

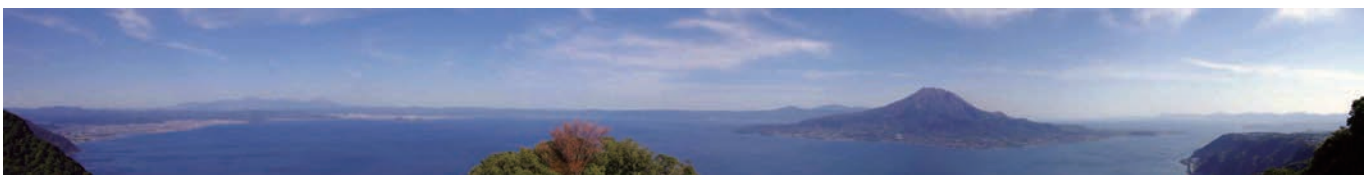


# Newsletter

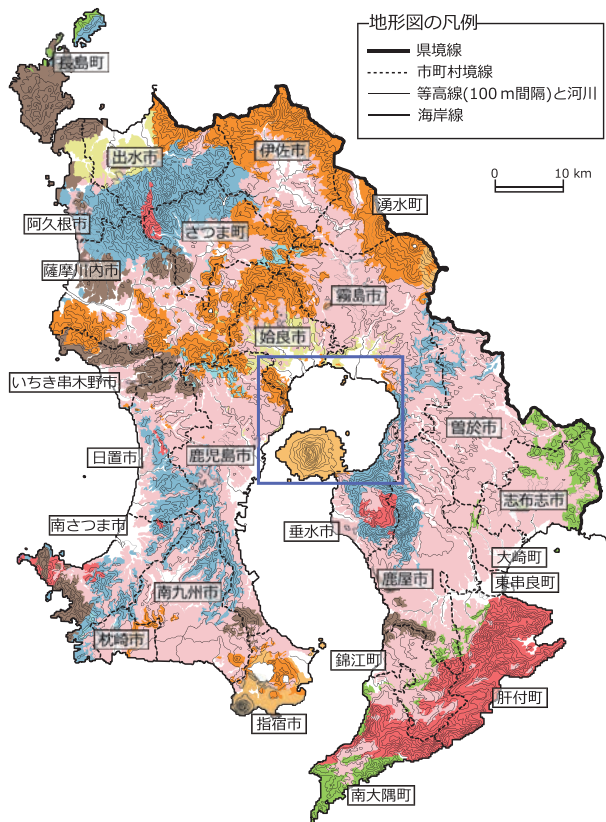
NO.30

OCTOBER 2012

## 第12回特別展示展 錦江湾奥の自然と人とのかかわり



### 錦江湾奥（吉野からの遠望）



		凡例（層序表）			
新生代	第四紀	完新世	堆積岩類	火山岩類	火砕流堆積物
		更新世	堆積岩類	火山岩類	
	新第三紀	鮮新世	堆積岩類	火山岩類	深成岩類
		中新世	堆積岩類	深成岩類	
	古第三紀	漸・始・晩新世	堆積岩類	深成岩類	変成岩類
		白亜紀 ジュラ紀 三畳紀 ?	堆積岩類	変成岩類	
中・古生代					

錦江湾奥と周辺地域の地質。10万分の1 鹿児島県地質図（鹿児島県、1990）の一部を簡略化

本号では、錦江湾奥に焦点を絞って企画された第12回特別展「錦江湾奥の自然と人とのかかわり」を紹介し、これに関連する話題は、第7回特別展「鹿児島湾の自然史」（2007年開催）と第8回特別展「鹿児島の活火山」（2008年開催）でも取り上げています。「鹿児島湾の自然史」では、「世界的にみても珍しい鹿児島湾の特徴」を紹介し、「鹿児島の活火山」では、「鹿児島の活火山を学び、火山に活かされていること知り、活かすことを考える」を提案しています。今回の特別展では、この二つの特別展を受けて、錦江湾奥の自然と、その沿岸に暮らす人々とのかかわりを取りあげます。

## 特別展紹介

2012年3月、霧島屋久国立公園が霧島錦江湾国立公園と屋久島国立公園に分離再編され、錦江湾（鹿児島湾）奥の海域に一般の方の関心が向けられるようになりました。鹿児島大学総合研究博物館では、これを機に、これまで学内外で行われてきた研究の成果を生かして、湾奥の地形と成り立ち、水の循環、地震・火山活動、動植物、資源と産物、環境問題などを紹介する展示を行います。

錦江湾奥は、約3万年前の大噴火で陥没した始良カルデラに海水が流入した場所で、始良カルデラの南縁に活火山の桜島、北東部に2003年に活火山に指定された若尊カルデラがあります。湾奥の入口である西桜島水道は水深が約30～40mですが、湾奥の水深は、もっとも深いところで206mもあります。このため、周辺から河川水が流れ込むものの、海水の出入りが緩慢な閉鎖性海域となっています。

水深が深く外海から遠く離れた穏やかな海はブリの優れた養殖の場となっており、海面に跳ね返る太陽の光と長い日照時間は、桜島のビワや小ミカンなど湾岸の農作物を育てています。若尊カルデラにはチムニーを伴った熱水噴気孔があり、そのまわりにレアメタルに富む鉱物が大量に沈殿し、希少な生物であるサツマハオリムシが生息しています。

しかし、良いことばかりではありません。1973年に発生した湾奥の水銀汚染魚問題は、若尊カルデラの海底火山性噴気活動による水銀（無機水銀）を魚が取り込んでいるとされています。しかし、仮にそうであっても、どのようにして水銀が魚に取り込まれるのかよくわかっていません。さらに詳しく検討する必要があるようです。

閉鎖性海域の水は、汚染が進むとなかなか浄化されません。鹿児島県の環境白書で見ると、少なくとも平成10年以降は鹿児島市沖より北の多くの地点で国が定める環境基準を達成できていません。岩切成郎・鹿児島大学名誉教授は、『鹿児島県の公害～昭和45年度版』の中で、「工業県や大都市地域にみられるような大規模かつ深刻な問題は現在では少ないが、地域的には汚染が累積し、しかも拡大多様化の傾向にある」と指摘しています。この原因は、陸から流れ込む有機物や湾内で増えている植物プランクトンではないかと考えられています。錦江湾の潮流から考えると、湾中央から流入する海水の影響もあるようです。

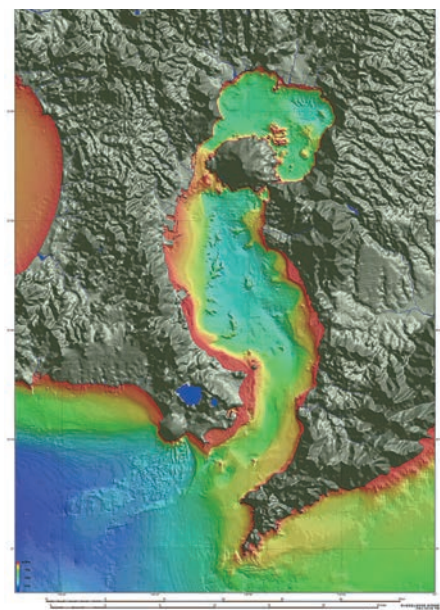
今回の特別展では、最新の研究成果を集めて、湾奥の新たな自然像をさぐり、さらに自然と人とのかかわりについて考える手がかりとなることを願って企画しました。是非、展示をごらんになって次世代へつなぐ錦江湾奥のすがたを思い描いていただきたいと思います。

〔鹿児島大学総合研究博物館 福元しげ子〕

## 錦江湾の地形と成り立ち

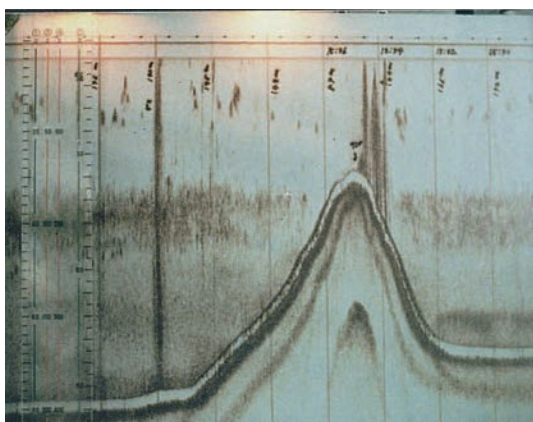
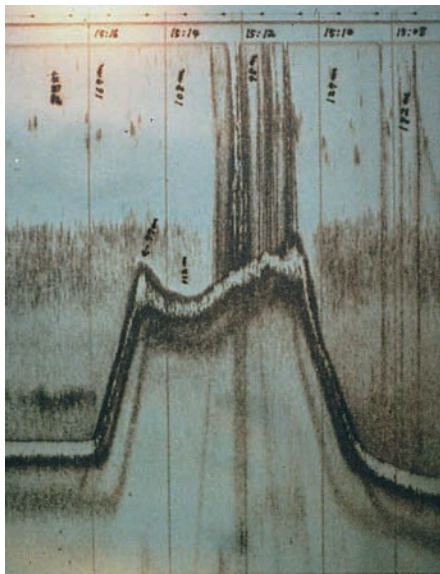
大隅半島と薩摩半島に挟まれた細長い錦江湾は、湾内に活火山がそびえ、水深が200mを超える海盆を持つ世界的に見ても珍しい湾です。南北70km、東西25kmほどで、東京湾の大きさとはほぼ同じです。しかし、東京湾はその75%以上が水深20mより浅いのですが、錦江湾では、水深20mより浅い海域は15%に過ぎません。フォッサマグナの延長部にあたる富山湾、相模湾、駿河湾を除くと、噴火湾、陸奥湾、伊勢湾、大阪湾、有明海、八代海などの内湾はすべて50mより浅いと言ってよいでしょう。

錦江湾は大きく3つの海域に分けられます。知林ヶ島と根占を結ぶ線より南の湾口、桜島と知林ヶ島と根占を結ぶ線に挟まれた湾中央、桜島より北の湾奥です。湾口は幅10kmほど最深部は100m前後で、南の沖縄舟状海盆側、北の湾中央へ向かって深くなります。湾中央は盆状の地形を示し、最も深い場所では230mにも達します。鹿児島市街地と桜島の間、湾中央と湾奥を結ぶ狭い海域は桜島西側水道と呼ばれ、深さが30～40mほどで、湾内で潮流が最も速い海域です。湾奥は、始良カルデラに相当することを反映して、岸から急に深くなりま



海上保安庁第十管区海洋情報部作成  
「鹿児島湾の海底地形図」

す。湾奥の西半部・南東部には130～140 mの深さの平坦面が広がり、北東部に水深200 mに達する若尊カルデラの海盆があります。2012年3月に湾奥の海域全体が霧島錦江湾国立公園に指定されましたが、見えない海底の若尊カルデラと若尊海山（本稿では海丘）の一部も特別に加えられました。光の届くサンゴ礁海域はあっても、深くは見えない海底が国立公園に指定されたのは、日本では錦江湾奥だけです。国立公園に含められた若尊カルデラと若尊海丘付近の海面には、海底の火山性ガスが上がって来て、漁民の間では海がたぎっているように見えることからタギリと呼ばれていました。1975年の海底火山性噴気活動の調査で、水深200 mの若尊カルデラの複数の地点、後にサツマハオリムシが採集された若尊海丘の水深80～100 mの頂上付近から複数の火山性ガスの柱が立ち上がっていることを音響測深器で捉えることができました。



音響測深器で捉えられた火山性ガスの柱  
（上：若尊海丘の南北地形断面；下：若尊海丘の東西地形断面；大木公彦撮影）

錦江湾は周囲を高い山で取り囲まれています。分水嶺の内側に降った雨は錦江湾に流れ込みます。分水嶺の錦江湾側に分布する地層は、古い方から順に次のように分けられています。1) 薩摩半島や大隅半島の基盤を成す白亜紀～古第三紀の四万十累層群（日南層群を含む）、2) 1,500～1,300万年前の花崗岩類（大隅花崗岩類・高隈花崗岩）、3) 1,500万年前～1万2千年前（中期中新世～後期更新世）の溶岩・火砕流堆積物と湖成層・海成層、4) 現在も活動する火山や縄文時代以降の堆積物の4つです。鹿児島県に広く発達するシラス台地は、3万年前に始良カルデラを形成した噴火に伴って噴出した入戸火砕流が堆積してできました。錦江湾奥の国分平野周辺では、厚いところで100 m近くにも達します。

鹿児島地溝が開き始めたのは、昔の海に堆積した地層の分布から、100万年より後のようです。鹿児島地溝の中にマグマが上昇してくるため、地溝に沿って、北から加久藤、始良、阿多、鬼界の4つのカルデラが並び、霧島、桜島、開聞岳、薩摩硫黄島などの活火山がこれらのカルデラ内にそびえ、さらに南方延長上には諏訪之瀬島などのトカラ列島をなす火山列があります。鹿児島地溝に沿って火山活動が繰り返され、海域が広がったり縮小したりしながら、今のように美しい錦江湾が形づくられたのです。数十万年にわたる地球の営みが、素晴らしい自然と資源を鹿児島にもたらしました。

