

2014年に男鹿半島安田海岸の海食崖に形成された海食洞

渡部 晟*・澤木博之**・鈴木秀一***・渡部 均***

Sea cave formed in 2014 at the sea cliff near Anden,
Oga Peninsula, Akita Prefecture, Japan

Akira Watanabe*, Hiroyuki Sawaki**, Shuichi Suzuki***, Hitoshi Watanabe***

キーワード：海食洞，男鹿半島安田海岸，潟西層安田砂部層，消波ブロック，2014年

I はじめに

2014年12月，秋田県男鹿半島北岸安田付近の海食崖に海食洞が形成された．同年12月19日，筆者の一人澤木がこの事実を発見し，翌20日に澤木とは独立に現地を訪れた鈴木も確認した．

男鹿半島では海食洞は西海岸に10か所以上あるといわれており（古木・永井，2011），いずれも火山岩や火砕岩などの硬い岩石を穿っている．こうした海食洞は形成に 10^3 年以上の時間を要したと考えられる（昼間ほか，1994）．

それに対して安田海岸の海食洞は，軟弱な堆積岩からなる海食崖にきわめて短時間で形成された．形成当初は天井や壁面の崩落等で形態がかなり大きく変化した，その後の変化は緩やかであり，2015年12月現在，崩壊することなく存続している（第1図・第6図f・第1表）．

安田海岸の露頭には地層が連続的に露出していることから，古くから地質学的な調査が行われている．これまで公表されたこの露頭のスケッチ（加藤・渡部，1976；首藤ほか，1977；白石・的場，

1996）に海食洞は描かれておらず，筆者らの観察でもここ50年以上海食洞が形成されたことはなかった．それ故に筆者らは今回の海食洞の形成を稀有の事例にとらえ，発見時から1年間にわたり40回以上の現地調査を行い，経過を記録してきた．今後も観察を続けるが，本稿ではこれまでの観察結果をまとめて報告し，形成の要因等について若干の考察を試みる．

II 海食洞の位置と地質

安田海岸の海食崖はほぼ北東方向から南西方向へ直線的に続いている．海食崖の前にはところどころに消波ブロックが設置されている．海食洞が形成された地点（第2図のC， $39^{\circ}58'19''$ N， $139^{\circ}50'51''$ E）は一つの消波ブロック列の端の部分に当たる．この消波ブロック列は，ここから幅約7.5mの規模で約100mにわたって南西方向に連なっている．

C地点では海食崖は高さ30m以上に達し，下位から潟西層の下部（安田砂部層：白石・竹内，



第1図 安田海岸の海食崖に形成された海食洞（ステレオ写真）

海食洞は形成後10か月を経て比較的安定した状態にある．2015年10月18日撮影

*010-0101潟上市天王字長沼110-3 元秋田県立博物館 **男鹿半島大潟ジオパーク認定ガイド ***秋田県立博物館



第2図 海食洞の位置 (C)

国土地理院発行2万5千分の1地形図「北浦」を使用した。

第1表 観察内容の概要と気象状況

年	月	日	観察内容及び気象状況
1期	2014	12 17から18	急速に発達した低気圧に伴う大風
		19	海食洞発見。洞内に流木
		23	大量の崩落ブロック。洞内に波が侵入し崩落ブロックを洗い流す
		28	崩落ブロックは23日とほとんど同じ状態
	2015	1 14	崩落ブロックはなくなり、洞床平坦化。新たな小崩落。流木の位置姿勢変化
		1 1	このころ1日の最高低気温が0℃を境に上下を繰り返す（2月中旬まで）
		30	洞内周縁部に板状の崩落ブロック
		2 12	洞中央部を除いて板状の崩落ブロック
			崩落ブロックは高まった洞床上に堆積し、流木が隠れる
		16	洞奥を除いて崩落ブロックはなくなる。洞床はほぼ平坦
2期		3 13	洞床が平坦化し、崩落ブロックに隠されていた流木が現れる
		4 10	洞と海食崖の交線などがかなり丸みを帯びる
		6 29	同入口付近右側でクラックに沿って小崩落
		8 24	6月29日の崩落ブロックの上にわずかに新たな崩落ブロックが堆積
3期		9 27	6月29日と8月24日の崩落ブロックの上に再びわずかに新たな崩落ブロックが堆積
		10 2	急速に発達した低気圧に伴う大風
			洞内に波が侵入。崩落ブロックは一部残存
		3	崩落ブロックは完全になくなり、洞内に新たな流木
		8	台風から変わった低気圧に伴う大風
		12	洞内に海藻やごみ。その上に新たな崩落ブロック堆積
		11 23	10月12日の崩落ブロックの上にわずかに新たな崩落ブロック堆積
		12 9	10月3日の流木、11月23日までの崩落ブロックは流出
		23	海食洞そのものは10月12日からほとんど変化なし（観察終了）

