

## 論文

# 能登半島のイカリモンハンミョウ個体群における 7年間の個体数変動

上田 哲行\*<sup>1</sup> 架谷 成美\*<sup>2</sup> 西屋 馨\*<sup>3</sup> 宮川 泰平\*<sup>4</sup>  
 嶋田 敬介\*<sup>5</sup> 福富 宏和\*<sup>6</sup> 水田 陽斗\*<sup>7</sup> 酒井 亮輝\*<sup>8</sup>

## 要 旨

絶滅危惧種イカリモンハンミョウは、日本では九州と本州だけに分布する。本州では能登半島の1カ所の海岸にのみ生息する。能登半島では一時絶滅したと考えられていたが、1994年に現生息地の海岸で再発見された。2012年から2018年に行った成虫調査では、再発見当初1800頭近い個体数が記録されていた海岸北部で最初の3年間はほとんど発見されない状態が続き、その後、緩やかに増え始め2018年に急増したことが確認された。海岸南部と中央部では、最初の2年間は発見当初とほぼ同じ個体数が維持されており、2014年から急速に増えたことが確認された。このように能登半島の個体群は、ここ数年は増加傾向にあるが、2010年前後の著しい個体数低下がボトルネックとなり、遺伝的多様性が低下していることが示唆されている。

キーワード：絶滅危惧種／イカリモンハンミョウ／個体数変動／ボトルネック／砂浜

## 1. はじめに

これまでの防災重視の海岸事業により各地で自然海浜が減少している(鳥居ほか, 2000)。砂浜海岸も例外ではなく、海岸侵食等の対策として実施される土木事業やリクリエーションなどの人間の活動が砂浜生態系に重大な影響を与えている(須田, 2017)。これは世界的な問題であり、砂浜や干潟、海岸砂丘など砂浜環境の指標昆虫としての海浜性ハンミョウ類の減少が世界各地で指摘されている(Arndt et al., 2005; Dangalle, 2013; Pearson et al., 2001; 鶴崎ほか, 2015など)。日本には海浜性ハンミョウが6種分布しており、その5種が環境省、残り1種は地方自治体のレッドデータブックで絶滅危惧種に指定されている(佐藤, 2008)。

このように海浜に生息するハンミョウ類のほとんどが絶滅の危機に瀕しているが、中でもイカリモンハンミョウ *A broscelis anchoralis punctatissima*、とりわけ能登半島の個体群は絶滅の危険性がきわめて高いことが指摘されている(佐藤, 2008)。本種は、国内では種子島を含む南九州と本州の能

登半島にだけ分布し、この3カ所の個体群は数十万年前から遺伝的交流がなく、能登半島の個体群は、保全生態学上「進化的に重要な単位(ESU)」と位置づけられる(Satoh et al., 2004)。

能登半島のイカリモンハンミョウは、1935年に七塚町遠塚海岸で大塚外次氏によって採集されたのが最初である(大塚, 1936)。その後、多くの調査が重ねられ、金沢市粟崎から羽咋市一宮に至る砂浜に多産していることが確認されたが、1970年代に入って急速に数を減らし、1980年代には絶滅した可能性が指摘されていた(富樫, 1981; 武藤, 1981など)。1994年に、それまで分布域として認識されていなかった志賀町大島海岸で再発見され、その後、羽咋市柴垣から志賀町大島にかけての海岸に生息することが確認されている。再発見時は、マニアによる乱獲の恐れから、その事実が公表されなかったため、再発見の報告は文献としては存在しない。再発見直後には、石川むしの会などにより何度かの個体数センサスが行われているが、同様の理由から1997年以前の調査結果は、現在に至るまで1次資料として公表されていない。なお、再発見以前にも徳本(1964)が志賀町大島海岸での、松枝(1972)は柴垣海岸での目撃例を報告している。

\*<sup>1</sup> 石川県立大学 名誉教授

\*<sup>2</sup> イカリモンハンミョウを守る会 \*<sup>3</sup> 日中朱鷺保護協会

\*<sup>4</sup> 石川県立大学大学院 環境科学専攻 平成26年度卒業生

\*<sup>5</sup> 石川県立自然史資料館 \*<sup>6</sup> 石川県ふれあい昆虫館

\*<sup>7</sup> 石川県立大学大学院 環境科学専攻

\*<sup>8</sup> 石川県立大学 生物資源環境学部 環境科学科  
平成27年度卒業生

再発見後、1998年にはまず志賀町の生息地が石川県の天然記念物に指定され、2004年には羽咋市の生息地も追加指定されている。2005年には石川県希少野生動物種にも指定されている。このように行政的には保護政策が進められているが、必ずしもその間、定量的な個体数調査は行われていなかったようである。2008年に、現地で保全活動をしていた西屋が個体数の減少に気づき、石川むしの会に連絡を入れたことから2009年に同会で調査を実施し、同年に石川県に対して「イカリモンハンミョウの生息地保全にかかる要望書」が提出されている(石川むしの会事務局, 2010)。その要望書の中に石川むしの会で実施された過去の個体数調査結果も掲載されており、再発見直後の生息状況が把握できるようになった。

能登半島のイカリモンハンミョウの現状については上田(2016)で簡単に触れられているが、ここでは、2012年から2018年にかけて我々が実施した7年間の成虫個体数のモニタリング調査結果の詳細を報告する。また、1994年の再発見以後の個体数変動についても概観し、現生息地での本種の現状について考察する。

## 2. 調査場所と調査方法

### (1) 調査場所

調査は、石川県羽咋郡志賀町大島から石川県羽咋市柴垣町に続く砂浜海岸で行った(図1)。調査地の海岸は、一般に、北から大島海岸、甘田海岸、柴垣海岸と呼称されているが、その範囲が不明瞭であるため、ここでは4本の流入河川によって海岸を区分することにした。すなわち、菱根川より北側を「大島海岸」、菱根川と甘田川の間を「甘田北海岸」、甘田川と滝谷川の間を「甘田南海岸」、滝谷川と北端川の間を「柴垣海岸」と呼ぶことにする(以下、「海岸」は省略)。なお、全域を指す場合は、「能登はんみょう海岸」の呼称を使用する。流