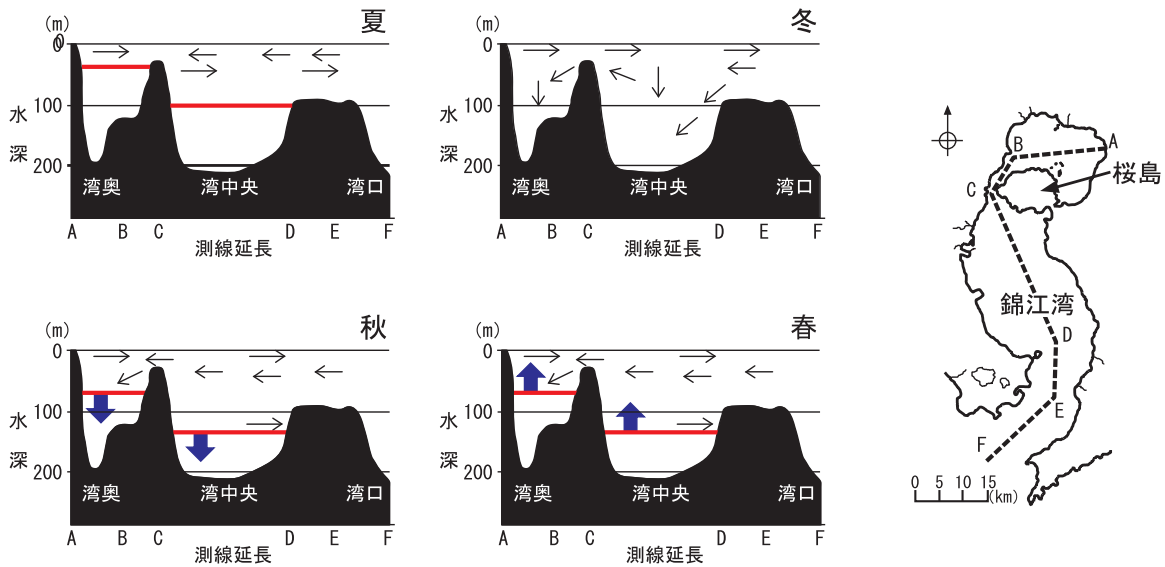
〔鹿児島大学名誉教授 大木公彦〕

## 錦江湾の海水と流れ

1983年に報告された錦江湾における海水循環の模式図によれば、冬季においては湾中央、湾奥、ともに低層水と表層水とが鉛直方向に移動して混合し、表層から海底まで密度や塩分濃度などがほぼ均一な水塊が形成され錦江湾は湾口の幅に比べて奥が深く、海水の出入りが緩慢な閉鎖的の海域です。その中において現在の湾奥は浅い西桜島水道でのみ湾中央とつながっているために、とくに閉鎖的です。湾内では養殖業や河川を通じて供給される生活排水などに含まれるリンや窒素の影響による富栄養化が懸念され、近年は溶存酸素量が悪化傾向であることも報告されています。さらに湾奥では、冬期以外は水塊が成層することにより有機物の嫌氣的分解が促進されて貧酸素状態が長期にわたり続き、底生生物の生息には良好とはいえない環境です。

錦江湾中央では、湾口から入った外洋水が、大隅





錦江湾の地形断面と表層水・底層水の季節変化

半島に沿って北上し、桜島の南側を通り、薩摩半島に沿って南下して、反時計回りに循環しています。西桜島水道以北の湾奥では、冬期（とくに極寒期）を除けば、気温による加熱と河川水など淡水の流入量が増加して、底層部と表層部の海水が分離されて成層し、低密度となった表層水が西桜島水道の表層を通り湾奥から湾中央へ流出します。これにともなって、湾中央から密度の高い外洋水は、西桜島水道の下層から流入することになります。

湾奥における底層水の溶存酸素量は、極寒期を過ぎると徐々に減少し始めます。夏期から秋期にかけては、著しく減少して、次の年の極寒期に鉛直混合による対流が盛んに起きるまでは、貧酸素状態が継続されることになります。

[鹿児島大学水産学部 日高正康]

## 始良カルデラと湾奥

錦江湾は太平洋に開いた細長くて深い内湾です。この地形的特徴は地殻が南北に割れて沈降していることを反映しています。音波を発して跳ね返ってくる様子を湾内で調べると、海底下に南北に延びる断層が走り、断層崖に沿って地層が沈下している様子が見て取れます。しかし、桜島と吉野台地との間の海峡を抜け、桜島の高まりによって隔てられた湾の奥へ進むと地形の様相が変わります。湾奥の西岸と東岸は急崖をなして海に没し、北側は霧島火山や周辺の火山体から延伸する扇状地に接していて如何にも沈降している地溝らしい様相を呈してはいるのですが、海面下では、西岸から東岸、そして桜島へと

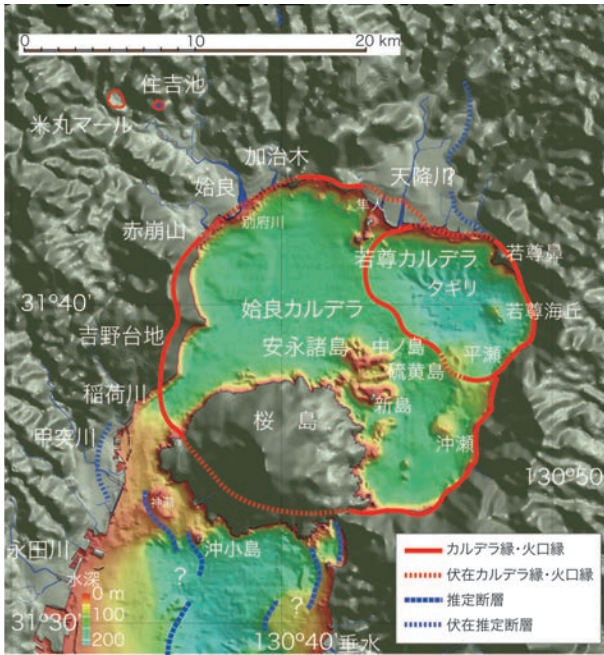
円弧状の急崖が連なって湾奥を環状に取り巻いており、急崖の先は水深100～200 mの緩やかに起伏した海底をなしているのです。この鍋（ポルトガル語のカルデラ）に似た地形は、3万年前に火砕流と降下火山灰を大量に噴出したところが陥没してできたとされており、始良カルデラと名付けられています。

始良カルデラから噴出した火砕流は錦江湾周辺だけでなく、九州南部を覆い尽くしてシラス台地を作りました。また、成層圏まで上昇した火山灰は、風によって北海道まで到達しています。噴煙を上げて大量の火砕流を噴出したマグマ溜まりは空洞となって陥没し、周囲の岩石が崩落して急崖を作るとともにそこを埋め、さらに逆流した火砕流がその上に堆積したはずですが、噴火時にこの地域が水域であったかどうかについては判然としません。ただ、始良カルデラの北側には当時の湖沼堆積物（始良層）がありますから、湖沼であった可能性はあります。

始良カルデラでは、その前から断続的に噴火していたことがわかっています。カルデラ縁に沿って分布する10～3万年前の玄武岩質安山岩や流紋岩、50～10万年前の玄武岩～流紋岩などはその名残です。まだ確認されているわけではありませんが、桜島火山の裾野から延伸する海底の高まりは、これら火山岩からなるカルデラ形成前の「始良火山」、あるいは吉野台地北側の赤崩山や吉野台地の崖に露出している100～50万年前の安山岩や流紋岩ではないでしょうか。

始良カルデラの3万年前の噴火後、2万6千年前に早くも始良カルデラの南縁で桜島の噴火が始まりました。そして、1万5千年前に桜島北側の海底か



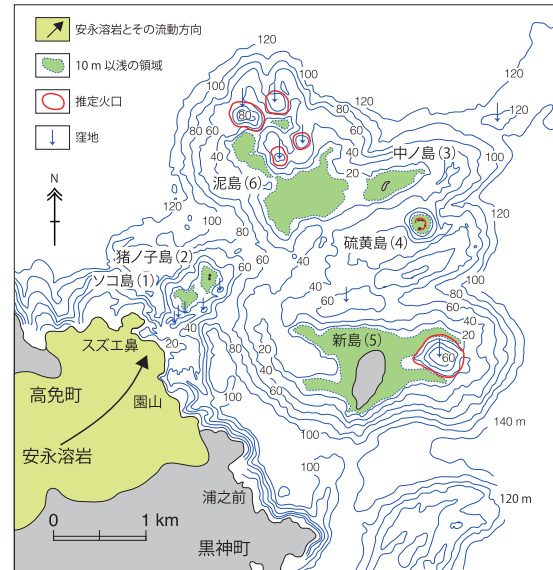


錦江湾奥の地形とこれに関連する地質構造  
海上保安庁第十管区海洋情報部作成「鹿児島湾の海底地形図」の一部に加筆

ら大量の軽石と火山灰が噴出して直径1 km前後の若尊カルデラが形成されました。始良カルデラ北東の水深200 mの平坦面とこれを取り囲む急斜面がなす地形がそれです。

興味深いことに、若尊カルデラが形成される前後の桜島火山は静穏だったようで、その時期に桜島からの噴出した火山灰や溶岩は確認されていません。そして若尊カルデラの噴火後間もなく桜島が噴火を再開します。それは1万3千年前のことでした。これ以降、桜島は断続的に噴火して、いまや、目の前に迫るほど大きい山体となっています。カルデラ形成後の若尊カルデラについては、目立った噴火は記録されていません。しかし、気象庁は若尊カルデラを今後も噴火する可能性のある火山と見て「活火山」に指定しています。その根拠は、活発な噴気活動と微小地震にあります。カルデラ底の東端に溶岩ドームと思われる比高80 mの高まり（若尊海丘）があり、その西方のカルデラ底の西半分にはタギリ、ホリノデ、アブラツボなどと称する小さな火口丘群があって、そこから火山ガス（二酸化炭素・硫化水素）と熱水が噴出しています。また、カルデラ内を震源とする微小地震も年に数回から数十回観測されているのです。

ところで、この活火山と目される若尊カルデラといまも活動し続けている桜島火山との間にカルデラ底から台地状せり上がった高まりがあり、新島や中



### 安永諸島海域と隣接地域の地形

昭和50年度特別促進調整費「鹿児島県新島の海岸欠落に関する特別研究」報告書（昭和51年8月、科学技術庁研究調整局）より抜粋した図に加筆。括弧内の数字は島が出現した順番を示す

ノ島、硫黄島といった小さな島々がそこから海面上に顔を出しています。始良カルデラ内のこの高まりは、カルデラ地形にはそぐわないもので、安永の海底噴火で海底に安山岩溶岩が貫入して海底を持ち上げたためにこのような高まりが出現したといわれています。

硫黄島は貫入した溶岩がドーム状に海底に現れた部分です。中ノ島の表面には当時の海底にあった軽石や火山灰があって、その上に安山岩～デイサイトのスコリアブロックが転がっています。また、新島の表層には、細粒軽石堆積物と水深100～150 mの海底に生息していた貝殻の密集層があって、中ノ島と同様のブロックがその上に突き刺さっています。さらに、貝殻層の下には、厚さの数mの泥や砂などがあって、その下に若尊カルデラから噴出して海底に堆積した軽石と火山灰からなる新島軽石が露出しています。そして、京都大学防災研究所桜島火山観測所が地震計を設置するために小学校の跡地に穴を掘ったときに、表層から400 m地下で海底堆積物中に貫入している安山岩の存在を確かめることができました。

安永噴火を記述した古文書によれば、1779年11月9日から始まった桜島の噴火は11月17日に終息したと思われたのですが、直後の11月19日に桜島北東の高免町沖合で火山灰が噴出し、11月21日にスズエ鼻の近くにソコ島が出現すると、翌日に猪ノ子島、12

月13日に中ノ島、翌年の1月15日に硫黄島が出現しています。さらに4ヶ月後の5月11日から6月3日にかけて新島が出現し、7月12日に海面に現れた泥島（恵美須島）は局所的に隆起するところ変えながら11月9日まで断続的にその面積を広げました。このように、およそ1年の間に6つの島が誕生したのです。この間、9月9日と10月11日に泥島の周辺の海から、そして1781年4月11日と5月1日には新島の東側の海から噴煙が上がっています。1785年11月20日にも新島の近くで海底噴火があり、黒神や垂水に火山灰などが降下したことが記されています。1782年1月18日と1783年9月3日にも桜島小池町で海の方から爆発音が聞こえたとの記録があるのですが噴火した場所はわかりません。ただ、泥島の北西延長1 kmの範囲内には火口と思われる直径100~400 m、深さ20~50 mのすり鉢状の窪地が4つあるので、先の2つの爆発と併せて都合4回の爆発が泥島の近くで起こったとしても不思議ではないと思います。新島の東側延長0.5~0.6 kmのところには2回の噴火によって広げられた火口にふさわしく、直径800 m、深さ80 mとさらに大きくて深いすり鉢状の窪地があります。そして新島には、径数mを越える安山岩ブロックが地表に散在して食い込んでおり、直近で噴火があったことがうかがえるのです。安永の噴火で出現した島々は、後に安永諸島と呼ばれるようになりましたが、スズエ鼻の近くに最初に現れた島は他の島々が出現する間に水没しました。泥島もいつのまにか水没して、いまや水深数mの浅瀬となっています。海底噴火は津波を引き起こしました。1781年4月11日の新島東側での噴火は垂水まで火山灰が降るほどの規模で、そのときに発生した津波の波高は桜島町小池で12~14 mに達したと言われています。

海底の隆起と爆発的噴火の原因については二通りの考え方があります。ひとつは、海底が隆起した場所に地下深所からマグマが貫入してきたとするものです。桜島は直下約3 kmのところにもマグマだまりがあるのですが、ここにマグマを供給する親マグマ溜まりが始良カルデラ中央部の地下10 kmのところにあるといわれています。親マグマだまりから供給されたマグマが到達する場所は桜島直下だけでなく、若尊カルデラ直下にもありそうですし、その東岸に沿って平瀬、沖瀬など溶岩ドームと思われる高まりが点在しています。北西岸の始良市の奥では縄文時代の前半、8千年前頃にマグマ水蒸気噴火が発生して住吉池と米丸マールが形成されました。ですから、あるときに桜島近くの地下にマグマが供給さ

れ、それが桜島火山と相前後して噴火することはありません。もうひとつの説は、桜島から流下した溶岩がスズエ鼻の先で海底の軽石堆積物に貫入してその中をゆっくり流れたとするものです。2年間あるいはそれ以上に渡って溶岩が海底下を流れ続けるためには桜島から溶岩が供給され続ける必要がありますが、その証拠は未だ見つかっていません。