太字は気象状況

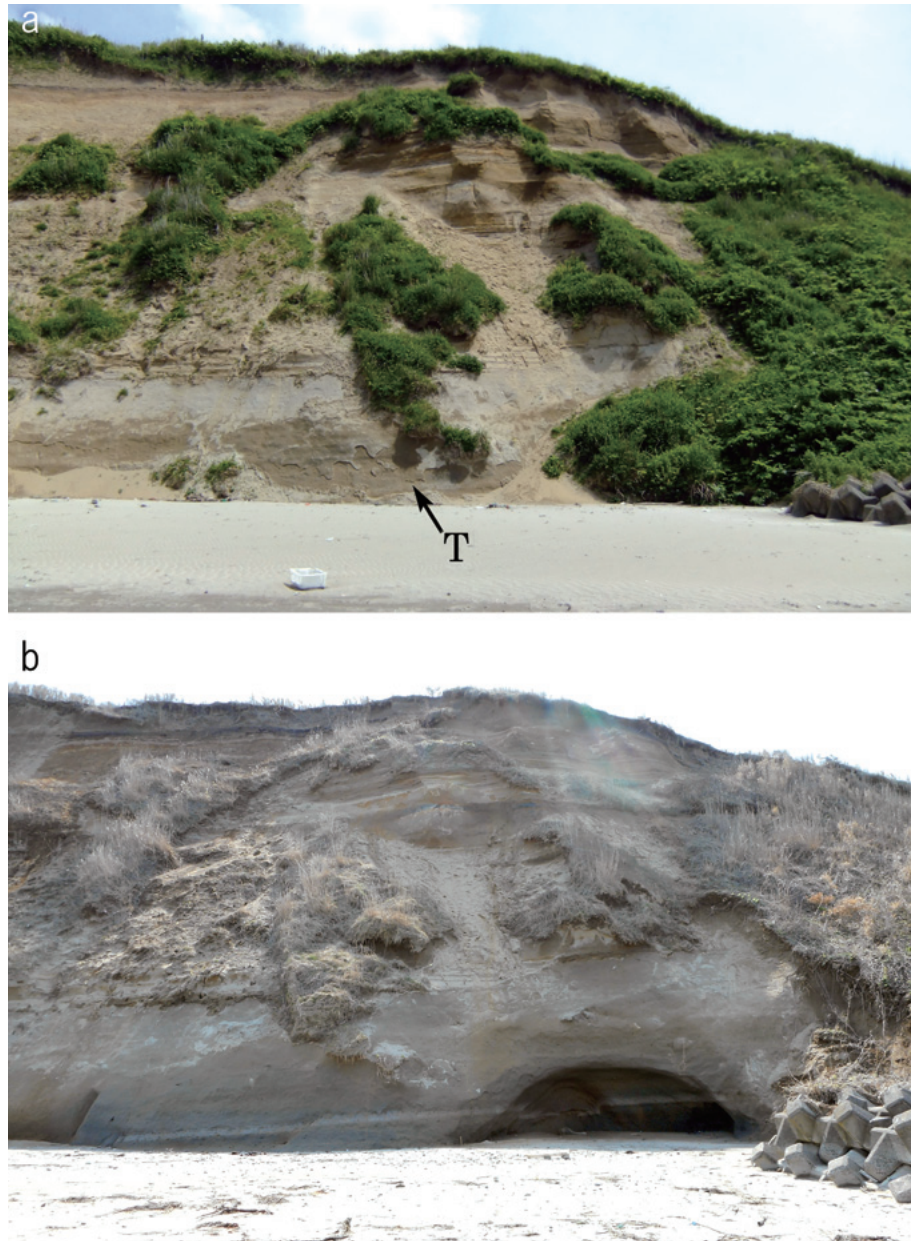
1999), 湯西層の上部, 五里合層 (いずれも上部更新統) が露出する。これらの地層はゆるく北東方向に傾いており, その走向は露頭面の走向方向とほぼ直交している。

C地点の海食崖では, 基部から7~8m上方までが安田砂部層である。安田砂部層は主として暗青色の弱く固結した塊状細粒砂層からなり, 貝化

石や生痕化石に富む。また厚さ30~35cmの洞爺テフラ (Toya) を挟む。海食洞は安田砂部層の細粒砂層とToyaを侵食して形成された。

Ⅲ 海食洞形成前後の状況

第3図aは海食洞形成前の2014年6月7日に撮影されたC地点付近である。露頭下部には塊状



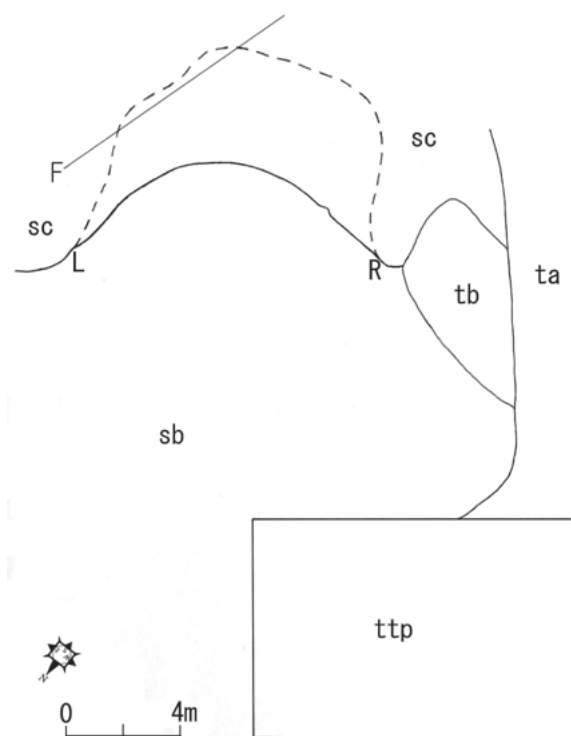
第3図 海食洞形成前と後の C 地点付近

a は海食洞形成前. T は Toya. 2014 年 6 月 7 日撮影. b は形成後. 露頭下部にあった崖錐のところに海食洞が形成されている. Toya が海食崖と洞内にはっきり見える. この露頭には正断層が露出しており, 海食洞の左方および洞内で Toya を変位させている (詳細は渡部ほか, 2016 を参照). 画面左端付近にはクラック部分が縦長に侵食されたくぼみがある. 2015 年 4 月 10 日撮影

