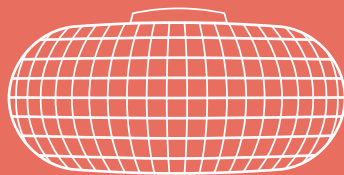


散文

名古屋大学名誉教授 足立 守

名古屋大学名誉教授 足立 守



1 はじめに

岐阜県七宗町の「日本最古の石博物館」(写真-1.1)は1996年4月26日にオープンしました。この博物館は後で詳しく述べるように、1970年に七宗町の飛騨川河床で見つかった上麻生礫岩¹⁾と深い関係があります。上麻生礫岩には、礫として今から20.5億年前に花崗岩として誕生し、その後約17億年前の変成作用で花崗片麻岩になった先カンブリア時代の礫^{2), 3)}(タイムカプセル“日本最古の石”)が含まれています。



写真-1.1 日本最古の石博物館(宇宙船?をイメージした建物)

日本最古の石博物館の展示は飛騨川の清流で磨かれた上麻生礫岩の露頭と相補的なものです。自然相手の地質学では五感のすべてを使って本物の岩石・地層を自然の中でよく観察して考えることが大事なので、上麻生礫岩に関する情報は唯一無二の野外展示場である飛騨川の露頭で見るのが一番です。室内・野外の両方を見て考えることによって、貴重なタイムカプセルを開ける鍵のヒントが見つかるかもしれません。

上麻生礫岩に含まれる日本最古の石は日本列島の起源を考える上で重要な情報を持っています。そこで、最古の石に含まれるモナザイトやジルコンの年代決定に関して名古屋大学で開発されたCHIME(チャイム)年代測定法¹⁶⁾と、最古の石の故郷に関して韓国で行なった地質調査と年代研究結果については少し詳しく紹介します。

上麻生礫岩は筆者が名古屋大学の修士研究「美濃帯の碎屑岩類の古流系解析」で飛騨川沿いのソールマークを調査中に発見したもののなので、まず上麻生礫岩を含む美濃帯の中・古生層から解説したいと思います。

2 美濃帯の中・古生層

岐阜県には美濃帯の中・古生層と呼ばれるチャートと砂岩を主体とする地層が広く分布しています(図-2.1、緑の斜線部)。これらの地層は1970年代中頃までは古生層(秩父古生層、内帯の古生層)と呼ばれていました。その理由はこの地域に点在する赤坂石灰岩や伊吹山石灰岩などからペルム紀(二畳紀)の紡錘虫やサンゴの化石が見つかったので、石灰岩周辺のチャートや砂岩も同時代と考えられたからです。その後、コノドントや放散虫化石の研究から、チャートは三畳紀、砂岩・泥岩はジュラ紀が大半を占めることが分かっています。ペルム紀石灰岩とその周りの砂岩や泥岩との境界は断層なので、ジュラ紀の砂岩・泥岩が堆積した時に、古生代の石灰岩が大小様々な岩体として碎屑岩中に取り込まれたというシナリオが現在の考えです。

美濃帯と同じような地層は、西は島根県・広島県西部から東は新潟県・茨城県北部まで広域的に分布し、さらに美濃帯は南隣の領家帯とは漸移関係にあるので、地体構造区分上は美濃帯と領家帯は一つの地質帯です。中部日本では、美濃帯の北には飛騨外縁帯と飛騨帯、南には中央構造線を挟んで三波川帯が分布しています(図-2.1)。古くから関西で丹波帯、関東で足尾帯と呼ばれて

いる地域の地層は、美濃帯の中・古生層と同じものです。



図-2.1 日本列島中部の地体構造区分図

国外に目を向けると、美濃帯と同類の地層は、ロシア沿海州、南北アメリカ大陸の西部海岸地域(アラスカ・カナダ・カリフォルニア・チリ)、ニュージーランド、インドネシア、ベトナム、フィリピン、中国など、いわゆる環太平洋

造山帯に普遍的に分布しています。さらに、類似の堆積層はいわゆるアルプス・ヒマラヤ造山帯と呼ばれる地域にも見られます。

3 七宗の中生層の概略

3.1 岩相と構造

七宗地域に分布する中生層は、主に三畳紀のチャートとジュラ紀の砂岩で、層状チャートが多いことが特徴です(図-3.1)。厚い層状チャート層と砂岩層から構成される岩相は美濃帯では上麻生ユニット⁴⁾と呼ばれています。上麻生ユニットは美濃帯北部の野麦地域や美濃帯南部の犬山地域にも広く分布しています。

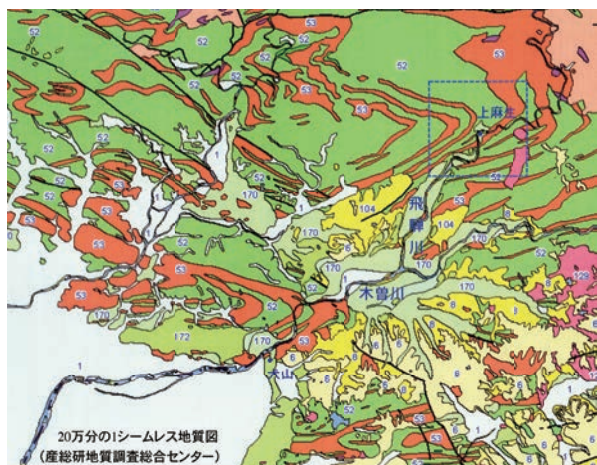


図-3.1 美濃帯南部の地質図
(20万分の1シームレス地質図、青の四角が図-3.2)

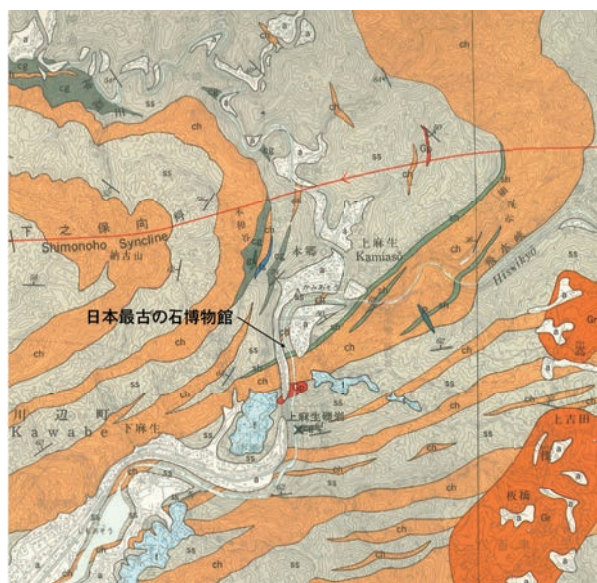


図-3.2 七宗町上麻生周辺の地質図(5万分の1地質図「金山」⁵⁾)

チャートは砂岩や泥岩よりも硬く風化に強いので尾根を作っていることが多く、山頂からの眺望がよく登山者に人気のある七宗町の納古山(標高632.9m、図-3.2中央左)などもチャートでできています。七宗南部の中生層は下之保向斜⁵⁾と呼ばれる西にブランチした褶曲軸を持つ向斜構造をしているので、西に開いたV字形の尾根を作ってチャートが連続していることがランドサットマップや地質図・地形図で明瞭です(図-3.1、図-3.2)。同じようなV字形の尾根地形は七宗と同じ上麻生ユニットの地層が分布する犬山地域(犬山から岐阜にかけて)でもよく分かります。なお、下之保向斜を構成する地層は北隣の中之保背斜^{5), 6)}に連続しています。

3.1.1 チャート

チャートは層状チャート(bedded chert)(写真-3.1.1.1)で、灰色・白・黒・赤褐色・淡緑色・緑青色など様々な色をしています。緑色チャートには、ごくまれにフッ素アパタイトを多く含む黒色チャート(風化面は白色)の厚さ1~2cmの薄層が挟在し、保存状態の良い放散虫化石が含まれています。飛水峡には見事な層状チャートの連続露頭があり、国内外の研究者や学生が毎年のように訪れています(写真-3.1.1.2)。飛水峡のチャートには直径数10cm~数mの甌穴(写真-3.1.1.3)が800個以上存在し天然記念物に指定されています。

チャートに含まれる保存状態が良好な放散虫化石の研究^{5), 7), 8)}から、飛水峡では、砥石層と呼ばれる珪質粘土岩(前期三畳紀)→層状チャート(中期・後期三畳紀~前期ジュラ紀)→層状珪質頁岩(前期・中期ジュラ紀、図-3.2の地質図では濃緑色)という一連の地層が断層で繰り返しています(図-3.1.1.1)。さらに層状珪質頁岩は黒色泥岩をへて砂岩・泥岩互層に変わっていくので、チャート-碎屑岩シーケンスと呼ばれています。珪質頁岩の下部には *Hsuum hisuikyense*(写真-3.1.1.4)などの前期ジュラ紀の放散虫化石、さらに上位になると中期ジュラ紀の *Dictyomitrella(?)kamoensis*-*Pantanellium foveatum* 群集の放散虫化石が多産します^{9)~11)}(写真-3.1.1.5)。

層状チャートは陸から遠く離れた深海底で堆積したというのが通説ですが、杉崎ら¹²⁾は1980年代初頭に飛水峡の層状チャートの地球化学的研究から、美濃帯の層

状チャートの生成環境は陸から遠く離れた深海底ではなかったという論文をイギリスのNATURE誌に発表し注目を集めました。



写真-3.1.1.1 飛水峡の層状チャート(奥の山も)



写真-3.1.1.2 飛水峡を訪れた海外研究者
(Jones博士とBarber博士・右)



写真-3.1.1.3 チャートに見られる罅穴(直径約1m)