入河川は、大きな降雨の後などに頻繁に流路を変えるため、データ処理上、甘田入口を基点として、北1136mの位置にある大島車両進入防止柵までを甘田北、基点から南1000mまでを甘田南、その先1850mまでを柴垣として扱った。距離は、Google Earth上で計測ツールを利用して測定した。以下、海岸の地点を表す時は、甘田入口を基点(0m)として南方向はs、北方向はnを付した距離で表記する。

陸沖方向には、前浜から後浜にかけての範囲で調査を行った。前浜は、低潮時の汀線から高潮時に遡上波が到達する範囲であり、後浜は、暴浪時に波が到達する範囲までを指すが、ここでは、海浜植物の海側の前縁(後浜上限: 武田, 2003)までの範囲とした。後浜に続く海岸砂丘は、ハンミョウを見ることがなかったため、個体数調査の範囲外とした。

能登はんみょう海岸では、流入河川の河口域を除き、前浜から後浜を経て砂丘に至る典型的な海浜構造が比較的良好に維持されている。甘田南ではs760m地点から滝谷川河口にかけて、柴垣では全域にわたってコンクリート製の防潮堤が設置されているが、s1400mからs1850mの範囲を除いては、防潮堤の海側にも小規模な海岸砂丘が発達しており、後浜が防潮堤で終結する場所は少なかった。前浜の勾配は緩やかであり、一時的に10数センチの小規模な浜崖(ステップ)が局所的に出現することもあるが、長くは続かなかった。砂浜の勾配は海岸によって異なり、柴垣、甘田南、甘田北の順で大きくなる傾向があった(上田, 2016)。

### (2) 成虫個体数調査

成虫センサスは、6月から8月の間に、3回から6回実施した(表1)。2012年と2013年は、イカリモンハンミョウ生息地として石川県の天然記念物に指定されている範囲で行った。すなわち、羽咋

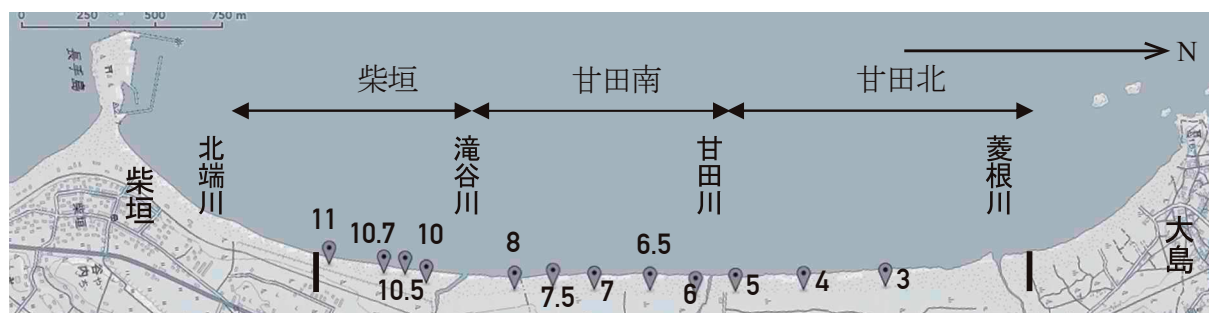


図1 調査地の概略と海岸区分  
数字は砂の動態を測定するボルトラインの位置。2本の黒棒は車両進入防止柵の位置。

市柴垣海岸に設置された車両進入防止柵(s1560m地点)から志賀町大島海岸の車両進入防止柵(n1136m地点)までの範囲である。2014年からは、南側s1850m地点まで範囲を拡大した。

調査方法は、過去の調査方法を踏襲し複数の調査員による目視でのルートセンサス法を採用した。3-6人の調査員が約3m間隔で横一列に並び、その状態をできるだけ保ちながら歩行し、各自の前方から海側の隣の調査員のルートまでの範囲に出現した個体を数えた。重複カウントを避けるため、隣の調査員の前方に成虫が移動した場合はカウント済みであることを伝えた。

甘田を基点にまず柴垣方向へ汀線沿いに進み、柴垣の折り返し地点で往路と重複しないように陸側に平行移動し、往路の調査範囲の外側の線に沿って同様の方法でセンサスを実施し甘田に戻った。往路の一番陸寄りの調査員が砂浜に線を引ながら進むことでセンサス範囲を明確にした。甘田から北側も同様の要領でセンサスを実施した。センサス時の歩行速度はおおよそ時速4-5kmであった。

調査員はGPSロガー(Garmin eTrex30, eTrex20, Holux m-241のいずれか)を携行し、1秒間隔で調査員の所在位置を記録するとともに、500回のスプリットタイムを記録保存できるストップウォッチ(LRP works team stopwatch、F-RUN PC Linkのいずれか)を使ってハンミョウの目撃時刻を記録した。研究室において各調査員のGPSの記録をGoogle Earthに読み込み、Google Earth上に設定した100m毎の地点の通過時刻を決定し、ストップウォッチで記録したハンミョウの目撃時刻と照合し、100m単位で目撃個体数を集計した。

### 3. 結果と考察

#### (1) 成虫の空間分布

沿岸分布の一例として2018年6月22日の調査結果を100m毎の個体数として図2に示した。流入河川付近で密度が低く、河川と河川の間中部で高密度になる傾向がいずれの海岸でも明瞭である。これは他の日でも同様であった。

汀線から陸方向の空間分布パターンの典型例を図3上に示した。2018年7月10日の場合、汀線から3m以内が最高密度を示し、それより陸側へ行くほど急激に低下した。各海岸での目撃個体数が25個体以上の調査日(3海岸でのべ71日)について、汀線から9m以内の確認個体数が全体に占め

