

肱川の河原の石

Riverbank Stones Observed in the Hijikawa River

佐野 栄^{*1}・平山碧海²・島田咲絵²・山崎めい³・吉田 樹²・畠中彩佳理⁴・中川晴臣⁴・高橋龍央⁵
 SANO Sakae^{*1}, HIRAYAMA Ami², SHIMADA Sae², YAMASAKI Mei³, YOSHIDA Itsuki², HATANAKA Akari⁴,
 NAKAGAWA Haruomi⁴ and TAKAHASHI Ryuo⁵

^{*1} 愛媛大学教育学部地学

^{*1} Earth Science Laboratory, Faculty of Education, Ehime University

² 愛媛大学教育学部学校教育教員養成課程初等教育コース3年生

² Third-year student, Primary School Teacher Training Course, Faculty of Education, Ehime University

³ 愛媛大学教育学部学校教育教員養成課程特別支援教育コース3年生

³ Third-year student, Special Education Course, Faculty of Education, Ehime University

⁴ 愛媛大学教育学部学校教育教員養成課程科学教育サブコース2年生

⁴ Second-year student, Science Education Sub-course, Faculty of Education, Ehime University

⁵ 愛媛大学教育学部学校教育教員養成課程言語社会教育サブコース2年生

⁵ Second-year student, Language and Social Studies Education Sub-course, Faculty of Education, Ehime University

【要約】 愛媛県中予～南予地域を流れる肱川の河原で採集できる岩石の図版集を作成した。肱川水系には、北側から順に、三波川変成帯、御荷鉾緑色岩類、秩父帯北帯、黒瀬川構造帯、秩父帯南帯など、東西に延びる様々な地質体が南北に帯状に分布するため、多様な岩石を観察することができる。三波川変成帯は、緑色片岩や黒色片岩、赤色片岩などから構成される。御荷鉾緑色岩類は、三波川帯の南縁部に分布し、肱川流域では主に変ハンレイ岩が産出する。秩父帯北帯及び南帯は、主に付加体構成岩類で特徴付けられ、様々な時代や起源を持つ緑色岩や石灰岩、チャート、砂岩、泥岩などからなる。黒瀬川構造帯を構成する岩石は、日本列島でも最も古い時代に形成されたカコウ岩類や角閃岩などが、蛇紋岩と共に産出する。肱川の河原、特に肱川町から大洲市周辺の河原で容易に観察できる岩石を図版化した。この図版を片手に肱川の河原に出かけ、様々な岩石を探してみたい。

【キーワード】 河原の石、付加体、変成岩、三波川変成帯、御荷鉾緑色岩類、秩父帯、黒瀬川構造帯

I. はじめに

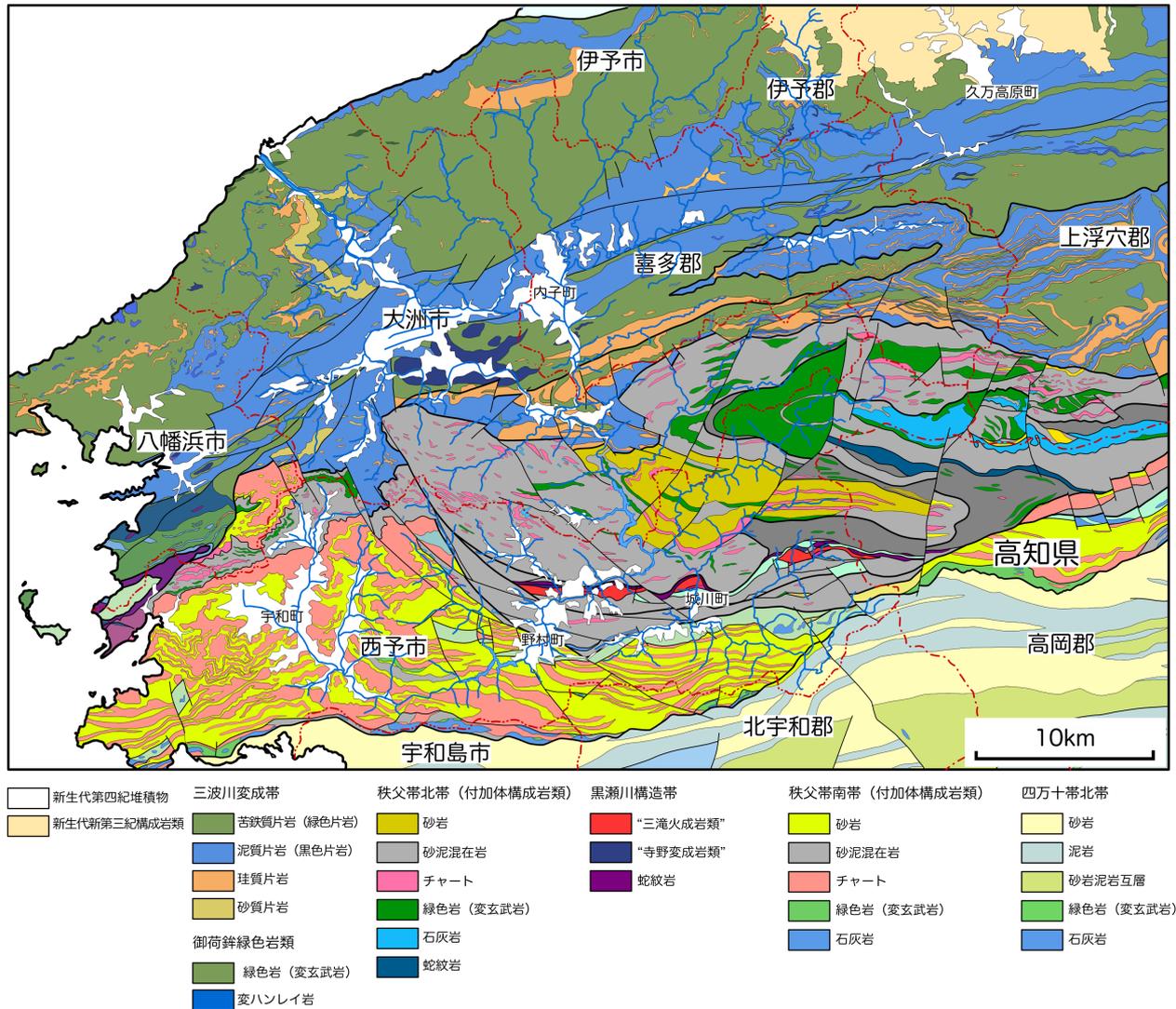
河原の石は、その川の上流にどのような岩石が分布するのか、その情報を提供してくれる。河原で観察できる石は、河川ごとに実に様々である。例えば、愛媛県松山平野を流れる重信川の河原では、礫岩、砂岩、泥岩、カコウ岩、ホルンフェルスなどを観察できる(佐野, 2025)。また、東予地方を流れる関川では、結晶片岩や角閃岩、エクロジャイト、カンラン岩など、他の河川では産出しない珍しい岩石を観察することができる。河川ごとに異なった石を観察することができるため、「この川の河原ではどのような石が見つかるのだろうか?」とワクワクさせられるものである。今回は、愛媛県中予から南予地域にかけて広い流域面積を

持つ肱川の河原で観察できる岩石を紹介する。

II. 肱川水系周辺の地質学的背景

愛媛県中予～南予地域を流れる肱川は、その流域面積が県内最大の1210km²で、支川数474の範囲をもつ河川である(四国地方整備局, 2026)。流域面積が広いため、その後背地となる地質体は多様である。

第1図に肱川水系周辺の地質図を示す。肱川水系周辺部では、北から三波川変成帯、御荷鉾(みかぶ)緑色岩類、秩父帯北帯、黒瀬川構造帯、秩父帯南帯の地層や岩石が分布する。さらに、肱川水系の南縁部は、仏像構造線に境されて、四万十帯北帯の地層・岩石が分布する。



第 I 図 肱川水系の地質図 シームレス地質図 (産総研地質調査総合センター, 2025) から再描画。凡例は主要な地層・岩石のみ示している。また、秩父帯北帯、秩父帯南帯を構成する岩石については、付加体を構成する岩石のみ凡例を示している。

