

複数の調査手法を用いた鳥類調査等の結果について（参考）

平成２８年９月
電力安全課

平成２７年の風力発電所環境審査調査（委託事業）の中で、複数の調査手法を用いた鳥類の夜間調査を行い、その結果の比較を行いました。

また、事後調査を想定し、無人赤外線撮影カメラを用いて鳥類の死骸残存率を求めたほか、複数の調査員で実験的に死骸確認調査を行い鳥類死骸の発見率を把握しました。

それらの結果を取りまとめたので、今後の調査の参考にいただければ幸いです。

1. 複数の調査手法を用いた鳥類の夜間調査（秋の渡り調査）
2. 無人撮影カメラを用いた死骸残存率の確認調査（残存率調査）
3. 死骸調査の実証実験（発見率調査）

1. 複数の調査手法を用いた鳥類の夜間調査
(秋の渡り調査)

1. 調査目的

「鳥類等に関する風力発電施設立地適正化のための手引について(環境省、平成 27 年 9 月)」(以下、「立地適性化の手引き」という)に、夜間に渡りを行う鳥類を観察する複数の手法が紹介されている。しかし、得られる結果の具体的な質や量については詳しく解説されていないことから、紹介されている複数の手法を同時に実施して、調査結果の比較検討を行ったものである。

2. 調査方法

調査は「鳴き声録音調査」、「月面ビデオ撮影調査」、「赤外線サーマル暗視スコープ調査」、「ライトを利用した目視調査」を行った。各調査の調査方法は表 1 に示すとおりである。

表 1 秋の渡り(夜間)の調査方法一覧

調査名	調査方法	地点数・時間	調査機材の写真
鳴き声録音調査	指向性マイクやパラボラマイクを上空に向けて設置し、上空を通過した鳥類の鳴き声だけを IC レコーダで録音した。	1 地点 12 時間(17～翌 5 時)の連続録音	
月面ビデオ撮影調査	簡易な月面追尾装置に取り付けたビデオカメラを利用し、月面を通過する鳥類及びコウモリ類を記録した。	1 地点 - 夜間の月が出ている時間帯に連続撮影	
赤外線サーマル暗視スコープ調査	- 熱を感知するサーマル暗視スコープを利用し、飛翔する鳥類とコウモリ類を確認した。 - サーマル暗視スコープの録画機能を利用して動画の記録も行った。	1 地点 - 時間は任意	
ライトを利用した目視調査	強力なライトを上空に向けて照射し、通過する鳥類及びコウモリ類を確認した。	1 地点 17 時～翌 5 時の毎正時から 10 分間	

※各調査で利用した機材の紹介

- ・ 鳴き声録音調査: 参考 URL <http://www.din.or.jp/~fpc/Ls/indexLs.htm>
- ・ 月面ビデオ撮影調査: 参考 URL <http://www.din.or.jp/~fpc/Ls/indexLs.htm>
- ・ 赤外線サーマル暗視スコープ調査: 参考 URL <http://www.flir.jp/hunting-outdoor/display/?id=42274>

3. 調査期間

鳥類の秋の渡り時期に該当する 9 月及び 10 月に現地調査を行った。実施期間は、表 2 に示すとおりである。

表 2 調査期間

実施内容	調査日											
調査月	9 月							10 月				
調査日	17 日	18 日	19 日	20 日	21 日	22 日	23 日	16 日	17 日	18 日	19 日	20 日
天気	曇/雨	曇	晴/雨	晴/曇	曇	晴	晴	晴	晴	曇/晴	晴	晴/雨
鳴き声録音調査	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
月面ビデオ撮影調査	-	-	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●
赤外線サーマル暗視スコープ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
ライトを利用した目視調査	-	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	●

4. 調査位置

遮蔽物が少ない尾根上の 1 地点で調査を行った。ただし、「鳴き声録音調査」の録音機材については、調査時の作業音が入らないように、地点からやや離れた場所に設置した。

5. 調査結果

5.1 鳴き声録音調査の結果

指向性マイクやパラボラマイクを上空に向けて設置し、通過した鳥類の鳴き声だけを集音して、IC レコーダに録音した。のちに録音データを聴いて、鳴き声から種の同定を行った。

調査の結果、録音データから 3 目 11 科 13 種(合計 249 例)の鳥類の鳴き声を記録した。なお、一声だけの小さな鳴き声の記録が多く、結果的に種不明と判断したものが 166 例あったが、声質から考えるとツグミ類が多いものと推測された。

録音時には、鳥類の調査員による鳴き声の聞き取り調査も補足的に行っていたが、10 月調査で計 15 例を記録した程度であり、録音調査の方が顕著に記録数は多かった。記録数に差が出た原因は不明だが、録音調査では指向性マイクやパラボラマイクを利用しており、調査員には聞き取れない小さな鳴き声・遠方の鳴き声も集音できていた可能性がある。

表 3 鳴き声録音調査の結果(月別の記録数)

No.	目名	科名	種名	9 月	10 月	合計
1	カモ	カモ	ハクチョウ属の一種		4	4
2	キツツキ	キツツキ	アカゲラ属の一種	1		1
3			アオゲラ		4	4
4	スズメ	モズ	モズ	1		1
5		カラス	ハシブトガラス	2	1	3
6		シジュウカラ	シジュウカラ科の一種	1	2	3
7		ウグイス	ウグイス		2	2
8		メジロ	メジロ		2	2
9		ヒタキ	ツグミ		11	11
-			ツグミ属の一種		36	36
10		セキレイ	タヒバリ		1	1
11		アトリ	アトリ		7	7
12			カワラヒワ		1	1
13		オホジロ	ホオジロ		1	1
-			ホオジロ属の一種		6	6
-	-	-	種不明	87	79	166
合計	3 目	11 科	13 種	92 例	157 例	249 例

各月の時間別の記録数は、9月調査では21時台の22例が最も多く、次いで17時台の13例、4時台の12例であり、10月調査では5時台の40例が最も多く、次いで17時台の30例、1時台の18例であった。

日没直後や明け方付近で記録数が多くなる傾向はあるが、9月の21時台や10月の1時台のように、深夜であっても記録が増加する時間帯があった。

表 4 鳴き声録音調査の結果(9月の時間別の記録数)

No.	種名	時間												合計
		17時	18時	19時	20時	21時	22時	23時	0時	1時	2時	3時	4時	
1	アカゲラ属の一種	1												1
2	モズ	1												1
3	ハシブトガラス	2												2
4	シジュウカラ科の一種												1	1
-	種不明	9	3	5	7	22	8	8	5	6	2	1	11	87
合計	4 種	13 例	3 例	5 例	7 例	22 例	8 例	8 例	5 例	6 例	2 例	1 例	12 例	92 例

表 5 鳴き声録音調査の結果(10月の時間別の記録数)

No.	種名	時間														合計
		16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時	23時	0時	1時	2時	3時	4時	5時	
1	ハクチョウ属の一種			4												4
2	アオゲラ		3											1		4
3	ハシブトガラス		1													1
4	シジュウカラ科の一種													2		2
5	ウグイス	1	1													2
6	メジロ													2		2
7	ツグミ		3	2				1				1		1	3	11
-	ツグミ属の一種		7	1	1	1			2	3	8	2	1	3	7	36
8	タヒバリ	1														1
9	アトリ		1											1	5	7
10	カワラヒワ													1		1
11	ホオジロ		1													1
-	ホオジロ属の一種		1												5	6
-	種不明	1	12	4	8	5	3	1	8	1	10	3	3	6	14	79
合計	11 種	3 例	30 例	11 例	9 例	6 例	3 例	2 例	10 例	4 例	18 例	6 例	4 例	11 例	40 例	157 例

5.2 月面ビデオ撮影調査の結果

野外に設置可能な簡易な月面追尾装置を導入し、この装置にビデオカメラを取り付けて、月面を通過する鳥類及びコウモリ類を動画で記録した。

調査の結果、計 16 例を記録した。画面を一瞬だけ横切る記録が多く、鳥類かコウモリ類かの判別も不能であり、種の同定を行うことはできなかった。

表 6 月面ビデオ撮影調査の結果(月別の記録数)

種名	9 月	10 月	合計
種不明	15 例	1 例	16 例
合計	15 例	1 例	16 例

表 7 月面ビデオ撮影調査の結果(時間別の記録数)

種名	時間								合計
	17 時	18 時	19 時	20 時	21 時	22 時	23 時	24 時	
種不明	5 例	3 例	8 例						16 例
合計	5 例	3 例	8 例	0 例	0 例	0 例	0 例	0 例	16 例



飛翔する鳥類またはコウモリ類(9/20 撮影)



飛翔する鳥類またはコウモリ類(どちらも 9/22 撮影)

5.3 赤外線サーマル暗視スコープ調査の結果

一般的な「光学暗視スコープ」よりも高性能な「熱感知によるサーマル暗視スコープ」を利用し、飛翔する鳥類及びコウモリ類を記録した。確認方法は、目視観察またはサーマル暗視スコープの録画機能を使用した動画撮影である。

調査の結果、目視観察と録画により、9～10月で計62例を記録した。本調査は、鳴き声録音調査に次いで記録数が多かったほか、月面ビデオ撮影調査では分からなかった鳥類とコウモリ類の判別も可能であった。

表 8 赤外線サーマル暗視スコープ調査の結果
(目視・録画の記録数)

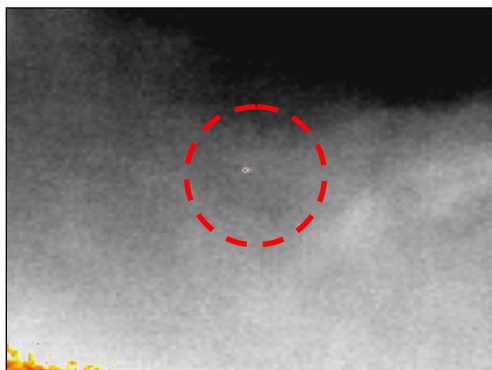
種類	目視	録画	合計
鳥類	9 例	29 例	38 例
コウモリ類	1 例	1 例	2 例
不明	10 例	12 例	22 例
合計	20 例	42 例	62 例



調査の実施状況(9/23撮影)

表 9 赤外線サーマル暗視スコープ調査の結果(時間別の記録数)

種類	時間									合計
	17 時	18 時	19 時	20 時	21～22 時	23 時	24 時	1～3 時	4 時	
鳥類	1 例	9 例	14 例	1 例		1 例	11 例		1 例	38 例
コウモリ類			2 例							2 例
不明		3 例	10 例				8 例		1 例	22 例
合計	1 例	12 例	26 例	1 例	0 例	1 例	19 例	0 例	2 例	62 例



飛翔する小型鳥類(9/19撮影)



飛翔するコウモリ類(9/23撮影)

5.4 ライトを利用した目視調査の結果

強力なライトを上空に向けて照射し、通過する鳥類及びコウモリ類を確認した。ライトの照射は、毎正時から 10 分間行い、20 秒間上空へ向けて点灯後、40 秒間は消灯する手法を繰り返した。ただし、前述の手法では鳥類及びコウモリ類の飛翔の確認ができなかったことから、10 分間の連続点灯に切り替えて調査を実施した。

