

生態園における池岸と照葉樹林内の音環境 (1991. 4-1993. 3): 自然の音源の構成の研究およびその方法の検討

大庭 照代

千葉県立中央博物館

〒260 千葉市中央区青葉町 955-2

要 旨 本研究は、自然の音環境を生態学の一分野としてとらえ、千葉県立中央博物館の生態園において聴取録音された自然の音に基づいて、基礎的な調査の方法論の一環を構築する試みである。園内の2ヶ所、舟田池の岸辺とスタジイやタブノキが優占する照葉樹林内において、1991年4月から1993年3月までの毎月1~2回、明け方、早朝、昼前、昼下がり、夕方、夜の6つの時間帯について、調査を行なった。両地点の音環境の特徴を、音源による音の種目、聴取時間帯や季節による音源の種類数の変化、音源の種類構成、現地要因と背景要因に関わる音源の地域属性、音源の聴取頻度、および音源の年比較により分析した。これにより、池岸は水辺の音環境として、照葉樹林内は林の音環境として、音の伝播に関して異なる空間構造を示すとともに、それぞれ独特な音源の構成様式があり、照葉樹林内よりも舟田池の岸辺の方に多様な音源があることがわかった。今回試みた方法は、音環境の構造と変化を検討するにあたって有効である。

キーワード: 音環境, 自然の音源, 構造と変化, 方法論, 景観生態学.

林には林らしい音があり、水辺には水辺らしい音がある、という印象を抱くのはなぜだろうか。また、過去の体験に基づいて、録音から録音地の環境についておおよその見当をつけられるのも興味深い。これはあくまでも聴取者の聴覚系を通じた環境認識上の主観的な問題であるが、相互経験により他者との間に共通認識を形成することができる。このことは、私たちが音環境の構造のどこかに、特徴への手がかりを得ていることを予想させる。Leroy (1979) は、「音声の世界は、ある空間のある時間に存在する物音と声の全体から構成され、環境により規定されると同時に環境を特徴づける」と定義した。これは、音環境の印象と「存在する音の全体」との間の因果関係に、ひとつの視点を与える。たしかにすべての音が音環境の構成物であるが、環境を特徴づけるにあたって同等に関わっているのか、それとも何らかの関係や階層などの構造があるのかを、検討する必要がある。

音環境の構造をめぐるその研究対象は、地球上に存在するすべての音である。一般に、音を自然の音と人工的な音とに大別すれば、人工の音については騒音研究が中核である(桑野, 1988)。自然の音の研究では、硬骨魚類、カエル類、鳥類、哺乳類などの脊椎動物や、昆虫や甲殻類などの無脊椎動物について、行動学的、生態学的、進化学的観点から、音声による種内・種間通信が中心であった(Sebeok, 1977)。近年盛んになったサウンドスケープ研究では、自然の音を人工の音とのかかわりの中で、望ましい要素として論議してきた(Schafer, 1977; Porteous and Mastin,

1985; 古井, 1994)。しかし、これらは主として社会的・地理学的・心理学的な観点にたって行なわれたものであって、自然の音に基づく地域環境の客観的評価に結びつくような研究ではなかった。

景観生態学において重視されている観点として、地域の環境の構造・機能・変化 (Forman and Gordon, 1986) は、音環境を総合的にとらえた科学研究においても重要である。すなわち、音環境と地域・環境・時間の各要素とのかかわりを対象にするが、これには発生音の音響特性から、音源の構成と種類数、時空間における配置、多様な音の競合・障害・すみわけ・独占・排他などの相互関係まで、さまざまな段階が含まれる。しかし、ある特定地域における音の存在様式と相互関係に焦点をあてた総体的な調査は、端緒にすぎたばかりである。大庭 (1993) および Oba (1994a) は、千葉市内の純農村地域・新興住宅地・埋め立て地の中高層ニュータウンより、それぞれ1小学校区を選び、これらの音環境を、音源となった動物の系統分類学的位置づけ、地域における生態学的な位置づけ、および食性の観点より比較した。これにより、音源の多様性から地域の環境の生物学的多様性が評価できると提起された。また、筆者は異なる音環境を比較研究するために、千葉県内外における特定地域での基礎的なデータの集積を続けているが、これらの詳細な構造や変化についての検討を今後進めることによって、音環境は景観(景相)生態学において重要な分野となるだろう。そのための基礎として、音環境の構造・機能・変化について、研究手法の確立が必要である。

本稿は、千葉県立中央博物館の生態園において、1991年4月からの2年間について、自然の音源を中心にまとめたものである。ここでは、自然の音環境を景観生態学の一分野としてとらえ、基礎的調査の方法論を構築することを目指した。すでに、音環境のサンプリング方法についてはOba (1994b)にて検討されているので、本研究ではそれに基づき、とくに音源の構成や変化、音源間の階層や相互関係、時空間における多様な存在様式などに焦点をあてて、環境の特徴づけにかかわる音環境の構造の解析と比較の方法を検討する。また、自然の音環境研究を今後進めるに当たって、誰でも支障なく理解できるような自然の音の分類基準の検討を行い、最後に音環境の比較から音環境の区分、音源の構成様式、および伝播空間の構造に関して考察を加えた。

調査地

千葉県立中央博物館の生態園(35°36'N, 140°07'E)は、農林水産省畜産試験場の跡地に設置され、都市化の進行する千葉市街と農地が多く残る郊外とのほぼ境目に位置する。1988年3月の造成工事の終了後、房総半島の代表的な植生である照葉樹林や落葉広葉樹林などの復元が試みられてきた(中村, 1994; 山口・中村, 1994)。園内にある舟田池は、江戸時代のころからの溜池であるが、ヘドロの浚渫・山砂客土後、池を取り囲む斜面のイヌシデなどの落葉広葉樹を主体とする雑木林とともに保護されてきた(中村, 1993)。

調査方法

音環境の構造と変化を、自然の音源の構成から解析する方法は、従来には見られない。そこで本研究では、方法論の検討も含めて、次のような順序で調査を行なった。第1に、野外調査により音の聴取と録音を行なって、調査地点における音環境のサンプルを得た。第2に、室内において録音記録から音源の同定を行った。第3に、音源の構成様式を解明するために、音源による音の種目、音源の種類数や構成の時間的・季節的变化、音源の地域属性、音源の聴取頻度、ならびに音源の年変化を分析した。第4に、これら分析結果や気象条件などに基いて、異なる2つの調査地点の比較を行い、各音環境の特徴を形成する構造を検討した。

1. 野外の調査

野外の調査は、調査地点付近に棲息する動物への影響を最小限に抑えるために、毎回同じ作業位置と手順が用いられた。また、音源識別の個人差を配慮して、調査は同一の調査者1名によって行なわれた。

音の聴取と録音は、調査者が調査地点に到着してから約3分後に同時に開始され、その後の6分間にわ

たって連続して行なわれた。聴取の対象は、調査地点から半径約100m内外で聞こえる自然の音と人工の音で、大きな音ならびに小さな音、また遠くからはっきりと聞こえてくる音に区別された(Oba, 1994b)。これらの音は、音源の種類・発音の仕組みによる音の種類(音声・動作の音等)・方向・距離・行動・その他のできごととともに、野帳に書き留められた。録音は、デジタル録音機Sony TCD-D10 PROとステレオマイクロホンSony ECM-MS5を用い、デジタルオーディオテープSony DT-90/120上に行なった。マイクにはウィンドシールドをかけて、地上約1.5mの位置に三脚で固定し、調査者はこの約1.5m後方に控えた。

調査地点の植生などの環境は、写真を同一の視角で撮影することによって記録された。気象条件については、調査時に天候を記録するとともに、気温と相対湿度をマイクのすぐ下に取りつけた温湿度計から読みとった。これらは生態園総合気象観測装置観測データと対比された。風については、相対的な風力を記録した(Brainerd, 1971)。

なお、すべての録音は、環境写真等の調査地点にまつわる種々の情報とともに、生物音響学分野の博物館資料として保存することとした。

2. 調査頻度

野外の調査は1991年4月から1993年3月まで、原則として毎月1~2回の日曜日もしくは国民の祝日に行ない、調査日は延べ36日であった。これらの日は週の間で最も交通騒音レベルが低い(石井・大坪, 1992)、自然の音の観察に適している。調査は明け方から夜までの間の6つの時間帯に行った。季節による日長の変化を考慮して、時間帯は相対的に幅広く設け、I明け方(日出前3:00-7:00)、II早朝(6:00-9:00)、III昼前(10:00-11:30)、IV昼下がり(13:00-15:00)、V夕方(日没前後16:00-18:30)、およびVI夜(19:30-21:30)とした。なお、雨天や強風の日は避けた。また、調査途中で不都合が出るほどに天候が変わった場合は中止して、数日以内に再試または補足調査を行なった。

3. 音源の同定

音源の同定は、録音時に目視により行なうことができた場合を除いて、収集された録音に基づいて行なった。録音は聞きなおされ、聞くだけでは区別の難しい昆虫などの音については、さらにKAY DSP Sonagraph 5500によって音響学的な分析に付された。これらは、千葉県立中央博物館に収蔵されている生物音響資料や関連の文献(参照録音および文献を見よ)との対比から、同定を行なった。しかし、なかには音源を聞き分けること自体が難しい音があった。これは、

通常の生活で聞き分ける必要がない音で、音源まで参照して命名する習慣がないもの、すなわち以下に分類する植物体音、植物受動音、動物副次音が該当する。この場合、定性的な特徴と発生のしくみがわかるように記載した。

4. 分析方法

次の6とおりの分類基準によって、音源の構成様式の解明を試みた。

(1) 音源による音の種目

自然の音は音源の種類と発生のしくみにしたがって、以下のとおりの種目にタイプ分けした。

1. 無機的な音

1-1 地形音：川の流れや池の漣など、特定の地形があるために生じる音。

1-2 気象音：風・雨・雪・氷などの気象現象に由来する音。

1-3 潮汐音：潮汐による波などの音。

2. 有機的な音

2-1 植物音：植物の生命活動に関わって生じる音。

2-1-1 植物体音：熟した実が乾燥してはじけたり、枝が落下したりすることによって生じる音。

2-1-2 植物受動音：植物体が風などの外力によって揺り動かされて生じる音。

2-2 動物音：動物の生命活動に関わって生じる音。

2-2-1 動物能動音：鳥のさえずりのように、特別な発音器官、または体の一部を使って作り出す能動的な音。

2-2-2 動物副次音：身動きなどに伴って生じる副次的な音。飛ぶ・歩く・走る・泳ぐ・水浴び・採食などの動作の結果、棲息環境内の基質や物が動いて生じる音。

人間の場合も、さまざまな能動音、すなわち音声による言語や非言語があるほか、副次音も多い。ところで、道具や機械を使用した結果生じる音を、副次音の延長とみなすこともできるが、ここでは基本的に人工的な音として区別した。また、音楽などは文化的な音として、寺の鐘や定時のチャイム放送の音などは人間の社会生活上の指標的な音として識別できるが(Schafer, 1983)、今回は考慮しなかった。

(2) 音源の種類数の時間的・季節的变化

各音源の1日の間の聴取時間帯(I~VI)および一年の間の聴取時期を調べた。とくに、動物音に関しては、両生類、鳥類、昆虫類、哺乳類のそれぞれについて、なかでも昆虫類については生活史の異なるグループ、すなわちキリギリス類、コオロギ類、バッタ類、セミ類に分けて、音源の種類数の季節的な変化を、聴取時

間帯別に検討した。

(3) 音源の構成の時間的・季節的变化

無機的な音と植物音に関しては、音源による音の種目分類上の扱いが難しいので、ここでは動物音に限って、音源を聴取時間帯の組み合わせによってタイプ分けした。また、聴取時期についても、音源を聴取期間の組み合わせによってタイプ分けをした。これには1年の季節を生物の活動の特徴に基づいて、次の4つの聴取期間に分けた。

1. 春：2~4月、多くの生物では繁殖前の準備期として特徴的で、このころより繁殖活動に関係する音声活動が見られる。鳥類では、この時期の後半に春の渡りがあり、冬鳥と夏鳥が交代する。

2. 夏：5~7月、繁殖活動が行なわれる期間として特徴づけられる。動物の繁殖活動に関連して音声活動も高まる。

3. 秋：8~10月、繁殖が終わり冬に備える期間として特徴的である。鳥類では、この時期の前半に換羽が起こり、一般的に音声活動が低下する。また、秋の渡りで夏鳥と冬鳥が交代する。昆虫類では、この時期もなお繁殖活動を行なっているものがある。

