



2009年7月22日の部分日食に対する生物の反応 —近畿大学奈良キャンパスにおける例—

久光 彩子*・曾我部 陽子*・寺田 剛**・大隅 有理子**・寺田 早百合*・
平野 綾香*・杉田 麻衣*・松尾 扶美*・片山 涼子*・荻野 直人*・
高見 晋一*・桜谷 保之*

*近畿大学農学部環境管理学科

**近畿大学農学部農業生産科学科

Response of animals and plants to the solar eclipse on 22 July 2009 — Observation on the Nara Campus of Kinki University —

Ayako HISAMITSU*, Yoko SOKABE*, Takeshi TERADA**, Yuriko OSUMI**,
Sayuri TERADA*, Ayaka HIRANO*, Mai SUGITA*, Fumi MATSUO*,
Ryoko KATAYAMA*, Naoto OGINO*, Shinichi TAKAMI*,
and Yasuyuki SAKURATANI*

Department of Environmental Management and Department of Agricultural Science and Technology**, Faculty of
Agriculture, Kinki University, Nakamachi, Nara 631-8505, Japan*

Synopsis

On 22 July 2009, partial solar eclipse was observed in most regions in Japan and a total solar eclipse was observed in the Southwest Islands. At the Nara Campus of Kinki University, located in Nara Prefecture, central Japan, the sun fell into eclipse at 9:46, the maximum eclipse occurred at 11:05 (82% eclipse) and the eclipse finished at 12:25. The weather was cloudy and occasionally the sun peeped through the clouds.

At the maximum eclipse, the following phenomena were observed:

- 1) The ratio of singing individuals of two species of cicada, *Platypleura kaempferi*, and *Graptopsaltria nigrofuscata*, singing in daylight was reduced, whereas the higurashi cicada, *Tanna japonensis*, which sings at early morning and evening, began to sing actively.
- 2) The katydids, *Gampsocleis buergeri*, which sing in daylight, were silent.
- 3) Two species of bird, *Hypsipetes amaurotis* and *Cettia diphone* were silent.
- 4) The activities of flight butterfly species, *Zizeeria maha*, declined.
- 5) The leaves of the silk tree, *Albizia julibrissin*, which normally close at night, begun to close.
- 6) The amount of solar radiation decreased and the air temperature declined.

The response of some animals and plants to the eclipse may be caused by these weather factors which caused by solar eclipse.

Key-words: solar eclipse, circadian rhythm,

1. はじめに

一般に植物および動物は日周性をもっており、それにしたがって植物では葉の開閉行動、動物では睡眠などのそれぞれ概日リズムが作られる。その例として、オジギソウなどの一部のマメ科植物は概日リズムにより夜に葉を閉じる運動を行うことが知られている¹⁾。昆虫では、昼行性であるイエバエは日の出とともに行動を始め、飛翔や摂食、交尾などの活動をし、夕刻には静止するというように、日周性をもった活動をしている²⁾。他にもフランスギクに訪花するハナバチ類は優位にあるものは昼間に多く出現し、最下位のものでは朝と夕方だけ見られることが知られており³⁾、また、吸血昆虫ではブユは薄暮活動性で、アブ、サシバエは昼行性、カは夜行性であるなど、このような昆虫群集は時間的なすみ分けをしていることも報告されている⁴⁾。これらの生物の反応や生活リズムは、光の強さや温度変化の影響を受けることが分かっている⁴⁾。

したがって、昼間に日食が起こることにより、気温や日照に変化が生じ、生物の反応がそれに伴って特徴的な変化が見られることが予想される。たとえばイチゴハナゾウムシは日食時に日射量が少なくなるのに伴って体温を低下させ、産卵数が減少したという事例や、ハエが多い地域でハエの飛翔個体数が減少したといった報告がある⁵⁾。⁶⁾ また、皆既日食の場合はイヌ科の動物が遠吠えしたり、カエルやコオロギが鳴き出すなど、夜行性の動物が活発に活動をはじめなどの報告がある⁷⁾。

日食は太陽と地球の間に月が入り、太陽光が遮断されて起こる現象である。それは地球上で年に最低2回は起こっているが、地球の公転面と月の公転面が5°ほどずれているため⁸⁾、起こる季節や時間、場所は毎回同じではない。このため、同じ場所で長期的・継続的に調査を行うことは困難であり、日食に関わる生物の行動調査の報告はかなり少ない。さらに、2009年7月22日に観測された日食は季節的にもさまざまな生物が活動している盛夏であった。そのうえ近畿地方では11時05分ごろに最大食となり、正午前に最大食が起こるという条件であったため、日食による生物の反応を観察するのに最適な時期、時間帯であった。さらに、近畿大学奈良キャンパスは、調査地

および方法の項に述べるように生物多様性に富み、各種生物の生息状況もかなり把握されていることに加え、種々の生物を調査できるメンバーも揃っている。したがって、日食時のように同時に種々の生物を調査する条件には恵まれていると言える。

このような背景に基づき、本調査は、2009年7月22日の部分日食に伴う気象要素の変化により、近畿大学奈良キャンパスに生息する生物の概日リズムにどのような影響が生じるかを明らかにすることを目的とした。なお、図版の写真はすべて筆者らが近畿大学奈良キャンパス内において撮影したものである。

2. 調査地および方法

調査地である近畿大学奈良キャンパスは奈良市郊外の丘陵地にある。そこには里山林、草地、植林地、調整池、庭園など多様な環境があり⁹⁾、野鳥類は99種類¹⁰⁾、チョウ類は66種類¹¹⁾、両生類は9種類、爬虫類は11種類¹²⁾がこれまでに記録されている。またレッドリスト動植物^{13), 14)}も生息・生育しているなど、生物多様性に富んでいる環境である。

日食は2009年7月22日に起こった。当キャンパスが位置する近畿地方では太陽の82%が欠ける部分日食が観測された。当日は9時46分頃から太陽が欠け始め、11時05分頃に最大食に達し、12時25分頃に終了した。調査は、9時45分頃から12時25分頃の間とその前後の時間、また比較として同年7月21日および23日の同一時間帯に各調査対象生物の調査を行った。調査時の天候は、7月21日が雨、7月22日が曇り時々晴れ、7月23日が晴れであった。

調査は、当キャンパス内の調整池（A池）周辺で行った（図1）。調整池の周辺は定期的に管理される草地、クズやセイタカアワダチソウが繁茂する草地、湿地などの環境から成り立ち、さらにそれを取り囲むようにコナラなどの二次林が分布している¹⁵⁾。

