

物語—モロッコの地質

松任谷 滋¹⁾

1. はじめに

モロッコは青・壮年期の地形をもつ5つのブロックから成りたっている(第1図)。

南西部の西サハラ地域は涸れ川に沿った小さいオアシスのあるだけの砂漠地帯である。西アフリカ・クラトンの北西周縁部にあり、レギバット盾状地(始生界-中期原生界)とその被覆層(後期原生界-古生界)からなる台地, 多くの乾湖をもつ沿岸の丘陵地帯(白亜系-中新統)と狭い海岸平野からなる(写真1)。北のアンチ・アトラスまでは, 緩やかな傾斜の盆地-構造盆地(古生界)でもある-になっている。

アンチ・アトラスは若干の植生を持つ乾燥地帯である。比高がほぼ 500-1,500 m の山地で, いくつかの原生界インライアとその外側を覆うインフラ・カンブリア系-古生界からなる。東部は幅が 50 km 程度の東西系の山脈であるが, 西部は幅 100 km を越える雁行するドーム形の山地になる。

その北側のモロッコ中央部を東西に走る, オート・アトラスとそれから北東方向に派生するモワイアン・アトラスはモロッコの脊椎である。反時計まわりで東に移動しようとするアフリカ大陸が, 地中海を挟んで北のヨーロッパ地塊にブロックされてアルジェリア側のテル・アトラス, サハラ・アトラスと共に菱形の山脈を作っており, その間はなだらかな高原になっている。高原だが雨が降らないので, 植生といえばトゲのある背の低い木かサボテン類しかない砂漠である。オート・アトラスの中・西部とモワイアン・アトラスは, 北斜面には少し木が生えている。オート・アトラスは東部を除いて高い山が連なっている。特に, 古生代構造山地との交点であ



写真1 ラバト北東方, 大西洋に面する沿岸地帯。

るマラケッシュ・アトラスには, 標高 3,000 m 以上の山が並んでおり, その最高峰ツブカルは 4,165 m である。ここは中生代に地中海から周縁部に地溝を伴う内湾が発達した所で, 石灰岩質の岩石が多い。

この北西側にはメセタ山地とその一段下の大西洋海岸平野とが並んでいる。メセタ山地は中程度の高さの解析準平原地形をもつ古生代構造山地であるが, 形はむしろ地質構造に直角で, リフ山地に平行な弧状山地である。大西洋海岸平野部でも, 白亜紀-始新世の内湾堆積物の下の古生層や先カンブリア系の上面には, 準平原地形が所どころに出ている。

一番北のリフ山地は, 地中海に沿ってその南側に最大 150 km ほどの幅で, 弧状に発達している。古生代から新第三紀までの地層が, 地中海の狭まりに応じて, 都度, ナッペとなってアフリカ岩盤の上に乗上げて出来た標高 1,500-2,000 m 級の山地である。特に, 地中海側は急峻で海岸平野を持たない。

1) JICA expert :
c/o BRPM, Quartier Industriel Charia Al Fadila, B.P. 99,
Rabat, Morocco.

キーワード: モロッコ, アトラス, 古大西洋, メセタ, ナッペ, 大西洋
の拡大

このモロッコの大地が地球史に登場するのは、30億年くらい前からである。そこは小大陸の接合部近くでもあったようで、常に激しい地殻変動をこうむる運命を持っている。

2. 西サハラ - モロッコの基盤

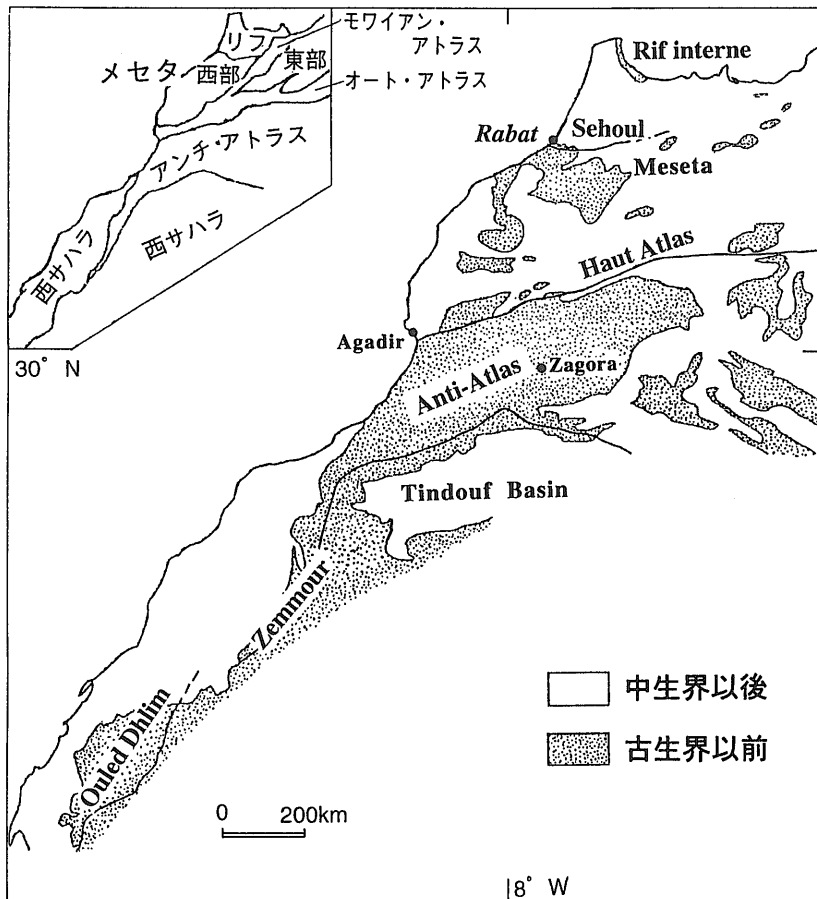
アフリカには始生代の岩石類を含むいくつかの安定地塊(剛塊, クラトン)がある。その一番北西にあるのが西アフリカ・クラトンで、その更に北~北西側の部分をレギバット盾状地という。この盾状地は全てが変動帯の岩石で出来ていて、リンボポ-リベリア造山帯(2700±2 Ma)にエブルニア造山帯(2000±2 Ma)がダブっている。