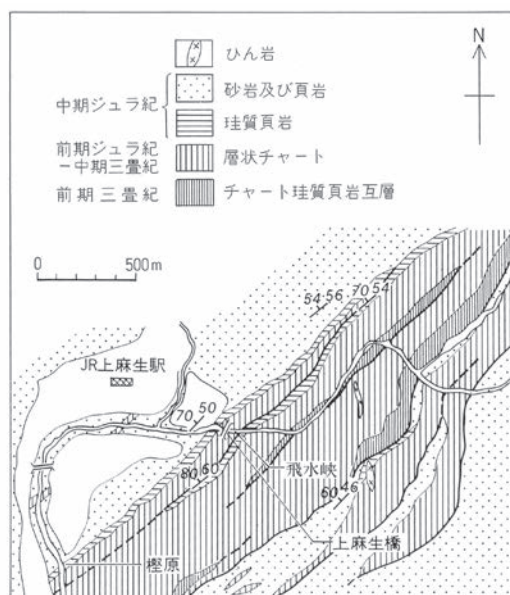


図-3.1.1.1 七宗町飛水峡付近の地質図



写真-3.1.1.4 *Hsuum hisuikyense*のSEM写真



写真-3.1.1.5
*Dictyomitrella (?) kamoensie*のSEM写真

3.1.2 砂岩

ジュラ紀の碎屑岩は主に砂岩・泥岩で一部に礫岩が存在します。砂岩はタービダイト起源のグレイワック砂岩が多く、ソールマーク、級化層理、コンボリュート葉理などの堆積構造が見られます。ソールマークには流れの方向が分かるgroove cast(写真-3.1.2.1)と、流れの向き(ベクトルとしての方位)が分かるflute castやfrondescant castなどが存在します。数としてはgroove castが一番多く、10本以上のgroove castが密集することもあり、長さが2m以上のものも存在します。ソールマークを使った古流系統解析からは碎屑物が北から運ばれて来たことが分かっています^{13)~16)}(図-3.1.2.1, 図-3.1.2.2)。上麻生礫岩も近くの砂岩と同じように北方の後背地から由来したと考えられています^{1), 13), 14)}。



写真-3.1.2.1 砂岩の裏面のgroove cast

砂岩の主要構成鉱物は石英・カリ長石・斜長石で、重鉱物としてガーネット・電気石・ジルコン・モナザイト・アパタイト・黒雲母・白雲母・クロリトイド(まれ)、岩石片としてチャート・石灰岩・玄武岩・クロリトイド千枚岩・珪線石片麻岩・花崗岩・オーソコーツァイトなどが含まれています^{14), 15)}。ガーネットはパイロブ成分の多いものが普遍的に存在します。七宗の砂岩に一番よく似ている砂岩は美濃帯北部の野麦地域のもので、碎屑性クロリトイドも七宗と野麦だけから見つかっています¹⁵⁾。

Th・Uを含むモナザイトやジルコンのCHIME年代については後で詳しく解説しますが、最初のCHIME論文は美濃帯の碎屑性モナザイト年代に関するもの¹⁶⁾で、美濃帯各地(七宗、野麦、郡上八幡、木曽福島、犬山、養老など、図-3.1.2.2)のジュラ紀の碎屑岩には、今から約17.5億年前から約1.8億年前の碎屑性モナザイトが広域的に含まれていることが分かりました^{16)~18)}(図-3.1.2.3)。年代的には17.4億年と14.2億年の2本のリファレンスアイソクロンの間にプロットされる中期先カンブリア時代の粒子が一番多く、次に2.5億年の粒子が目立ち、そのほかに約12.5億年、8.5億年の粒子が少し含まれることが特徴です。美濃帯の砂岩と飛騨帯の飛騨古川の手取層群砂岩

に含まれる碎屑性モナザイトとジルコンのCHIME年代パターン¹⁹⁾(図-3.1.2.4)はひじょうによく似ています。両者に共通の後背地があったか後背地の性質が酷似していたと考えられるので、今後の重要な研究課題になると思います。

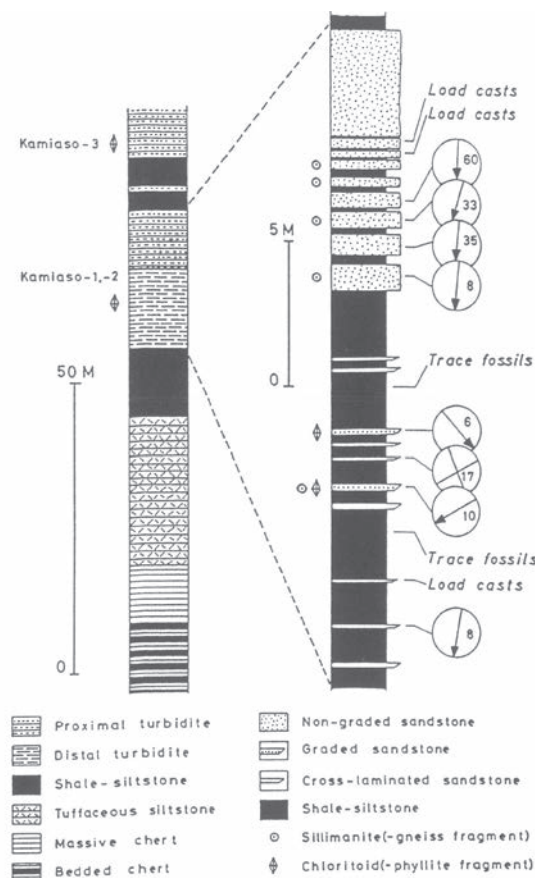


図-3.1.2.1 飛騨川沿いのタービダイトの古流系解析柱状図



図-3.1.2.2 CHIME年代測定用のジュラ紀砂岩の採取地点(矢印は古流向)

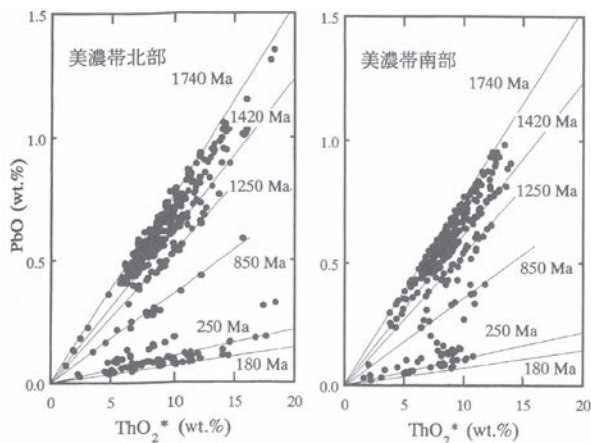


図-3.1.2.3 美濃帯北部と南部における
砕屑性モナザイトのCHIME年代

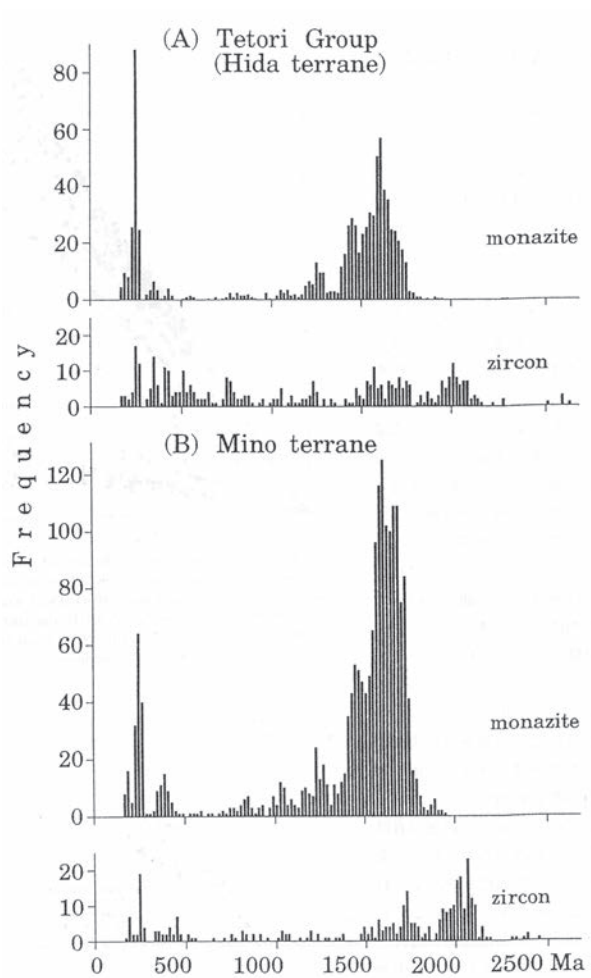


図-3.1.2.4 美濃帯と飛騨帯の
砕屑性モナザイト・ジルコンのCHIME年代ヒストグラム

砂岩の堆積年代の推定に役立つ年代の一つは、砂岩に含まれる砕屑性モナザイトやジルコンの最も若い年代です。上麻生の砕屑性モナザイトの 180.0 ± 10.9 Maや木

曽福島北の味噌川の屑性モナザイトの 179.5 ± 24.3 Maなど¹⁹⁾は、美濃帯北東部の月夜沢礫岩中の花崗閃緑岩礫の178 MaというCHIMEモナザイト²⁰⁾年代とよく一致します。この美濃帯で一番若い約180 MaというCHIMEモナザイト年代は、前期ジュラ紀の最後の時期Toarcian (183.0~175.6 Ma) 階²¹⁾(図-3.1.2.5)に入るので、砂岩の堆積はToarcian以降、つまりジュラ紀中期以降になります。砕屑性モナザイトのCHIME年代から推定される砂岩の堆積年代は、砂岩に伴う泥岩中のジュラ紀中期の放散虫化石年代とも一致しています。

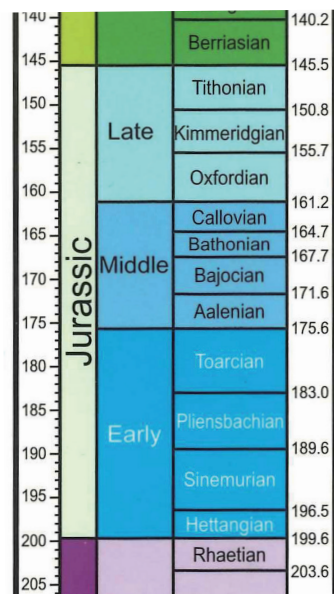


図-3.1.2.5
ジュラ紀の年代スケール

3.1.3 礫岩

七宗地域には上麻生礫岩¹⁾和田野礫岩^{5), 6)}の2種類の礫岩が存在します。和田野礫岩は礫岩の礫として玄武岩(枕状溶岩や凝灰岩)や石灰岩を含むことが特徴で、上麻生礫岩から2 km程北北西の木和谷の石灰岩礫からは*Misellina claudiae*や*Parafusulina* sp.などのペルム紀の紡錘虫化石が報告されています⁵⁾。

上麻生礫岩(写真-3.1.3.1, 写真-3.1.3.2)は砂岩・泥岩互層中に産し、全部で4層(下位からCg.I, Cg.II, Cg.III, Cg.IV)から構成されています(図-3.1.3.1)^{1), 22)}。Cg.I直上の細粒砂岩と黒色泥岩のきれいな互層(写真-3.1.3.3)には、部分的に堆積時のスランプ褶曲が見られます。この互層の砂岩から泥岩に漸移するシルト岩の部分には、長さ2 mm~1 cmの生痕化石(*Helminthoidea*? sp.の仲間)がたくさん見られます。礫岩近くの黒色泥岩からは、ジュラ紀中頃の放散虫化石が見つかっています。



