

空中写真地質講座

(3)

松野久也

判 読

空中写真の「地質判読」は「geologic interpretation」の訳語として一般に用いられている。これを直訳すれば「地質学的解釈」である。写真地質学においてこの用語は非常に広い意味に用いられており普通には2つの過程に分けられる。すなわち観察と解釈とである。

第1過程の観察は地質資料を得るための写真の観察とその観察資料の記録である。もちろん種々の計測はこの過程に含まれる。第2過程の解釈は第1過程で得られた観察資料ならびに計測値を基にした地質学的解釈である。

地質判読における上述の観察と解釈とは互いに密接不可分である。すなわち地質家が写真上の特徴をよく観察し区分できるか否かは彼の判読者としての能力いかににかかっているといっても過言ではない。同時に判読者がその得られた観察資料を地質学的によく解釈できるか否かは彼の地質家としての能力いかにによって決まるのである。

判 読 の 論 理

空中写真地質学における解釈は演繹的推理ならびに帰納的推理の組み合わせである。演繹的推理は一般的なものから特殊なものを演繹する推理方法である。たとえば写真上で河床からある高さのところに平坦な面が認められる場合われわれはこの平坦面を河岸段丘であると認定する。さらに進んでこれら河岸段丘は礫および砂によって構成されるものと演繹する。

帰納的推理は全く逆であってある特殊なものから一般的なものを帰納する推理方法である。たとえばわれわれが写真上で火山錐を観察識別したとする。次にわれわれはその地域は火山活動をこうむったものと帰納的に結論を下すのである。このような結論から逆に火山に伴う熔岩流のような他の特徴を見出すことが容易となることはあらためていうまでもない。

地球表面の特徴は非常に複雑である。すなわちいろいろな自然の作用によって形成されたものであり数多くの地質学的事件の積み重ねである。したがって

その解釈は容易でない。演繹的な推理方法と帰納的推理方法を組み合わせて始めてより完全な解釈が可能となるのである。

経験的解釈と理論的解釈

ある地質の特徴は既知の特徴と比較対照することによって認定できる。このようにすでに実証された特徴の映像は写真判読のカギである。このようなカギによる判読は経験的方法である。一方ある特徴はその成因形態およびその他の物理的特性などの考察から認定される。このような理論的方法はより一そう判読者に地質学者としての広い知識を要求する。

地表の地質現象は建設的な型破壊的な型あるいはその両者の組み合わせた型に分けることができる。

建設的な型に属するものは扇状地三角州火山錐などによって代表される。これらはその形を手がかりとする経験的解釈によって認定される。同様に破壊的な型として分類されるもの——たとえば背斜性の隆起あるいは断層など——も経験的方法で認定することができる。しかし自然現象は経験的方法を即座にかつ一様に適用できるほど簡単なものではない。またそれぞれの成因も多元的である。すなわち建設的な型と破壊的な型との複雑な組み合わせである。したがってこのような地質現象の解釈には観察資料の理論的処理が必要である。この理論的処理には観察資料を説明する種々の関連科学の知識が必要である。

たとえば写真上で植生の異なった地域が相接して識別されたとする。この場合判読者に植物生態学の知識がなければこの両地域の間には地層境界があると推論するにとどまる。しかしもし植物生態学の知識があればさらに進んで下に伏する岩石の透水性の差まで推察できるのである。逆にこれによって地層境界の推察もより確実なものとなるのである。しかしながら写真地質学における観察資料の理論的処理の結果得られる結論は現地検討を伴わない限り決定的なものではないことに注意しなければならない。

写真からの情報の分類

写真からの情報はそれぞれ確実性を異にする。し

たがって これらはその度合によって 第1級 第2級 第3級……と分類される。たとえば 前述の河谷に沿ってある高さに存在する平坦面は第1級の情報である。これを河岸段丘であるとする認定は第2級の情報でありその段丘が砂・礫からなると演繹した場合 これは第3級の情報である。これらの情報の確実性は その級が高いほど高く 逆にそれが低いほど低くなる。第2級 第3級以下の情報の解釈には たびたび述べてきたように 判読者の地質全般に対する知識の広さと その地域に対する経験の度合いとが大きく物をいうことはいうまでもない。