リンボポ造山帯はザンビア~タンザニアに亘る、幅100 km程度、長さ200 km程度の間に見られる、浅い地溝中の塩基性噴出岩・堆積岩の中高度変成岩からなる始生代末期の造山帯である。リベリア造

山帯は西アフリカ・クラトン西側に見られ、リベリアから北に伸びてレギバット盾状地に連なる、リンボポ造山帯とほぼ同様の岩石からなる造山帯である。

エブルニア造山帯はアフリカに広く見られる沈降量の大きい地溝性の造山帯で、塩基性噴出岩・堆積岩からなり、南部では高压変成帯を伴うが、中部以北では花崗岩の貫入・混成作用を伴う低压型になる。このモロッコ側の部分に、始生代の片麻岩・混成岩・高压変成岩(33-24億年前)が広く分布している。傾斜は急で、激しく褶曲している。その内陸側にある原生代初期の地層はかなり不安定な後背地をもった堆積場のもので、変動期に入って浅い花崗岩の貫入を受けるが、一部が中・低压変成作用(2114Ma)を受けているだけである。その後は小さい火成岩体の貫入が時おりあって、15億年前頃から安定地塊になる。

11億年前頃から、アフリカ大陸のクラトンは、ど



第1図
モロッコの地勢図
(Pique, 1991).

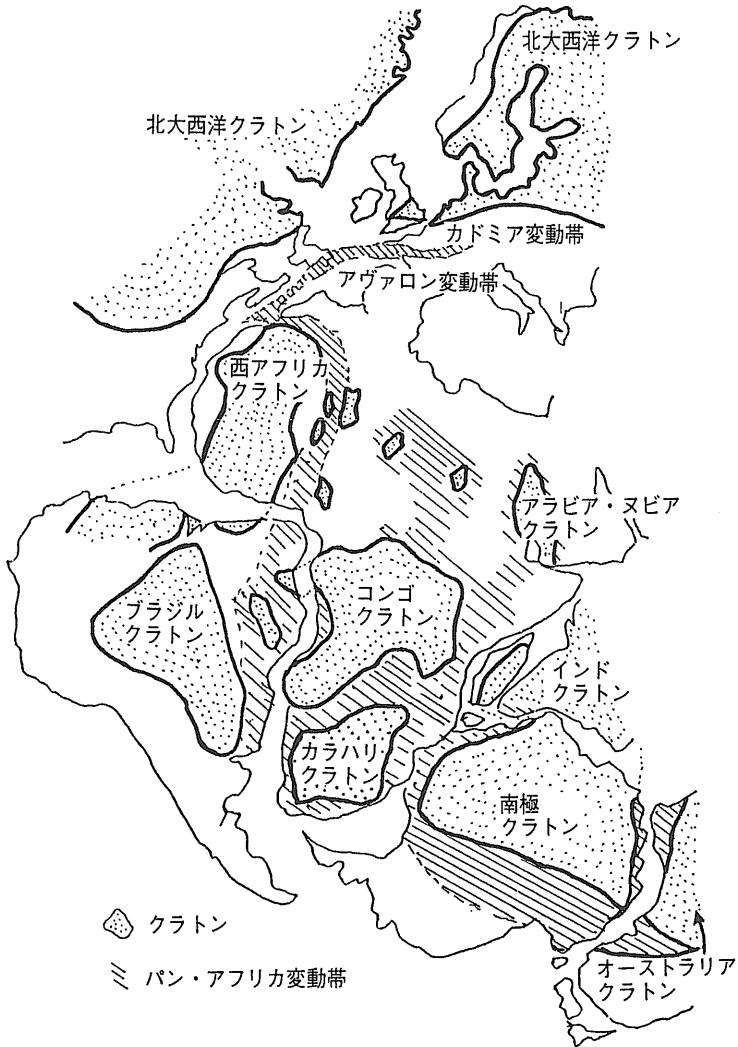


写真2 化石豊かなモロッコのデヴォン系。幅55 cm.

第2図
原生代末期パン・ア
フリカ変動帯分布図
(Cogne, 1972).

