

平成 30 年度  
風力発電事業の環境影響評価図書作成における  
適切な調査手法等に関する調査等業務  
(コウモリ調査手法等の検討Ⅱ)

報 告 書

平成 31 年 3 月

環境省北海道地方環境事務所

# 目 次

---

1. 業務概要	1
1-1 業務の目的	1
1-2 業務の概要	1
1-3 業務項目	1
2. 現地調査（基本事項）	2
2-1 調査の目的	2
2-2 調査場所	3
2-3 調査方法	4
2-4 調査時期	5
3. 解析（基本事項）	6
3-1 季節別の確認状況	6
3-2 時間帯別の確認状況	7
3-3 気象条件による確認状況	8
3-4 必要な調査日数の解析	10
3-5 コール特性による種の推定（エコロケーション解析）	12
4. 現地調査（発展的事項）	17
4-1 調査の目的	17
4-2 調査場所	17
4-3 調査方法	17
4-4 調査時期	18
5. 解析（発展的事項）	19
5-1 調査手法の検討（指向性・非指向性マイクロフォンの比較）	19
5-2 調査高度の検討（高さ別調査結果の比較）	25
5-3 調査場所の検討（平成 29 年度調査との比較）	31
5-4 解析手法の検討①（分析ソフトウェアの確認）	34
5-5 解析手法の検討②（多変量解析による飛翔条件となる気象データ特定の試み）	35
5-6 有識者ヒアリングの結果	38
6. 取りまとめ	40
6-1 風力発電事業の環境影響評価図書の事例整理	40
6-2 調査・分析コストの概算整理	43
6-3 コウモリ類の調査手法の提案と課題	46
6-4 コウモリ類の保全措置の提案と課題	47
7. 今後の課題	50
全音声データ（787 データ）	資料編

## 1. 業務概要

### 1-1 業務の目的

現在、道内で 38 箇所の風力発電事業が計画されていること、今後も新たな風力発電事業の計画・実施が想定されること等から、環境影響評価手続の迅速化のためにコウモリ類の調査手法確立が必要である。一方、風力発電事業は近年環境影響評価の対象になったこと、事業としての特殊性から、具体的なケーススタディ調査が実施されておらず、知見が不足している。

そのため、風力発電事業の特殊性から課題となっている風車との衝突が懸念されているコウモリ類を対象として、適切な調査手法確立に資する知見を得ることを目的として、風車のブレード回転範囲の下端域（高さ約 20～30m 間、樹冠以上）におけるコウモリ類の利用状況の調査を行った。

### 1-2 業務の摘要

- (1) 業務名：平成 30 年度風力発電事業の環境影響評価図書作成における適切な調査手法等に関する調査等業務（コウモリ調査手法等の検討Ⅱ）
- (2) 工期：平成 30 年 5 月 25 日～平成 31 年 3 月 15 日
- (3) 発注者：環境省 北海道地方環境事務所 環境対策課
- (4) 受注者：日本工営株式会社

### 1-3 業務項目

本業務の実施内容を表 1-1 に示す。

表 1-1 業務項目一覧

項目	単位	摘要・備考
現地調査位置	1 式	<ul style="list-style-type: none"><li>・調査場所は、コウモリ類の生息が確認されている北海道の樹林地で、6 月から 10 月にかけて樹冠上部からブレードの回転範囲の下端程度の範囲の高さにバットディテクターを継続的に設置できる場所として、当初は豊富町徳満周辺を予定していたが、専門家の意見や下見の結果等を踏まえて、九州大学北海道演習林（足寄町）とした</li><li>・演習林の気象観測タワーを利用し、調査地点数は 1 カ所とした。</li></ul>
調査方法等	1 式	<ul style="list-style-type: none"><li>・調査は、気象観測タワーを利用して、風車のブレード回転範囲の下端域（高さ約 20～30m 間）で樹冠より上空を対象として、高さ 17.8m にバットディテクターを設置して、6 月 22 日から 11 月 1 日まで継続して日没から日の出までの時間、エコロケーション等の音声を記録した。</li><li>・1 カ月に 1～2 回バットディテクターのデータ回収及びメンテナンスを行った。</li><li>・確認内容は、飛翔時間帯、行動、個体数変動等の季節的消長の把握と可能な限り種の同定も試みた。あわせて、より正確なデータを得るために必要な調査方法等の課題の検討も行った。</li></ul>
解析	1 式	<ul style="list-style-type: none"><li>・得られたエコロケーションの音声を解析し、コウモリ類の出現状況などについてまとめた。</li><li>・記録された音声データは DVD 等で提出した。</li><li>・専門家として、帯広畜産大学 赤坂助教に調査方法、解析結果に対して意見を伺い、検討に反映した。</li></ul>
取りまとめ	1 式	<ul style="list-style-type: none"><li>・コウモリ類のブレードの回転範囲における利用状況についてまとめ、風車との衝突（バットストライク）及び調査方法等に関する課題や提言をまとめた。</li></ul>

## 2. 現地調査（基本事項）

### 2-1 調査の目的

風力発電事業における環境影響評価手続きの迅速化のためのコウモリ類調査手法の確立を目的として、風車のブレード回転範囲の下端域（高さ約 20～30m 間、樹冠以上）におけるコウモリ類の利用状況の調査を行った。

### 2-2 調査場所

調査実施箇所を図 2-2 に示す。

調査実施箇所は樹林地を対象とし、当初は豊富町徳満周辺の樹林地を予定していたが、専門家である帯広畜産大学 赤坂助教の意見や下見の結果等を踏まえて、足寄町にある九州大学北海道演習林の気象観測タワーの 1 地点とした。

同演習林の面積は 3,713ha、標高およそ 100m～450m の丘陵地にミズナラやカエデ、シナノキ等の落葉広葉樹林と、カラマツを中心とした人工林が広がっており、森林の生態や利用方法について研究したり、森林科学を学ぶ学生が実習をする場として、九州大学が管理している。

下見では、図 2-1 に示すとおり 6 月 21 日に気象観測タワー及びその周辺でハンディのバットディテクター（Wildlife Acoustics 製 ECHO METER TOUCH 2）、ナイトスコープ（Nikon 製 NIGHT SEARCH）等を用いた任意 BD 調査を行い、コウモリ類の飛翔を確認した。河川付近でエコロケーションコールが多く確認されたことから、河川を採餌場所として利用していることが考えられる。

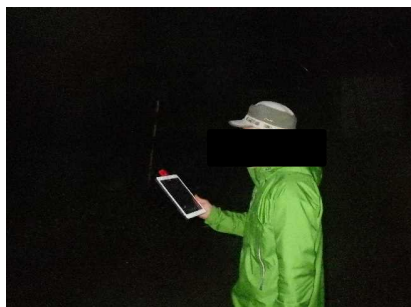


図 2-1 (1) 任意 BD 調査の状況



図 2-1 (2) 任意 BD 調査の状況

なお、調査に先立って 6 月 4 日に九州大学に演習林内への立ち入りと気象データ利用の申請、6 月 8 日に九州大学北海道演習林事務所での打合せを行い、調査の許可を得た上で実施した。



## 2-3 調査方法

風車のブレード回転範囲の下端域（高さ約 20～30m 間、樹冠以上）におけるコウモリ類の利用状況を把握するため、高さ 15.8m の気象観測タワー最上部に 2m の塩ビ管を据付けて高さ 17.8m とし、最上部にバットディテクターのマイクロフォンを上向きに設置した。

記録した音を解析し、種の判別を試みるため、バットディテクターは全周波数を音として記録できる Wildlife Acoustics 製の Song Meter SM4BTFS、マイクロフォンは水平方向の音を拾わずに特定地点の高高度での飛翔通過が確定させるために指向性ホーン取り付けられた同社製の SMM\_U1 とした。バットディテクターの測定可能範囲は一般に 20m と言われており、高さ 17.8m に設置した場合、測定範囲は高さ約 18～38m と風車のブレード回転範囲の下端域（高さ約 20～30m 間）を網羅する。気象観測タワーの最上部は、図 2-2 に示したとおり周囲の樹林の樹冠以上の高さである。

気象データ（気温、湿度、風向・風速、雨量）は九州大学から気象観測タワーの観測データの貸与を受けたとともに、参考として自記気温・湿度計（Onset 社 ホボプロ V2）での観測とアメダス足寄地点の気象データ（降水量、気温、風向・風速、日照時間）の取得を行った。

調査実施状況を図 2-3、調査実施イメージを図 2-4 に示す。



図 2-3(1) 調査実施状況



図 2-3(2) 調査実施状況



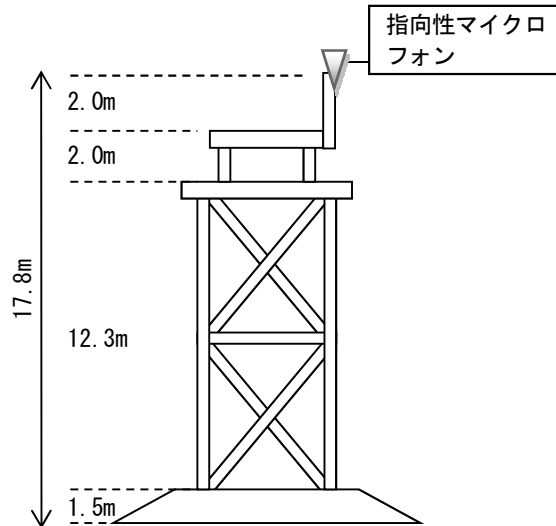
図 2-3(3) 調査実施状況



図 2-3(4) 調査実施状況



図 2-3(5) 調査実施状況



注) バットディテクターの検知範囲は一般に 20m と言われており、高さ約 20m 上向きに設置すると高さ 20~40m がカバーされる。

図 2-4 調査実施イメージ

## 2-4 調査時期

調査実施日は表 2-1 に示すとおり、コウモリ類の活動期である夏季～秋季を含む 6 月下旬から 10 月末まで実施したが、7 月 3 日から 7 月 13 日までは機器トラブルのため測定できなかった。バットディテクターによる測定ができた調査日数を有効調査日数とし、本調査では 122 日間となった。