写真-3.1.3.1 上麻生礫岩Cg.I



写真-3.1.3.2 含珪線石花崗片麻岩の円礫(直径約30cm)

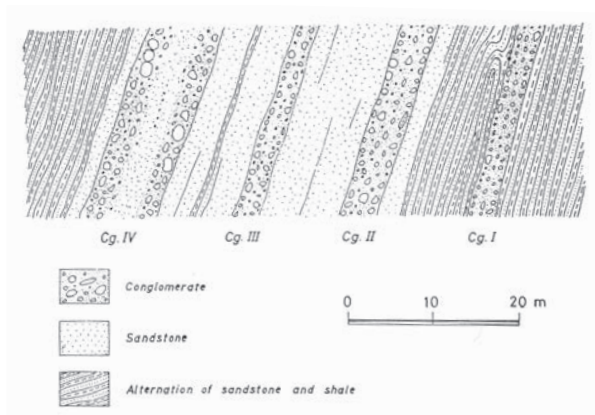


図-3.1.3.1 上麻生礫岩の産状



写真-3.1.3.3 Cg.Iの上位の細粒砂岩・黒色泥岩互層

礫岩のマトリックスはグレイワック砂岩で、礫として、砂岩・泥岩・石灰岩・泥灰岩・安山岩・流紋岩・オーソコーツァイト・泥質片麻岩・花崗片麻岩などが含まれています(写真-3.1.3.1)^{1), 14), 22)}。礫のサイズは2cm程の小礫から最大2mくらいの巨礫¹⁾まであり、最も大きなものは砂岩礫でCg.IVに存在します。礫の形は様々で、近くの供給源から運ばれてきた角ばった泥岩や砂岩の礫と違って、片麻岩やオーソコーツァイトの礫は例外なく円礫です。

礫として珪線石(写真-3.1.3.4)を含む泥質・砂質岩起源の片麻岩(写真-3.1.3.5)や花崗岩起源の花崗片麻岩(写真-3.1.3.6)の礫が含まれることが大きな特徴です²⁾。石灰岩礫からは石炭紀中期の紡錘虫化石 *Profusulinella wangyui* SHENG, *Profusulinella* cf. *prisca timanica* KIREEVA, *Fusulinella laxa* SHENGなど(写真-3.1.3.7)が見つっています³²⁾。

上麻生礫岩の礫種は美濃帯東北部の沢渡礫岩^{23), 24)}には似ていますが、七宗の南方約15kmのオーソコーツァイト礫を多く含む坂祝礫岩^{25), 26)}や根尾のジュラ紀礫岩²⁷⁾とは異なっています。

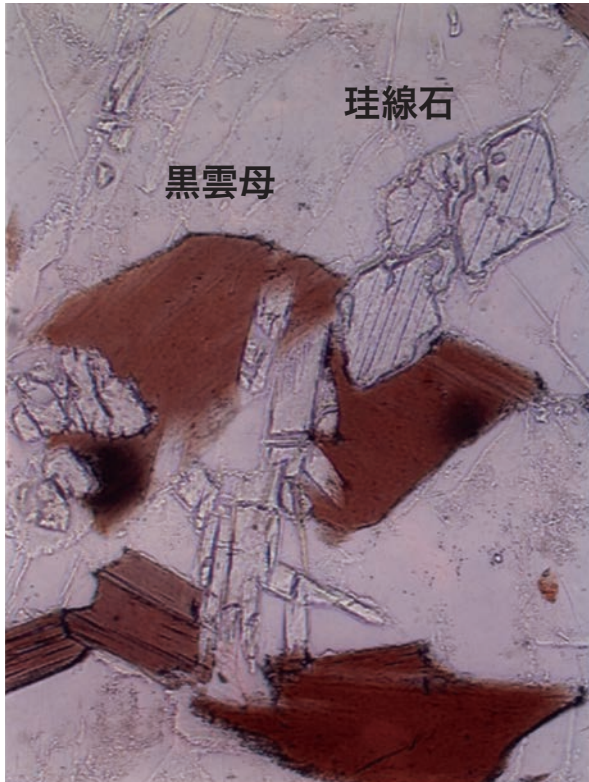


写真-3.1.3.4 珪線石-黒雲母片麻岩の偏光顕微鏡写真



写真-3.1.3.5 砂質片麻岩の円礫(中央左)



写真-3.1.3.6 含ガーネット花崗片麻岩礫(直径約80cm)

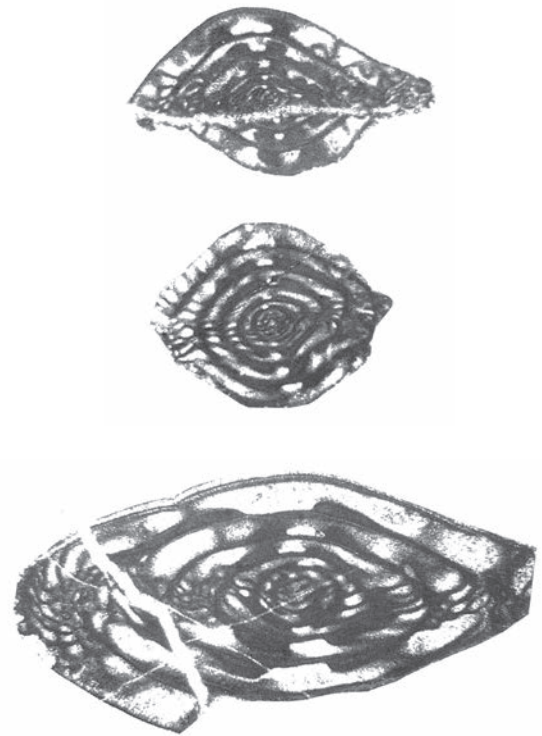


写真-3.1.3.7 中期石炭紀の紡錘虫化石
(上からProfusulinella wangyui, Profusulinella
cf. prisca timanica, Fusulinella laxa)

4 片麻岩礫の年代

4.1 K-Ar年代およびRb-Sr年代

片麻岩礫には、珪線石-白雲母-黒雲母片麻岩(表-4.1.1, 写真-3.1.3.4参照), ガーネット-黒雲母片麻岩, コランダム-スピネル-ガーネット片麻岩, 堇青石-紅柱石片麻岩などの泥質(砂質)岩起源の片麻岩と少量の珪線石やガーネットを含みカリ長石(マイクロクリン)主体の花崗岩起源の片麻岩の2種類があります^{1), 2)}。量的に花崗片麻岩の礫の方が泥質片麻岩の礫よりも多いのは, 雲母を多く含む泥質片麻岩は石英長石質の花崗片麻岩よりも壊れやすく, 礫の運搬過程で破壊されてしまったことに起因していると考えられます。

変成鉱物に注目すると, 泥質片麻岩だけでなく花崗片麻岩にも珪線石が含まれることが特徴で, 片麻岩が上部角閃岩相からグラニュライト相の高度変成作用によって形成された^{2), 3), 14)}ことを物語っています。

表-4.1.1 片麻岩礫の黒雲母・白雲母の同位体年代

Sample no.	Rock type	Mineral	K-Ar age (Ma)	Rb-Sr age (Ma)
1-8	G-B, P	biotite	959	1560
1-19	S-M-B, P	biotite	1440	1520
		muscovite	1640	1690
2-6	S-B, O	biotite	1170	
4-21	G-B, P	biotite	1300	1740
4-23	S-B, P	biotite	1540	1540
4-24	S-B, P	biotite	1660	1720
4-50	S-M-B, O	biotite	1420	1750
		(fresh) biotite	1060	1370
		(chloritized) muscovite	1570	1670
		K-feldspar	999	
		plagioclase	1150	

Abbreviations: G = garnet, B = biotite, S = sillimanite, M = muscovite, O = orthogneiss, P = pelitic gneiss.

片麻岩礫の年代測定は地質調査所の柴田賢博士によって, まず泥質片麻岩中の黒雲母と白雲母のK-Ar年代²⁸⁾, 次に黒雲母と白雲母のRb-Sr年代^{29), 30)}, 最後に花崗片麻岩のRb-Sr全岩年代³⁾の順で行われました。これらの年代データ(表-4.1.1)と変成岩の組織から, (1)花崗片麻岩の原岩花崗岩が約21億年前および約19億年前に花崗岩マグマから晶出(図-4.1.1), (2)泥質片麻岩の原岩と花崗岩の両方が上部角閃岩相からグラニュライト相の変成作用を約17億年前に受けて誕生, (3)その後, 約15~14億年前, 12億年前に片麻岩類が後退変成作用を受けたと考えられています^{2), 3), 14), 22)}。

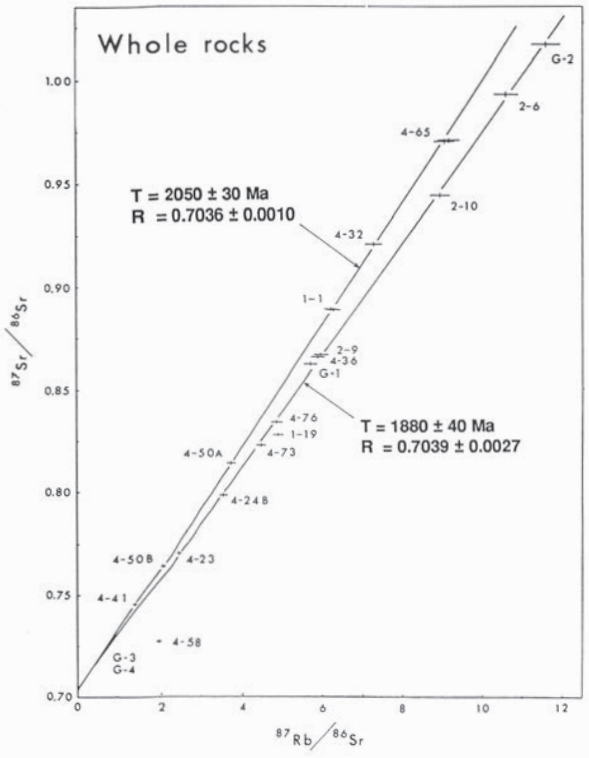


図-4.1.1 花崗片麻岩礫・花崗岩礫の Rb-Sr全岩アイソクロン図

4.2 CHIME(チャイム)年代

4.2.1 CHIME年代測定法

CHIME年代測定法は世界に先駆けて鈴木和博先生が中心となって名古屋大学で開発されたトリウム-ウラン-鉛年代測定法です^{16), 19)}。通常の年代測定で用いられる質量分析計ではなくX線マイクロプローブアナライザ(EPMA)を使用して, 分析点のU・Th・Pbの化学組成を正確に測定し, モナザイトやジルコンなどのU・Th鉱物の年代を決定する方法です。