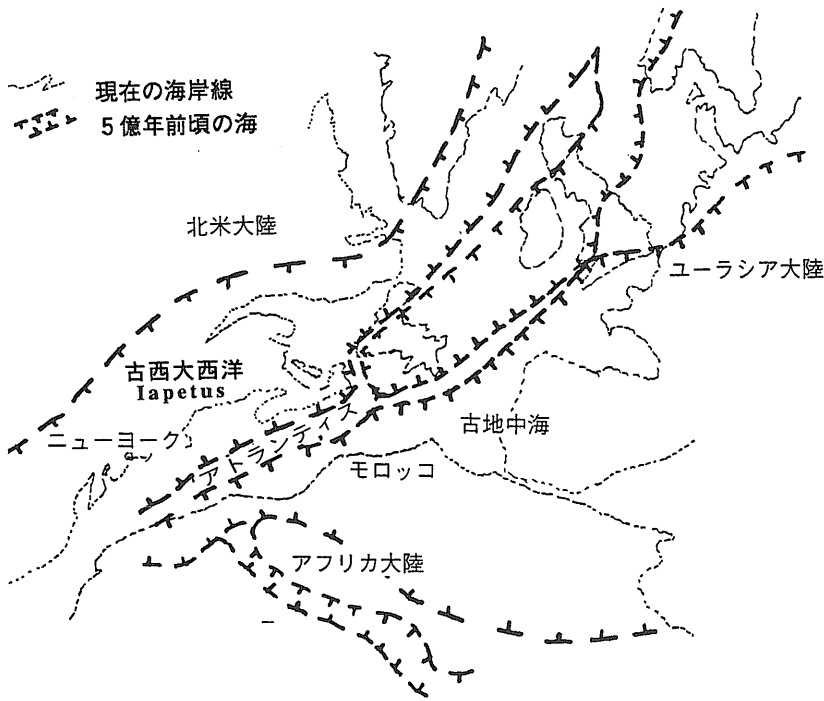
れも真ん中が少し凹み、『内陸盆地と周縁台地』という地形を作った。西アフリカクラトンも同様で、11-3.7億年の間は、時々陸化はするがゆっくり沈降を続け、大陸氷河末端部の漂礫岩を含む砂岩・頁岩・石灰岩など浅い海の堆積物が内側に堆積し、そして、3億年前に陸化する。1.3億年前から5百万年前ころまで、特にその初期には北アフリカの殆どが地中海につながる海につかるのだが、この盆地には珪化木を含む湖性～淡水性の地層が堆積している。

3. アンチ・アトラス—多彩な地溝性テクトニクス

ほぼ8億年前ころから、 Gondwana 超大陸の東側

にあるアフリカが不安定になった。この変動はアフリカでは盾状地を除く全てに及び、その影響はアフリカと接している南米大陸東岸から南極大陸西部のロス海付近を経て、オーストラリア東部までの広い地域に及んでいる。同様な地溝性の変動帯はカナダ東岸のグレンヴィル帯や、パイカル湖付近にもいられている。

このパン・アフリカ変動は、中央アフリカ以北では、西アフリカ・クラトンやアルジェリア・サハラ～リビア～スーダンにかけて分布する小さいクラトンの周辺に広く起っている。一番西のモロッコでは、アガディール～ザゴラ～モロッコ東南隅を結ぶ線から北側、つまり東部アンチ・アトラスから北のモロッコ岩盤と西アフリカ・クラトンとの間に地溝性の海



第3図
古生代初頭の古西大洋・古地中海周辺の海陸分布図 (Michard, 1976).

