

資 料

地質研究における宇宙的方法の意義*

V. I. SEVAST'YANOV*, V. Ye. KHAIN*, V. A. YARMOLYUK*

岸 本 文 男**訳

ソ連共産党第24回大会の地質事業に対する方針で、経済開発地域および開発期待地域における地質調査効率を高めることによってソ連の鉱物原料基地を大々的に拡大するという大きな課題が提起された。この課題の解決にもっとも重要な意義を持っているのは、経済開発地域のすべての場合に地表・浅所の予備鉱床注1)の大部分に手がついている現状からすれば、地下深部に賦存する鉱物資源を確実に予測できる新しい地質研究法の開発ならびにその速やかな適用である。現在、広大なソ連の国土の地質学的な予測評価にもっとも効果的な方法の一つとなっているのは、航空写真および人工衛星写真の地質学的な解説を含めた広域にわたる総合的な研究である。

宇宙機器開発の目的は、当初、もっぱらはるか彼方の世界の研究におかれていたのであるが、ソ連の人工衛星が世界で初めて飛行に成功した瞬間から地球科学の発展に新しい時代が開けたといえる。

気象学、地形学、生物学、土壌学、測地学、海洋学、林業、農業、水塊などの科学と経済の諸分野で応用されている宇宙技術の諸手法に助けられて、地球の天然資源の研究は多様化した。地質学の領域では宇宙飛行士による肉眼観察、光学機器による地球の映像、人工衛星搭載機器による非光学的測定映像など多くの場合地殻の構造について新しい情報を与えてくれる貴重な資料を用いた、いわゆる宇宙的地質研究法を組み合わせる多量の研究作業が進行している。

宇宙空間から撮映した最初の地球の通常写真とテレビ映像では、航空写真の場合と同じように、断裂構造と褶曲構造、地質生成体のタイプ、地形の起伏単立、各種灌水区、岩石の主なタイプ、地質図編集に重要な意味を備えているその他の地質構成要素が識別された。

最初の地球の人工衛星と世界初の Yu A. GAGARIN の宇宙船が飛行してから20年ばかり経過したにすぎないが、現在すでに地質学に新しい方向、すなわち、地球の地質構造・地質構成を遠隔操作的に研究するという方向が形作られている。

宇宙からの地球の写真を地質学に利用する場合の長所は被写範囲がきわめて広いこと、地形諸元が有りのままに比較できること、宇宙船の飛行速度が早いいため同一地域を繰り返し撮映・検討できることにある。

被写範囲がきわめて広いため、1枚の写真に一度に数体の大型地質構造が写し出され、それらの構造の相互関係について根拠ある結論を得る事が可能である。もし衛星からの写真をモニター・ジュされた航空写真に代えると、それぞれの航空写真の撮映条件に避けられない差があるため、航空写真から作製した「モザイク写真」では地質構造の映像がボケてしまうだろう。地形諸要素の自然映像は土壌や植生の被覆による影響がいちじるしく小さく、地質対象が衛星写真上に比較的表現豊かに写し出されるので解読しやすい。人工衛星写真上で或る程度識別可能な地質構造の部分部分を整った地質構造や構造帯にまとめることができることもあり、人工衛星写真が「X線検査写真」的な特定の映像を結ぶことも可能である。たとえば、被覆堆積層を透過して人工衛星写真上に深在潜頭構造の映像を認め得る場合が多い。砂漠地域の人工衛星写真によって地下浅所に分布する地下淡水や地下塩水の賦存地区が識別できることもある。このように人工衛星写真法は解読できる深度と信頼度がきわめて大きい。

宇宙空間から撮映した写真の第2の特徴は地球の地質対象のスペクトル特性の日変化と季節変化によ

*V. И. Севастьянов, В. Е. Хайн, В. А. Ярмолюк (1973): Значение космических методов в геологических исследованиях: Известия высших учебных заведений, Геология и разведка, No. 7, стр. 3-7.