の細粒砂層と Toya (T) が露出し, その右方 (本稿では左・右は, 露頭あるいは海食洞などに向かって見た場合とする) の海食崖は下部が崖錐と崖錐表面に生じた植生に覆われている. 右側手前の砂浜にある消波ブロックの背後の海食崖も, 全体が崖錐・植生によって覆われている.

第3図 b は 2015 年 4 月 10 日に第3図 a とほぼ同じ位置を同じ方向から撮影したものである. 露

頭下部を覆っていた崖錐が完全に消失し, 崖錐があった部分の海食崖に海食洞が形成されている. 海食洞の左端はかつての崖錐左端の位置とほぼ一致している. 消波ブロック背後の崖錐も一部が消失している. 砂浜の表面は 2014 年 6 月 7 日時点と比べると 1 m 程度低下し, そのため第3図 b の消波ブロックは a に比べてかなり下方まで露出している.



第4図 海食洞と消波ブロックおよび崖錐の位置関係 (平面図)

L: 海食洞入口左端 R: 海食洞入口右端 LR を結ぶ破線: 洞の内壁と洞床の交線 LR を結ぶ実線: 洞の内壁と海食崖の交線 F: 断層. この断層は第4図で海食洞左方の海食崖で Toya を変位させている断層 (第4図) と同じものである sb: 砂浜 sc: 海食崖 ta: 海食洞形成前からあった崖錐 tb: 海食洞形成後に上部の崖錐堆積物が落下して新たに形成された崖錐 ttp: 消波ブロック

なお海食洞入口付近においては海食洞内壁と海食崖の境界の認定は難しく, そのため L と R の位置は簡単には決め難い. しかし内壁面の傾斜は 90° 以上 (オーバーハング) であり, 海食崖面は 90° 以下である. そこでここでは, L と R を面の傾斜が 90° 以上から 90° 以下に遷移する点とした. 本図は 2015 年 9 月 27 日の状況に基づいて作成した.

IV 海食洞の形態とその時間的移り変わり

第4図に海食洞およびその周辺の平面図を示した. 海食洞は幅 (第4図の LR 間の距離) 約 10m, 奥行は LR の中点から LR に直角に測定して約 7m, その線上で洞内壁と海食崖の交線の真下の点から測定して約 4m, 天井の最大高約 3m (最高点は入口のほぼ中央部にある) の規模である. 天井部分は球の内面の一部のように左右両側および奥側へと低下している. さらに洞奥の一部が断層 (第4図の F) に沿って崩落し, その部分が多少奥方向にくぼんでいる.

C 地点の海食崖下部 (安田砂部層露出部分) は

海食洞形成以前には崖錐に隠れて見えなかったが, その左右に比べて奥方向にややくぼんでいたようであり, 現在でもその痕跡が認められる (第1図, 第3図 b, 第9図). 海食洞内壁面と海食崖の交線 (第4図の L と R を結ぶ実線) が奥方向に大きく曲がっているのは, 海食崖がくぼんでいたことによる効果大きい. また海食洞形成前には L 点付近から右方に続いていた崖錐が, 海食洞形成時に ta の左端線まで侵食された.

なお海食洞は, 洞入口の幅・高さより奥行きが深いもの, と定義されることもある (日下, 2007). 安田海岸の海食洞はこの定義では海食洞から外れることになるが, 形態的に完全に洞窟をなしているので, 本稿ではノッチではなく海食洞として扱う.

以下に海食洞を発見した 2014 年 12 月 19 日から 2015 年 12 月 23 日までの海食洞の状況を, 1 期 (崩落等で大きく変化した時期: 海食洞の形成から 2015 年 2 月まで), 2 期 (安定していた時期: 2015 年 3 月から 6 月下旬), 3 期 (小崩落が断続するようになった時期: 2015 年 6 月下旬から 12 月) に分け, 時間を追って記述する. また洞床と付近の砂浜の変化についても述べる.

変化の概要については第1表に時間に沿って配列した.

1 期 (第5図 a-e)

第5図 a は発見時の海食洞であり, 2014 年 12 月 19 日 14:00 に撮影された. V で述べるように形成されてからあまり時間がたっていないと考えられる. 洞床はほぼ水平に堆積した砂からなり, 表面に波の痕跡が残っていた. 洞奥中央部からその右方にかけて洞床上に崩落したブロックが見られたが, 量はそれほど多くなかった. また洞内に漁網のようなものの断片が絡みついた流木が存在していた. 海食崖に露出する Toya が洞内壁にも露出し, 全体が一直線状をなして見えた. 第5図 b (12 月 20 日 10:53 撮影) は洞内に露出する Toya であり, F が上述した断層である. この時点では断層面手前側が Toya の下底を境に一部崩落し, Toya が変位した状態で奥側に少し露出していたが, まだ Toya は断層面手前側で直線的な状態で観察できた.



