

# 高知地学研究会会報

第40号

平成 24 年  
11月30日発行

季節は秋から冬へと移ろい、このところの寒さにすっかり風邪をひいてしまいました  
が、皆様にはお変わりございませんでしょうか？ 寒さに負けない丈夫な体、これをつ  
くっていかねばなりませんね。

しばらく会報が出なくてご心配・ご迷惑をおかけしたことと思います。遅くなっても  
運営の方で無理のない程度に出していきますので、ご理解頂き、応援よろしくお願  
いいたします。今年度の総会報告は次号掲載です。また、総会の時にご講演頂いた臼井教授  
より掲載原稿を頂きましたので、出席できなかった方はじっくりご覧ください。出席さ  
れた方も復習にお役立て頂ければ嬉しく思います。

## 「資源を生み出す海」

## — 海底はレアメタルの宝庫か？ —

高知大学理学部門教授 臼井朗（地球科学コース）

### 1) 海と地球

最近の私たちの快適な生活は、辺境・極限の地から探索された大量の地球資源とエネ  
ルギーを消費することによって支えられています。したがって、多様な局面において、  
環境問題、地質災害、生物進化、資源開発など地球の活動と我々の生活との関連を身に  
しみて実感するようになりました。

なかでも海洋は「地球の窓」、「地球の血液」と例えられるように、地球表層環境を  
強く支配し、さらに地球内部の活動・構造などを目の当たりに観察できる重要な地球科  
学のフィールドです。たとえば、プレートテクトニクス実証の現場も、津波や地震を引  
き起こす地球の動きも、様々なスケールの気候変動も、そして生物進化も、海洋が関わ  
っていると言ってよいでしょう。そして、これらは、言うまでもなく人類の生存、生活  
と強く関わっています。

### 2) 金属資源の枯渇

この度の講演では、“海”の多様な局面のなかでも、海洋が生み出す鉱物資源（特に  
金属資源）について共に考えてみたいと思いました。最近、特に2000年以降、国際政治、  
資源経済、起業などの分野において、海底鉱物資源が話題になっていることはご存知か



と思います。近年、世界的な消費増加によっていくつもの金属が不足気味となり、世界的な枯渇までも危惧されています。この状況は、一時的な高騰ではなく、世界規模の資源枯渇の前兆と捉えられています。この背景のなかで、海底の岩石や鉱物に濃縮されるレアメタル（＝希少な金属という意味の和製英語）に関心が集まっています。ここ数年は、海底鉱物資源への期待が過熱する様相が見られていて、マスコミ、政界、時に研究界においても、「未来の資源」「資源争奪戦」「メタルウォーズ」「救世主」「準国産資源」「商業化間近」「日本近海の巨大鉱床、新鉱床発見」なるキーワードが乱れていて、あたかも数年後に商業採掘が開始されるような報道も見受けられます。

### 3) 海底は宝の山？

では、海底の鉱物資源は本当に「すごい」のだろうか？陸上の鉱床を上まわるほど巨大で高品質なのか？陸には類のない特異な資源なのか？？？ 実は1960年代に始まる海洋研究の結果、鉱物資源は、偏在しつつも深海底に広く大量に分布することがすでに知られています。それでもなお、深海は未知の世界です。好奇心と夢を駆り立てられる世界ですが、その実像は必ずしも明瞭ではありません。この講演では、演者が参加した、潜水艇調査、探査ロボット探査、深海ボーリングなどの現場体験、実績を踏まえながら、海底のレアメタル資源研究の現状をお伝えしました。そしてその多様性、不思議さ、利用などについて地球科学の立場からその実態を共有していただけたかと思います。

私は「今のところ、資源探索、評価に足る十分な科学的実態が解明されている訳ではない」と考えています。近年の海洋調査技術の高度化はすさまじく、海底ロボット、リモセン、センサー、ドリリング、モニタリングなどの機器によって、より多く、速く、広く、詳しいデータやサンプルが得られるようになってきました。それでもなお、海は広く未知、というのが実感です。著者「海底鉱物資源」（オーム社2010年）には、「海底資源開発には、国家百年の計と目の危機の双方を満たす必要がある」と書きました。敢えて、現状での個人的な結論を言えば、「ある種の海底資源は、陸上鉱石や鉱床の埋蔵量をしのぎ、且つその濃度は陸上に匹敵或いは上まわることは確実です。」しかし、ここで重要な仮定は“海水が存在しなかったならば“ということです。この仮定はかなり乱暴であり、実際には海水の存在が大変大きな壁になっています。

### 4) 海底資源も地質の産物

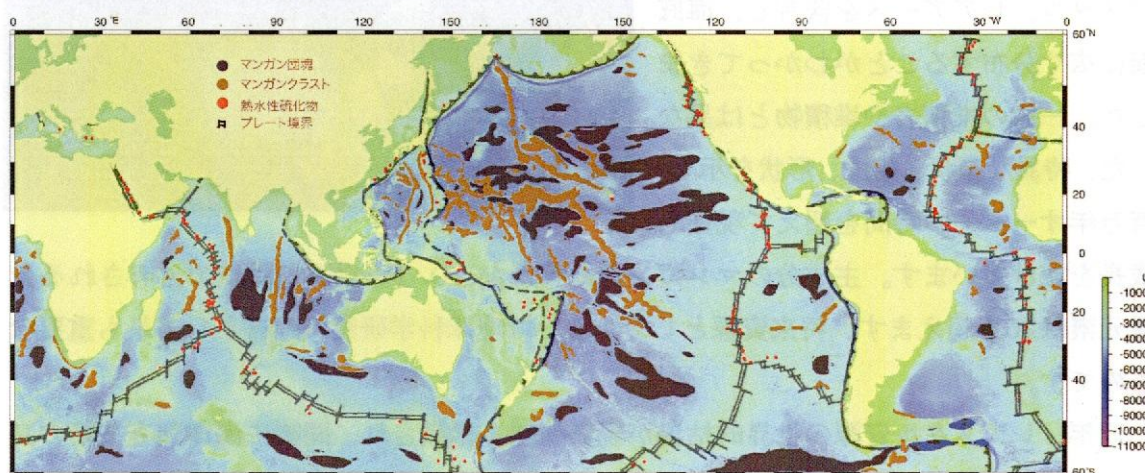
さて、海底近傍またはその直下に金属の濃集物、濃集帯が所々に認められます。これらは全て、堆積現象や火成活動が原因となって、特定の鉱物や元素が濃縮したものです。言い換えれば海底で生成した（また現在も生成しつつある）岩石や堆積物の1つです。つまり、多様な地質現象の産物の1つにすぎないと言えます。そのなかで、我々人類が産業的価値を見いだしている資源は、1) マンガンクラスト、2) マンガン団塊、3) 熱水性硫



化物の三つです。以下に、まず、その起源、生成プロセスの概要を整理しておきます。注意すべきことは、これらの資源は世界のどこでもどの国も、未だ商業開発に着手していない、ということです。石油、天然ガス、海底砂利とは大きく異なり、次世代の資源と言わなければならないでしょう。

鉄・マンガン酸化物を構成物とするマンガン団塊、クラストは、鉱床成因タイプに当てはめれば「化学堆積鉱床」に相当します。その直接の起源は普通の海水です。もちろん究極の金属の起源は岩石風化や火山活動ですが、ともあれ直前は普通の海水中のごく小さな酸化物粒子であり、長い地質時代を経て海底に固定、沈積したものです。その成長速度つまり沈積の速さは非常に遅く、数千万年の長い地質時代にわたって連続的に成長してきたものです。

一方、海底熱水性硫化物は、陸上にある火山活動に伴う「火山起源塊状硫化物鉱床」に相当します。もちろん、媒体としての水の存在は重要ですが、熱水性硫化物は海底火山などの熱エネルギーによって地殻中で加熱された水が元素の抽出、移動、沈殿を引き起こしたものであり、岩石の分類から言えば火成岩に分類されるべきものです。



## 5) 生成中の海底資源：堆積起源と火山起源

ここで、海底鉱物資源のユニークさは、現在の海底において、現在の海洋環境に支配されながら形成中であるということです。鉄・マンガン酸化物も熱水性硫化物も、成長速度の差は大きいものの共に現世の生きた鉱床といえます。

陸の鉱床タイプとの比較において、類型(analogue)つまり同タイプはあるのか、あるいは地質時代の海洋においても生成していたのか、という課題があります。熱水性硫化物の類型は、秋田周辺などの黒鉱鉱床、四国の別子型鉱床など、陸上の熱水起源鉱脈鉱床として、類型鉱床が発見されています。海底活火山域には、陸上生態系とは独立した生物群と激しい海底熱水噴出現象が特徴です。金属沈殿物の濃集体（熱水性硫化物鉱床）がさまざまな海底で広く認められるようになり、いまでは決して珍しいものではなく、世