4. 冬：11~1月、生物が冬越する期間として特徴的である。鳥類などでは非繁殖期に特有な行動が見られ、両生類や昆虫は冬眠している。

(4) 音源の地域属性

音には音源があり、音源には位置がある。この位置が地域および環境内のどこにあるかによって、音環境における特定の音の地域属性が決まる。ここでは、以下のとおり地域属性の分類を行なった。

1. 現地音源：音源が調査地点の直接の環境内に存在する。

2. 背景音源：音源が調査地点を取りまく周辺環境内に存在する。

2-1 隣接音源：隣接地から聞こえてくる音で、音源が周辺環境内に位置している。

2-2 通過音源：調査地点付近を通過中に発せられた音で、音源が調査地点に属していない。

なお、聴取録音された音の中には、その音源が現地音源の中にも背景音源の中にも存在するものがあったが、これらは共通音源として別に分類した。この分類に基づいて、音を地域属性の観点より、現地音、背景音、隣接音、通過音、共通音として定義する。

(5) 音源の聴取頻度

音は時間軸の中で存在する。環境内で常に響いている音があれば、ときどき聞こえるものがあり、特定の期間内のみ集中しているものもあり、滅多に聞こえない珍しいものもある。この違いは、音環境を構成す

る音源の安定性を考慮する上できわめて重要である。ここでは動物音について、音源の聴取頻度に従って、以下のとおり分類を行なった。

1. 常聞種：普遍的に聞こえる音源で、ここでは2年間の調査期間を通じて大概聞こえたもの、すなわち聴取が24~36調査日あったものとした。
2. 多聞種：比較的良好に聞こえる音源で、ここでは聴取が12~23調査日あったものとした。
3. 少聞種：ときどき聞こえる音源で、ここでは聴取が6~11調査日あったものとした。
4. 稀聞種：ごくまれに聞こえる音源で、ここでは1~5調査日あったものとした。

(6) 音源の年変化

音は、植物群落の遷移や都市化などの環境の変化に対応して、長期的な時間軸の中で変わりゆく。ここでは動物音について、音源の交代状況から消失音源と新出音源とに分類した。ただし、音が聞こえないことと音源が存在しないことは同じではないので、とくに鳥類について、基礎的な鳥類相のデータ(桑原, pers. comm.)と照らし合わせて、音源がたまたま音を生じなかっただけなのか、あるいはまったく存在しなかったのかを確認した。また、音源の地域属性と聴取頻度の観点を併せて検討した。

5. 調査地点の比較

近接した2地点において、聞こえた音の音源の構成を比較することによって、それぞれの地点にのみ起因する音源と両地点に共通な音源とに分けた。これに上記の6つの分類基準を適用し、各音環境に独特な音源

の構成と種類数、ならびに両地点を含むより広い範囲の音環境の特徴を検討した。

調査地点には、舟田池の岸边(A)と照葉樹林の内部(B)を選んだ(図1)。Aは周囲が開けた開放的な空間であり、北東側の舟田池からは2~3m陸側に位置し、南西側の湿原までは5~6mあった。調査期間中、岸边には植栽されたハンノキの幼樹が生育するとともに、ブタクサやセイタカアワダチソウ、アレチマツヨイグサなどが加わった。2年目の春以降は、ハンノキに樹高2mを越えるものが出てきて、視界が悪くなったので調査地点を6m程北西側の橋の上に移した。Bは園路上に位置し、樹高3~5mに達した復元中のスタジイやタブノキが優占する照葉樹林に囲まれていた。また、約10m西には高さが13~14mの移植林分(中村ほか, 1994)があった。このようにBは林の閉鎖的な空間内にあったが、その5m南東側には青葉の森公園の芝生とアスファルト舗装の通路などの開放的な空間が広がっていた。

結 果

音環境を聞き取った印象は、舟田池の岸边と照葉樹林内とはまったく異なっていた。どちらにおいても聴取時間帯によって、また聴取期間によって、音が満ちているときと少ないときがあったが、水辺の賑やかさと林内の静けさとの対比は一貫した傾向であった。ここでは、前述の自然の音源の分類基準を適用して、2つの音環境の構造を個々に検討した。次に、これらの結果から両音環境を比較した。

1. 音源による自然の音の種目

(1) 舟田池の岸边

調査地点が開放的な空間にあるために、風の強さや向きによって、周囲の音の聞こえ方が変わったり、聴取および録音自体に一時的な差し障りが出たりした。主要な自然の音は次のとおりであった。

1. 無機質な音

1-1 地形音：舟田池の岸边では、風によって池に生じた波が岸边の石や土砂にあたって、ヒタヒタ、パシャパシャと水音をたてることがあった。ただし、他に強い音があると、かき消されがちであった。

2. 有機的な音

2-1 植物音

2-1-1 植物体音：草の種子がパチッとほじける音が、草むらから聞こえることがあった。ただし、このような音はまわりが騒々しかったり、他に目だつ音が多かったりすると聴取がむずかしく、録音を解析しても判断がつかねた。

2-1-2 植物受動音：風が吹くと、草本では丈

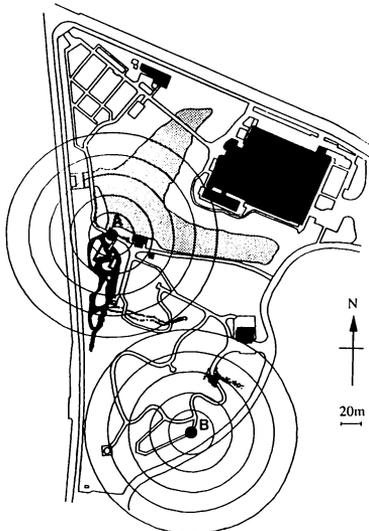


図1. 生態園内の調査地点とおおよその聴取範囲：調査地点A、舟田池の岸边；B、照葉樹林内；聴取範囲は調査地点を中心に約100mまでであるが、20mおきに円周を描いてある。

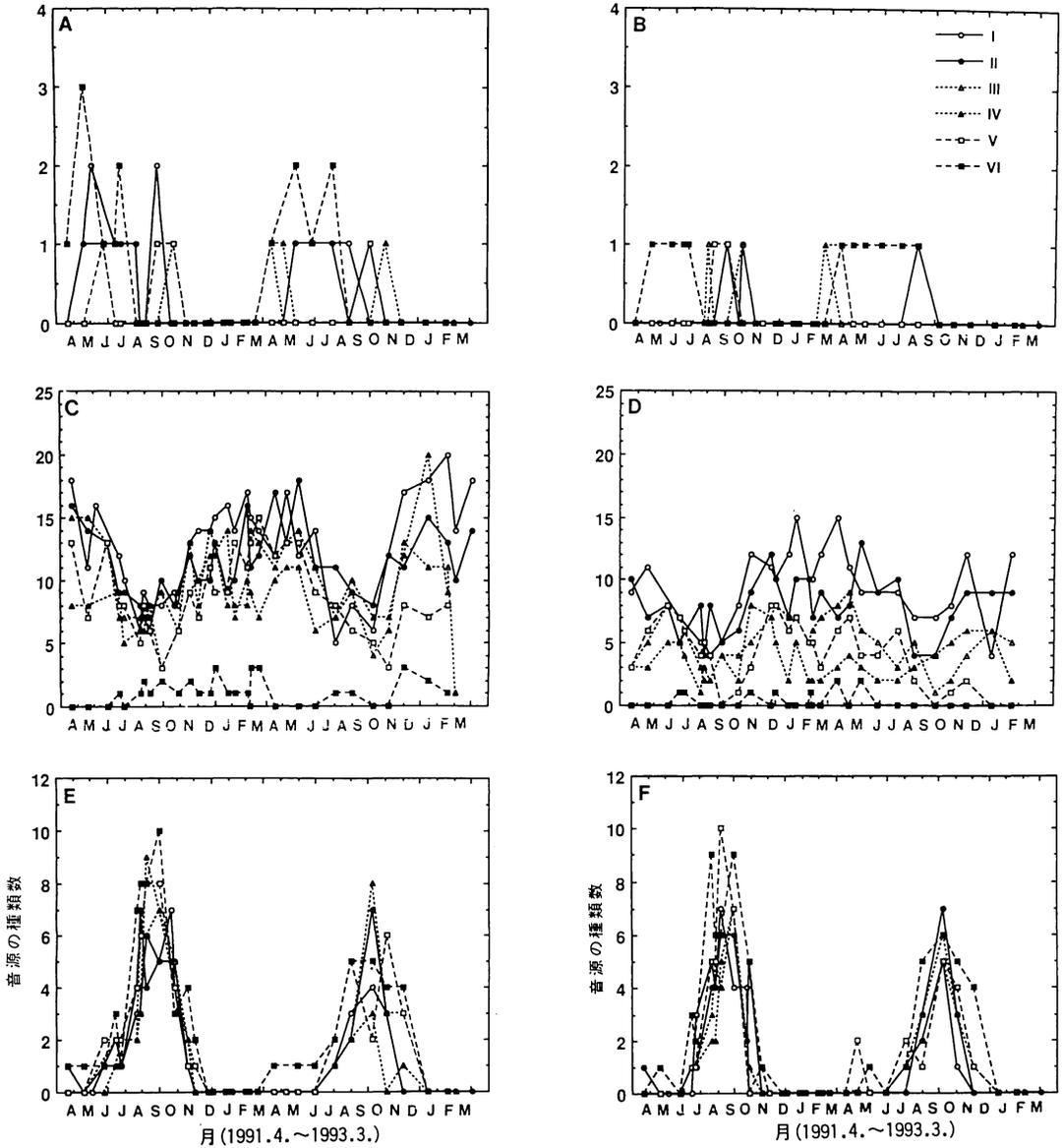


図2. 生態園において、聴取時間帯ごとに聴取録音された各動物群の音源種類数の季節の変遷，1991年4月～1993年3月：A，舟田池の岸辺における両生類；B，照葉樹林内における両生類；C，舟田池の岸辺における鳥類；D，照葉樹林内における鳥類；E，舟田池における昆虫類；F，照葉樹林内における昆虫類。各聴取時間帯の印についてはBを参照。I，明け方；II，早朝；III，昼前；IV，昼下がり；V，夕方；VI，夜。

の低いブタクサなどや丈の高いセイタカアワダチソウなどの葉や花穂が、木本では若いハンノキ（樹高1～2m）の葉や枝が揺れて音を発した。舟田池を取り巻く落葉広葉樹林からは、林全体あるいは風の進行に伴って樹冠や側面などの部分より、葉ずれや枝の揺れる音が発生した。

2-2 動物音

2-2-1 動物能動音：付表1-6より、音源となった動物種は、確定できたものについて全部で77種あった。無脊椎動物としては昆虫類が28種で、その内訳はキリギリス科が8種、コオロギ科が14種、バッタ科が1種、セミ科が5種であった。脊椎動物としては全49種で、その