第5図 1期と2期の海食洞

a-e: 1期 f: 2期 a: 形成されて間もない海食洞 b: 海食洞内部に露出しているToya. 画面中央部で、断層(F)面の手前側のToyaの下位部分は崩落しているがその上位は未崩落である. c: 内部が崩落した海食洞. 崩落した大量のブロックが洞床に堆積している. 洞内部に波が侵入し、堆積したブロックを洗い流している. d: 再び洞床が平坦になった海食洞. 内部に堆積していた崩落ブロックがほとんどなくなり、少量の新たな崩落ブロックが見られる. 流木の位置と姿勢が変化している. e: 板状の崩落物に覆われた洞床. 内部が広く崩落し、崩落物に覆われて流木が見えない. f: 板状の崩落ブロックが搬出されて洞床が平坦になった海食洞. 崩落物はほとんどない. dに比べて流木がかなり埋まっている. 洞の天井部と海食崖の交線や洞奥の崩落した部分の段差が丸みを帯びてきている.

各図の右下に沿えた数字は撮影年月日で、2桁ごとに年(西暦年の下2桁)、月、日を表している.



第6図 3期の海食洞

a: 小さな崩落が発生した海食洞。全体としてあまり変化していないが、洞右側の天井部分が崩落している。流木がさらに埋まった。 b: 崩落を起こしているクラックと崩落ブロック。洞の右端近くにあるクラックのところで少しずつ崩落している。右端付近にある棒は長さ1m。 c: 海食洞に侵入する波。大風に伴って高い波が発生し、海食崖に達して海食洞内にも侵入した。この時点ではまだ崩落ブロックは完全に除去されていない。 d: 波が侵入した後の海食洞。洞内の右側に見られた崩落ブロックが洗い流され洞床が平坦化しており、洞内に新たな流木が見られるが、洞全体はほとんど変化していない。 e: 新たな崩落が発生した海食洞。クラックの左側のToyaとその上下部分が崩落した。 f: 形成から12か月後の海食洞。dで見られる流木とeの崩落ブロックはなくなって洞床が平坦化し、海食洞形成当初からある流木が第5図fと同程度にまで露出した。砂浜や洞床に波が侵入したことを示す海藻が散在している。

第5図と同様、各図の右下に撮影年月日を添えてある。ただし（ ）内は撮影時刻。

海食洞が最初に観察されてから4日後(12月23日)には、崩落ブロックが大量に洞内に堆積していた(第5図c)。天井部分の崩落が進み、断層面の手前側も崩落してToyaが断層によって変位している状況が明らかになった(第5図d以降の写真で明瞭)。第5図aで流木の左上方に入口の天井が垂れ下がったような部分がある。ここも崩落して第5図dに見られるように変化した。この日は洞内に波が侵入し、崩落ブロックを崩して洗い流している様子が観察されたが(第5図c)、12月27・28日になっても崩落ブロックほとんど変わらずに残っていた。

2015年1月14日の観察では、12月23日から28日まで見られた崩落ブロックはなくなって洞床は平坦化し、流木が多少移動してその姿勢も変化していた(第5図d)。こうした変化は28日以後に洞内奥まで波が侵入したことを示すものであり、洞床に海藻が多く残されている事実もそのことを物語る。第5図dをaと比べると、洞の天井が高くなっていることがToyaから天井までの距離の拡大から明らかである。この変化は12月23日に観察されたブロックが崩落したことによるものである。また海食洞と海食崖の交線がやや鮮鋭さを欠いてきている。1月14日には新たな崩落ブロックが少なく、第6図cに見られる洞入口中央部上の欠けた部分がほぼそのまま残っていることから、12月23日以後はあまり大きな崩落がなかったと思われる。

2015年1月30日には洞内の周縁部に沿って板状の崩落ブロックが観察された。2月12日には板状の崩落ブロックは中央部を除く洞内の広い範囲に堆積しており、流木がそれに覆われて見えなくなった。(第5図e)。洞床は1月14日に比べてやや高くなり、崩落ブロックはその上に堆積していた。洞手前の砂浜および崩落物に覆われていない洞床の浜砂表面には波の痕跡が明瞭に残っていて(第5図e)、崩落に先立って波によって洞内に砂が運び込まれ堆積したものと思われる。

1月30日と2月12日に見られた崩落ブロックは、それ以前(第5図a・c・d)やそれ以後(第6図a・b・e)の崩落ブロックと異なり、板状を呈している点で特異である。1月から2月中旬は

最低気温の低い日が続き、男鹿や大潟ではほぼ連日氷点下であった。-5℃以下の日も多かったが最高気温が0℃を下回る日は少なく、時には7℃以上になることもあった(気象庁, 2015)。このため低温時に洞内壁が凍結し、気温が上昇したときに融解して板状に剥がれ落ちたのではないかと推測される。2月16日になると、崩落したブロックは奥の方に少し残っていたが、板状の形はほとんどなくなっていた。12日以降に波が洞内に侵入してブロックを洗い流したらしく、洞床に海藻やごみが多く堆積していた。