界のすべての海で発見されています。

一方で、マンガン団塊とマンガンクラストも同様に、世界の大洋底に広く分布していて、それらも現在も持続的に生成中であると考えられています。しかしそれらは、硫化物鉱床のように成長が観察できるほど速く成長しているわけではありません。海底のマンガン団塊やマンガンクラストに相当する鉱床タイプが陸上の鉄・マンガン鉱床の中にもあるのかという重要な課題に結論は出ていません。陸上に明白なタイプの鉄・マンガン鉱床タイプは認められておらず、その起源、成因は、陸上の鉱床からの類推では解決できないため、おそらく海底の鉱床は独自に考えなければならないでしょう。

## 6) 海底マンガン鉱床各論

上記の三種の鉱物資源の中で、もっとも膨大な量と広い分布を示すのが、前二者の「海底マンガン鉱床」です。世界的な枯渇・不足が深刻とされるレアメタル、レアアースを含有し、海底面に広く分布することがわかってきました。一般の堆積岩や堆積物とは異なった、特異な産状、組成、形状を示し、百万年オーダーの時間を超えて現在も



成長を続けています。主成分のマンガンと鉄のほか、0.1%以上の濃度で含有される金属元素は20を超えます。将来資源としてあるいは地球科学研究の題材として最も重要なものです。

近年、レアメタル資源の世界的枯渇が現実問題と認識され、同時に海洋調査技術の高精度化・迅速化がすすんだため、海底マンガンクラスト・団塊、熱水性硫化物などへの関心が急激に高まっています。地質資源および研究対象としてその価値が再評価されています。探査、採掘・処理、環境影響予測の分野における技術開発が進展するものの、商業開発はまだ遠いと思われます。地球科学分野研究の貢献が大きく期待されています。

### 6.1 分布実態の解明

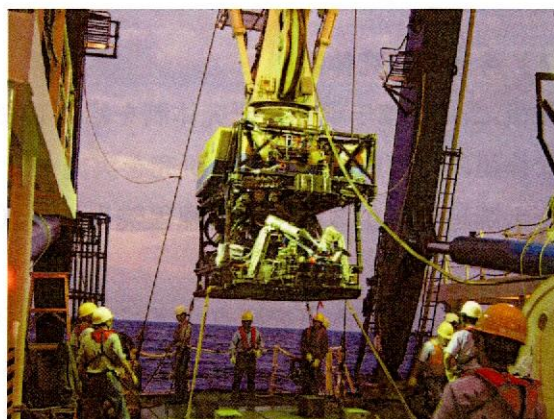
経済評価を主な目的とした組成・資源量（単位体積・面積当たりの金属量など）、分布、海域特性、偏在性・変動の特徴付けと周辺基礎データの充実を目指します。広域スケールの変化からサブミクロンまで、鉱床形態、組成の地域変化、個々の鉱床・鉱石について、様々なスケールでの変動を記載することが必要です。ほかに、船舶を用いた現場調査が不可欠であるため、大学、海洋研究開発機構(JAMSTEC)や石油天然ガス・金属資源機構(JOGMEC)などが所有する調査船・研究船を用いた航海を実施しています。広域的・局地的スケールの組成・分布量の変動、顕微鏡スケールまでの変動のパターンを



把握します。船上調査では、特殊な装備、新たな探査機器の開発など、先進技術が必要です。

## 6.2 有用金属元素の濃集プロセス解明

鉄・マンガン酸化物の強い吸着能力はよく知られていますが、水圏での両元素の挙動、元素濃縮の選択性、濃縮の鉱物化学的プロセス、元素の鉱物・化学形態、超低濃度の海水中での金属酸化あるいは濃縮促進メカニズムの詳細は不明で、実験的・理論的裏付けも不十分です。放射光などを用いたナノスケールの元素状態分析、レーザーアブレーション等による高感度・微小領域分析などが求められています。



## 6.3 古海洋環境の記録

重金属酸化物の中でも、露岩域を層状に成長するマンガクラストは他に類を見ない変わった堆積岩です。クラストは非常にゆっくりと連続的に成長し、北西太平洋では少なくとも古第三紀から現世まで、海洋の広い水深帯において生成中と予想されています。海水を起源とする(hydrogenetic)クラストは百万年に10mm以下の極めて小さい速度で沈積するため、「一片のマンガン酸化物から数百万年間の環境変動記録復元」という斬新な着想が実現するかも知れません。過去には、年代測定法への疑問、普遍的分布の未確認、生成モデルの欠如等によって、研究が低迷した時期があります。筆者らは、Be同位体年代の検証(Usui et al., 2007)、微化石による複合年代推定、残留磁化反転の発見(Joshima and Usui, 1999)、超伝導磁気センサーによる磁気縞模様年代決定(Oda, Usui et al., 2011)などを踏まえて、マンガクラストを海洋コアとして見直すことを提案し、その環境記録体としての検証を始めました。海洋環境変遷やイベントと、クラスト内部の組成・組織の微小スケール変動との対比を目指して、「マンガクラスト微細層序学」を提唱しました。組成・構造の微細変化を環境変化のプロキシと位置付け、内部に認められる記録された長レンジ・低解像度の古海洋環境およびイベント記録の解析と復元を目指します。

## 6.4 マンガン鉱床形成と地球史・海洋変遷史

地球表層環境において、マンガンは、酸化・還元環境に強く影響をうけるため、最も移動しやすい重金属元素の1つです。例えば、地球史の中で、縞状鉄鉱層が生成した原生代と同じかそれ以降の時期に、大陸周辺に堆積起源の巨大層状マンガン鉱床(南ア、インド等)が形成されています。我が国の古生代〜中生代の付加体にも小規模の層状マンガン鉱床が広く見られますが、これらの生成には緑色岩にともなう熱水活動が大きな役割を果たしていると言われます。一方で新生代の海洋底は酸化物であるマンガクラスト・団塊が海底を一面に覆っていて、特別に酸化的な環境と考えられます。四国中部



に広く分布する小規模の鉄・マンガン鉱床の起源を考察するには海底マンガン鉱床の形成プロセスも重要な手がかりになるかも知れません。

## 7) 今後の研究体制

最後に、2012年現在の研究体制を紹介します。高知大学の臼井研究室では、以下のような枠組みで海底鉱物資源の研究を実施中です。そしてこの研究は、学部生から卒論生、修士課程の院生3名、博士課程院生2名（2012. 11. 1現在）の若い学生達に支えられています。

- 高知大学：学内研究拠点プロジェクト「掘削コア科学による地球環境システム変動研究拠点」（リーダー池原実）海底資源研究グループ 2010－2014
- 共同研究：科学研究費助成事業（基盤研究C）「現世および新生代海洋におけるマンガングラストの形成環境」（代表者臼井朗） 2011－2013
- 海洋研究開発機構「海底資源研究プロジェクト」資源成因研究グループ（リーダー鈴木勝彦）との共同研究 2011－
- ほかに産業技術総合研究所（地質情報研究部門）や石油天然ガス・金属資源機構（JOGEMEC）との研究協力、海外では韓国地球科学資源研究院、米国地質調査所、ニュージーランド核科学研究所などとも協力関係を持っています。



## 8) 最近の実施した研究航海

- －2012年3月（7日間）淡青丸：マンガングラスト生成の時空変動と海洋環境／ドレッジ
- －2012年3月（17日間）なつしま：マンガングラストの音響センサーマッピングツール
- －2012年 月（14日間）なつしま：マンガングラストの組成変動と生成環境。

「遠隔探査機HyperDolphin3K」

- －2012年12月（8日間）なつしま：マンガングラストから読む海洋環境

「遠隔探査機HyperDolphin4. 5K」

- －2013年3月（7日間）低温熱水活動に伴うマンガン酸化物の沈着実験。

「遠隔探査機HyperDolphin3K」



以上の研究活動は高知大学理学部の多くの大学院生や卒論生にも支えられています。2012年5月現在、地球コースでは、博士課程2名、修士課程4名、卒業研究生3名が海底鉱物資源の研究を実施しています。さらに多くの方々が海底マンガン鉱床に興味を持ってくれることを期待します。

## ＜南極物語その2＞・・・・・・・・・・・・・・・・森岡 美和

しばらく間が開いてしまったのですが、南極物語の続きを小出しでご披露できればと思います。なお、前号の昭和基地位置が、地図の印刷時に若干ずれてしまっていましたことをお詫びいたします。リュッツォ・ホルム湾は、戦後、他国が着岸不能な地域だったことから日本がチャンスを得た唯一の場所でした。各



東オングル島昭和基地の手前に「しらせ」着岸中：ヘリより撮影

国の基地がひしめき合う気候の穏やかな南極半島付近と違って、現在でも渡航に苦労が絶えません。昭和基地が大陸沿岸にないのもそのためです。

実際「着岸」といっても、昭和基地のある東オングル島の港に船を着けるなんてことは長い南極観測隊の歴史でもほとんどありません。私たち52次隊は、昭和基地に近い場所で、空輸と海上輸送が可能な氷海上の場所に着岸することができ、そこを拠点に越冬隊が必要な物資を氷上輸送したり、研究に出かけたり行動することができましたが、53次隊は着岸することができませんでした。空輸も自衛隊のヘリが一機だったので、相当苦労があったようです。今年はどうなるのか心配をしています。南極半島辺りで温暖化の報告がなされている一方で、昭和基地付近は気候変化がなく、寧ろ氷が広がり、ペンギンたちは子育てに苦労しているようです。夏に氷が溶けてくれないと、アデリーペンギンたちは、海から陸へ上がるために厚い氷の上を歩かなくてははいけないからです。私がペンギンのルッカリー（営巣地）を訪れたときも、置き去られた卵が多く見られました。

