

ピレネー山脈東部の地質学のおよび地球環境学的研究

石川 輝海

1. はじめに

ピレネー山脈はフランスとスペインの国境付近に位置する。ユーラシア大陸南西部のイベリア半島とヨーロッパ大陸の付け根に位置する山脈である。この山脈はアルプス造山運動によって形成された一連の山脈と考えられている。この地域には日本列島の三波川変成岩と同種の低温高圧型の変成作用を受けた結晶片岩類が産出することが知られている。静岡県浜松市天竜区下阿多古地域に産出する三波川変成岩類と比較調査を行う (Ishikawa, 1970, 1973, 1995; 石川, 1994)。

アルプス変動帯は、アルプス山脈でもっとも研究され、その分布地域は地中海北岸と地中海の島々にみられる。これらはピレネー山脈、スイスアルプス山脈、アペニン山脈、ディナルアルプス山脈、ビンダス山脈、アナトリア高原へと続く、またシェラネヴェータ山脈、アトラス山脈もアルプス変動帯に属する。

2008年夏、ピレネー山脈東部を調査することができた。特に、アンドラ公国とスペインのカルダステボイ地域 (ボイ渓谷) である。

2. アンドラ公国の自然

イベリア半島がユーラシア大陸から南へ突出する根元に、ピレネー山脈がある。この山脈は幅100km、長さ400kmで東西方向へ伸びる。

アンドラ公国はピレネー山脈の東端に位置し、標高1000m~2600mの山岳地域にある面積468平方キロ、人口75000人の小国である。この国は全て、ピレネー山脈の中にある。フランスとスペインの国境に位置し、1993年にフランスおよびスペインから主権国家として承認された。首都はAndorra la Vellaである。観光を主な産業としている。通貨はユーロを使い、消費税が無税のため、周辺国から買い物のため多くの観光客が訪れる。冬季はスキー場として観光客を集める。アンドラ公国には飛行場はなく、鉄道もない。したがって入国は車両のみであり、国境で簡単な検疫を受ける。

アンドラ公国は北緯43度付近で、ヨーロッパでは南であるが、札幌と同緯度である。ピレネー山脈の北側はフランスに属し、ガロンヌ川に広がる平原地域 (アキエヌ盆地) である。ピレネー山脈より南側はイベリア半島になり山岳地域になる。イベリア半島は標高1000mの高原地形である。

アンドラ公国の地形は起伏に富み、深い谷が彫みこまれ、比高は1500mもある。首都のAndorra la Vellaは谷の中に位置し、標高約1000mである。この谷沿いに集落が発達する。周囲の山はそびえ立ち、アルプス山脈のような急峻な山岳風景を示す。

地質は結晶片岩からなり、スレート状の岩石である。これらは形成時に強い圧縮力を受け、kink band, chevron foldを形成している。源岩



図1 アンドラの黒色片岩。泥質岩が広域変成作用を受けて片岩になった。

は泥質堆積岩であり、変成作用により黒色片岩として産出する(図1)。山脈の山頂付近は風化作用を受け、そのため黒色片岩は灰白色に脱色されている。岩石の片状の表面は平面で、二次鉱物の絹雲母により滑りやすい面を作る。絹糸光沢を示し、絹雲母などの変成鉱物による光沢である。片理構造はchevron structureを示す。また、緩やかな湾曲構造を示すものもある。片理構造の発達する黒色片岩は片理に沿って剥離し、板状になる。これはスレートと言われ、この地方では家屋の屋根材として使われる。この地域のスレートは厚さ2~3cmで片理が発達するので、片理に沿って剥離する。剥離した石板の大きさは40×100cmほどあり、それを成形して、最適な屋根材になる。

山地の山頂付近は緩やかな起伏を示し、山腹の多くは樹木で被覆され、樹種は針葉樹である。主に松類である。標高が高くなると森林限

界に達し、樹林帯から草地に移る(図2)。草地は牧畜の飼育に利用されている。家畜の多くは乳牛である。

アンドラ公国では、谷沿いに集落が形成される。谷川沿いと山腹に石造り住宅が建つ。住居の多くは二階建てから五階建てである(図2)。斜面に水平に道路が作られ、その道路の両側に集落ができる。谷川沿いには耕作地が広がり、谷幅が広く平坦地の広いところでは牧草が植えられ、草刈り場として利用されている。