2期(第5図f)

2015年3月13日には崩落ブロックはほとんどなくなって洞床は平坦化しており、2月12日以後崩落ブロックに隠れて見えなかった流木が再び現れていた。この間、波が洞内に侵入して崩落ブロックをほぼ完全に搬出したものと思われる。

4月10日になっても3月13日とほとんど変化がなかった。しかし天井部分と海食崖の交線や、洞奥の崩落によって生じた壁面の段差が以前より丸まってきた(第5図f)。その後は変化は少なく、洞の状態は安定していた。

3期(第6図)

2015年6月29日には崩落した細粒砂やToyaのブロックが入口に近い洞右側の洞床に堆積していた(第6図a)。崩落ブロックの保存状態が良好である点から見て、崩落してから観察されるまではそれほど時間が経過していなかったと思われる。この崩落は砂層に発達しているクラックの一部分に沿って生じており、その後は時々(8月24日、9月27日)、クラック部分から崩落した小ブロックが以前の崩落物の上にわずかに堆積していた(第6図b)。

2015年10月2日は秋田県地方で未明からかなりの強風が吹いた。秋田では午前中は西寄りの風で最大瞬間風速が20mを超えることが何度もあり(気象庁, 2015)、安田海岸では波が海食崖まで達し、海食洞にも頻繁に波が侵入していた(第6図c)。翌3日は波がやや弱まって海食洞まで達することはなく、前日の観察時には多少残っていた6月29日以降の崩落ブロックは完全に洗い流されていた。また長さ約2mの流木が洞内に流れ込み

横たわっており、その奥側の洞床が砂の堆積によりやや高まっていたが、海食洞そのものはそれ以前とほとんど変化していなかった（第6図d）。

2015年10月8日には台風23号が変わった低気圧が北海道に接近し、その影響で秋田県地方は昼前から夕方にかけて主として北北西の強風が吹いた。風速は10月2日より大きく、秋田で最大瞬間風速は24 mを超えた（気象庁、2015）。

その後の10月12日に観察したところ、洞床に波の痕跡が認められ、3日に見られたものとは別の海藻やごみが多く散乱していたので、2日と同様8日の強風時にも洞内に波が侵入したことが確実である。

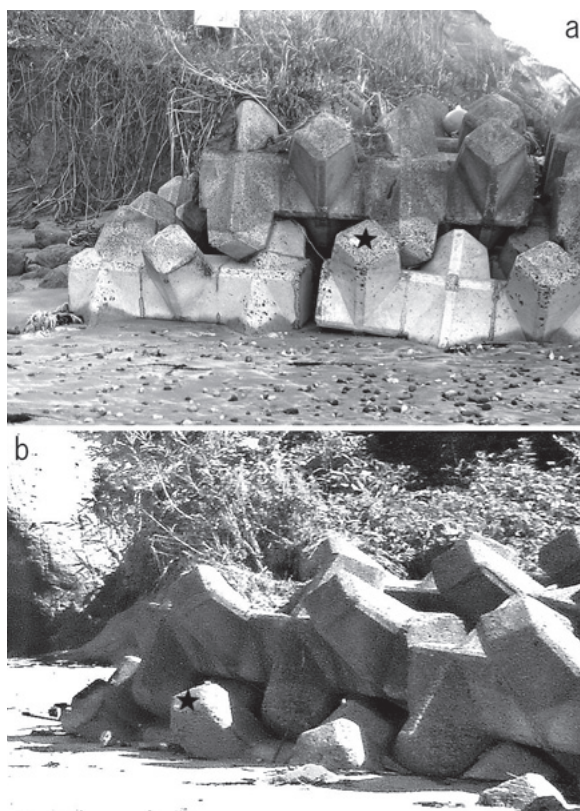
10月12日の観察では海食洞全体としては大きな変化は認められなかったが、これまで崩落を起こしていたクラックの部分から細粒砂やToyaのブロックがかなり多く洞床に落下していた。崩落ブロックは海藻などの上に堆積しており、波に洗われた形跡がないので、8日の波侵入後から12日までの間に落下したものである。6月29日以後の崩落は主としてクラックの右側で起こっていたが、この日観察された崩落はクラックの左側から生じていた。崩落の規模は6月29日に観察されたものより大きく、クラックの左側の洞内壁がかなりくぼんだ（第6図e）。

11月10日には洞内に細長い木の枝が流入しており、洞内に波が侵入したようであるが、崩落ブロックには大きな影響は認められなかった。11月23日には、10月12日に観察された崩落ブロックの上に新たなブロックがわずかに堆積していた。

その後、最後に観察した12月23日まで、海食洞そのものにはほとんど変化が見られなかった（第6図f）。ただしその間に何度か洞内に波が侵入し（例えば11月27日観察）、それらによって崩落ブロックや10月3日に流入した流木が洗い流され、洞床は平坦化した（12月9日確認）。

洞床と砂浜の変化

洞床は海食洞の形成後から3月まではほぼ一貫して上昇し、その後の変化は緩やかになった。3月までは侵入した波が砂を運搬してきて洞床に新たに堆積させたと考えられる。4月10日（第5図f）から6月29日（第6図a）までの間にも



