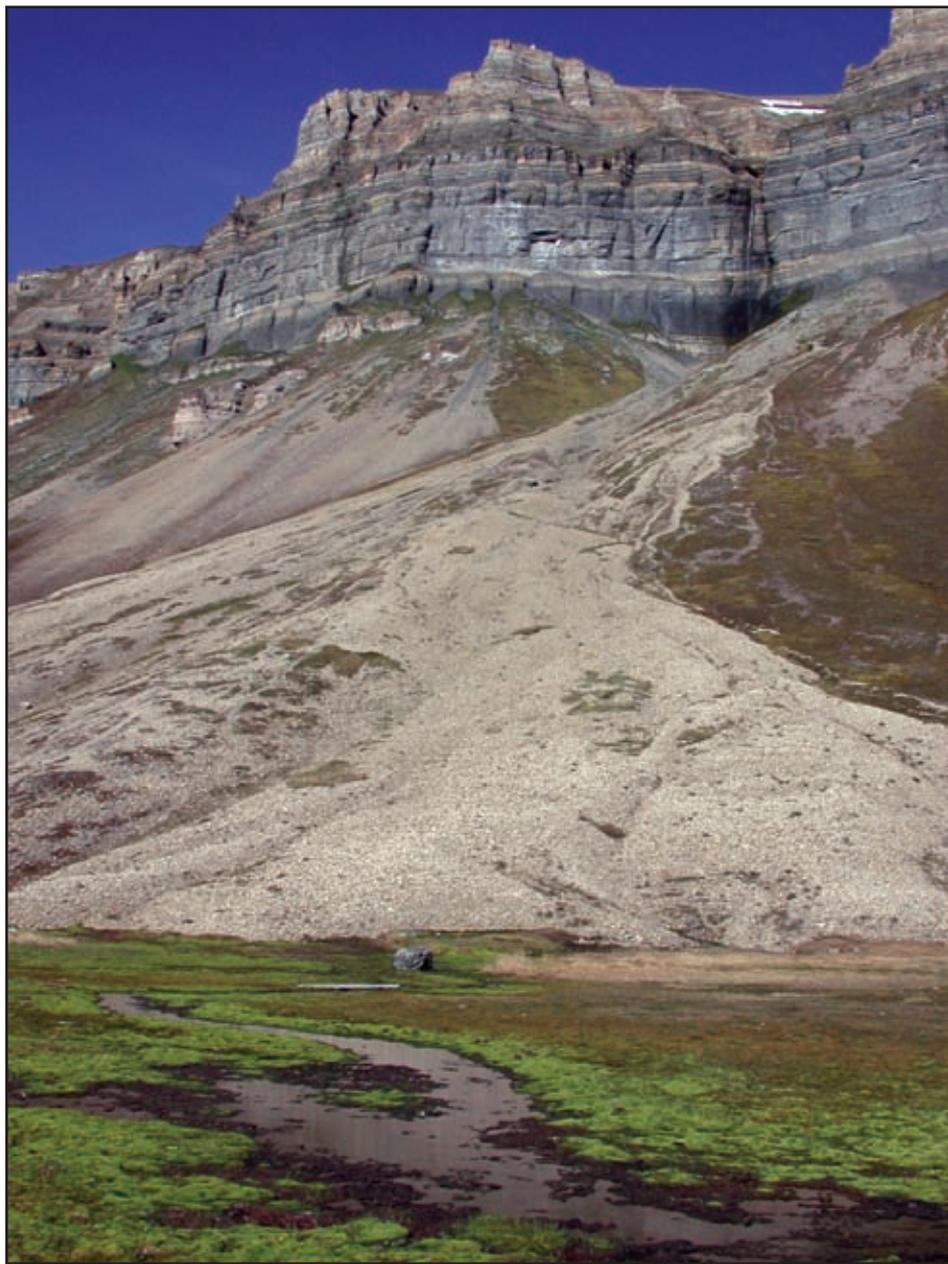


スヴァールバルの地質



内容目次

地質学とは.....	3
多様な地質現象.....	6
スヴァールバル最古の岩石.....	10
堆積岩.....	14
プレート・テクトニクス.....	18
スヴァールバルの山脈.....	20
化石.....	22
火山と温泉.....	24
氷河期.....	26
地形.....	28
石炭.....	30
石油と天然ガス.....	32
地質学と環境保護.....	33
スヴァールバルの地質図.....	34
地質年代区分.....	35

Fotografer:

Dierk Blomeier.....	(DB)
Ola Brandt.....	(OB)
Christoffer Brodersen.....	(CB)
Winfried Dallmann.....	(WD)
Jan Robert Eide.....	(JRE)
Synnøve Elvevold.....	(SE)
Bjørn Frantzen.....	(BF)
André Freiwald.....	(AF)
Sebastian Gerland.....	(SG)
Geir Birger Larsen.....	(GBL)
Inger Lise Næss.....	(ILN)
Otto Salvigsen.....	(OS)
Halvard Strøm.....	(HS)
Andrea Taurisano.....	(AT)
Max Wisshack.....	(MW)
Jonas Ziegler.....	(JZ)

Utgitt av Norsk Polarinstittutt jan. 2007

Norsk Polarinstittutt,
Polarmiljøseneteret,
N-9296 Tromsø

www.npolar.no

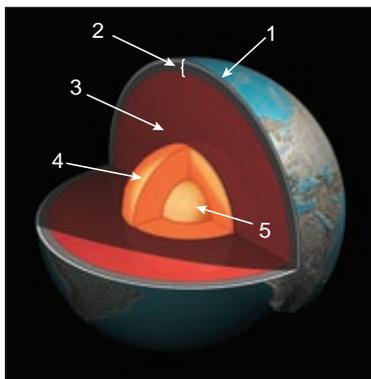
Tekst:	Synnøve Elvevold, Winfried Dallmann, Dierk Blomeier.
Oversetter til japansk:	Yoshihide Ohta
Teknisk redaktør:	Synnøve Elvevold
Grafisk design:	Audun Igesund
Trykt:	Januar 2007, Grafisk Nord AS
ISBN:	978-82-7666-240-5

地質学とは

地球について研究する科学

地質学は地球の構造や組成を調べ、約46億年前に地球が誕生してから現在までの進化の歴史を研究している。それは火山・地震から恐竜や宝石類の研究も含み、実際には岩石、鉱物、化石、まだ固まっていない堆積物などを調査し、化学、物理、生物学などを総合的に考察しながら、地球ができてきた過程や未来を考える。

地球の大まかな断面図を見ると、幾つかの異なる岩石の層が認められる。中心部には鉄やニッケルなどの金属からできている核があり、内核は固体であるが、外核は液体だと考えられている。核の外側の中間層はマントルで、粘性を持っている。地球の外側は冷



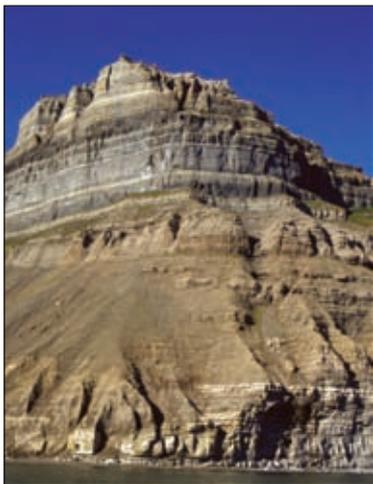
地球の断面。

1, 2:地殻、3:マントル、4:流動性をもった外核、5:固体の内核

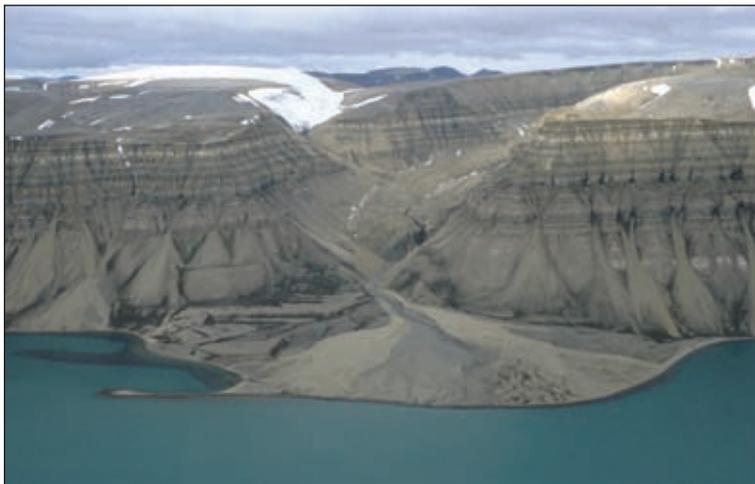
たい固体の地殻で、私達が普通に見ているさまざまな岩石でできており、地殻は大陸型と海洋型に分けられる。



第三紀（新生代）シルト岩中の落葉樹の葉の化石。ロングヤー・ビーエンのモレーンの中でも見つかる。(DB)



石炭紀・二畳紀の堆積岩層。（ピツレ・フィヨルド）(WD)



スヴァールバルの地形は、氷河と河川によってつくられた。川が運んだ砂利や泥は、三角州に堆積した。(DB)

地質学と社会

地質学の研究対象は私達の周りの何処にでもある地面である。地質作用によって岩石ができ、それらが風化して地表面の堆積物になり、さらにそれらが変化したり削られたりして地形ができる。これらの作用のあるものは全世界的な規模で起り、人間の時間尺度で計るととてもゆっくりした出来事であるが、火山の噴火、大洪水、津波、地震、地すべりなどは短時間に起り、大きな災害をもたらす。

