

大地から学ぶ越路の

おいたち



令和2年度地学講座

【主な内容】

■令和2年度地学講座「岩石の種類やでき方から足もとの大地をさぐる」開催報告

- ・「越後三山の地質から探る大地の生い立ち」…… 糸魚川フォッサマグナミュージアム 竹之内 耕
- ・「グリーンタフ（緑色凝灰岩）とは」…………… 新発田商業高校 佐藤 和平

令和2年度 地学講座開催報告

岩石の種類やでき方から足もとの大地をさぐる

2020年度、新型コロナウイルスの感染拡大の影響で春の野外観察会、総会記念講演と中止を余儀なくされ、地学講座の開催も危ぶまれていました。

この状態の中、新型コロナウイルス感染症の影響下にあっても活動する市民団体等を支援することを目的として「長岡市新型コロナウイルス感染症にまけない市民活動団体奨励金」制度が創設されました。

感染症対策の強化や新しい生活様式の普及のための経費を長岡市が支援するというもので、大地の会としてもこの制度を活用することとし、非接触型電子体温計、アルコール消毒噴霧器、マスク、ワイヤレスアンプ等を購入し、衛生対策を万全に行った上で地学講座を開催しました。

地学講座で例年実施していた野外観察会は、移動するバスでは「密状態」が避けられないとして行わないこととし3回の講演としました。

新型コロナウイルス感染拡大でいろんな制約がある中で越路においでいただきご講演していただきました講師の方々に改めて感謝申し上げます。

地学講座の開催内容について、今号と次号でご報告します。



■第1回 9月25日(金)開講式・講演 参加者 47名

【演題】「越後三山の地質から探る大地の生い立ち」
—日本列島の大陸時代—

【講師】糸魚川フォッサマグナミュージアム

竹之内 耕氏

■第2回 10月2日(金)講演 参加者 31名

【演題】「グリーンタフ（緑色凝灰岩）とは」—堀や敷石など古来石材として親しまれてきた—

【講師】新発田商業高等学校 佐藤和平氏

■第3回 10月16日(金)講演・閉講式 参加者 39名

【演題】「マグマからできた石いろいろ」—釜沢石、枅形山溶岩、爪石、みんな同じ安山岩—

【講師】法政大学第二中・高等学校 五十嵐 聡氏

令和2年度地学講座第1回

「越後三山の地質から探る大地の生い立ち」-日本列島の大陸時代-

糸魚川フォッサマグナミュージアム館長 竹之内 耕

1. はじめに

中越地域の地質は簡単にいうと3階建ての地層となっています。1階部分は日本列島の土台をつくっている部分で、これを代表するのが「越後三山」で、時代でいうと中生代・古生代、3億年～1億年前の地層となります。この地学講座では私が話します。

2階のあたる部分はグリーンタフ（緑色凝灰岩）で、古い日本海の海底火山により堆積した火山灰で、三条五十嵐川の上流で見られます。日本列島が誕生する時代で、新生代、2000万～300万年前の地層で、講座の2回目に佐藤和平さんが担当します。

3階にあたる部分は陸上の火山で守門岳・浅草岳など数10万年前の地層です。これは最後に五十嵐聡さんが担当されます。この3回の地学講座で中越地域の大地のあらましがわかる良くてきた構成となっています。



これらの地層の分布は図1の通りで、新発田小出構造線の左右で大きく異なっていることが分かります。



図1 中越地域の地質図

2. 大地に働く力

大陸は合体・分離を繰り返しています。もともと大陸は島弧から成長したものと考えられており、島弧が大陸に成長する作用は①付加, ②マグマの上昇, ③変成岩の上昇の3つの作用が考えられています。

大陸の成長・移動は海嶺で上昇してきたマントルが冷えて固まり新しいプレート(地殻とマントルの上部約100kmの岩盤)が誕生し、海溝で再び沈み込むことによります。付加とは海嶺で誕生したプレートが移動し海溝で沈み込む際にプレートに乗っている海底火山、島弧、海底の堆積物や海洋地殻の一部が陸のプレートに押しつぶされてたまることを付加といい、付加によってできた地質体を「付加体」といいます(図2)。この作用が何千万年と続くことにより大陸が成長していくこととなります。

中ノ岳をつくる岩石は島弧の地下深く、マグマが固まったものが付加体にブロックとして取り込まれ、駒ヶ岳の結晶片岩は付加体の地下深くでできたものが隆起して越後山地を形成しています(図3)。