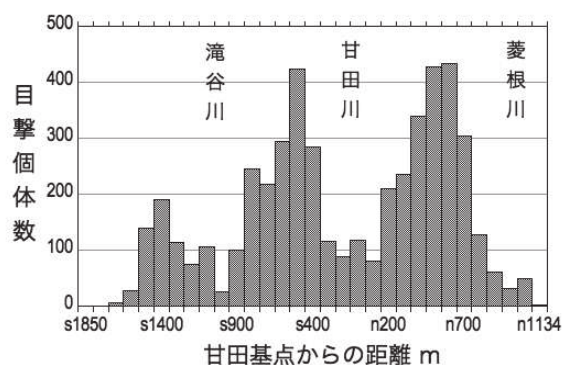


図2 成虫の沿岸分布  
2018年6月22日のセンサス結果。

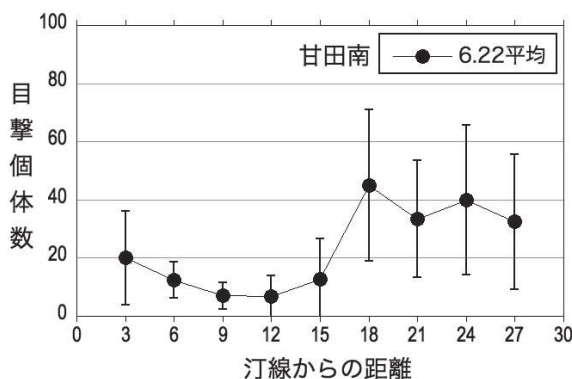
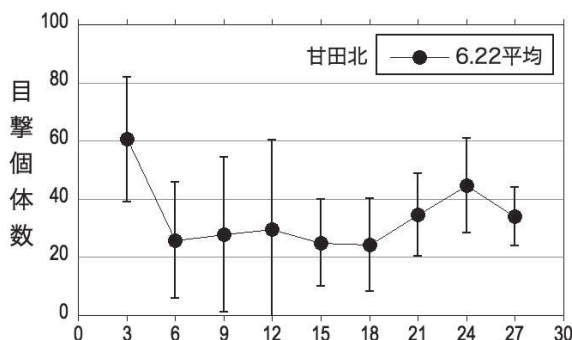
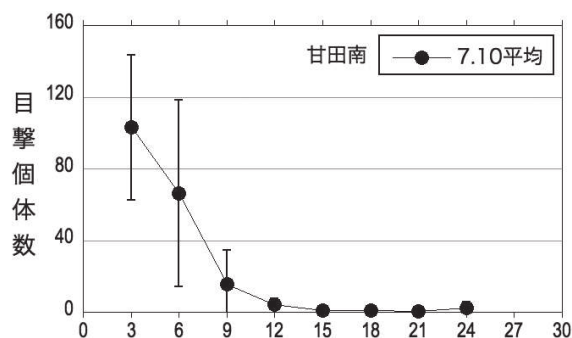


図3 汀線から陸方向の分布の例  
汀線からの距離は調査員間隔3mとして算出。  
100m区間目撃個体数の平均値(±標準偏差)

る割合を求めたところ、80%以上が30日(42%)、50%以上が56日(79%)であった。このように汀線寄りの集中分布を示すことが一般的であった。

表1 全調査日の個体数推定結果

調査日	潮位 cm	甘田北						甘田南						柴垣					
		海浜幅		観察幅		個体数		海浜幅		観察幅		個体数		海浜幅		観察幅		個体数	
		m	m	目撃	推定	確定*	m	m	目撃	推定	確定*	m	m	目撃	推定	確定*			
2012	6/25	15	34	30	0	-	0 <sup>a</sup>	36	30	277	276	277 <sup>b</sup>	56	30	210	210	210 <sup>b</sup>		
	7/11	25	32	24	0	-	0 <sup>a</sup>	28	24	15	16	16 <sup>b</sup>	50	24	7	7	7 <sup>b</sup>		
	7/25	24	32	24	0	-	0 <sup>a</sup>	28	30	5	5	5 <sup>a</sup>	50	30	1	-	1 <sup>a</sup>		
2013	6/17	27	33	36	2	-	2 <sup>a</sup>	35	36	44	40	44 <sup>a</sup>	55	36	183	207	207 <sup>b</sup>		
	6/24	51	32	30	8	8	8 <sup>b</sup>	30	30	60	60	60 <sup>a</sup>	45	30	222	235	235 <sup>b</sup>		
	7/1	22	30	30	0	-	0 <sup>a</sup>	39	30	36	36	36 <sup>b</sup>	55	30	78	83	83 <sup>b</sup>		
	7/8	41	29	24	0	-	0 <sup>a</sup>	31	24	11	12	12 <sup>b</sup>	41	24	14	15	15 <sup>b</sup>		
2014	6/16	43	27	30	0	-	0 <sup>a</sup>	41	30	46	49	49 <sup>b</sup>	52	30	150	156	156 <sup>b</sup>		
	6/23	25	28	36	0	-	0 <sup>a</sup>	38	36	131	132	132 <sup>b</sup>	52	36	655	663	663 <sup>b</sup>		
	6/30	44	30	36	0	-	0 <sup>a</sup>	37	36	36	36	36 <sup>a</sup>	51	36	83	95	95 <sup>b</sup>		
	7/14	49	32	36	1	-	1 <sup>a</sup>	41	36	7	7	7 <sup>b</sup>	55	36	33	33	33 <sup>b</sup>		
2015	6/15	30	33	30	1	-	1 <sup>a</sup>	27	30	61	60	61 <sup>a</sup>	39	30	46	46	46 <sup>b</sup>		
	6/22	22	34	36	10	10	10 <sup>a</sup>	32	36	774	771	774 <sup>b</sup>	41	36	617	618	618 <sup>b</sup>		
	6/29	22	28	30	11	11	11 <sup>a</sup>	30	30	944	938	944 <sup>b</sup>	39	30	455	459	459 <sup>b</sup>		
	7/6	23	32	36	10	10	10 <sup>a</sup>	33	36	104	104	104 <sup>a</sup>	48	36	136	139	139 <sup>b</sup>		
	7/13	52	26	30	27	27	27 <sup>a</sup>	27	30	20	20	20 <sup>a</sup>	30	30	30	30	30 <sup>a</sup>		
2016	6/13	36	28	30	9	9	9 <sup>a</sup>	31	30	387	388	387 <sup>a</sup>	40	30	738	742	742 <sup>b</sup>		
	6/20	49	27	30	152	153	152 <sup>a</sup>	26	30	656	611	656 <sup>a</sup>	36	30	720	756	756 <sup>b</sup>		
	6/27	28	27	30	98	98	98 <sup>a</sup>	29	30	1744	1740	1744 <sup>a</sup>	38	30	1380	1495	1495 <sup>b</sup>		
	7/4	52	25	24	32	33	32 <sup>a</sup>	21	24	378	361	378 <sup>a</sup>	27	24	232	233	233 <sup>b</sup>		
	7/11	36	32	24	39	39	39 <sup>b</sup>	31	24	183	186	186 <sup>a</sup>	37	24	692	699	699 <sup>b</sup>		
	7/18	43	26	24	29	30	30 <sup>b</sup>	31	24	96	98	98 <sup>b</sup>	34	24	150	154	154 <sup>b</sup>		
2017	6/19	23	36	30	259	259	259 <sup>b</sup>	37	30	1608	1604	1608 <sup>b</sup>	57	30	1861	1906	1906 <sup>b</sup>		
	6/27	38	33	21	328	448	448 <sup>c</sup>	37	24	1803	2005	2005 <sup>b</sup>	55	24	1799	1851	1851 <sup>b</sup>		
	7/10	58	30	24	151	151	151 <sup>b</sup>	23	24	629	619	629 <sup>a</sup>	47	24	436	437	437 <sup>b</sup>		
	8/9	56	21	18	25	25	25 <sup>b</sup>	25	24	65	65	65 <sup>a</sup>	43	27	93	94	94 <sup>b</sup>		
	8/28	29	25	30	0	-	0 <sup>z</sup>	21	30	0	-	0 <sup>a</sup>	49	30	2	-	2 <sup>a</sup>		
2018	6/15	30	28	24	89	103	103 <sup>c</sup>	25	24	120	121	120 <sup>a</sup>	45	24	119	119	119 <sup>b</sup>		
	6/22	20	32	24	2127	2605	2605 <sup>c</sup>	31	30	1917	1917	1917 <sup>a</sup>	52	30	661	705	705 <sup>b</sup>		
	7/10	17	41	18	548	583	583 <sup>b</sup>	36	24	1635	1644	1644 <sup>b</sup>	49	24	1415	1419	1419 <sup>b</sup>		
	7/27	53	37	18	152	318	318 <sup>c</sup>	28	18	109	158	158 <sup>c</sup>	38	18	218	221	221 <sup>b</sup>		
	8/10	54	29	18	68	71	71 <sup>b</sup>	21	18	97	98	98 <sup>b</sup>	40	18	39	40	40 <sup>b</sup>		