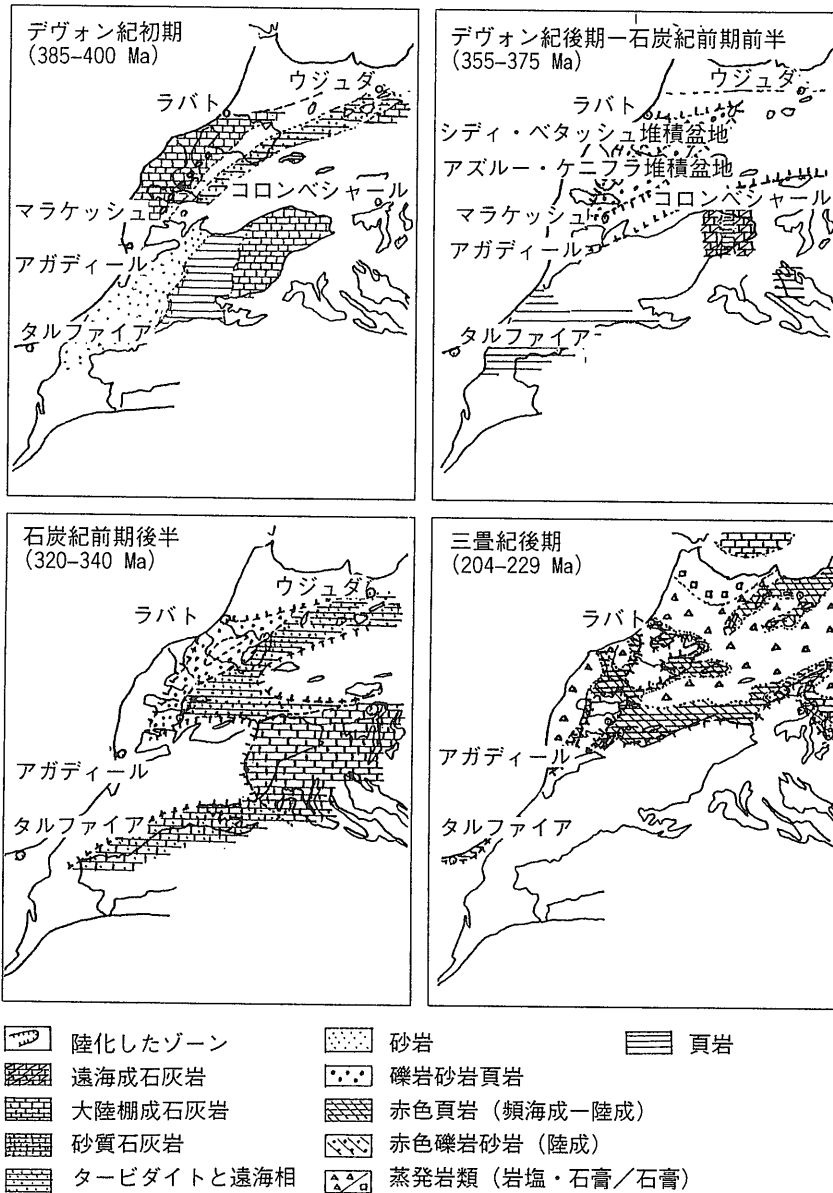
が形成された。西部アンチ・アトラスは西アフリカ・クラトンの前縁部をなしていた。

この時代、古地中海『テチス海』は、既に古太平洋『パン・タラサ海』からヒマラヤ～イラン辺りまで来ていたから、それがアラビアの北からモラヴィア・フランスへと延びていたかも知れない。ローシア大陸（北米大陸とユーラシア大陸）とアフリカ大陸とは大陸性地殻で繋がっていて、間には別にプロト地中海というようなものもあった可能性も考えられる。ともあれ、薄くなりはじめた西アフリカ・クラトンと北モロッコ岩盤との間にはゆっくりと海が広がり、大陸性の珪岩を主とする地層が堆積する。やがて、塩基性岩類が地層の間に貫入し、一部は割目から噴出して海洋地殻に近いものを作り始め、日本海のような縁海が広がった。今日、一部にオフィオライト質の岩石類が見られるので、海洋地殻が形成され、後に海溝から北向きに沈み込んだ、いや、南向きに沈み込んだのだという説もあるが、この地域の変成度は低く、対の変成帯もない。そして、このアンチ・アトラス海とでもいうものはそれ程大きいものにはならなかったらしい。

7億年前頃からは、西アフリカ・クラトン～モロッコ岩盤の間は圧縮に転じる。中性～酸性の火山活動を伴う局地的な堆積、花崗岩の貫入を経て隆起

し、ついには両岩盤は衝突して更なる火山活動、モラッセの堆積、花崗岩の貫入、隆起が両方の側に起る。ただ、この衝突は、初期こそ大量の溶結凝灰岩を吹き出すなど、激しい酸性岩の噴火と花崗岩の貫入をもたらしたが、すぐに、褶曲も変成も伴わない緩やかな上昇に転じ、やがて、花崗岩の削薄が始まる頃になると、展張と沈降に変わってしまう。それはパン・アフリカ変動期末期から始まった、北米からヨーロッパにかけての古西大西洋の沈み込みや北回り古地中海の閉鎖に至る一連の事変の影響があるのかも知れない。

アンチ・アトラスはアンチ・アトラス海が閉じてからは安定地域となり、変動の主役の座を降りてしまう。以後3億年の間、ときどき火山が活動したり、隆起運動が記録されたりするが、緩やかに沈降を続け、浅い海の地層が堆積する。古西大西洋と古生代に入って回生した第二次の北回り古地中海が、それぞれ3.6億年前ころと3億年前ころに閉じたときには、アンチ・アトラスは陸化し、その後は静かに上昇を続け、北のオート・アトラス地溝や更には、地中海沿岸部にまで碎屑物を供給する側にまわる。