調査の結果、夜間に飛翔する鳥類及びコウモリ類の確認はなかった。

6. 夜間調査の手法の比較

最も確認数が多かったのは「鳴き声録音調査」であり、計 249 例を記録することができ、また種の判別も可能であったことから、鳥類の夜間調査に有効な手法といえる。

録音機材には指向性マイクやパラボラマイクを利用しており、一定程度の効果が得られたものと考えられるが、IC レコーダーも含めて、より鳥類の鳴き声の録音に適した機材を選定することができれば、確認例数や種を同定できる記録数が増える可能性がある。なお、録音自体は簡易に行えるが、専門知識を持つ調査員が録音したデータを全て聴いて確認する必要がある、機材費用は安価であるものの、録音時間に比例した人件費が発生することに留意が必要である。

次いで記録数が多かったのは「赤外線サーマルスコープ調査」であり計 62 例を記録することができた。「赤外線サーマル暗視スコープ調査」や「月面ビデオ撮影調査」では、種を判別することができなかったものの、録画を行えることから、簡便な定量調査・無人調査としての運用も期待できる。

「ライトを利用した目視調査」では鳥類を記録することができなかったが、ライトの明るさ、指向性、光質等が影響する可能性もあることから、機材を替えて再調査を行ってみる必要があるかもしれない。

表 10 渡り調査(夜間)の調査結果比較

項目	例数	種判別	機材コスト	コメント
鳴き声録音調査	249 例	可	約 5 万円	・ 高い専門知識(鳴き声による鳥類の同定)が必要になる。
月面ビデオ撮影調査	16 例	不可	約 5 万円	・ 録画することから、夜間の定量調査に利用できる可能性がある。 ・ 夜間の月が出ている時間しか調査ができない。
赤外線サーマル暗視スコープ調査	62 例	不可 (鳥類とコウモリ類の判別は可能)	約 50 万円	・ 録画することから、夜間の定量調査に利用できる可能性がある。 ・ 小型の鳥類を無理なく記録できる距離は、100m 程度までと考えられる。
ライトを利用した目視調査	0 例	不明	約 5 万円	・ 本調査では、鳥類を確認できなかった。

本資料は「経済産業省委託 平成27年度発電所環境審査調査報告書」(平成28年3月 株式会社建設環境研究所)の内容に基づいて取りまとめたものである。

2. 無人撮影カメラを用いた死骸残存率の確認調査 (残存率調査)

1. 調査目的

バードストライクにより死亡し地面に落下した鳥類の死骸は、肉食動物に持ち去られる場合があるが、その実態は十分に把握されていない。

そこで、どのような動物が死骸を持ち去るのか、どの程度の期間で死骸が持ち去られるのか等を明らかにし、鳥類の死骸の残存率を求めることを目的に調査を行った。

2. 調査方法

赤外線センサー付きの無人撮影カメラを用いて、残置した鳥類の死骸を持ち去ろうとする動物の撮影を行った。詳細な調査方法は、表 1に示すとおりである。

表 1 無人撮影カメラを用いた残存率の確認調査の方法

調査内容	調査方法
無人撮影カメラを用いた残存率の確認調査	・鳥類の死骸には、市販の冷凍ウズラ(解体されていない羽根付きの成鳥サイズ)を利用した。 ・「牧場跡地」「ススキ原(草丈の高い草地)」「森林」の環境で調査を行った。 ・無人撮影カメラは、赤外線センサーで動物を感知して、自動で撮影を行うことができるものを利用した。この機種には、3G 回線(携帯電話回線)が内蔵されており、撮影と同時に E メールで画像を送信することにより、リアルタイムで画像を確認することができる。 ・赤外線センサーが動物を感知した場合に自動撮影を行う設定としたが、補足として1時間に1枚を定時撮影する機能もあわせて用いた。 ・死骸は消失するものの、持ち去った動物がうまく撮影されていないことがあった。このため、11月以降の調査では動物が死骸を持ち去るのに支障のない程度に、細い枝と糸を用いて死骸を仮固定する工夫を行った。  無人撮影カメラ※ 利用した冷凍ウズラ ※無人撮影カメラ:Hyke ハイカム SP158-J (株)ハイク社製 http://hyke-store.com/

3. 調査期間

調査は10月～12月に実施した。10月に設置したカメラのうち1台(地点B)はカメラの画角が動いたことから、有効な画像を記録することができなかったが、この他のカメラは死骸が持ち去られるまで撮影を継続することができた。

調査の実施期間は、表2に示すとおりである。

表2 調査期間

地点	季節	調査開始(カメラ設置)	調査終了(カメラ撮影終了)	環境
A	秋	2015/10/24 14:00	2015/11/12 12:01	牧場跡地
	冬	2015/11/12 12:49	2015/12/09 9:10	牧場跡地
B	秋	記録できず		ススキ原
C	秋	2015/10/24 16:26	2015/11/06 16:05	森林
D	冬	2015/11/11 16:24	2015/11/12 9:57	森林
	冬	2015/11/12 10:09	2015/11/30 18:27	森林
E	冬	2015/11/11 14:29	2015/12/02 15:22	ススキ原



死骸の設置状況(11/11撮影)



死骸の設置状況(10/24撮影)



カメラの設置状況(11/11撮影)

4. 調査位置

残置した鳥類の死骸を動物が持ち去るまでの時間は、環境により違いがあると仮定して、調査地点を環境別に設定した。各地点の環境区分及び状況は、表 3 に示すとおりである。

表 3 調査地点の状況

地点	環境区分	地点の状況
A	牧場跡地	牧草が密生しており、イノシシの掘り返しが多くみられた。イノシシの掘り返しの少ない箇所に死骸を残置した。
B	ススキ原	腰丈ほどのススキ原が広がっており、イノシシの掘り返しが所々にみられた。イノシシの掘り返しの少ない箇所に死骸を残置した。
C	森林	山道に面したミズナラ林内に死骸を残置した。
D	森林	山道の脇の斜面を下りた川沿いのコナラ林に死骸を残置した。
E	ススキ原	森林地帯に面したススキ原で、身の丈以上の高さがあり、イノシシの掘り返しが所々にみられた。イノシシの掘り返しの少ない箇所に死骸を残置した。



牧場跡地 (地点 A:10/25 撮影)



森林 (地点 C:10/24 撮影)



ススキ原 (地点 E:10/23 撮影)

5. 調査結果

10 月～12 月にかけて調査を行った結果、哺乳類 8 種(タヌキ、キツネ、イタチ等)、鳥類 2 種(カケス、フクロウ)の計 10 種を無人撮影カメラで記録することができた。鳥類の死骸を実際に持ち去ったのはタヌキ、キツネ、イノシシであり、持ち去らなかったもののその場で死骸を摂餌したのはタヌキ、テン、カケス、フクロウであった(表 4 参照)。

死骸の残存時間を整理したところ、残存時間が最も長かったのは E 地点(冬季・ススキ原)の 152 時間 38 分で、その反対に最も短かったのは D 地点(冬季・森林)の 9 時間 37 分であった(表 5 参照)。

地点ごとの詳細な調査結果については、次ページからの表 6～表 11 に示すとおりである。

表 4 無人撮影カメラで撮影された動物の一覧

No	綱名	目名	科名	種名	月別撮影回数				死骸の持ち去り状況※	
					10 月	11 月	12 月	合計	持ち去	摂餌
1	哺乳類	ネコ	イヌ	タヌキ		14	1	15	2	2
2				キツネ		6		6	1	
3			イタチ	テン		2		2		1
4				イタチ	2	3		5		
5			ジャコウネコ	ハクビシン	1	1		2		
6		ウサギ	ウサギ	ニホンノウサギ	1			1		
7		ウシ	イノシシ	ニホンイノシシ		4		4	1	
8			ウシ	カモシカ		1		1		
9	鳥類	スズメ	カラス	カケス		2		2		2
10		フクロウ	フクロウ	フクロウ		1		1		1
計	2 綱	5 目	8 科	10 種	4 例	34 例	1 例	39 例	4 例	6 例

※死骸をかじる様子が撮影された後に、死骸がその場に残っていない場合は「持ち去り」とし、その後も死骸が残っている場合は「摂餌」とした。

表 5 死骸の残存時間の整理

地点	季節	実験環境	死骸の設置日時	死骸の消失日時	死骸の残存時間	持ち去った動物
A	秋	牧場跡地	2015/10/24 14:00	2015/10/25 9:13	19 時間 13 分	不明
	冬		2015/11/12 12:49	2015/11/18 16:01	147 時間 12 分 (6 日 3 時間 12 分)	キツネ
C	秋	森林	2015/10/24 16:26	2015/10/25 4:05	11 時間 39 分	不明
D	冬	森林	2015/11/11 16:24	2015/11/12 2:01	9 時間 37 分	タヌキ
	冬		2015/11/12 10:09	2015/11/17 5:10	115 時間 1 分 (4 日 19 時間 1 分)	タヌキ
E	冬	ススキ原	2015/11/11 14:29	2015/11/17 23:00	152 時間 38 分 (6 日 8 時間 38 分)	イノシシ

表 6 無人撮影カメラでの撮影結果【A 地点：秋季】(1/1)

地点	A(秋季)	環境	牧場跡地
実験開始日時	2015/10/24 14:00	死骸消失日時	2015/10/25 9:13
調査結果		死骸設置環境	
- 死骸残存時間:19 時間 13 分 - 動物が死骸を持ち去る写真を撮影できていなかったため、死骸が消失していた 10/25 9:13 を持ち去った時間とした。 - 無人撮影カメラでは、キツネ、タヌキ、イノシシを撮影することができた。			
10/24 14:00 実験開始 ↓ 19 時間 13 分 ↓ 10/25 9:13 死骸消失		 10/24 8:11 死骸の最終撮影時刻10/25 9:13 死骸消失 日時:2015/10/25 9:13 種名:不明 写真:この時点で死骸がなくなっている。 残存時間:19 時間 13 分	
死骸の消失後に撮影された動物			
 11/4 18:02 キツネ11/8 20:09 タヌキ11/12 5:19 イノシシ			

表 7 無人撮影カメラでの撮影結果【A 地点：冬季】(1/1)

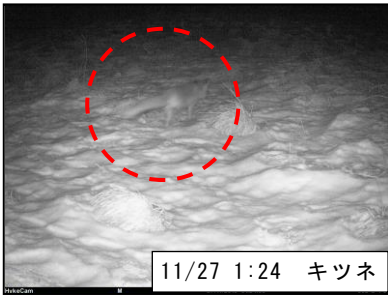
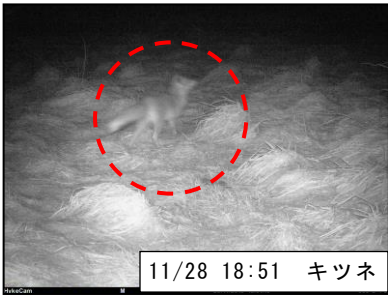
地点	A(冬季)	環境	牧場跡地
実験開始日時	2015/11/12 12:49	死骸消失日時	2015/11/18 16:01
調査結果	死骸設置環境		
・死骸残存時間:147 時間 12 分 (6 日 3 時間 12 分) ・死骸を持ち去るキツネの撮影 に成功した。 ・このほかに、タヌキ、カモシ カを撮影することができた。	 		
11/12 12:49 実験開始 147 時間 12 分 日時:2015/11/18 16:01 種名:キツネ 写真:死骸を持ち去る姿が撮影された。 残存時間:147 時間 12 分 11/18 16:01 死骸消失		 11/18 16:01 死骸を持ち去るキツネ	
鳥類死骸の消失後に撮影された動物			
 11/21 3:56 キツネ		 11/27 1:24 キツネ	
 11/28 18:51 キツネ			
 11/29 23:17 カモシカ		 11/30 0:11 タヌキ	
		 12/2 21:28 タヌキ	