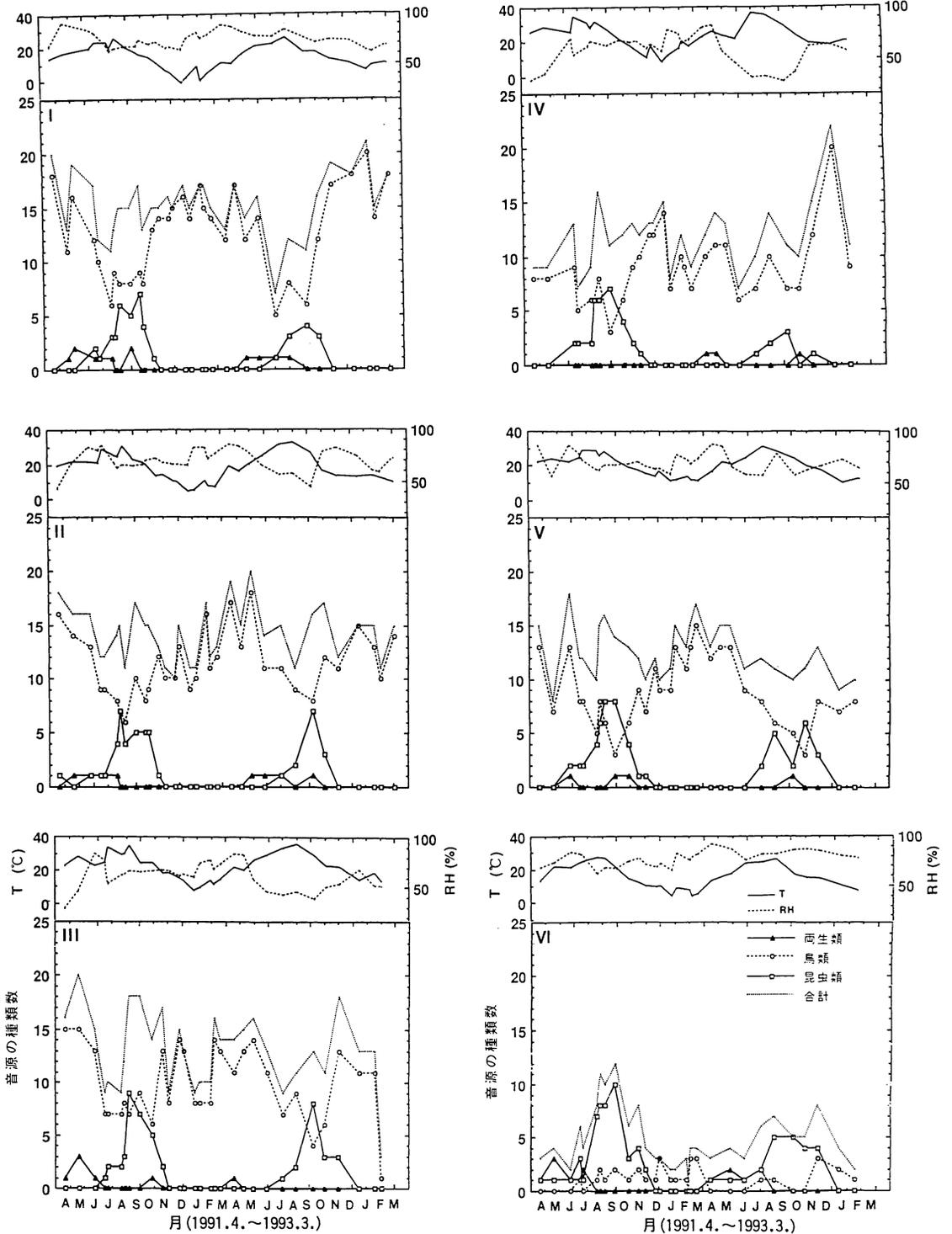


図3. 生態園の舟田池の岸辺において、動物群ごとに聴取録音された各聴取時間帯の音源種類数の季節的变化、1991年4月～1993年3月：I、明け方；II、早期；III、昼前；IV、昼下がり；V、夕方；VI、夜。横軸、縦軸、および各動物群の印については、VIを参照。各図の上部には、気温(T: °C)および相対湿度(RH: %)を併置している。

生態園における池岸と照葉樹林内の音環境

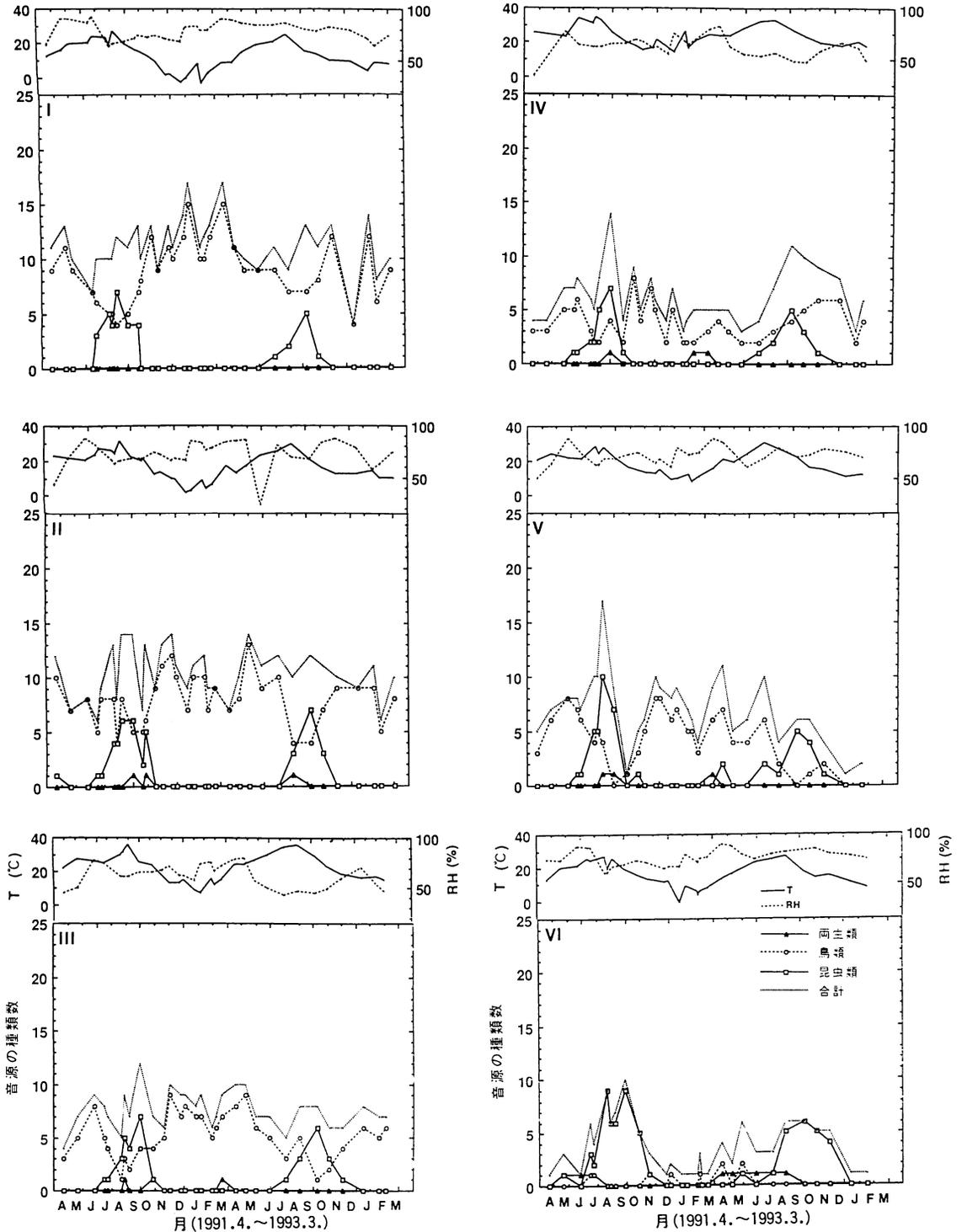


図4. 生態園照葉樹林内において、動物群ごとに聴取録音された各聴取時間帯の音源種類数の季節的变化、1991年4月～1993年3月：I, 明け方；II, 早期；III, 昼前；IV, 昼下がり；V, 夕方；VI, 夜。横軸、縦軸、および各動物群の印については、VIを参照。各図の上部には、気温(T: °C)および相対湿度(RH: %)を併置している。

内訳は両生類が3種、鳥類が44種、哺乳類はヒトを含めて2種であった。

- 2-2-2 動物副次音：鳥類では、カイツブリが水面を走る音、カモ類の池への出入りや飛翔の際に聞こえる飛翔音、カモ類の水浴びの音、キジバトの飛翔音が聞かれた。この他に甲虫などの飛翔性昆虫の羽音が聞かれた。また、ヒトが園路を歩くときの小砂利の音もあった（付表1-6）。

(2) 照葉樹林内

舟田池の岸边では風が吹き荒れているようなときでも、林内の調査地点では閉鎖的な空間のために比較的平穏なことが多かった。主要な自然の音は次のとおりであった。

1. 無機質な音

1-2 気象音：照葉樹林内で調査開始後に雨が降りだしたのは、調査期間をとおして4回であったが、植物や地面の上に雨滴が落ちる音は林内では著しく響いた。また、雨後に枝先や葉先から垂れる滴の音も林内には特徴的であった。

2. 有機的な音

2-1 植物音

2-1-1 植物体音：実がはじける音など。

2-1-2 植物受動音：風が林内を抜けると、わずかな風でもスダジイ（葉の長さ約5cm）やタブノキ（葉の長さ約8cm）などの照葉樹の葉が揺れて、カラカラと乾いた音が出た。また、林床の草本では、セイタカアワダチソウの枯れた葉やアズマネザサの葉などのカサカサと軽い音が記録された。強風の日には、移植林分の高い梢が風に吹かれて、大きなざわめきが記録された。

2-2 動物音

2-2-1 動物能動音：付表7-12より、音源となった動物種は、確定できたものについて全部で64種あった。無脊椎動物としては昆虫類が22種で、その内訳はキリギリス科が5種、コオロギ科が12種、バッタ科が1種、セミ科が4種であった。脊椎動物としては全42種で、その内訳は両生類が1種、鳥類が39種、哺乳類はヒトを含めて2種であった。

2-2-2 動物副次音：カモ類が林の上を通過していく羽音、キジが鳴き声の後にたてる羽ばたき音、ドバトが通過する際の羽音、林内を移動するキジバトやヒヨドリやツグミの飛翔音、タヌキが落ち葉などを踏んでたてる音、またヒトが園内外で

歩いたり走ったりしてたてる音があった。この他に甲虫類、なかでもカナブン類、膜翅目、ミツバチ類、スズメバチ類などの飛翔性昆虫の羽音が記録された（付表7-12）。

2. 自然の音源の種類数の変化

(1) 日周的な変化

聴取時間帯によって音源の種類数が違ったものは、第1に、日中の風の変化にともなって生じた植物受動音であった。とくに、照葉樹林の葉は、年間を通じて風が比較的良好に風向きや夕方よりも、昼前や昼下がりにカラカラと乾いた音をたてた。第2には、異なる日周活動をする動物の音であった。図2は舟田池の岸边と照葉樹林内において、動物群ごとに音源の種類数の季節的な変化を、聴取時間帯別に示した。両地点において次のような傾向が共通して見られた。両生類では、聴取された種類数が少ないので、聴取時間帯による種類数の増減は顕著ではなかった。鳥類では、調査地点や季節によらず明け方(I)から早朝(II)までが最も種類数が多く、昼前(III)から昼下がりが(IV)までは低く、夕方(V)に再び回復し、夜(VI)にはきわめて少なかった。昆虫類では、概して種類数が夕方から夜にかけて増加したが、2年目には夕方から夜の種類数の最大値が低下して、早朝から昼下がりがまでの聴取時間帯よりも下回ることがあった。なお、セミなどの昆虫類は昼間に、そしてキリギリス類やコオロギ類は夜に多かった。ところで、哺乳類では聴取時間帯による変化はとくになかった。

(2) 季節的な変化

舟田池の岸边

植物体音では、夏の後半から冬にかけて、草の種子などがパチッとほじける音が、草むらからよく聞こえた。植物受動音では、1991年の春夏にはブタクサなどの丈の低い草の葉、秋から冬にかけては丈の高いセイタカアワダチソウの葉や花穂、1992年の春には1~2mの高さに成長したハンノキの葉が、風に揺れてそれぞれに独特な音を発生した。動物音については、全動物群（哺乳類を含む）、両生類、鳥類、昆虫類について、音源の種類数の季節的な変化を、気温と相対湿度とともに聴取時間帯別に表示した（図3）。全動物群では、6つの聴取時間帯に共通した変化は見られなかった。両生類はアマガエル・トウキョウダルマガエル・ウシガエルの3種で、3~7月に発音があった。ただし、鳴く時期と時間に重なりが少なく（表1を参照のこと）、種類数の増減がはっきりしなかった。鳥類では、明け方・早朝・昼前・夕方に共通な季節的な変化が、年間を通じて見られた。音源の種類数が多かったのは10~6月で、少なかったのは7~9月であった。昆虫類では、聴取は4~11月にわたるが、種類数が最

