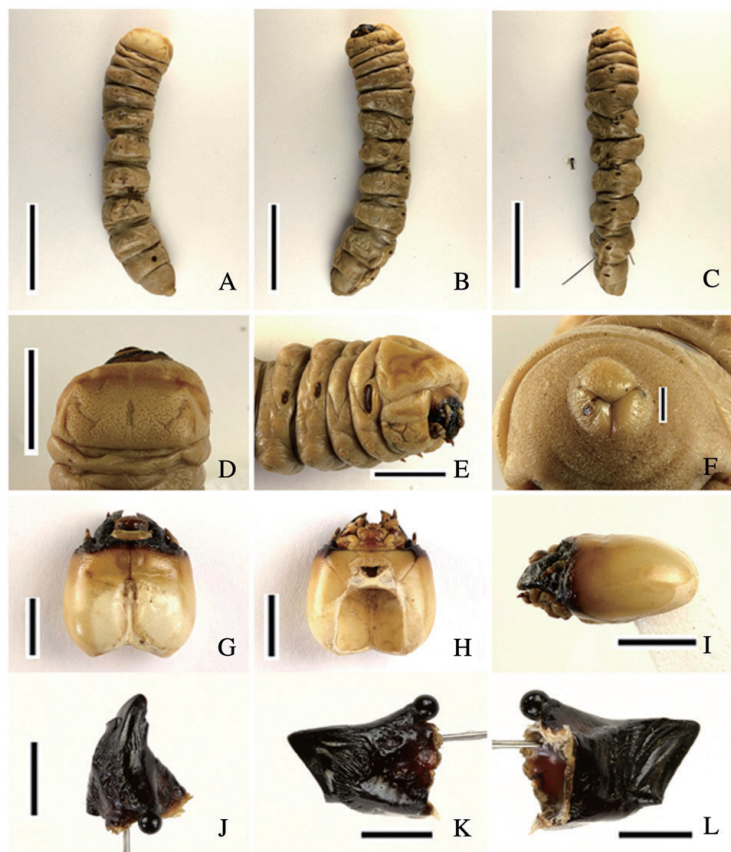
2010년

안승락은 2010년 우리나라에서 천연기념물로 지정된 장수하늘소에 대해 2010년까지 보고된 국내(북한지역 포함) 관련 문헌자료를 분석하였다. 그 결과로 장수하늘소의 형태학적 특징을 서술하였으며, 한국, 러시아, 중국, 일본에서 기록된 장수하늘소의 몸 길이를 비교하여 한국 표본(암수)들은 65~120 mm, 러시아 표본들은 58~108 mm, 중국 표본들은 60~110 mm, 일본(기록) 표본들은 ~108 mm로 정리하였다. 또한 기존의 김 (1978), 홍과 김 (1991), Byun *et al.* (2007)의 논문을 정리하여 생태학적 특징을 나열하였고, 기록된 기주식물을 정리하였다.

장수하늘소의 보전과 관리 방안으로 1) 장수하늘소 국내외 소장 실태 조사, 2) 서식지 자연환경 조사, 3) 북한, 러시아, 중국의 출현 시기 및 서식환경 비교 분석, 4) 유충과 성충 실태 조사, 5) 기주식물 군락지 등 서식지 지정 및 보호, 6) 현지 내 종 보호정책 수립, 7) 국외종 도입 및 복원 방안, 8) 교육 및 홍보 활동 강화, 9) 보호 활동 강화를 제시하였다.

2013년

임 등은 2010년에 광릉숲에서 확인된 대형 하늘소 유충 1개체와 1990년 확인된 성충 1개체를 활용한 COI 염기서열 비교 분석을 통하여 장수하늘소라는 동일 종임을 확인하였으며, 이를 통해 장수하늘소 유충의 형태학적 특징을 재기재(redescription)하였다.



장수하늘소 유충의 형태학적 특징(임 등, 2010)

2017년: Yi et al. (2017a)

이대암 등은 2017년 실내에서 장수하늘소를 사육하는 과정에서 발생하는 형태 변형을 보고하였다. 성충 200개체 이상을 기반으로 연구를 진행하였다. 형태 변형은 용화 과정에서 가장 빈번하게 발생하는 것을 확인하였으며, 이는 개체발생(ontogenesis)의 최종 단계에서 습도와 온도



생육단계별 확인된 형태 변형 사진(유충, 번데기, 성충 순) (Yi et al., 2017a)

등이 중요한 요인으로 발생하는 것으로 추측할 수 있다고 발표하였다.

2017년: Yi et al. (2017b)

이대암 등은 2017년 장수하늘소의 인공사육을 위한 새로운 곰팡이성 먹이원(fungal diet) 개발에 대한 연구 결과를 보고하였다. 본 연구에서는 백색부후균(white-rot fungus)인 사철느타리(*Pleurotus florida* (Eager))의 균사를 이용하였다. 실험실 조건에서 우화한 성충 개체 수와 몸 길이 등을 측정된 결과, 백색부후균 균사는 자연조건에서 성장 기간보다 1/6 정도 기간을 단축시킬 수 있을 뿐만 아니라 몸이 큰 성충을 유도할 수 있는 방법이라고 제시하였다.

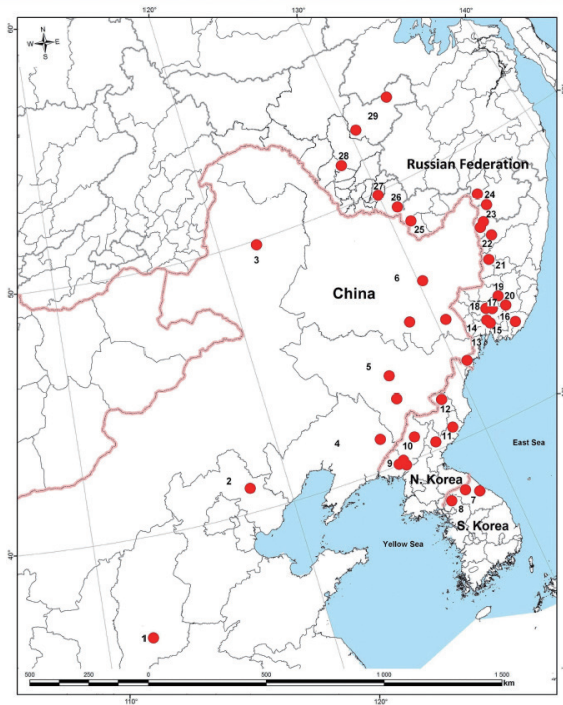
2017년: Lim et al. (2017)

임 등은 2017년, 토종 장수하늘소의 미토콘드리아 전체 유전체를 분석하여 총 15,742 염기쌍으로 이루어져 있으며, 단백질 코딩 유전자 13개, ribosomal RNAs 2개, tRNA 22개, 1,033 염기쌍의 긴 AT-rich 지역

으로 구성되어 있는 것을 확인하였다. 또한 전체 염기서열 구성은 AT 67.3%, GC 32.7%로 구성되어 있었으며, 13개 단백질 코딩 유전자는 다른 딱정벌레에서 보이는 양상과 같은 것으로 분석되었다.

2018년: Yi et al. (2017)

이대암 등은 2018년 동북아시아 장수하늘소 분포에 대한 조사 결과를 발표하였다. 1899년부터 2016년까지 채집된 장수하늘소 표본 256개



장수하늘소 동북아시아 분포(Yi et al., 2018)

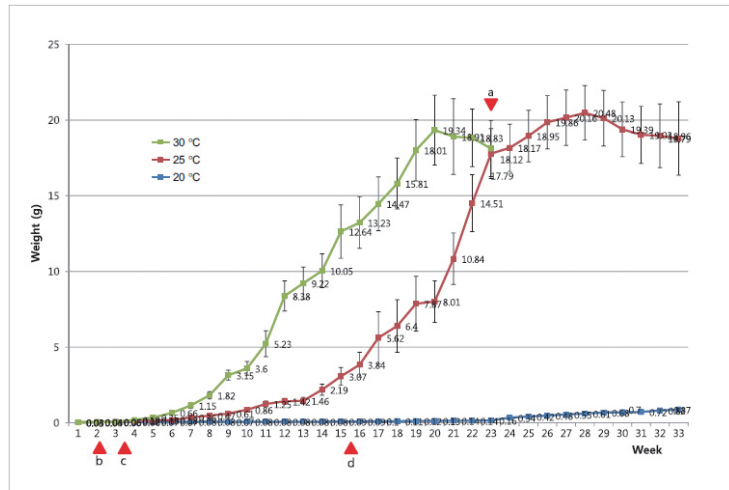
를 기반으로 조사하였고, 장수하늘소는 중국 남부 지방인 산시(Shanxi)부터 북쪽으로는 한반도, 러시아 아무르(Amur), 서쪽으로는 내몽골(Inner Mongolia)부터 극동러시아(Russian Far East)까지 분포하는 것으로 정리하였다. 기존에 알려진 바와 같이 장수하늘소는 중국, 북한, 한국, 러시아에 분포하는 것으로 정리할 수 있다.

2018년: Lee et al. (2018)

이승규 등은 2018년, 지난 2007년부터 2017년까지 광릉숲에서 수행한 장수하늘소 서식 실태 조사 결과와 장수하늘소가 세계적으로 처음으로 기록된 러시아 우수리자연보호구역에서의 서식실태 조사 결과를 비교, 분석한 결과를 발표하였다. 본 연구 결과로서 성충의 출현 시기와 빈도, 탈출공 특징, 유충의 섭식흔, 용실(번데기방) 특징, 기주식물과 서식처 특징, 동아시아와 한국에서의 새로운 분포 지역을 기록하였다.

2019년: Yi et al. (2019)

이대암 등은 2019년 비휴면(non-diapause) 처리와 인공먹이원을 이용하여, 장수하늘소 유충의 생육기간 비교 연구를 수행하였으며, 그 결과를 보고하였다. 사육 조건은 온도 30°C, 습도 60%, 비조명이었다. 또한, 보전을 목적으로 한 장수하늘소를 사육하기 위하여 20°C, 25°C, 30°C의 온도조건에서도 연구를 수행하였다. 냉온처리 없이 온도 30°C, 습도 60%조건에서 장수하늘소는 자연조건에서의 생육기간의 약 1/10인 7~8개월이 소요되었으며, 이는 현재까지 알려진 가장 짧은 장수하늘소의 생육기간을 밝혔다.



온도 조건별 사육기간 및 체중(Yi et al., 2019)

2019년: Lee et al. (2019)

이승규 등은 2019년, 광릉숲에서 장수하늘소의 새로운 기주식물로 갈참나무(*Quercus aliena* Blume)을 확인하였으며, 기존 러시아, 중국에서 보고된 기주식물 목록을 재검토하여 학명을 현행화하였다. 본 연구 결과로, 장수하늘소는 총 7과 11속 17종에 속하는 다양한 식물을 기주식물로 삼는다는 것을 확인하였다.



장수하늘소의 새로운 기주식물로 밝혀진 갈참나무

중국

1) Chen et al. (1959)

장수하늘소의 형태 특징을 기술하였다. 기주식물은 신갈나무로 기록하였으며, 분포지는 동북지역인 흑룡강성, 극동아시아, 조선반도로 기록하였다.

2) Wang (2003)

장수하늘소의 학명, 이명, 형태 특징을 기술하였으며, 생태 정보로는 다년생, 약 2년 1세대, 성충은 6~7월 출현한다고 기록하였다.

3) Li et al. (2012)

중국 동북 지방에 서식하는 톱하늘소아과(Prioninae)의 종 목록을 정리하여 발표하였다. 본 연구를 통해 장수하늘소가 중국의 허베이성(Hebei)와 랴오닝성(Liaoning)에 분포하는 것을 새롭게 확인하였으며 생물학적 정보를 제공하였다. 장수하늘소는 남한, 북한, 중국, 러시아에

분포하는 것으로 정리하였다. 또한 저자가 야외 조건에서 사육하며 관찰한 정보와 16년간 채집한 경험을 바탕으로 장수하늘소 유충은 고사한 큰 나무(직경 40 cm 이상)의 습도가 높은 뿌리에서 살아가며, *Fraxinus rhynchophylla* Hance, *Anacardiaceae* mono Maxim, *Ulmus laciniata* Mayr에서도 확인하였다고 기술하였다. 또한 일부 개체들은 *Quercus liaodungensis* Koidz에서도 발견하였다고 밝혔다. 사육 실험을 통하여 알 기간은 30~35일, 유충 기간은 1,800~1,825일(4.9~5.0년), 번데기 기간은 30~35일, 성충은 12~35일(수컷), 35~45일(암컷)으로 확인하였다. 즉 총 생존 기간은 최단 1,872일(5년 1개월)~최장 1,940일(5년 3개월)이다. 산림조건에서 7월 하순, 오전 8시경에 나무 낮은 부위에서 장수하늘소 성충을 확인하였으며, 오전 9시에 온도가 오를 때 비행을 시작, 비행거리는 40~50 m, 높이는 3~10 m로 비행한다고 기록하였다. 성충은 주간 또는 야간에 교미하고, 보통 암컷은 야간에 산란하기 적합한 장소를 발견하였을 때 나무의 낮은 부위에다 1회에 3~5개씩, 총 62~121개를 산란한다고 기록하였다.

4) Li et al. (2013)

북한에서 산란하기 전인 장수하늘소 암컷 9개체의 복부에 있는 알 개수와 형태 특징을 연구하였다. 본 연구에서는 함경남도 풀개미봉, 고도 500~1,500 m, 2012년 8월 1~16일에 채집한 개체들을 이용하였으며 분석하기 전에 에탄올(70%)에 보관하였다. 개체별 알 개수는 81~131개였고 몸 길이가 길수록 알 개수가 많다는 것을 확인하였다. 또한 내몽골에서 2012년 8월 21일에 채집한 장수하늘소 암컷을 기반으로 새로

운 서식지 기록을 하였다.

5) Li *et al.* (2014)

중국에 기록된 톱하늘소아과의 속(genus), 아속(subgenus) 중 목록과 표본사진을 수록하였다. 기존 문헌과 주요 연구소와 개인 소장 표본들을 기반으로 하였으며 장수하늘소를 포함하여 총 102종을 확인하였다. 장수하늘소에 관해서는 중국에서 간쑤성(Gansu), 허베이성(Hebei), 헤이룽장성(Heilongjiang), 내몽골성(Inner Mongolia), 지린성(Jilin), 랴오닝성(Liaoning), 산시성(Shanxi) 서식 기록을 정리하였다.

일본

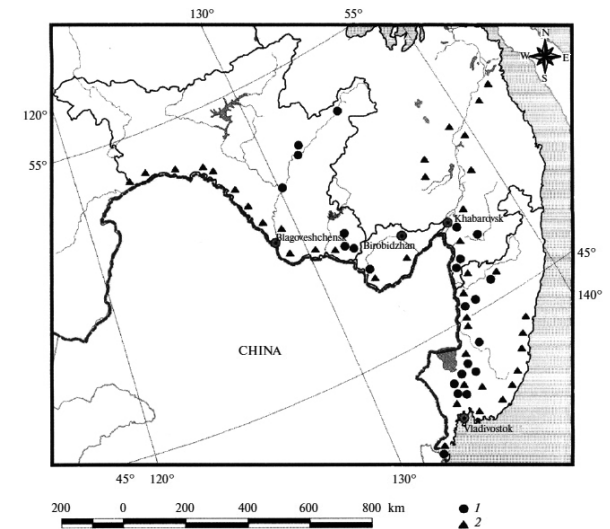
1970년 전후에 일본 규슈(Kyushu) 지역에서 처음 채집 기록이 있다. 하지만 Nakane (1974)는 일본 장수하늘소 개체는 일시적으로 정착한 것으로, 현재는 자생하지 않는 것으로 판단하였다.

러시아

1) Kuprin and Bezborodov (2012)

극동러시아 전역의 장수하늘소 분포 범위를 장기간 관찰하고 표본을 기반으로 정리하였다. 연구 결과, 장수하늘소는 아무르(Amur) 지역에 넓게 분포하는 것으로 밝혀졌다. 특히 Primorskii krai, Khabarovsk krai, Amur oblast, Jewish Autonomous oblast 지역에 서식 밀도가 높았다. 동러시아 이외 국외 지역으로 북한 고산 지역과 북한과 중국 접경 지역에 서식 밀도가 높은 것으로 기록하였다. 최근 수십 년 동안 장수하

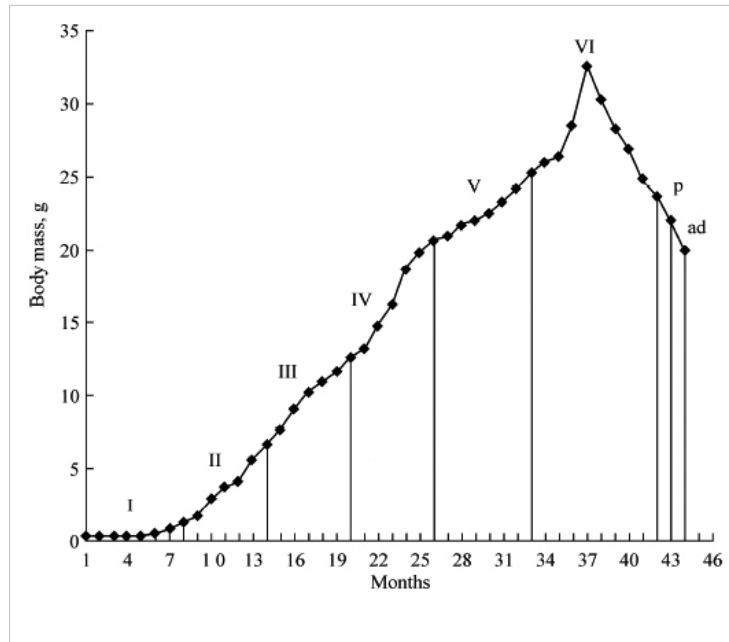
늘소는 우수리자연보호구역에서 매년 확인된다고 기재하였다. 우수리자연보호구역(Ussuri Nature Reserve)과 인근 보호구역에서는 느릅나무(Japanese elm)가 많이 분포하는 산림지역에서 주로 발견되며, 이 지역 느릅나무의 평균 수고는 35~37 m, 흉고 직경은 1 m 이상이다.



장수하늘소 극동러시아 분포역 (Kuprin and Bezborodov, 2012)

2) Kuprin *et al.* (2014)

우수리자연보호구역 연구소에서 진행한 본 연구는 2008년부터 2012년까지 최신 생물학적 연구 기술과 곤충생태학적 방법을 활용하여 극동러시아 장수하늘소를 관찰하고, 실험실 조건에서 알부터 성충까지 발육 과정을 살펴보았다. 실험 결과, 교미 전의 행동은 5분에서 17분이 소요되었고 교미는 30분 정도 지속되었다. 암컷은 교미 후 약 3~5

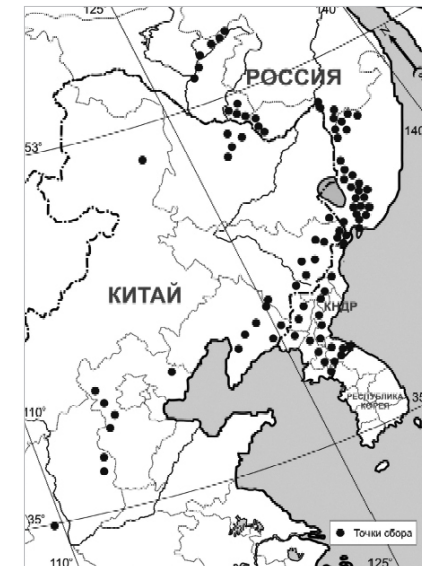


사육 개월별(생육 단계별) 생체량(body mass)(Kuprin et al., 2014)

분 후 산란하였다. 암컷은 알을 15~20 cm 정도 거리를 두고 하나씩 낳았고, 알 1개를 낳는 데 3~5분이 소요되었다. 낳은 알을 포함한 수피는 암컷 분비물로 덮였다. 본 연구에서 암컷 1개체가 알 24~28개를 낳는 것을 확인하였다. 실험실 조건에서 배아 발생은 약 20일이 소요되었다. 부화한 유충은 백색부후균에 감염된 느릅나무 안에서 살아간다. 성충 기간은 기후와 영양 상태에 따라 다르지만 본 연구에서는 14~28일이 었다(중국 자료에서는 12~45일).