このように、湾奥の地形は、地溝を形成する地殻変動だけではなく、始良カルデラの地下深所にあるマグマがもたらす火山活動が重なり合って形成されてきました。霧島火山から湾奥へと続く南に開く扇状地は、日照と水に恵まれた地となっていて、農作と黒酢の生産がさかんです。テフラや表層天水とともに扇状地から流れ込む土や腐植は、桜島と吉野台地との間の狭い海峡から流入する海水と混じり合い深いすり鉢とこれを修飾する様々な火山地形に沿って移動拡散しながら栄養塩となって生物生産を支えます。規模は小さいのですが、桜島の扇状地も海の照り返しと水はけの良い土に恵まれて桜島小ミカンやビワの生産の適地となっています。水深200 mの若尊カルデラから海水中に噴出する火山ガスと熱水は、これを頼りとする貴重な生態系を支え、硫黄や様々な金属をカルデラ内にもたらしめています。

【鹿児島大学総合研究博物館 鹿野和彦】

## 海底の地震計で覗いた錦江湾奥

鹿児島大学大学院理工学研究科南西島弧地震火山観測所は、海底で地震データを取得できる地震計を繰り返し投入して、九州周辺から南西諸島にかけての海域で発生する地震活動の観測研究を行ってきました。地震の震動の大きさは、地震の発生した場所（震源）から離れるにつれて小さくなります。海底地震計は、観測する地震の数を稼ぐために、体に感じない微小な地震も捉えることができるように感度を高くして作られています。

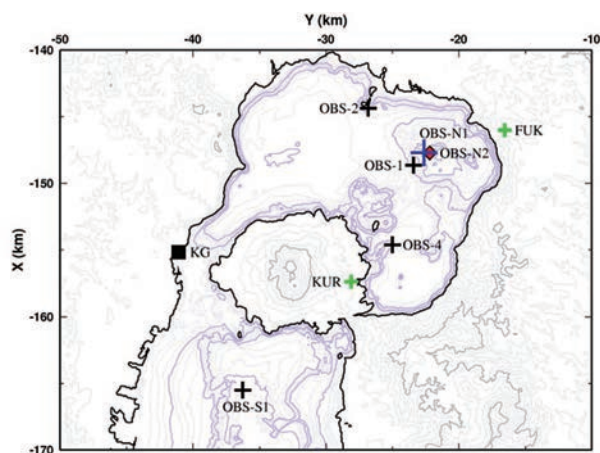
解析の精度を上げて地震活動を研究するためには、活動域になるべく近い場所、つまり広大な海域に海底地震計を投入して地震観測を行うことが不可欠です。桜島周辺の海域の地下にも、火山活動に関係する微小な地震が発生していることが以前から知られていました。私たちは、錦江湾奥に海底地震計を繰り返し投入して観測を行うことで、陸上の地震計だけでは捉えられない微小な地震活動を検出し、火山活動に関係した地震の場や発生のしくみを調べてい



ます。一方で、錦江湾奥での観測では、陸域に囲まれた浅海特有の問題にも直面します。風によって海面に波が発生すると、ノイズが大きくなります。また地盤の震動ノイズが昼間は相対的に大きく、夜は小さくなります。この種のノイズには、正午前後に一旦小さくなる“お昼休み”があり、人間の生活・経済活動に関する震動ノイズと考えられます。また、海底を這う生物が地震計の保護カバーの上を這って回るだけでもノイズの原因となってしまいます。海底地震計の感度の高さを理解していただければどうか。



オレンジのプラスチックで覆った海底地震計投入の様子

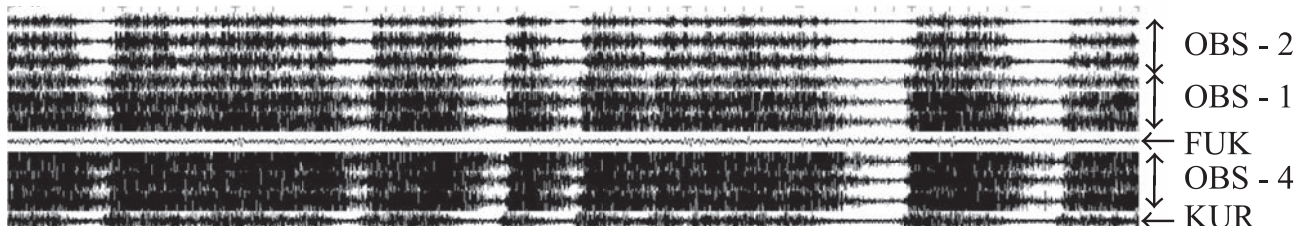


海底地震計設置地点 (+) (+) と京都大学の地震観測点 (+)、気象庁の潮位観測点 (■)

海底地震計を湾奥に投入して観測してみると、ノイズが大きいことは予想どおりでしたが、それだけではありませんでした。下図は、桜島で火山性微動（数分～数10分継続する微小な震動現象。噴火時だけでなく噴火が発生していないときにも現れることがあります）が発生した前後の時間帯の、錦江湾奥に投入した3台の海底地震計（図のOBS-1,2,4）と付近の陸上観測点の記録です。桜島からもっとも離れた隼人沖の海底地震計（OBS-2）も、震動をよく記録しています。一方で、対岸の福山に設置された陸上の地震計（FUK）の記録には火山性微動の震動はほとんど現れません。つまり、桜島で火山現象が発生すると湾奥の海域全体が騒がしく震動するのです。この原因としては、海水が地下の現象の震動エネルギーを良く伝える性質をもつことに加えて、湾奥が浅海のために震動エネルギーが海面と海底で効率よく反射しながら遠方まで伝わりやすい環境にあるためではないでしょうかと思われます。

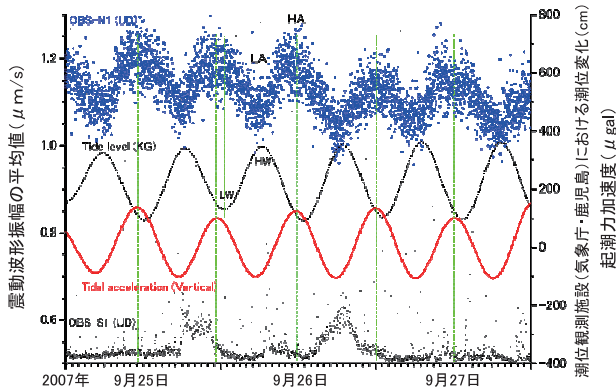
私たちは、錦江湾奥の若尊カルデラ底に存在する海底噴気孔のそばに、海底地震計を一度だけ投入したことがあります（図のOBS-N1）。海底地震計は、なるべく静かな場所に投入されるのが望ましいので、活動的と思われる海底噴気孔の付近を避ける予定でした。この時は、投入作業が終わった後に、タギリの泡を多数見つけ、海底地震計を海底噴気孔の直上で投入したことが分かったのです。この海底地震計で記録されたデータをみたところ、やはり震動の大きさが他と比較して明らかに大きいことが分かりました。同じ年に続けて行った2回目の観測では約400 m位置をずらし（図のOBS-N2）、タギリの泡が無いことをよく確認してから再投入しました。その結果、震動の大きさが1/5に小さくなりました。このことは、海底噴気孔のそばに投入した海底地震計が海底噴気活動に伴う震動を記録していたことを示します。この大きな震動のために、微小な地震のシグナルの検出は大変難しい状況でしたので、私たちは観測された震動の大きさに時間的な変化が無いか調べることにしました。

2010/11/02 02:00 - 02:10



桜島火山性微動の発生時間帯における錦江湾奥に投入した海底地震計と陸上観測点の記録





海底地震計で観測された平均振幅（青）、潮位（黒点線）及び起潮力（赤点線）の変化

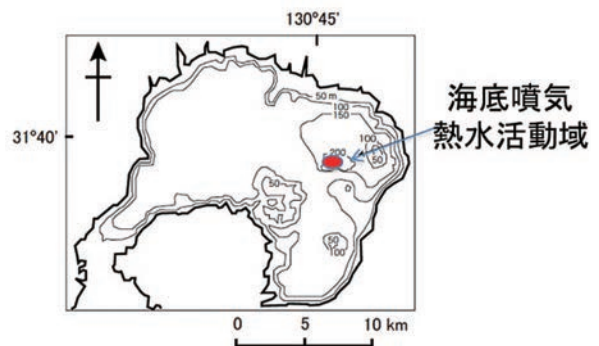
図の最上部の青いプロット1つ1つは、地震計で記録された波形の振幅の1分間毎の平均値です。したがって、このグラフは観測された振幅の平均値の時間的な変化（3日間）を示します。これから、震動の大きさが幅をもちながら実にリズムカルに変化することがわかりました。震動の大きさの極大が規則的に1日に2回あるように見えます。1日に2回起こる振動現象としてすぐに思いつくのは潮汐なので、鹿児島にある気象庁の観測施設の潮位（図の黒点線）と比較してみました。両者は良く対応しているように見えたが、震動の大きさのピーク（図のLA、HA）が潮位のピーク（図のHW、LW）に約1時間先行していました。そこで、起潮力（潮汐を起こす力、つまり月、太陽、及び地球が引っ張り合う力）を計算（図の赤曲線）して比較してみました。するとそれぞれのピークが見事に一致したのです。つまり、起潮力が極大を迎える時刻に海底噴気孔そばの震動が大きくなり（HA）、起潮力が極小を迎える時刻に震動が小さくなる（LA）ことがわかりました。若尊カルデラの海底噴気活動の源である熱水の流れが、外力による影響を非常に受けやすい環境にあると考えられます。つまり、起潮力が極大＝月と太陽が上方に引っ張り上げるような力が極大の時には熱水に上向きの力が加わって流れが強まり、海底噴気活動が高まるのかもしれませんが。地震や火山活動に伴う現象と潮汐との関係調べる研究が以前から行われてきましたが、これ程までに時間的な変化を表したグラフ上で良く対応がつく現象は知られていませんでした。深海の海底噴気孔のそばに海底地震計が投入された観測事例がありますが、その観測では潮汐との対応ははっきりしなかったことが報告されています。若尊カルデラの海底噴気孔が、浅海という特別な環境に位置することも、このような

不思議な現象が現れる条件の一つかも知れません。

〔鹿児島大学南西島弧地震火山観測所  
八木原 寛〕

### 錦江湾奥と水銀

水銀は常温で液体である唯一の金属で、その特殊な形態と金属を溶かすという特殊な性質から古来広く使われてきました。奈良の大仏を金メッキするために多くの水銀が用いられましたし、少し前までは、水銀の入った温度計や体温計が各家庭にありました。電池やいわゆる銀歯（錫と水銀の合金）、また、蛍光灯にも用いられています。ここで挙げた水銀は、無機水銀化合物や金属水銀としての利用ですが、水銀はさまざまな化学形をとります。水銀はその化学形によっても、大きく毒性が異なり、工業活動において生じたメチル水銀が生態系を通じて魚などに濃縮され、それを食した人々に重大な健康被害を引き起こしたのが水俣病です。水俣病はあまりに大きな爪痕を残したため、今では、水銀が検出されたと聞くとそれだけで、大変だ！と思ってしまう方も少なくないと思います。しかし、古来使われてきたように水銀はもともと自然界に広く存在するもので、火



海底噴気熱水活動域と試料採取点



南星丸の魚群探知機が捉えた海底噴気熱水活動

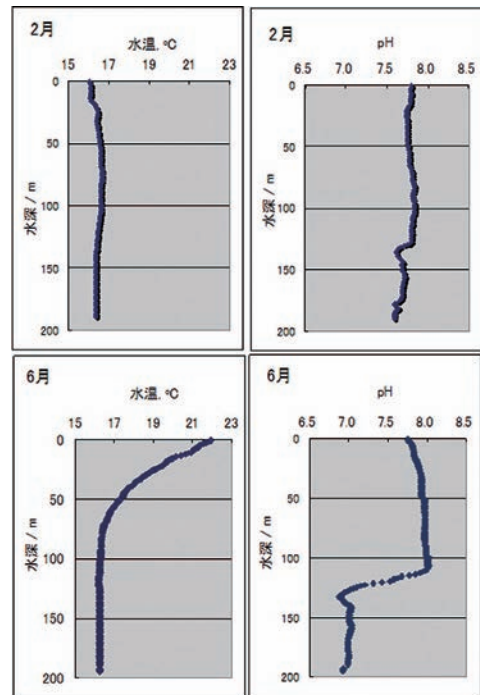
山活動は、水銀の自然における主要な放出源の一つとなっています。

錦江湾奥福山沖の海底（若尊カルデラ）では、活発な噴気熱水活動が観察されています。魚群探知機でも明らかにその噴気活動を見ることができます。

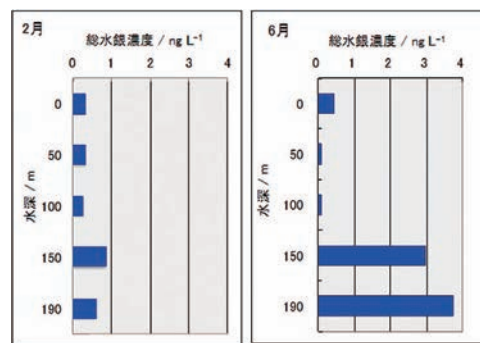
この海底噴気熱水活動によって放出される水銀は錦江湾にどのような影響を与えているのでしょうか。水銀はその毒性から厳しい規制がかかっており、人の健康の保護に関する環境基準は、総水銀濃度として、0.0005 mg/L、メチル水銀（アルキル水銀）は「検出されないこと」とされています（公定法におけるメチル水銀の検出限界は0.0005 mg/L）。結論から言ってしまうと、現在の錦江湾海水中の水銀濃度はこの基準の約100分の1ほどであることがわかりました。公定法による測定では、水銀の存在は確認されないということになるわけですが、分析法の発達により、0.000001 mg/L（=1 ng/L）レベルの測定も可能となっています。このレベルでの測定を行うと錦江湾海水中の水銀は火山活動と関連した錦江湾独自の動きをしていることがわかってきました。図に示すように錦江湾奥福山沖では、水深が急激に深くなり、最も深い地点では水深200 mに到達します。海底噴気熱水活動はここで観察されています。

