北欧の地質とオスロ地方の地質巡検*

—— バルト楯状地とカレドニア山地とそのつなぎ目 ——

小 林 貞 一**

Geology of North Europe and Geological Excursion of the Oslo Region
— The Baltic Shield, Caledonian Folded Mountains and their Junction —

BY

Teiichi KOBAYASHI

Recent results of the studies on the Stratigraphy and Geochronology of the Pre-Cambrian complex in the Baltic shield are summarized. The tripartation of the Pre-Cambrian rocks is suggested where the time-length of the Neo-, Meso- and Eo-Cryptozoic are about 500, 1000 and 1500 my. respectively.

The vertical and horizontal variation in facies and thickness which are seen in the Eo-Palaeozoic Group of the so-called normal facies on the shield are briefly summarized, and it is compared with that of the *Hochgebirgesfacies*. For this comparison the section of the Caledonian geosyncline through Jämtland to the Trondheim fjord is outlined.

Finally, the Geology of the Oslo region is sketched with some details of the Eocambrian and Eo-Palaeozoic Stratigraphy.

I. は し が き

1960年夏、私は北欧5カ国の主催する第21回万国地質学会議と第5回国際古生物学連盟とに出席し、会議前に旧古生界の層序を主とするオスロ地方の地質巡検に参加することが出来た。これらの見聞をもとにして、ここに北欧地質の主要問題とオスロ地方の意義についてのべる。この機会にコペンハーゲンの第21回万国地質学会議長 A. NOE-NYGAARD 教授、古生物学連盟会長 Chr. POULSEN 教授、オスロ地質巡検班の指導者 L. STØRMER 教授らをはじめ北欧地質学者その他の現地で我々に寄せられた絶大なる好意に対して深謝する。

洪積期氷河に関係のある新しい地質・地形の諸問題を除くと、スカンディナ비아ないしバルト海地方の地質にとって最も重要な問題は、第1にバルチック楯状地の先寒武紀地質、第2はこれを被覆する旧古生界の層序論、第3はカレドニア褶曲山脈の問題である。そのほかにはオスロ地方の二疊紀火成岩類、Scania の Rhaeto-Lias、デンマークの Danian などの諸問題がある。

II. バルト楯状地の先寒武紀基盤

欧洲大陸の成長の中核となつた原剛塊の広く露出しているのはバルト海をめぐる地方で、古くから A.G.

* 昭和35年12月13日 学士会館大集会室における講演訂補

地学雑誌 722号, 1961年

** 東京大学理学部地質学教室

HÖGBOM, J. J. SEDERHOLM らの立派な研究がなされている。今回も Pre-Cambrian Stratigraphy and Correlation がシンポジウムの 1 に取り上げられ、この地方の先寒武紀層序論に関しては 4 論文が寄せられた。そのうちで T. MIKKOLA の論文では北フィンランド Kemi 河東西両側の珪岩の current bedding や ripple mark によつて対比が試みられている。A. SIMONEN と N. H. MAGNUSSON はそれぞれフィンランドとスウェーデンの先寒武紀層序を取り扱かつている。A. A. POLKANOV と E. K. GERLING の論文は全バルチック楯状地の先寒武紀岩類の地化学的年代論である。

POLKANOV と GERLING はバルチック楯状地の先寒武紀岩類の年数を K-A 法で 480 個、鉛法および Rb-Sr 法で数 10 個を測定した。その結果を要約すると第 1 表の第 3 列と第 1 図の如くなる。I. Katarkean

第 1 表 Pre-Cambrian Sequence and Chronology of the Baltic Shield

Sweden	Finland	Baltic Shield	Region
MAGNUSSON	SIMONEN	POLKANOV GERLING	Author
		VIII, Caledonides, 620-500	
Eocambrian			500 my.
Jotnian			
Subjotnian		VII, Ripheides, 1125-665	Neo-Cryptozoic
Dalslandian, 900-1000			
Gothian, 1300		VI, Gothides, 1400-1260 Pre-Gothian Interval, 1640-1400	1000 my.
Karelian, 1800	Jotnian	V, Rapakivi Granite, 1730-1630	Meso-Cryptozoic
Svionian or Svecofennian	Rapakivi, 1620 Karelian, 1750 Svecofennian, 1850	IV, Kalerides Svecofennides 1870-1640	
Pre-Gothian	Pre-Karelian basement, 2600	III, Belomides, 2100-1950 II, Saamides, 2700-2300 I, Katarkean Granite, 3500-3000	2000 my. Eo-Cryptozoic

花崗岩・片麻岩中古いものは 3500-3200 my. 新しいものは 3100-3060 my. である。II. Saamides にも新旧 2 期の花崗岩・片麻岩があり、その年数は 2870-2500 my., 2490-2100 my. である。これらの古期岩類は主に Kola 半島に分布している。

III. は主に白海周辺からフィンランド東北部に見出される。Svecofennides と Karelides は楯状地東部の先寒武紀地向斜最後の地層で、これまでの考えと異なり、両者はほぼ同時代とされている。これらの地層が造山運動を受け、また Rapakivi 花崗岩類やアルカリ岩類の貫入があつて、遂にバルト楯状地の主部が山化した。

その後に層序の大間隙がある。そして楯状地中西部の広い面積をしめる Gothides が形成される。そして最後に Gothides および Pre-Gothides をいだけ Ripheides ができる。その後のカレドニアの造山輪廻には Leningrad の青色粘土 (610-620 my.) から上部志留系一下部泥盆系 (550-490 my.) にいたる地層が属している。

ついでにこの論文で震旦系に対して 680 my. を推算している。残念ながら中国のどこの震旦系の年数かは詳らかでない。これより先き田久保らは弓張峯花崗岩類に属する遼寧省海城県北溝産のフェルグソン石

から 770 my. を推算している (1943)。また私は (1944) 平南地向斜の祥原系の堆積に要した年数を、沃川地向斜の朝鮮系のそれと比較して、450-550 my. とし、それより $\frac{1}{5}$ - $\frac{1}{7}$ 程度以上も短縮されることはあるまいと結論した。寒武紀初めを 600 my. とすれば、祥原系の古さは 1000-1100 my. となる。広義の震旦系は祥原系に相当するものと考えられるが、祥原系の中下部と上部との間には或種の不整合があり、それぞれ溇沱系および狭義の震旦系に相当している。したがって上記の結果は下記の如く整頓される。

寒武系	600 my.
上部	狭義の震旦系
祥原系 (広義の震旦系)	680 my.
不整合—弓張岩	
花崗岩	770 my.
中下部 溇沱系	1000-1100 my.