3) Bezborodov (2016)

동아시아 장수하늘소의 분포와 밀도 구조를 연구하고 결과를 발표하였다. 동아시아에서 장수하늘소는 독립적인 집단들이 산발적으로 분포한다는 것을 확인하였으며, 남한을 제외한 북한, 중국, 극동러시아 분포 지도를 제시하였다.



장수하늘소 동아시아 분포역(Bezborodov, 2016)

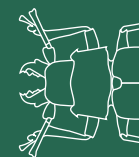


04

형태학적 연구 방법 및 결과

GWANGNEUNG
FOREST

CALLIPOGON RELICTUS
SEMENOV



연구 방법

장수하늘소 및 근연 분류군 표본 검경

국내에서는 국립수목원, 양평 곤충박물관, 제주 프쉬케월드(Psyche World), 국립문화재연구소에 직접 방문하거나 소장된 표본을 대여하여 한국산과 외국산 장수하늘소 표본을 검경하였다. 서울 서대문자연사박물관에 소장된 표본을 대여하여 근연 분류군을 검경하였다. 또한 외국에서는 중국과학원(중국 북경, 2015년 5월 26일~6월 2일), 러시아과학원(블라디보스토크와 우수리스크, 2015년 8월 24~31일)에 소장된 장수하늘소 표본을 검경하였다. 중국과학원에서는 총 23개체(수컷 4개체, 암컷 19개체)를 확인하였다. 대부분 각 기관에 소장된 표본은 1940년대 전후에 채집된 것으로 1974년 채집 개체가 가장 최근 표본이었다.

장수하늘소의 형태학적 연구에 사용된 표본 개체 수

번호	소장기관	증명	표본 수		
			♂	♀	계
1	국립수목원	<i>Callipogon relictus</i>	17	18	35
2	양평 곤충박물관	"	1	2	3
3	제주 Psyche World	"	1	1	2
4	국립문화재연구소	"	5	4	9
5	중국과학원	"	4	19	23
6	러시아과학원 극동분소	"	2	6	8
7	러시아과학원 생물도양과학연구소	"	1	8	9
8	서울 서대문자연사박물관	<i>C. barbatum</i>	8	3	11
		<i>Enoplocerus armillatus</i>	3	1	4
합 계			42	62	104



중국과학원에 소장된 장수하늘소 표본 검경 및 크기 측정



장수하늘소 표본 사진 촬영



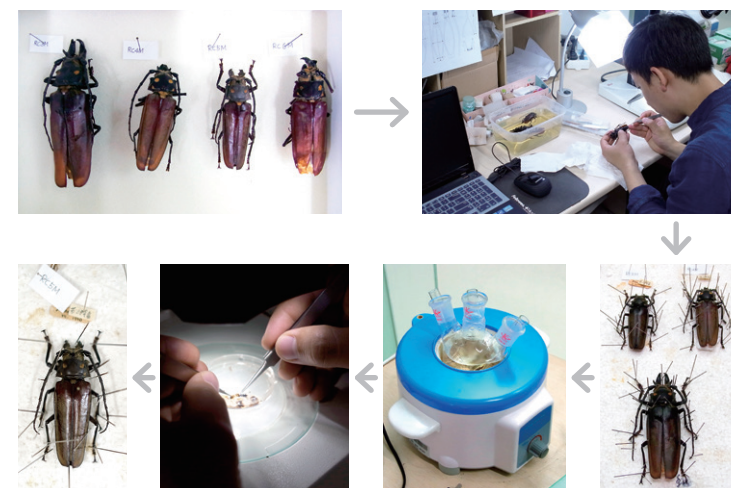
중국과학원 장수하늘소 소장 표본

장수하늘소 수컷 생식기는 다음과 같이 해부하고 검경하였다.

- 수컷 4개체 중 복부가 없는 1개체를 제외한 3개체 해부
- 표본을 온수에 24시간 중탕 후 해부
- 생식기를 추출한 나머지 표본은 건조표본으로 다시 제작
- 추출한 수컷 생식기는 상온의 KOH용액에서 5시간 이상 중탕(단백

질 및 이물질 분해)

- KOH용액 안의 생식기를 에탄올(EtOH)으로 수 차례 세척 및 탈수



장수하늘소 수컷 생식기 해부와 재표본 작업

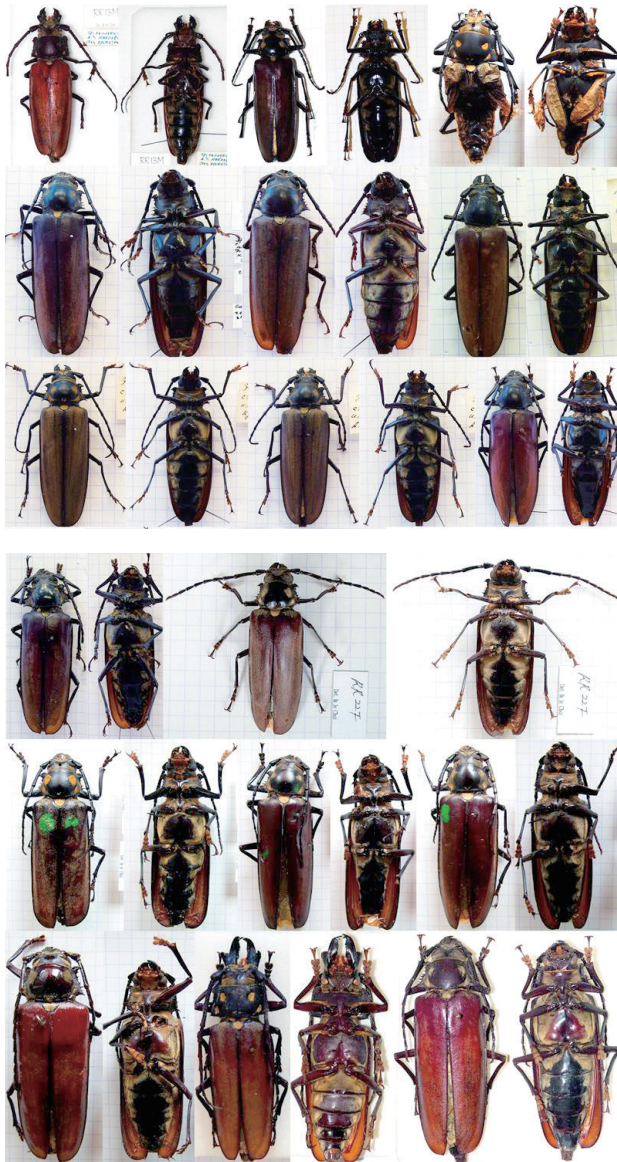
러시아과학원에서는 우수리자연보호구역 연구소에 소장된 총 8개체 (수컷 2개체, 암컷 6개체)와 생물토양연구소(블라디보스토크)에 소장된 총 9개체(수컷 1개체, 암컷 8개체) 표본을 검경하였으며, 검경한 표본은 모두 사진 촬영하였다. 중국과학원에서와 같이 암수 표본 총 17개체에서 형태 형질을 측정하였다.



러시아과학원(우수리스크)에 소장된 표본과 검경 및 형태 측정



러시아과학원(우수리스크)에 소장된 수컷 표본 생식기 검경



러시아과학원(블라디보스토크)에 소장된 장수하늘소 표본

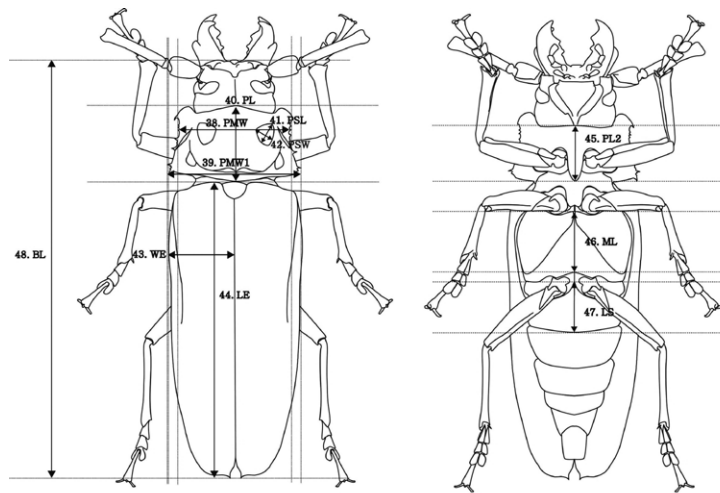


장수하늘소 검경 준비를 도와주는 생물토양연구소 곤충연구실장(Dr. Lelej)

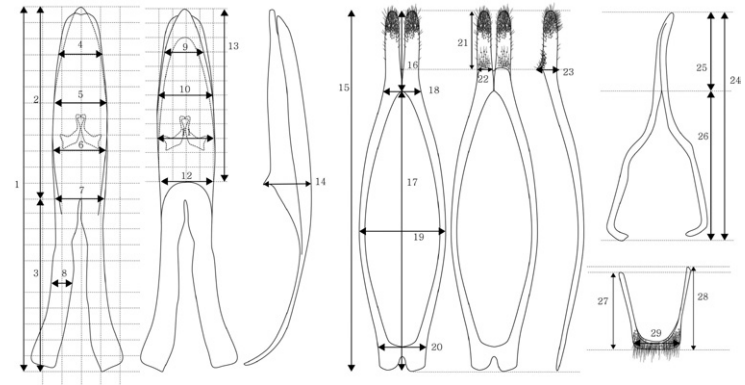
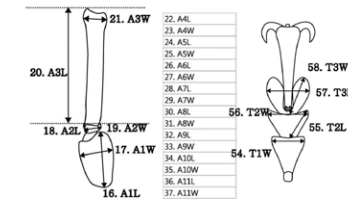
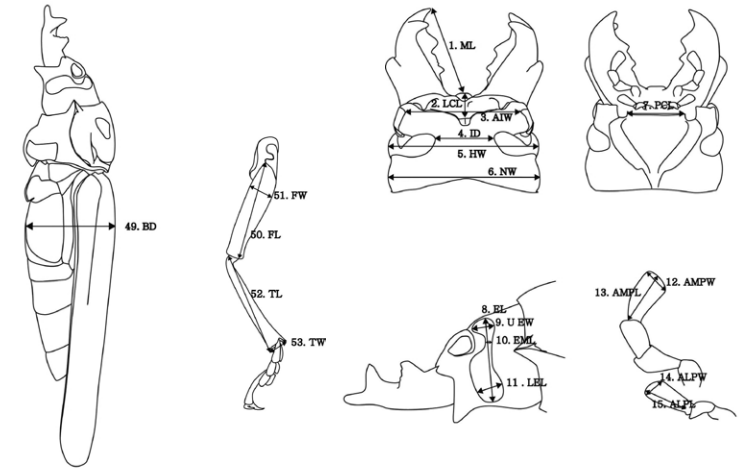
형태 형질 선별, 측정 및 분석

장수하늘소 산지인 한국, 북한, 중국, 러시아의 표본을 검경하여 총 104 개체의 정량 형질을 측정하였다. 형태학적 정량 형질은 수컷에서 87가지(외부 58가지, 내부 29가지), 암컷에서 60가지를 측정하여 데이터로 사용하였다. 본 연구는 하늘소과의 한 속인 *Callimoxys* 형태연구 논문의 연구 방법을 참고하였고(Hammond and Williams, 2011), *Callipogon barbatus* 과 *Enoplocerus armillatus*을 군외군(outgroup)으로 선택하여 측정하였다. 측정된 정량 형질 자료는 각 지역 개체들의 군집 및 차이를 분석하고자 PCA(Principal Components Analysis) 기법을, 87가지 정량 형질 중 유효한 형질을 추출하고자 ANOVA(Analysis of Variance) 기법을 이용하였다.

장수하늘소 측정에 사용된 정량 형질



외부 형질



수컷 생식기



형태 형질 측정 및 분석

측정한 형태 형질 일련 번호 및 설명

번호	형태 형질	번호	형태 형질
1	Length of mandible	30	Length of antennomere VIII
2	Length of labrum and clypeus	31	Width of antennomere VIII
3	Width of apical scape	32	Length of antennomere IX
4	Interocular distance	33	Width of antennomere IX

5	Width of head	34	Length of antennomere X
6	Width of neck	35	Width of antennomere X
7	Length of preular carina	36	Length of antennomere IX
8	Length of eye	37	Width of antennomere IX
9	Minimum length of eye	38	Minimum width of pronotum
10	Width of upper eye	39	Maximum width of pronotum
11	Length of lower eye	40	Length of pronotum
12	Width of apical maxillary palpus	41	Length of pronotal spot
13	Length of apical maxillary palpus	42	Width of pronotal spot
14	Width of apical labial palpus	43	Width of elytra
15	Length of apical labial palpus	44	Length of elytra
16	Length of scape	45	Length of prosternum
17	Width of scape	46	Length of metasternum
18	Length of antennomere II	47	Length of sternite I
19	Width of antennomere II	48	Length of body
20	Length of antennomere III	49	Depth of body
21	Width of antennomere III	50	Length of pro-femur
22	Length of antennomere IV	51	Width of pro-femur
23	Width of antennomere IV	52	Length of pro-tibia
24	Length of antennomere V	53	Width of pro-tibia
25	Width of antennomere V	54	Width of pro-tarsomere I
26	Length of antennomere VI	55	Length of pro-tarsomere II
27	Width of antennomere VI	56	Width of pro-tarsomere II
28	Length of antennomere VII	57	Length of pro-tarsomere III
29	Width of antennomere VII	58	Width of pro-tarsomere III

연구 결과

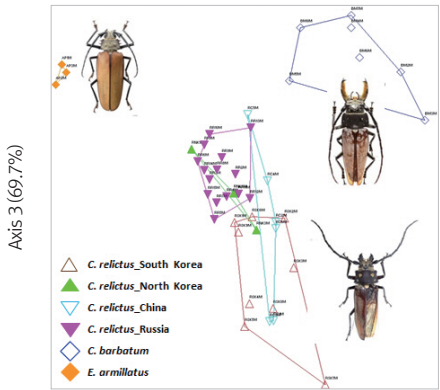
형태 형질 측정 및 분석

장수하늘소 암수는 다음 표와 같이 총 6가지 정성 형질에서 차이를 보였다.

번호	형질		수컷	암컷
1	Mandible	Upper spines	Present	Absent
2	Pronotum	Median surface	Punctate	Punctate & granulate
3	Prosternum	Pubescence	Absent	Present
4	Mesosternum	Pubescence	Absent	Present
5	Legs	Pubescence on hind-coxa	Absent	Present
6	Abdominal sternites	Posterior margin of 5th sternite	Concave	straight

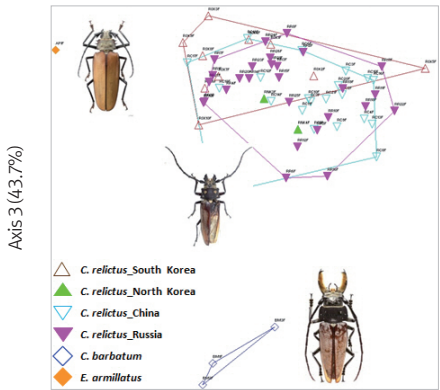
장수하늘소(*Callipogon relictus*)를 포함하여 군외군(*Callipogon barbatum*, *Enoplocerus armillatus*) 2종의 수컷 87가지(외부 형질 58가지, 내부 형질 29가지), 암컷 60가지(외부 형질)를 측정된 데이터로 PCA 분석한 결과, 암수 모

두 장수하늘소와 군외군 간에 뚜렷한 그룹을 형성하였다. 또한 수컷 장수하늘소는 한국과 러시아 개체가 분리되어 그룹을 형성하였다.



Axis 2 (69.7%)

수컷(외부, 내부)

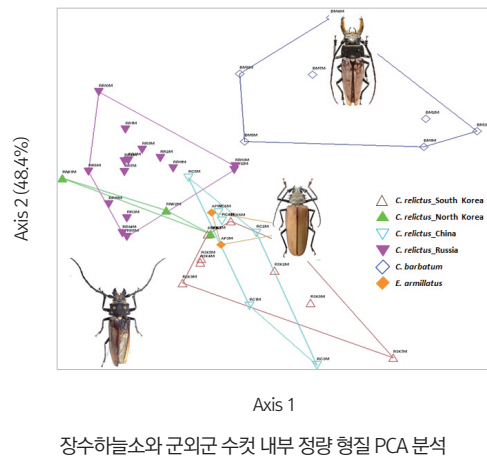


Axis 1 (81%)

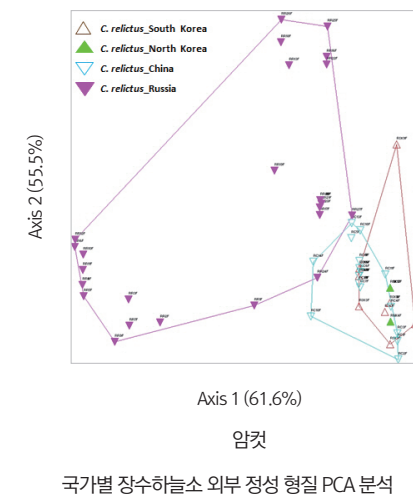
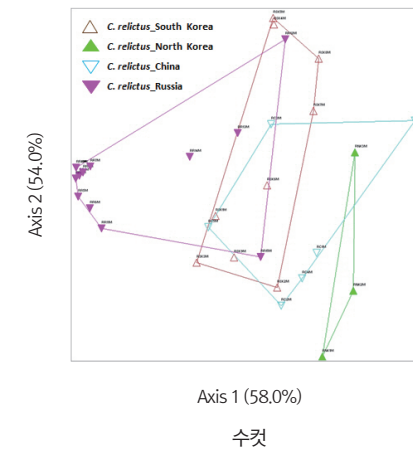
암컷(외부)

장수하늘소와 군외군 정량 형질 PCA 분석

장수하늘소와 군외군(*C.barbatum*, *E.armillatus*)의 수컷 내부 정량 형질(생식기, 29가지)을 PCA 기법로 분석한 결과 장수하늘소와 *C.barbatum*는 서로 다른 그룹을 형성하였다. 하지만 장수하늘소와 *E.armillatus* 그룹은 합쳐지는 결과를 보였다. 이것은 장수하늘소와 *E.armillatus*의 수컷 생식기가 정성 형질에서는 확연히 구별되지만 측정된 정량 형질은 이를 반영하지 못하기 때문으로 판단되며, 그에 반해 한국과 러시아 개체는 다른 그룹으로 분리되었다.



한국, 북한, 중국, 러시아 개체에서 내부를 제외한 외부 정성 형질(57가지)을 PCA 분석한 결과 암수 모두 국가별로 다른 그룹을 형성하였다.



