

屋島のメサはどのようにしてできたのか？

香川大学工学部 長谷川修一

1. はじめに

フェリーが高松に近づくと屋根の形をした屋島が目に入ります。また、高松空港に降り立ち、高松平野に目を向ければ、遠くに屋島とおむすびの形をした小山があります。讃岐平野には、平野の中に台地状あるいは円錐状（おむすび山）の美しい小山が点在する我が国でもめずらしい景観が広がっています。これらは、屋島などの安山岩溶岩が侵食されてできた台地（メサ）と、飯野山（讃岐富士）等のマグマを供給した火道の火山岩が侵食に抵抗して残った火山岩頭に区分されます。ビュートと呼べる山は五色台の紅峰などごくわずかです。これらはともに約1300万年前～1500万年前の瀬戸内火山活動でできた溶岩等（瀬戸内火山岩類）が、8000万年前～9000万年前の領家花崗岩類中に貫入して、地上に噴出した後、1300万年以上の歳月をかけて侵食された残丘です。香川県における瀬戸内火山活動でできた瀬戸内火山岩類は讃岐層群と呼ばれています。

台地状の屋島や飯野山などの讃岐ミニ富士が美しく見えるのは、山頂部を構成する硬質の讃岐岩質安山岩が急斜面を形成し、山腹の風化した花崗岩が緩斜面となる寺勾配（お寺の屋根のような勾配）をしていること、また山腹斜面に谷が発達していないことによります。1000万年以上の歳月をかけて侵食されたにもかかわらず、活火山の富士山のように谷がほとんどないというのは不思議ではありませんか？まさに自然の造形美です。

本講演では、屋島と周辺の地形と地質を比較しながら、美しい屋島のでき方を探ってみます。

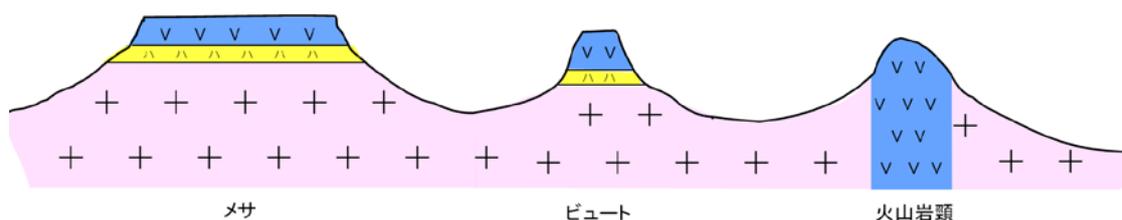


図1 讃岐平野の残丘の地形と内部構造

2. 約1400万年前の瀬戸内火山活動

香川県における瀬戸内火山活動でできた瀬戸内火山岩類は讃岐層群と呼ばれています。

香川県内では、最初に流紋岩質のマグマが噴出し、高松クレーターと呼ばれるカルデラなどを形成、その後サヌカイト（讃岐岩）などの安山岩類を噴出します。

神戸大学の巽好幸教授は小豆島の瀬戸内火山岩類を研究して、世界的なマグマの成因論を提唱しています。巽教授によれば、瀬戸内火山岩類は、日本海が拡大した直後に誕生したばかりの熱いフィリピン海プレートと沈み込んだ堆積物が融解してできたと推定されています。小豆島の三都半島はマグマの成因を研究する上で世界的にも重要なフィールド（聖地）です。

讃岐層群は湖水域に噴出したため、火山岩類の下位に湖成堆積物が残っているところがあります。讃岐層群基底の湖成堆積物からは、雨滝自然科学館の森繁館長によって世界最古のなまずの化石が発見されています。

讃岐層群基底の湖成堆積物には、白っぽい流紋岩質凝灰岩類が堆積していますが、豊島、男木島、女木島および屋島北嶺には、讃岐岩質安山岩類の下に黒っぽい火山礫凝灰岩が分布しています。この黒っぽい火山礫凝灰岩は、江戸時代以降豊島石や屋島の黒石として採掘されその跡が洞窟となっています。

3. 屋島の地形と地質

(1) 地形

1) メサとは

屋島は昭和9年にメサとしての地形・地質的特徴から国の天然記念物に指定されました。

「瀬戸内海火山脈ノ特有熔岩トシテ知ラレ世界的ニ稀有ナル古銅輝石安山岩ヨリ成レル南北ニ長キ熔岩臺地ニシテ遠望屋根状ヲ成シ山容雄偉ナリ頂上ハ平夷ナレドモ四周絶壁ヲ續ラシ地形上‘メサ’ノ標式的ナルモノトシテ其ノ名ヲ知ラル又頂上近キ處ニ露出スル通称‘畳石’ハ板状節理ノ最モ美ナルモノトシテ著名ナリ」(屋島会議, 2012)。

メサとは、水平な硬岩層が侵食に抵抗して生じた平坦な頂面と、周縁の急な崖とをもつ台地の地形(新版 地学事典, 1996)、あるいは水平な硬岩層におおわれ、周囲の一部を急崖で囲まれたテーブル状の高地と定義されています(図2: 地学事典, 1981)。つまり溶岩台地をメサと呼ぶのではないようです。

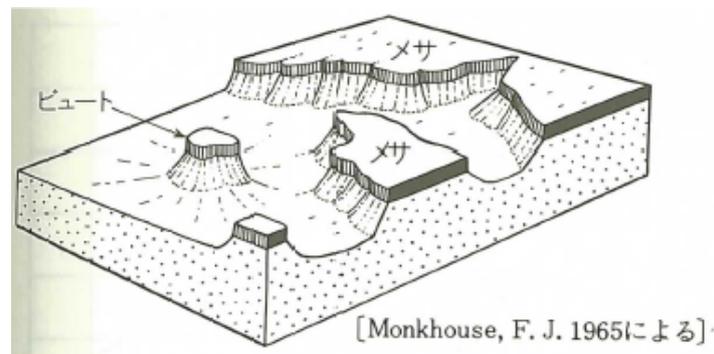


図2 メサとビュートの説明図(地学事典, 1981)

2) 斜面傾斜

屋島は南北幅約5km, 東西幅約2kmの瀬戸内海に突き出た南北に長い台地状の半島で、南嶺(標高292m)と北嶺(標高282m)が細い尾根によってつながっています。屋島の北半分は瀬戸内海に接し、南半分は相引川を挟んで高松平野に接しています。相引川を取り囲む低地の標高は3m未満なので、屋島はかつて海に囲まれた島だったことがわかります(図3)。