地質学の対象でもう一つ重要なものは地下資源で、これは人間に実用的な利益をもたらす。人間は今までの歴史の中で沢山の地下資源を利用してきた。石器時代、鉄器時代、青銅器時代などの名称は、地下資源から名付けられている。石器時代の職人達はフリント（火打石）を道具に使い、北欧のヴァイキングたちは、赤鉄鉱（沼鉄）のような水酸化物から、金属の鉄を取り出す方法を見つけた。古代の日本では砂鉄から鉄を取り出した。地下資源はまた、近代文明の発展に基本的な役割を果たしてきた。ノルウェーでの近代社会の発展は、陸地での鉱物資源の利用と、大陸棚の海底石油資源の開発に大きく依存している。スヴァールバルの人間居住地域の発展は、石炭産業のおかげであった。

地質はまた、生物の生態系にも重要な役割を担っている。例えばスヴァールバルには沢山の険しい崖があって、そこには数万羽の海鳥が集まって巣を作っている。このような鳥崖（とりがけ）では、急峻な山腹に鳥の群棲に好適な岩棚があるからで、海鳥保護の特別な聖域になっている。天



ビヨルン島の石灰質岩の崖。割れ易く無数の段をつくるので、山腹は海鳥たちの快適な営巣地。(HS)

敵から安全な巣を作るための岩棚は、崖を作っている岩石の性質や構造によってできる。これからのスヴァールバルの経済や産業の発展のためには、観光や野外体験活動が盛んになってくるので、この群島の地質は、観光客にも興味深い自然現象を見せてくれるであろう。



アドヴェント谷の石炭資源は、ロングヤール・ビーエンの発展を支えてきた。(ILN)

鉱物と岩石

岩石は一種類、またはそれ以上のちがう種類の鉱物の集りで、石英、長石、雲母などは極く普通にある鉱物であるが、とても少量しか含まれていない鉱物もある。岩石はそのでき方によって、以下のような三つに分けられる。

堆積岩類

岩石が風化すると、礫、砂、粘土などになり、それらは流水、風、波、氷河などによって流れのない場所まで運ばれて沈積する。堆積した粒子は圧縮され固められて硬い堆積岩になる。礫岩、砂岩、頁岩（けつがん）、石灰岩などがその仲間である。

火成岩類

火成岩は地下の深くでできたマグマ（融けた岩石）が、浅いところや地表へ上って来て冷え固った岩石である。マグマが地下の深いところで固まると、花崗岩や斑れい岩のような深成岩になるが、浅いところにある堆積岩の割れ目や地層面に沿って入り込んで固まると、石英斑岩や粗粒玄武岩のような岩脈や岩床になる。噴出岩はマグマが地表まで噴出して固まったもので、普通に見られる玄武岩や安山岩などの熔岩は噴出岩である。

変成岩

変成岩類は、一度固まった堆積岩や火成岩が、非常に強い圧力や高い温度の地下深部へ押し込まれ、そこで再結晶したもので、しばしば片理（薄く剥がれる性質）を持っている。片麻岩、大理石、雲母片岩などがその仲間である。



砂岩（堆積岩）(DB)



花崗岩（火成岩；深成岩）(SE)



褶曲した片麻岩（変成岩）(SE)

多様な地質現象



スヴァールバルでは比較的狭い地域で、沢山の異なった地質現象を見ることができる。この島々は地表の大部分が氷河で覆われているにもかかわらず、地球史のさまざまな時代の地層やそれらの関係を研究できる世界でも珍しい地域の一つである。スヴァールバルは地史の古文書館・図書館であり、遠い過去から現在までの地質現象がとても良く記録保存されている。

スヴァールバルには約4億年前のカレドニア造山作用の記録が、地層や構造の中に保存されていて、異った歴史を持った岩石が、いくつも入り混じっている。カレドニア造山期の後、スヴァールバルはずっと海面下であって、ほぼ連続的に礫、砂、泥、石灰分などが海底に沈澱し、それらは次第に層状の堆積岩になった。これらの島々には岩盤を覆い隠す土壌や森林や農耕地がなく、裸岩がフィヨルドや谷に削られて三次元に露出しており、図入りの本を見るように地質関係を判り易く観察できる。

花崗岩、片麻岩、片岩、砂岩、熔岩などは誰でもよく知っている岩石の名前である。これらはその他の石と一緒に



山腹から削り取られた碎屑物は川によって運ばれ、河口の広い三角洲に堆積し、フィヨルドへ流れ込む。(WD)



地殻の変動と侵蝕は山体を深く削り、過去の地質時代の地層断面をはっきり見せる。これはカレドニア造山作用（約4.3億年前）で褶曲した片麻岩。(WD)



(DB)

岩盤を作っていて、隣同士の石ができた時代が数千万年以上も違うこともある。スヴァールバルで得られた最古の鉱物の年齢は約33億年である。因みに地球の年齢は約46億年、地上で確認された最古の岩石の年齢は約40.3億年である。

これらの固い岩盤の表面は、ところにより礫や砂や粘土が覆っていて、それらは普通、土台の石よりずっと新しい。このような堆積物は、氷河による侵蝕と深い関係がある。氷河で削り取られた碎屑物は、やがて大きな川によって海へ運ばれる。スヴァールバルでは他の北極地方と同じように、風や霜の作用も地形をつくる大きな要因になっている。



岩石は風化してツンドラ植物の土壌になる。(SE)



水平な堆積岩（ビッレ・フィヨルド）。崖の下部は崖錐（がいすい）と呼ばれる三角形の岩屑斜面。(DB)

スヴァールバルの地史は、大きく三つに分けられる。

- 1、古い岩石できている基盤岩類：これらは先カンブリア紀からシルル紀（約4.3億年前）までにできた火成岩や変成岩で、強い褶曲（しゅうきょく）（折り曲げ）や変成作用を受けている。
- 2、次は古生代から新生代にできた変成していない堆積岩で、スピッツベルゲン島ではこれらの地層が、コングス・フィヨルドから東南東へ伸びる線の南や、ヒンローベン海峡南半、バレンツ島、エッジ島に分布し、北と西には古生層が、南東には中生代と第三紀の地層が露出している。これらの地層は、イス・フィヨルドから南へ細長く露出し、中央部には最も新しい地層が、外側へ行くにしたがって古い時代の地層が分布している。
- 3、第四紀にできた地表の未凝固堆積物：これらは各種のモレーン（氷堆石）、河川や海岸の堆積物、崖錐や地表の上被物などで、最後の氷河期に作られた。

以下にこれらを1，2，3の順にその特徴を説明する。スヴァールバルの大まかな地質図は裏表紙の内側にあり、21頁の二つの地質断面図も参照のこと。



地質隊の野外調査。

岩石の年齢を決める

地史の研究には、まずその岩石ができた時代を決める必要があります、それぞれの場合に異なった方法が用いられる。

相対的な年齢決定法

岩石の年齢は、周りの岩石との関係から決めることができる。例えば、乱されていない地層が積み重なっていると、当然下の地層は上のものより古い。また、ある地層に貫入している火成岩は、その地層より若い。

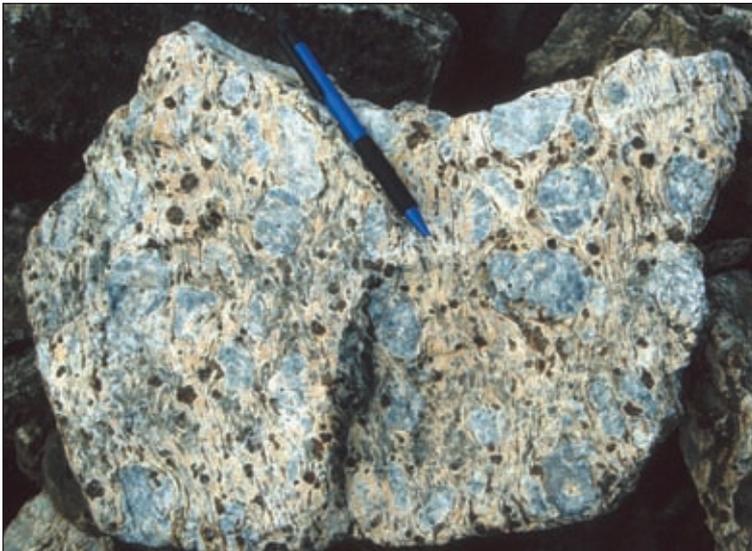
化石による時代決定

化石の中には、限られた短い期間の地層からしか産出しない“示準化石”があり、それらは時代を比較するために使われる。古生代以後の地層は化石がよく保存されているので、示準化石を比較して時代を決める。