生態園における池岸と照葉樹林内の音環境

表 1. 舟田池の岸辺と照葉樹林内における動物の音源の種類構成

聴取時間帯型	舟田池の岸辺	照葉樹林内
全日型	通年: イヌ (24) カイツブリ (23) カモ類の水音 (22) カルガモ (21) ヒト (21) カモ類の羽音 (20) 春夏秋: アマガエル (13; 春夏は夜が主) 夏: トウキョウダルマガエル (3) 秋: ミツカドコオロギ (6) モリオカメコオロギ (6) クチキコオロギ (3) 秋冬: ハラオカメコオロギ (9) ツツレサセコオロギ (9) エンマコオロギ (7) 以上 3 種は冬には夜が主	通年: イヌ (24) 春夏秋: アマガエル (10; 夏はとくに夜) 秋: エンマコオロギ (6) ハラオカメコオロギ (6) モリオカメコオロギ (6) クサヒバリ (6) ミツカドコオロギ (5) クチキコオロギ (5) 秋冬: カネタタキ (10; 秋が主, 冬は昼以降) ツツレサセコオロギ (8) アオマツムシ (7) 前 2 種も秋が主, 冬は特に夜 冬春: アオジ (14; 秋と夏にも少し) マガモ (2)
朝型	通年: コジュケイ (8; 夏には昼も) 夏: イワツバメ (2) 秋: タヌキ (1) ヤブキリ (1) 秋冬: ダイサギ (2)	通年: コジュケイ (5) 春: トラツグミ (1) カイツブリ (1) 春夏: ニワトリ (2) 秋: ワカケホンセイインコ (1) オナガ (1) タヌキ (1) クマゼミ (1) 冬: ササゴイ (1)
昼型	秋: ヒメギス (1) ツユムシ (1) 秋冬: マダラスズ (2) 冬: キンクロハジロ (1)	冬: ドバトの羽音 (1)
日中型	通年: ハシブトガラス (21) ヒヨドリ (20) ホオジロ (20) スズメ (20) ムクドリ (20) ハシボソガラス (20) ハクセキレイ (19) コゲラ (18) カワラヒワ (18) モズ (17; 春夏よりも秋冬によく聞こえた) カワセミ (14; 朝が主) 春夏: ヒバリ (11; 秋にも少し) セッカ (8; 朝が主, 秋にも少し) 甲虫などの飛翔音 (7; 夏が主) コチドリ (3) 夏: オオヨシキリ (1; 夕方に聴取されたが, おもに日中) 春夏秋: ツバメ (16) キジバト (12; 夏秋が主, 冬には羽音) オナガ (8; 冬にも少し) 夏秋: アブラゼミ (5) ニイニゼミ (4) ヒグラシ (4) 以上 3 種は 7 月より聞こえ始めたが, 8-9 月が主 秋: ミンミンゼミ (4) ツクツクホウシ (4) ショウリョウバッタ (2) 秋冬春: マガモ (15) コガモ (12; 冬春が主) オナガガモ (4) ワカケホンセイインコ (3) 冬: ホシハジロ (3) ハシビロガモ (1; 夕方) 冬春: ツグミ (11; ときには夜も) ジョウビタキ (9) セグロセキレイ (4) カシラダカ (3) 冬春夏: シジュウカラ (15; 秋にも少し) キジ (14; 春夏が主) アカハラ (12; 冬春が主, 夏は朝に) ウグイス (12; 冬を除き昼には聞こえなかった, 秋にも少し) アオジ (12; 夏は朝に) メジロ (11; 秋にも少し) エナガ (8; 冬春が主) ニワトリ (5)	通年: ヒト (21) ヒヨドリ (20) スズメ (20) ハシブトガラス (20) カワラヒワ (19) ムクドリ (19) キジバト (18) モズ (13; 朝が主, 夏にやや少ない) ホオジロ (13) ハシボソガラス (12; 朝が主) ハクセキレイ (11; 朝が主) コゲラ (9) 夏: カルガモ (2) オオヨシキリ (2) カモ類の羽音 (1) コアジサン (1) セッカ (1) 春夏秋: ヒバリ (11; 秋には少し) ツバメ (10; 夏が主) 夏秋: アブラゼミ (6; 7 月より聴取, 8-9 月が主) 秋: ミンミンゼミ (3) ツクツクホウシ (3) マダラスズ (2) 秋冬春: シジュウカラ (11; 朝が主, 夏にも少し) メジロ (10; 冬春が主) 冬春: ジョウビタキ (8) ツグミ (8) エナガ (3) コガモ (3) 冬春夏: ウグイス (12) アカハラ (11; 冬春が主) キジ (9; 春夏が主)
夜型	秋: カネタタキ (2) スズムシ (2) カンタン (2) キリギリス (1) クサヒバリ (1)	通年: ゴイサギ (4) 秋: アオバズク (1) カンタン (2) ハヤシノウマオイ (1) カヤキリ (1) シバズ (1) 秋冬: セスジツユムシ (3; 秋が主)
夜朝型	春: クビキリギス (2) トラツグミ (1) 夏秋: ウシガエル (7) 秋: セスジツユムシ (4) アオマツムシ (3) ハヤシノウマオイ (2) 秋冬: ゴイサギ (4; 秋が主)	春夏: クビキリギス (2; ただし春には早朝, 夏には夜) 秋: ショウリョウバッタ (2)

() 内は, 音源が聴取された聴取時間帯の数である。なお, 聴取時間帯型それぞれの最大聴取時間帯数は, 全日型が 24, 朝型 8, 昼型 8, 日中型 20, 夜型 8, 夜朝型 16 であった。

表2. 舟田池の岸辺と照葉樹林内における動物の音源の地域属性

聴取時間帯型	舟田池の岸辺	照葉樹林内
全日型	現地音源: カイツブリ (23) カモ類の水音 (22) カルガモ (21) カモ類の羽音 (20) アマガエル (13) ハラオカメコオロギ (9) ツツレサセコオロギ (9) エンマコオロギ (7) ミツカドコオロギ (6) モリオカメコオロギ (6) トウキョウダルマガエル (3) クチキコオロギ (3) 隣接音源: イヌ (24) 通過音源: なし 共通音源: ヒト (21)	現地音源: アオジ (14) カネタタキ (10) ツツレサセコオロギ (8) エンマコオロギ (6) ハラオカメコオロギ (6) モリオカメコオロギ (6) クサヒバリ (6) ミツカドコオロギ (5) クチキコオロギ (5) 隣接音源: イヌ (24) 通過音源: マガモ (2) 共通音源: アマガエル (10) アオマツムシ (7)
朝型	現地音源: ダイサギ (2) イワツバメ (2) タヌキ (1) ヤブキリ (1) 隣接音源: なし 通過音源: なし 共通音源: コジュケイ (8)	現地音源: トラツグミ (1) オナガ (1) タヌキ (1) クマゼミ (1) 隣接音源: ニワトリ (2) カイツブリ (1) 通過音源: ササゴイ (1) ワカケホンセイインコ (1) 共通音源: コジュケイ (5)
昼型	現地音源: マダラスズ (2) キンクロハジロ (1) ヒメギス (1) ツユムシ (1) 隣接音源: なし 通過音源: なし 共通音源: なし	現地音源: ドバトの羽音 (1) 隣接音源: なし 通過音源: なし 共通音源: なし
日中型	現地音源: スズメ (20) ハクセキレイ (19) ツバメ (16) マガモ (15) カワセミ (14) コガモ (12) アオジ (12) 甲虫などの飛翔音 (7) オナガガモ (4) ニイニイゼミ (4) セグロセキレイ (4) ホシハジロ (3) コチドリ (3) カシラダカ (3) ショウリョウバッタ (2) ハシビロガモ (1) オオヨシキリ (1) 隣接音源: アカハラ (12) ヒバリ (11) メジロ (11) セッカ (8) ニワトリ (5) 通過音源: ワカケホンセイインコ (3) 共通音源: ハシブトガラス (21) ヒヨドリ (20) ホオジロ (20) ムクドリ (20) ハシボソガラス (20) カワラヒワ (18) コゲラ (18) モズ (17) シジュウカラ (15) キジ (14) キジバト (12) ウグイス (12) ツグミ (11) ジョウビタキ (9) エナガ (8) オナガ (8) アブラゼミ (5) ヒグラシ (4) ミンミンゼミ (4) ツクツクホウシ (4)	現地音源: キジバト (18) ホオジロ (13) アカハラ (11) シジュウカラ (11) メジロ (10) キジ (9) コゲラ (9) エナガ (3) マダラスズ (2) 隣接音源: ヒバリ (11) コガモ (3) オオヨシキリ (2) セッカ (1) 通過音源: ハクセキレイ (11) ツバメ (10) カルガモ (2) コアジサシ (1) カモ類の羽音 (1) 共通音源: ヒト (21) ヒヨドリ (20) スズメ (20) ハシブトガラス (20) カワラヒワ (19) ムクドリ (19) モズ (13) ウグイス (12) ハシボソガラス (12) ジョウビタキ (8) ツグミ (8) アブラゼミ (6) ミンミンゼミ (3) ツクツクホウシ (3)
夜型	現地音源: カネタタキ (2) スズムシ (2) キリギリス (1) クサヒバリ (1) 隣接音源: カンタン (2) 通過音源: なし 共通音源: なし	現地音源: セスジツユムシ (3) ハヤシノウマオイ (1) カヤキリ (1) シバズ (1) 隣接音源: カンタン (2) アオバズク (1) 通過音源: ゴイサギ (4) 共通音源: なし
夜朝型	現地音源: ウシガエル (7) セスジツユムシ (4) ハヤシノウマオイ (2) クビキリギス (2) 隣接音源: アオマツムシ (3) トラツグミ (1) 通過音源: なし 共通音源: ゴイサギ (4)	現地音源: ショウリョウバッタ (2) クビキリギス (2) 隣接音源: なし 通過音源: なし 共通音源: なし

() 内は、音源が聴取された聴取時間帯の数である。なお、聴取時間帯型それぞれの最大聴取時間帯数は、全日型が24、朝型8、昼型8、日中型20、夜型8、夜朝型16であった。

も多かったのは8~10月であった。なお、哺乳類は年間を通じて聴取されたが、明確な季節的変化がなかった。

照葉樹林内

植物体音では、おもに11~2月に実生などのはじける音が聞かれた。植物受動音では、1991年10月から1992年春先にかけてセイタカアワダチソウの枯れ葉が音をたて、1992年12月~1993年4月にアズマネザサの葉の音が記録された。動物音については、舟田池の場合と同様に、音源の種類数の季節的な変化を、気温と相対湿度とともに聴取時間帯別に表示した(図4)。全動物群では、6つの聴取時間帯に共通した傾向は見られなかった。両生類はアマガエル1種であったが、本種がよく鳴く夜については主として5~7月に聴取された。鳥類では、明け方、早朝、昼前に共通な季節的変化が、年間を通じて見られた。種類数が多かったのは10~6月で、少なかったのは7~9月であった。ただし、聴取時間帯によってこの増減の幅に違いがあり、聴取時間帯が早いほど最大種類数が多く、増減差も大きかった。昆虫類では、聴取期間は4~12月に及んだが、音源の種類数は明け方から夕方までの聴取時間帯では9~10月が多く、夜は8~11月が多かった。なお、哺乳類は年間を通じて聴取されたが、明確な季節的変化はなかった。

3. 音源の種類構成の時間的・季節的変化

動物の音源は、それぞれに独特な発音の時間帯が見られた。まず、聴取時間帯については、全日型(IからVI)・朝型(主としてIとII)・昼型(主としてIIIとIV)・日中型(IからV)・夜型(主としてVとVI)・夜朝型(夜から朝V, VI, I, II)の6つの聴取時間帯型にタイプ分けされた。次に、聴取期間に応じて、通年型・春型・春夏型・夏型・春夏秋型・夏秋型・秋型・秋冬型・冬型・秋冬春型・冬春型・冬春夏型などの聴取期間型にタイプ分けされた。表1には、聴取時間帯型に分類された音源を、さらに聴取期間型別に分けて、各音源を聴取された聴取時間帯の総数(括弧内)の多い順番に並べた。これによると、同じ聴取時間帯型の音源でも異なる聴取期間型に属している状況があり、その音源の種類構成は時間と季節により多様に変化していることがわかった。

(1) 舟田池の岸辺

各聴取時間帯型を構成する音源の種類数(%)は、全日型14種(18.0)、朝型5種(6.4)、昼型4種(5.1)、日中型43種(55.1)、夜型5種(6.4)、夜朝型7種(9.0)であった。これから、舟田池の岸辺の音環境を構成する全音源78種類のうち、約2割が明け方から夜まで1日中間かれ、半数以上が夜を除く日中のみ聞かれ、夜にのみ聞かれるのは2割に満たなかった。

同様に聴取期間型については、通年型18種(23.1)、

春型2種(2.6)、春夏型4種(5.1)、春夏秋型4種(5.1)、夏型3(3.8)種、夏秋型4種(5.1)、秋型18種(23.1)、秋冬型6種(7.8)、秋冬春型4種(5.1)、冬型3種(3.8)、冬春型4種(5.1)、冬春夏型8種(10.3)であった。これから、舟田池の岸辺の音環境を構成する全音源のうち、4分の1弱が1年中間かれ、特に秋型は他を抜いて多かった。