上述の地質体のうち、秩父帯北帯と南帯は、基本的に付加体から構成される。ここで付加体について簡単に説明する。

付加体とは、海洋プレートが海溝付近で沈み込む際に、海溝に堆積していた泥や砂などの陸源堆積物 (碎屑物あるいは碎屑岩) や、遠洋性の海山や海洋島を形成していた玄武岩 (緑色岩) がはぎ取られ、陸側に付け加わって形成された地質体をいう。海山の頂きには、しばしばサンゴ礁などが起源の石灰岩が付随する。また、深海底で放散虫の遺骸が堆積して形成された軟泥 (固結するとチャート) も海山等と同時に陸側に付け加わることになる。この場合、海山を構成する玄武岩、深海底に堆積する放散虫軟泥、海溝に堆積する碎屑物は、形成された年代が異なることが多い。付加体構成

物が陸側に付加したタイミングは、泥などの碎屑物中に含まれる放散虫化石から得られた年代で決定することができる。一般に、緑色岩、石灰岩、チャートの形成年代は、泥などの陸源碎屑物よりも古い。付加体は、日本列島の骨格の大部分を形成しており、大陸形成の重要な概念に位置付けられる。

1. 三波川変成帯

三波川変成帯は、中生代白亜紀後期から新生代古第三紀にかけて、プレートの沈み込みによって形成された低温高圧型の変成帯である (青矢・遠藤, 2017; Endo *et al.*, 2024; Knittel *et al.*, 2024)。三波川変成帯中、最も変成度の高い岩石は、愛媛県東予地域の新居浜周辺に産出する。ザクロ石角閃岩やエクロジヤイ

トといった珍しい岩石の産出で特徴付けられる。肱川流域に分布する三波川変成帯には、そのような高変成度岩類は出現せずに、結晶片岩が主な岩種である。結晶片岩は、強い変形を伴って形成される岩石のため、片理面が良く発達する。そのため結晶片岩は、河原では、薄く割れ扁平した石として見つけることができる。特に肱川の下流域から河口周辺の河原で広く観察できる。

2. 御荷鉾緑色岩類

御荷鉾緑色岩類は、三波川変成帯の南縁部に沿って分布する。変ハンレイ岩や、玄武岩質溶岩、角礫凝灰岩などからなる緑色岩類から構成される(鈴木, 1967; 榊原・岩崎, 1996)。肱川流域では、御荷鉾緑色岩類は大洲市内の富士山や神南山周辺に分布する。御荷鉾緑色岩類は、ジュラ紀後期～白亜紀前期に、海洋プレート上に噴出・貫入した玄武岩質の火成岩類からなる海台を起源とすると考えられている(Kimura *et al.*, 1994; Ichiyama *et al.*, 2014)。さらに、この海台がプレート境界で地下 15~30km の深さまで引きずり込まれ、低温高圧下での変成作用(緑色片岩～パンペリー石アクチノ閃石相)を受けたと考えられている(牧本・竹内, 1992)。

3. 秩父帯北帯

秩父帯北帯は、主としてジュラ紀付加体で構成される地質体である。北側を三波川変成帯(または御荷鉾緑色岩類)、南側を黒瀬川構造帯(または秩父帯南帯)に挟まれている。秩父帯北帯は、海洋プレートが沈み込む際に削り取られた堆積物や海洋地殻の断片が積み重なった構造をしている(松岡ほか, 1998)。主な構成物は、泥岩、砂岩、チャート、石灰岩、緑色岩(玄武岩)およびこれらが混じり合った混在岩(メランジュ)である。緑色岩(玄武岩)、チャートから碎屑岩(砂岩・泥岩)へと移行する、海洋プレートの移動に伴う堆積の歴史を反映した層位関係が断層によって繰り返される構造を海洋プレート層序という。秩父帯北帯の岩石は、三波川変成作用の影響を受け、弱い低圧～中圧型の変成作用を被っている(榊原ほか, 1998)。付加体としての形成(碎屑岩の堆積)は、主に中生代ジュラ紀である。メランジュ中に含まれるチャートや石灰岩のブロックからは、より古いペルム紀や三畳紀の放射虫・フズリナなどの化石が産出し、緑色岩は古生

代石炭紀からペルム紀の放射年代が得られている。

4. 黒瀬川構造帯

黒瀬川構造帯は、ジュラ紀付加体(秩父帯北帯)中に、それよりも遥かに古い時代の岩石が「蛇紋岩メランジュ」としてレンズ状に分布する特異な地帯として位置付けられる。その起源と形成場について、近年の碎屑性ジルコンの U-Pb 年代測定により、黒瀬川構造帯の構成岩類は、かつての南中国(揚子)地塊の東縁(活動的な前弧域)で形成されたことが指摘されている(Aoki *et al.*, 2015; Hara *et al.*, 2018)。黒瀬川構造帯には、日本列島の「基盤」を知る上で重要な古い岩石が含まれている。最も古い岩石は、寺野変成岩類およびその相当岩類で、カンブリア紀からデボン紀(約 5.4 億年～3.6 億年)の年代が得られている(Yoshikura *et al.*, 1981; 小山内ほか, 2000; Aoki *et al.*, 2015)。また火成岩では三滝火成岩類から、オルドビス紀からシルル紀の年代が得られている(Hada *et al.* 2000)。

黒瀬川構造帯がどのようにして現在の秩父帯の中に定置したのか、大きく 2つの考えが提唱されている。1つは、構造的に最上位にあった古い地塊が、浸食によってより新しい地質体の上位にナップとして残ったとする考え方(磯崎・丸山, 1991)、もう 1つは、白亜紀に大陸縁辺で生じた大規模な左横ずれ断層によって、南方から北上して現在の位置に定置したとする考え(Hada *et al.*, 2001)である。

5. 秩父帯南帯

秩父帯南帯は、ジュラ紀から白亜紀初頭にかけて形成された付加体であり、北側の黒瀬川構造帯と南側の四万十帯に挟まれた領域に位置する。別名「三宝山帯(さんぼうさんたい)」とも呼ばれている。秩父帯南帯は、主にチャート、石灰岩、玄武岩(緑色岩)などの遠洋性の海洋地殻断片と、それらを包み込む陸源性の砂岩・泥岩などの碎屑岩類から構成される。秩父帯南帯は、北側と南側の 2つのユニットに区分(松岡, 1998)され、これらのユニットは、北から南に向かって、付加した年代が順次若くなる構造が認められる。

Ⅲ. 肱川の河原の石

肱川の河原では多様な岩石が観察できる。それは、肱川水系がつくる広い流域面積と、四国の地質分布に

寄るところが大きい。肱川の川原で観察できる岩石は、その起源により、以下のように分類できる。

1. 石灰岩

石灰岩は、秩父帯北帯、秩父帯南帯、黒瀬川構造帯に分布する。このうち、秩父帯北帯中、ペルム紀付加体には、四国カルストを形成する石灰岩が含まれる。四国カルストを構成する石灰岩には、約3億年前の古生代ペルム紀を示すフズリナ（紡錘虫）の化石が伴われることがある。また、西予市城川町を流れる黒瀬川では、約4億年前のシルル紀を示すハチノスサンゴやクサリサンゴなどを含む石灰岩がみつがっているが、肱川の河原では、これらの化石を含むような石灰岩はほとんど見つけることができない。

図版Iに示されるように、石灰岩は、化学的風化作用を被りやすいため、表面が溶けたようになめらかになっていることが多い（図版I Hj-45, Hj-84）。さらに、上流から運搬される過程で、他の岩石と衝突を繰り返すことによるキズが多く認められることが多い（Hj-01, Hj-13など）。図版中の石灰岩の多くは、白い斑点状のキズが多く認められる。

肱川の河原で観察される石灰岩は、化石を全く含まないものが多いことから、海水中に溶存していたカルシウムイオンが二酸化炭素と結びついて、炭酸塩として析出したものが海底に沈殿してできた化学岩であると考えられる。偏光顕微鏡で石灰岩を観察すると、細粒の方解石が結晶化している様子が確認できる（図版I Hj-47）。

2. チャート

チャートは、秩父帯北帯、南帯、黒瀬川帯中に分布する。チャートは、古生代後半のペルム紀、中生代三畳紀、ジュラ紀など、様々な形成年代を示すものが見つかっている。

チャートは、一般的に、二酸化ケイ素の殻をもつ海洋性プランクトン（放散虫）の死骸が海底に堆積して固まってできた岩石で、非常に硬い。そのため、風化作用に対して抵抗性が高く、表面がゴツゴツした、角ばった形態を示すことが多い。チャートには、図版IIのように赤茶けた色を示す赤色チャートや、灰白色から暗灰色を示すチャート（図版III Hj-95）などがある。赤色チャートは酸化的な環境で形成されるが、暗灰色のチャートは、酸素が不足する還元的な環境で形成さ

