

能登の丘陵と珪藻泥岩

かせの
紘野義夫 = 金沢大学理学部教授

能登の地形と地質

日本海に突出する能登半島は、主に低山性の山地と丘陵地から成り、海岸段丘地形がこれをふちどっていることで特徴づけられる。能登北部についていえば、輪島の^{こうのすざん}高洲山（567m）や^{すず}珠洲の^{ほりゅうざん}宝立山（469m）などを含む山地が北側の海岸寄りに分布するほかは、おおむね300～200m以下の平らな地形を示す丘陵地が大部分を占めている。能登北部に放する人は、平らな山なみと、そこから突出するいくつかの小さな峰から成るおだやかな地形を遠望することができる。

図1に示すように能登半島南部には、^{ほうだつさん}宝達山（637m）や^{せきどうさん}石動山（565m）周辺などに、先第三系の花崗岩や片麻岩類が顔を出しているが、能登半島の主体を成すものは、第三紀の火山岩類と堆積岩である。

第三紀の火山岩類は、漸新世後期～中新世前期にわたる安山岩質のものと、宝立山地区など各所に分布する中新世前期の石英安山岩質火砕岩とに大別される。

第三紀の堆積岩は、半島北東部の珠洲地区、半島北西部の門前地区および半島南部一帯に広く分布し、その大部分は海成層である。大別すれば、楨岩・砂岩・泥岩などから成る中新世中期の地層が最も広く分布し、主に泥質岩から成る中新世後期～鮮新世前期の地層がこれに次ぎ、砂岩・シルト岩から成る鮮新世～更新世初期の地層は、七尾以南に狭く帯状に分布する。

能登の珪藻泥岩

“能登の珪藻土”として一般に知られているものは、さまざまな形をした微小な珪藻の遺体を多量に含む珪藻泥岩のことで、コンロや断熱レンガの原料などに利用されているものである。こ

れらの珪藻泥岩には、これから述べるようにさまざまなものがあるが、いずれも、新第三紀中新世の水域に堆積して形成された堆積岩で、丘陵を構成する主要な地層の一つである。その分布面積が広く、総量が莫大な能登の珪藻泥岩は、日本有数の特異なものとして注目されている。能登の珪藻泥岩の地層としての性質（形成年代や堆積環境など）ならびに含有される珪藻遺体の種類などについては、市川渡博士をはじめとする多くの人の研究がある。また珪藻泥岩を^{よう}窯業原料など各種の用途に利用するための基礎的諸性質——物理的及び化学的諸性質についても、石川県工業試験場によってとりまとめられている（注1）。

能登の珪藻泥岩としては、図1に示すように、飯塚層、塚田層、飯田層、法住寺層、和倉層、山戸田層の6者が知られている。これらの分布地域と生成年代および堆積環境を一覧で示せば表1のようになる。

分布面積ならびに埋蔵量の大きいものは、七尾市和倉地区と対岸の能登島西部にわたって露出する和倉珪藻泥岩と、半島北東部の珠洲市飯塚及び鶴飼地区に広く分布する飯塚珪藻泥岩とである。これら両者は、その性状がきわめてよく似ており、生成年代や堆積条件もほぼ同様のものと考えられる。和倉における珪藻泥岩の露頭の一例を写真に示す。写真2の露頭では、厚さ約1mの海緑石砂岩層をはさんで、その下位に赤浦砂岩層、上位に珪藻泥岩がみられる。中新世中期の浅海で堆積した赤浦砂岩層の形成後、この付近の海域は無堆積の環境となり、海緑石砂岩層がその間に形成され、中新世後期に入って還元性の海底で珪藻泥岩が堆積したことがわ

かる。暗青色の均質な珪藻泥岩は、風化面では特有な帯黄色の粉をふいたようになる。

小範囲の分布ではあるが特異なものとしては中島町山戸田などに分布する山戸田泥岩がある。これは、中新統下部の堆積岩の一部を成すもので、淡水性の珪藻遺体を主とする均質な泥岩層であり、保存のよい植物葉片化石を多産する部分もある。