第7図 砂浜の変化

aは2014年12月20日、bは2015年7月12日撮影。aとbで同じ消波ブロックの同じ位置に★印を付してある。aに比べてbでは砂浜表面が40cm以上上昇している。

わずかに上昇している。この間は波が侵入した形跡はなく、崩落も一部に限られているので、洞床の上昇は砂が風によって洞内に運び込まれたことによるのかもしれない。

12月になってからは洞床が侵食され、表面が5～10cm程度低下し、4月10日ごろのレベルに戻った。低下は洞奥より入り口付近でいちじるしく、洞床は奥から入口に向けてやや傾斜した。

洞床に侵入する波は、このように、砂を堆積させることもあり、侵食することもある。

洞床に連続する海食洞付近の砂浜においても砂の堆積や侵食が認められた。2014年12月19・20日には海食洞と消波ブロックの間に、長さ最大で50cmにおよぼわずかに固結した砂のブロックが多数散在していた（第5図a、第9図）。この砂ブロックは安田砂部層と同様の種組成の貝化石を含んでおり、粒度も共通するので、同部層に由来するものと思われる。しかし安田砂部層の砂が暗青色であるのに対してこのブロックは茶色を呈し



第8図 砂浜を遡上し、海食崖に達する波

C地点の北東方の消波ブロック端から南西方向を望む。約100m先で海に突き出して見えるのはC地点から始まる消波ブロック。なお波打ち際は、波の穏やかなときには海食崖から30m程度あるいはそれ以上離れた位置にある。2014年12月23日撮影

ている。おそらく過去に海食崖が侵食を受けた際に崩落し、これまで浜砂に埋もれていたのであろう。これらの砂ブロックは2015年1月にも見られたが、その後は砂が堆積したためまた埋もれた。

消波ブロック付近の砂浜表面は、海食洞形成直後から8月末までの間に40から50cm程度上昇し(第7図)、10月の大風時に侵食され約10cm低下した。その後は12月23日までほとんど変化が見られない。

V 海食洞はいつ形成されたのか

筆者らのメンバーが海食洞発見以前に最後に安田海岸を訪れたのは2014年10月12日であった。海食洞はそれから12月19日までの間に形成されたことになる。

安田海岸において、海食崖の前に消波ブロックが設置されていないところでは、春から秋にかけて小規模な崖錐が多く形成される。これらの崖錐は主として冬季間の強風時に砂浜を遡上して海食崖に達する波浪によって除去され、露頭が維持されている(第8図)。時には波浪が砂浜を侵食し、すでに述べたように砂の堆積面が1mほど低下することもある。多くの場合低下分はその後速やかに回復する(渡部, 2010; 渡部ほか, 2015)。このように特に冬季においては、強風に伴う波浪が海食崖にまで達することが珍しくない。

2014年10月から12月の気象状況を見ると、最大の風速を記録したのは12月17日から18日午前にかけてである。秋田県地方は急速に発達した低気圧の影響で西から北西の風向を持つ強風に見舞われた。最大瞬間風速は、秋田では西の風で27.8m(17日, 15:29)、男鹿では北の風23.0m(18日, 6:40)、また大潟では北西の風26.9m(18日, 7:40)であった(気象庁, 2015)。西寄りや北寄りの風は、安田海岸では海から陸に向けて吹くことになるので、付近の海上での波高は大きく、海岸には高い波が長時間にわたって打ち寄せたと考えられる。12月16日以前では12月2日に西の大風を伴う気象状況があったが、風速は17・18日より小さく(最大瞬間風速は大潟で西の風20.6m, 16:20)、強風の継続時間も短かった(気象庁, 2015)。

19日に発見されたときの海食洞は洞と海食崖の交線がきわめて鮮鋭で、交線部分に崩落が認められず(第5図a)、直前に形成されたように見える。このことと気象状況を合わせて考えると、海食洞は強風に伴って海食崖に打ち寄せた波浪によって形成され、それは17日から18日にかけてであったことがほぼ確実である。

なお海食洞の発見時においてはC地点付近の砂浜表面が大きく(第3図bが撮影された2015年4月10日時点よりさらに)低下しており、消波ブロックが上から2段目の中部より下まで露出していた(第7図a, 第9図)。海食洞形成に先立つ強風時に砂浜が侵食され、そのため波が遡上しやすくなっていた可能性も否定できない。

VI 海食洞はなぜここに形成されたのか

一般に海食洞は岩質の弱い部分や節理や断層に沿って形成される(赤木, 1970)が、安田砂部層はほぼ水平でありかつ全体的に塊状であるため、場所によって岩質の強弱に大きな違いはない。また安田砂部層の露頭には断層やクラックなどの弱線も露出している(第3図b)。しかし海食洞はそれらの弱線には形成されなかった。C地点から左方にやや離れた地点の海食崖もC地点と同程度の波に攻撃されたはずであるが、海食洞の左端から約20m左方の海食崖がクラックに沿って縦長



第9図 消波ブロック背後の崖錐が侵食された状況
もともと消波ブロック端の背後には、崖錐のないわずかなスペースがあったが、崖錐が侵食され広いスペースになった。2014年12月20日撮影。