\* 確定個体数算出方法：a 目撃個体数，b 飽和式で推定，c 直線回帰式で推定

しかし、図3中に示した2018年6月22日の甘田北のように全体として均一な分布を示す場合や、同日の甘田南のように内陸寄りで高密度になる場合(図3下)も時々見られた。このような分布パターンがどのような条件で生じるかは、今のところ不明である。

## (2) 個体数の推定

調査日により調査員数が一定でないため調査幅は変化した。いっぽう、海浜幅も、潮位変動や前浜の侵食・堆積があるため大きく変化した。センサスでカバーする範囲が調査日により異なるため、以下の方法で補正した。

まず、1列目の調査員のGPSデータロガーに示された位置を汀線から3mの位置とし、そこから2013年6月17日に実測した後浜上限ラインまでの距離を測定し海浜幅とした。これらの測定は、Google Earth上で行った。各海岸3カ所の測線で計測し、平均値をその海岸のその日の海浜幅とした。測線として砂の侵食・堆積量を測定するため

に設置しているボルトラインを利用した(図1)。流入河川の影響を避け、それぞれの海岸の中央付近3カ所のボルトラインを測線に設定した。甘田南はL6.5、L7、L7.5の3本、柴垣はL10.5、L10.7、L11の3本、甘田北ではL3とL4とその中間のn400m地点で計測した。海浜幅は、甘田北では21-41m、甘田南では21-41m、柴垣は27-57mの範囲で変動していた(表1)。

次に、海浜幅が、調査員数×3mとして求めた調査幅と同じ(1mの誤差を含む)か下回る場合は、センサスによる目撃数をそのまま個体数とした。調査幅が海浜幅に満たない場合については、成虫が汀線付近に集中分布を示す傾向を利用し、次の飽和曲線式で推定した。

$$N = \frac{KX^a}{b+X^a}$$

ここでNは汀線からの累積個体数、Xは汀線からの距離である。各パラメータは、海岸毎、調査

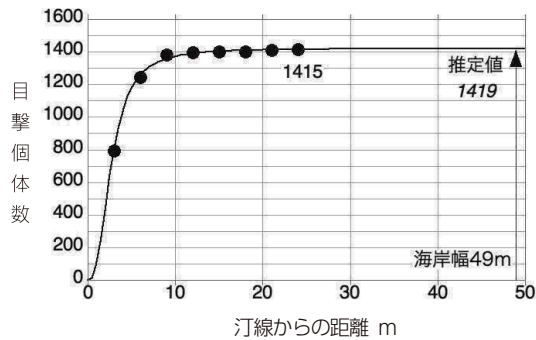


図4 飽和曲線による個体数推定の一例

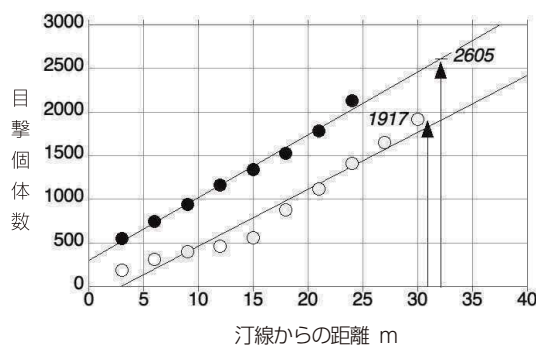


図5 直線回帰による個体数推定の一例

日毎に飽和曲線に回帰させて求め、その式で、その日の海浜幅に相当する個体数を推定した(図4)。飽和曲線で回帰できない日については、直線回帰式により個体数を推定した(図5)。いずれの場合も、目撃個体数が推定値を上回った場合は、それを採用した。表1に、全調査日の海浜幅、観察幅、目撃個体数、推定個体数、確定個体数、確定個体数算出方法をまとめておく。以下においては、確定個体数を個体数として扱うことにする。

なお、河口付近は海浜幅が広がる傾向があり、ここで使用した方法では海浜幅が過小評価される。ただ、沿岸分布(図2)で示したように、流入河川付近で密度が低くなる傾向があるため、その影響は大きくないものと思われる。