한국과 러시아의 수컷 개체가 서로 다른 그룹을 형성할 때 어떠한 유의 형질이 결과에 영향을 미치는지 파악하고자 ANOVA 기법으로 분석하였다. 그 결과 유의값(P)이 0.05 이하인 유의 형질이 수컷의 경우 정량

형질에서 23개, 정성 형질에서 5개 총 28개, 암컷의 경우 정량 형질에서 10개, 정성 형질에서 4개 총 14개로 나타났다.

한국과 러시아 장수하늘소의 정량 형질 ANOVA 분석(유의 형질)

수컷				
번호	형질	df	F value	P(유의값)*
1	Width of neck	23	23.868	0.000***
2	Length of eye	23	18.026	0.000***
3	width of apical maxillary palpus	23	17.991	0.000***
4	Width of apical labial palpus	23	31.130	0.000***
5	Maximum width of pronotum	23	22.319	0.000***
6	Length of pronotum	23	34.812	0.000***
7	Width of elytra	23	18.484	0.000***
8	Length of elytra	23	21.380	0.000***
9	Length of metasternum	23	17.422	0.000***
10	Length of body	23	19.651	0.000***
11	Width of profemur	23	17.373	0.000***
12	Width of protibia	23	20.066	0.000***
13	Width of protarsomere I	23	17.361	0.000***
14	Male genitalia cha. 1	23	28.190	0.000***
15	Male genitalia cha. 3	23	30.978	0.000***
16	Male genitalia cha. 5	23	18.921	0.000***
17	Male genitalia cha. 9	23	16.882	0.000***
18	Male genitalia cha. 10	23	27.311	0.000***
19	Male genitalia cha. 11	23	16.785	0.000***
20	Male genitalia cha. 13	23	23.551	0.000***
21	Male genitalia cha. 15	23	26.200	0.000***

22	Male genitalia cha. 17	23	20.634	0.000***
23	Male genitalia cha. 24	23	24.684	0.000***

* P< 0.05*, P< 0.01**, P< 0.001***

암컷				
번호	형질	df	F value	P(유의값)*
1	Labrum and clypeus length	36	6.416	0.016**
2	Width of apical maxillary palpus	36	8.411	0.006**
3	Length of antennomere III	36	5.334	0.027*
4	Length of antennomere V	36	4.971	0.032*
5	Length of antennomere VI	36	4.803	0.035*
6	Width of elytra	36	5.499	0.025*
7	Thickness of body	36	4.859	0.034*
8	Width of profemur	36	4.947	0.033*
9	Length of protarsomere V	36	4.592	0.039*
10	Width of protarsomere V	36	4.491	0.041*

* P< 0.05*, P< 0.01**, P< 0.001***

한국과 러시아 장수하늘소의 정성 형질 ANOVA 분석(유의 형질)

수컷					
번호	형질		df	F value	P(유의값)
1	Clypeus	Development of clypeus	32	7.571	0.001**
		Lateral clypeus part in dorsal view	32	11.095	0.000***
2	Antenna	Shape of upper antennal socket	32	3.417	0.030*
3	Meso-sternum	Mesosternal process	32	13.888	0.000***
		Anterior surface of mesosternal process	32	3.637	0.024*
4	Legs	Pubescences on mid- and hind-femora	32	6.778	0.001**
		Pubescences on hind coxa	32	7.323	0.001**

5	Abdomen	Number of abdominal sternite	32	14.500	0.000***
---	---------	------------------------------	----	--------	----------

* P<0.05 *, P<0.01 **, P<0.001 ***

암컷					
번호	형 질		df	F value	P (유의값)
1	Clypeus	Development of clypeus	59	22.745	0.000***
		Lateral clypeus part in dorsal view	59	9.404	0.000***
2	Gena	Anterior margin of lower gena	59	35.697	0.000***
		Shape of upper antennal socket	59	4.971	0.004*
3	Antenna	Protrusion	59	7.058	0.000***
		Cicatrix	59	8.213	0.000***
4	Abdomen	Number of abdominal sternite	59	8.024	0.000***

* P<0.05 *, P<0.01 **, P<0.001 ***

각 개체별 형태 형질 측정값 표의 예

No	Code	RC1F	RC2F	RC3F	RC4F	RC5F	RC6F	RC7F	RC8F	RC9F	RC10F	RC11F	RC12F	RC13F	RC14F	RC15F	RC16F	RC17F	RC18F	RC19F	RC20F	RC21F	RC22F
1	ML	3.51	3.51	4.33	4.33	3.76	4.61	3.87	3.39	5.77	5.29	4.27	4.97	5.53	5.19	5.30	4.93	5.80	4.39	5.20	5.33		
2	LCL	2.49	2.52	2.79	3.04	3.20	3.29	2.87	3.08	2.84	3.44	2.78	2.89	2.80	2.80	3.48	3.38	3.14	3.24	2.43			
3	AW	4.89	7.52	7.86	7.61	8.17	8.19	7.83	7.86	7.88	8.29	8.83	8.49	8.86	8.86	8.86	8.86	8.87	8.87	7.89			
4	ID	2.94	3.64	3.71	3.98	3.97	3.86	3.57	3.18	3.58	3.79	3.13	3.41	2.78	3.50	3.77	4.07	3.55	3.50	3.43			
5	HW	10.33	10.42	11.33	11.18	11.33	11.33	9.31	9.82	11.03	11.24	11.38	9.78	11.33	8.88	9.78	12.88	12.39	12.34	8.80	11.08		
6	HW	9.53	10.28	10.71	10.62	10.29	9.57	9.59	10.96	11.09	11.11	10.08	9.11	10.08	9.19	9.20	11.10	11.09	11.12	9.10	10.64		
7	PCL	4.48	4.74	4.78	4.57	4.80	5.70	4.40	4.54	4.94	5.28	4.89	4.71	4.38	4.13	4.68	5.61	5.58	5.61	4.31			
8	EL	4.88	4.71	7.11	7.11	7.11	7.11	6.14	6.11	7.12	7.10	7.14	6.16	7.49	6.14	6.47	6.11	7.01	7.43	6.28	7.07		
9	UW	2.20	2.20	2.20	2.47	2.41	2.22	2.10	2.30	2.42	2.41	2.31	2.39	2.20	2.32	2.79	2.49	2.79	2.42	2.32			
10	EML	1.29	6.93	5.69	5.69	5.29	5.34	5.12	5.10	5.11	5.99	5.12	4.48	5.14	5.49	5.10	5.20	5.19	5.13	5.18			
11	EL	2.65	2.69	2.85	2.88	2.81	2.52	2.72	2.72	2.80	2.87	2.78	2.91	2.81	2.77	3.44	3.13	3.19	3.82	3.85			
12	AMPW	6.79	6.71	6.89	6.78	6.77	6.72	6.71	6.82	6.81	6.78	6.89	6.71	6.79	6.89	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80			
13	AMPL	1.58	1.51	1.59	1.60	1.40	1.47	1.39	1.40	1.38	1.72	1.40	1.33	1.43	1.31	1.79	1.38	1.72	1.39	1.71			
14	ALPW	0.70	0.62	0.62	0.68	0.76	0.80	0.74	0.78	0.73	0.84	0.87	0.81	0.88	0.84	0.86	0.85	0.72	0.74	0.77			
15	ALPL	1.70	1.48	1.48	1.78	1.78	1.74	1.71	1.49	1.76	1.76	1.74	1.47	1.77	1.79	1.76	1.49	1.69	1.11	1.19			
16	AIL	4.17	4.03	4.39	4.37	4.47	4.18	4.28	4.34	4.37	4.43	4.33	4.83	3.89	4.03	3.28	4.83	4.86	4.39	4.08			
17	ADW	2.69	2.84	2.89	2.44	2.85	2.21	2.37	2.80	2.33	2.87	2.23	2.80	2.21	2.33	2.76	2.72	2.88	2.83	2.42			
18	ACL	6.93	6.93	6.17	6.14	6.83	6.32	6.80	6.83	6.83	6.82	6.17	6.82	6.17	6.82	6.80	6.17	6.80	6.13	6.83			
19	ADW	1.58	1.35	1.47	1.54	1.41	1.54	1.48	1.52	1.43	1.58	1.50	1.47	1.54	1.37	1.64	1.60	1.55	1.37	1.50			
20	A.L	7.13	7.83	8.38	8.77	8.11	8.88	8.13	7.72	7.34	8.79	7.81	8.88	7.39	8.88	8.88	8.88	8.87	8.18	8.13	7.79		
21	AW	1.53	1.49	1.49	1.49	1.59	1.59	1.70	1.80	1.79	1.81	1.80	1.83	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84			
22	AIL	4.36	4.37	4.81	4.80	4.71	4.79	4.70	4.70	4.80	4.74	3.79	4.88	4.81	3.87	4.41	5.78	5.13	4.58	4.48			
23	AW	1.48	1.48	1.48	1.78	1.47	1.71	1.64	1.71	1.71	1.71	1.68	1.78	1.48	1.47	1.71	1.71	1.67	1.47	1.50			
24	ASL	4.17	4.20	4.20	4.23	4.23	3.86	4.18	4.14	4.05	4.27	3.87	4.49	3.87	3.82	4.20	4.41	4.75	3.75	3.39			
25	AW	1.41	1.31	1.48	1.50	1.39	1.39	1.44	1.50	1.49	1.56	1.28	1.41	1.32	1.33	1.49	1.48	1.42	1.42	1.39			
26	ASL	7.42	7.43	7.43	7.49	7.49	7.49	7.49	7.49	7.49	7.49	7.49	7.49	7.49	7.49	7.49	7.49	7.49	7.49	7.49			
27	AW	1.30	1.23	1.33	1.34	1.32	1.34	1.37	1.43	1.32	1.32	1.39	1.39	1.45	1.45	1.49	1.49	1.39	1.34				
28	AIL	3.43	3.43	3.42	3.77	3.79	3.51	3.48	3.72	3.54	3.80	3.40	4.00	3.42	3.43	4.29	4.29	4.12	3.39	3.39			
29	AW	2.49	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12			
30	AIL	2.88	3.04	3.02	3.00	3.43	3.07	2.86	3.19	3.15	3.34	2.80	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15			
31	AW	1.20	1.09	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18			
32	AIL	2.81	2.88	2.88	2.88	2.88	2.88	2.88	2.88	2.88	2.88	2.88	2.88	2.88	2.88	2.88	2.88	2.88	2.88	2.88			
33	AW	1.12	0.98	1.29	1.14	1.23	1.14	1.31	1.20	1.30	1.30	1.14	1.10	1.08	1.11	1.41	1.39	1.29	1.03	1.21			
34	AIL	2.17	2.44	2.87	2.79	2.75	2.69	2.67	2.67	2.79	2.84	2.66	3.14	2.84	2.59	3.56	3.52	2.40	2.50	2.51			
35	AW	1.09	1.09	1.11	1.07	1.09	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11			
36	AIL	3.47	3.18	3.49	3.71	3.65	3.60	3.53	3.57	3.49	3.86	3.49	4.44	3.42	(F)3.53	4.44	4.58	3.80	3.18	3.18			
37	AILW	1.11	1.05	1.11	1.11	1.14	1.10	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11			
38	AW	16.09	15.49	16.49	16.49	16.49	17.49	17.49	17.49	17.49	17.49	17.49	17.49	17.49	17.49	17.49	17.49	17.49	17.49	17.49			
39	PMWV	18.42	17.89	18.77	18.78	18.78	18.79	18.79	18.79	18.79	18.79	18.79	18.79	18.79	18.79	18.79	18.79	18.79	18.79	18.79			
40	PL	9.84	9.84	10.21	10.24	10.24	9.87	9.87	9.87	10.21	10.21	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84			
41	PL	9.47	9.13	9.13	9.47	9.47	9.47	9.47	9.47	9.47	9.47	9.47	9.47	9.47	9.47	9.47	9.47	9.47	9.47	9.47			
42	WV	3.21	3.13	3.21	3.21	3.13	3.13	3.19	3.39	3.76	3.44	3.53	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10	3.10			
43	PL	11.81	11.81	11.81	11.81	11.81	11.81	11.81	11.81	11.81	11.81	11.81	11.81	11.81	11.81	11.81	11.81	11.81	11.81	11.81			
44	WE	48.79	48.79	48.79	48.79	48.79	48.79	48.79	48.79	48.79	48.79	48.79	48.79	48.79	48.79	48.79	48.79	48.79	48.79	48.79			
45	PL	7.11	4.31	7.10	7.10	7.10	7.10	7.10	7.10	7.10	7.10	7.10	7.10	7.10	7.10	7.10	7.10	7.10	7.10	7.10			
46	ML	10.49	11.17	11.48	11.48	11.48	11.48	11.48	11.48	11.48	11.48	11.48	11.48	11.48	11.48	11.48	11.48	11.48	11.48	11.48			
47	LS	9.18	7.90	9.21	9.48	9.02	7.88	9.23	9.43	9.33	8.17	9.48	8.12	8.18	12.10	9.12	9.14	7.47	8.08				
48	BL	64.14	10.42	65.19	65.21	65.27	10.43	62.03	64.95	65.25	68.60	68.60	70.71	70.88	62.03	62.41	70.71	71.58	70.40	64.94			
49	BD	14.18	14.01	15.30	15.30	14.80	15.30	15.30	15.30	15.30	15.30	15.30	15.30	15.30	15.30	15.30	15.30	15.30	15.30	15.30			
50	FL	11.12	11.12	11.47	-	-	11.81	10.47	11.18	11.79	12.41	11.30	14.17	11.42	11.19	11.13	(F)14.18	14.13	10.98	11.88			

선발된 유의 형질 중 수컷의 내부 형질(생식기)이 두드러졌으며 실제로 한국, 북한, 중국, 러시아의 수컷 생식기는 비율, 크기, 형태에서 차이가 나타났다(그림 15). 그중 한국과 러시아 수컷의 생식기는 median lobe의 넓이/길이 비율, tegmen의 lateral lobe/ring part 비율에서 차이를 보였다(그림).



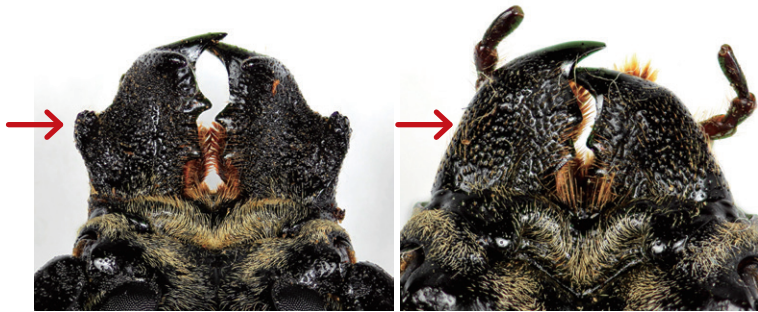
국가별 장수하늘소 수컷 생식기 비교

그러나 본 연구에서는 국가별 개체군을 식별하거나 서로 다른 종으로 분리할 수 있는 뚜렷한 형질을 찾지 못했고, 분석에 활용한 개체 수가 상대적으로 적었다는 점을 고려해 볼 때 더욱 많은 표본을 다양한 방법으로 추가적인 분석이 필요하다.

—— 암컷과 수컷 형태 차이 비교(성적이형, sexual dimorphism)

1) 큰턱(mandibles)

수컷 큰턱에는 위쪽으로 돌기가 있지만, 암컷에는 돌기가 없다.



수컷

암컷

2) 앞가슴등판(pronotum)

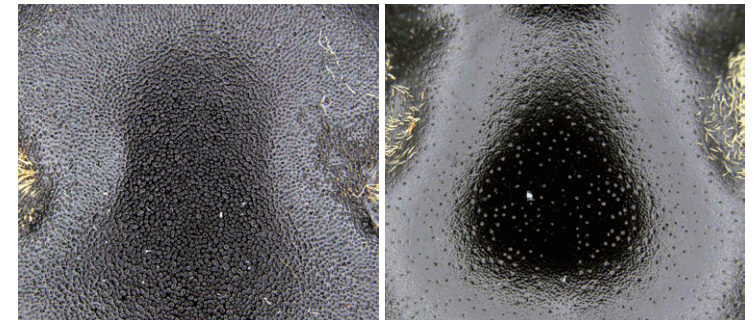
수컷 앞가슴등판의 앞가장자리는 일직선에 가깝고 뒷가장자리는 가운데 부분에서 볼록한 반면, 암컷은 앞가장자리와 뒷가장자리가 모두 볼록하다. 또한 암컷은 양 가장자리의 돌기가 수컷보다 크고 길다. 앞가슴등판을 확대해 보면, 수컷 앞가슴등판 표면에는 작은 점각이 밀집하여 광택이 약한 반면, 암컷 앞가슴등판 표면에는 드물게 작은 점각이 산재하여 광택이 강하다.



수컷

암컷

확대



수컷

암컷

3) 앞가슴복판(prosternum)

수컷 앞가슴복판은 표면이 거칠며 작은 점각이 밀집되어 있는 반면, 암컷은 매끈한 표면에 작은 점각이 흩어져 있다.



수컷

암컷

4) 중간가슴복판(mesososternum)

수컷 중간가슴복판 대부분에는 작은 점각이 밀집하지만 가운데 역삼각형으로 매끈한 표면에는 작은 점각이 산재한다. 암컷은 매끄러운 표면에 작은 점각이 전체적으로 산재하고, 양 가장자리에 노란색 연모가 밀집한다.



수컷

암컷

5) 뒷다리 퇴절(femure of hind leg)

수컷 퇴절 아랫면에는 노란색 연모가 밀집하는 반면, 암컷 퇴절 아랫면에는 노란색 연모가 없다.



수컷

암컷

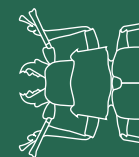


05

서식실태 연구 방법 및 결과

GWANGNEUNG
FOREST

CALLIPOGON RELICTUS
SEMENOV



연구 방법

국내

1) 미성숙 단계(유충~번데기) 및 서식실태 조사

Murayama (1936)부터 Lee *et al.* (2018)까지 한국, 러시아, 중국에서 보고된 관련 문헌을 바탕으로 장수하늘소 기주식물의 학명(scientific name)을 현행화하고, 국가별로 기록된 기주식물을 재정리하였다.

2) 성숙 단계(성충) 서식실태 조사

장수하늘소가 서식할 것으로 판단되는 고사목이나 큰 수목에 주황색 띠를 이용하여 조사 일자와 조사자 이름 약자를 표기하였다. 성충 발생 전 시기(2~7월 초)에는 광릉숲 산림 지역을 중심으로 조사하고, 주요 성충 발생 시기(7월 중~9월 초)에는 수목원 내 전시원을 중점적으로 조사하였다. 장수하늘소의 탈출공이 확인된 고사목은 분해하여 갱도와 용실(번데기방) 유무 등을 확인하고, 크기 등을 측정하여 객관적인 자료를 축적하였다.



대형 고사목 기록



대형 고사목에 기록한 조사 일자 및 조사자



탈출공이 확인된 고사목(서어나무) 분해



분해한 고사목 내부 관찰

또한 주간에는 망원경과 육안으로 성충 발생 유무를 확인하고, 곤충 트랩을 설치하여 성충 유인 여부를 확인한다. 야간에는 유아등을 이용하여 조사한다.