れたものと考えられている。古生代末の生物の大量絶滅の原因として超酸素欠乏事件（スーパーアノキシア）が知られているが、その証拠の1つとして、古生代末から中生代初頭に形成されたチャートの色相変化があげられる。

赤色チャートを顕微鏡で観察すると、50~100 μm程度の放散虫化石が含まれていることがある（図版II Hj-07, Hj-10）。放散虫は、微化石ながら、進化の過程でその形態変化が著しいため、強力な準化石として役立つことが多い。複数の放散虫化石の組み合わせ（群集）から、放散虫を含む岩石あるいは地層の堆積年代を詳細に決定することができる。20世紀後半には、この放散虫を用いた生層序学が確立され、付加体としての日本列島の形成過程が明らかになった。

また図版IIIにはチャートと緑色岩の接触部の岩石を掲示した（Hj-11）。緑色岩とは、海底火山の噴出物が固まってできた玄武岩質岩石が海底で風化作用を受けたり熱水による変質作用を受けたりして形成された岩石で、古生代や中生代の海底火山を構成する岩石のほとんどは緑色岩かしている。Hj-11は、そうした海底火山噴出物がまだ未固結の放散虫軟泥（チャートになる前の海底堆積物）と混ざって形成されたものであると考えられる。Hj-11の顕微鏡写真に示されるように、深海底の軟泥部は、おそらく豊富な有機物が溶岩の熱の影響で黒っぽい色になっているものと思われる。また、溶岩部は、海底での急冷化によりガラス質の基質の岩石が形成されるが、海底風化作用などの二次的過程によって脱ハリ化が進行している。

二酸化ケイ素を主体とするチャートは、変成作用を受けると石英粒子の再結晶化が容易に進み、Hj-94のような珪岩になることが多い。珪岩は肱川の河原で観察できる代表的な岩石の1つである。

さらに、肱川の河原では赤色チャートと非常によく似た赤色頁岩も観察できる。しばしばチャートと間違えられることがある。図版IIIのHj-02に示されるように、赤色頁岩の中には色合いがチャートとそっくりなものがある。顕微鏡で観察すると、細かい碎屑粒子が含まれていることが分かる。赤色頁岩については別の図版IVで詳細に説明する。

3. 碎屑岩類

碎屑岩とは、造山運動などによって陸上に露出した岩石が、浸食され、河川をつうじて運搬、そして海底

に堆積した粒子が続成作用によって固結したものである。粒子の径が 2mm より大きければ礫岩、粒子径が 1/16mm~2mm であれば砂岩に、1/16mm より小さければ泥岩というように、その粒径によって区分される。いずれにしても碎屑岩は、その粒子の起源が陸上にあることが重要である。

図版Ⅳ~Ⅵに様々な碎屑岩を掲載した。肱川の河原では、様々な碎屑岩を観察できる。図版Ⅳには砂岩を示している。砂粒が肉眼でも観察できる中粒砂岩(Hj-08, Hj-17, Hj-30)や、礫サイズの泥岩の岩片がイレギュラーに含まれる砂岩(Hj-52, Hj-76)などを示している。砂岩を顕微鏡で観察すると、その構成粒子は角ばったものが多く、石英や斜長石粒子の間を泥質基質が充填するワッケ質の砂岩が多い。これらの砂岩は、おそらく、秩父帯北帯あるいは秩父帯南帯に由来するものと考えられる。

図版Ⅴには、主に泥岩(頁岩)を掲載した。肱川の河原で観察できる泥岩は、中生代以前に形成されたものがほとんどであるため、続成作用で形成された泥岩がさらに埋没変成作用等によって固化が進行し、硬く黒い岩石になっている(Hj-31, Hj-35, Hj-44)。このような岩石を一般に頁岩と呼ぶ。頁岩からもしばしば放射虫化石が発見され、その形成年代は、ジュラ紀の年代を示すものが多い。頁岩も砂岩と同様に、秩父帯北帯並びに南帯に由来するものと考えられる。

さらに頁岩にはHj-28に示すように、細かく砕かれたものが固まってできたようなものや、砂粒子が混在するようなもの(Hj-15, Hj-18)が存在する。これらの岩石は、大陸棚の縁辺部あるいは陸棚斜面等の未固結あるいは半固結状態の泥や砂が、海底地滑りなどによって海底斜面を流れ下って、海溝などのより深い海底に再堆積して形成されたものと考えられている。図版Ⅴから図版Ⅵには、砂泥混在岩を掲載している(Hj-15, Hj-73)。図版ⅥのHj-73の砂泥混在岩を顕微鏡で観察すると、砂岩部は、破碎されたような組織を示し、構成粒子である石英が細かく砕けて泥質基質中に散在する様子が確認できる。上述のように、こういった砂泥混在岩は、海底地滑りの産物と考えられているが、プレート境界等で巨大地震の発生にともなって海底の斜面を流れ下って形成されるため“地震の化石”といえるかもしれない。

図版Ⅵには赤色頁岩も示している(Hj-59, Hj-62)。赤色頁岩は、比較的陸に近い深海性の堆積物で、陸上

での火山噴出物が海面に降り注ぎ、その噴出物が海底の泥と混ざり合って堆積したものと考えられている。火山噴出物には鉄分が多く含まれているため、その酸化によって赤色を呈する。Hj-59のように、層理面が発達することがある。また、チャートと較べて柔らかいため、鉄くぎやカッターナイフ等で容易に傷をつけることができ、チャートと区別することができる。

4. 緑色岩・変ハンレイ岩類

緑色岩は、秩父帯北帯及び南帯に分布する。特に四国カルストをつくる石灰岩台地の基盤を形成したり、碎屑岩中のブロック状岩体として産出したりする。

図版Ⅶ及び図版Ⅷに様々な緑色岩の写真を掲載した。図版に示されるように緑色岩は実に様々な色合いや表面組織を示すことが分かる。緑色岩は、中生代や古生代などの地質時代に活動した火成作用によって形成された海山や海洋島を構成する玄武岩を主体とする岩石である。海中で噴出した溶岩であるため、長い時間経過の中で、海水と接触することにより海底風化作用や熱水変質作用、さらにプレートの沈み込み等による変成作用などにより、玄武岩は緑色岩化する。緑色岩は、これらの二次的な作用によって、緑泥石や緑簾石などの緑色の鉱物が形成されたり含まれる鉄分が酸化したりして緑色や紫色の岩石となる。

緑色岩は、上述のような二次的作用の際に元素の移動が生じて元々の玄武岩とは異なった化学的な特徴を示すことがある。しかしながら、顕微鏡で観察すると、元々の玄武岩の組織を保有していることもある。図版Ⅶ Hj-19の赤紫色に変色した緑色岩は、顕微鏡で観察すると、緑色岩化する前の元々の玄武岩に特徴的な、カンラン石微斑晶と長柱状の斜長石からなる間粒状組織が保存されている。また図版Ⅷ Hj-40を顕微鏡で観察すると、この岩石の変質の程度は著しく、Hj-19のようなはっきりとした火山岩の組織は示さないものの、変質した長柱状の斜長石がモザイク様に充填したサブオフィティック組織が残存している。

また緑色岩の中には、図版Ⅷ Hj-54やHj-87に示されるように、まだら状の組織を持つものも認められる。特にHj-87では、淡緑色の丸い形をした部分が紫色の基質中に分布しているのが明確である。こういったまだら状の組織を示す岩石は、その化学組成に基づくと、アルカリ玄武岩で、さらにSr・Nd同位体組成の検討から、両者は同一起源のマグマに由来していることが

明らかになっている (Sano *et al.*, 2004). これは、おそらくアルカリ玄武岩質マグマの液相不混和現象によって形成された可能性があることが指摘されている。

図版Ⅷの下段に変ハンレイ岩の写真を示す (Hj-24, Hj-92, Hj-93). 変ハンレイ岩は、主に三波川変成帯の南縁部に分布する御荷鉾緑色岩類の主要な構成岩類である。代表的な産地としては、大洲市の富士山 (とみすやま) が挙げられる。変ハンレイ岩は、粗粒の淡緑色の部分と濃緑色部からなり、変質作用あるいは変成作用を被る前のハンレイ岩の組織が残存している。しかしながら顕微鏡の観察では、淡緑色部は元々斜長石であったと思われるが、完全にソーシュライト化している。また濃緑色の部分は元々の輝石が二次的な角閃石の形成を伴いながらも残存している様子が観察できる。さらに、二次的な変成作用によって、顕著な薄紫～青色の多色性を示すアルカリ角閃石が成長している。このアルカリ角閃石は、おそらく藍閃石あるいはクロス閃石だと考えられ、このことは変ハンレイ岩が低温高压型の変成作用を被ったことを示している。