### (3) 成虫個体数の季節的消長

成虫の初見日は、早い年で5月初旬であり、終見日は遅い年で9月下旬であった(架谷、未発表)。図6は、2012年から18年までの結果を調査日によってまとめたものであるが、いずれの年も6月中旬から個体数が急増し、6月下旬をピークとして7月には急速に減少するパターンが見られた。今回は6月下旬の調査を年1回は実施しており、ほぼピーク時の個体数を把握できたと考えられる。

### (4) 2012年からの個体数変化

2012年から2018年までの海岸別ピーク日の個体数の経年変化を図7に示した。甘田北では、

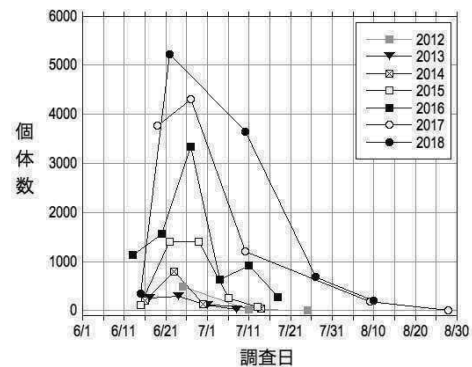


図6 個体数の季節的消長

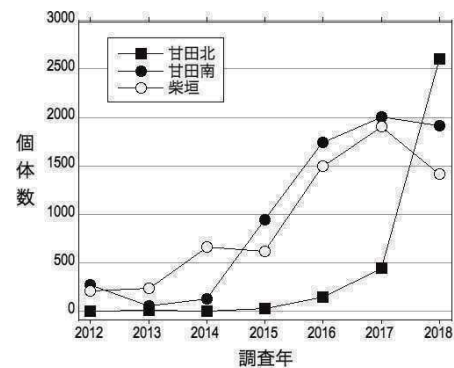


図7 海岸別ピーク個体数の経年変化

2012年から2014年まではほとんど発見されない状態が続いていたが、2015年から緩やかに増加が始まり2018年に急増していた。甘田南は、2013と2014年にはいくぶん個体数が減少したが、その後2015年から急増していた。柴垣では2014年から個体数増加が始まっていた。両海岸とも2017年をピークとし、2018年はやや減少していた。このように、近年いずれの海岸でも個体数かなり増加していることが確認された。2012年以降の増加は、能登はんみょう海岸全域の個体数として見ると、ほぼロジスティック式

$$N = \frac{K}{1 + e^{a-rt}}$$

に従って増加していた(図8)。ここでKは5803.4、aは4.98、rは1.02であった。Kは環境収容力を示しており、5800個体前後が能登はんみょう海岸に生息できるイカリモンハンミョウの個体数の限界ということになるが、これについては、後にもう一度取り上げる。

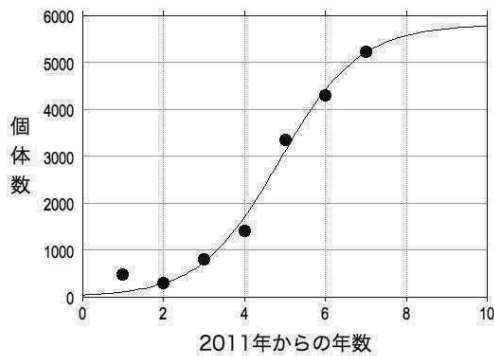


図8 2012年以降の個体数増加のロジスティック曲線への回帰

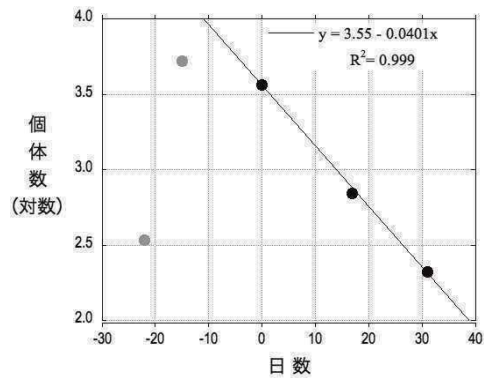


図9 Richards-Waloff法による生存率推定の実例(2018年全域)

### (5) 生存率と平均生存日数の推定

個体数推定や生存率推定に通常用いられる標識再捕法は、標識によりハンミョウへダメージを与える恐れがあるため実施しなかった。ここではRichards-Waloff法(伊藤・村山1977)により成虫の生存率を求めた。すなわち、生存率を一定と仮定すると、新規の加入がない個体群の時間毎の個体数 $N_t$ は次式で表される。

$$N_t = N_0 S^t$$

ここで $N_0$ は最初の個体数、 $S$ は生存率、 $t$ は時間である。対数をとると

$$\log N_t = \log N_0 + t \log S$$

となる。そこで、個体数(対数)を時間 $t$ に対してプロットし、個体数がピークに達した後の個体数変化を直線で回帰し、その傾き $\log S$ から生存率を求めた(図9)。また、平均寿命 $\tau$ は、生存率 $S$

と次の関係があるので、

$$\tau = \frac{\log\left(\frac{1}{e}\right)}{\log S}$$

近似的に $1/e=0.368$ として平均生存日数を求めた。各調査年の日生存率と生存日数を全域及び海岸別に表2に示した。

日生存率は、甘田北では平均0.937(0.933-0.942)、甘田南では0.872(0.759-0.924)、柴垣では0.870(0.822-0.936)であった。甘田南と柴垣はほぼ同じ結果であった。個体数が多くなった2016年以降は、いずれの海岸でも高い値を示していた。なお、2015年の甘田南が0.759と突出して低い値を示しているが、甘田南ではこの年から個体数が急増していること(表1、図7)、甘田北では他の海岸の個体数が減少し、羽化が終了したと思われる7月中旬になって個体数が増加したこと(表1)から、甘田南から甘田北への移出があったため

