ウラン探査におけるリモートセンシング

(動力炉・核燃料開発事業団) 橋本好一, 和田洋明

ウラン探査にリモートセンシングを適用することは、ランドサット1号の打ち上げ以来、米国を中心に活発な研究開発が行われている。リモートセンシングは、より集中的かつ効果的にウラン探査を行うため広い地域から有望地域を抽出・選定することに有用な役割を果たすものと思われ、将来の発展と有効利用が期待される分野である。ウラン探査に適用する場合の予備知識を概説し、それに関連してランドサットを中心に OECD におけるいくつかの応用例を紹介するとともに、オーストラリアのオフィサーペーゲン地域を対象とした動燃事業団における検討結果を述べる。

I. はじめに

リモートセンシング技術を歴史的に見ると、最初は大気球を用いた空中写真術から出発した(1858年)といえる¹⁾。それ以来、空中写真は地図の作成や地形描写に広く用いられて来た。その後、他のより高度なセンサーの出現により、いわゆる“リモートセンシング”として広く受け入れられるようになった。

過去10年間のリモートセンシングに関する技術的進歩は目覚ましく、特に1972年に米国が打ち上げた地球観測衛星“ランドサット1号”は同時広域観測、周期観測およびそのデータが画像解析処理のために優れていることなどの特色を有し、リモートセンシングの将来を確固たるものとする期待を抱かせ、同時にランドサットのもたらす情報の解析およびその応用技術も並行して発達していった。しかしながらリモートセンシング技術は未だ完成したものではなく現在、発展途上にあり、むしろ今後には画期的な新技術開発と応用が期待できる分野である。

ランドサットシリーズはその最後となるランドサット5号が1984年3月に打ち上げられた。フランスは1985年に地球観測衛星(SPOT-1)を、さらに我が国は海洋観測衛星(MOS-1: 1986年)や地球資源衛星(ERS-1: 1988年)の打上げを計画予定している。

ウラン探査へのリモートセンシングの適用については、ランドサット1号の打ち上げ以来、米国を中心に活発な研究開発が行われて来た。1976年にはIAEAの提案でウラン探査への適用についてのテクニカルレポート作成のため米国で専門家会議が行われ、続いて1978年には別の専門家グループが召集されてレポートを作成している。また OECD のワーキンググループは1980～82年に主としてランドサットを用いてウラン探査技術の研究・開発を行い、1982年に中間報告を行なった。

日本国内でのウラン探査にリモートセンシング技術を適用した例はないが、動力炉・核燃料開発事業団(動燃)は現在、海外において進めている探査プロジェクトのいくつかで、リモートセンシング技術のウラン探査への適用を試みている。

以下、本稿ではリモートセンシング技術をウラン探査へ適用する場合の予備知識を概説し、それに関連してリモートセンシングで何がわかり、何に期待できるか、ランドサットを中心にいくつかの応用例を紹介するとともに今後の課題・展望についても述べる。

II. リモートセンシング情報とウラン探査

1. “リモートセンシング”

リモートセンシングとは、航空機や衛星を用いて地球表面から反射または放射される電磁波(紫外線、可視光、赤外線、マイクロ波等)を測定し、対象とする物体に関する情報を遠隔的に、かつ非接触で収集し、地表における物体の識別や状態・環境条件等を判別する方法であり、 γ 線測定や磁気測定のような物理探査法は含まない(第1図参照)。

このように定義すると、リモートセンシングは僅かながら透過能力を有するマイクロ波を除いて地表面下を直接測定する能力をほとんど持たないこと、また γ 線エネルギースペクトル測定やウラン探査のための特殊な地球化学的方法などと異なり、ウラン探査のための特別な技術でないことも理解できる。

2. ウラン鉱床とリモートセンシングのターゲット

ウラン鉱床の探査にリモートセンシングを適用する場合、まずその出発点はその地域の地質状況から探査の対象となるウラン鉱床のタイプを決め、それに係わ

Remote Sensing in Uranium Exploration: Yoshikazu HASHIMOTO, Hiroaki WADA.

