

カムチャッカの地質に関する新データと鉱床賦存の見通し*

G. M. Vlasov

平山次郎訳

カムチャッカの小縮尺の地質図が編算されてからすでに7年以上になる。その間に、カムチャッカにおいては石炭・石油の賦存状態の研究や金属鉱床の解明などにも役立つような地域的地質調査が行なわれた。これによって、カムチャッカ地域に残されていたいわゆる「未踏査地」は、100万分の1および50万分の1の縮尺の地質調査によって一掃された。多数の地質家の研究によって、カムチャッカの地質構造や有用鉱物賦存の可能性について、従来に較べてはるかによくわかってきた。

最近数年間の最も大きな成果は、半島のあらゆる概略地質図のなかで広範な地域を覆っていた第四紀噴出岩類が、カムチャッカの地質図上からかなりの面積にわたって放逐されたことである。これまでの地質図では、そこは有用鉱物に関していわゆる「不毛の」第四紀安山岩類と玄武岩類として図示されていたが、実はそこにはガス-熱水性変質作用を蒙った Subvolcanic intrusions や巨大な塊状(火成)岩体を伴う第三紀の熔岩・火山砕屑岩類が分布していることがわかった。半島部の多くの地域の地質図から第四紀噴出岩の「マント」をとりはずすことによつて、カムチャッカの全般的構造の重要な性質を明らかにすることができるようになった。

ここ数年間の研究の結果、カムチャッカの褶曲構造は Alpiniden というよりは Mesozoiden とよぶべきだとするある種の地質家の説が正しくないことがわかった。東部カムチャッカにおいて中生層と予想されていたものの大部分が古第三紀と中新世初期の岩石であることがわかった。中央カムチャッカ山脈においても、白堊紀上部と考えられていたいくつかの火山岩層も現在では第三紀層とみなさざるをえない。これまで古第三系が全く欠除していると考えられていた中央山脈の南部で、最近、古第三紀の火山岩と堆積岩の厚層(約 1,000~2,000 m)が発見された。

カムチャッカの地質構造のなかで、早期中新世褶曲時階 (I. B. Pleshakov の千島時階、もっともこれはごく最近多くの研究者によって否定されたが) の鉱化作用の意義が年とともに一層明らかになっている。以前には晩期白堊紀(ララミー期)のものとしていた侵入岩類の大部分がこの褶曲時階に関連していることが明らかにされた。現在でもカムチャッカ半島における一番重要な鉱床生成期は新第三紀後期と結論することができる。

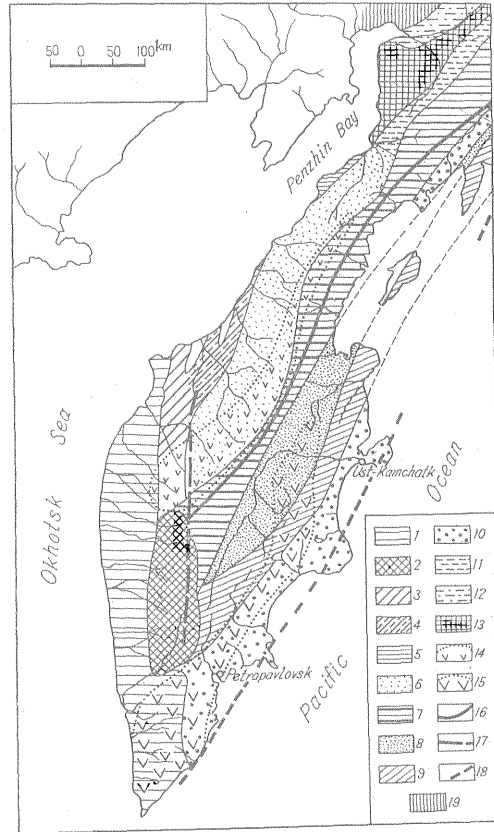
新しいデータによれば、カムチャッカは典型的な若い「アルプス」褶曲地域で、主として新生代の地層とこれと密接に伴う上部白堊紀の岩石からなり、一部新期の褶曲作用によって変形されたより古い岩石からなる中央地塊をふくんでいる。太平洋周辺の他の褶曲地域の場合と同様に、カムチャッカも明瞭な褶曲弧をなし、地形的・構造的要素が顕著な帯状配列を示し、ある地帯には石油・石炭鉱床がまた別の地帯には特殊な「鉱床」^{訳注1)}が存在するという特徴をもっている。若い時代の褶曲弧のこのような特徴を、地質家の実際的な作業、とくにカムチャッカ半島における鉱床の賦存状態の解明に利用する必要がある。既存の資料によつてもカムチャッカの「鉱床」の地理的分布と地質断面中の分布のいくつかの規則性がわかっているし、またそれによつてもっとも有望な鉱床区を指摘することができる。

* G. M. Vlasov: Новые данные по Геологии Камчатки и Перспективы ее Рудоносности. Советская Геология, No. 5, 1958

訳注1) 小規模の鉱体、あるいは大きさのわからない鉱体で、将来の探鉱によって稼行鉱床になりうるようなものを一括した言葉で、適当な訳語がないので一応「鉱床」と訳しておいた。原語: Рудоявление 英訳: show of ore, ore manifestation

カムチャッカのおもな地質構造区

第1図は現在の考えに立ったカムチャッカの模式構造区分図である。カムチャッカ半島の主要な構造には2つの方向がはっきりとあらわれている。まず第1に、古期岩類からなり中央山脈の南部を占める中央地塊の示す南北方向と、2つの平行した若い褶曲弧(半島の東海岸付近を走る外側弧と半島の中軸部付近を通る内側弧)とが示す北東-南西方向との2方向がある。南西部で



- 1—西カムチャッカ周辺(後背)沈降部、新第三紀の堆積物にみたされている。
- 2—中央カムチャッカ複背斜のうち古期岩類からなる地塊
- 3—中央カムチャッカ複背斜の北部で上部白堊系と第三系からなる地域
- 4—ナパン(Napan)およびウオヤンポール(Voyampol)背斜帯
- 5—中央カムチャッカ山脈の背斜構造の延長部と予想される地域
- 6—中央カムチャッカ不調和盆地
- 7—カムチャッカ-カリヤク(Kamchatka-Koryak)複背斜
- 8—中央カムチャッカ(内部)沈降部
- 9—東カムチャッカ主複背斜の中心部
- 10—東カムチャッカ主複背斜の縁辺褶曲部(古第三紀と中新世初期のプリッシュユヤ火山岩類)
- 11—パラポール(Parapol)複向斜(周辺沈降部)
- 12—アナナデル-ペンジン(Anadyr-Penzhin)複向斜(周辺沈降部)
- 13—マイ(May)複背斜(周辺沈降部の中の中央隆起帯)
- 14—中央第四紀火山帯
- 15—東部現世火山帯
- 16—噴出性火山砕屑岩層、subvolcanic intrusions および「鉄床」をともなう深部断裂
中央カムチャッカ深部断裂
- 17—西カムチャッカ深部断裂
- 18—東カムチャッカ深部断裂
- 19—中生代褶曲地域の縁辺部