表2 成虫の推定された日生存率と平均生存日数

調査年	生残率 (／日)				平均生存日数			
	全域	甘田北	甘田南	柴垣	全域	甘田北	甘田南	柴垣
2012	0.863		0.874	0.836	6.8		7.4	5.6
2013	0.841		0.891	0.822	5.8		8.7	5.1
2014	0.876		0.872	0.875	7.5		7.3	7.5
2015	0.812		0.759	0.823	4.8		3.6	5.1
2016	0.892	0.942	0.869	0.904	8.8	16.8	7.1	9.9
2017	0.931	0.936	0.924	0.936	14.0	15.2	12.7	15.1
2018	0.912	0.933	0.912	0.891	10.8	14.4	10.8	8.7
平均	0.875	0.937	0.872	0.870	8.4	15.5	8.2	8.2

はないかと推察される。

個体識別の標識を施していないため移動の実体については不明であるが、海岸間の移動が大きければ、今回の方法では、海岸別の生存率は、移動の影響を受けて過小評価になる。調査範囲を3つの海岸全域とすれば、海岸相互の移動の影響は消失するので、推定生存率は真の生存率に近い値を示すことになる。能登はんみょう海岸全域での日生存率は平均0.875(0.812-0.931)、平均生存日数の平均は $8.4 \pm 3.2$ (4.8-14.0)であった。鹿児島島の志布志湾柏原海岸での本種の標識再捕法による結果では、平均寿命が11.7日と推定されており(中峯, 2015)、それに比べるとかなり低い。しかし、個体数が増加に転じて以降の2016-2018年の間は $10.9 \pm 2.6$ 日であり、きわめて近い値である。ハンミョウ類の生存率については、ほかに成虫越冬をするナミハンミョウ *Sophiodela japonica* で長期間にわたって調べられているが、それによると、越冬明けの春季の日生存率は0.962-0.982、越冬前の秋季は0.938-0.963である(Hori, 1982)。イカリモンに比べてきわめて高い生存率であるが、両種のライフサイクルの違いを反映しているのかも知れない。

#### (6) 1994年再発見後の個体数変化

再発見後の目撃個体数の経年変化を図10に示

した。2009年以前の個体数は、石川むしの会事務局(2010)に掲載されている個体数を使用した。ただし、1995年は6月11日から10月29日にかけて17回の調査が行われており、甘田北では、上記資料には掲載されていない7月9日が最大値である(徳本、私信)ため、それを使用した。これらの過去データは、汀線から10m以内の目撃個体数として示されているので、2012年以降のデータは、汀線から3列目(約9m)までと4列目(約12m)までの目撃個体数を使用した。

再発見直後の1995年の調査結果を見ると、甘田北で1789個体が記録されているのに対し、甘田南は354個体、柴垣は161個体で、それぞれ1/5と1/10以下の低密度であった。1997年には、甘田北の個体数は845個体で半減している。甘田南も236個体と減少しているが、それほど大きな減少ではない。その後は大きな空白期間があり、2009年7月4日に行われた調査では、甘田北は37個体にすぎず大幅に減少している。甘田南は193個体といくらか減少している。この間、柴垣は調査されていない。2012-2014年は、甘田北ではさらに個体数が減少し、ほぼ壊滅状態であったことは先述した通りであり、再発見後に甘田北で急激な減少が生じたことは確実である。その開始時期は不明であるが、石川むしの会事務局(2010)では、2005年から2008年の間に生じたのではな

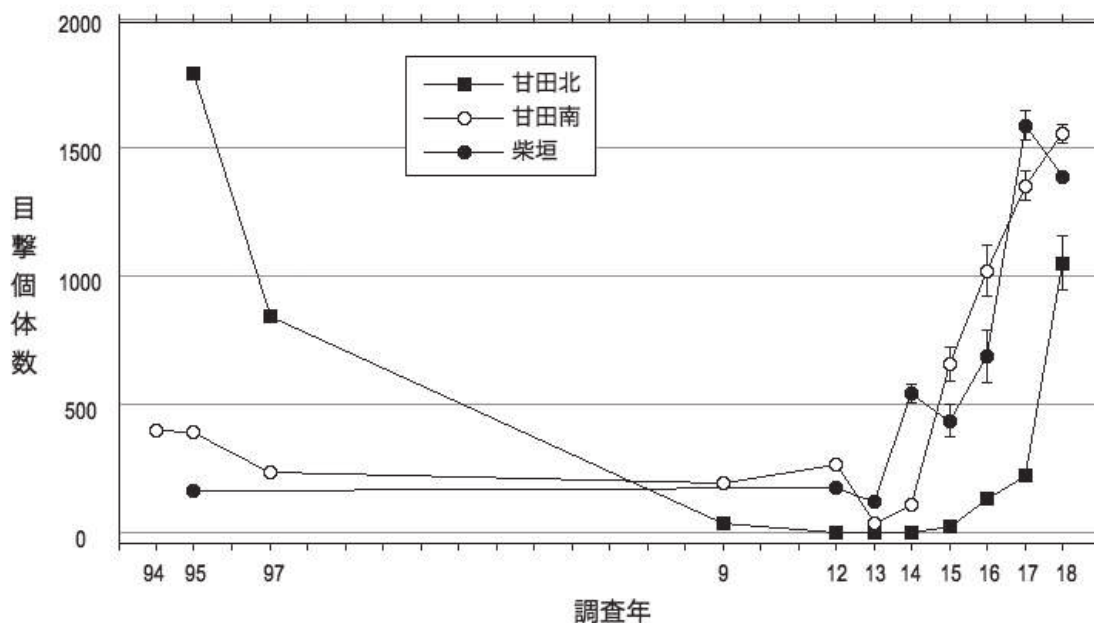


図10 1994年再発見後の海岸別個体数の経年変化  
汀線から10m以内の目撃個体数。2012年以降は調査者3列目までと4列目までの目撃個体数の平均。  
エラーバーは、3列目までと4列目までの目撃数の範囲を示す。

いかと推察されている。

甘田南は、2012年以降もしばらく小さな増減をくり返しているが、2015年に急増が始まるまでは、再発見直後から大きな変化は見られない。柴垣は、1995年と2012年及び13年の個体数はほぼ同レベルであり、再発見直後から大きな変動はなかったと見ることができる。なお、福富ほか(2010)は、2010年7月22日に甘田南と柴垣に相当する区間を3人で1往復し、63個体を確認したことを報告している。また、2011年6月28日と7月6日にも同様の調査を行い、それぞれ92個体、108個体を確認している(福富ほか, 2011)。これらの数値は、2012年6月25日の甘田南と柴垣の合計値441個体(3列目までの合計、以下同様)に比べるとかなり少ないが、同年7月11日の14個体や、2013年6月24日の147個体、7月1日の87個体と大差ない値であり、季節的消長も考慮に入れると甘田南と柴垣は、再発見から2013年頃までは、ほぼ同じような個体数レベルで推移していたと思われる。