**鉱床部

注1) 鉱量・品位とも移行基準を越えているが、冶金コンビナートへの原料供給計画では予備として開発が後回しにされている鉱床。

って当該地質対象を識別できる、という点にある。そのほか、同一地域の撮映時刻を異にした写真を比較検討することによって、現世の物理地質的現象、すなわち河水と海水の破壊作用、風の作用にもとづく過程、堆積過程の力学的研究、さらに現世火山作用、地震のメカニズムなどの研究が可能となる。

人工衛星などによる地球の写真が備えている上記の諸性質は、次のような一連の地質学的課題の解決にうまく利用できる。すなわち、1) 鉱物資源探査の基礎となる既存の地質図・特殊地質図の改訂および新規編纂、2) 既知の超広域構造・広域構造・局地構造の形態およびそれらの相関関係の再検討と正確な把握、3) 鉱床生成区・油田ガス田生成区の構造の規則性解明を目的とした比較地質学的解析、鉱物資源探査有望地域の判定と鉱床規制・油田規制構造の研究、4) 平野部の深部地質構造の特徴の正確な把握、5) 他の方法では調査研究が限定されている地域（高山岳地域、水域など）の地質学的評価、6) 地域の土木地質学および水理地質学的評価、7) 活地震帯の研究、8) 現世の物理地質学的諸過程（剝削作用、堆積作用、侵食作用、氷河地域の力学的作用、現世火山作用など）の研究、9) 地球と他の惑星の比較地質学的解析にそれぞれ利用し得るのである。

人工宇宙飛行体から得られた情報を利用して解決し得る地質学および地球物理学の課題の範囲は、光学機器だけでなく、地球物理測定装置や赤外線・マイクロウェーブ・放射熱などの測定装置が人工宇宙飛行体に備えつけられるに伴っていちじるしく広がっている。

宇宙空間から記録した地球の磁気分布図は磁場の総体的な性質の判断、広範囲な磁気異常の識別、その変化の研究を可能にし、地球の核とマントルで生じている現象と造構造過程との結びつきを知る上できわめて重要である。赤外線映像からは、広域および超広域の熱異常を識別することができる。そして、この赤外線映像などの赤外線測定資料は、活火山帯・深在断層 (deep fault) その他超広域構造および広域構造と結びついた地球の熱流量の研究に優れた情報を提供してくれる。マイクロウェーブ映像や放射熱映像は天候に妨げられない地球表面の調和のとれた研究や地表に分布する岩石の物理的性質に関する補足的な地質学的情報の入手を可能にしてくれる。

多重スペクトル映像の利用、すなわち可視および不可視スペクトル範囲の誘電率の差を狭いスペクトル間隔で分割して一度にとらえた映像の利用は、とくに有望である。その場合、地質対象のスペクトル特性は得られた映像識別・同定を高い確度でもって可能にしてくれる。

ソ連の地質学者および宇宙飛行士は、宇宙空間から地球を地質学的に研究するため、数多くの試行的作業を行ってきた。地球軌道衛星および縦横可能な宇宙船から各種地理条件下で分布する多くの地質対象の写真撮影とテレビジョン撮像が行なわれ、それと平行してソ連地質省の諸機関によって当該諸地域の高々度航空写真が撮られ、空中と地表での地質調査が実施され、その過程で宇宙空間から撮影した各種写真資料の地質学的解読の結果がチェックされた。最近では、これらの研究にソ連科学アカデミーの地質関係機関やソ連の主な大学の地質関係部門も積極的に加わっている。

とくにすぐれた研究情報資料となっているのは、宇宙飛行士 G. T. BEREZOV, V. N. VOLKOV, G. T. DOBROVOL'SKII, A. S. YELISEEV, A. G. NIKOLAEV, V. I. SEVAST'YANOV, V. I. PATSAEV らによって宇宙船「ソユース」と長寿命軌道宇宙ステーション「サリュート」から得られたオリジナルな撮影資料である。その写真やテレビジョン映像について行なわれた地質学的解読の結果は、カフカス地方、西シベリア低地、中部カザフ地方、アルタイ＝サヤン地域、ツバ地方、天山山脈地方、ヒマラヤ地方などの地質構造に関する概念の基本的な再検討を余儀なくさせ、地質図および構造地質図の編纂に当たって解読データの採用が必要・不可欠となっている。このような新しい情報が得られたことによって、たとえば先に行なわれた地表調査や航空写真地質の研究では地殻の大断層が識別できなかったウラル変動帯の南部にも大断層が大規模に延長しているらしいという考えが生じてきた。