屋島は標高約250~290mの山頂部に平坦地を有するメサ地形を呈しています。標高約180m~250mでは硬質の讃岐岩質安山岩が急崖をなし、40°以上の急斜面で山頂の平坦地を取り囲んでいます。標高約180mより低標高部では、基盤の花崗岩を讃岐岩質安山岩の崩積土が薄く被覆して、傾斜30°未満の緩傾斜面を形成しています。また屋島の北端の長崎の鼻では、讃岐岩質安山岩の崩積土が到達しないため、花崗岩風化土が薄く花崗岩を覆っているだけで、安山岩崩積土は分布していません。

国土地理院5mメッシュ数値標高モデルに基づく屋島の傾斜区分図を図4に標高別傾斜分布を図5に示します。屋島の斜面の傾斜の特徴は以下のとおりです。

- ① 標高250mより高い山頂部には傾斜10°未満の平坦面が残っている。
- ② 標高約150m~約250mは急崖ないし40°以上の急斜面かたなり、山頂の平坦面を取り囲んでいる。
- ③ 標高約150mより低い斜面の傾斜は、傾斜30°未満の緩斜面となっており、標高が低くなるにつれて、より緩傾斜になっている(寺勾配となっている)。

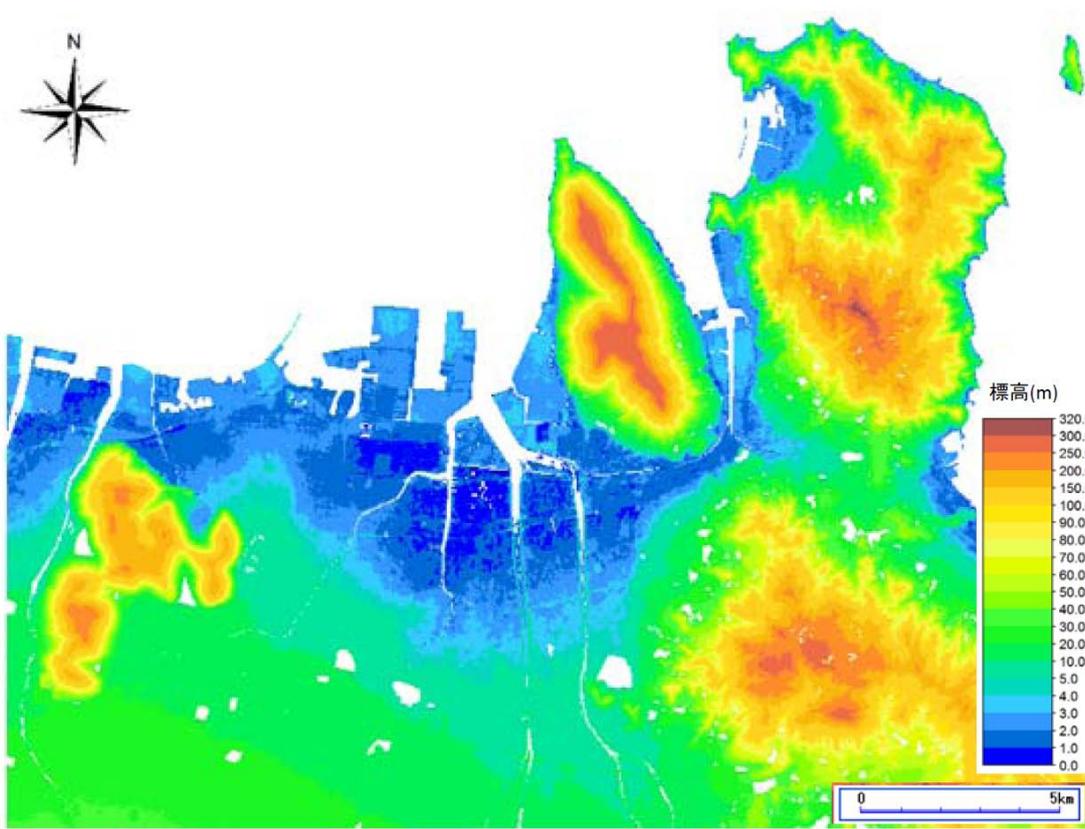


図3 屋島周辺の標高

(国土地理院 航空レーザー測量による5mメッシュDEMに基づく)