第1図 カムチャッカの地質構造区

注1) [] 訳者, () 著者

はこれら2つの褶曲弧は中央山脈の南北性地塊に合体し、北東部ではカリヤク(Koryak)山地に連なる。

南北性中央地塊は北方の若い地質構造につながるが、この構造の方向は、中央地塊に近いところではその南北性の走向の支配を受け、それから遠ざかるにつれて北東性に転ずる。この複雑な構造[中央地塊]^{註1)}とこれに合体する2つの若い褶曲弧とはカムチャッカの3つの主要な複背斜をなし地形的には山脈や丘陵列をなしている。中央カムチャッカ山脈の南部を占めその南北性延長部にあたり、南部に古期岩類を露出させる複背斜を、便宜的に中央カムチャッカ複背斜とよぶことにする。この複背斜に端を発し中央カムチャッカ山脈の中北部とカリヤク山地のベトベイ(Vetvei)山脈にあたる内側褶曲弧をカムチャッカーカリヤク(Kamchatka-Koryak)複背斜とよぶ。バラギンスキー(Valaginckii)、トゥムローク(Tumrroka)、クムローチャ(Kumrocha)等の山脈として東部カムチャッカぞいに走り、さらにカリヤク山地の南東支脈に連なる外側弧を東カムチャッカ主複背斜と名づけている。

中央カムチャッカ山脈の南部には、その中心部に、激しく転位した原生代または古生代の片麻岩や結晶片岩があり、その周縁部には古生代および中生代と考えられる砂質頁岩・火山性岩石などがあるが、かつて、大部分の研究者は中央カムチャッカ複背斜をこの地域だけにかぎって考えていた。ところが、少数の研究者は、この古期岩類の地塊からほとんど真北にのびて、古第三紀の岩石からなる背斜構造を、中央カムチャッカ複背斜の直接延長部とみなす立場から前の説に対して正しい反論を加えた。

最近のデータに基づいて編纂された新しいカムチャッカの地質図のうえでも、これらの背斜構造の連結は非常にはっきりしているように思われる。古期岩類地塊の北端部では、上部白堊系について古第三系が出現する。すなわち、南部は古期岩類からなり北部ではより新しい岩石からなるこの複背斜の走向は南北から北北東に徐々にかわってゆく。チギル(Tigil)川付近で、この大きな複背斜から側方に支脈が分岐し、ナパン・ボヤンポール(Napan・Voyampol)背斜帯を生じている。

つぎのカムチャッカーカリヤク複背斜の位置は最近になってはじめて明らかにされた。以前には、この複背斜の軸は中央カムチャッカ山脈の分水界と一致するものと考えられていたが、ビストロイ-イツフ・ルサコフ(Bystr-Essov・Rusakov)両川に挟まれたこの山脈の分水嶺付近の縮尺100万分の1の地質調査によって、そこには第四紀火山岩の下に非常に若い鮮新世と上部中新世の地層が存在することがわかった。これから当然、最近出版されたソ連邦の地質構造図[6]にも表現されているように、上にのべた区域には、はっきりした背斜構造は存在しないということが考えられてくる。事実、最近の調査によれば、カムチャッカーカリヤク複背斜の中軸部は中央山脈(第四紀の熔岩からなる)の分水嶺の東側に存在し、そこには下部中新統や古第三系などが連続的に露出している。プサコフ(Pusakov)川の北方では複背斜が急激に隆起しているため、複背斜の頂上部には第三紀の岩石に代って上部白堊系の岩石が露出している。

明瞭な線状山脈をなす東カムチャッカ主複背斜は、さらにその走向ぞいに北東方向に向かってカラギン(Karagin)島やピルギン(Pygin)山脈などの山列を経て、カリヤク山地に連続している。この複背斜は断裂によって境されている。すなわち、複背斜は一連の狭い線状褶曲をなし、軸部は上部白堊系によって構成されているのに対して、両翼部は古第三系や下部中新統によって構成されている。

上記の複背斜の間には現在の地形に北東方向をもつ盆地として現われている2つの沈降部がある。中央カムチャッカ複背斜の西側には、南北に近い方向をもつもう1つの沈降部が存在する。中央カムチャッカ盆地[depression]ぞいにのび、さらにリトカ(Litka)海峡とヴィベンカ(Vyvenk)河谷にそってのびる内側の中央カムチャッカ沈降部がもっともはっきりしている。この沈降部の深部構造はよくわからないが、既存のデータによれば、この沈降部は穏やかに褶曲した新第三紀の堆積岩と第四紀の未凝固堆積物によってみたまされている。

西カムチャッカ平野地帯は西カムチャッカ周辺(後背)沈降部にあたり、厚さ5,000mに達す

る鮮新世や中新世の堆積層が発達し、ところによって石油や石炭を有する。新第三系はゆるやかな褶曲をうけ、全体として西に傾斜している。パラポール (Parapol) 複向斜とアナデイルーペンジン (Anadyr-Penzhin) 複向斜はマイ (May) 隆起帯によって隔てられ、厚い新第三紀の地層によって形成されているが、西カムチャッカ沈降部から直接のびている可能性がある。

中央カムチャッカ複背斜とカムチャッカーカリヤク複背斜との間には、中央カムチャッカ不調和盆地 [superimposed trough, discordant basin] が存在しているが、その構造はいまのところよく研究されていない。北北東の方向をもつこのなだらかな沈降部は、主として上部中新世と鮮新世の地層からなり、約 2,000 m の厚さを有する。その南南西延長部では、この向斜構造はカムチャッカーカリヤク複背斜の上に重なっているため、その背斜構造は覆いかくされ、かなりの距離にわたって上部新第三紀の堆積物がより古い岩石を覆って堆積している。

