

## 中国東北部, 大連市金石灘の地質

Geology of Jinshitan in Dalian City, northeastern China

竹下浩征<sup>1</sup>・谷保孝<sup>2</sup>・後藤広和<sup>3</sup>

Hiroyuki Takeshita<sup>1</sup>, Yasutaka Tani<sup>2</sup> and Hirokazu Goto<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 株式会社蒜山地質年代学研究所

Hiruzen Institute for Geology and Chronology, Co. Ltd., 161-1 Sai, Okayama 703-8248, Japan

takeshita@geohiruzen.co.jp

<sup>2</sup> 大阪工業大学工学部一般教育科

Department of General Education, Faculty of Engineering, Osaka Institute of Technology, 5-16-1 Omiya, Asahi, Osaka 535-8585, Japan

tani@ge.oit.ac.jp

<sup>3</sup> アースエネルギージャパン株式会社

Earth Energy Japan, Co. Ltd., 205-13 Fuji, Shirai, Chiba 270-1432, Japan

goto@eej.jp

### 1. はじめに

蒜山地質年代学研究所における最初の中国大陸上陸は 2000 年の春であった。このときの目的は、大連市郊外の金石灘風景区において、温泉開発の可否を判断するために地質調査を実施することであった。蒜山地質年代学研究所は、設立当初から日本国内における温泉調査に携わっており、それらは主に大阪市に本社を構えていた特殊プラント工業株式会社と共同して行っていた。特殊プラント工業は、近畿地方を中心に 200 箇所以上の温泉開発の実績を有し、1990 年代後半には各メディアにおいて時代の寵児として取り上げられていた企業である。その特殊プラント工業と始めた中国の温泉調査は、2005 年末現在で 21 件を数え、そのうち「開発可」と判断された 9 箇所から温泉を湧出させた(後藤, 2005; 後藤・竹下, 2006 本誌)。なお、2003 年からは、特殊プラント工業に代わってアースエネルギージャパン株式会社が私達のパートナーとなり、共に開発を進めている。

これまで地質調査を行った中国の地域は、大連・旅順・瀋陽(いずれも遼寧省)、煙台(山東省)、杭州(浙江省)および桂林(広西チワン族自治区)などで、特に大連周辺

における調査件数が多い。中国における 21 件の温泉調査のうち、その 8 割近い 16 件が大連およびその周辺地域で実施された。大連は中国東北地方の都市の一つで、黄海に突き出た遼東半島の南西部に位置する(図 1)。大連は日本からの距離も近く、企業や学生の相互交流も盛んで、現在は 5,000 人も在留邦人が生活している。過去には日本軍が実効支配していた負の歴史もあるが、今では互いに無くしてはならない友好な関係を築いている。私達はその大連において、幸運にも大陸の地質に接する機会を得ることができた。

当初は既存資料も集まらず、広域地質がまったく見えない状態で取り組んでいた調査も、件数を重ねるたびに確実に新しい知見が蓄積され、大連の地質に対する理解が深まってきた。大連の地質を一言で表せば、まさに大陸地殻そのものである。海岸線から狭い内陸部に至るまで始生代の変成岩類や原生代の浅海成堆積岩類が露出している。このように古い地質は、日本ではまず目にする事ができないものであり、私達も初めてその地質に触れたときは非常に興奮した。硬質な石英砂岩に残された漣痕(図版 1A)や流動褶曲(図版 1B)、ストロマトライト(図版 1C)を起源と

する石灰岩の海岸、割れ目の間隔が10m以上のA級岩盤に相当する花崗岩の露頭(図版1G)などを目にしたときの感動はいつまでも忘れられない。私達が中国に赴いた本来の目的は温泉開発であるが、大陸地殻に接するたびに、いずれは純粋な研究としてその形成史を明らかにしたいと考え始めた。

最近、中国の地質に関する情報を目にする機会が増えてきた。それらは例えば、中国中央部から東部にかけて分布する超高压変成帯の研究であり、遼寧省から発見された多種多様な恐竜化石の報告などである。また、中国政府は地質を貴重な観光資源として捉え、ジオパーク(世界地質公園)や風景区と呼ばれる公園の整備を積極的に押し進めており、その地質案内書なども刊行されてきている(西村, 2006:本誌)。しかしながら、広大な国土から見れば、私達が知り得る地質情報はまだほんの一握りに過ぎない。中国では古くから多くの地質調査が実施されてきており、膨大な地質情報が蓄積されているが、私達はその情報を入手することは容易ではない。中国で事業を展開するものにとっては、一般的な地域地質についても情報公開を行ってほしいと願うばかりである。