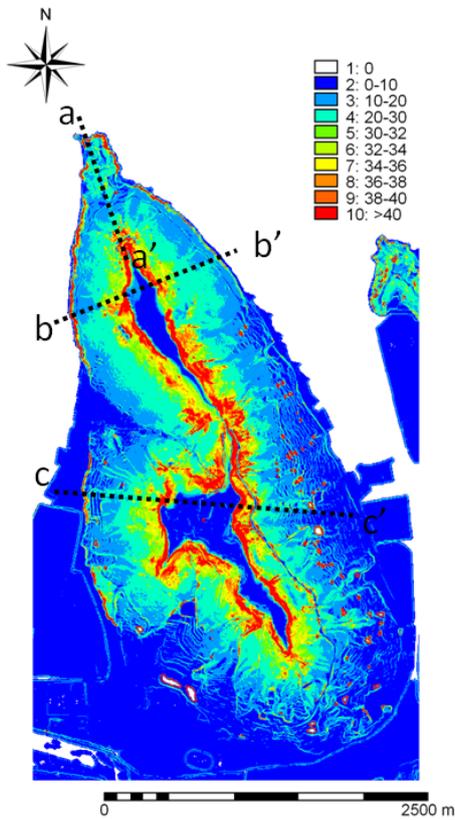


図4 屋島の傾斜区分図

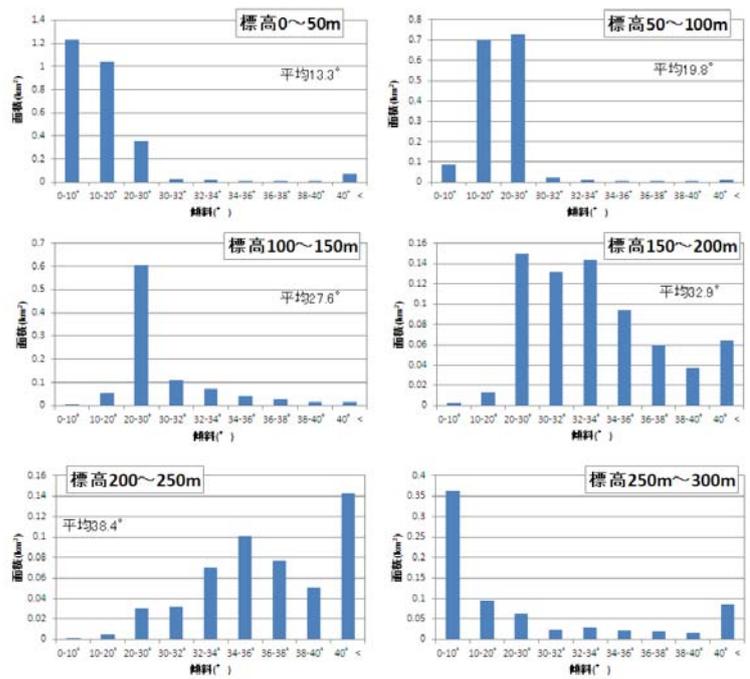


図5 屋島の標高別傾斜分布

3) 谷の発達

国土地理院 10mメッシュ数値標高モデルに基づく屋島とその周辺地域の赤色立体地図を図6に示します。屋島の南嶺および北嶺の斜面は、五剣山と比較して、水系（谷）が発達していないことが特徴です（国方・松倉，1994）。谷の発達した斜面は風化した花崗岩を1m程度の厚さで花崗岩風化土（砂質のマサ土）が被覆していますが（図6）、谷の発達していない屋島の山腹斜面では、基盤の風化花崗岩を山頂部の安山岩に由来する崩積土（粘性土を基質とした礫層）が覆っています（図7）。

高松市沖の女木島と男木島では、屋島と同じく基盤の花崗岩類が凝灰岩に覆われ、さらに讃岐岩質安山岩・玄武岩に覆われています。屋島が開析されると、女木島南部⇒男木島⇒女木島北部のような地形に変化すると推定されます（図8）。

①屋島の開析ステージ

屋島が開析されると、山頂縁辺から崩壊が発生し、山頂平坦面が縮小するとともに、下部斜面に安山岩由来の崩積土（粘性土混じり礫層）を供給し、花崗岩斜面を被覆し、谷があれば谷も埋積する。屋島北嶺と屋島南嶺のように山頂部に平坦面が残っていれば、基盤が花崗岩斜面でも谷は成長しにくい。

②女木島南部の開析ステージ

屋島の開析が進行すると山頂部の安山岩の規模が縮小すると連続的に分布するものの、山頂平坦面は残っていない女木島南部のようになる。この段階までは、山頂部から安山岩由来の崩積土が供給されるので、降雨による侵食に弱いマサ土は地表に露出しないため、ガリー侵食による谷の成長ができにくい状態にある。

③女木島北部の開析ステージ

山頂の安山岩が崩壊などによって縮小すると、下部斜面に十分な安山岩由来の崩積土を供給できなくなり、花崗岩風化土が直接地表に露出し始めると、降雨による表層崩壊からガリー侵食が進行し、男木島のように谷が成長するようになる。更に山頂部の安山岩が縮小すると、女木島北部のように谷密度は高くなる。