以上をまとめると、甘田南と柴垣は、再発見当時から個体数は大きく増減していないが、甘田北においては、2010年前後の数年間、壊滅に近い大きな減少があったと言える。能登はんみょう海岸全体としても、2010年前後がもっとも個体数が低下していた時期となり、ここ数年は、いずれの海岸も個体数が急速に増加しつつあると言えよう。

### (7) 今後の問題

先述したように、2012年以降の個体数増加はロジステック式によく一致しており、2018年時点で環境収容力に近い個体数に達していることが示された(図8)。しかし、ロジステック式は密度効果を想定した個体群の成長モデルであるが、生存率の年変動を見る限り、密度効果を示す結果は得られていない(図11)。したがって、2017年から18年にかけての増加率の減少は、別の要因による一時的なものである可能性がある。また、ここで言う能登はんみょう海岸は、柴垣町北端川から志賀町大島にある車両進入防止柵までの約3kmの範囲であり、その南北に続く砂浜への分布拡大が生じれば、この限界値はあまり意味をなさないとと思われる。いずれにしても、今後は、調査範囲を拡大すると共に、さらにモニタリング調査を継続していく必要がある。

個体数増加に伴い分布の拡大も生じている。図

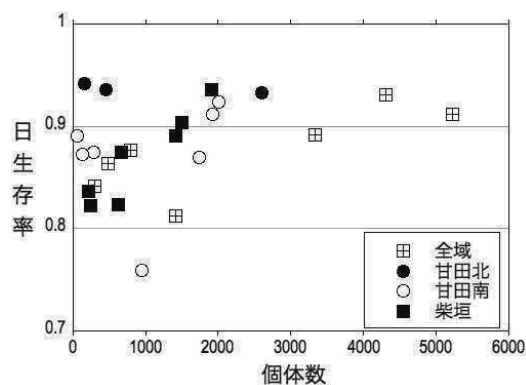


図11 各年のピーク個体数と生存率との関係

12は、柴垣車両進入防止柵より南側での個体数の増加の様子を示したものである。2017年には柴垣全体の1/3近くが防止柵の外側で目撃されている。2018年はやや減少しているものの、今後の推移によっては天然記念物の指定範囲を拡大し、進入防止柵の位置をより南側に変更する必要があるかも知れない。なお、車両進入防止柵は、大島側は1995年、柴垣側は1997年に設置されたものであるが、設置直後は、普及啓発が行き届かず、ほかに侵入口もあったため、たびたび車両の侵入があり、1998年には158個体の轢死例が報告されている(武藤, 1999)。今回の調査期間中にも車両の進入の痕跡(轍)がまれに残されていることもあったが、保護区域内で轢死体を見ることはなかった。車両の進入を規制することは、本種の保護に一定の効果を持っていると判断される。

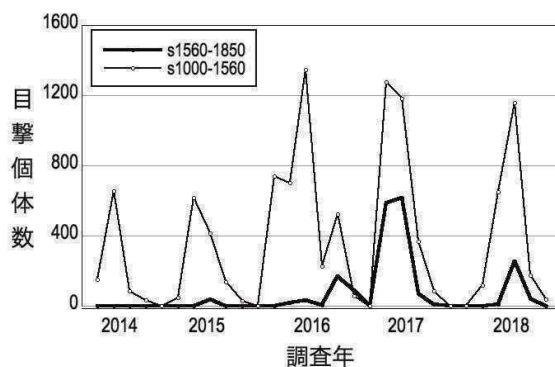


図12 柴垣における車両進入防止柵南側(s1560-1850m 区間)での個体数変化

個体数の増加は朗報ではあるが、集団遺伝学的に意味のある有効集団サイズ $N_e$ は必ずしも大きくない。近似的に2012-2018年のピーク個体数(推定値)の調和平均として求めた有効集団サイズは870.4であった。2018年のピーク時の推定個体数は、全域で5227と大きく増加していたが、有効集団サイズは1/6程度に過ぎないことになる。有



効集団サイズには性比の偏りも影響を及ぼすが、記録のある2014年、2016年、2017年の性比は、いずれも0.5から有意に逸脱するものではなく(表3)、今回は考慮しなかった。

表3 3年間の性比の調査結果

調査年	♂	♀	性比	p*
2014	23	36	0.39	>0.1
2016	6	4	0.60	>0.7
2017	26	28	0.48	>0.8

\* 二項検定による帰無仮説0.5の受諾確率

以上のように、有効集団サイズは2010年代の初期の個体数低下を反映しており、いわゆるボトルネック効果による遺伝的多様性の低下が懸念される。実際、2016年と17年に能登はんみょう海岸全域から採集した26標本からは、Satoh et al.(2004)が1999年に甘田海岸で採集した13標本から検出した3種類のハプロタイプのうち1種類しか確認されず、遺伝的多様性が減少した可能性が示唆されている(嶋田ほか, 2018)。

2010年代初期の甘田北の個体数減少の原因の1つとして、海浜における局地的な砂の循環サイクルの停滞が甘田北の後浜における砂の堆積をもたらし、地形勾配が急になったことで、幼虫にとって好適な生息場所、すなわち、高波を避けると同時に水分を適度に含んだ営巣可能な砂が存在する場所が消失した可能性が指摘されている(市川ほか, 2013; 上田, 2016)。これが正しいとすれば、逆に、近年の個体数増加は、幼虫にとっての好適な生息場所が拡大したことによると考えられるが、その点については、これまで蓄積している地形変動計測データの詳しい分析を行った上で、あらためて検討する。