(2) 照葉樹林内

各聴取時間帯型を構成する音源の種類数(%)は、全日型13種(20.3)、朝型9種(14.1)、昼型1種(1.6)、日中型32種(50.0)、夜型7種(10.9)、夜朝型2種(3.1)であった。これから、照葉樹林内の音環境を構成する全音源64種類のうち、2割が明け方から夜まで1日中間かれ、半数が夜を除く日中のみ聞かれ、夜にのみ聞かれるのは1割強であることがわかった。

同様に聴取期間型については、通年型15種(23.4)、春型2種(3.1)、春夏型2種(3.1)、春夏秋型3種(4.7)、夏型5種(7.8)、夏秋型1種(1.6)、秋型19種(29.7)、秋冬型4種(6.3)、秋冬春型2種(3.1)、冬型2種(3.1)、冬春型6種(9.4)、冬春夏型3種(4.7)であった。これから、照葉樹林内の音環境を構成する全音源のうち、4分の1弱が1年中間かれ、特に秋型がとくに多かった。

4. 音源の地域属性

舟田池の岸辺では、池や湿原に由来する現地音が中心であるが、現地を取り囲む成熟した雑木林(A)、草刈や土木工事によりたびたび攪乱される造成地(I)、庭などの緑地がある住宅地(U)、主要幹線道路や工場地帯の広がる市街地(E)などから、多様で異質な背景音が混入した。また、照葉樹林内では、このタイプの林に由来する現地音のほかに、隣の都市公園のアスファルト舗装の園路・開放的な芝生・噴水庭園(O)、ススキ草地(K)などから聞こえる多様で異質な背景音に加えて、舟田池の岸辺の場合と同じ周辺環境(I, U, E)からの共通な背景音が存在した。

(1) 舟田池の岸辺

無機的な音として記録された岸辺を打つ水の音は、現地音源であった。

有機的な音では、植物音の多くが現地音源として生じたものであった。ただし、風は環境内を均一に吹くわけではないから、調査地点で風が穏やかなときに、周辺環境では非常に強く吹くこともあった。このようなときには、背景音源として生じた植物受動音が顕著になった。すなわち、水辺の草やハンノキなどが現地音源となり、池を取りまく落葉広葉樹林は背景音源に化した。

動物音については、各聴取時間帯型に分類された音源を、さらに地域属性に分けて示した(表2)。地域属性ごとの種類数合計(%)は、現地音源が45種(57.7)、

隣接音源が9種(11.5)、通過音源が1種(1.3)、共通音源が23種(29.5)であった。これによると、現地音源が過半数を占め、隣接地域から聞こえてきたものは約1割、通過音源は非常に少なく、隣接地域との共通音源は3割弱であった。

(2) 照葉樹林内

無機的な音として記録された雨に由来する音は、現地音源であった。

有機的な音では、植物音の多くが現地音源として生じたものであった。また、植物受動音は現地音源として最も顕著であったが、周囲が開けた環境であることから、背景音源にはなかった。

動物音については、各聴取時間帯型に分類された音源を地域属性に分けて示した(表2)。地域属性ごとの種類数合計(%)は、現地音源が29種(45.3)、隣接音源が9種(14.1)、通過音源が9種(14.1)、共通音源が17種(26.5)であった。これによると、現地音源は半分弱を占め、隣接音源と通過音源はともに1割強、さらに共通音源が約4分の1であった。

5. 音源の聴取頻度

表3に、動物音について聴取頻度による音源の分類を示した。また、常聞種・多聞種・少聞種・稀聞種について、動物群別の種類数を示した。なお、羽音などのように音源が特定できないものについては分けて示してある。

(1) 舟田池の岸辺

舟田池の岸辺では、常聞種と多聞種を合わせると、音源の総種類数の22.7%を占めた。常聞種はすべて地域に定着していた。多聞種はすべて鳥類で、4種が冬鳥のほかは留鳥であった。少聞種は、4種が春から夏に聴取された両生類2種と夏鳥2種で、4種が夏から秋に成虫化して発音活動を行なうコオロギ類、さらに2種が秋から冬に渡来する冬鳥であって、残りの9種が留鳥であった。稀聞種は、4種が春から夏に聴取された両生類1種と夏鳥3種で、5種が夏のセミ類、16種が夏から秋のコオロギ類、さらに7種が秋から冬の冬鳥であって、残りの6種は留鳥5種と生態園に定着したタヌキであった。

(2) 照葉樹林内

照葉樹林内では、常聞種と多聞種を合わせると、音源の総種類数の20.3%を占めた。常聞種はすべて地域に定着していた。多聞種は1種が冬鳥のほかは留鳥であった。少聞種は、1種が春から夏に聴取された両生類で、5種が夏から秋のコオロギ類、さらに3種が秋から冬の冬鳥であって、残りの7種が留鳥であった。稀聞種は、5種が春から夏に聴取された夏鳥で、4種が夏のセミ類、12種が夏から秋のコオロギ類、さらに2種が秋から冬の冬鳥であって、残りの11種は留鳥10種とタヌキであった。

以上より、常聞種は、調査地に定住しているもののうち、季節に関係なく音声活動を常に行なっているものであった。多聞種は、モズのように地域にほとんど定住しているが限られた季節に音声活動を集中させるものや、ツグミのように渡来に季節的な片寄りがありながら滞在中には音声活動をよくするものであった。少聞種や稀聞種は、ゴイサギやコジュケイのように、地域に定住していながら音声活動や飛来がきわめて限られたものや、渡り鳥のように明らかに滞在が短期間のもの、また昆虫類のように成虫化して発音する期間が季節的なものであった。

6. 音源の年変化

動物の音源の種類は2年間の調査期間中に変化した。ここに、1年目に聴取されたが2年目には聞こえなかった音源(消失)と1年目には聴取されなかったが2年目には聞こえた音源(新出)を提示する。音源となった動物が、消失後あるいは新出前に調査地点にほとんど棲息していなかった場合は●、消失後あるいは新出前にも調査地点に棲息していた場合は◎、隣接地から聞こえてきたものは○、通過するときに聞こえた場合は△とした。消失後あるいは新出前の棲息の確認ができなかった場合は×とした。

(1) 舟田池の岸辺

消失: トウキョウダルマガエル●・ホシハジロ◎・オナガガモ◎・キンクロハジロ◎・ワカケホンセイインコ△・イワツバメ●・トラツグミ◎・ハヤシノウマオイ×・ヒメギス×・クビキリギス×・ツユムシ×・セスジツユムシ×・クチキコオロギ×・マダラスズ×・クサヒバリ×・カナタタキ×
(全16種: ●2, ◎4, △1, ×9)

新出: ダイサギ◎・ハシビロガモ◎・オオヨシキリ◎・タヌキ◎・キリギリス×
(全5種: ◎4, ×1)

以上より、舟田池の岸辺では、棲息していたが音を出さなかった種類が、消失と新出を合わせて8種あった。また、コオロギやキリギリスの仲間については、鳴き声による以外に棲息の確認がむずかしかつたが、その後1993年4月以降確認されたものが多かった。年変化としては、トウキョウダルマガエルが音声と姿の両方について1991年の記録にて最後になった。イワツバメは、その後も稀れに聴取されていた。

以上より、照葉樹林内では、隣接地や通過中の鳥類が消失したり新出したりするのが目だった。年変化としてはクマゼミがあるが、これは本種の東限を越えての記録である。植栽時に土とともに生態園に運ばれてきたものと推察される。

(2) 照葉樹林内

消失: カイツブリ○・ササゴイ△・マガモ△・

表 3. 舟田池の岸辺と照葉樹林内における動物の音源の聴取頻度による分類

聴取頻度による分類	舟田池の岸辺	照葉樹林内
常聞種	カイツブリ ヒヨドリ ホオジロ スズメ ハシボソガラス ハシブトガラス イヌ ヒト (鳥類 6 種, 哺乳類 2 種, 全 8 種)	ヒヨドリ スズメ ムクドリ ハシブトガラス ヒト (鳥類 4 種・哺乳類 1 種, 全 5 種)
多聞種	マガモ カルガモ コガモ ハクセキレイ モズ ツグミ アオジ カワラヒワ ムクドリ (鳥類 9 種, 全 9 種) 他にカモ類の水音	キジバト モズ メジロ ホオジロ アオジ カワラヒワ ハシボソガラス イヌ (鳥類 7 種, 哺乳類 1 種, 全 8 種) 他に, その他の昆虫の羽音
少聞種	アマガエル ウシガエル ゴイサギ コジュケイ キジ キジバト カワセミ コゲラ ヒバリ ツバメ ジョウビタキ アカハラ ウグイス セッカ シジュウカラ エンマコオロギ ミツカドコオロギ ハラオカメコオロギ ツツレサセコオロギ (両生類 2 種, 鳥類 13 種, 昆虫類 4 種, 全 19 種) 他に, カモ類の羽音	アマガエル コジュケイ キジ コゲラ ヒバリ ハクセキレイ ジョウビタキ アカハラ ツグミ ウグイス シジュウカラ セスジツユムシ エンマコオロギ ハラオカメコオロギ ツツレサセコオロギ カネタタキ (両生類 1 種, 鳥類 10 種, 昆虫類 5 種, 全 16 種)
稀聞種	トウキョウダルマガエル ダイサギ ハシビロガモ オナガガモ ホシハジロ キンクロハジロ ニワトリ コチドリ ワカケホンセイインコ イワツバメ セグロセキレイ トラツグミ オオヨシキリ エナガ メジロ カシラダカ オナガ タヌキの動作 ハヤシノウマオイ ヤブキリ キリギリス ヒメギス クビキリギス ツユムシ セスジツユムシ モリオカメコオロギ クチキコオロギ マダラスズ クサヒバリ カネタタキ アオマツムシ スズムシ カンタン ショウリョウバッタ アブラゼミ ミンミンゼミ ニイニイゼミ ヒグラシ ツクツクホウシ (両生類 1 種, 鳥類 16 種, 哺乳類 1 種, 昆虫類 21 種, 全 39 種) 他に, 甲虫の羽音・その他の昆虫類の羽音	カイツブリ ゴイサギ ササゴイ マガモ カルガモ コガモ ニワトリ コアジサシ ドバトの羽音 ワカケホンセイインコ アオバズク ツバメ トラツグミ オオヨシキリ セッカ エナガ オナガ タヌキの動作 ハヤシノウマオイ クビキリギス カヤキリ ミツカドコオロギ モリオカメコオロギ クチキコオロギ マダラスズ シバズズ クサヒバリ アオマツムシ カンタン ショウリョウバッタ クマゼミ アブラゼミ ミンミンゼミ ツクツクホウシ カナブンの羽音 ミツバチの羽音 (鳥類 17 種, 哺乳類 1 種, 昆虫類 18 種, 全 36 種) 他に, カモ類の羽音・甲虫の羽音・膜翅類の羽音・スズメバチの仲間の羽音

セッカ○・マダラスズ×・シバズズ×・
ショウリョウバッタ×・ツクツクホウシ◎
(全 8 種: ◎1, ○2, △2, ×3)

新出: コアジサシ○・ワカケホンセイ△・トラツ
グミ◎・オオヨシキリ○・クマゼミ●
(全 5 種: ●1, ◎1, ○2, △1)

7. 舟田池の岸辺と照葉樹林内の比較

(1) 音源による自然の音の種目

音源による自然の音の種目の中には, 舟田池の岸辺

と照葉樹林内における基本的な環境の構造の違いを反映するものがあつた。第 1 に, 地形音である水音は池岸に特有であり, 気象音としての雨音は林内に特徴的であつた。これらの無機的な音は, 通常の穏やかな天候条件ではきわめて微弱であるか非定常的であるけれども, 両地点で対照的であつた。第 2 に, 水辺と照葉樹林では, それぞれに特有な植物があり, その植生構造も異なるので, 植物音は一般にささやかな音であるが, 両地点では質的にも量的にも相違した。第 3 に, 水上と陸上とでは動物の行動様式が異なる。動物

音の中でも動物副次音は、環境内にある水、地面、空間、植生などの基質に直接働きかけて発生する音なので、両地点の間には明らかな違いがみられた。最後に、水上や林内に限って棲息するような動物が観察されたが、これらの動物能動音はそれぞれの地点に特有であった。

(2) 自然の音源の種類数の変化

自然の音源の種類数の季節的な変化は、1日の間の時間帯によって異なっていた。とくに、鳥類では、両地点の季節的な変化のパターンに違いが見られた。舟田池の岸辺では、明け方から夕方までの明るい時間帯と、夜の暗い時間帯との間で二極化した。照葉樹林内では、明け方から早朝、昼から夕方、そして夜というように段階的な変化があった。