第1図 バルト楯状地の古期岩類の年数 (POLKANOV と GERLING による) I ~ VIII の地域区分は第1表の I ~ VIII と大体において対応している

A. SIMONEN のフィンランド先寒武紀層序論によると、この国の北・東部をしめる先寒武紀基盤岩類の南西側をしめるカレリアンは、主に陸成珪岩からなり、この国南・西部の Svecofennian は地向斜堆積物で岩相を異にしている。従来強く変質した Svecofennian はカレリアンより遙かに古いと考えられていたが、この関係を立証する確実な層位学的事実はなく、両者は同一堆積輪廻中の同時異相関係にあるのではないかと考えている。フィンランド東部のカレリアンの標準層序は VÄYRYNEN (1933) によると次の如くである。

Kalevian 千枚岩・雲母片岩
 { 海成 Jatulian 千枚岩・白雲岩
 Jatulian { Kainuan 珪岩
 { Sariolian アルコース・礫岩

一大不整合

花崗片麻岩基盤

北方 Lapland には珪岩・雲母片岩・塩基性火山岩からなる Lapponian があり、その上に礫岩粗粒珪岩からなる Kampus 層があるが、これはカレリアン輪廻のモラッセで、ラポニアン緑色岩は initial Volcanism と考えられる。

これら変成岩類を不整合に被うている Jotnian は2の断層陥没地塊に見出される。Satakunta のものは山麓堆積物である。Muhos のものは氾濫原の堆積物である。その時代はラパキビ花崗岩と大差なく、カレリア造山後の産物である。氏によると北欧のいわゆる Jotnian のうちにはさらに若い Gothidic 造山に対する後造山堆積物があり、2時代のものが混同されているようであるが、フィンランドのものが狭義の Jotnian であるという。

MAGNUSSON のスウェーデン先寒武紀層序論によるとこの国最古の岩類は南西部の Pre-Gothian 片麻岩である。中北部の Svecofennian は最北部のカレリアンよりも恐らく僅かに古いであろう。カレリア造山後期が約 1800 my. であるから、この国中部および南東部のゴチアンはさらに若い (1300 my.)。その下の片麻岩との間にも、またその上の Dalslandian との間にも著しい不整合がある。ダルスランド後期花崗岩の年齢は 1000-900 my. と推算されている。

さらに若い岩類として sub-Jotnian 斑岩とラパキビ類似の花崗岩がある。ジョトニアンはこれら総べての岩石を被い、また sub-Jotnian 準平原を被うている。南部の Almesåkra 統はジョトニアンに属するであろう。ジョトニアンには輝緑岩の熔岩・岩床・岩脈をともなっている。POLKANOV によると Almesåkra 統は 964 my., 楯状地上にある Eo-Cambrian 上部の Visingsö 統は 985 my. で、Dalslandian と同時代となっているが、この年数は層序関係と矛盾して認め難い。

私はかつて先寒武紀には始生代、原生代というような生代区分は用いられない隠生の時代で、これは年数で前・中・後期に分けるのがよい。またその時間的長さも代の単位に当はまらないので、そのために eon 訳して累代を活用することを説いた。今北欧の 3 研究を総合して 3 累代に分けるとすれば、おおよそ第 1 表の第 4 列の如くなるであろう。すなわち隠生前中後期の年数はそれぞれ 500 my., 1000 my., 1500 my. となり、古いもの程長くなる。

第 2 図 Kinnekull 山と Billingen-Falbygden 地方の地質図 (MUNTHE による, THORSLUND より)

III. 北欧の旧古生界と Eocambrian

1956 年メキシコの第 20 回万国地質学会議ですでに寒武系の層序と古地理およびその基底問題に対して特別の大シンポジウムが取り上げられ、G. HENNINGSMOEN, A. SIMONEN, A. A. ÖPIK がそれぞれノールウェー、フィンランド、エストニアの寒武系に対して論文を寄稿した。それに続いて 1957 年パリで先寒武紀と寒武紀の関係ならびにその中間層の問題に関する討論会が催された。今回の会議ではさらに Late Pre-Cambrian and Cambrian Stratigraphy および Ordovician and Silurian Stratigraphy and Correlations の 2 シンポジウムがあり、各々約 15 論文が寄せられた。しかし北欧を主題としたものは前者ではすでに公表済とみえて今回はなく、後者では A. ROOMUSOKS がエストニアの奥陶系を、S. WAERN がスウェーデン Dalarna の志留系、中部 Llandovery を M. LINDSTRÖM が、スウェーデンの中・下部奥陶紀 Conodont を、そして W. T. DEAN が英国とスカンディナビアの奥陶紀 Caradocian の対比を論じた。その記事は甚だ詳細に

わたつていて北欧の旧古生界に対する総合的な論文はなかつた。

ウェールズ山地やボヘミアと共に古い研究史を有する北欧は、旧古生界にとつては古典地であつて、その大綱はすでに決定された観がある。私は会議後に C. 18 旅行班に加わつて Västergötland, Närke, Dalarna, Jämtland などスウェーデン南西部の旧古生界を見学する予定であつたが、残念ながら健康を害して参加し得なかつた。しかし幸いにも 1952 年にこの国南部 Scania と后島系の故地 Gotland を訪ずれたことがあるので、その時の見聞を追想しながら楯状地上の旧古生界の概要を略記する。