당밀 유인 트랩 설치



설치 완료한 당밀 유인 트랩



손전등을 이용한 야간 육안 조사



크레인을 활용한 고사목 상단부의 탈출공 유무 조사



10 m 유인등을 활용한 야간 조사



드론을 이용한 고사목 조사



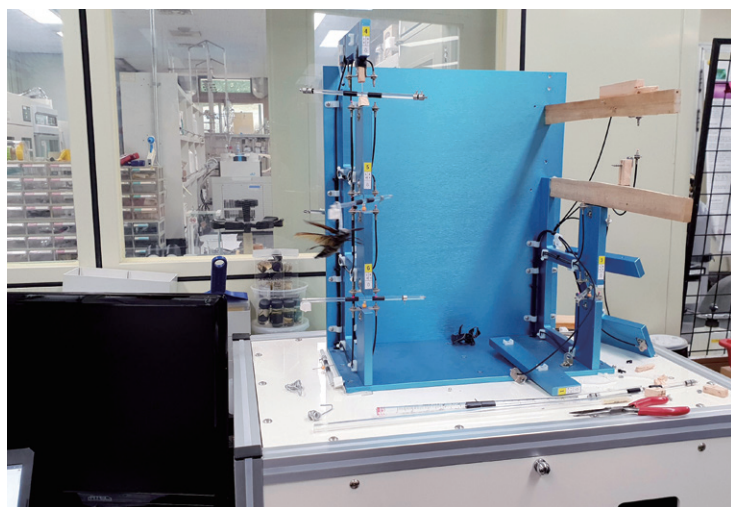
장수하늘소 및 대형 딱정벌레류를 조사하고자 비행 간섭 트랩 설치

장수하늘소 및 대형 딱정벌레류를 조사하고자 원형 함정 트랩 설치

3) 성충의 비행 능력 연구

국립산림과학원(산림병해충연구과) 협조로 도입산 장수하늘소를 이용하여 실내 비행능력을 실험하였다. 총 4개체(암컷 3개체, 수컷 1개체)를 대상으로 연구실에 설치된 플라이트 밀즈(flight mills)를 활용해 30분 동안 비행 실험한 결과는 다음 표와 같다.

구분	몸 길이(mm) / 몸무게(g)	1회 최대 비행거리(m) / 최대 비행시간(분:초)	순간 최대 속도(m/초)	총 비행거리 (m/분:초)
암컷	65.6 / 6.25	541.3 / 12:30	0.956	937.9 / 30:00
	66.0 / 5.00	15.1 / 00:60	0.296	34.5 / 30:00
	68.4 / 6.00	-	-	221.6 / 27:30
수컷	72.8 / 6.20	29.4 / 00:40	1.199	29.7 / 00:48



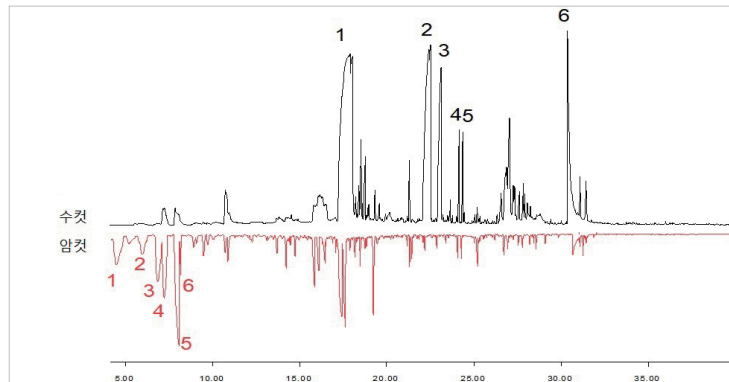
장수하늘소 실내 비행 실험



플라이트 밀즈에 부착한 장수하늘소

4) 성충의 생리학적 특성 연구

국립산림과학원(산림병해충연구과) 협조로 도입산 장수하늘소를 이용하여 성충 생체에서 휘발성 물질을 추출해 분석하였다. 총 6개체(수컷 3개체, 암컷 3개체)로 실험한 결과, 암컷에서는 공통적으로 4가지 휘발성 물질(α -pinene, 3-carene, b-pinene, b-phellendren)이 추출되었다. 수컷과 암컷에서 공통적으로 나온 휘발성 물질은 6가지이며, 현재 추가적으로 분석 중이다.



휘발성 물질 분석 결과

5) 복원

2017년 7월 20일에 발견한 장수하늘소 암컷에서 알을 받았고, 성충으로 우화한 개체들을 3차례에 걸쳐 광릉숲에 방사하였다. 1차 복원은 2018년 7월 10일(수컷 2개체), 2차 복원은 8월 14일(수컷 1개체), 3차 복원은 2017년 발견한 암컷의 F2인 암컷 3개체를 2019년 7월 29일에 방사하였다.

국외(러시아)

1) 1차(2015년 8월 25~27일)

장수하늘소가 처음 기록된 러시아 우수리자연보호구역(Ussuri Nature Reserve)에서 장수하늘소 기주식물로 알려진 느릅나무(*Ulmus davidiana* var. *japonica* (Rehder) Nakai) 고사목을 중심으로 유충의 식흔, 갯도, 탈출공, 성충 출현 등을 조사하였다.

2) 2차(2018년 7월 15~19일)

우수리자연보호구역에 있는 Mountain Taiga Station 인근 산림 지역에 서 장수하늘소의 기주식물과 유충의 식흔, 갯도, 탈출공, 성충 출현 등을 조사하였다.

연구 결과

국내

1) 미성숙 단계(유충~번데기) 및 서식실태 조사

2016년 8월, 광릉숲에서 참나무과(Fagaceae) 고사목에서 장수하늘소 유충 1개체를 확인하였다. 이 고사목은 동정 결과 갈참나무(*Quercus aliena* Blume)로 밝혀졌으며, Lee *et al.* (2019)에 의해 장수하늘소의 기주식물로 처음 보고되었다.



장수하늘소 유충이 발견된 갈참나무 고사목

참고문헌(14건)과 본 조사에서 새롭게 발견된 자료(1건)를 기반으로 장수하늘소 기주식물을 다음 표와 같이 정리하였다(Lee *et al.*, 2019).

번호	기주식물	
	과명	학명
1	Aceraceae	<i>Acer mandshuricum</i> Maxim.
2	Anacardiaceae	Anacardiaceae <i>mono</i> Maxim.
3	Betulaceae	<i>Betula costata</i> Trautv.
4		<i>Betula</i> spp.
5		<i>Carpinus cordata</i> Blume
6		<i>Carpinus laxiflora</i> (Siebold & Zucc.) Blume
7		<i>Carpinus</i> spp.
8	Fagaceae	<i>Quercus aliena</i> Blume
9		<i>Quercus mongolica</i> Fisch.
10		<i>Quercus wutaishanica</i> Mayr
11		<i>Quercus</i> spp.
12	Salicaceae	<i>Chosenia arbutifolia</i> (Pall.) A. Skvorts.
13		<i>Populus maximowiczii</i> A. Henry
14		<i>Salix caprea</i> L.
15		<i>Salix schwerinii</i> E. Wolf.
16	Tiliaceae	<i>Tilia amurensis</i> Rupr.
17	Ulmaceae	<i>Fraxinus mandshurica</i> Rupr.
18		<i>Fraxinus rhynchophylla</i> Hance
19		<i>Fraxinus</i> spp.
20		<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i> (Rehder) Nakai
21		<i>Ulmus laciniata</i> (Trautv.)
22		<i>Ulmus propinqua</i> Koidz
23		<i>Ulmus</i> spp.
7과 11속 17종		

광릉숲 서식실태 조사에서 장수하늘소 서식 흔적은 총 27건 확인하였다. 까치박달(*Carpinus cordata*)에서는 탈출공 1개, 서어나무(*Carpinus laxiflora*)에서는 서식 흔적(유충, 탈출공, 용실 등) 17개, 갈참나무(*Quercus aliena*)에서는 유충 1개체와 탈출공 1개, 신갈나무(*Quercus mongolica*)에서는 탈출공 2개 등을 확인하였다.

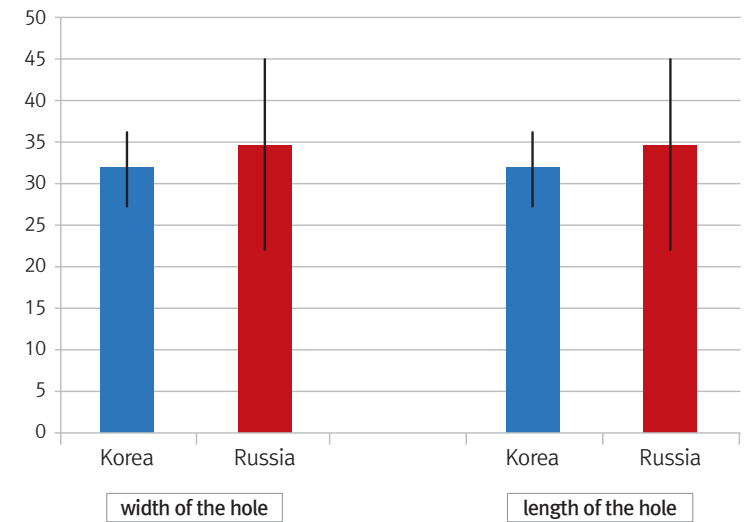
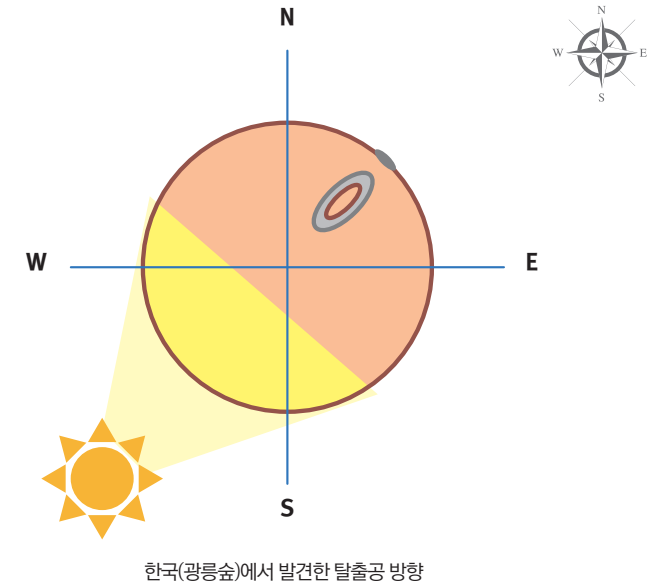
2) 성숙 단계(성충) 서식실태 조사

■ 탈출공

광릉숲 기주식물 고사목에서 장수하늘소 탈출공 높이를 조사한 결과, 낮게는 0.9 m에서 높게는 8.0 m까지 확인하였다. 또한 탈출공이 발견된 고사목 흉고직경은 36.0~72.0 cm였다. 서어나무 한 그루에서는 탈출공을 최대 6개를 발견하였다. 탈출공은 방향은 북쪽, 북동쪽, 동쪽 순이었다. 탈출공 모양은 한국과 러시아 모두 정원형에 가까운 타원형이었다. 광릉숲에서 발견한 탈출공은 너비는 평균 32.1(27~36) mm, 길이는 평균 26.0(22~32) mm였다. 반면, 러시아 우수리자연보호구역에서 발견된 탈출공 너비는 평균 33.4(22~45) mm, 길이는 평균 28.2(18~41) mm였다.

한국과 러시아 장수하늘소 탈출공 비교

구분	한국 (광릉숲)	러시아 (우수리자연보호구역)
탈출공 높이(m)	0.9~8.0	1.0~24.0
고사목 흉고직경(cm)	36~72	56~130
한 그루에서 발견된 최대 탈출공 수	6개(서어나무)	30개(느릅나무)
탈출공 방향	북-북동-동	북서-북



한국(광릉숲)과 러시아(우수리자연보호구역) 탈출공 너비와 길이 비교

■ 용실(번데기방)

용실은 긴 타원형 또는 긴 터널 모양이었다. 길이는 평균 17.5(14~20) cm이며, 높이는 평균 4.1(3.8~4.4) cm, 기주식물 수피로부터의 깊이는 평균 7.0(4.5~1.0) cm였다.

광릉숲에서 확인한 장수하늘소 용실의 특징

구분	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	평균
길이(m)	18	2.	2.	15	17	18	18	14	13	17	17.5
높이(m)	4.1	4.4	4.3	3.8	3.9	3.8	4.2	4.4	4.3	4.0	4.1
기주식물 *	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CC	QA	Q.	3 spp.
흉고직경(cm)	60	69	69	55	53	50	60	59	39	56	57.1
수피로부터의 깊이(cm)	7.0	9.0	8.0	7.0	8.0	5.0	10.0	6.0	4.5	5.5	7.0

* CL: 서어나무, CC: 까치박달, QA: 갈참나무, Q.: 참나무류

■ 성충 확인(2014~2019): 최근 6년간의 기록을 사진으로 제시하였다.

- 2014년: 8월 19일 수컷 1개체(오른쪽 딱지날개 손실)를 확인하였다.



8월 19일 수컷 생체

- 2015년: 7월 27일 암컷 1개체 사체 확인



7월 27일 암컷 사체

- 2016년: 8월 10일 수컷 1개체(앞가슴등판이 세로로 파손)를 확인하였다.



8월 10일 수컷 생체

- 2017년: 7월 20일 암컷 1개체, 8월 11일 암컷 1개체(사체), 8월 14일 수컷 1개체(사체)를 확인하였다.



7월 20일 암컷 생체



8월 11일 암컷 사체

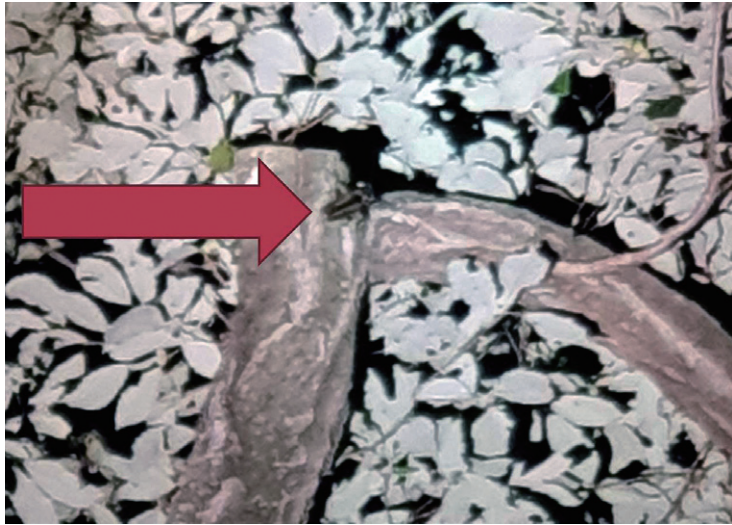


8월 14일 수컷 사체

- 2018년: 8월 6일 수컷 1개체(몸 길이 98.0 mm로 양호한 상태), 8월 13일 수컷 1개체(육안), 8월 14일 암컷 1개체, 8월 22일 수컷 1개체(사체)를 확인하였다.



8월 6일 수컷 생체



8월 13일 수컷 생체(육안 확인)



8월 14일 암컷 생체



8월 22일 수컷 사체

- 2019년: 8월 1일 수컷 1개체(사체), 8월 6일 암컷, 수컷 1개체씩, 8월 27일 사체 잔해, 8월 28일 수컷 1개체(사체)를 확인하였다.



8월 1일 수컷 사체



8월 6일 수컷 생체



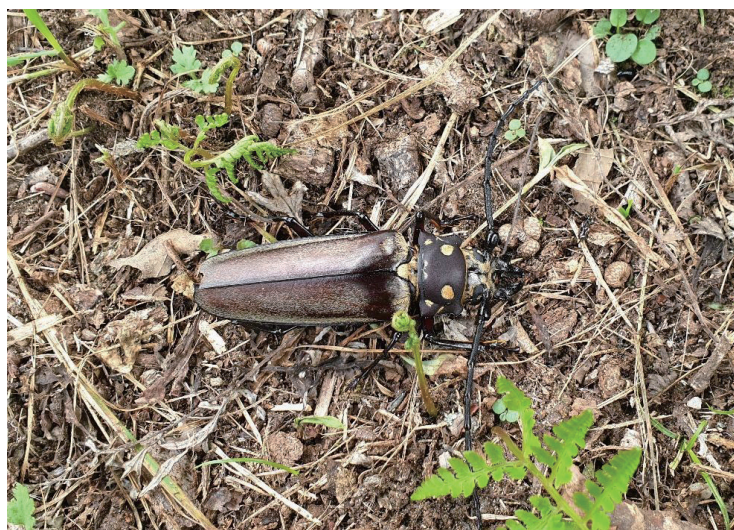
8월 27일 사체 잔해



8월 6일 암컷 생체



8월 27일 사체 잔해



8월 28일 수컷 사체



8월 28일 수컷 사체

3) 복원

■1차 복원: 2018년 7월 10일 수컷 2개체를 방사하였다.



장수하늘소 복원 행사



국립수목원장님의 모두 발언



한국응용곤충학회 부회장(박종균 교수)님 축사



복원한 수컷

■2차 복원: 2018년 8월 14일 수컷 1개체를 방사하였다.



장수하늘소 연구 경과 발표



방사한 장수하늘소



기주식물을 오르는 장수하늘소

■ 3차 복원: 2019년 7월 29일 암컷 3개체를 방사하였다. 2개체는 주간, 1개체는 야간 방사 후 행동을 관찰하였다.



기주식물에 붙은 장수하늘소 촬영

방사한 장수하늘소가 나무를 오르는 모습



주간 방사(2개체)



야간 방사(1개체)

■ 방사한 개체 행동 특성

• 수컷

- 재도입한 개체는 나무 상단부까지 올라갔다.
- 더듬이를 몸 앞으로 뻗어 이동경로에 장애물이 있는지 없는지 탐색했다.
- 나무를 오를 때 수피에 낀 지의류, 이끼 등이 방해 요소로 작용되는 듯했다.
- 수피에 붙어 나무를 오를 때 배 끝이 활모양으로 휘어, 미끄러져 떨어지는 것을 방지하였다.
- 체구에 비해 다리가 길고 얇아 나무를 오를 때 동력이 필요해 보였다.
- 나무 상단에 도달한 후 딱지날개를 펴고 접는 듯하더니 광릉숲으로 날아갔다.
- 온도가 높은 낮에는 체력이 급격히 저하되어 주로 밤이나 아침에 활발히 활동한다.

• 암컷

- 교미한 개체들은 아니지만 나무를 오를 때 수피 틈새를 탐색하며 산란관을 빼어 산란하는 듯한 행동을 보였다.
- 비행력이 상당히 좋으며, 나무에서 다른 나무로 이동한 후 다시 비행을 하여 멀리 날아갔다.

국외(러시아)

1) 1차(2015년 8월 25~27일)

■ 우수리자연보호구역 내 장수하늘소 서식실태 조사

■ 시보로프스키숲(Syrovovsky Forest)

- 특징: 장수하늘소의 기준표본이 된 지역(type locality)이다. 느릅나무가 우점하고, 저지대이며 계수가 많아 높은 습도가 유지된다.
- 조사 내용: 본 지역의 주요 기주식물로 알려진 느릅나무 수액에서 성충, 고목에서 유충과 번데기 채집을 시도하였다.
- 조사 결과: 성충이 출현하기에는 다소 늦은 시기(8월 말)인 관계로, 성충은 확인하지 못하였지만 성충의 탈출공과 유충 식흔을 다수 발견하였다(탈출공 정보는 111p 참조).