両地点では、ともに夏に音源の種類数が減少する傾向があった。池岸では昼下がりと夜を除く全時間帯で明らかであったが、林内では明け方から昼前までが明確なほかは、午後から夜についてははっきりしなかった。

(3) 音源の種類構成の時間的・季節的变化

聴取時間帯型と聴取期間型との組み合わせごとに、動物の音源の種類構成を比べると、舟田池の岸辺と照葉樹林内とは共通点や相違点がみられた。

各地点に固有な音源の種類構成

各地点に固有な音源の種類構成には、聴取時間帯型と聴取期間型の組み合わせ自体がどちらかの地点に固有である場合と、同じ組み合わせであっても種類構成に違いがある場合とが含まれた。前者としては、たとえば舟田池の岸辺の全日型・夏型(トウキョウダルマガエル)や照葉樹林内の全日型・冬春型(アオジ・マガモ)であった。後者としては、日中型・通年型のようになり、両地点に共通する種類が10種あるけれども、舟田池の岸辺ではカワセミが、照葉樹林内ではヒトとキジバトが加わって両地点の違いが作り出される場合と、日中型・秋冬春型のようになり、まったく異なる音源の種類構成の場合とがあった。以上のような音源の種類構成のあり方は、池岸と林内における音環境の構造の違いとして注目され、音源の種類構成が時間や季節ばかりではなく地点も特定した。これらの構成音源の中には、池岸あるいは照葉樹林内の音環境を特定するような音源が含まれていると推察された。

両地点に共通して聞かれる音源

両地点に共通する音源は57種類があったが、聴取時間帯型も聴取期間型もたがいに共通な音源は29種であった。すなわち、全日型では、通年型のイヌ、春夏秋型のアマガエル、秋型のミツカドコオロギ・モリオカメコオロギ・クチキコオロギ、秋冬型のツツレサセコオロギであった。朝型では、通年型のコジュケイと秋型のタヌキ、また日中型では、通年型のハシブトガラス・ヒヨドリ・ホオジロ・スズメ・ムクドリ・ハ

シボソガラス・ハクセキレイ・コゲラ・カワラヒワ・モズ、夏型のオオヨシキリ、春夏秋型のツバメ、夏秋型のアブラゼミ、秋型のミンミンゼミとツクツクホウシ、冬春型のジョウビタキ、冬春夏型のキジ・アカハラ・ウグイス、さらに夜型のカンタンが該当した。これらは、舟田池の岸辺と照葉樹林内を含む地域一帯の音環境の構造に関わる構成音源として注目される。

残りの28種類は、同じ種類の音源が両地点の間で時間的に、あるいは季節的に、または時間的にも季節的にも、部分的またはかなりの割合に重なりあって聴取された。第1に、聴取時間帯型も聴取期間型も異なる音源が13種類あったが、鳥類が8種(カイツブリ・ゴイスギ・マガモ・カルガモ・ワカケホンセイインコ・アオジ・オナガ)とカモ類の羽音、さらに昆虫類が4種(セスジツユムシ・マダラスズ・カネタタキ・アオマツムシ)含まれていた。第2に、聴取時間帯型が共通でも聴取期間型が異なる音源は10種類あって、鳥類が7種(コガモ・キジバト・ヒバリ・セッカ・エナガ・シジュウカラ・メジロ)と昆虫類が3種(クビキリギス・エンマコオロギ・ハラオカメコオロギ)であった。第3に、聴取期間型が同じでも聴取時間帯型が異なる音源は5種類あって、鳥類が1種(トラグミ)、哺乳類が1種(ヒト)、および昆虫類が3種(ハヤシノウマオイ・クサヒバリ・ショウリョウバッタ)であった。

以上の中での聴取時間帯に重なりのある18種類について、両地点の比較を行なうと、鳥類では舟田池の岸辺の方が照葉樹林内よりも夜や昼の時間帯を含めたより長い時間帯にわたって聴取される傾向があった。昆虫類ではキリギリス類が舟田池の岸辺で夜ばかりでなく朝も聴取されたのに対して、照葉樹林内ではコオロギ類が夜ばかりでなく全日聴取された。また、聴取期間に重なりのある23種類について、両地点の比較を行なうと、鳥類では舟田池の岸辺の方が照葉樹林内よりも長い期間にわたって聴取される傾向があった。とくに、前者では繁殖期の春夏を通して聴取される鳥類が12種あり、かろうじて4種の後者を大幅に上回っていた。昆虫類ではキリギリス類が舟田池の岸辺よりも照葉樹林内の方で遅くまで聴取された。コオロギ類については舟田池の岸辺では地上性のものがより遅くまで聞こえていたのに対して、照葉樹林内では樹上性のものがかなり寒くなるまで聴取された。ヒトは両地点において通年めだつ音源であったが、住宅地に面した池岸においては全日聞こえたが、夜には人気のない公園側の林内では日中のみ聴取された。

(4) 音源の地域属性

舟田池の岸辺と照葉樹林内において、音の地域属性から各音環境の構造を比較するにあたって、最も中心的な構成要素となるものは、現地に存在する音源であった。これには、現地音源と共通音源が該当する。

無機的な音については、現地音源は舟田池の岸辺では岸に寄せる波の音のようにささやかな音として、また照葉樹林内では雨の滴が地上や植生にあたる音のように断続的な音として、両地点の音環境に異なる特色を付与していた。

有機的な音の中で、植物体音はきわめて静かな現地音でありながら、両地点の植生の違いを反映する可能性を否定できなかったほかに、違動音は風による影響が両地点においてきわめて異なることを示した。さらに、動物音は両地点の音環境の違いをより明確なものとした。聴取時間帯ごとに現地音源の構成を比較すると、まず第1に、現地の環境の特性によって棲息条件が比較的限定される種類が含まれていた。すなわち、舟田池の岸辺では、カイツブリ・ダイサギ・マガモやカルガモなどのカモ類・コチドリ・カワセミ・ハクセキレイのような鳥類や、トウキョウダルマガエルやウシガエルのような両生類が、池や湿原の環境に適応している種類として、現地音源の大部分を構成した。照葉樹林内では、キジ・キジバト・コゲラ・トラツグミ・アカハラ・エナガ・シジュウカラ・メジロ・ホオジロ・アオジ・オナガのような森林性の鳥類が現地音源の大半を占めた。第2に、移動性が低く棲息範囲も狭い昆虫類は、現地音源として両地点にて聴取された。すなわち、エンマコオロギ・ミツカドコオロギ・ハラオカメコオロギ・モリオカメコオロギ・ツツレサセコオロギ・クチキコオロギなどのコオロギ類とクビキリギリスなどのキリギリス類が該当した。さらに、聴取時間帯型を越えて両地点の現地音源を比較しても同様な傾向があった。

さて、共通音源については、同じ聴取時間帯型について両地点を比較すると、鳥類についても昆虫類についても移動性の高い種類か、現地の環境の特性によって棲息条件があまり狭く限定されない種類が含まれた。すなわち、コジュケイ・ヒヨドリ・モズ・ジョウビタキ・ツグミ・ウグイス・カワラヒワ・ムクドリ・ハシボソガラス・ハシブトガラスなどの鳥類と昆虫類の中でもアブラゼミ・ミンミンゼミ・ツクツクホウシなどのセミ類であった。

なお、背景音源の中の隣接音源については、両地点に共通して隣接する造成地よりヒバリ・セッカ・カンタンが聴取され、住宅地からはイヌが聞こえた。また、通過音源については、池岸では少なかったものの林内では比較的多かったが、これには舟田池の岸辺の方向へ飛行中の鳥類、すなわちゴイサギ・ササゴイ・マガモ・カルガモ・コアジサシ・ハクセキレイ・ツバメなどであった。以上のように、背景音源は、両地点の地域内での相互的な位置関係のある程度示す要素として、取り上げることができた。

(5) 音源の聴取頻度

舟田池の岸辺と照葉樹林内において、聴取に季節

的な片寄りのない常聞種は、音源全体の1割前後を占めた。両地点に共通な常聞種は、ヒヨドリ・スズメ・ハシブトガラス・ヒトの4種類であった。舟田池の岸辺では、この他に水辺の鳥としてカイツブリが特有であった。さらに、ホオジロ・ハシボソガラス・イヌも常聞種に入ったが、照葉樹林内では多聞種であった。同様に、照葉樹林内では常聞種のムクドリが、舟田池の岸辺では多聞種であった。このように常聞種の構成は、両地点においてわずかに異なるものの、現地およびその周辺地域に広くまた常時に分布する音源の中の、比較的限定された種類範囲内に含まれていた。

多聞種は季節的に片寄りを見せる比較的よく聞こえる音源で、音源全体の約1割が該当した。両地点に共通する常聞種は、秋によく鳴くモズ、冬鳥のアオジ、秋と春先に音声活動が減少するカワラヒワの3種であった。舟田池の岸辺では、この他に水辺の鳥として留鳥のカルガモと冬鳥のマガモ、またカモ類の水音が加わった。さらに水辺に多いハクセキレイと開放的な環境に多いツグミも舟田池の岸辺の多聞種であったが、照葉樹林内では通過の際に聞こえる少聞種に入った。照葉樹林内ではメジロや昆虫の羽音が季節的に特有な多聞種で、この他に森林性のキジバトが該当したが、これらは舟田池の岸辺では少聞種に入った。このように多聞種は、両地点の環境の違いを反映するような音源から構成されていた。

音源全体の約4分の1を占める少聞種は、きわめて季節的な片寄りのある音源としてときどき聞こえた。両地点に共通する種類として、両生類ではアマガエル、鳥類ではコジュケイ・キジ・コゲラ・ヒバリ・ジョウビタキ・アカハラ・ウグイス・シジュウカラなど8種、昆虫類ではエンマコオロギ・ハラオカメコオロギ・ツツレサセコオロギなど3種があった。舟田池の岸辺では、この他に水辺の生きものとしてウシガエルとカワセミが特有な少聞種で、ゴイサギ・ツバメ・セッカ・ミツカドコオロギも加わったが、これらは照葉樹林内では稀聞種に入った。照葉樹林内では、セスジツユムシやカネタタキが少聞種として特有であった。

聴取頻度はきわめて低いが、全体の音源の半数以上を占めた稀聞種について両地点を比較すると、共通な種類は19種類にも及んだ。この他にそれぞれの地点に特有な稀聞種があった。すなわち、舟田池の岸辺ではトウキョウダルマガエル・ダイサギ・オナガガモ・キンクロハジロ・コチドリ・セグロセキレイなどの水辺にかかわりのある生物の他に、多くの昆虫類を含めて15種にのぼる稀聞種が特有であった。また、照葉樹林内では、通過中もしくは隣接地から聞こえてきたササゴイ・コアジサシ・アオバスクと現地に響く昆虫類を含めた9種が特有な稀聞種であった。このように舟田池の岸辺の方が照葉樹林内よりも特有な稀聞種の

数が多かった。

両地点において、常聞種と多聞種については、鳥類の貢献がきらかであったが、少聞種と稀聞種では昆虫類が多かった。

(6) 音源の年変化

舟田池の岸辺と照葉樹林内とに共通するような消失音源はなかった。調査当初には消失音源の中に棲息が確認されないものが多かったが、後に確認されたので、舟田池の岸辺の方が照葉樹林内におけるよりも潜在的な音源の大きな減少があったわけではない。しかし、トウキョウダルマガエルの消失とイワツバメの激減は、舟田池の岸辺の音環境の変化として注目された。

新出音源については、前年には棲息が確認されなかったオオヨシキリが、両地点においてともに聞こえたことは重要な変化であった。また、照葉樹林内のクマゼミの突然の出現と消失も注目された。

考 察

1. 音源の構成様式の分類基準の評価

本研究では、聴取録音された音を6つの分類基準によって検討し、異なる環境における自然の音の比較を通じて、音環境の構造の解明を試みた。では、この方法は自然の音源の構成様式の解明にどれほど有効であろうか。