本小文では、今後の事業の資料となることを願って、また同時に大陸地殻の形成史を理解するの一助とするために、私達が調査してきた大連の地質について、その層序および構造の概要をまとめる。また、大連郊外の金石灘周辺においては詳細な地質区分と岩石記載を行うことができたので、それも併せてここに紹介する。

## 2. 大連市周辺の始生界と原生界

遼東半島南西部の地質系統は、始生界を基底として、原生界、古生界、中生界および新生界からなる(例えば、中国地質科学研究院, 1980; Yang *et al.*, 1986; 喬ほか, 1996; Teraoka and Okumura, 2003)。それら地質系統のうち、大連周辺には始生界と原生界が広く分布する(図2)。

大連周辺の始生界は鞍山期の片麻岩類と花崗岩類から構成され、原生界は青白口紀と震旦紀の浅海成堆積岩類からなり、それらは原生动末期からカンブリア紀以降の中性～塩基性脈岩類によって各所において貫かれている。また大連北東方の黄海に浮かぶ長山列島には、原生界下部に位置する遼河期の変成岩類が分布する。

古生界は、主に大連郊外の金州区以北の渤海沿岸にまとまった分布を示す(図2)。また、黄海沿岸の金石灘とその周囲において小規模な分布が認められる。大連周辺の古生界は、カンブリア紀～石炭紀の浅海成堆積岩類(石灰岩・頁岩・砂岩)から構成される。中生界は、大連から北東へ50kmの杏樹屯周辺に分布するトリアス紀の花崗岩と、旅順北方の渤海沿岸に分布する白亜紀の火山岩および堆積岩などから成る。新生界は大連市周辺の沿岸部および河川沿いに分布する。

ここでは大連の主体をなす始生代と原生代の地質について、それらの構成岩石・年代・分布等の特徴を記載する。

### 2-1. 始生界

大連の始生界は鞍山期に形成された岩石から成り、それは鞍山層群(Anshan Group)と呼ばれている。鞍山層群の下部は黒雲母片麻岩・角閃石黒雲母片麻岩と角閃岩から成る。一方、その上部は黒雲母レプチナイト(珪長質片麻岩)と角閃岩から成り、珪質変成鉄鉱層および鉄層を含むほか少量の苦鉄質大理石を狭有する(加納, 1996)。鞍山層群には38億～25億年前の各種花崗岩が貫入し、26億年前に角閃石～グラニュライト相の変成作用を被っている(Yang *et al.*, 1986)。

鞍山層群は、金州区の大黒山および小黒山地区に分布している(図2, 図3)。大連市街から北東約30kmに位置する大黒山には、再結晶の進んだ粗粒な変成岩(珪長質の片麻岩: 図版1E)が分布する。この地質体の南西境界部は直接震旦系と接している。片麻岩には節理が発達し肉眼で淡褐色～暗灰色を呈する。淡褐色の岩相と暗灰色の岩相がそれぞれ数10cmから1mの層厚で互層している場合があり、その時両者の量比はほぼ同等である。鏡下での観察によれば主要構成鉱物は石英、斜長石と少量の黒雲母である。副成鉱物として緑簾石が認められる。

その大黒山からさらに30kmほど北東方には、鞍山層群からなる小黒山がある(図2)。小黒山は、主に中～粗粒角閃石黒雲母花崗岩から成り、稀に細粒花崗岩の脈岩を伴う。その周囲の低地には角閃石黒雲母片麻岩が広く分布する(図版1F)。小黒山を構成する花崗岩は塊状硬質で、良質な石材として採掘され、その地の重要な収入源となっている。採掘場の壁岩には、表層のシーティングジョイントの下に割れ目の間隔が10m以上に達し、新鮮硬質なA級岩盤が分布している箇所も見られる(図版1G)。