に削られた程度で（第3図b），大きな侵食を受けていない。

C地点は消波ブロック列の端に当たるので、そのことが海食洞形成に関係しているように思われる。そこで、消波ブロックのない地点の海食崖とC地点の海食崖とで当時の波の状況を推定し、比較してみる。

消波ブロックから離れた地点の海食崖に波が打ち寄せた場合、砂浜を遡上した波（海水）は崖に衝突し、その後は返り波となって来た方向に戻る。繰り返し海水の運動エネルギーが海食崖に与えられることになるが、2014年12月17・18日の波浪では海食洞の形成には至らず、クラックの部分を多少侵食する程度にとどまった。

一方C地点では、第4図・第9図に示すように、消波ブロックと海食崖の間にあった崖錐堆積物が消波ブロックの端から約9m右方まで抉り取られていることが注目される。海食崖に向かって遡上した波が消波ブロック列の背後に回り込み、崖錐堆積物を激しく侵食したのである。こうして崖錐堆積物の除去が進むにつれて、この付近を遡上する波は、消波ブロックのところを過ぎると右の方へ広がることができるようになる。そのため波（海水）は海食崖に対して右向き斜めに衝突することになり、衝突後は崖面に沿って右方向に流れたと考えられる。2015年10月2日と11月27日に、海食洞形成時より規模がはるかに小さいと思われるが、こうした流れが海食洞の右方で実際に観察された（第10図）。海食崖に沿った流れは消波ブ



第10図 海食崖および崖錐堆積物の手前を右向きに流れる波（水流）

海食洞に向かって遡上してきた波が消波ブロックを過ぎたところで右方に広がり、海食崖や崖錐堆積物にぶつかって右向きに流れている状況。2015年10月2日11:56撮影。11月27日にも観察された。

ロックから離れた地点の海食崖ではほとんど生じない流れであり、これが海食洞を形成する要因になった可能性がある。

安田海岸に消波ブロックが設置されてから30年以上になる。その間にはこのたびより激しい大風を伴う気象状況が何度もあった。例えば1991年9月の台風19号（秋田で最大瞬間風速51.4m）、2012年4月の低気圧に伴う強風（同40.8m）などである（気象庁、2015）。それらの際には海食洞は形成されなかったことからみると、2014年12月17・18日の大風はC地点での海食洞形成に関して風向などの条件がきわめて適しており、激しい波がエネルギーをあまり失わない状態で海食崖に到達できるような状況であったと考えられる。

Ⅶ 海食洞手前の安田砂部層の表面地形

海食洞形成の直後には、海食洞入口の左端からすぐ左方に、海食崖から連続して波食棚状をなす安田砂部層の露頭が観察された（第11図）。波食棚状の露頭は海食洞の左端の位置で明らかな段差をなして低下し、海食洞の前では堆積した砂に覆われて見えなくなっていた。2015年1月になると、波食棚状の露頭の上にも砂が堆積するようになり、2月以降は完全に覆われてしまった（第1図）。なお海食洞右端の位置では洞形成直後に崩落した



第 11 図 波食棚状を呈する海食洞左端付近の安田砂部層の露頭

安田砂部層の露頭が海食崖から海側へ波食棚状に連続し、その先はやや急に低下して砂に覆われている。海食洞の左端付近では、この露頭は明瞭な段差をなして右側が低下している。2014 年 12 月 19 日撮影。

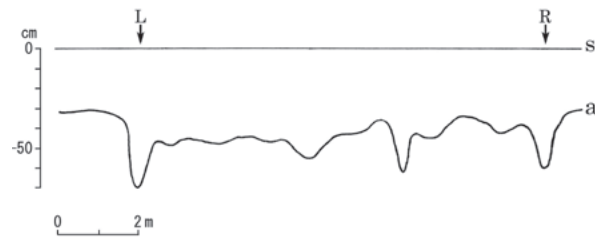
崖錐堆積物に覆われていたためか、波食棚状の露頭は観察できなかった。

波食棚状の安田砂部層表面が、海食洞に面した部分でその両側に比べてどの程度低下しているかを調査した。この調査では、堆積した浜砂にはボーリングステッキを容易に貫入させられるが、安田砂部層の細粒砂層には力を加えてもほとんど貫入させられないことを利用した。

海食洞の入り口から約 1 m 手前で、50cm 間隔（必要に応じて 20cm 間隔）で砂浜表面にボーリングステッキを鉛直に突き刺し、押し込んでそれ以上貫入させられなくなる深さを測定した。

その結果、海食洞に面した部分で安田砂部層の表面はかなり凹凸に富み、その全体が両側部分に比べて数 cm から約 40cm 低下していることや、大きく低下している 3 か所は幅の狭い溝状をなしていることが判明した（第 12 図）。ボーリングステッキでさらに探査したところ、溝は洞内方向および海方向へ連続していた。このような溝状地形は波食棚状をなしている露頭上には発達していない（第 11 図）。

安田海岸では脇本層（潟西層の下位の鮎川層の下位層）の比較的固結度の低い塊状泥岩層が、波打ち際に波食台状をなして一時的に露出することがある（渡部ほか，2015）。この露頭表面はかなり凹凸富み、多くの溝状の地形が汀線に直角方向に延びている。溝の中には砂礫が入っており、それらが波の往復に伴って流動している様子が観察



