

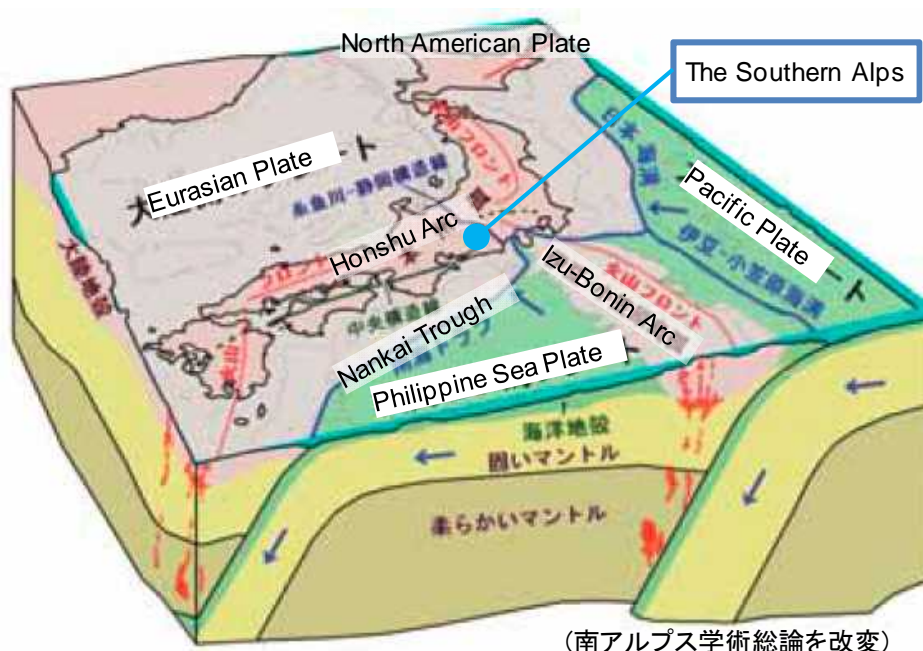
(4) 南アルプス

1) 事前説明資料

1. 地域の自然の概要

1-1 地質・地形

日本列島周辺は4つのプレートが会合する場である。日本列島は、2つの大陸プレート（北米プレート、ユーラシアプレート）の下に2つの海洋プレート（太平洋プレート、フィリピン海プレート）が沈み込むことにより形成された島弧（本州弧）である。太平洋プレートがフィリピン海プレートの下に沈み込むことで、フィリピン海プレート上に火山弧（伊豆-小笠原弧）ができ、それが本州弧に向かって北上し、衝突することにより南アルプスが形成された。



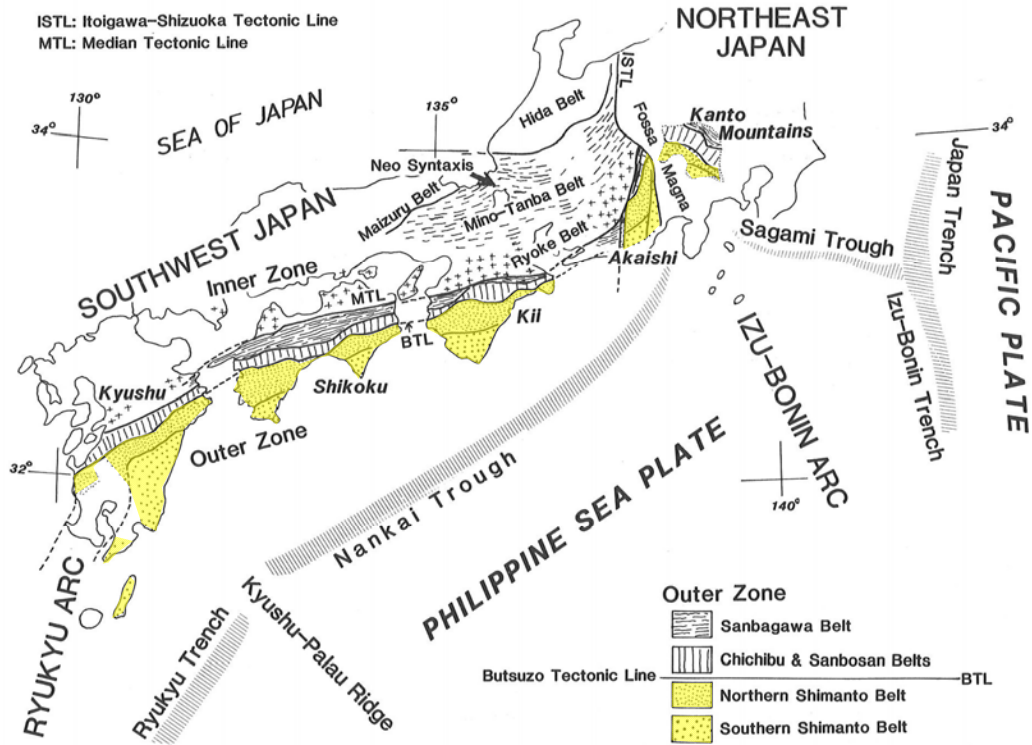
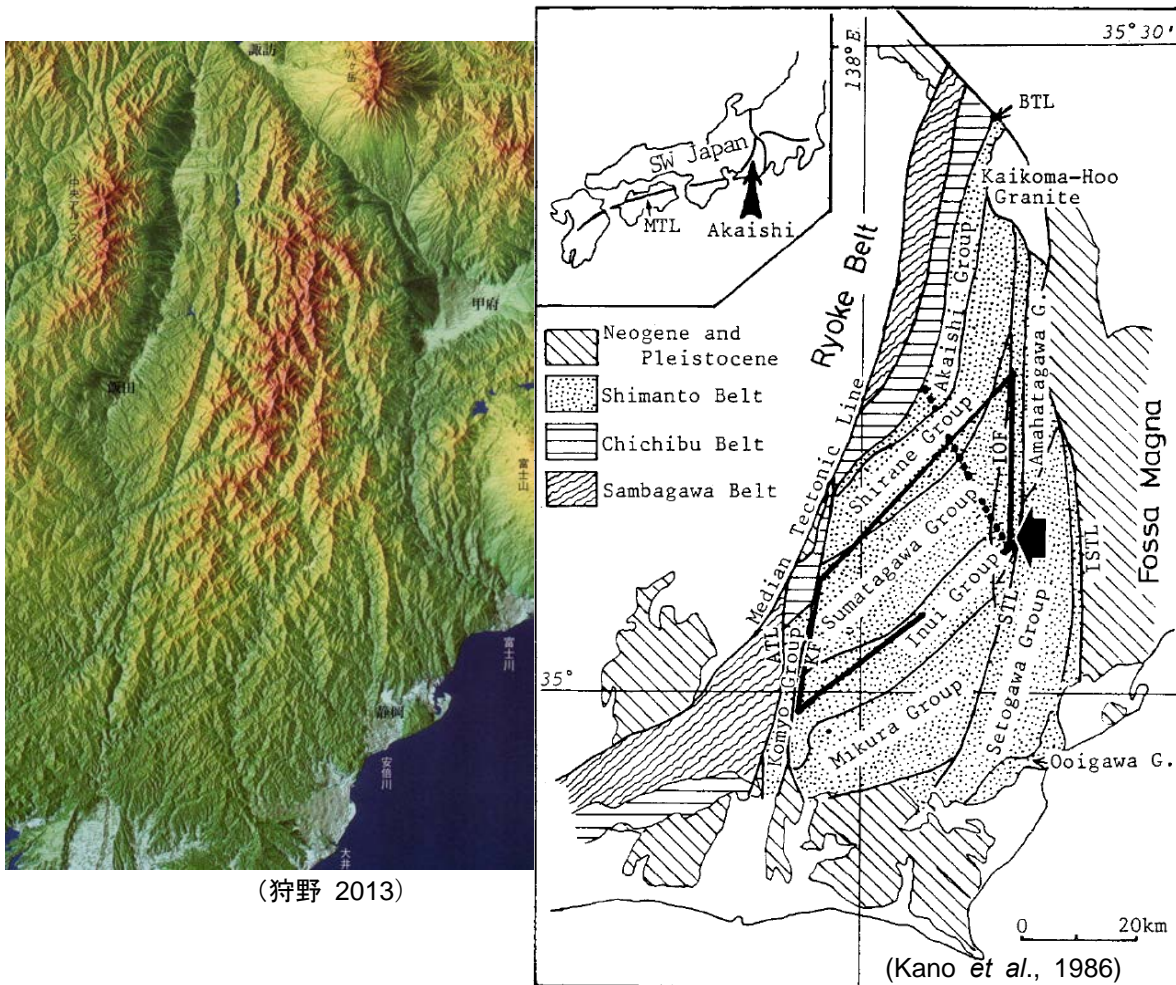


Fig. 1. Tectonic framework of Southwest Japan and its adjacent areas. (Kano *et al.*, 1990 を改変)



南アルプスと呼ばれる山岳地帯は、赤石山脈、その東南部の身延山地、西部の伊那山地からなる。赤石山脈はさらに鳳凰山地、赤石山系、白根山系に区分される。北岳（3,192m）、赤石岳など標高 3,000m を超える高峰を 13 座有している。主稜線部にはカール等の氷河地形や、構造土等の周氷河地形が見られる。

南アルプスの地質は、白根山系・赤石山系が主に白亜紀から中新世の付加体（四万十帯）からなる一方、甲斐駒・鳳凰山系は花崗岩でできている。

南アルプスの主要部分を構成する付加体は、海洋プレート上の海洋玄武岩や遠洋堆積物と陸源の海溝堆積物が、海洋プレートの沈み込みにもなって剥ぎ取られ、大陸に付け加わってできる地質体である。遠洋性堆積物のチャートや石灰岩、海洋玄武岩、陸源性の砂岩・泥岩互層（タービダイト）といった岩石や、メランジュ、褶曲構造など付加体に関係する多様な岩石や地質構造を比較的狭い範囲で観察することができる。南アルプスの付加体は他地域の四万十帯と共通する特徴を持つが、海底堆積物が急速に隆起して 3,000m 級の山岳になっている点が特異である。