表 8 無人撮影カメラでの撮影結果【C 地点: 秋季】(1/1)

地点	C(秋季)	環境	森林
実験開始日時	2015/10/24 16:26	死骸消失日時	2015/10/25 4:05
調査結果		死骸設置環境	
- 死骸残存時間:11 時間 39 分 - 動物が死骸を持ち去る写真を撮影できていなかったため、死骸が消失していた 10/25 4:05 を持ち去った時間とした。 - 無人撮影カメラではイタチ、ノウサギ、イノシシを撮影することができた。		 	
10/24 16:26 実験開始 11 時間 39 分 10/25 4:05 死骸消失		  10/25 3:04 死骸の最終撮影時刻 10/25 4:05 死骸消失 日時:2015/10/25 4:05 種名:不明 写真:この時点で死骸がなくなっている。 残存時間:11 時間 39 分	
鳥類死骸の消失後に撮影された動物			
 10/30 18:48 イタチ  10/30 20:05 ノウサギ  10/31 3:54 イタチ			
 11/3 22:21 イタチ  11/6 8:04 イノシシ			

表 9 無人撮影カメラでの撮影結果【D 地点：冬季 1 回目】(1/1)

地点	D(冬季 1 回目)		環境	森林
実験開始日時	2015/11/11 16:24		死骸消失日時	2015/11/12 2:01
調査結果		死骸設置環境		
・ 死骸残存時間:9 時間 37 分 ・ 死骸を持ち去るタヌキの撮影に成功した。 ・ 撮影ができたのは、死骸を持ち去ったタヌキのみであった。		 		
11/11 16:24 実験開始 9 時間 37 分 11/12 2:01 死骸消失		 11/12 2:01 死骸を持ち去るタヌキ  拡大図 日時:2015/11/12 2:01 種名:タヌキ 写真:死骸を持ち去る姿が撮影された。 残存時間:9 時間 37 分		
鳥類死骸の消失後に撮影された動物				
撮影されたのは、死骸を持ち去ったタヌキのみであった。				

表 10 無人撮影カメラでの撮影結果【D 地点：冬季 2 回目】(1/3)

地点	D(冬季 2 回目)	環境	森林
実験開始日時	2015/11/12 10:09	死骸消失日時	2015/11/17 5:10
調査結果		死骸設置環境	
- 死骸残存時間：115 時間 1 分(4 日 19 時間 1 分) - 死骸を持ち去るタヌキの撮影に成功した - このほかに、テン、カケス、ハクビシン、イタチ、キツネを撮影することができた。			
11/12 10:09 実験開始 11/13 1:47 11/13 4:25		日時:2015/11/13 1:47~1:48 種名:タヌキ(1 回目) 写真:残置した死骸の近くを歩く姿が撮影された。 死骸を嗅ぐ、あるいはかじるような行動をとっているものの、死骸を持ち去ることはしていない。  1:47 タヌキ 日時:2015/11/13 4:25 種名:タヌキ(2 回目) 写真:残置した死骸の近くを歩く姿が撮影された。 死骸を嗅ぐ、あるいはかじるような行動をとっているものの、死骸を持ち去ることはしていない。  4:25 タヌキ 日時:2015/11/13 4:25~4:26 種名:テン(1 回目) 写真:タヌキが写真に撮影されて約 10 秒後、ほぼ入れ違いで出現。残置した死骸の近くを歩く姿が撮影された。 死骸を嗅ぐ、あるいはかじるような行動をとっているものの、死骸を持ち去ることはしていない。  4:25 テン	

表 10 無人撮影カメラでの撮影結果【D 地点：冬季 2 回目】(2/3)

調査結果	
11/14 15:24 日時:2015/11/14 15:24~15:28 種名:カケス(1 回目) 写真:設置した死骸の近くを歩く姿が撮影された。死骸を摂餌している。	15:24 カケス 
11/15 20:10 日時:2015/11/15 20:10~20:11 種名:テン(2 回目) 写真:残置した死骸の近くを歩く姿が撮影された。	20:10 テン 
11/16 7:11 日時:2015/11/16 7:11~9:02 種名:カケス(2 回目) 写真:残置した死骸の近くを歩く姿が撮影された。付近に長時間留まって死骸を摂餌したと考えられ、死骸が大幅に損壊している。	7:11 カケス 
115 時間 1 分 日時:2015/11/17 5:06~5:10 種名:タヌキ(3 回目) 写真:死骸を持ち去る姿が撮影された。 残存時間:115 時間 1 分	5:08 タヌキ 
11/17 5:10 死骸消失	

表 10 無人撮影カメラでの撮影結果【D 地点：冬季 2 回目】(3/3)

鳥類死骸の消失後に撮影された動物		
 11/17 5:31 ハクビシン	 11/17 17:25 ハクビシン	 11/17 17:52 イタチ
 11/19 16:07 タヌキ(2匹)	 11/20 0:31 タヌキ	 11/20 21:52 イタチ
 11/21 1:18 タヌキ	 11/21 19:57 キツネ	 11/21 23:30 タヌキ
 11/25 1:07 タヌキ	 11/27 18:16 タヌキ	 11/27 19:04 タヌキ

表 11 無人撮影カメラでの撮影結果【E 地点：冬季】(1/1)

地点	E(冬季)	環境	ススキ原
実験開始日時	2015/11/11 14:29	死骸消失日時	2015/11/17 23:07
調査結果		死骸設置環境	
- 死骸残存時間:152 時間 31 分 (6 日 8 時間 31 分) - 死骸を食べるイノシシの撮影に成功した。持ち去りはせずに、その場で死骸を全て食べた。 - このほかに、死骸を摂餌するフクロウを撮影することができた。			

11/11 14:29 実験開始	日時:2015/11/17 1:51 種名:フクロウ 写真:残置した死骸を摂餌する姿が撮影された。	 1:51 フクロウ
11/17 1:51		
152 時間 38 分	日時:2015/11/17 22:59~23:07 種名:イノシシ 写真:死骸を摂餌する姿が撮影された。死骸を持ち去らず、その場で死骸を全て摂餌した。 残存時間:152 時間 38 分	 23:07 イノシシ
11/17 23:07 死骸消失		

鳥類死骸の消失後に撮影された動物	
 11/18 21:22 イノシシ	

6. 結果の解析

(1) 諸元の整理

7回の調査を行った結果、カメラの画角が動いて記録ができなかった1回をのぞき、全調査で死骸の消失時間を確認することができた。動物が死骸を持ち去るまでの時間は、最短で9時間37分、最長で152時間38分であった。

ただし、11月の地点D(森林)、11月の地点E(ススキ)に関しては、死骸を持ち去る前に、タヌキ、フクロウが死骸をその場で摂餌する様子が撮影されているため、その時間を消失時間として解析することとした。

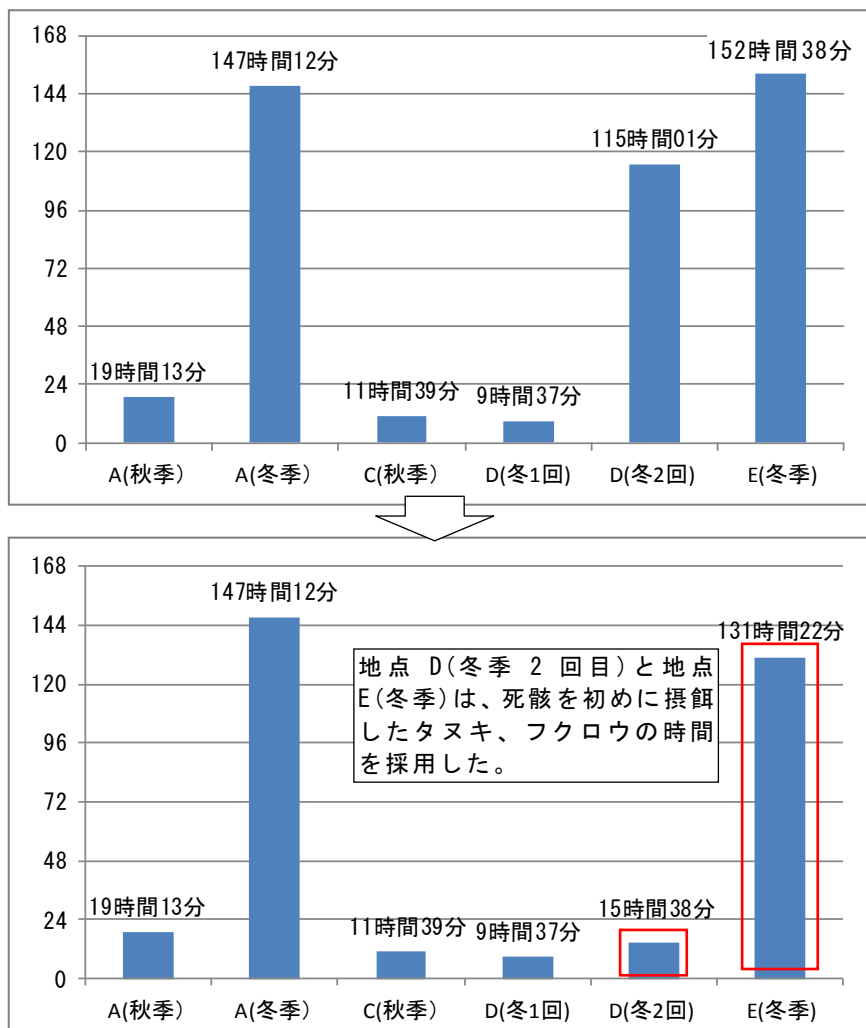


図 1 死骸の消失時間(上補正前、下補正後)



死骸を摂餌するタヌキ(地点 D 11/13 撮影)



死骸を摂餌するフクロウ(地点 E 11/17 撮影)

(2) 季節別・環境別の比較

秋季と冬季の残存時間を比較したところ、秋季が平均 15 時間 26 分、冬季が平均 75 時間 57 分であり、冬季の方が平均時間が長かった(図 2 参照)。

環境ごとの残存時間では、牧場跡地が平均 83 時間 12 分、森林が平均 12 時間 18 分、ススキ原が平均 131 時間 22 分であり、森林の平均時間が顕著に短かった(図 3 参照)。

地点別に見ると、牧場跡地の地点 A では秋季と冬季の残存時間に顕著な差が認められるが、森林環境の地点 C 及び地点 D では秋季と冬季の差は小さい。季節変動はあるものの、環境によって変動差があることも考えられる。