시보로브스키숲 조사지전경



시보로브스키숲 장수하늘소 서식 실태 조사

■ 우수리자연보호구역 중앙연구소 인근 숲

- 특징: 느릅나무가 우점하고, 저지대이며 높은 습도가 유지된다.
- 조사 내용: 본 지역의 주요 기주식물로 알려진 느릅나무 수액에서 성충, 고사목에서 유충과 번데기 채집을 시도하였다.
- 조사 결과: 성충은 확인하지 못하였지만 성충의 탈출공과 유충 식흔을 다수 발견하였다(탈출공 정보는 00p 참조).



우수리자연보호구역 인근 숲 서식 실태 조사

■ 조사 후 기록 사항

- 우수리자연보호구역에는 다양한 장수하늘소 기주식물이 있기 때문에 장수하늘소 개체군의 밀도가 유지되는 데 유리한 것을 확인하였다.
- 장수하늘소 서식처로는 계곡부보다 습도가 유지되는 평지가 유리하다고 판단된다. 국내에는 이러한 조건을 충족하는 환경이 매우 한정적일 것으로 보인다.
- 우수리자연보호구역에서 장수하늘소 서식 밀도가 가장 높은 시기는 7월 중순이므로 추후 조사 시에는 시기를 맞추어야 한다.

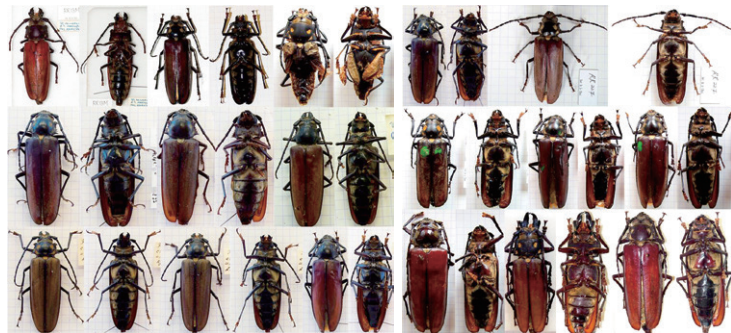
■ 표본 검경

우수리자연보호구역 연구소에 소장된 총 8개체(수컷 2개체, 암컷 6개체)와 생물토양연구소(블라디보스토크)에 소장된 총 9개체(수컷 1개체, 암컷 8개체) 표본을 검경하였다. 수컷은 생식기를 포함해 총 87가지, 암컷은

다리를 포함해 총 60가지 형질을 측정하였다. 검정한 모든 표본은 사진 촬영을 하였다. 본 사진들은 추후 연구의 기초 자료로, 국가별 연구 및 분석 대조 자료로 활용할 예정이다.



러시아산 장수하늘소(왼쪽: 생물토양연구소, 오른쪽: Alexander Kuprin 소장)



검정한 표본

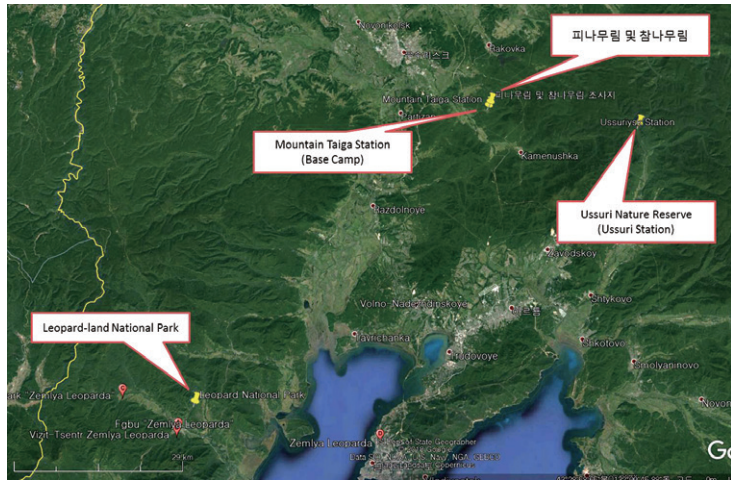


우수리스크 숙소에서 표본 형태 측정 및 검경

2) 2차(2018년 7월 15~19일)

■ 조사지 위치

- 베이스캠프(Mt. Taiga Station): N43°41'43.7" E132°9'26.3"
- 피나무, 참나무 군락지: N43°42'5.4" E132°9'40.9" Alt. 263.2 m
- Leopard-land National Park: N43°21'54" E131°38'30" Alt. 69.8 m
- 우수리자연보호구역: N43°40'15.0" E132°29'42.6" Alt. 192.7 m



조사지

■ 장수하늘소 및 기타 산림곤충 야간 조사

- Kuprin의 협조로 베이스캠프 주변에서 장수하늘소와 기타 산림곤충 야간 조사를 수행하였다.
- 베이스캠프 주변은 비행하는 장수하늘소가 확인된 지역으로, 야간 채집을 통하여 장수하늘소 유인 여부와 기타 산림곤충을 유인하는 실험을 추진하였다.
- 유인된 곤충은 우리나라 강원도에서 야간 채집 시 관찰되는 종(사슴벌레, 풍뎅이류)이 많았다.



베이스캠프 주변 야간 유아등 조사

■ 장수하늘소 서식실태 및 기주식물 조사

- 피나무, 참나무 군락지 조사
- 베이스캠프에서 가까운 피나무, 참나무 군락지에서는 주로 피나무 (*Tilia amurensis*)가 우점하였으며, 참나무속(genus *Quercus*) 종들이 밀집하였고, 이 외에도 느릅나무(*Ulmus davidiana* var. *japonica*)가 분포하였다. 이 숲은 제2차 세계대전 시기인 1940년대에 일본인들이 소나무류를 집중적으로 벌채해 간 후 지금과 같은 천연활엽수림으로 발달하였다.
- 경사가 완만하여 광릉숲과 유사하고, 우수리자연보호구역과는 다르게 지류가 없고 관목이 많이 발달하였다.
- 피나무와 참나무 군락지에서는 주로 말굽버섯을 확인할 수 있었으며, 고사목 1그룹에서 딱다구리가 가해한 흔적을 발견하였다.



피나무와 참나무 군락지 내 장수하늘소 서식 실태 조사



Leopard-land National Park 내 장수하늘소 서식 실태 조사

■ Leopard-land National Park 조사

- 야생 표범이 서식하는 산림으로 북한, 중국과 인접한 지역이다.
- 2015년 장수하늘소가 발견된 지역이다.
- 2016년 태풍 피해를 심하게 입은 지역으로, 고사목들이 많이 쓰러져 있었다.
- 계곡이 있는 골짜기 지역으로 산림 내 습도가 유지되고 있었다.
- 느릅나무, 굴참나무 등 장수하늘의 기주식물로 보고된 수종이 많지만, 경사가 급해 인력으로 조사하기는 어려웠다.

■ 우수리자연보호구역 조사

- 우수리자연보호구역은 극동아시아 생물종다양성센터의 별도 소속 기관이므로 허가서를 별도로 받아야 조사할 수 있다. 하지만 2015년 국립수목원과 러시아과학원 극동분소 간 체결한 MOU를 통하여 허가서를 받을 수 있었다.
- 숲이 우거져서 탈출공 방향이 다양하게 나타난 것을 확인하였다. 이 것으로 숲 전체에서 습도가 골고루 높게 형성된다는 것을 짐작할 수 있었다.
- 쓰러진 느릅나무 고사목에서는 백색부후균 일종인 노랑느타리 (*Pleurotus citrinopileatus* Singer)를 주로 발견하였다.
- 느릅나무 고사목 2그루에서 탈출공을 55개(고사목1에서 25개, 고사목2에서 30개) 확인하였다.
- 고사목1에서 장수하늘소 유충의 큰턱을 1개 확인하였다.
- 추가 확보 정보 1: 온도가 높고 화창할 때 장수하늘소가 큰 비행음을 내며 비행하는 것을 볼 수 있다.
- 추가 확보 정보 2: 러시아에서 장수하늘소 주요 기주식물은 *Ulmus japonica*이며, *Tilia amurensis*, *T. mazuiensis*, *Betula* sp.에서도 발견되기도 한다.



우수리자연보호구역 조사 허가서





우수리자연보호구역 내 장수하늘소 서식 실태 조사

■러시아와 공동연구 인프라 확보

- 국립수목원과 우수리자연보호구역 연구소 간 업무협약(MOU)을 체결하였다. 이로써 장수하늘소 공동연구뿐만 아니라 추후 곤충상, 식물상 조사도 함께할 수 있는 토대를 마련하였다.

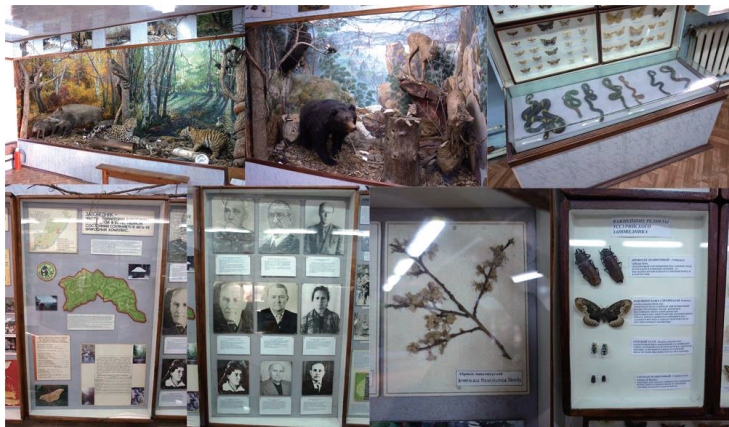


우수리자연보호구역 총 책임자인 Andrej K. Kotlyar와 MOU 서류 교환



Andrej K. Kotlyar와 장수하늘소 공동연구 내용 협의

- 우수리자연보호구역 중앙연구소 1층에 있는 박물관을 방문하였다.
이곳에서는 본 지역대표 생물 표본들을 전시하고 있었으며, 학생들을 대상으로 숲의 중요성과 생물 종 다양성을 교육한다.



박물관에 전시된 자료

- 러시아과학원 극동지소 생물토양연구소 곤충연구실장(Arkady S. Lelej)과 면담을 가졌다. 곤충연구실장이 연구소에서 소장하고 있는 장수하늘소 표본에 대한 정보 공유와 안내를 해 주었다.



곤충연구실장과의 면담

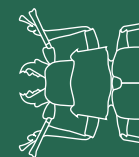


06

분자생물학적 연구 방법 및 결과

GWANGNEUNG
FOREST

CALLIPOGON RELICTUS
SEMENOV



연구 방법

2) 분석 방법

DNA 추출 키트를 이용하여 DNA를 추출하였으며, Illumina MiSeq.을 이용하여 분석하였다. 계통 분석에는 13개 단백질 코딩 유전자를 이용하였다. 2개의 tRNA를 제외한 tRNA 2차 구조 분석은 Low Lab tRNA_{san}-SE를 이용하였다.

———— 바코드(barcode) 유전자 분석(Lim *et al.*, 2013)

1) 연구 재료

유충은 2010년 7월 29일 광릉숲 내 서어나무 고사목에서 발견한 개체를, 성충은 1990년 7월 20일 광릉숲에서 발견한 개체를 이용하였다.

2) 분석 방법

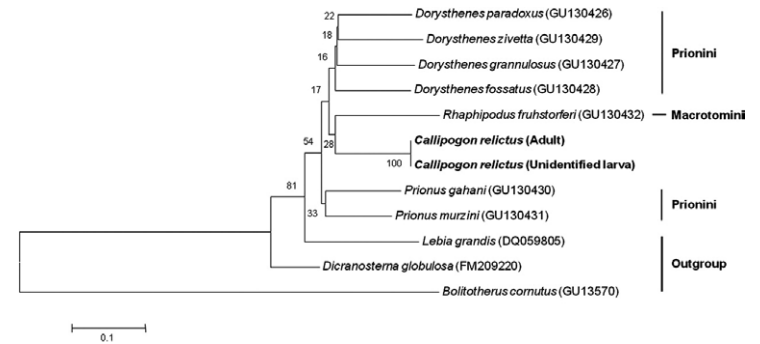
유충의 첫 번째 배마디에서 조직을 추출하고 성충의 가슴 근육을 추출하여 분석하였다. 총 COI 855 bp 염기서열을 대상으로 COI-F, COI-R 증폭자를 증폭하여 결과를 분석하였다.

———— 미토콘드리아(mitochondria) 전체 유전체 분석(Lim *et al.*, 2017)

1) 연구 재료

광릉숲에서 2014년에 발견한 수컷과 2015년에 발견한 암컷 각 1개체로 국립문화재연구소(천연기념물센터)에서의 표본 관리번호는 NHC-A-2015-054, NHC-A-2016-120이다.

연구 결과



장수하늘소 유충과 성충의 미토콘드리아 COI 유전자를 기반으로 한 Neighbor-joining (NJ) tree (Lim et al., 2013)

바코드(barcode) 유전자 분석(Lim et al., 2013)

전체적으로 총 834 염기서열(bp)을 정리하였다. 다른 하늘소 종들과 비교하고자 기존 Genbank (ncbi)에 등록된 종의 염기서열을 참고하였다. 분석 결과, 종 동정이 확실하지 않았던 유충의 유전자 정보가 성충의 유전자가 동일함을 확인하였다. 본 분석 결과를 바탕으로 유충의 형태 특징을 재기재하였으며, 주요한 형태 특징별 수치를 측정하여 정리하였다. 이는 광릉숲에서 Murayama (1936)가 처음 기재한 장수하늘소 유충 정보를 현행화한 자료로서, 다른 대형 하늘소 종들과 형태를 비교하는 데 기초자료로 이용될 것으로 기대한다.

미토콘드리아(mitochondria) 전체 유전체 분석(Lim et al., 2017)

장수하늘소의 미토콘드리아는 총 15,742 염기쌍(bp)으로 이루어져 있으며, 단백질 코딩 유전자 13개, ribosomal RNAs 2개, tRNA 22개, 1,033 염기쌍의 긴 AT-rich 지역으로 구성된 것으로 확인하였다. 전체 염기서열은 AT 67.3%, CG 32.7%로 구성되며, 13개 단백질 코딩 유전자는 다른 딱정벌레에서 보이는 양상과 같은 것으로 분석되었다.

장수하늘소 미토콘드리아 게놈(mitochondrial genome)

Gene	Direction	Location	Length	Anticodon	Codon	
					Start	Stop
<i>tRNA^{Ile}</i>	F	1 - 67	67	GAT (29 - 31)		
<i>tRNA^{Gln}</i>	R	70 - 140	71	CAA (108 - 110)		
<i>tRNA^{Met}</i>	F	143 - 211	69	CAT (173 - 175)		
<i>Nad2</i>	F	212 - 1225	1014		ATT	TAA
<i>tRNA^{Trp}</i>	F	1224 - 1291	68	TCA (1258 - 1260)		
<i>tRNA^{Cys}</i>	R	1292 - 1357	66	GCA (1326 - 1328)		
<i>tRNA^{Tyr}</i>	R	1358 - 1422	65	GTA (1391 - 1393)		
<i>Cox1</i>	F	1445 - 2957	1513		AAT	T
<i>tRNA^{Leu}</i>	F	2958 - 3022	65	TAA (2987 - 2989)		
<i>Cox2</i>	F	3023 - 3707	685		ATC	T
<i>tRNA^{Lys}</i>	F	3708 - 3777	70	TTT (3737 - 3739)		
<i>tRNA^{Asp}</i>	F	3778 - 3844	67	GTC (3809 - 3811)		
<i>Atp8</i>	F	3845 - 4000	156		ATA	TAA
<i>Atp6</i>	F	3994 - 4665	672		ATG	TAA
<i>Cox3</i>	F	4665 - 5450	786		ATG	AGA
<i>tRNA^{Gly}</i>	F	5451 - 5515	65	TCC (5482 - 5484)		
<i>Nad3</i>	F	5516 - 5867	352		ATT	T
<i>tRNA^{Ala}</i>	F	5868 - 5933	66	TGC (5897 - 5899)		
<i>tRNA^{Arg}</i>	F	5930 - 5998	69	TCG (5962 - 5964)		
<i>tRNA^{Asn}</i>	F	5999 - 6064	66	GTT (6031 - 6033)		
<i>tRNA^{Ser}</i>	F	6064 - 6131	68	TCT (6096 - 6098)		
<i>tRNA^{Glu}</i>	F	6132 - 6194	63	TTC (6162 - 6164)		
<i>tRNA^{Phe}</i>	R	6193 - 6255	63	GAA (6223 - 6225)		
<i>Nad5</i>	R	6256 - 7978	1723		ATA	T
<i>tRNA^{His}</i>	R	7976 - 8040	65	GTG (8007 - 8009)		
<i>Nad4</i>	R	8041 - 9370	1330		ATA	T
<i>Nad4L</i>	R	9367 - 9651	285		ATG	TAA
<i>tRNA^{Thr}</i>	F	9654 - 9717	64	TGT (9684 - 9686)		
<i>tRNA^{Pro}</i>	R	9718 - 9782	65	TGG (9750 - 9752)		

<i>Nad6</i>	F	9784 - 10299	516		ATC	TAA
<i>Cob</i>	F	10299 - 11438	1140		ATG	TAG
<i>tRNA^{Ser}</i>	F	11437 - 11503	67	TGA (11466 - 11468)		
<i>Nad1</i>	R	11521 - 12465	945		ATT	TAG
<i>tRNA^{Leu}</i>	R	12472 - 12536	65	TAG (12505 - 12507)		
<i>16S rRNA</i>	R	12538 - 13824	1287			
<i>tRNA^{Val}</i>	R	13825 - 13892	68	TAC (13861 - 13863)		
<i>12S rRNA</i>	R	13893 - 14709	817			
A+T rich region	R	14710 - 15742	1033			



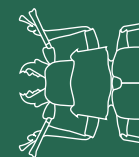
GWANGNEUNG
FOREST

CALLIPOGON RELICTUS
SEMENOV



07

토종 장수하늘소의 지속가능한 서식 밀도 유지 방안



국내 서식지에 대한 지속적인 서식실태 조사

장수하늘소는 같은 속의 다른 종과 달리 동북아시아에 속하는 극동러시아, 중국, 북한, 한국에만 분포하는 종으로 국가별로도 국지적으로 분포하는 양상을 보인다. 국내에서는 서울(북한산), 경기 포천(광릉숲), 강원 화천, 춘천, 양구, 강릉(소금강)에서 분포 기록이 있었지만, 최근 수년 동안에는 경기 포천(광릉숲)에서만 확인된다.

국립수목원 연구진과 참여 연구진은 장수하늘소가 1898년 처음 기록되었던 러시아 우수리자연보호구역에서 2차례 현지 조사를 하며 국내 서식처 여건과 기주식물이 다른 점을 확인하였다. 한국에서는 서어나무와 참나무류가 주된 기주식물이지만, 러시아에서는 느릅나무가 주된 기주식물임을 확인할 수 있었다. 또한 우수리자연보호구역은 넓은 평지이지만 우리나라에서는 고산 지역이나 계곡부 등에 위치한 평지에서 주로 장수하늘소가 발견되었다.

러시아 조사와 더불어 현재 장수하늘소 서식처인 광릉숲, 분포 기록이 있는 강원 춘천, 강릉(소금강)과 경기 연천, 강원 양양(미천골 일대), 인제(점봉산 일대)에서도 추가 조사를 실시한 바 있다. 춘천의 경우, 분포 기

록이 있는 지역 대부분은 잣나무로 식재되어 있고 소양호 인근으로 경사가 심하여 인력으로 조사하기 어려웠으며, 소금강과 점봉산 일대는 참나무류와 서어나무 고사목이 많이 분포하나 장수하늘소의 서식 흔적을 찾지는 못하였다. 다만 강원 양양(미천골 일대) 조사에서는 장수하늘소 수컷 사진을 확보하는 성과를 거두었다. 본 사진은 미천골 근교 주민이 직접 촬영한 것이다.