(1) 音源による自然の音の種類

生態園のように周辺が都市化されている地域では、自然がより豊かな純農村地域と比べて、音源の数が比較的少ないが(Oba, 1994a)、それでも自然の音の種類と範囲は大きい。調査者の音の識別力のもとより、参考とする録音や文献などの生物音響資料の整備が必要であるが、現状ではどの地域についても十分なものはないから、音の同定は簡単ではない。また、中には同定しにくい音もある(調査方法3参照)。ここでは、同定の難しさを補う方法として、自然の音を音源の性質によって分類する方法を採用した。これにより、舟田池の岸辺と照葉樹林内とそれぞれの音環境を構成する音の概要が、客観的に明らかになった。自然の音の分類は、音環境の科学的な研究手順の第1段階であるから、この方法によって音源の種類数および構成をめぐる比較研究を今後進めていくことは有益である。

(2) 自然の音源の種類数の変化

本研究では、動物能動音を中心に動物群ごとの音源の種類数に着目して、1日の間の時間帯による変化と、2年間の中での季節の変化を調べた。動物群の単位には両生類、鳥類、ほ乳類、昆虫類を選び、とくに生活史の多様な昆虫類については、さらに細かな分類群としてキリギリス類・コオロギ類・バッタ類・セミ類などに分けた。この方法は大きな傾向を見るためには有効であった。ただし、同じ動物群に属してい

ても生活型や季節型が異なる場合は、注意が必要である。すなわち、鳥類のように留鳥ばかりでなく、夏鳥や冬鳥、また迷鳥などの存在を考慮しなければならない場合や、換羽など生理的な要因や繁殖行動が発声活動に影響する場合は該当する。このような周期的な変動や予想できかねる変化が、音環境の構造にいかに関与するかをモニターするには、音源の種類数を数えるだけでは不十分であった。これについては、聴取時間帯や聴取期間ごとの音源の種類構成に着目する必要がある。

(3) 音源の種類構成の時間的・季節的变化

本研究では、動物音に関して音源の種類構成の時間的・季節的变化を、聴取時間帯ごとに聴取期間型をタイプ分けする方法によって検討した。これによると、ある特定の聴取時間帯でも、聴取期間型が同一だったり異なったりする組み合わせから、音源の多様な存在様式が明らかになった。これはまた音源のそれぞれが短期的、および長期的な周期の中で、どのような位置を具体的に占めているかを明らかにし、音源間の相互関係を知る上で有効であった。

ただし、音源の種類構成の時間的・季節的变化は、時間軸上における音源間の相互関係であるから、時間枠の設定が問題である。まず、時間帯による変化では、明け方から夜の間の6つの時間帯を採用したが、音環境の日変化の総合的な把握には十分であった。しかし、調査の目的や調査遂行上の諸制限により、これらすべてを対象にしないこともあり得る。動物音に限れば、明け方・早朝・昼前・夜の4時間帯を考慮することが望ましい。これは明け方と早朝が鳥類の発音行動が顕著に行なわれる時間帯であり、昼前にはセミなどの昆虫類、そして夜には両生類やキリギリス類やコオロギ類などの昆虫へと、主要な音源が置き換わっていくことによる。ただし、動物の種類によっては、これら以外の時間帯を利用するものがあることに留意する。また、日周変化の完全な調査には、今回は対象にしなかった深夜(23:00~02:00)も入れるべきである。とくに、渡りの時期には多くの鳥が夜間飛行中に地鳴きを発して通過する。さえずりと違って地鳴きの同定は難しく、北米の渡り鳥については特殊な自動同定記録装置が開発されているが(Wuethrich, 1994)、日本の鳥に関してはまだ整備されていない。しかも、深夜の調査は音源の視認による同定がほとんど不可能な場合が多いので、聴取能力が問われる。

次に、季節的变化の調査周期も適当な頻度である必要がある。本研究では、1年目はほとんど月2回であったが、2年目には月1回に調査頻度を減らした。音環境の印象は経験的にはほぼ2週間単位で変わるように思われ、たしかに月2回の調査によって季節的变化にかかわるより細かなデータが集まった。しかし、最低月1回の調査に限ることによって、典型的な

変化を十分に把握できた。

(4) 音源の地域属性

音は伝播するかぎり減衰するまで聴取される。また、性能のよいマイクロホンであれば、かなり遠くからの音も録音されてしまう。今回の調査では、聴取と録音という2つの方法を同時にとることによって、音源の位置関係に配慮することができた。すなわち、第1に現地音源か背景音源かの区別、第2には背景音源について隣接音源か通過音源かの区別、第3には現地音源と背景音源の両方に属する共通音源の確認である。これらの手順によって、特定の環境に直接根づく音であるのか、異なる環境に起因する音であるのか、または周辺一帯の環境に共通な音であるのかを見分けることができた。音源の地域属性は、音の中に存在する階層構造として、個々の音環境の特性を探ったり、より広範囲な音環境内の位置づけを行ったりするために重要である。

(5) 音源の聴取頻度

本研究では、2年間に36調査日という設定で、動物の音源の聴取頻度を4ランクに分けた。これによると、音源の時間的な安定性と不安定性に関して、聴取頻度には2つの要素が絡むことが示された。第1に、音源となる動物の地域への定着性であって、これには完全な定住から一時的な通過までの間に、さまざまな長さの滞在型があり得る。第2に、音声活動の安定性であって、これにも年間継続して起こるものと、きわめて短期に集中するものがあり得る。この2つの観点は、動物の音が長い時間軸上にどのように存在するかを評価するにあたって重要であるが、動物の在・不在を聴取だけによって確認することができないから、現状ではこれらを分けて解析することができない。そこで、聴取頻度は、音源の種類構成の時間的・季節的变化や、地域属性と組み合わせる適用することが少なくとも必要である。常聞種は音環境の基調をつくるものとして、また多聞種や少聞種の中で季節的な聴取を特徴とするものについては、季節の指標として取扱うことができる。なお、稀聞種については聴取頻度がきわめて低いことから、環境の指標としてただちには利用しがたいけれども、音環境の構成要素として無視できるものではない。たとえば、トウキョウダルマガエル・サキ類・カモ類のように水辺の環境保全の状態と深く関わる音源があることに照らしてみると、稀聞種が環境の指標として重要な鍵となることは十分ありえる。ここに、聴取頻度によるランクが優先度を単に意味するものではないこと、また自然の音の存在様式上の重要な点がある。すなわち、音による環境の指標が、生態系の生物学的な多様性研究の一つのアプローチとなり得ることが示唆される (Oba, 1994a)。

(6) 音源の年比較

消失音源や新出音源による分類基準が、長期にわた

る変化や異なる音環境の経年比較を行なう方法として適当であるかどうかは、2年間という短い期間の変化だけで判断することはできない。しかし、両地点において、消失音源も新出音源もすべて稀聞種であったことから、音源の年比較は、音環境の構造変化の最初の徴候を探るにあたって重要であると思われる。たとえば、通過音源からの不規則な音声は、聴取録音が不確実にならざるをえないが、もしそれが現地音源または隣接音源として聴取頻度が増加するような傾向があれば、これは音環境の経年変化としてとらえていくことができるであろう。

2. 音環境の比較

舟田池の岸辺の音環境と照葉樹林内の音環境とを比較するために、今回の研究で得られた重要点として、自然の音環境の区分、音源の構成様式、音が伝播する空間から考察する。

(1) 自然の音環境の区分

音環境の比較研究にあたって、音環境の一般的な区分はいかにして得られるだろうか。舟田池の岸辺と照葉樹林内の2地点において、それぞれの音環境を構成するさまざまな音とこれが響く空間構造は、水辺の音環境ならびに林の音環境として、直観的に対比される。しかし、音環境の区分の実際は簡単ではない。

多くの場合に環境は不均一であって、聴取音が多様であるばかりか、現地の地域性や環境の特徴との関わりのない音が背景音として混入する。そこで、音環境の区分には、直接的な環境にかかわる要因に着目することが合理的である。すなわち、現地音源として分類される無機的な音と有機的な音が該当する。また、現地の地形や気象や植生が創り上げる空間も重要である。これらによれば、舟田池の岸辺の音環境は水辺の音環境として区分することができる。また、照葉樹林内の音環境は、林内の音環境としての性格を、林の成長とともに次第に強めているといえる。

ところで、今回のように調査地点がたがいに約200mしかはなれていない場合、多くの共通音源が観察されうる。これらには移動力はないがどちらにも現地音源として分布している音源と、移動力があるので両地点にまたがることのできる音源がある。このような共通音源は、個々の地点の音環境の区分よりも、広範囲な地域に展開する音環境の総体の中で、当該地の音環境を位置づけるために重要である。

(2) 音源の構成様式 地域属性と聴取頻度の意義

音源の構成様式の比較にあたって、調査地点で聞こえる音を無差別に取り扱えば、各地点の環境に由来するものと、それを取りまく周辺一帯の環境に由来するものとが複合されてしまう。たとえば、2年間に聴取された動物の音源の総種類数は、舟田池の岸辺の方が

表 4. 舟田池の岸辺と照葉樹林内における動物の音源の構成様式

	常聞種	多聞種	少聞種	稀聞種	合計
現地音源	2>1 (1)	6>3 (3)	10>9 (1)	28>16 (12)	46>29 (17)
隣接音源	1>0 (0)	0>1 (-1)	3>1 (2)	4<7 (-3)	8<9 (-1)
通過音源	0=0 (0)	0=0 (0)	0<1 (-1)	1<8 (-7)	1<9 (-8)
共通音源	4<5 (-1)	4>3 (1)	7>5 (2)	7>4 (3)	22>17 (5)
小 計	7>6 (1)	10>7 (3)	20>16 (4)	40>35 (5)	77>64 (13)

動物の音源の種類数を、舟田池の岸辺（左の数字）と照葉樹林内（右の数字）とで比較した。（ ）内は両地点の間の差である。

照葉樹林内よりも13種上回り、動物群別の差の内訳は両生類が2種、鳥類が5種、昆虫類は6種であった。また、舟田池の岸辺でのみ聴取された音源が21種で、照葉樹林内でのみ聴取されたものは6種であった。これによると、音源の種類に関して池岸の方が林内よりも多く、また調査地点に特有な種類も池岸の方が多かった。音源の総種類数も特有な音源の種類数も多い音環境は、少ない音環境よりも複雑で多様に見える。

しかし、問題は構成音源の地域属性と聴取頻度である。表4に、対象の音源を現地とのかかわりの有無や、聴取頻度の度合いによって見直した。現地音源総数は、林内よりも池岸において17種多かったが、これは多聞種と、とくに稀聞種における顕著な差に基づいていた。隣接音源総数については、池岸と林内とでほとんど変わらなかった。通過音源総数については林内の方が8種多く、ほとんど稀聞種であり、しかも水辺の鳥の範疇に含まれていたことから、池に移動する途中で林の上を通過した水鳥とみなされた。池岸でも森林性の鳥が通過することはあったが、これは池岸においても現地音源であった。共通音源総数は、林内よりも池岸において5種多かったが、常聞種を除くすべての聴取頻度において池岸が林内を上回っていたことによる。このように現地音よりも背景音が多い場合や、稀聞種や少聞種ばかりが多い場合は、特定の音環境の音源の構成様式における固有さや安定性に欠ける。音源の総種類数は生物学的多様性評価のための1つの定量的な尺度であるが、地域属性と聴取頻度から検討する必要がある。

鳥類の貢献

鳥類の音源に見られた時間帯と季節による種類数変化の違いは、音環境の時間的・季節的变化において、

鳥類がもたらす影響を示唆する。また、常聞種や多聞種のほとんどが鳥類であったことも、鳥類が調査地点の音環境の構造に大きく関わっていることを示唆している。

(3) 音が伝播する空間

音環境を比較するにあたって、調査地点の地形や植生による構造は、音が伝播する空間として重要である。舟田池の岸辺は水面を斜面林と復元中の湿原などに囲まれた窪地状の開放的空間であり、照葉樹林内は樹木および林床植物が高い密度に繁る閉鎖的な空間である。一般的に、林内は開放的な場所に比べて周波数の高い音は減衰しやすく (Morton, 1975; Chappius, 1971)、とくに地面の近くでは1-2 kHz付近が最も効率よく伝わる (Marten and Marler, 1977; Marten *et al.*, 1977)。照葉樹林内は舟田池の岸辺に比べて相対湿度がやや高い傾向があったが、通常相対湿度が高いと吸収による減衰は弱まる。ただし、観察された湿度差はわずかなものであるため、音の減衰に明かな差異があったとは考えにくい。