北欧の旧古生界には楯状地上に残存する正常相とカレドニア山地に発達する高山相がある。後者は後に述べる様に厚い地向斜堆積物で、火山性物質に富み、強く擾乱されまた変質もして、化石は稀で今なお層序の判明しているところは少ない。これに反して前者はカレドニア地向斜の東縁から楯状地上に氾濫した陸棚海の堆積物で、その基底は平坦でしばしば Sub-Cambrian peneplane と呼ばれている。その上を被うている旧古生界は地向斜相と異なり薄層で、且つ化石に富んでいて、火山性物質はほとんど全く欠けている。

この旧古生界もカレドニア山地に近づくと褶曲し、あるいは衝上体を形成している。しかし楯状地上では僅かに波曲・傾動し、あるいは断層運動で陥没したりなどして先寒武紀地域中に散点して残っているに過ぎない。

寒武系の厚さは 100 米前後で、その層相は非常に単調で横の変化が少なく、その下部は主に砂岩からなり、中上部は明礬頁岩からなっている。西部ではその下に非整合にスバラグマイト統がある。また東方エストニアではその下に青色粘土があり、レニングラードの方に厚くなっている。しかし楯状地上では一般に下部寒武系が直接古い基盤を被っている。エストニアでは中上部寒武系を欠き、下部寒武系が直接下部奥陶系に被われている。

奥陶紀になると三葉虫相と筆石頁岩相が対立する。前者はエストニアに標式的に見られる沿海相で、石灰岩が発達し、三葉虫・頭足類などの化石に富んでいる。後者はスウェーデン南部 Schonen に典型的に見られる。その厚さは約 170 米である。前者の厚さはエストニアで約 85 米である。オスロー地方では両相が交互に現われ中間型を呈している。

床板珊瑚・層孔虫・石灰藻などからなる造礁生物はすでに奥陶紀から出現してその中頃には礁を形成し始めるが、しかし礁相の発展は后島系あるいは狭義の志留系が奥陶系と異なる一特色である。志留系の他の著しい特色はカレドニア造山運動と関係のある Downtonian 雑色砂岩相の発達である。后島系の由来した Gotland では化石に富んだ本系が南東に緩斜している。そしてそのうちには礁状石灰岩が殊によく発達している。しかし東北方の石灰岩に富んだ沿海相と南方の遠海性の筆石頁岩相および西方の両者の中間相の分布状態は奥陶・后島両紀間で大差ない。残念ながら Gotland では本系の下部は露出していない。この島は平均海拔約 25 米の平頂な島であるが、石切場によい露出がある。また海岸の崖・いわゆる Klint でセクションが取れる。后島系の厚さはエストニアで約 200 米あり、Shonen で 700 米余りであるが、しかし Schonen ではその最上部の 100 米余りは Öved-Ramsåsa という雑色岩相である。オスロー地方では雑色砂岩相はさらに厚く、Ringerike 砂岩の厚さは 900 米に達している。

IV. カレドニア地向斜の横断面

カレドニア造山輪廻の研究上最も重要なのは英国とスカンジナビアである。勿論コペンハーゲンではカレドニア造山のシンポジウムがあつた。そしてノールウェー北部 Glomfjord 地方に関係ある 3 論文と中部 Jotun-Norite ナップに関する 1 論文が発表された。

英国では旧赤色砂岩統がよく発達している。これに反してスカンジナビアでは数地に僅かに同統が残存しているに過ぎない。しかしそれだけに褶曲山脈が広くさらけ出している。殊に Jämtland から Trondheim

第3図 Gotland の地質図 (HEDE による)

第4図 スカンディナヴィアのカレドニア山地

B: Bergen Hd: Hadeland Ht: Hitra 島 M: Mjösen
 Sj: Sogn-Jotunheim 向斜 Sm: Smöla 島 T: Trondheim

フィヨルドを連ねるところでは奥陶紀のカレドニア地向斜の横断面を見ることができるので、これを解説する。

スウェーデン中西部は1880年 E. TÖRNEBOHM が結晶片岩の大衝上体すなわち Seve ナップを見出し A. G. HÖGBOM の Jämtland の地質図(1894), ASKLUND, THORSLUND (1933-'40) の衝上群の解析等によつてカレドニア山地前面の地質がいやが上にも明らかにされた。その地質は東から原地堆積層群, Föllinge その他の東のナップ群, Olden, Seve などの西部のナップ群 (Vemdäl 珪岩ナップや Ström 珪岩ナップを含む) に大別される。(第5図参照)

ASKLUND によると初期のスパラグマイト盆地からやがて Vargian 珪岩統の示す広い氾濫があつた。

その基底は下位の氷漂石層で示されている。またその上限は非整合で限られている。原地相から東西のナップ相への層相の変化はこれを表解すれば大略第2表の如くである。旧古生界の厚さは源地層群では200-300米であるのに反して、西部ナップでは1000米以上に達している。Föllinge-Olden ナップには硬砂岩がよく発達している。Olden ナップの層序は Offerdal, 巨礫岩に終っているが、この礫岩の厚さは約200米で、径2米に達する斑岩や花崗岩の礫を含んでいる。また Vargian 珪岩も見出され、奥陶紀末のはげしい削剝を示している。