ここで少しペンギンの話をしましょう。南極大陸に営巣地を持つペンギンは、アデリーペンギンとコウテイペンギンの2種類です。コウテイペンギンは大型の美しい姿をしており、首のところの黄色の模様が特徴です。ロッテのガムの包装でおなじみのあれです。雄の我慢強い抱卵により、大陸内部で子育てをすることが知られていますが、営巣は冬で極寒に耐えねばなりません。とにかくその我慢強さはヒトには真似ようもありません。食べずに何十日もいられること自体が驚異です。夏には海で泳いだり、流氷の上に乗って休んだり、数羽の群れでドボガン（腹を付けて滑るように移動すること）をし





ているのを見かけたりしました。時には昭和基地に遊びに来ることもあるようです。それに対して、アデリーペンギンは、成鳥でも40～50cm位の小さな個体で、白と黒のツートンカラーです。行く前は、とにかくペンギンは可愛いイメージを持っていたのですが、どっこい実際にカメラを向けてみると意外に目が鋭い、やくざな顔（人相ならぬペンギン相が非常によろしくない）のアデリーが多いんです。ちょっとがっかりでしたねえ。あの、日本で見慣れたペンギンのイメージは一体何だったのだろうと思わずにはいられませんでした。写

真は出来るだけ器量のいいヤツを撮ったつもりですが、如何でしょう。また、鳥はだいたい雛のほうが大きいのですが、アデリーペンギンも同じく雛が成長すると親鳥が小さく見えるようになり、この頃になるとクレイシーと呼ばれる雛だけの集団生活に入り、やがて成長して海へ戻っていくのです。雛はふわふわのグレー一色です。この頃の羽毛は柔らかく、雨などの水に濡れると命を落としてしまいます。もちろん泳げるような代物ではありません。一方生え替わるツートンカラーの羽毛は硬くて茹でる前のスパゲティのような感触だそうです。北海道の酒井先生はペンギンチームに同行してペンギンを捕まえる仕事を手伝ったので、その感触をこのように表現して下さいました。



また、ペンギンチームではペンギンが何を食べて生きているか、また、どのように生活しているか調査します。皆さんもご存じのようにペンギンの頭にカメラを取り付けてそれを回収して分析するという方法です。これが開発されてから随分研究成果が上がったと聞きました。左の写真は、ペンギンの胃袋から吐き出されたもので、オキアミが沢山映っています。食べるものがこれなら、当然

出るモノも同じ。ペンギンの巣の周りは赤い糞が放射状に広がっています。南極は非常に乾燥が強く風が強いのが特徴です。営巣地の糞の臭いが気になるという方もいらっしゃいましたが、私はさほど気になりませんでした。もし、南極の気温が高ければ、そして高知のように湿潤であれば、これは我慢ならない悪臭を放つことでしょう。

とにかく、そういった意味で、南極はうんざりするほど清潔な土地なのでした。ちなみに私は倉庫に転がっていた3年も前の餡パンを食べるという暴挙に出ましたが、これも何のことなくクリアしてしまいました。お味も今年持って行った餡パンと少しも変わらないものでしたし、こんなに食物が腐らない



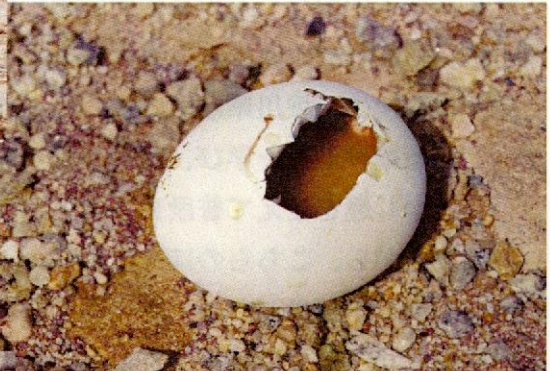


ので、冷蔵庫より優秀な大陸のかけらを南国高知に持ち帰りたいと思ったくらいです。医療にはもってこいの清潔さは、雑菌にとっては住みにくいもの。ひいては生き物全て



水くぐり（昭和基地から近い）のアデリーペンギンルッカリー（営巣地）の様子です。手前のペンギンの足下近くに放置された卵が見られます。これらの多くは、オオトウ

にとっても同じく厳しいもの。そういった環境に適応して進化していったペンギンたちであろうけれども、その厳しい環境の中で、どうにもならないことも多いと思います。左は大陸縁辺の



ゾクカモメ（左の写真）の餌になってしまいます。このカモメはルッカリーのすぐ側に居を構えて子育てをします。まるで、生け簀を広い庭に持って生活しているようなもので、とても便利です。逆にペンギンはしょっちゅうこの泥棒カモメに目を光らせておく必要があるのです。気の休まる間もないでしょうね。通常アデリーペンギンの卵は

二個ずつなのに、雛が一羽だけのことも多くありました。ところが、散々している死骸は分解者がいないにもかかわらず意外と少ないのです。思うに、南極の自然の営みには無駄がなく、均衡もとれているということなのでしょう。豊かな海洋資源の上に成り立つ生態系の頂点の方だけが氷の上に見えていたのです。



海氷上を集団移動するペンギン（隊員たちは「遠足」と呼んでいる）

（次号へつづく）



## H23年度地学巡検（高知地学研究会・高教研理科部会共催）報告

高知南高等学校 竹島洋文

高知小津高等学校 森岡美和

なんと高知地学研究会にとって30回目となる記念すべき今年度の巡検は、2011年10月15日(土)・16日(日)に香川県の瀬戸内地方（香川県高松市、東かがわ市・さぬき市周辺）を中心に総勢15名で実施しました。案内者は、声高くいつも態度は真剣、解説はユーモアたっぷり！でおなじみの高知大学理学部 吉倉紳一教授にお願いいたしました。この報告掲載の写真も吉倉先生に提供頂いたものが多くあります。

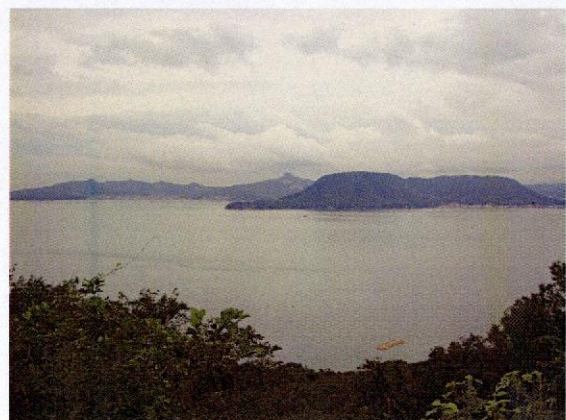
今回の巡検は、香川県瀬戸内地方の火成岩類及び堆積岩の地質・地形の観察にはじまり、この地域の地史を学び、現地の様々な文化・芸術の知見を深める。という目的で、いつもと少し趣を変えて普段見ることができない、岩石の造形芸術鑑賞なども行いました。残念ながら、こちらのほうは、高い入場料の割に芸術性が解りにくいなどと参加者に大変不評でありましたが、香川県の誇るイサム・ノグチも見ないでは語れませんから良い経験になったのではないのでしょうか。では、順を追って、見学場所のご報告をさせていただきます。

### 【車中で】

まずは、高知大学を7:00に出発いたしまして、お馴染みになりました黒岩観光の高橋さん運転の観光バスは一路、高松港へと向かいました。車中では、自己紹介に始まり、楽しくおしゃべりに沸きながらの学習タイム、香川に入ってから、地形の面白さにメンバーの熱心な質問が続き、吉倉先生の非常に解りやすい解説にメサやビュートなどの用語もしっかりと頭に入りました。ちなみに、讃岐富士に代表される讃岐平野の見目美しき山々は、あれ自体が火山であったわけではなく、かつて1400万年ほど前に讃岐平野一帯が火山地帯であり、あちこちから噴出した溶岩が、もともとあった傾家花崗岩の上を覆って低地を埋めた後、長い年月の風化浸食により、次第に台形型になり、さらにそれが進むと、円錐形になったものです。後で説明する偽ランプロファイアは、この噴火を証明するもので、花崗岩層の中には地下から吹き上げた玄武岩の岩脈が見られるわけです。