CHIME年代測定法の確立には, CHIME法による測定結果が質量分析計の測定結果と一致するかが最重要事項であったので, そのチェックには質量分析計による各種年代が分かっていた花崗片麻岩礫4-50を使用しました^{2), 3), 16)}(表-4.1.1参照)。この4-50花崗片麻岩には, 約20.5億年前にマグマから固結した花崗岩が約17.5億年前の上部角閃岩相の変成作用で花崗片麻岩になった時にできたモナザイト³¹⁾が多く含まれています。これらのモナザイトを分析してみると, 図-4.2.1のように, 中心部が約17.5億年, 周辺部が約15億年というCHIMEモナザイト年代が得られました。モナザイトの年代が質量分析計で決定された黒雲母・白雲母のK-Ar年代やRb-Sr年代

(表-4.1.1)とよく一致したので、美濃帯の碎屑性モナザイトの研究¹⁶⁾は無事スタートしました。その後、同じ岩石4-50に含まれるジルコンを使って、CHIMEジルコン年代についても分析精度が信頼できることを確かめ、舞鶴帯の砂岩³²⁾、南部北上帯・飛騨帯・隠岐帯・領家帯の基盤岩類^{33)~38)}のCHIME年代研究を行いました。

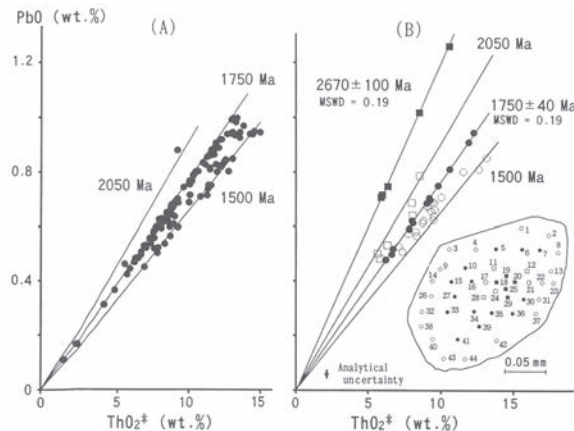


図-4.2.1 花崗片麻岩4-50中のモナザイトのCHIME年代

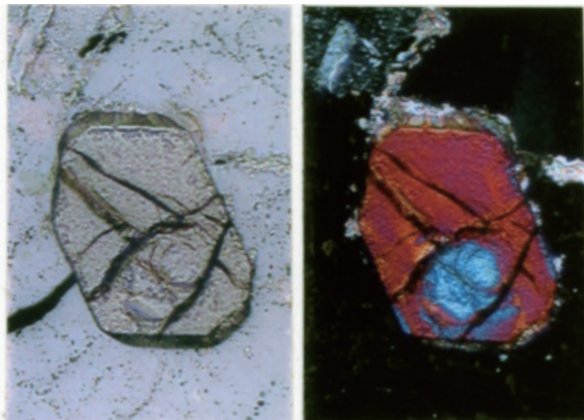


写真-4.2.1 年代累帯構造が分かる
自形ジルコンの偏光顕微鏡写真

EPMAの分析点の直径は約2ミクロンなので、オーストラリア国立大学で開発されたイオンマイクロプローブ(SHRIMP=Sensitive High-Resolution Ion Microprobe)の分析点の直径約25ミクロンに比べて、空間分解能が格段にいいことが最大の特長です。この高空間分解能により、SHRIMPでは分析できない小粒のジルコンやモナザイト粒子の分析が可能になり、さらに鉱物の年代累帯構造(写真-4.2.1)などもよく分かるようになりました。EPMAによるCHIME年代の精度はSHRIMPには少し劣りますが、地質年代の議論には十分使える優れた分析法です。しかもEPMAは質量分析計やイオンマイクロプローブに比べて安価でメンテナンスも楽という大きなメリットがあります。

CHIMEというネーミングは、EPMAによる分析法の英語(Chemical Th-U-total Pb Isochron Method)の頭文字を連ねたものです。当初、鈴木先生はChemical IsochronからCHEMICHRON(ケミクロン)という名前を考案されましたが、薬の名前みたいな感じがするという筆者の発言を受けてCHEMICHRONは実現しませんでした。最終的にはイオンマイクロプローブなどの「高価な分析機器を使えば優れた研究ができる」という当時の誤った風潮に警鐘(CHIME)を鳴らすという意味合いを込めて、足立が提案したCHIMEになりました。

4.2.2 ジルコン・モナザイトのCHIME年代

片麻岩中のジルコンとモナザイトの年代測定をしたところ、多くのジルコンは20.5億年前の花崗岩マグマが形成された時に、一方モナザイトの大半は約17.5億年前の高度変成作用の時に形成され、その後粒子の周辺部が約15億年前に若返ったことが分かりました(図-4.2.1)。ごくまれに自形モナザイト粒子の中心部(コア)に約26.7億年という古い領域(図-4.2.1Bの黒四角)が残っていることも分かりました³¹⁾(図-4.2.1, 写真-7.4.2)。

こうしたコア・リム構造はジルコンにも存在します。写真-4.2.1のように、20.5億年の自形ジルコンのコアに30億年よりも古い領域(右の写真で青い部分)がまれに認められます。これは20.5億年前に花崗岩マグマからジルコンが晶出した時に、リサイクル過程で円磨された古いジルコン粒子を核にして自形ジルコンが形成されたと考えられます。

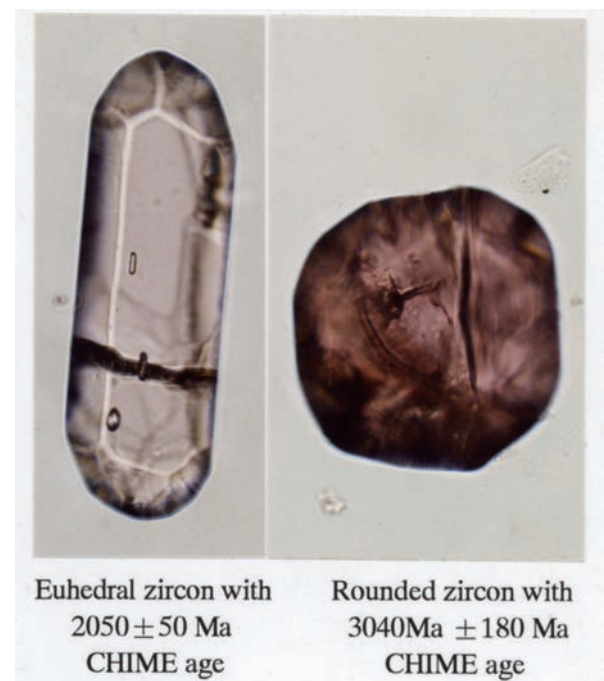


写真-4.2.2.1 自形ジルコン(左: 20.5億年)と
リサイクル・ジルコン(30.4億年)

岩石を粉砕してジルコンを集めてみると、ジルコンの中には、20.5億年前にマグマから晶出した自形のピンク色の粒子よりもっと古い時代の丸みを帯びた赤紫色のリサイクル粒子(写真-4.2.2.1)³¹⁾がまれに含まれていることも分かりました。こうした古いリサイクル粒子が最初に確認されたのは1993年で、20.5億年よりも約10億年古い30.4億年という始生代のものでした(図-4.2.2.1)³¹⁾が、その後新聞でも報道されました(写真-4.2.2.2)。現在では、日本最古の鉱物は同じ花崗片麻岩礫4-50から見つかった35.6億年のリサイクルジルコンです(図-4.2.2.2)。

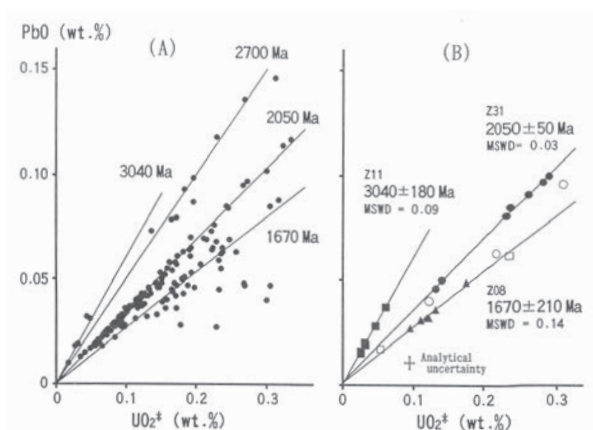


図-4.2.2.1 花崗片麻岩4-50中のジルコンのCHIME年代



写真-4.2.2.2 30億年前のジルコンに関する報道

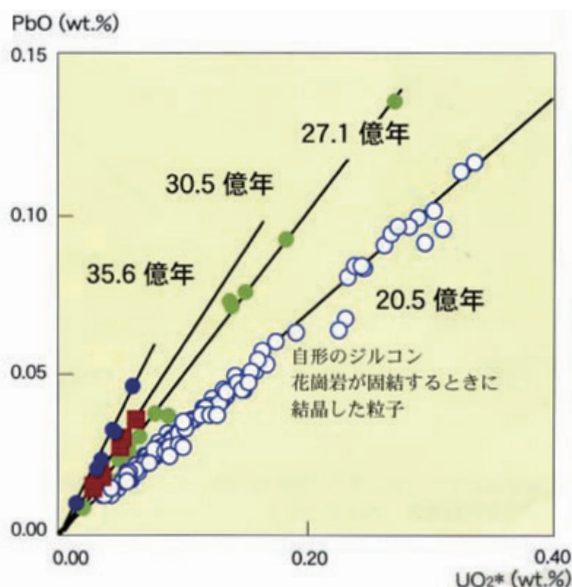


図-4.2.2.2 4-50のジルコン年代のまとめ
(最古の粒子は35.6億年)

4.3 SHRIMP年代

花崗片麻岩4-50のジルコンは広島大学のSHRIMPによっても年代研究が行われ、32.5億年という始生代の年代が得られています³⁹⁾。この年代はCHIMEジルコン年代の35.6億年と30.4億年³¹⁾(図-4.2.2.2では再計算により30.5億年)の間の年代値になりますが、20.5億年前に花崗岩マグマができた時にマグマ中に取り込まれたりリサイクル粒子と考えられます。