(1984年 3月31日 受理)

第1図 リモートセンシングに利用される電磁波の波長域と大気の透過率(広沢 1983; 一部改訂)

る特徴的なターゲットを決定することである。

世界に産するウラン鉱床はその成因、母岩の種類、地質構造などによって多くのタイプに分類される⁽²⁾⁽³⁾。西側世界の確認ウラン資源の70%強はそのうちの3つのタイプの鉱床で占められている。この3つの鉱床タイプとおおの主なターゲットを示す。

(1) 砂岩型鉱床*: ウラン鉱床としては現在最も重要なタイプであり、西側世界でこの資源に属するものは11%に過ぎないが、米国の資源の95%以上がこれに属する。

主なターゲット: ①古チャンネル(地下の水路), ②赤色砂岩, ③酸化帯と還元帯, ④断層

(2) 不整合関連型鉱床**: 約10年前に発見された Unconformity-vein または Unconformity-related deposits と呼ばれるウラン鉱床のタイプで、近年その資源ポテンシャルは全鉱床中、最大であろうといわれている。

主なターゲット: ①基盤岩類とそれを被覆する砂岩との境界, ②剪断帯, ③変質帯(緑泥石, 赤鉄鉱), ④岩脈(苦鉄質)

(3) 石英中礫礫岩型鉱床**: 最も古いウラン鉱床で、世界のウラン資源の約19%を占める。

主なターゲット: ①原生代と始生代の地層の境界

3. ウラン探査システムにおけるリモートセンシングの役割

ウラン探査システムは通常5段階に分けられる(第1表)が、リモートセンシングはこのうち最初の3段階において有益なデータを提供する⁽⁴⁾。

(1) 初期調査

この段階は小縮尺の地質図を用意し、調査する鉱床の地質モデルを選び、そのタイプの鉱床が存在する諸条件が抽出される有望地域を限定することである。

全域をカバーしたランドサット画像から写真地質学的解釈法により、対象地域の構造や岩質に関する多くの情報を抽出し、有望地域を選定する。

この情報は単位面積当りの解釈のコストが非常に安

* 砂岩またはこれに関連する岩石中に胚胎する鉱床で、ほとんどの鉱床は陸成堆積岩中に産する。米国のウラン鉱床で代表され、多くの場合、母岩は4億年よりも若い炭質物を含む河川成砂岩である。

** オーストラリアの北部準州やカナダのサスカチワン州の大規模・高品位鉱で代表され、鉱床は始生代または原生代の基盤岩とこれを覆う原生代の堆積岩類との地層の境界(不整合面)周辺の剪断帯に胚胎する。

** 後期始生代-前期原生代に始生代の基盤岩上に堆積した含黄鉄鉱石英中礫礫岩中に胚胎する鉱床で、南アフリカのウィットウォーターズランド地方とカナダのオンタリオ州のブラインドリバー地方の鉱床で代表される。

第 1 表 ウラン探査の段階とリモートセンシング

(IAEA(1981); 一部改訂)

探査の段階 (縮尺)	作業内容	面 積 (km ²)	リモートセンシング技術 ()内は補助的技術	ウラン探査技術
初期調査 ($<1/500,000$)	有望地域および鉱床 モデルの選定	100,000~10,000 (~40,000)	ランドサット (SLAR (小縮尺の航空写真))	空中磁気探査 地化学探査 地質踏査
広域探査 (1/500,000 ~1/50,000)	有望地区の選定	20,000~1,000 (~2,000)	ランドサット, 航空写真 (SLAR)	電磁探査 重力・磁気および放射能 探査 地質概査 地化学探査
精密探査 (1/50,000~ 1/6,000)	有望個所の選定 鉱床の確認	1,000~10 (~100)	大縮尺の航空写真 (ランドサット等マル チスペクトル画像 カラー航空写真)	物理探査 地化学探査サンプリング 地質精査 グリッド試錐 ピットおよびトレンチ 調査
企業化探査 (1/6,000~ 1/1,000)	鉱床評価 (品位, 鉱量 製錬法検討)	10~1 (~2)	————	テスト試錐 物理探査 系統的なサンプル採取 および試錐 化学分析 地質精査
開 発 ($<1/1,000$)	鉱山開発計画 (品位, 鉱量の確認 製錬法の決定)	<1	————	製錬テストプラント 坑道および露天採鉱 化学分析

価で、その内容は非常に範囲が広い。

期待できる主な情報：①広域地質情報，②地形情報，③気候等環境情報

(2) 広域探査

この段階は初期調査で選ばれた有望地域を、物性の違いなどを利用した新しい情報を加えて、より小地域のより詳細な調査を系統的に行う。ランドサットおよび航空写真は共に有用な地質情報を提供できる。

期待できる主な情報：①広域地質構造環境，②堆積岩や貫入岩体など岩石諸単元の分布，③変質した岩体，④断層および断裂，⑤カルデラや岩せんだーム(火山の特徴)