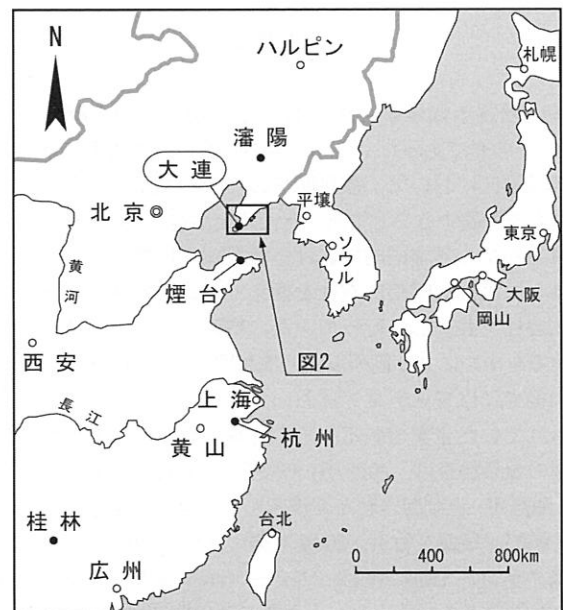


図1. 位置図。地質調査を実施した都市を黒丸で示した。2005年末現在、4都市21地域において温泉開発の可否を検討した。大連およびその周辺地域の調査件数は全体の8割を超える。

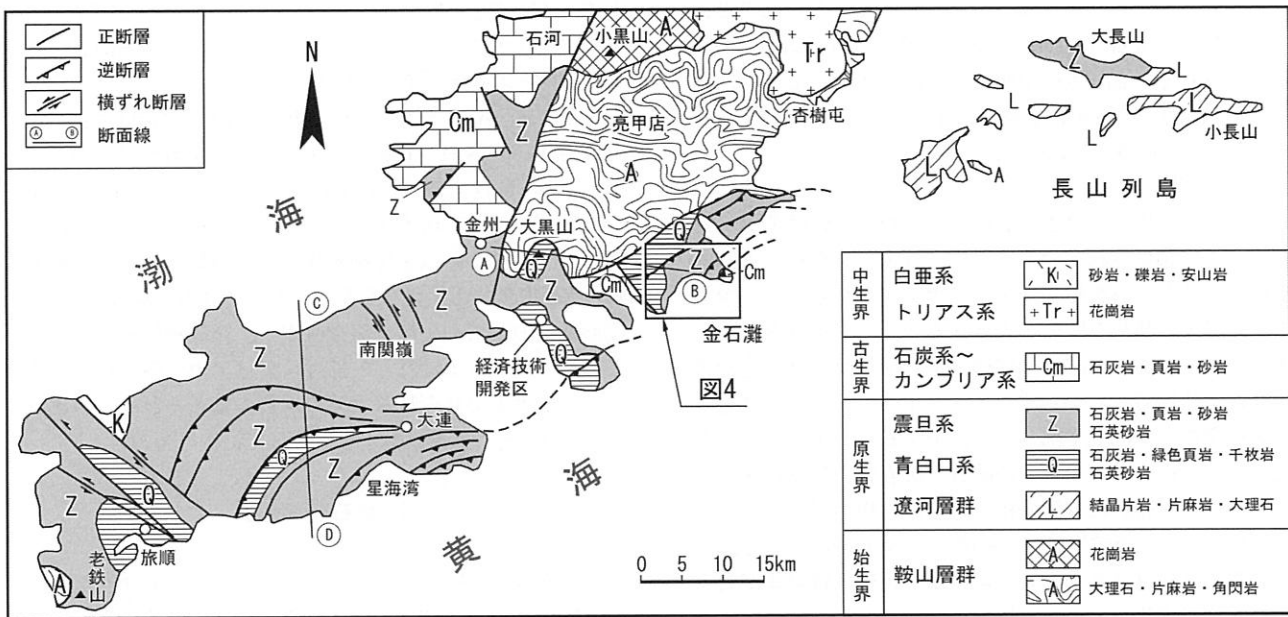


図2. 遼東半島南西部，大連周辺の地質概略図. 喬ほか (1996) および Teraoka and Okumura (2003) に基づいて編図.