放射性元素での年齢決定法

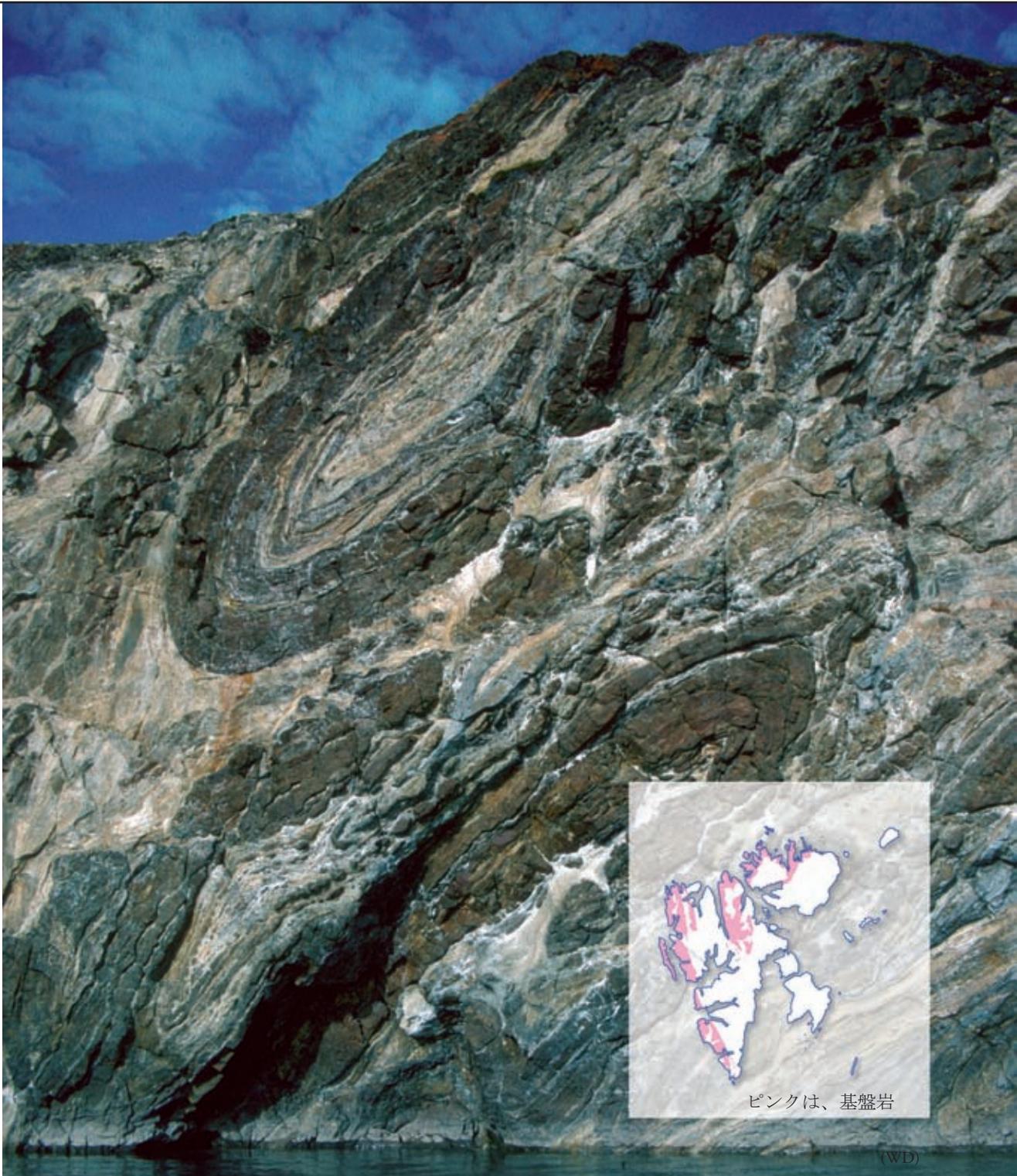
ウラニウム (U) のような放射性元素は、同じ元素でありながら、原子の重さが異なる

いくつかの同位体を持っている。鉱物の中には極く微量であるが放射性をもった同位体も含まれている。これらの放射性をもった“親”同位体は不安定で、放射線を出して壊れ、安定な“娘”元素へと変化する。“親”元素が放射性崩壊によって、その原子の数が元の半分にまで減少する時間を半減期といい、ウラニウムの二つの同位体（原子量238と235）は、それぞれ44.68億年と7億年経つと半分に減少する。これらの崩壊速度の組み合わせを使って、ジルコン、モナザイトなど、ウラニウムを含んでいる鉱物の年齢を決めることができる。ウラニウムの他にもトリウム、ルビジウム、サマリウム、など、沢山の“放射性同位体時計”があり、あるものは火成岩の固結後の年数を決めるのに適しており、別の元素の同位体は、変成岩が再結晶した変成作用の時期を決めるのに適している。



ビスカヤ半島の眼球状片麻岩。淡青色の鉱物は正長石、暗色の小粒はザクロ石。この岩石の放射性年齢は9.65億年。(SE)

スヴァールバル最古の岩石



ピンクは、基盤岩

(WD)

基盤岩類

スヴァールバルの基盤岩類は先カンブリア紀からシルル紀までの、カレドニア造山作用の時期(4.3億年前)か、それ以前にできたもので、数回の褶曲や変成作用を受けている。これらは風化や侵蝕によって削り取られ、現在の地表には極く僅かしか残っていない。スヴァールバルでの最後の大規模な褶曲・変成作用はカレドニア造山作用で、シルル紀に起きた。

これらの基盤岩類は、スピッツベルゲン島の西岸と北岸沿い、プリンス・カールス・フオーランド、北東島北部に分布し、ピヨルン島にも少し残っている。それらは、しばしばアルプス型の地形をつくっている。1596年にスヴァールバルを再発見したウィレム・バレンツは、彼らが目にした山々の形からこの島を“スピッツベルゲン”（尖った山々）と呼んだ。

スピッツベルゲン島南部

セール・カップ（南岬）からイス・フィヨルドの間の基盤岩類は、千枚岩、珪岩、石灰岩、苦灰岩（マグネシウムを含む石灰岩）、礫岩および少量の火山岩からできている。礫岩には円礫を含む普通の礫岩と、漂礫岩の2種がある。漂礫岩はモレーン、氷河融水堆積物、融けていく氷山から海底へ落ちて沈積した漂礫などが固まったもので、約6億年前の後期原生代の氷河によってつくられた。この漂礫岩はこのあたりの地層の相対的な年代を決めるための重要な比較の鍵になっている。この漂礫岩の下には、石灰藻（藍藻類）がつくった石灰質の集合体である“ストロマトライト”を含む石灰岩があり、これは、スヴァールバルで発見



原生代に堆積した礫岩。後の激しい変形作用で、丸礫は引き伸ばされ褶曲した。(WD)

される最古の化石の一つである。ここには、カンブリア紀とオルドヴィス紀の石灰岩層もあり、これらからは三葉虫の化石を産出する。ホルンスン・ティンドは南スピッツベルゲン最高の山(1431m)で、これらの石灰岩からできている。

北西スピッツベルゲン

プリンス・カールス・フオーランドとオスカーII世・ランドの基盤岩は、南に分布する岩石にととも良く似ており、頁岩（けつがん）、石灰

岩、苦灰岩、漂礫岩の弱く変成したものである。スピッツベルゲン西岸沿いの岩石は、第三紀の褶曲や断層で再び変形された。

コングス・フィヨルドの北と東に分布する基盤岩類は、片麻岩、ミグマタイト（半分熔けた変成岩）、および花崗岩が主で、中には片岩、石灰岩、および珪岩の破片が取り込まれている。マグダレーネ・フィヨルドの東にはホルネマン・トッペン花崗岩があり、この花崗岩の放射性年齢



遠景の尖った山並みは基盤岩の変成した石灰質岩、前景は傾斜したデボン紀の砂岩。(ホルンスン) (WD)



ホルンスン北岸の褶曲した石灰岩の山々。(WD)

は約4.1億年である。

セント・ジョーンズ・フィヨルドの南には、青色片岩やエクロジャイト（榴輝岩）が露出している。これらは古生代早期の海底地殻が、沈み込帯で地殻の深いところへ押し込まれ、非常に高い圧力を受けてつくられた。それがその後プレートの衝突で斜めに押し上げられ、上に乗っていた岩石が削りとられ、深いところの岩石が地表に現れた。

ニー・フリース・ランド

ウィージ・フィヨルドの東岸は、片岩、角閃岩、片麻岩、および花崗岩などからできており、これらの岩石は5つの衝上断層地塊（押し上げ断層岩塊）と呼ばれるレンズ状の岩体になって、互いに積み重なっている。各々の衝上岩塊は、17.5億年前にできた花崗岩質片麻岩類と、その上に重なる若い片岩でできている。これらの岩塊は、ニー・フリース・ランド西半に、南北150 kmに



エクロジャイトは、約4.7億年前に地殻の深いところの変成作用でつくられた。（セント・ジョンズフィヨルド南）(SE)



カレドニア造山運動で変形・褶曲された角閃岩層を挟むザクロ石・雲母片岩。（ニー・フリース・ランド）(SE)

わたって伸びる細長いドーム状の大きな褶曲に巻き込まれて分布している。

ニー・フリース・ランド東半と、北東島のレディー・フランクリン・フィヨルドまでの地域には、厚い後期原生代と古生代前期の堆積岩層が露出する。これらの地層はヒンローペン海峡に沿って南北に伸びた褶曲軸に沿って、強く褶曲した砂岩、珪岩、石灰岩および頁岩でできていて、カンブリア紀とオルドビス紀の地層は、三葉虫、筆石（ふでいし）、腕足貝（わんそくがい）の化石を含んでおり、その下には6.4億年前の原生代漂礫岩とストロマトライト石灰岩がある。

スヴァールバルの最高



砂岩の中へ入り込んだ花崗岩岩脈。（ニー・フリース・ランド）(SE)

峰、ニュートン・トッペン (1717m)は、約4.3億年前に周りの岩石の中へ貫入した粒の粗い花崗岩である。

北東島

この島では基盤岩が北岸沿いと、二つの大きな氷帽の間の地域に分布していて、ボトニア半島には、約9億年前にできた熔岩、火山砕屑岩（かざんさいせつがん）、岩脈や岩床などがある。ブレンネヴィンス・フィヨルドの東の基盤



ザクロ石・雲母片岩。（ニー・フリース・ランド）(SE)



大規模な褶曲をみせる原生代の片麻岩。（ニー・フリース・ランド）(WD)

岩類は、花崗岩、眼球状片麻岩、ミグマタイトで、ミグマタイトの多くは9-10億年の放射性年代を示す。北岸中央のリープ・フィヨルド花崗岩はこのフィヨルドの東と南に分布し、変形を受けていないので、容易に識別できる。この花崗岩の放射性年代は4.1億年で、これが接触している堆積岩は熱せられて、硬いホルンフェルス（変成岩）になっている。