(3) 精密探査

この段階はウラン鉱床を胚胎するための諸条件が抽出された有望個所の岩質・地質構造および鉱床賦存の特徴を、より精密に明らかにすることを目的としている。

在来の空中写真により詳細なデータをもたらずであるが、ランドサット等のマルチスペクトルデータから得られる画像は新しい特殊な情報をもたらす。例えば、ランドサットデータのデジタル強調処理はウラン鉱化作用周辺の変質帯の輪郭を示すことができ、熱赤外画像は航空写真でははっきりしない構造の輪郭を示すことができる。カラー赤外写真は植物の鉱物毒害に関連した生物学的異常を明らかにするかも知れないが、この技術は一般的に利用されるまでには至って

いない。

以上のように、リモートセンシング技術の現状は単独で多くの情報を提供できる。しかし、この情報はもちろん、その他の探査概念に適合した異なった種類のデータ、例えば地質図、重力および空中磁気図等、地球物理探査ならびに地球化学的探査結果などあらゆる探査情報と組み合わせる時、最も効果を発揮することになる。さらに将来、今後の技術開発と他技術との組合せによって直接探査法に近い有効な技術へと発展が期待される技術分野である。

Ⅲ. リモートセンシングデータと

その測定・処理・解析

1. リモートセンシングデータ

(1) データの種類

いくつかの種類のデータが利用可能だが、主なものは次の3種である。

(1) ランドサットデータ：1972年以来、ランドサットは2つの画像システム、①マルチスペクトルスキャナー(MSS)および②TV・タイプカメラ(RBV)を搭載し、可視および赤外の一部波長帯域に関する全地球(極地は除く)のデータを地球へ送って来た。

そのデータは米国を初めとする世界の多くの配布センターから、わずかな費用で入手でき、ウラン探査の初期的段階に必要な各種地質情報に関する優れた情報

源となっている。

(2) 航空写真: 航空写真にはパナクロ写真・カラー写真・赤外モノクロ・赤外カラー・マルチバンド写真などがあり、それぞれ目的によって使い分けられている。航空写真は解像力の高さ、実体視が可能などから、現在においても写真解析の主力をなし、各種測定、土木工事に必要な地質調査、地図作成と広く利用されている。

(3) 合成開口レーダ(SAR)画像: SARはマイクロ波を対象地域に向けてパルス発信し、その反射信号を一定時間間隔で受信して対象の画像情報を得るもので次の特徴がある。

- ① 全天候性(雲を通過し、夜間でも観測可能)
- ② 地形起伏や表面粗さ(地表面の微小な凹凸)を把握し易い: 抽出し易い地質現象として、リーアメント*や環状構造などが考えられる。

(2) データに含まれる情報

(1) 物理的情報: リモートセンシングデータは資源探査に必要な各種地質情報に関する種々の物理的特性情報(天然に産する岩石・鉱物の反射、分散、輻射および熱的特性)を含んでいる。リモートセンシングをウラン探査に利用する場合はそれらの特性および各特性の相互作用機構、それらの特性の測定・表現方法についてよく理解することが望ましい。

(2) 地質情報: リモートセンシング技術の現状は地下の鉱物・鉱床あるいはその環境を直接には探知しないが、そのデータには岩質・地質構造および地形等多くの情報を含んでいる。断層や断裂の位置および岩相の違いは特殊な地形、植物の分布や密度のパターン、水系パターンによって識別できる。

2. データからの情報抽出と解析

リモートセンシングデータからの地質情報抽出・解析には多くの方法があるが、次の方法が一般的である。

- (1) 最も広く用いられ、成功を収めている方法は画像を写真地質学的に解釈する方法である。
- (2) いくつかの地質学的現象あるいは特徴を有する地域を区別するためにデータをコンピュータで処理し定量的に扱う方法。この場合、対象に関する地質現象や物理的プロセスをよく理解するとともにコンピュータの利用が必要である。