調査実施時間帯は、期間中の日の入から日の出までを含む 16 時から 6 時までとし、その 14 時間を 1 調査日とした。

表 2-1 調査時期

調査実施日	平成 30 年 6 月 22 日～11 月 1 日 (欠測：7 月 3 日～7 月 13 日)
調査実施時間帯	16 時～翌日 6 時 (14 時間で 1 調査日)

調査日程は表 2-2 に示すとおり、6 月 21、22 日に機器を設置、11 月 2 日に撤去し、その間、1 カ月に 1、2 回バットディテクターのデータ回収及びメンテナンスを行った。

表 2-2 調査日程

項目	調査日程	調査時間
下見	平成 30 年 6 月 8 日(金)	11:00～20:00
	平成 30 年 6 月 19 日(火) <sup>※</sup>	16:00～18:00
	平成 30 年 6 月 21 日(木)	18:00～22:00
機器設置	平成 30 年 6 月 21 日(木)	16:00～18:00
	平成 30 年 6 月 22 日(金)	9:00～15:00
データ回収	平成 30 年 7 月 13 日(金)	11:30～15:00
	平成 30 年 7 月 27 日(金)	13:00～16:00
	平成 30 年 8 月 25 日(土)	13:00～16:00
	平成 30 年 9 月 14 日(金)	13:00～16:00
データ回収・機器撤去	平成 30 年 9 月 26 日(水)	13:00～16:00
	平成 30 年 11 月 2 日(金)	13:00～16:00

注)※:当初想定していた豊富町徳満周辺を下見した。

### 3. 解析（基本事項）

#### 3-1 季節別の確認状況

録音された音声データは、コウモリ類のエコロケーションコール等の分析ソフトウェアである Wildlife Acoustics 製の KALEIDOSCOPE によってエコロケーションコールとそれ以外の音に区分した。

エコロケーションコール確認数の推移を図 3-1 に示す。

平成 30 年 6 月 22 日から 11 月 1 日まで調査した結果、エコロケーションコール確認数の総数は 901 回であった。エコロケーションコールが 1 回以上確認されたのは 122 日であり、有効調査日の 92%であった。1 調査日においてエコロケーションコールの確認数が最も多かったのは 8 月 29 日の 99 回、次いで 7 月 27 日の 78 回、7 月 29 日の 60 回であった。

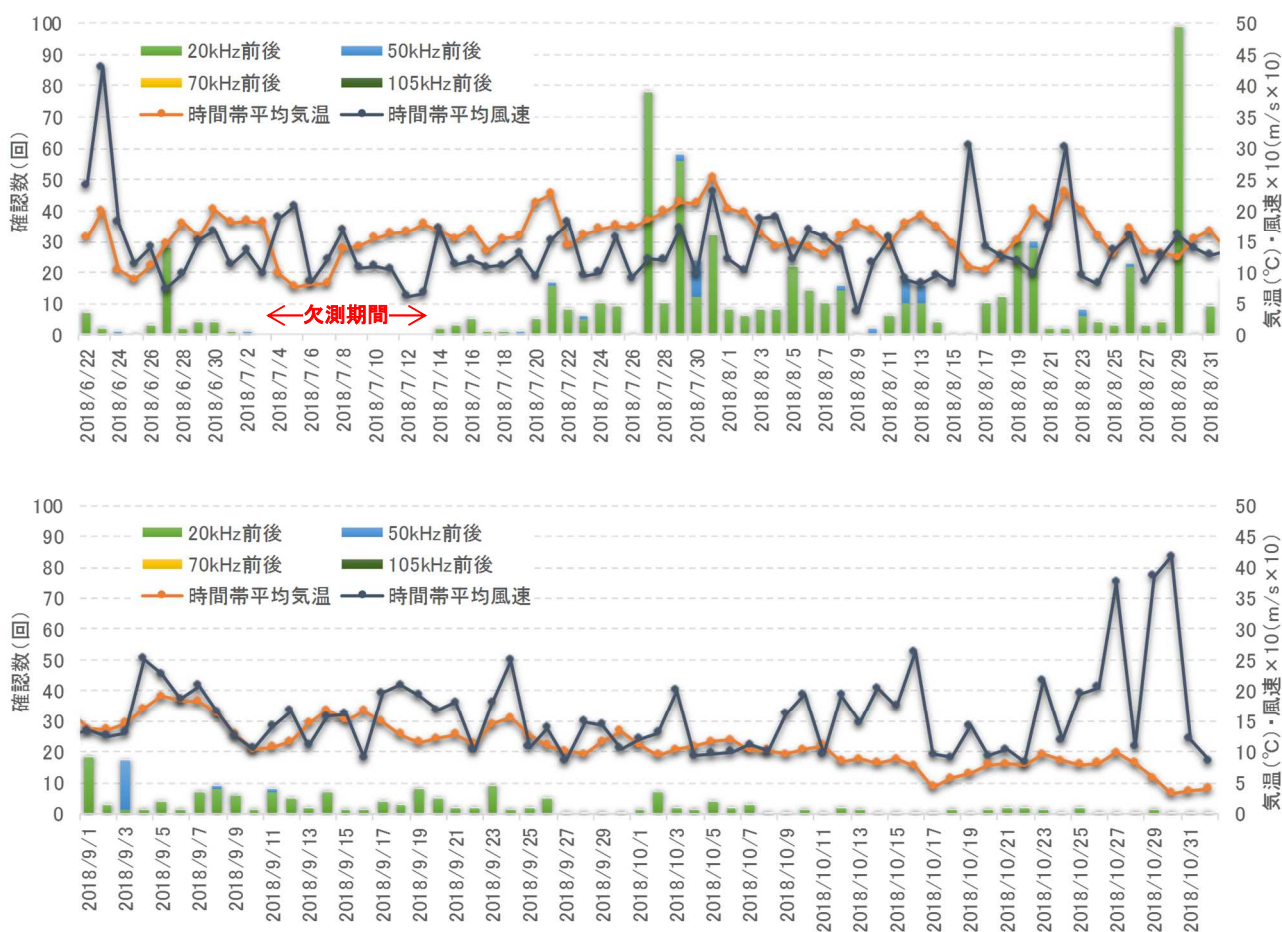


図 3-1 エコロケーションコール確認数の推移

月別のエコロケーションコール確認状況を表 3-1 に示す。

月別のエコロケーションコール確認数では、8 月が 394 回、次いで 7 月が 274 回であった。7 月は欠測期間があったため、有効調査日当たりの平均確認数と比較すると 7 月が 13.7 回、8 月が 12.7 回と大きな差は見られなかった。



表 3-1 月別エコロケーションコール確認数

月	有効調査日数	エコロケーション確認数	有効調査日当たりの平均エコロケーション確認数					日平均気温	日平均湿度	日平均風速	日平均日雨量
			全周波数	20kHz前後	50kHz前後	70kHz前後	105kHz前後				
6月	9	51	5.7	5.6	0.1	0.0	0.0	14.9	87.4	1.8	0.4
7月	20	274	13.7	12.7	0.9	0.0	0.0	16.4	94.2	1.3	4.5
8月	31	394	12.7	11.4	0.7	0.0	0.0	16.0	90.8	1.4	3.2
9月	30	146	4.9	3.8	0.6	0.0	0.0	13.8	84.7	1.6	2.4
10月	31	36	1.2	1.1	0.0	0.0	0.0	8.5	81.6	1.7	1.0
11月	1	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	74.1	1.0	0.0

3-2 時間帯別の確認状況

調査結果を 16 時台、17 時台、18 時台と 1 時間毎に整理した調査時間帯別の確認状況を表 3-2、図 3-2 に示す。

エコロケーションコールの確認数は 20 時台が 146 回、21 時台が 233 回、22 時台が 152 回であり、この 3 時間で全確認数の 6 割を占める結果となった。また、エコロケーションコールが 1 回以上確認された割合は、20 時台が 22%、21 時台が 25%、22 時台が 20%となった。

表 3-2 時間帯別エコロケーションコール確認数

時間帯	時間数	エコロケーション確認数	全エコロケーション確認数に占める割合	確認 1 回以上の時間数	確認 1 回以上の割合
16 時台	122	3	0.3%	1	0.8%
17 時台		7	0.8%	1	0.8%
18 時台		40	4.4%	6	4.9%
19 時台		72	8.0%	17	13.9%
20 時台		146	16.2%	27	22.1%
21 時台		233	25.9%	30	24.6%
22 時台		152	16.9%	25	20.5%
23 時台		76	8.4%	16	13.1%
0 時台		68	7.5%	22	18.0%
1 時台		60	6.7%	13	10.7%
2 時台		19	2.1%	3	2.5%
3 時台		14	1.6%	3	2.5%
4 時台		8	0.9%	1	0.8%
5 時台		3	0.3%	1	0.8%