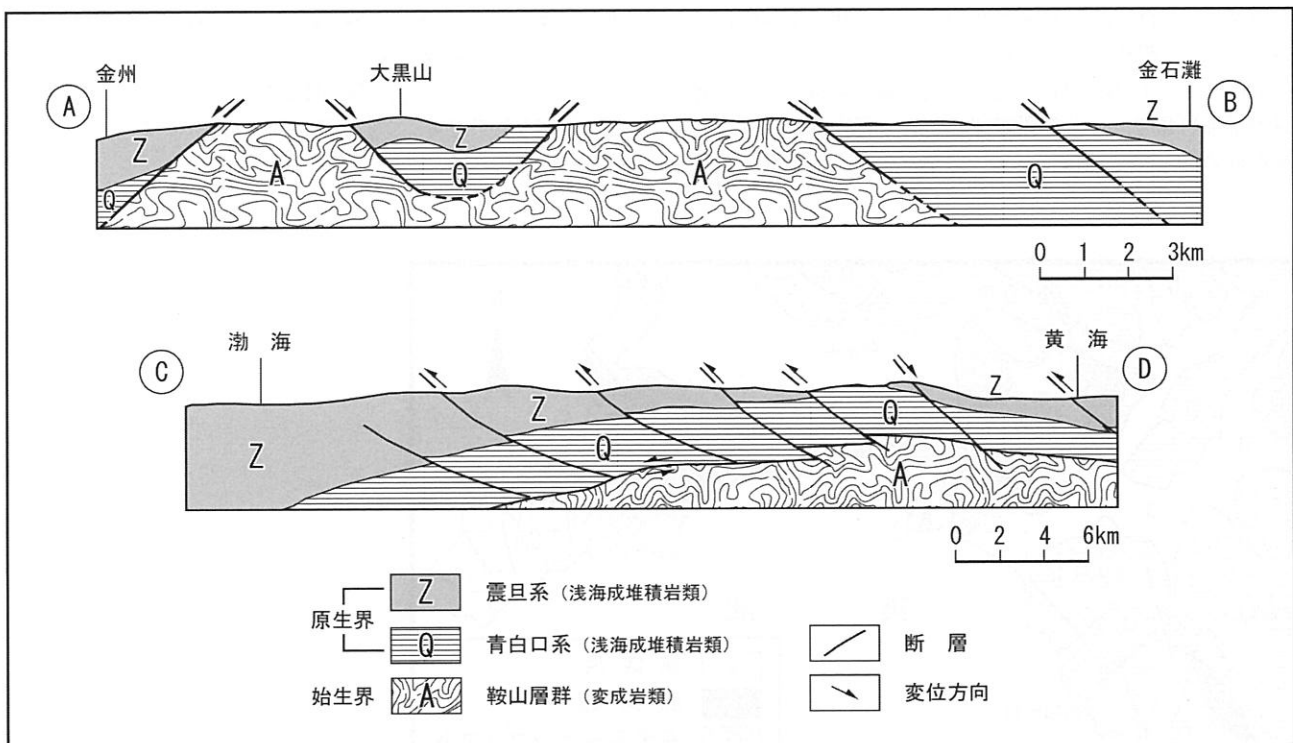


図3. 遼東半島南西部の模式地質断面図. 断面線の位置は図2に示した.

## 2-2. 原生界

原生界は下部の遼河層群 (Liaohé Group) と上部の青白口系 (Qingbaikou System) および震旦系 (Sinian System) に区分される (喬ほか, 1996). なお, 文献によっては青白口系を震旦系に含め, 震旦系を下部と上部に2分する考えがある (遼寧省地質鉱産局, 1989).

### (1) 原生界下部

大連の原生界下部は遼河層群と呼ばれ, これは下部・中部・上部に細分されている (猪俣・小林, 1996). 下部は千枚岩・ザクロ石雲母片岩・レプチナイトから成り, 少量の蛇紋岩・結晶質石灰岩・雲母片岩・レプタイトを含む. また, 遼河層群の中部下半部はストロマトライトを含む苦灰岩質結晶質石灰岩から成り, マグネサイト・タルク・リン層を含む. 中部上半部～上部は十字石片岩・ザクロ石雲母片岩・千枚岩からなり, 結晶質石灰岩および鉄鉱層を挟有する. 遼河層群は角閃岩相～緑色片岩相の変成作用を被っており, その変成年代は18億5千万年前頃である. 遼河層群には先震旦系花崗岩や苦鉄質・超苦鉄質岩体が貫入する. 遼河層群は, その下位の鞍山層群と不整合関係にあると考えられている (Yang et al., 1986).

遼河層群は, 黄海に浮かぶ長山列島の一部 (大長山島・小長山島) に分布する (図2). 長山列島の遼河層群は, 泥質千枚岩・ザクロ石雲母片岩・緑色片岩・蛇紋岩・結晶質石灰岩からなる. 大長山島では, それら遼河層群の変成岩類が震旦系堆積岩類によって不整合に覆われる.