④長崎ノ鼻・五剣山周辺の花崗岩丘陵

安山岩のキャップロックがなくなった長崎の鼻や五剣山周辺の花崗岩丘陵では、谷が十分に発達できるため、谷密度が非常に高くなっている。



図6 花崗岩風化土（長崎ノ鼻）



図7 安山岩崩積土（屋島）

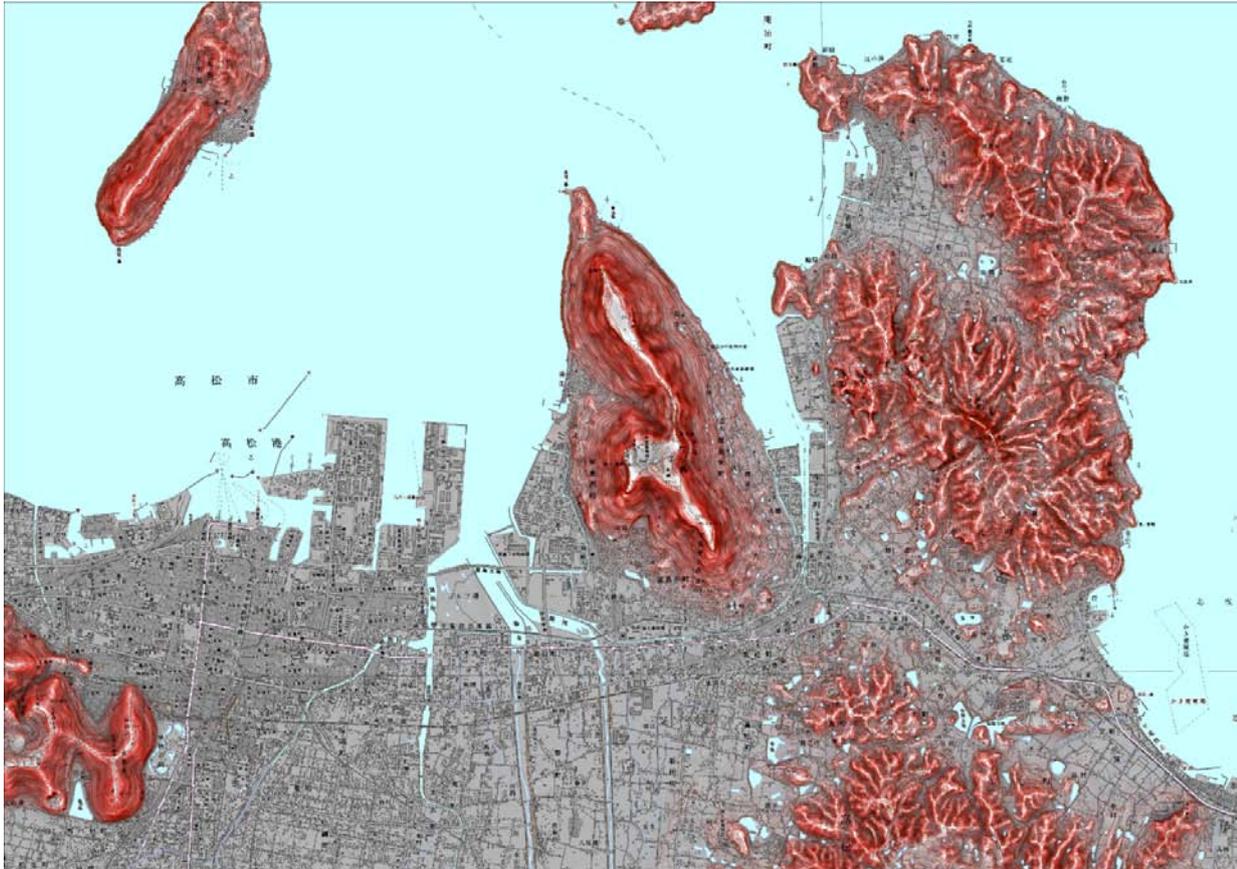


図8 屋島と五剣山の赤色立体地図（国土地理院 10mDEM からアジア航測㈱作成）

（2）地質

屋島の基盤岩は黒雲母花崗岩からなり、北嶺では標高 150m付近より玄武岩質火山礫凝灰岩が、標高 180m付近から讃岐質安山岩（古銅輝石・普通輝石安山岩）がほぼ水平に重なっています（図 9, 10）。南嶺では、一部不整合直上に流紋岩質凝灰岩を伴いますが、基本的には標高 200m付近で花崗岩を讃岐質安山岩が不整合に覆っています。屋島寺の南側の沢では、風化した玄武岩質火山礫凝灰岩の直上に花こう岩が風化したマサが堆積した細礫層が重なり、その上位に流紋岩質凝灰岩が分布しています。また、山頂部には、部分的に雪ノ庭凝灰岩及び屋島礫層が分布しています。

屋島の地質に関する研究課題は以下のとおりです（図 11）。

1) 北嶺に分布する玄武岩質火山礫凝灰岩の年代と形成条件

北嶺に分布する玄武岩質火山礫凝灰岩は、豊島、男木島、女木島にも分布し、豊島石として採掘され、屋島では屋島の黒石として江戸時代から戦前まで採掘されたようです。玄武岩質火山礫凝灰岩からは、1620 万年前のフィッシュトラック年代が報告されていますが、年代のクロスチェックが必要です。また、この玄武岩質火山礫凝灰岩は、サヌキトイド（讃岐岩類）の特徴を持っているので、瀬戸内火山岩類の最初の流紋岩質火山活動（約 1400 万年前）との時間関係と形成条件の解明が重要な課題です。

2) 屋島山頂を構成する讃岐岩質安山岩（サヌキトイド）溶岩の岩石学的特徴と供給源

屋島山頂を構成する讃岐岩質安山岩（サヌキトイド）溶岩が何層あるのか、どこから流れてきたか明らかにする必要があります。

3) 讃岐岩質安山岩（サヌキトイド）溶岩の上下にある流紋岩質凝灰岩の年代と起源

讃岐岩質安山岩溶岩の上に流紋岩質凝灰岩（雪ノ庭凝灰岩）があるのは屋島だけなので、雪ノ庭凝灰岩が溶岩の形成前に堆積した流紋岩質凝灰岩が再堆積した可能性を検討する必要があります。