5. 結晶片岩類

結晶片岩類は、三波川変成帯を構成する岩石の主要メンバーである。肱川の河原では主に緑色片岩や赤色片岩を観察することができる。図版Ⅸに緑色片岩を、図版Ⅹに赤色片岩を提示した。結晶片岩は、海洋地殻を構成するプレートが、海溝付近で沈み込む際に形成される低温高压型の変成岩である。海洋地殻をつくる玄武岩等がこの変成作用を受けると緑色の結晶片岩 (緑色片岩) になる。玄武岩には鉄やマグネシウムが多く含まれるため、玄武岩が変成作用を受けると、生成される鉱物も鉄やマグネシウムに富むものが結晶化する。緑泥石やアクチノ閃石、緑簾石といった緑色系の鉱物である。このため玄武岩が変成作用を受けると緑色の結晶片岩になる。

図版Ⅹに赤色片岩を示す。赤色片岩はチャートが変成作用を受けて形成されたと考えられている。そのため、赤色片岩の主要鉱物は石英である。微細な石英を主体として、赤鉄鉱や紅簾石が含まれる。赤鉄鉱や紅簾石が赤い鉱物であるため、全体として赤みを帯びた赤色片岩となる。赤色片岩は、石英が多いため、珪質片岩と呼ばれることもある。Hj-97 は石英の多い珪質

片岩である。一方、Hj-70 は、石英が少なく微細な赤鉄鉱や紅簾石が層をなし、縮緬皺 (ちりめんじわ) 状の微褶曲を形成している。この岩石は、比較的変成度の低い“準片岩”と呼べるような岩石である。またHj-77 やHj-61, Hj-66 は石英を主体とする層と赤紫色の紅簾石あるいは赤鉄鉱からなる層が重なり合った片理面が顕著である。Hj-71 の赤色片岩は、顕微鏡では、微細な石英からなる層と炭質物や雲母等からなる層が互いに褶曲している様子が観察できる。

結晶片岩は、強い変形を伴って形成されることが多く、片理面が発達する。そのため、結晶片岩は片理面に沿って薄く割れやすい性質をもつことが多い。

6. 黒瀬川構造帯を構成する岩石

黒瀬川構造帯には、古生代シルル紀の年代を示すカコウ岩類 (三滝火成岩類) や変成岩類 (寺野変成岩類)、石灰岩などが、蛇紋岩に伴って産出する。このような古い年代を示す岩石は、日本国内でも稀であり、黒瀬川構造帯は日本列島で最も古い岩石が産出する地帯の1つとして注目を浴びている。

図版Ⅺに肱川の河原で観察できる黒瀬川構造帯由来の岩石を提示した。肱川の河原では、主に、黒瀬川構造帯由来と考えられるカコウ岩類と変成岩類が観察できる。一方、黒瀬川構造帯由来のシルル紀石灰岩は肱川の河原で見つけることは難しく、西予市城川町を流れる肱川支流の黒瀬川で観察することができる。黒瀬川の河原ではクサリサンゴやハチノスサンゴなどの化石を含む石灰岩が見つかることがあるが、これらの石灰岩は非常に貴重なものであるため観察のみに留め、採集はしない。

三滝火成岩類は、西予市城川町三滝山周辺に露出することからこの名前が付けられている。Hada *et al.* (2000) は、カコウ岩に含まれるジルコンの U-Pb 年代法により 450-430Ma の放射年代を報告した。瀬戸内地域や中国地方に広く露出する見慣れたカコウ岩類とは明らかに異なった岩相を示すため、一見、見逃してしまいそうな岩石である。形成されてから4億年以上経過した古い岩石であるため、時間の経過に伴う二次的な作用によって、緑がかった色調を示すものが多い (Hj-51, Hj-67, Hj-96, Hj-98)。Hj-51 は、河原で観察できる最も一般的なカコウ岩で、顕微鏡下の観察では、構成鉱物である斜長石は変質が進行している。石英は風化などの二次的作用に対して強いため、クリ

アな鉱物として残存していることが多い。

肱川の河原で観察できるカコウ岩類には、三滝火成岩類に由来するものが含まれるが、カコウ岩は黒瀬川構造帯の、より新しい時代に形成された陸棚堆積層にも礫として含まれる（波田, 2023）ため、必ずしも全てのカコウ岩が4億年以上前のものであるとは限らない。

寺野変成岩類は、西予市城川町寺野集落周辺に分布する角閃岩相から一部グラニュライト相の変成作用を被った岩石である。城川町周辺の寺の変成岩類からはまだ直接放射年代の報告はなされていないが、高知市宗安寺のグラニュライト相を示す角閃岩から $409 \pm 21\text{Ma}$ (Yoshikura *et al.*, 1981) の、また黒瀬川構造帯の西方延長に位置する九州八代地域の变成岩類からは $420\text{--}540\text{Ma}$ の Sm-Nd アイソクロン年代が得られている（小山内ほか, 2000）。

肱川の河原で観察できる寺野変成岩類を図版 XI Hj-39, Hj-86 に示す。これらの岩石には、斜長石や輝石（単斜輝石）が含まれることから、グラニュライト相の変成作用を経て形成された角閃岩であると考えられる。

三滝火成岩類や寺野変成岩類は、蛇紋岩と密接に関連して産出する。蛇紋岩（Hj-90）は、元々マントルを構成するカンラン岩が、水との相互作用により蛇紋石が形成されてできた岩石である。蛇紋岩は非常に流動性に富むため、黒瀬川構造帯のような脆弱な構造帯に貫入することが多い。

IV. おわりに

愛媛県の河原で観察できる岩石のうち、今回は中予～南予地域を水系とする肱川の河原で観察できる岩石を紹介した。肱川水系の後背地は、三波川変成帯、御荷鋳緑色岩類、秩父帯北帯、黒瀬川構造帯、秩父帯南帯と多岐にわたるため、川原で観察できる岩石種も豊富である。とりわけ興味深いことは、肱川の河原では、「付加体」という日本列島を形作る土台となる岩石種を全て観察できることである。さらに、肱川の河原では、日本列島を構成する岩石で最も古い時代を示す岩石、「黒瀬川構造帯」を構成する岩石を見つけることができるかもしれない。様々な起源の様々な石を観察し、その形成過程を想像してみたい。

付記

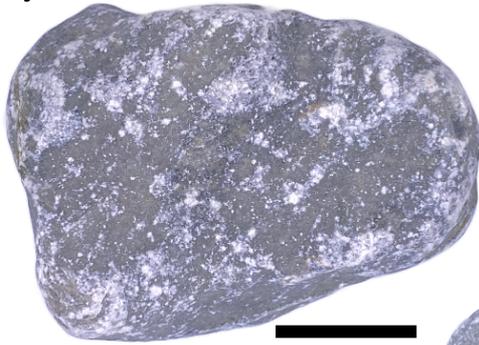
本報告は、2025年度教育学部で開講された「地学演習 I・II」の内容をまとめたものである。

文献

- Aoki, K., Isozaki, Y., Atsushi Yamamoto, A., Sakata, S. and Hirata, T. (2015) Mid-Paleozoic arc granitoids in SW Japan with Neoproterozoic xenocrysts from South China: New zircon U–Pb ages by LA-ICP-MS. *Journal of Asian Earth Sciences*, **97**, 125-135.
- 青矢睦月・遠藤俊祐（2017）初期三波川変成作用の認識、及び後期白亜紀三波川沈み込み帯の描像。地質学雑誌, 123, 677–698.
- Endo, S., Kouketsu, Y. and Aoya, M. (2024) Sanbagawa Subduction: What Went in, How Deep, and How Hot did it Get? *Elements*, **20**, 77–82. DOI: 10.2138/gselements.20.2.77.
- 波田重熙（2023）四国中・西部黒瀬川帯の構成岩類とその起源。神戸女子大学文学部紀要, **56**, 113-134.
- Hada, S., Yoshikura, S. and Gabites, J.E. (2000): U-Pb zircon ages for the Mitaki igneous rocks, Siluro-Devonian tuff, and granitic boulders in the Kurosegawa terrane, Southwest Japan. *Memoirs of the Geological Society of Japan*, **56**, 183-198.
- Hada, S., Ishii, K.-I., Landis, C.A., Aitchison, J. and Yoshikura, S. (2001) Kurosegawa Terrane in Southwest Japan: Disrupted Remnants of a Gondwana-Derived Terrane. *Gondwana Research*, **4**, 27-38.
- Hara, H., Hirano, M., Kurihara, T., Takahashi, T. and Ueda, H. (2018) Permian arc evolution associated with Panthalassa subduction along the eastern margin of the South China block, based on sandstone provenance and U–Pb detrital zircon ages of the Kurosegawa belt, Southwest Japan. *Journal of Asian Earth Sciences*, **151**, 112–130.
- Ichiyama, Y., Ishiwatari, A., Kimura, J., Senda, R. and Miyamoto, T. (2014) Jurassic plume-origin ophiolites in Japan: accreted fragments of oceanic plateaus. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **168**, 1019.
- 磯崎行雄・丸山茂徳（1991）日本におけるプレート造山論の歴史と日本列島の新しい地体構造区分。地学雑誌, **100**, 697-761.
- Kimura, G., Sakakibara, M. and Okamura, M. (1994) Plumes in central Panthalassa? Deductions from accreted oceanic