### 謝辞

京都大学名誉教授堀道雄氏には、原稿をまとめるに当たって有益な助言を頂いた。今回の調査は、2012年は大学コンソーシアム石川の地域課題研究ゼミナール支援事業の助成を受け、2013年から3年間は環境省生物多様性保全推進事業で設立されたイカリモンハンミョウ保護対策協議会、2016年からは「能登はんみょう海岸を守り愛するプロジェクト・アイ」の調査活動として実施した。環境省、石川県、羽咋市、志賀町の関係者の方々、現地調査にご協力を頂いた方々にお礼申し上げます。

### 引用文献

- Arndt, E., Aydin, N., Aydin, G. 2005. Tourism impairs tiger beetle (Cicindela) populations — a case study in a Mediterranean beach habitat. *J. Insect Conservation*. 9: 201-206.
- Dangalle, C. D. 2013. The current status of the tiger beetle of the coastal habitats of Sri Lanka. *J. Tropical Forestry and Environment*. 3: 39-52.
- 福富宏和・石川卓弥・富沢章. 2010. イカリモンハンミョウの2010年調査記録. とっくりばち. 78: 68.
- 福富宏和・富沢章・石川卓弥・大宮正太郎. 2011. イカリモンハンミョウの2011年調査記録. とっくりばち. 79: 11.
- Hori, M. 1982. The biology and population dynamics of the tiger beetle, *Cicindela japonica* (Thunberg). *Physiology and Ecology Japan*. 19: 77-212.
- 市川広幸・宮川泰平・柳井清治・上田哲行. 2013. 能登半島におけるイカリモンハンミョウの減少と海浜地形変化. 応用生態工学会研究発表会講演集. 17: 161-162.
- 石川むしの会事務局. 2010. 石川県に「イカリモンハンミョウの生息地保全にかかる要望書」を提出. とっくりばち. 76: 7-10.
- 伊藤嘉昭・村井実. 1977. 動物生態学研究法(上巻). 古今書院.
- 松枝章. 1972. 石川県の生物 4 昆虫(その1). 石川の自然 2: 5.
- 中峯浩司. 2015. 鹿児島県志布志湾柏原海岸におけるイカリモンハンミョウ(コウチュウ目ハンミョウ科)の生態学的研究. 鹿児島大学大学院理工学研究科2014年度修士論文.
- 大塚外次. 1936. イカリモンハンメウに就いて. *昆虫界*. 43: 787-780.
- Pearson, D. L., Vogler, A. P. 2001. Tiger beetles: the evolution, ecology, and diversity of the Cicindelids. Cornell University Press.
- 佐藤綾. 2008. 海辺のハンミョウ(コウチュウ目:ハンミョウ科)の現状と保全. *保全生態学研究*. 13: 103-110.
- Satoh A., Sota T., Ueda T., Enokido Y., Paik J. C., Hori M. 2004. Evolutionary history of coastal tiger beetles in Japan based on a comparative phylogeography of four species. *Molecular Ecology*. 13: 3057- 3069.
- 嶋田敬介・海老原充・中谷内修・上田哲行. 2018. 石川県に生息するイカリモンハンミョウの遺伝的多様

- 性解析. 第41回日本分子生物学会年会講演要旨.
- 須田有輔. 2017. 砂浜生態学の概論. 砂浜海岸の自然と保全. 生物研究社. 1: 1- 22.
- 武田一郎. 2003. バーの段数と後浜上限高度との関係. 地形. 24: 407-417.
- 武藤明. 1981. 石川県のイカリモンハンミョウ絶滅か. 昆虫と自然. 16: 11.
- 武藤明. 1999. 轢死するイカリモンハンミョウ. 昆虫と自然. 34: 30.
- 富樫一次. 1981. 昆虫類. 石川の動植物. 石川県. 68-81.
- 徳本洋. 1964. イカリモンハンミョウを能登高浜町で目撃. 生物研究(福井) 8: 57.
- 鳥居謙一・加藤史訓・宇多高明. 2000. 生態系保全の観点から見た海岸事業の現状と今後の展開. 応用生態工学. 3: 29-36.
- 鶴崎展巨・川上大地・太田高士・藤崎謙人・坂本千紘. 2015. 鳥取砂丘におけるハンミョウ類の分布・生活史と1種の絶滅. 山陰自然史研究. 11: 33-44.
- 上田哲行. 2016. イカリモンハンミョウを守るために. 石川の自然まるかじり. 東海大学出版部. 2: 55-62.

## Seven-year population fluctuation of the threatened tiger beetle *Abroscelis anchoralis punctatissima* on the beach in the Noto Peninsula in Japan

Uéda, Tetsuyuki (Professor emeritus, Ishikawa Prefectural University)

Hasatani, Shigeyoshi (Group for protection of Ikarimon tiger beetles)

Nishiya, Kaoru (Nipponia nippon protection association)

Miyakawa, Taihei (Division of Environmental Science, Graduate school of Ishikawa Prefectural University, Graduated in fiscal 2014)

Shimada, Keisuke (Ishikawa Museum of Natural History)

Fukutomi, Hirokazu (Ishikawa Insect Museum)

Mizuta, Akito (Division of Environmental Science, Graduate school of Ishikawa Prefectural University)

Sakai, Ryouki (Department of Environmental Science, Ishikawa Prefectural University, Graduated in fiscal 2015)

### Abstract

The coastal tiger beetle *Abroscelis anchoralis punctatissima* is a threatened species in Japan and is distributed in Kyushu and Honshu. In Honshu, it is currently present only on a sandy beach approximately 3 km in length on the Noto Peninsula. In the 1980s, this species was thought to be extinct on the Noto Peninsula until it was rediscovered in its current habitat in 1994. To clarify the current situation of the species, we surveyed the abundance of adult beetles on the beach from 2012 to 2018. During the first three years, we found few adult beetles in the northern section of the beach where approximately 1800 beetles were counted in 1995. In the middle and the south sections of the beach, the adult numbers did not show a decrease, but the numbers were not large from the beginning, i.e. approximately 1/5 and 1/10 of those in the northern section in 1995. The adult numbers gradually increased from 2015 in the northern section, and rapidly increased from 2014 in the south and from 2015 in the middle. Thus, although this species has increased in last few years, it was confirmed that the adult numbers in the habitat significantly decreased in the early 2010s. Therefore, the genetic variation of the population, which may have been reduced by the bottleneck, requires further investigation.

Key words: threatened species/ coastal tiger beetle/ population fluctuation/ bottleneck/ sandy beach