家屋は自然石を積み、石の間には石灰あるいは赤土が詰められている。壁の厚さは約60cmあり、石の重量を利用して垂直に崩れないように造られる(図3)。伝統的な石積みでその技術は高度に発達している。屋根は自然石のスレートで覆われている。最近の家では屋根に人造のスレート状のものが使われることがある。

また、岩石を直方体に成形したものを積み上



図2 アンドラの山間の村。中央の山は裾から山頂へ森林、草地、裸地と変移する。標高2200m付近に森林限界がある。

げて建築した建物は教会等の公共的なものに多い、あるいは裕福な人の家屋である。

家屋の壁の厚さは60cm~80cmもあり、かなり厚い。これは石積みで壁を造るためには必要な厚さかもしれない。あるいはこの地域の気候に適した厚さとなっている可能性もある。冬季は積雪も多く、寒冷的な気候である。家の壁面はモルタルや石灰が塗られて装飾されるが、年月の経過にしたがってはげ落ち、石積みの状態がよく見えるようになる。大小の自然石が組み合わせられ、荷重によって岩塊が固定されるように積まれる。岩石は圧縮力に強く、張力に弱いため、引張力が働かないように石積みする必要がある。レンガ積みの家屋はこの地域には見られない。

図3と図4で示すように、アンドラの一般家屋は自然石を積み上げたものである。自然石は

板状をしたものが好まれ、横20~30cm、厚さ10cmぐらいのものが多く使用される。積み石と積み石の間には粘土などの詰め物を入れて、隙間なく積まれて、壁を作る。窓の大きさは一般に小さく、壁の面積の方が大きい。家屋には柱に相当するものはなく、壁構造によって支えられている。

3. アンドラの植生

アンドラは山地であり、谷川に沿って集落が形成されている。集落および耕作地以外は樹木に覆われている。樹木の多くは針葉樹である。杉および松が多い。標高2500mで森林限界になり、それ以上で樹木は生育せず、草地および裸地となる。草地は放牧地となり、牧草の繁殖地である。山地は岩石が露出し、冬季の凍結の



図3 アンドラ，Ordino 村の石造りの住宅。



図4 住宅の壁。自然石の積み方が技術の高さを示す。



図5 ボイ渓谷の黒色片岩。小褶曲構造を示す。

ため礫状の岩片が形成され、それが崩落して、斜面を形成し、不安定な地形となる。そのようなところでは土壌が少なく、裸地となる(図2)。安定した斜面には多数の高山植物が茂り、お花畑を造る。冬季に草地はスキー場になる。

樹林の中にアリ塚がある。直径約1m、高さ50cmで、付近の細長い植物の茎を集め。小高い山となり、中心部に直径10cmほどの穴が開いている。この草の山に小さいアリが出入りする。この地域では松の葉が多く集められている。

4. ボイ渓谷の自然

ボイ渓谷はアンドラ公国の西方70kmに位置し、ピレネー山脈の中央部である。フランスとスペインの国境に近く、スペイン側である。ボイ渓谷の近くには標高3010mのモンカルム山、標高3404mのアネト山などがある。この地域

は夏の避暑地として昔から栄えた。

ボイ渓谷の地質はアンドラ公国の地質と類似し、広域変成岩である。岩質は泥質片岩でアンドラ公国と一致するが、アンドラ公国の方が強い風化作用を受け、粘土化を示しているが、ボイ渓谷では比較的新鮮であり、層状の泥質片岩で、片理構造が折りたためられた小褶曲を示す(図5)。それらは珪質および石灰質の薄層を挟む。石灰質層が泥質片岩中に分布し、東西方向の走向を示し、それは山脈の方向に平行である。泥質片岩は厚さ1cmほどで剥離し、板状になる。それらはスレートとして住居の屋根材に使用される(図6)。

ボイ渓谷の建物には石灰岩および花崗岩が石材として主に使われる。石材は直方体に成形され、その大きさは40cm×20cm×20cmぐらいである。教会などの建物に使用される。一般の住宅は自然石で積み上げられている。