南アルプスの急速な隆起は現在進行中の伊豆－小笠原弧の直交衝突による。この直交衝突により地殻が湾曲し、様々な構造改変が起きている。南アルプスの南部では地質構造が北東－南西方向の走向を持つのに対し、北部では南北方向の走向を持つ構造に転じている。さらに、北部では幅数 10km の地質体が消失し、四万十帯の幅も狭くなっている。湾曲量は大きい場所で 160km 北へシフトしたと推定されている。地殻の衝突に伴う造山帯の多くは平行衝突あるいは斜め衝突であり、これらは単に山地が隆起するだけである。これに対し、地殻の湾曲は直交衝突だからこそ起きる現象であり、島弧の衝突の中でユニークな存在である。この直交衝突による地殻の湾曲構造の形成は日本列島の成り立ちを理解する鍵と考えられている。

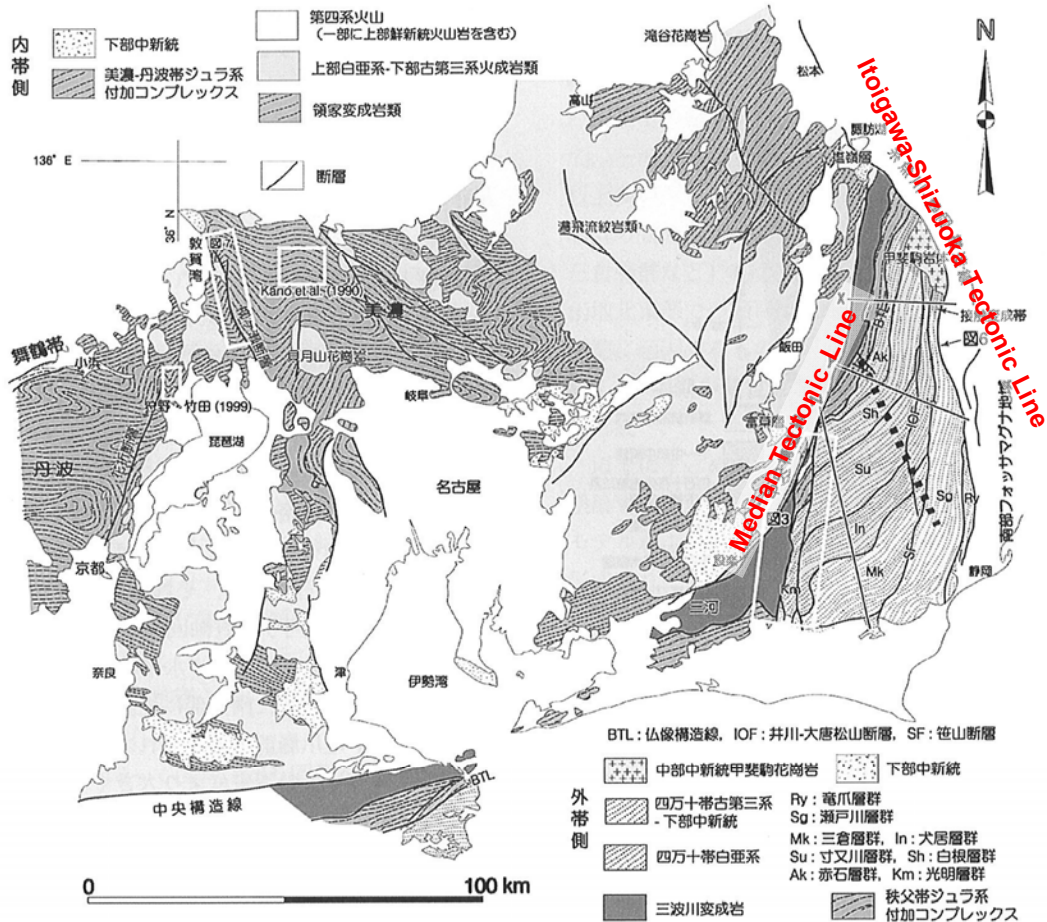
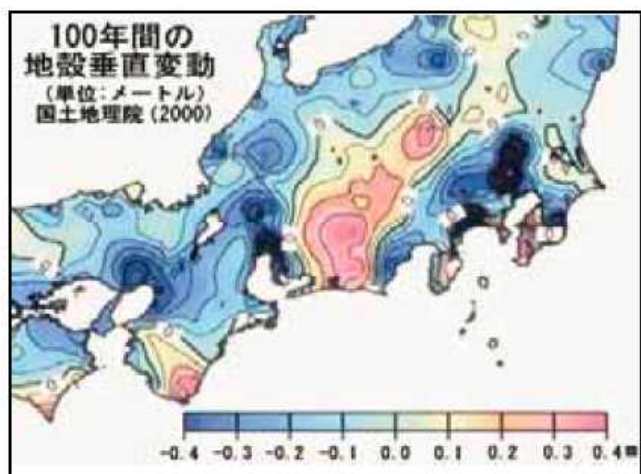


図 2. 西南日本東部の湾曲構造全体図 (Kano *et al.* (1990) を一部改変して作成). 各凡例内の破線は地層のトレンドを示す. 外帯赤石山地内の太い破線は、逆くの字型屈曲のヒンジの位置. (kano, 2002 を改変)

南アルプスはこの 100 万年間で急速に隆起したと考えられており、この間の隆起速度は約 3mm / 年以上であり、これは世界でもトップクラスの隆起速度であると考えられている。このような激しい地殻変動に加え、温暖多雨な気候下にあるため、降水や河川による浸食作用も激しい。このような地域は「湿潤変動帯」と呼ばれ、南アルプスは現在活動中の湿潤変動帯の山岳地形として、世界で最も典型的な例と言える。その結果、斜面崩壊や河川の下刻により V 字谷が発達し、さらには山体の重力崩壊や巨大崩壊地が発達し、湿潤変動帯に特有の地形が形成されている。



(南アルプス学術総論より引用)

1-2 植物相

気温勾配に応じた植生の垂直分布が見られ、低標高域から落葉広葉樹林、常緑針葉樹林、ダケカンバ林、ハイマツ林、高山植物群落が分布する。太平洋側に位置するため、冬期の降雪は少なく、夏期の降水量は多い。ほぼ南北に連なる山脈の稜線部には、常に強い風が吹きつけ、強い乾燥と極度の低温という厳しい環境により、風衝地が発達し、独特の植物群落が発達する。

東南アジアを中心に分布する南方系植物の北限と、アジア大陸を中心に分布する北方系植物の南限が重なり合う地域に相当するため、植物相の特徴として、多様であることが挙げられる（維管束 180 種が南限）。南アルプスの標高 800m 以上に生育する維管束植物は 138 科 1,635 種、蘚苔類は 51 科 248 種、地衣類は 15 科 98 種である。またキタダケソウ、キタダケヨモギ、キタダケキンポウゲ、サンプクリンドウなど氷河期の遺存種である固有種が多数存在している。

なお、IUCN のレッドリスト掲載種として、EN1 種・VU4 種が該当している。

1-3 動物相

標高 800m 以上に生息する哺乳類は 15 科 39 種、鳥類 35 科 102 種、爬虫類 4 科 9 種、両生類 4 科 9 種、魚類 4 科 10 種、陸・淡水産貝類 16 科 45 種、昆虫類 179 科 2,871 種である。哺乳類ではニホンカモシカ（国指定特別天然記念物）やツキノワグマ（IUCN レッドリスト VU）など 30 種以上が確認されているが、本州中部地方の山岳地帯とほぼ共通している。2 科 15 種類のコウモリ類が確認され、日本有数のコウモリ類の生息地である。

鳥類では氷期の隔離遺存種で、当該地はライチョウ（国指定特別天然記念物）の世界的な分布域の南限となっている。

昆虫類に固有種が見られるが、中央アルプスや北アルプスと共通のものも多い。ユーラシア大陸の北部や周北極海域と共通する高山性・亜高山性昆虫の世界的な分布域の南限になっている。

2. 世界遺産としての価値の可能性

本地域は世界最速レベルの隆起速度と激しい浸食作用を反映した山岳地形が見られる点、プレート沈み込みに伴う付加体形成の過程が見られ、それが伊豆-小笠原弧の直交衝突により隆起して 3,000m の高山となっている点、さらに、直交衝突の影響で地殻が湾曲する地質構造の改変が起きている点で、地形形成における進行中の地質学的過程を代表する見本である。

南アルプスの主要部分を構成する付加体は、海洋プレート上の溶岩海洋玄武岩や遠洋堆積物と陸源の海溝にたまった堆積物が、海洋プレートの沈み込みにともなって剥ぎ取られ、大陸に付け加わってできる地質体である。遠洋性堆積物のチャートや石灰岩、海洋玄武岩、陸源性の砂岩・泥岩互層（タービダイト）といった岩石や、メランジュ、褶曲構造など付加体に関する多様な岩石や地質構造が比較的狭い範囲で観察することができる。南アルプスの付加体は他地域の四万十帯と共通する特徴を持つが、海底堆積物が急速に隆起して 3,000m 級の山岳地帯になっている点の特異であり、海洋底の岩石が 5,000m の海底から 8,000m 隆起して削られたことが実感できるのが特徴である。

四万十帯は、多くの箇所に付加体特有の典型的な岩相組み合わせや構造が見られ、それらは付加体の典型と考えられている。付加体は通常の成層した地層とは異なる構造を持つが、このよう

な地質の理解は、日本の四万十帯で行われた放射虫化石を用いた詳細な地層の年代決定により明らかにされたものである。このような研究と多くの良好な露頭により日本列島は付加体研究のフィールドとして世界の最前線になり、特に四万十帯は、多くの国内外の研究者が競って研究する場となっている。日本は海陸とも世界の付加体の模式地になっており、それらの成果は世界的に見ても極めて精度の高いものと言われている。

南アルプスは四万十帯の一角をなし、付加体の特徴を示す岩石や構造を見ることができるが、四国や九州、紀伊半島は海岸に観察に適した良好な露頭が多く、多くの研究成果が出されている点で、四万十帯における代表的な存在と言える。



(南アルプス学術総論より引用)

3. 比較事例

3-1 世界最速レベルの隆起速度と激しい浸食作用により形成された山岳地形

・ニュージーランド サザンアルプス

アルパイン断層東側のサザンアルプスとその延長部での顕著な隆起（第四紀の地殻変動量、最大隆起量は 17mm/年）が見られる。

・台湾山脈

南アルプスに比べて山岳の規模が大きく、また、隆起速度も速いと推測されるが、調査が十分に行われていない。

3-2 プレートの衝突による地殻の湾曲

・三江併流 (中国、(vii) (viii) (ix) (x))