### (2) 原生界上部

原生界上部は下部と上部に2分され, 一般に下部は青白口系, 上部は震旦系として独立して定義される.

青白口系は10億年前～8億5千万年前に形成された浅海成の堆積岩類で, 主に鉄質残留堆積岩・頁岩～シルト岩・細粒砂岩などから構成される (佐藤, 1996). 場所によ

ては礫質砂岩・紫～緑色頁岩・苦灰岩質ミクライトを挟む. 大連に分布する青白口系は, その上位の震旦系に被覆され, 地下に伏在することが多い (図3). わずかに金石灘および金州区にその露頭が認められる.

一方, 震旦系は8億5千万年～6億年前に形成された主に浅海成の碎屑岩 (石英砂岩・頁岩) と炭酸塩岩とから成る. 大森・猪俣 (1996) によれば, 震旦系には約7億4千万～7億年前の水河堆積物が発達する. 震旦系の生物群は豊富で, 下部からは単細胞藻類や大型藻類のほか, 蠕形動物と海綿動物や生痕化石を産し, 上部には刺胞動物のほか, 蠕形動物の化石や生痕化石を産出し, 微植物化石群とともに淮南生物群とよばれ, 一部はエディアカラ生物群に対比される. 地表で見られる大連の地質のほとんどはこの震旦系であり, その層厚は数千mに達している (図3).

## 3. 金石灘の地質

金石灘は, 大連市中心部より北東へ約35km離れた海岸部に位置している (図4). 金石灘は南東 (黄海方面) に開いた弧状の海岸線を持ち, その北東部と南西部に小半島状の高まりが見られる. 金石灘中央部の海岸線には砂浜が形成され, 平坦な地形が広がる. 一方, 金石灘の両端に見られる小半島には岩盤が露出し, 黄海に面する斜面に急峻な崖を形成している.

金石灘北東部～中部に分布する地質は主に震旦系から成り, その北東部の半島においてカンブリア系～石炭系の古生界に覆われる (遼寧省地質鉱産局, 1989). 金石灘南西部には主に青色口系が分布し, 河咀子村周辺の河岸沿いに震旦系が分布する. また金石灘南西部においては, 青色口系および震旦系を貫く脈岩が所々に分布している.

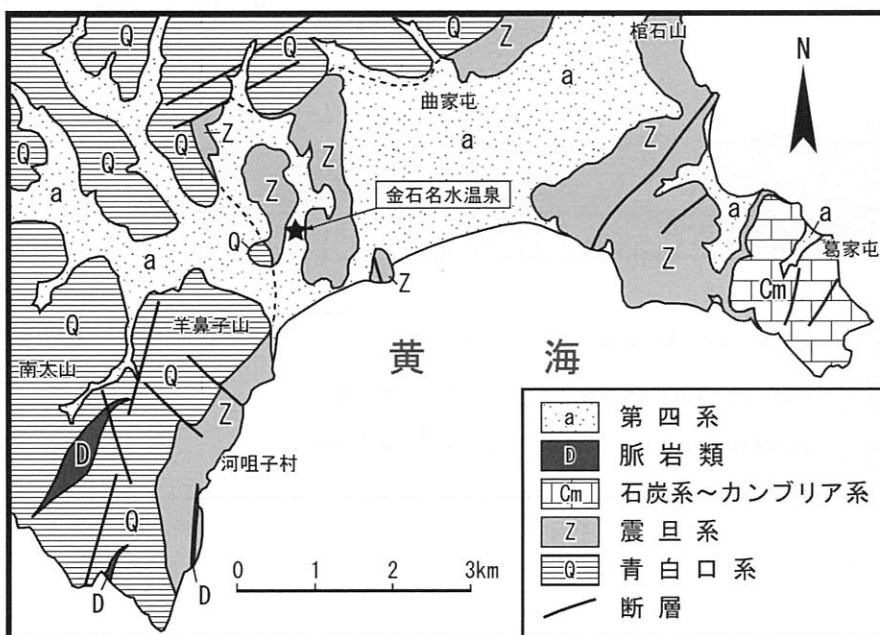


図4. 金石灘地区の地質概略図. 筆者らの調査結果に加え, 遼寧省地質鉱産局 (1989) を参考にした.