調査対象生物は、脊椎動物では野鳥類、昆虫ではセミ類、キリギリス *Gampsocleis buergeri*、チョウ類、植物ではネムノキ *Albizia julibrissin* とした。

対象生物ごとに調査時間に若干の違いがあるた

め、時間の表記には以下の基準を設けた。以下、調査方法及び結果ではこの基準を用いる。

A : 9:30 頃 (日食開始 7月22日 9:45 頃)

B : 10:30 頃

C : 11:05 頃 (最大食 7月22日 11:05 頃)

D : 11:40 頃

E : 12:30 頃 (日食終了 7月22日 12:25 頃)

また、日食による生物個体数等の変化は、ディクソンの外れ値の検定¹⁶⁾を参考にした。以下、それぞれの生物の調査方法を示す。

【野鳥類】調査は、ラインセンサス法¹⁷⁾によって、調整池の周りの一定のルートを歩き (図1)、左右50m以内で確認された野鳥の姿、鳴き声、さえずりを、重複を避けて記録した。調査は2009年7月22日と、その翌日7月23日に、A (9:30 頃) ~ E (12:30 頃) の5つの時間帯の前後でそれぞれ約20分間かけて行った。

【セミ・キリギリス】野鳥類のラインセンサスと並行して調査を行い、キリギリス、クマゼミ *Cryptotympana japonensis*、ミンミンゼミ *Oncotympana maculaticollis*、ニイニイゼミ *Platypleura kaempferi*、ヒグラシ *Tanna japonensis*、アブラゼミ *Graptopsaltria nigrofuscata* の鳴き声を記録した。

【チョウ類】調査は定点調査法¹⁸⁾により、7月21日~23日の3日間行った。調査を行った時間帯はA (9:30 頃)、C (11:00 頃)、E (12:30 頃) で、各20分ずつ、半径10m以内に見られたチョウの成虫の種数と個体数を重複を避けてカウントした。

調査場所は、調整池堤防、湿地ビオトープの2か所 (図1) で、それぞれの場所ごとに同一の調査者によって行った。解析方法として、2つの群集の重複度を表す指数として木元の $C\pi$ 、Ochiai の OI 値を算出した¹⁸⁾。これらの値より日食時間帯とその他の時間帯との群集構造の重複度を比較し、日食によりチョウ成虫の群集構造に変化が見られるかを検討した。以下、それぞれの計算式である。

〈木元の $C\pi$ 〉

$$C\pi = \frac{2 \sum_{i=1}^S n_{1i} \cdot n_{2i}}{\left(\sum \Pi_1^2 + \sum \Pi_2^2 \right) N_1 \cdot N_2}$$

$$\sum \Pi_1^2 = \frac{\sum_{i=1}^S n_{1i}^2}{N_1^2} \quad \sum \Pi_2^2 = \frac{\sum_{i=1}^S n_{2i}^2}{N_2^2}$$

ただし、 N_1, N_2 は2つの地区におけるそれぞれの総個体数、 n_{1i}, n_{2i} は2つの地区におけるそれぞれの第 i 番目の種の個体数、 S は総種数である。2地区の調査でまったく同じ種がそれぞれ同じ個体数記録されれば、重複度は最大値1を取り、互いに全く別の種が記録されれば、最小値0をとる。

〈Ochiai の OI 値〉

$$OI = \frac{c}{\sqrt{a} \sqrt{b}}$$

ただし、 a, b は2地点それぞれで確認された種数、 c はこれら2か所の共通種数である。

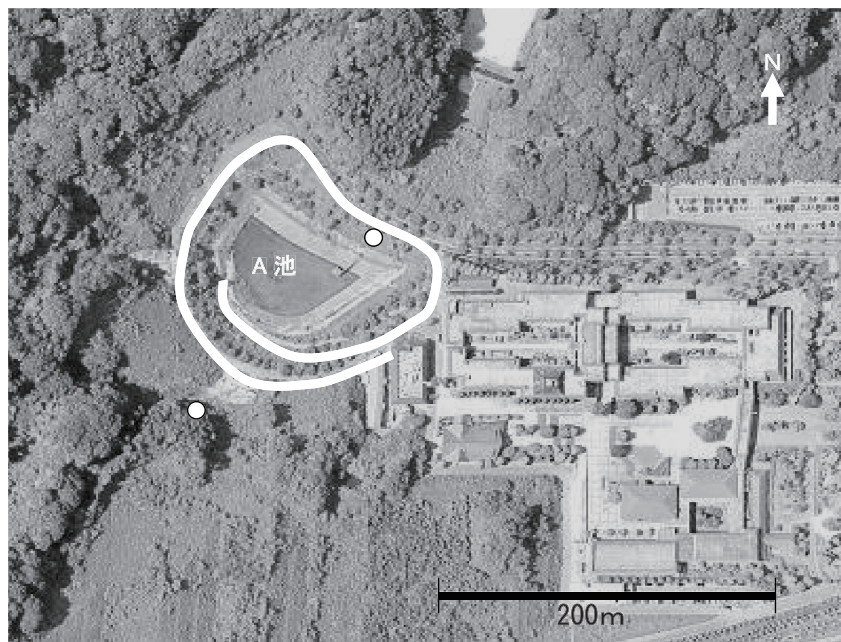


図1. 調査地地図

○ : チョウ類調査地点

白線 : 鳥類およびセミ類、キリギリス調査ルート

【ネムノキ】葉の開き具合を4つのランクに分けた (図2)。3個体のネムノキから食害などのな

い健全な葉を 120 枚選出してマークを付け、日食当日の最大食時とその前後の時間 A (9:30 頃) ～ E (12:30 頃) の葉の開閉ランクを計数した。さらに翌日、同時刻に葉のとじ具合のランクを計数し、記録した。検定は、 χ^2 検定の分割表¹⁹⁾によった。

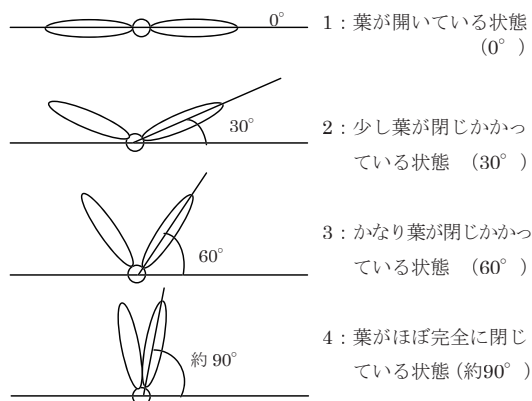


図 2. ネムノキの葉のとじ具合のランク

【気象要素】日射、気温、湿度、風速を測定した。測定は当キャンパスに設置された気象観測シ

表 1. 測定に用いた気象観測機器

観測項目	測定方式	メーカー	モデル
気温	白金抵抗温度体	VAISALA	HMP45D
相対湿度	高分子薄膜吸湿体	VAISALA	HMP45D
日射量	熱電堆	KIPP&ZONEN	日射計 CM-6E
風速	回転式	MetOne Instruments, Inc	C034B