インドプレートとユーラシアプレートの衝突やテチス海の閉鎖、ヒマラヤ山脈やチベット高原の隆起に伴う過去 5,000 万年の地史を示す顕著な価値がある。衝突型の造山帯であるが、付加体地質とは異なる。

・スイス・アルプス ユングフラウアレッチュ (スイス連邦、(vii) (viii) (ix))

2,000~4,000 万年前に開始した隆起と圧縮の結果造られたアルプス高山の顕著な例となっている。4 億年前の結晶質岩がより若い年代の炭酸塩岩の上に衝上しているのが見られる。U字谷、カール、ホルン、谷氷河、モレーン等、極めて多様で豊富な地形学的特徴も見られる。衝突型の造山帯であるが、付加体地質とは異なる。

3-3 付加体

・西日本 (四万十帯)

沖縄諸島から西南日本の太平洋側に分布する四万十帯と呼ばれる地層群は、典型的な付加体として知られ、世界で最もよく調査され、その研究成果が世界の付加体研究に大きな影響を与えた。南アルプスの大部分も四万十帯の岩石で構成されている。

1976 年に陸上の地質調査から付加体の認定が行われ、世界に先駆けて付加体の概念が提出された。その後、四万十帯における放散虫化石による時代論や古地磁気データの調査、海洋地質学的成果等に基づいて、付加体形成論がより具体的に展開された。付加体特有の構造の解明や、海洋プレート層序 (最下位の海洋底玄武岩からチャートを含む遠洋性堆積物、半遠洋性の泥質岩を経て陸源性の砂岩・泥岩互層 (タービダイト)) の復元、メランジュの意義の認識、付加体形成モデルの提示というように、多くの研究が行われてきた。

四国の室戸岬は付加体を主要な要素とするジオパークとして、世界ジオパークに認定されている。

・テ・ワヒポウナムー南西ニュージーランド (ニュージーランド、(vii) (viii) (ix) (x))

氷河地形の優れた例となっている。地質の一部に付加体を含むと考えられるが、付加体の特徴は前面には出されていない。高山であり、雪と氷河で覆われているため調査が困難で、発達史が組み立てられておらず、研究が進んでいない。

・バルバドス (バルバドス、暫定リスト)

バルバドスのスコットランド地区は、大西洋プレートとカリブプレートの 2 つの地殻プレートが交差する海底に形成された付加体が露出する。付加体の露出する面積は南アルプスに比べて遙かに小規模である。

・西日本のジュラ紀付加体 (秩父帯、美濃-丹波帯)

四万十帯の北側に広域に分布し、四万十帯と共通する特徴が多い。比較的連続性のよいチャート・多色頁岩、タービダイトの組み合わせがみられる。四万十帯と並び世界で最も詳しく調査された陸上付加体。

・カスカディア付加体

北米プレートがファンデフカプレートに沈み込むことで形成された付加体で、厚い堆積物が沈み込む。国際深海掘削計画 (ODP) でよく調査されている。

・コディアック付加体（アリューシャン弧）

白亜紀のメラングジュ、白亜紀末と古第三紀のタービダイトが分布し、四万十帯に類似した地層を持ち、規模も匹敵する。多数の論文が発表されている。

・フランシスカン帯（カリフォルニア西海岸）

砂泥互層、玄武岩、チャート、変成岩などなど複雑な構造を示し、メラングジュ帯が含まれる。四万十帯に類似した地層を持つが、明瞭な海洋プレート層序は復元されていない。

・サザンアップランズ（スコットランド南部）

付加体研究のメッカで、古典的露頭も多い。四万十帯と類似しており、タービダイトのほか玄武岩やチャート、赤色頁岩が分布する。

・イタリア北部（北アペニン山脈からボローニャ周辺）

白亜紀から第四紀の海洋プレート層序が分布する。特異な岩相、構造のため、オリストストロームや鱗片状劈開の模式地となっている。

現在、付加体が典型的に発達している場所は南海トラフのほかに、メキシコ沖中米海溝、マクラン（イラン・パキスタン沖）、ペルー・チリ海溝の一部、バルバドス海嶺、カスカディア（オレゴン・バンクーバー沖）、アリューシャン海溝東部、スマトラ沖ジャワ海溝、ヒ克蘭ギ海溝（ニュージーランド）、東地中海海嶺がある。



図 A-2-3 太平洋を中心とする沈み込み帯のうち、付加体の発達する場所とそうでない場所の区別 (von Huene and Scholl, 1991 による)

海溝名を慣用の英語名で示す。黒三角の箇所は付加体が少しでも発達するところ（一時的なものを含む）、白三角は、まったく見られないところ。

(小川・久田 2005)

4. 課題

付加体の代表例というのは普遍的な価値になりうるか、あるいは島弧衝突の歴史を示す地形・地層というのは普遍的な価値になりうるかが課題である。また、観察に適した露頭が多く、研究成果が多く発表されている点で、四国をはじめとする西日本の方が四万十帯の代表地とされており、南アルプス単体では付加体としての完全性が認められない可能性がある。

5. 参考（付加体について）

5-1 付加体とは

- ▶ 付加体はプレート沈み込み帯に発達した海溝堆積物を主体とする褶曲・スラスト帯である。つまり、海洋プレート上の堆積物が、沈み込むことができず沈み込まれる側の先端に次々と押しつけられて（はぎとりと底づけ）形成された地質体である。
- ▶ 海洋地殻最上部の玄武岩、長い時間をかけて海洋地殻上に堆積した石灰岩やチャート、頁岩、細粒碎屑物などの遠洋性堆積物からなる海洋プレート層序と陸源性の砂岩・泥岩互層（タービダイト）などからなる。
- ▶ ほとんどは陸から海溝地域へ流れ込んだ砂や泥が、再び陸側へ押しつけられたものである。そのため、付加体の発達には、陸側に活発な浸食作用が起こり、そのことによって大量の土砂が生産され、それが海溝へ流れ持つような流路を持つことが重要である。陸側で活発な浸食作用が起こるためには、そこで山脈などが高くなる等のことが必要である。

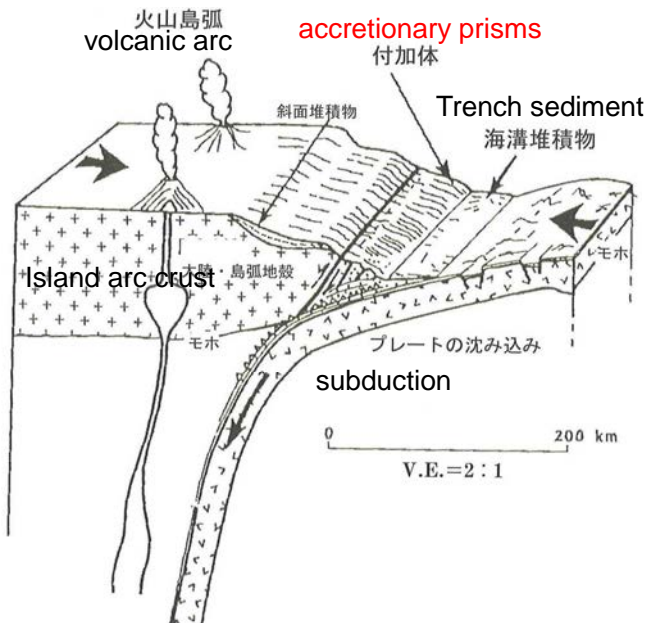
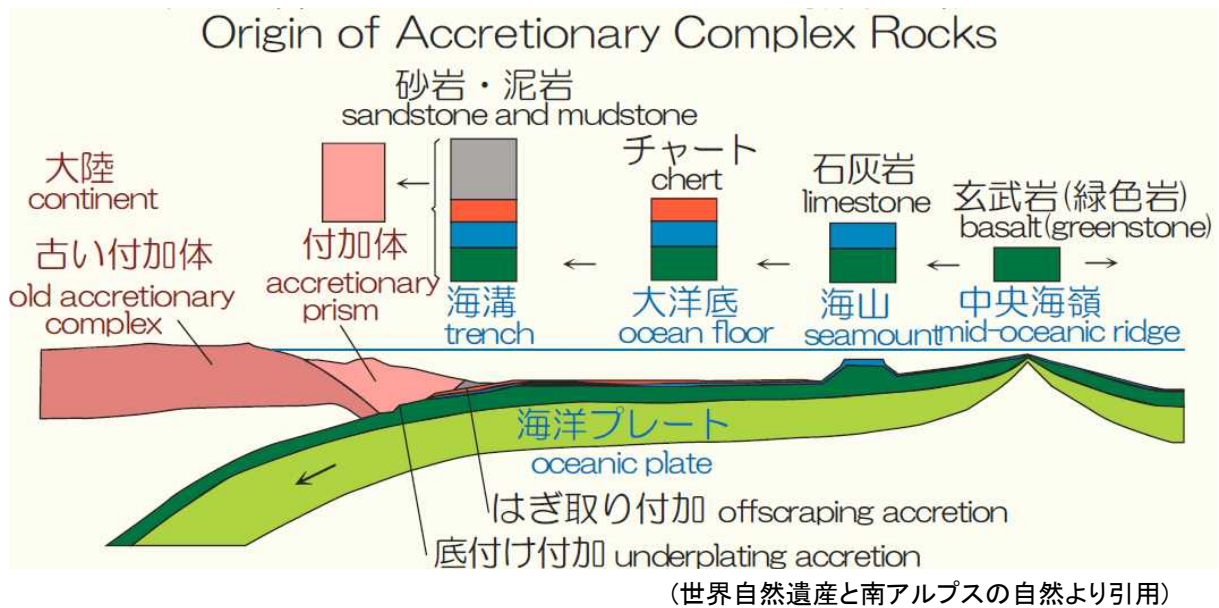


図 A-1-1 島弧-海溝系における付加体の位置 (von Huene and Scholl, 1991 による)

V.E.=2:1 は、縦が2倍に誇張されていることを示す。

(小川・久田 2005 を改変)