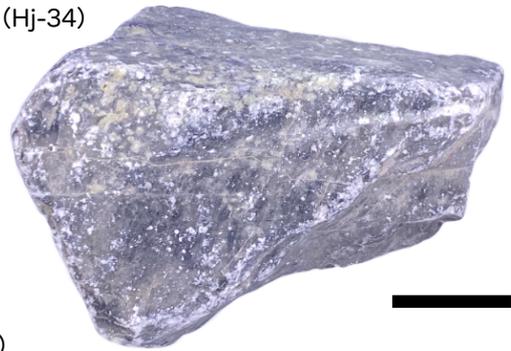
- fragments in Japan. *Tectonics*, **13**, 905–916.
- Knittel, U., Tokiwa, T., Tsutsumi, Y., Endo, S. and Wallis, S.R. (2024) Geochronology of the Sanbagawa Belt: Younger and Faster than Before. *Elements*, **20**, 89–95. DOI: 10.2138/gselements.20.2.89.
- 牧本 博・竹内圭史, 1992, 寄居地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 136p.
- 松岡 篤 (1998) 四国西端部秩父累帯の地体構造区分. 地質学雑誌, **104**, 565-576.
- 松岡 篤・山北 聡・榊原正幸・久田健一郎 (1998) 付加体地質の観点に立った秩父累帯のユニット区分と四国西部の地質. 地質学雑誌 **104**, 634-653.
- 小山内康人・濱本拓志・加賀美寛雄・大和田正明・堂山大助・安東努 (2000) 九州黒瀬川帯に産するザクロ石-単斜輝石グラニュライトおよびザクロ石角閃岩の原岩と同位体年代. 地質学論集, **56**, 199-212.
- 榊原正幸・岩崎正夫 (1996) 御荷鉾緑色岩類 (項目説明). 地学団体研究会編「新版地学事典」, p1276, 平凡社.
- 榊原正幸・大山ゆかり・梅木美妙・榊原 光・正野英憲・後藤真一 (1998) 四国西部における北部秩父帯の地体構造区分と広域変成作用. 地質学雑誌, **104**, 604-622.
- 佐野 栄 (2025) 重信川の河原の石. 愛媛大学教育学部附属科学教育研究センター紀要, **4**, 49–65.
- Sano, S., Sakakibara, M. & Higashimura, M. (2004) Large-scale liquid immiscibility in the Jurassic Sorachi HIMU basalt of the Kamuikotan accretionary complex, Hokkaido, Japan: Petrology and geochemistry. 32nd International Geological Congress. Abstract volume (T27.01 76-26).
- 産総研地質調査総合センター (2025) 20 万分の 1 日本シームレス地質図 V2, オリジナル版. <https://gbank.gsj.jp/seamless/> (2026.3.9 閲覧).
- 四国地方整備局 (2026) 1. 肱川の概要. https://www.skr.mlit.go.jp>office>ksk1_gaiyo (2026.3.9 閲覧).
- 鈴木堯士 (1967) 四国におけるみかぶ緑色岩類. 地質学雑誌 **73**, 207-216.
- Yoshikura, S., Shibata, K. and Maruyama, S. (1981) Garnet-clinopyroxene amphibolite from the Kurosegawa Tectonic Zone, near Kochi City - Petrology and K-Ar age -. *Journal of the Association of Mineralogy, Petrology and Economic Geology*, **76**, 102-109.

(Hj-13)

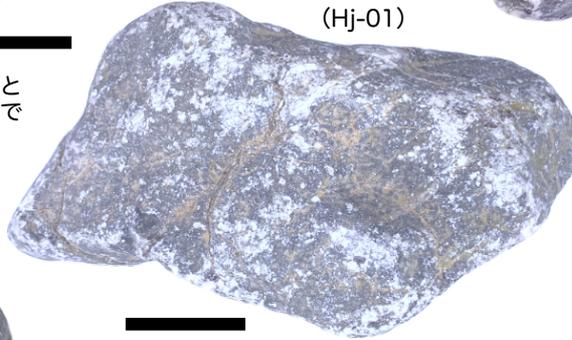


川の流れによる運搬の際、他の石とぶつかってたくさんの白いキズができています。

(Hj-34)

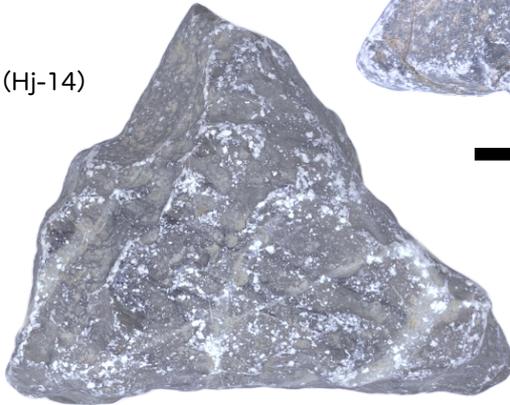


(Hj-01)



石灰岩は、化学的風化作用を受けやすい岩石である。そのため、しばしば表面が溶けたようになめらかになることが多い。また、川の上流から運搬される際、他の岩石と衝突して白くキズが付くことが多い。

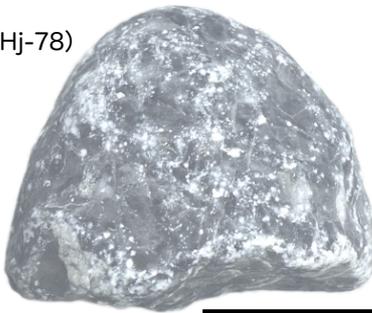
(Hj-14)



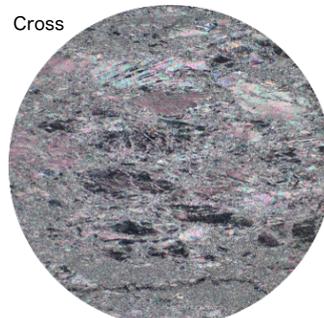
(Hj-80)



(Hj-78)

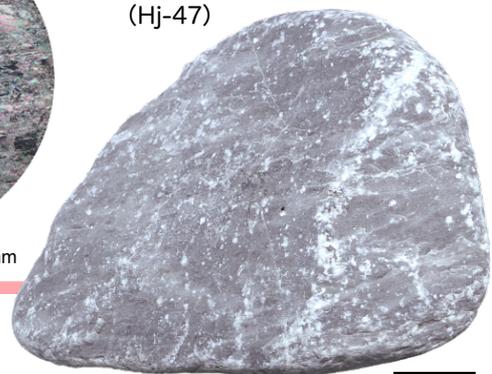


Cross

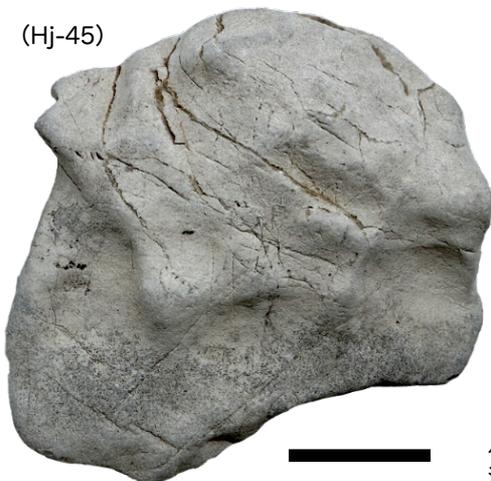


直径：約3.5mm

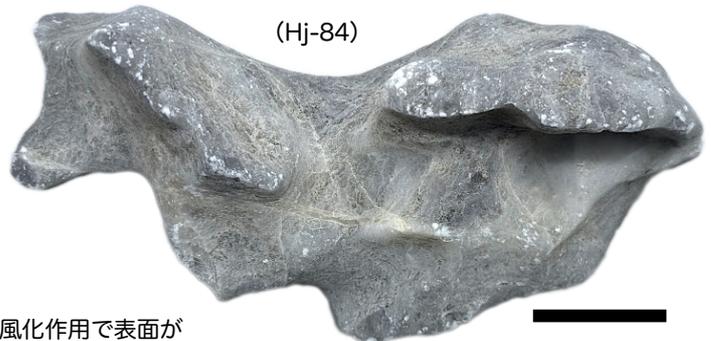
(Hj-47)