おそらく一般的な深部断裂 [deep fracture, deep fault] に対応すると思われる深い断裂系がカムチャッカの複背斜の東翼を各沈降部と結びつけているのが特徴である。これらの断裂系は長距離にわたって帯状に連続し、それに沿って多数の小さな侵入岩体を伴う第三紀の火山岩層が厚く発達している。そのうち最も顕著なのは、カムチャッカーカリヤク複背斜の東斜面に発達する断裂帯 (中央カムチャッカ深部断裂) である。この地帯には古い火山・thermal lines・ガス＝熱水変質をうけた岩石の大きな岩体・多数の辰砂の濃集ハローなどが目立っている。ここしばらくの間は、半島の東海岸ぞいに走る深部断裂 (東カムチャッカ深部断裂) と中央カムチャッカ複背斜の東斜面ぞいに走る深部断裂 (西カムチャッカ深部断裂) とは推測の域をでない。

上にあげたカムチャッカの大きな構造要素の上に2つの第四紀火山帯が重なっている。

そのうち古い方の中央火山帯とでもよべる方の火山帯はカムチャッカの内側褶曲弧の後背部に属し、中央カムチャッカ山脈の現在の分水界と一致する。東部火山帯として知られているもう1つの現世の火山帯は、現在カムチャッカの東海岸付近に発達する海溝 [oceanic trough] の縁辺に存在する。

カムチャッカの地質構造と主要鉱床区の形成段階

カムチャッカ地域の後期白堊紀以前の歴史に関するデータはほとんどない。この地域には、先古生代と古生代に地向斜が存在していたが、その後南北性の走向をもつ褶曲地域に転じた。これらの古い構造の遺跡は中央山脈南部の古期岩類の地塊によって代表されており、この地塊は特殊な「鉱床」をもつ独立の鉱床区とみなすことができる。

カムチャッカ地域では、中生代すなわち後期白堊紀以前の構造に関する確実な痕跡についてはなにも知られていない。白堊紀後期に中生代地向斜が閉塞したあとに (アルビアン末期—セノン期)、オホーツク海と太平洋の台地地域との間に新しい地向斜地域が発達しはじめた。そしてこの地域には、カムチャッカとペンジン (Penzhin) の2つの構造一層相帯 [Structure-facies zones] が存在していた。前者は現在のカムチャッカ半島の大部分に拡っていたが、これはカムチャッカ地向斜の中央部にあたり、深海性の条件・海底火山活動・比較的中断の少ない堆積作用などによって特徴づけられている。ペンジン (Penzhin) 帯は地向斜西部の近海地域にあたり、比較的浅海性を示し、有機物にとみ、陸源性の堆積物が多く、部分的に浅海化して石炭を堆積させたり、ところによって堆積作用に中断が生ずるのが特色である。

カムチャッカ帯には狭い線状の沈降部が著しかったが、そのうちもっとも大きなものは現在の東カムチャッカ主複背斜の部分に分布していた。最初、この巨大な沈降部に砂質頁岩層 (層厚約 2,000 m) が堆積し、その後塩基性火山岩とそれともなう珪質岩とからなるオフィオライト累層 (1,500 m 以上) が形成された。両者とも橄欖岩・ズン岩・輝岩のような蛇紋岩化した超塩基性の侵入岩体を多数ふくんでいる。白堊紀末のララミー褶曲に際して、その堆積物は転位し、花崗岩・花崗閃緑岩・石英モンゾニ岩などの侵入をうけた。

古第三紀にはじまって、カムチャッカ半島地域は種々の性質をもつ第三紀層からなる3つの構造一層相帯すなわち東カムチャッカ・西カムチャッカ・中央カムチャッカの各帯に分離した。東

カムチャッカ帯では、地向斜沈降部の主部の位置に地形的な隆起が生じ、侵食を蒙った。この中央隆起部の周辺に発達した側方沈降部には陸源物質が運びこまれ、活動し続けていた海底火山の噴出物と混りあって、厚い(約 7,000 m)凝灰質フリッシュと、所によっては含油性フリッシュが生じた。東カムチャッカ帯では、深部断裂にそってこの凝灰質フリッシュ中に輝岩・橄欖岩などの小岩体が侵入した。中新世初頭に塩基性熔岩が流出し、それらは最初は主として海底で噴出したが、その後隆起のために陸上に流出した。

中新世初期の火山現象は褶曲運動と関連しており、この褶曲運動によって古第三系が激しく転位し、その中に黒雲母花崗岩・花崗閃緑岩・閃緑岩・斑禰岩質閃緑岩・閃長岩などの、時によっては巨大な火成岩体が多数侵入した(千島褶曲)。これらの侵入岩体を伴う脈岩類[veined formation]には閃緑岩質粉岩・アプライト・モンゾニ岩質斑岩などがある。これらすべての過程によって東カムチャッカ鉱床区が形成されているが、この鉱床区内の白堊紀と古第三紀—中新世初期の火山岩類の区分はいまのところ未解決の問題として残されている。

第2番目の第三紀構造一層相帯——西カムチャッカ帯は現在の西カムチャッカ平野にかざられ、地向斜地域の周辺(後背)沈降部にあたる。この地帯には主として堆積岩が特徴的で、所によって石油や石炭を伴う。

第3に第三紀の中央カムチャッカ構造一層相帯は内側火山弧を代表し、鉱床成因上とくに興味深い地域である。ここは第三紀には Subvolcanic intrusions を含む火山岩層だけから形成されている。現在の中央カムチャッカ山脈の東側に分布し、新生代二次的珪質岩帯[Neogene secondary quartzite zone]とよばれていたこの地帯は、第三紀のかなりの期間を通じて弧状の火山列島をなしていた。

古第三紀と中新世初期には、これらの火山から玄武岩と玄武岩質安山岩の熔岩が流出し、中新世中期には、安山岩質および石英安山岩質の熔岩が流出した。古第三紀と中新世初期の熔岩・火山碎屑岩層は褶曲を蒙っており、中新世初期および後期の褶曲(アリュウシャン褶曲)の際の多時階貫入による主として閃緑岩質の小侵入岩体を含んでいる。

中央カムチャッカ帯においては、中新世中期の海成層は知られていない。おそらく、その当時はこの火山島弧は乾陸地帯に転化していたものと考えられる。しかしながら、中新世末以前にすでに隆起に代って新しい海進が始まり、この地帯に島嶼地形が復活した。褶曲運動の後、中新世後期に噴出した熔岩の組成は、主として玄武岩質および安山岩質であり、その後、鮮新世には石英安山岩および流紋岩質に変わった。

鮮新世後期に特徴的なものとして、Ignimbrite の大きな岩体を作る酸性の熔岩と軽石の爆発性噴出・花崗閃緑岩質とアルカリ性の岩石の多数の侵入・「鉱床」を併なう二次的珪質岩の大きな岩体を形成する強力なガス=熱水変質作用などがあげられる。後期中新世—鮮新世の厚い火山岩層は鮮新世末に非常にゆるやかな褶曲をうけ、大きな断裂を生じた(サハリン褶曲)。