大雑把に日本列島の土台の地質を時代と岩石の種類で色分けしてみます(図4)。大陸の岩盤の外側に付加体が形成されています。

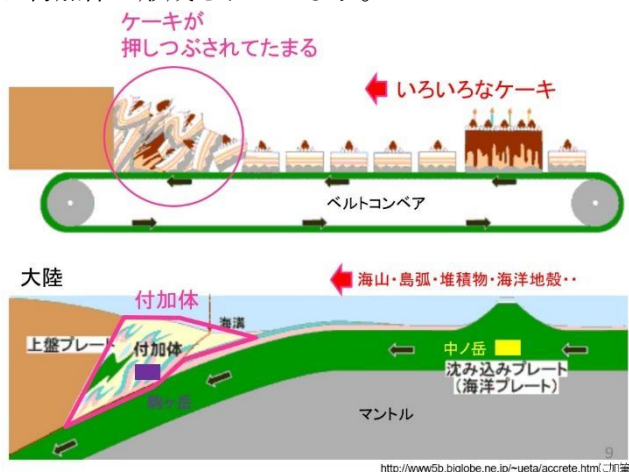


図2 付加体の形成



図3 付加体と越後山地の形成

日本列島の土台の地質

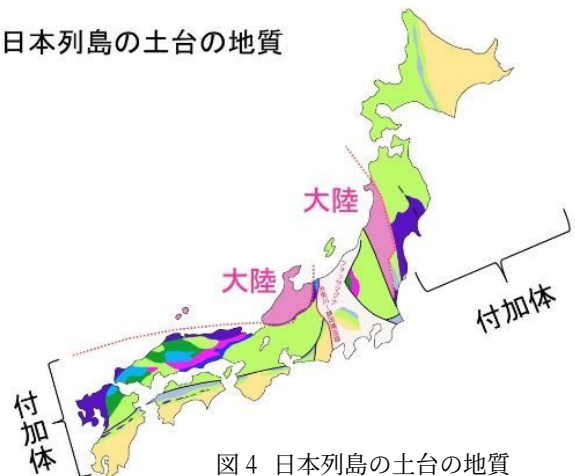


図4 日本列島の土台の地質

3. フォッサマグナ

フォッサマグナをキーワードに日本列島や新潟県の生い立ちを概観してみます。フォッサマグナはラテン語で「大きな溝」という意味でドイツ人地質学者のナウマンが発見し命名しました。

中部日本の地質図及び地質断面図をみると中生代・古生代(1~3億年前)のU字溝のような古い地層のなかに2000万年前以降の新しい地層が堆積しています。この構造をフォッサマグナといい、西側の境界が糸魚川静岡構造線であり、東側の境界が新発田小出構造線と柏崎千葉構造線の2本の断層となっています(図5)。フォッサマグナの堆積物の中

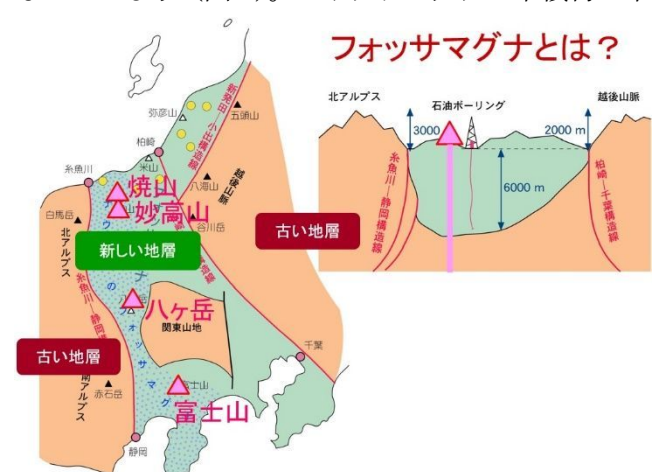


図5 フォッサマグナの構造



図6 日本列島の形成とフォッサマグナ

には石油・天然ガスが産出します。図5の黄色の丸は石油公団のボーリング調査です。7本の6000mに及ぶボーリングのいずれも古い地層に到達していませんのでフォッサマグナの深さは平野から6000m以上です。一方北アルプスや越後山脈の山々は3000～2000mですので地質学的には8000～9000mの溝が日本列島に中央に横たわっていることになり、これがフォッサマグナの正体です。

フォッサマグナに沿って富士山、八ヶ岳、妙高山などの火山がありますが、海底にたまった地層が隆起した後に地下からマグマが上昇し活動した火山です。

フォッサマグナは日本列島の生い立ちを知るキーワードです。2000万年前のある日、アジア大陸にくっついてた日本列島が割れて押し出され、その時の残骸が佐渡、奥尻島、隠岐、対馬です。押し出された日本列島は伊豆・小笠原に衝突、折れた切れ目がフォッサマグナです。日本列島が逆くの字に曲がったのは、衝突したときに日本海ではマンツルの沸き上がりがあり、沸き上がりの強・弱によるものと考えられています。

フォッサマグナは割れたときは海峡となっていたが、まわりから埋め立てられていきます。日本列島は4枚のプレートのひしめき合うところで、この活動により隆起していきます(図6)。

4. 越後三山の生い立ち

越後三山にどんな石があるかについて説明します。図7は魚沼地域の土台の地層の地質図です。紫色は中ノ岳の変はんれい岩、駒ヶ岳は結晶片岩で水無川変成岩という名前がついています。八海山はグリータフの時代の堆積物となっており、地質図からも三山は三者三様の地質であることが分かります。