3ヶ月ごとに鹿児島大学水産学部附属練習船南星丸による調査を実施していますが、2月の調査では表層から水深200 mまで、水温は約16℃でほとんど変化はなく、同時に測定しているpHなどの水質もほぼ均一であることがわかりました。冬季は表層で冷やされて重くなった海水が沈み込むことで、上下の混合が行われていると考えられます。一方で、夏季の調査では表層の海水は25℃以上にまで上昇しており、そこから水深約130 mまでは、深さとともに水温が低下する温度躍層の存在が確認されました。130 mより深い層では、冬季とほぼ等しい15℃となっており、暖められて軽くなった海水が上層に存在することで上下の混合が起こりにくくなっていることが示されています。

この時期のpHの変動をみると、表層では冬季と同じpH=7.7で水深約130 mまではほぼ一定の値を示しますが、それ以上の深度になると急激に変化し、pHの値は7以下にまで低下します。通常弱アルカリ性を示す海水が酸性になるというのは、非常に珍しいことであり、上下混合が起こらなくなった夏季に下層の海水が海底噴気熱水活動の影響を受け続けることによってこのpHの低下が起こったものと考えられます。水銀濃度の変化を図に示していますが、



海底噴気孔地点における水温とpHの垂直変化



海底噴気孔地点における海水中総水銀濃度の鉛直変動

冬季には表層から海底まで1 ng/L以下だった水銀濃度が、夏季には130 m以下の層で3 ng/L以上にまで上昇しており、この水銀濃度の上昇はpHの低下と対応していました。このことから、海底噴気熱水活動によって水銀が放出されており、上下の海水混合の起こらない夏季には、錦江湾下層海水中の水銀濃度は冬季の3～5倍にまで上昇することがわかりました。

上述のように濃度そのものは、公定法で検出されないレベルではありますが、この錦江湾における水銀の濃度変動や、化学形の変化を追跡することで自然界における水銀の動きを知るための重要なデータが得られると考えられます。またこうして得られたデータが、現在さまざまな形で放出されている人為起源の水銀の環境中の動きを評価するためにも貴重なものになると期待しています。

〔鹿児島大学理学部 富安卓滋〕

## 海底噴気活動とレアメタル鉱床

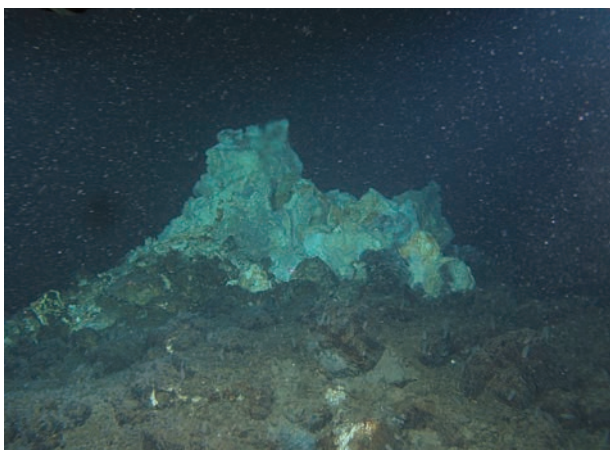
海底の噴気活動は水銀を海底に運ぶといった負の面もありますが、マグマから海底に運ばれてくるのは水銀だけではなく、現代のハイテク化した我々の生活に欠くことのできない有用な元素も運んできます。その代表的なものがレアメタルと呼ばれる元素です。偏在性著しい金もレアメタルの一つですが、湾奥の若尊カルデラではアンチモンが鉱床をなすほどに濃集していることが見いだされました。アンチモン（元素記号：Sb）は家電品の高温になる部分のプラスチック部品や化繊のカーテンに添加されることで、難燃性を持たせたり、充電式バッテリーの電極の耐久性を向上させたり、最近ではテレビのデジタル放送をハイビジョン規格のまま録画できるブルーレイ・ディスクの色素に利用されているレアメタルの一つです。アンチモンは水銀やヒ素と共にマグマからガスとして放出される揮発性成分の代表格で、錦江湾の湾奥では水銀が見出されて以降、海底に溜まる堆積物の表層にある程度含まれていることが報告されていました。しかし、湾奥部の水深200 mに位置する若尊カルデラ内から、煙突状に成長した熱水噴出孔（チムニー）が2007年に発見された事がきっかけで、高濃度のアンチモンを含有する鉱床の存在が明らかになりました。

このアンチモンは主に硫黄（S）と結合して輝安鉱（英語表記：Stibnite, 化学式： $Sb_2S_3$ ）という鉱物の形で存在しており、噴気活動および熱水活動のある海底下に広く分布すると期待されています。硫黄は、やはりマグマからガスとして出てくる成分の1つで、海底では主に硫化水素として熱水中や噴気ガス中に含まれています。海面下の若尊カルデラ底

のチムニーからは、ここでは約200℃の熱水が噴出しています。その熱水が周囲の海水（約16℃）によって急に冷やされると、それまで熱水に溶けていた成分が急速に沈殿して煙突状に成長します。

熱水が噴出してできるチムニーは中央海嶺や沖縄トラフなど水深1,000 mを越えるような深海底でも形成されています。その多くは硫黄と金属元素などが結合した硫化物からなるのですが、若尊カルデラのチムニーは、滑石（英語表記：talc, 日本語でもしばしばタルクと表記され化粧品などにも入っています）を主成分とする世界で希に見るチムニーでした。これが発見された2007年当時は、独立行政法人海洋研究開発機構（略称：JAMSTEC）の無人潜水艇「ハイパードルフィン」に搭載されたハイビジョンカメラによって映し出された白い外観が非常に印象的であったために見落とされていたのですが、チムニーの下には直径が20～30 cm程の黒い塊が沢山積み重なって小山（我々はマウンドと呼んでいます）を作っている様子も映像に映っていました。翌年、ハイパードルフィンでチムニーを再訪した際に、この黒い塊を採取して分析したところ、これが、白いチムニーと全く異なる鉱物、すなわち、ほぼアンチモンの硫化物である輝安鉱の集合体であることがわかりました。水深が200 mと浅く、かつ、熱水の温度も200℃程度比較的低い熱水噴出域では世界的に例を見ない発見でした。

通常、チムニーの下のマウンドは、熱水の噴出によりどんどん成長しているチムニーが崩壊し、その崩壊したチムニー片が積み重なることにより形成されます。もし、若尊カルデラのチムニーマウンドも通常のマウンドのように海底面上で崩壊したチムニー片から形成されたとするなら、輝安鉱の量はた



2008年に潜水艇で撮影されたチムニーとマウンド（海洋研究開発機構提供）



採取された輝安鉱からなる硫化物塊（山中寿朗撮影）



かが知れています。そこで、この輝安鉱の塊が如何に形成したかを調べました。

鉱物の形成条件を調べるためにはいくつかの方法がありますが、チムニーと輝安鉱の塊の中に共通して存在する鉱物を探し、その鉱物の中の微量元素（金や銀、それとレアメタル、すなわち希土類元素）の存在量を比較しました。その結果、これら微量元素の濃度はチムニーで低く、輝安鉱の塊では有意に高いこと、そして、海底面上ではなく、海水の影響の少ない海底下で形成した場合に得られる微量元素組成であることがわかりました（2011年の3月に岡山大学を卒業した小見山力多君の卒業研究の成果です）。すなわち、若尊カルデラの熱水系では元々海底面下で沈殿してきた硫化物がたまたま海底面に顔を出していることを強く示唆するものでした。

どうして海底面下で出来たものが海底面上に顔を出しているのか、ということについてはさらなる検証を待たなければならない課題ですが、水深200 mでの海水の沸点が211℃であり、この熱水系の海底下の熱水溜まりの温度が250℃程度だという地球化学的な見積りから、熱水が時折海底面下で沸騰し、小規模な水蒸気爆発のような現象によって海底下のものを海底面に吹き出しているのではないかと考えています。実は、本海域では、熱水活動に起因して熱水性石油と呼ばれる石油に酷似した炭化水素の生成が起っていますが、その石油の生成条件の研究から、海底下のある程度深いところから熱水の影響を受けた堆積物の塊が海底面下で吹き出すことが予想されていました。石油だけでなく、熱水から沈殿した鉱物もやはり同様に海底面に噴出されうると考えられます。

ところで、一般的な輝安鉱の沈殿条件は、アンチモンを溶かして運んでくる熱水の温度の低下（250℃以下）や酸性化（pHが7以下になる）が重要であると考えられています。本海域のように海底からの噴気ガスにより、海底付近に酸性水塊が形成され、かつ、熱水が海底下を移動中に250℃以下に冷却される（実際に噴出する熱水は200℃程度）ことから、海底下の堆積層内で輝安鉱が沈殿していることが期待できます。もし、輝安鉱の塊が海底下で形成されているのなら、輝安鉱の沈殿は熱水が堆積層内に上昇してくる海域の海底下に広く分布する可能性が高く、鉱床として経済的価値が期待できる程に存在しているかも知れません。そこで、2005年以降、本海域で行ってきた海底下の温度勾配測定の結果を解析してみました。これは、当時、九州大学の

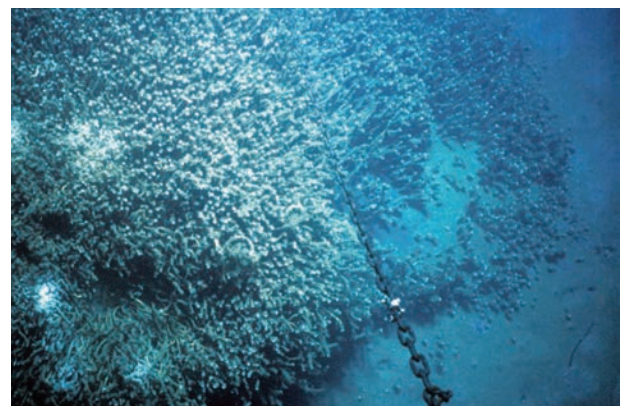
博士課程に在籍した藤野恵子さんが行ったのですが、その結果、若尊カルデラ北西部の水深200 m、直径1.5 km程の領域で海底下に熱水が浸透していること、また、この海域で採取された堆積物中の平均的なアンチモンの含有量が海底下5 mまでで6 wt. %程度であったことから、この海域の堆積物中には合計約90万トンという膨大なアンチモンを胚胎するとの見積もりが得られました。世界の大規模な輝安鉱鉱床は、同時に金も伴っていることが多く、若尊カルデラでもかなりの金が含まれていました。金も鉱床として価値あるものと期待できそうです。

このように、始良カルデラの現在に続く火山活動によって、有用な元素が海底に供給されると共に噴気ガスによる海水の酸性化などの諸条件が揃ったことで、本海域には膨大な鉱床が形成された、いえ、現在も続いている、というわけです。

〔岡山大学大学院自然科学研究科 山中寿朗〕

## 若尊カルデラのサツマハオリムシ

サツマハオリムシの発見は、1977年錦江湾の海底火山調査において、海底に細長い生物が群生する様子が、水中カメラで撮影されたのが発端でした。同じ年、南米ガラパゴス沖の太平洋の水深2,500 mの海底から、2 m近い巨大なガラパゴスハオリムシが発見され、世界に衝撃を与えました。ハオリムシは今までに20種ほどが見つかっていますが、いずれも200 m以深の深海で発見されています。しかし、錦江湾のハオリムシは1993年、湾奥にある若尊カルデラの水深80～100 mの火山ガスが噴出する浅い海底から見つかりました。比較研究の結果から、1997年にサツマハオリムシ *Lamellibrachia satsuma* Miura, Tsukahara and Hashimotoと命名され、新種として発表されました。



サツマハオリムシのコロニー（海洋研究開発機構提供）

ハオリムシは口も消化器官ももたない不思議な身体を持ち、火山ガス噴出域の海底に生息する環形動物の一種です。細長い管状のキチン質の殻（チューブ）の中に入って生活をしていることから、チューブワームとも呼ばれています。しかし、血管や心臓をもち、血液はヒトのヘモグロビンと似た色素をもつため真っ赤です。管の先端から赤いエラを突き出し、水中の酸素や、海底の火山ガスや泥に含まれる硫化水素を体内に取り入れ、血液によって運搬し、体内に共生している化学合成細菌にエネルギー源として供給しています。細菌はこれらを使って有機物を合成し、その一部をハオリムシが栄養分として取り込んでいます。脊椎動物のヘモグロビンは硫化水素と結合すると、酸素運搬能力を失いますが、ハオリムシのヘモグロビンは酸素と硫化水素の結合箇所が分かれており、体内での毒素が発揮されることを防いでいます。他の生物にとっては猛毒といえる硫化水素の含まれる火山ガスや熱水噴出の海域において、ハオリムシは化学合成細菌と共生関係を結び、独特の化学合成生態系が営まれてきました。

サツマハオリムシはハオリムシ類の中では唯一浅海底で採集できるため、長期間の飼育が可能なこともあり、今まで知られていなかった生殖や発生、個体の成長速度の研究材料として利用されています。鹿児島水族館では、長期間の飼育展示実験に取り組み、一年以上の継続的な飼育に成功しています。

サツマハオリムシは雌雄異体で、雌の個体から採集された卵は、精子無しにすぐに発生を開始することから、あらかじめ雌の体内で受精をしていることが明らかです。発生は常圧で進み、24時間ほどで初期トロコホア幼生に達します。一週間ほど活発に遊泳した後、適当な場所に着生し、チューブを作り成



棲管からエラを出しているサツマハオリムシ  
(いおワールド かがしま水族館提供)

体へと変態します。

ハオリムシにとって大変貴重な共生細菌は、どのように体内に取り込むのでしょうか。発生を開始する時の卵の中にも表面にも細菌の姿はありません。トロコホア幼生には口があり、消化管ももっていることが明らかになりました。そしてその消化管の中に細菌の姿が見いだされました。おそらく幼生期に共生細菌を体内に取り込む仕組みがあるようです。

ハオリムシはまだ謎に満ちた生物です。錦江湾でしか採集出来ないサツマハオリムシを用いた多様な研究が、更に発展することが期待されています。

[鹿児島大学総合研究博物館 福元しげ子、  
鹿児島大学名誉教授 塚原潤三]