デューヴェ・フィヨルドの東は、主にミグマタイト、片麻岩、花崗岩でできている。東岸のイシス岬は小さい露出であるが地質は複雑で、4つの異なった時期にできた岩石がある。北東島の北東端からフヴィート島には、変成を受けていない斑れい岩があり、この地域のミグマタイトはカレドニア造山期の放射性年代（4.3億年）をもっている。

堆積岩



ウッド・フィヨルド周辺はデボン紀砂岩の赤褐色の山々で、これらの風化した細粒の砂・泥が川に運ばれてフィヨルドに入ると、フィヨルドの水が赤褐色になる。(WD)

デボン紀にカレドニア造山運動が終ると、直ぐに山脈の侵蝕が始り、大量の礫や砂や泥が当時の沖積平野や浅海に堆積した。その後、石炭紀や二畳紀（にじょうき）には新しい堆積作用が始って石灰岩層ができ、これらに続いて中生代と第三紀の砂岩、頁岩（けつがん）層が4千万年前まで沈積した。スピッツベルゲン島ではこれらの地層が、イス・フィヨルドから南へ伸びる細長く窪んだ構造をつくって分布している。

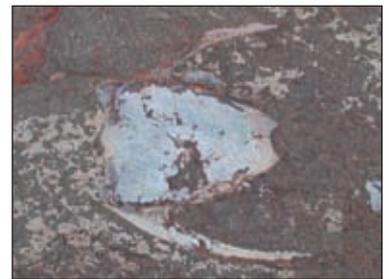
デボン紀層

北スピッツベルゲンのアンドレー・ランドには、赤や緑や



褐色部はデボン紀層

灰色のデボン紀堆積物が広大な地域に露出している。“古赤色砂岩”と呼ばれるこれらの堆積岩は、礫岩、砂岩、シルト岩（砂と泥の中間の大きさの粒が固まったもの）が繰



デボン紀砂岩の中の甲冑魚（かっちゅうぎょ）の化石。化石の灰青色が特徴。(AF)

り返す地層で、少量の頁岩と石灰質岩も挟まっている。赤い色は鉄の酸化物（赤鉄鉱）を含んでいるため、これらの岩石が乾燥した砂漠のような気候条件の時代に堆積した

ことを示している。これらはラグーンや広い川原で、真水や汽水（塩分が薄い水）から沈殿した地層である。このデボン紀の地層は、カレドニア山脈の山々が侵蝕されてできた碎屑物が堆積したものである。

デボン紀は魚の時代と言われ、スヴァールバルでも最初の脊椎動物である原始的な魚の化石が沢山見つまっている。この時代はまた、最初の



青は石炭紀層の分布

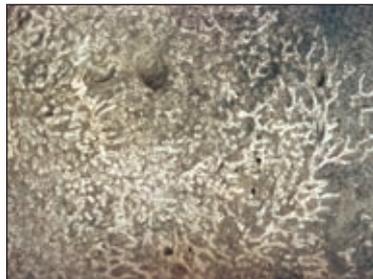
陸上植物が現れた時期でもあり、川原や浅い湖に生えていた原始的な隠花植物（羊歯やトクサの類）の化石が見つまっている。

石炭紀と二畳紀

テムプレ・フィヨルドやビッレ・フィヨルドのように、頂上が平らな高原状の山はスピッツベルゲン東部などの各地に見られ、これらは石炭紀と二畳紀の堆積岩からできている。石炭紀砂岩層の最下部には石炭層が挟まれている。これらの水平な地層は化石に富み、石灰岩や苦灰岩の間に石



スカンス湾石膏鉱床の坑道の廃墟。(WD)



石炭紀層に良く見られるサンゴの化石。(DB)



イス・フィヨルドの奥にあるテムプレ山は、水平な石炭紀層で出来ている。(WD)

膏や硬石膏層を挟んでいる。石膏層は温暖な乾燥気候の下で、硫化物を含んだ海水が蒸発してできたものである。二畳紀が終りに近づいたころ、スヴァールバルやバレンツ海は数百万年にわたって陸地であり、北ヨーロッパ、グリーンランド、北アメリカが集まった超大陸ローレンシアの一部であった。

三畳紀、ジュラ紀、白亜紀

中生代の堆積岩を見ると、当時の気候は全期間にわたって温暖・湿潤であったことがわかる。スヴァールバルの大部分は海に覆われていたが、隆起した時代もあって、海成と陸成の地層が交互に重なっているところもある。これらの時代の岩石は、砂岩、シルト岩、頁岩で、稀に石灰岩もあ



ロシアの炭鉱ピラミードンでは、石炭紀の石炭を採掘していたが、1998年に廃坑。(CB)



ホルンソンの褶曲した三畳紀層。(WD)

り、スピッツベルゲン南部や東の島々に広く露出している。中生代には動・植物が豊富で、特に爬虫類（はちゅうるい）が多く、爬虫類の時代とも呼ばれている。ジュラ紀の海には海棲爬虫類がいたが、首長竜やイグアノドンなどの恐竜は陸上に棲んでいた。中生代の地層にはまた、アンモナイト、二枚貝、植物の破片

などの化石も含まれている。三畳紀とジュラ紀の地層は黒色頁岩を含み、これらは石油の源岩であるが、スヴァールバルでは経済的に採算がとれるほどの石油の濃集部は見つかっていない。スヴァールバルで続いていた平穏な時代は白亜紀の初めに中断され、火山と断層活動が始った。マグマが岩石の割れ目や地層の境目に入り込み、粗



赤は三畳紀層, 青はジュラ紀白亜紀層の分布

粒玄武岩の岩脈や岩床になって固結した。コング・カールス・ランドでは、マグマが地表にまで噴出して黒い玄武岩熔岩になった。中生代の末にスヴァールバルは再び陸地になった。

第三紀

中生代の終りに始ったプレート活動は第三紀に引き継がれ、新しい山脈がスピツ



固い粗粒玄武岩が石炭紀の石灰岩の上に屋根のようにのって、風化から守っている。(WD)



アドヴェント谷（ロングヤー・ビーエンがある谷）の両側は、ほぼ水平な白亜紀と第三紀の砂岩でできている。(SE)



黄色は第三紀層の分布

ツベルゲンの西岸沿いにできた。これはカレドニア造山作用に比べるととても小さい山脈形成であったが、それまでにできていた全ての岩石がこの褶曲に巻き込まれ、大きな岩石の板（衝上断層地塊）が東へ向って押し上げた。この時代にできた地質構造は、ウェッデル・ヤールスベルグ・ランドやオスカーII世・ランドの山々の山腹で見ることができる。このような変動は、グリーンランド・プレートが反時計回りに回転し、スヴァールバルがあるバルチック・プレートの西縁を押ししたか

らだ、と説明されている。この時期に北大西洋や北極海は、海洋底拡大によって広がり始めた。

この新しい山脈の東では、イス・フィヨルド地域から南へ向って土地が沈下し、南北方向の大きな湾ができた（21頁地質断面図参照）。そこには砂岩や頁岩（けつがん）が堆積し、中には植物化石を含んでいる地域もある。石炭層の大部分はこの“第三紀中央堆積盆”と呼ばれる地域に分布し、ロングヤー・ビーエン、スヴェア・グルーヴァ、およびバレンツ・ブルグで採掘されている。

第三紀中頃には、北大西洋で新しい火山活動の時代が始り、アンドレー・ランドにはその頃の熔岩流が残っていて、玄武岩が幾つかの高い山に帽子のように乗っている。

第四紀

第三紀が終りに近づくと気候は寒冷になり、地球は新しい氷河期に入った。北アメリカ、北ヨーロッパ、南アメリカ および南極大陸などの大部分は、長い間厚さ数kmの氷床に覆われ、スヴァールバ

ルもまた巨大な氷床の下になった。氷期の間には10万年くらいの比較的温暖な間氷期があり、その期間は現在と似た気候や植生で極地周辺地域の状況が続いた。最近の2-3百万年の間には、20-30回の氷期と、温暖な間氷期が識別されている。

スヴァールバルでは数回の氷河作用の跡が残っている。しかし、最後の氷河がそれ以前の氷河の跡や堆積物を削り取ってしまったので、古い氷河期の様子はわからない。スヴァールバルでは、現在も群島の60%が氷河に覆われていて、まだ氷河期が続いているといえる。

プレート・テクトニクス

地球の表面をつくっている地殻は、一枚の連続した殻ではなく、7個の大きなプレート（岩板）と沢山の小プレートに分れており、それらは互いにちがう方向へ移動している、と考えられている。これらのプレートは大陸や海洋底をつくっていて、部分的に融けて粘性を持っている上部マントルの上に浮んでいる。プレートを移動させる原動力は、マントル中の温度や密度差による対流だとされている。地質現象をこのようなプレートの動きで説明する学説を、プレート・テクトニクスという。現在のプレート・テクトニクスは1915年にドイツの気

象学者、アルフレッド・ウエーゲナーが提唱した大陸移動説から始った。彼は南大西洋の反対側にあるアフリカ大陸と南アメリカ大陸の海岸線の形がうまく合致することから、これら二つの大陸がかって隣接して、その後分裂して現在の位置へ移動した、と推論した。しかし彼はプレート移動の原動力や移動の動力学を十分に説明できなかったため、この学説はその頃の学会では受け入れられなかった。