5 片麻岩礫の起源

上麻生礫岩に含まれる最古の石の故郷はどこだったのでしょうか? 礫の故郷を推定する上で鍵となる礫は、(1)カリ長石の多い花崗片麻岩礫²⁾と(2)石炭紀中期の紡錘虫化石を含む石灰岩礫^{1), 31)}です。日本海形成前の日本

列島は、アジア大陸の東端で現在の朝鮮半島のすぐ近くに位置し、日本海の拡大とともに西南日本は時計回りに回転して現在になったと考えられています。

足立と鈴木は韓国資源研究所のChwae博士との共同

(Samchok) 地域に分布する臨院(lmwon)花崗片麻岩です³¹⁾(図-5.1, 図-5.2, 写真-5.1)。臨院花崗片麻岩のRb-Sr全岩年代(20.6億年)は上麻生礫岩中の花崗片麻岩の(20.5億年)とよく似ているだけでなく、カリ長石に富み珪線石(多い)やガーネットを含むことが岩石学的に重要な特徴です。すでに指摘したように、上麻生礫岩中の花崗片麻岩1-1(写真-3.1.3.2)と臨院花崗片麻岩のY81708-2(同じく花崗片麻岩4-32とY81708-3)が全岩アイソクロン図(図-5.3)でほぼ同じところにプロットされるのは、片麻岩の後背地を考える上で鍵となる事実です³¹⁾。

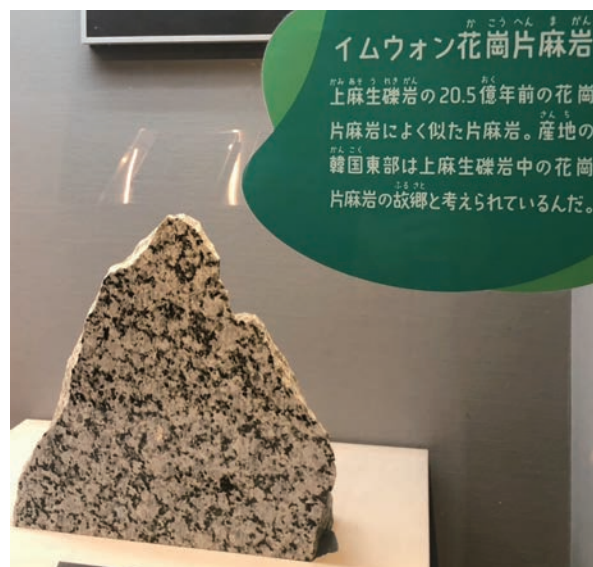


写真-5.1 臨院花崗片麻岩

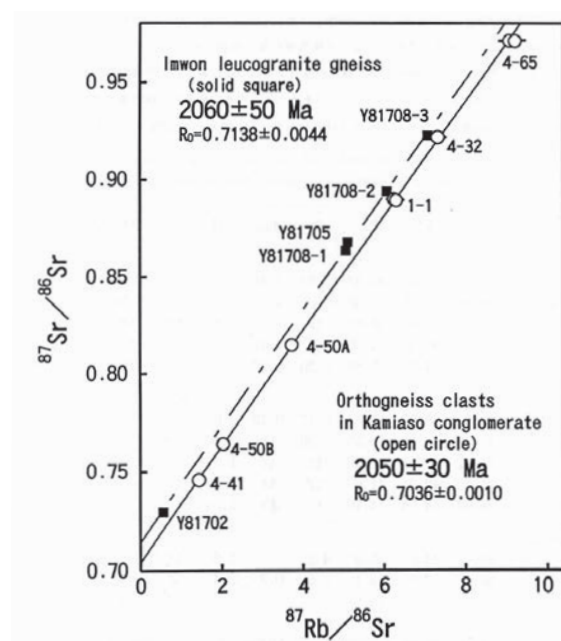


図-5.3 臨院花崗片麻岩と上麻生礫岩の花崗片麻岩の Rb-Sr全岩アイソクロン年代

69

一方、石炭紀中期の*Profusulinella wanyui*, *Profusulinella cf. prisca timanica*, *Fusulinella laxa* などの紡錘虫化石を含む石灰岩は沃川帯東部(さらに北朝鮮の平城地域、中国東北地方)に分布することが知られています³¹⁾。*Profusulinella*や*Fusulinella*の仲間は本州の秋吉石灰岩・青海石灰岩・福地石灰岩などの石炭紀石灰岩にも存在しますが、上麻生礫岩中の石炭紀の紡錘虫化石と全く同種のもは日本にはなく、中国東北地域から朝鮮半島からしか見つかっていません。さらに、運搬過程で壊れやすい石灰岩や泥灰岩の礫が上麻生礫岩に多く存在することは、これらの礫はせいぜい30km程度しか運ばれなかったこと、つまり礫岩が堆積したジュラ紀の海から遠くない場所から運ばれて来たことを物語っています。

以上のように、カリ長石の多い20.5億年前の花崗片麻岩礫と石炭紀中期の紡錘虫化石を含む石灰岩礫から、足立・鈴木³¹⁾は1993年に、上麻生礫岩中の先カンブリア時代の片麻岩礫の後背地は朝鮮半島の東部で、嶺南地塊と沃川地帯が近接する三陟(Samchok)地域であったと考えました。

朝鮮半島の中期先カンブリア時代の片麻岩と石炭紀石灰岩の分布からは、上麻生礫岩の故郷は韓国の三陟地域だけではなく北朝鮮の東海岸地域も十分候補地になりうると思います。しかし、北朝鮮に入国し現地調査をして帰国することはひじょうに難しいので、将来に残された課題になるでしょう。

6 島根県津和野の先カンブリア時代の花崗片麻岩



写真-6.1 島根県津和野産の先カンブリア花崗片麻岩

上麻生礫岩の横には津和野で見つかった花崗片麻岩の標本が展示されています(写真-6.1)。七宗町と津和野町が災害時の相互援助協定を結んでいる縁から、2020年に津和野町から七宗町へ寄贈されたこの標本には、津

和野町から提供された資料“25億年前の花崗片麻岩”を基にして展示解説が付けられています。

ただ、この岩石を研究した広島大学グループ(木村ほか、2019)の論文⁴⁴⁾では、「島根県津和野地域の舞鶴帯から古原生代18.5億年花崗岩質岩体の発見とその意義」というタイトルのように、これが18.5億年の花崗岩質岩体ということ以外は不明瞭です。花崗片麻岩になったとされている18.5億年前の変成作用の実体が明らかでないことが一番の問題で、見た目も花崗片麻岩というよりは変形を受けた花崗岩です。これらを総合的に考えると、25億年前(日本最古)と報道された津和野の花崗片麻岩は18.5億年前に花崗岩マグマから固結した岩石で、25億年のジルコン粒子は18.5億年のマグマの中に外来結晶(ゼノクリスト, xenocryst)として取り込まれた可能性が一番高いと思われます。

以上から、上麻生礫岩中の20.5億年前の花崗片麻岩がこれまで通り日本最古の石と考えてよく、かつこの最古の石には30億年よりも古いジルコン粒子(図-4.2.2.2参照)が存在することが地質学的にひじょうに重要です。

7 「日本最古の石博物館」の展示と展示解説

7.1 展示の基本スタンス

最初にふれたように、「日本最古の石博物館」は1996年4月26日にオープンし、その後2020年9月に子供向けの解説が増えました。自然相手の地質学(地球科学)では、目だけでなく五感(視覚、聴覚、触覚、嗅覚、味覚)のすべてを使って自然をよく観察することが大切です。先入観

なしで自然をじっくりと見て考えていると、新たな発見やこれまで分からなかったことのヒントが出てくるのがよくあります。これを「自然に学ぶ」(自然から教えてもらう)という基本スタンスにして、「日本最古の石博物館」ではできるだけ多くの本物の石を手で触れて観察できることを目指しています。さらに標本(枕状溶岩や縞状鉄鉱層な

ど)の一部が研磨されていて、触覚を通して研磨面と非研磨面の比較もできるように工夫されています。

先カンブリア時代は46億年という地球史の約8/9(40億年間)を占める長い期間で、生命の発生と進化、地球環境の変遷、鉄・プラチナ・ウラン・ダイヤモンド・金など様々な資源とも深く関わっているので、日本最古の石博物館ではこれらのテーマを中心に据えています。こうした先カンブリア時代の重要性を考慮して、「日本最古の石博物館」の英訳は「Hichiso Precambrian Museum」になっていて、この横文字タイトルは博物館前の石の看板(写真-7.1.1)にも案内パンフレットの表紙にも載っています。先カンブリア時代に重点を置き、Precambrianという冠のついた博物館は世界的に見てもほとんどないユニークなものです。



写真-7.1.1 「日本最古の石博物館」の看板
(石材はブラジル産花崗片麻岩)

上麻生礫岩の“日本最古の石”には、35.6億年前に形成された日本最古の鉱物(ジルコン)が存在するので、上麻生礫岩は約36億年前から1.8億年前のジュラ紀までの30億年以上の長い地球の歴史が詰まったタイムカプセルです。このタイムカプセルの意義を考えて、「日本最古の石博物館」では、“日本最古の石”をレッキー(図-7.1.1)という愛称の案内役にして、宇宙の誕生・地球の歴史・日本列島の生い立ちを楽しみながら学ぶことを目的としています。

レッキーは大映像室など様々な場所で登場し、案内中に時々“アリブンカレブ、アリブンカレブ”というおまじないの言葉を使います。先カンブリア時代(Precambrian)は古生代最初の地質時代であるカンブリア紀に先立つ時代(プレカンブリア時代)なので、このプレカンブリアをひっくり返して“アリブンカレブ”にしました。案内役のレッキーは上麻生礫岩の「礫」から、おまじないの言葉アリブンカレブは「プレカンブリア」から、どちらも子供に興味を持ってもらうために筆者が考案したものです。



図-7.1.1 日本最古の石博物館の案内役レッキー

7.2 見学の導線

日本最古の石博物館は地上1階、地下1階の建物で、床面積が1246.27㎡、展示面積が469.41㎡です。1階と地階の平面図(図-7.2.1、図-7.2.2)から、施設の概要と大まかな展示コーナーは分かりますが、一般的な見学の導線は以下のようです。