半島北東部の珠洲地区には、飯塚珪藻泥岩のほか、飯田珪藻泥岩とよばれるものがある。その分布は、図2の地質図に見られるように、飯田・^{うへ}上戸・岡田などの小範囲に限られてはいるが、風化の進んだ部分はとくに品質が良く、濾過助剤などとして利用されている。

法住寺泥岩層は、珪藻のほか、保存のよい珪質^{けんも}鞭毛虫類や石灰質ナンノ化石及び花粉・孢子化石などを含み、学術上注目されているものであるが、未利用である。

珠洲地区に分布する飯塚層・飯田層・法住寺層とよばれる珪藻泥岩層の厚さや層序関係を、模式的な断面図で示すと図3のようになる。

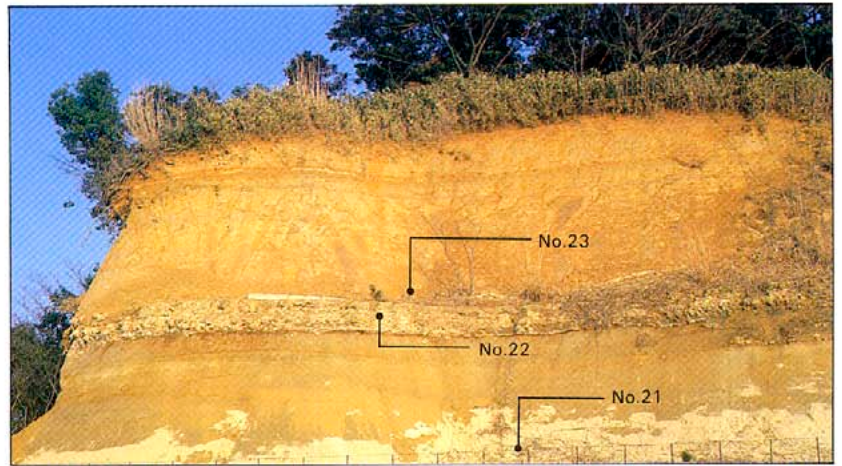
珪藻泥岩に含まれる微化石

珪藻泥岩には、珪藻のほかにも、いろいろな微化石が含まれている。珪質な微化石としては、珪質鞭毛虫類、放散虫類のほか珪質海綿の骨針などがあり、石灰質なものとしては、少量の有孔虫類や石灰質ナンノ化石が含まれることがある。また花粉・孢子化石もかなりの量含まれている。

珪藻は、葉緑素をもつ単細胞の植物で、分類上はオウショクベンモウソウ類に属し、珪酸質が沈着した固い細胞壁（殻）をもっている。生物の死後、この珪質の殻が泥質堆積物中に埋もれ、

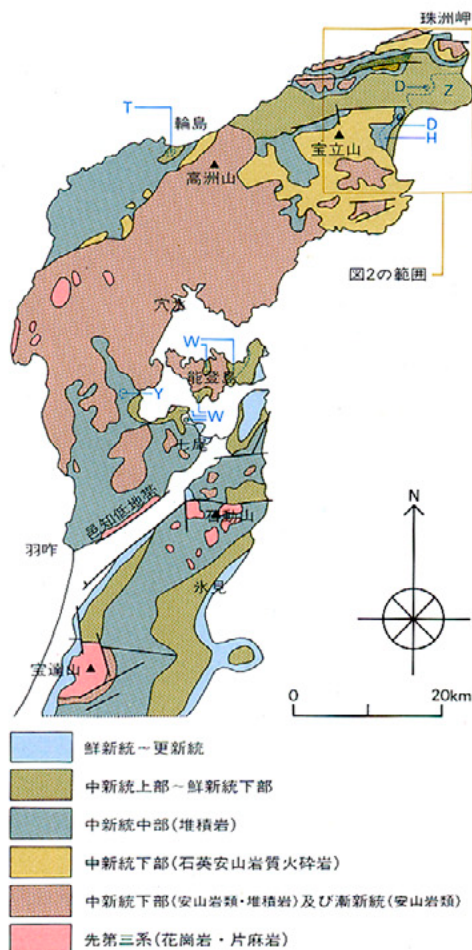


①能登島南端(屏風崎)の和倉珪藻泥岩。



②和倉駅東方の和倉珪藻泥岩の露頭。No.21、No.22、No.23は飼食性調査の試料採取地点(裏表紙表3を参照)