海洋プレートの拡大と山脈の形成

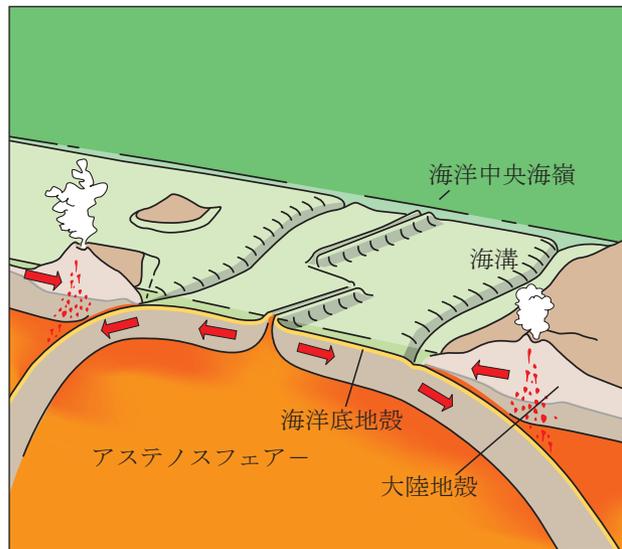
1960年代までは、ウエーゲナーの考えを裏付けるような有効な説明は現れなかったが、その後海洋中央海嶺が発

見され、海嶺に沿って新しい海洋地殻が作られることが確認された。上昇するマントルの上の地殻は、膨らむ張力で割れ、その割れ目に沿って融けたマグマが上昇してきて割れ目を埋め、冷却して海洋底に細長い楔形の新しい地殻をつくり、両側にある地塊を外側へ押しやる。この過程が海洋底拡大である。大西洋中央海嶺もその一つである。北大西洋ではこの海嶺が、ユーラシア・プレートと北アメリカ・プレートを分けており、1年に3-5cmの早さで、二つのプレートは互いに離れていく。この早さは、人の爪が伸びる早さとほぼ同じで、この中央海嶺沿いには、弱い海底地震



地球の表面は大・小幾つかのプレートに分かれていて、プレートの境界沿いには地震や火山噴火のような激しい地質活動が起っている（A、Igesund原図）。

や火山活動が起っている。中央海嶺では常に新しい海底地殻が作られている。しかし地球の全表面積は変わらないので、地殻の古い部分はプレートの縁で壊れたり、マンツルの中へ沈み込んだりしている。海洋プレートが大陸プレートにぶつかると、大陸地塊は軽いので上へ押し上げられ、密度が高い海洋プレートはマンツルの中へ沈み込む。このようなプレート沈み込み帯境界では、激しい地震がしばしば起り、沈んでいく海洋プレートは深部で熔融して火山活動が起こる。太平洋の縁に沿う火山帯は沈み込み帯に沿う“火の輪”として有名で、日本列島はこの沈み込みプレートの境界上に位置するため、激しい火山・地震活動が起る。プレートが集まってくると、さまざまな衝突が起り、それに巻き込まれた岩石



拡大帯と沈み込み帯がある地球の最外殻 (A, Igesund原図)。

は、高い熱と強い圧力で捻じ曲げられて褶曲し、変成作用を受けて変成岩になり大山脈をつくる。その好例はインド

大陸とアジア大陸の衝突で、その結果、壮大なヒマラヤ山脈ができた。

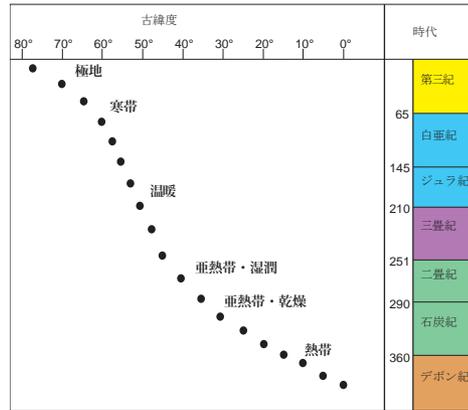


山腹に見られる、褶曲と断層でつくられた複雑な構造。(WD)

スヴァールバルの山脈

スヴァールバルはユーラシア・プレートの北西隅にある。この群島の西には深い大洋があり、その中央にある北大西洋中央海嶺は、スヴァールバルとグリーンランドを分けている。

デボン紀から白亜紀までの長い間、スヴァールバルは北アメリカ、グリーンランド、ユーラシア大陸を含む超大陸ローレンシアの一部であった。北東グリーンランドはスヴァールバルから数百kmしか離れておらず、両地域は長い間浅海であった。白亜紀から第三紀に移る頃、北アメリカ・プレートとユーラシア・プレートは互いに遠ざかり始めた。分裂の最初の頃は、スヴァールバルとバレンツ海



スヴァールバルのデボン紀から第三紀までの地層を観察すると、この土地が赤道から極地までの全気候帯を経由して移動したことがわかる。このような気候の変化は、北西端にスヴァールバルをのせたバルチック・プレートが、南半球から赤道を越えて北の現在の位置まで移動してきたからである。(SE)



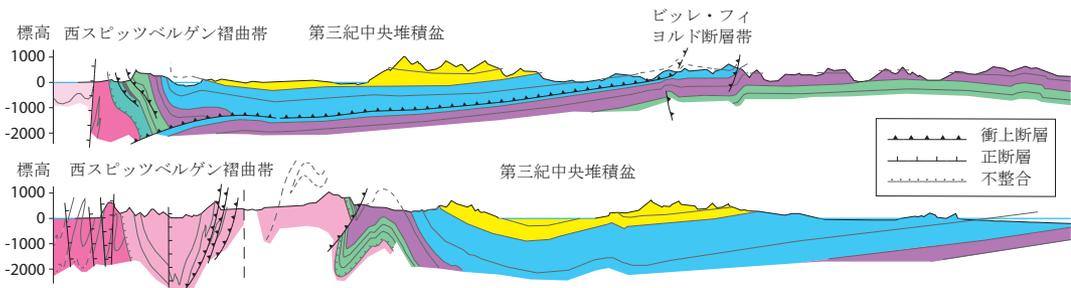
ホルンズンの石炭紀から第三紀までの地層が、第三紀変動で褶曲した。(WD)

の大陸棚が横滑り断層でグリーンランドから南東へ離れ、グリーンランドは斜めに西からスヴァールバルを圧縮した。このようなプレートの動きで、スピッツベルゲンの西岸沿いには激しい褶曲や衝上断層運動が起り、高い山々ができた、と説明されている。この山脈は“第三紀褶曲・衝上帯”と呼ばれ、スヴァールバルで最も新しい山脈である。

古代のカレドニア山脈は、約4.3億年前に北アメリカ・グリーンランド・プレート（ローレンシア）が北ヨーロッパ・プレート（バルティック・プレート）に衝突してできた山脈である。この時両側の大陸プレートの境界では、地殻が圧縮されて褶曲し、巨大な岩塊が幾つも互いに押し上げた。この衝突帯では、大陸地殻が厚くなって、下部はとても深いところまで押し込まれ、高い圧力と温度の下で変成作用を受けた。このようなカレドニア山脈の残りは、スヴァールバル、ノルウェー本土、スコットランド、東グリーンランドなどに残っており、その南の延長はアパラチア山脈に続いている。



西スピッツベルゲン褶曲帯中の三畳紀砂岩・粘板岩の褶曲。(JRE)



スピッツベルゲン西半の地質断面図。上； イス・フィヨルド南岸。下；スピッツベルゲン南西部。色は裏表紙内側の地質時代表と同じ。西部では基盤岩類の上の地層は急傾斜しているが、褶曲帯の東には“第三紀中央堆積盆”があって、地層はほぼ水平か僅かに傾いている。(WD)

化石



羊歯 (a) と落葉樹の葉 (b) の化石。イス・フィヨルドの第三紀 砂岩中に沢山あり、現在の植物と良く似ている。

スヴァールバルには、3-4億年前の熱帯に特有な植物の化石がある。化石の大部分はカンブリア紀(5.4億年)より若い。

化石はその生物が生きた時代の気候や生息地の環境を反映しており、また時代の決め手でもある。たとえば恐竜は、中生代に沢山棲んでいたもので、恐竜の化石が見つければその地層は中生代のものである。スヴァールバルとノルウェイ海、バレンツ海などの北の海の海底堆積物の中には、カンブリア紀から現在までの殆どすべての時代の化石が見つかる。

スヴァールバルの最古の化石はストロマトライトで、海藻の作った石灰分が化石になったもので、先カンブリア紀の苦灰岩の中に見つかる。これらは20億年以上前から浅海に現れ、光合成で大気中の炭酸ガスを使って有機物をつくり、大気中に酸素を吐き出して、現在のような酸素を呼吸して生きる生物が生かされる環境をつくってきた。

三葉虫はカンブリア紀・オールドヴィス紀(5.4-4.4億年前)の地層から特に沢山発見される。これらは海底に棲んでいた節足動物で、良い示準化石



である。この時代には筆石(ふでいし)の化石も見つかる。筆石は海中を浮遊していた動物で、これらも重要な示準化石である。これらはスピッツベルゲン南西のホルスンと北東のヒンローペン海峡の両岸で見つっている。

デボン紀は魚の時代ともいわれ、スヴァールバルでは太古の魚の二つの主なグループの化石が見つかり、保存状態がとても良く、体の軟組織も観察できることで有名である。これらのうち無顎類(むがくるい)はデボン紀の終りに衰

退するが、有顎類(ゆうがくるい)は脊椎(せきつい)動物の祖先である。後者の中の軟骨魚類は現在のサメやエイの仲間で、その他には板皮類(ばんぴるい)(甲冑魚(かっちゅうぎょ))や硬骨魚がある。硬骨魚は現在の大部分の魚の祖先であり、その中の總鱗類(そうきるい)は陸上脊椎動物の祖先であると考えられている。デボン紀の堆積岩中には、原始的な陸上植物の化石も含まれている。