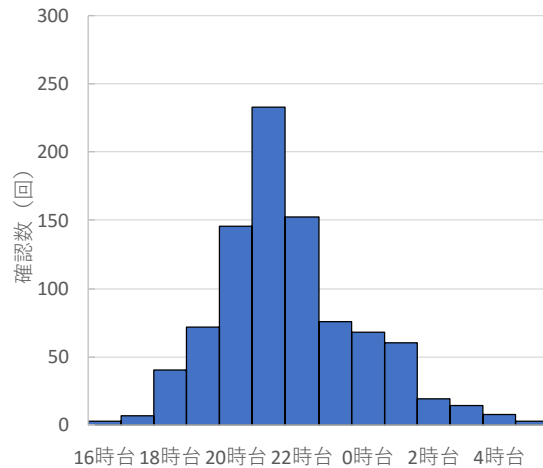


図 3-2 時間帯別エコロケーションコール確認数

同様に、日没後からの時間を 1 時間毎に整理した調査時間帯別の確認状況を表 3-3、図 3-3 に示す。日没後からの時間は、緯度、経度から算出される毎日の日没時間から計算した。

エコロケーションコールの確認数は 1 時間後台が 144 回、2 時間後台が 246 回、3 時間後台が 128 回であり、この 3 時間で全確認数の 5 割を占める結果となった。また、エコロケーションコールが 1 回以上確認された割合は、1 時間後台が 16%、2 時間後台が 27%、3 時間後台が 14%となった。

表 3-3 日没後時間帯別エコロケーションコール確認数

時間帯	時間数	エコロケーション確認数	全エコロケーション確認数に占める割合	確認1回以上の時間帯数	確認1回以上の割合
日没前	177	4	0.4%	3	1.7%
0時間後台	122	48	5.3%	22	18.0%
1時間後台		144	16.0%	45	36.9%
2時間後台		246	27.3%	42	34.4%
3時間後台		128	14.2%	40	32.8%
4時間後台		110	12.2%	33	27.0%
5時間後台		70	7.8%	22	18.0%
6時間後台		72	8.0%	25	20.5%
7時間後台		33	3.7%	14	11.5%
8時間後台		20	2.2%	15	12.3%
9時間後台		19	2.1%	11	9.0%
10時間後台	2	0.2%	2	1.6%	
11時間後台	103	3	0.3%	2	1.9%
12時間後台	60	2	0.2%	2	3.3%
13時間後台	26	0	0.0%	0	0.0%

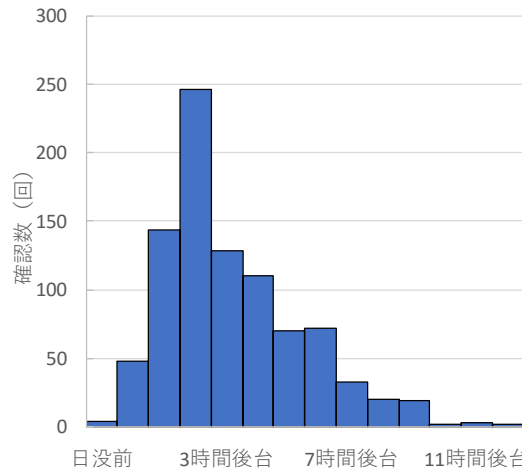


図 3-3 日没後時間帯別エコロケーションコール確認数

### 3-3 気象条件による確認状況

九州大学から貸与を受けた気象観測タワーの1時間毎の気象データ(気温、湿度、風速、雨量)とエコロケーションコール確認数を整理した気象条件による確認状況を表 3-4~7、図 3-4~7 に示す。

エコロケーションコールの確認数は、時間平均気温 12~14℃が 149 回、14~16℃が 187 回、16~18℃が 155 回であり、12~18℃で全確認数の 4 割を占める結果となった。エコロケーションコールが 1 回以上確認された割合は、12℃以上(28℃以上除く)が 2~3 割となった。

表 3-4 気温別エコロケーションコール確認数

時間平均気温※	時間数	エコロケーション確認数	全エコロケーション確認数に占める割合	確認1回以上の時間帯数	確認1回以上の割合
0~2℃	4	0	0.0%	0	0.0%
2~4℃	39	1	0.1%	1	2.6%
4~6℃	43	0	0.0%	0	0.0%
6~8℃	135	6	0.7%	5	3.7%
8~10℃	217	33	3.7%	20	9.2%
10~12℃	256	104	11.6%	35	13.7%
12~14℃	265	149	16.7%	52	19.6%
14~16℃	308	187	20.9%	63	20.5%
16~18℃	253	155	17.3%	38	15.0%
18~20℃	166	86	9.6%	32	19.3%
20~22℃	91	102	11.4%	20	22.0%
22~24℃	44	36	4.0%	8	18.2%
24~26℃	24	31	3.5%	7	29.2%
26~28℃	4	4	0.4%	1	25.0%
28℃~	4	0	0.0%	0	0.0%

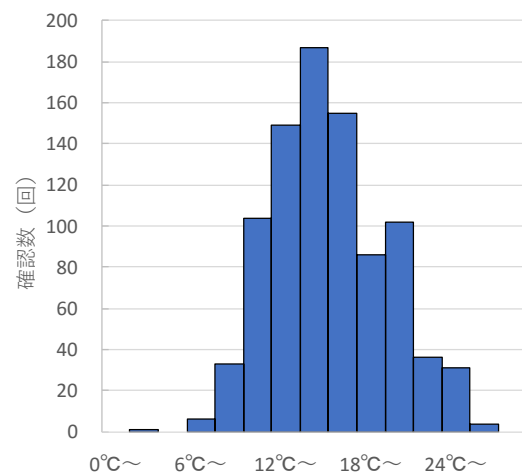


図 3-4 気温別エコロケーションコール確認数

注)※:「○~●」は「以上、未満」であり、「●」は含まない。

エコロケーションコールの確認数は、時間平均湿度 95～100%が 345 回であり、全確認数の 4 割を占める結果となった。エコロケーションコールが 1 回以上確認された割合は、70%以上が 2 割となった。

表 3-5 湿度別エコロケーションコール確認数

時間平均湿度※	時間数	エコロケーション確認数	全エコロケーション確認数に占める割合	確認 1 回以上の時間数	確認 1 回以上の割合
0～35%	0	0	0%	0	-
35～40%	3	0	0.0%	0	0.0%
40～45%	6	0	0.0%	0	0.0%
45～50%	19	2	0.3%	2	10.5%
50～55%	25	3	0.4%	3	12.0%
55～60%	53	8	1.0%	7	13.2%
60～65%	61	10	1.3%	8	13.1%
65～70%	102	26	3.4%	13	12.7%
70～75%	104	59	7.7%	20	19.2%
75～80%	115	53	6.9%	21	18.3%
80～85%	147	74	9.6%	25	17.0%
85～90%	184	96	12.5%	37	20.1%
90～95%	190	91	11.9%	42	22.1%
95～100%	350	345	45.0%	63	18.0%
100%	484	127	16.6%	41	8.5%

注)※：「○～●」は「以上、未満」であり、「●」は含まない。

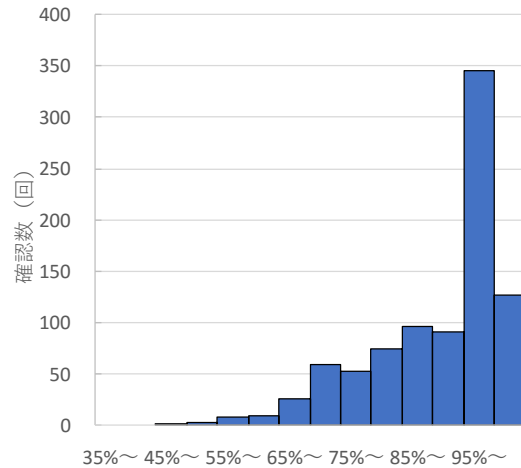


図 3-5 湿度別エコロケーションコール確認数

エコロケーションコールの確認数は、時間平均風速 0.5～1.0m/s が 215 回、1.0～1.5m/s が 256 回、1.5～2.0m/s が 273 回であり、0.5～2.0m/s で全確認数の 8 割を占める結果となった。エコロケーションコールが 1 回以上確認された割合は、0.5～3.0m/s が 2 割となった。なお、4.0～5.5m/s のエコロケーションコールが 1 回以上確認された割合は 1 割を超えているが、該当する時間数 (サンプル数) は少ない。

表 3-6 風速別エコロケーションコール確認数

時間平均風速※	時間数	エコロケーション確認数	全エコロケーション確認数に占める割合	確認 1 回以上の時間数	確認 1 回以上の割合
0.0～0.5m/s	143	24	2.7%	11	7.7%
0.5～1.0m/s	486	215	24.0%	71	14.6%
1.0～1.5m/s	486	256	28.6%	76	15.6%
1.5～2.0m/s	367	273	30.5%	73	19.9%
2.0～2.5m/s	169	84	9.4%	28	16.6%
2.5～3.0m/s	84	31	3.5%	14	16.7%
3.0～3.5m/s	38	3	0.3%	2	5.3%
3.5～4.0m/s	34	2	0.2%	2	5.9%
4.0～4.5m/s	16	3	0.3%	2	12.5%
4.5～5.0m/s	13	2	0.2%	2	15.4%
5.0～5.5m/s	8	1	0.1%	1	12.5%
5.5～6.0m/s	6	0	0.0%	0	0.0%
6.0m/s～	3	0	0.0%	0	0.0%