### 3-1. 青色口系

金石灘南西部に分布する青白口系は、石英砂岩、石英砂岩石灰質泥岩互層、石英砂岩泥質岩細互層、緑色頁岩、シルト質千枚岩、細粒砂岩および黒色石灰岩から成り、石英砂岩が卓越する。青白口系は全体として南-北～北東-南西方向の走向を持ち、東または南東へ 40° 前後の角度を持って傾斜する。青白口系を構成する岩石には走向と調和的な軸面を持つ寄生褶曲が形成される。石英砂岩は全体に灰色から淡桃色、あるいは白色を呈し、シルト質千枚岩や細粒砂岩を挟在する。一般に石英砂岩は細粒砂～中粒砂で構成され、塊状または厚層理である。岩相は非常に硬質で、層理面に平行およびそれに直交する 3 方向の節理が良く発達する。石英砂岩石灰質泥岩互層は、石英砂岩と石灰質泥岩が層厚数 cm～数 10cm 間隔でリズムカルに互層した岩相を示す。互層を成す石灰質泥岩は、片状化が著しく比較的軟質な岩相と、塊状を呈して硬質で頁岩質な岩相が認められる。石英砂岩泥質岩細互層は、石英砂岩と泥質岩が 0.5～1.0cm オーダーで細互層し、極めて硬質である。この細互層を成す泥質岩は、頁岩～シルト岩である。緑色頁岩は、淡緑色～明灰色を呈し、片状化が著しく、線構造が発達するものも認められる。黒色石灰岩は、光沢のある黒色～暗灰色を呈する塊状および角礫状石灰岩を主体とする。本岩は、風化されると灰色を呈し、さらに強く風化されると赤褐色を呈する土壌に変質する。一般に硬質な岩石で、開口した節理や亀裂が発達する。

### 3-2. 震旦系

金石灘に分布する震旦系は、主に泥質岩、石英砂岩泥質岩互層、砂岩および石灰岩からなり、ストロマトライトを伴う。震旦系は、一般に南北方向ないし北東-南西方向の走向を持ち、東～南東へ向かって傾斜する。金石灘東部の小半島において、震旦系を構成する岩石には北東-南西走向の軸面を持つ寄生褶曲が認められる。泥質岩は、明灰色～暗灰色を呈し、劈開の発達した粘板岩ないし頁岩から成る。泥質岩には石英砂岩の薄層が挟在することがある。新鮮な泥質岩は比較的硬質であるが、丘陵部に露出する風化したものはやや軟質で脆い。石英砂岩泥質岩互層は、灰色から淡桃色を呈する石英砂岩と黒色を呈する泥質岩が 30～100cm 間隔で互層した岩相を示す。互層を成す石英砂岩は中粒～粗粒砂サイズの石英から構成されており、非常に堅固である。また互層の泥質岩は黒色～濃灰色を呈し、片理の発達が顕著なため層理面に沿って容易に剥離する。石英砂岩泥質岩互層には層厚数 m～10m 程度の砂岩を挟むことがある。砂岩は、細粒～中粒砂サイズの粒子から成り、塊状を呈する。石灰岩は多様な岩相を持ち、主に石灰質泥岩、石灰質砂岩、石灰岩と泥岩の細互層、層状石灰岩およびストロマトライトから成る。一般に、石灰岩は灰色を呈し明瞭な層理を示す。軸面劈開が発達するものも認められる(図版 1-D)。風化している場合には岩石の表面は白～黒色を呈する。石灰質砂岩には、方解石の卓越する層と石英の卓越する層が、層厚約 1～2mm で互層しているものが観察された。ストロマトライトは乳白色～灰色を呈し、直径

5～10cm の同心円構造や縞状構造が認められる。

### 3-3. カンブリア系～石炭系

金石灘北東部の半島において震旦系を被覆するカンブリア系～石炭系は、主に石英砂岩、砂質石灰岩、頁岩および泥質石灰岩から成る。頁岩には炭層や石灰岩層を含むものがある。泥質石灰岩からは三葉虫化石などの生物化石が豊富に産する。この三葉虫化石はおみやげとして観光客に売られている。三葉虫化石は、通常のものなら 100 元(約 1,500 円)前後、保存の良いもので約 200 元(約 3,000 円)、形も大きく希少なものでは 600 元(約 9,000 円)の値が付けられている。大学卒の初任給が 2,000 元程度であることからすると、とんでもない高額であるが、そこは商売上手のお国柄、交渉次第で手頃な値段に抑えることも可能である。