図6 黒色片岩の屋根。アンドラ，Ordino 村の石造りの住宅。

5. 建物の特徴

建物の石材として花崗岩質岩が主に使用される。石材として利用される岩石は破断面に方向性がなく均質で堅牢な岩石である。この地域では花崗岩，石灰岩（大理石）およびチャートである。この地域は大きさ40cmぐらいのブロック状の岩石を摩擦力が増すように縦横に重ねて積み、隙間に破片状の小さい岩片が挟み込まれ、石積みが安定にされる。石材の隙間には石灰、泥、セメントが入れられる。多くの家は赤土が詰め込まれている。ロマネスク建築の代表であり、石積みにより高さ30mの塔が造られる（図7）。

標高1000m～1500mの山腹の谷間に教会群が広がる。教会の周囲は住居に囲まれ、教会が集落の中心を占める。教会の全てが高さ30mの鐘つき塔を持つ。教会内の柱と柱の間はアー

チによって支えられるが、屋根は木造で造られている。壁は全て石積みである。この地域の特徴の一つに窓、つまり開口部に石積みによるアーチが使われていない。開口部の上部に太い木材を渡して窓枠が作られ、窓の上の石積みを支えている。

6. ピレネー山脈の地球環境

アンドラ公国は北緯43度、標高1000m以上、寒帯高地気候である。しかし大西洋からの西風によって温暖な気候となる。この気候で山地は高山性気候となり、針葉樹林および草地となる。草地の多くは長期間の牧畜農業によって、林地から草地に転換されたものである（図8）。観光を除くと主な産業は農業、牧畜、および林業である。

農業は野菜が主である。山間地であるため耕

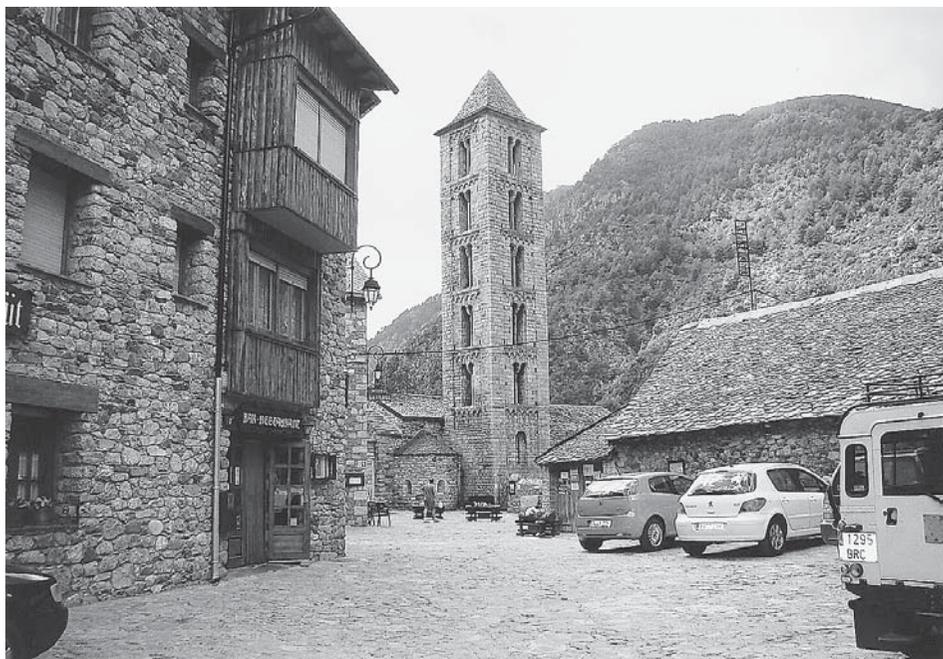


図7 ボイ溪谷のカタルーニャ風ロマネスク教会の塔。



図8 傾斜の緩やかな谷に開発された牧草地。

作地は狭く、牧畜以外に大規模な農業はできないためであろう。タマネギ、菜類、エンドウ、タバコが栽培されていた。タバコは観光に次ぐ産業になっている。

牧畜は谷川沿いの低地、および山地で行われ、主に草地では牧草の栽培が主である。家畜の種類は羊と牛が主である。

林業は山岳地であるため、全域で行われている。主に針葉樹で、松が多い。植林もされ、気候条件に適した樹種である。

森林限界以上では草地および裸地になる。裸地の地域は土砂災害を受けやすく、下流域に大量の碎屑物を流出し、山地崩壊を発生させている。

アンドラの高原地域は低木の樹木と草地からなる。それらは夏季に牧草地として使用される。この草地の中に牧畜農家は点在する。農家は二階建てで、一階は牧草を貯蔵する倉庫になり、二階が居住用になる。冬季は雪に埋もれるため、二階からの出入りになる。草地にはキンギョ草、アザミ、クローバーなどの草花が咲き乱れる。