현재까지 알려진 바로는 광릉숲이 국내에서 유일한 장수하늘소 서식처이지만 인력으로 조사하기 어려운 강원도 산림 지역이나 DMZ와 인접한 군사보호지역 등은 러시아, 광릉숲과의 식생 비교, 주변 식생 여건으로 미루어 보아 장수하늘소가 서식할 만한 환경이므로 서식 가능성을 배제할 수 없다. 따라서 광릉숲을 비롯하여 이러한 지역에 대해서는 유관기관과의 협업을 통해 지속적이고 장기적인 장수하늘소 서식실태 조사를 추진할 필요가 있다. 이를 통해 우리나라 장수하늘소 서식지 범위, 기주식물, 지역별 출현 시기 등과 같은 생태학적 자료를 확보할 수 있으리라 기대한다.

한편, 중국에서는 현재 장수하늘소를 산림해충으로 취급하여 집중적으로 조사하지 않고 있다. 러시아에서는 장수하늘소를 멸종위기종으로 지정하여 법적으로 보호하고 있지만, 실제 종의 서식 밀도 변화 양상 연구 등은 진행하지 못하는 상황이다. 따라서 중국, 러시아와 함께 국가별 장수하늘소 분포 지역, 북한 장수하늘소 서식 밀도 변화 양상, 진화 등에 관한 연구를 추진하여 한반도를 포함하여 동북아시아 전체 장수하늘소 분포 지도를 완성할 필요가 있다.

유전학적 특성 연구 추진

생물의 유전학적 특성을 연구한다는 것은 유전자 분석기술을 이용하여 종의 이력, 분포, 사업 활용 가능성 등을 확인하는 것이다. 장수하늘소의 유전학적 특성을 연구하면 한반도, 중국, 러시아 등지에 분포하는 장수하늘소 간의 기원과 오랜 시간 격리되어 독립적으로 진화해 온 방향에 대한 다양한 결론을 얻을 수 있다.

국립수목원 연구진과 참여 연구진은 한국산 장수하늘소를 기반으로 하여 COI 바코드(barcode) 염기서열 분석과 미토콘드리아(mitochondria) 전체 염기서열을 분석한 바 있다. 하지만 표본을 확보하기가 매우 어려웠기 때문에 한국산, 중국산, 러시아산 표본을 활용하여 유전학적 정보를 대조하지는 못하였다. 중국의 경우, 곤충 표본을 해외로 반출하기 어렵고, 소장 표본도 대부분 오래전에 채집된 것이라 유전학적 연구를 추진하기가 어렵다. 러시아에서는 장수하늘소가 멸종위기종으로 지정되어 있고, 중국과 마찬가지로 신선한 표본을 확보하기가 어렵다. 따라서 한국, 중국, 러시아 연구기관의 공동연구가 절실하다.

추후 여러 국외 연구기관들과 함께 국내외 장수하늘소 개체군의 유전

적 다양성 분석 및 국내 개체군 판별 연구를 수행할 계획이다. 차세대 염기서열분석법(NGS, Next Generation Sequencing)을 기반으로 개체군을 판별하는 변이유전자마커(microsatellite, SNP)를 개발하면 유전적 다양성 지수 비교 및 개체군별 진단 가능한 형질을 제시할 수 있다. 또한 외국 개체군과의 유전적 교류를 방지하여 국내 개체군의 유전적 고유성을 보존하고 자원을 개발하는 데도 활용할 수 있다.

공동연구를 추진하기에 앞서 국립수목원에서는 한국산 장수하늘소의 전체 유전체(full genome)를 다른 하늘소류, 딱정벌레류 유전체와 비교, 분석하여 장수하늘소만의 특이적 유전자를 탐색하고, 곤충산업에 이바지할 수 있는 유전자를 발굴할 예정이다.

광릉숲 보전과 장수하늘소 서식가능지역 발굴

광릉숲은 우리나라에서 설악산, 제주도, 신안(다도해) 다음으로 유네스코 생물권보전지역으로 지정되었다. 광릉숲의 산림 면적은 좁지만 국내에 기록된 곤충 중 수의 약 23%가 서식하며, 매년 국내 미기록종과 신종이 발견될 만큼 특수한 지역이다. 또한 현재까지 우리나라에서 장수하늘소의 유일한 서식처로 알려졌다.

그러나 광릉숲은 의정부시, 남양주시, 포천시 등 여러 도시에 둘러싸여 있으며, 각 지역 인구는 점차 증가하는 추세여서 점점 도시 사이에서 고립되어 가고 있다. 또한 한반도 중부 지역에서 볼 수 있는 대표적인 극상림이어서 분포하는 식생이 점차 쇠퇴하는 경향을 보인다.

이러한 상황을 미루어 볼 때 장수하늘소는 광릉숲의 사건, 사고에 매우 취약하다고 할 수 있다. 그러므로 장수하늘소가 지속적으로 서식할 수 있도록 광릉숲 내 기주식물과 치수(묘목)를 관리해야 한다. 아울러 장기적으로는 장수하늘소 후대 개체들을 위하여 광릉숲을 대체할 수 있는 서식지를 발굴하여야 한다.

장수하늘소 보전을 위한 제언

장수하늘소는 성충과 유충이 다른 곤충에 비해서 크다. 강인한 생김새와 커다란 몸집 때문에 예부터 많은 사람에게 사랑을 받아 왔다. 반대로 같은 이유 때문에 남획되는 일이 많아 자연에서는 개체 수가 급격히 줄어들었고, 오늘날에는 천연기념물로 지정되기에 이르렀다. 여기에서는 지금까지 연구 결과 및 경험을 바탕으로 장수하늘소 보전에 필요한 내용을 기술한다.

1) 기주식물인 아름드리나무가 많은 숲 보전

모든 곤충이 그렇듯이 장수하늘소가 살아가려면 먹이식물이 반드시 있어야 한다. 지금까지 국립수목원에서 수행한 연구 및 모니터링 결과를 바탕으로 볼 때 장수하늘소가 서식하려면 비교적 큰 나무가 많아야 한다. 광릉숲은 조선 7대 임금인 세조의 능림(陵林)으로 지정된 이후 550여 년간 보존된 지역으로, 흉고직경이 30 cm가 넘는 서어나무, 참나무류 같은 아름드리나무가 많아 장수하늘소가 서식하기에 최적의 장소이다. 따라서 장수하늘소를 보전하려면 서어나무, 참나무류 같은 기

주식물을 벌채하지 않고, 아름답드리나무로 구성된 숲을 유지할 수 있도록 하여야 한다.

2) 남획 방지

장수하늘소를 보호종으로 지정하고, 장수하늘소가 살기 좋은 숲을 아무리 잘 가꾼다 하더라도 개인의 욕심을 앞세운 남획은 막기가 쉽지 않다. 이전에는 광릉숲 말고도 서울 북한산, 춘천, 강릉 소금강처럼 장수하늘소 서식지로 알려진 곳이 여럿 있었다. 그런 곳들과 광릉숲의 차이점은 일반인 출입 가능 여부다. 일반인이 자유롭게 출입할 수 있는 다른 지역들과 달리 광릉숲은 연구를 위한 출입을 제외하고는 출입이 통제된다. 물론 장수하늘소가 한 지역에서 절멸한 배경에는 여러 이유가 복합적으로 작용했겠지만, 출입을 통제하지 않은 것도 크게 영향을 미쳤을 것이라고 생각된다. 따라서 장수하늘소 서식 지역 및 인근 지역을 보호구역으로 지정하거나 출입을 통제하고, 주기적으로 순찰해 무분별한 남획을 방지해야 한다. 특히 장수하늘소 출현 시기에는 출입 통제를 강화하고, 밀렵꾼이 발견되면 관련 법규에 따라 엄격히 처벌하여 장수하늘소 보호에 대한 의지를 보여 주어야 한다.

3) 섬부른 조사 및 채취 금지

일반적으로 곤충을 복원하고 보전하려면 해당 곤충의 서식실태 및 생태 조사와 공시충 확보를 통한 사육법 및 복원 연구를 필수적으로 수반하여야 한다. 그러나 개체군의 밀도가 낮은 장수하늘소는 자칫 무분별하고 잘못된 조사로 유충이 피해를 입을 수 있으며, 아무리 적은 수

를 포획하더라도 개체군에 미치는 영향이 매우 클 수 있다. 따라서 조사하기에 앞서 사육 기술이 완벽한지 점검하고 철저히 계획을 수립하여야 한다. 현지에 서식하는 개체군에 영향을 주지 않는 범위에서 조사하며, 장기적으로 서식실태를 모니터링하여야 한다. 복원을 위한 공시충 확보도 개체군 유지에 영향을 미치지 않도록 최소로 하여 한다. 성충을 확보한 뒤 산란할 때는 원 서식지에서 알을 낳을 수 있도록 하여야 하며, 알 또한 복원 작업에 필요한 최소한만 이용하여야 한다.

4) 인간 간섭 최소화

남획, 잘못된 조사 및 채취 같은 인간의 직접적인 간섭 외에 간접적인 영향도 줄이도록 하여야 한다. 장수하늘소는 다른 곤충도 마찬가지로 야간에 불빛에 날아드는 경향이 있다. 광릉숲에서도 숲 근처 도로변이나 상점 불빛에 날아든 장수하늘소가 발견되며, 때로는 도로를 달리는 차량 불빛에 날아들었다가 죽은 개체도 발견된다. 따라서 장수하늘소 보전의 중요성을 홍보하고, 곤충이 유인되지 않거나 밝기가 약한 전구를 사용하는 등 서식에 악영향을 미치는 요소를 줄일 수 있도록 노력하여야 한다.

5) 지속적인 연구 및 일관된 복원 정책 수립

장수하늘소는 자연 상태에서는 유충 기간이 5~7년으로, 다른 곤충에 비해 생활사가 길다. 지금까지 생태가 자세히 알려지지 않은 이유다. 그래서 자연 상태에서 산란 조건, 산란 수, 성충이 되기까지 기간, 비행 능력, 습성 등 연구할 것이 많다. 아무리 조건이 좋은 서식지가 있더라

도 복원 개체 수가 수용력을 넘어서면 장기적으로 서식지에 안 좋은 영향을 미치고, 반대로 복원 개체 수가 너무 적으면 복원 효과가 떨어진다. 이러한 문제점을 극복하기 위해서는 장수하늘소를 복원하기에 앞서 서식지의 생태 수용력을 먼저 연구하여야 한다. 그리고 그 결과를 바탕으로 지속가능한 개체군이 유지될 수 있도록 일관된 복원 정책을 수립하고 실천하여야 한다.

6) 대체 서식지 개발

현재 지구에는 기후변화에 따른 영향이 여러 형태로 나타나고 있다. 국립기상과학원에서 발표한 자료에 따르면, 우리나라는 106년(1912~2017) 동안 연평균기온이 10년마다 0.18℃씩 상승하였으며, 특히 연평균 최저기온은 10년마다 0.24℃ 폭으로 상승하였다. 겨울이 점점 따뜻해진다는 뜻이며, 이는 월동하는 곤충 생육에 영향을 끼친다는 뜻이기도 하다. 지금까지 장수하늘소의 서식 남방한계선은 광릉숲이었으나 기후변화에 따라 변할 수 있다. 따라서 장수하늘소 대체 서식지는 강원 산간 지역이나 광릉숲보다 북쪽 지역이거나 기후대가 낮은 고산 지대를 고려하여야 한다.

국립수목원에서 발표한 장수하늘소 관련 주요 연구 논문(변 등, 2007)

□ 보 문 □

韓應昆誌 46(1): 19~25 (2007)
Korean J. Appl. Entomol.

광릉숲에서의 장수하늘소(딱정벌레목: 하늘소과) 서식실태 조사결과 및 보전을 위한 제언

변봉규*, 권태성¹, 원갑재², 조동광, 이봉우, 이유미, 최혁재, 김철학³, 이승환⁴, 배임섭⁵, 안승학⁶, 홍기정⁷
박신영, 임종욱⁴, 권두희

국립수목원 생물표본과, ¹국립산림과학원 산림생태과, ²영월군농업기술센터, ³강원대학교 곤충생태보존연구센터, ⁴서울대학교 농생명공학부, ⁵인원대학교 생물학과, ⁶국립중앙과학관, ⁷국립식물원연구소 중부지역재해관리소

Occurrence of *Callipogon relictus* Semenov (Coleoptera: Cerambycidae) in the Gwangneung Forest, Korea with Suggestions for the Conservation

Bong-Kyu Byun*, Tae-Sung Kwon¹, Gap-Jae Weon², Dong-Gwang Jo, Bong-Woo Lee, You-Mi Lee, Hyeok-Jae Choi, Cheol-Hak Kim³, Seung-Hwan Lee⁴, Yang-Seop Bae⁵, Seung-Lak An⁶, Ki-Jeong Hong⁷, Shin-Young Park, Jong-Ok Lim⁸ and Doo-Hui Kwon

Korea National Arboretum, Pocheon, Korea
¹Korea Forestry Research Institute, Seoul, Korea
²Yongweol Insectarium, Yongweol, Korea
³Gangwon National University, Chuncheon, Korea
⁴Seoul National University, Seoul, Korea
⁵University of Incheon, Incheon, Korea
⁶National Science Museum, Daejeon, Korea
⁷Central Post-entry Quarantine Station of National Plant Quarantine Service, Suwon, Korea

ABSTRACT : A survey to investigate the inhabitation of *Callipogon relictus* Semenov and evaluate the population of the species in the Gwangneung Forest was conducted during last seven years. During the study, a female was observed in the forest in 2006 which confirmed a possibility of the inhabitation with a small population. Fortunately, a ovipositing female was observed in the forest during this study period in 2006. The female laid more than 20 eggs singly in the crack of bark of the *Carpinus laxiflora* Blume. We collated the all available data for the species with the present study including the previous reports to provide the information for the conservation plan. It will be needed the long term monitoring and various efforts for the conservation of the species will be need hereafter.

KEY WORDS : *Callipogon relictus* Semenov 1898, Cerambycidae, Coleoptera, Gwangneung Forest, Natural monument, Conservation, Global warming, Habitat

초 록 : 본 연구는 광릉숲에서의 장수하늘소의 실제 서식현황을 재확인하고, 서식밀도를 추정하기 위해 수행하였다. 2006년 성충 발생기를 전후하여 조사한 결과 알컷 1개체가 발견되었으며, 발견된 알컷의 방사과정에서 산란행동이 관찰되었는데, 나무 상부로 이동하면서 서어나무의 수피 틈에 날개로 산란하였으며 산란회수는 20회 이상임이 확인되었다. 담변연구를 통해 현재까지 알려진 정보들을 종합하고 이들의 보전을 위한 방안을 제시하였다.

검색어 : 장수하늘소, 하늘소과, 딱정벌레목, 광릉숲, 천연기념물, 보전, 지구온난화, 서식지

*Corresponding author. E-mail: bkbyun@foa.go.kr



ZooKeys 792: 45–68 (2018)
doi: 10.3897/zookeys.792.26771
http://zookeys.pensoft.net

RESEARCH ARTICLE



A peer-reviewed open access journal
Launched to accelerate biodiversity research

Survey research on the habitation and biological information of *Callipogon relictus* Semenov in Gwangneung forest, Korea and Ussurisky nature reserve, Russia (Coleoptera, Cerambycidae, Prioninae)

Seung-Gyu Lee¹, Cheolhak Kim², Alexander V. Kuprin³, Jung-Hoon Kang⁴, Bong-Woo Lee³, Seung Hwan Oh¹, Jongok Lim¹

1 Korea National Arboretum, Pocheon 11186, South Korea **2** Osang K-insect Biological Resource Research Center, Yeosu 32426, South Korea **3** Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Far East Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, 690022, Russia **4** National Research Institute of Cultural Heritage, Daejeon 34122, South Korea **5** Korea Forest Service, Daejeon 35208, South Korea

Corresponding author: Jongok Lim (jjongok79@gmail.com)

Academic editor: F. Vitali | Received 18 May 2018 | Accepted 21 August 2018 | Published 23 October 2018

<http://zoobank.org/F661DE51-8993-49D0-893A-SA9E841746BE>

Citation: Lee S-G, Kim C, Kuprin AV, Kang J-H, Lee B-W, Oh SH, Lim J (2018) Survey research on the habitation and biological information of *Callipogon relictus* Semenov in Gwangneung forest, Korea and Ussurisky nature reserve, Russia (Coleoptera, Cerambycidae, Prioninae). ZooKeys 792: 45–68. <https://doi.org/10.3897/zookeys.792.26771>

Abstract

An investigation on the habitation of *Callipogon relictus* Semenov, 1899 in Gwangneung forest was carried out, where the Korea National Arboretum is located. In an investigation spanning the last eleven years (2007–2017), 22 emergence holes, nine pupal chambers, six adults, and two larvae of *C. relictus* were identified. In this study, biological information about habitation of *C. relictus* is provided by comparing and combining the results of this investigation with a survey conducted in Ussurisky Nature Reserve, Russia, in 2015. The distribution is also reviewed to include the Korean Peninsula and a new location of South Korea is added to the distribution for *C. relictus*.

Keywords

Coleoptera, *Callipogon relictus*, critically endangered species, Gwangneung forest, habitation, Korea natural monument

Copyright Seung-Gyu Lee et al. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Journal of Asia-Pacific Entomology 22 (2019) 353–358
Contents lists available at ScienceDirect
Journal of Asia-Pacific Entomology
journal homepage: www.elsevier.com/locate/jape




Short communication

A review of host plants of *Callipogon (Eoxenus) relictus* Semenov (Coleoptera: Cerambycidae: Prioninae), a Korea natural monument, with a new host, *Quercus aliena* Blume

Seung-Gyu Lee^a, Cheolhak Kim^b, Ik-Je Choi^b, Alexander V. Kuprin^c, Jongok Lim^{a,*}

^a Division of Forest Biodiversity, Korea National Arboretum, Pocheon 11186, Republic of Korea
^b Institution of Biological Resources, Osang K-insect, Yeosu 32426, Republic of Korea
^c Division of Eco-Friendly Agriculture, Division of Agriculture and Stockbreeding Distribution Bureau, Governor of Gyeongangbuk-do, Pyeongsan, Andong, Gyeongbuk, Republic of Korea
^d Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Russian Academy of Science, Vladivostok 22, 690022, Russia

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Keywords:
Callipogon (Eoxenus) relictus
Gwangneung forest
Host plants
Natural monument
Quercus aliena

A comprehensive checklist identifying host plants of phytophagous insects are essential in protecting forest ecosystems from major insect pests. We investigated host plants of *Callipogon (Eoxenus) relictus* Semenov (Coleoptera: Cerambycidae: Prioninae), an insect categorized as a natural monument in South Korea. Field surveys in Gwangneung forest led us to newly recognize the oriental white oak, *Quercus aliena* Blume (Fagaceae), as a host plant of *C. (E.) relictus*. Based on this result and a literature search, we provide an updated list of host plants of *C. (E.) relictus* in the present study. In addition, we also discussed about microorganisms (mushrooms) and habitats in Gwangneung forest (South Korea) and Ussurisky Nature Reserve (Russia) that are relevant to *C. (E.) relictus*.