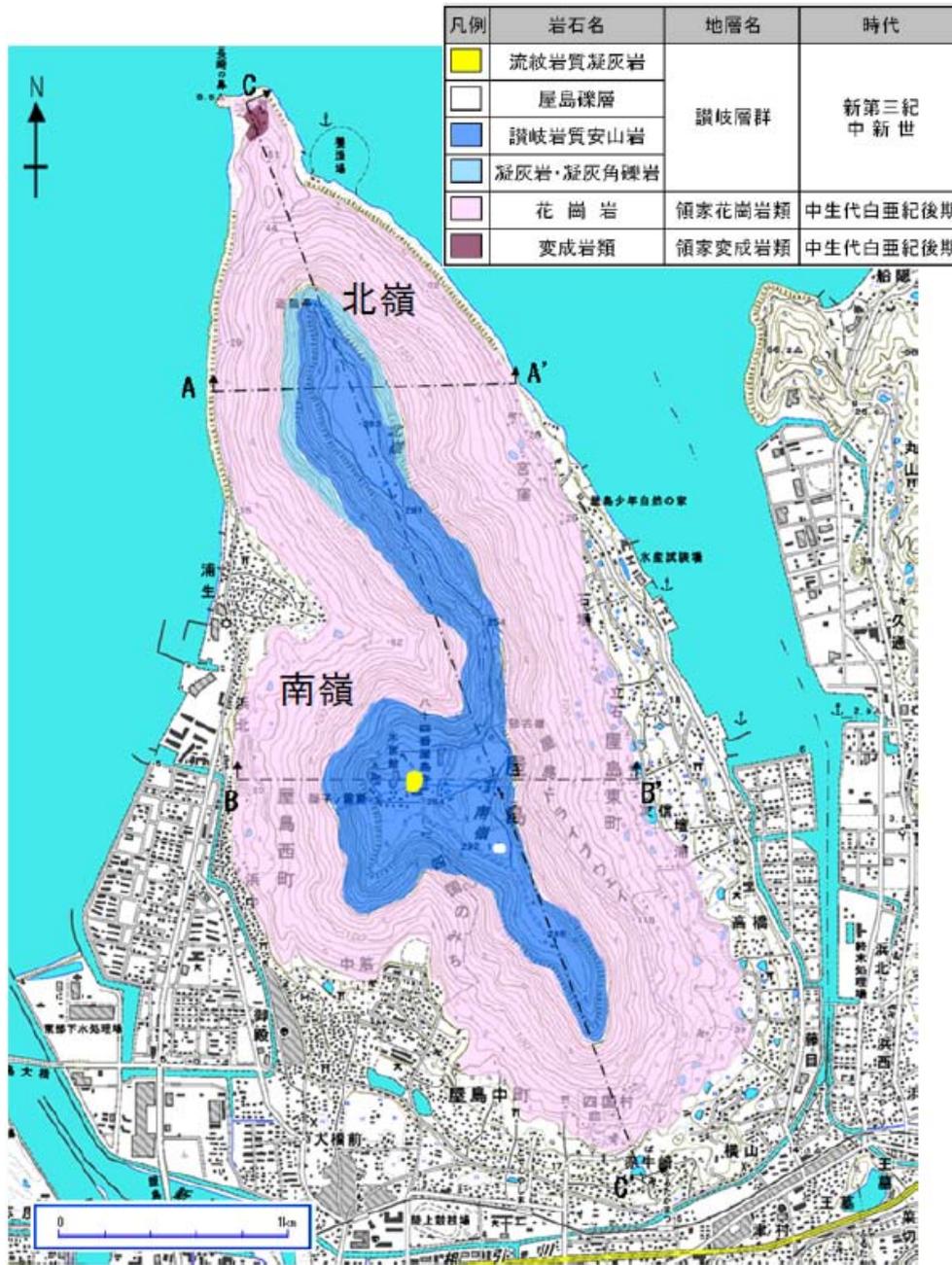


図9 屋島の地質平面図

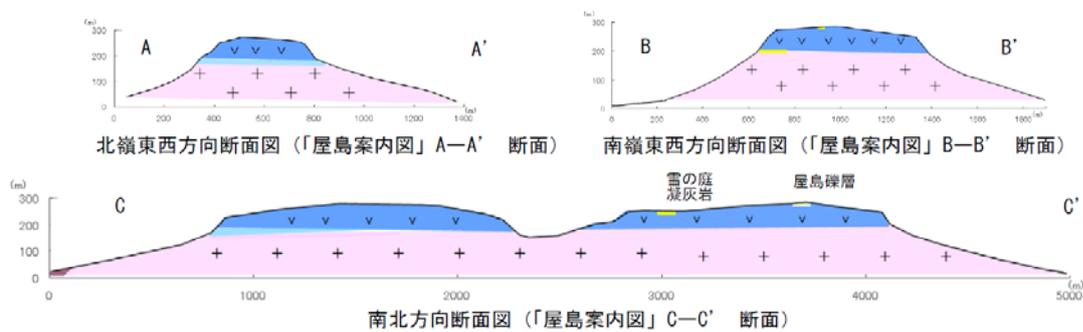
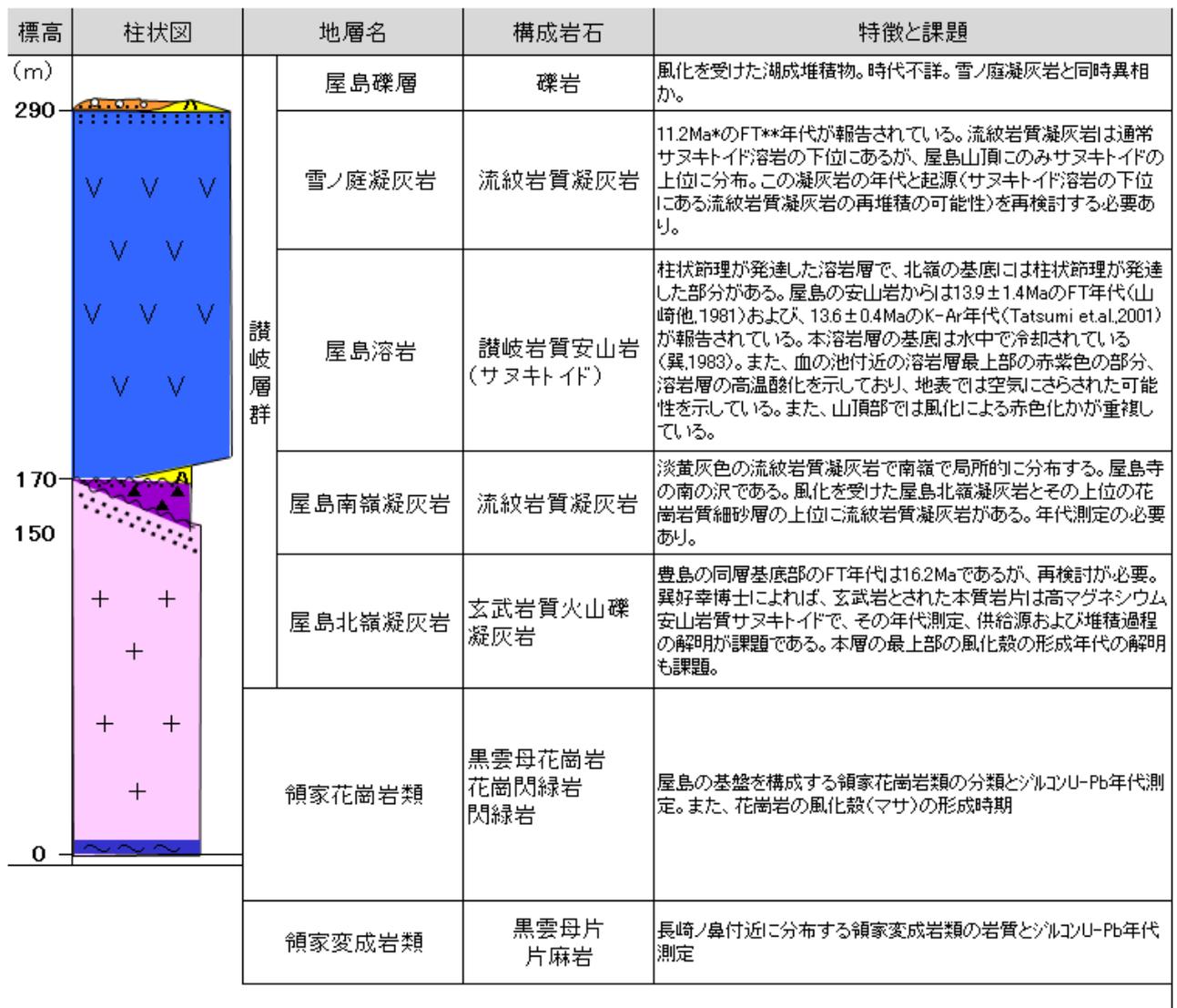


図10 屋島の地質断面図



* Ma:100万年

** FT:フィッシュトラック年代

図 11 屋島を構成する地層と岩石

4. 屋島の斜面と表層地質との関係

(1) シュミットロックハンマーの反発度と標高との関係

屋島の標高と反発度の関係 (図 12) から、標高が高くなるにつれて反発度が大きくなる傾向が認められます。これは、屋島では標高の低いところでは強度の小さい岩盤が緩い傾斜を形成し、標高の高いところでは強度の大きい岩盤が急な傾斜を形成していることを示しています。

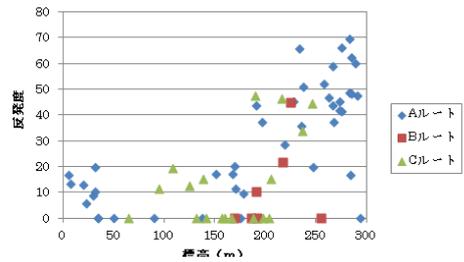


図 12 シュミットロックハンマーの反発度と標高との関係

(2) 岩石別のシュミットロックハンマーの反発度

岩石別のシュミットロックハンマーの反発度測定結果を (表 1) から、地表付近の花崗岩は風化が進んでいるため、シュミットロックハンマーの反発度が小さいが、讃岐岩質安山岩は一部を除き、ほとんどが反発度 40 を上回っています。一般にシュミットロックハンマーの反発度と強度は正の相関があるので、強度の大きな讃岐岩質安山岩が急傾斜を形成していると考えられます。