スカンジナビアのカレドニア山地で、東から西まで古生界の層相変化の追究されているのは奥陶系のみである。その東部の層序は先に示したように、楯状地西縁の薄い沿海性の正常相から厚い地向斜相への移り変りを示している。しかしここではほとんど全く火山性物質を欠いている。地向斜中軸部の層序は Th. VOGT (1945) らが解明したところによると第3表の如くで、激しい地向斜内火成活動と胚芽褶曲運動が繰返されていた。Røros 属群は主に雲母片岩・千枚岩からなり、*Dictyonema flabelliforme* を産するからトレマドックないし寒武紀である。その上に続く Storen 層群は主に玄武岩からなり、その厚さは2500米を算する。その後 Trondheim 変動があつた。Storen-Røros 両層が変質しているのに反して、Hovin, Horg 両層は変質していない。

下部ホビン層基底の Venna 礫岩はその下盤に由来する角礫や巨礫を含んでいるので、胚芽褶曲に伴う浸蝕作用で中軸部は起伏に富んだ地形を呈していたことが判る。下部ホビン層の下部には数百米の Hølanda 安山岩質粉岩が挟まれているが、本層群の主部は200-1700米の流紋岩質凝灰岩からなっている。そして上頂部に *Dicranograptus* 頁岩があり、Caradoc-Ashgill 間の Ekne 変動によつて層序が中断された。

第5図 Jämtland 地方の地質構造図 (ASKLUND による)

The autochthonous borderland

- Cambro-Silurian
- Vargian quartzites
- Vargian tillites
- Red Sparagmite
- Gray sparagmite (incl the Heda limestone)
- Granites and porphyries of the pre-Cambrian anticline

The nappes

- Vargian quartzites (V)
- Sparagmite
- Thrust boundaries of the "Cambro-Silurian nappes"
- " " " " Quartzite nappes and sub-nappes of the Seve nappe
- " " " " "Great Seve nappe"

第2表 Stratigraphy of the Caledonian Front in West-Central Sweden

System	Series	Seve, Olden and other Western Nappes	Föllinge and other Jämtlandian Nappes		Autochthonous Beds
Silurian	Wenlock		Greyw. sh. & bentonite		
	Llandovery		Pentamerus limestone		
		Offerdals conglomerate	Phacops quartzite		
Ordovician	Dalmanitina	Quartzite (dolomite)	Quartzite & shale		
	Tretaspis	Red & black shales	Shale (ss. qu. ls.)		Tretaspis sh. & ls.
	Chasmops	Greywacke & shale	Ogygiocaris shales	Shales & limestones	
				Congl. & breccia	
	Orthoceras	Shale & limestone	Up. Didymogr. shale		Limestones
		Phosphoric congl.	Orthoceras limestone		Low. Didymogr. shale
Ceratopyge		Ceratopyge shale			
Cambrian	Olenids		Alum shale with basal conglomerate		
	Paradoxides				
	Holmia		Holmia shale and calcareous sandstone		
			Phosphoric conglomerate		
Eocambrian s. l.	Varegian	Quartzite with slates and shales (Vemdal & Störm qu.)			Quartzite, shale & 2 tillite beds
	Sparagmitian s.s.				Red Sparagmite
					Gray Sparagmite
Basement Rocks		Post-Archaean granite and porphyry			
					Archean gr. & gn.

上部ホビン層の基底にある Volla 礫岩は中・小礫からなり、近傍からもたらされた石英斑岩・含化石石灰岩と遠方から運搬されてきた珪岩・花崗岩の円礫を含み、この粗粒花崗岩は先寒武紀の基盤類に属している。エクネ時階の不整合は西の方で大きくなり、下部ホビン層を大きく欠いている。この点から見て西部の隆起に伴う傾動やゆるやかな波曲によつて浸蝕が回春したのである。上部ホビン層上部の流紋岩の厚さは 50-500 米である。

Llandovery 初期には Horg の変動があつた。ホルグ層基底の Lyngestein 礫岩は主に遠方から来た珪岩円礫からなり、その他に附近から供給された石英斑岩・流紋岩・含化石石灰岩も若干含まれている。石灰岩には角礫もある。Horg 統には 0.3 米位の薄い流紋岩が認められるに過ぎない。

トロンジウムフィヨルドの西に開口するところに Smöla 島がある。ここには (1) スモラ石灰岩、(2) 安山岩・玄武岩の熔岩および凝灰岩、(3) 砂岩と石英斑岩や珪岩の巨礫を含む礫岩がある。このスモラ石灰岩は北米北極区のフォーナを含む点で異彩を放っている。そしてその時代はかつて奥陶紀前期とさ

第3表 Stratigraphic Sequence of Høllonda-Horg Area of the Trondheim Region

Silurian Horg Group	Sandå <i>Rastrites</i> shale and sandstone Lyngestein Quartzite Conglomerate
Horg Phase	
Ashigillian Upper Hovin Group	Grimsås Rhyolite Hovin Sandstone Volla Polygenous Conglomerate
Ekne Phase	
Caradocian-Llandeilian Lower Hovin Group	Tømme <i>Cryptolithus Dicranograptus</i> Shale Esphaug, Hareklett Rhyolite Tuff Starttjern Limestone Krokstad Sandstone and Shale Høllonda Andesite Langeland Fossiliferous Shale Venna Conglomerate
Trondheim Phase	
Arenigian Støren Group	Greenstones
Tremadocian and older Røros Group	Mica-schists

れていたが、最近ではむしろ奥陶紀中期と考えられている。

この島の北に接して Hitra 島があるが、この島の頁岩質砂岩中に Downtonian の *Dictynocaris* が発見されている。この附近にはカレドニア山地を著しい不整合をもつて被うている後造山堆積物が点在していて、その厚さは 25,000 米に達するとさえいわれているが、そのうちには中下部旧赤色砂岩統の植物化石も発見されている。

