

# 空中写真地質講座

## (6)

松野久也

### 空中写真から得られる情報

#### 空中写真から得られる地質に関する情報は

1. 岩 質
2. 構 造
3. 時 間

に関するもの3つに分けることができる。

岩質に関する情報は 化学的組成と物理的性質とに分けられるが 石灰岩や岩塩など特殊なもの以外その化学的組成については 写真上で判読することは不可能である。物理的性質に関する情報としては 岩石の硬さと粒度に関するものがおもである。しかし これらも推定であって決して決定的なものではない。構造に関する情報は 岩石の一次的な構造—層理 葉理 節理など—と 二次的構造—断層 撓曲 褶曲など—いわゆる地質構造—との2つである。時間に関する情報は 各地層および岩体の相対的年代と断層 褶曲などの造構運動の時期の相対的年代に関するものであって 絶対的年代に関する情報は全く得られない。たゞし 一定の年月において連続的に撮影すれば 種々の地質現象の経年変化—たとえば地すべりの移動量 砂州の生長など—を知ることができ

る。実際に写真上で地質判読を行なう場合 岩質に関する情報と構造に関する情報とは互に密接に関連するのであって 両者を別々に取り扱うことはできない。たとえば 層理 葉理 節理など岩石の一次的構造ばかりでなく 褶曲のような二次的構造も 岩石の種類の違いを判読するため 非常に重要な手がかりとなるのである。地質構造の判読は 地層あるいは岩体の立体幾何学的観察であって まず第一に 岩相単位の区分と対比が必要である。

空中写真から得られる地質に関する情報の量は これまでに何度も述べてきたように 岩石の露出が良いか悪いかによって非常な差がある。岩石の露出の良否はいろいろな条件によって支配されるが なかでも 気候条件 が根本的である。次に 地質条件—堆積岩地域であるか 火成岩地域あるいは 変成岩地域であるか—によって 得られる情報の量にかなりのひらきがある。さらにもう1つ重要な条件は 侵蝕輪廻—幼年期 壮年期 老年期 終地形のうちどの時期にあるか—である。

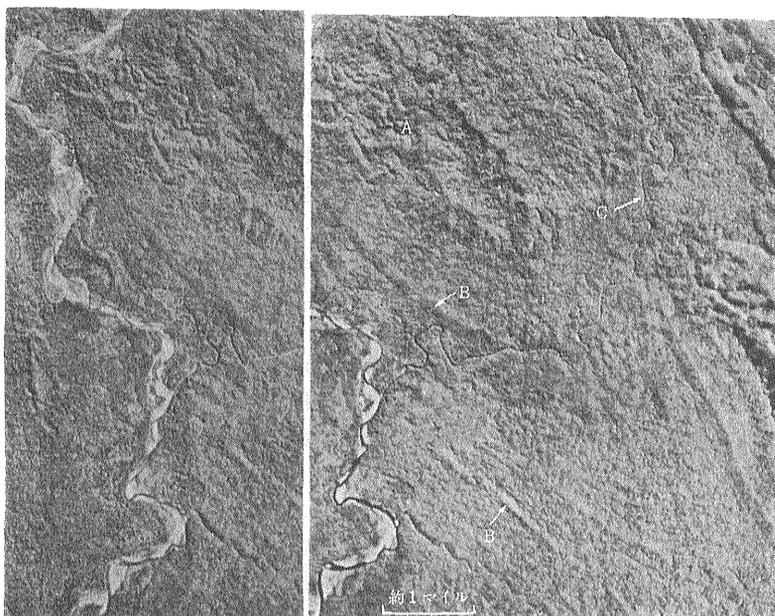
### 気 候 条 件

植物の生育が高度差によって強く影響される高い山岳地帯は別として 乾燥ないし半乾燥地帯では 雨量が少

第 41 図

→  
北ガテマラの厚い植物被覆のある地域における緩やかに褶曲した堆積岩 (U.S.G.S. Prof. Paper. No. 373 から)

褶曲構造は 侵蝕地形と水系とによって写真上によくあらわされている 背斜(A)の中核部は 地形的に周囲より高く解析が進んでいる 走向と傾斜方向とは地形的に高い帯(B)によってわかる 川(C)は背斜の鼻の近くで彎曲し 背斜が沈降する方向を示している しかしその流路は 構造に完全に支配されることなく 背斜構造を切っている