ステム (34° 40' N, 135° 40' E, 海拔 105 m) にて行った。

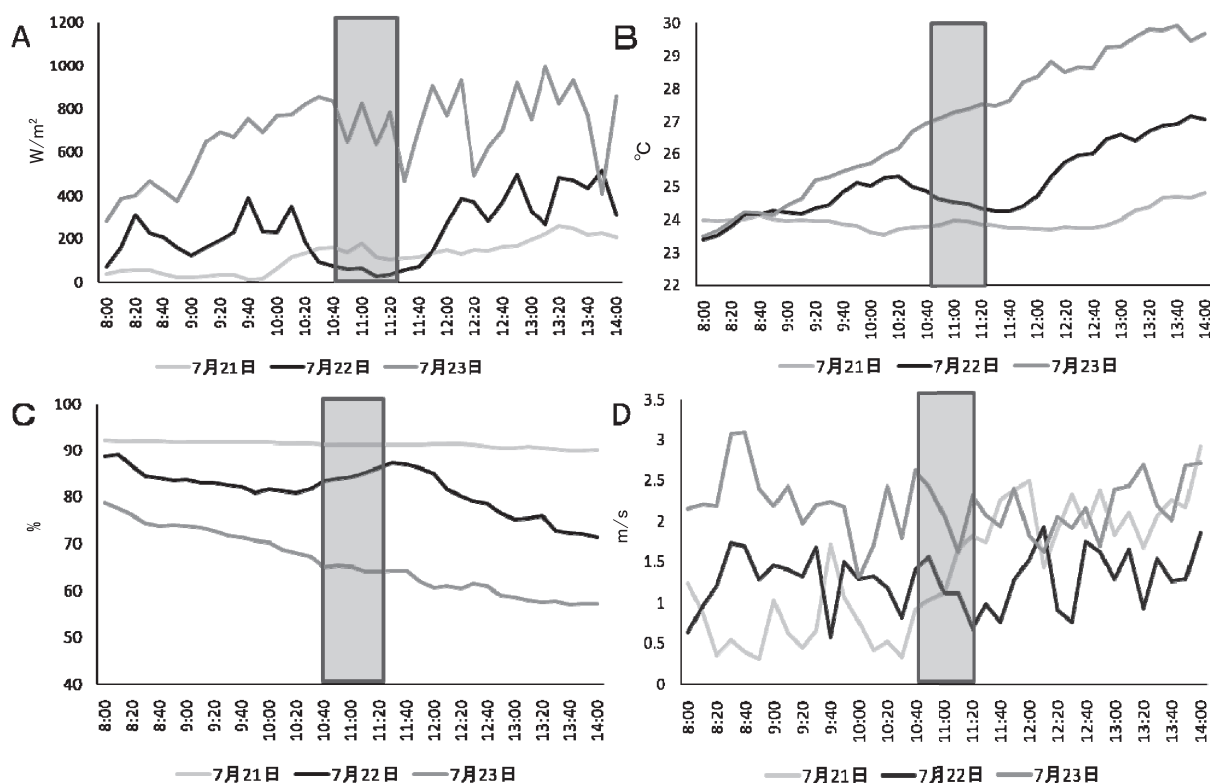
データは各センサー (表 1) からの 1 秒ごとの出力を 10 分間の平均値として、ロガー (Campel, CR-1000) に記録したものをを用いた。

3. 結果

【気象要素】気象要素は 2009 年 7 月 21 日、22 日、23 日のそれぞれについて、8 時から 14 時の観測記録を経時変化で示した (図 3)。

4 つの気象要素のうち、日射、気温、湿度に日食に伴う特徴的な変化が認められた。

7 月 22 日の日食開始までに約 400W/m² に上っていた日射量は、日食開始時刻 (9 時 46 分)



以降、10時20分ごろにかけて約200 W/m²まで急激に低下し、さらに最大食の11時05分ごろには最も低く0に近くなった。そして11時40分頃から12時ごろにかけて再び約400 W/m²に急激に上昇した。7月21日と7月23日は短時間の変動はあったが、7月22日のような大きな変化は認められなかった。気温は、7月22日8時以降徐々に上昇し、25℃程度まで上昇したが、10時20分ごろから次第に低くなり、最大食（11時05分）が過ぎたのち、11時50分ごろに約24℃と最も低くなり、日食終了時（12時25分頃）には約25℃に上昇した。日射と同様に、気温も7月21日と7月23日は短時間の変動はあったが、7月22日のような変化は認められなかった。相対湿度は、7月22日8時以降、約90%から徐々に下がり、日食開始時には約80%となっていたが、日食開始以降10時20分ごろから上昇し始めた。そして最大食（11時05分頃）以降も湿度は上昇し、11時30分ごろに約87%となった。その後、次第に湿度は下降していった。風速は、他の2日間と比べて日食に伴う特徴的な変化は見られなかった。

【野鳥】7月22日と23日の2日間に鳴き声、さえずりを合わせて、声を確認できた野鳥の種類は14種類、142個体であった（表2）。ヒヨドリ *Hypsipetes amaurotis* やウグイス *Cettia diphone* の鳴く個体数では変化が認められた（図4）。声が確認された野鳥の種数と個体数の経時変動（図4）では、種数は22日と23日の両日で時間経過とともにやや減少傾向がみられ、22日の日食終

了後に増加した。個体数は、22日は時間の経過とともに減少傾向がみられ、特にB（10:30頃）から最大食時C（11:05頃）にかけて急激に減少した。23日の個体数はあまり変化がみられなかったが、朝から昼にかけて若干減少傾向が見られた。また、調査期間全体を通じ鳴き声やさえずりが確認されたヒヨドリやウグイスの個体数は、22日のB（10:30頃）から最大食時C（11:05頃）にかけて急激に減少していた。ただし、ディクソンの検定¹⁶⁾では、有意な変化（危険率5%）は認められなかった。ヒヨドリの鳴き声はD（11:50頃）には再び増加し、終了後であるE（12:25頃）に減少した。また翌日23日はB（10:30頃）に増加した後は緩やかに減少した。一方、さえずりが聞こえたウグイスの個体数は最大食時を過ぎても大きな増加はみられなかった。翌日23日はA（9:30頃）～E（12:30頃）の時間帯にかけてほぼ一定の個体数が記録された。