3. 地表構成物質の物理的特性とその測定方法

地表構成物質の物理的特性やその測定方法をよく理解することは、リモートセンシング全般(データ取得→解析→解釈)にわたり極めて重要である。

(1) スペクトルの反射と輻射

地表からの電磁波の反射および輻射特性(0.4~25 μm)は、地表の構成物質や物理的状态によって決まる。重要と思われるスペクトル特性は次の通りである。

- (1) 岩石や鉱物の反射スペクトルは、遷移金属(主として鉄)を含む様々な電子効果や水酸基・水・炭酸塩に基づく分子振動に支配される。
- (2) 鉱化地域の諸岩石にしばしば伴われる鉄の酸化物や粘土鉱物は、特徴的なスペクトル特性を有する(酸化鉄: 1 μm 帯, 粘土鉱物: 2 μm 帯)。
- (3) 8~14 μm 帯は SiO_4 の分子振動特性により岩石・鉱物の識別に有効である。

(2) 熱画像

熱画像は地上-大気界面での物性(反射、輻射、熱的性質)の違いや、同界面で作用する各種熱伝達機構により色素変化を示し、非常に高温の地面や主な構造規制**、あるいは岩石の大きな違いなどは色調(値)や色調パターンの違いとして観測できる。例えば、①リモナイトとドロマイトが熱的性質の違いにより区別できる。②熱画像データはデジタル画像処理、熱モデル(作製)および対象地域の気象状況の組合せにより最も有効に利用できる。

(3) サイドルッキングレーダー(SLAR)

SLARは能動型(自己照射型)センサーであり大気の影響を受けない。したがって、常時雲に覆われている熱帯地域などでは極めて有効である。

SLARの地上分解能は最終的には受信開口(数)にコントロールされ、高分解能を得るには大きな受信アンテナを必要とし、分解能を改善するために“合成開口”(センサー名は合成開口レーダー: SAR)と呼ばれる技術が発達して来た。新しいシステムの地上での理論分解能は15m×15mである⁽⁴⁾。

合成開口レーダーの重要な特徴は、分解能が飛行高度に無関係であることで、衛星で観測する場合でも、航空機観測システムによって得られるのと同様の高分解能が得られる。

4. 画像処理

画像処理は地表の特徴(例えば、線状構造や色調変

* リニアメントとは、空中写真あるいはリモートセンシング画像データ上で識別される地殻の構造を反映すると考えられる(図面におとせる規模を持つ)地表の単一または複合した線状の形態。

** 鉱床あるいはその富鉱部は、多くの場合特定の地質構造をなしているところに賦存する。このように地質構造に支配を受けていることを構造規制という。

化)を強調したり、画像を幾何学的に正したり、そろえたりすることで、大略的に見て①画像の種々の歪みを除去する前処理、②画像からターゲットとなる対象を

抽出する強調処理、③岩相区分などの領域分割、等に用いられる。第2図に模式的なランドサット処理のフローチャートを示す。

第2図 簡略化したランドサット画像データ処理のフローチャート

Ⅳ. ウラン探査への応用

実証されたウラン探査への応用例は現在までそれほど多くないが、米国、ブラジル、オーストラリア、カナダ、ヨーロッパなどで応用および応用研究が行われて来た。我が国では国内での例はないが、動機が海外で

行なっている調査探鉱プロジェクトの幾つかで、技術開発も含めて利用している。以下に、いくつかの応用例を紹介する。

1. OECD の応用研究⁽⁶⁾

この研究は、世界各国のウラン鉱床あるいはウラン徴候が認められている地域で、ウラン鉱床のタイプ別

に行われ、ランドサット画像から線状構造、環状構造を抽出して解析し、一部の対象地域については、植生パターンおよび褐鉄鉱汚染地区をカラー合成画像から抽出した。また、これらの抽出したデータとその地域の地形、地質、物理探査データとの対比を行なった。なお、フランスとオーストラリアではグランドトルース*を実施した。この結果、多くの対象地域で画像から強調抽出したリニアメントが、地質や時には物探データにおける広域の方向性と一致した。

次に、世界の代表的なウラン鉱床である不整合関連型鉱床と砂岩型鉱床について、研究の一部を紹介する。

(1) 不整合関連型鉱床

1970年頃以降に発見されたウラン鉱床のタイプで、近年その資源ポテンシャルは全鉱床タイプ中、最大であろうといわれており、オーストラリアの北部準州およびカナダのサスカチワン州北部地域の高品位、大規模鉱床で代表され、今なお発見が続いている。

今までのところほとんどの鉱床は始生界の変成された基盤岩と原生界の変堆積岩との境界付近の剪断帯に胚胎し、緑泥石や赤鉄鉱の変質帯を伴うのが特徴である。

(1) カナダ・サスカチワン州での研究結果

第3図 パインクリーク地帯の地質概略図(OECD, 1982)