夏季の気温は最高25℃前後で、高地では冷涼であるため、観光客が日光浴をする場面を見る。この環境がこの地域に住む人たちの文化に影響を与える。気温、湿度、降水量によって住宅の規模、および建築材料の種類を決める。冬季は寒冷で、積雪量が多いため、家の壁は厚く、重量に耐えるため石造りの住宅を発達させた。

7. ピレネー山脈の地球科学的考察

ピレネー山脈は石炭紀から二畳紀にかけてヘルシニア造山運動をうけ、古生層は広域変成作用を受けて、花崗岩に貫入された。その後、白亜紀と第三紀にアルプス造山運動を受けた。

アンドラ公国およびボイ溪谷の変成岩は後期古生代の広域変成岩地域で泥質変成岩であり、多くは黒色片岩である。一部に千枚岩もみられる。それらはピレネー山脈方向に分布し、日本列島の三波川変成帯と似た地質構造を示し、四つの累進変成帯に分けられる。日本列島の西南日本では中央構造線を境界に、北側に領家変成帯、南側に三波川変成帯と成因の異なる変成帯が日本列島に平行するが、ピレネー山脈には日本列島の中央構造線に相当するものはない。また、領家変成帯のような高温低圧型の変成帯もない。ピレネー山脈の一部に花崗岩の貫入岩体があるが、それらは造山期の貫入岩体とは異なる(都城, 1965)。ピレネー山脈に代表されるアルプス造山帯はユーラシア大陸と北上するアフリカプレートの境界に形成された造山帯であるが、日本列島のように大陸プレートであるユーラシアプレートと海洋プレートである太平洋プレートの沈み込みによって形成される造山帯とは異なるため、日本列島のように変成環境の異なる変成帯がベアになることはなかったに違いない。

アルプス造山帯は大陸プレートであるユーラシアプレートと大陸プレートであるアフリカプレートの衝突帯に形成されている(市川, 1977)。アフリカプレートがユーラシアプレートの下へ沈み込む状態であるが、大陸プレート同士であるため、アフリカ大陸の沈み込みが十分に行われず、またアフリカプレートの北上も太平洋プレートの移動速度ほど大きくなかったため、日本列島のように構造線を境界にして変成作用の異なる大変動帯が形成されずに、低温高圧型の変成帯のみになったのであろう。地中海はユーラシアプレートとアフリカプレートの衝突により閉じ込められた内海である。

謝辞

本研究は名古屋学院大学の2008年度研究奨励金を使用した。関係各位に感謝申し上げます。

参考文献

市川浩一郎 (1979) ; 第1章ヨーロッパ。岩波講座, 地球科学16, 世界の地質, 都城秋穂編, 岩波書店, pp. 3-60.

Ishikawa, Terumi (1970); On lenticular vein in the Tenryu area, Shizuoka Prefecture, central Japan. Jour. Geol. Soc. Jap., Vol. 76, No. 5, P. 259-264.

Ishikawa, Terumi (1973); Minor folds and metamorphism of Sambagawa crystalline schist in the Tenryu district, central Japan. Jour. Ear. Sci. Nagoya Univ., Vol. 1, pp. 41-66.

石川輝海 (1994) ; 静岡県天竜市阿多古地域の三波川変成作用と岩石の変形について。名古屋学院大学論集, 人文・自然科学篇, Vol. 30, No. 2, P. 29-41.

Ishikawa, Terumi (1995); Geological structure of Tenryu district, Shizuoka prefecture, central Japan. 名古屋学院大学論集, 人文・自然科学篇, Vol. 31, No. 2, P. 95-116.

都城秋穂 (1965) ; 変成岩と変成作用。岩波書店。