植物はデボン紀から石炭紀にかけて急速に進化した。背が高い隠花植物(現在のシダ、ヒカゲノカズラ、トクサの先祖)の林がスヴァールバルにもあり、その頃この群島はヨーロッパ、グリーンランド、北アメリカを含む、北半球にあった古赤色砂岩大陸の一部であった。この頃の森林はスヴァールバルの幾つかの石炭層の原料になっている。当時の典型的な化石に、背が



海藻が沈積した石灰分のでできているストロマトライト。スヴァールバル最古の化石。(WD)

解説

化石とは先史時代の動植物の遺骸、生活した跡、押し型などが、堆積岩や固まっていない堆積物の中に保存されているもので、貝殻、骨、植物の破片などがあり、生活した跡である足跡、巣穴、糞なども含まれる。植物は全体が保存されていることは稀で、石炭化されている。

解説

高い木のような封印木の幹がある。

腕足類（シャミセン貝の仲間）は2枚の殻をもち、外見は二枚貝に似た形の海の生き物である。これらは古生代全期間を通じて普通に見られる化石で、スヴァールバルの石炭紀・二畳紀の堆積岩では、特に良く保存されている。二畳紀の上部層には、珪質の海綿や苔虫類（こけむしるい）も良く保存されている。

中生代は軟体動物（タコ・イカ類）の時代でもあり。特にジュラ紀と白亜紀にはアンモン貝が沢山棲んでいた。これらの化石は種類も多く、とても良い示準化石で、それらが発見される地層の時代を決めることができる。アンモン貝の化石は平らな渦巻きの形をしているのが普通である。

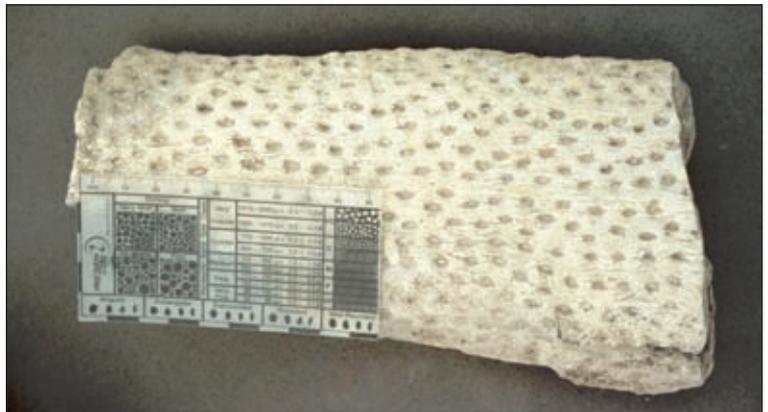
中生代はまた、恐竜の時代でもあり、それらの爬虫類のあるものは恐ろしく巨大であった。大抵の恐竜は陸上動物であったが、中には空を飛び、水中を泳ぐものもいた。スヴァールバルでは蛇首竜類と魚竜の骨の化石が見ついている。1960年にはイス・フィヨルド南西岸で、恐竜の足跡の化石が見つかった。この三本指の足跡は、長さが75cmもあり、イグアノドン（鳥盤目（ちょうばんもく）の恐竜）に

似た未知の陸棲恐竜の足跡である。2004年にはイス・フィヨルド北東で30mを越える魚竜の化石が見つかって発掘中である。

これらの外の重要な化石は二枚貝で、これらは地球の歴史の新しい時期全期間の地層から産出する。特に興味深いのは、氷河期から後の時代のハマグリ類で、これらは気候の変化を示すものとして役立っている。



腕足類（シャミセン貝の仲間）(BF)



石炭紀層から発見された封印木 (Sigillaria) の幹の化石。(DB)



三畳紀の魚竜（イクチオゾールス）の化石。長さ約10m。（イス・フィヨルド北東部）(JZ)

火山と温泉



ハルダン・ピッゲンは火口パイプで、デボン紀の赤い砂岩に貫入している。直立した岸壁に海鳥が群棲して糞を落すので、その下だけが緑豊かである。(WD)

スヴァールバルの地史のなかでは、幾度も火山活動期があった。先カンブリア紀の基盤岩の中には、変成作用を受けた熔岩などの火山岩がある。それらは南西スピッツベルゲンのホルンスンとトレル氷河の間や、北東島のポトニア半島に分布している。変成作用を受けて変形し、侵蝕された古い火山岩を識別するのはかなり面倒であるが、若い火山岩類は容易に区別できる。

暗色塊状の熔岩流

イス・フィヨルドの内部や、ストール・フィヨルド、ヒンローペン海峡などのスヴァールバルの堆積岩地域には、黒い塊状の岩の層が堆積岩の間に挟まっている。これらは数mから数十mの厚さで、殆どは堆積岩の層と平行であるが、時には地層を垂直に切ったり、枝分れしたりしている。これらは粗粒玄

武岩（そりゅうげんぶがん）である。玄武岩と粗粒玄武岩の違いは、前者はマグマが地表へ噴出して固まったもの、後者は地下の比較的浅いところで、周りの岩石の割れ目に入り込んで固まったものである。

コング・カールス・ランドでは、マグマが地表へ押し出されて黒い玄武岩熔岩として固結した。これらの熔岩は山頂部にあり、しばしばはっきり



白亜紀の黒い粗粒玄武岩が、石灰質岩の間へ入る。(ロム・フィヨルド) (DB)



第三紀熔岩がデボン紀層の上にある(ウッド・フィヨルド) (WD)



柱状節理が発達したコング・カールス・ランドの玄武岩。(WD)

した六角形の柱状の割れ目（柱状節理）がある。柱状節理は玄武岩に特に良く見られ、マグマが冷却して収縮した時の割れ目である。これらの火山岩類は、ジュラ紀から白亜紀にかけて、大西洋拡大が始まる前の時代（1.45–1.15億年前）に、マントルの上昇でスヴァールバルの地殻が膨れ上がり引き伸ばされて断裂ができた時、その割れ目に沿って噴出したものである。

アンドレー・ランドの火山岩

スピッツベルゲン北部のディクソン・フィヨルド、ウッド・フィヨルド、ウィージ・フ

ィヨルドに囲まれた広い地域には、赤褐色のデボン紀の砂岩が分布する。この特徴的な地域の幾つかの山頂には熔岩がのっけていて、その厚さは400mもあるところがある。この熔岩は2500万–1000万年前に、当時の谷や低地を埋めて広がったもので、その後土地は隆起して傾き、新しい谷ができた。そして残った玄武岩が高い峰に固い帽子のように乗り、山を侵蝕から守っている。ここには20枚もの熔岩流があり、そのうちの幾つかは柱状節理をもっている。

ボック・フィヨルドの火山

スヴァールバルの最後の火山活動は、100万年から10万年前頃の氷河期に起きたと考えられる。この火山活動はスピッツベルゲンの北部、ボック・フィヨルドで、南北方向の断層に沿って起きた。この第三紀と第四紀の火山作用は、スピッツベルゲン北西沖にあった所謂“ホット・スポット”（マグマがパイプ状に上昇してくる地域）と関係ある出来事であった。

第四紀火山の残りは、ボック・フィヨルド東のスヴェッレ山（506m）にある。円錐形のこの山の形は、後の氷河期の氷の侵蝕を受けているが、現在の火山と似ていて、熔岩、火山灰、火口パイプなどが識別できる。この熔岩には、マグマが深部から運んできたマントルの橄欖岩（かんらんがん:マントル・ノジュール）が沢山含まれている。

スヴェッレ山の近くには、水温が摂氏25度くらいの温泉が幾つかあり、ボック・フィヨルド南の“トロルの泉”では、石灰華（せっかいか）のテラスが良く発達している。ボック・フィヨルドとウッド・フィヨルドの間にあるハルヴダン・ピッゲンは、火口熔岩パイプの残り、海鳥たちの群棲所になっており、周りにはグアノを肥料にして緑の絨毯ができています。



ボック・フィヨルドにあるスヴェッレ山は、第四紀の火山。(WD)



トロルの泉の温泉、最高温度は28.3度C。(SE)



温泉から沈澱したトロルの泉の石灰華テラス。(WD)

氷河期

今日私達が見ているスヴァールバルの地形は、殆どが地球の歴史の最近の期間である第四紀（180万年）につくられた。第四紀が始まった頃、スヴァールバルとバレンツ海の間は今日より浅く、ノルウェー本土や北ロシアへと広がる陸地の一部であった。そしてスヴァールバルは第四紀を通して北極圏にあり、数回にわたって内陸氷に覆われた。最後の氷期とその後には、モレーン、河川堆積物、海岸堆積物、崖錐（がいすい）、岩海などの未凝固堆積物がつくられた。

隆起した海岸線

僅かな山頂を除くスヴァールバル全域は、第四紀の間に少なくとも一回は、巨大な氷床に覆われた。この氷床は、スヴァールバル東部のコング・カールス・ランド付近で最も厚く、氷は2-3000mの厚さであった。そしてスカンディナヴィア半島などと同様、氷の重さのために地面が大きく押し下げられ沈下していた。気候が温暖になって氷が融けると、氷の重さが取り除かれて土地は上昇した。コング・カールス・ランドでは、氷がとけた一万年前から現在までに、土地は約130m高くなっている。この上昇期には、古い海岸を示す一連の隆起海岸段丘ができた。海岸線は海水面が安定した高さを保っている間にでき、海岸浸食で海浜の

形ができる。潮間帯（ちょうかんたい）では特徴的な平坦な浜段丘（汀段；ていだん）や浜堤（ひんてい）ができる。スヴァールバルではこれらの海岸段丘堆積物に稀に二枚貝のような貝が含まれていて、それらは今日より暖かい海に棲んでいた種類である。また、花粉の研究からも、最後の氷期の後の気候は、今よ