V. オスロー地方の地質巡検

かつて欧米留学の帰途 1934 年の夏に私は Newcastle から北海を渡つて Bergen に上陸し、Oslo, Stockholm, Uppsala, Copenhagen を訪ずれた事がある。この時にはオスロー地方では STØRMER 博士の案内で Voekærø, Slemmestad の下部奥陶系やオスローフィヨルド内の奥陶・志留系を見学したが、Voekærø は若きストルマーが *Ceratopyge* フォーナに関する処女作を書いたところである。1952 年の夏に再び訪ずれた時には、HEINTZ 教授の案内で Ringerike 地方を歩いた。ここでは海成旧古生界から非海成 Downtonian へ急激に推移する層相変化と造山性の整合関係を特に興味深く感じた。しかし以前の見学はいずれも断片的であつた。今回は 8 月 4 日から同月 13 日まで 10 日間を費やして Eocambrian から二疊系までの全層序に亘つて最も効果的に案内されたので、オスロー地方の地質の概要を把握することができた。

この地方は 600 米以内の丘陵地で、二疊紀の火成岩が突兀としてその高所をなしている。また先寒武紀基盤岩類もややけわしい。そしてその上のいわゆる先寒武紀準平原がゆるやかに傾動した地形面を呈している。旧古生界は概して低地をなし、肥沃でよく耕やされ、また人口も稠密である。これに反して二疊紀火成岩や先寒武紀岩類の地域は森林に被われている。

旧古生界のカレドニア褶曲はその岩層相互間の差別浸蝕によつて浮ぼりにきざまれている。石灰岩や砂質石灰岩が特に山稜を作り、その間に頁岩が溝状のくぼみをなして走っている。また石灰岩列はオスローフィヨルドの島列としても表現されている。この褶曲を切つて南北性の谷や断崖があるが、これは多くの場合二疊紀の断層線に沿っている。

洪積紀の氷河作用もまた現地形の形成に重要な役割を演じている。すなわち岩盤の出ているところでは氷河の浸蝕地形が見られる。また河成氷河成の堆積物のうずめいているところもある。Terminal moraine のなす山稜は谷を横切り、そこに湖をたたえている。

氷期後に隆起したところは Bottom moraine の薄層が広い面積を被うている。その高さはオスローで海拔 220 米にある。そして現在もおこの地方は百年に平均約 40 ㎝の割合で隆起している。

オスロー地方の旧古生界には古い研究史がある。1781 年 M. T. BRUNNRICH は *Ogygiocaris dilatata* を記載し、ESMARK, SARS, BOECK, DALMAN, ANGELIN などが相ついで化石を研究した。また Leopold VON BUCH は 1810 年にこの地方を Das Christiania Übergangsterritorium と呼び、R. I. MURCHISON (1844) はそのウエールズの層序と類似しているのに驚ろいた。

ノールウェー地質調査所の創立者 Th. KJERULF はこの旧古生界を 9 Etagen に分けた (1857)。続いてオスローの地質学博物館を建設した W. C. BRÖGGER は中部寒武系を研究し (1878)、続いて有名な Die Silurischen Etagen 2 und 3, 1882 を著した。その後継者 J. KIAER は Das Obersilur im Kristianiagebiete, 1908 の大著や Tømtens の下部寒武系などの貴重な貢献をした。その他にもこの世紀に至って多数の研究がなされ、最近では L. Størmer らによつて中部奥陶系の精細な研究が行なわれつつある。

この地方では含化石下部寒武系の下に Sparagmite がよく発達している。これは ESMARK (1829) がギリシャ語の Sparagm すなわち fragment にちなんで名づけた岩石であつて、細粒ないしやや粗粒のアルコースないし硬砂岩である。この岩石の発達する寒武系下の地層をスパラグマイト層群というが、両者間には著るしい層序の間隙が認められないので、BRÖGGER はこの層序単位を Eocambrian と呼んだ。この地層は Mjøsa 湖の北辺に典型的に展開していて、Th. VOGT (1923), O. HOLTEDAH, S. SKJESETH (1954) その他の多数の研究がある。その層序は上位から次の如くである。

Ringsaker 珪岩 } 石英砂岩層 200 米
Vardal スパラグマイト }
Ekre 赤・緑色頁岩 50 米

第 6 図 オスロー地方の旧古生界 (HENNINGSMOEN, SPJELDNAES より)

第7図 Eocambrian と旧古生界 (ASKLUND による, HOLTEDHAL より)

- Moelv 礫岩 (氷漂石) } 350 米
 Moelv スパラグマイト }
 Biri 石灰岩 100 米
 Biri 礫岩 150 米
 Brøttum スパラグマイト 600 米

その全厚は1,500米以上で、基底は露出していない。この堆積凹地は波曲降下して生じたのではなく、断層による陥没地であつた。その物質は花崗質岩の風化物で、長石が多量に含まれている点から乾燥気候下に近いところから運搬されて来たと考えられる。またその厚いこと、殊に団塊状の Moelv スパラグマイトは急激な累積を指示している。Biri 礫岩の円礫は河成と考えられ、また同時に後背地の隆起をおもわせる。

第8図 オスロ港側 Akershus 城側で基底礫岩 (2) アルコース (3) と明礬頁岩 (4) からなる中部寒武系が先寒武紀片麻岩類を直接不整合におおいその間へ二疊紀岩床 (5) が挟まれている

る。不純な Biri 石灰岩は主に静水下の沈澱物であろう。Moelv 礫岩もまた浸蝕の回春を示しているが、そのうちに含まれているスパラグマイト統の石灰岩礫がこれを裏書きしている。この礫岩はノールウエー北部の Finmark に発達するものと類似の漂礫を伴っている。最上部の Ringsaker

珪岩は細粒で低夷な地形上を長い距離に亘って流されてきたものと考えられている。この珪岩中には時に *Scolithus* が発見される。その上に下部寒武系の珪質頁岩が重っている。ミヨサ湖畔に両者の接触面が露出しているが、その成層面は平行で、極く薄い基底礫岩があり、僅かに波状の浸蝕面を被うていて平行状不整合以上のものではない。

Ringerike 砂岩を除くとオスロー地方の旧古生界は全部海成で、火山噴出物は僅かに中部奥陶系と Llandovery 上部に bentonite の薄層を挟んでいるに過ぎない。