注)※：「○～●」は「以上、未満」であり、「●」は含まない。

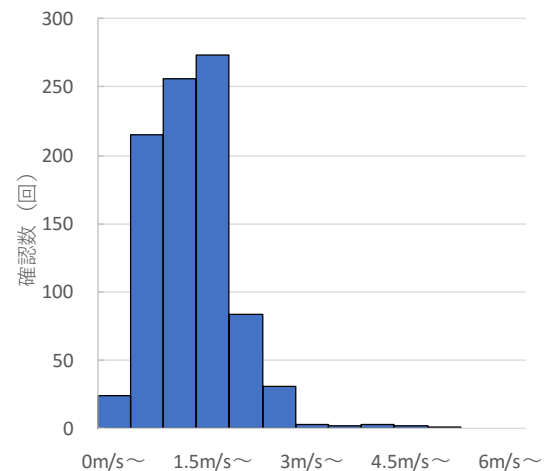


図 3-6 風速別エコロケーションコール確認数

エコロケーションコールの確認数は、時間雨量 0.0mm/h で 865 回であり、全確認数の 9 割以上を占める結果となった。エコロケーションコールが 1 回以上確認された割合は、0.0mm/h で 2 割となった。なお、2.5～3.0mm/h、3.5～4.0mm/h のエコロケーションコールが 1 回以上確認された割合は 2 割を上回っているが、該当する時間数（サンプル数）は少ない。

表 3-7 雨量別エコロケーションコール確認数

時間雨量	時間数	エコロケーション確認数	全エコロケーション確認数に占める割合	確認 1 回以上の時間数	確認 1 回以上の割合
0.0～0.5mm/h (0.0mm/h)	1,629 (1,629)	865 (865)	96.0% (96.0%)	269 (269)	16.5% (16.5%)
0.5～1.0mm/h	112	27	3.0%	11	9.8%
1.0～1.5mm/h	41	4	0.4%	3	7.3%
1.5～2.0mm/h	22	1	0.1%	1	4.5%
2.0～2.5mm/h	18	0	0.0%	0	0.0%
2.5～3.0mm/h	8	3	0.3%	2	25.0%
3.0～3.5mm/h	10	0	0.0%	0	0.0%
3.5～4.0mm/h	5	1	0.1%	1	20.0%
4.0～4.5mm/h	2	0	0.0%	0	0.0%
4.5～5.0mm/h	6	0	0.0%	0	0.0%
5.0～5.5mm/h	3	0	0.0%	0	0.0%
5.5～6.0mm/h	3	0	0.0%	0	0.0%
6.0mm/h～	3	0	0.0%	0	0.0%

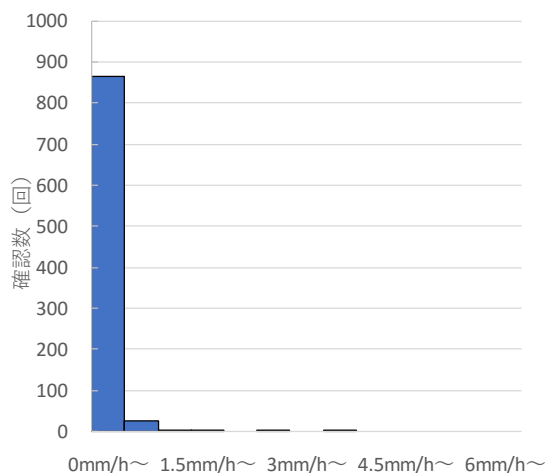


図 3-7 雨量別エコロケーションコール確認数

注)※:「○～●」は「以上、未満」であり、「●」は含まない。

### 3-4 必要な調査日数の解析

必要な調査日数の検討として、設定調査日数毎に調査期間中にエコロケーションコールが確認された日が含まれる割合を表 3-8 に示す。これは、例えば調査日数を 5 日間として 7 月のうち 7 月 2 日のみエコロケーションコールが確認されたとした場合、「7 月 1～5 日」、「7 月 2～6 日」は確認有り、「7 月 3～7 日」以降は確認無しとして、6% (=2÷31×100) として計算したものである。なお、欠測期間の 7 月 3～13 日は別途実施した調査の結果（4 章の「樹冠以上の半球内を飛翔したコウモリの把握調査」）で補完した。

この結果によると、8 月は 3 日間、9 月は 4 日間、7、10 月は 5 日間で 100%となっており、5 日間調査を行えば少なくとも 1 日はエコロケーションコールが確認できたことを示している。

表 3-8 月別・設定調査期間別エコロケーションコール確認日の割合

月	設定調査日数									
	1 日間	2 日間	3 日間	4 日間	5 日間	6 日間	7 日間	8 日間	9 日間	10 日間
7 月	74.2%	87.1%	93.5%	96.8%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
8 月	87.1%	96.8%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
9 月	90.0%	93.3%	96.7%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
10 月	58.1%	74.2%	83.9%	93.3%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

注)欠測期間(7/3～13)は別途実施した調査の結果で補完した。

7～10 月の 4 カ月間エコロケーションコール総確認数、日確認数の平均値、中央値を表 3-9 に示す。平均値は中央値より高くなっているが、これは図 3-1 で示したとおりエコロケーションコールが多く確認されている特定の日の影響を受けており、本業務では各月を代表するエコロケーションコール日確認数を中央値とした。

表 3-9 月別エコロケーションコール確認数

月	有効調査日数	エコロケーション確認数		
		総数	日確認数	
			平均値	中央値
7月	31	287	9.3	3.0
8月	31	394	12.7	8.0
9月	30	146	4.9	4.0
10月	31	36	1.2	1.0

注)欠測期間(7/3~13)は別途実施した調査の結果で補完した。

設定調査日数毎の調査期間中のエコロケーションコール最大確認数(回/日)の幅を図3-8~11に示す。7月は5日間、8月は4日間、9月は6日間、10月は5日間の調査で、エコロケーションコール最大確認数の最低値が各月の代表値以上になる結果となった。

この結果は、今回と同じ条件であれば天候によらず各月6日間以上調査すれば、調査期間内に各月の代表値以上のエコロケーションコール確認数の日が含まれることを示している。ただし、この結果は調査場所のコウモリ確認頻度に依存するため、他の調査場所には適用できない。

また、確認されたエコロケーションコールは大半が20kHz前後であり、50kHz前後は少ない。周波数帯を分けて確認数が少ない50kHz前後を調査日数に含めるためには、長期間の調査が必要となる。

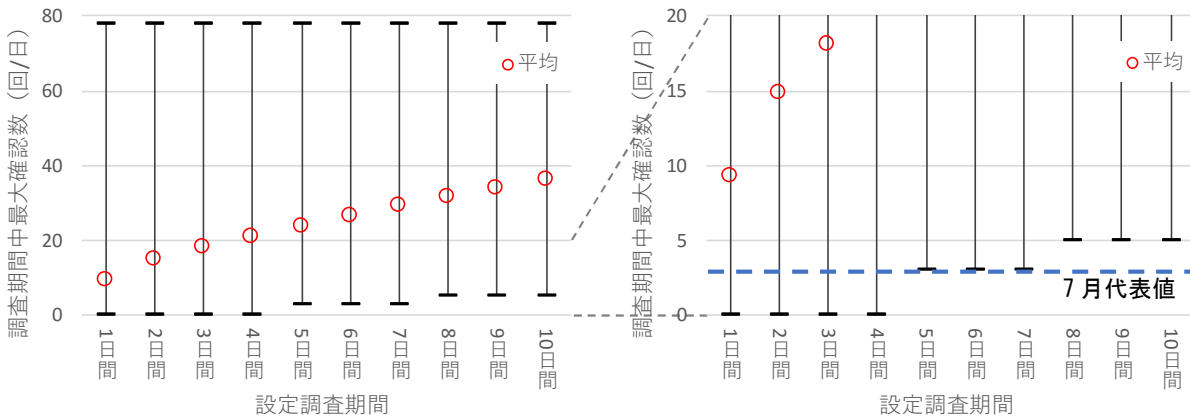


図 3-8 設定調査期間別のエコロケーションコール最大確認数(7月)(左は拡大図)

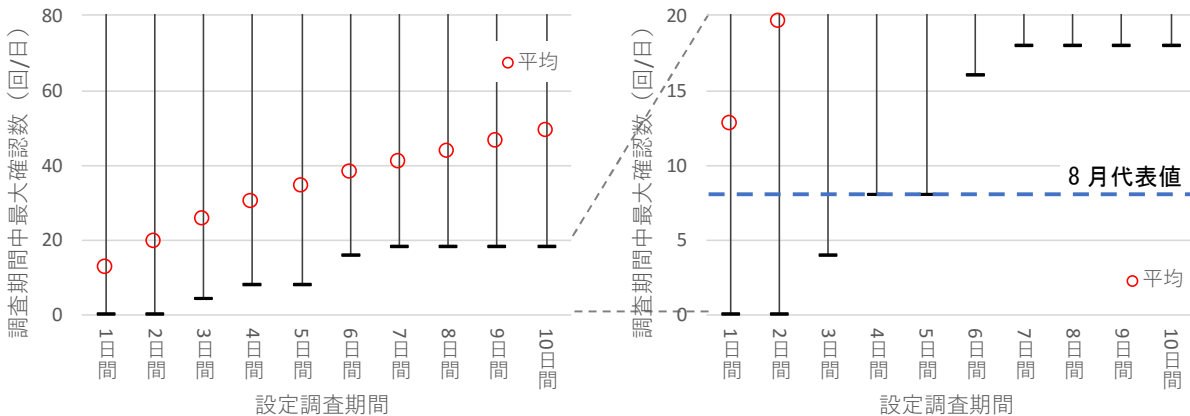


図 3-9 設定調査期間別のエコロケーションコール最大確認数(8月)(左は拡大図)