り温和だったことがわかっている。

永久凍土

スヴァールバルでは氷が覆っていない地面は恒久的に凍っている。この永久凍土（えいきゅうとうど）の厚さは海岸近くやフィヨルドの底ではゼロであるが、高山では500mにもなる。大部分の永久凍土は夏に最上部1-1.5mが融けるだ



クローネ氷河 (OB)



隆起した古い海岸線が良く判るサッセン・フィヨルド、ギブス浜の航空写真。植生をオレンジ色に着色。

けであるが、地表面の諸現象に著しい影響を与えている。地面は凍っていて排水が悪いため、融水は夏に融けた浅い地表面の窪みに集まり、泥流や土砂崩れを起す。

氷河

スヴァールバルの陸地の約60%は氷河に覆われている。氷河は特に北東部で広く、北東島のオウスト・フォンナ（東氷帽）は群島最大の氷河である。これに対し、この群島の西にはメキシコ湾流最北の暖流の枝が北上していて、南からの温暖な気団が陸地にぶつかるので、殆ど氷のない地域もある。

スヴァールバルの殆どの氷河は、過去数百年の間後退している。これらの氷河は、氷の流れが突然普段より数百倍も早くなる、という特別な動き（サージ）をする。その時には氷河の先端が1-3年の間に数kmも前進する。これは氷河の上流部で集積した氷の流下を、下流部が支えきれなくなって崩れ出すもので、スヴァールバルの氷河では、毎年幾つかのサージが記録されている。



(DB)



スヴァールバルの氷期はまだ終わっておらず、陸地の60%は氷の下。ホルンスン奥のブレイ・ボレン湖は幾つかの氷河の末端に囲まれ、氷壁の末端から沢山の氷塊が崩れ落ちる。(WD)

地形



スピッツベルゲンの西部や北西部の海岸地域は、急峻で尖った山頂をもつアルプス型の地形であるが、この島の中央部は高原型である。アルプス型の地形は、片麻岩や花崗岩などの、固くて風化に対する抵抗力が強い基盤岩地域に発達し、水平な堆積岩層でできているイス・フィヨルドなどは、頂上が平らである。侵蝕が更に進めば、ニー・オーレンス東のトレ・クローネ（三王冠山）のようなピラミッド型になる。岩屑は緩やかな斜面をつくる。高原状の山は、氷河の侵蝕でつくられた幅広い、底が平らな谷（U字谷）によって隣の山と切り離されている。小さなV字型の横断面をもつ谷は、水流によってつくられた。

氷河に伴う地形

氷河はスヴァールバルの地形を作るのにとても大切な働きをし、迷子石は氷河が運んできた巨礫である。氷河の水が融けるとこれらの礫は、原産地から遙か遠く離れたところに置き去りにされる。氷河の底に岩片が含まれていると、土

台石の表面に擦痕（さっこん）と呼ばれる引っ掻き傷や溝ができる。氷河に取り込まれて運ばれた岩屑は堆石（たいせき;モレーン）と呼ばれ、終堆石、側堆石、中央堆石などがある。

礫、砂、泥、などの碎屑物は氷河の中や表面に集まってモレーンになる。氷河の融水が川や海へ流れ込むところでは、堆積物が三角州（さんかくす）をつくる。氷河の融水には細かい泥が水に懸濁（けんたく）して白っぽいので、“グレッシャー・ミルク”と呼ばれる。

永久凍土に伴う地形

ピングは円形や円錐形をした砂・泥の小丘で、高さ50mにもなるものがあり、中心に氷の核がある。これは圧力がかかった地下水が、凍った地面の弱いところを突き破って押し出してきたもので、スヴァールバルでは約80のピングが知られている。それらの多くはスピッツベルゲン中央部の大きな谷（アドヴェント谷、ライン谷、ヘルストレーム谷）にある。

(SE)



ニー・オーレンスから見た三王冠山。斜面がゆるいところはデボン紀砂岩、上の急斜面は石炭紀の石灰岩。(WD)



中央モレーンは、二つ、あるいはそれ以上の氷河が合流してできる。(WD)



モレーンの表面、砂利の下は氷。(SE)

構造土は地表にできた砂礫の模様で、砂や礫がほぼ連続的な列をつくったり、礫や氷が詰まった割れ目が、輪の形をつくったりしている。これらの輪は普通は不規則な円形であるが、時にははっきりした六角形になる。スヴァールバルでは、殆ど全ての氷のない地面に構造土がある。

スヴァールバルの山々は激しい霜の侵蝕を受け、しばしば広い崖錐（がいすい）と呼ばれる岩屑の斜面を作る。霜によって壊された岩片がゆるい斜面や山頂を覆っているのが岩海である。

岩屑氷河（がんせつひょうが）は永久凍土地域で良く見られるもので、崖錐の斜面の岩片が自分の重さと、岩片の間の水の凍結・融解の繰り返りで、滑り落ちてできる。



スピッツベルゲン中部のレイン谷上部にあるピンゴ。(WD)



迷子石（流石）は、元の産地から氷が遥か遠くから運んできた。

(WD)



環状の構造土。(OS)



ギプス谷の古い海岸段丘。石灰岩の崖の下に、崖錐斜面が並んでいる。(DB)



終堆石は氷河の末端にできる。

(WD)



小スケールの砂浜模様（写真の幅は25cm）に、大地形のでき方が良く表われている。(DB)

石炭



ケーブル・ゴンドラによる石炭の運搬（ロングヤー・ビーエン、アーキーヴの写真から）。

1899年、あるアザラシ漁船の船長がイス・フィヨルドから6 m³の良質の石炭を本土へ持ち帰った。それ以来、スヴァールバルに大きな石炭層があることが知られるようになり、この群島の石炭や鉱物資源への関心が高まった。1906年には、ロング



ファン・ミーエンフィヨルドの奥にあるスヴェア炭坑。(SG)

ヤー・ビーエンに沢山の坑口が掘られていた。初めの鉱山所有者はアメリカ人、ジョン・マロ・ロングヤー（John Muro Longyear）であったが、1916年にはストール・ノルスケ・スピッツベルゲン石炭会社というノルウエーの会社が採掘するようになった。

シダの森からできた石炭

デボン紀から石炭紀へ移り代る今から約3.6億年前には、後にスヴァールバルやバレンツ海になるところは、赤道の北の熱帯にあった陸地だった。石炭紀の初めになると海が次第に侵入してこの陸地は海面下になった。水が溢れてくると陸地は浅い水域になり、広い潮間帯や網状の水路に分かれた三角州になった。これらの平地には、湿地植物が生い茂った。これら石炭紀の植物は殆ど隠花植物で、石炭紀

にはとても大きく、10-30mの高さのものも稀ではなかった。これらの湿地は今日のマングローブ湿地のように周期的に水をかぶり、広い地域が海に覆れた。これらの湿地植物の残骸は、大量の砂や泥の下に埋められ、その有機物は石炭になった。

石炭紀の石炭で採算が取れるものは、ビッレ・フィヨルドの北部で見つかり、スコットランド人が採掘を試みたことがあったが、ピラミーデンのロシアの炭鉱だけが、地質構造が難しいところにもかかわらず長期間生産した。この炭鉱は第二次世界大戦後に900万トンの石炭を採掘し、1998年に放棄された。



ロングヤー・ビーエン炭坑の最新の切羽。(AT)

石炭は泥炭や植物の残存物からできた炭素に富んだ燃える岩石である。石炭には褐炭、瀝青炭（れきせいたん）、無煙炭があり、スヴァールバルの石炭は瀝青炭で、70-90%の炭素を含んでいる。自然の石炭は堆積岩中にレンズ状、ポケット状、あるいは層状に挟まれている。炭層の

厚さは数mで、経済的に稼行されるためには、石炭の価格が設備や採掘費に見合うような炭層の厚さ、広がり、立地条件などが必要である。石炭化作用はゆっくりした過程で、弱い熱と無酸素の状態で埋没・圧縮され、100万年以上上の年月がかかる。

落葉樹林からできた石炭

第三紀の初めの約6500万年前頃になると、陸地の状況は石炭紀とは全く違っていった。地球の気候は全体的には温暖だったが、スヴァールバルは北緯60度に位置し、森林は落葉樹が優勢で、現在のヨーロッパ中部のような植生であった。第三紀の初めには第三紀中央堆積盆ができていて、ここは周期的に冠水する森林、湿原、川原などの平坦な低地であった。湿原植物が腐蝕してできた有機物は、北や東の山地から川が運んできた大量の土砂の下に埋り、ロングヤー・ビーエン、スヴェア・グルーヴァ、ニー・オーレスンで採掘されている石炭の原料になった。

2007年現在、石炭はバレンツ・ブルグ（ロシア）、ロングヤー・ビーエン（ノルウエー）、およびスヴェア・グルーヴァ（ノルウエー）で採掘されている。バレンツ・ブルグでは1932年に採掘が始まり、25万トンを生産してきたが、最近では採算性が悪くなっている。ロングヤー・ビーエンとその周辺では、1906年から数ヶ所で採掘され



ロングヤー・ビーエン炭坑の荒れ果てた廃墟。(DB)

てきた。この地域での全採掘量は2200万トンで、現在（2007年）は第7坑口だけが稼行している。石炭は1-2度傾いた炭層と平行な坑道を掘って採掘されている。スヴェア北坑口は、スヴァールバル最大の鉱床、中央石炭鉱床への坑口である。ストール・ノルス

ケ石炭会社は、この鉱床の埋蔵量7250万トンのうち、この坑口で3200万トンを商業的採算で採掘できると計算している。中央鉱床の炭層は厚さが3-3.5mで、とても採掘し易い炭層である。

石油と天然ガス



ビッレ・フィヨルドのロシア試掘機。1991年の石炭探鉱中、この地点で幾らかの石油を伴ったガスの噴出があった。(WD)