【キリギリス・セミ類】比較的鳴き声が多く記録されたキリギリス、2種のセミの行動に変化が認められた。日食当日の7月22日は、特に最大食時のC（11:05頃）に、通常は朝方や夕刻に鳴くヒグラシの鳴き声が記録された（表3）。それに対し、日中に鳴くニイニイゼミの個体数は最大食時に近いほど減少していた（図5）。翌日23日は、ヒグラシの声は記録されなかった。これらより、2種のセミが日食に対して明確に反応し、行動を変化させたことが明らかになった。また、キリギリスも同様に、日食当日と翌日では鳴く個体数の経時変動が異なっていた（図5）。これらの

表2. 声が確認された野鳥の種類と個体数（メッシュ部は最大食時）

日付	2009/7/22					2009/7/23					
調査時間帯	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	
種名	個体数										合計
アオゲラ		1				1		1			3
ウグイス	4	6	2	3	3	3	2	3	3	2	31
カワセミ							1				1
カワラヒワ							1				1
キジバト	1		1						1		3
コゲラ		1									1
コジュケイ					2	1					3
スズメ	6	4	6	3	2	1			1	1	24
ハシブトガラス			1	1	2			2			6
ハシボソガラス	1	1									2
ヒヨドリ	10	9	3	7	4	2	5	5	4	2	51
ホオジロ		1	1		1	2		1	1		7
ホトトギス	1										1
メジロ	1			1		1	3			2	8
総種数	7	7	6	5	6	7	5	5	5	4	14
総個体数	24	23	14	15	14	11	12	12	10	7	142

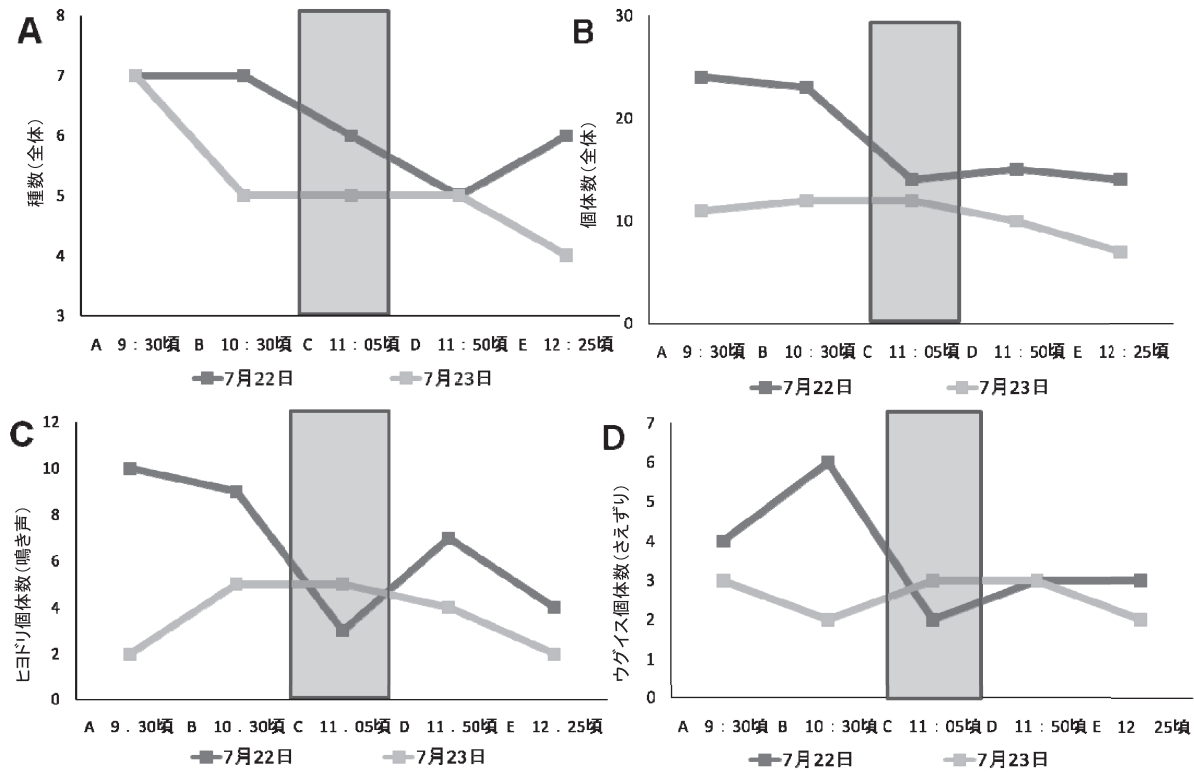


図 4. 声（鳴き声、さえずり）が確認できた野鳥の種数・個体数の経時変化
A:種数 B:個体数 C:ヒヨドリ個体数（鳴き声） D:ウグイス個体数（さえずり）
（メッシュ部は最大食時を中心とした前後 20 分間）

結果では、デイクソンの検定においてヒグラシの鳴き声に有意な変化が認められた ($r=0.83$, $p<0.05$)。クマゼミ、ミンミンゼミ、アブラゼミでは鳴いていた個体数が少なく、明確な変化は認められなかった。

【チョウ類】 最大食時に 2 か所の調査地両方で、チョウ類成虫の種数、個体数ともに減少する傾向があり、一部有意な変化も認められた。3 日間の調査の結果、調整池堤防では 18 種 117 個体、湿地ビオトープでは 20 種 130 個体が確認された

（表 4）。各調査地の 7 月 21 日から 23 日までの時間別のチョウの成虫の種数（図 6A）、個体数（図 6B）の経時変動は、7 月 22 日の最大食時 C（11:05 頃）に確認された種数、個体数とその前後の時間帯に比べ少ない傾向にあった。また、3 日間通じて調整池堤防で個体数が多かったヤマトシジミ *Zizeeria maha* も最大食時には減少していた（図 6C）。22 日の時間別変動をみると、日食開始前の A（9:30 頃）から最大食時の C（11:05 頃）にかけて両調査地で確認種数、個体数が減少し、

表 3. 鳴き声を発した昆虫類の個体数（メッシュ部は最大食時と図 5 に示した種）

月日	時間	キリギリス	クマゼミ	ミンミンゼミ	ニイニイゼミ	ヒグラシ	アブラゼミ
7 月 22 日	A 9:30 頃	4	3	1	28	0	1
	B 10:30 頃	3	0	0	15	0	0
	C 11:05 頃	3	0	0	9	6	0
	D 11:50 頃	7	1	0	27	1	5
	E 12:25 頃	12	1	0	35	0	7
7 月 23 日	A 9:30 頃	18	2	1	45	0	2
	B 10:30 頃	22	0	1	48	0	2
	C 11:05 頃	23	0	1	49	0	1
	D 11:50 頃	18	2	1	47	1	7
	E 12:25 頃	20	1	1	49	0	5