地質判読の根本は 写真上での地形的特徴の解析であるといっても過言ではない。事実 このような考え方が支配的である。すなわち 地形的特徴はその地形面下における岩石の物理化学的性質と それを受けた二次的変形(断層 褶曲 節理 傾動 撓曲等)との反影である。しかし 地形的特徴ばかりで地質判読が完全にできるとは考えられない。地質構成に支配される土壤 ひいては土壤の性質に支配される植物被覆なども重要な要素である。すなわち 土壤や植物被覆の違いが写真上に明暗の違いとして記録され 写真地質学では 逆にこの違いからその違いを生じた地質の差を判読するのである。空中写真地質学では 地表の特徴を次のような識別要素に基づいて識別するのである。

1. 写真の階調
2. 色
3. 写真の肌理

4. 模様
5. 形態
6. 大きさ
7. 識別要素の組み合わせ

これらの識別要素は

1. 撮影レンズ(とくにその写角)
2. 撮影高度
3. フィルムおよびフィルターの種類

によって根本的に支配される

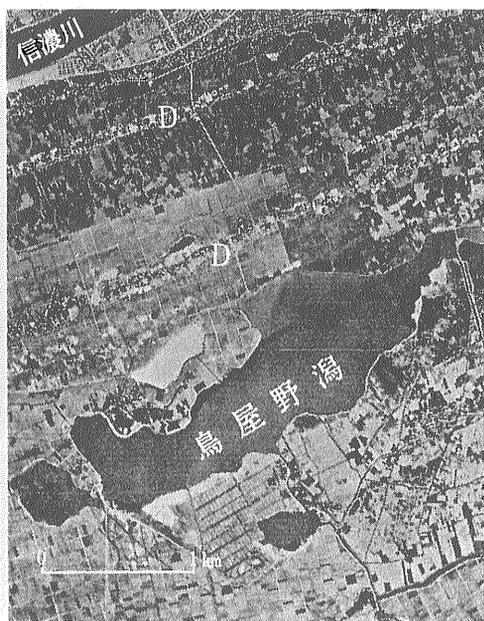
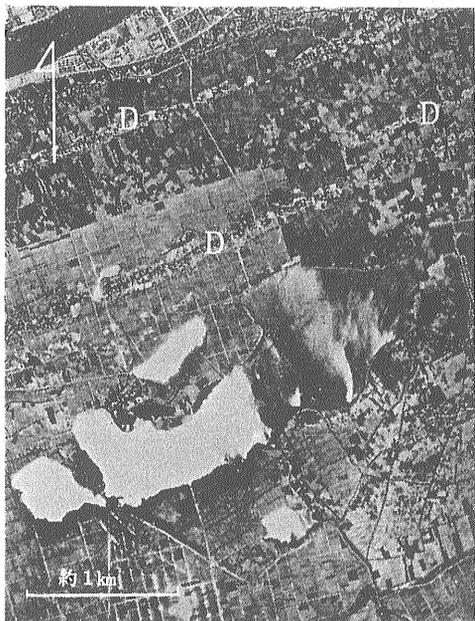
識別要素

写真の階調 (photographic tone)

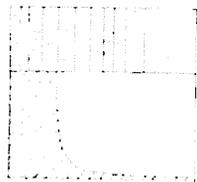
すべての被写体は 黒白写真上に 白と黒とを両極端とし その間の漸移的に明暗の異なる灰色で記録されている。人間の眼は この明暗の微妙な差を区別することが可能である。この明暗の度合いを写真の階調 (photographic tone) と称する。これは換言すれば 被写体から反射して写真上に記録される光の量に対する物さしである。

以上の理由から 階調は黒白写真におけるもっとも基本的な識別要素である。しかしながら 写真の階調は非常に多くの要因によって影響されるため その有効性に限度があることを念頭におかなければならない。

- 第1に 写真の階調は 反射率によって生ずるものであり 被写体の太陽に対する位置に支配されることである。

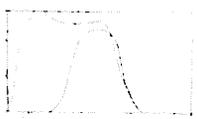


第17図
新潟市南方郊外
反射光線の角度の違いによって 鳥谷野潟および付近に点在する沼が 全く異なった階調および肌理を呈して記録される
砂丘 (b) は 砂丘間低地に比べて より明るい階調を示し 両者は 階調の違いによって 容易に区別できる
また 砂丘は果樹園および住宅地として利用され 砂丘間低地は 水田として利用されており 土地利用の違いも 両者の有力な識別要素となる