## 閉鎖性海域の深海に暮らす動物たち

錦江湾奥の東側、若尊カルデラの最深部は水深200 m、もちろん光は届かず、酸素は海水表面から溶け込んでくるだけです。深い海の底へは、海水が上下に混ざり合うことによって酸素が供給されます。これを鉛直混合と呼び、例えば、秋に気温が下がって海面の海水が冷やされて重くなると起こります。表層の水の温度が高かったり、雨が降って塩分が低かったりすると、上下に海水の層ができてしまいます。気温が高く雨が多い鹿児島では、なかなかこの層がとけず、鉛直混合が起こる期間は1年のうち2ヶ月程度しかないそうです。当然、海底は常に酸素不足。動物にとっては決して暮らしやすい環境とは思えません。しかも、火山活動の影響で、タギリと呼ばれる噴気や200℃を越える熱水の噴出も見られます。熱水の温度は海水に混ざってすぐ下がりますが、低い酸素濃度、高い二酸化炭素濃度、低pHと、動物にはとてもお勧めの棲み場所とは言えないでしょう。

ところが、こんな環境でも生活できる動物がいるのです。若尊カルデラの底は平らで盆地のようになっており、軟らかい泥がたまっているのですが、その表面には、高さ約5 cmの半透明の筒が揺れています。ユウレイボヤ *Ciona savignyi* というホヤの仲間ですが、ホヤ類は脊索動物門に属し、幼生時代には脊索を持つなど脊椎動物との共通点を多く持ちます。水中に浮いているプランクトンやその死骸を濾して食べる懸濁物食で、養殖施設に大量に付着するなど、通常はより浅い海域に見られるものです。養殖場のなど有機物の豊富な海域に生息するユウレイボヤがこれだけの高密度で見られるのは、栄養塩豊富な錦江湾奥で増殖したプランクトンやその死骸が



ユウレイボヤ *Ciona savignyi* (若尊カルデラの海底から採取)

海底に供給されているからでしょう。若尊カルデラ海底が深海でありながら閉鎖的内湾に位置することでユウレイボヤの生息が可能になっています。また、ユウレイだけに出たり消えたり、春先から秋の調査では採集できますが、冬に採集できたことがありません。3ヶ月と寿命が短いため、春のプランクトン増殖で餌の供給が増えると共に急速に増殖し、密度と生息域を拡大するのではないかと考えています。

酸素の供給が少ない上に細菌が豊富な有機物を分解するので、さらに酸素が消費されます。このような環境を還元的な環境と言いますが、キヌタレガイ科と呼ばれる原始的な二枚貝のグループは、鰓に化学合成細菌を共生させており、深度にかかわらずこのような環境でよく見られます。タギリキヌタレガイ *Solemya tagiri* は、その名の通りこの場所で1993年に採集され、新種記載されました。指で押せば簡単に曲がる軟らかい殻を持っています。

それ以外にも、特定の多毛類（ゴカイ類）やナマコ類など、若尊カルデラは選ばれし者達の世界、とも言えるでしょう。つまり、極めて厳しい環境であるが故に、生息できる種は限られ、特定の種の大集団が見られる世界です。その中にも、ユウレイボヤのように餌となるプランクトンの増減という浅海域の季節変化と同調するものと、まったく季節変化を見せないものがあり、光合成と化学合成という異なる生物生産に起源を持つ食物連鎖が交わる場所と言えるでしょう。

[鹿児島大学水産学部 山本智子]

## 錦江湾奥の甲殻類

錦江湾奥、福山沖の水深80~100 mの海底にあるタギリ周辺でのサツマハオリムシ *Lamellibrachia satsuma* の発見はとても大きな出来事でした。硫化水素を栄養源とするハオリムシの仲間は世界中のい



タギリカクレエビ *Periclimenes thermohydrophilus* (体長2.5 cm)

くつかの熱水噴出孔付近で発見されていますが、本種のように水深100 m以下の浅い場所での発見はとても珍しいことです。無人探査艇で調査している時に、サツマハオリムシのコロニーに見えかくれするエビらしき生物が確認されました。その後、幸いにも採集することができたのですが、そのエビは世界中のどこにもいない未記載種であることがわかりました。テナガエビ科カクレエビ亜科の新種として付けた学名は *Periclimenes thermohydrophilus* (カタカナにするとペリクリメネス・サーモハイドロフィラス) です。「ペリクリメネス」はこのエビが属するホンカクレエビ属です。「サーモハイドロフィラス」は「このエビ自身の名前」で、ギリシア語で「サーモ」は「熱い」、「ハイドロ」は「水」、「フィラス」は「好き」を意味します。つまり、「温泉好きなエビ」という意味です。和名は、サツマカクレエビ、ハオリムシカクレエビ、オンセンカクレエビなどの中から、最終的にタギリカクレエビと命名しました。まるで金魚のように真っ赤な、体長2~3 cmほどの小さなエビです。

その後の研究で、タギリカクレエビは必ずしもサツマハオリムシのコロニー内だけで生活しているわけではなく、そのすぐ近くの海底にもいることがわかりました。ただし、大きく見るとタギリ周辺にしか棲息しません。本来、カクレエビの仲間は浅い海でサンゴやイソギンチャクなどと共生しているエビです。なぜタギリカクレエビは錦江湾のタギリ周辺にのみ棲息するのか？ サツマハオリムシとの種間関係はどのようにになっているのか？ まだまだ謎の多い生物です。

錦江湾には、シャコの仲間も棲息しています。日本には約50種のシャコの仲間がありますが、そのほとんどは浅海性の種です。唯一、水深200 m以深にも分布する深海性のシャコはヨットゲシャコ *Squilla leptoquilla* です。ヨットゲシャコは錦江





ヨットゲシャコ *Squillaoides leptosquilla* (体長 10 cm)

湾に比較的高密度に棲息しており、とくに湾奥に多くいます。体長10 cmほどの小型のシャコです。体はきれいなオレンジ色で、ツヤがあります。本種の雄は大きくなるにつれて尾節（しっぽ）が幅広くふくらみます。定期的に本種の標本採集を行い、雌の卵巣を観察することによって産卵期が5～9月であることがわかりました。本種の産卵期は浅海性のシャコ *Oratosquilla oratoria* とほぼ同じ時期でした。また、胃内容物の観察により、ヨットゲシャコは肉食性捕食者で、主にエビ類を捕食することがわかりました。捕脚と呼ばれるカマキリのような“うで”をふりかざし、小動物をつかまえて食べるのです。

甲殻類の中には、漁業の対象となっているものもいます。錦江湾では「とんとこ網」と呼ばれる小型底曳網漁業が行われています。長さ1,000 m以上もあるロープを海底までくり出し、その先にある網で海底にいるエビや魚を獲る漁業です。主な漁場は桜島の南側の湾中央ですが、湾奥の西桜島水道北側を漁場としている漁業者たちもいます。

ここで狙っているのはサルエビ *Trachysalambria curvirostris* という、ややずんぐりむっくりした体形のクルマエビ科のエビです。大きくても体長10 cmほどで、体中に細かい毛がはえているのでざらざらしています。本種は「生きエビ」としてマダイ釣りのエサにされるエビです。サルエビは、一般的には水深50 m以浅の海に棲息するといわれていますが、錦江湾の漁場の水深は130 mくらいもあります。また、本種は湾中央部の水深200 mを超える深海部分にもいます。錦江湾は不思議な海です。

とんとこ網といえば、このエビを忘れてはなりま



小型底曳網漁業（通称、とんとこ網）の様子



サルエビ *Trachysalambria curvirostris* (体長 8 cm)



ナミクダヒゲエビ *Solenocera melantho* (体長 13 cm)



フタホシシガニ *Charybdis bimaculata* (甲幅 3 cm)

エンコウガニ *Cercinoplax longimana* (甲幅 7 cm)アミ目の1種 *Lophogaster japonicus* (体長 2.5 cm)

せん。ナミクダヒゲエビ *Solenocera melantho* です。本種の主漁場は湾中央ですが、湾奥にも棲息しています。ナミクダヒゲエビはクダヒゲエビの仲間。名前にある「ひげ」は、触角のことです。エビには短い第1触角と長い第2触角、2対の「ひげ」があります。ひげといえば糸のように長い第2触角を思い浮かべる人が多いと思いますが、ナミクダヒゲエビは短いほうの第1触角におもしろい特徴があります。左右の第1触角は鞭状部がどちらも2本に分かれ、それぞれが平らな形（断面が「へ」の字）をしています。これら4本の平らなひげをたばねてまっすぐのばすと、中が空洞になった一本の「くだひげ」になるのです。

ナミクダヒゲエビは身をかくすために海底にもぐる習性をもちますが、この時「くだひげ」の先端を海水中に出して呼吸に必要な酸素を含んだ水をえらまで運んでいるのです。ナミクダヒゲエビは、“生まれながらにしてシュノーケルをもったエビ”といえます。本種は6～12月に卵を産みます。生まれたばかりの子どもは海をただようプランクトンです。外敵におそわれず無事に大人のエビになるのは、ほんのひとにぎりの個体にすぎません。

錦江湾のいちばんの魅力は、ふだん私たちの目に

ふれることのない深い部分の海底にあると思います。湾奥には、ここで紹介したエビやシャコの仲間の他にも、フタホシイシガニ *Charybdis bimaculata* やエンコウガニ *Cercinoplax longimana*、アミ目の1種 *Lophogaster japonicus* など、数多くの種類の甲殻類が棲息しています。多様性に富んだ錦江湾。この海を守るため、まずは知り、そして伝えていくことが大切だと思います。

[鹿児島大学水産学部 大富 潤]

## 錦江湾奥の魚類

錦江湾は大変深い内湾です。しかも、湾口の幅が約10 km、水深が約100 mと狭く浅いことから、典型的な半閉鎖的内湾です。このように半閉鎖的で急深な地形は錦江湾における特異的な魚類相の形成に一役買っています。桜島以北の湾奥はとくに急深になっており、同海域の水塊は安定してあまり動かず、水温は年間をとおして14～18℃といわれています。

錦江湾奥にはいったい何種の魚が生息しているのでしょうか。つい3年前に桜島の沖合から新属新種のモモイロカグヤハゼ *Navigobius dewa* が発見されたことからわかるように、湾奥の魚類相はまだほとんど解明されていません。湾内には約1,000種の魚類が生息していると推定されます。しかし、この推定値は黒潮が入り込むことによって魚類の種多様性がきわめて高い湾口のみを生息する種を含んでいるため、湾奥に限れば種数はもっと少ないと予想されます。鹿児島大学総合研究博物館には錦江湾から採集された魚類の標本が3,000個体以上保存されています。しかし、湾奥産の標本に限ればごくわずかであり、しかもその内の大部分が底曳網で採集された深海性底棲魚と湾奥に流入する河川の河口域から採集された魚です。魚類の多様性が最も高い沿岸性浅海魚の標本やデータが少ないため、湾奥の魚類相を理解するためには今後の調査結果を待たなければなりません。

実は錦江湾における魚類の研究の歴史は意外と古

モモイロカグヤハゼ *Navigobius dewa* (KAUM-I.5518)





キュウシュウヒゲ *Coelorinchus jordani* (KAUM-I.6075)



ヤリガレイ *Laeops kitaharae* (KAUM-I.30917)

いことが知られています。小濱亜由美氏によると、1734年（享保19年）に薩摩藩が調査し編纂した『三州物産絵画帳』には、薩摩・大隅・日向（現在の鹿児島・宮崎両県の一部）の魚類103図が掲載されています。これらの魚類の一部は錦江湾産であると考えられます。また、1883年（明治16年）に第1回水産博覧会に出品された『麿海魚譜』肉筆彩色本には、錦江湾産を中心とした魚分類344図が掲載されています。新種記載を伴う最古の調査は1903年（明治36年）6月に実施されたアメリカ合衆国漁業局のHugh M. Smithによる鹿児島調査まで遡ります。Smithは川内川や鹿児島市、山川町などで調査を行い、1906年に錦江湾産と思われるキュウシュウヒゲ *Coelorinchus jordani* やヤリガレイ *Laeops kitaharae* を新種として記載しました。Smith以前の1901年に鹿児島産の標本に基づきヤマヒメ *Snyderina yamanokami* とオオウミウマ *Hippocampus kelloggi* が新種として記載されましたが、これらの標本は東京帝国大学理科大学教授の箕作佳吉（日本動物学会の創設者として有名）からスタンフォード大学学長のDavid S. Jordanに送られたものです。そのため、実際に鹿児島で調査が行われたのか、東京の市場に入荷した鹿児島産の標本なのか、詳細は不明です。もちろん錦江湾産かどうかはわかりません。

1906年（明治39年）になると鹿児島に上陸したアメリカ合衆国漁業局調査船アルバトロスの乗組員による大規模な調査が行われました。彼らは鹿児島に立ち寄った際、鹿児島市の市場で多くの魚を購入し



カゴシマニギス *Argentina kagoshimae* (KAUM-I.32200)



ダテハゼ *Amblyeleotris japonica* (KAUM-I.20141)



ワキヤハタ *Malakichthys wakiyae* (KAUM-I.10922)



マダラギンポ *Laiphognathus longispinis* (KAUM-I.38781)



カゴカマス *Rexea prometheoides* (KAUM-I.4635)



オキゲンコ *Cynoglossus ochiaii* (KAUM-I.5066)



カンパチ *Seriola dumerili* (KAUM-I.335)アカオビハナダイ *Pseudanthias rubrizonatus* (KAUM-I.6532)ヘビギンポ *Enneapterygius etheostoma* (KAUM-I.3022)