展望台からビュート（円錐形残丘）が間近！



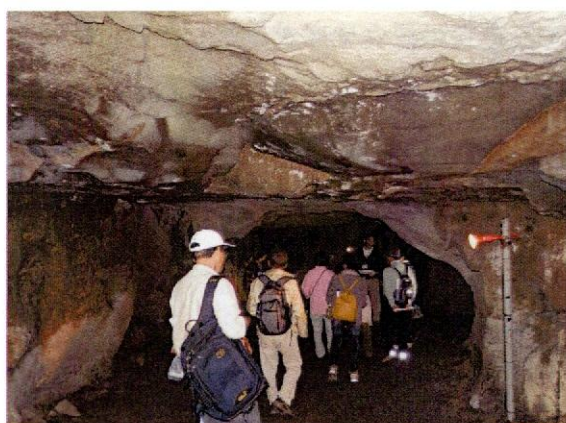
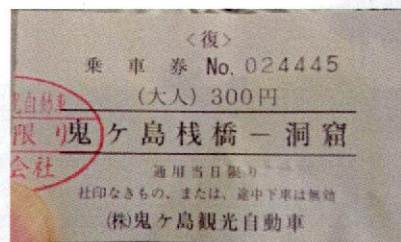
遠方にメサ（卓状溶岩台地）の島が見える



さて、高松港発のフェリー乗り場では可愛い添乗員さんが、切符を配ってくれて、10時ちょうどに出港、約20分で女木島に到着しました。

### 【女木島】

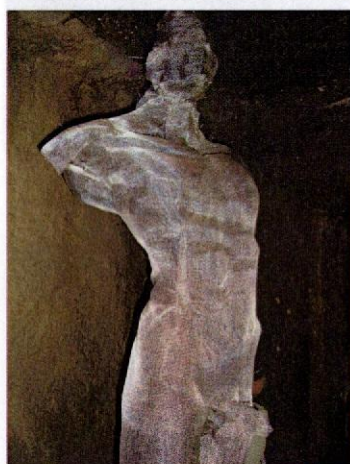
行きはバスを利用して山頂（標高；187.2m）にある鬼ヶ島大洞窟へ直行し、入道口へ。一向に遅れがちに鬼が怖いと愚図っていた女の子も売店で吉備団子を食べ、おもちゃのダイヤモンドを見ると俄然やる気に…！おもしろいジョークをとばすガイドさんについて洞窟へと入って行きました。真っ暗な洞内には期待通り多くの鬼たちが・・・いるにはいたのですが、どれも愛嬌があり、人身御供の女性のコーナーが一番気味悪かったかな。それより昨年度の瀬戸内国際芸術祭の出品作が暗い中ふわっと浮かんでいたのには驚きましたね。これは意外！落ち着いたと幻想的な雰囲気の中で見る事ができました。大洞窟は、歴史的に海賊たちが関係していたとかいなかったとか、色々言い伝えもあるようですが、人の手により凝灰岩層を掘削したもので、歴史的には貝塚などもあり縄文時代くらいからの非常に古いものであるようです。掘削は昭和まで続いていたようです。



洞窟は凝灰岩層で採石跡と思われる

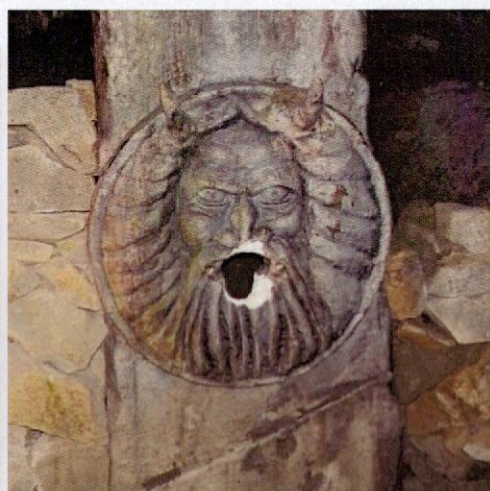


桃太郎伝説でこの島もしっかり儲けを頂戴



仏女性作家の針金作品

右女性像は壁に映る影



何でこんなものが？ 口に手を入れても大丈夫？





洞窟を出てきたところで、その上部にある立派な玄武岩の柱状節理を見ることができました。今から500万年前の火山噴火によって出来たもの

で、五角や六角の柱状節理が見事でした。この風化した石材を山道の石段に上手に利用しているところも多く見られました。

さて、余談ですが、ここから展望台へ向かう道すがらT氏が誤って大きなカタツムリを踏みつぶしてしまいました。この大きな過ちのために彼はこの巡検が終わった後々まで「カタツムリのオンちゃん」と呼ばれることになりました。

売店の展望台でお弁当を食べ、あるいはきびだんごをいただき、帰りは、港まで老いも若きも歩く歩く……。もちろん途中熱心に屋島や五色台の浸食地形を確認したり、植物の観察をしたりしながら下山しました。



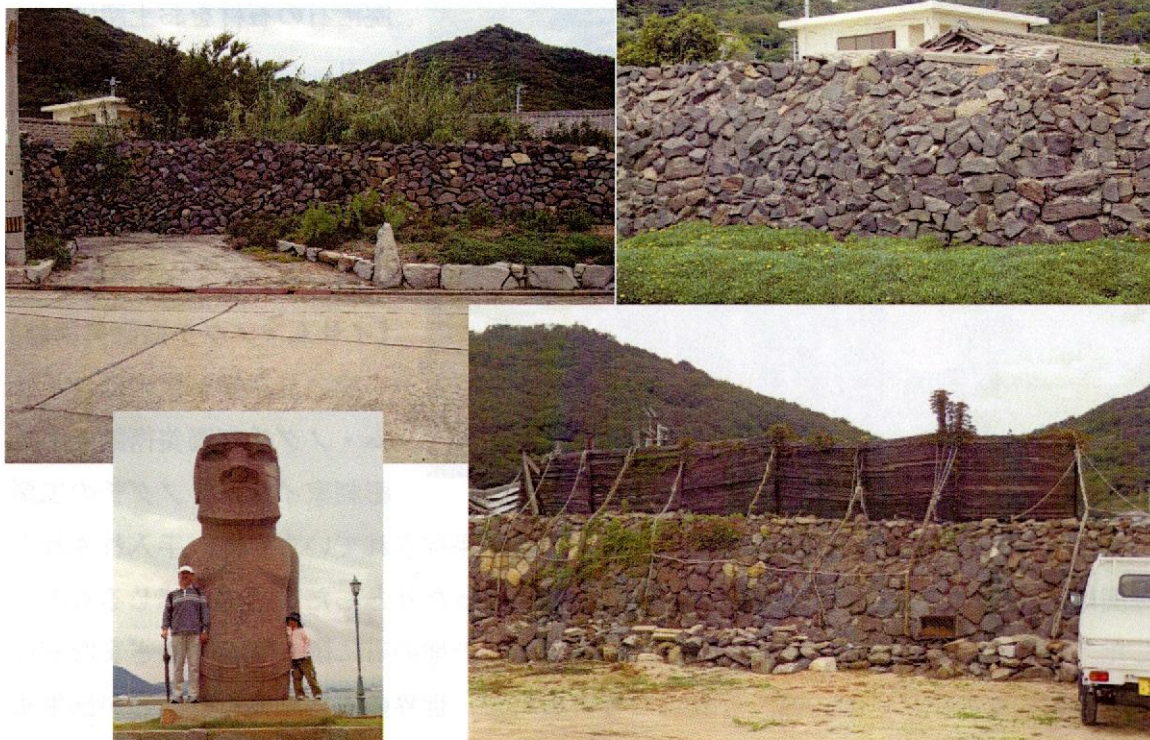
展望台で記念撮影

展望台からのパノラマ写真↓





平野部まで降りると、人家が集まりその家の周りには潮風や砂を防ぐための石垣（オーテ）が作られているのが特徴的でした。



港でモアイ像（イースター島へ輸出されたもの）を見て、無事に予定通りの13:20発のフェリーに乗って高松港へと帰ってきました。そして次に向かったのは、屋島です。

#### 【石材工場見学】

おじゃましたのはNNストーンという石材工場。ここで見学させていただいたのは、主に、庵治石等石材の処理過程です。ダイヤモンドがすり減って購入費も大変という大きなカッターが印象的でした。



庵治石は、石英・長石・雲母からなる細粒の花こう岩で、結晶の粒子が小さいため、結晶の膨張・収縮率、水の浸透率が極めて低く風化に強いという特徴があります。そして、「斑（ふ）」と呼ばれるまだら模様が存在し、眺めてみると岩石の表面が立体的に浮かび上がってくるような姿を見せます。どうしても高価になるのは、産出される岩石の数