図1 - 能登半島の地質の概要と珪藻泥岩の分布



注 Z, D, H, T, W, Yは珪藻泥岩を示す(表1参照)

表1 - 能登の珪藻泥岩一覧

形成年代	地層名	分布地域	陸上露出面積 (km ²)	最大層厚 (m)	推定埋蔵量 (×10 ⁶ m ³)
中新世後期	和倉珪藻泥岩 (W)	和倉田鶴浜能登島	7.7	60	188
	飯塚珪藻泥岩 (Z)	珠洲市飯塚正院鶴岡	22.3	200 400	750
	塚田珪藻泥岩 (T)	輪島市塚田	0.6	20	6
中新世中期	飯田珪藻泥岩 (D)	珠洲市飯田上戸岡田	1.1	40	25
	法住寺珪藻泥岩 (H)	珠洲市鶴岡西方法住寺	4.5	80	225
中新世前期	山戸田珪藻泥岩 (Y)	中島町山戸土川など	1.8	20	26

注 (Y)は淡水域、他は海水域を示す。

図2 - 能登半島先端部の地質図

<鮎野(編). 10万分の1石川県地質図(1977)による略図>

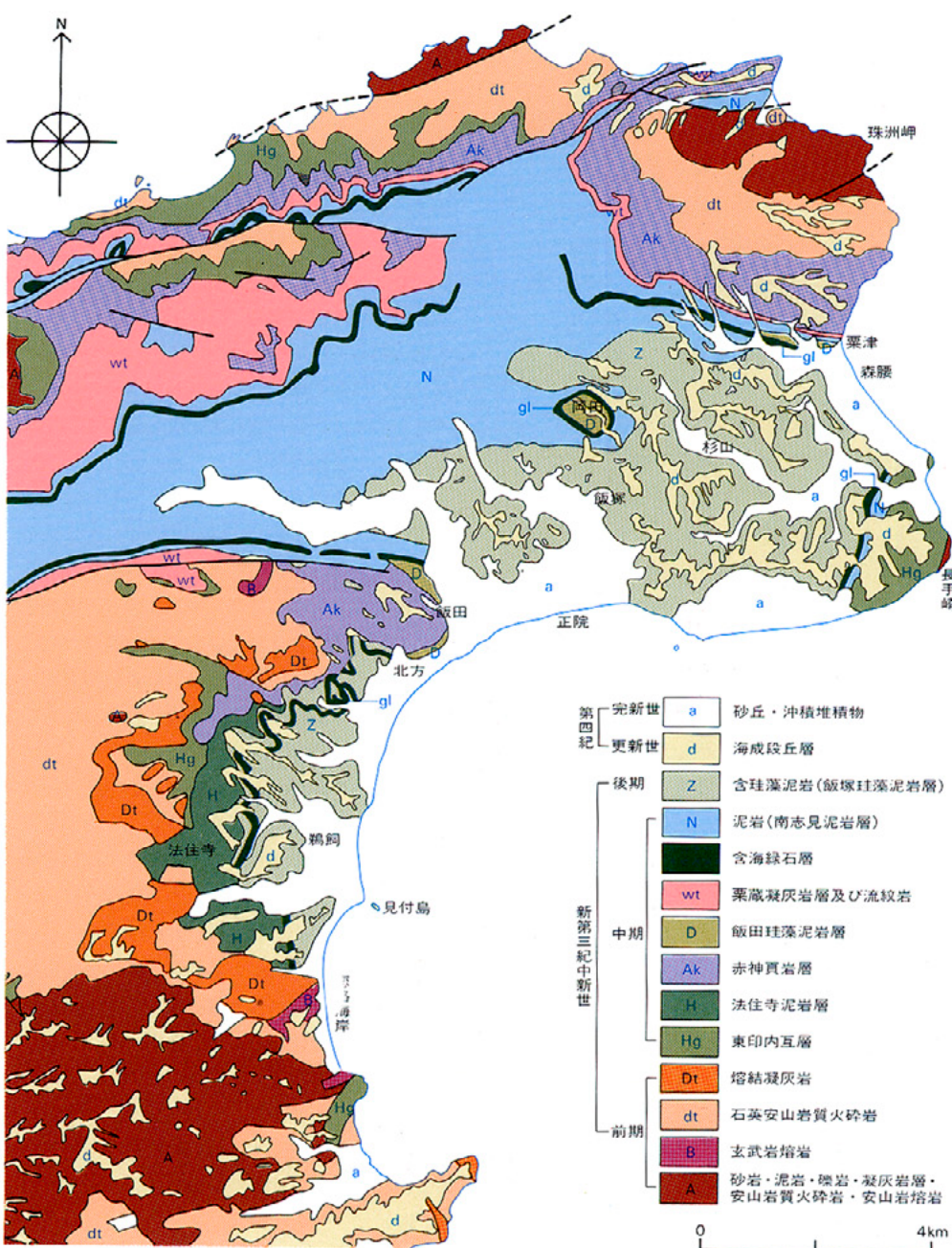