て、本国に持ち帰りました。市場で購入した魚なので、漁獲された場所はわかりませんが、少なくとも何種かは湾奥で漁獲されたものであると思われます。とくに深海性の種は錦江湾外から漁獲された可能性が低そうです。アルバトロス調査によって採集された標本に基づいて新種として記載された名義種の内、湾奥で漁獲された個体に基づいていると予想されるのは、カゴシマニギス *Argentina kagoshimae*、クマソハナダイ *Pseudanthias venator*、シロアマダイ *Branchiostegus albus*などが挙げられます。その後、大正から昭和にかけてはダテハゼ *Amblyeleotris japonica* やワキヤハタ *Malakichthys wakiyae* が、平成になってからは先述のモモイロカグヤハゼやマダラギンポ *Laiphognathus longispinis* などが錦江湾産の標本に基づいて新種として記載されました。今後も錦江湾からは一定のペースで新種が発見されることでしょう。

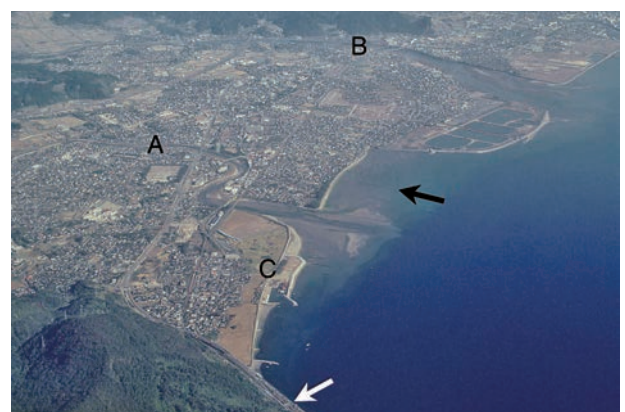
錦江湾はその半閉鎖性から固有の魚類が生息しているようですが、実際には固有種は存在しないと考え

られています。なぜなら、現在の錦江湾が形成されたのはおよそ7,000年前であり、錦江湾固有の魚に種分化するには些か時間が足りないからです。しかし、最近の調査では、湾奥に生息するヘビギンポ *Enneapterygius etheostoma* は湾外および日本各地の同種個体群と比べて形態的に若干異なることがわかってきました。これは錦江湾固有の個体群が形成され始めている可能性を示唆しているのかもしれませんが。錦江湾の謎を解くにはまだまだもう少し時間がかかりそうです。

[鹿児島大学総合研究博物館 本村浩之]

### 錦江湾奥の干潟の特徴

海の中の一番浅いところ、すなわち、満潮線と干潮線との間の空間（潮間帯）は、12.4時間の周期で繰り返す潮の干満にしたがって、干出と水没を繰り返しています。「干潟」とは、河川の汽水域や河口周辺に発達する砂泥底の平坦な潮間帯のことです。干潟は、河川から供給される砂泥粒子が波浪浸食によって失われる分を補うことで維持されています。干潟は一見地味ですが、生物生産力がたいへん高い場所です。その理由は、まず、陸の生態系に由来する豊富な栄養塩（窒素、リンなど）が、河川を通して、絶えず供給されていることにあります。また、平坦な干潟の表面が、ソーラーパネルのように、太陽エネルギーをふんだんに吸収できることも重要です。



錦江湾北岸の始良市の思川(A)の河口に発達した重富干潟(1997年11月、佐藤正典撮影)

1993年に干潟の北部(山野海岸、黒矢印)を埋め立てる計画が発表されたが、それは回避された。1997年以降に、干潟の南部(脇元海岸、C)の一部が埋め立てられ漁港および海浜公園が造成された。別府川(B)の河口の干潟は、その多くの部分がすでに埋立て・干拓によって消滅している。ここから鹿児島市にかけては急峻な地形となり、海岸線を国道10号線が通っている(白矢印)



重富干潟の上部（2004年10月、佐藤正典撮影）  
満潮線付近の塩生植物の生育場所は護岸によって失われている（矢印）



重富干潟で採集された底生珪藻の一種（1994年5月、佐藤正典撮影）



重富干潟で採集されたクルマエビ科の一種（1995年5月、佐藤正典撮影）



思川感潮域の干潟で摂食中のハクセンシオマネキ  
干潟表面の砂泥をハサミですくい取り、口で珪藻や有機物を濃しとって食べ、砂粒は丸めて「砂団子」にして捨てている（2010年5月、佐藤正典撮影）。日本ベントス学会版（2012）レッドデータブックで「準絶滅危惧」に指定されている

その結果、陸から湾内に流入する栄養塩の多くが、まず、干潟の生産者（植物や藻類）に吸収され、光合成によって有機物に転換されます。それが様々な底生動物に食べられ、食物連鎖を通して、最終的には、その栄養が大型捕食者（鳥、魚、イルカ、人間の漁業など）に取り上げられ、湾の外に運び出されます。これによって湾内に流入する窒素やリンの多くが水中から除去されるので、内湾の富栄養化が抑制されることとなります。すなわち、干潟生態系は、水中の栄養塩を「ただで」除去してくれる天然のフィルター（人工的な下水処理システムでは「高度処理」と呼ばれるコストの高い機能）として働くと同時に、豊富な水産資源を産み出してくれているのです。また、クルマエビ類のように、成体は干潟に住んでいなくても、産卵や保育の場（幼稚子が育つ場）として、干潟を一時的に利用している動物も少なくありません。

錦江湾奥は、沿岸域が急傾斜のカルデラ地形であるため、遠浅の干潟が沖に向かって発達することができません。とくに、西岸（竜ヶ水周辺）や東岸（福山町や垂水市）では、急峻な崖が海岸まで迫っており、流入河川もほとんどないため、干潟はほと

んど存在しません。南岸の桜島沿岸も同様です。主な河川は、すべて北岸の平野部に流入しています（始良市の思川、別府川、霧島市の天降川、検校川など）。それらの河川の内部や河口周辺には、干潟が形成されています。しかし、河川改修工事に伴う堤防建設や沿岸部の埋め立ては、元々少なかった貴重な干潟をさらに少なくしてしまいました。それでも、わずかに残る干潟に降りて、その表面を調べてみると、さまざまな生物を見つけることができます。

干潟の表面で繁茂する底生微小藻類（主に珪藻）は、小さな単細胞の生物なので肉眼ではその姿を見ることができませんが、最も重要な生産者の一つです。珪藻には水中を常時浮遊しているプランクトン性の種も多いのですが、干潟（特に透水性の低い泥干潟）では、底生性の種が繁栄しており、泥の表面





重富干潟で採集されたハマグリ (2007年8月、佐藤正典撮影)  
日本ベントス学会版 (2012) レッドデータブックで  
「絶滅危惧II類」に指定されている

が緑褐色に見えるほどです。この珪藻は、様々な動物の食物として大変重要です。たとえば、干潮時には、巻貝やカニ類などの表層堆積物食者に食べられ、満潮時には、水中に巻き上がったものが二枚貝などの濾過食者（海水を濾過して、水中に懸濁している有機物をこしとって食べる動物）に食べられています。顕微鏡で干潟表面の泥を観察すると、たくさんの底生珪藻が活発に動き回っている様子を見ることができます。彼らは粘液を分泌して動くことができます。彼らは泥の粒子と一緒に、満ち潮で水中に巻き上げられ、引き潮時に干潟の表面に沈積するので、もし動けなかったら、泥に埋もれて死んでしまうでしょう。わずか数ミリメートルでも泥に覆われると光が届かず、光合成ができません。彼らは光を求め、泥をかき分けて干潟の表面に這い出るので。

ただし、干潮時に露出する干潟の表面は、水中に比べると、はるかに過酷な環境です。たとえば、夏の暑い日差しが照りつける干潟の上で、高温、乾燥、そして強い紫外線の危険にさらされます。珪藻は、他の単細胞藻類（渦鞭毛藻など）とは異なり、細胞がガラス質の殻に包まれています。この殻は、乾燥や紫外線から細胞を守るために重要な役割を果たしているかもしれません。それは、珪藻が干潟の底生微小藻類の中で最も繁栄している理由の一つかもしれません。

珪藻類の増殖のためには、通常の栄養塩（チッソ、リン）の他に、殻の材料となるケイ素が必要です。陸上の岩石の風化に由来するケイ素は、雨水に溶け、ケイ酸塩として内湾に流入するので、干潟には豊富に存在します。ガラスの衣をまとった珪藻が干潟生態系の土台を築いていることは、この生態系が河川



思川感潮域の干潟のヨシ原 (2010年5月、佐藤正典撮影)



喜入町愛宕川の感潮域のヨシ原で活動中のアカテガニ  
(2007年11月、佐藤正典撮影)

からの栄養塩供給に支えられていることを象徴しています。

一方、干潟の上部（満潮線付近）は、塩生植物が茂る場所（塩沼地）です。普通の陸上植物は塩分に弱いために干潟に入り込むことができず、耐塩性を獲得した塩生植物だけが、ここに生育できます。このうちヨシ（アシ、葦）は、日本各地の塩沼地に最も普通に見られる種です。錦江湾の干潟では、多くの場合、護岸堤防が満潮線よりも水辺寄りに築かれているために、塩沼地のほとんどが失われています。それに伴って、塩生植物に依存する様々な小動物たちも姿を消しつつあります。これからは、海沿いの干潟の保全だけでなく、河川内部の汽水域の塩沼地の復元も重要な課題でしょう。

この塩沼地を越えて干潟と陸との間を行き来する生物もいます。アカテガニです。アカテガニは、日本産のベンケイガニ類の中で最も陸上生活に適応した種で、成体は、干潟上部の塩沼地だけでなく、後背地の山林や土手などでも活動しており、地面に隠れ家の巣穴を作っています。梅雨時には木に登っている姿も見かけます。しかし、その幼生は海水中で



しか生きてゆけないので、アカテガニは、子どもを海に放つために、必ず海（または河川感潮域）に帰って来なければなりません。アカテガニの生殖時期は6～9月です。メスは、交尾後、受精した卵をお腹にたくさん抱え、大潮（満月か新月の頃）の夜の満潮時刻前後に、海岸に集まり、体を海水中に沈めて、腹部を数回あおります。この瞬間、卵の孵化が同調して起こり、ゾエア幼生が水中に放出されます。幼生は、水中でプランクトンとして生活した後、稚ガニに変態し、陸上生活に移行します。

水中に放出された何万ものプランクトン幼生の大部分は、多くの魚介類の貴重な食物となり、ごく一部だけが稚ガニまで生き延びます。海岸線から急峻な山が連続しているような場所は、アカテガニにとって最適です。かつての自然のままの錦江湾奥は、そのような環境に恵まれた場所だったでしょう。しかし、現在の海岸線は、ほぼ完全にコンクリートで護岸され、しかもたくさんの車が行き交う幹線道路に縁どられています。道路は年々拡張され、車線が増えています。このような人工物による海岸と内陸部の分断は、アカテガニにとって、たいへん過酷なものです。幼い稚ガニは、海岸近くの山林に行くために、交通量の多い国道を横切り、側溝や堤防も乗り越えなければなりません。運良く生き延びて成長できたカニは、お腹の子どもを海に放つために、今度は逆コースをたどらねばなりません。夏の大潮の頃、お腹に一杯卵を抱えたカニが道路を横断しているのはそのためです。海まであと一歩のところまで、車にひかれてしまうカニも少なくないでしょう。昔話「さるかに合戦」に登場するカニはアカテガニだと思われまます。日本中にたくさんいたカニだったのに、各地で個体数が減少していると言われています。

〔鹿児島大学理学部 佐藤正典〕

## 火山のめぐみ

桜島火山と始良カルデラ、若尊カルデラがなす湾奥の自然景観は、観光資源として鹿児島の経済を潤しています。湾奥の周辺に分布する様々な起源の溶結凝灰岩は石材として使われてきました。始良カルデラから放出されたシラスはシラスバルーンの原料となり、骨材にも使われています。また、火山灰や軽石などの火山の噴出物からなる地層は、水はけがよく、雨は容易に地下に浸透して濾過され、あちこちで湧きだします。地域によってはミネラルウォーターとして販売されています。湾奥には温泉も多く、

鹿児島市内の源泉数は約270、県庁所在地では日本一の数です。

〔鹿児島大学総合研究博物館 福元しげ子〕

## 始良カルデラ壁に囲まれた湾奥で営む水産業

休日の天気の良い日で上げ潮ともなると遊魚船があちこちで見られます。湾奥の船舶漁業では、マダイ、アジ、サバ等の1本つり、刺網、サヨリ引き網、小型巻き網、小型底引き網漁法のほか、タコツボ、ウニ、ナマコ漁業等が行われており、イワシ、アジ、タイ、イカ、タコなどが捕れます。その大半は鹿児島市場へ出荷され、イワシやアジなどはさつま揚げなどの原料となっています。

湾奥の沿岸域ではイケスが多く見られます。鹿児島県の海面養殖業における主な養殖魚の中で、ブリ、カンパチ、クロマグロ、クルマエビ、ヒラメの生産量は全国シェアの上位を占めています。鹿児島県内では垂水市と鹿児島市のカンパチ、ブリの収穫量が（農林水産省「平成22年度海面漁業生産統計調査」）上位を占めています。湾奥では、ブリ、カンパチ、クルマエビ、ヒラメ、ワカメ類、ノリ類の養殖が行われています。また、マダイ、ヒラメの栽培漁業も行われています。



竜ヶ水沖の養殖風景（鹿児島市吉野町）



ブリの養殖イケス（福山養殖）

このような養殖業が行われるようになったのは比較的新しく、例えば福山町のブリの養殖は1978年頃に、兵庫県家島町の池田清澄の指導を受けて始まりました。ここでのブリの養殖は、温暖な気候、冬場でも下がりすぎない水温、深い水深、流入する栄養塩に富んだ河川水、餌の改良に加えて、イケス内の魚の数を減らし、貝類、海藻などの付着物を食べるイシガキダイを少数入れて、潮の流れをよくするなど、魚の生育環境を良好に保つことを心がけた結果、今では国内最大級の健康なブリを育てることができるようになっています。

「海面漁業魚種別漁獲量累年統計（全国）1956～2005」（農林水産省）を見ると、1990年代からさまざまな漁種で漁獲量の低下または伸びなやみの傾向がみられます。これは鹿児島県でも同じことがいえます。