%しか製品にならないためだそうです。きれいに磨かれた石材の表面に現れる鉱物の様



子を観察し、貴重な研磨前の庵治石の石材をお土産にニコニコ、バスもあつという間に過積載!?でした。

帰高後、庵治石は各家の庭石や花器台になっているとかいないとか・・・。

#### 【イサム・ノグチ庭園美術館】

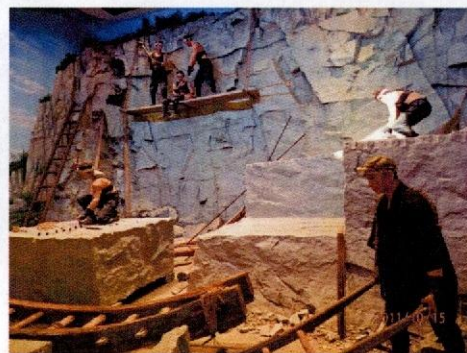
続いて見学したのは、イサム・ノグチ庭園美術館です。

彫刻家イサム・ノグチの工房

あとに作った美術館で、彼の作った作品や住居跡が保存されていました。手入れされた庭園は、立体的に美しく作品が配置されており、ゆったりとした安定感を感じるものでした。イサム・ノグチは、この庵治石の産地で、この地の石に限らず、さまざまな石を加工し彼の庭の中に「石の街」を表現しているので、世界の石材を楽しむことが出来ました。無造作に転がっている石材の中に教材が隠されているので、見逃さないように、例えば花崗岩中に塩基性のゼノリスがはいっていたりすれば、どのように固結していったのか知ることが出来ます。ここでは、写真撮影全面禁止でしたので、残念ながら庭や石の作品の様子を写真ではお伝えできませんが、あの硬い石を自在に切り、磨く技術だけでも大したものですよ。しかしどうもウチの団体は、地質に明るいが、芸術は理解できない人が多いらしい・・・、首をかしげながら「わからんねえ～」を連発。ちなみに、彼の作品はその1つひとつにある彼のサインで完成作品ということがわかるのですが、果たしてどれが完成でどれが未完成なのか、さっぱりわからず、芸術にどっぷり浸って疲れ切った一行は、この日最後の高松市石の民俗資料館へと向かいました。

#### 【高松市石の民族資料館】

館の庭も多くの石材モニュメントがありましたが、館内には火成岩が分布するこの地域で、人びとが古代から石を活用してきた様子を展示していました。古くから信仰の対象として扱われたり、建築物の材料として使われたりしてきましたが、現在でも芸術・産業・技術などさまざまな分野で石と人は深く関わっていることが分かりました。石切り風景や石引き風景なども蝋人形を作って展示しており、当時の採石の様子がよく再現



されていました。イサム・ノグチ庭園よりずっと分かり易いと一同一致の見解でした。





モニュメントを押し倒し、怪力を魅  
せつけるお茶目な吉倉氏

翌日もお天気に恵まれ、出発前に早々大串半島自主巡検をした熱心な方々もおいでま

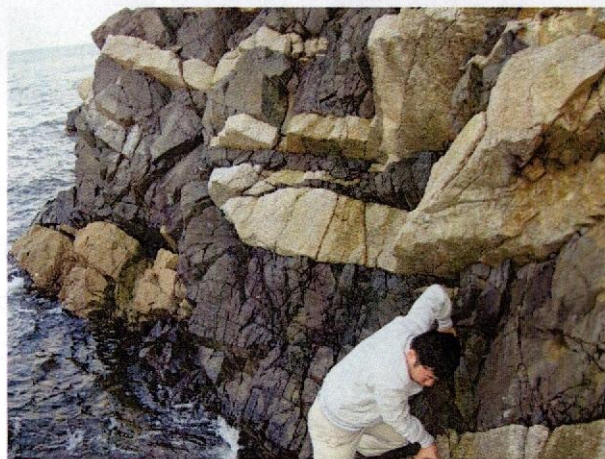
宿泊は翌日の巡検地に近い「グリーンヒル大串」に取り  
ました。今回、何といつも忘れてしまう「頂きます」前の  
写真が撮れましたので載せています。



した。宿泊地付近は8700万年前の志度花崗岩です。バスで宿舎を出ると昨日と一変、  
青く美しい瀬戸内海と大串半島を見ながら鹿浦越（かぶらごし）に向かいました。ワイ  
ナリーに行けなかったのは残念でしたが、もう一度ゆっくりと訪問したいですね。と  
にかく、皆さんに絶賛いただいたのんびりといい景色の宿泊地でした。

#### 【大串半島・鹿浦越】

香川県東かがわ市白鳥町に国指定天然  
記念物として「鹿浦越（かぶらごし）の  
ランプロファイヤー岩脈」が知られてい  
ます。しかし、これは、実際にはランプ  
ロファイヤーではなく、粗粒玄武岩に分  
類されるようです。9300万年ほど前の花  
崗岩（白色）の裂隙に粗粒玄武岩（黒色）が  
進入したもので、コントラストのある白  
黒の美しい脈が見られます。この火成活  
動の証拠は、看板のある付近に限らず、半島の近辺に見られました。白鳥一引田岩脈群  
と呼びます。

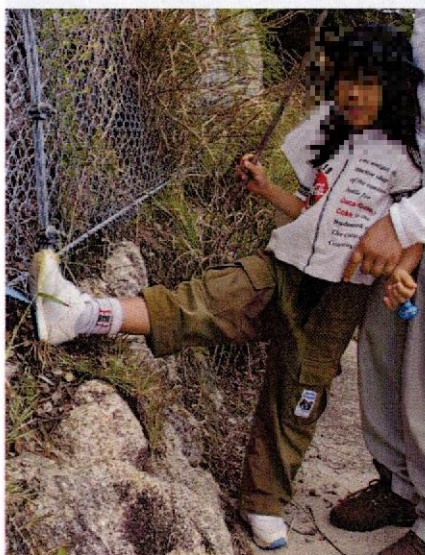
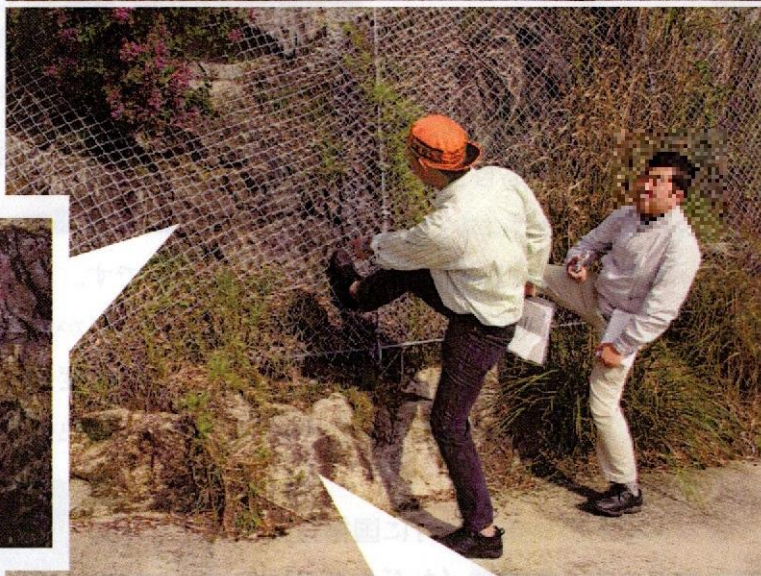
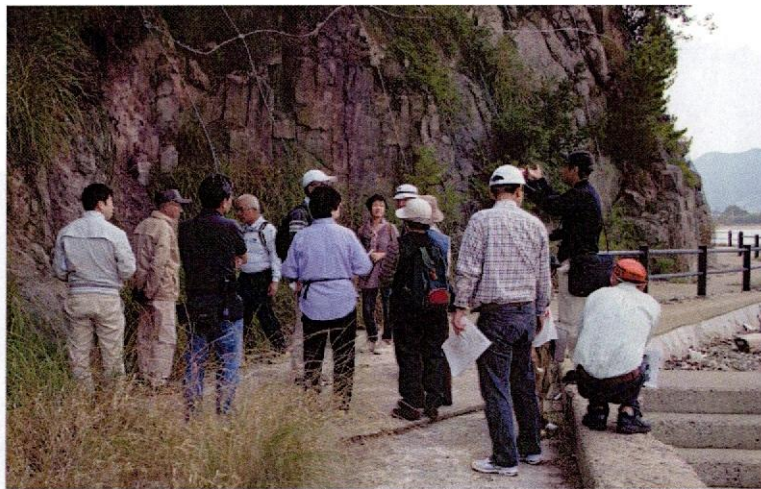


ここでの学習は、白亜紀の終わり頃（約6700万年前）、4回のステージで起こった貫入  
についてでしたが、吉倉氏曰く「皆さん、これはヤクザの世界と同じです。解りますか  
ねえ。何を言うておりますかという、・・・」といつも快活な駄洒落を飛ばしながら  
巡検参加者を引きつけてしまう熱弁。ちょいとまとめると、こうした岩脈の「切った  
切られた」の関係から地史が明確化する、ということ。岩脈の方向を観察することによ  
って当時のプレートにかかった力の方向も推察できるそうです。しかし、ヤクザと岩石



の大きな違いは、切った切られたで関係性がよりドロドロしていくのがヤクザ、反対に地質はすっきり、いつも切られた方が古く、切った方が新しいのです。ここでは白い花崗岩が先にあったところへ黒い苦鉄質岩が貫入してきたことが解ります。