なく機械的風化が支配的である。したがって このようなどころでは植物の生育が悪く 広い露岩地帯が発達すると同時に 機械的風化作用の産物である風化土壌はそのもととなった岩石のいろいろな性質を非常によく反映しているのである。すなわち それぞれ原岩から引きつがれた風化土壌それぞれの色調の違い 化学成分の違いその他が写真上に記録され これらの区分からその基盤である岩石の分布を作図することができるのである。このような風化土壌の違いは植物の種類 生長速度にも影響を及ぼし 両者の間に密接な関係が認められるのである。このような関係を “geo-botanical relationship” という。このように 空中写真から得られる地質に関する情報の量は 乾燥ないし半乾燥地帯において最も多い。いいかえると 空中写真はこのような地帯の地質調査に最も偉力を発揮するものであり 必須のものである。

熱帯から温帯にかけての多雨地帯では 厚い表土と植物被覆のため 空中写真から得られる情報の量は少ない。このような気候条件のもとでは 岩質に関する情報はことに少なく 構造に関する情報が主要なものである。(第4図)。高い気温と多量の降雨は 植物の生長を盛んにし これら3者が機械的にも化学的にも風化を促進するのである。密生する植物は風化物を保持し 地表を厚く被覆し 岩石の露出をかくしている。そして 高い気温と多量の降雨は 岩石の風化物中の可溶成分を溶かし去ってしまうのである。もともと酸性岩と塩基性岩とでは カリウム ナトリウムおよびカルシウムとアルミニウムとの量比にかなりの差があるが このような気候条件下では カリウム ナトリウム カルシウム の塩が溶け去ってしまい ことに完熟した土壌では たとえそれらが異なった岩石から生じたものであっても 上述の量比が非常に小さくなっていることが明らかにされている。すなわち それぞれ異なった母岩から由来した土壌であっても 完熟した土壌では成分上顕著な差がほとんどなくなるのである。

以上からわかるように 高温多雨地帯では “geo-botanical relationship” も顕著でない。もし このような気候条件下で ある特定の地層あるいは岩体と特定の植物との関連が認められるときには 風化土壌の化学成分を反映するのではなく その下に伏在する地層あるいは岩体の物理的性質—たとえば透水性の差すなわち粒度など—を反映するものと見てよい。

## 地質条件

気候条件および侵蝕輪廻の時間が全く同じであると仮

定した場合 その地域の地質条件 ことにどのような岩石で構成されているかによって 空中写真上に含まれる情報の量に違いの見られるのが普通である。

すなわち 得られる情報の量は

- |       |          |
|-------|----------|
| 1 堆積岩 | a 固結したもの |
|       | b 未固結のもの |
| 2 火成岩 | a 噴出岩    |
|       | b 貫入岩    |
| 3 変成岩 |          |

のうちに 一般的にみて堆積岩地域からが最も多く 続いて火成岩地域であり 変成岩地域ではもっとも少ない。堆積岩のうちでも固結した堆積岩は その層理と広がり比べて非常に薄い各構成員が地表面にあらわれ それぞれ特長ある侵蝕地形を示すことから 他の岩石とは比較にならないほど多くの情報を提供する。火成岩では 貫入岩地域より噴出岩地域の方がより多くの情報を含んでいる。ことに 噴出岩は噴出単元の平面的形態およびその表面の特長と 火山錐 火山裂か、熔岩円頂丘など地文学的形態が判読の重要な手がかりとなる。したがって 噴出岩地帯はその火山活動の時期が新しければ新しいほど 多くの情報が得られるのである。

貫入岩は一般に広い範囲にわたって均質な岩質であるため得られる情報はきわめて限られている。変成岩はその変成作用の結果 その原岩であった堆積岩や火成岩の地形的特長の原因となる侵蝕に対する抵抗力の差やそれぞれの一次的構造が失われてしまっている。

## 侵蝕輪廻

侵蝕輪廻は 侵蝕の進み方に応じて幼年期 壮年期 老年期および終地形の4つの段階に分けられる。あらゆる気候条件および地質条件下において 谷がもっとも深まり 山稜がとがり 起伏や傾斜が最大となるのは壮年期である。この時期は 侵蝕作用が最も旺盛に働く時期であり 谷壁は急斜面をなし 山崩れを伴うようなさかんな削剝と 急流をなす河川は活発な削剝物の運搬と下刻とを行なっている。したがって 露岩が多く 岩質に関する情報が最も多く得られるのはこの時期である。また この時期には水系がもっともよく地質構造に適合し 立体模像上で最大の起伏量が得られることはいうまでもない。