### 3-4. 脈岩類

青色口系および震旦系を貫く脈岩は、主にヒン岩、輝緑岩、ハンレイ岩などで、中性～塩基性岩に相当する。貫入方向は、青色口系および震旦系の走向と調和的な南北ないし北東-南西方向と、それに直交する北西-南東方向が認められる。多くの脈岩類は肉眼で暗灰色～濃緑色を呈し比較的粗粒の斑晶鉱物が認められる。ハンレイ岩の鏡下での観察によれば、主要構成鉱物は角閃石、緑泥石、斜長石、緑簾石である。そのほとんどが風化し黄褐色～緑褐色の粘土鉱物に変質している。

脈岩類の多くは、中生代ジュラ紀から白亜紀にかけて中国東部の環太平洋地域において起こった燕山運動(中性～珪長質火山深成複合活動)に伴って貫入したと考えられている(Yang et al., 1986)。

## 4. おわりに

中国東部の地質調査は日本の研究者によって始められた。1902 年に創立された南満州鉄道株式会社にあった地質課(1919 年からは同地質調査所、1938 年からは満州帝国地質調査所に改称)によって東北部各地の地質、鉱物、応用地質の調査研究が行われ、1920 年からは 1/40 万図幅調査を、1930 年からは 1/10 万図幅調査が開始され、1932 年までに大連を含む 9 地域の 1/40 万地質図幅が刊行された(日本地学史編纂委員会東京地学協会, 2001)。それらの図幅の精度は非常に高く、終戦から近年に至るまで多くの事業や研究に活用されてきた。実際に私達も大連の調査において大いに参考にしたが、岩相区分や地質構造の正確さに感動すら覚えた。

大連およびその周辺の地質図は、1980 年代の後半から遼寧省地質産産局によって、5 万分の 1 地質図幅や 10 万分の 1 地質構造図として相次いで出版された。それら近年の図幅にも満鉄図幅の成果が引き継がれている。もちろん地質年代に関しては大幅な改定が成されているが、岩相区分図としては刊行から 70 年以上過ぎた今でも十分通用する。満鉄の図幅を見るたびに、先人の偉大さに敬意を表さずにはいられない。

## 謝 辞

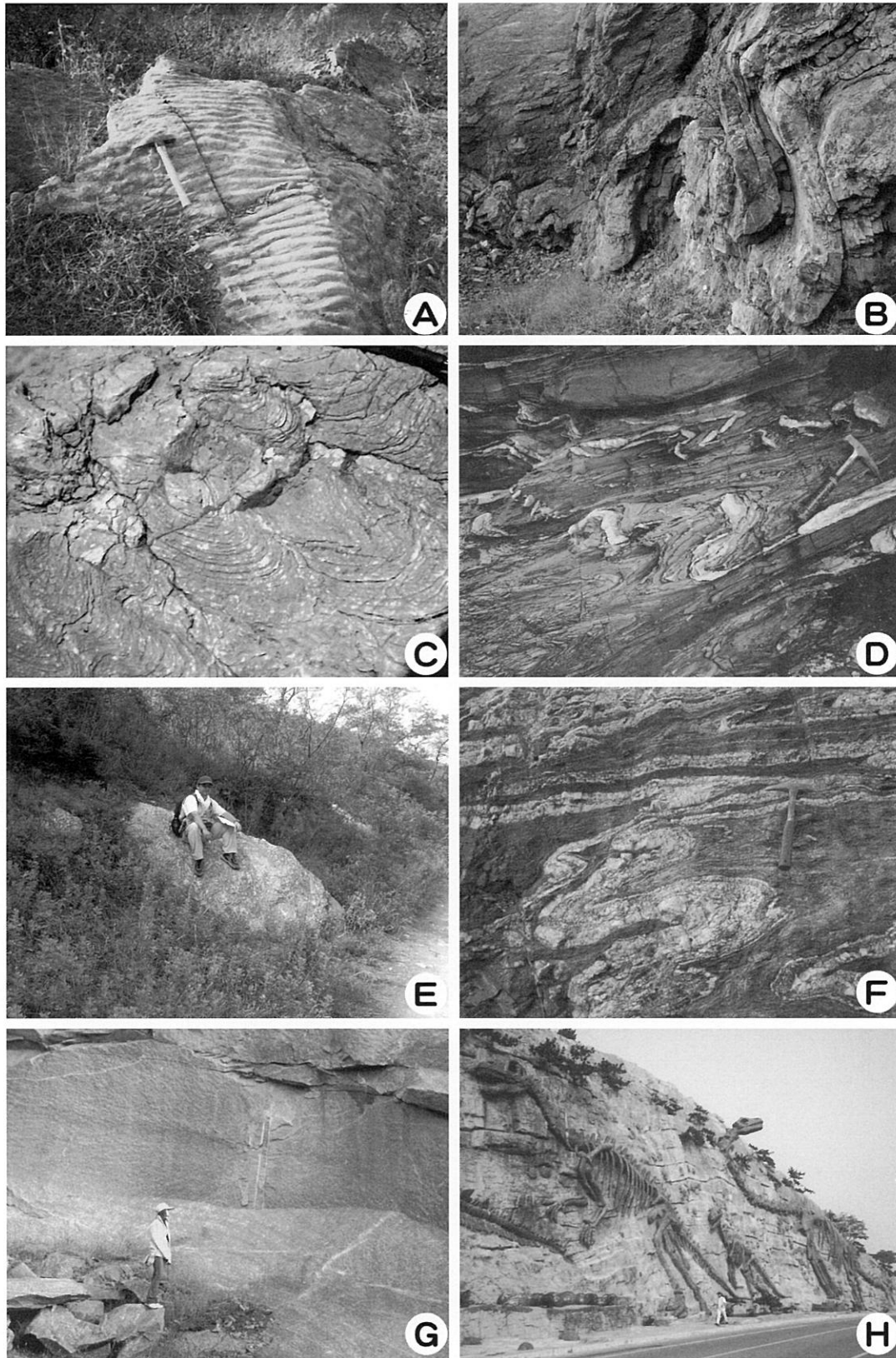
西村貢一氏には本小文を校閲していただき改善意見を頂いた。ここに記して感謝いたします。