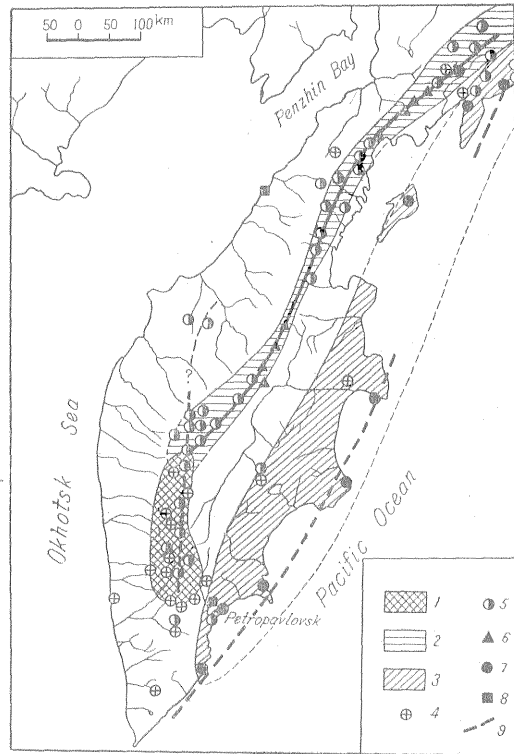
カムチャッカの第四紀末の地形的な特徴から、第三紀と第四紀の境界付近で造構運動と火山活動の完全な終息かあるいは著しい衰微を生じたことが考えられる。第四紀の安山岩や玄武岩の熔岩が、ところどころ風化層を残す平坦な地形面をなしている。

このようにして、カムチャッカの地質構造をつくる6つの主要な構造段階^{訳注2)}[structural stage]が形成された。すなわち、古期(先中生代)・白堊紀後期・古第三紀—中新世初期・中新世中期・中新世末期—鮮新世・第四紀の各構造段階である。第四紀最上部のものをのぞいたすべての構造段階は侵入岩体をもっており、鉱床生成の点でも興味深いものがある。ただし、そのうちのいくつかのものについては鉱床賦存に対する役割りはいまのところ明らかでない(たとえば、中新世中期の構造段階)。

カムチャッカの古期構造段階が発達する地域は、中央山脈南部とガナル(Ganal)山脈との鉱

訳注2) 地殻の一部を形成する組成・時代を異にする岩石の複合体で、連続的に発生する褶曲・断裂などの造構的乱れの一定の総体によって特徴づけられ、下位の構造段階とは構造的な不整合によって区別される。

ベロウソフ:構造地質学,第1巻,216頁参照,原語:структурный ярус(этаж),英訳:structural stage.



- 1—中央カムチャッカ山脈南部・ガナル (Ganal) 山脈鉱床区
- 2—新第三紀二次的珪質岩帯 [Neogene secondary quartzite zone]
- 3—東カムチャッカ鉱床区
- 4—最も重要な金・タングステン「鉱床」
- 5—最も重要な水銀・アンチモン・銅・モリブデンなどの「鉱床」
- 6—交代性の硫黄鉱床
- 7—最も重要な銅鉄鉱質「鉱床」で銅・コバルト・ニッケル・クロムのほか、所によってモリブデンを伴なう。
- 8—マンガン「鉱床」
- 9—実在および推定の深部断裂

第2図・カムチャッカのおもな鉱床区

床区である(第2図)。東カムチャッカ鉱床区は、全体として、もっとも古い地傾斜堆積物からなる白堊紀後期・古第三紀—中新世初期の構造段階が広くみられるのが特徴である。第3のカムチャッカの主要鉱床区すなわち新第三紀(の珪質岩帯)においては、中新世後期—鮮新世の構造段階を代表する地傾斜末期の累層は鉱床成因論的にみて最も興味深いものである。

ここで、カムチャッカ地域における「鉱床」分布にも反映している火山岩層の分布の1つの特徴にふれておく必要がある。カムチャッカ地傾斜の初期の発展段階に生成した火山岩類は比較的狭い線状の地帯に分布しているが、後期の火山活動は著しく広範囲にわたって行なわれた。すなわち、白堊紀後期と古第三紀の火山活動は主として狭いオフィオライト帯に集中し、中新世初期には一連の新しい火山帯が発達し、鮮新世には酸性熔岩の爆発がカムチャッカのほとんど全域にわたって生じた。この現象は地傾斜地域が褶曲帯に移行するにつれて、その地域の諸条件が漸次均一化してゆくことと関係しており、探鉱の際に考慮する必要がある。というのは、後期の発展段階の「鉱床」(たとえば、辰砂鉱床)は中央山脈のはっきりした二次的珪質岩帯だけでなく、カムチャッカの他の地域の地質構造のうえにも重なって産出する可能性があるからである。事実このような重なり現象は、たとえば古期岩類からなる中央地塊や東カムチャッカ主複背斜などにみられる。

カムチャッカの鉍床区の特徴の概観

1. 中央カムチャッカ山脈南部とガナル (Ganal) 山脈

カムチャッカで一番古い岩石からできているこの地域は約 10,000 km² の面積をもち、現在までのところ主として 100 万分の 1 と 50 万分の 1 縮尺の地質調査が行なわれている。この地域でかつて行なわれた金鉍の探査は非常に精度の粗いもので、精密な調査は最近始められたばかりなので、いままでのところまだ「鉍床」の評価を行なうだけの資料は集められていない。

この地域では金鉍床が特徴的で、この山脈に源を発する河谷中の沖積漂砂鉍床 [alluvial placer] やオホーツク海沿岸の海底漂砂鉍床 [submarine placer] として産出する。極東地域やソ連邦東北地域などから類推して、中央山脈の金鉍床は千枚岩層をきる多数の石英脈やその細脈と関連しているものと想像される。ザラトイ (Zalatoi) 川の熱水変質を蒙った黒雲母片麻岩中にも、化学分析によって微量の金が検出されている。

ここ数年間に中央山脈東部でタングステン「鉍床」が次々に発見されている。すなわち、中央山脈の東斜面を流れ下る川の沖積層中から採集、水篩した多数のサンプルに灰重石がみられ、その量は各サンプル [heavy concentrate] ごとに 70 粒に達している。

ガナル・ヴォストリヤキ (Ganal Vostryaki) 山脈南部の角閃岩中からスカルン型の小さな磁鉄鉍床が報告されている。これらの「鉍床」はこの地域で明らかにされている磁気異常との関連性からも興味ぶかい。