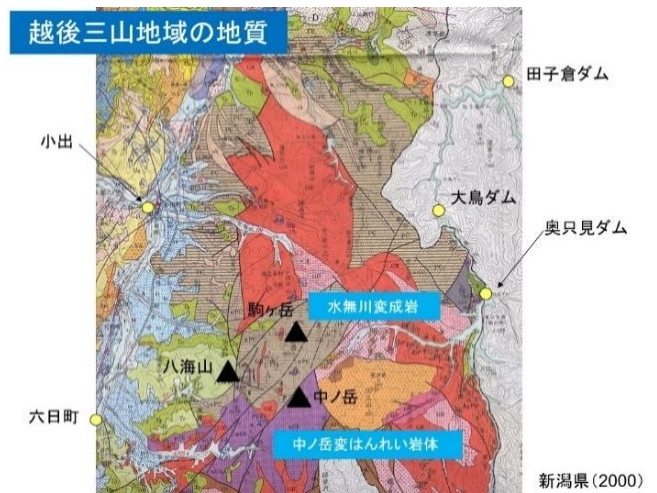


図7 越後三山地域の地質図 (新潟県 2000)



図8 越後三山の山容(小出より)

茶色の部分は付加体、赤色はマグマが固まった花崗岩です。

■中ノ岳

中ノ岳は島弧の地下深部で形成され、付加体に取り込まれた岩石で変はんれい岩といいます。変はんれい岩は、緑っぽいゴマシオ状の石で層状の構造です。マグマがゆっくり固まってできた岩石です。

中ノ岳は基本的には変はんれい岩できていま

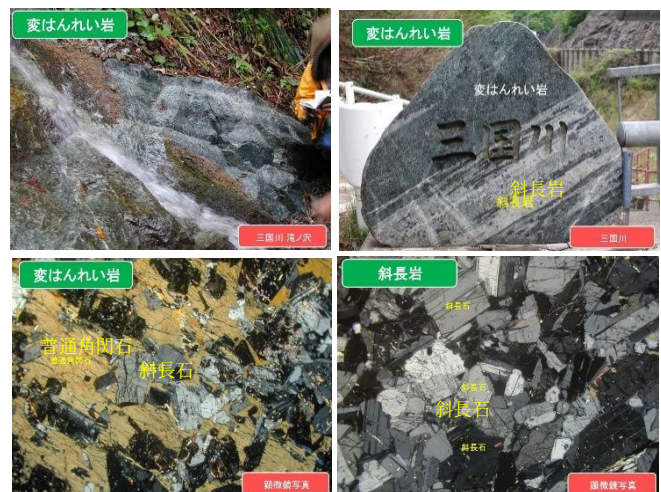


図9 中ノ岳の変はんれい岩・斜長岩(下は顕微鏡写真)

すがその中に斜長岩・角閃岩などが取り込まれています。顕微鏡写真で見ると斜長石や普通角閃石などの結晶が大きく成長して詰まっている様子がわかります(図9)。

■駒ヶ岳

駒ヶ岳は付加体深部で形成された結晶片岩で水無川上流に露頭を見ることができます。結晶片岩は白い地層と黒い地層の細かな縞模様の岩石で、白いところはチャート(放散虫のガラスの殻が集まったもの)で黒いところは太平洋の海底にたまった泥岩です。これが沈み込み帯で地下深部に取り込まれ強い圧力がかかって層面片理ができ、縞模様の岩石となったものです(図10)。もともとチャートと泥岩の細互層の岩石が強い圧力で縞模様が強調されたものです。結晶片岩の縞模様を細かく観察すると、褶曲構造、回転構造、断層構造などが見られます(図11)。

これらの縞模様を丹念に読み解くことで圧力の変化の歴史が分ります。海底の岩石が取り込まれ結晶片岩となり再び上昇して地表に現れるまでの圧力の変化や地殻の変動過程を読み解くことができます(図12)。2億年前、大陸プレートと海洋プレートの交互の運動により付加体深部が変形を受け、結晶片岩が上昇して来たものと考えられています。この運動は越後三山の結晶片岩の研究からわかってきたものです。