5-2 付加体研究の意義

付加体研究の意義には例えば次のようなものが挙げられる。

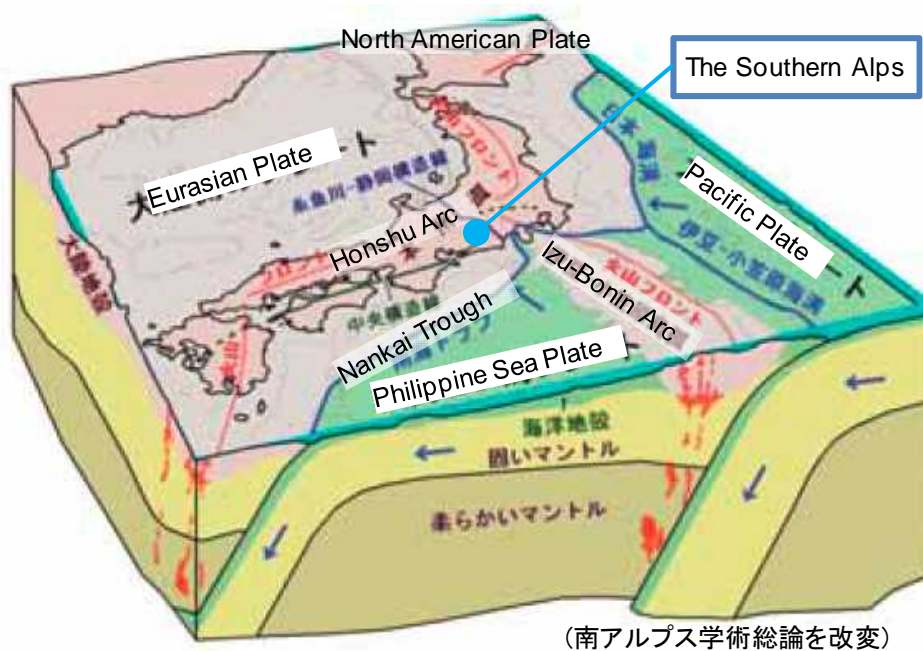
- 沈み込み帯のテクトニクスを記録していること、それが陸源の物質を主としているものの、マントル由来の物質（海山の断片、海洋プレートそのもの）をも含んでおり、大陸の成長を担っていること、高压変成岩の形成や上昇、島弧マグマ形成にも関与していること。
- 海洋底は海溝において地球内部に沈み込むために常に更新されており、現在の海洋底をいくら探しても古い海洋底の記録を見出すことはできない。しかし、そういった古い海洋底の破片が、付加体の中に存在することが地質学的事実に基づいて明らかになった。付加体内に取り込まれた海洋底断片から、既に地球上に存在しない時代の海洋底の情報を得ることが可能になり、海洋底研究の年代範囲は一挙に数十億年前まで拡大された。
- 付加体の存在は、高压変成岩の存在とともにその時期から地球上でプレートテクトニクスが成立していた証拠としても使用されている。
- 環太平洋地域には過去の付加体が陸上部に露出しており、大陸縁辺部の地質の大きな特徴となっている。日本のような大陸縁では少なくとも中生代以降の地質の大半が沈み込み現象に関連し、骨格を作る変成帯や褶曲帯はほとんど全て付加体かその一部であるために、付加体の理解を除いては日本列島と周辺の固体地球科学の理解はできない。

Minami Alps (Southern Alps of Japan)

1. Description of the Natural Environment

1.1. Geology and Topography

The Japanese archipelago lies at the junction of four tectonic plates. The Honshu Arc is an island arc formed by the subduction of two oceanic plates (the Pacific Plate and the Philippine Sea Plate) beneath two continental plates (the North American Plate and the Eurasian Plate). The Pacific Plate also subducts under the Philippine Sea Plate, forming a volcanic arc on the Philippine Sea Plate known as the Izu-Ogasawara Arc. The northward migration of this arc forces it against the Honshu Arc, resulting in the formation of the Minami Alps.



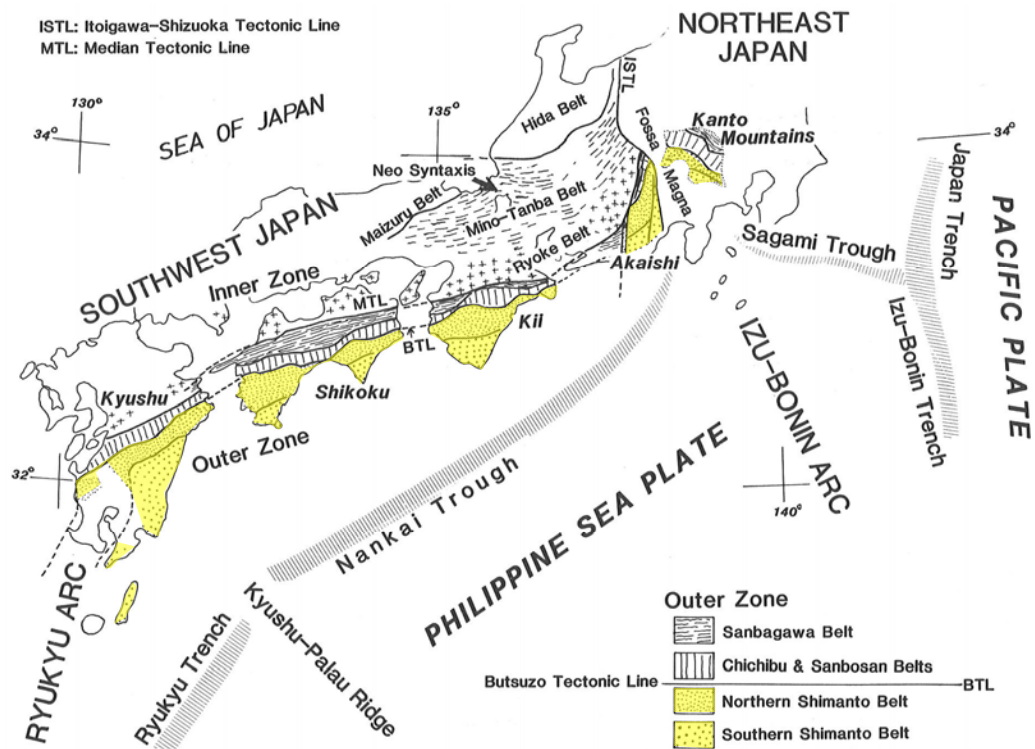
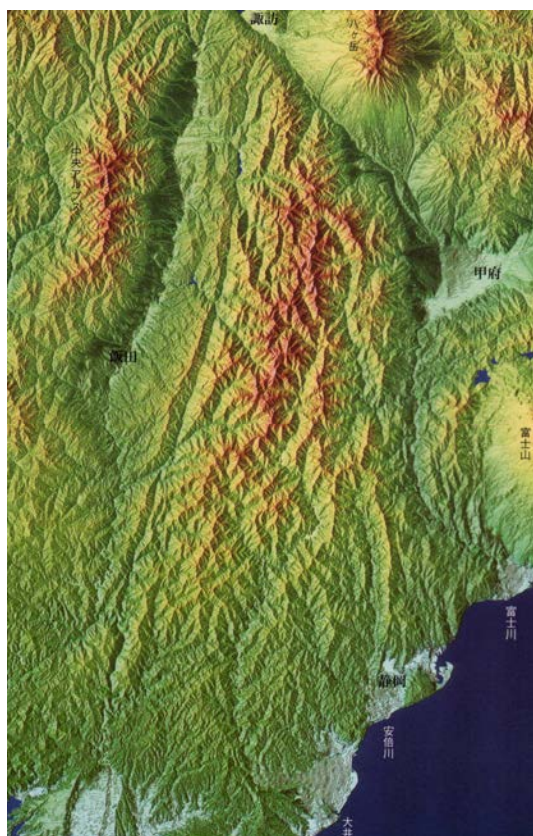
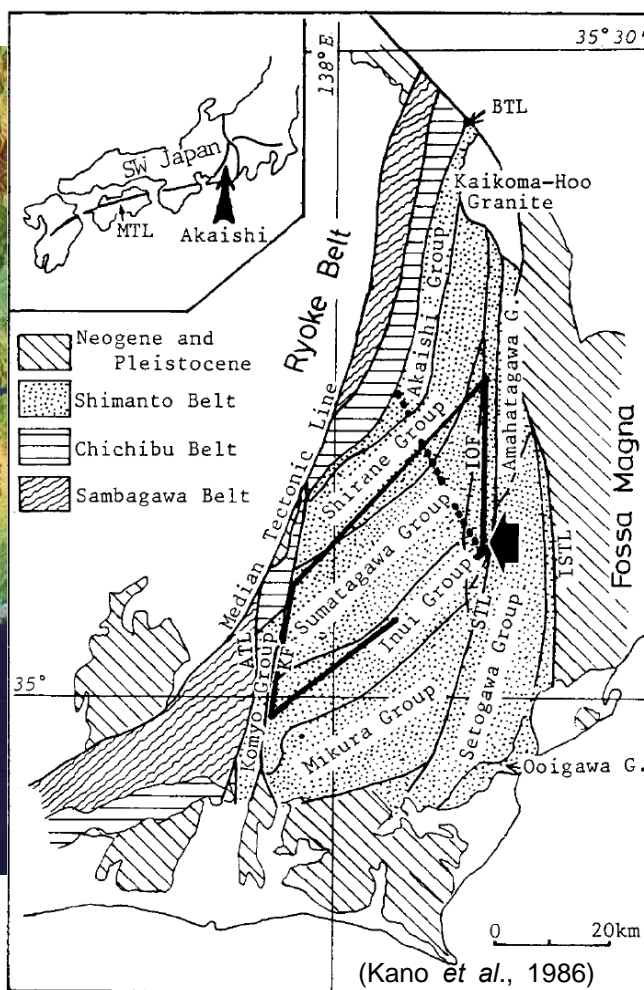


Fig. 1. Tectonic framework of Southwest Japan and its adjacent areas. (Kano et al., 1990 を改変)



(狩野 2013)



(Kano et al., 1986)

The mountainous region known collectively as the Minami Alps consists of the Akaishi Mountains, the Minobu Mountains to the southeast, and the Ina Mountains to the west. The Akaishi Mountains can be further divided into the Houo, Akaishi and Shirane Mountain Systems. Thirteen peaks here exceed 3,000 meters above sea level, most notably Mt. Kita (Kita-dake; 3,192 m) and Mt. Akaishi (Akaishi-dake). Glacial landforms such as cirques and periglacial landforms such as patterned ground occur along the main ridge of these mountains.