玄関→イントロコーナー→大映像室→タイムスリップエレベーター(地下1階へ)→先カンブリアコーナー→日本最古の石を含む上麻生礫岩コーナー→七宗の立体地質模型コーナー→人と石のコーナー→(階段で1階へ)→七宗町情報検索コーナー→クイズコーナー。

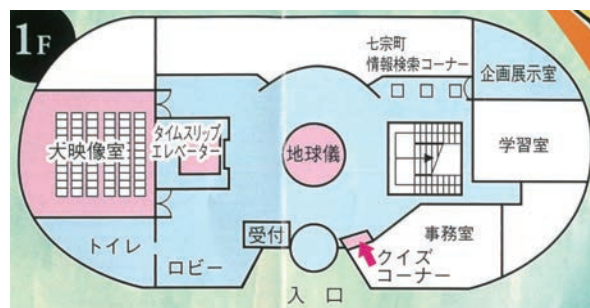


図-7.2.1 1階平面図

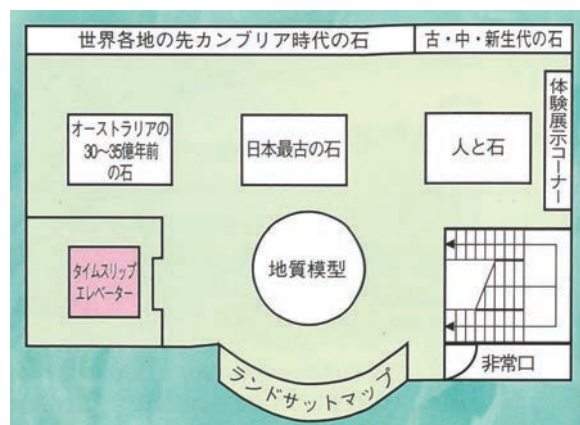


図-7.2.2 地階展示室の平面図

7.3 1階のイントロコーナー

7.3.1 大地球儀(地球内部構造模型)

玄関を入ったところにある大地球儀(写真-7.3.1.1)は一部がカットされていて、コアとマントルの境界付近から熱い物質が上昇してくることによる地球内部の温度構造の不均一性が色で分かるようになっています。

さらに、この大地球儀の横には七宗の地質図(写真-7.3.1.2)があり、地質図の前に立って地階を見ると、地下1階の七宗の立体地質模型が目に入って来ます。少し離れた場所から地質模型を見ると、七宗の主要な地質がチャートと砂岩からできている上麻生ユニットであることがよく理解できます。つまり、大地球儀付近のスペースは1階と地下の展示をつないでいます。



写真-7.3.1.1 地球内部構造が分かる大地球儀



写真-7.3.1.2 七宗町周辺の地質図
(円の範囲が立体地質模型に対応)

大地球儀の周りには地球を構成している主な岩石、さらにその近くには地階の先カンブリアコーナーのガラス展示室の標本と同じピロープレッチャ・縞状鉄鉱層・ストロマトライト(写真-7.3.1.3)の研磨標本が置かれているので、触って観察することができます。



写真-7.3.1.3 ストロマトライトの研磨標本

7.3.2 大映像室手前(タイムスリップエレベーター横)の写真パネル

水の惑星地球(写真-7.3.2.1)では、水の存在によって生命が誕生・進化し、生物多様性と環境変化が生まれました。

一方、生きている地球では、地震・火山・台風(大雨)などの自然災害(写真-7.3.2.2)は必ず起こるので、自然の仕組みをよく知って減災につなげる知恵が必要です。これらの写真パネルは地球環境(SDGs)のことを少しでも考えるヒントになればと2020年に大幅にリニューアルされました。



写真-7.3.2.1 水の惑星地球の環境多様性



写真-7.3.2.2 日本列島の自然災害

7.3.3 大映像室

“日本最古の石”レッキーが案内役になって、子供達に宇宙と地球の歴史について解説するコーナーです(約15分)。いろいろな場面でレッキーが登場し、“アリブンカレプ、アリブンカレプ”というおまじないの言葉を使いながら子供の興味を引き出します。

映像にでてくる宇宙や地球に関する情報は25年以上前のものなので、現在の地球惑星科学では使われなくなった情報も入っています。この映像コーナーを新しくする計画は10年程前から立てられていますが、予算面から実現しておらず最も重要なリニューアル課題になっています。

7.3.4 タイムスリップエレベーター

テーマパークのアトラクションの要素をもったエレベーター(写真-7.3.4)で、乗るとすぐにレッキーが登場し地階への移動を盛り上げます。とくに子供に人気があります。



写真-7.3.4 タイムスリップエレベーター

7.4 地階の展示コーナー

7.4.1 プレカンブリアコーナー

ガラス展示室の上の壁面には、主に先カンブリア時代の石が露出している世界各地の風景写真が配置されてい

ます。写真の上は時間軸になっていて、左端が46億年前の地球誕生、右端が現在で、横軸の大半がピンク色の先カンブリア時代でひじょうに長い期間であることが一目で分かるようになっています。

主要な展示物には、奥に大人向けの少し詳しい解説が黒地に白で、手前のガラス面には子供向けの短い解説が緑色のステッカーにつけられています(写真-7.4.1.1など)。子供やあまり時間のない人は緑色のステッカーを手がかりに見学するのがいいかもしれません。さらにQRコードのついた標本には英語の解説も用意されているので、外国人入館者にも優しい工夫がされています。

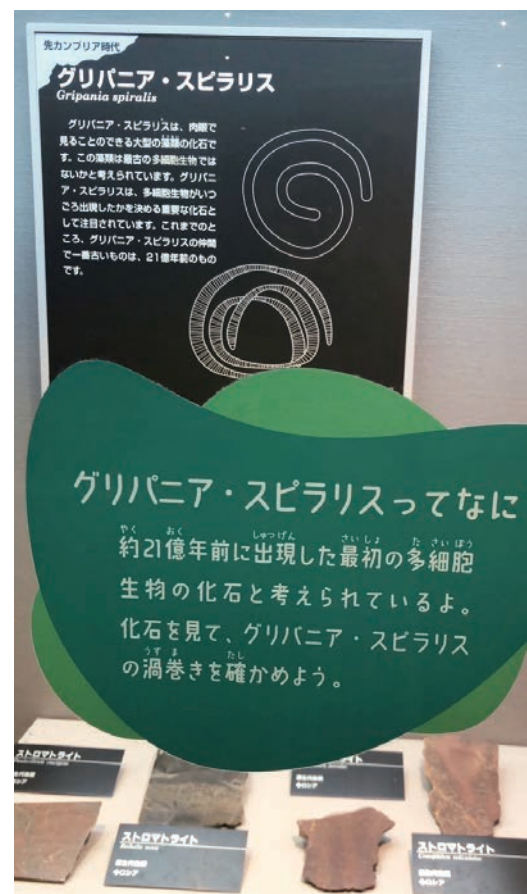


写真-7.4.1.1 グリパニア・スピラリス

主な先カンブリア時代の標本は以下です。

・地球最古の鉱物・岩石(ジャックヒルズ礫岩、アキャスタ片麻岩、アミツオーク片麻岩)。

現在、地球最古の鉱物とされているのは西オーストラリアのジャックヒルズ礫岩(写真-7.4.1.2)から見つかった44億年のジルコンです。展示のジャックヒルズ礫岩はこの最古の鉱物を見つけたオーストラリア国立大学の研究グループのCompston博士から寄贈されたものです。

地球最古の岩石はカナダのアキャスタ片麻岩で40億年前にできたものです。アキャスタ片麻岩が見つ

るまではグリーンランドのアミツォーク片麻岩(写真-7.4.1.3)が地球最古の石でした。



写真-7.4.1.2 オーストラリアのジャックヒルズ礫岩

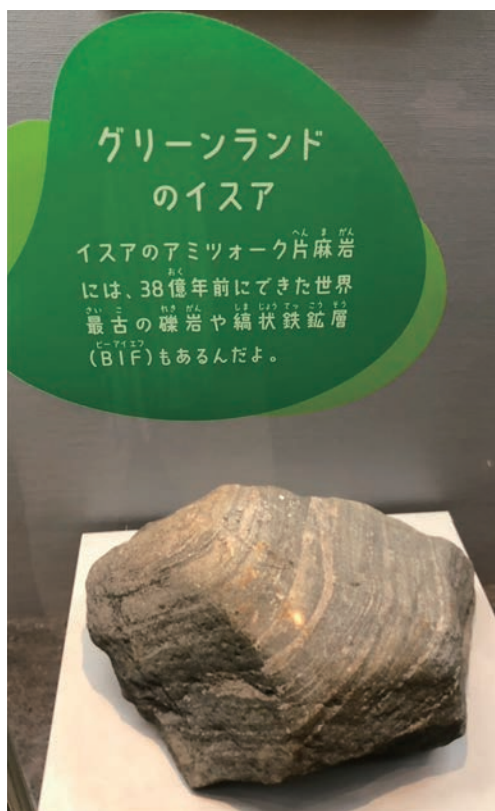


写真-7.4.1.3 グリーンランドのアミツォーク片麻岩

・西オーストラリアのピルバラの始生代の枕状溶岩・ピローブレッチャ・層状チャート
研磨されているピルバラの大型標本は、標本に触れて

研磨面と研磨されていない部分の違いが理解できる標本の一つです。

枕状溶岩(写真-7.4.1.4)では、研磨面では白く見えて溶岩と溶岩の隙間を埋めている石灰岩が、研磨されていない部分では雨水でゆっくり溶けて凹みができる仕組みを、酸性雨と結びつけて考えることができると展示標本の意義が増すと思います。

- ・コマチアイト
- ・縞状鉄鉱層(BIF)とタイガーアイ
- ・ストロマトライト
- ・グリパニア・スピラリス
- ・リップルマーク付きのオーソコートサイト
- ・京畿地塊の泥質片麻岩
- ・嶺南地塊の臨院花崗片麻岩



写真-7.4.1.4 西オーストラリア・ピルバラの枕状溶岩

7.4.2 CHIME年代測定法の解説映像コーナー

プレカンブリアコーナーの最後に、名古屋大学で開発されたCHIME年代測定法の原理とCHIME年代研究によって新たに分かったことが図表を交えて紹介されています。

例えば、写真-7.4.2の画面中央のモナザイトは約17.5億年前の変成作用でできた鉱物ですが、よく調べると自形粒子の中心部に約27億年のごく小さな古い領域(赤色)があることが分かりました。このモナザイト粒子は図-4.2.1(B)³¹⁾と同じものです。EPMAを使う高空間分解能のCHIME法だからこそ見つかった新事実で、これを基にモナザイト粒子の経験した先カンブリア時代のイベントが見えてきます。