図10 結晶片岩の露頭と層面片理

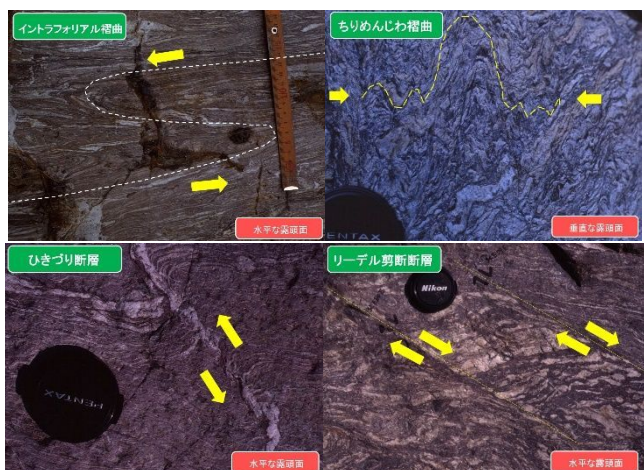


図11 結晶片岩の縞模様の例

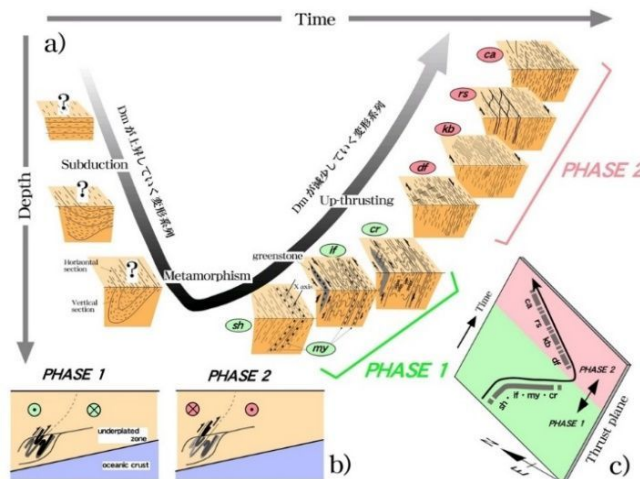


図12 結晶片岩の上昇過程



図13 八海山の山容

■八海山

八海山は日本海誕生の最初の時にできた礫岩層で、2階の部分にあたる地層です。

2000 万年の河原の石が結晶片岩を覆って八海山をつくっています。大陸が裂けはじめ日本列島ができるとき、断層で陥没しそこに川ができ、その川により礫が溜り、それが八海山の礫岩となったものです(図15)。さらに日本列島が引きちぎられていくと海底となり、海底火山活動によりグリーンタフが



図14 八海山の礫岩

大陸裂けはじめの地層

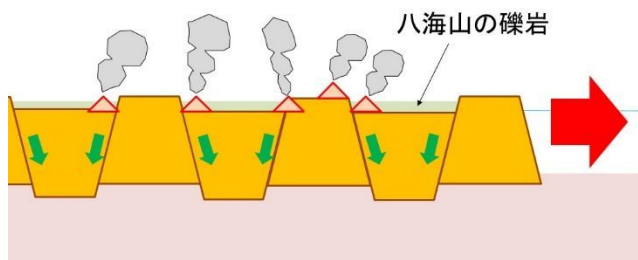


図 15 八海山の礫岩の堆積

堆積していきます。八海山の礫岩は大陸から日本列島となる過渡期の堆積物ということとなります。

Takenouchi
(2005)

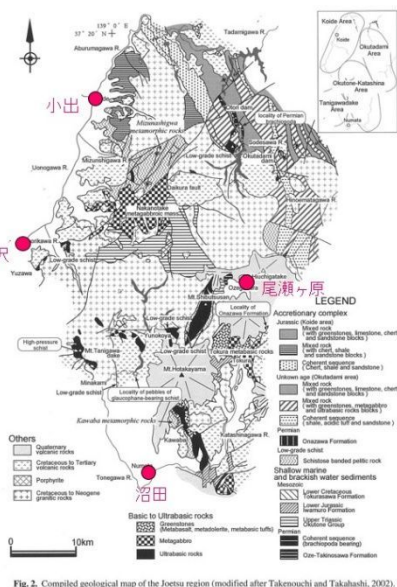


Fig. 2. Compiled geological map of the Joetsu region (modified after Takenouchi and Takahashi, 2002).

図 16 越後三山地域の最新の地質図



図 17 北部フォッサマグナ地域の中・古生界地質図

竹之内(2005)

図 17 北部フォッサマグナ地域の中・古生界の地質図

5. 繰り返される地質調査

越後三山や谷川岳などの山岳地域は地形が厳しいことから地質調査が進みませんでした。最新のものは私がまとめたもので、研究が進んでいる西南日本の地質調査に匹敵するようになってきたものと考えています (図 16, 17)。

(当日の講演や配付資料から編集・記載, 文責は大地の会)

令和 2 年度地学講座第 2 回

「グリーンタフ (緑色凝灰岩) とは」 - 堀や敷石など古来石材として親しまれてきました -

新発田商業高等学校非常勤講師 佐藤 和平

1. 理科の方法, 自然の見方

大根の側根に付き方で正しいのはどれでしょう? (図 1)。

正解は オ でどこの大根も縦一直線に両側についています。理科は真実を多数決では決めません。実験と観察で真実を決めるもので、これが理科の方法です。ただし、実験には再現性がなければなりません。誰がやっても同じ結果となる必要があります。

対象を「ただ見るだけ」では何も見えてきません。普通、大根を見ると、側根なんて見ていません。

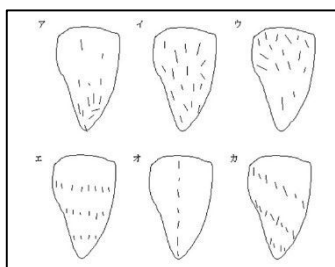


図 1 大根の根の付き方は?