(2) 砂岩型鉱床

米国のコロラド型鉱床などが代表的な鉱床で、大陸の閉ざされた構造盆地あるいは盆地周縁の4億年よりも若い陸成・河川成の砂岩中に胚胎する。

(1) 米国コロラド高原における研究結果

- ① 基盤の構造はそれを覆うアサバスカ砂岩中のリニアメントに反映されていることが多い。
- ② リニアメントの優勢な方向性と基盤の走向(N-E)方向が一致する。
- ③ 環状構造は鉱床と何らかの関係がありそうである。
- ④ E~NE方向のリニアメントが集中し、環状構造の認められる地域は有望なウラン鉱床探査対象地域となる。

(2) オーストラリア北部準州(パインクリーク地域)での研究結果

- ① ランドサット画像から抽出したリニアメントは、当地域のウラン鉱床地帯を横切るNEおよびE~NE方向の線状構造に一致する。
- ② ENE方向のリニアメントは、パインクリーク地帯斜形成の最後のステージに関係していると思われる、ウラン鉱化作用時の鉱液の通路となった割れ目の方向を示しているものと考えられる。第3図は本域の地質概略と主なウラン鉱床の位置を示し、第4図はランドサット画像から抽出したリニアメントに関する解析結果である。

- ① ジュラ系中の鉱床はNE方向のリニアメントに沿って分布し、三畳系中の鉱床は沿う場合

* 対象表面(地表)におけるデータまたは情報収集を直接行うことで、遠隔検知されたデータと対象表面上の特性とを関連付けるために行われる。

コンボロジー砂岩および Rum Jungle 地域でリニアメントの密度が高く、ウラン鉱床はすべてこれら高密度地域に位置している。(OECD, 1982).

第 4 図 リニアメントの密度分布図

と沿わない場合がある。

- ② リニアメントは、古生代以降に形成された地質構造(断層等)線を反映しているようである。
- ③ この地域に対するリニアメント解析によってリニアメント濃集帯が約20抽出され、それらは広域の地質構造や物探データと対応しているとの結果が出ている。
- ④ グランツ地域では、2方向のリニアメント濃集帯がウラン鉱床の分布と一致した。NW方向のリニアメントは地域南東部に分布する鉱床で、その%の鉱床について位置や方向性が一致し、NE方向のリニアメントは本域のウラン鉱床の断裂の北西端に特徴づけられる。

2. 動燃の応用研究

現在、動燃はカナダ、アフリカ、オーストラリアなどウランポテンシャルの高い地域で探査活動を進めているが、ウラン探査の効率化の一環としてリモートセンシング技術の適用導入を図ってきた。

(1) オーストラリア・オフィサーベースン地域での応用例

西オーストラリア・オフィサーベースンは、始生界のイルガルンブロックを構成する花崗岩や変成岩類を基盤に、下部古生界から第三系までの浅海成～非海成の堆積岩によって構成されており、主要なウラン鉱床は

ベースン(盆地)内の古チャンネルに沿って白亜紀～第三紀の陸成堆積岩中の含炭質物砂岩を母層として胚胎している。

オーストラリアにおけるリモートセンシング技術の応用研究は、ランドサットデータの解析結果が堆積型ウラン鉱床の探査に有効性を見出すことを目的として始められた。

オフィサーベースンでは、ウラン鉱床胚胎条件のうち特に堆積岩の分布と古チャンネルの抽出に重点を置き、リモートセンシングの有効性について検討した。

(2) オフィサーベースンでの研究結果

- ① ランドサットデータから岩相区分がある程度可能であることが示された。
- ② 被覆植物のローカルな変化から古チャンネルを抽出できる可能性が示された。
- ③ 地表被覆分類、岩石露出頻度およびローカルな植物量の各データからウラン探査候補地を総合的に評価する方法を模索し、その総合評価図で得られた高得点域は、既探査地区においては鉱床賦存地域とよく一致した。さらに、この結果から周辺地区での鉱業権取得にも役立てることができた(第5図)。

第 5 図 研究全体のフロー

V. リモートセンシングにおける 今後の課題と展望

リモートセンシング技術応用の主な目的は、より集中的かつ効果的にウラン探査を行うため広い地域から有望地区を抽出・選定することであり、今後の技術開発の課題はこれらの情報精度と解析技術を高めることであろう。

1. 空間分解能の改善

1981年までの衛星スキャナースystemは、可視・近赤外域データで空間分解能は約80m、熱データでは500mであったが、1982年7月に打ち上げられたランドサッ