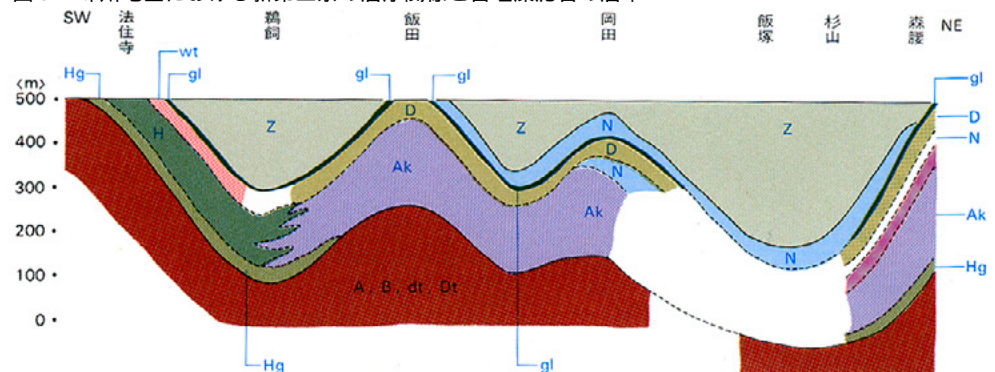


図3 - 珠洲地区における新第三系の層序関係と含珪藻泥岩の層準



遺体（化石）として残される。この細胞壁（殻）の表面には、精妙で繊細な模様があり、殻の形は円形、三角形、棒状、舟形などさまざまなものがある。殻の外形が放射相称のものは中心目とよばれ、海水にすむ珪藻に多く、左右相称の羽状目のものは淡水中に多産する。和倉珪藻泥岩からは、約70種に及ぶ珪藻が識別されているが、その大部分は海水中に生息するもので、とくに円形のコスキノディスクス属（*Coscinodiscus*）のものが12種も含まれている。市川渡博士による顕微鏡下のスケッチの一例を図4に示す。

珪藻泥岩の堆積環境

能登半島に広く分布する中新世～鮮新世の泥質堆積岩中には、量の多少はあれ、珪藻遺体はどの地層にも普遍的に含まれている。これら泥質岩のうちで、珪藻遺体の量的割合がとくに多いものが、珪藻泥岩あるいは珪藻泥岩とよばれ、その一部が“珪藻土”として利用されている。一般に、珪藻遺体の多い珪藻泥岩が堆積されるためには、