第4表 Stratigraphic Sequence of Oslo Region

Permian Rocks					
(Old Red Sandstone)		(Etage)			
Gotlandian Silurian 40 my.	900 m	Downtonian	10	Ringerike Series	Erian
	500-650 m	Lower Ludlow	9	Upper Spirifer	Ardenian
		Wenlock	8	Lower Spirifer	
		Llandovery	7	Pentamerus	
			6	Stricklandia	
Ordovician 350-450 m 60 my.		Ashgillian	5	Tretaspis	Horg
		Caradocian	4	Chasmops	Ekne
		Llandeilian		Ogygiocaris	
		Arenigian	3	Asaphus	Trondheim
		Tremadocian		Ceratopyge	
Cambrian 130 m 100 my.		Olenidian	2	Olenid	Alaunschiefer
		Paradoxidian	1	Paradoxides	
		Olenellian		Holmia	
Eocambrian			Sparagmitian		
Period		Britain	Oslo Region		Phase

寒武系は3統からなっているが、下部の *Holmia* 統 (50 米) は主に頁岩からなり、スパラグマイト統と同様最北部に限られている。私の訪ずれた Tømten の有名な化石産地は小さな採石場で、そこには *Holmia* 頁岩や *Strenuella* 石灰岩があった。中部寒武系は下部寒武系上のみならず海侵的に広く先寒武紀基盤岩類を被うている。オスロー市の Akershus 城壁でその関係がよく観察される (第8図)。

この海侵層の基底には薄い礫岩若しくは砂岩があるが、これを除くと中・上部寒武系は一連の所謂 Alaunschiefer で、1737-1818 年の昔に明礬を採つたので、その名がある。これは停水で堆積した暗黒色頁岩で、その厚さは約 65 米、その上部の 3 分の 2 を占める *Olenus* 統には有臭石灰岩の団塊を伴っている。これは暗灰色瀝青質石灰岩で、ハンマーで打つと H_2S の臭気を発する。

明礬頁岩層は岩相的には甚だ単調である。それにも拘らず、そのうちに含まれている豊富な化石は変化に富んでいて、中部寒武系には *Paradoxides* の種によつて特色づけられた 3 化石帯があり、また上部寒

武系には主に *Olenus* 類の諸属を指時者とする6化石帯が識別されている。これらの化石が同じような頁岩層の中で順を追って出てくるのは、まことに著しい事実である。

この頁岩相は Tremadocian 基底の *Dictyonema* 頁岩に達している。従つてこの筆石帯は層序区分では 2e となつてゐる。奥陶系は主に石灰岩と頁岩の互層からなつてゐるが、時に頁岩層や塊状石灰岩層が、また稀には黒色頁岩層も認められる。しかし明礬頁岩層と異なり奥陶系は割合に浅い動揺性の海水下の堆積物で、礁は中部奥陶紀のミヨサ石灰岩から出現する。本系は三葉虫を特徴とする5統に分けられるが、中・上部奥陶系のところで英国の層序区分とはやや異なつてゐる。

Oslo-Asker の古典地で奥陶系の厚さは約 350-450 米である。ここには有名な *Ceratopyge*-Kalk がよく発達している。小さな層序の間隙は局部的にあるが、特に著しいのは南西部では最下部 (2e-3b), また北西部では最上部 (4e-6b) の欠けていることである。しかしこの様な場合でも上下の地層は全く平行している。砂岩は少ないが、西方で比較的に多くなり、西方の Telemark land がその供給源地と考えられる。東部では逆に頁岩が多くなり、海がやや深くなつたことを示している。オスローフィヨルドにはこれらの地層がよく露出しているが、カレドニア造山運動で擾乱され、地質構造はかなり複雑である。Ormöya という小島には奥陶系上頂部の石灰岩礫岩があるが、その岩相は休場式礫岩によく似ている。北方のミヨサ地方では前述のように海退陸化した。また非整合ないし小角度の不整合も認められている。トロンジヨム地方のホルグ変動ないしエクネ変動の影響であろう。

志留系も5統に分けられるが、最上部の Ringerike 統を除くと皆海成である。その岩相は奥陶系に似ているが、団塊状石灰岩や砂質物が増し、小型の礁が何度も出現する。また本系では筆石頁岩は減ずるが北部では例外的に Llandoveryan 上部に発達している。岩相は全体として東西で相異している。破屑物質は西方のテレマーク地方から供給された。化石では腕足介・珊瑚・蘚虫などが特に発展し、腕足貝が重要な指準化石となつてゐる。厚殻の *Pentamerus borealis* は時にコキナをなしている。また層孔虫や床板珊瑚の生長するありさまの良く見えるところも少なくない。

オスロー地方の旧古生代動物群はバルチック区と英国区と両方の要素を含んでいて、両者の対比上重要な位置を占めている。

海成志留系から非海成リングリケ統へは僅か厚さ 2-3 米の間で全く整合で急に岩相が移り変つてゐる。そのありさまは Tyrifjord の湖畔で見られるように急に海成の頁岩石灰岩から赤褐色ないし灰色の砂岩に移り変つてゐる。この砂岩の成層面には乾裂や漣痕・匍痕などがしばしば見られる。また本統は多くの頁岩層を挟んでいる。そして広翼類・甲冑魚・Phyllocarids などを蔵している。フィヨルドの街道に沿うてたまたま漣痕の上を広翼類の匍痕が走つてゐるのが見受けられた。

海成旧古生界から非海成のリングリケ統への変化はカレドニア地向斜あるいはその内側すなわち西側の主要造山運動の影響で、そのために隆起した褶曲山脈周辺に生じた潟湖ないし三角洲の堆積物が本統である。