漁業生産における海面養殖業の存在は、以前にもまして大きくなっています。生物資源の枯渇の問題や安定供給上の要請から“とる漁業からつくり育てる漁業”としての養殖業の役割は大きいといえます。魚類養殖は、波の穏やかな内湾海域で行われているため、過去に残餌や魚の糞尿等が海底に堆積し、底質の悪化を起こしたことがあります。養殖業はきれいな海がなければ成立しない環境調和型の産業です。行政も漁業関係者も環境に放出される有機物を軽減し、少しでも環境負荷量をへらすなど環境に配慮した水産技術の向上・改善に努め、持続的な養殖生産につなげようとしています。

【鹿児島大学総合研究博物館 福元しげ子】

## 湾奥の農業

霧島連山が背後に広がる地域では、夏場における冷涼な気象条件をいかした野菜などの畑作、稲作、果樹栽培、茶及び畜産が営まれています。

一方、湾奥の南縁に当たる桜島では、火山という条件に合った農業が営まれています。島全体が火山噴出物に覆われているこの桜島で農作に適した土地はそれほど多くはありませんが、軽石と火山灰を起源とするボラ土に覆われた斜面で畑作が行われています。この土壌は排水性や保水性ともに良く、比較的やせていて、施肥の効果が的確にでやすいという特徴があります。生育に適する農作物は限られていますが、冬季が温暖であることも相まって、カンキツ類やビワなどの果樹、根菜類のダイコンの栽培に非常に適しています。

とりわけ「桜島ダイコン」と「桜島小ミカン」は特産品として有名です。最近では、降灰対策事業を活用した特産果樹の桜島小ミカン・ビワ等の施設化が進むとともに、新たな品種として「不知火（デコボン）」や「はるみ」の導入、軟弱野菜や葉ネギ、オリエンタルユリ等の栽培も行われています。

しかし、桜島の噴火そのものは農作物の栽培には極めて不利な条件です。桜島は世界でも有数の活火山です。目前で噴火し火山灰を降らせ、時には火山ガスを噴出させます。2011年の噴火回数は過去最高で1355回であり、2012年はそれを上回るペースで噴煙を上げています。

噴火による被害は、噴石で農業用施設が破壊されるばかりでなく、亜硫酸ガスや塩素ガスなどの火山ガスで新芽や花芽が焼け、赤灰（高温で酸化して赤色を呈し、変質して石膏やクリストバライトが生じている火山灰）が付くと農作物の葉は褐変・葉焼けを起こし、ひどい場合には果実に穴が空き、ヒビ割れする場合があります。

火山灰の直接的な被害を回避するために、降灰対策事業によってビニールハウス栽培を導入していますが、それでも、屋根に灰が積もってハウス内は真



桜島ダイコンの収穫



火山灰に埋もれた桜島ダイコン



っ暗になり、日照不足で作物の生育は不良になる場合があります。また、火山灰は雨で湿ると固まると、ちょうどセメントを吹き付けたようになって土壌に雨水がしみ込まなくなり、作物の生育が阻害されます。

そのような条件にも負けずに栽培され続けてきた桜島ダイコンは世界一大きいダイコンとしてギネスブックで公認されているほど有名です。桜島ダイコンは晩生で生育期間が長いことから、桜島の火山灰土壌や温暖な気象条件での栽培に向いています。肉質が柔らかく水分が多いのが特徴です。桜島ダイコンは20 kg前後の重さにまで生育し、時には30～40 kgを超えるものもあります。

桜島ダイコンの栽培面積は昭和15（1940）年前後に50 haほどでしたが、その後、降灰の影響や栽培に熟練を要すること、果樹栽培が旺盛になったことなどの理由で次第に減少しており、現在では4～5 haまで減少しています。

桜島特産として知られている桜島小ミカンは、紀州ミカンと同じ種類のミカン *Citrus kinokuni* です。桜島の安永噴火（1979年）で21,500本の被害があったとの幕府への報告にあるように、江戸時代は栽培



桜島と小ミカンハウス



桜島のビワ

が盛んだったようですが、現在では、桜島での栽培面積は約40 haまで減っています。鹿児島県内では旧福山町の約12 haでも栽培されていて、「錦江パール」という商品名で販売されています。

桜島小ミカンは味の点からの品質は良好ですが、果実が小さい、種があるなどの理由から消費が贈答用に偏っています。無種子の無核紀州という品種もありますが、果実が小さく、あまり消費量は多くありません。桜島小ミカンにはシネフリンというダイエット効果がある物質や、β-クリプトキサンチンという発ガン抑制効果がある物質など機能性成分が他のカンキツ類に比べて多量に含まれていることが明らかになっています。そのためドレッシングなどの新商品開発による消費拡大や食農教育への利用などの取り組みがなされています。

桜島の銘柄農作物としてはビワも有名です。ビワは中国原産の常緑果樹です。10～1,2月にかけて開花し、4～6月に収穫します。ハウスミカンなどが栽培される前は、くだものの端境期に出荷される果樹として人気を集まっていた。現在でも、主に海に見える斜面で日照条件や土壌の水はけが良いところで栽培されており、高品質の「桜島のビワ」としての定評があります。

〔鹿児島大学農学部 富永茂人〕

## 立地を生かした福山町の産業

福山町は霧島市の東端に位置しています。海岸近くまでせまっている牧ノ原台地は、標高が400 mもあるため、気温は海岸地に比べて2.5度くらい低くなっています。

台地方面の牧ノ原台地に島津家17代島津義久は「福山牧」を開設しました（1580年）。隣村の敷根・末吉・恒吉・牛根にまたがる周囲40キロ以上に及び、最盛期には2500頭以上の馬が飼育され九州最



福山町海岸一帯



大規模を誇りました。高原地帯で霧が多く牧草の繁茂に適し、四季の気候に恵まれた自然環境と自然の地形を活かした藩主の優れた施策がそこにあったからこそ成し得たものです。1779年（安永8年10月）の桜島の爆発によって衰退、薩藩とともにその幕を閉じました（1863年）。現在この一帯を牧ノ原と言うのはこの福山牧からきているといわれています。

沖合の海底には2003年に活火山に認定された若尊カルデラがあります。「福山町郷土誌」に福山沖にイルカの群れが現れることがしばしばあると書かれていました。今も豊富な魚を追い求めて泳ぐイルカの群れを見ることができます。ブリの養殖は、海岸線にまでせまるこのカルデラ地形を生かして行われ



福山沖で見られるイルカ（福山養殖提供）



石垣とアーチ式水汲場



黒酢の仕込み作業風景（坂元醸造株式会社提供）

ています。

福山は、江戸時代、米の産地である都城や物産豊かな岩川、市成方面（大隅半島）からの輸送基地であるばかりでなく、中国や琉球の産物が行き交う物流の中継点で、豪商が割拠するほど経済上の重要拠点でした。歴代の地頭も島津家の家老が着任しており、薩摩藩の財政を立て直した調所広郷もこの港の重要性に着目し、港の整備を命じたといわれています。その名残は石垣やアーチ式水汲場にもみられ、調所・厚地の斡旋により岩永三五郎が施工した（1837年）とあります。

福山と言えば黒酢が有名です。「福山町郷土誌」（1954年、福山町教育委員会）によると、福山の商人、竹之下松兵衛が1820年福山で酢造りを始めたといわれています。福山町一帯は、三方を急峻な崖に囲まれ、温暖で気温差が少なく、酢を造る菌の繁殖に適しています。そこに、火砕流堆積物や湖成層で濾過された良質で豊富な水と米がありました。福山町は、港があって、藩への上納米の集散地になっていたため、原料となる米が豊富にあったのです。仕込みの壺（アマン壺）としての薩摩焼が藩内で容易に入手できたこともあって黒酢づくりが根づいたようです。

福山酢と並んでこの地を代表するものに小ミカン（錦江パール）、福山黒牛があります。福山町で柑橘類に適するのは海岸地帯で、温暖な気候で冬期もほとんど霜雪を見ることなく、中生代の四万十累層群の砂岩と泥岩の互層が風化してできた礫混じりの土質は日当りのよい傾斜面と共に柑橘栽培に理想的な自然条件を備えています。

〔鹿児島大学総合研究博物館 福元しげ子〕

## 錦江湾奥の水質汚染

錦江湾奥は、閉鎖性が強いために、陸域から汚濁・汚染物質が流入すれば、それらは湾内に長く滞留し、なかなか外に出て行きません。このためいろいろな水質悪化が進みやすい場所であることを忘れてはいけません。一番わかりやすい例は、栄養塩（水に溶けた窒素やリンなど）や有機物（CODの値で示されるもの）の過剰な流入による富栄養化の問題（たとえば、赤潮の発生や海底の貧酸素化など）です。ここでは、原因物質は、毒物ではなく、むしろ本来は生物に必要な栄養物質なのですが、それが多すぎることによって引き起こされる問題です。鹿児島県の「鹿児島湾ブルー計画」では、「美しい錦江湾を明日の世代へ」を基本理念に錦江湾の水質保全

のための対策が講じられていますが、そこでは、この「汚濁物質」だけが対象とされています。しかし、問題はこれだけではありません。

今日、生物にとって有毒な化学物質はたくさん環境中に放出されています（たとえば、合成洗剤や農薬など。そのような毒物をここでは、「汚染物質」と呼びます）。陸で散布された除草剤やシロアリ駆除剤もやがては海に流入します。それらの影響についても、私たちは注意を払う必要があります。

1970年代に、錦江湾奥において、基準値を越える濃度の水銀で汚染された魚が見つかり大騒ぎになったことがあります。これについては、錦江湾奥における海底火山活動に由来する天然の水銀汚染を原因と考える説がありますが、1950年代から70年代にかけて、錦江湾奥沿岸に大量に散布されたフェニル水銀系農薬（主に稲のイモチ病対策のために散布され、1973年に販売禁止された）を汚染の原因と考えている研究者もいます。

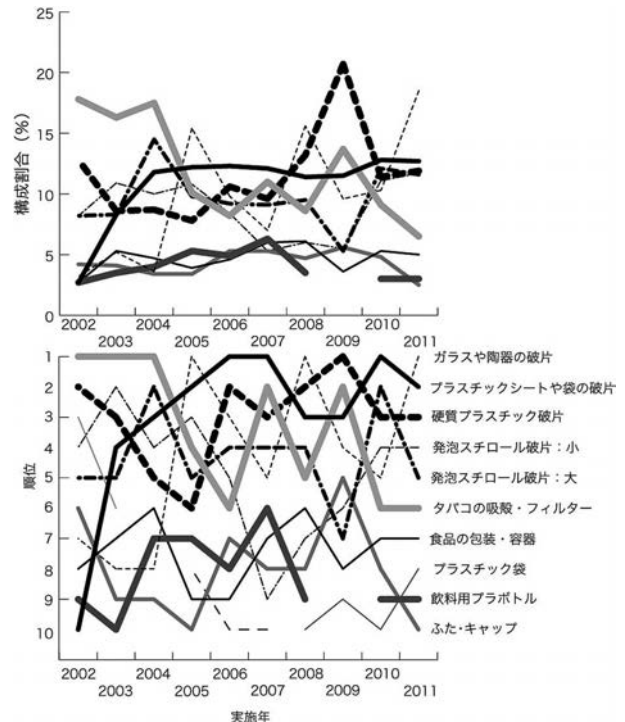
現在使用されている「低毒性」と言われている農薬にも、様々な有害性が指摘されていますが、それらの環境中での影響はなかなか調査が難しく、不明な点が多いのが実情です。農薬（殺虫剤や除草剤など）は、農業だけでなく、一般家庭やゴルフ場などでも広範囲に使用されています。錦江湾奥の沿岸には多数のゴルフ場があり、そこで使用される農薬も湾内に流入します。農薬の中には、内分泌攪乱作用（ごく低い濃度でも生物の生殖活動などに悪影響をおよぼす作用）を疑われているものもあります。農薬などの海域への流入は、アマモ（海草の一種）などの減少の原因の一つであると考えられています（水産庁ホームページ参照）。

[鹿児島大学理学部 佐藤正典]

## 海岸漂着ごみと海底堆積ごみ

近年、プラスチック製品の大量消費大量廃棄時代が東アジア諸国にも到来し、海岸を有する国々では、海洋を越境してきた漂着ごみによる海洋環境汚染が深刻化しています。鹿児島県海岸でも、1998年8月、中国揚子江の大洪水により流出した漂流物が大量に漂着する事件が発生しました。このときは錦江湾にもその一部が流入してきましたが、通常、錦江湾では、海岸利用者によるポイ捨て・不法投棄や周辺人口91万人から排出された生活系ごみの一部が河川等を通じて流入してきたものが主に散乱しています。

ここでは、1999年から市民のみなさんと共に行っ



錦江湾におけるワースト10品目の10年間の順位と構成割合の推移（2002-2011年）

てきました海岸清掃ボランティア活動「かごしまクリーンアップキャンペーン」と簡易型トロール網による定期モニタリングによって得られた結果より、錦江湾における海岸漂着散乱ごみと海底堆積ごみの実態について紹介します。

「かごしまクリーンアップキャンペーン」とは、1990年に日本でも開始された（鹿児島県では1999年から参加）世界規模の海洋環境保全活動である「国際海岸クリーンアップ（International coastal cleanup: ICC）」の地域版で、2011年度の活動には、県内38会場に9,853名のボランティアが参加しました。この活動の特徴は、水辺・水中に漂着散乱するごみを回収するだけでなく、それら回収物を世界統一の手法で品目に分けて個数を記録し、それを集計分析して改善活動に利用していることにあります。とくに2009年7月に制定されました「海岸漂着物処理推進法」や、2012年3月に策定された「鹿児島県海岸漂着物対策推進地域計画」には、この活動で得られたデータが活かされています。

それでは簡単にこれまでの結果をご紹介します。図は2002年から2011年までの10年間における錦江湾海岸漂着散乱ごみ個数ワースト10品目の推移を示しています。2011年の漂着散乱ごみ個数第1位はガラスや陶器の破片（18.5%）で、第2位はプラスチックシートや袋の破片（12.7%）、第3位は硬質プ