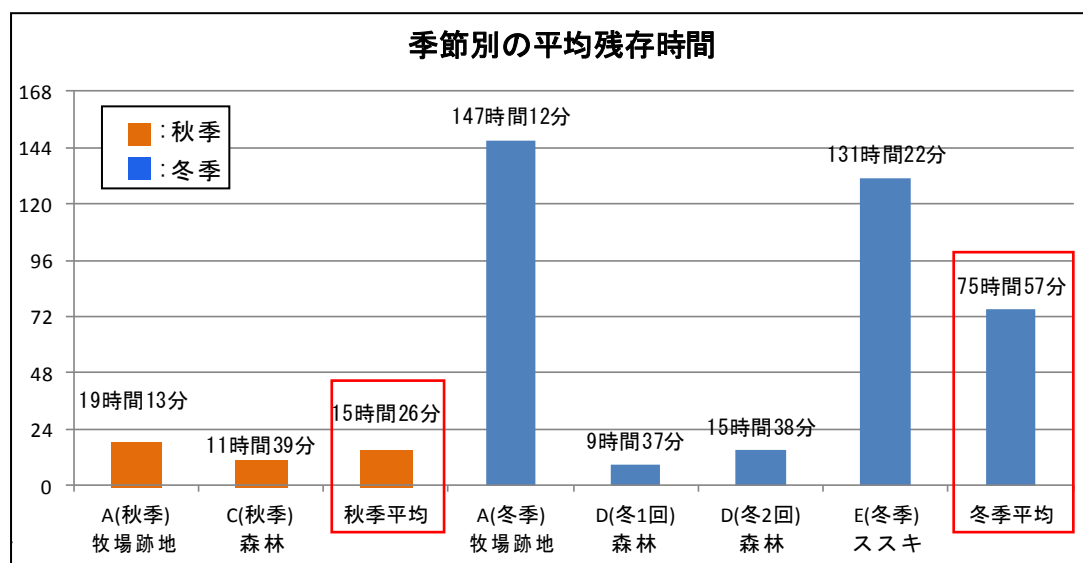


図 2 季節別の平均残存時間の比較

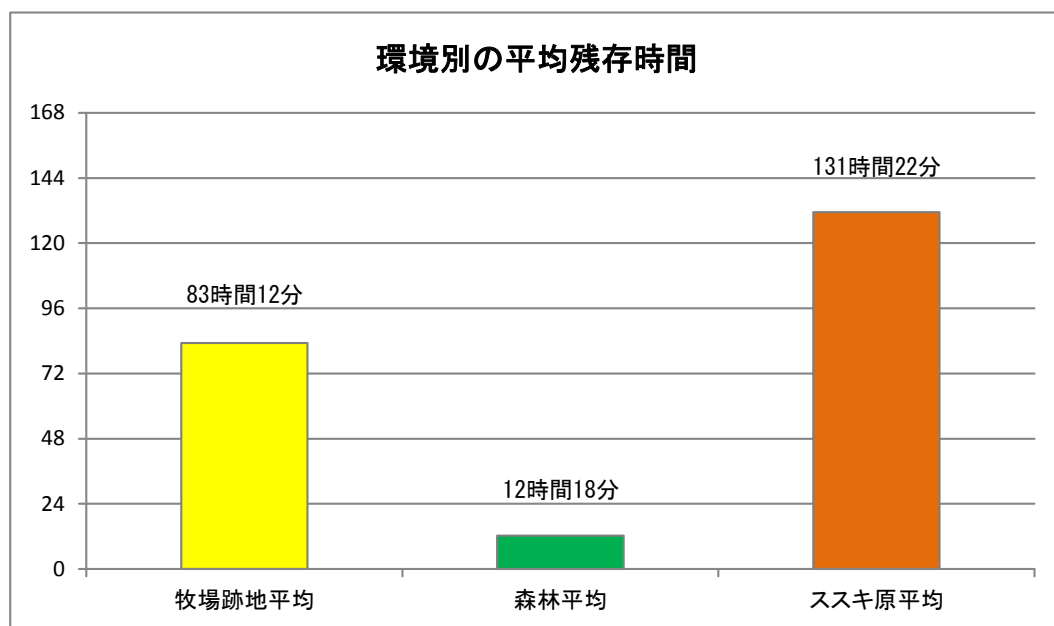


図 3 環境別の平均残存時間の比較

(3) 累積残存率の算出

「鳥類等に関する風力発電施設立地適正化のための手引き（環境省、平成 27 年 9 月修正）」（以下、「立地適性化の手引き」という）に「推奨される死骸発見調査方法（案）」の記載がある。この中で推定衝突数を求めるために、発見率や累積残存率で衝突数を補正する手法が紹介されており、参考事例の累積残存率の値が示されている。

そこで、本調査で得られた結果を基に累積残存率を算出し、立地適性化の手引きで示されている値と比較を行った。

1) 計算手順・用語解説

本調査で得られた結果を基に回帰式を求め、その回帰式を利用して推定残存率を算出した。さらにその推定残存率を利用して累積残存率を求めた。

※推定残存率・累積残存率の解説

回帰式で求められる推定残存率は、死骸を放置してから x 日経過したその日の残存率を求めたものとなっている。しかし、実際には x 日までの推定残存率の累積を考慮する必要があり、この値を累積残存率という。

死骸調査日数の間隔を平均 d としたとき、 d 日経過したときの累積残存率は 1 日～ d 日までの推定残存率の総和を d で除した平均値である。

※「鳥類等に関する風力発電施設立地適正化のための手引き（平成 27 年修正版, 環境省）」を参考に記述した。

2) 回帰式の作成と推定残存率の算出

調査結果からグラフを作成して回帰式を求め(図 4参照)、その回帰式を利用して当該地域での推定残存率を算出した(表 12参照)。

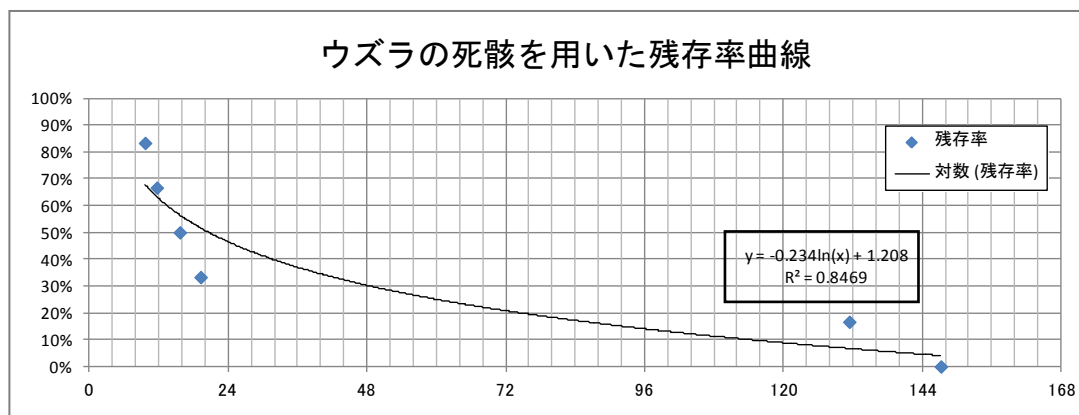


図 4 調査結果から算出した回帰式(ウズラの死骸を用いた場合の残存率曲線)

表 12 回帰式を利用して算出した推定残存率

経過日数	経過時間	回帰式から算出した 推定残存率※
1	24	46.43%
2	48	30.21%
3	72	20.73%
4	96	13.99%
5	120	8.77%
6	144	4.51%
7	168	0.90%
8	192	0.00%
9	216	0.00%
10	240	0.00%
11	264	0.00%
12	288	0.00%
13	312	0.00%
14	336	0.00%
15	360	0.00%

※推定残存率は、図 4 で求めた回帰式 $y = -0.234\ln(x) + 1.208$ に経過時間を代入して算出した。

3) 累積残存率の算出

回帰式を利用して算出した推定残存率を用いて、衝突数推定の補正に利用する累積残存率を求めた。また、立地適性化の手引きにも、いくつかの累積残存率の参考値が示されていることから、比較のためにあわせて掲載した(表 13参照)。

立地適性化の手引きに示されているウズラの値と比較すると、経過 6 日目までは、本調査から求めた累積残存率の方が高い数値を示した。ただし、経過 7 日目以降は、手引きに記載のある累積残存率の方が高い値を示しており、必ずしも同様の傾向ではないようであった。

表 13 累積残存率の比較整理

経過 日数	本調査の結果から 求めた累積残存率	環境省手引きに記載のある累積残存率※			
	ウズラ	ウズラ	ニワトリ	中型野鳥	大型野鳥
1	46.4%	23.2%	84.4%	103.1%	104.6%
2	38.3%	21.7%	78.7%	99.0%	103.9%
3	32.5%	20.7%	74.6%	95.8%	103.2%
4	27.8%	19.9%	71.4%	93.0%	102.6%
5	24.0%	19.3%	68.7%	90.6%	101.9%
6	20.8%	18.8%	66.5%	88.5%	101.3%
7	17.9%	18.4%	64.5%	86.6%	100.6%
8	15.7%	18.0%	62.7%	84.9%	100.0%
9	13.9%	17.7%	61.1%	83.4%	99.3%
10	12.6%	17.4%	59.7%	81.9%	98.7%
11	11.4%	17.1%	58.4%	80.6%	98.1%
12	10.5%	16.9%	57.1%	79.3%	97.5%
13	9.7%	16.6%	56.0%	78.2%	96.8%
14	9.0%	16.4%	54.9%	77.1%	96.2%
15	8.4%	16.2%	54.0%	76.0%	95.6%

※「鳥類等に関する風力発電施設立地適正化のための手引き(平成 27 年修正版, 環境省)」より抜粋

7. まとめ

調査結果から、環境や季節によって残存時間が異なると推測される。

また、本調査で求めた累積残存率と、立地適性化の手引きで紹介されている累積残存率に違いがあることから分かるように、調査場所が異なれば累積残存率も異なるものと考えられる。

事業の立地特性に応じて使い分けができるように、地域あるいは環境ごと等に、累積残存率を整理していく必要があると考えられる。

本資料は「経済産業省委託 平成27年度発電所環境審査調査報告書」(平成28年3月 株式会社建設環境研究所)の内容に基づいて取りまとめたものである。

3．死骸調査の実証実験（発見率調査）

1. 実験目的

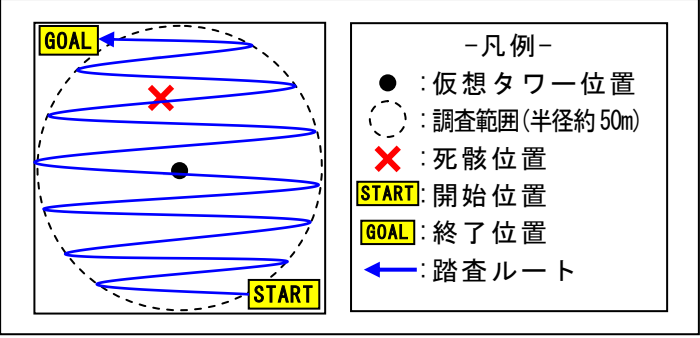
「鳥類等に関する風力発電施設立地適正化のための手引について(環境省、平成 27 年 9 月)」(以下、「立地適性化の手引き」という)に、環境アセスメントの事後調査として「死骸調査」が紹介されている。これは、バードストライクで死亡した鳥類の死骸を探す調査であるが、国内における調査結果の発表例はまだ少ない。

そこで、「踏査で鳥類の死骸を発見することができるのか」、「発見までにどの程度の時間を要するのか」等を把握し、鳥類の死骸の発見率を求めることを目的として、死骸調査を実験的に行ったものである。