(Hj-45)



(Hj-84)



化学的風化作用で表面が溶けた様子。

図版Ⅰ 肱川の河原で観察できる石 石灰岩

※岩石の下のスケールバーは全て2cm

赤色チャート

(Hj-53)



(Hj-03)

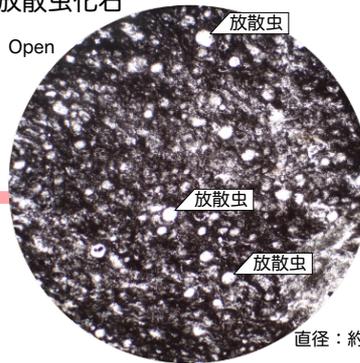


(Hj-07)



放散虫化石

Open



直径：約3.5mm

チャート中にみられる放散虫化石。丸く穴が空いたようにみえる部分がすべて放散虫。放散虫の大きさはおよそ50~100 μm。放散虫の周りの黒っぽい部分は有機物からなる泥質基質からなる。

一般的にチャートは硬く緻密な岩石である。そのためこの拡大写真のように、表面がツルツルしていることが多い。

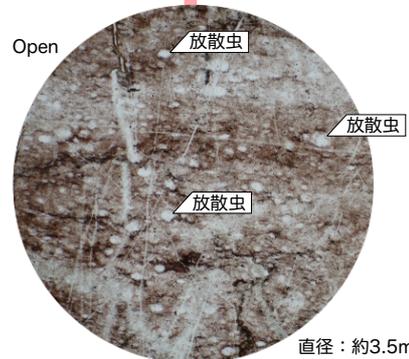


(Hj-10)



放散虫化石

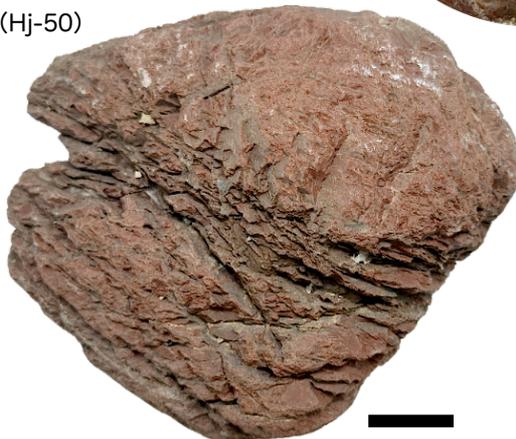
Open



直径：約3.5mm

このチャートにも放散虫がたくさん含まれている。楕円の白い部分が放散虫。このチャートは上のHj-07とは異なり、基質部が、細粒の石英に再結晶化している。

(Hj-50)

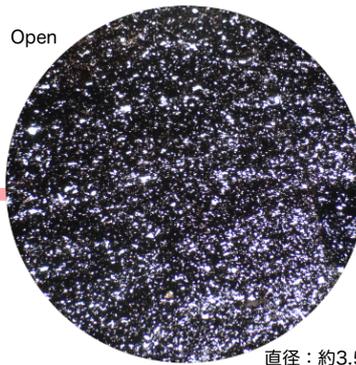


チャートは、二酸化ケイ素の殻を持つ放散虫というプランクトンの死骸が海底に堆積して造られた岩石である。二酸化ケイ素は石英と同じ成分なので、チャートは、非常に硬い岩石となる。そのため、風化作用に対して非常に強く、ゴツゴツとした形の岩石になることが多い。

図版 II 肱川の河原で観察できる石 チャート

チャートと間違えやすい赤色頁岩

(Hj-02)

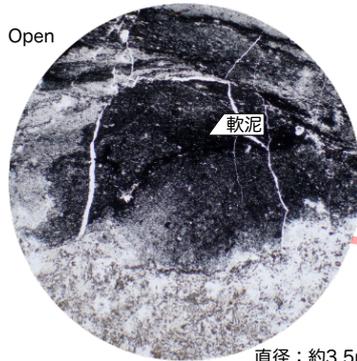


直径：約3.5mm

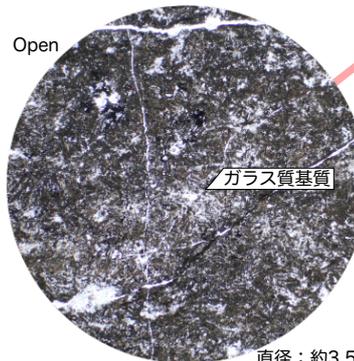
チャートに非常によく似ている赤色頁岩。頁岩で特徴付けられる層理面が発達していない場合、チャートとの区別が付けにくい。顕微鏡では、細かな碎屑粒子（白い部分）が含まれている様子が観察できる。黒い部分は泥質基質である。

チャートと緑色岩との接触部

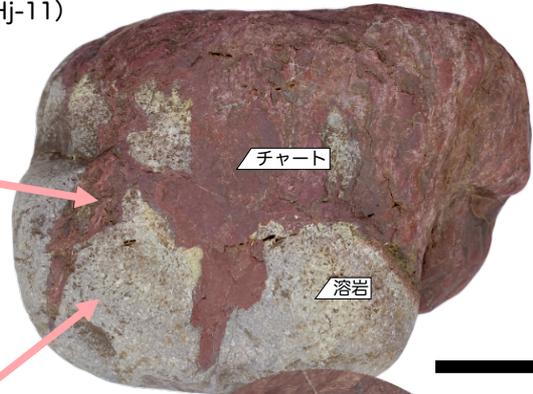
(Hj-11)



直径：約3.5mm



直径：約3.5mm



深海底に堆積した放散虫軟泥に海底火山から噴火した溶岩が接触して形成された部分。赤い部分は、おそらく溶岩の熱で焼かれて有機物が黒くなっているものと考えられる。淡緑色の溶岩の部分は、海底での急冷によりガラス化し、現在は更なる変質作用を被って脱ハリ化している。

黒色チャート

(Hj-95)



珪岩（変成したチャート）

(Hj-94)

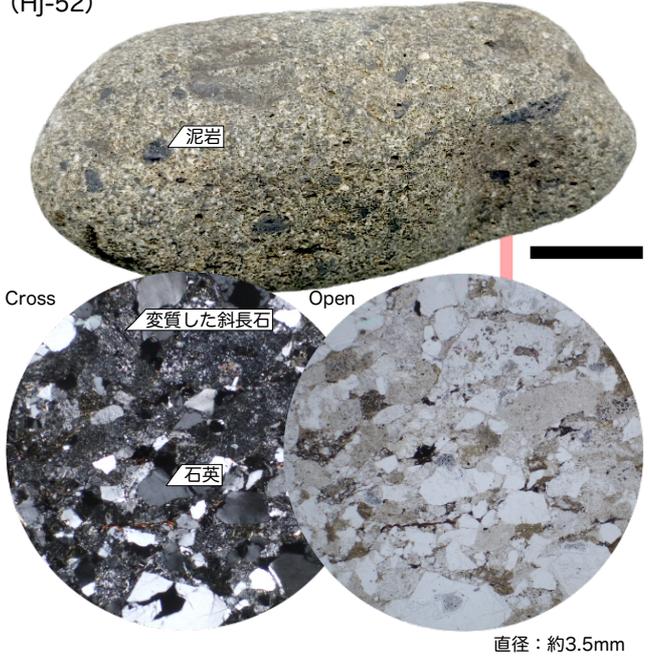


チャートには赤色を示さず、灰色～灰黒色を示すものがある。赤色チャートが酸化的な環境で形成されるのに対し、このような色のチャートは還元的な環境で形成されたと考えられている。

砂岩 (中粒)
(Hj-08)



含レキ砂岩
(Hj-52)