中央山脈やガナル (Ganal) 山脈の古期岩類分布地域は希有元素に関しても将来性があるように思われる。というのは、この地域では水篩サンプル中にモナズ石がしばしば認められるからである。

中央山脈南部パラヴァヤ・ヴォロフ ((Pravaya Vorov) およびルントス (Luntos) 両河の上流部) では、古期岩類に関連した「鉍床」のほか、片麻岩とそれを貫く閃緑岩中にモリブデンの「鉍床」が知られている。これは若い熱水作用 (superpositon) によって生じた可能性がある。

つぎの事実はこれを裏づけているようにみえる。すなわち、局部的に鉍化作用がみられる閃緑岩は時代の新しい (第三紀) 侵入岩体の顔つきをもっている。輝水鉛鉍は鉍染部 (impregnation) や石英脈中にみられ、重晶石のほか、第三紀の「鉍床」に特徴的な鉍物である黄鉄鉍・黄銅鉍・銅藍などを伴う。また、その付近で採取した水篩サンプル中に辰砂が認められている。

母岩は珪化と絹雲母化作用を蒙り、一部では若い二次的珪質岩に似たところもある。中央山脈とガナル (Ganal) 山脈の多数の銅「鉍床」は断裂にそって産出する変質岩の大きな岩体中に鉍染鉍床や鉍脈として産し、明らかに古期岩類の上に重なった性質を示している。このような「鉍床」を伴う変質岩帯は長さ数 km に達する。ガナル (Ganal) 村付近では、珪化および黄鉄鉍化した岩石は約 15 km² の面積をもち、分光分析の資料によれば 1~3% の銅と少量のモリブデン・金 (100~1,000 分の 1%) などを含んでいる。

中央山脈やガナル (Ganal) 山脈の古期岩類に伴う非金属鉍物のうちペグマタイト中の白雲母や葉蠟石や柘榴石漂砂 [placer of garnet sand] などが重要である。

この地域で探鉍に成功した原因として、変成岩層中で変質作用によって生じた岩石 (葉蠟石質頁岩・絹雲母質頁岩など) を区別したことをあげることができよう。このような変質岩の分布地域を図上に描くことによって、もっとも有望な地域に探鉍作業をしぼることができるからである。

変質した岩石によって新第三紀後期の火山活動に関連した鉍化帯がとくにはっきりと区分される。中央山脈とガナル (Ganal) 山脈の古期岩類の中に鉍化作用がよく発達しているのは、まず第 1 に若い褶曲弧に伴う巨大な北東方向の鉍床支配型断裂によるものである。褶曲弧が南北性の中央地塊に合体するあたりでは、これらの断裂とそれに伴う「鉍床」が古期岩類の中まで延びている。そのほか、中央山脈の褶曲=地塊構造が中央地塊の境界付近に南北性の断裂の発生を

促し、さらにそれを何度も再活動させる原因となった。山脈の東斜面ぞいに断裂が存在するということは若い「鉍床」の列やその他の地質現象からも予想される。さらに、この断裂にそって、おそらく、オゼルナヤ (Ozernaya)、カムチャッカ (Kamchatka)、アンドリアノフ (Andrianov)、ザラトイ (Zalatoi)、ピストラヤ (Bystraya)、カイリュウゾフ (Khairyuzov) などの諸河川が生じたものと考えられる。

中央カムチャッカ複背斜の東限にそって、この断裂に関連した「鉍床」列が北方に向かって古期岩類の分布範囲外まで延びているかどうかは興味ある問題である。白堊紀後期と第三紀の岩石からなるこの複背斜の北部は、これまで石炭と石油の探鉍に関連して調査が行なわれただけで、充分な根拠もないままに鉍石 [ore mineral] に関しては望みがないと考えられていた。最近エフシュコフ (P. S. Evsyukov) とシエヴァスチャノフ (K. M. Sevactyanov) とがナパナ (Napana) 川とチギル (Tigil) 川の中流で採集した水篩資料から高い含有量を示す辰砂やいくつかの金鉍示徴が認められている。

2. 東カムチャッカ鉍床区

全長 1,500 km 以上に達するこの鉍床区には、白堊紀末期と古第三紀—中新世初期の玢岩・輝緑岩・緑色岩・超塩基性岩などが分布し、これらは花崗閃緑岩・モンゾニ岩・閃長岩・斑禰岩質輝緑岩などの侵入をうけている。かって、これらの累層はみな上部白堊系とみなされていたが、ところによって新第三紀の堆積岩や火山岩によって覆われている。後者の火山岩類も鉍床学的に興味ある対象である。この鉍床区の上層構造段階を代表するものは、東カムチャッカ火山帯の第四紀の噴出性火山砕屑岩層で、ところによって、より古い構造を覆っている。

この地域はあまり研究されていない。ここでは縮尺 100 万分の 1 と 50 万分の 1 の地質調査が行なわれているにすぎない。その「鉍床」の一部はすでに前世紀から知られていたが、大部分はほとんど調査されていない。

クロム鉍「鉍床」と黄鉄鉍質「鉍床」とは上部白堊系と古第三系—下部中新統とに関連しており、銅・ニッケル・コバルトのほか、時には少量のモリブデン・銅・錫・金などを伴う。クロム鉍鉍床は厚さ 1 m 以下の小レンズをなして超塩基性岩の中に産出する。黄鉄鉍質「鉍床」は現在のところ鉍染鉍床型のものと同様に鉍脈性鉍染型のものと同様に知られているにすぎない。銅の鉍化作用と白堊紀後期の緑色岩類との明白な関連性はラコヴァ (Rakova) 湾沿岸のペトロパヴロフ (Petrovavlov) 山付近の「鉍床」中でみられる。ここでは変質した輝緑岩や輝石粉岩の中に、石綿の細脈や黄鉄鉍・磁鉄鉍・クロム鉍・黄銅鉍・自然銅・輝銅鉍などの鉍染を伴う蛇紋岩が産出する。それと隣接したカラクチルカ (Khalaktyrka) 川の河口付近では、黄銅鉍・斑銅鉍などの鉍染や鉍脈が白堊紀後期の凝灰質の珪質岩中にみられる。