石油や天然ガスは動植物の遺骸からもたらされた生物源の炭化水素である。泥岩や頁岩（けつがん）は大量の有機物を含んでおり、ノルウエーの西の大陸棚で最も重要な油母岩は、ジュラ紀の有機物を含んだ頁岩である。スヴァールバルでは二畳紀や中生代の幾つかの堆積岩が有機物に富み、潜在的な炭化水素の母岩である。この群島にはまた、沢山の貯油可能な地質構造があるが、経済的に採算がとれる石油・ガスの濃集部はまだ見つかっていない。

スヴァールバルの石油・ガス

の探査は、1960年に始まり、最初の試掘はグレン・フィヨルド（イス・フィヨルド南西）で、ノルスク・ポラー・ナビゲイション社が行い、972mの深さまで掘った。その後ノルウエーばかりでなく、ロシアや国際石油会社も試掘を行い、全部で16の試掘井が掘られた。大部分はノルデンショル・ランド（スピッツベルゲン中部）であったが、フォーランド水道、エッジ島、およびホーベン島でも掘られた。地震探査はフィヨルドや氷河に沿って行われた。最後の石油・ガス試掘井は1994年にコーレス湾のライラ岬（イス・フィヨルド南岸中部）で掘られた。試掘の結果、潜在的な油母岩は有機物の熟

成度が充分でなく、貯油岩の孔隙率は低すぎるということがわかった。

1991年、トラスト・アーケティックゴル社（ロシア）はビッレ・フィヨルドのベチュニア湾で石炭層の試掘中、深さ630mで石油にぶつかった。二つの試掘井からはガスが噴出し、少量の石油が地表へ溢れ出した。この地点の組織的な石油探査はまだ（2007年）行われていない。

地質学と環境保護

スヴァールバルでは環境保護が大きな問題である。1973年には既に国立公園、自然保護区、鳥類保護地が設定され、それらはスピッツベルゲン中央部以外では、広い地域を占めている。2002-2005年には保護区が追加され、現在はスヴァールバルの陸地の65%が何らかの保護区になっている。機械化されていない移動手段での旅行やアウトドア・ライフの規制は、大部分の地域ではゆるやかである。しかしコング・カールス・ランドは、この島々がユニークな白熊の繁殖地であるため、一般の渡航は禁止されている。鳥類保護地とモッフエン島は、一年のうちの決められた期間は入域が禁止されている。

2003年にはイス・フィヨルド南西岸に、“フェストニンゲン地質特別保護区”が設定された。ここには科学的に特に貴重な地層断面が残っていて、良く研究され広く参照されており、独特な永久凍土現象や恐竜の足跡化石もある。2002年からはスヴァールバル環境法が発効した。スヴ



ァールバル全域で、地形に影響を与えるような全ての活動はこの法律で規制されている。岩石や鉱物をお土産や科学資料として採集することは許されているが、1973年に設定された保護区とホーベン島、およびビヨルン島自然保護区では、化石の採集は禁止されている。誰でも科学的に特別価値のあるものを発見した場合は、総督事務所、あるいはノルウエー極地研究所へ報告しなくてはならない。

重要な規制

スヴァールバルでの全ての旅行は、自然や文化環境を破壊したり、汚染したり、悪化させたりしないよう、また人間や動物に不必要な刺激を与えないように、行われなくてはならない。

この群島の住人以外で、スヴァールバルを個人的に旅行する人は、管理地域10（スピッツベルゲン中部のファン・ミーエン・フィヨルドとイス・フィヨルドの間の地域）で活動をする時には、計画申請書を提出しなくてはならない。ニー・オーレスンから20 kmの範囲外の陸上旅行と、コングス・フィヨルドの外へポート旅行をする観光客などの人々も、計画申請書の提出が義務付けられている。

全ての旅行者は、目的地についての最新の法律の規定や条項に基づいて、活動が行われるよう注意しなくてはならない。これは狩猟や釣りの規則についても同様である。保護区へ入るときには、旅行者は関係のある環境規制を良く理解していなくてはならない。雪上車以外の全ての陸上機動

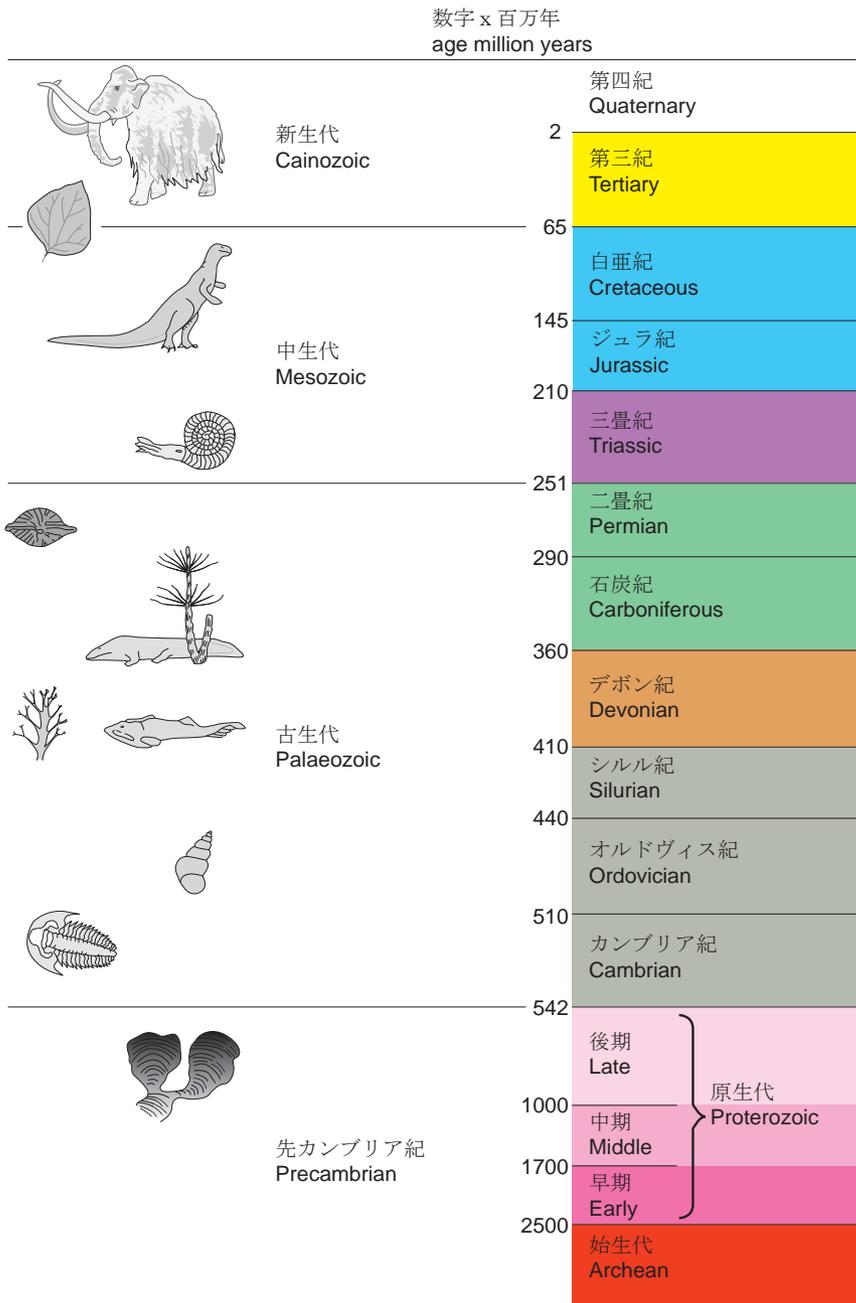
(DB)

交通は、気動車交通規制によって制限されており、使用禁止規定免除許可がないと気動車は使えない。これはまた、決められた発着地点以外へのヘリコプターの着陸にも適用される。禁止免除許可は主として科学研究に関連した活動に与えられる。スヴァールバルの居住者と訪問者では、規制が異なることに注意してもらいたい。

全ての旅行者は居住地の外へ出る時、白熊からの自衛のため、適当な武器を携行することが義務付けられている。白熊には決して近づいたり追いかけたりしてはならない。白熊は完全に保護されているので、自衛のため殺すより他に仕方がない場合に限って、撃つことが許可されている。白熊からの安全についての情報は、総督事務所、あるいはノルウエー極地研究所から得られる。

1945年、およびそれ以前の間人間の残留物は、自動的に文化遺産として保護されている。この法律は、固定されているものにも、散在するものにも適用される。1945年以後の物でも特別な布告があれば保護される。キャンプ、あるいは装備の集積所などを、保護されている固定文化遺産から100m以内につくってはならない。一週間あるいはそれ以上の恒久キャンプは、事前に総督へ通告しなくてはならない。

地史の時代区分・GEOLOGICAL TIME SCALE



100年以上にわたって、スヴァールバルは地質を研究する人々を魅了してきた。荒涼とした野生の島々と美しい山々が、訪問者たちを虜にした。スヴァールバルの多様な地質は、変化の多い地形をもたらした。南西からこれらの島々へ近いづくると、ホルンスン・フィヨルドは尖った岩稜に囲まれているが、東側へまわると高原状のヌナタックが広がる。一方、北部のウッド・フィヨルドでは、異様に赤い緩やかな斜面が特徴的である。このように変化の多い地質をもち、沢山の地質時代の岩石が露頭で見られるところは、他の北ヨーロッパ地域にはない。そして岩石が露出している地域では、岩盤を覆い隠す土壌や植生がないので、広い地域の地質現象を連続露頭で観察できる。これらがスヴァールバルを地質を勉強するのに好適な地域にしており、これらの島々が多くの人々を惹きつける美しさの要因になっている。