第18図

上はラッテン12
(マイナスブルー)
フィルターの吸収帯
(陰影部)と透過帯
(白い部分)
下は上記フィルター
による有効感度の変
化を示す



調な写真を生ずる したがって このような撮影条件下で
パングロフィルムを使用する場合には 例外なく青の部分以
下の短い波長の光を除去するために マイナス・ブルーのフ
ィルターが用いられている 比較的長い波長すなわち赤外
線に近い方の光線は 逆にもやを透過することが可能で 暗
い天候の時にでも コントラストの良い写真を作り出すこと
ができる この場合 フィルターによってフィルムの有効感
度が変わってくる(第18図)

以上のほか カメラのレンズ系の光学的特徴から写真の中央
部と周縁部とは 明るさが異なる
このような特性は広角(短焦点)レンズほどいちじるしい
また フィルムの種類 その現像処理等も写真の階調に影響
する重要な要因である

以上述べたような理由から 異なる写真間の階調の相
対的差を比較することは意味がなく ひいては階調の標
準尺度の利用価値についての疑問が生じてくる。

このように写真の階調は非常に多くの要因によって影
響されるが この項の初めに述べたように 黒白写真に
おける識別要素中もっとも本質的な要素であることは改
めていうまでもない。

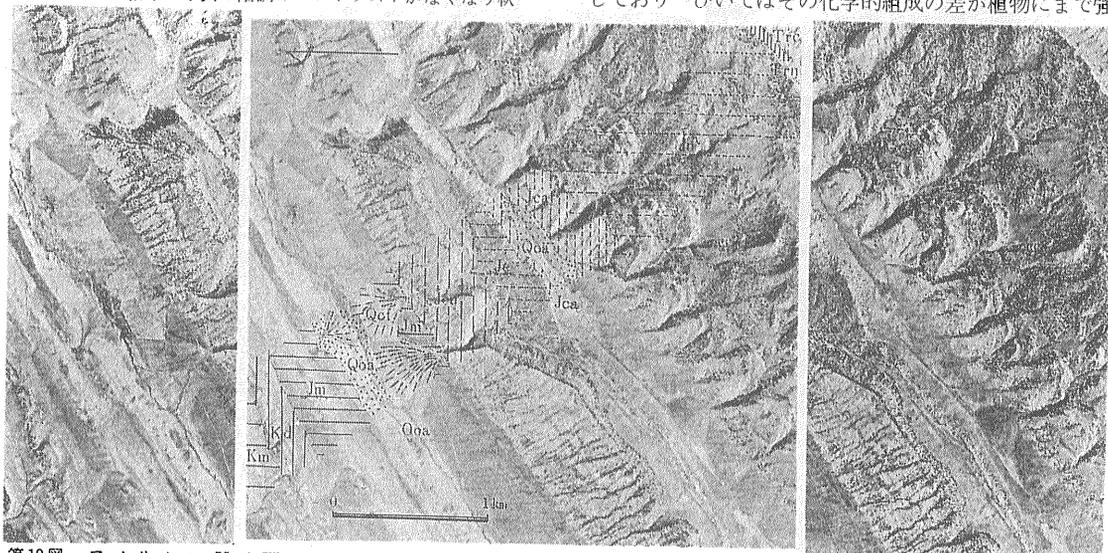
乾燥あるいは半乾燥地帯では 表土や植物被覆が少な
く 広い範囲にわたって岩石がよく露出している。こ
のようなところでは 岩石の色 それらの鉱物組成ある
いは化学組成の違い さらに これらに付随する表面の
特徴の違いが 写真の階調の差として記録されている。
したがって このような地域の地質単元は 主としてそ
の階調の差からほとんど直接的に区分できる。(第19図)