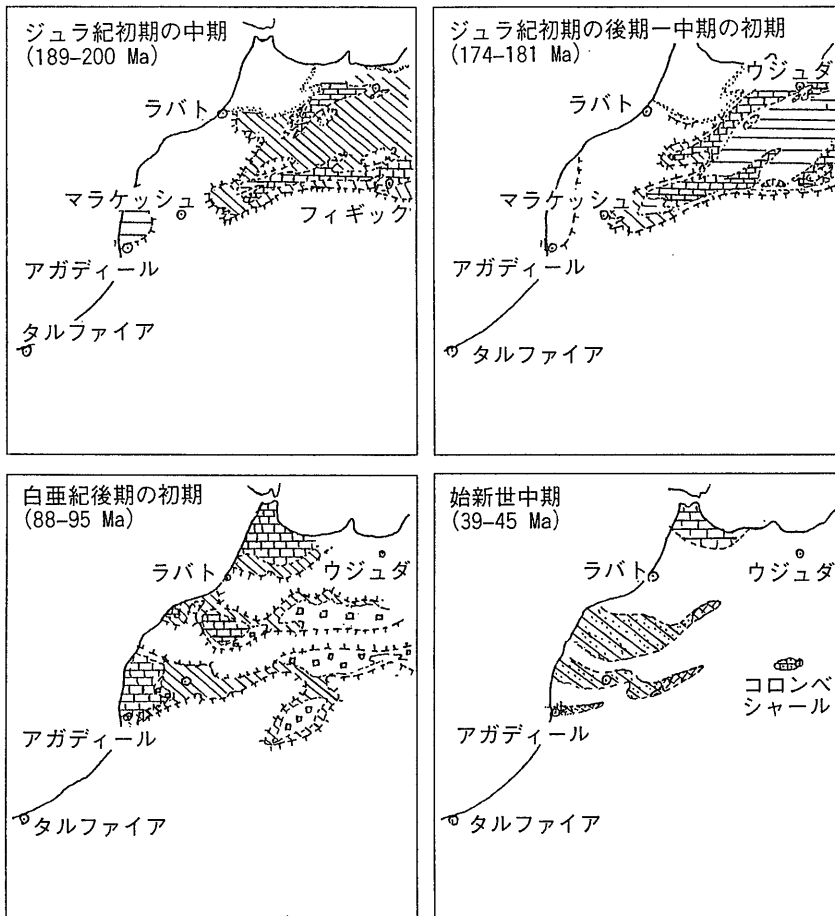


第4図
モロッコにおける古生代-三畳紀堆積相の変化。
Pique (1991) と Michard (1976) から編集。

4. メセター-大テーチス海の時代

7億年より少し前にアンチ・アトラス海が閉じはじめる頃から、北米大陸とユーラシア大陸・西アフリカ・クラトンの間が開いた。最初の古西大西洋『Iapetus』の出現である。このIapetus海は海洋地殻を持っていたけれど、大洋というほどまでには広がらなかったらしく、6億年より少し後になるともう閉じ始める。Iapetus海がアパラチアから西向きに沈み込みを始めて暫くすると、アンチ・アトラスは沈

降に転じて海が覆い始める。堆積がとぎれることなく続いて古生代に入ると、海はもうモロッコ全域を覆っていた。更には、北の方はスペイン・ポルトガル-フランス-ドイツ-チェコを経て、東方の黒海からアラビア半島の北を通り、古大平洋『パン・タラサ海』へと繋がる、北回り古地中海が出来ていた。この海は幅が広くはあったが、大陸地殻が沈降して出来たものと思われる。後に隆起して変動帯が出来ることが今日、この変動帯にはオフィオライトは報告されているが、大陸の縫合線は明確でなく、対



- | | | | |
|--|------------------|--|------------|
| | 陸化したゾーン | | 石灰岩 (燐灰石入) |
| | 大陸斜面成石灰岩 | | 石灰岩 (沿岸成) |
| | 大陸棚成石灰岩 | | 泥灰岩 (石膏入) |
| | 泥灰岩・碎屑岩 (頻海成-陸成) | | |

第5図

モロッコにおけるジュラ紀-第三紀堆積相の変化。Pique (1991) と Michard (1976) から編集。

の変成帯もない。

一方、南回り古地中海の方は、細長い海がアンチ・アトラスの南のティンドゥフ盆地から東南に伸びて、アルジェリア・サハラのタッシリ・ナジュールを経て、リビア・サハラを通り、ほぼ今の地中海の南の海岸線と平行な北アフリカ内陸部の小さいクラトン群を結ぶ線に沿って延びていた。西方のIapetus海は7億年前頃に開口したのだが、1億年もしない間に閉じ始めた。3度の変動を受けて少しずつ狭まり、3.6億年前頃に完全に閉じて、アメリカ・ヨーロッパ・アフリカの大陸地殻は繋がってしまう。

原生代末の北米東岸からヨーロッパにかけての変動による古西大西洋の狭まりに対応して、古東

大西洋-古地中海は地溝的な沈み方をしていのだが、モロッコ古東大西洋には西方からも堆積物が供給されていること、古西大西洋と古東大西洋-古地中海の化石群は別種であることから見て、狭まる古西大西洋と沈降するモロッコ古東大西洋との間には、アトランティス陸塊があって、今はアパラチア山脈の一部になっているか、大西洋の中に沈んでいるらしい。やがて、古大西洋の狭まりとともに、この陸塊は沈降して両方の海が繋がった。そのころ北米東岸の変動の影響がモロッコ古東大西洋西岸に直接伝わるようになり、4.3億年位前に、ラバトの東に小さい花崗岩の貫入している。