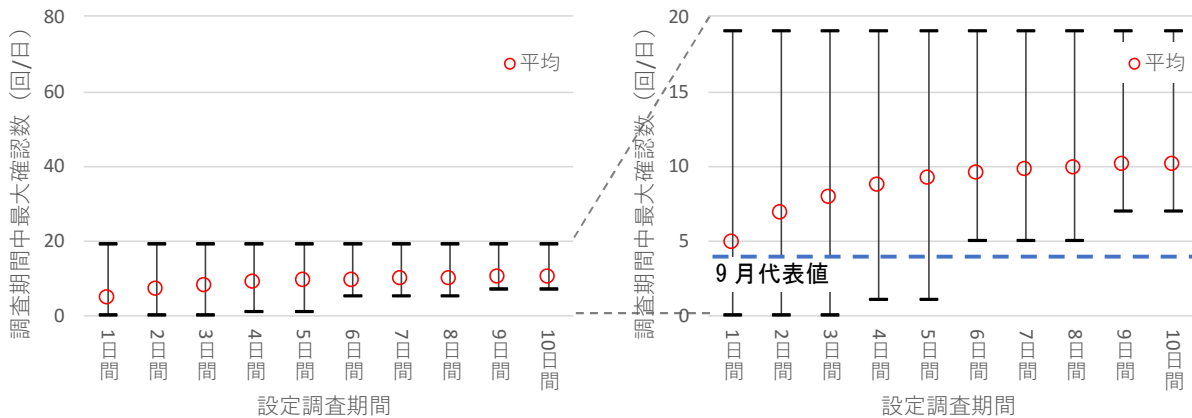


図 3-10 設定調査期間別のエコロケーションコール最大確認数（9月）（左は拡大図）

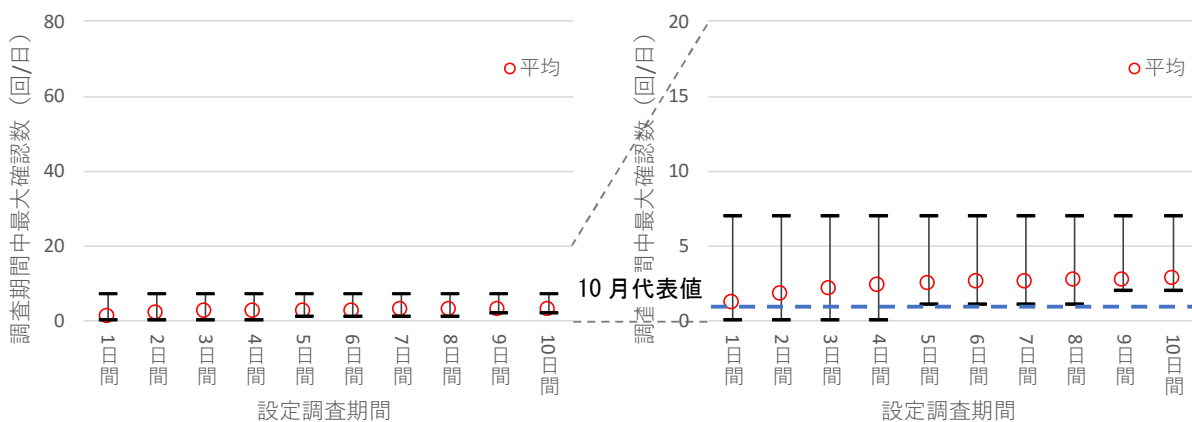


図 3-11 設定調査期間別のエコロケーションコール最大確認数（10月）（左は拡大図）

3-5 コール特性による種の推定（エコロケーション解析）

今回の調査で確認されたエコロケーションコールの周波数帯域は図 3-1、表 3-1 に示したとおり 20kHz 前後と 50kHz 前後であり、表 3-10 の北海道で生息が確認されるコウモリ類のうち網掛け部分の種と想定される。

表 3-10 北海道に生息するコウモリ類のエコロケーション区分

エコロケーションタイプ	周波数帯域	属名	種名
CF 型(周波数不変型) ※Constant Frequency type	105kHz 前後	キクガシラコウモリ属	コキクガシラコウモリ
	70kHz 前後		キクガシラコウモリ
FM 型(周波数変調型) ※Frequency-modulated type	50kHz 前後	ホオヒゲコウモリ属	ヒメホオヒゲコウモリ
			ウスリホオヒゲコウモリ
			カグヤコウモリ
			モモジロコウモリ
		ウスリドーベントンコウモリ	
		ホンドノレンコウモリ	
		チチブコウモリ属	チチブコウモリ
ウサギコウモリ属	ウサギコウモリ		
テングコウモリ属	コテングコウモリ		
		テングコウモリ	
FM/QCF 型(CF 型と FM 型を併せ持つ中間型) ※Frequency-modulated / Quasi Constant Frequency type	20kHz 前後	アブラコウモリ属	アブラコウモリ
		オオアブラコウモリ属	オオアブラコウモリ
		ヤマコウモリ属	ヤマコウモリ
		クビワコウモリ属	ヒメホリカワコウモリ
		ヒナコウモリ属	ヒナコウモリ
		ヒメヒナコウモリ	
		オヒキコウモリ属	オヒキコウモリ

注)網掛け：今回の調査で確認されたエコロケーションコールの周波数帯域から想定される種。

更に種を絞り込むため、北海道におけるコウモリ類のエコロケーションコールのコール特性を示した表 3-11(1)、(2)の2編の論文からコール特性を表 3-11(3)に示すとおりまとめた。

表 3-11(1) 既往文献による北海道におけるコウモリ類のコール特性

Species	Call structure	SF (kHz)	EF (kHz)	PF (kHz)	MF (kHz)	D (ms)	IPI-S (ms)	IPI-L (ms)
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	FM/CF/FM	55.9	50.9	65.0	65.0	26.8	10.6	34.5
		52.4-59.1	47.3-56.9	62.8-66.6	62.8-66.6	12.0-80.0	2.0-45.0	5.8-65.0
<i>Myotis ikonnikovi</i>	FM	90.0	43.2	50.6	59.9	2.0	42.3	65.9
		55.2-118.1	37.8-50.1	47.3-55.9	47.6-75.2	0.9-3.4	21.0-84.0	32.0-138.0
<i>Myotis macrodactylus</i>	FM	82.4	39.4	49.2	56.4	3.0	41.0	65.8
		54.1-91.7	31.6-47.7	45.0-51.8	47.9-63.6	1.7-5.0	21.0-84.0	44.0-144.0
<i>Murina ussuriensis</i>	FM	112.6	50.7	86.3	81.5	1.7	26.1	48.4
		90.0-136.6	44.9-58.4	81.5-89.8	69.3-97.9	1.0-4.1	16.0-54.0	29.0-78.0
<i>Murina leucogaster</i>	FM	104.9	43.6	51.2	71.2	1.8	30.8	55.5
		82.8-140.0	35.6-50.1	47.0-56.5	59.2-90.3	1.1-2.7	20.0-69.0	36.0-118.0
<i>Eptesicus nilssonii</i>	FM/QCF	57.9	26.1	30.5	33.2	6.3	75.3	122.9
		51.8-64.7	24.3-27.7	28.3-31.6	31.6-35.0	4.4-8.0	50.0-92.0	95.0-185.0
<i>Nyctalus aviator</i>	FM/QCF	38.7	20.2	21.1	23.3	12.0	221.4	264.8
		27.1-54.1	17.6-22.6	20.2-23.3	19.8-29.9	2.2-17.8	21.4-415.0	37.3-415.0
<i>Vespertilio superans</i>	FM/QCF	48.1	21.8	24.2	26.7	6.2	105.0	144.5
		33.3-55.7	18.1-23.2	21.8-26.5	21.8-31.6	2.3-19.9	27.0-409.0	68.0-409.0

出典) Acoustic Identification of Eight Species of Bat (Mammalia : Chiroptera) Inhabiting Forests of Southern Hokkaido, Japan: Potential for Conservation Monitoring (Dai Fukui, etc., Zoological Science, 21(9):947-955)

表 3-11(2) 既往文献による北海道におけるコウモリ類のコール特性

	N	SF (kHz)	PF (kHz)	EF (kHz)	MF (kHz)	D (ms)
<i>M. macrodactylus</i>	4	98.9±3.6	50.7±3.1	35.6±3.2	57.7±1.6	4.2±0.4
<i>M. daubentonii</i>	4	104.0±6.4	49.5±1.9	37.8±1.6	60.3±1.5	3.4±0.7
<i>M. ikonnikovi</i>	6	107.5±11.0	50.9±3.4	39.7±3.0	63.5±5.0	3.2±0.7
<i>E. nilssonii</i>	1	46.7	30.6	25.4	31.6	4.7
<i>P. auritus</i>	1	44.5	36.7	23.2	33.3	1.8
<i>M. hilgendorfi</i>	1	112.3	52.3	32.7	62.1	2.6
<i>M. ussuriensis</i>	12	116.2±17.7	69.8±9.4	46.3±6.8	83.1±12.6	2.5±0.6

出典) 北海道大学中川研究林のコウモリ類(福井大 他、北海道大学演習林報告、2007.3、64(1)、P29-36)

表 3-11(3) 北海道におけるコウモリ類のコール特性 (まとめ)