2. 実験方法

牧場跡地に半径 50m の実験地区を設け、その実験地区内に鳥類の死骸を残置し、死骸を発見するための踏査を行った。詳細な実験方法は表 1 に示すとおりである。

表 1 死骸調査の実証実験の方法

実験名	実験方法
死骸調査の実証実験 (発見率調査)	・鳥類の死骸には、市販の冷凍ウズラ(解体されていない羽根付きの成鳥サイズ)を利用した。死骸の残置数は 1 個、3 個、5 個の 3 通りを設定した。 ・効率的に実験を行うために、2 つの調査地区を設定した(東・西エリア)。 ・6～8 名の調査員で実験を行った。1 調査地区で踏査を行うのは常に 1 名とし、1 名ずつ順番に踏査を行った。 ・調査員以外に世話役を 1 名配置し、鳥類の死骸の残置、進行調整等を行った。 ・死骸の探索は徒歩で行った。歩く速度は任意としたが、“概ね通常の歩行速度”と同程度とした。 ・死骸の探索にあたっては、特別な調査機器は用いないこととした。 ・鳥類の死骸を発見しても死骸を回収しないこととし、死骸の残置位置や残置数が同条件になるように留意した。 ・調査員には具体的な残置場所や残置数を知らせずに実験を行った。死骸の設置作業や、他者が行う実験の様子から死骸の残置場所を推測されないように配慮した。 ・鳥類調査を専門とする調査員が実験を行ったが、調査員以外の人員も 1 名が実験に参加した。 ・右記の模式図に示すように、開始位置から歩き始め、調査範囲の端に到達したら折り返し、蛇腹型に終了位置へ向かう手法とした。  調査範囲の模式図

3. 実験期間及び条件の整理

実験日、死骸残置数、実験への参加人数等は、表 2に示すとおりである。

表 2 調査期間及び実験条件の一覧

実験 No.	実施日	死骸残置数	地区	天候	参加人数
1	11 月 13 日	1	東エリア	曇り	7
2	11 月 12 日	1	西エリア	晴れ/曇り	8
3	12 月 10 日	3	東エリア	曇り	6
4	12 月 10 日	3	西エリア	曇り	6
5	11 月 12 日	5	東エリア	晴れ/曇り	7
6	11 月 13 日	5	西エリア	曇り	7

4. 実験位置

牧場跡地に 2 つの調査地区を設定して実施した。どちらも放棄された牧草地で、牧草ではオオウシノケグサ、ヒロハノウシノケグサ、クサヨシ、カモガヤなどが見られ、牧草以外ではヒメジョオン、ヨモギ、ススキなどが生育している。牧草が生育する箇所は見通しが良いものの、ヒメジョオンやヨモギが膝丈程度、ススキが腰高程度まで生育しており見通しがきかない箇所もあった。



調査地区の状況(東エリア:11/12 撮影)



調査地区の状況(西エリア:11/12 撮影)

5. 実験結果

実験回ごとの詳細な実験結果を表 3～表 8に示す。

表 3 死骸調査の実証実験結果(実験 No. 1)

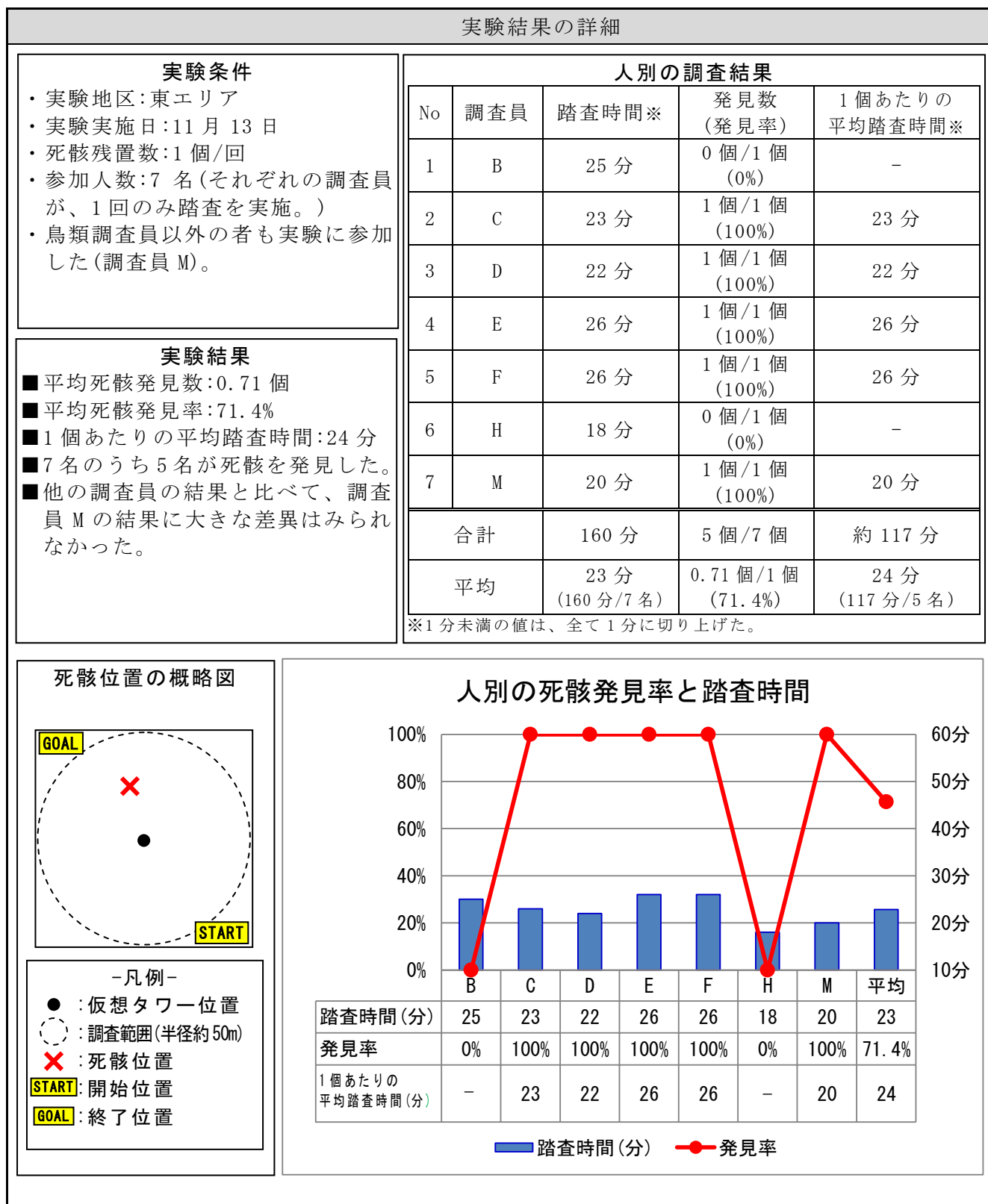


表 4 死骸調査の実証実験結果 (実験 No. 2)

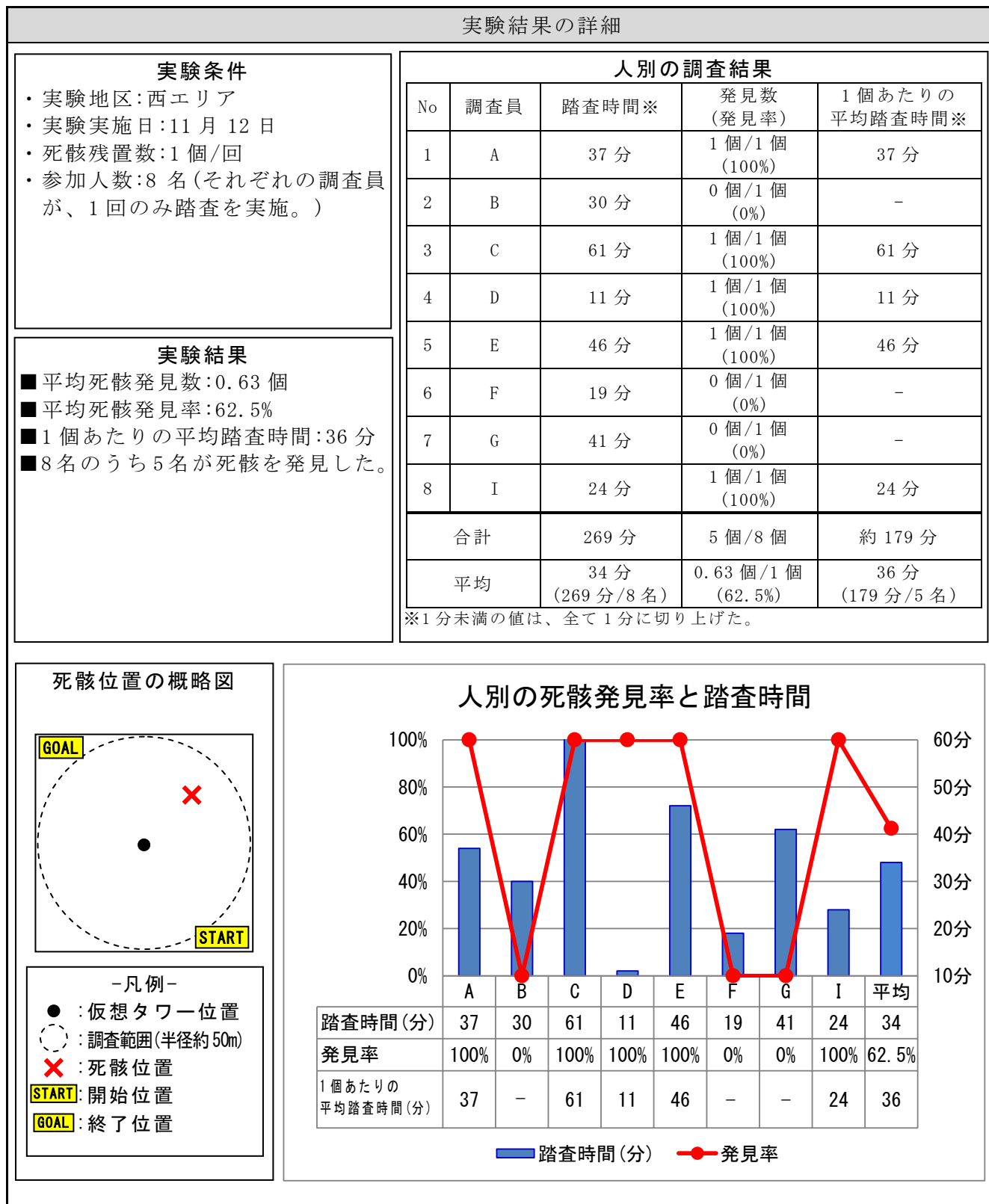


表 5 死骸調査の実証実験結果 (実験 No. 3)