だから見えないのです。これと同じで、自然を見るとき、見る視点 (こうじゃないか? とか仮説) が無いと何も見えてきません。



図2 二王子岳全景と三角末端面

逆にいうと、見る視点を変えると別のことが見えてきます。だから、野外調査では何度も同じ場所を調査したりします。その都度、見る視点を変えているのです。

新発田に二王子岳という山があり、よく見ると三角形の形をしています。この地形は三角末端面といい、尾根が断層によって切られると、そこには三角形の地形が残されます。新潟県下越の山には三角末端面が多数見られ山脈方向に伸びる多数の断層が走っていることが分かります(図2)。三角末端面が残されていることは、この断層は比較的新しい断層であることを示しています。

2. 地球の大きさと地球をつくるもの

高さ 20mの木の根はどのくらいの深さまで張っているかの質問には多くの子供たちは 20m, 200m

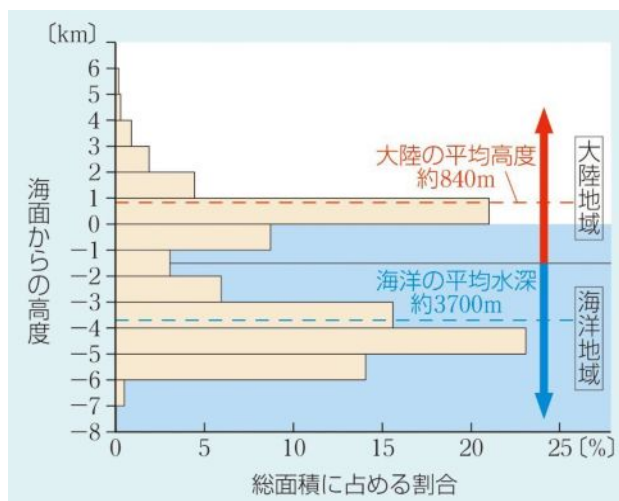


図3 陸地の平均高度と海洋の平均水深



図4 地球 1000 万分の 1 の風船

と答えます。どんな高い木でも木が根っこを張っているのはせいぜい 1m, 木の根は横に這っています。つまり、木にとって栄養分のある土=土壌の厚さはせいぜい 1mなのです。日本列島は割に土壌は豊富で 1m程度ありますがヨーロッパでは氷河に削られ土壌は少なくやせた土地となっています。

世界の海の平均的な深さは 4000mで一番深い海はマリアナ海溝チャレンジャー海淵の 10920m。陸地の平均的な高さは約 840mで、世界で一番高い山はエベレストで 8848mとなっています(図3)。

ここで地球の一周は約 4 万kmですがこれを 1000 万分の 1 にすると 4mになります。一周 4mの風船を膨らませてみましょう(図4)。この風船では海の深さは 0.4 mm, 対流圏は上空 1 mm程度ということとなり、人間は僅かなはざままで生活しています。マグマによるちょっとした火山噴火でも全体を覆って環境変化を起こすこととなります。環境問題などを考える際にもスケール感覚をもつ必要があります。

地球は岩石からできています。地球の核(内核, 外核)は金属で、地球全体積の 16.4%を占めますが、残りの 83.6%は岩石でできたマントルと地殻になっています。マントルは地球全体の 82.2%の体積を占め、地殻は僅か 1.4%しかありません(図5)。

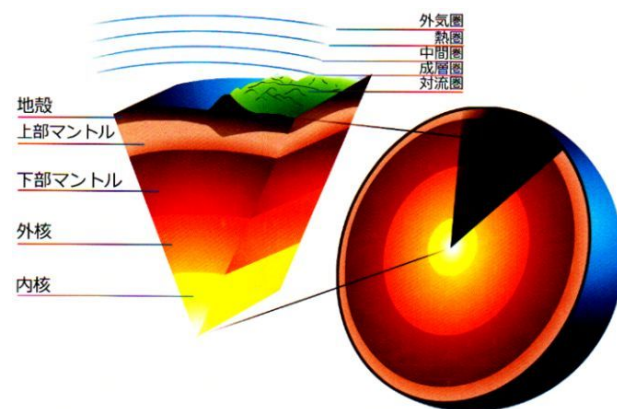


図5 地球の構成

3. グリーンタフ

①グリーンタフとは

火山灰が固まった石を凝灰岩 (tuff, タフ) といいます。変質作用を受けて緑色になった凝灰岩をグリーンタフとよんでいます (図 6)。



図 6 グリーンタフ

ただ、グリーンタフという言葉にはそうした単純な (狭義の) 意味だけでなく、環太平洋地域の 2600 万年前～500 万年前に起こった大規模な地殻変動、グリーンタフ変動という変動をさしている場合も多いのです。

②グリーンタフはどこにあるのか

グリーンタフとその上に重なる含油新第三系が分布する地域をグリーンタフ地域といい、新潟・秋田など東北裏日本を始め北陸・山陰、北海道南西部、フォッサマグナ地域などを含みます (図 7)。