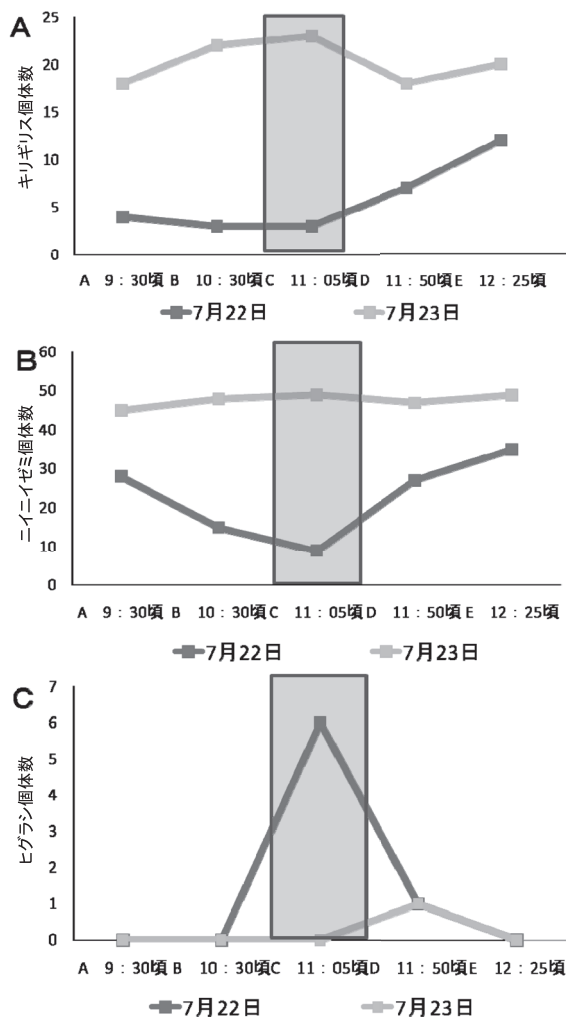


図5. 比較的個体数が多かった昆虫類の個体数の経時変化

A: キリギリス B: ニイニゼミ C: ヒグラシ

日食終了後E (12:30 頃) には種数、個体数ともに増加した。ディクソンの検定では、湿地ビオトープの22日の種数の経時変動において、有意な変化が認められた ($r=1.0$, $p<0.05$)。群集構造の重複度の $C\pi$ 、 OI 値に関しては、日食時間帯とそれ以外の時間帯で明確な差はみられなかった (表5)。

【ネムノキ】葉の閉じ具合は、その経時変化より (図7)、日食に反応することが認められた。7月22日は、最大食時のC (11:05 頃) に近づくにつれて開いている葉が減少していき、逆に少し葉が閉じかかっている状態の葉が増加した。また、最大食時には完全に葉が閉じることは確認されなかったが、かなり閉じかかっている葉が出現した。その後、日食が終了するE (12:25 頃) に向

けて再び開いている葉が増加し、少し閉じかかっている葉が減少した。また、今回の結果より、7月22日の日食開始時A (9:30 頃) と最大食時C (11:05 頃) の時間帯での葉のとじ具合のランクにおいて、有意な変化が認められた (χ^2 分割表検定: $\chi^2=141.68$, $p<0.01$)。

一方、翌日の7月23日では若干の変動は見られたが、すべての時間帯で約60%～80%の葉はほとんど完全に開いたままであった。そしてこの開いた葉の割合は、正午に近づくにつれて一層増加する傾向が認められた。

4. 考察

今回の調査で、鳥類、昆虫、植物それぞれに日食に対する反応が確認された。

【野鳥類】野鳥類は夜明けから4時間程度はさえずりや争いなどの縄張り活動や採餌など、一般的な活動を行う²¹⁾。したがって、2日間とも全体的に朝から昼にかけて種数、個体数が減少していたのは、野鳥類の活動が昼に近づくにつれて鈍くなったためであると考えられる。木の上に住む鳥の多くは、夜行性の哺乳類やフクロウ類に見つからない様に、枝葉の茂みに入って寝る²²⁾。ヒヨドリの場合、日中は群れやつがいでも過ごす、夜は身を守るため、単独でねぐらにつくことが分かっている²²⁾。また、日食に対する鳥類の反応としては、鳥の多くは食分70%を超えたあたりから帰巢のために一斉に飛び立ったという事例が報告されている⁷⁾。こうしたことから、ヒヨドリやウグイスの鳴いている個体数が減少したのは、日食によって日射量が低下したために山林へ移動した可能性があると考えられた。

【キリギリス・セミ類】キリギリスの仲間には昼も夜も鳴く仲間が多い。このうち、鳴く種類は温度によって鳴き声が変わり、また気温が低いと鳴かなくなる性質を持っている²³⁾。日食時の天気は曇りであったが、日食の終了後時刻E (12:25 頃) に近づくほど鳴く個体数が増加していることから、最大食時は温度が低かったため、鳴く個体数が少なくなったと考えられる。23日は晴天で温度が高く、鳴く個体数が全体に多くなったと考えられる。ニイニゼミもキリギリス同様に温度がある程度以上に高いことを鳴くときの条件としており、著しく低温でない限り、曇りでも雨でも

表 4. 調整池堤防および湿地ビオトープで確認されたチョウ成虫の種類と個体数（メッシュ部は最大食時）

①調整池堤防 ②湿地ビオトープ

①	日付		7月21日			7月22日			7月23日			
	時間		A	C	E	A	C	E	A	C	E	
科名	種名		個体数									合計
アゲハチョウ科	アオスジアゲハ					1			2	1		4
	アゲハ								1		1	2
	モンキアゲハ				1							1
	クロアゲハ				1							1
	ナガサキアゲハ							1				1
シロチョウ科	キタキチョウ			1	2	1		1		1	1	7
	モンシロチョウ					1		1				2
	スジグロシロチョウ										1	1
シジミチョウ科	ベニシジミ					1			1	2	1	5
	ヤマトシジミ		4	7	7	5	3	7	8	10	7	58
	ルリシジミ							1				1
	ツバメシジミ					1			1		1	3
	ウラギンシジミ					1						1
タテハチョウ科	ツマグロヒョウモン								1			1
	アサマイチモンジ										3	3
	コムスジ			1	2			1			2	6
	ゴマダラチョウ								1			1
ジャノメチョウ科	ヒメウラナミジャノメ		1	3	4	2	1	3	2		3	19
総種数			2	4	6	8	2	7	8	4	9	18
総個体数			5	12	17	13	4	15	17	14	20	117