かってサヴァチェフ (D. E. Savateev) が研究した面白い銅「鉍床」群がシーリン (Shipun) 半島に分布している。その一部は石英閃緑岩やそれから移行する斑禰岩質閃緑岩によって形成されているルーゲン (Rugn) 岬に存在する。これらの岩石は磁鉄鉍のシュリーレン (Schlieren) にとみ、緑簾石化作用や黄鉄鉍鉍化作用をうけている。破碎帯ぞいに破壊された閃緑岩の中に、西方にゆるく傾斜する厚さ約 2 m の鉍脈が 7 条存在する。鉍脈を構成している鉍物には、磁鉄鉍・黄鉄鉍・黄銅鉍・ヘデン輝石などがある。スペクトル分析によって少量の銅・コバルト・ニッケル・銀などを含有することがわかった。

黄銅鉍の鉍脈や鉍染を伴う大きな破碎帯がカムチャッカ・ミース (Kamchatka mys) 半島の超塩基性岩や緑色岩中から報告されているが、いままでのところ研究されていない。

カラギン (Karagin) 島には特有の鉍物組成をもつ銅「鉍床」がある。著しい熱水変質を蒙った玢岩や凝灰角礫岩などが、緑泥石・方解石・沸石の杏仁 (amygdules) 中に黄鉄鉍・黄銅鉍などを含んでいる。その鉍化作用の性質は火山岩中に自然銅が方解石・沸石などと共存しているミエドニイ (Mednii) 島の「鉍床」に似ている。カラギン (Karagin) 島では、超塩基性岩石の岩体上にある風化残留粘土層中にニッケル含有量の高いところが認められている。

銅の鉍化作用は緑色岩帯の北東延長部にあたるゴーヴェン (Goven) 半島やピルギン (Pylgin)

山脈中にもみられる。玢岩中の黄鉄鉱・黄銅鉱網状脈鉱床がパネトヴャム (Panetovayam)・オリュートルキ (Olyutorki) 両川の分水嶺で発見されており、さらに北方のソムニエニヤ (Somnieniya) 湾に近いキムリング (Kimling) 鉱床でもっと顕著な銅「鉱床」が報告されている。背斜の軸部に限られているこの鉱床の分布地域は玢岩や凝灰岩からなり、閃緑岩や閃長岩の小岩体の貫入をうけている。この鉱床では鍾幅 30 cm から 2.5 m の鉱脈がおよそ 40 条ほど知られている。そのうち 2, 3 の鉱床は走向にそって数 100 m 追跡できる。鉱脈は磁鉄鉱・陽起石・燐灰石・赤鉄鉱・緑泥石・石英・黄鉄鉱・黄銅鉱などからなる。大部分のトレンチ・サンプリングのデータでは銅の含有量は 0.5~1.5% である。2, 3 の鉱脈中に数% の鉛・亜鉛が含まれており、モリブデンを含む鉱脈が 1 つある。ニッケルとコバルトの含有量は 100~1000 分の 1% 以下である。

これらの鉱脈の北方に約 60 cm の鍾幅をもつ重晶石脈がみられる。キムリング (Kimling) 川の沖積層中の鉱床から採取した水筈サンプルには磁鉄鉱・赤鉄鉱のほかクロム鉄鉱・方鉛鉱・白鉛鉱・輝水鉛鉱・辰砂などの粒がまれに存在する。

カムチャッカのマンガ「鉱床」は白堊紀後期の凝灰質珪質岩や火山岩と関連している。その 1 つはペトロパヴロフスク (Petropavlovsk) 市付近のニコル (Nikol) 山の山腹から報告されている。ここでは破碎帯付近の珪質頁岩中に軟マンガ「鉱」と硬マンガ「鉱」の斑紋や細脈が観察される。これよりももっと興味ある「鉱床」がドヴァリイ (M.F. Dvayli) によって東カムチャッカ鉱床区外のオホーツク海沿岸のパラナ (Palana) 付近に発見された。そこでは珪質頁岩からなる高地の斜面 60 m にわたって塊状のマンガ「鉱」の漂砂鉱床がみられる。粗鉱資料の分析結果、マンガ「鉱」を 56.6% 含有することがわかった。白堊紀後期の火山性の珪質岩類がカムチャッカのいろんな地区に広く分布している。これまでにカムチャッカのマンガ「鉱」床がわずかに 2 か所しか知られていなかったという事実は、おそらくこの鉱石が白堊系上部のかなりの部分を占める凝灰質珪質岩の赤色・深紅色・褐色などの地色に覆いかくされていたためであろう。

東カムチャッカ鉱床区の非金属鉱物のうち最も興味のあるのは蛇紋岩化した超塩基性岩中の石棉の徴候である。

東部カムチャッカでこれまでに知られている「鉱床」の大部分が太平洋岸に属しているのが目立つ。これは、従来、海岸地帯の方がそれから遠く隔たった地域に較べて露出がよいうえ、調査もゆきとどいていたためだとして説明されていた。しかしながら、これまでに明らかにされているように火成岩の大部分が東部カムチャッカの沿岸地域に集中しているという事実が、沿岸地帯に既知の「鉱床」が偏在している本当の原因を示している。すなわち、東カムチャッカ大複背斜の東翼に沿うこの地域には、深部断裂と関連性をもつと考えられる火山帯が走っている。この深部断裂の南端は、カムチャッカ南部に発達する断裂にそう火山岩のほか、構造性の海岸や熱水変質をうけた岩石の大きな岩体などによく反映されている。

東カムチャッカ鉱床区における非常に重要な研究課題は、日本の鉱床区やウラルの緑色岩帯などから類推して緑色岩中に発見しうる可能性のある交代性の黄鉄鉱質鉱床 [metasomatic pyritiferous deposits] を探鉱することである。東部カムチャッカにほとんどいたるところでみられる岩石のプロピライト化作用 (しかも厚い地層中においても) は鉱床に対するなんら直接的な示唆を与えない。鉱染一鉱脈性の銅「鉱床」を有する大きな地帯中で硫化鉱床が発見される可能性が著しく高まっている。このような地帯中における精密な調査に当っては地球物理学的調査方法を組合わせて用いる (電気探鉱と地震探鉱) のが交代性硫化鉱床 [metasomatic sulphide deposits] の解明 [delineation] には有効である。

東部カムチャッカのより高位の構造段階 [structural stage], すなわち中新世中期と後期中新世~鮮新世のそれと関連した「鉱床」については全く研究されていない。これらの「鉱床」を代表するものに、バラギン山脈北部にことに明瞭に現われている辰砂の濃集ハローや、新期火山岩類と関連すると考えられる金鉱示徴などがある。東部カムチャッカにおいては鉱化作用の点で一番興味ぶかい新第三紀後期の火山岩類が現在のところ第四紀火山岩類と区別されておらず、地質図