表 1 岩石別のシュミットロックハンマーの反発度

岩石	測定数	平均
風化花崗岩	29	6.3
火山礫凝灰岩	3	18.3
讃岐岩質安山岩	31	42.1
流紋岩質凝灰岩	1	0
閃緑岩	3	14.4

(3) 安山岩の崖の形成過程

屋島の山頂を取り囲む崖を形成している讃岐岩質安山岩には、水平な板状節理が発達しています。屋島では、水平～低角度の板状節理に直交する高角度な節理が滑落面となって岩盤が崩壊し、急傾斜の崖を形成しています。特に、西側斜面では、流れ目の節理に沿って崩壊する平面のすべりと、円弧に沿って回転を伴った崩壊とが合わさった複合型のすべりによる崩壊が発生して急崖が形成されています (図 13)。



図 13 板状節理の発達した安山岩の崖

(4) 安山岩崩積土中の礫の含有率

礫の含有率と地形の関係 (図 14) から、傾斜が急になるに従い、また、標高が高くなると含有率が多くなる傾向が認められます。これは安山岩崩積土中の礫の含有率が高いほど、内部摩擦角が大きくなり、斜面の傾斜が急でも崩積土が安定していることを示しています。

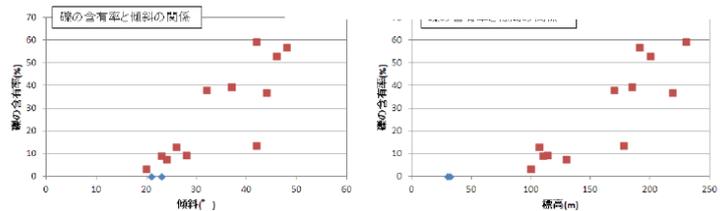


図 14 安山岩崩積土中の礫の含有率と地形との関係

(5) 安山岩崩積土中の礫径

礫径と傾斜の関係では少しばらつきがみられるものの、傾斜が急になるにつれ、礫径も大きくなる傾向が認められます (図 15)。これは、安山岩崩積土中の礫の径が大きいほど、内部摩擦角が大きくなり、斜面の傾斜が急でも崩積土が安定していることを示しています。

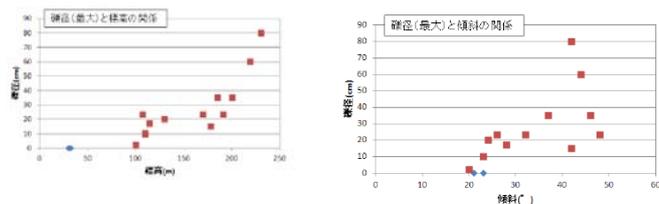


図 15 安山岩崩積土中の礫径と地形との関係

5. 屋島のメサはどのようにしてできたのか

(1) 屋島と五剣山のでき方の違い

屋島と五剣山は屋島湾を挟んですぐ近い距離なのに、なぜ山の形が全くちがうのでしょうか。

屋島は、山頂の平坦面を構成する硬質の安山岩が急斜面を形成し、山腹の風化した花崗岩が緩斜面となる寺勾配（お寺の屋根のような勾配）をしている美しい台地（メサ）です。また屋島の山腹斜面に谷がほとんどありません。これに対して五剣山は山頂部に険しい岩峰がそそり立っており、その周囲の丘陵には谷が深く刻まれています（図8）。

屋島も五剣山とともに、約 9000 万年前の領家花崗岩類を約 1400 万年前の火山活動でできた火山噴出物（讃岐層群）が覆って、山頂が形成されています。屋島では、北嶺の屋島洞窟に見られる黒色の凝灰岩類の上に讃岐岩質安山岩溶岩が水平に堆積しています。一方五剣山では、白色の凝灰岩の上に黒雲母デイサイト質火山角礫岩・凝灰角礫岩が水平に堆積しています。

屋島の黒色の凝灰岩類は、女木島、男木島、豊島に分布し、同じ湖に堆積した地層です。これに対して、五剣山の白色の凝灰岩は高松平野南部の高松クレーター（カルデラ）から流れてきた火砕流堆積物と推定されます。したがって屋島では北に湖が広がり、五剣山には南に湖が広がって、それぞれ別の地層が堆積し、今の屋島湾には2つの湖を隔てる山があったと推定されます。つまり、約 1400 万年前は今の全く逆転した地形だったのです（図16）。

屋島では安山岩溶岩が堆積後、五剣山では火山角礫岩・凝灰角礫岩が堆積後約 1300 万年の年月をかけて大半の地層が侵食されましたが、かろうじて現在の山頂部が残っています。屋島では讃岐岩質安山岩溶岩が五剣山の火山角礫岩・凝灰角礫岩より侵食に対して抵抗力が大きいので、五剣山より大規模に山体が残っています。

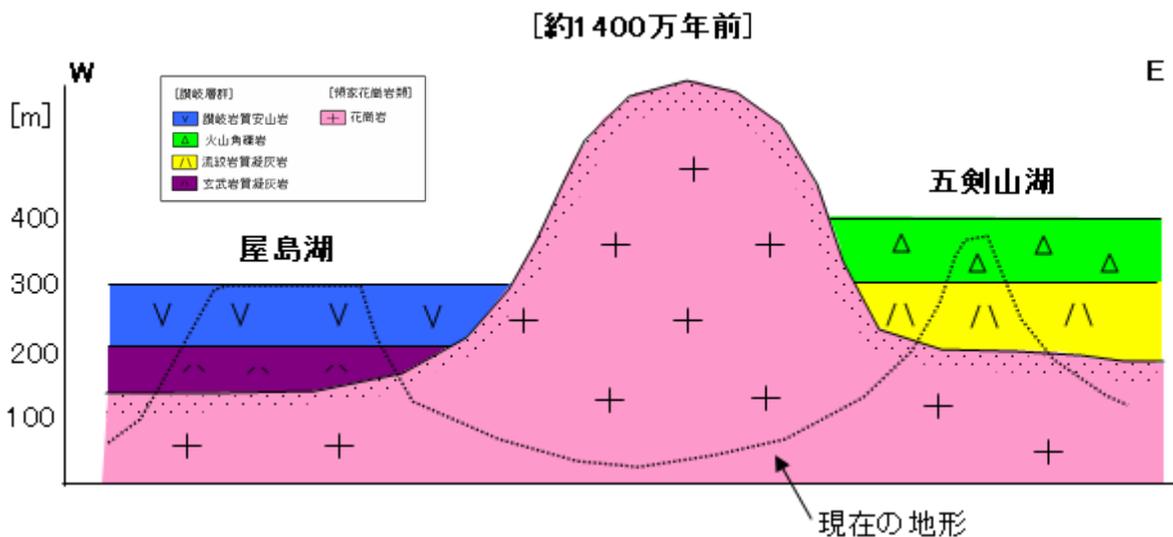


図16 約1400万年前の屋島と五剣山

(2) 屋島の斜面の形成過程

屋島と五剣山では、山腹の花崗岩斜面が崩れるのは主に豪雨のときですが、山頂の火山岩類の崖が崩れるのは主に地震のときです。屋島では、山頂部に讃岐岩質安山岩溶岩が十分にあれば、山腹の花崗岩斜面において表層崩壊によって谷ができ始めても、山頂から安山岩の崩壊岩塊や土砂が供給されて、埋められてしまうため、谷が成長できないのです。これに対して五剣山では、火山角礫岩・凝灰角礫岩は局所的なため、山腹にできた谷を埋めるだけの崩壊岩塊や土砂が供給できないので、谷が縦横に発達したと説明できます。