図 7 グリーンタフ地域

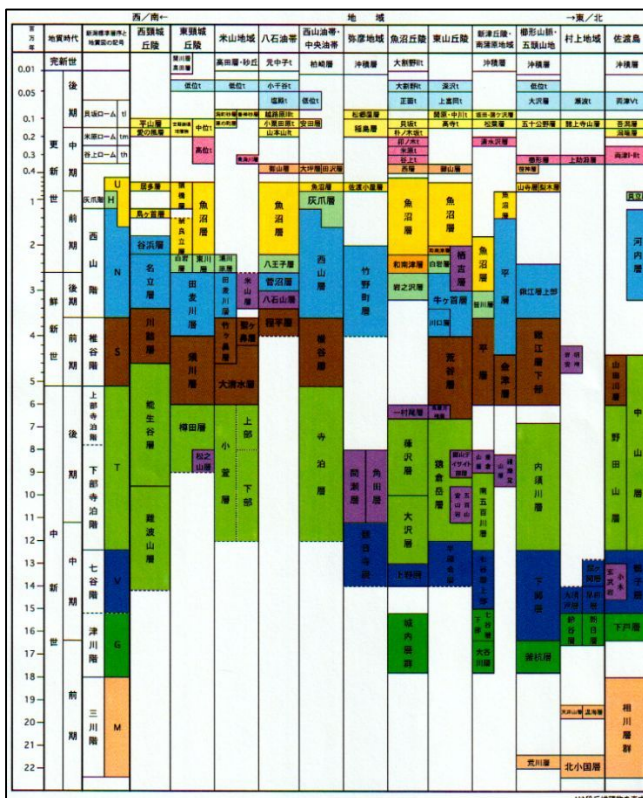


図 8 新潟県の地質層序表

新潟沿岸域 20 万分の 1 地質図説明書 (2011)

③新潟県のグリーンタフ

狭い意味でのグリーンタフ層は新潟県地質層序表 (図 8) に示す三川層 (2200 万～1250 万年前) と津川層 (1800 万から 500 万年前) の分布地域であり、典型的なグリーンタフ層は・佐渡・村上・橿形の県北地域、・五頭周辺の津川-会津区、・魚野川、破間川東岸 (城内層群) に分布します (図 9)。

その上に重なる含油新第三系とは、・七谷層 (1500 万～1250 万年前)、・寺泊層 (1250 万～500 万年前)、・椎谷層 (500 万～360 万年前)、・西山層 (360 万～120 万年前) となります。

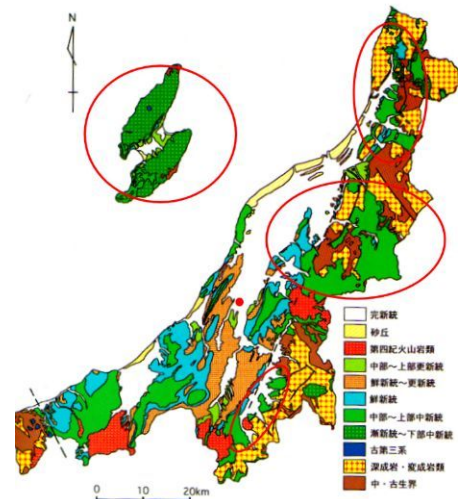


図 9 狭義のグリーンタフ分布域

④グリーンタフはどのようにしてできたか

グリーンタフ変動がどのようにして起こったかについては、日本海の成因と大きく関係しています。日本海形成については、A: 日本海裂開説 (日本列島遷移説)

地質時代	日本海の歴史区分	新潟地域層序
第四紀	現縁海時代	魚沼層 灰川層
鮮新世	現縁海時代	西山層
中新世	深海時代	寺泊層
中新世	深海時代	七谷層
中新世	深海時代	津川層
中新世	深海時代	三川層

図 10 日本海の歴史区分

(図 11) と、少数派ではありますが、B: 日本海陥没説 (図 12) があります。

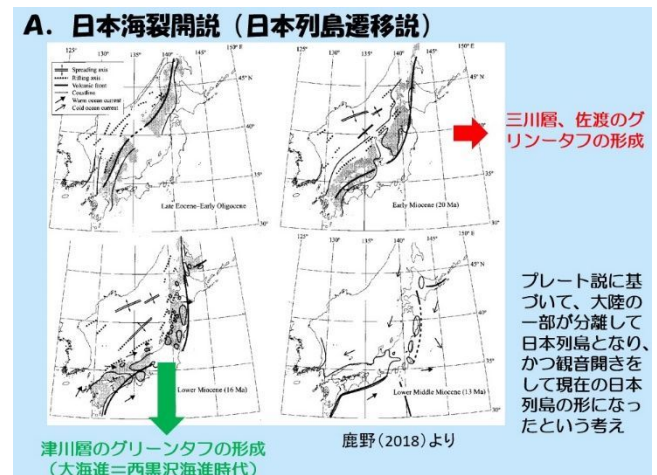


図 11 日本海裂開説による日本海の形成

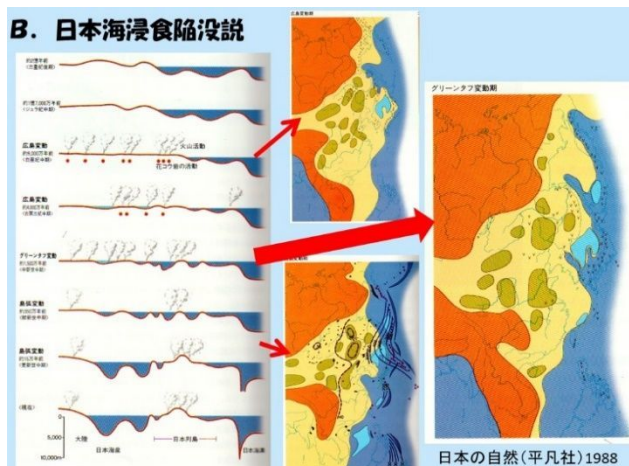


図 12 日本海陥没説による日本海の形成

いずれの説をとるにせよグリーンタフができたのは日本海(緑海)の誕生の前後のことになります。

第三紀中新世初期(2000 万～1800 万年前)三川層の時代、佐渡、村上北部、三川でアルカリに富んだ安山岩質の火山活動があり、自らのマグマ水の熱水変質を受け緑色化しました。