の上では「第四紀の安山岩および玄武岩」あるいはいくらかましな場合でも「第四紀および新第三紀末区分火山岩類」として表現されているため、新第三紀火山活動に関連した水銀その他の鉱床の探鉱が著しく阻害されている。

3. 新第三紀の二次的珪質岩帯

この地帯には凝灰岩・凝灰角礫岩・熔岩流などの互層からなる第三紀と第四紀の火山岩層が分布している。第三紀層は断裂にそって分布する花崗閃緑岩・閃緑岩・閃緑玢岩などの小岩体の貫入をうけている。第三紀の噴出岩も侵入岩類もともに鮮新世後期のガス-熱水性作用によって著しく変質している。変質岩中には、カオリナイト質・絹雲母質・明礬石質・明礬石-ズニアイト質・ダイアスポア質・硫黄質などの各種の二次的珪質岩が卓越している。

変質岩地域では多数の辰砂の濃集ハローが明らかにされており、ある地域(アナブガイ川上流域のチェムプル山付近)では辰砂「鉱床」が坑道掘さくによって発見されている。鉱床を支配する主要な構造は北北東方向の深部断裂で、これから8~14 kmの延長を有する比較的小型の断裂系が羽毛状に派生している。これらの断裂によって変質帯の一般走向が規定されている。このような変質帯のそれぞれの範囲内に3方向の裂か系が存在し、さらにそれらの裂か系と関連してそれぞれ厚さ約数10 m、延長1~1.5 kmに及ぶ個々の二次的珪質岩体が存在する。熱水変質帯の中には非常にはっきりした水平的分帯が認められ、変質帯の中心からその周辺に向かって次のようなタイプの変質岩が連続的に交代する。すなわち、1)珪岩(monoquartzite)またはほとんど石英のみからなる岩石、2)カオリナイト化した(ディッカイト質)岩石、3)絹雲母化作用および黄鉄鉱化作用をうけた岩石、4)プロピライト化した岩石。

チェムプル(Chempur)山付近の区域にみられる変質岩中の代表的な鉱石鉱物には辰砂・鶏冠石・輝安鉱・黄鉄鉱などがある。閃亜鉛鉱・方鉛鉱などの鉱染のみられる珪化した岩石の破片が発見されていることからみて、これらの鉱石鉱物もこの地域の変質岩中に含まれているものと考えられる。二次性鉱物(supergenic mineral)として雄黄や水鉛結などがみられる。辰砂の鉱化作用は二次的珪質岩に対しては重複的(superposition)な関係にあり、主として珪岩(monoquartzite)とディッカイトとの接触部に鉱染鉱床をなして偏在し、時には網状の細裂かにそって珪質岩中に分布している。ところによっては、辰砂が小さな水晶状の石英粒とともに石英中の小さな空隙をみたしていることがある。辰砂の沈殿作用はアルカリ性溶液の作用によって生じ、それに伴ってディッカイトの周縁に鱗片状の絹雲母が生じた。

水銀鉱物の重複的性格[superposed character]に関連して、変質岩中の辰砂の全般的な分布状態は非常に不均質である。富鉱部は厚さ10~15 cmのレンズをなし、すぐに尖滅する。鉱体の膨脹部でも5~8 mの厚さをもつものはまれで、その延長も変質帯の走向にそって数10 mの範囲にかぎられている。しかしながら、これらの変質帯全域にわたって、その将来性について全般的な評価を下すにはまだ時期尚早の感がある。というのは、この変質帯地域の95%以上がまだ調査されていないからである。これらの変質帯は膨大な距離にわたるため、その延長部の各区域では地質構造・母岩の組成・風化帯の深さ・「鉱床」の性格などに関する地質条件が異なっているものと考えられる。また、この変質帯中に未凝固の火山砕屑岩が存在するため、層状鉱床の形成が促がされたに違いない。

新第三紀の二次的珪質岩帯はほとんど到る所で水銀・アンチモニー・砒素などの「鉱床」のほか、重晶石の濃集ハローや水鏡資料中の金鉱示徴によって特徴づけられているチェムビーリン(Chempurin)地域で方鉛鉱・閃亜鉛鉱を含む転石が発見されているうえに、ゴルヴオフスキ(M.B. Golubovskii)がキルガニク(Kirganik)川上流で方鉛鉱・閃亜鉛鉱・黄銅鉱・黄鉄鉱などの鉱染を含む厚い変質帯を発見していることから、この変質帯の中に多種金属鉱床が発見される可能性がある。新第三紀の二次的珪質岩帯は、この二次的珪質岩に伴う多様な非金属原料(硫黄・明礬石・カオリナイト・葉蠟石・コランダム・ダイアスポアその他の豊富なアルミナ原料)に対しても興味ぶかいものがある。

新第三紀の二次的珪質帯においては、火山岩層の層序を明らかにすることが、地質学的研究の

最も重要な課題の1つである。現在のようにそれを2分するだけでは水銀の鉱化作用に適した局地的な構造を充分明らかにすることができない。

カムチャッカにおける鉱床の有望地は上に述べた3地域だけではない。中央カムチャッカ山脈南部に隣接する西カムチャッカ平野地域も金鉱床に関して興味ぶかい。さらにこの地域では、第四系のほか新第三紀の未凝固堆積物（ことに、鮮新世末期の湖成—河成性）の一部も金を含むものと考えられる。カムチャッカ半島の海岸地域では、砂鉄が著しく濃集している所が多数報告されている。オゼルナ（Ozerna）川の河口付近から採取した砂鉄を分析した結果、チタンとバナジウムが含まれていることがわかった。これからさらにカムチャッカ地域の調査を進めてゆけば、大きな埋蔵量をもったチタン・バナジウムを含む砂鉄鉱床が発見される可能性が大きい。

チギル・パラン（Tigil Palan）地区では第三紀層を貫く塩基性とアルカリ性の Subvolcanic intrusions があり、断裂にそって一部熱水変質を伴う著しい変質作用がみられ、さらに、この地域には金・銀・銅などの報告がある。このような事実はすべて西カムチャッカ平野北部に銅や金—銀「鉱床」が発見される可能性のあることを示している。