## 岩質の判読

### 堆積岩

固結した堆積岩の根本的な性質は層理が存在するこ

とである。これによってまず第一に堆積岩を他の岩石から識別することができる。堆積岩地域に特有な帯状模様は層理はもちろんのこと累層の構成員である単層一砂岩層 礫岩層 泥岩層あるいは石灰岩層など一の岩質とくに風化に対する抵抗力の違いに起因するものである。風化作用と風化物の除去の結果抵抗力のある岩石はいよいよ突出し 反対に弱い岩石はいよいよくぼんで低くなるのである。そして突出した部分とくぼんだ部分とが層理に支配されて平行に帯状配列するのであり それぞれの単層によって侵蝕地形が異なるのである (第41~42図)。

水平層の場合 抵抗力の強い岩石は急斜面あるいは断崖を形作り 逆に抵抗力の弱い岩石は緩斜面を形作って山腹や谷壁に露出する (本誌 第100号33頁 上段および中段)。これを垂直写真上で観察すると 急斜面と緩斜面とが交互に山腹をとりまいて ちょうど等高線のような帯状模様を呈する。直立層の場合 その層序断面が地表面にあらわれ 層理と各岩石に特有な侵蝕地形とが平行な模様を描き出す。傾斜層では ケスタあるいはホッグバック地形を作る。すなわち これらの緩斜面は地層の傾斜方向と地層面の傾斜とを示し 反対側の急斜面すなわち逆層面には地層の断面が露出する(第19図)。

このように地形的特長は 層理および地層の追跡作図に非常に有効な手がかりとなる もちろん 露岩地帯では写真の階調 風化土壌あるいは植物被覆の違いなども根本的な手がかりとなるが(第42図) わが国のような気候条件の所では地形的特長が唯一の手がかりである(第43図)。

層理は 地層が傾斜 地層の構成員相互間で硬軟の差が大きいほど地形によくあらわれる。したがって均質な堆積岩—たとえば石狩地方の幌内層や留萌地方の遠別層など (本誌 第36号 2頁 第I~II図版)—では地形上の特長から層理を知ることはできない。

石灰岩は堆積岩として分類されているが その特殊な成因に起因する化学組成のために 例外的存在である。石灰岩は機械的風化作用に対して抵抗力が強く 乾燥地帯では他の堆積岩より地形的に突出するのが普通である。しかし多くの場合溶蝕によってカルスト地形を呈する。これは石灰岩の岩質および構造—節理 れつか 断層等—に適従しやすく これら弱線に沿って溶蝕溝を生じ 溶蝕溝の間は石柱となって突出するのである(第44~45図)。地下水面では 節理やれつかなどの弱線に沿って移動する地下水のために 溶蝕が進み洞穴 (石灰洞あるいは鐘乳洞) が作られる。地表に降った雨は 同様に弱線に沿って石灰洞に流入し その通路を広げ溶蝕堅穴すなわちドリ

ーネを生ずるのである。したがって ドリーネの配列も節理や断層の方向や系統を示すのである(第22図 第45図)。

堆積岩の岩質区分の重要な基準はその粒度である。きわめて一般的にいつて 堆積岩の粒度と写真の階調水系密度および節理の間隔との間には 次のような関係がある。

	細粒岩	→	粗粒岩
階調	暗	→	明
水系密度	大	→	小
節理の間隔	小	→	大

このような一般的法則は海成層にあてはまるものであって 陸成層には適用できないといわれている。もちろん 海成層でも多くの例外がある。石灰岩やドロマイトは純度が高い場合に階調が明るく 不純なものは暗い。凝灰岩は粒度に関係なく明るい階調をもって写真上に記録されるのが普通である。

ある一定の気候条件下では 水系密度は岩石の侵蝕に対する抵抗力に密接な関連をもっている。すなわち 水系密度は岩石の侵蝕に対する抵抗力に反比例する。また 一般的にみて 透水性の小さい岩石ほど侵蝕に対する抵抗力が小さく 透水性の大きい岩石ほど抵抗力が大きい。したがって 泥岩のような不透水性の細粒碎屑岩は水系密度が非常に高く 砂岩のように粗い碎屑岩は粗い密度の低い水系模様によって特長づけられる。