②	日付		7月21日			7月22日			7月23日			
	時間		A	C	E	A	C	E	A	C	E	
科名	種名		個体数									合計
セセリチョウ科	コチャバネセセリ								1			1
	ダイミョウセセリ				1							1
アゲハチョウ科	アオスジアゲハ			1	1	1	1		1	1		6
	クロアゲハ				1							1
	ナガサキアゲハ				1							1
	アゲハ									2	2	4
	モンキアゲハ					1		2				3
	キタキチョウ			1	1	2	1	2		3	2	12
シロチョウ科	モンキチョウ							1				1
	モンシロチョウ			1		1						2
シジミチョウ科	ウラギンシジミ					3	2	2	3	2	1	13
	ツバメシジミ			2	1			3		2		8
	ベニシジミ						1	2	4	1		8
	ヤマトシジミ										1	1
	ルリシジミ				1	3				1		5
	キタテハ				1			1	1		1	4
タテハチョウ科	ゴマダラチョウ			1		1			1			3
	コムスジ			2	4	3	1	5	3	2	2	22
ジャノメチョウ科	クロヒカゲ					1	1	1				3
	ヒメウラナミジャノメ			2	7	7		10	2		3	31
総種数			0	7	10	10	6	10	8	8	7	20
総個体数			0	10	19	23	7	29	16	14	12	130

鳴くことができる²⁴⁾。したがって、ニイニイゼミも日食によって気温が低くなったため、鳴く個体数が少なくなったものと思われる。ヒグラシは早朝 20～30 分程度、夕方 1 時間前後の活動時間を持ち²⁵⁾、低温と薄暗い環境でよく鳴くため²⁴⁾、日食によりそれに似た環境が作られ、鳴く個体数が増加したものと考えられる。

【チョウ類】本調査で確認されたチョウの種類と個体数は、調整池堤防、湿地ビオトープともに最大食の時間帯である 7 月 22 日 11 時 05 分ごろに最も減少していた。チョウは変温動物で外気温の影響を直接受けやすいため²⁶⁾、日食に伴う日照量、気温の低下は成虫の体温を下げ、行動する個体の減少につながったと考えられる。一方、重

複数 $C\pi$ 、 OI 値はともに差は見られず、日食による気象条件の変化は群集構造には影響していな

いといえる。以上より、日食は活動するチョウ成虫の種類数や個体数には影響を及ぼしたが、群集

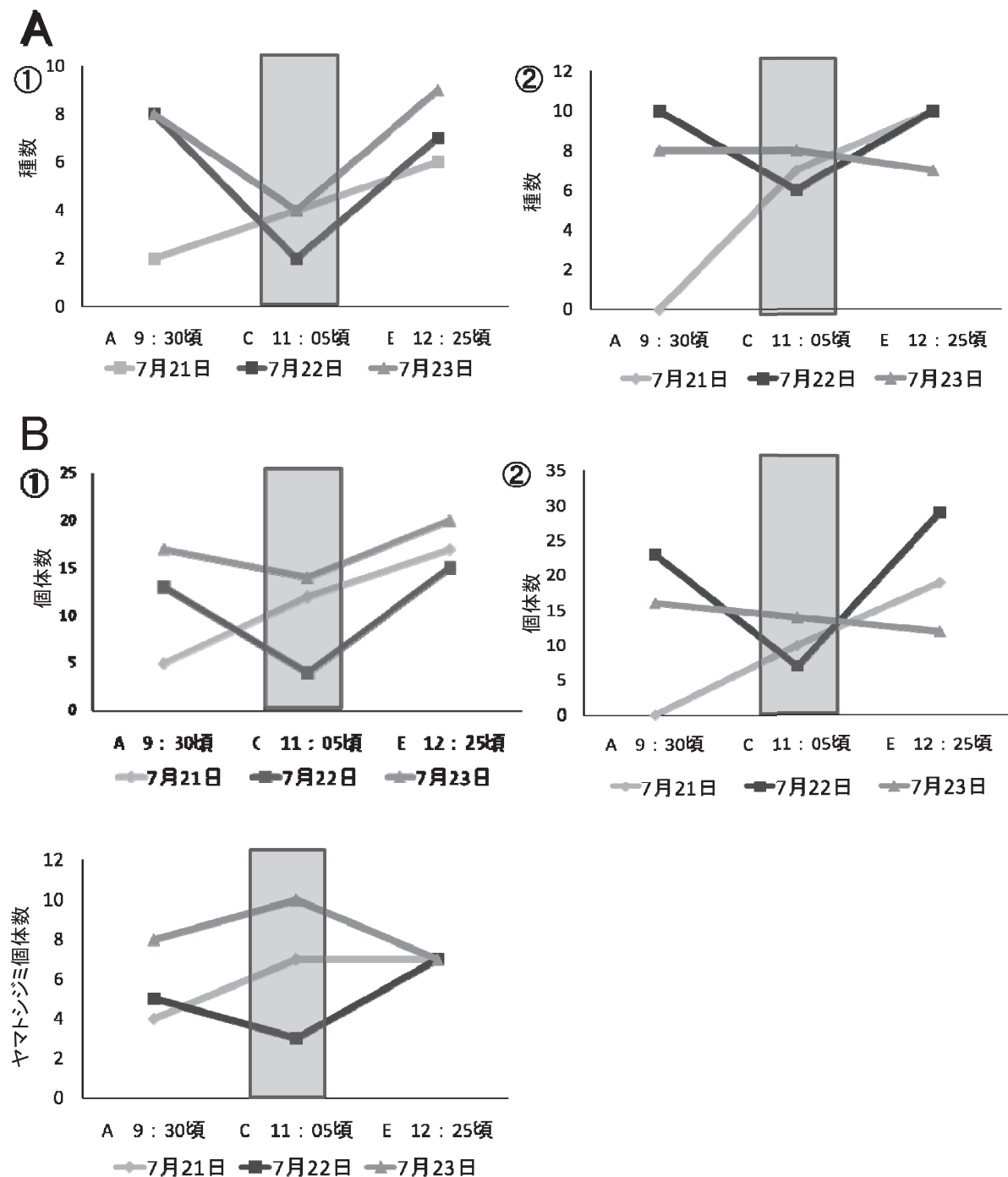


図6. チョウ類成虫の種数・個体数の経時変化

(メッシュは最大食時を中心とした前後 20 分間)