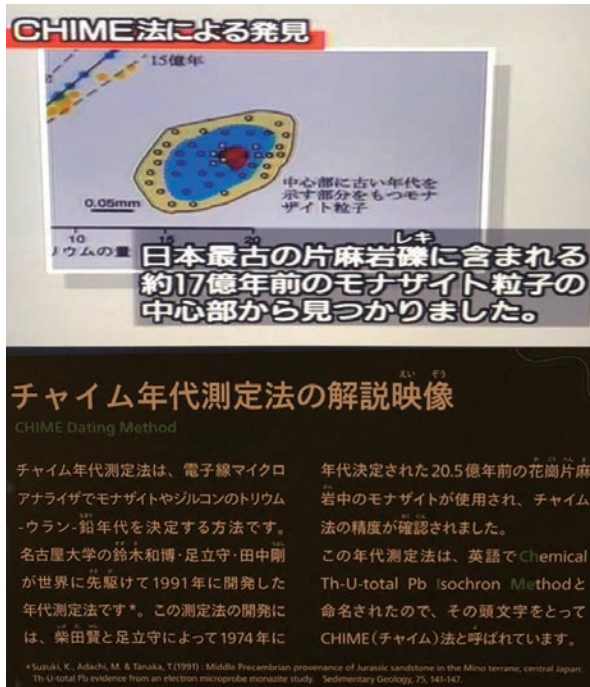


写真-7.4.2 CHIME年代測定法の解説コーナー

7.4.3 古生代以降のコーナー

- ・古生代・中生代・新生代の化石
- ・人と石のコーナー(誕生石, 石の利用, 石の分類体験)

約600万年前にアフリカで誕生した人類が現在まで生き延びてこられたのは、道具として、狩猟用の石器を造り出したことが一番のポイントです。この意味で人類の歴史は石器作りの歴史という側面を持っています。このコーナーでは、石の利用例の写真とともに石材としてよく使われる岩石の研磨標本が展示されています(写真-7.4.3.1)。

さらに石材の隣には、タイムカプセルである様々な岩石が地球のどんな場所(環境)でできるのかを理解するために、石の分類体験コーナーも設置されています(写真-7.4.3.2)。



写真-7.4.3.1 人と石のコーナー



写真-7.4.3.2 岩石の分類体験コーナー

7.4.4 日本最古の石コーナー

このコーナーには、上麻生礫岩の標本とともに、片麻岩礫の年代測定結果や古流系解析に使われたソールマークの写真などがパネル展示されています。展示台中央の大きな標本(写真-7.4.4.1)は、日本最古の石博物館がオープンした時に、礫岩の標本として飛騨川の河床から引き上げられたものです。横約1.8mの大きなサイズの割には中に入っている片麻岩礫が小さく、少し分かりにくいと評判は今ひとつでした。

こうした点を解消するため、将来の展示模様替えの時に現在の標本と入れ替えることができるように、2年前に直径20cmほどの花崗片麻岩礫(写真-7.4.4.2)の入った横約1mの大型標本が飛騨川の礫岩露頭から切断・採取されました。この標本は年代測定済みで真正正銘の約20億年前の花崗片麻岩の一つなので、これが展示できるように準備が進められています。



写真-7.4.4.1 上麻生礫岩



写真-7.4.4.2 Cg. IIの花崗片麻岩礫(直径約20cm)

上麻生礫岩の横に展示されている島根県津和野産の花崗片麻岩については既に解説したので、繰り返しの説明は省きます。

7.4.5 七宗の立体地質模型コーナー

七宗南部の中生層(主にチャート, 砂岩・泥岩)は西にブランチした褶曲軸を持つ向斜構造を作っているの、オレンジ色のチャート層をたどっていくと、チャート層が西に開いたV字形の尾根を作って連続していることが分かります(写真-7.4.5)。地質模型の断面からは同じチャート層が地下でつながっていることもよく分かります。

地質模型の周りには地質図にでてくる七宗の石が展示されているので、地質と地形の関係が理解できるようになっています。

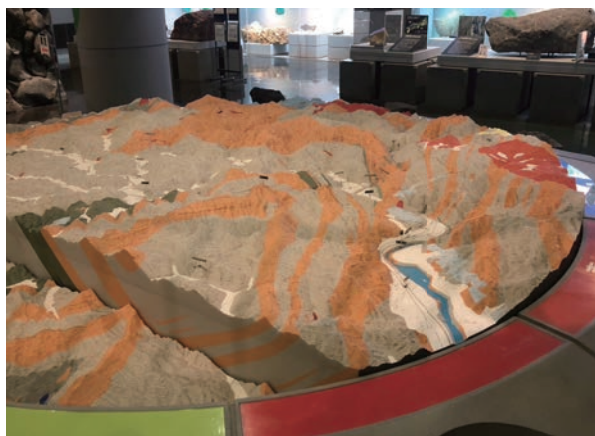


写真-7.4.5 七宗の立体地質模型(オレンジ色がチャート)

7.4.6 七宗の自然と放散虫コーナー

このコーナーは七宗の立体地質模型のすぐ近くの壁面にあります。美濃帯の泥岩や珪質泥岩から産するジュラ紀の放散虫化石には、岐阜県の地名(美濃、岐阜、加茂、鵜沼、七宗、上麻生、飛水峡など)がついたものがたくさんあり、世界のスタンダードになっています。これらの放散虫化石が1枚の写真パネルになっています(写真-7.4.6)。

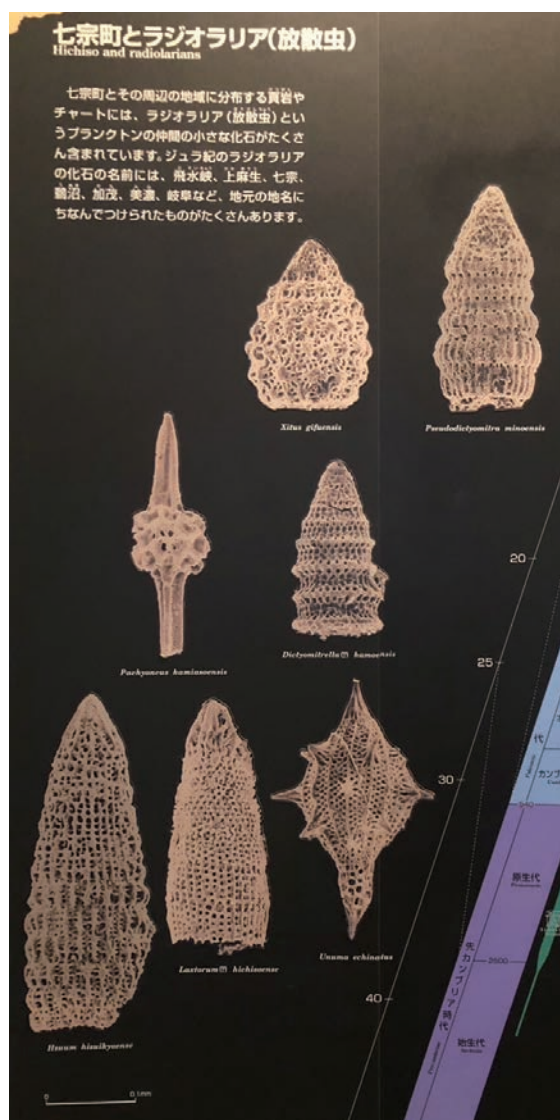


写真-7.4.6 七宗と中生代の放散虫
(写真-3.1.1.4, 写真-3.1.1.5参照)

8 クイズコーナー

見学を終えて階段で地階から1階に戻ってくると、七宗町情報検索コーナーがあり、そしてコースの最後にクイズコーナーが設置されています。展示室で見てきたことをどのくらい理解して覚えているかのチェックにもなっていて、スタートボタンを押すと、礫岩の模型の中からレッキーが浮かび上がって登場します(写真-8)。

クイズには、地球の歴史、世界の岩石、七宗町と岩石の3コースがあり、1つのコースで全問(4問)正解すると、お土産として七宗を特徴づけるチャートの小石が出てきます。

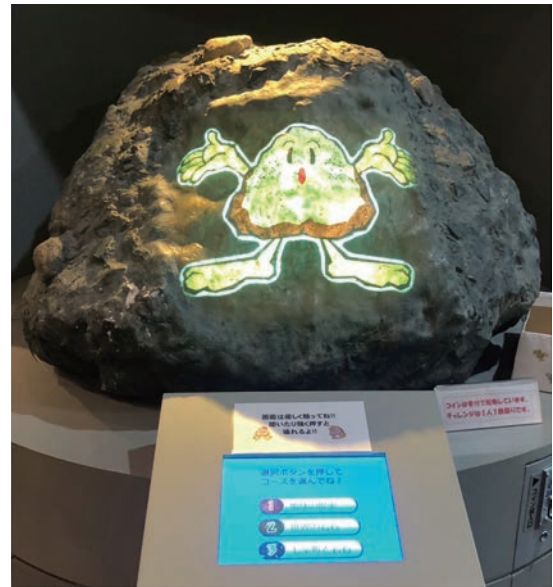


写真-8 クイズコーナー

9 あとがき

1996年に七宗町に「日本最古の石博物館」ができた経緯は、およそ次のようであったと聞いています。今から30年ほど前に、当時の梶原拓岐県知事から県下すべての市町村に「各市町村で何か誇るべきものがあれば連絡を。これはというものについては県が支援をする」といったニュアンスの通達がありました。これを受けて七宗町は、わが町には「日本最古の石」がありますと回答したところ、その「最古の石」を活用する計画であれば援助するという話が県から届き、最終的に「日本最古の石博物館」という名称の施設が建設されることになったようです。

私がこの博物館の展示に関するお手伝いを始めた時には、建物は既に完成し、「この建物で展示するものについて考えてほしい」という状況でした。そのため、館の役割と展示コンセプトを練り、それに基づいて展示標本を集め、標本をどのように展示するかを考える時間がなく、オープンに向けて大変忙しかったことだけを覚えています。

2026年に開館30年を迎える「日本最古の石博物館」は、最新の地球科学的知見に基づいて、映像コーナーを中心に大幅な模様替えを考える時期に来ていると思います。

最後に、この解説文で紹介したCHIME年代研究は、モナザイト・ジルコン・ゼノタイムなどのUやThを含む鉱物の正確なEPMA分析法を確立した鈴木和博先生なくしては実現しませんでした。いっしょにCHIME年代測定法の開発に没頭し、美濃帯の碎屑性モナザイトの年代研究を手始めに、日本各地・朝鮮半島の基盤岩の調査、鉱物分離、鉱物の年代測定に全力投球された姿が目に残ります。この小文を2016年10月15日に69歳の若さで急逝された故鈴木和博先生に捧げたいと思います。