砂岩 (中粒)
(Hj-17)



含レキ砂岩
(Hj-76)

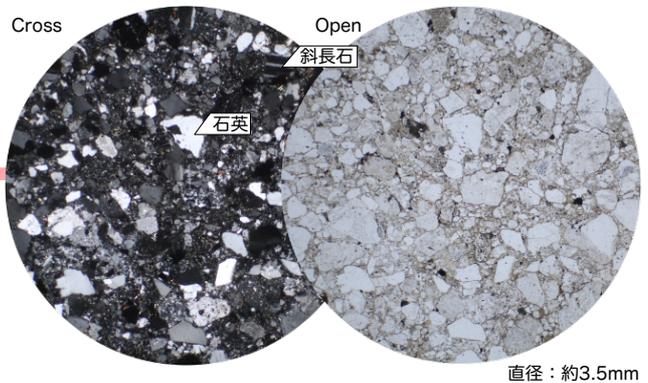


砂岩 (中粒)
(Hj-30)



碎屑岩類のうち砂岩は、おそらく秩父帯北帯あるいは南帯に由来する。顕微鏡下での観察では、泥質基質が多く、斜長石や石英の角ばった粒子が多く含まれることから、フック質の砂岩が卓越するものと考えられる。

砂岩 (中粒)
(Hj-58)



図版IV 肱川の河原で観察できる石 碎屑岩類

頁岩
(Hj-31)



砂岩頁岩接触部
(Hj-20)



砕屑岩類のうち頁岩（泥岩）は、おそらく秩父帯北帯あるいは南帯に由来する。多くの泥岩は、含まれる放射虫化石からジュラ紀の堆積物であることがわかっている。

頁岩
(Hj-35)



破碎された頁岩
(Hj-28)



頁岩（泥岩）は、微細粒子の集合体で、有機物が多く含まれたりするため黒色を呈する。また、層理面が発達しないものが多い。

頁岩
(Hj-44)



頁岩は、細かく砕かれたり（破碎された頁岩）、砂が混在したりすることがある（砂泥混在岩）。これらの岩石は、未固結あるいは半固結状態の泥や砂が、海底地滑りなどによって海底斜面を流れ下って、再堆積して形成されたものと考えられている。



砂泥混在岩
(Hj-15)



砂混じり頁岩
(Hj-18)

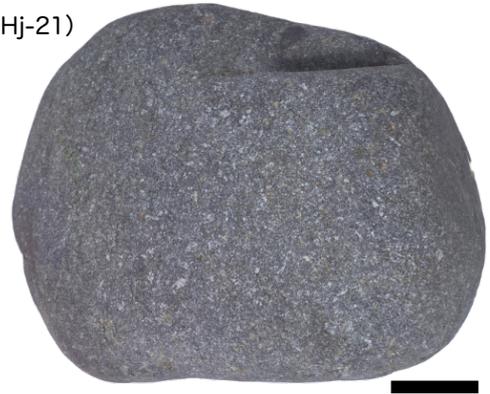


緑色岩は、中生代や古生代など地質時代に活動した火成岩で、主に海底での火成活動で形成された玄武岩質岩石が多い。長い時間の経過の中で、岩石は熱水変質作用や海底風化作用、さらにはプレートの沈み込み等に伴って変成作用を被ることがある。このように緑色岩は、噴出後、様々な二次的作用を被り、緑色や紫色の岩石となる。

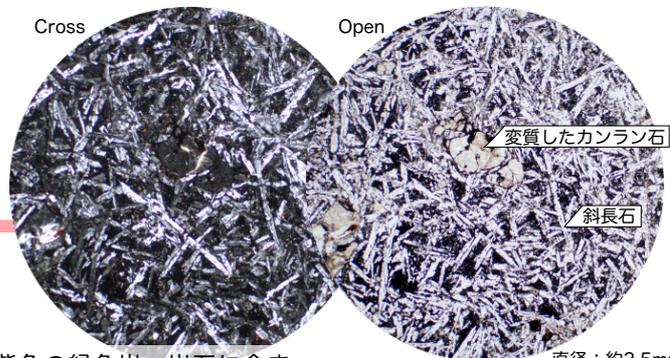
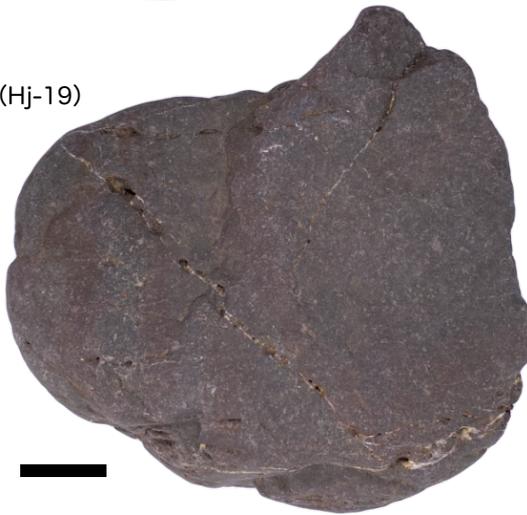
(Hj-06)



(Hj-21)



(Hj-19)



赤紫色の緑色岩。岩石に含まれる鉄分が酸化して赤紫色になっている。顕微鏡で観察すると、玄武岩に特徴的な、カンラン石微斑晶と長柱状の斜長石からなる間粒状組織が認められる。

直径：約3.5mm

(Hj-22)



(Hj-23)



(Hj-38)



(Hj-25)



図版VII 肱川の河原で観察できる石 緑色岩

(Hj-54)



(Hj-40)



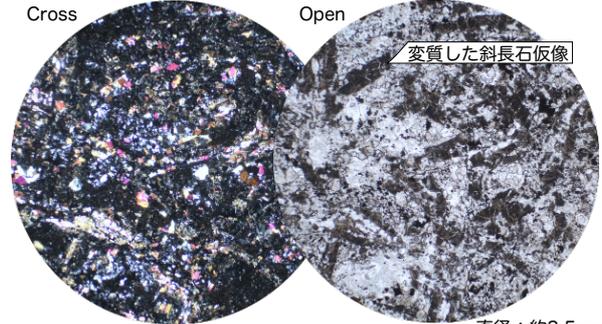
秩父帯には、緑色岩が多く産出するが、左の写真のような2種類の異なった岩石がまだら状に混ざったようなものも観察できる。この緑色岩はアルカリ玄武岩質で、液相不混和現象によってこのような模様が形成された可能性がある。

(Hj-87)



Cross

Open



変質した斜長石仮像

直径：約3.5mm

変ハンレイ岩

(Hj-92)



変ハンレイ岩

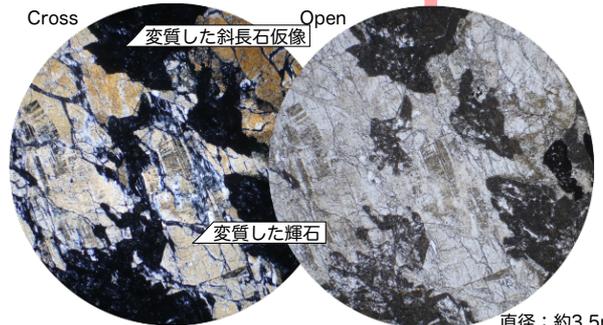
(Hj-24)



変ハンレイ岩は三波川変成帯の南縁部に分布し、写真のような変ハンレイ岩が特徴的に産出する。変ハンレイ岩中には変質した斜長石や輝石が含まれている。

Cross

Open



変質した斜長石仮像

変質した輝石

直径：約3.5mm

変ハンレイ岩

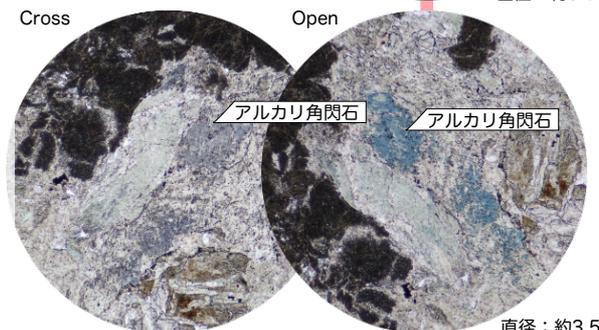
(Hj-93)



変ハンレイ岩の中には、右の写真のような青～薄紫の多色性を示すアルカリ角閃石（クロス閃石？）が形成されることがある。これは変ハンレイ岩が低温高圧型の変成作用を被ったことを示している。