A: 種数 (①調整池堤防 ②湿地ビオトープ) B: 個体数 (①調整池堤防 ②湿地ビオトープ) C: ヤマトシジミ個体数 (調整池堤防)

表 5. チョウ類における重複度 $C\pi$ および OI 値（メッシュは最大食時との組み合わせ）

①調整池堤防 ②湿地ビオトープ

		7月21日			7月22日			7月23日			OI
		A	C	E	A	C	E	A	C	E	
7月21日	A		0.71	0.58	0.50	1.00	0.53	0.50	0.35	0.47	OI
	C	0.94		0.82	0.53	0.71	0.76	0.35	0.50	0.67	
	E	0.80	0.94		0.43	0.58	0.62	0.29	0.41	0.54	
7月22日	A	0.76	0.86	0.87		0.50	0.67	0.50	0.88	0.94	
	C	1.00	0.96	0.83	0.79		0.53	0.50	0.35	0.47	
	E	0.86	0.96	0.94	0.91	0.88		0.27	0.38	0.50	
7月23日	A	0.85	0.89	0.84	0.92	0.86	0.89		0.53	0.59	
	C	0.94	0.88	0.76	0.79	0.82	0.82	0.87		0.50	
	E	0.71	0.84	0.88	0.85	0.74	0.87	0.84	0.71		

$C\pi$

		7月21日			7月22日			7月23日			OI
		A	C	E	A	C	E	A	C	E	
7月21日	A		0	0	0	0	0	0	0	0	OI
	C	0		0.60	0.65	0.46	0.48	0.54	0.54	0.43	
	E	0	0.76		0.50	0.39	0.50	0.45	0.56	0.48	
7月22日	A	0	0.68	0.84		0.65	0.60	0.56	0.56	0.48	
	C	0	0.33	0.23	0.47		0.65	0.58	0.72	0.46	
	E	0	0.77	0.91	0.86	0.38		0.56	0.45	0.60	
7月23日	A	0	0.46	0.50	0.57	0.72	0.62		0.50	0.54	
	C	0	0.57	0.33	0.45	0.69	0.42	0.49		0.54	
	E	0	0.61	0.76	0.75	0.41	0.77	0.50	0.62		

$C\pi$

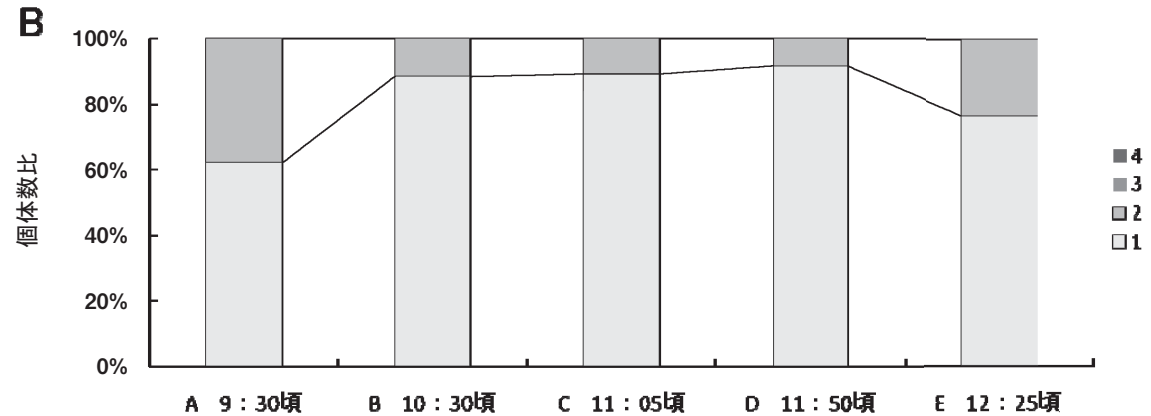
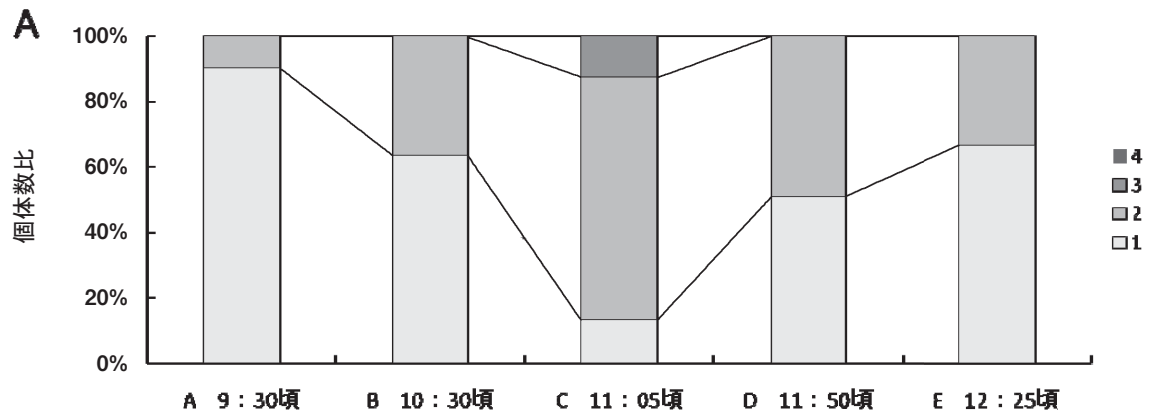


図 7. 日食によるネムノキの葉の閉じ具合のランクの経時変化

(ランク 1～4 に関しては図 2 参照)

A : 7月22日

B : 7月23日

構造に影響は与えないと考えられた。

【ネムノキ】ネムノキは夜間になると葉が閉じるという特徴を持っており^{27), 28)}、葉の開閉は光の周期に左右されることがわかっている²⁹⁾。図7で最大食時に多くの葉が閉じる反応を示したことから、日食によって日照が減少し、概日リズムに影響を受けたと考えられる。なお、翌日23日のC(12:25頃)にランク2の割合が増加しているが、これは日照に対する反応ではなく、気温の上昇による水損失を防ぐための葉の表面からのクチクラ蒸散を減少させる蒸散抑制反応であったと考えられる^{29), 30)}。

以上を総合すると、日食は、各生物の行動に影響を及ぼしたと考えられた。鳥類ではヒヨドリ、ウグイスの鳴き声を発する個体数の減少が確認された。鳴く昆虫では、キリギリスやニイニイゼミがあまり鳴かなくなることが確認され、低温で薄暗い時間帯に鳴くヒグラシの鳴き声が有意に増加した。また、昼に活動するチョウ類成虫は、活動する種類、個体数が減少し、夜に葉を閉じるネムノキは閉じる葉が多くなった。これらは、部分日食が起こることにより日射量が低下し、それに伴って気温が低下したことや、周辺が朝方や夕方に近い光環境になったことなどが要因となっていると考えられる。