Geologically, the Shirane and Akaishi systems both mainly consist of Cretaceous to Miocene accretionary prisms (the Shimanto Belt), while the Mt. Kaikoma and Houo Mountain System are comprised of granite.

The accretionary prisms comprising the main body of the Minami Alps are geologic bodies formed by the offscraping of oceanic basalts and pelagic sediment on the oceanic plate and terrigenous trench sediment during the subduction of the oceanic plate and underplating onto the continent. The Minami Alps offers an ideal field within a relatively small area for observing pelagic sediment, including chert and limestone, rocks such as oceanic basalt and terrigenous interbedded sandstone and mudstone, and geological structures and various rocks associated with accretionary prisms such as *mélange* and fold structures. While the accretionary prism of the Minami Alps shares many features of the Shimanto Belt accretionary complex found in other parts of Japan, it is distinct in that submarine sediment was rapidly uplifted to form the 3,000-meter peaks in this region.

This rapid uplift is the result of the ongoing orthogonal collision of the Izu-Ogasawara Arc with the Honshu Arc. The folding induced by this collision has generated various tectonic deformation events. In the southern parts of the Minami Alps, the geologic structures exhibit a NE-SW strike, in contrast to northern areas where the structures exhibit a N-S strike. Furthermore, geologic bodies of 10 km in width have been eliminated in the northern parts, and the width of the Shimanto Belt is also narrower. Estimates indicate the structures have been offset by nearly 160 km to the north at the maximum point of folding. Most orogenic belts formed by crustal collisions are due to parallel or oblique collisions, wherein mountainous regions are formed by simple uplift. In contrast, the folding of the crust observed

in the Minami Alps is a direct result of orthogonal collision. This is unique among collisions involving island arcs. The fold structure of the crust caused by this orthogonal collision is considered the key to understanding the formation of the Japanese archipelago.

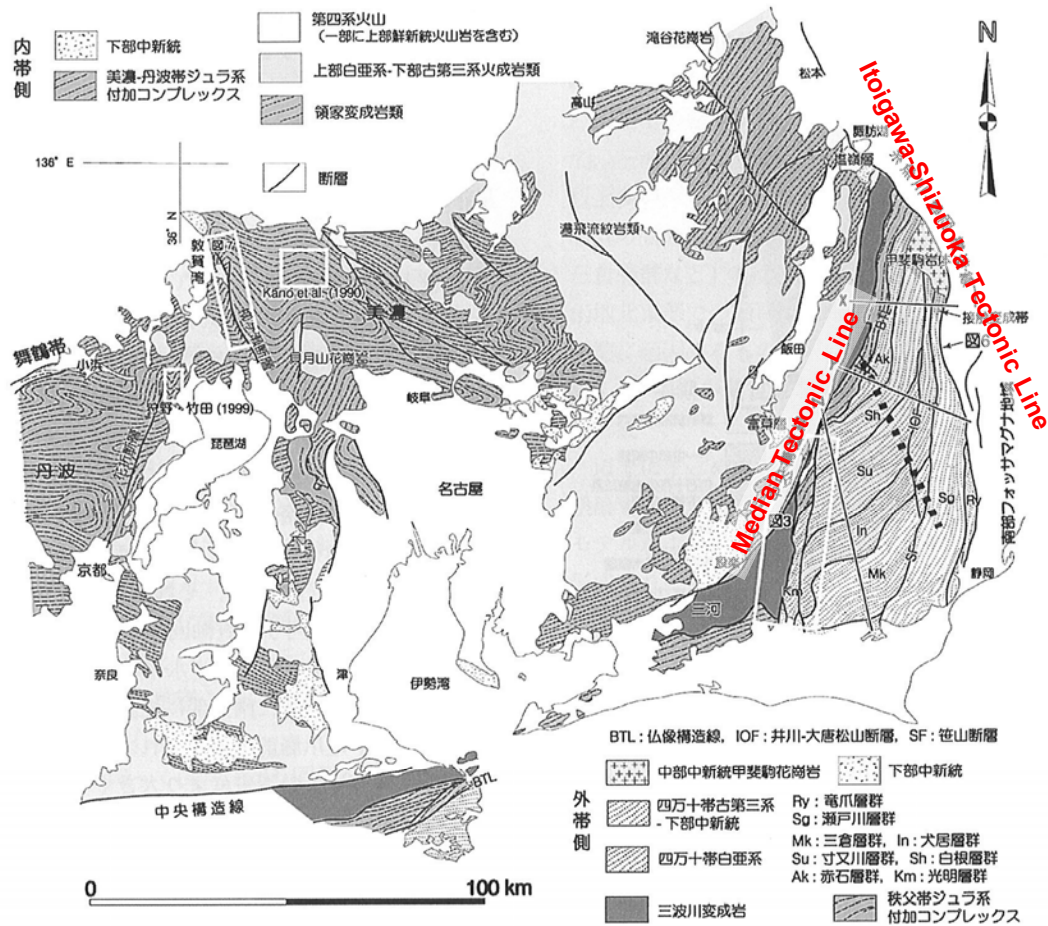
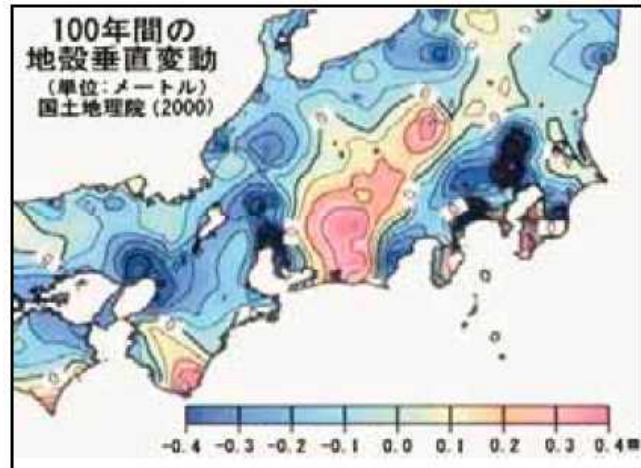


図 2. 西南日本東部の湾曲構造全体図 (Kano *et al.* (1990) を一部改変して作成). 各凡例内の破線は地層のトレンドを示す。外帯赤石山地内の太い破線は、逆くの字型屈曲のヒンジの位置。(kano, 2002 を改変)

The Minami Alps is believed to have uplifted rapidly within the past 1 million years at a rate exceeding 3 mm/year, which corresponds to one of the highest rates recorded anywhere in the world. In addition to this intense crustal movement, the region's warm, humid climate accelerates erosion by rainfall and streams and rivers. These regions are known as humid and tectonically active regions; the Minami Alps, a mountainous region set in such a humid and currently tectonically active environment, is among the world's best examples of such regions. In the Minami Alps, one can observe the well-developed V-shaped valleys formed by slope failure and/or downward erosion by rivers and streams, as well as structures created by the

gravitational collapse of mountains and giant landslides, all characteristic of humid and tectonically active regions.



Vertical crustal movement in the past 100 years.
(南アルプス学術総論より引用)

1.2. Flora

Vertical distribution of vegetation reflecting the temperature gradient is apparent. Deciduous broad-leaved forests, evergreen coniferous forests, Erman's birch *Betula ermanii* forests, Japanese stone pine *Pinus pumila* forests, and alpine plant communities are distributed from low to high elevations. Located on the Pacific Ocean side of the archipelago, the region features relatively sparse snowfall in winter but significant rainfall during summer. Stretching approximately N-S, the mountain ridges are constantly exposed to powerful winds. The extremely dry, cold environment has created a wind-swept site inhabited by unique plant communities.

Located in an area where the northern limit of the southern flora found mainly in Southeast Asia and the southern limit of the northern flora of plant species found on the Asian continent overlap, this region is characterized by a rich diversity of plant species. (Indeed, it marks the southern limit of the distribution of 180 vascular plant species.) The number of plant species confirmed to occur above 800 meters in the Minami Alps include 1,635 vascular plant species belonging to 138 families, 248 bryophyte species belonging to 51 families, and 98 lichen species belonging to 15 families. Many endemic species occur here as well, including *Callianthemum hondoense*, *Artemisia kitadakensis*, *Ranunculus kitadakeanus*, and *Comastoma pulmonarium* subsp. *sectum*, all relict species from the glacial.

Among floral species, one falls into category EN and four into category VU in the IUCN Red List.

1.3. Fauna

Animal species confirmed present above 800 meters in the Minami Alps include 39 mammal species belonging to 15 families, 102 bird species belonging to 35 families, nine reptilian species belonging to four families, nine amphibian species belonging to four families, 10 fish species belonging to four families, 45 terrestrial and freshwater gastropod species belonging to 16 families, and 2,871 insect species belonging to 179 families. More than 30 species of mammals occur here, including the Japanese serow *Capricornis crispus* (special natural monument of Japan) and the Asiatic black bear *Ursus thibetanus* (VU, IUCN Red List). The mammalian fauna is consistent with that characteristic of mountainous regions in the central Honshu region. Fifteen species (two families) of bats have been confirmed to occur here, making the region one of Japan's most important bat habitats.

Isolated, relict bird species from the glacial are found here. The region marks the southern limit of the global distribution of rock ptarmigan *Lagopus muta* (special natural monument of Japan).

While certain endemic insect species are encountered here, many of these species are also found in the Central and Northern Alps. The region marks the southern limit of the global distribution of alpine and subalpine insect species commonly found in the northern Eurasian continent and the peri-Arctic sea regions.

2. Proposed OUV

The region is unique in that it is a representative example for an ongoing geological process of topography formation: (1) The formation of this mountain range strongly reflects the world's highest rate of tectonic uplift and the dramatic erosion associated with this uplift; (2) the formation of 3,000-meter peaks by the orthogonal collision of the Izu-Ogasawara Arc with the Honshu Arc offers a unique instance of accretionary prism formation accompanying plate

subduction; (3) the region is a locus of ongoing tectonic deformation, where crustal folding induced by the orthogonal collision of two arcs is currently underway.