- (1)閉鎖的あるいは半ば閉鎖的な水域が存在し
 - (2)珪藻類が多量に繁殖できる生態的条件があり
 - (3)土砂の搬入量あるいは堆積速度が小さいこと
- などが必要である。とくに厚層の珪藻泥岩が形成されるためには、やや深い海底の堆積盆が、ほぼ同じ条件を保持しながら、徐々に沈降することが必要であろう。

能登の珪藻泥岩のうち、淡水成の山戸田泥岩層

は、中新世前期の激烈な火山活動の結果生じた谷状の小さくぼみが湖水となり、そこを埋積して生じた珪藻泥岩である。珠洲地区の法住寺層及び飯田層とよばれる珪藻泥岩は、いずれも海成であるが、その中に含まれる他の微化石などからみて、海水の動きのはげしい公海性・開放性の海域の堆積物と考えられる。飯田層には数枚の粗粒凝灰岩層がはさまっている。

最も分布の広い飯塚層及び和倉層の珪藻泥岩は、均質無層理の泥岩層で、あとで述べる化学組成からみても、酸素の供給の不十分な、閉鎖的な還元性の海底で順次累積して形成されたものと考えられる。底性の有孔虫類は少量含まれてはいるが、浮遊性の有孔虫は見出しがたく、公海からの海流の流入がなかったか、あるいはまた沈積後に石灰質微化石が溶け去るような海底条件であったことを暗示している。飯塚層及び和倉層中には、しばしば葉片や木片などの陸地起源の生物遺体も含まれているので、陸岸からは比較的近いと考えられ、今日の日本海深海部のような遠洋深海性の堆積環境ではなかったものと推察される。

飯塚層及び和倉層が海底に堆積した中新世後期頃の日本海の状態は、現在とはかなりちがったものであったと考えられる。中新世中期に古朝鮮海峡を通じて流入していた古対馬暖流は、中新世後期には勢力が衰えて、比較的陸岸に近い海域にも、海水流動の少ない還元性の海底環境が出現したとみられる。飯塚層及び和倉層の珪藻泥岩は、この時期の所産である。

珪藻泥岩の化学組成

能登の珪藻泥岩のうち、分布面積の広い和倉珪藻泥岩と飯塚珪藻泥岩についての化学分析の結果を、石川県工業試験場の資料（注1）によって表2に示す。分析試料は、和倉珪藻泥岩についてはボーリングコア試料16個と地表採取試料8個、飯塚珪藻泥岩については、ボーリングコア試料9個と地表採取試料7個である。

これら総計40個の試料の分析結果のうち、灼熱減量、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 CaO 、 NaO 、及び K_2O について、重量百分率で示したものが表2である。以下各項目について見てみよう。灼熱減量は10～14%の範囲内にあり、有機物、炭酸塩、含水鉱物などがかなりの量含まれていることがわかる。

SiO_2 含有量は66～72%で、多くのものは70%前後である。珪藻遺体の含有量の多いものほど

SiO_2 含有量が大となると思われるが、石英質のシルトを含むために SiO_2 量が大となる場合もある。

Al_2O_3 含有量は、おおむね6～12%の範囲内にあり、8～11%のものが多く、地表採取試料では10%以下のものが少ないのは、風化の影響によると思われる。

Fe_2O_3 含有量は、3～6%のものが大部分を占めている。 CaO 含有量は1%前後である。 MgO は表2には示されていないが0.4～2.3%の範囲内にあり、0.7～1.8%のものが大部分を占める。 Na_2O 含有量は、0.5～1.3%のものが多く、 K_2O は1.0～1.6%の範囲内に入るものが多い。上述のように、和倉及び飯塚珪藻泥岩の化学組成は、試料によって多少のばらつきはあるにせよ、ある一定範囲内の組成をもつほぼ均質な泥岩とみることができる。個々の成分含有量の変化は、含有微化石の種類と量、粘土鉱物の量比と混入シルトの量、有機物の含有量、及び風化の程度の差異などによるものと思われる。