このような地域では たとえば表土に覆われていても
表土が由来した直接下の岩石の化学的組成を顕著に反影
しており ひいてはその化学的組成の差が植物にまで強

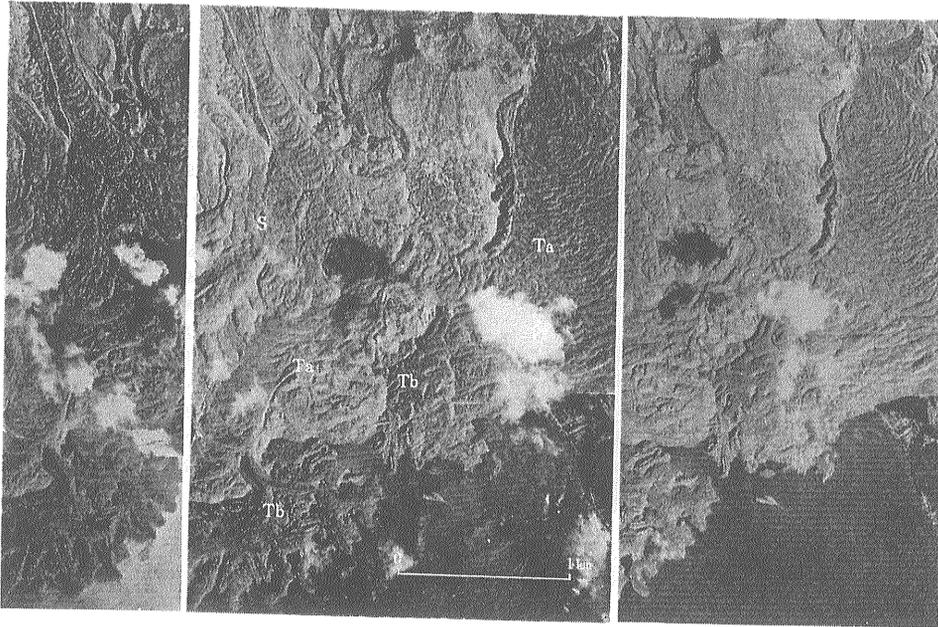
いいかえると 階調は撮影時刻 季節 地理的緯度 天候など
によって異なる このために われわれがきわめて普通
に知っている被写体が写真上に その自然の状態から全く
想像もできないような映像となって記録されることがある
このもっとも顕著な例が各種の水塊の映像である。飛行機
の位置の移動による太陽の角度 すなわち反射光線の角度の
変化によって 同一の水塊が白から黒までいろいろな段階の
階調を示すのである(第17図)

第2に 使用フィルターの種類およびフィルムの
感度によって影響される

たとえば 高度撮影ではもやが光線スペクトル中 青の部分
を散乱させる結果 写真の階調のコントラストがなくなり軟



第19図 アメリカの Utah-Wyoming 州にまたがる Manila 図幅の一部 Trc-Moenkopi 層: Trn-Chinle 層およ
び Shinarup 礫岩(以上三疊系) Jn-Navajo 砂岩(下部ジュラ系) Jca-Carmel 層(中上部ジュラ系) Je-Entrada 砂岩・Jcu-
Curtis 層・Jm-Morrison 層(上部ジュラ系) Kd-Dakota 層・Km-Mowry 頁岩(下部白亜系) Qoa-古期洪積層 Qof-同扇状地堆積物
(写真および地質資料は 1961 年国連空中探査講習会における教材から)



第20図
桜島東南麓基盤岩 有史前
の熔岩—大正熔岩 (Ta) お
よび昭和熔岩 (S) さらに
熔岩トンネルから二次的に
流出した熔岩 (Tb) が 明
りょうな階調の差を示す
3枚の写真に各々階調の違
いがある 異なった写真
間で階調の比較が無意味で
あることに注意

く影響を及ぼし さらにその地域を構成する岩石の透水性の差が植物分布を支配している。

わが国のような温暖多湿な地域においては 広範囲にわたる露岩地帯はきわめて限られた条件下においてしか認められない。 そのもっとも顕著なものは第四紀 それも現世の火山である。(第20図) このほか 海岸における海蝕台あるいは浅海底も わが国における数少ない露岩地帯の1つである。(第21図) また 日立鉱山周辺のような製錬所周圍の鉱害地などもほとんど植物被覆がなくこれらに含まれるが 特異な例でしかない。