やがて、古東大西洋-古地中海は西の方から挟



写真3 モロッコの屋根：オート・アトラス山脈。

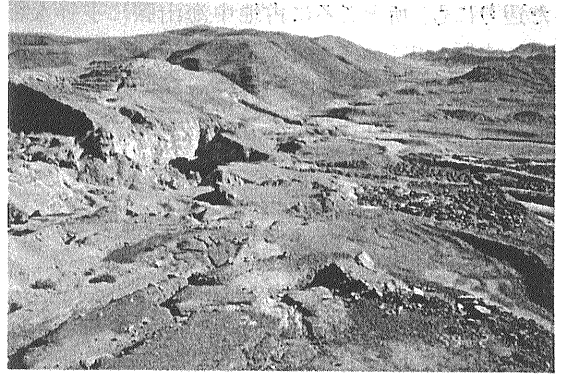


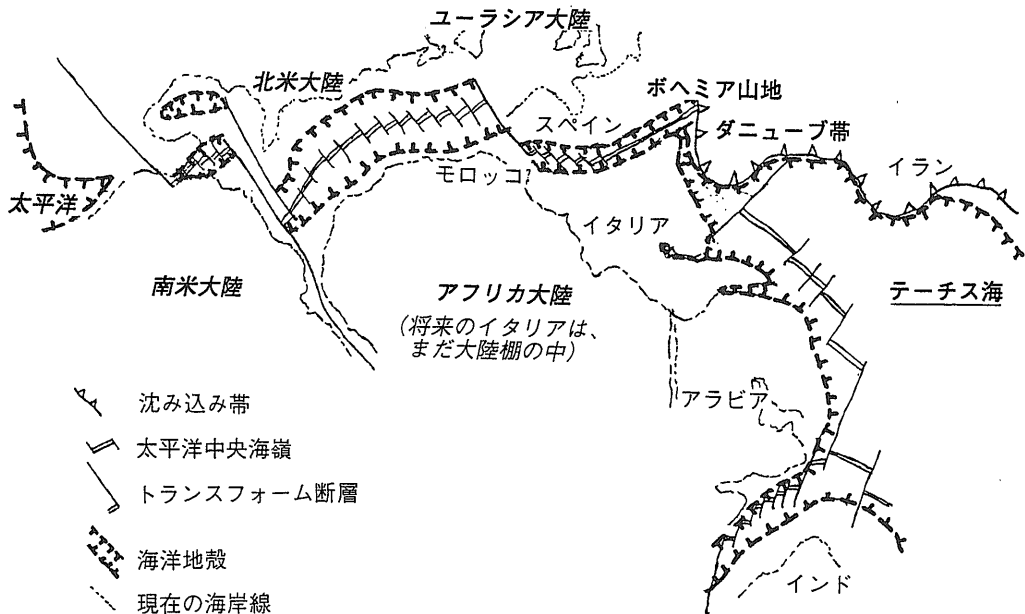
写真4 モワイアン・アトラスの堆積岩類。ミデルト北方。

まりはじめ、ほぼ古生代の終わりにモロッコ全土が陸化してしまう。古東大西洋部分は細長い内海として残っていたようで、古生代末期から中生代初期の間に、マラケッシュ・アトラスには浅海成の地層が堆積している。その頃、メセタには北東-南西方向の山脈が出来、山あいには厚い赤色陸成層が堆積している。褶曲部はやがて削られ、だんだんと平坦になり準平原化する。ただ、アンチ・アトラスだけは、古生代の終わりに西方から緩やかに上昇して山脈になり、周辺に堆積物を供給する側になったし、新生代後半にはアルプス造山運動を受けて更に上昇した。古生層全体の厚さは一般に

8,000 mを超えるが、南のティンドゥフ盆地では10,000 m-12,000 mもあると報告されている。

5. オート・アトラスとモワイアン・アトラス - モロッコの脊梁

3億年前ころに古東大西洋-古地中海が陸化し終わった頃には、モロッコからアルジェリアを経て、スペイン・ポルトガル～フランス中央山塊～ドイツ・ハルツ山地～チェコ・モラボ・シレジア地帯へと続く古地中海山脈が出来ていた。モロッコの内陸部、今のオート・アトラスとモワイアン・アトラスに挟まれ



第6図 北大西洋開口直前、1.3億年前後の海陸分布。

た辺りにも、所どころに古地中海山脈に平行な細長い山脈が生じていた。そして、西方には北米の Appalachia 山脈が聳えていた。アンチ・アトラスは古地中海山脈から内陸に向かって派生するそれほど高くない山地であったようである。アフリカ大陸北部の奥深く入り込んでいた海も3.2億年前ころまでに退いてしまっていた。古地中海山脈の周辺には、山から流出する土砂が、デルタや河川の氾濫原に赤色の堆積床を作っていた。西方には古東大西洋名残の海から東に向かう海が残っていて、縁海の盆地には厚い堆積岩や岩塩・石膏などの地層が発達しているし、マラケッシュ・アトラスには、古生代末期からジュラ紀初期にかけての連続した浅海成層～河成層と考えてよい地層がある。この後、マラケッシュ・アトラスは陸化するが、白亜紀になってから再び沈降し、ここを通過して大西洋と地中海を結ぶ海が出来る。中生代のこの時期、熱帯～亜熱帯であったこの地域には、爬虫類がたくさん歩いて歩きまわっていた。今日、その化石や足跡の化石があちこちで発見されている。また海には肺で呼吸の出来る肺魚や両棲類などがいた。

ジュラ紀に入る少し前からは玄武岩の大噴火が始まり、2千万年以上もの間続いて、溶岩がオート・アトラスから北のモロッコ全土を覆うようになる。大西洋が再び開き始める前兆である。今度は、アフリカ・南米大陸が反時計回りに回りながら、ロシア大陸から離れた。ジブラルタル海峡から地中海に抜ける地溝帯やアンチ・アトラスの北側を走る断層、カメルーンのベヌー沈降帯などが開口部から東西にのびていて、ブロックごとのズレの差を調整した。チュニジアの辺りでアフリカ・南米大陸に面していたイベリア半島はアルジェリアから更にはモロッコに面するようになる。白亜紀初期からは、中南部アフリカと南米の間も開口して、この2つの大陸もはじめて離れた。割目はだんだんと南北に広がって行き、新生代に入るとグリーンランドの東側が開いて、ヨーロッパとアメリカが離れる。イベリア半島部は反時計回りに回転し、モロッコに近寄り始めた。こうして大西洋の原型が出来上がった。