水系密度は このように岩石の透水性すなわち粒度の指標である。水系模様についてみると 水系模様は地質構造に適従し その解釈の重要な手がかりであると同時に ある一定の水系模様と一定の物理的性質をもった岩石との組み合わせがあつて 岩質に対する手がかりでもある。たとえば 均質な岩石は樹枝状水系模様によって特長づけられ その密度は岩石の透水性すなわち粒度によって異なる。これについての Ray & Fischer (1960)の研究は非常に興味ある問題である(第46図 第47図)。すなわち堆積岩ばかりでなく各種の岩石の岩質を水系密度によって数値化しようとするものである。

未固結の堆積物は主として表層堆積物であつて そのほとんど全部が第四紀の産物である。これらは それぞれの発達する位置あるいは場所と形態とから容易に他の岩石から識別できる。その構成物質は直接写真上で推定することはできないが その発達場所と地文学的形態とから経験的に構成物質の推定が可能である。すなわち氷河堆積物を始めとし 砂丘 砂洲 三角洲など各種の海浜堆積物 扇状地 河岸段丘 自然堤防 氾濫原等の河川堆積物などがその代表的なものである。これ

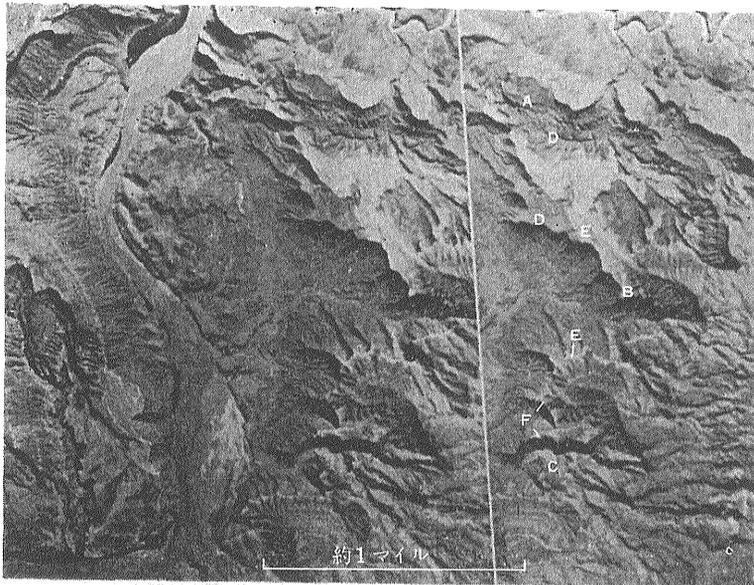
らについては時代が新しく堆積機構を示す表面特長が残されている場合には さらに容易に構成物質を推定することができる。

これらが比較的早く 堆積当時の表面特長が失われている場合 判読はそれぞれの侵蝕地形の特長によらなければならない。流水による侵蝕作用の活発なところでは シルトや粘土層は細かなとがった侵蝕地形を示し活発でないところでは地すべりのような塊として移動しやすく 地割れやそれに類似の現象がみられる。砂質の堆積物は流水によって粘土と同様に侵蝕されるが 粘土の場合に比べて侵蝕地形はそれほど急でなく丸みを

帯びるのが普通である。未固結の砂は植物被覆がない場合には風によって侵蝕される。 広大な氾濫原では 地形的な手がかりは少ないが 写真の階調—水分の含有量によつて異なる— 水系模様 土地利用の状況 そのいろいろな手がかりから それぞれ目的に応じた判読が行なわれている。

未固結堆積物の判読は 土木地質学の分野において最近非常に重要性を増大しつつあり かつ対象も広範囲にわたっている。これについては「土木地質への応用」という一章を設けて別に述べることにする。