このような限られた地域以外のわが国土の大部分は厚い表土と植物被覆によって覆われている。 さらに表土は乾燥あるいは半乾燥地域のそれらとは異なり 温暖多雨のために可溶成分は溶脱し去って 後者に比べて一そう安定した成分上の差が少ないものとなっている。 表土のこのような性質は 表土や植物被覆の違いによって地質を判読することをかなり困難なものとしている。

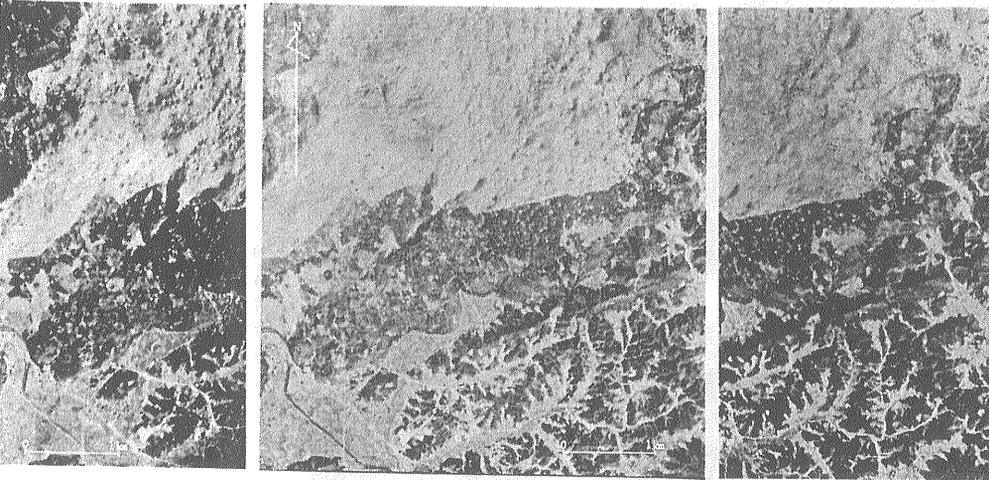
しかし 特殊な化学組成をもつ岩石—たとえば石灰岩(第22図)—はその表面の表土および植物被覆をも支配し これが写真上階調の違いとして記録されている。したがって このような岩石の分布範囲は 周囲の岩石の分布から容易に区別できるのが普通である。

植物被覆によって覆われているところでは 植物被覆の違いが写真の階調を支配する。 しかし 一般的にいうて植物被覆の違いによる階調は 乾燥地域や半乾燥地におけるほど顕著ではないということについては すでに述べたところであるが これがその生育する土壌のド

の地層区分によく対応している例も決して少なくない。これは 土壌の成分の差もさることながら その下に分布する岩石の透水性の差の方がより大きな要因であろうと考えられる場合が非常に多い。



第21図 宮崎県青島海岸に発達する海蝕台
宮崎層群最上部青島互層は互層 (alt.) (泥岩 10~50 cm 砂岩 0.10~0.30 cm) を主とし 時にやや厚い崩岩 (S.S.) (1~5 m) をはさむ
走向に斜交する小断層 (f) による水平のズレが上述のやや厚い砂岩に
よって容易に判定できる (日向青島図幅 1958 参照)



第22図
山口県秋吉台
石灰岩は一般に草に覆われた悪地形を呈し写真上に明るい階調をもって記録される。樹木に覆われるところもその南部の非石灰岩地域に比べてより明るい階調を示している。石灰岩の判読には溶解地形が重要な手がかりとなる。ドリーネの配列には北東・南西方向と南北方向があり前者は非常に顕著である。この配列は断層および節理に一致している。

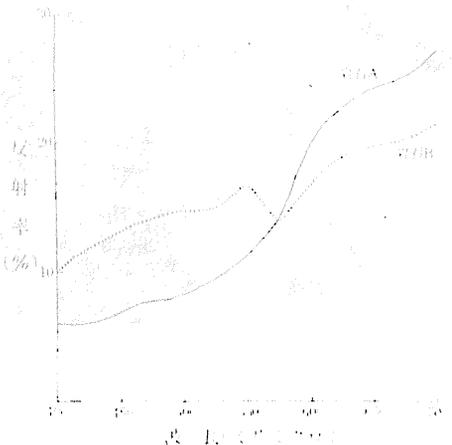
以上 植物被覆の違いが写真の階調の差の重要な要因であることについて述べたが、これは写真の縮尺と大いに関係がある。すなわち、これは個々の植物が映像単位として区分できないような小縮尺の写真についていえることである。大縮尺の写真では植物によって示される階調より、個々の植物の種類の違い、すなわち森林における樹冠の大きさおよび形、あるいはその密度等がより判読上有効な手がかりとなるのである。