Introduction

Commonly known as longhorn or timber beetles (Machado et al., 2013), the phytophagous family Cerambycidae (Coleoptera) comprises 35,000 species worldwide (Monné et al., 2009). Although some feed on herbaceous growths, members of the family generally attack arborescent plants, including each species restricted to a single tree species or genus (Crisphead, 1923). As wood borers, the cerambycids are some of the most ecologically and economically relevant insects in the world, given their ability to damage timber already in service, as well as seriously debilitate or kill commercially valuable trees and shrubs (Linsley, 1959; Web, 1987).

Subfamily Prioninae have been known as a primitive group and primarily consists of borers that feed on rotten wood or roots (Wang et al., 2014).

Measures to protect forest ecosystems against phytophagous insect pests must involve generating an up-to-date checklist affected host plants of the pests. The life cycle and host information of Cerambycidae are particularly important, given their high destructive potential. Recently, many checklists of cerambycids and new records of host plants have been published from the world (Machado et al., 2012;

Vlasak, 2014; Doychev et al., 2017; Monné, 2017). In South Korea, Lim et al. (2014) presented 170 host plants for 181 cerambycid species. The genus *Callipogon* includes eight species in four subgenera with an interesting disjunct distribution in the Neotropical and West Palearctic regions (Li et al., 2012; Monné, 2017). Seven species (representing three subgenera) are known to occur in South America (Monné, 2017). The last one is *C. (Eoxenus) relictus* Semenov, the largest beetle in the Palearctic region (Byun et al., 2007) and the only representative of the genus *Callipogon* in East Asia (Bashbordov, 2016). This distribution could serve as a part of the evidence supporting the Bering land bridge theory, i.e., a terrestrial connection between Eastern Palearctic and Western Nearctic regions during the early Cenozoic (An, 2010; Bashbordov, 2016).

In South Korea, where the beetle is designated as a Korean natural monument (No. 218), *C. (E.) relictus* was first recorded as *Macrotona (Bandar) fisheri* Waterhouse (Saito, 1932) without a detailed collection locality, and *Carpinus laxiflora* (Siebold and Zucc.) Blume (Betulaceae) was newly reported as its host plant of *C. (E.) relictus* (Anonymous, 1936) in Gwangneung forest. However, the population of *C. (E.) relictus* has not been fully investigated, because considerable effort is required for its isolation and identification of this species living heartwood.

참고 문헌

- 국립수목원. 2018. 국립수목원 업무현황 자료집. 123 pp.
- 변봉규, 조동광, 이봉우, 이유미, 박신영, 원갑재, 한휘림. 2006. 광릉숲의 곤충(Insect Diversity of the Gwangneung Forest, Korea). 국립수목원. 257 pp.
- 변봉규, 조동광. 2006. 광릉숲 장수하늘소 서식실태 조사보고서. 국립수목원. 42pp.
- 임종욱, 이승규, 오승환. 2018. 한반도 하늘소과 종 기준표본 및 증거표본 도감. 국립수목원. 130 pp.
- 임종욱, 최익제, 이승규, 신영민, 김일권, 이봉우, 김상용, 신창호. 2016. 우리 숲에서 만날 수 있는 하늘소 200종 도감. 국립수목원. 동진문화사
- 장현규, 이승현, 최웅. 2015. 하늘소 생태도감. 지오북. 399pp.
- An, S.L. 2010. Notes on the status and conservation of *Callipogon relictus* Semenov in Korea, *Annual Review in Cultural Heritage Studies*, 43(1): 260~279.
- Audinet-Serville, J.G.A. 1832. Nouvelle classification de la famille des longicornes. *Annales de la Société Entomologique de France*, 1: 118~201.
- Byun, B.K., Kwon, T.S., Weon G.J., Jo, D.G., Lee, B.W., Lee, Y.M., Choi, H.J., Kim, C.H., Lee, S.H., Bae, Y.S., An, S.L., Hong, K.J., Park, S.Y., Lim, J.O., Kwon, D.H. 2007. Occurrence of *Callipogon relictus* Semenov (Coleoptera: Cerambycidae) in the Gwangneung forest, Korea with suggestions for the conservation. *Korean Journal of Applied Entomology*, 46(1): 1~25.
- Byun, B.K., Lee, Y.J., Weon, G.J., Sohn, J.D. 2005. Butterfly Fauna of Gwangneung Forest, Korea. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 82(2): 199~210.
- Chen, S.X., Xie, Y.Z., Deng, G.F. 1959. *Economic Insect Fauna of China, Fasc. 1, Coleoptera: Cerambycidae*. Science Press, Beijing, China, 120 pp.
- Cherepanov, A.I. 1988. *Cerambycidae of Northern Asia*. In: Prioninae, Disteniinae, Lepturinae, Asemolinae. Vol. I. Amerind Publishing Co. Pvt. Ltd, New Delhi.
- Cho, P.S. 1959. A study on the damaged plants of longicorn beetles in Korea (Cerambycidae). In: *Collected Papers of Shinheung College*. 2: 355~386.
- Cho, P.S. 1961. Taxonomic study on the family Cerambycidae from Korea, *Bulletin of Liberal Arts, Korea University*, 174 pp.
- Cho, Y.C., Shin, H.C., Kim, S.S., Lee, C.S. 2007. Dynamics and Conservation of the Gwangneung National Forest in Central Korea: A National Model for Forest Restoration. *Journal of Plant Biology*, 50(6): 615~625.
- Chung, Y.J., Lee, B.Y., Byun, B.H. 1995. A list of insect pests of trees and shrubs in Korea. Forestry Research Institute, Seoul.
- Hammond, H.E.J., Williams, D.J. 2011. A revision of the genus *Callimoxys* Kraatz (Coleoptera: Cerambycidae) in America north of Mexico and review of world species. *The Coleopterists Bulletin*, 65(3): 246~289.
- Han, C. 2015. Longicorn Beetles of North Korea. *Insects and Nature*, 50(13): 22~25.
- Hong, S.P., Kim, Y.S. 1991. Some notes and the other forms of *Callipogon relictus* Semenov in Korea. *Journal of the Amateur Lepidopterists' Society of Korea*, 4: 44~45.
- Kim C.W., Yoon, I.B., Nam, S.H. 1976. On the habitats and habits of *Callipogon relictus* S. (Col. Cerambycidae). *Nature Conservation*, 11: 5~16.
- Kim, C.W. 1977. Distribution atlas of insects of Korea. In: Series 2. Coleoptera. Korea University Press, Seoul.
- Kim, S., de Medeiros, B.A.S., Byun, B.K., Lee, S., Kang, J.H., Lee, B., Farrell, B.D. 2018. West meets East: How to rainforest beetles become circum-Pacific evolutionary origin of *Callipogon relictus* and allied species (Cerambycidae: Prioninae) in the New and Old Worlds. *Molecular Phylogeny and Evolution*, 125: 163~176.
- Ko, J.H. 1969. A list of insect pests of trees and shrubs in Korea. Forestry Research Institute, Seoul.
- Kuprin, A.V., Bezborodov, V.G., Yi, D.A., Kotlyar, A.K. 2014. Development biology and ecological peculiarities of the relict longhorn beetle *Callipogon relictus* Semenov, 1899 (Coleoptera, Cerambycidae). *Entomological Review*, 94(9): 1251~1256.
- Kurpin, A.V., Bezborodov, V.G. 2012. Areal of *Callipogon relictus* Semenov, 1899 (Coleoptera, Cerambycidae) in the Russian Far East. *Biol. Bull.*, 29(4): 387~391.
- Lee, S.G., Kim, C.H., Choi, I.J., Kuprin, A.V., Lim, J. 2019. A review of host plants of *Callipogon relictus* Semenov (Coleoptera: Cerambycidae: Prioninae), a Korean

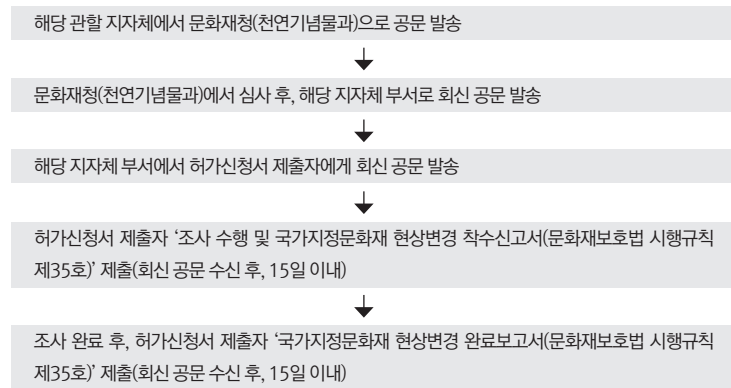
- monument, with a new host, *Quercus aliena* Blume. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 22: 353~358.
- Lee, S.M. 1987. The Longicorn Beetles of Korean Peninsula. National Science Museum, Seoul, Korea. 287 pp.
 - Li, J., Drumont, A., Noel, M., Lin, L., Xueping, Z., Gao, M. 2014. Checklist of the Prioninae of China with illustrations of genera and subgenera (Coleoptera, Cerambycidae). *Les Cahiers Magellanes*, 16: 73~109.
 - Li, J., Drumont, A., Xueping, Z., Lin, L. 2013. Note on the egg productivity of females of *Callipogon (Eoxenus) relictus* Semenov-Tian-Shanskij, 1899, and first record for Inner Mongolia Autonomous Region in China. *Les Cahiers Magellanes*, 12: 52~56.
 - Li, J., Drumont, A., Xueping, Z., Meixiang, G. 2012. The checklist of Northeast China's subfamily Prioninae and biological observations of *Callipogon (Eoxenus) relictus* Semenov-Tian-Shanskij, 1899 (Coleoptera, Cerambycidae, Prioninae). *Les Cahiers Magellanes*, 9: 50~54.
 - Lim, J., Jung, S.Y., Lim, J.S., Jang, J., Kim, K.M., Lee, Y.M., Lee, B.W. 2014. A review of host plants of Cerambycidae (Coleoptera: Chrysomeloidea) with new host records fourteen cerambycids, including the Asian longhorn beetle (*Anoplophora glabripennis* Motschulsky), in Korea. *Korean Journal of Applied Entomology*, 53(2): 111~133.
 - Lim, J., Kim, M., Kim, I.K., Jung, S., Lim, J.S., Park, S.Y., Kim, K.M., Kim, C., Byun, B.K., Lee, B.W., Lee, S. 2013. Molecular identification and larval description of *Callipogon relictus* Semenov (Coleoptera: Cerambycidae), a natural monument of South Korea. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 16: 223~227.
 - Lim, J., Yi, D.K., Kim, Y.H., Lee, W., Kim, S., Kang, J.H., Kim, I.K. 2017. Complete mitochondrial genome of *Callipogon relictus* Semenov (Coleoptera: Cerambycidae): a natural monument and endangered species in Korea. *Mitochondrial DNA Part B: Resources*, 2(2): 629~631.
 - Ministry of Environment. 2007. National project report on crutiny of *Callipogon relictus* Semenov in Mt. In: Odaesan and procure of indigenous species. Ministry of Environment, Korea (In Korean).
 - Monne, M.A. 2014. Catalogue of the Cerambycidae (Coleoptera) of the Neotropical Region. Part III. Subfamilies Lepturinae, Necydalinae, Parandrinae, Prioninae, Spondylidinae and Families Oxypeltidae, Vesperidae and Disteniidae.
 - Murayama, J. 1936. On the larva and food plant of *Callipogon relictus* Semenov. *Japanese Journal of Entomology*, 10: 280~290.
 - Saito, K. 1932. On the longicorn beetles of Corea. *Essays in celebration of the 25th Anniversary of the Agricultural and Forestry College Suigen*, 439~478.
 - Semenov, A. 1898. *Callipogon (Eoxenus) relictus* sp. n., Vertreter des neotropischen Genus der cerambyciden in der russischen Fauna. *Horae Societatis Entomologicae Ross*, 32: 562~580.
 - Shin, S.C., Chi, G.W., Chung, Y.J., Lee, S.G., Kim, C.S. 2007. A new illustrated guide to Korean insect pests of trees and shrubs. Forestry Research Institute, Wootgo Publishing Co, Seoul.
 - Wang, Z. 2003. *Monographia of orignial colored longicorn beetles of China's Northeast*. Jilin Science and Technology Publishing House. 419pp
 - Yi, D.A., A.V. Kuprin, Y.J. Bae. 2017a. Morphological anomalies of endangered Korean relict long-horned beetle *Callipogon relictus* (Cerambycidae, Coleoptera) during ontogenesis and possible causes of their occurrence. *Zookeys*, 714: 53~60.
 - Yi, D.A., A.V. Kuprin, Y.J. Bae. 2018. Distribution of the longhorned beetle *Callipogon relictus* (Coleoptera: Cerambycidae) in Northeast Asia. *Zootaxa*, 4369(1): 101~108.
 - Yi, D.A., A.V. Kurpin, Y.H. Lee, Y.J. Bae. 2017b. Newly developed fungal diet for artificial rearing of the endangered long-horned beetle *Callipogon relictus* (Coleoptera: Cerambycidae). *Entomological Research*, 47: 373~379.
 - Yi, D.A., Kuprin, A.V., Bae, Y.J. 2019. Effects of temperature on instar number and larval development in the endangered longhorn beetle *Callipogon relictus* (Coleoptera: Cerambycidae) raised on an artificial diet. *Canadian Entomologist*, 151: 537~544.

부록

1. 장수하늘소 조사 시 필요한 행정사항

조사 추진 관련 사항(사전 조치 사항)

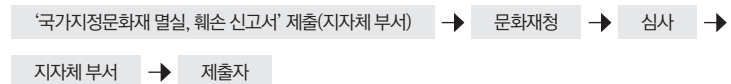
- 장수하늘소 조사 목적으로 특정지역 조사 추진 전, 해당 관할 구역 지자체의 업무 담당 부서로 ‘국가지정문화재 현상변경(포획, 채취 등) 허가신청서(문화재보호법 시행규칙 제19호 서식)’ 제출



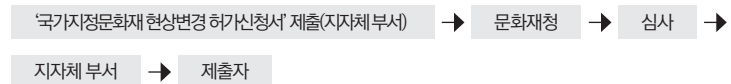
장수하늘소(사체, 생체 등) 발견 시 조치 사항

- 발견 일시, 장소, 상황, 발견자, 개체 상태(몸 길이 등), 발견 후 조치와 특이사항 기록, 현장 및 사체(생체) 사진 확보
- 발견된 장수하늘소 상태와 추후 계획에 따른 조치 사항

사체 발견 시



생체 발견 및 추후 계획 수립 시



2. 장수하늘소 관련 법령 정보

「문화재보호법」

제2조(정의) ① 이 법에서 "문화재"란 인위적이거나 자연적으로 형성된 국가적·민족적 또는 세계적 유산으로서 역사적·예술적·학술적 또는 경관적 가치가 큰 다음 각 호의 것을 말한다.

3. 기념물

다. 동물(그 서식지, 번식지, 도래지를 포함한다), 식물(그 자생지를 포함한다), 지형, 지질, 광물, 동굴, 생물학적 생성물 또는 특별한 자연현상으로서 역사적·경관적 또는 학술적 가치가 큰 것

제35조(허가사항) ① 국가지정문화재(국가무형문화재는 제외한다. 이하 이 조에서 같다)에 대하여 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 행위를 하려는 자는 대통령령으로 정하는 바에 따라 문화재청장의 허가를 받아야 하며, 허가사항을 변경하려는 경우에도 문화재청장의 허가를 받아야 한다.

1. 국가지정문화재(보호물·보호구역과 천연기념물 중 죽은 것 및 제41조제1항에 따라 수입·반입 신고된 것을 포함한다)의 현상을 변경하는 행위로서 대통령령으로 정하는 행위
4. 명승이나 천연기념물로 지정되거나 지정된 구역 또는 그 보호구역에서 동물, 식물, 광물을 포획(捕獲)·채취(採取)하거나 이를 그 구역 밖으로 반출하는 행위

제40조(신고 사항) ① 국가지정문화재(보호물과 보호구역을 포함한다. 이하 이 조에서 같다)의 소유자, 관리자 또는 관리단체는 해당 문화재에 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 사유가 발생하면 대통령령으로 정하는 바에 따라 그 사실과 경위를 문화재청장에게 신고하여야 한다.

2. 국가지정문화재의 소유자가 변경된 경우
5. 보관 장소가 변경된 경우
6. 국가지정문화재의 전부 또는 일부가 멸실, 유실, 도난 또는 훼손된 경우
7. 제35조제1항제1호에 따라 허가(변경허가를 포함한다)를 받고 그 문화재의 현상변경을 착수하거나 완료한 경우
9. 동식물의 종(種)이 천연기념물로 지정되는 경우 그 지정일 이전에 표본이나 박제를 소유하고 있는 경우
 - 9의2. 폐사한 천연기념물 동물을 부검하는 경우
 - 9의3. 천연기념물로 지정된 동물에 대하여 질병 등 기타 위험의 방지, 보존 및 생존을 위하여 필요한 조치 등 대통령령으로 정하는 행위를 한 경우

「문화재보호법 시행령」

제21조의2(국가지정문화재 등의 현상변경 등의 행위) ① 법 제35조제1항제1호에서 "대통령령으로 정하는 행위"란 다음 각 호의 행위를 말한다.

2. 국가지정문화재(천연기념물 중 죽은 것과 법 제41조제1항에 따라 수입·반입 신고된 것을 포함한다)에 대한 다음 각 목의 행위

가. 포획(捕獲)·채취·사육·도살(屠殺)하는 행위

나. 인공으로 증식·복제하는 행위

다. 자연에 방사하는 행위(구조·치료 후 방사하는 경우를 제외한다)

라. 위치추적기를 부착하는 행위

마. 혈액, 장기 및 피부 등을 채취하는 행위(치료하기 위한 경우를 제외한다)

바. 표본(標本)·박제(剝製)하는 행위

3. 국가지정문화재, 보호물 또는 보호구역 안에서 하는 다음 각 목의 행위

사. 동물을 사육하거나 번식하는 등의 행위

② 법 제35조제1항제2호에서 "대통령령으로 정하는 행위"란 다음 각 호의 행위를 말한다.

1. 역사문화환경 보존지역에서 하는 다음 각 목의 행위

가. 해당 국가지정문화재의 경관을 저해할 우려가 있는 건축물 또는 시설물을 설치·증설하는 행위

나. 해당 국가지정문화재의 경관을 저해할 우려가 있는 수목을 심거나 제거하는 행위

2. 국가지정문화재가 소재하는 지역의 수로의 수질과 수량에 영향을 줄 수 있는 수계에서 하는 건설공사 등의 행위

3. 국가지정문화재와 연결된 유적지를 훼손함으로써 국가지정문화재 보존에 영향을 미칠 우려가 있는 행위

4. 천연기념물이 서식·번식하는 지역에서 천연기념물의 동지나 알에 표시를 하거나, 그 동지나 알을 채취하거나 손상시키는 행위

5. 그 밖에 국가지정문화재 외곽 경계의 외부 지역에서 하는 행위로서 문화재청장 또는 해당 지방자치단체의 장이 국가지정문화재의 역사적·예술적·학술적·경관적 가치에 영향을 미칠 우려가 있다고 인정하여 고시하는 행위

「야생생물 보호 및 관리에 관한 법률」

제2조(정의) ① 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

1. "야생생물"이란 산·들 또는 강 등 자연상태에서 서식하거나 자생(自生)하는 동물, 식물, 균류·지의류(地衣類), 원생생물 및 원핵생물의 종(種)을 말한다.