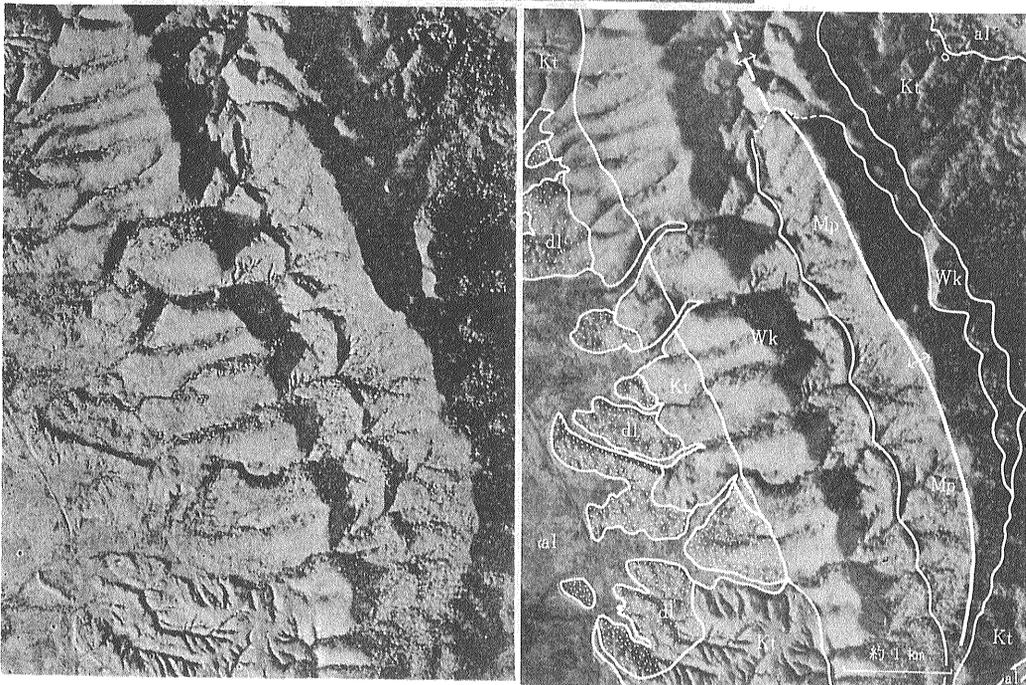
(筆者は地質部)



← 第42図

緩やかな褶曲軸を横ぎる層序断面(ユタ州) 大きな川の兩岸にあらわれた背斜構造の断面を示す A点において層理が認められ 層理面と地形面とがよく一致しているのがわかる 垂直誇張のため両翼の傾斜が誇張されるが A点における真傾斜は約20° B点では水平 C点では約4°である 頁岩 シルト岩および細粒砂岩(D点)は 暗い階調を示し 比較的密な節理が部分的に認められる 礫岩をはさむ粗粒砂岩(E点)は 明るい階調を呈し F点におけるように間隔の粗い節理がある また粗粒岩は壘を作り 地層が水平に近い所で 細粒岩は 緩い斜面を形作っている 地層が傾斜する所では軟い岩石は 削りとりられ 硬い岩石が「豚の背」地形を作っている

(U. S. G. S. Prof. Paper No. 373 Fig. 91 から)



←

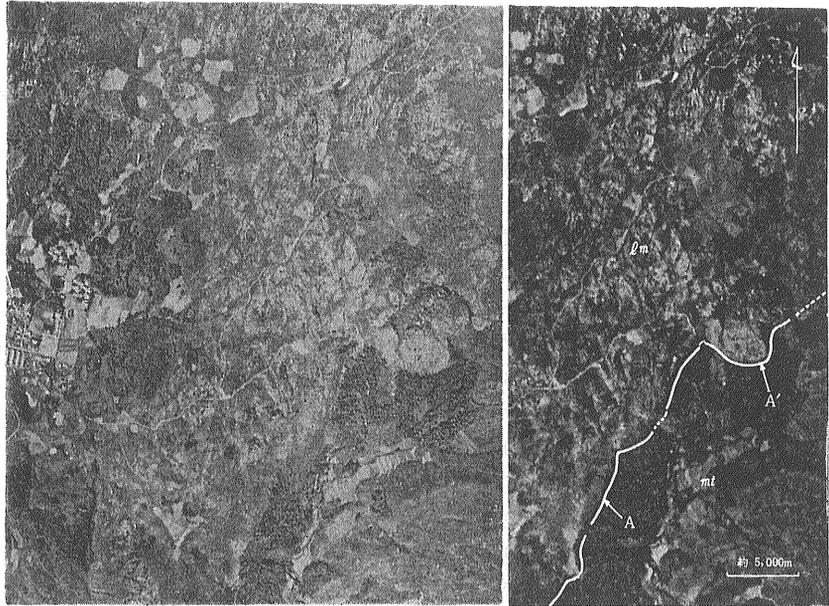
第43図  
北海道稚内市南方  
幕別丘陵地  
Mp: 増幌層  
Wk: 稚内層  
Kt: 声間層  
dl: 洪積層  
al: 沖積層  
稚内層の硬質頁岩がケスタを作り その地形的特長から背斜構造が判読される 稚内層は左右非対称に発達し増幌層との間に不整合が予想される。