植生の表面や落葉堆積物などの柔らかな地表構造は音の吸収・反射・分散・屈折を起こすため、減衰や音響的特徴の変成が起こる (Wiley and Richards, 1982)。北米温帯の落葉広葉樹林（葉の長さ3~5 cm、地上10 mの高さ）では、葉による減衰が2-11 kHz、幹や枝による減衰も1-2 kHz以上で起こる (Marten and Marler, 1977)。現在調査地点の照葉樹林は樹高がまだなお低いので、北米林との比較はできない。しかし、常緑広葉樹のため葉の大部分は約5~8 cmの長さを1年中保つので、北米の林よりも年間を通じて減衰が大きい可能性がある。

柔らかな地表や植生などの表面に生じる風のひずみや、地面や林の樹冠付近の温度勾配によって大気が攪

乱されると、開放的な場所であるかどうかにかかわらず、1-2 kHz以上の音は減衰する (Wiley and Richards, 1982)。舟田池の開けた水面や岸辺の上での音の伝播は、多少の風でも不安定になる。照葉樹林内では、林縁および樹冠といった植生構造によって風速が多少落ちるとはいえ、攪乱による減衰をまったく免れるわけではない。しかし、風がないかぎりにおいて、水面はアスファルトの固い地面に匹敵する境界抵抗を持つので (Embleton *et al.*, 1976)、舟田池の上は1 kHz以下の低音から高音までよく通ると考えられる (Wiley and Richards, 1982)。また、水面上の緩やかな温度勾配は音の遮蔽域を形成しないため、舟田池およびその岸辺では音が水平方向によく伝わる。

樹木の葉や枝、またその他の植物は、音を吸収・散乱するばかりでなく、風で揺り動かされることにより、新たな音源となる。たとえばサラサラと聞こえる音は広範囲の周波数を含み、とくに5-6 kHzが強調されたピンク雑音である (Misawa, 1993)。生態園で録音聴取される動物のうち、両生類や鳥類は概ね1-10 kHzで、鳴く虫の間では2-3 kHz以上から人間の可聴域の上限約20 kHzを越える超音波域で鳴く。一般に、低音は高音をマスクしやすいが、高音は低音をマスクしにくい (吉田・亀田, 1980)。風の日の照葉樹林による植物受動音は、そのレベルにもよるが、キジバトやウグイスなどの低い声はそのままに、ヒヨドリやメジロや鳴く虫の高い声を中心に動物音をマスクして、その聴取を低下させることが十分考えられる。

謝 辞

結果のまとめにあたり、貴重な意見をいただいた中央博物館生態・環境研究部の諸氏に感謝する。音響資料の整理を補助して下さった若田部義夫氏、分析データの整理と入力ならびに図表の作成に努力していただいた栗野結子氏・中小路雅代氏・丸山聡栄氏・横地留奈子氏・吉野朝哉氏に感謝する。また、私の遅い筆にしびれを切らしても最後まで待って下さった編集者に深く感謝する。最後に、録音のために園路を開園時間中に一時閉鎖した不便を受け入れて下さった来園者の皆様に深く感謝する。

参照録音および文献

(録音)

松浦一郎. 東京のコオロギ.
松浦一郎. 日本のコオロギ類.
松浦一郎・倉本満・前田憲男. 日本のカエル.
西村文彦・村山荘五・松浦一郎. 日本のセミ.
千葉県立中央博物館収蔵生物音響資料.

(文献)

小林正明. 1985. 日本の秋の虫. 築地書館, 東京.
松浦一郎. 1983. 鳴く虫の観察と研究. ニューサイエンス

社, 東京.

松浦一郎. 1989. 鳴く虫の博物誌. 文一総合出版, 東京.
松浦一郎. 1990. 虫はなぜ鳴く. 文一総合出版, 東京.
柴田保彦(編). 1978. 新版鳴く虫. 大阪市立自然史博物館, 大阪.

引用文献

- Brainerd, J. W. 1971. Nature study for conservation. (ブレイナード, J. W. 1974. 自然保護ハンドブック. 269 pp. 地人書館, 東京.)
Chappuis, C. 1971. Un exemple de l'influence du milieu sur les émissions vocales des oiseaux: L'évolution des chants en forêt équatoriale. *Terre Vie* 118: 183-202.
Embleton, T. F. W., Piercy, J. E. and Olson, N. 1976. Outdoor sound propagation over ground of finite impedance. *J. Acoust. Soc. Am.* 59:267-277.
古井亮太. 1994. 地域社会・地域環境を重視した音環境の捉え方: サウンドスケープ. *都市緑化技術* (12): 12-15.
石井 皓・大坪 豊. 1992. 幹線道路の交通量の空間的変動と自動車交通騒音の日変化. *日本音響学会平成4年度秋季研究発表会講演論文集 I*: 721-722
桑野園子. 1988. 文化と騒音. 音の科学. 難波精一郎(編) pp. 135-154. 朝倉書店, 東京.
Leroy, Y. 1979. L'univers sonore animal. Gauthier-Villars. Bordas, Paris. (ルロワ, Y. 1983. 動物の音声の世界. 稲垣新・番場州一訳 370 pp. 共立出版, 東京.)
Marten, K. and Marler, P. 1977. Sound transmission and its significance for animal vocalization. I. Temperate habitats. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 2: 271-290.
Marten, K., Quine, D. and Marler, P. 1977. Sound transmission and its significance for animal vocalization. II. Tropical forest habitats. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 2: 291-302.
Misawa, A. 1993. Landscape and sound. 国際シンポジウム '93 アメニティのデザイン学術講演概要集, pp. 246-247. 九州芸術工科大学/福岡市役所.
Morton, E. S. 1975. Ecological sources of selection on avian sounds. *American Naturalist* 109: 17-34.
中村俊彦. 1993. 都市の中のビオトープ千葉県立中央博物館生態園: 構想, 設計, 整備のあゆみ. ビオトープ: 復元と創造, pp. 114-123. 信山社サイテック, 東京.
中村俊彦. 1994. 生態園の整備経過と管理運営. 中村俊彦・長谷川雅美(編), 生態園の自然誌 I: 整備経過と初期の生物相の変化. 千葉県立中央博物館自然誌研究報告特別号 1: 7-17.
中村俊彦・原 正利・大野啓一・吉野朝哉. 1994. 照葉樹林の移動実験とそれに伴う林分構造の変化. 中村俊彦・長谷川雅美(編), 生態園の自然誌 I: 整備経過と初期の生物相の変化. 千葉県立中央博物館自然誌研究報告特別号 1: 141-150.
大庭照代. 1993. 自然の音の多様性の意義: 千葉市内における3つの小学校区の音環境の比較. 国際シンポジウム '93 アメニティのデザイン学術講演概要集, pp. 216-217. 九州芸術工科大学/福岡市役所.
Oba, T. 1994a. Significance of the natural sound diversity: a comparative study of the three primary school blocks in Chiba City (in press).
Oba, T. 1994b. Sampling methods for the study of the natural sound environment in Japan: consideration

- of the sample unit. *Natural History Research* 3(1): 27-32.
- Porteous, J. D. and Mastin, J. F. 1985. Soundscape. *Journal of Architectural Planning Research* 2. (J. グラス ポーティウス・ジェーン F. マスティン. 1992. サウンドスケープ. 心の中の景観. 米田 巖・瀧山健一訳編 pp. 45-74. 古今書院, 東京.)
- Schafer, R. M. 1977. *The Tuning of the World*. (マリー・シェーファー. 1986. 世界の調律. 平凡社, 東京.)
- Sebeok, T. 1977. *How Animals Communicate*. Indiana University Press, Bloomington.
- Wiley, R. H. and Richards, D. G. 1982. Adaptations for acoustic communication in birds: sound transmission and signal detection. In [Acoustic Communication in Birds, Ed. by D. E. Kroodsma and E. H. Miller, Academic Press, New York] Vol. 1, pp. 131-181.
- Wuethrich, B. 1994. Electronic twitchers spot the night birds. *New Scientist* (1932): 10.
- 山口 剛・中村俊彦. 1994. 生態園の整備に伴う地形, 土壌, 植物の変化. 中村俊彦・長谷川雅美(編), 生態園の自然誌 I: 整備経過と初期の生物相の変化. 千葉県立中央博物館自然誌研究報告特別号 1: 17-30.
- 吉田登美男・亀田和夫. 1980. 聴覚の心理. 新版聴覚と音声. 三浦種敏監修. pp. 74-240. 電子情報通信学会, 東京.

Sound Environment of the Pond Shore and Laurel Wood in the Ecology Park (1991.4-1993.3): the Study of Natural Sound Source Composition and Examination of the Methodology

Teruyo Oba

Natural History Museum and Institute, Chiba
955-2 Aoba-cho, Chuo-ku, Chiba 260 Japan

The present study regards the natural sound environment as one of the fields of landscape ecology. It attempted to construct a part of the basic methodology based on the natural sounds heard and recorded in the Ecology Park, Chiba, Japan. The field work was carried out at two locations of different types of environment, a pond shore and laurel wood, mothly or bimonthly from April 1991 to March 1993. On each day, the following six time spans were used to monitor sounds: dawn, early morning, late morning, early afternoon, early evening, and night. Characteristics of the sound environment were analysed using the following modes: categories of sound according to sound sources, numbers of sound sources in daily and seasonal cycle, composition of sound sources, locality of sound sources, hearing frequency of sound sources and year-to-year comparison of sound source composition. The result showed that the pond shore displayed the sound environment by the water, and that the laurel wood underwent changing phases of woodland sound environment as plants grew. They not only differed in the structure of space for acoustic transmission but also consisted of unique sound source composition. The pond shore offered more diverse sound sources than the laurel wood. The methods applied in the present study were effective to study the structure and transition of sound environment.

付表 生態園において記録された動物の音源

生態園において, 明け方(I), 早朝(II), 昼前(III), 昼下がり(IV), 夕方(V), 夜(VI)の聴取時間帯ごとに, 聴取・録音された動物音のリストを, 舟田池の岸辺と照葉樹林内について示した. 調査時間中に一度でも聴取または録音された音源は「1」として表記してある. また, 確定できなかったが音源として推定される種類は「0」として網掛けを施してある. 全36調査日中, 部分的にしか調査ができなかった日にも網掛けしてある. 未確定の種類を除き, 名音源種の聴取・録音日数合計を最右列に示した.

付表 1. 生態園舟田池の岸辺において記録された動物の音源: I, 明け方

和名	学名	91	91	91	91	91	91	92	91	91	91	91	91	91	91	91	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	93	93	93	計
		4	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	1	1	2	2	2	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
両棲類																																					
アマガエル	<i>Hyla japonica</i>										1																										2
トウキョウダルマガエル	<i>Rana brevipoda</i>			1																																	1
ウシガエル	<i>Rana catesbeina</i>		1	1		1		1	1			1														1	1	1									9
鳥類																																					
カイツブリ	<i>Podiceps ruficollis</i>	1	1	1		1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	33
カイツブリの走る水音								1			1		1				1	1																			11
ゴイサギ	<i>Nycticorax nycticorax</i>										1																										2
ダイサギ	<i>Egretta alba</i>																																				1
マガモ	<i>Anas platyrhynchos</i>											1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	
カルガモ	<i>Anas poecilorhyncha</i>	1									1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	19	
ハンビロガモ	<i>Anas clypeata</i>																																				0
コガモ	<i>Anas crecca</i>											1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14	
オナガガモ	<i>Anas strepera</i>																	1																			1
ホシハンロ	<i>Aythya ferina</i>																																				0
キンクロハジロ	<i>Aythya fuligula</i>																																			0	0
カモ類の羽音													1					1			1															7	
カモ類の水音													1	1		1	1		1	1		1	1													15	
コジュケイ	<i>Bambusicola thoracica</i>		1	1				1						1				1					1	1												8	
ニワトリ	<i>Gallus gallus var. domesticus</i>																																				3
キジ	<i>Phasianus colchicus</i>	1	1	1																																	11
コチドリ	<i>Charadrius dubius</i>																																				0
キジバト	<i>Streptopelia orientalis</i>	1		1						1		1	1																								6
キジバトの羽音																																					1
ワカケホンセイインコ	<i>Psittacula krameri manillensis</i>																																				1
カワセミ	<i>Alcedo atthis</i>							1						1												1	1		1	1							10
コゲラ	<i>Dendrocopos kizuki</i>			1																																	8
ヒバリ	<i>Alauda arvensis</i>	1	1	1		1																															11
ツバメ	<i>Hirundo rustica</i>					1		1	1	1	1																										8
イワツバメ	<i>Delichon urbica</i>					1																															1
ハクセキレイ	<i>Motacilla alba</i>	1		1						1		1	1	1																							17
セグロセキレイ	<i>Motacilla grandis</i>	1																																			1

生態園における池岸と照葉樹林内の音環境