	開始周波数 (kHz)	終了周波数 (kHz)	ピーク周波数 (kHz)	平均周波数 (kHz)	コール時間 (ms)
モモジロコウモリ*	54.1~102.5	45.0~53.8	31.6~47.7	47.9~63.6	1.7~5.0
ドーベントンコウモリ	97.6~110.4	47.6~51.4	36.2~39.4	58.8~61.8	2.7~4.1
ヒメホオヒゲコウモリ*	55.2~118.5	47.3~55.9	36.7~50.1	47.6~75.2	0.9~3.9
キタクビワコウモリ*	46.7~64.7	28.3~31.6	24.3~27.7	31.6~35.0	4.4~8.0
ウサギコウモリ	44.5~44.5	36.7~36.7	23.2~23.2	33.3~33.3	1.8~1.8
テングコウモリ	82.8~140.0	47.0~56.5	32.7~50.1	59.2~90.3	1.1~2.7
コテングコウモリ*	90.0~136.6	60.4~89.8	39.5~58.4	69.3~97.9	1.0~4.1
キクガシラコウモリ	52.4~59.1	62.8~66.6	47.3~56.9	62.8~66.6	12.0~80.0
亜種ニホンテングコウモリ	82.8~140.0	47.0~56.5	35.6~50.1	59.2~90.3	1.1~2.7
ヤマコウモリ	27.1~54.1	20.2~23.3	17.6~22.6	19.8~29.9	2.2~17.8
ヒナコウモリ	33.3~55.7	21.8~26.5	18.1~23.2	21.8~31.6	2.3~19.9

注) ※: 2編の論文から最小値、最大値を採用した。

今回の調査結果に対して、表 3-11 (1) のピーク周波数に該当するエコロケーションコールを抽出したところ、図 3-12、表 3-12 に示すとおり 901 コールのうち 30% がどれかの種に適合し、4% が複数の種で同時に当てはまる結果となった。また、全ての項目（開始周波数、終了周波数、ピーク周波数、平均周波数、コール時間）に該当するエコロケーションコールを抽出したところ、適合が 6%、重複が 1%、非適合が 93% となった。

全項目での抽出の結果、ヤマコウモリ 46 コール、ヒナコウモリ 15 コール、モモジロコウモリ 13 コール、ヒメホオヒゲコウモリ 3 コールが該当した。「コウモリ識別ハンドブック 改訂版（コウモリの会、平成 23 年）」によると、ヤマコウモリ、ヒナコウモリは樹冠より上空を飛翔する種とされているが、モモジロコウモリ、ヒメホオヒゲコウモリは樹冠部までを飛翔する種とされている。

なお、参考として全項目での抽出結果の一例（ソナグラム）を図 3-13 に示す。

海外と比べて、日本に生息するコウモリ類のコール特性は異なる種でも似ていると言われており、コール特性による種の推定は難しい。今後、精度良く種の推定を行うためには、コール特性を整理するに当たってのサンプル（リファレンス）数を増やすとともに、抽出において適切な項目を設定することが重要となる。

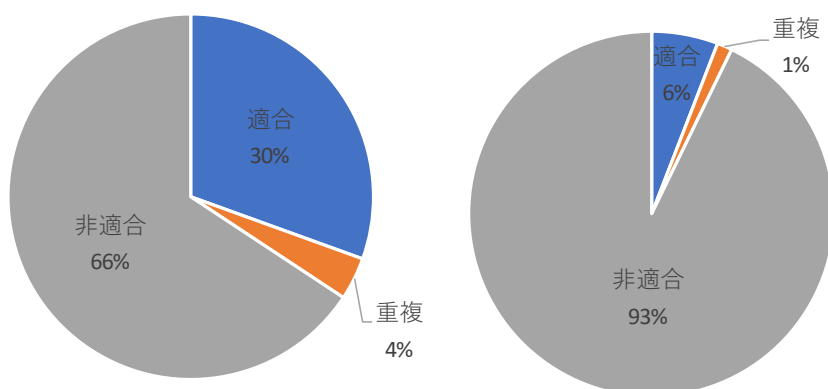


図 3-12 コール特性による分析結果（左：ピーク周波数のみ 右：全項目）

表 3-12 コール特性による分析結果

	ピーク周波数のみ	全項目
モモジロコウモリ	13 (4%)	13 (17%)
ドーベントンコウモリ	1 (0%)	0 (0%)
ヒメホオヒゲコウモリ	3 (1%)	3 (4%)
キタクビワコウモリ	46 (13%)	0 (0%)
ウサギコウモリ	0 (0%)	0 (0%)
テングコウモリ	3 (1%)	0 (0%)
コテングコウモリ	0 (0%)	0 (0%)
キクガシラコウモリ	0 (0%)	0 (0%)
亜種ニホンテングコウモリ	3 (1%)	0 (0%)
ヤマコウモリ	195 (56%)	46 (60%)
ヒナコウモリ	86 (25%)	15 (19%)

注) 数値には重複も含む。( )は適合、重複の総数に対する対象種の割合。



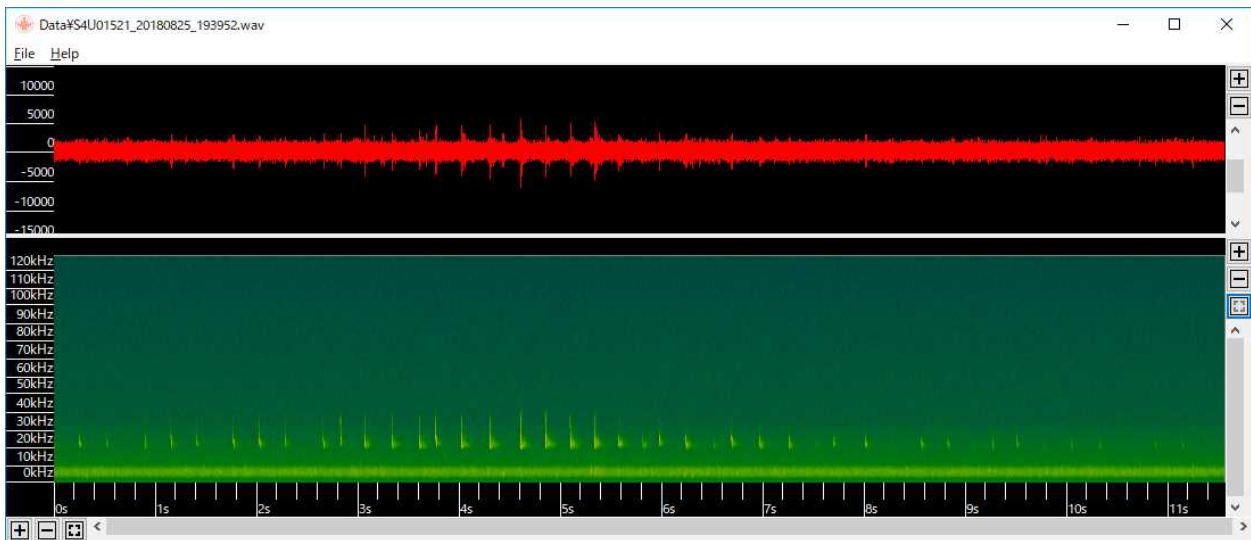


図 3-13(1) ソナグラム例 (2018/8/25 19:39:52/ヤマコウモリ)

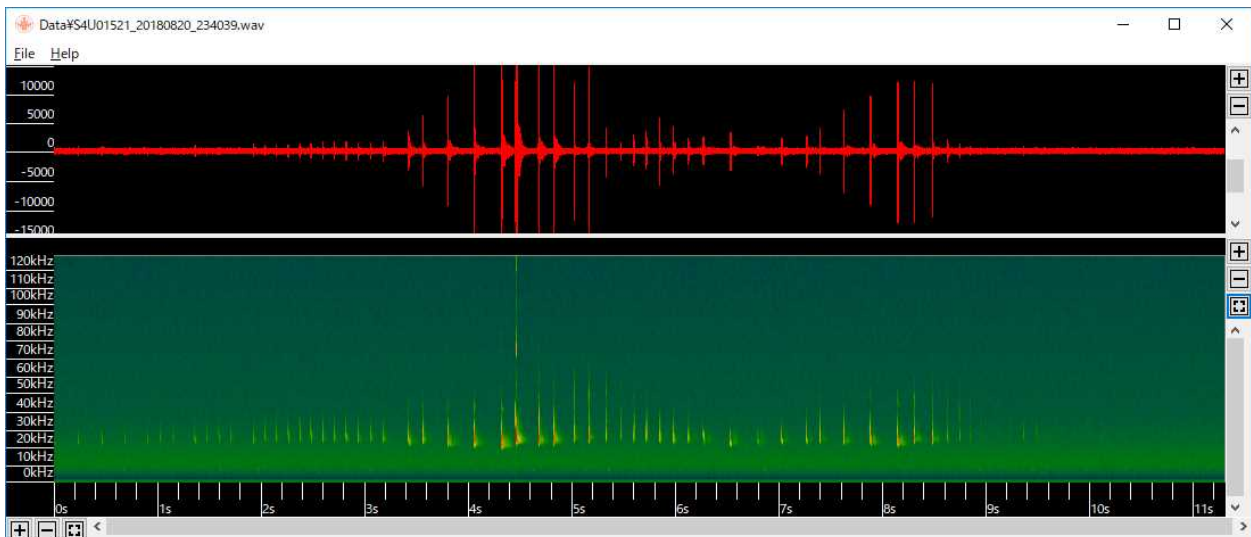


図 3-13(2) ソナグラム例 (2018/8/20 23:40:39/ヒナコウモリ)