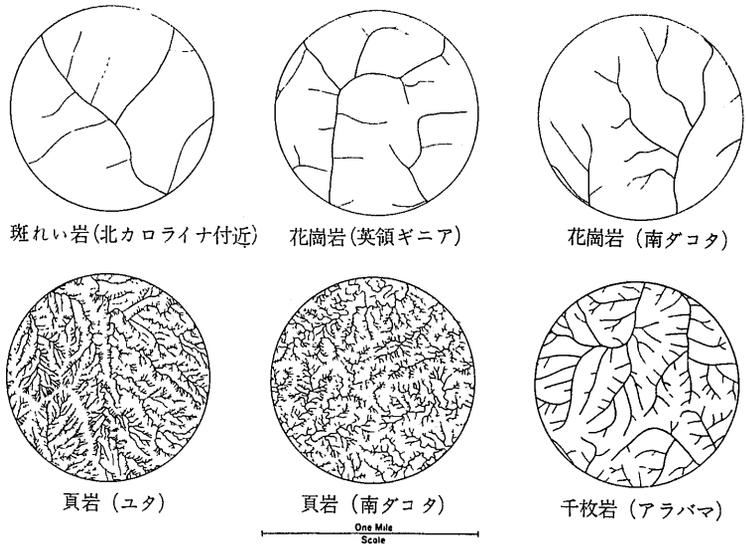
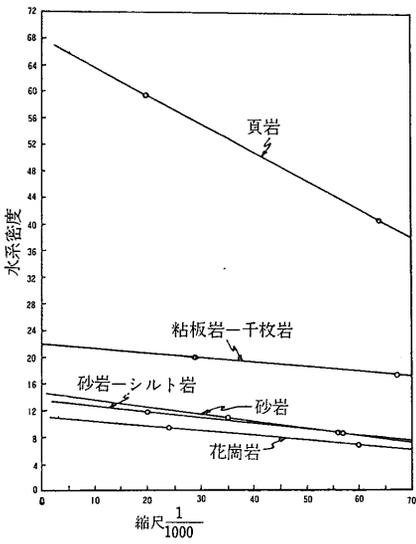
↑ 第 44 図 秋吉台(山口県)の石灰岩柱 カールフェルト(墓地形)の石灰岩柱の形や大きさは石灰岩の岩質・節理やれつかの密度および降雨量によって異なる 石灰岩柱は石灰岩が緻密で硬い場合にはこのように尖った形を呈するのに対し結晶質である場合は低く丸味を帯びる

↓ 第 45 図

平尾台(福岡県) A-A 線に沿う地形的特長から lm(石灰岩)と mt(変成岩)との2つの岩石が容易に識別される 地上でも石灰岩柱やドリーネの配列から節理や破碎帯の方面や系統を知ることができるが 空中写真で観察することによってよりたやすく知ることができる 石灰岩柱(写真上に白くあらわれている)の配列は 方向を異にする大小さまざまな破碎帯や節理(写真上で溝状にくぼんでおり 暗い階調を示す)に支配されている。このような破碎帯や節理だけから石灰岩であると結論することはできないがこれらに沿って発達するドリーネが石灰岩であることを立証している



↓ 第 46 図 写真縮尺と水系密度との関係 (Ray, R. G. & Fischer, W. A. 1960 から) このグラフは 数地方の種類の岩石の水系密度の実測値から作成されたものである この図から 写真縮尺と水系密度との間には一定の関係があって 簡単な常数を掛けることによって異なった縮尺の写真から決定された水系密度を平均化することの可能性を暗示している ただ頁岩だけがとくに著しく傾斜した線にあらわれるのは非常に高い水系密度のため 小縮尺の写真上ですべての細かい水系を拾い出すことができないためであろう



第 47 図 各地の種類の岩石の水系網のスケッチ (Ray, R. G. & Fischer, W. H. 1960 から) 水系密度の視覚による比較を示したものである