通常、判読には階調の強いコントラストが必要である。このために、特定の対象を強いコントラストをもって強調して記録することが行なわれている。地質判読において特定の対象とは、普通岩石あるいは地層であってこれらの違いが写真上ではっきり区分されることによって、地質図作成が非常に容易となる。このためにはどのようなフィルムとフィルターを用いたらよいか、前もって撮影に必要なデータを調べておかなければならない。これが分光写真法 (spectrophotometry) である。

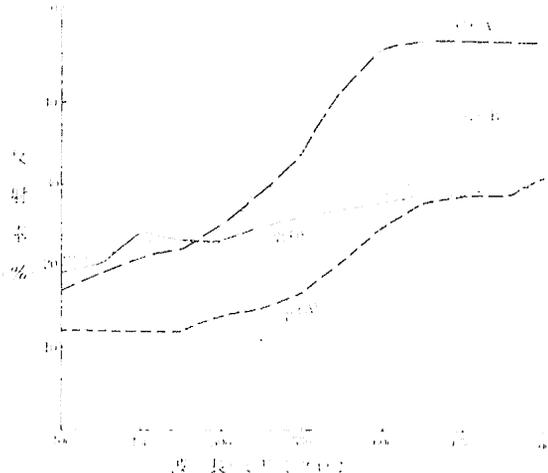
Ray and Fischer (1960) は写真分光法によって New

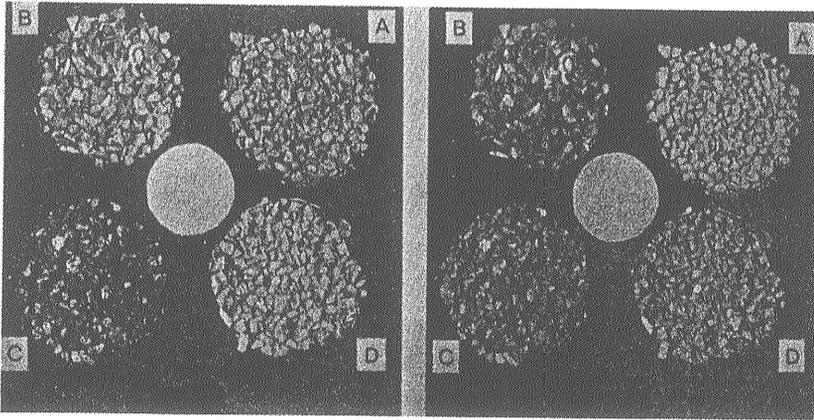
Mexico 地方のいくつかの岩石の分光反射率曲線を求めた。(第23・24図) 第23図に示されるように Bernal 層と San Andres 石灰岩の間では、撮影によってスペクトルの短い波長の部分だけが記録されたときに、強いコントラストが得られることがわかる。500~675 ミリミクロンの波長の部分が記録される普通写真では、両者の反射率が互いに打消し合う結果となる。したがって、これら両層を区別するためには、スペクトルの短い波長の部分、または長い波長の部分だけを透過させるようなフィルターを使用しなければならない。

第24図は、4種類の岩石の分光反射率曲線である。A・B・Cの3者は、短い波長の端すなわち青の部分では互いに接近して、かついずれもDより反射率が大きい。したがって、この部分の波長の光線のみが記録された場合、前3者はDよりずっと明るい階調をもって写真上に記録される。逆に、スペクトルの長い波長の部分の光線だけが記録される場合、B・C・DはAに比べてずっと暗い階調をもって写真上に記録される。(第24図)