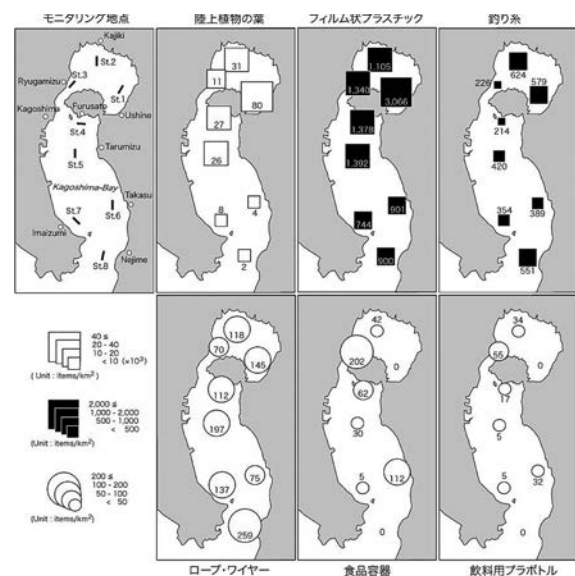
プラスチック破片（11.9%）であり、漂着散乱ごみ全体の66.4%が破片・かけら類となりました。破片・かけら類の多くは、製品として海洋に流出したものが漂流中や漂着後、紫外線による劣化や波浪による衝撃などによって破片化したもので、全国的にも増加傾向にあります。とくにプラスチックの破片化の問題は深刻で、自然界では分解されないため、微小化しても海洋中に存在し続けることになり、さらには海上を浮遊して世界の海に拡散していきます。一方で、全体の4割を占める陸上起源ごみは、喫煙、飲料・食品、生活・レクリエーションなど、私たちの日常生活に起因するものが9割以上を占めます。錦江湾におけるワースト10品目の推移を見ると、順位は毎年変動していますが、登場する品目には大きな変化はなく、近年の傾向としては、プラスチックシートや袋の破片が順位を上げており、2006年度にはワースト1となりました。一方、2002年から2004年までワースト1であったタバコの吸殻・フィルターは、2005年から順位を下げ、割合も低下傾向にあり、また2002年ワースト3であった花火は、2004年以降ワースト10の圏外となっています。

海岸と同様に、錦江湾の海底にも日常生活で使用される様々なごみが堆積しています。簡易型トロールネットによる海底堆積ごみの採集は、2003年5月から毎年4回、錦江湾8地点において鹿児島大学水産学部附属練習船南星丸（175t）によって行われてきました。2005年10月までに行われた118回の曳網調査の結果、54,388個、76.9kgの海底堆積物が採集され、そのうち海底堆積ごみ（人に使用された痕跡のあるもの）の割合は、個数で3.7%、重量で43.4%となりました。一個あたりの海底堆積ごみの平均重量は、重量物である家電製品とワイヤーを除くと11.8g/個となります。

海底堆積ごみの品目別構成割合（個数）は、フィルム状プラスチックが最も高く49.0%を占め、続いて釣り糸17.6%、ロープ・ワイヤー6.1%、タバコフィルター4.1%、食品容器2.3%、飲料缶2.0%、飲料用プラボトル0.9%となっています。フィルム状プラスチックでは、使用用途が判別できないプラスチックシートや袋の破片の割合が最も高く、海底堆積ごみ全体の39.9%を占め、続いてプラスチック袋（レジ袋等）が4.8%となりました。2005年のICCの結果より、錦江湾の海岸と海底の構成割合を比較すると、海岸漂着散乱ごみワースト2のプラスチックシートや袋の破片は、海底でさらに割合が高く、また海岸ではほとんど採集されなかつたロー

プ・ワイヤー、釣り糸など海洋での活動に起因とする品目は、海底で23.7%をも占めました。このように海岸と海底では浮遊性、沈降性というごみの比重の違いから構成割合が大きく異なることがわかります。

次に示す図は、おもな海底堆積ごみ5品目（フィルム状プラスチック、釣り糸、ロープ・ワイヤー、食品容器およびプラスチックボトル）と陸上植物の葉の採集密度の分布です。食品容器やプラスチックボトルは同湾の中心都市である鹿児島市沖合St.3、霧島市沖合の湾奥St.2および鹿屋市沖合の湾中央St.6といった市街地に近い定点で多く採集され、そこから離れたSt.1やSt.8では全く採集されませんでした。またロープ・ワイヤーおよび釣り糸は、湾口で多く採集されました。このように比重が大きな品目は、生活ごみの場合、都市部の河川河口から遠方に移動することはなく、漁具の場合、その海域での投棄・逸失によるものと考えられます。一方、陸上起源である植物の葉は、湾奥Sts.1, 2や湾中央Sts.4, 5といった水深140m以深のカルデラ海盆に多く堆積していました。これは湾全域の陸上から河川を通じて湾内に流入したものが海面または水中を潮流に乗って漂流しながら沈下し、湾内の恒流の渦の中心や底層流の滞留域にあたる湾奥および湾中央の最深部の海底に堆積したものと考えられます。フィルム状プラスチックも湾奥、湾中央で採集密度が高い傾向を示したことから、陸上植物の葉と同様の沈下・堆積過程をもつと考えられます。錦江湾の海



錦江湾海底におけるフィルム状プラスチック、釣り糸、ロープ・ワイヤー、食品容器およびプラスチックボトル、陸上植物の葉の堆積（採集）密度の分布



底から採集された海底堆積ごみの平均密度は、東京湾（1995～2000年）の最大値400個/km<sup>2</sup>、32kg/km<sup>2</sup>と比較して個数では5倍（2,517個/km<sup>2</sup>）、重量ではほぼ同等（30.3 kg/km<sup>2</sup>）となりました。これは比較的軽いフィルム状プラスチックの採集割合が27.5%の東京湾に対して49.0%と高いためです。東京湾に比べ錦江湾で海底堆積ごみの密度が高い理由は、水深100 m以上の海盆地形を有するため、底層流により湾外に流出しないことが大きく影響していると考えられます。

これまでの調査の結果、錦江湾の海岸、海面、海底のごみの密度を比較すると、海底では平均2,517個/km<sup>2</sup>、海面では船上から目視によって確認されたもので448.6個/km<sup>2</sup>、ニューストーンネットによって海面から採集された10 mm未満の微小プラスチックで56.5×10<sup>3</sup>個/km<sup>2</sup>となりました。また海岸における微小プラスチックの漂着散乱密度の最大値は

14,520個/m<sup>2</sup>であったことから、錦江湾における海洋ごみの密度は海底<海面<海岸となっています。しかし海底堆積ごみは、海岸や海面と違い、水圧、地形、漁業権、回収器具の能力および海底面積の広さなどの諸条件が制約となり、回収が非常に困難です。とくにプラスチックは、自然界でほとんど分解しないため、流入が続けば堆積量も増加し続けることになります。実際に錦江湾における海底堆積ごみは、湾中央のSt.5で173個/km<sup>2</sup>/年の微増傾向であることがわかりました。これは1年間に76 m×76 mの海底面に1個のごみが堆積することを意味しています。したがって回収不可能な海底へのごみの堆積を防ぐためにも、私たちは日常のごみの排出と管理に責任を持ち、海洋ごみの発生の抑制に努めなければなりません。

[鹿児島大学水産学部 藤枝 繁]

## 第12回 自然体験ツアー「船で行く錦江湾奥と新島探検ツアー」報告

第12回特別展関連企画の1つとして、2012年7月21日(土)に、自然体験ツアーを開催しました。参加者は多数の応募者から抽選で選ばれた38名です。当日は、チャーターしたクルージング船「クイーンズしろやま」で鹿児島港を出発して、桜島北側の新島に上陸し、始良カルデラ北東部に位置する若尊カルデラからの噴出物などを観察した後、若尊カルデラ、隼人三島を訪れ、15時に鹿児島港に戻りました。

新島を目指す船上では、案内役の大木公彦鹿児島大学名誉教授が湾奥の地形や成り立ちなどについて説明しました。湾奥を占める海域は沈水した始良カルデラそのもので、目前に広がる崖はカルデラ壁で、約3万年前に噴出した火砕流がシラスだということです。

船が新島に近づいたところで、回遊するイルカの群れを観察しながら新島に上陸しました。

新島は、その周辺に広がる中ノ島、硫黄島などの安永諸島のひとつです。これらの島々は、桜島の安永噴火（1979年）で溶岩が海底に流入した後に、海底噴火（1779～1781年）を断続的にともないながら隆起したことが古文書に記録されています。

新島は、安永諸島の中ではもっとも大きい島ですが、南北1 km程度しかありません。新島に上陸した一行は、その北、東、南の海岸の3ヶ所の露頭を観察しました。

断続的に続く海食崖に、始良カルデラ北東部に位置する若尊カルデラから噴出した軽石と火山灰（新島軽石）が露出していて、その上位には1万5千年前以降の泥とシルト、6千年～2千年前に海底に生息していた貝の殻が密集した層などがあります。貝殻の多くは、深さ100～200 mの海底に生息するベツ



船上で説明する大木名誉教授（右前方に新島が見える）



新島全景。左の建物のあたりが船着き場

コウガキです。本来は錦江湾奥の海底下にあつて見ることができないものです。参加者は鹿児島市内に新島をはじめとする安永諸島のような海底噴火によって形成された島々があること、自分たちが踏んでいる地面が昔海底であったことに驚いていました。

海岸の砂浜には新島が海面に現れた後に近くの海底から噴出した大きな安山岩ブロックが点在していました。これも驚きです。その表面には海水に触れて冷却したときにできた割れ目があつて、内側には粟おこしのような発泡のあとがあります。

小さな島とはいえ、北から南まで歩く露頭巡りは結構疲れます。蒸し暑い中を2時間ほど歩いたのですが、熱中症で倒れた参加者は皆無でした。

次は「タギリ」です。昼過ぎに船に戻り、昼食をとりながら福山沖へと移動しました。

波一つ立たない福山沖の若尊カルデラ海面上で待っていると、数は多くありませんでしたが、海面に浮上する気配を観察することができました。この気泡が海面にまで上がってくるところがタギリです。参加者全員が船上から海面をのぞき込み、泡が浮か

び上がるたびに歓声を上げていました。若尊カルデラの海底で熱水噴気が上がっていることを実感したようです。

この後、隼人三島へ向かいました。隼人三島は辺田小島、弁天島、沖小島の三島からなり、神造島とも呼ばれています。上陸する時間はありませんでしたが、主に数十万年前の流紋岩からなり、縄文時代に形成された海岸段丘があつて、サンゴや貝の化石が観察できるということでした。鹿児島港への帰路には、桜島の噴火も遠望でき、最後まで錦江湾奥の自然を堪能することができました。

[鹿児島大学総合研究博物館

内村公大・是枝智美]



説明を聞きながら新島軽石の露頭に見入る参加者



露頭から落ちてきた貝殻を拾う参加者



破裂した瞬間の泡（左上の白い輪）と泡が破裂して海面に広がる油膜（左下）



前方に隼人三島を望みながら説明を聞く参加者



桜島昭和火口から上がる噴煙（船上から撮影）



鹿児島大学総合研究博物館 第12回 特別展

# 錦江湾奥の自然と人とのかかわり

Nature and human life in the innermost area of Kinko Wan

- [日時] 平成24年11月1日(木)  
～11月30日(金) 10時～17時  
※休館日3日、17日、18日
- [場所] 鹿児島大学中央図書館ギャラリー  
“アトリウム” (郡元キャンパス)
- [主催] 鹿児島大学総合研究博物館
- [後援] NHK鹿児島放送局
- [協力] いおワールド かごしま水族館  
NPOくすの木自然館  
NPO桜島ミュージアム  
尚古集成館  
鹿屋市立第一鹿屋中学校  
福山養殖

企画・運営 鹿児島大学総合研究博物館  
山根正氣(館長)／福元しげ子(総括責任者)  
落合雪野／鹿野和彦／橋本達也／本村浩之  
内村公大／是枝智美／西元暢子／  
総合研究博物館ボランティア

## 出展

大木公彦(鹿児島大学名誉教授)  
大富 潤(鹿児島大学水産学部)  
鹿野和彦(鹿児島大学総合研究博物館)  
佐藤正典(鹿児島大学理学部)  
塚原潤三(鹿児島大学名誉教授)  
富永茂人(鹿児島大学農学部)  
富安卓滋(鹿児島大学理学部)  
日高正康(鹿児島大学水産学部)  
藤枝 繁(鹿児島大学水産学部)  
丸野勝敏(鹿児島大学総合研究博物館学外協力研究者)  
本村浩之(鹿児島大学総合研究博物館)  
八木原 寛(鹿児島大学南西島弧地震火山観測所)  
山中寿朗(岡山大学大学院自然科学研究科)  
山本智子(鹿児島大学水産学部)  
小濱亜由美(九州産業大学非常勤講師)  
NPOくすの木自然館  
NPO桜島ミュージアム



## 特別展関連企画(実施済みを含む)

### 第12回自然体験ツアー「船で行く錦江湾奥と新島探検」

講師 大木公彦(鹿児島大学名誉教授)  
鹿野和彦(総合研究博物館)

日時 平成24年7月21日(土) 9:00～16:00

### 第22回市民講座「錦江湾奥のナゾにせまる」

講師 山中寿朗(岡山大学)「若尊カルデラの海底熱水活動とレアメタル鉱床」  
富安卓滋(鹿児島大学)「錦江湾奥と水銀」

日時 平成24年11月10日(土) 13:30～15:30

場所 鹿児島大学郡元キャンパス  
総合教育研究棟 2F 203号室

### 第9回学内ミニコンサート「秋の調べ」

ヴァイオリン 石井いずみ・ピアノ 海老原麻衣

日時 平成24年11月17日(土) 14:00～15:00

場所 鹿児島大学郡元キャンパス  
総合教育研究棟 1F エントランスホール

鹿児島大学総合研究博物館 News Letter No.30

■発行/2012年11月1日 ■編集・発行/鹿児島大学総合研究博物館 〒890-0065 鹿児島市郡元1-21-30

TEL: 099-285-8141 FAX: 099-285-7267

http://www.museum.kagoshima-u.ac.jp