The accretionary prisms comprising the main body of the Minami Alps consist of geologic bodies formed by oceanic lava basalts and pelagic sediments on the oceanic plate and terrigenous sediments deposited in the oceanic trench scraped off during the subduction of the oceanic plate and accreted onto the continent. Within a relatively small area, the Minami Alps offers an ideal field for observing chert, limestone, and other pelagic sediments, rocks such as oceanic basalt, terrigenous, interbedded sandstone and mudstone, and the geological structures and various rocks associated with accretionary prisms, including *mélange* and fold structures. While the accretionary prism of the Minami Alps shares some features with the Shimanto Belt accretionary complex found in other parts of Japan, the region is distinct in that one can actually observe the results here of the rapid uplift of submarine sediment from depths of 5,000 meters on the seafloor to form 3,000-meter peaks—a total uplift of 8,000 meters—followed by dramatic erosion.

In many parts of the Shimanto Belt, features typical of accretionary prisms are visible in the lithofacies distribution and structures. While accretionary prisms are now widely known to exhibit structures distinct from normal geological stratifications, this fact was first shown by biostratigraphic studies carried out on the Shimanto Belt in Japan using radiolarian fossils to determine the precise age of geological strata. Such studies and the availability of many favorable outcrops that enable such studies have made the Japanese archipelago, and especially the Shimanto Belt, part of the frontlines in the study of accretionary prisms, where large numbers of domestic and foreign researchers compete with one another. The Japanese archipelago and its surrounding seas are considered to be a type locality of accretionary prisms, and the results of biostratigraphic studies here are regarded to be the most precise anywhere in the world to date.

While the Minami Alps forms a section of Shimanto Belt and exhibits rocks and structures typical of accretionary prisms, outcrops suitable for observation occur along the coastlines of Shikoku and Kyushu regions and Kii Peninsula, making the latter regions representative fields for research on the Shimanto Belt.

| | | |
|---|--|--|
|  |  |  |
| <p>Chert—Near Tenguwa Rocks in Mt. Shiomi (Shiomi-dake)</p> <p>Chert is rock formed by the sedimentation of radiolarians, which are plankton with quartzose shells, on deep ocean floors several thousand meters deep. The chert found in the Minami Alps tends to be red, the source of the name for the Akaishi Mountains (“aka” and “ishi” meaning “red” and “rock” in Japanese, respectively).</p> | <p>Pillow Lavas—Near the South Akaishi forest trail in Mt. Ofuda</p> <p>Pillow lavas are rock formations with a thin membrane-like surface formed when lava extruded on the ocean floor is rapidly cooled by seawater. The pillow lavas in the Minami Alps were basaltic lavas that originally covered the surface of the oceanic plate and were subsequently incorporated into the accretionary prism.</p> | <p>Mélange: a relic of the Subduction Zones—Near Ikenotani along Sumata River</p> <p>Mélanges are rock formations that appear to consist of jumbled up fragments of rocks from geological layers that have been broken up and mixed. They are characteristic features of accretionary prisms. Many of the mélanges found in the Minami Alps are believed to have been formed as the oceanic and continental plates pushed against each other at the plate boundary.</p> |

(南アルプス学術総論を改変)

3. Comparative Cases

3.1. A mountain range formed by tectonic uplift at the world’s highest rate and subject to dramatic erosional processes

▪ Southern Alps in New Zealand

Substantial uplift (maximum rate of tectonic uplift during the Quaternary: 17 mm/year) is found on the eastern side of the Alpine Fault of the Southern Alps and along its line of extension.

▪ Central Mountain Range of Taiwan

While the scale of the mountain range is grander than the Minami Alps of Japan and the rate of uplift is presumed to be high, studies to this point have not generated adequate data.

3.2. Folding of the Crust Due to Plate Collision

▪ Three Parallel Rivers of Yunnan Protected Areas (China, (vii), (viii), (ix), (x))

The region provides an invaluable record of geological history over the past 50 million years, including the collision of the Indian and Eurasian Plates, the closure of the Tethys Sea, and the uplift creating the Himalayas and the Tibetan Plateau. While this region represents a

plate collision orogenic belt, its geology differs fundamentally from accretionary prism formations.

▪ **Swiss Alps Jungfrau-Aletsch (the Swiss Confederation, (vii), (viii), (ix))**

The region is a remarkable example of the Swiss Alps, formed as the result of uplift and compression starting around 20 to 40 million years ago. One notable structure is the overthrust in which a crystalline rock mass dated at 400 million years ago is observed on a younger carbonate rock mass. The region also offers a rich variety of geomorphological features, including U-shaped valleys, cirques, horns, valley glaciers, and moraines. While the region is an example of a plate collision orogenic belt, its geology differs fundamentally from accretionary prism formations.

3.3. Accretionary Complex

▪ **Western Japan (the Shimanto Belt)**

The stratigraphic group referred to as the Shimanto Belt distributed along the Pacific side of the southwestern Japanese archipelago and including the Okinawa Islands is recognized as a typical accretionary complex. The Shimanto Belt is among the world's most extensively studied accretionary complexes, and the results of this research have contributed significantly to the international study of accretionary complexes. Major portions of the Minami Alps consist of rock formations belonging to the Shimanto Belt.

In 1976, a geological survey carried out on land confirmed the presence of an accretionary prism, prompting the initial proposal of the concept. Combined with results of marine geological research, the results of subsequent age determination studies based on radiolarian fossils and paleomagnetic investigations of the Shimanto Belt have led to the development of a more detailed theory of the formation of accretionary prisms. Since then, numerous studies of accretionary prisms and complexes have resulted in the elucidation of structures unique to accretionary prisms, reconstructions of oceanic plate stratigraphy (from the bottommost oceanic basalts, to pelagic sediments including cherts, to semi-pelagic mudstones, and finally

to terrigenous interbedded sandstone and mudstone, or turbidites), recognition of the significance of mélanges, and the proposal of a model of accretionary complex formation.

Cape Muroto (Muroto-misaki) in Shikoku is a designated global geopark due primarily to its significance as part of an accretionary prism.

▪ **Te Wahipounamu - South West New Zealand (New Zealand, (vii), (viii), (ix), (x))**

This region is a prime example of glacial landform. While an accretionary complex is believed to be present here, the characteristic features of an accretionary complex are not precisely described. High altitudes, snow cover, and glaciers present significant obstacles to scientific investigation. Studies to date have been inadequate. A tectonic history of its formation has yet to be established.

▪ **Barbados (Barbados, Tentative List)**

The Scotland District of Barbados features an exposed accretionary complex formed on the ocean floor at the junction of two crustal plates, the Caribbean and Atlantic Plates. In terms of surface area, the exposed accretionary prism is at a significantly smaller scale than the Minami Alps.

▪ **The Jurassic accretionary complex in Western Japan (the Chichibu Belt, Mino-Tamba Belt)**

Widely distributed to the north of the Shimanto Belt, these belts share many features with the Shimanto Belt. A relatively continuous combination of chert, vari-colored shale, and turbidite can be found here. Together with the Shimanto Belt, these belts are among the world's best-studied subaerial accretionary prisms.

▪ **Cascadia accretionary prism**

This accretionary prism was formed by the subduction of the Juan de Fuca plate beneath the North American Plate, accompanied by the subduction of thick sediment deposits. The region has been extensively studied as part of the ODP (Ocean Drilling Program).

▪ **Kodiak accretionary prism (Aleutian arc)**

Cretaceous mélanges and late Cretaceous and Paleogene turbidites are distributed within the Kodiak accretionary prism. This accretionary prism exhibits stratigraphy and scales similar to the Shimanto Belt. Numerous papers on the Kodiak accretionary prism have been published.

▪ **Franciscan Belt (West Coast California)**

Complex structures consisting of sand and mud interbeds, basalt, chert, and metamorphic rocks occur in the Franciscan Belt, along with mélangé zones. While the stratigraphy resembles the Shimanto Belt, no conclusive reconstruction of the oceanic plate stratigraphy has been made.

▪ **Southern Uplands (southern Scotland)**

This mecca of accretionary prism studies features numerous classic outcrops. The stratigraphy of the Southern Uplands resembles that of the Shimanto Belt, with basalt, chert, and red shale distributed, along with turbidite.

▪ **Northern Italy (from Northern Apennines to Bologna area)**

Oceanic plate sequences from Cretaceous to Quaternary are distributed in this region. Due to its unique lithofacies and structure, the region is a type locality for olistostrome and scaly cleavage.

Besides the Nankai Trough, regions where typical accretionary prisms are currently being formed include the Middle America Trench off the coast of Mexico, Makran (off the coast of Iran and Pakistan), a part of the Peru-Chile Trench, the Barbados Ridge, Cascadia (off the coast of Oregon and



In the subduction zones around the Pacific Ocean, these are regions where accretionary prisms are currently developing or absent. Areas where even the slightest formation of accretionary prisms are observed, and areas where none can be confirmed. (Ogawa & Hisada 2005)

Vancouver), the eastern part of the Aleutian Trench, the Java Trench off the coast of Sumatra, the Hikurangi Trench (New Zealand), and the East Mediterranean Ridge.

4. Challenges

The main issue is whether a representative example of an accretionary prism and/or whether landforms and stratigraphy preserving the history of plate collision in island arcs holds universal value. In addition, in terms of being a type locality for the Shimanto Belt, Shikoku and other regions in western Japan feature far more outcrops suitable for observation and have been extensively studied. Thus, those regions may be considered better representatives of the Shimanto Belt, and it is possible whether the Minami Alps as a whole fulfill the conditions of integrity of an accretionary prism will come into question.

5. Additional Explanations on Accretionary Prisms

5.1. What is an accretionary prism?

- Accretionary prisms are fold and thrust belts consisting mainly of ocean trench sediment formed along subduction zones. The sediment on the downward subducting oceanic plate is continually pressed against the tip of the continental plate, subsequently detaching from the oceanic plate and accreting onto the continental plate. (offscraping and underplating)
- Accretionary prisms generally incorporate materials such as basalts on the topmost layer of the oceanic crust, oceanic sediment sequences consisting of limestone, chert, shale and pelagic sediments such as fine-grained clastics deposited onto the oceanic crust over extended timeframes, and terrigenous turbidite (interbedded sandstone and mudstone).
- Most of the materials constituting an accretionary prism are terrigenous and began as sand and mud flowing into the trench regions from land, eventually becoming part of the land once again as they are accreted onto the continental plate. Thus, the production of voluminous sediment due to active erosion on the land side as well as waterways for efficient

transport to the trenches is required to form an accretionary prism. Such active erosion processes generally require high mountain ranges.