宇宙空間からの写真は、黒海陸棚の地形の研究にも成功裡に利用されている。

諸外国の地質学者も、人工衛星写真の解読過程で面白い地質学的データを得ている。たとえば、アフリカにおける一連の新しい環状構造の発見、Suleyman = Kirtar 鉱床生成区における深在断層と鉱床生成分布との空間的關係の認定、紅海地方における水平転位および同地方の景観タイプと油田分布との相関性の確認がそのよい例である。また、人工衛星写真を用いて初めて、南アラビア地方 As Sawādi 山塊

地域で火山円錐丘の数およびオーマン湾とペルシャ湾に接する地域で岩塩ドームの数を数えることに成功している。

宇宙船にいろいろな撮影機器を組み合わせて装備してあっても、宇宙飛行士の肉眼観察の価値は低くない。その肉眼観察の結果が地質学に有効に利用できる可能性はまだ十分研究されているとはいえないが、この種の研究は人間の眼が備えている高い分解能からすればきわめて有効と思われる。多くの宇宙飛行士は、宇宙から観察する対象が人工衛星写真に写っているよりもはるかにはっきりしていて、コントラストも強いことを認めている。宇宙船「ソユース9号」が飛行したとき、アフリカ大陸北側水域と南アメリカ大陸東側水域で、海岸から数100 kmも離れた深い海底の地形（海底段丘、海溝、海底堆など）が宇宙飛行士によって観察されている。地球の写真をとる場合にもっとも大切なことは、被写体の最適撮影条件を正確に認識することとその条件を選ぶこと、舷側の撮影機器を合理的に組み合わせて使用すること、そして肉眼観察対象と現象、写真撮影対象と現象を地質学的に説明できる方法を開発することをめざした宇宙飛行士の創造的な仕事にある。

いうまでもなく、宇宙技術の諸手法によって得た地質情報が近代地質科学とその応用領域が身につけた多様な研究方法によって集められている情報に取って代ることはできない。しかし「伝統的な」地質学的方法を用いる場合を地殻に関する認識が部分から全体におよんでゆくものとすれば、遠隔研究法（まず第一に惑星地質学的研究方法）は全体から部分へという逆の認識の過程を辿るものといえる。これらの2種の認識方法は排除し合うものでなく、成立する地質学的概念の客観性を保証しながら、互いに補い合い、規制し合うものである。従って、天然資源の研究を目的として人工宇宙飛行体から得られた情報は、他のデータ（航空写真資料、地質踏査・試錐・室内実験などを含む地表作業の結果）と併せて利用しなくてはならない。

現在、宇宙から地球を地質学的に研究できる可能性の範囲、とくに応用部門での可能性の範囲はどれ位のものかという問題に対してまだ完全な答えは出されていない。それは当該研究がまだ実験の段階にあるからである。確実に言えることは、航空写真法の導入の場合と同じように、地質図幅の質を高め、多くの有用鉱床の発見をもたらす、とくに宇宙空間からの地球の研究が地表調査では認め得ない地質構造形態、なかでも惑星規模での地質構造形態を識別・解明できる鍵を地質学者の手にゆだねることになり、さらに鉱床規制構造の研究や鉱床の予測に際して大きな力となるということである。

この新しい研究方向の発展の将来性はすでに組み立てられた基礎に規制されるが、ソ連は必要とするすべてのもの、すなわち、性能の高い高々度用飛行機、地球軌道上の人工衛星、操縦可能な宇宙船、大気圏および宇宙空間からの撮影（像）用の近代的機器、入手情報の高性能自動処理用機器、ソ連地質省・ソ連科学アカデミー・高等中等専門教育省の各関係機関で働く専門家の高級有資格者を擁していることを最後に述べておく。