第4表を見ると明らかなように寒武・奥陶・志留の3紀は古いもの程長い期間を占めている。これに反して地層の厚さは後の系程厚く、堆積速度は加速度的に増加した。特に志留系上頂部のリングリケ統が甚はだ厚く、遂にこの地方は造山運動に突入した。

カレドニア造山廻転はオスロー地方ではリングリケ統後に激動時階に達した。そのためにリングリケ統を含む旧古生界全体がかなり強く褶曲している。その変形様式は岩層の可塑性や厚さなどによつて違つてゐる。明礬頁岩は小褶曲をなし、多数の鏡肌を生じてゐる。10 米以内の直角石石灰岩層はしばしば振幅の小さい小褶曲を生じ、また衝上に転化している。また直角石石灰岩や石灰質砂岩の強い褶曲に伴つて角礫岩が生じてゐる。しかしリングリケ砂岩のような強靱層はゆるやかに波曲しているに過ぎない。

褶曲軸は東北東—西南西に走り、オスロー—南西の島々や海峡にも良く表現されている。先寒武紀の基盤

はこの運動に参加していない。この運動はジュラ山脈の構造に似た *Plissement de Couverture* である。この褶曲の時期はここではリングリケ砂岩以後～先二疊紀準平原前といい得るのみであるが、ノールウェー中部の中部旧赤色砂岩統がカレドニア褶曲山脈の山間盆地を埋めている点から見て、この造山時階は泥盆紀前期と考えられる。

この褶曲帯の平坦化された面の上に下部二疊系が重なっている。その層序や厚さは地域的に変化しているが、最もよく発達しているのは Asker である。ここには基底に 10 米余の赤色頁岩があり、その上に石英礫岩が来る。そしてこの礫岩はところどころで砂岩層を挟んでいる。その礫は主として珪岩あるいはペグマタイト石英である、林檎大以下のよく円琢されている。これらの円礫はオスロー地方の外から河川で運搬されてきたものである。一部ではその上に暗緑色頁岩があり、植物や魚・淡水貝などの化石を産する。

熔岩層はこの頁岩あるいは基底礫岩を被うている。この熔岩層中には熔岩礫岩もあれば薄い砂岩の挟みもある。この火山活動は厚さ 10-30 米の玄武岩流に始まる。そして小浸蝕期を挟んで処々に玄武岩質碎屑岩や石英砂が溜った。

そこで突然モンゾニ岩質の熔岩が噴出した。この Trachyandesite (latite) の熔岩流は 10 余を数えるが、その斑晶が菱型をしているので、通称 rhombporphyre と呼ばれている。その間や、またその噴出後に第 2・第 3 の玄武岩流があり、最後に中間性の化学成分をした熔岩が流出した。これらの岩流の薄いものは 10 米、厚いものは 200 米に達している。これらは割れ目から噴出したもので、各熔岩流の中では成分は著しく一様で、それぞれが一回の噴出の産物であると考えられている。

深成岩類中で古いものは Oslo-essexite で、これは第三玄武岩の feedling channel (養脈) をなした岩頭に貫入している。第二の深成岩は粗粒のモンゾニ岩類で、第三のものにはモンゾニ岩から石英 syenites ままで含まれている。そして最後に Drammen 花崗岩が貫入した。その他に種々の脈岩類があるが、一般に岩床は古く、裂罅脈岩の方が新しい。

オスロー地方は断層によつて地塊化しているが、断層帯はしばしば新旧 2 帯からなっている。すなわち内帯は圧砕岩からなり、恐らく先寒武紀の地塊化によつて生じたと考えられる外帯は新しい断層運動で生じた角礫岩で示されている。そして両者は共に石英脈に貫ぬかれている。この種の断層は直線的で、主に南北性である (第 9 図)。

その外に彎曲した断層があり、これは深成活動と関係がある。Ca-uldron subsidence はその典型であつて Baerum Cauldron は nordma-

rkte porphyry の ring dyke で縁取られている。この岩脈の幅は 30-100 米で、その落ちは 600-700 米以上に達する。この陥没はこの岩脈とほぼ同時代である。岩脈はまた直線的な断層をも切つていて、地塊運動もほぼこれと同時に起つたと考えられる。

第 9 図 先寒武紀基盤岩類からなる Nesodden 半島西側の断層帯。この断層海岸の先きに、落ちこんだ奥陶系島々があるが断層の近くで走向が急に曲つて断層線に近い方向を取る (H. CLOOS による)

VI. む す び

最初に私が北欧を訪ずれた時には、寒奥両紀の化石コレクションを研究するのが主な目的であつた。二

度目にはアルゼリアの第19回万国地質学会議に出席する序でにゴトランドやスカニアなど2・3の地を見学した。両回共オスローに行き、その附近の地質に接したのであるが、今回もまた重ねてオスロー地方の巡検に参加した。最後に何故私がこの旅行班を選択したかを述べて擱筆する。

北欧の生層位学といえば主に旧古生界の層位学である。そしてそこにはウエールスに劣らぬ重要さがあるのであるが、北欧で寒武系のもつとも良く揃っているのはオスロー地方である。また奥陶・志留紀の筆石相と三葉虫・腕足貝相とが交互しているのも、はたまた Downtonian 相の最もよく発達しているのもこの地方である。北欧と英国との旧古生界の対比論上でもオスロー地方は特に重要な位置を占めている。

さらに高所に立つて北欧地質の二大課題といえいうまでもなく、バルト楕状地とカレドニア褶曲山脈の問題である。スカンディナヴィアでカレドニア地向斜最初の堆積物は Sparagmitian であるが、その最も良く研究されたスパラグマイト地方がオスロー地方の北に控えている。それよりも一段古くバルト楕状地の先寒武紀最後の被覆層は Jotnian である。これは楕状地上では平らに重なっている。本統がカレドニア山地に近接していて、これとほぼ直交する主軸をもつて短軸向斜を形成しているのはオスロー地方北東方の Femund 湖近傍のみである。この地層はスウェーデン側では Dala 砂岩と呼び、漣痕や偽層・乾裂の多い雑色珪岩質砂岩で、下部に礫岩や角礫岩がある。グラ砂岩は一般に平らであるのに反して、ノールウェー側では本層を Trysil 砂岩と呼び、東に傾き西程強く変形している。このように楕状地の完成から地向斜の出現への地史的記録の良く揃っていることは構造地質学者に取つて非常な魅力である。いわばオスロー地方はバルト楕状地とカレドニア山地とのつなぎ目である。