5. 要約

2009年7月22日、日本各地で部分日食が観測され、南西諸島においては皆既日食が観測された。近畿大学奈良キャンパスの位置する奈良県では9時46分に日食が開始し、11時05分に太陽の82%が欠ける最大食に達した後、12時25分に終了した。当日の天気は曇りで、時々太陽が雲越しに見え隠れしていた。最大食時には、鳴き声を出す昆虫類ではニイニイゼミ、キリギリスが減少し、ヒグラシが増加した。鳥類ではヒヨドリの鳴き声、ウグイスのさえずりの聞こえる数が少なくなった。チョウは全体的に活動する種数、個体数が減少し、ネムノキの葉は就眠運動により閉じる傾向が見られた。気象観測データは日射量や気温が低下しており、生物の行動はこれらの影響を受けたものと考えられた。

6. 謝辞

本研究にあたり環境管理学科のジン・タナンゴナン講師には研究の遂行や論文の作成でお世話になりました。また、里山調査局生態調査班の学生や近畿大学農学部環境管理学科の学生、大学院生にも論文の作成などご協力いただきました。これらの方々に感謝いたします。

7. 参考文献

- 1) 柴岡孝雄(1981) 動く植物. 154pp, 財団法人 東京大学出版会, 東京.
- 2) 大島長造(1973) 昆虫の行動と適応 ―遺伝学と生態学の接点を目指して―. 294pp, 培風館, 東京.
- 3) 八木誠政・野村健一(1960) 生態学汎論. 478pp, 養賢堂, 東京.
- 4) 千葉喜彦・高橋清久(1991) 時間生物学ハンドブック. 558pp, 朝倉書店, 東京.
- 5) 加藤陸奥雄(1964) 昆虫の一日. 198pp, 牧書店, 東京.
- 6) 宮地伝三郎(1961) 動物生態学. 536pp, 朝倉書店, 東京.
- 7) 大越治他(2009) 皆既日食2009. 109pp, アストロアーツ, 東京.
- 8) 武部俊一(2009) 完全ガイド皆既日食. 175pp, 朝日新聞出版, 東京.
- 9) 桜谷保之(1999) 近畿大学奈良キャンパス生態系の概観. 近畿大学農学部紀要, 第32号, 69-78.
- 10) 桜谷保之・後藤桃子・小西恵美・福原宜美・岡田絢子・東寛子・八代彩子(2008) 近畿大学奈良キャンパスにおける野鳥群集の季節的・年次的変動. 近畿大学農学部紀要, 第41号, 41-75.
- 11) 東條達哉・桜谷保之(2006) 近畿大学奈良キャンパスにおけるチョウ類の生息状況. 近畿大学農学部紀要, 第39号, 9-40.
- 12) 福原宜美・八代彩子・内藤勇輝・上龍七美・須斉正也・今井忍・石濱夏来・川上拓人・岡田実可子・櫻井彩乃・寺田早百合・桜谷保之(2009) 近畿大学奈良キャンパスにおける両生類・爬虫類の生息状況. 近畿大学農学部紀要, 第42号, 1-23.

- 13) 前田武志・桜谷保之 (2003) 近畿大学奈良
キャンパスにおけるレッドリスト動物種の生
息状況. 近畿大学農学部紀要, 第 36 号, 1-12
- 14) 曾我部陽子・桜谷保之 (2009) 近畿大学奈良
キャンパスにおけるレッドリスト植物の生育
状況. 近畿大学農学部紀要, 第 42 号, 3-9.
- 15) 馬場生織・岩坪五郎 (2001) 近畿大学奈良
キャンパスの現存植生に関する生態学的研
究. 近畿大学農学部紀要, 第 36 号, 1 - 12.
- 16) G.K. カンジ・池田裕二・久我菜穂子・田栗
正章 (2009) 「逆」引き統計学 実践統計テ
スト 100. 255pp, 講談社, 東京.
- 17) 岡本久人・市田則孝 (1990) 野鳥調査マニ
ュアル 定量調査の考え方と進め方. 350pp, 東
洋館出版社, 東京.
- 18) 日本環境動物昆虫学会編 (1998) チョウの調
べ方. 290pp, 文教出版, 大阪.
- 19) 桜谷保之・夏原由博 (1994) 資源生物計の統
計学. 183pp, 文教出版, 大阪.
- 20) 叶内拓哉・安部直哉・上田秀雄 (1998) 山溪
ハンディ図鑑 7 日本の野鳥. 623pp, 山と溪
谷社, 東京.
- 21) 由井正敏 (1977) 野鳥の数の調べ方. 65pp,
社団法人日本林業技術協会, 東京.
- 22) 樋口広芳 (1986) 鳥たちの生態学. 247pp, 朝
日新聞社, 東京.
- 23) 松浦一郎 (1979) 自然の教室 鳴く虫を観察
しよう. 私たちの自然, 214, 10 - 14.
- 24) 加藤正世 (1981) 蟬の生物学. 319pp, サイエ
ンティスト社, 東京.
- 25) 橋本治二 (1975) セミの生態と観察. 80pp,
ニューサイエンス社, 東京.
- 26) 本田計一・加藤義臣 (2005) チョウの生物
学. 626pp, 東京大学出版会, 東京.
- 27) 牧野富太郎 (1989) 増補改訂 牧野新日本植
物図鑑. 1453pp, 北隆館, 東京.
- 28) 奥山春季 (1977) 寺崎日本植物図鑑. 1165pp,
平凡社, 東京.
- 29) 岡村 はた他 (1994) 新訂 図解 植物観
察辞典. 818 pp, 地人書館, 東京.
- 30) 山村庄亮・長谷川宏司 (2002) 動く植物—そ
の謎解き—. 200pp, 大学教育出版, 岡山.



1:日食開始と最大食(2009 年 7 月 22 日)



2 : 鳥類 a:ヒヨドリ b:ウグイス



3 : セミ類 a:アブラゼミ b:ニイニイゼミ c:ヒグラシ

図版 1. 部分日食と調査対象生物 (鳥類、セミ類)

【写真はすべて近畿大学奈良キャンパス内で撮影】



4：キリギリス



5：チョウ類：ヤマトシジミ



6：ネムノキ

a：調査を行った葉

b：やや閉じかけの葉

(2009年7月22日 11:00)

図版 2. 調査対象生物 (キリギリス、ヤマトシジミ、ネムノキ)

【写真はすべて近畿大学奈良キャンパス内で撮影】