参考文献

- 1) Adachi, M.: Permian intraformational conglomerate at Kamiaso, Gifu Prefecture, central Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, vol.77, pp.471-482, 1971.
- 2) Adachi, M.: Pelitic and quartzo-feldspathic gneisses in the Kamiaso conglomerate - A study of Precambrian geology in Japan and East Asia. *Jour. Geol. Soc. Japan*, vol.79, 181-203, 1973.22)
- 3) Shibata, K. and Adachi, M.: Rb-Sr whole-rock ages of Precambrian metamorphic rocks in the Kamiaso conglomerate from central Japan. *Earth Planet. Sci. Letts.*, vol.21, pp.277-287, 1974.2)
- 4) Wakita, K.: Origin of chaotically mixed rock bodies in the Early Jurassic to Early Cretaceous sedimentary complex of the Mino terrane, central Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol.39, pp.675-757, 1988.
- 5) 水谷伸治郎・小井戸由光: 金山地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, pp.1-111, 1992.
- 6) Mizutani, S.: Superficial folding of the Paleozoic system of central Japan. *Jour. Earth Sci., Nagoya Univ.*, vol.12, pp.17-83, 1964.
- 7) 木戸 聡: 岐阜県七宗町上麻生における三疊紀チャートとジュラ紀珪質頁岩の産状について. 大阪微化石研究会誌特別号, no.5, pp.135-151, 1982.
- 8) 松田哲夫・磯崎行雄: 美濃帯上麻生地域飛水峡チャート層からのトリアス紀・ジュラ紀境界付近の放散虫化石. 大阪微化石研究会誌特別号, no.5, pp.93-101, 1982.
- 9) 木戸 聡・川口一郎・足立 守・水谷伸治郎: 美濃地域の Dictyomitrella (?) kamoensis-Pantanellium foveatum 群集について. 大阪微化石研究会誌特別号, no.5, pp.195-210, 1982.
- 10) Mizutani, S., Hattori, I., Adachi, M., Wakita, K., Okamura, Y., Kido, S., Kawaguchi, I. and Kojima, S.: Jurassic formations in the Mino area, central Japan. *Proc. Japan Acad., Ser.B.*, vol.57, pp.194-199, 1981.
- 11) Mizutani, S. and Kido, S.: Radiolarians in the Middle Jurassic siliceous shale from Kamiaso, Gifu Prefecture, central Japan. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N.S.*, no.132, pp.253-262, 1983.
- 12) Sugisaki, R., Yamamoto, K. and Adachi, M.: Triassic bedded cherts in central Japan are not pelagic. *Nature*, vol.298, pp.644-647, 1982.
- 13) 足立 守・水谷伸治郎: 美濃帯古生層の sole markings と古流系について. 地質学論集, no.6, pp.39-48, 1971.
- 14) Adachi, M.: Paleogeographic aspects of the Japanese Paleozoic-Mesozoic geosyncline. *Jour. Earth Sci., Nagoya Univ.*, vol.23/24, pp.13-55, 1976.
- 15) 足立 守: 美濃帯の中生代タービダイト砂岩中の碎屑性クロリトイドとその地質学的意義. 地質学雑誌, vol.83, pp.341-352, 1977.
- 16) Suzuki, K., Adachi, M. and Tanaka, T.: Middle Precambrian provenance of Jurassic sandstone in the Mino terrane, central Japan: Th-U-total Pb evidence from an electron microprobe monazite study. *Sediment. Geol.*, vol.75, pp.141-147, 1991.
- 17) Adachi, M. and Suzuki, K.: Precambrian detrital monazites and zircons from Jurassic turbidite sandstones in the Nomugi area, Mino terrane. *Jour. Earth Planet. Sci., Nagoya Univ.*, vol.41, pp.33-43, 1994.
- 18) 鈴木和博・足立 守・與語節生: 美濃帯タービダイト砂岩中のモナザイトのCHIME年代. 月刊地球, vol.19, pp.135-139, 1997.
- 19) 鈴木和博: 新技術CHIME地質年代測定法. 深田 研ライブラリー no.21, pp.1-78, 1999.
- 20) 田中姿郎・鈴木和博・足立 守: 美濃帯北部, 月夜沢峠地域のジュラ紀礫岩から産出した約178MaのCHIME年代を示す花崗岩質岩礫(予報). 名古屋大学博物館報告, no.16, pp.33-41, 2000.
- 21) Gradstein, F. M., Ogg, J. G. and Smith, A. G.: A Geologic Time Scale 2004. Cambridge University Press, pp.1-589, 2004.
- 22) Adachi, M., Kojima, S., Wakita, K., Suzuki, K. and Tanaka, T.: Transect of central Japan: from Hida to Shimanto. In: Adachi, M. and Suzuki, K. (Eds.) 29th IGC Field Trip Guidebook Vol.1, Paleozoic and Mesozoic Terranes: Basement of the Japanese Island Arcs, pp.143-178, 1992.
- 23) 田中姿郎・足立 守: 沢渡礫岩中の高Mgザクロ石片麻岩礫. 地質学雑誌, vol.104, pp.81-83, 1999.
- 24) Tanaka, S., Suzuki, K. and Adachi, M.: CHIME ages of Mg-rich garnet-bearing gneiss clasts from the Jurassic Sawando conglomerate in the northeastern Mino terrane, central Japan. *Jour. Earth Planet. Sci., Nagoya Univ.*, vol.49, pp.1-13, 2002.
- 25) 近藤直門・足立 守: 犬山市北方の中生層 - とくに坂祝礫岩について. 地質学雑誌, vol.81, pp.259-271, 1975.
- 26) 足立 守: 坂祝礫岩とその近傍の中生層の再検討. 瑞浪市化石博物館研究報告, no.14, pp.113-128, 1988.
- 27) Tanaka, S., Kuroyanagi, Y., Suzuki, K. and Adachi, M.: Permo-Triassic and Early-Middle Jurassic granitoid clasts from the Jurassic conglomerates in the Mino terrane, central Japan. *Jour. Earth Planet. Sci., Nagoya Univ.*, vol.49, pp.15-30, 2002.
- 28) Shibata, K., Adachi, M. and Mizutani, S.: Precambrian rocks in Permian conglomerate from central Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, vol.77, pp.507-514, 1971.
- 29) Shibata, K. and Adachi, M.: Rb-Sr and K-Ar geochronology of metamorphic rocks in the Kamiaso conglomerate, central Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, vol.78, pp.265-271, 1972.
- 30) 柴田 賢・足立 守: 日本列島最古の岩石. 地質ニュース, no.213, pp.1-13, 1972.
- 31) 足立 守・鈴木和博: 上麻生礫岩中の先カンブリア紀片麻岩礫の後背地は韓国東部か? 名古屋大学古川総合研究資料館報告, no.9,

- pp.25-45, 1993.
- 32) 足立 守・鈴木和博: 舞鶴帯北東部の上部三畳系難波江層群砂岩中の碎屑性モナザイトおよびジルコンの年代(予報). 地質学論集, no.38, pp.111-120, 1992.
- 33) Suzuki, K. and Adachi, M.: Precambrian provenance and Silurian metamorphism of the Tsubonosawa paragneiss in the South Kitakami terrane, Northeast Japan, revealed by the Th-U-total Pb chemical isochron ages of monazite, zircon and xenotime. *Geochem. Jour.*, vol.25, pp.357-376, 1991.
- 34) Suzuki, K. and Adachi, M.: The chemical Th-U-total Pb isochron ages of zircon and monazite from the Gray Granite of the Hida terrane, Japan. *Jour. Earth Sci., Nagoya Univ.*, vol.38, pp.11-37, 1991.
- 35) Suzuki, K. and Adachi, M.: Middle Precambrian detrital monazite and zircon from the Hida gneiss in the Oki-Dogo Island, Japan: their origin and implications for the correlation of basement gneiss of Southwest Japan and Korea. *Tectonophysics*, vol.235, pp.277-292, 1994.
- 36) Suzuki, K., Adachi, M. and Kajizuka, I.: Electron microprobe observations of Pb diffusion in metamorphosed detrital monazites. *Earth Planet. Sci. Letts.*, vol.128, pp.391-405, 1994.
- 37) 鈴木和博・足立 守: 領家帯の変成岩・深成岩のCHIMEモナザイト年代. 月刊地球, vol.19, pp.116-121, 1997.
- 38) Suzuki, K., Adachi, M. and Nureki, T.: CHIME age dating of monazites from metamorphic rocks and granitic rocks of the Ryoke belt in the Iwakuni area, Southwest Japan. *Island Arc*, vol.5, pp.43-55, 1996.
- 39) Hidaka, H., Shimizu, H. and Adachi, M.: U-Pb geochronology and REE geochemistry of zircons from Palaeoproterozoic paragneiss clasts in the Mesozoic Kamiaso conglomerate, central Japan: evidence for an Archean provenance. *Chem. Geol.*, vol.187, pp.279-293, 2002.
- 40) 足立 守・鈴木和博: CHIME年代測定法による韓国の先白亜紀基盤岩類の再検討. 地学雑誌, vol.104, pp.589-591, 1995.
- 41) Cho, D. K., Suzuki, K., Adachi, M. and Chwae, U.: CHIME age determination of monazite in metamorphic rocks and granite from Gyeonggi Massif, Korea. *Jour. Earth and Planet. Sci., Nagoya Univ.*, vol.43, pp.49-65, 1996.
- 42) Suzuki, K., Dunkley, D., Adachi, M. and Chwae, U. C.: Discovery of a c.370 Ma granitic gneiss clast from the Hwanggangri pebble-bearing phyllite in the Okcheon metamorphic belt, Korea. *Gondwana Research*, vol.9, pp.85-94, 2006.
- 43) Cho, D. K., Suzuki, K., Chwae, U. and Adachi, M.: CHIME ages of Precambrian rocks from the Goseong-Ganseong area, northeastern part of the Gyeonggi Massif, and their implications, Korea. *Jour. Petrol. Soc. Korea*, vol.16, pp.1-11, 2007.
- 44) 木村光佑・早坂康隆・柴田知之・川口健太・藤原弘士: 島根県津和野地域の舞鶴帯から古原生代18.5億年花崗岩質岩体の発見とその意義. 地質学雑誌, vol.125, pp.153-165, 2019.