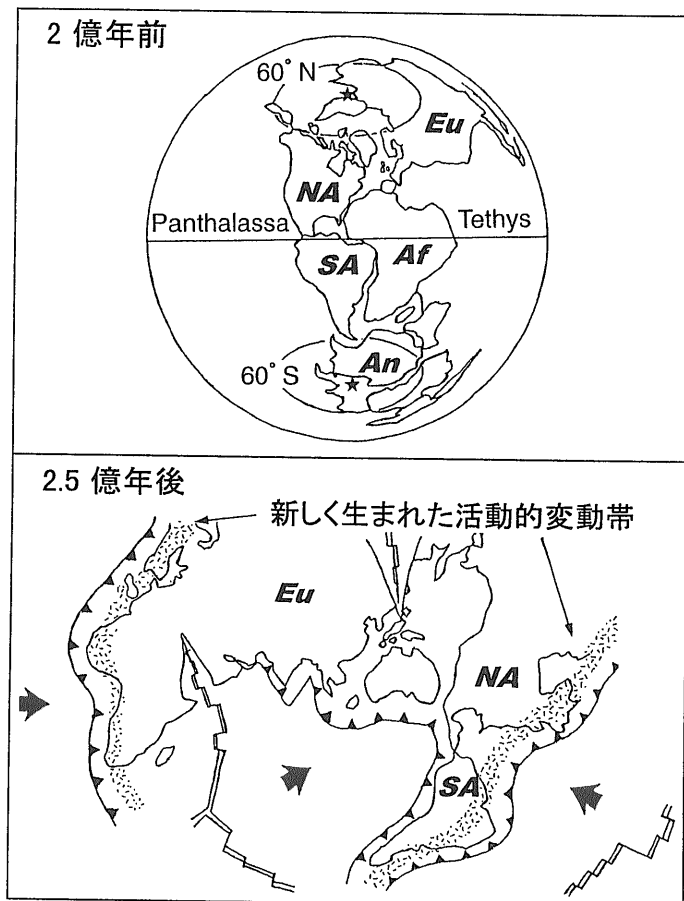
ジュラ紀初期になると、地中海の広がりも早く、古地中海山脈とアンチ・アトラスの間は殆どが海になった。当初は浅い海だったが、2千万年ほどの間は沈降が堆積を上回っていたので、中央部にトラフ

が形成され、深さを増した。周辺山地の隆起も加速されたらしく堆積量が増加して、ジュラ紀中期にはまた浅い海になった。そのあと、すぐ、オート・アトラス中央部にはガプロなどが貫入して、短期間、陸化するがまた海に浸かる。白亜紀に入るところから、アルプス造山の主時相の接近を知らせるように、展張と圧縮が交互に繰り返されるようになってくる。白亜紀初期のマラケッシュ・アトラスは、一部は陸化していたが、北側や南側には大西洋からの内湾があって、地中海に繋がっていた。その後も一時期陸化するが、始新世にはもう一度海が入り込み、漸新世には陸化したり、湖が出来たりする。

モワイアン・アトラスも、オート・アトラスと同じような経過をたどった。ジュラ紀初期から、軸部に深みをもった海になり、ジュラ紀中期末には北の方を除いて、一度陸化するが、白亜紀中期には再び地中海が西南に延びてくる。白亜紀後期の初めには、地中海は後退を始め、堆積の場が局地化して浅くなり、逆に大西洋からメセタ半島を横切って、中軸部に油母頁岩が、暁新世に入ると油母頁岩を挟む燐灰石が堆積する。モワイアン・アトラスはこのあと、漸新世には陸化するが、中新世中期頃からは、モワイアン・アトラス北部とリフの間に、モラッセを堆積させた海が広がっている。白亜紀中期～始新世中期頃までの間、一部を除いて北アフリカ帯とアルジェリア～リビア砂漠からナイジェリア・デルタを結ぶ広いゾーンは海に覆われていたが、始新世中期の始め頃から、ヨーロッパとアフリカの接近が始まって、地中海が狭まるとともに漸次陸化した。

6. リフ山地 - アルプス造山期のナッペ群

デヴォン紀末に古西大西洋が閉じた時には、スペインはチュニジアとは古東大西洋-古地中海の下でつながっていた。そして、古生代末のバリスカン変動で古東大西洋-古地中海が陸化し、ジュラ紀初期になって大西洋から開口する時期になると、古地中海はこの辺りからインド洋に開いていて、そのアフリカに近い側には、イタリアや旧ユーゴなどの陸塊があった。そこでは、赤道直下の気候のもとで、海には石灰岩などが堆積し、陸上ではボーキサイトなどが出来ていた。ジブラルタル海峡の東側のスペインとモロッコの間には、アルポラン・プレー



第7図
2億年前と2.5億年後
のパンゲア大陸
(Maruyama, 1994).

トという陸塊が沈んでいるのだが、このプレートは、もとは東方にあった島で、この時期の地層はイタリアとよく似ている。ジュラ紀初期に中大西洋が北米とアフリカとの間で開いた時には、北大西洋は開かず、ユーラシアはまだ北米と一体だった。中部大西大洋の北限から、現在のアズレス-ジブラルタル・トランスフォーム断層のゾーンには地溝が発達していてズレを調整していた。更に、この地溝の東端のスペイン東岸からポヘミア山塊にかけては古地中海海嶺が開いていて海洋地殻を生み出していたし、その北限からは北落しの海溝がユーラシア大陸南岸に沿って東に延びていた。やがて、アフリカと南米の間も開き、更に北大西洋がグリーンランドの西側で開いて、ヨーロッパは北米と離れ東に向う。古地中海海嶺は海溝に沈み込んでしまう前に、活動を止めたのかも知れない。ヨーロッパは急速に反時計回りに回転するのでヨーロッパとアフリカの間は段々狭まった。古地中海南側の海洋地殻