カムチャッカの中央および東部の第四紀火山帯は自然硫黄・砒素・硼素のほかおそらく水銀に対しても有望である。というのは、辰砂の沈殿は鮮新世以後にまで続いている可能性があるからである。ジエガロフ（Yu. V. Zhegalov）はアパピル（Apapel）湧泉ヴィストリン（Bystrin 地区）では現在でも辰砂が沈殿しうる可能性を指摘している。このような湧泉が分布する現在の熱線（thermal line）は鮮新世からひきつがれてきたもので、かなり幅の広い珪化帯やカオリン化帯を伴う古い断裂にそって走っている。鮮新世から現在まで熱作用が継続していることは、この熱線ぞいに遺留植物（ラン科）がみられることから証明される。辰砂の粒子は湧泉の出口からも直接認められている。このような辰砂の存在を鮮新世の珪化岩の風化によって説明することもできるが、アパピル（Apapel）湧泉のアルカリ性の水の成分が、現在辰砂を沈殿させているカリフォルニアの湧泉水の成分と似ているところから、現在もなお辰砂が沈殿しつづけているとみた方がよいように思われる。このため、第四紀の熱水変質岩にも辰砂が含有される可能性について注意する必要が生じている。

結 論

古期岩類からなる中央地塊と内側および外側褶曲弧に相当するカムチャッカの3つの主要複背斜が、それぞれ半島部の主要鉱床区を代表している。既知の「鉱床」は大部分これらの複背斜の東翼に存在するが、これはおそらくそこを走る深部断裂によるものであろう。

カムチャッカの「鉱床」は主として地向斜的發展の初期と末期の累層中に胚胎している。前者を代表するものは黄鉄鉱質鉱床 [pyritiferous ore] を伴うオフィオライト累層であり、後者を代表するのは鉱床をもつ二次的珪質岩である。この二次的珪質岩はカムチャッカ地向斜が最終的に消滅する直前に地向斜の浅海化に伴って生じた陸上火山によって形成されたものである。カムチャッカにおいて地向斜的發展の中期に鉱化作用が欠除しているか、あるいはあっても大い非常に貧弱なのは縁辺地向斜の特性によるものである。銅・モリブデン・水銀がカムチャッカ半島の金属資源の価値を決定的に左右する重要な金属である。この種の金属の「鉱床」の産出度が最も高いことと、比較的研究の進んだ他の鉱床区との比較に基づいてこのような推論をくだすことができる。カムチャッカは環太平洋鉱床地帯の内帯に属し、ここでは銅が最も特徴的な稼行金属である。カムチャッカと地質条件の類似した日本では、毎年7~8万トンの銅を産出している。カムチャッカや千島列島のモリブデン「鉱床」は、そのすべてとはゆかないまでも一部は二次的珪質岩に伴うもので、非常に将来性のあるモリブデン鉱床のタイプに属する。カムチャッカの新第三紀の二次的珪質岩帯の地質条件は水銀を多産するカリフォルニアの鉱床区と似ている。銅・モリブデン・水銀はおそらく「貫通性の強い」金属 [passing metal] と考えられ、カムチャッカではいかなる時代の累層から産出する。このような特性がこの種の金属の採鉱を可能にするような濃集を特徴づけている。

カムチャッカの地質条件は金・銀の浅成鉱床の形成にも適している。しかし、いままでこの種の鉱床に関する情報がないのは、おそらく地質調査が不十分なためと考えられる。カムチャッカの変質し黄鉄鉱化作用を受けた岩石の金と銀に対する試金分析〔fire assay〕はまだほとんど行なわれていない。またこれらの金属が鉱石中にはほんのわずかしか含まれていないため「ねこながし」によっては確実な結果はえられなかった。カムチャッカの二次的珪質岩帯にみられる金鉱示徴とともに、同じ地帯の水節資料中に自然銀の存在が報告されているのが特徴的である。カムチャッカ南東部の変質岩中にも銀が著しく含まれていることが、分光分析の結果明らかにされている。

カムチャッカにおいて稼行の対象となりうるその他の金属に、バリウム・アンチモン・砒素・セレンウム・ニッケル・コバルト・クロム・鉛・亜鉛・マンガン・タングステンなどがある。このうちとくに最初の4金属、すなわちバリウム・アンチモン・砒素・セレンウムを指摘する必要がある。重晶石はカムチャッカのほとんど全域にわたって水節資料の中に常に含まれている。日本では重晶石は硫化鉱床中に多量に含まれており、他の金属とともに採掘されている。アンチモンは他の地域の場合と同様にカムチャッカにおいても水銀に随伴しており、既知の主要な辰砂「鉱床」ではどこでも産する。砒素は水銀鉱石の混入物として少なからず特徴的なものであり、また雄黄として交代性の硫黄鉱に伴って産出することもある。これらの鉱石を分析した結果、そのうちいくつかのものは可採品位をもつセレンウムを含んでいることがわかった。

カムチャッカの鉱床〔metallogeny〕に関して従来述べられてきた意見は、いままでのところわずかな事実データに基づいているため、すべて精度の低さをまぬかれぬ。これまでにカムチャッカで行なわれた地質調査は大部分探鉱に対してははっきりした目的をもっていなかったため、水節資料の採集が行なわれなかった。この水節法はわずかながら現在でも地質調査に利用されている。カムチャッカ半島における地質学的研究の現状では、最近10年間にようやく地質家の注意をひきはじめた鉱床の可能性を明らかにすることはできない。カムチャッカにおける探鉱作業の著しいちあおくれは、広範な総合的調査作業によってのみばんかひすることができるであろう。

当面の課題はまだカムチャッカに残っている空白地域を100万分の1縮尺の総合的調査でカバーすることである。鉱床〔metallogenic〕賦存の上から非常に面白い2つの地域がこの空白地域に属している。すなわちイーチン(Ichin)火山からチギル(Tigil)川にいたる間の中央カムチャッカ複背斜の東部地域とパラン-シャマンク(Palan-Shamank)両河川の間に挟まれるカムチャッカ西海岸と中央山脈の分水嶺との間にひろがる地域の2つである。

少なからず急を要する課題として上記の3つの主要鉱床区の20万分の1縮尺の総合的地質調査があげられる。まず第一に鉱床区のうち次の地域が調査に値する。すなわち、新第三紀の二次的珪質岩帯の南部、中央カムチャッカ複背斜の東斜面、ペトロパヴロフスク(Petropavlovsk)市からアサーチ(Asach)湾以南にわたる南カムチャッカの半島部と海岸線を含む東カムチャッカ鉱床区の東縁部などである。調査によって明らかになった有望地域に精密な探鉱作業をかける場合には黄鉄質鉱床〔pyritiferous〕の探鉱に偉力を発揮した地球物理探査をひろく実施する必要がある。

カムチャッカにひろく分布する熱水作用によって変質した岩石は注目に値する。このような岩石の中には未知の有用成分がほかにも発見される可能性があるうえ、さらにその研究は鉱床生成に関する多くの問題の解決を促がすであろう。