中新世中期 1600 万～1300 万年前、西黒沢海進と呼ばれる大規模な海進の時代、日本海が形成されます。フォッサマグナ地域をはじめ、新潟県の多くの地域で陥没がおり、海底火山活動が活発化しました。この時期の火山性堆積物は熱水の影響を受けて緑色化、いわゆる津川層のグリータフの時代です。

中新世中期～後期 1300 万～700 万年前は、海の深海化の時代で堆積盆地の中心は西側に移り、深い海に七谷層、寺泊層が堆積します。七谷層に挟まれる凝灰岩は続成変質を受け緑色化しました。

グリータフは、海底火山が噴火しその火山灰が海底に堆積したものです。海底火山の噴出物は火山灰のほか、火山ガス(地球大気は火山ガス由来で、一番多いのは水蒸気です。)、熱水、枕状溶岩、水冷破碎溶岩などがあります(図 13)。

海底火山は水圧に押されて大爆発は起こしませんが高温の熱水が噴き出し海面に変色域を作ります。

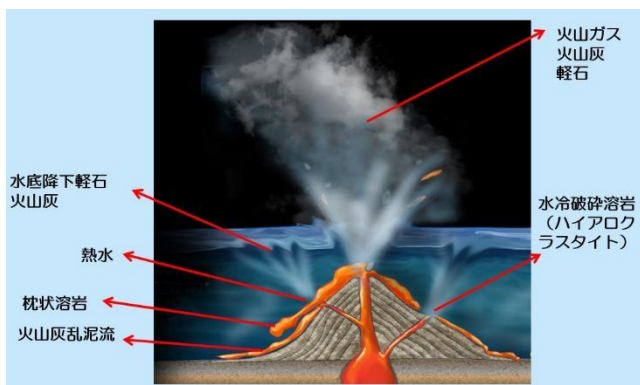


図 13 海底火山が噴出するもの



図 14 変質していない凝灰岩と変質を受けたグリーンタフ

⑤グリーンタフはなぜグリーンなのか

グリータフの変質は三川層の時代では「広域熱水変質作用」により、七谷層の時代では上に積もった地層の圧力と地下の温度にさらされ変質鉱物ができる「続成変質作用」によります。

変質していない凝灰岩(tuff)は灰色～白色ですが、変質を受けて緑色の鉱物ができることによりグリーンタフとなるもので(図 14)、グリーンタフ中の変質鉱物の種類を調べることで変質の強さが分かります。

鉱物を鑑定するのに用いるのが偏光顕微鏡です。自然光はあらゆる方向に振動する光で、一方向にのみ振動する光が偏光です。ほとんどの鉱物は自然光を振動方向が直交する 2 本の偏光に分ける性質があります。2 枚の偏光板の鉱物を挟むと光が干渉作用を起こし鉱物が色づいて見え、この時の干渉色などで鉱物を鑑定します(図 15)。