が、まず北落しの海溝に沈み込みはじめ、北に押しやられたイタリアやパノニア陸塊は、軽くて沈み込めないから海溝の上を越え、ユーラシア大陸と衝突してアルプス山脈やカルパチア山脈を造った。その隣にいたアルポラン・プレートだけは移動せず、反時計回りで東に向かってくるアフリカ北岸と接触し、一部をアルジェリア東部にくっつけ、更に、反時計回りで東に向かうイベリア半島とアフリカに、ジブラルタル海峡でブロックされた。そして、押される度に自分の周辺にたまっている堆積物をスペインやモロッコの上に衝上ナッベとして押し上げながら、最後には自分の一部を1.5 cm/年の割合でスペインとモロッコの両側に向かって押し上げている。

7. 終りに

40億年前ころに、はじめて出来た海に浮かんで

いた、ばらばらの小大陸は、20億年前ころになってようやく一つのパンゲアに纏まる。その後、大小の離合集散を繰り返してはするが、2.5-2.0億年前ころになってほぼ昔のようなパンゲアにもどる。しかし、すぐにまた解体と離合集散を始めて現在の地球の海陸配置の形に至った。

現在の大陸の運動は、インド亜大陸が遠く離れたアジアに衝突したり、アフリカが解体して、イタリア・パノニアがユーラシアにくっついたり、マダガスカルが飛びでたり、アラビアが離れ始めたりして、少し前とは違っているらしく見える。大西洋の拡大が続き、2億年からしばらく後になるとアフリカ・ユーラシアと北米・南米・豪州が、日本列島を含む北東アジアで接合して、ニュー・パンゲアが出来ると説く人がある(Maruyama,1994)。モロッコの近くを少し細かくみると、アルプス造山運動は2千5百万年前に終って、現在は新地中海変動期であり、北落しの沈み込み帯がシシリー島・クレタ島・キプロス島からイランのザグロス山脈を通るゾーンで活動中だという。だとすると一時的にはエジプトやリビヤがヨーロッパにくっついて、東地中海はスーダンの方に移るのだろう。この沈み込み帯の西延長はアブレス・ジブラルタル・トランスフォーム断層帯で、今のところ滑るだけだし、紅海から南東アフリカにかけては大地溝帯が開こうとしているので、早晚、八方塞がりになりそうである。結局またもとの形に近いものに戻るのかも知れない。であれば、ジブラルタル海峡は百万年後には繋がるだろう。スペインはコルシカ・サルディニアの後をついてイタリアの方向に回り、モロッコの向こうにはアルボラン半島を挟んでポルトガルがくるだろう。1億年ほどすれば大西洋はこんどは狭まりはじめ、2億年もすればアメリカ-アフリカ両大陸は衝突して、ニューヨークはラバトの山むこうの町になるかも知れない、などと想像するのも悪くはなさそうである。

なお、『西サハラ』は現在、国連による帰属決定のための住民投票権者同定作業中で、国際的には未だモロッコ領土とは言えないことを付記しておく。

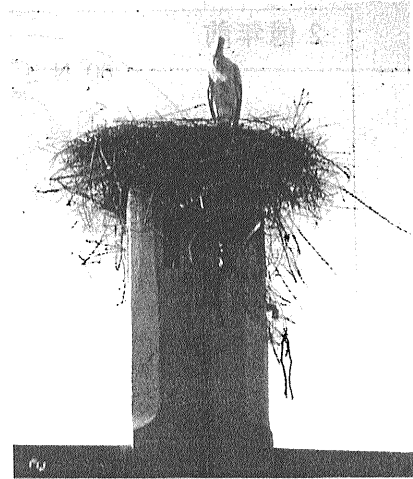


写真5 煙突に巣造りをしているコウノトリ。冬をモロッコで過ごし、夏にはオランダへ帰る。

文 献

- Cogne, J. (1972) : Le Brioverien et le cycle orogénique cadomien dans le cadre des orogènes fini-precambriens. (Colloque International sur les Correlations du Precambrien) : Note & Memoire, no.192, Serv. Geol. Maroc., p.193-218.
- Dercourt J. et al. (1985) : Presentation de 9 cartes paleogeographiques au 1/20,000,000 ème s etendant de l' Atlantique au Pamir pour la periode du Lias a l' Actuel, Bull. Soc. Geol. France. Supplement, 8 eme serie, t.I. no.5, p.637-652.
- Fourcade, E., Azema, J., Cecca, F., Bonneau, M., Peybernes, B. et Dercourt, J. (1991) : Essai de reconstitution cartographique de la Paleogeographie et des paleo-environnement de la Tethys au Tithonique superieur: Bull. Soc. Geol. France, t.162, no.6, p.1197-1208.
- Furon, R. (1963) : Geology of Africa: p.377, Oliver and Boyd Ltd., Edinburgh.
- Maruyama, S. (1994) : Plume Tectonics: Jour. Geol. Soc. Japan, v. 100, no.1, p.24-49.
- Michard, A. (1976) : Elements de geologie Marocaine. Note & Memoire, Serv. Geol. Maroc, no.252, 408 p.
- Pique, A. (1991) : Geologie du Maroc: p.284, PUMAG, Marrakech.

MATSUTOYA Shigeru (1999) : Geological development of Morocco - An essay.

<受付: 1999年7月1日>