第 12 図 海食洞手前の安田砂部層の表面地形

LR（第 4 図）を結ぶ線から 1 m 手前（海側）で、浜砂の堆積面（s）を基準として波食台棚状をなす安田砂部層の表面（a）の深さを示した。2015 年 5 月 14 日調査。

される。溝状の地形はこうした砂礫の流動により泥岩表面が下刻されて生じたものと考えられる。第 12 図に示した断面地形はこの地形に非常によく似ている。

海食洞の形成中に洞内に侵入した波が返る際には、崩落した砂などを多量に含む流れになったはずである。海食洞に面した部分の安田砂部層表面の低下や溝は、この流れによって下刻された結果と推定される。

VIII おわりに

今回の海食洞の形成というできごとと、その後の海食洞の変化は、長い年月にわたって海食崖が波に侵食されて次第に後退していく過程の一場面ととらえることができる。しかし消波ブロックが無ければこのできごとは起こらなかった可能性が高いので、人間の自然への介入によって生じた事態であって、純然たる自然現象ではないと考えるべきかもしれない。

2015 年 12 月 23 日現在、海食洞は比較的安定した状態にあり全体が崩落するような兆候はない。ただ一部分が断続的に崩落しており、長くこのままの状態を維持するものでもないと予想されることから、今後も観察を続ける予定である。特に冬季間の波浪によってどのような変化がもたらされるかに注目したい。

謝 辞

秋田県立博物館（当時）の大森 浩氏、秋田県潟上市の渡部和子氏には野外調査の際にご協力いただいた。厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 赤木三郎, 1970, 洞くつ地質学ノート:海食洞と鍾乳洞.
地球科学, vol.24, p.146-148.
- 古木久美子・永井登志樹 (2011): 男鹿半島・大潟ジ
オパークガイドブック. 秋田県秋田地域振興局総
務企画部地域企画課, 75p.
- 昼間 明・町田明夫・寒河江登志朗・堀口萬吉,
1994, 房総半島南部にみられる海食洞について.
埼玉大学紀要, 自然科学篇, no.29, p.83-106.
- 加藤万太郎・渡部 晟, 1976, 男鹿半島安田海岸にお
ける鮎川・潟西層の構造と堆積環境について. 秋
田県立博物館研究報告, no.1, p.56-65.
- 気象庁, 2015, 各種データ・資料, 過去の気象データ
検 索. [http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/
index.php](http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php)
- 日下 哉, 2007, 日本地形用語事典(増訂版). 東洋書店,
262p.
- 首藤次男・高安泰助・岩井武彦・鎌田泰彦・西岡幸一・
大塚妙子・小高民夫・増田孝一郎・小笠原憲四郎・
野田浩司・鎮西清高・蟹江康光・岡本和夫・松隈
明彦・岩崎泰顕, 1977, 鮎川層・安田層・潟西層
の関係について. 九州大学理学部研究報告(地質
学), vol.12, p.215-227.
- 白石建雄・的場保望, 1996, 秋田県男鹿半島海成中・
上部更新統と洞爺テフラなどの広域テフラ. 第四
紀露頭集-日本のテフラ, 日本第四紀学会, p.52-
53.
- 白石建雄・竹内貞子, 1999, 秋田県男鹿半島における
上部更新統層序の再検討. 第四紀研究, vol.38,
p.29-39.
- 渡部 晟, 2010, 激しく侵食された安田海岸の砂浜.
秋田地学, no.65, p.16-17.
- 渡部 晟・澤木博之・松橋敬子・登藤栄子, 2015, 激
しく侵食された安田海岸の砂浜 (2). 秋田地学,
no.72, p.19-22.
- 渡部 均, 渡部 晟, 工藤伸也, 2016, 逆断層のよう
に見える正断層—男鹿半島安田海岸の海食洞内に
露出する断層. 秋田県立博物館研究報告, no.41,
p.39-44

要 旨

2014年12月19日, 男鹿半島北岸安田海岸の海食崖
に, それまでは存在していなかった海食洞が発見され
た. 海食洞は, 安田砂部層のわずかに固結した塊状細
粒砂とそれに挟まれる Toya を波浪が侵食したことによ
って, きわめて短時間で形成され, 2015年12月23
日現在, 存続している.

海食洞が形成されたのは, 気象状況や洞の状態から
見て, 2014年12月17日から18日にかけてであった
と考えられる.

海食洞は形成当初の2か月間ほどは大きな崩落等が
発生してその形を変えたが, その後あまり形の変化は
見られなくなった. 海食洞の規模は幅約10m, 奥行き
約7m, 高さ3mほどで安定している. ただ6月以降,
洞内部でクラック部分からの小崩落が断続的に発生し
ている.

海食洞のできた場所は海食崖に沿って設置された消
波ブロック列の端の部分である. 波が消波ブロック
の背後に回り込んだため, この地点の海食崖では消波
ブロックのない地点の海食崖と異なる特異な水流が生
じ, 海食洞の形成に至った可能性が考えられる.

海食崖から連続し, 波食棚状を呈する安田砂部層の
露頭表面が, 海食洞の前面では他の場所より低下して
いるのは, 海食洞形成時, 洞内に侵入した波が返る際
に, 崩落した砂を多量に含んだことによって激しい下
刻を受けたためと思われる.