Cross

Open



アルカリ角閃石

アルカリ角閃石

直径：約3.5mm

図版VIII 肱川の河原で観察できる石 緑色岩・変ハンレイ岩

(Hj-12)



結晶片岩は、海洋地殻を構成するプレートが海溝付近で沈み込む際に形成される低温高圧型の変成岩である。海洋地殻をつくる玄武岩等がこの変成作用を受けると緑色の結晶片岩（緑色片岩）になる。

(Hj-48)



(Hj-68)



結晶片岩は、強い変形を伴って形成されることが多く、片理面が発達する。片理面に沿って薄く割れやすい性質をもつ。

(Hj-75)



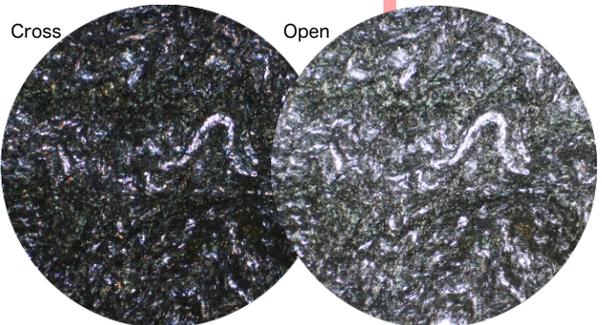
(Hj-64)



(Hj-63)



(Hj-65)



細かな褶曲（微褶曲）が発達した片理。

直径：約3.5mm

(Hj-74)



変成鉱物として黄緑色の緑簾石（リョクレン石）が脈状に発達している。

(Hj-60)



図版IX 肱川の河原で観察できる石 結晶片岩1：緑色片岩

赤色片岩は、チャートが変成作用を受けて形成されたと考えられている。そのため主要構成鉱物は、微細な石英である。赤鉄鉱や紅簾石が含まれると赤い色合いの岩石になる。

(Hj-97)



(Hj-16)



(Hj-85)



(Hj-70)



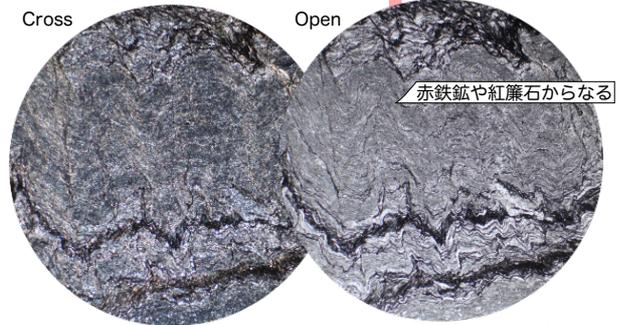
右の岩石は比較的変成度の低い準片岩ともいえる岩石である。顕微鏡では、縮緬皺状の微細な褶曲構造が観察できる。

(Hj-77)



Cross

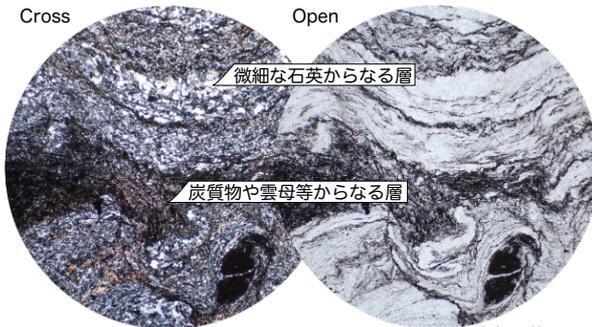
Open



赤色片岩には石英の多い白っぽい層と赤鉄鉱や紅簾石の多い赤い層が互層を形成することがある。

Cross

Open



直径：約3.5mm

(Hj-71)



(Hj-61)



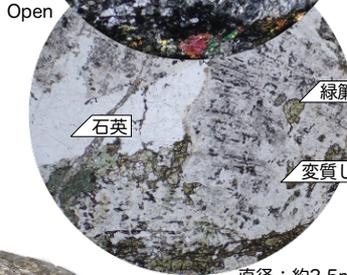
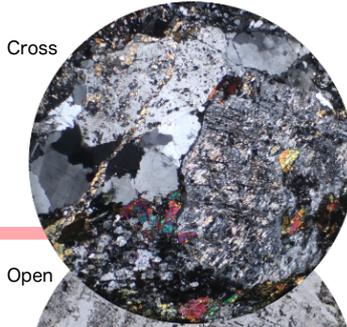
(Hj-66)



図版X 肱川の河原で観察できる石 結晶片岩2：赤色片岩

黒瀬川帯には、古生代シルル紀の年代を示すカコウ岩類（三滝カコウ岩）や変成岩類（寺野変成岩）、石灰岩などが、蛇紋岩に伴って産出する。このような古い年代を示す岩石は、日本国内でも稀であり、黒瀬川帯は、日本で最も古い岩石が産出する地帯として注目を浴びている。

“三滝カコウ岩”
(Hj-51)



直径：約3.5mm

“三滝カコウ岩”
(Hj-67)



顕微鏡では変質した斜長石や石英、二次鉱物の緑簾石などが観察できる。

“三滝カコウ岩”
(Hj-98)

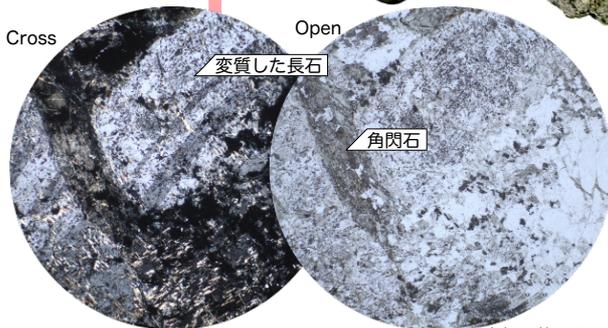


“三滝カコウ岩”
(Hj-96)



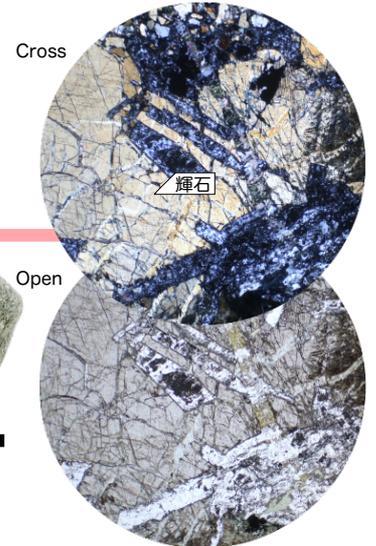
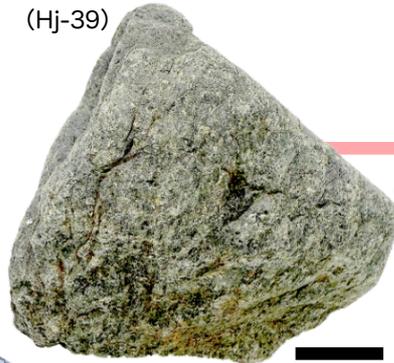
“三滝カコウ岩”は、主に、西予市城川町の三滝山を構成する岩石である。瀬戸内地域に産出するカコウ岩とは明らかに異なり、地質時代における二次的な作用によって通常のカコウ岩よりも緑がかった色調を示すものが多い。

“寺野変成岩”
(Hj-86)



直径：約3.5mm

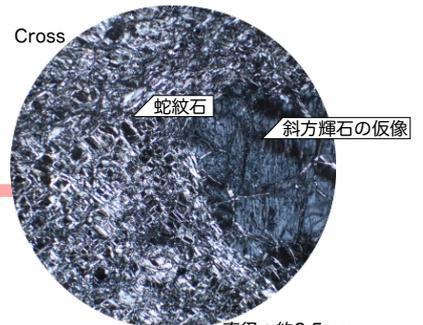
“寺野変成岩”
(Hj-39)



“寺野変成岩”は、西予市城川町寺野集落周辺に分布する変成岩である。稀にザクロ石が含まれることがある。角閃岩相から一部グラニュライト相の変成作用を受けて形成されたと考えられている。この変成岩類からも古生代シルル紀の年代が求められている。

蛇紋岩
(Hj-90)

蛇紋岩は、元々マントルを構成するカンラン岩が、水との相互作用により蛇紋石が形成されてできた岩石である。非常に流動性に富むため、脆弱な構造帯に貫入することが多い。



直径：約3.5mm

図版XI 肱川の河原で観察できる石 黒瀬川構造帯を構成する岩石