屋島が開析されると、山頂縁辺から崩壊が発生し、山頂平坦面が縮小するとともに、下部斜面に安山岩由来の崩積土（粘性土混じり礫層）を供給し、花崗岩斜面を被覆し、谷があれば谷も埋積します。屋島北嶺と屋島南嶺のように山頂部に平坦面が残っていれば、十分な崩積土が供給されるので、基盤が花崗岩斜面であっても谷は成長しにくいのです。

屋島の開析が更に進行すると、山頂部に安山岩が連続的に分布するものの、山頂平坦面は残っていない女木島南部のようになります。この段階までは山頂部から安山岩由来の崩積土が供給されるので、降雨による侵食に弱いマサ土は地表に露出しないため、ガリー侵食による谷の成長ができにくい状態にあります。しかし、山頂の安山岩が崩壊などによって縮小すると、下部斜面に十分な安山岩由来の崩積土を供給できなくなり、花崗岩風化土が直接地表に露出しはじめると、降雨による表層崩壊からガリー侵食が進行し女木島北部のように谷が成長し始めます。そして、安山岩のキャップロックがなくなった五剣山周辺の花崗岩丘陵では、谷が十分に発達できるため、谷の密度が非常に高くなっていきます。つまり、屋島が開析されると讃岐富士にはならず、谷密度が高い花崗岩丘陵になると推定されます。

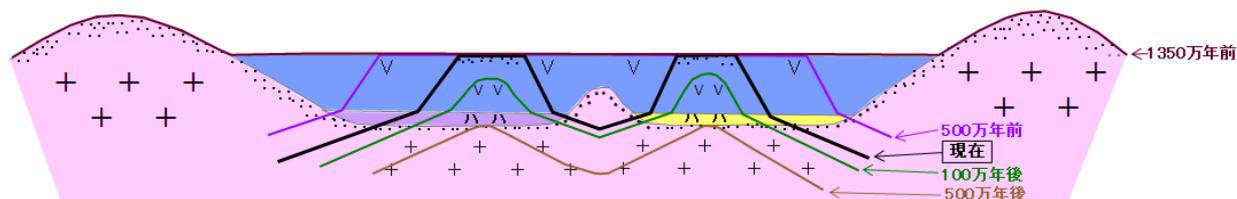
なお、屋島では南嶺と北嶺との間の安山岩の分布が狭く、平坦面が残っていません。この部分では基盤の花崗岩類との不整合面が標高約 210m と、南嶺（約 190m）と北嶺（約 180m）と比べて高くなっており、山頂の安山岩が薄くなっています。この部分に南嶺と北嶺を分ける谷が形成されているのは、安山岩の厚さが薄く、安山岩由来の崩積土の供給が十分でなかったためと考えられます。これは、安山岩溶岩が厚く堆積したところが、メサとして残って可能性を示しています。

これに対して、讃岐富士になるために必要な地質構造は、火山岩頸のように硬い鉛筆の芯があることです。火山岩頸の場合には、山体がいくら侵食されても、鉛筆の芯に当たる火道を構成する安山岩類はなくなるので、山頂部の安山岩の分布は削られても、削られても縮小しません。このため、一度円錐形の形まで開析されれば、その後いくら開析されても山頂部の安山岩の分布は縮小せず、花崗岩からなる下部斜面に安山岩由来の崩積土が供給されて、谷の成長を妨げられます。その結果、円錐形の山容を保持することができるのです。

山頂の溶岩の下に円形の火道が隠されていれば、屋島のようなメサが開析されても、円錐形のミニ富士になる所が残ります。なお、円錐形の山容となるためには、火道の水平断面が円形に近いこと、また構成する安山岩が硬質かつ比較的均質であることが必要です。讃岐岩質安山岩（サヌキトイド）はなぜが、この条件を満たしているのです。

讃岐平野における残丘の開析モデルを図 17 に示します(長谷川他, 2012)。

湖に堆積した溶岩層の侵食 → メサの形成



火山岩頸の侵食 → 讃岐富士の形成

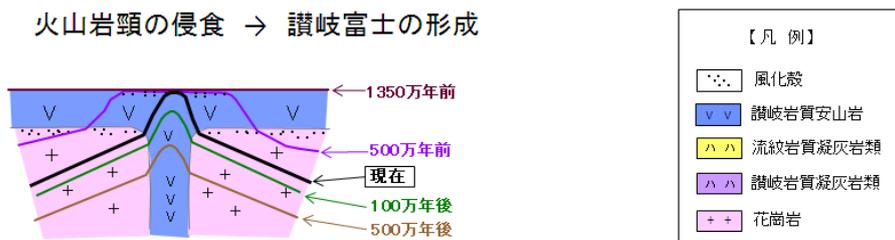


図 17 讃岐平野における残丘の開析モデル

6. おわりに

連載講座「古代山城屋嶋城跡から歴史と地域を考える」の第2回目として、屋島の地形と地質から「天然記念物・屋島」のできかたを探ってきましたが、屋島の地形と地質が古代山城屋嶋城の形成にどのように関係したかを考察するには、古代山城屋嶋城跡に関する詳細な地形データが必要です。

最近公開された国土地理院 5mメッシュの数値標高モデルを使った赤色立体地図を図 18 に示します。この図から、屋島洞窟の場所や、昔庵治石を採石した森林の中に隠れた丁場の跡を読み取ることができます。今後は、このような情報も活用して天然記念物としての屋島に関する調査研究を進める計画です。