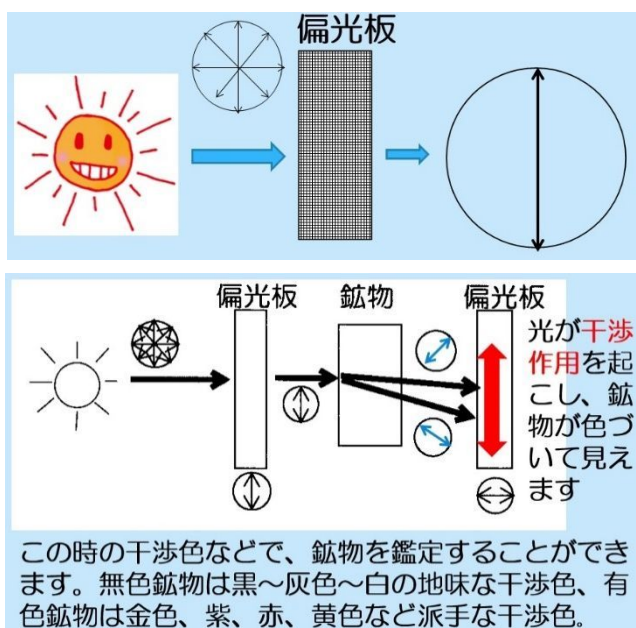


図 15 偏光顕微鏡の原理

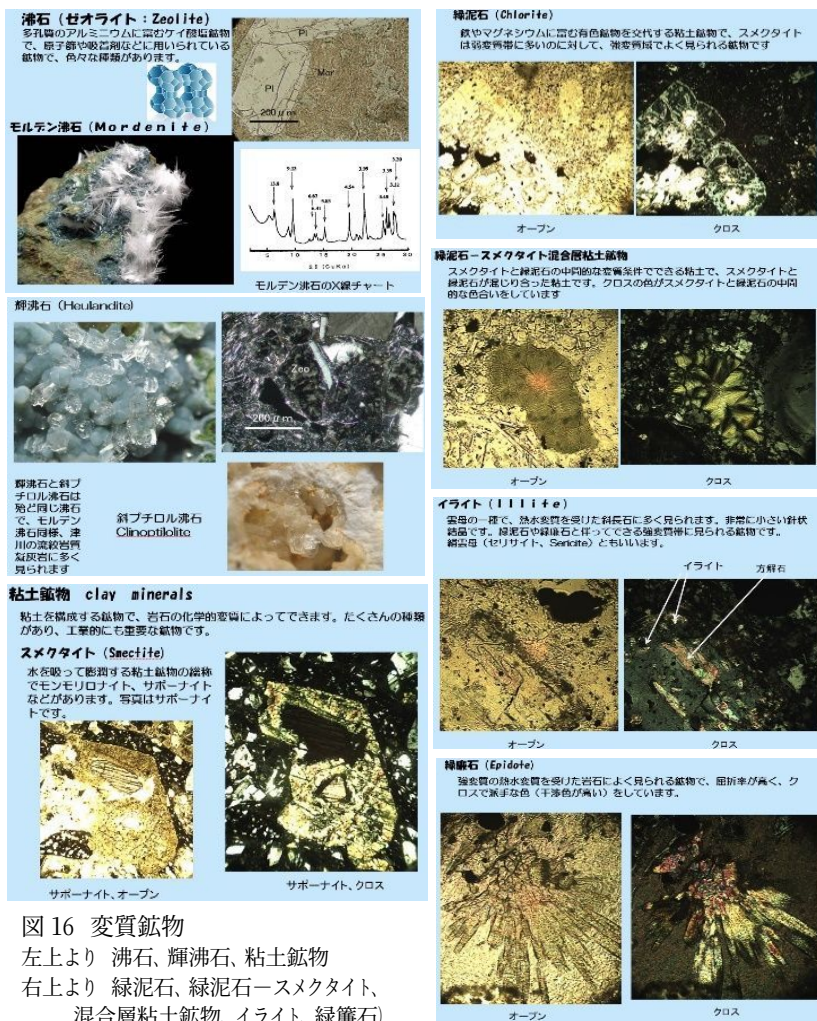


図 16 変質鉱物
左上より 沸石、輝沸石、粘土鉱物
右上より 緑泥石、緑泥石-スメクタイト、
混合層粘土鉱物、イライト、緑帘石

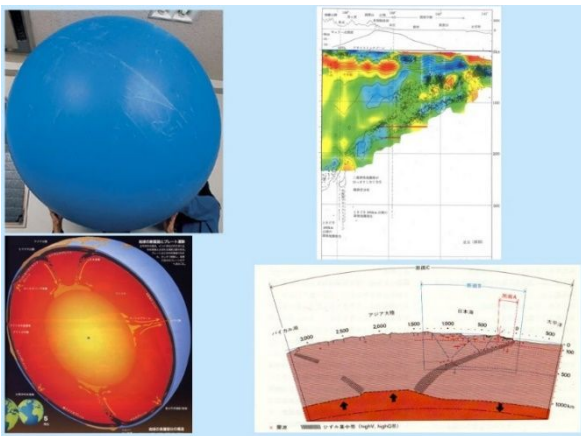


図 17 1000 万分の 1 模型と地球の内部

グリーンタフにみられる見られる鉱物は
以下のようなものがあります。

- ・沸石（ゼオライト）
 - ・輝沸石
 - ・粘土鉱物
 - ・緑泥石
 - ・緑泥石-スメクタイト混合層粘土鉱物
 - ・イライト
 - ・緑帘石
- （図 16 変質鉱物と顕微鏡写真）

凝灰岩という岩石が熱水変質や続成作用、風化などによりできる鉱物でこれらの鉱物により緑色となったのがグリーンタフです。

4. 1000 万分の 1 の地球を見て思うこと

1000 万分の 1 の地球の模型をみるとプレートの厚さは 7mm です。わずか 7mm のプレートの動きにより地震など地殻変動を説明するのは難しいように思います。地下深くの核からマントルにかけてのマグマの上昇とそれに伴う陥没などの変動の方がイメージしやすいように思います（図 17）。

グリーンタフのでき方について、何故緑色になるのかを研究してきました。緑泥石などの鉱物がたくさんできて緑色になることは間違いありません。

しかし、そのような鉱物ができるとすべて緑色になるかということそうでもありません。未だにわからないこともあるのです。

（当日の講演や配付資料から編集・記載、文責は大地の会）

賛助会員紹介

- 国際石油開発帝石株式会社
- 朝日酒造株式会社 ■有限会社越路地計
- 株式会社エコロジーサイエンス
- 大原技術株式会社 ■有限会社広川測量社
- 高橋調査設計株式会社
- オムニ技研株式会社
- エヌシーイー株式会社

順不同

大地の会会報 おいたち 102 号

2020. 12.25 発行

大地の会事務局

〒949-5411 長岡市来迎寺甲 1381 永井千恵子

e-mail: koshiji@daichinokai.sakura.ne.jp

URL: <http://daichinokai.sakura.ne.jp/>

問合せ先

長岡市越路支所地域振興課教育支援係

担当 赤松ゆり子 TEL 0258(92)5910