## 文 献

- 中国地質科学研究院 (1980) 中華人民共和国地質図集. 筑紫書館, 東京.
- 後藤広和 (2005) 大連名湯物語. 大連ブックレット 2005 夏号, 大連市旅遊局, 大連池宮印刷有限公司印刷, 26-29.
- 後藤広和・竹下浩征 (2006) 中国大陸における温泉開発. 地質技術, 創刊準備号 (蒜山地質年代学研究所創立 10 周年記念特集), 69-74.
- 猪俣道也・小林英夫 (1996) 遼河層群. 新版地学事典. 地学団体研究会, 61.
- 加納 隆 (1996) 鞍山層群. 新版地学事典. 地学団体研究会,

1376.

- 喬 秀夫・宋 天銳・李 海兵・高 林志 (1996) 2 遼南区域地質背景. 遼東半島南部震旦系—下寒武統成因地質. 科学出版社 (北京), 5-9.
- 西村貢一 (2006) 子どもと地域社会のために地質技術者は何ができるか? 創刊準備号 (蒜山地質年代学研究所創立 10 周年記念特集), 107-113.
- 大森昌衛・猪俣道也 (1996) シニアン. 新版地学事典. 地学団体研究会, 552-553.
- 遼寧省地質鉅産局 (1989) 1 : 50,000 区域地質調査地質図 (金州). 遼寧省.
- 佐藤信次 (1996) 青白口系. 新版地学事典. 地学団体研究会, 846.
- Teraoka, Y. and Okumura, K. (2003) Geological map of east Asia 1:3,000,000. Geological Survey of Japan, AIST.
- 日本地学史編纂委員会東京地学協会 (2001) 日本地学の展開 (大正 13 年~昭和 20 年) (その 2) —「日本地学史」稿抄—. 地学雑誌, 110, 362-392.
- Yang, Z., Cheng, Y. and Wang, H. (1986) The Geology of China, Clarendon Press, Oxford, 303p.



図版 1. 露頭写真. A: 石英砂岩に見られる漣痕 (大連市内, 星海湾にて). B: 流動褶曲が発達する石英砂岩 (大連市内, 黒石礁にて). C: ストロマトライト (金石灘北東部にて). D: 軸面劈開が発達する震旦系石灰岩泥質岩互層 (金石灘南西部にて). E: 鞍山層群の珪長質片麻岩に乗る竹下 (大黒山にて). F: 激しく褶曲する鞍山層群の片麻岩 (小黒山にて). G: 塊状を呈する鞍山期の花崗岩 (小黒山にて). H: 道路脇の法面には恐竜化石のレリーフが作られている (金州経済開発区にて).