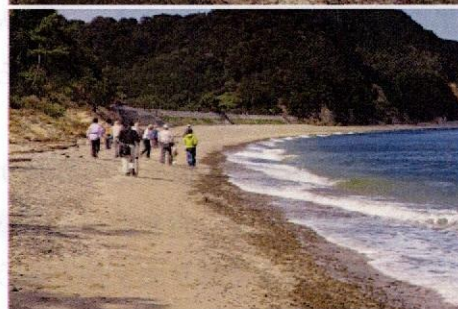
また、これらの火成岩とさらに上部の火成岩類である讃岐層群との不整合面も観察することがで



きました。

その岩石の年代差から、右下の写真は6,000万年を股に掛けるおんちゃんたち、もとい青年たちということになるでしょうか。

でもやはり、時をかける少女よりロマンがなさそう…。



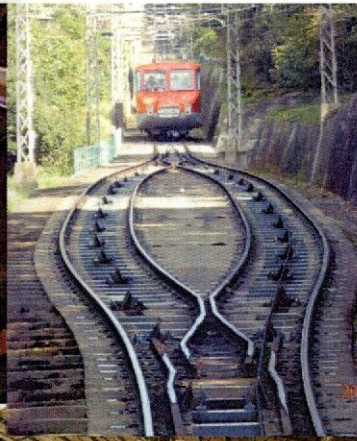
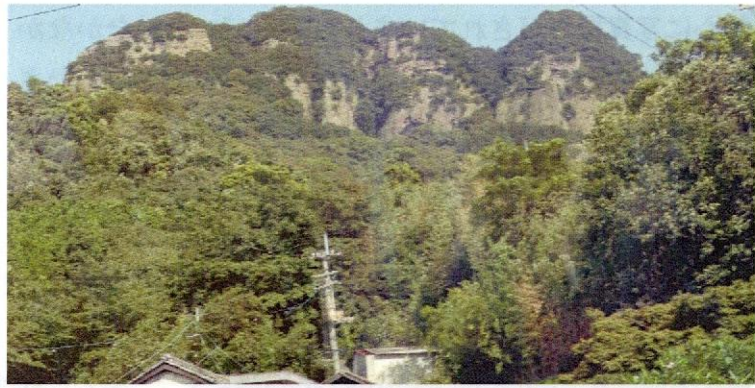
それではこちらでどうだ！小1娘。やや、足が短かったようですが、まあ良しとしますか？小さい子は訳がわからなくても、大人のやることはちゃんと見ていて真似をしたがるものですね。



それから、かなり海岸沿いを歩いて白鳥一引田岩脈群および植物群その他なんでも見るものは流木でも何でも観察した後、バスで五剣山へと移動しました。

### 【五剣山】

さあて、五剣山が見えてきた頃にはお腹もすいてきて登山前に讃岐名物「うどん」をいただくことに。そして、時間を惜しんでうどんをかき込みすっかり満腹の一行は、ケーブルカー乗り場へと。八栗寺往復のケーブルカーは二色。山の中腹ですれ違います。（我々は緑で登り）吊り下げ式ではなく、レール付きなので驚きました。結構急峻だった気がするのですが・・・、でも乗り心地は良く、ちょっとレトロでいい感じでした。



四国第八十五番霊場五剣山八栗寺に到着。ここから、遠景で凝灰岩・火山角礫岩が層状になっている様子がよくわかります。下の写真で新しい方（上）から水平に近い形で堆積している第四期堆積物。その下に酸性凝灰岩・讃岐岩類の堆積物層（讃岐層群）が見えます。

境内の中では、凝灰岩の堆積構造が良く分かる露頭があり、火山豆石の観察ができました。これは、火山灰中に小豆大の球状に固まった部分があるものですが、噴火によって火山灰が高く舞い上がり、粒子が水滴に表面張力で凝集してできるものや、すでに堆積した火山灰の上に雨滴などが落ち、それが斜面を転がってできるものなどがあると考えられています。ここでも





熱心に写真撮影がされていましたが、ピントがなかなか合わなくていい写真が載せられなかったのでごめんなさい。皆さんの思い出フォトを眺めてみて下さい。上手く撮れていたら、一粒（直径約1 cm）の中の同心円構造ま



で見られたかもしれません。



さて、お寺で一服したらすぐに歩いて下山だったのですが、どうしても忘れられないトリオ写真を載せます。彼女たちの視線の先は何だと思いませんか？お寺の屋根の遙か上、五剣山の露頭。お茶を飲みながらも

会話はお堅い地層のことなど。毎度敬服の学習の熱心さのあふれる姿です。

一方、一部の若い者たちは、下山途中にあった饅頭屋にひきつけられ、よもぎまんじゅうを買って求めましたが、これがなかなかの一品。おばちゃんの拵えてくれた温もりある食文化も堪能いたしました。

再びバスで金山に移動。道が解らなくてちょっとうろうろしてしまいましたが、すぐに迎えが来て下さり、歩いて登った組と車組と山の上で落ち合いました。



## 【金山】

おじゃましましたのは、金山「警

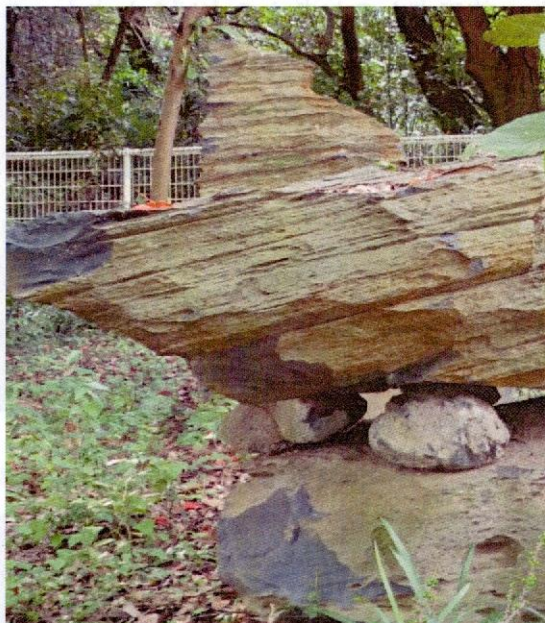


（けい）の里」。美男管理者の前田さんに案内をして頂きました。この方は、サヌカイトの楽器創作者で演奏家でもあられた前田仁氏の息子さんで、お父さんの研究所跡を保存し、公開したり、楽器演奏会の場所提供をしたりしていらっしゃいます。非常に献身的な考えをお持ちの方で、何も知らない私たちに無償で丁寧に



説明をして下さいました。

まずは、地滑りによって滑り落ちたかんかん石（サヌカイト）の岩塊や岩屑の観察からです。近辺では、石器として利用された遺跡も残されており、この辺りのサヌカイトが日本各地へ石器として輸出されていたらしいことも解っています。近くの小学生が原始時代の学習に良く来ているとのこと。生きた学習が出来て素晴らしいことです。我々も童心に返ってトンチンカンカン…自分の耳にいい音の出る石の組み合わせでお土産を頂きました。また、サヌカイトと一口に言っても産地によって違いがあり、岩石鉱物の粒子の密度など



から音質にも違いがあり、屋島の「カンカン石」に対し、金山は少し高音で「チンチン石」と呼ばれるそう。言われてみれば確かにそのように聞こえました。

また、このダケ山の側には小さな祠と池があり、ちょっと寂しい雰囲気があったのですが、聞けば流された崇徳天皇の崩御あそばされたところであり、都よりの沙汰を待つ間、その死体を池に浸けておいたという話でした。瀬戸内から四国山間にいたり源平の悲話とともにあちこちにこういった歴史が刻まれているのですね。



さて、前田氏の『けいの里』では、サヌカイトの楽器などを作り音の研究を進めたことや、地域の活性化につながるさまざまな活動の内容が紹介されていました。ここで

は、幻想的な音を出すサヌカイトの楽器の一つひとつに触れ、音を楽しむことができました。それにしても美しい楽器の装飾と音色には溜息が出ましたね。でもやっぱり理科教育は「触って確かめる」が基本ですね。貴重な楽器に触れて一同楽しみまし





た。前田さんのお考えのすばらしさと  
ご好意にお礼を言いたいと思います。

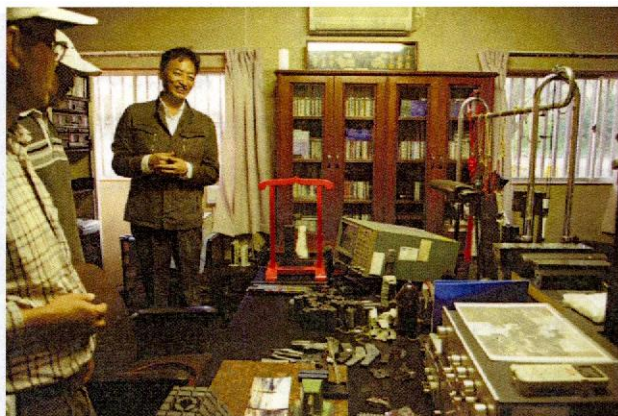
「けいの里」の入り口にあった大き  
な鐘の前で一同記念撮影いたしました。  
この場をお借りして参加者名を載せさ  
せて頂きます。(敬称略)