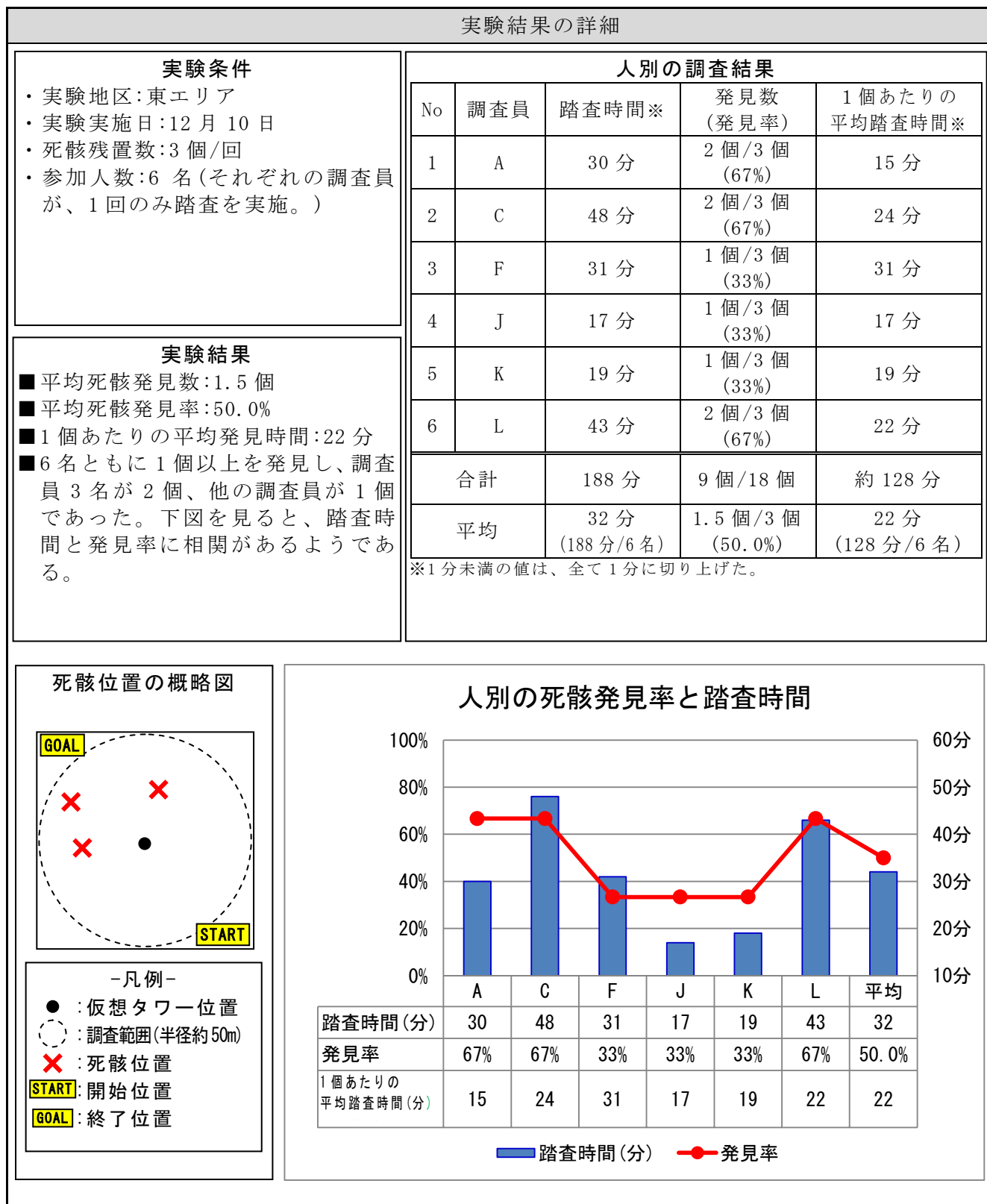


表 6 死骸調査の実証実験結果 (実験 No. 4)

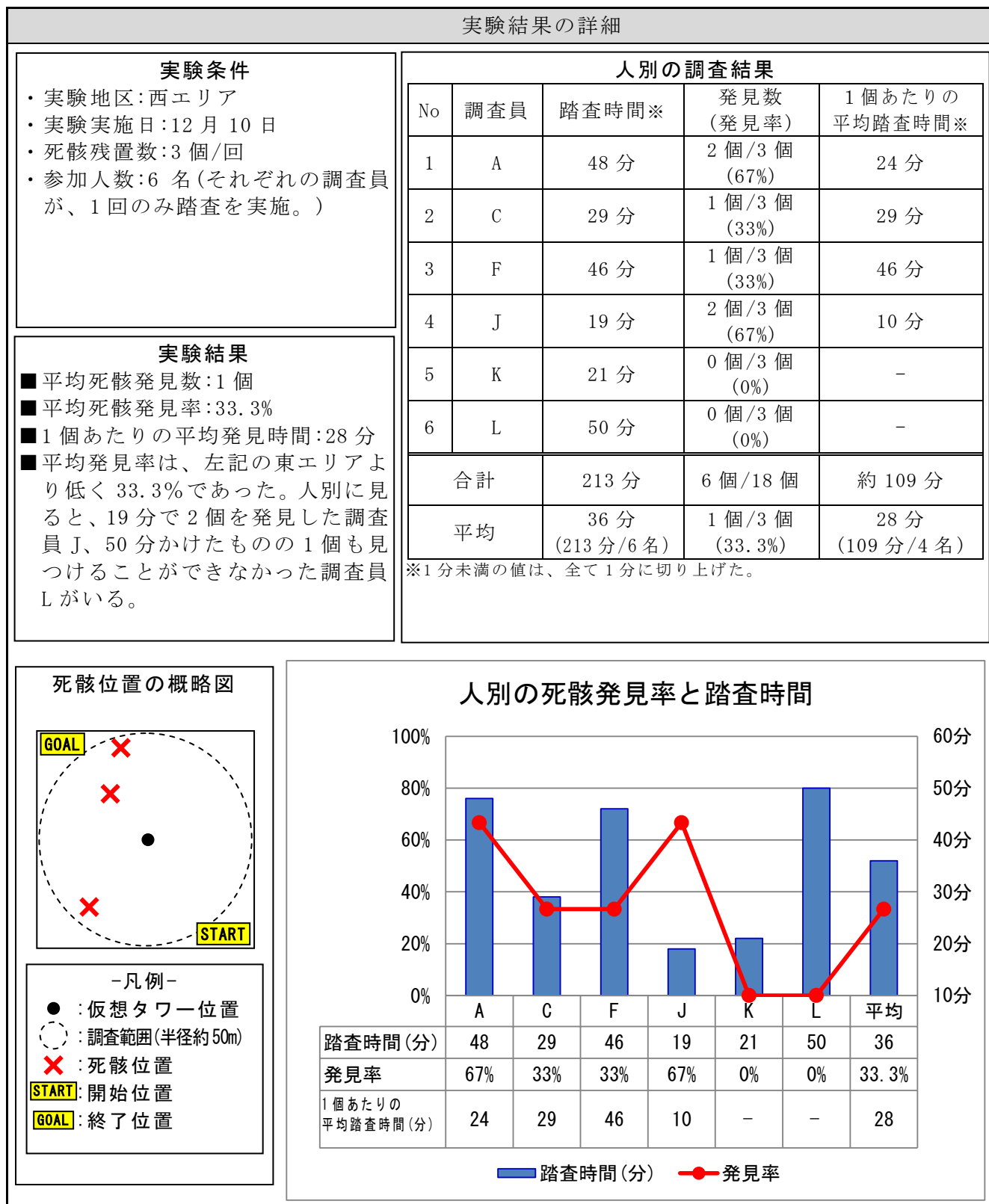
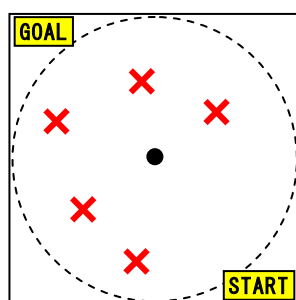


表 7 死骸調査の実証実験結果 (実験 No. 5)

実験結果の詳細																																																						
実験条件 ・実験地区:東エリア ・実験実施日:11月12日 ・死骸残置数:5個/回 ・参加人数:7名(それぞれの調査員が、1回のみ踏査を実施。)		人別の調査結果																																																				
実験結果 ■ 平均死骸発見数:1.57個 ■ 平均死骸発見率:31.4% ■ 1個あたりの平均発見時間:16分 ■ 調査員B及び調査員Cの発見率が60%と高い値を示した。ただし、踏査時間は30分と60分であり、倍の差があった。 ■ 1名を除き、30分前後で調査を終了した。		<table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th><th>調査員</th><th>踏査時間※</th><th>発見数 (発見率)</th><th>1個あたりの 平均踏査時間※</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>A</td><td>20分</td><td>2個/5個 (40%)</td><td>10分</td></tr> <tr><td>2</td><td>B</td><td>30分</td><td>3個/5個 (60%)</td><td>10分</td></tr> <tr><td>3</td><td>C</td><td>60分</td><td>3個/5個 (60%)</td><td>20分</td></tr> <tr><td>4</td><td>D</td><td>20分</td><td>2個/5個 (40%)</td><td>10分</td></tr> <tr><td>5</td><td>E</td><td>30分</td><td>1個/5個 (20%)</td><td>30分</td></tr> <tr><td>6</td><td>F</td><td>20分</td><td>0個/5個 (0%)</td><td>-</td></tr> <tr><td>7</td><td>G</td><td>31分</td><td>0個/5個 (0%)</td><td>-</td></tr> <tr><td colspan="2">合計</td><td>211分</td><td>11個/35個</td><td>約80分</td></tr> <tr><td colspan="2">平均</td><td>31分 (211分/7名)</td><td>1.57個/5個 (31.4%)</td><td>16分 (80分/5名)</td></tr> </tbody> </table>	No	調査員	踏査時間※	発見数 (発見率)	1個あたりの 平均踏査時間※	1	A	20分	2個/5個 (40%)	10分	2	B	30分	3個/5個 (60%)	10分	3	C	60分	3個/5個 (60%)	20分	4	D	20分	2個/5個 (40%)	10分	5	E	30分	1個/5個 (20%)	30分	6	F	20分	0個/5個 (0%)	-	7	G	31分	0個/5個 (0%)	-	合計		211分	11個/35個	約80分	平均		31分 (211分/7名)	1.57個/5個 (31.4%)	16分 (80分/5名)	※1分未満の値は、全て1分に切り上げた。	
No	調査員	踏査時間※	発見数 (発見率)	1個あたりの 平均踏査時間※																																																		
1	A	20分	2個/5個 (40%)	10分																																																		
2	B	30分	3個/5個 (60%)	10分																																																		
3	C	60分	3個/5個 (60%)	20分																																																		
4	D	20分	2個/5個 (40%)	10分																																																		
5	E	30分	1個/5個 (20%)	30分																																																		
6	F	20分	0個/5個 (0%)	-																																																		
7	G	31分	0個/5個 (0%)	-																																																		
合計		211分	11個/35個	約80分																																																		
平均		31分 (211分/7名)	1.57個/5個 (31.4%)	16分 (80分/5名)																																																		