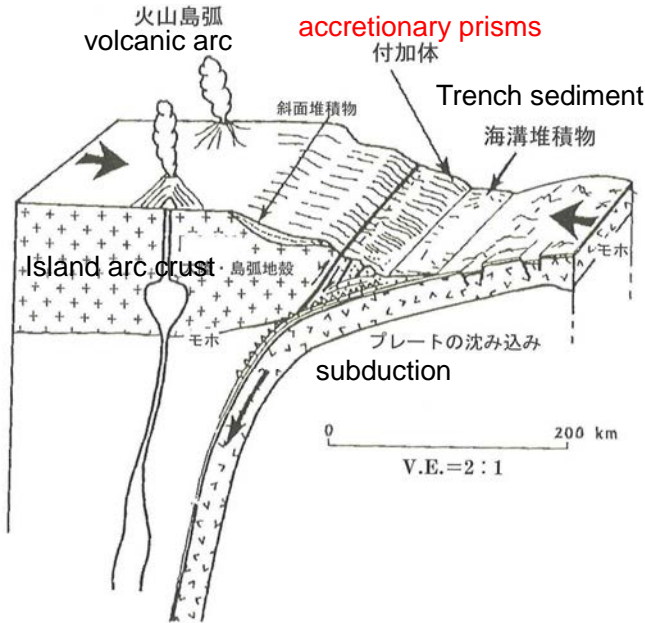
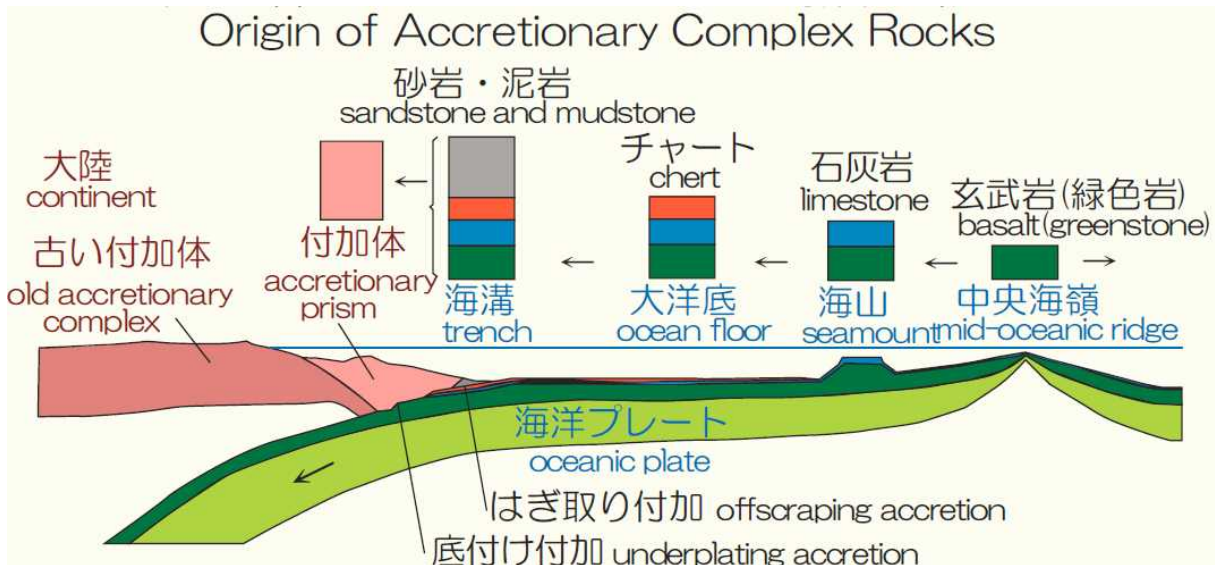


図 A-1-1 島弧-海溝系における付加体の位置 (von Huene and Scholl, 1991 による)

V.E.=2:1 は、縦が 2 倍に誇張されていることを示す。

(Ogawa & Hisada 2005 を改変)



(世界自然遺産と南アルプスの自然より引用)

5.2. The Significance of Accretionary Prism Studies

Some arguments for the significance of accretionary prism studies are given below.

- Accretionary prisms record the tectonic history of subduction zones. While most of the materials of an accretionary prism are terrigenous, they also include mantle-derived materials (fragments of seamounts and even ocean plates). Accretionary prisms also play a vital role in continental development, in addition to the formation and exhumation of high pressure metamorphic rocks and the generation of island arc magmas.
- Since subduction constantly pulls ocean floors back down into the earth's interior for future renewal, modern seafloors do not preserve records of ancient seafloors. However, geological research shows accretionary prisms contain fragments of ancient seafloors. These fragments allow scientists to gather information on ancient seafloors no longer found anywhere else on earth and have extended the reach of ocean floor research by several billion years at a stroke.
- The existence of accretionary prisms alongside high-pressure metamorphic rock also provides evidence that the processes of plate tectonics had already been established at the time these formations originated.
- In many parts of the circum-Pacific region, accretionary prisms underplated in the past now lie exposed on land, having become notable features of the geology at continental margins. In Japan, which is one such margin, the geologic formations younger than Mesozoic are mostly constituted by metamorphic belts and fold belts associated with the subduction process. Thus, a deep understanding of accretionary prism formation is essential for understanding the solid-earth science related to the Japanese archipelago and its surrounding regions.

2) 現地説明資料

- 南アルプス フィールドガイド 狩野専門家 -9月16日-

Minami Alps (Southern Alps of Japan) field guide

S-6 Arakawa Sanzan (Three Peaks of Mt. Arakawadake)

From west to east, the Arakawa Sanzan consists of the Mt. Maedake (3,068 m), Mt. Nakadake (3,083 m), and Mt. Warusawadake (3,141 m), all located along the ridge running E-W that branches off from the main ridge towards the Senmaidake (2,880 m). Cirques, linear depressions, and large-scale landslides are found along the ridges.

The areas near the Warusawadake summit are comprised mainly of greenstone masses, accompanied by masses of red chert. The areas near the summits of the Mt. Maedake and Mt. Nakadake are comprised of sandstone masses belonging to the Akaishi tectonic zone.

S - 6 荒川三山

荒川三山は、西から東へ前岳(3068m)、中岳(3083m)、悪沢岳(3141m)からなり、主稜線から分離した千枚岳(2880m)へと延びる東西方向の稜線にある。稜線では、カール、線状凹地、巨大崩壊地が見られる。

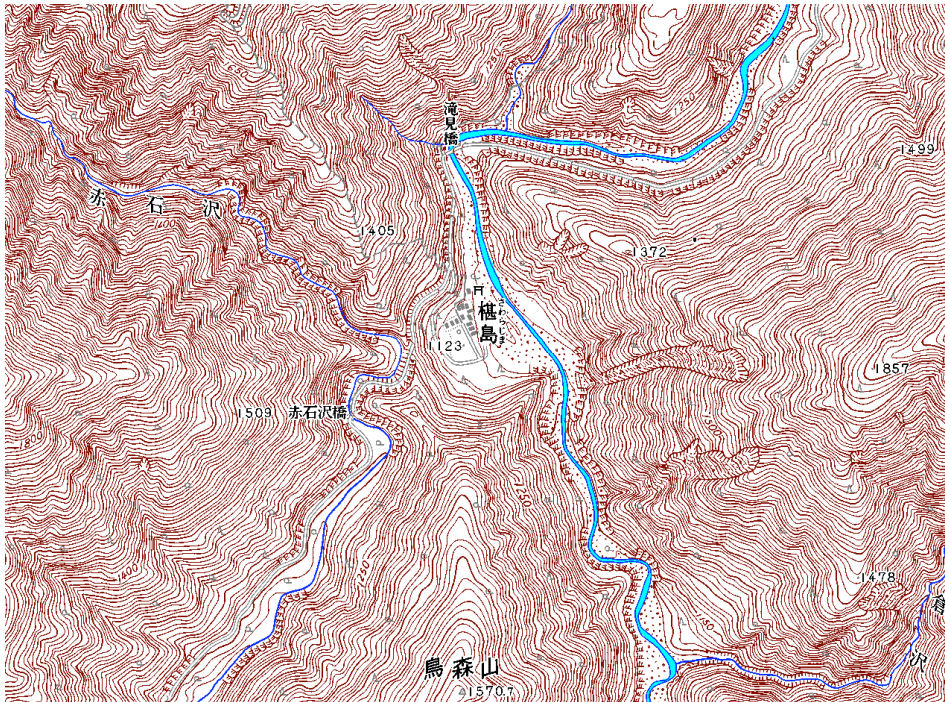
悪沢岳山頂付近は緑色岩の岩塊を主体として赤色チャートの岩塊も混在している。中岳、前岳山頂付近は赤石帯に属する砂岩岩塊によって構成されている。

S-1. Upper reaches of the Oi River and Sawarajima Area

Located on the ridge sandwiched by the mainstream of Oi River and Akaishisawa River, the Ushikubi-toge mountain path is where stream piracy between the two rivers is beginning to take place.