屋島は讃岐ジオパーク構想を代表するジオサイト（地形と地質の名所）です。讃岐ジオパーク構想では、香川県全域を対象としています。これは、瀬戸内火山活動で形成された岩石地層と関連する地形がほぼ香川県全域に認められ、岡山県、徳島県、愛媛県とも明瞭に識別できるからです。讃岐の 1400 万年前の奇跡の瀬戸内火山活動による①サヌカイトマグマの形成（奇跡の石・サヌカイトの誕生）、②火山岩類が侵食された里山の造形美、③サヌカイトを始めとする里山を構成する多様な火山岩類を利用した多様な石の文化は、世界に類のない石と文化のジオパークになると期待されます。また、讃岐うどんも讃岐の大地の成り立ちと関係し、讃岐のジオパークを代表する食文化です。

讃岐ジオパーク構想は、母なる大地によって育まれた讃岐と備讃瀬戸の自然・歴史・文化を活かした地域の持続的な発展をめざしています。讃岐が世界のジオパークとして認められるためには、なりよりも香川県民が、昔から見慣れたおむすび里山、足元に転がっている黒い石、氏神さんや里山の山頂にある古びた祠や路傍の石仏に世界的な価値があると見直し、その保全と持続可能な地域の発展のために活用する盛り上がりが必要です。「讃岐ジオパーク構想」へのご支援、ご協力も願い申し上げます。

本報告は、文化庁の交付金を受け、平成 24 年度高松市が香川大学に委託して実施した「天然記念物屋嶋調査」の成果の一部です。調査をご指導いただいた文化庁および高松市文化財課並びに調査にご協力いただいた関係各位に心からお礼申し上げます。

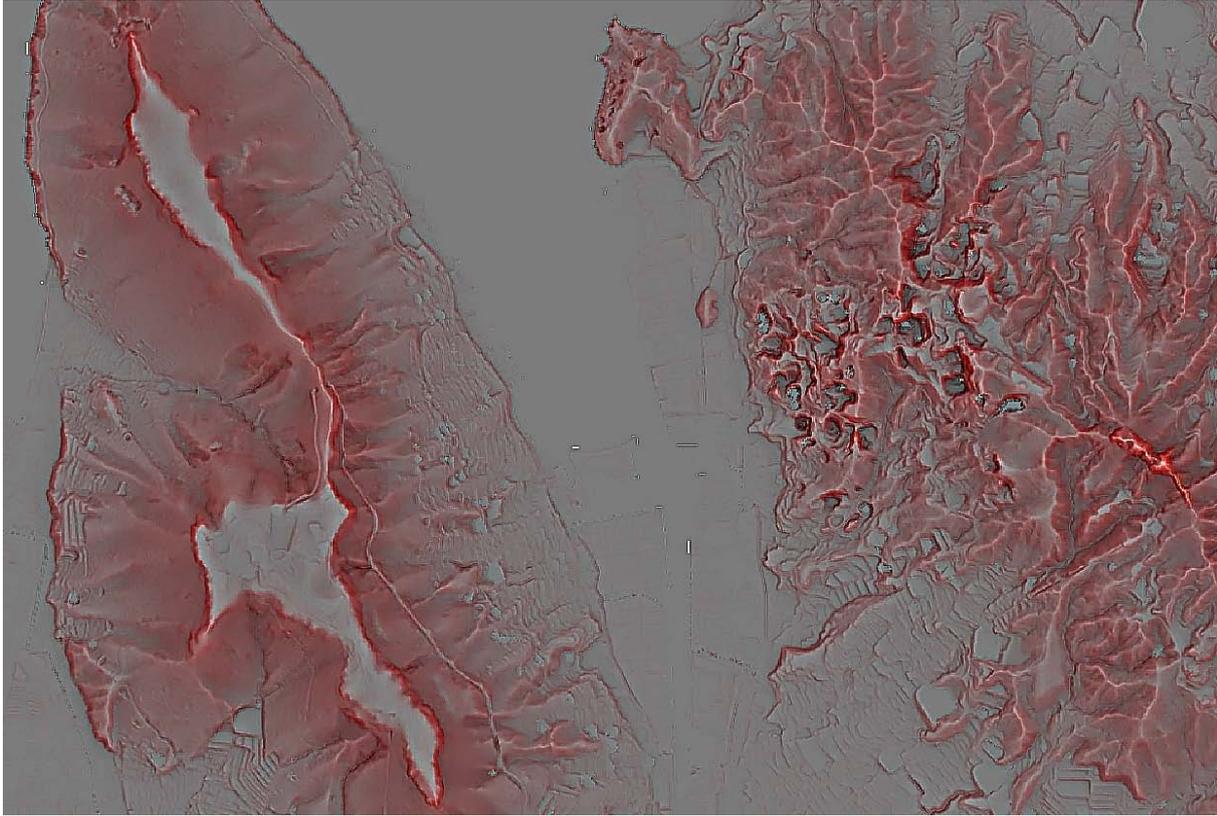


図 18 屋島と五剣山の赤色立体地図（国土地理院 5mDEM から鏡原和也氏作成）

参考文献

- 1) 屋島会議：屋島活性化基本構想(仮称)最終報告，2012.
- 2) 町田貞，井口正男，貝塚爽平，佐藤正，榎根勇，小野有五：地形学事典，1981.
- 3) 地学団体研究会：新版 地学事典，1996.
- 4) 国方亮，松倉公憲：讃岐平野北部の屋島と五剣山周辺の地形と岩石に関する予察的研究，筑波大学水理実験センター報告，No. 19，pp. 33-44，1994.
- 5) 巽好幸，石坂恭一：香川県屋島産 Sanukitoid の K-Ar 年代－瀬戸内火山岩類の年代測定，その 2－岩石鉱物鉱床学会誌，73，pp355-358，1978
- 6) 山崎俊嗣，鳥居雅之，石坂恭一：四国北東部および北西部の瀬戸内酸性火山岩類のフィッション・トラック年代と K-Ar 年代－瀬戸内火山岩類の年代測定，その 6－岩石鉱物鉱床学会誌，76，pp276-280，1981.
- 7) 巽好幸：小豆島の火山地質－瀬戸内火山岩類の噴出環境－，地質学雑誌，Vol. 89，No. 12，pp693-706，1983.
- 8) Tatsumi T.，Ishikawa N.，Anno K.，Ishizaka K.，Itaya T.：Tectonic setting of high-Mg andesite magmatism in the SW Japan arc:K-Ar chronology of the Setouchi volcanic belt, Geophys. J. Int, 144, pp625-631, 2001.
- 9) 長谷川修一，鶴田聖子，野々村敦子，山中稔，守山裕二：屋島が開析されると讃岐富士になるのか？，日本応用地質学会中国四国支部平成 24 年度研究発表会論文集，29-34，2012.