それのみでなくオスロー地方は北欧で最も研究の進んでいるところの一つである。一体地質学という言葉が印刷物に最初に現われたのは M. P. ESCHOLT の *Geologia Norvegica*, 1657 で、オスロー南西の Kongsberg 鉱山には世界最古の Berg Academies が 1757 年に開設され、1811 年に閉鎖されたが、この年オスローに大学が出来、先きに述べたような立派な研究がなされて来た。そしてその成果が本国際会議の機会に O. HOLTEDAHL 教授指導のもとに多数の学者の協力によつて *Geology of Norway* として出版されたことはまことに喜ばしいことである。

このような長い地質探究史を持つているオスロー地方を巡検して、私は多くの新知識を得、心から感謝しているが、この地方でも特に志留紀の古生物学的研究は大部分今後に俟たれている。研究する以上は徹底的に研究するというのがこの国の学風で、その一つ一つが高い金字塔として学界にそびえている。これこそ個々の新知識以上に我々の学すべき一事として私は深く感銘した。

参考文献

- 1) ASKLUND, B. (1960), Studies in the Thrust Region of the Southern Part of the Swedish Mountain Chain. Guide to the Excursion Nos. A 24 and C 19. *Intern. Geol. Congr. XXI Session, Norden, 1960*.
- 2) BAILEY, E. B. and HOLTEDAHL, O. (1938), Northwestern Europe Caledonides, *Regionale Geologie der Erde, Bd. 2. Absch. II*.
- 3) CARSTENS, H. (1960), Stratigraphy and Volcanism of the Trondheimsfjord Area Norway. Guide to Excursion No. A 4 and No. C 1. *Intern. Geol. Congr. XXI Session, Norden 1960*.
- 4) HENNINGSMOEN, G. and SPJELDNAES (1960), Palaeozoic Stratigraphy and Paleontology of the Oslo Region, Eocambrian Stratigraphy of the Sparagmite Region, Southern Norway. *Intern. Geol. Congr. XXI Session, Norden, 1960*, Guide Book to Excursion Nos. A 14 and C 11.
- 5) HOLTEDAHL, O. and DONS, J. A. (1957), Geological Guide to Oslo and District. *Norsk Vidensk.-Akad. i Oslo, I. Math.-Naturv. Kl. No. 3*.
- 6) HOLTEDAHL, O. et al. (1960), Geology of Norway. *Norges Geologiske Unders. Nr. 208*.
- 7) KOBAYASHI, T. (1944), The Length of

- the Sinian Time estimated by the Stratigraphical Method. Concept of Time in Geology. Pt. 2, *Proc. Imp. Acad.* Vol. 2, No. 7.
- 8) MAGNUSSON, N. H. (1960), The Stratigraphy of the Pre-Cambrian of Sweden outside the Caledonian Mountains. *Intern. Geol. Congr. Rep. XXI Session, Norden, 1960, Pt. IX.*
 - 9) MAGNUSSON, N. H. et al. (1960), Description to Accompany the Map of the Pre-Quaternary Rocks of Sweden. *Sever. Geol. Unders. Ser. Ba, No. 16.*
 - 10) POLKANOV, A. A. and GERLING, E. K. (1960), The Pre-Cambrian Geochronology of the Baltic Shield. *Intern. Geol. Congr. Rep. XXI Session, Norden, 1960, Pt. IX.*
 - 11) REGNÉLL, G. and HEDE, J. E. (1960), The Lower Palaeozoic of Scania, The Silurian of Gotland. Guide to Excursion Nos. A 22 and C 17. *Intern. Geol. Congr. XXI Session, Norden. 1960.*
 - 12) SIMONEN, A. (1960), Pre-Cambrian Stratigraphy of Finland. *Intern. Geol. Congr. Rep. XXI Session, Norden, 1960, Pt. IX.*
 - 13) 田久保実太郎・湊種雄 (1943), 含稀元素鉱物の研究 (其ノ七), 京大, 地質鉱物, 学術報告 2.
 - 14) THORSLUND, P. and JAANUSSON, V. (1960), The Cambrian, Ordovician and Silurian in Västergötland, Närke, Dalarna, and Jämtland, Central Sweden. Guide to Excursions Nos. A 23 and C 18, *Intern. Geol. Congr., XXI Session, Norden 1960.*
 - 15) VOGT, Th. (1945), Geology of Part of the Høllonda-Horg District, a Type Area in the Trondheim Region. *Norsk Geol. Tids. 25.*
 - 16) El Sistema Cambrico, su Paleogeografía y el Problema de su Base, Part 1. *Congress Geol. Intern. XX Session, Mexico. 1956.*
 - 17) Les Relations entre Précambrien et Cambrien, Problèmes des Séries intermédiaires, (1958), Colloques Intern. du Centre Nationale de la Recherche Scientifique, LXXVI. Paris. 1957.
 - 18) Ordovician and Silurian Stratigraphy and Correlations. *Rep. XXI Session Norden, Intern. Geol. Congr. Part. VII. 1960.*
 - 19) Late Pre-Cambrian and Cambrian Stratigraphy. *Rep. XXI Session Norden, 1960. Intern. Geol. Congr. Part. VIII.*
 - 20) Caledonian Orogeny, Report XXI Session, Norden, 1960, *Intern. Geol. Congr. Part. XIX.*