死骸位置の概略図



- 凡例 -

- : 仮想タワー位置
- : 調査範囲(半径約50m)
- × : 死骸位置
- START : 開始位置
- GOAL : 終了位置

人別の死骸発見率と踏査時間

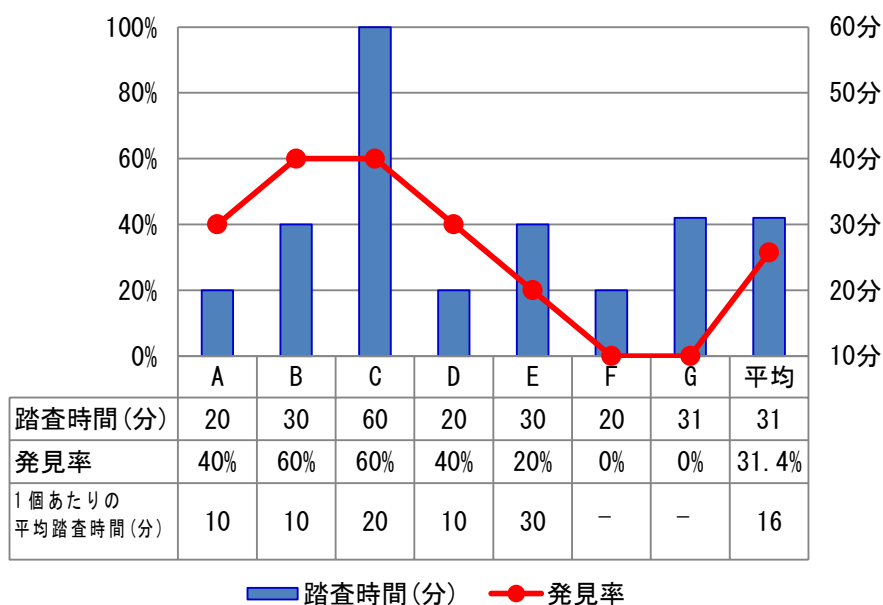
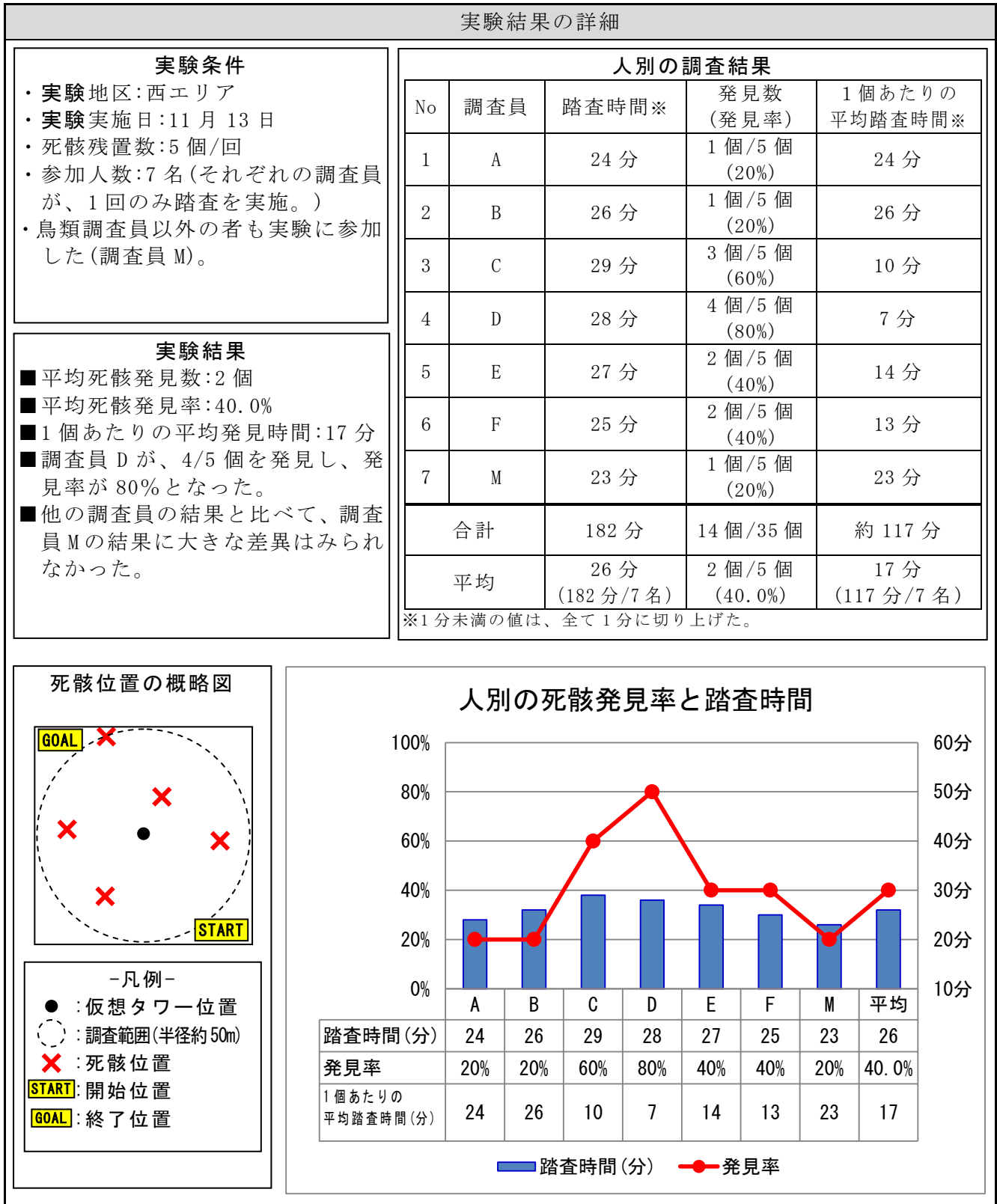


表 8 死骸調査の実証実験結果 (実験 No. 6)



6. 結果の解析

(1) 踏査時間の比較

「月別」及び「地区別」の平均踏査時間を算出したところ、いずれも 30 分前後であり、月別・エリア別による差はなく、概ね同様の条件で実験を行えたものと考えられた。

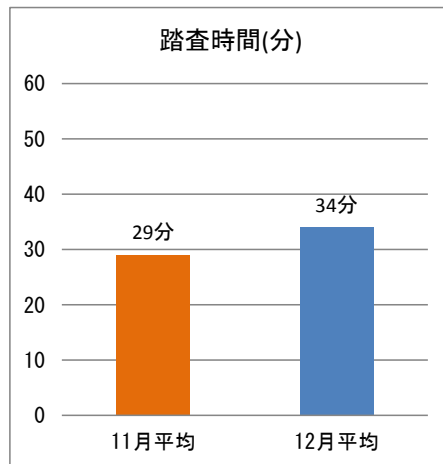
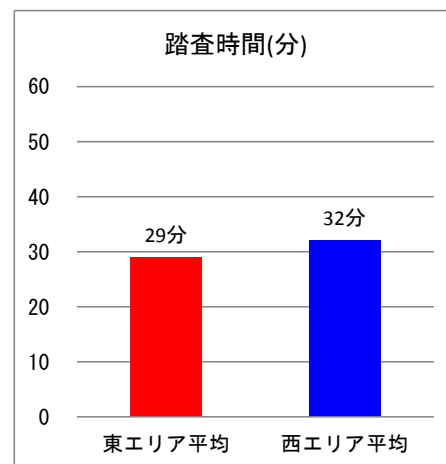


図 1 左: 月別踏査時間(平均)

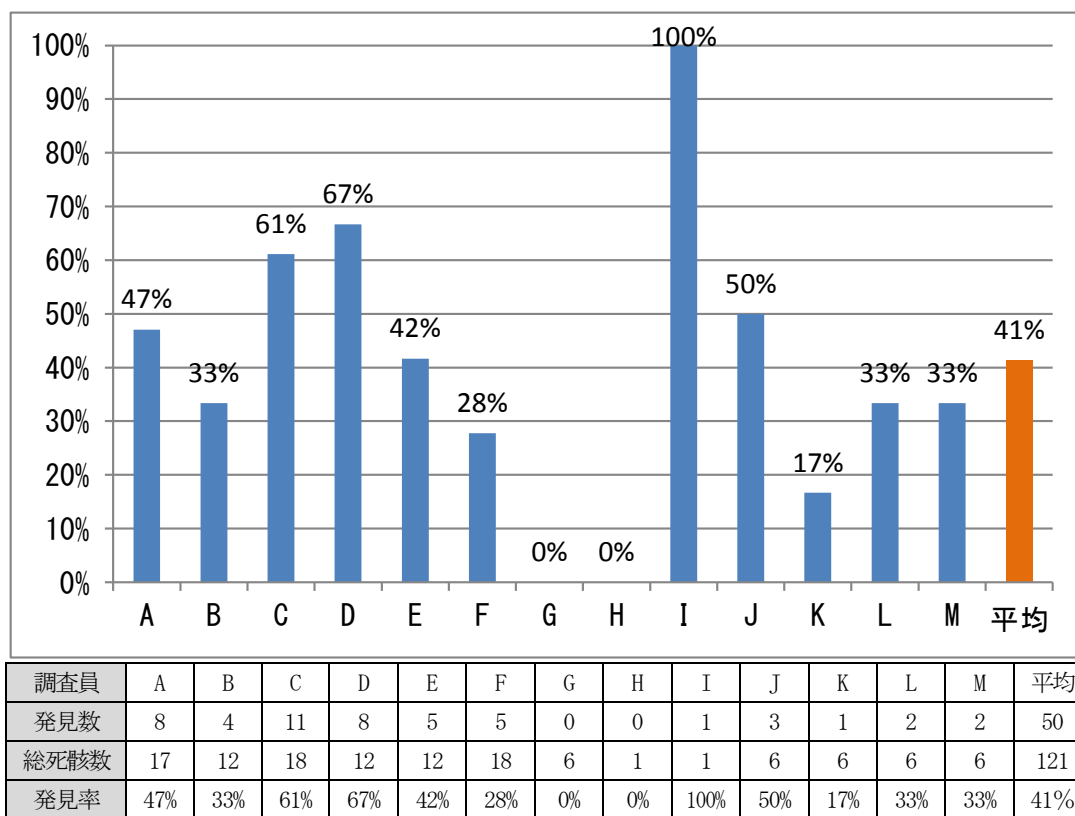


右: エリア別踏査時間(平均)

(2) 調査員別発見率の比較

調査員別の発見率を算出したところ、発見率は 0%~100%の間に分布する結果となりばらつきが大きかった(図 2 参照)。なお、死骸を複数残置した結果だけを見ると、発見率は 0%~60%となっている(図 4 参照)。

平均値を見ると、全調査回を対象にして算出したものでは平均 41%(図 2 参照)、死骸を 1 つだけ残置した場合には平均 67%(図 3 参照)、死骸を複数残置した場合には平均 38%(図 4 参照)であった。