ト4号に搭載されたTM(セマティックマッパー)の分解能は、可視・近赤外および中間赤外スペクトル域で30m、熱赤外で120mと著しく改善された。また、1985年に打上げが予定されているフランスのSPOTでは、可視・近赤外域で空間分解能は白黒画像で10m、カラーで20mである。なお、マイクロ波については、1978年に米国が打ち上げたSEASAT 1号は25mという高分解能の画像を提供して世界の注目を集めた。その後マイクロ波については、スペースシャトルによる実験が継続されており、この実験で得られたSIR-Aによる画像は、サハラ砂漠の砂の下に古代の川の跡を発見して注目された。スペースシャトルによるマイクロ波に関

する実験は、合成開口レーダー(SAR)の実験に主眼が置かれている。

2. スペクトル(区間)分解能の改善

スペクトル(区間)分解能を改善することは、空間分解能の向上と同様、岩石や鉱物の識別能を改善することとなり重要である。実験室での研究により、いくつかの鉱物に関してスペクトル特性が確かめられている。この分解能はランドサット4号では従来の3号までと比較して改善されている(第2表)。

第2表 ランドサット4号搭載の
TMのスペクトルバンド

バンド	スペクトル幅(μm)
1	0.45~0.52
2	0.52~0.60
3	0.63~0.69
4	0.76~0.90
5	1.55~1.75.....中間赤外
6	10.40~12.50.....中間赤外(熱赤外)
7	2.08~2.35.....中間赤外

3. 波長帯域の追加

従来の研究は、主として1.1 μm 以下の可視および近赤外域におかれて来たが、地質区分により有効な領域は前述のように2 μm 帯および8~10 μm 帯である。さらにマイクロ波領域では、透過能が大きいことによる情報追加が見込まれる。これらについてもすでにランドサット4号で改善がなされ、現在4号で得られた下記の結果の検証が行われている。

- (1) 粘土質岩石の分布が2 μm 帯、バンド7を用いることにより識別できた。(カリフォルニア州・デスバレーの乾燥地において)
- (2) 花崗岩、珪岩、火山熔岩の検出が可能。
- (3) 扇状沖積地の輪郭抽出が可能。
- (4) 熱バンドを併用することにより、沖積地と岩石地の分離が容易となった。
- (5) デトロイト域の地質構造の特徴抽出が可能。

4. その他

将来のシステムは空間分解能の向上により、得られるデータ量も膨大な量になることが予想されるため、

データを衛星上で処理し、重要な情報のみを地上に送るような機構も検討されている。また、実体視機能の追加も必要である。実体視については、フランスのSPOTで可能となり1985年1月に打上げが予定されている。SIR-Bでもステレオ画像の取得が予定されている。

Ⅶ. まとめ

ウラン探査の目的は経済的に開発可能なウラン鉱床を発見することである。この分野におけるリモートセンシング技術の適用は次の通りである。

- (1) 現在、直接ウラン鉱床を発見できるものではなく、岩石、地質構造および地形など、主として地質構造の情報取得に寄与するものである。
- (2) 既存のウラン鉱床のタイプ別特徴をよく理解したうえでターゲットを明確にし、それに合ったデータを取得し、得られた情報を解釈する過程においては、地質学的、地球化学的および地球物理学的データなど探査で得られるあらゆるデータと、総合解析することにより、有効な情報を得ることができる。
- (3) ウラン探査システムの幾つかの段階で用いることができるが、特に初期段階の調査において経済的にみて価値あるデータを提供する。
- (4) 今後、空間分解能およびスペクトル(区間)分解能の向上や、従来用いられなかった波長帯域からの情報および実体視機構の追加などにより、ウラン鉱床の賦存に好ましい岩石や地質構造上の特徴をさらに精度高く識別することが可能になることが期待できる。まだこれからの技術開発によって将来の発展と有効利用が期待される分野である。

—参考文献—

- (1) ALEXANDER, F.H., et al.: *Econ. Geol.*, **78**, 573 (1983).
- (2) DAHLKAMP, F.J.: *Miner. Deposita*, **15**, 69~79 (1980).
- (3) NASH, J.T., et al.: "*Economic Geology, Seventy-Fifth Anniversary Volume 1905-1980*", 63-116 (1981).
- (4) IAEA: "*Remote Sensing in Uranium Exploration*", Tech. Rep. Ser. No. 208, (1981).
- (5) OECD: "*Uranium Exploration Methods*", (1982).