2. "멸종위기 야생생물"이란 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 생물의 종으로서 관계 중앙행정기관의 장과 협의하여 환경부령으로 정하는 종을 말한다.

가. 멸종위기 야생생물 1급: 자연적 또는 인위적 위협요인으로 개체수가 크게 줄어들어 멸종위기에 처한 야생생물로서 대통령령으로 정하는 기준에 해당하는 종

6. "인공증식"이란 야생생물을 일정한 장소 또는 시설에서 사육·양식 또는 증식하는 것을 말한다.

제14조(멸종위기 야생생물의 포획·채취등의 금지) ① 누구든지 멸종위기 야생생물을 포획·채취·방사(放飼)·이식(移植)·가공·유통·보관·수출·수입·반출·반입(가공·유통·보관·수출·수입·반출·반입하는 경우에는 죽은 것을 포함한다)·죽이거나 훼손(이하 "포획·채취등"이라 한다)해서는 아니 된다. 다만, 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우로서 환경부장관의 허가를 받은 경우에는 그러하지 아니하다.

1. 학술 연구 또는 멸종위기 야생생물의 보호·증식 및 복원의 목적으로 사용하려는 경우

3. 「공익사업을 위한 토지 등의 취득 및 보상에 관한 법률」 제4조에 따른 공익사업의 시행 또는 다른 법령에 따른 인가·허가 등을 받은 사업의 시행을 위하여 멸종위기 야생생물을 이동시키거나 이식하여 보호하는 것이 불가피한 경우

4. 사람이나 동물의 질병 진단·치료 또는 예방을 위하여 관계 중앙행정기관의 장이 환경부장관에게 요청하는 경우

5. 대통령령으로 정하는 바에 따라 인공증식한 것을 수출·수입·반출 또는 반입하는 경우

② 누구든지 멸종위기 야생생물의 포획·채취등을 위하여 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 행위를 하여서는 아니 된다. 다만, 제1항 각 호에 해당하는 경우로서 포획·채취등의 방법을 정하여 환경부장관의 허가를 받은 경우 등 환경부령으로 정하는 경우에는 그러하지 아니하다.

③ 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 제1항 본문을 적용하지 아니한다.

3. 「문화재보호법」 제25조에 따른 천연기념물에 대하여 같은 법 제35조에 따라 허가를 받은 경우

6. 대통령령으로 정하는 바에 따라 인공증식한 것을 가공·유통 또는 보관하는 경우

④ 제1항 단서에 따라 허가를 받고 멸종위기 야생생물의 포획·채취등을 하려는 자는 허가증을 지녀야 하고, 포획·채취 등을 하였을 때에는 환경부령으로 정하는 바에 따라 그 결과를 환경부장관에게 신고하여야 한다.

「농업생명자원의 보존·관리 및 이용에 관한 법률」

제2조(정의) ① 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

1. "농업생명자원"이란 「농업·농촌 및 식품산업 기본법」 제3조제1호에 따른 농업에 실제적이거나 잠재적인 가치가 있는 동물, 식물, 미생물 등 생물체의 실물(實物)과 그 실물을 이용하여 파악된 유용한 사실 등의 정보를 말한다.
2. "농업생물자원"이란 「농업·농촌 및 식품산업 기본법」 제3조제1호에 따른 농업에 실제적이거나 잠재적인 가치가 있는 유전자원, 생물체, 생물체의 부분, 개체군 또는 생물의 구성요소를 말한다.
4. "유전물질"이란 유전의 기능적 단위를 포함하는 식물, 동물, 미생물 및 그 밖의 기원(起源) 물질 을 말한다.
5. "농업유전자원"이란 농업생물자원이 포함하고 있는 것으로서 실제적이거나 잠재적인 가치를 지닌 유전물질을 말한다. 이 중에서 종자·영양체(營養體)·화분(花粉)·세포주·유전자·잠종(蠶種)·종축(種畜)·난자(卵子)·수정란(受精卵)·포자(孢子)·정액(精液)·세균(細菌)·진균(真菌) 및 바이러스 등은 다음 각 목에 따라 구분한다.
 - 가. 야생종: 산·물 또는 강(하천·댐·호소·저수지를 포함한다)이나 바다 등 자연 상태에서 서식하거나 자생하는 종
 - 나. 재래종: 한 지역 및 수역(이하 "지역"이라 한다)에서 재배·사육·양식되어 다른 지역의 품종과 교배되지 아니하고 그 지역의 기후·풍토 및 수중환경에 적응된 종
 - 다. 육성종: 인간의 필요를 충족시키기 위하여 진화과정에서 인위적인 영향을 받은 종
6. "현지내보존"이란 농업생물자원을 그 자연서식지 내에서 보존하는 것을 말한다. 이 경우 육성 종은 그들의 고유한 특성을 발전시킨 환경에서 보존하는 것을 말한다.
7. "현지외보존"이란 농업생물자원을 그 자연서식지 외에서 보존하는 것을 말한다.

제16조(분양승인 및 제한) ① 제14조제1항에 따른 농업생명자원 책임기관 및 제15조제1항에 따른 농업생명자원 관리기관에 보존되어 있는 농업생명자원을 분양받으려는 자는 농림축산식품부장관의 승인을 받아야 한다. 다만, 국제협약 및 조약 등에 따라 외국에서 수집된 농업생명자원의 경우에는 그 협약 및 조약 등에서 정한 바에 따른다.

② 농림축산식품부장관은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 제1항 본문에도 불구하고 분양을 제한할 수 있다.

1. 시험·연구의 목적 외에 이용하려는 경우. 다만, 종축의 경우에는 제외한다.
2. 보존되어 있는 농업생명자원의 보유량이 부족한 경우

「산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률」

제2조(정의) ① 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

2. "산림자원"이란 다음 각 목의 자원으로서 국가경제와 국민생활에 유용한 것을 말한다.
 - 가. 산림에 있거나 산림에서 서식하고 있는 수목, 초본류(草本類), 이끼류, 버섯류 및 곤충류 등의 생물자원
10. "산림복원"이란 자연적·인위적으로 훼손된 산림의 생태계 및 생물다양성이 원래의 상태에 가깝게 유지·증진될 수 있도록 그 구조와 기능을 회복시키는 것을 말한다.

제32조(산림자원의 조사) ① 산림청장은 농림축산식품부령으로 정하는 바에 따라 산림자원을 정기적으로 조사하여야 한다.

제42조(산림생물다양성의 보전) ① 산림청장은 산림생물다양성의 보전 및 지속가능한 이용 등을 위하여 산림생물다양성 기본계획을 수립·시행하여야 한다.

제42조의2(산림복원의 기본원칙) 산림복원은 다음 각 호의 기본원칙에 따라야 한다.

1. 산림생태계가 모든 국민의 자산으로서 공익에 적합하게 보전·관리되고 지속가능한 이용이 이루어지도록 한다.
2. 산림내 생물이 생태적으로 보호되고 산림생물다양성이 유지·증진될 수 있도록 한다.
3. 산림내 서식공간 및 기능이 확보되도록 지형·입지에 적합한 자생식물·자연재료를 사용하여 식생을 복원한다.
4. 산림내 생태계 균형이 파괴되거나 그 가치가 저하되지 않도록 한다.
5. 산림복원 시 계획, 모니터링, 평가의 유기적 연계를 강화한다.

「산림보호법」

제2조(정의) ① 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

1. "산림보호구역"이란 산림에서 생활환경·경관의 보호와 수원(水源) 함양, 재해 방지 및 산림유전자원의 보전·증진이 특별히 필요하여 지정·고시한 구역을 말한다.
2. "생태숲"이란 산림생태계가 안정되어 있거나 산림생물 다양성이 높아 특별히 현지내 보전·관리가 필요한 숲을 말한다.

제3조(산림보호의 기본원칙) 국가와 지방자치단체는 산림을 다음 각 호의 기본원칙에 따라 보호하여야 한다.

1. 산림을 자연적 또는 인위적인 피해로부터 온전하게 보호할 것
2. 산림의 건강성을 유지·증진하여 지속 가능한 산림관리 기반을 조성할 것
3. 산림보호구역의 합리적·체계적 관리로 산림의 공익기능을 증진할 것
4. 국가와 지방자치단체 간에 유기적인 산림보호 협조체계를 만들어서 산림피해에 신속히 대응하게 할 것

제7조(산림보호구역의 지정) ① 산림청장 또는 특별시장·광역시장·특별자치시장·도지사·특별자치도지사(이하 "시·도지사"라 한다)는 특별히 산림을 보호할 필요가 있으면 다음 각 호의 구분에 따라 산림보호구역을 지정할 수 있다.

5. 산림유전자원보호구역: 산림에 있는 식물의 유전자와 종(種) 또는 산림생태계의 보전을 위하여 필요하다고 인정되는 구역. 다만, 「자연공원법」 제2조제2호에 따른 국립공원구역의 경우에는 같은 법 제4조제2항에 따른 공원관리청(이하 "공원관리청"이라 한다)과 협의하여야 한다.

제18조의2(특별산림보호대상종의 지정·관리) ① 산림청장 또는 시·도지사는 기후변화, 산림재해, 인위적 산림훼손 등에 특히 취약하거나 산림생태계 안정 및 경제적·문화적·학술적으로 가치가 높아 우선적인 보호가 필요한 산림자원에 대하여 특별산림보호대상종(이하 "보호종"이라 한다)으로 지정·관리할 수 있다. 다만, 다른 법령에 따라 보호대상으로 지정된 종을 이 법에 따른 보호종으로 지정·관리하고자 하는 경우에는 관계 중앙행정기관의 장과 미리 협의하여야 한다.

② 산림청장, 시·도지사 또는 지방산림청장은 제1항에 따라 지정한 보호종이 집단적으로 서식하고 있는 지역 중 특별히 보전할 필요가 있는 구역에 대하여 제7조제1항에 따른 산림유전자원보호구역 또는 제18조제1항에 따른 생태숲으로 지정할 수 있다.

③ 산림청장, 시·도지사 또는 지방산림청장은 「산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률」 제2조제3호에 따른 산림사업을 하는 경우에는 보호종과 그 자생지의 피해를 최소화할 수 있는 방안을 수립·시행하여야 한다.

④ 산림청장 또는 시·도지사는 제1항에 따라 지정된 보호종의 보존·관리·증식·이용·품종개발 및 보급 등에 필요한 비용의 전부 또는 일부를 예산의 범위에서 지원할 수 있다.

「수목원·정원의 조성 및 진흥에 관한 법률」

제2조(정의) ① 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

1. "수목원"이란 수목을 중심으로 수목유전자원을 수집·증식·보존·관리 및 전시하고 그 자원화를 위한 학술적·산업적 연구 등을 하는 시설로서 농림축산식품부령으로 정하는 기준에 따라 다음 각 목의 시설을 갖춘 것을 말한다.
2. "수목유전자원"이란 수목 등 산림식물(자생·재배 식물을 포함한다)과 그 식물의 종자·조직·세포·화분(花粉)·포자(孢子) 및 이들의 유전자 등으로서 학술적·산업적 가치가 있는 유전자원을 말한다.

제3조(사업) ① 수목원은 다음 각 호의 사업을 수행한다. 다만, 제10호부터 제13호까지의 사업은 제5조제1항에 따른 국립수목원에서 수행한다.

1. 수목유전자원의 수집·증식·보존·복원·관리 및 전시
 2. 수목유전자원의 이용, 품종개발 및 보급
 3. 수목유전자원에 관한 학술적·산업적 조사 및 연구
 4. 수목유전자원에 관한 데이터베이스의 구축 및 운영
 5. 수목유전자원에 관한 각종 간행물의 제작 및 배포
 6. 수목유전자원에 관한 자연학습 및 관련 행사의 개최
 7. 국내외 수목원 간의 수목유전자원 및 이에 관한 정보의 교류 등 유기적인 협력
 8. 희귀식물·특산식물의 현지 외 보전 및 점검
 9. 각종 산림표본의 수집·제작 및 수장(收藏) 관리
 10. 수목유전자원의 분류·명명 및 등록
 11. 수목유전자원 목록의 작성
 12. 국내 다른 수목원에 대한 기술 지도·지원 및 업무협조
5. 산림복원 시 계획, 모니터링, 평가의 유기적 연계를 강화한다.

3. 관련 법령에 따른 신고 양식

■ 문화재보호법 시행규칙 [별지 제19호서식] <개정 2018. 5. 29.> 민원24(www.miwon.go.kr)에서도 신청할 수 있습니다.

국가지정(등록)문화재 현상변경 허가신청서

※ []에는 해당되는 곳에 √표를 합니다. (3쪽 중 제1쪽)

접수번호	접수일자	처리기간	30일
------	------	------	-----

신 청 인

성 명

생년월일

주 소

(전화번호: /휴대전화:)

대상 문화재

명 칭

종 류

지정(등록)번호

제 호

수량

소재지(보관 장소)

보호구역·보호물

국가지정 문화재의 현상변경 유형

[] 수리·정비·복구·보존처리·철거하는 행위

[] 포화·재하·사육·도상·인공중식·인공벽제·방식·위치추적기(무적·함액 등 재하·표본·박제·매장·소각하는 행위 (지목변경의 경우 천막(기념물 중 우는 제외합니다. 축은 것 및 수 임·반입 신고 된 것을 포함합니다.

[] 건축물·도로·수목을 심거나 제거하는 행위

[] 토지 및 수면의 매립·간척·굴착·천공·절토·성토 등 지형이나 지질의 변경을 가져오는 행위

[] 수로·수질 및 수변환경을 개선하는 행위

[] 소음·진동·악취 등을 유발하거나 대기오염물질·먼지·빛·열 등을 방출하는 행위

[] 건축물 외관 면적의 4분의 1 이상에 이르는 디자인·색채·재질·재료 등을 변경하는 행위

[] 건축물 외의 시설물로서 교량·터널·교각·등대 등 구조물 외관 면적의 4분의 1 이상에 이르는 디자인·색채·재질·재료 등을 변경하는 행위

[] 건축물 외의 시설물로서 터널·교각·등대 등 외관 면적의 4분의 1 이상에 이르는 디자인·색채·재질·재료 등을 변경하는 행위

[] 건축물 외의 시설물로서 그 밖의 경우에는 등 건축문화재로 등록할 때 등록면적의 4분의 1 이상에 이르는 디자인·색채·재질·재료 등을 변경하는 행위

[] 문화재를 다른 곳으로 이전하거나 철거하는 행위

[] 동선에 속하는 문화재를 수리하거나 보존처리하는 행위

등록문화재의 현상변경 유형 (※ 별 제56조 제2항에 해당 하는 경우에 한정함)

(3쪽 중 제2쪽)

신청사항	위 치
	내 용
	사 유

참고 사항

※ 신청 내용 외에 허가 여부 검토 시 참고할 수 있는 부대 상황, 신청 경위 등을 적습니다.

착수 및 완료 예정 연월일	착 수	소 요 경 비	원 재원
	완 료	그 밖 의 사 항	

「문화재보호법」 제35조제1항제1호·제56조제2항, 같은 법 시행령 제21조·제34조 및 같은 법 시행규칙 제14조제1항·제39조에 따라 위와 같이 국가지정(등록)문화재의 현상변경 허가를 신청합니다.

년 월 일

신청인

(서명 또는 인)

문화재청장 귀하

첨부서류	1. 현상변경 계획서	수 수 료
	2. 위치도, 배치도 등 현상변경 사항을 확인할 수 있는 관련 도면	없 음
	3. 현장 사진	

210mm×297mm [백상지 (80g/㎡) 또는 중질지 (80g/㎡)]

180

181

[]국가지정(등록)문화재
([]멸실 []유실 []도난 []훼손) 신고서
[]국가지정문화재의 보호물·보호구역

접수번호	접수일자	처리기간	2일
신고인	성명	생년월일	
	주소	(전화번호:)	
문화재의명칭	지정(등록)종류 및 번호 제 호		
소재지 또는 보관 장소	수량 점		
보호물·보호구역 명칭			
신고내용	사고 연월일		
	사고 내용		
	사고 경위		
	조치 내용		

「문화재보호법」 제40조제1항제6호·제55조제6호, 같은 법 시행령 제23조·제33조 및 같은 법 시행규칙 제21조제4항·제38조제4호에 따라 위와 같이 신고합니다.

년 월 일

신고인 (서명 또는 인)

문화재청장 귀하

첨부서류	○ 관련 사진	수수료 없음
------	---------	--------

210mm×297mm [백상지 (80g/㎡) 또는 중질지 (80g/㎡)]

국가지정(등록) 문화재 현상변경 등 ([]착수 []완료) 신고서

접수번호	접수일자	처리기간	2일
신고인	성명	생년월일	
	주소	(전화번호:)	
대상문화재	명칭	종류	지정등록번호 제 호
	소재지(보관 장소)		
보호구역·보호물			
공사내용	명칭		
	내용		
착공연월일		준공(예정) 연월일	
허가, 명령 연월일	허가, 명령의 내용		
공사담당자	업체명	공사금액 원	
	감독자명		
그 밖의 사항			

「문화재보호법」 제40조제1항제7호·제40조제2항·제55조제7호, 같은 법 시행령 제23조·제33조 및 같은 법 시행규칙 제21조제5항·제38조제5호에 따라 위와 같이 국가지정(등록)문화재 현상변경 등의 []착수 []완료를 신고합니다.

년 월 일

신고인 (서명 또는 인)

문화재청장 귀하

첨부서류	완료신고의 경우에만 제출합니다. 1. 공사실시방서(16절지) 2. 공사감독관 실시 상황 보고서 3. 사진 및 준공도면	수수료 없음
------	--	--------

210mm×297mm [백상지 (80g/㎡) 또는 중질지 (80g/㎡)]

멸종위기
야생생물

[]포획 []채취 []방사 []아식 []가공
[]유통 []보관 []수출 []수입 []반출
[]반입 []훼손 []고사

허가신청서

※ 뒤쪽의 작성방법을 읽고 작성하시기 바라며, []에는 해당되는 곳에 √ 표를 합니다.

(앞쪽)

접수번호	접수일	처리기간	7일
------	-----	------	----

신청인	① 성명(대표자)	② 생년월일
	③ 상호(명 칭)	④ 전화번호
	⑤ 주소(사업장 소재지)	

신청 명 세	⑥ 대상지역 도(시) 군(구 · 시) 면(읍 · 동) 리 번지		
	⑦ 대상종명		
	⑧ 수량	⑨ 기간	
	⑩ 목적 · 용도		

⑪ 포획 · 채취시 추가사항	포획 · 채취방법		
	면적 m ²		

⑫ 가공 시 추가사항	가공 명세		
	입수 경위		

⑬ 수출 · 반출 시 추가사항	품목번호(HS)	품 명	단 위
	단 가	수출국	거래상대방
	입수 경위		

⑭ 유통 시 추가사항	매수인 성명		입수경위
	매수인 주소		

「야생생물 보호 및 관리에 관한 법률」 제14조제1항 및 같은 법 시행규칙 제13조제1항에 따라 멸종위기 야생생물의 []포획
[]채취 []방사 []아식 []가공
[]유통 []보관 []수출 []수입 []반출 []반입 []훼손 □고사의 허가를 신청합니다.

년 월 일
(서명 또는 인)

신청인(대표자)

유역환경청장 귀하
(지방환경청장)

신청인(대표자) 제출 서류	뒤쪽 참조	수수료 없음
-------------------	-------	-----------

210mm×297mm(백상지 80g/㎡, 재활용품)



비매품 | 무료
ISBN: 979-11-88720-96-5 93490
발간등록번호: 11-1400119-000382-01