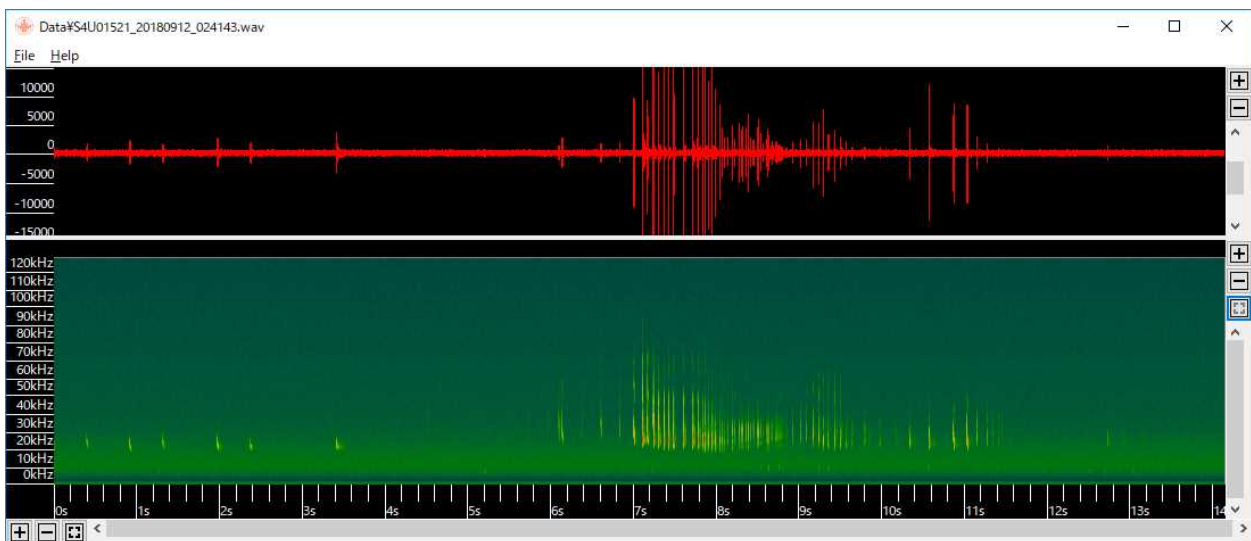


図 3-13(3) ソナグラム例 (2018/9/12 2:41:43/ヤマコウモリ・ヒナコウモリ同時該当)

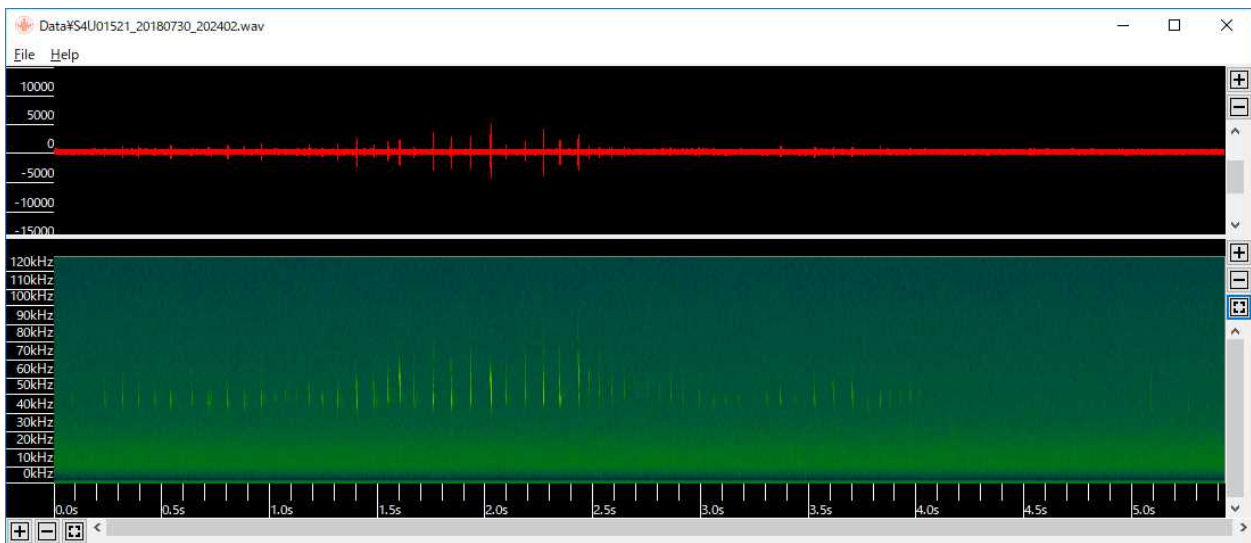


図 3-13 (4) ソナグラム例 (2018/7/30 20:24:02/モモジロコウモリ)

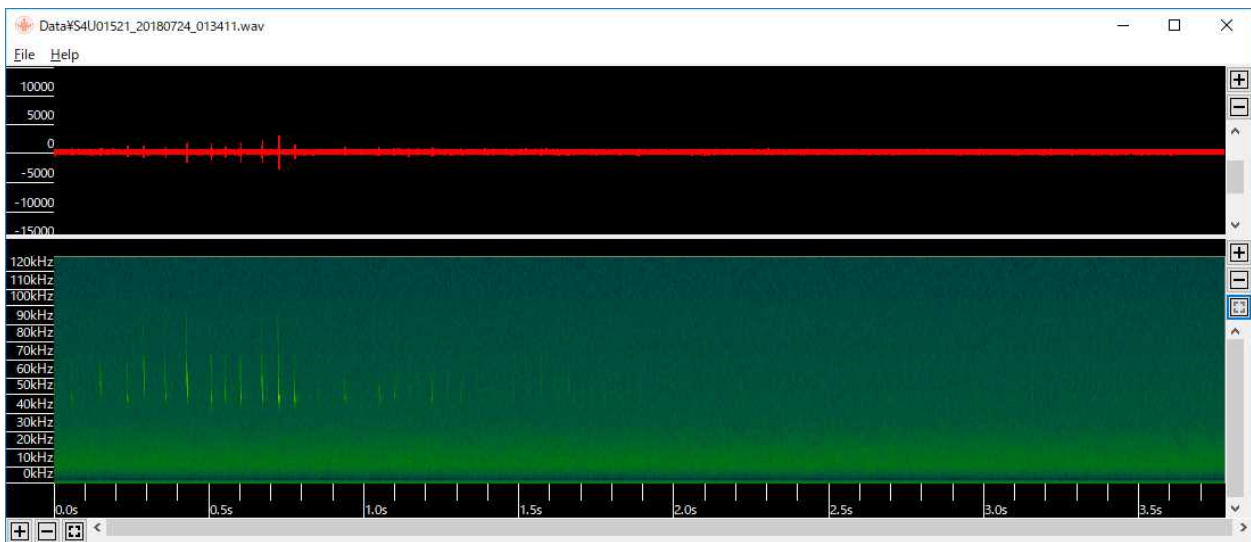


図 3-13 (5) ソナグラム例 (2018/7/24 1:34:11/モモジロコウモリ・ヒメホオヒゲコウモリ同時該当)

## 4. 現地調査（発展的事項）

### 4-1 調査の目的

風車のブレード回転範囲の下端域におけるコウモリ類の利用状況の調査に加えて、バットディテクターの適切な設置方法を検討するため、1) 樹冠以上の半球内を飛翔したコウモリの把握、2) 高さ別のコウモリ飛翔状況の把握を目的とした追加調査を実施した。

なお、1)は帯広畜産大学 赤坂助教の「指向性マイクロフォンの場合、検知範囲が限られるため、飛翔確認数が少なくなる可能性がある」との指摘を踏まえたものである。

### 4-2 調査場所

調査実施箇所は、風車のブレード回転範囲の下端域におけるコウモリ類の利用状況の調査と同様に、2章に示した九州大学北海道演習林の気象観測タワーとした。

### 4-3 調査方法

#### 1) 樹冠以上の半球内を飛翔したコウモリの把握調査

高さ 15.8m の気象観測タワー最上部に非指向性マイクロフォンを上向きに設置した。バットディテクターは Wildlife Acoustics 製の Song Meter SM4BTFS、マイクロフォンは同社製の SMM\_U1 とした。指向性ホーン取り付けない場合には SMM\_U1 は背面の音も検知するため、高さ 15.8m よりも低い音を録音しない工夫として、マイクロフォンに発泡スチロールの板を設置した。

調査実施状況を図 4-1、調査実施イメージを図 4-3 に示す。



図 4-1 (1) 調査実施状況



図 4-1 (2) 調査実施状況

#### 2) 高さ別のコウモリ飛翔状況の把握調査

気象観測タワー側面の高さ 9.9m、11.9m、15.2m の 3 箇所非指向性マイクロフォンを横向き（樹林地向き）に設置した。バットディテクターは Wildlife Acoustics 製の Song Meter SM4BTFS、マイクロフォンは背面の音を拾わない同社製新型の SMM\_U2 とした。

調査実施状況を図 4-2、調査実施イメージを図 4-3 に示す。



図 4-2 (1) 調査実施状況



図 4-2 (2) 調査実施状況

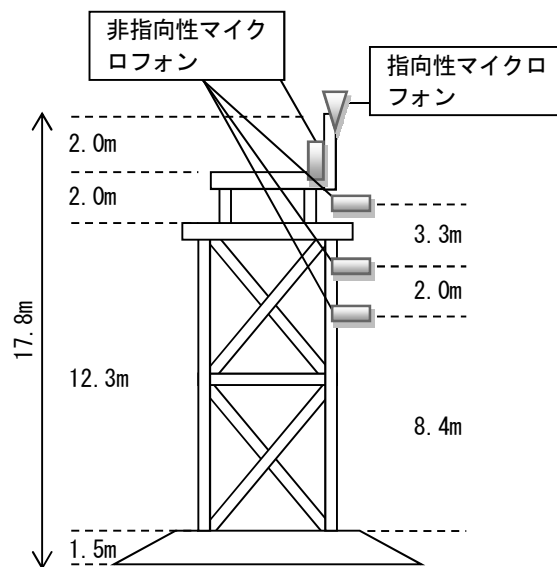


図 4-3 設置状況 (イメージ)