←第23図
風化試料
(A. 赤色薄層理頁岩質シルト岩)
(B. 灰色石灰岩)
の分光反射率曲線
—◇—
第24図 →
新鮮な試料
(A. 淡褐色砂岩)
(B. 灰色石灰岩)
(C. 赤色頁岩質シルト岩)
(D. 灰色砂岩)
の分光反射率曲線





a...A. 淡褐色砂岩 B. 灰色石灰岩
C. 赤色頁岩質シルト岩 D. 灰色砂岩の写真

使用フィルム：パングロフィルム
使用フィルター：ラッテン No. 8 No. 47
C試料は比較的暗い階調を示し 他は比較的明るい階調を示す (第24図と対照)

b...A. 淡褐色砂岩 B. 灰色石灰岩
C. 赤色頁岩質シルト岩 D. 灰色砂岩の写真

使用フィルム：パングロフィルム
使用フィルター：ラッテン No. 25
A試料は明るい階調 他は比較的暗い階調 (第24図と対照のこと)

第25図 a. 使用フィルターの違いによる階調の差 (a-b. 共に新鮮な試料)

b.

色 (Colour)

最近 カラーフィルムの感度が次第によくなり また撮影レンズの改良によって 空中カラー写真が一般化される日もそう遠くないようである。

判読の根本をなすものは 写真上において被写体のいろいろな差を識別することであり 多くのものが識別されればそれだけ判読の結果が詳細なものとなる。この点 黒白写真の灰色の階調だけによるより カラー写真の色の違いとその濃淡 (色調) による方がはるかに多くのものを識別することができることは すでによく知られている事実である。しかし 黒白写真による方がカラー写真より良い場合がある。すなわち 2種類の同じ色の岩石はカラー写真では区別できないが 両者の間に鉱物組成 化学組成あるいはその他何らかの違いがあれば適当なフィルムとフィルターとを組み合わせて撮影することによって 黒色写真上に両者の区別を強調してとらえることが可能である。また 岩石の色調のコントラストが強くない場合に カラー写真より普通の黒白写真の方がよいという例もある。

岩石の色調のコントラストの強いところでは 露出さえよければ空中カラー写真がそのまま彩色された地質図であるといつてよい位 各岩石の分布を容易に把握することができる。空中カラー写真を地質判読に用いる場合 撮影高度が写真に非常に影響する。これについて実験的研究 (丸安・西尾 1960) によれば 高度を増すと光の散乱のため 色調のコントラストが失なわれ かつ画面全体に青味が勝ってくるものが明らかにされている。この青味は現像あるいは印画紙焼付のときに除去することができるが なお 撮影時における使用フィルターについて研究の余地がある。

カラーフィルムには反転フィルム (透明陽画) とネガ・ポジフィルムとがある。これら両者はそれぞれ特徴があるが 種々の点で地質判読には後者が優れている。

反転型の方は 撮影に際して色温度を補正するためのフィルターが必要であり その撮影が非常にむずかしい。これに対して ネガ・ポジ型においてはスペクトルの紫未とモヤ (haze) を除去するフィルターを除いて とくにフィルターを必要とせず 印画作成の場合に適当なフィルターを選択できる利点がある。すなわち 印画を作る際フィルターを換えることによって 色調のコントラストを変えることができ 適宜特定の地質現象を強調できるという利点がある。また この型のカラー原板から黒白印画を作り これを種々の測定や観察資料のプロットに用いることができることは反転型のものに比べて非常に経済的であるばかりでなく この方法による黒白印画はある被写体に対して普通写真からの黒白印画よりコントラストが強い場合があり 地質判読に有利なことが注目されている。また この方法で得られる黒白透明陽画についても同様である。丸安・西尾の両氏は縮尺 1/5,000 1/10,000 1/15,000 および 1/20,000 の空中カラー写真を撮影検討の結果 地質判読には 1/20,000 のものでもかなり有効であるが 種々の測定には適当でなく 1/5,000~1/10,000 の縮尺のものももっとも適当であると結論している。

国鉄飯田線の建設のための土木地質学的調査には約 1/6,000 のものを用いて非常に効果のあったことがすでに実証されている。

(筆者は地質部)

訂正 No. 95 空中写真地質講座②の 6頁 15図の写真は 上段と下段が入れかわっており 現在の上段の写真は 左右逆に また4枚とも東西が逆に印刷されていますので 訂正かたがたおわびします