上段左より木伏克実・森岡良気・森岡美和

二段目 廣瀬敏行・竹島洋文・山本豊美

・川添俊一・筒井庸輔・岡村恵子・森岡潤

同じく三段目 岡崎美智子・内村満紀・佐藤慎二・吉倉紳一・山本孝信



#### 【帰路車中で】

金山を下りて再びバスに乗るといよいよ旅は終わりに近づきました。本年度は、瀬戸  
内地方の火成岩・火山砕屑岩をテーマに実  
施しました。高知県には見られないもので  
あり、火成岩、堆積岩の基本的な学習とと  
もに、それらがどのようにしてできたのか、  
1400万年前の火成活動について専門的な  
ことも学ぶことができ、有意義な二日間で  
した。





最後に車中で皆さんに頂いた感想を載せておきます。筆記が遅くて全部書ききれなかったことをお許し下さい。それから車窓から見た彩雲も載せておきます。

#### 【参加者感想】

\*バス・船・歩きと楽しい旅でした。

\*岩脈はどれが切ったか切られたが大切に・・・地学がヤクザの世界とは！

\*イサム・ノグチの作品でない石を作品と尝试てみていました。

\*サヌカイトを生徒へのお土産にします。

\*素晴らしい巡検だったと思います。カタツムリを踏んでしまったのが唯一の汚点でした。

\*参加してきて地学の楽しさが解るようになりました。

\*らくちゃんのお陰で笑いもあり楽しい旅でした。小さいバスガイドさんありがとう。

\*讃岐富士の成因が解って勉強になりました。

\*褶曲構造は、圧力がかかったにもかかわらず地層がバラバラにならずに出来たということを知り、ゆっくりと時間をかければ岩も曲がると感心、人間も一緒。

\*男性にとっても優しくしてもらいました。崖を登ったときも助けてくださりありがとう。

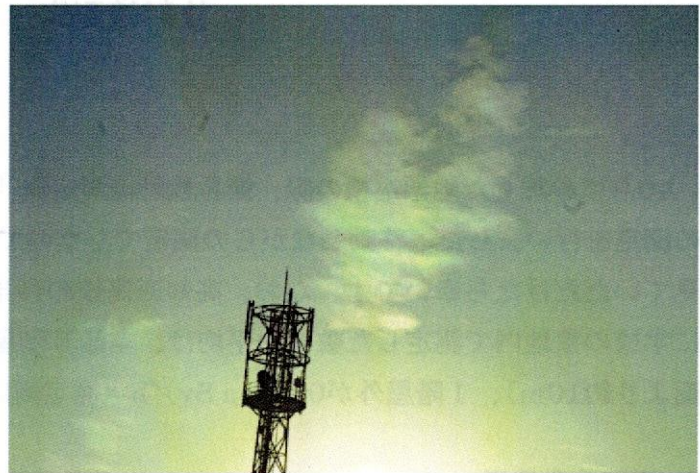
\*楽しい冒険がいっぱいでした。

\*イサム・ノグチの作品に触っちゃいかんというのは、我々の研究会には無理でしたね。

熱心に質問をして下さって案内役も解説し甲斐がありました。

\*宿泊所の景色が最高でした。布団も暖かくてよく眠れました。

\*巡検はとっても実りあるものになりました。準備等実行委員さんお世話様でした。

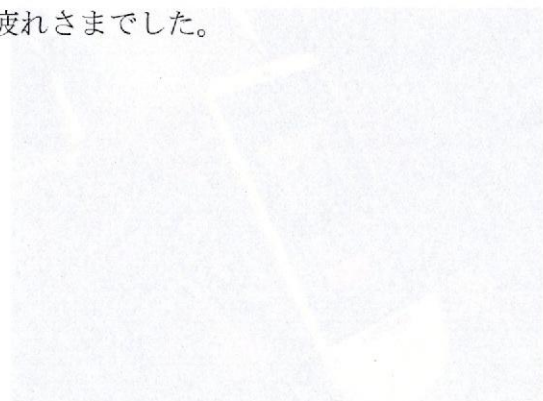


セトウチマイマイ

皆さん、本当に楽しかったですね。

そしてありがとうございました。

お疲れさまでした。





## 放射線測定

高知西高等学校 木伏 克実

10月に参加した地学巡検の際、簡易放射線測定器「はかるくん」を用いて、放射線量の測定を行いました。移動しながらの測定でしたので、測定結果は大まかな傾向として見ていただけたら幸いです。なお、高知西高校の科学部が、2011年5月～7月の期間に学校の敷地内で測定した数値の平均は、本館3階屋外で $0.037 \mu\text{Sv/h}$ （測定高は地面より約10m）、1階屋外が $0.038 \mu\text{Sv/h}$ （測定高は地面レベル）でした。

### 1. 高知自動車道

バスの後方中央座席に置いた状態で、その数値の変動を測定しました。高知県内のトンネル内外では $0.025 \sim 0.030 \mu\text{Sv/h}$ ぐらいで推移しましたが、愛媛県境の笹ヶ峰トンネルから法皇トンネル内でその数値は上昇し、それまでのほぼ倍の $0.059 \mu\text{Sv/h}$ という値となりました。

これは8月に所用で県外に行く際に自家用車で測定した時も同じような傾向が見られ、当初その原因を、トンネル内に中央構造線が示されていることや香川県が庵治石（花崗岩）の産地であることから、トンネル内の岩体に花崗岩が多く存在して、そこから高い値の放射線が出ていると考えました。しかし、その後、本校の地学専門の教員に詳しく調べてもらったところ、花崗岩が多いのは中央構造線より北側に位置する領家帯であり、3つのトンネルが存在するのは三波川帯であること、地学雑誌に掲載されていた「基盤岩別統計」によると両帯の放射線量は領家帯が $46.6\text{nGy/h}$ 《 $0.03728 \mu\text{Sv/h} \times$ 》、三波川帯は $57.9\text{nGy/h}$ 《 $0.04632 \mu\text{Sv/h} \times$ 》であり、三波川帯の方が高いこと、等が分かりました。しかし、三波川帯は、玄武岩質の塩基性岩を主体とする変成岩が多く分布するとされており、そうするとカリウムの含有量が少なく、放射線量も少なくなるはずですが、調べた数値も、統計データもそれとは逆の結果を示しました。この原因の究明には至りませんでした。今後、愛媛県境の他のトンネルについての測定や岩石標本ごとの測定等を通して、継続してその理由を探っていきたいと考えています。



高知自動車道・高知県内



高知自動車道・笹ヶ峰トンネル内



## 2. 高松フェリーターミナル

フェリーターミナルに着き、バスから降りて測定された数値は $0.103\mu\text{Sv/h}$ （測定高は地面より約1m）で、2011年8月に東京の屋外で得られた数値と同じぐらいでした。その後、舗装に使われている岩石毎の違いを見るために測定したところ、中粒花崗岩で $0.070\mu\text{Sv/h}$ （測定は直置き）、細粒花崗岩で $0.118\mu\text{Sv/h}$ （測定は直置き）でした。「花崗岩からの放射線量が高い」ということは知識として知っていましたが、こんなに顕著に表れるとは思わなかったため、その数値の高さにびっくりしました。また、フェリーに乗船すると、数値はどんどんと下がり、出航時には $0.003\mu\text{Sv/h}$ （測定はフェリー内の窓際）となり、水の遮蔽力の凄さも体感しました。



高松フェリー乗り場にて



フェリー乗り場の敷石・中粒花崗岩



フェリー乗り場の敷石・細粒花崗岩



フェリー内にて

※Gy(グレイ)からSv(シーベルト)へ単位を換算した値です。グレイは、「もの」が単位面積あたりに放射線から受けるエネルギーの量を表す単位で、シーベルトは放射線が「人間」に当たったときにどのような影響があるかを評価するための単位です。換算値は、原子力安全委員会『環境放射線モニタリング指針』平成20年3月（平成22年4月一部改訂）を参考に換算したものです。

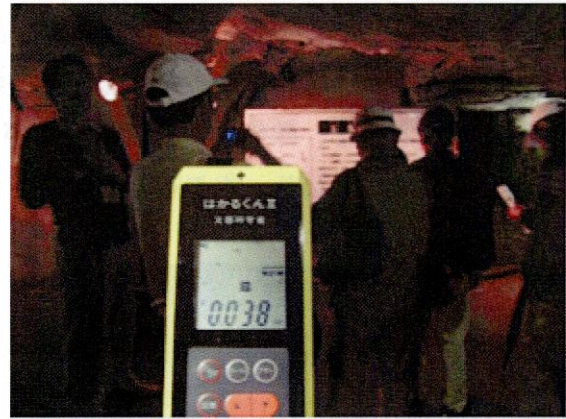


### 3. 女木島

フェリーで女木島に到着した際の数値は $0.044 \mu\text{Sv/h}$  (測定高は地面より約1 m)で高知とさほど差がない値でした。また、鬼ヶ島大洞窟内では $0.038 \mu\text{Sv/h}$  (測定高は地面より約1 m)で、こちらは外との数値と大きな違いは見られませんでした。