#### 4-4 調査時期

調査実施日は表 4-1 に示すとおり、「1) 樹冠以上の半球内を飛翔したコウモリの把握調査」は約 2 カ月、「2) 高さ別のコウモリ飛翔状況の把握調査」は 13 日間調査を行った。

表 4-1 調査時期

調査 実施日	樹冠以上の半球内 を飛翔したコウモ リの把握調査	平成 30 年 6 月 22 日～7 月 23 日、 8 月 25 日～9 月 25 日
	高さ別のコウモリ 飛翔状況の把握調 査	平成 30 年 9 月 14 日～9 月 26 日
調査実施時間帯		16 時から翌日 6 時

## 5. 解析（発展的事項）

### 5-1 調査手法の検討（指向性・非指向性マイクロフォンの比較）

非公開

### 5-2 調査高度の検討（高さ別調査結果の比較）

非公開

### 5-3 調査場所の検討（平成 29 年度調査との比較）

非公開

### 5-4 解析手法の検討①（分析ソフトウェアの確認）

非公開

### 5-5 解析手法の検討②（多変量解析による飛翔条件となる気象データ特定の試み）

非公開

### 5-6 有識者ヒアリングの結果

ヒアリング結果は以下のとおりである。

#### 1) 調査・解析方法の協議

日時：非公開

場所：非公開

出席者：非公開

##### (1) 調査場所について

- ・ コウモリ類の調査場所は、足寄町の九州大学北海道演習林とするのが良いと思う。
- ・ 足寄町では十勝全域のコウモリ類の生息種と同じ種がみられる他、演習林ではキクガシラコウモリが確認されたと聞いている。いくつか論文が発表されていると思う。
- ・ 樹冠以上を飛翔するのは主にヤマコウモリ等と言われているが、それ以外の種が飛翔している可能性もある。
- ・ 計画調査高さ 20m に対して、2m 程度低くなっても誤差の範囲と考えられる。

##### (2) 調査方法について

- ・ 指向性マイクロフォンの場合、検知範囲が限られるため、飛翔確認数が少なくなる可能性がある。

- ・複数のバットディテクターを用いた飛翔高度の推定は、理論上は可能だが、超音波発生源と各受音点（マイクロフォン）の角度の違い、バットディテクター1台1台の誤差等から難しいことも考えられる。その場合、樹冠以上の飛翔を樹冠より低い箇所での調査で推定できるかを検討するため、地上部でマイクロフォンを上向きに設置して調査してはどうか。

### (3) 解析方法について

- ・エコロケーション解析で種を特定するためには多くの参考データが必要となる。種の特定まで難しい場合は、グループで整理するのが良い。

### (4) その他

- ・コウモリ類の出現状況把握のための調査・解析に当たって、今後も助言を行うことは了承した。

## 2) 調査・解析結果の協議

日時：非公開

場所：非公開

出席者：非公開

### (1) 調査結果について

- ・海外で風車への衝突が確認されているコウモリ類と日本で生息しているコウモリ類の大きさ（翼開長）等を比較すると、日本の殆どの種が衝突してもおかしくない結果となった。今回の調査結果は、ヤマコウモリ、ヒナコウモリ以外の種（50kHz前後）が高さ20m以上を飛翔している可能性を示している。
- ・日没後1時間後から4時間後までが確認数が多いのは、これまで経験的に言われてきたことであり、それが数値で明らかになった。繁殖ステージにより飛翔する時間帯が変わると思うので、時期に分けて分析してみると良い。
- ・気温、風速とコウモリ類確認数の傾向は、整理できている。一方、気象条件とコウモリ類確認確率は、気象条件を絞り込むことでサンプル数も減ってしまい、数値だけで示すのは難しい。
- ・気象条件とコウモリ類確認数の相関関係はあると思う。重回帰分析でそれが表れないのは、線形の関係ではなく、非線形の関係だからではないか。
- ・ソフトウェアのリファレンスデータで、エコロケーションコールとノイズを区分していると思うが、ノイズの中にもエコロケーションコールが混じっている可能性がある。可能な範囲でノイズを見直してみると良い。

### (2) エコロケーション解析（種の推定）について

- ・コール特性からモモジロコウモリ、ヒメホオヒゲコウモリが抽出されたことに違和感はない。ただし、本当にその種なのかは確定できない。
- ・日本のコウモリ類の場合、音の特徴が似ておりコール特性のみでは確定できない。キクガシラコウモリやヤマコウモリはソナグラムで判別できるが、ウサギコウモリやテングコウモリは音圧が低く判別が難しい。種が特定できないものは、属やグループで整理した方が良い。

### (3) 調査期間の検討について

- ・今回の調査結果として、5日間あれば1日はコウモリ類が確認できることは妥当である。これをグループ毎に分析してはどうか。グループによって活動量が異なるため、違った結果になると思われる。
- ・海外で同様の研究を行った論文があるので、参考としてみると良い。

(4) 調査方法の検討について

- ・ 指向性マイクロフォンと非指向性マイクロフォンで音の検知状況を比較するためには、1 分程度の間隔で分析した方が良い。
- ・ 今後、U2 マイクロフォンが主流になるのであれば、指向性若しくは非指向性の U1 マイクロフォンと U2 マイクロフォンを比較するような調査も必要ではないか。

## 6. 取りまとめ

### 6-1 風力発電事業の環境影響評価図書の事例整理

非公開

### 6-2 調査・分析コストの概算整理

非公開

### 6-3 コウモリ類の調査手法の提案と課題

非公開

### 6-4 コウモリ類の保全措置の提案と課題

非公開



## 7. 今後の課題

今回の調査によって、以下のことが分かった。

### 【調査・検討結果のまとめ】

- ・九州大学北海道演習林（足寄町）の高高度（17.8m以上）において、7、8月にエコロケーションコールが多く確認された。
- ・時間帯別では、20～23時、日没後1～4時間後でエコロケーションコール確認数が多かった。
- ・気象条件としては、時間平均気温12～18℃、時間平均湿度95～100%、時間平均風速0.5～2.0m/s、時間雨量0.0mm/hでエコロケーションコール確認数が多かった。
- ・同じ環境条件の場合、6日間以上調査すれば調査期間中に各月のエコロケーションコール日確認数の代表値を上回る日が含まれる。
- ・一般に高高度を飛行すると考えられるヤマコウモリ、ヒナコウモリのエコロケーションコール周波数帯域は20kHz前後であるが、今回は50kHz前後も確認されたことから、それ以外の種も高高度を飛行している可能性が示された。
- ・既往研究<sup>1</sup>で整理されたエコロケーションコールのコール特性より、今回の調査結果からヤマコウモリ、ヒナコウモリ、モモジロコウモリ、ヒメホオヒゲコウモリが抽出された。
- ・指向性マイクロフォンと非指向性マイクロフォンの調査結果を比較したところ、検知範囲が狭い指向性マイクロフォンのエコロケーションコール確認数は、非指向性マイクロフォンの8割となった。
- ・マイクロフォン設置高さ別3箇所の調査より、ヤマコウモリ、ヒナコウモリが含まれる20kHz前後は高さ15.2mでの確認が最も多く、低くなるにつれて確認数が減る一方、50kHz前後は高さ9.9mでの確認が最も多く、高くなるにつれて確認数が減る結果となった。また、時間帯によって飛行高度（利用高度）を変えていることが分かった。

今回の調査で明らかとなった課題は以下のとおりである。

### 【明らかになった課題】

- 1) エコロケーションコールの確認状況は、調査場所の周辺に生息するコウモリ相、生息密度等に大きく依存する。このことから、調査結果を一般化するためには環境が異なる複数の調査場所での連続観測が必要である。
- 2) エコロケーションコールのコール特性による種の推定を精度良く行うためには、サンプル（リファレンス）数の増加、適切な抽出項目の設定等が必要である。これらの課題に対しては大学等で研究<sup>1</sup>が行われおり、これら研究との連携を図ることが効果的である。
- 3) 指向性、非指向性マイクロフォンによるエコロケーションコール確認数の僅かな差異の分析や設置高さ別3箇所の調査結果による飛行高度の推定に当たっては、エコロケーションコールの僅かな音圧レベルに対応した機器の精度が求められるため、メーカーによる研究開発を待たなければならない。

<sup>1</sup> コウモリ類の音声モニタリングの汎用化に向けた音声データベースと識別方法の構築（研究代表者：福井大 研究期間：2016-2020）等

今回の調査で明らかとなった課題を解決し、適切な調査手法、保全措置を確立するための調査として表7-1を提案する。

表 7-1 コウモリ類の調査方法・保全措置の検討に向けた今後の調査計画(案)

項 目	内 容
調査場所	道内外でコウモリ類の生息が確認されている複数地点（例えば、道央、道北、道東の3地点で、海岸部や草地等の植生の違いも考慮する。）
調査機器	バットディテクター（指向性マイクロフォン）、気温・湿度計、（可能であれば）風向・風速計、雨量計
機器設置方法	指向性マイクロフォンを高さ20m程度で上向きに設置、それ以外の調査機器はその近くに設置
調査期間	7、8月を含む4カ月程度（調査場所が道外の場合には、その地域のコウモリ特性に合わせる。）
調査時間帯	16時～翌日6時（日没から日の入りまで含む）