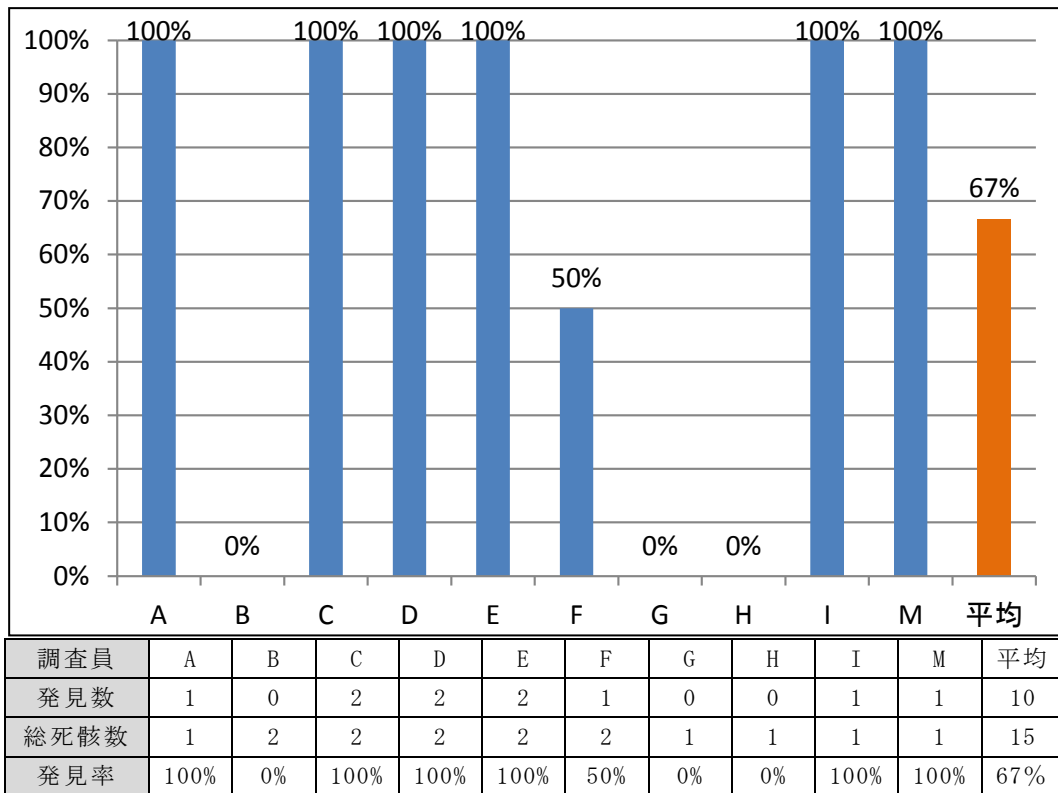


※発見率は小数点第1位を四捨五入した。 ※Mは鳥類調査員以外の参加者である。

図2 調査員別の平均発見率の比較(全調査回を対象に集計)

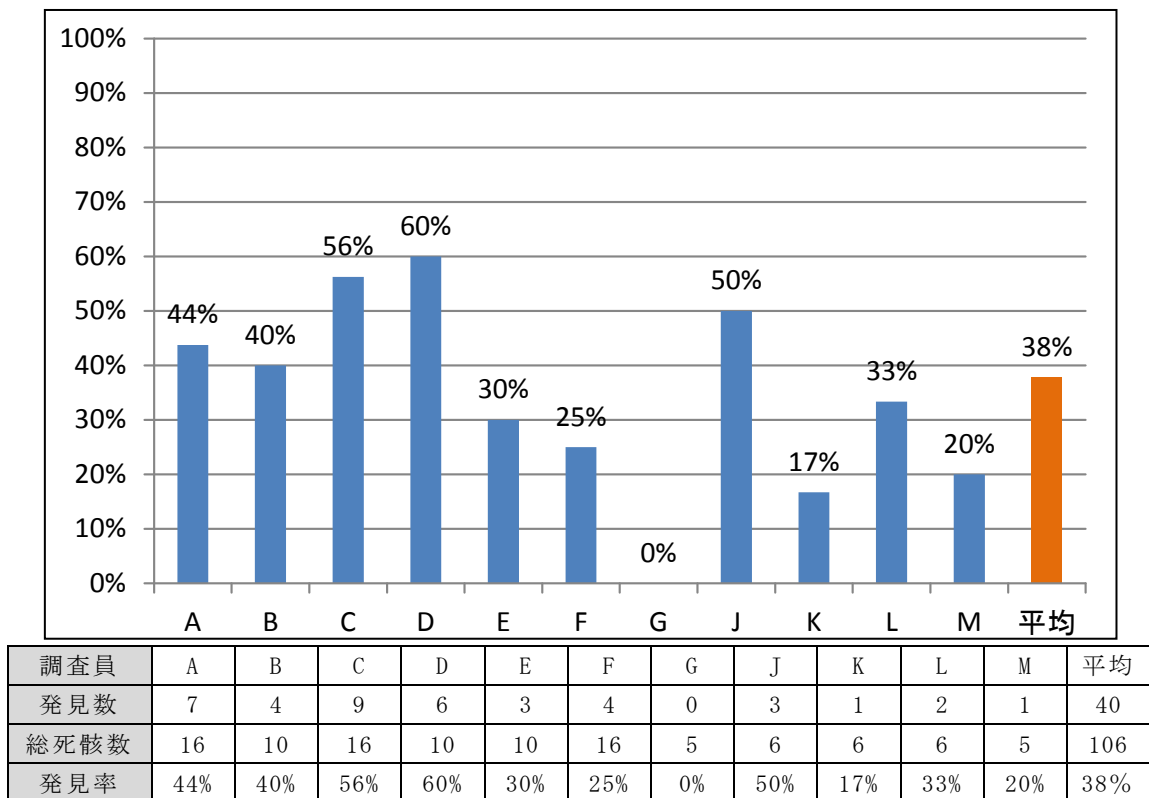
■図表中の凡例(図2～図4)

- ・調査員 : 図2～図4ともに、A～Mは同じ人員を指す。
- ・発見数 : 踏査で発見した鳥類死骸の合計数を示す。
(踏査を複数回実施した場合には、各回で発見した死骸数の合計)
- ・総死骸数 : 残置されていた鳥類死骸の合計数を示す。
(踏査を複数回実施した場合には、各調査員が参加した回で残置されていた死骸数の合計)
- ・発見率 : $\text{発見数} \div \text{総死骸数} \times 100$ を示す。小数点第1位を四捨五入した。



※発見率は小数点第1位を四捨五入した。 ※Mは鳥類調査員以外の参加者である。
 ※鳥類の死骸を一つ残置した実験のみを対象に集計を行った(実験 No. 1～2 が該当)。

図 3 調査員別の平均発見率の比較(鳥類の死骸を一つ残置した場合)



※発見率は小数点第1位を四捨五入した。 ※Mは鳥類調査員以外の参加者である。
 ※鳥類の死骸を複数残置した実験のみを対象に集計を行った(実験 No. 3～6 が該当)。

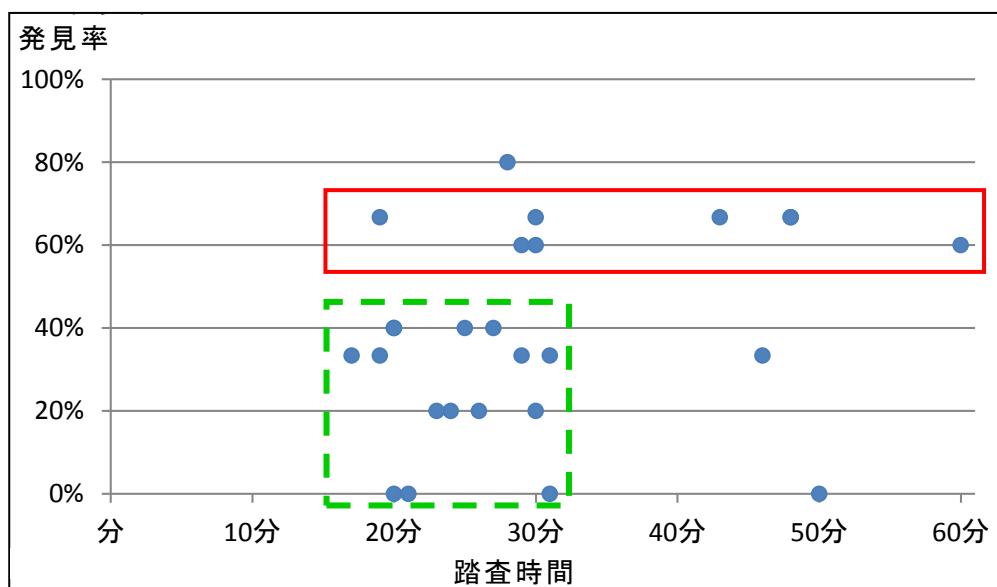
図 4 調査員別の平均発見率の比較(鳥類の死骸を複数残置した場合)

(3) 踏査時間と発見率の関係

死骸を複数残置した実験 No. 3～No. 6 を対象に、踏査時間と発見率の関係を整理した。踏査時間の増加に比例して発見率も上昇することを期待したが、実際には調査員ごとのばらつきが大きく、明瞭な相関関係は見出せなかった(図 5 参照)。

個別に値を見ていくと、発見率の最高値は 11 月 13 日西エリアで調査員 D が記録した 80%(4 個/5 個を発見)で、この際の踏査時間は 28 分間であった。次いで高い発見率は 60～70%であり(図中の赤色の実線枠)、20 分～60 分の間に出現していることから分かるように、踏査時間を延ばしても発見率は向上せず飽和状態にある。踏査時間 30 分以下では、発見率 40%以下の低い値が多くなっており(図中の緑色の点線枠)、これらは踏査時間が十分ではなかった可能性がある。

以上から、今回の条件下では踏査時間は少なくとも 30 分以上が必要で、40 分～50 分程度を上限に踏査を行うとよいと考えられる。



※鳥類の死骸を複数残置した実験のみを対象に集計した(実験 No. 3～6 が該当)

図 5 踏査時間と発見率の整理

7. まとめ

今回の実験結果では、草地環境における平均発見率は 41%程度であったが、発見率は人ごとにばらつきが大きいことに留意が必要である。踏査時間と発見率に明瞭な相関関係は見出せなかったものの、ある程度の踏査時間をかければ、発見率は 60%~70%に達すると考えられ、「人が歩いて鳥類の死骸を探す」という手法は、事後調査として十分に活用できる。

また、本実験ではウズラ(中型程度の鳥類)を利用したが、より大型の鳥類(例えばイヌワシ、オジロワシといった猛禽類等)を主対象とした場合には、発見率は高くなると考えられる。しかし、樹林地や背丈の高い草地で踏査を行う場合には、死骸を発見することが難しく発見率は低下する。このように、発見率は調査条件によって変動するはずであり、衝突数を推定する際に発見率で補正を行うのであれば、鳥類の大きさや環境ごとに発見率を整理しておく必要があると考えられる。

最後に、立地適性化の手引きに「風車 1 基あたりの調査半径は、地上からブレード先端部(頂上部)までの円内とする」とあり、風車の大型化に伴って踏査を行う面積も拡大する(表 9 参照)。踏査時間は必ずしも面積と同比率で増加するとは限らないが、今回の実験では最短の踏査時間が 11 分、最長の踏査時間が 60 分、発見率がよいと考えられる踏査時間の目安が 40 分~50 分という結果が得られていることを踏まえると、大型の風車では 1 基あたりに必要な踏査時間が数時間になることも想定される。必要時間の増加・コストの増加等を考慮すると、将来的には一部を調査して補正するような仕組みが必要になるかもしれない、死骸調査の知見を早期に集積することが必要と考えられる。

表 9 風車サイズと死骸調査の調査面積

風車サイズ	踏査面積※	
今回の実験	約 0.8ha	(50m×50m×3.14)
1,000kW 級	約 2.5ha	(90m×90m×3.14)※
2,000kW 級	約 4.5ha	(120m×120m×3.14)※
3,500kW 級	約 10.0ha	(180m×180m×3.14)※

※踏査面積は、風車の全高(地上からブレード先端部までの高さ)を調査半径として算出した。ただし、風車の全高は機種ごとに異なるため目安値である。

本資料は「経済産業省委託 平成27年度発電所環境審査調査報告書」(平成28年3月 株式会社建設環境研究所)の内容に基づいて取りまとめたものである。