S - 1 大井川上流, 樫島周辺

牛首峠は大井川本流と赤石沢とに挟まれた尾根にある峠で、赤石沢と大井川本流との河川争奪が起りかけている現場である。

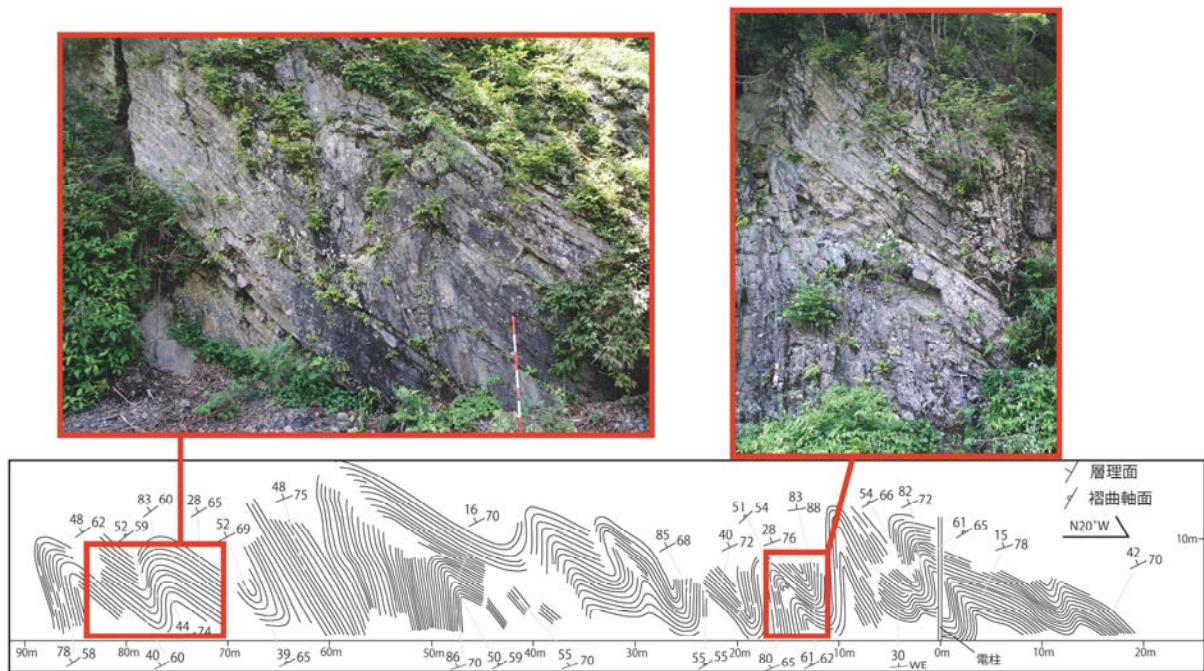


S-2. The Fold of Interbedded Sandstone and Mudstone of the Sumatagawa Group

The formation consists of interbedded sandstone and mudstone that began as turbidites filling the trench. One observes an almost continuous outcrop extending over 100 meters in width and 10 meters in height, with asymmetrical folds having half-wavelengths on the order of several meters to several tens of meters.

S - 2 寸又川層群砂岩泥岩互層の褶曲

海溝を充填した乱泥流堆積物(タービダイト)起源の砂岩泥岩互層からなる。ここでは、半波長数m~10数m程度の非対称褶曲が、露頭の幅100m以上、高さ10m前後にわたってほぼ連続的に観察できる。



S-3. Akakuzure and Bocchinagi

Akakuzure is among the largest landslides in the Southern Alps. The large scale landslides of the Southern Alps are characterized by flattened ridges due to the development of linear depressions accompanying toppling near the ridges, head scarps positioned immediately below the ridges, and alluvial fans or alluvial cones of displaced sand and gravel formed by the mainstream flow.

S - 3 赤崩, ボッチ薙

赤崩は南アルプスの大崩壊地の一つである。南アルプスの大崩壊地の特徴は、稜線付近でトップリングを伴う線状凹地が発達することによる稜線の平坦化、稜線直下を頭とする崩壊、崩壊砂礫が作る本流での扇状地または沖積錐の形成である。

S-10. The Inui Tectonic Mélange Near Senzu

A *mélange* belonging to the Inui Group is distributed widely in the Senzu area. The main constituent of the Inui *Mélange* is a body of mixed rock in which sandstone masses of variable sizes are irregularly scattered within a mudstone matrix. Masses of greenstone are also found in the *mélange*. The asymmetrical structure of the *mélange* suggests that it is a tectonic *mélange*, formed by shearing action, with the direction of shear close to parallel to the strata.

Mélanges are characteristic features of accretionary prisms, and among them, tectonic *mélanges* that have incorporated greenstone and chert masses preserve a broad range of information on plate subduction.

S - 10 千頭周辺の犬居帯の構造的メランジュ

千頭周辺には犬居帯に属するメランジュが広域的に分布している。犬居メランジュの主体は、泥質基質中に大小の砂岩岩塊が不規則に散在した混在岩である。岩塊の一部に緑色岩を含む。組織の非対称性から、地層とほぼ平行な剪断作用によって形成された構造的(テクトニック)メランジュであると推定されている。

メランジュは付加体を特徴づける岩石であり、その中で緑色岩やチャート岩塊を持つ構造的メランジュは、プレート沈み込みに関する様々な情報を保存している。

NY-2. Active Fault System of the Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line: Shimotsutaki Fault

A major fault that transverses the central Honshu region in the N-S direction, the Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line forms the boundary between the volcanic arc (Izu-Ogasawara Arc) and the zone of geologic formations more than 20 million years old to the west. The Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line is a left-lateral strike-slip fault with an estimated displacement of approximately 12 km. Part of the fault has been designated a Class A active fault. Exposed tectonic reliefs and fault outcrops are visible along rivers and streams and their terraces.

N Y - 2 糸魚川-静岡構造線活断層系, 下葛木断層

糸魚川-静岡構造線は、本州中部を南北に横断する大断層で、西側の2000年より古い地層が分布する地帯と火山弧(伊豆-小笠原弧)の境界となっている。この辺りは左横ずれ断層であり、約12kmの変位量を持つとされている。またその一部は、A級の活断層とされている。河川や段丘に表れた変動地形、断層露頭が観察できる。

Y-1. Mini Grand Canyon downstream of Kokkai Bridge and the Hakushu Fault

Measuring approximately 10 meters deep and 10-30 meters wide and stretching for 2 km, the “mini Grand Canyon” is a nickname given to a gorge topology created by the undermining of the Kamanashi River bed by torrential rains during a typhoon in September 1982. The lower portion of the terrace cliff on the left riverbank features a thrust fault outcrop in which a granite body is overthrust onto a gravel layer dated to 25 Ma.

Y - 1 国界橋下流のミニグランドキャニオンと白州断層

ミニグランドキャニオンは、1982年9月の台風に伴う豪雨によって釜無川河床が穿掘されて出現した、長さ約2km、幅10~30m、深さ約10mの峡谷地形の愛称である。

左岸側の段丘崖下部には、25 Maの礫層の上に花崗岩体が乗り上げる衝上断層がある。

Y-2. Active Fault System of the Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line: Tozawa Outcrop of the Shimotsuburai Fault

The Shimotsuburai fault is located on the boundary region between the river terrace created by the Kamanashi River and the eastern foot of the Koma Mountains. In this region, a middle

Miocene granodiorite body has been overthrust onto a gravel layer corresponding to the lowermost terrace (dated to several ten thousand years ago).

This outcrop provides evidence for an active fault on the topographic boundary between the mountains and the plains.

Y - 2 糸魚川-静岡構造線活断層系，下田井断層戸沢露頭

下田井断層は，巨摩山地東麓と釜無川が作る河岸段丘の境界部に位置している．中期中新世の花崗閃緑岩体が，最低位段丘（数万年前）を作る礫層に衝上している．

山地と平野部との地形境界に活断層が存在することを裏付けた露頭である．

Y-3. Active Fault System of the Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line: Tectonic relief Associated with the Ichinose Fault

The Ichinose fault consists of active fault groups on the boundary region between the Kofu Basin and the Ichinose Upland and the Kushigata Mountains to the west of the basin. Exhibiting significant displacement, this is the region's most active fault. Tectonic reliefs accompanying active faults are readily observed here. The activities of the Shimotsuburai-Ichinose fault and the Hakushu fault to the north are believed to have driven the westward tilting and uplifting of the main body of the Southern Alps.

Y - 3 糸魚川-静岡構造線活断層系，市之瀬断層に伴う変動地形

甲府盆地とその西側の市之瀬丘陵，および櫛形山山塊との境界の活断層群が作る断層地形．この付近では最も活動的であり，変位量も大きい活断層である．簡単に活断層に伴う変動地形が観察できる．この下田井-市之瀬断層や，より北方の白州断層の活動によって南アルプスの主体が西側傾動隆起を起こし，上昇していると考えられている．

文献

- 福嶋司・高砂裕之・松井哲哉・西尾孝佳・喜屋武豊・常富豊. 1995. 日本のブナ林群落の植物社会学的新体系. 日本生態学会誌 45 : 79-98.
- Kano K., Kosaka K., Murata A. and Yanai S., 1990. Intra-arc deformations with vertical rotation axes: the case of the pre-Middle Miocene terranes of Southwest Japan. *Tectonophysics*, 176: 333-354.
- 狩野謙一. 2002. 伊豆弧衝突に伴う西南日本弧の地殻構造改変. 地震研究所彙報. 77 : 231-248.
- 狩野謙一. 2013. 大井川上流部のジオツアーガイド. 静岡市委託・南アルプス(静岡県側)ジオツアーコース調査選定等業務報告書, 54p.
- 狩野謙一・村松武・廣田豊. 1986. 四万十累層群の変形様式—赤石山地南部の上部白亜系に見られる例—. 静岡大学地球科学研究報告 12 : 89-114.
- 釧路市. 2013. 阿寒の自然 (パンフレット).
- 南アルプス世界自然遺産登録推進協議会・南アルプス総合学術検討委員会. 2010. 南アルプス学術総論.
- 新井田清信. 2012. 北海道のジオの魅力を伝えたい～世界に誇る日高山脈の地質と岩石～. *EPOCH*. 64.
- 新井田. 2014. Deep-lithospheric rocks in Mt. Apoi Geopark and the Hidaka mountains. *AOGS 2014 Tour to Mt. Apoi Geopark*.
- 新井田清信・高澤栄一. 2007. 幌満かんらん岩体の層状構造とその起源. *地質学雑誌*. 113 補遺 : 167-184.
- 小川勇二郎・久田健一郎. 2007. 付加体地質学. 共立出版株式会社.
- 小山内康人. 2010. 日高変成帯にみられる下部地殻の高度変成岩. 日本地質学会編, 日本地方地質誌 1, 口絵 6, 北海道地方.
- 小山内康人・大和田正明・豊島剛志. 2007. 日高衝突帯下部地殻の岩石構成と変形運動. *地質学雑誌*. 113 補遺 : 29-50.
- 宇井忠英・川村信人・菊池武・小泉格・坂本竜彦・鈴木徳行・土屋篁・新井田清信・松枝大治・箕浦名知男. 1999. 北の大地が海洋と出会うところ—アイランド・アーク—の地球科学. 北海道大学総合博物館 学術資料展示 地球惑星科学分野, 北海道大学総合博物館, 29p.