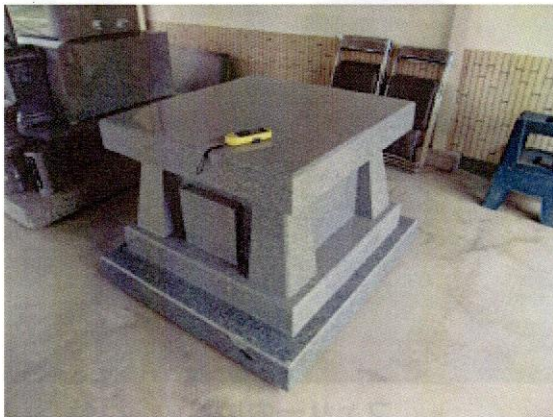
女木島フェリーターミナルにて



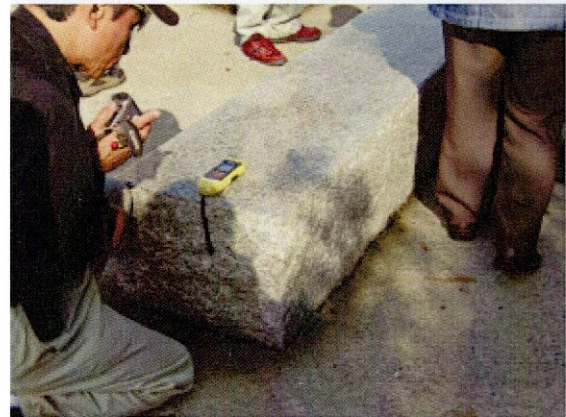
鬼ヶ島大洞窟内にて

### 4. 石材工場（株式会社エヌエヌストーン）

こちらでは、きれいに研磨された花崗岩と研磨前の屋外に放置された花崗岩を測定しました。それぞれ $0.110 \mu\text{Sv/h}$  (測定は直置き)、 $0.105 \mu\text{Sv/h}$  (測定は直置き)と花崗岩特有の放射線量の数値となりましたが、大きな違いはみられませんでした。



研磨された花崗岩での測定

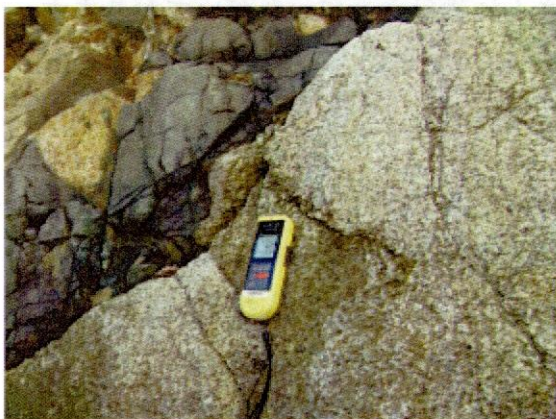
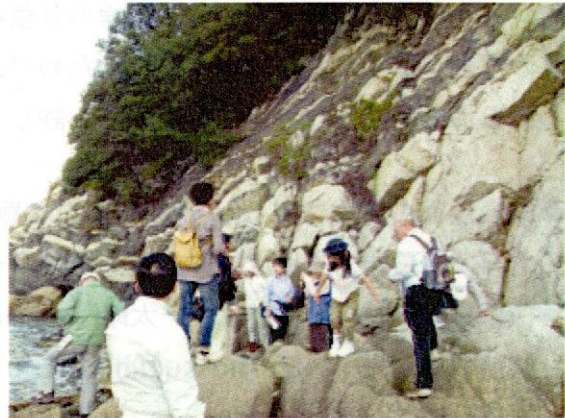


屋外に放置された花崗岩での測定

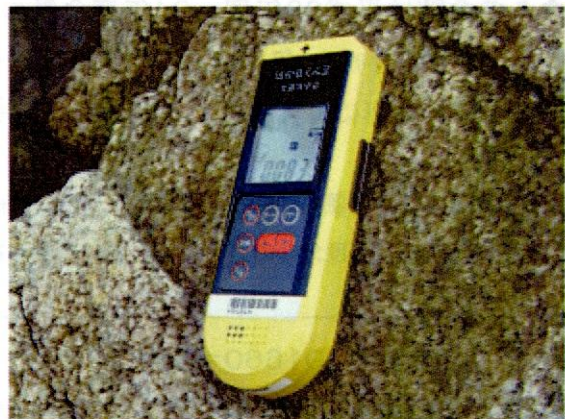


## 5. ランプロファイヤではない岩脈？

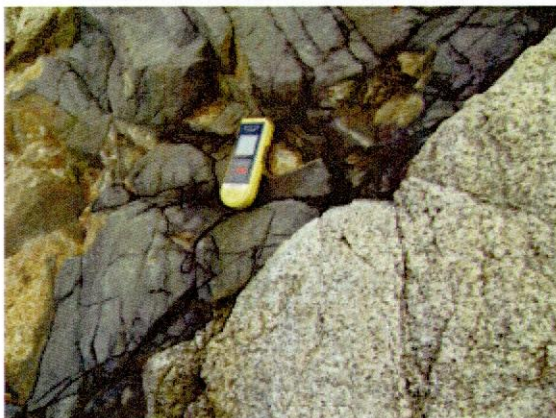
海岸沿いで見られた縞状岩石の白い部分の花崗岩で測定した数値は、 $0.084 \mu\text{Sv/h}$ ～ $0.091 \mu\text{Sv/h}$ （測定は直置き）、また、黒っぽい岩石の玄武岩では、 $0.034 \mu\text{Sv/h}$ （測定は直置き）となりました。隣り合わせて存在するのに、およそ3倍の違いがありました。



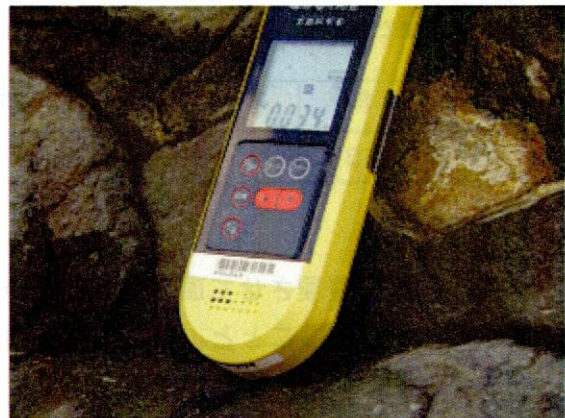
花崗岩での測定



花崗岩での測定結果



玄武岩での測定



玄武岩での測定結果



.....

長期にわたる入院生活と、頑張らない頑張れないの両方で実にゆるゆるとした生活を送っているのですが、その間、会員の皆様には随分とご心配をおかけいたしました。また、そのために会報発行がすっかりご無沙汰してしまいましたことをお詫び申し上げます。また、今年ももうすぐになった巡検(足摺・竜串12月1・2日)では、本会会報40号発行記念パーティをする予定です。巡検の日程が変更してしまったのは、当初の日程で講師等の都合がどうしても付かなかったためで、日程を空けて下さっていたのに、変更のために参加できなくなってしまった方お許し下さい。(モリオカ)

❖本会会員の皆さまに投稿のご協力をお願いします。本会の企画に参加なさった会員さんは、是非、学習成果やご感想をお寄せください。写真もありがたいです。原稿は“Microsoft Word”または“一太郎”でmailに添付ください。

❖この会誌は平成23年度・24年度会員の皆さんに送付させていただいております。ただいま、平成24年度会員の申し込みを受け付けています。入金がお済みでない方は同封の払込票にて会費をお振込みください。

☆会費納入方法：郵便局にて払込取扱票（青色）に必要事項をご記入の上、お振り込みください。通信欄に会員種別と何年度分なのかをご記入願います。家族会員の場合は全員のお名前をご記入ください。

|                    |                       |
|--------------------|-----------------------|
| 口座番号 01660-8-28804 | 加入者名 高知地学研究会          |
| 賛助会員一口5,000円       | 正会員2,000円 家族会員3,000円  |
| 大学生院生会員1,000円      | 中学高校生会員800円 小学生会員500円 |

なお、ATMでもお振り込みいただけます。この場合、家族会員の方はお名前を別途ご連絡ください。

| 賛助会員 | 正会員 | 家族会員 | 大学生院生会 | 小中高生会員 | 名誉会員 | 顧問 | 合計 |
|------|-----|------|--------|--------|------|----|----|
| 0    | 23  | 13   | 0      | 0      | 2    | 1  | 39 |

(2012年11月15日現在今年度の会費が振り込まれている人数)

一度Mail員を整理させて頂きたいと思います。古くなったアドレスにご連絡して送れなかったりすることと、新たにMail会員になられた方もいらっしゃると思いますので、同封いたしました葉書を返信下さい。よろしくお願いいたします。

発行：高知地学研究会

(南 寿宏・森岡美和)