因みに、和倉珪藻泥岩及び飯塚珪藻泥岩中に含まれる粘土鉱物は、モンモリロナイト、イライト及びハロイサイトを主とし、その量比は試料によって差異がある。ボーリングコア試料の分析結果によると、ハロイサイトは飯塚層の方が若干多く、和倉層の一部には少量の緑泥石がみられる。

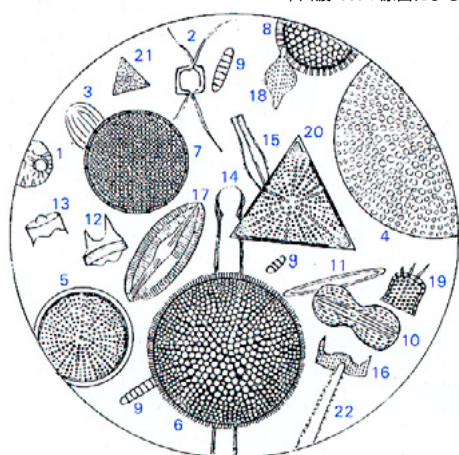
珪藻泥岩中の水溶性成分

和倉及び飯塚珪藻泥岩は、新鮮な部分では暗青緑色を呈するが、風化面では特有の帯黄色を呈し、表面に無色針状の結晶や、白色の結晶質粉末を析出している場合がある。これは、珪藻泥岩中の水溶性成分が浸み出して乾燥し結晶となったもので、その量は重量比で1～4%にも及んでいる。

和倉及び飯塚珪藻泥岩中の水溶性成分の分析結果を、石川県工業試験場の資料（注1）によって、表3に示す。分析試料は、ボーリングコア試料と地表採取試料合計40個で、表2に示したものと同じである。

水溶性成分の分析にあたっては、試料5グラムを水で処理して可溶性成分を充分溶出し、水溶液250mlとしたものについて、硫酸イオン（ SO_4^{2-} ）、第一鉄イオン（ Fe^{2+} ）、第二鉄イオン（ Fe^{3+} ）、カルシウムイオン（ Ca^{2+} ）、ナトリウムイオン（ Na^+ ）、カリウムイオン（ K^+ ）を定量しているが、表3には Na^+ と K^+ は省

図3 - 和倉珪藻泥岩中のいろいろな珪藻
＜市川渡1955．原図による＞



- 1アウリスクス 2ケートグラス 3コッコネイス 4,5,6,7, 8コスキノディスクス 9ディアトマ 10ディプロネイス 11フラギラリア 12,13ゴニオテキウム 14,15グラマトフォラ 16ヘミアウルス 17ナビクラ 18ラフィオネイス 19ステファノピキシス 20,21トリファラクチウム 22海綿骨針

略してある。

水溶物の重量%は、おおむね1～3%の範囲内にあるが、4%に達する場合もある。風化し黄色を呈する試料の場合は、水溶物の量は少ない。 SO_4^{2-} については変化幅が大きく、おおむね0.7～1.5%の範囲内に入る。 Fe^{2+} も変化幅が大で、0.01%から0.11%にわたり、0.13%のものもある。 Fe^{3+} は Fe^{2+} に比べて少量で、0.01%未満のものが多いが、飯塚層の地表試料では0.01～0.03%のものがある。 Ca^{2+} は0.1～0.6%にわたっているが、0.4%以下のものが大部分を占めている。

水溶性成分の分析結果からみると、和倉及び飯塚珪藻泥岩中に含まれるものは、主として石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)であり、次いで硫酸第一鉄(FeSO_4)、硫酸ナトリウム(Na_2SO_4)、硫酸カリウム(K_2SO_4)および少量の硫酸第二鉄($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$)であると考えられる。

また、和倉及び飯塚珪藻泥岩については、懸濁液のpHが酸性を呈することが知られている。試料を風乾後100メッシュに粉碎し、105℃で乾燥した試料0.4グラムに蒸留水70mlを加え、毎分500回転で10分間攪拌し、2時間経過後、懸濁液をガラス電極pHメーターで測定した結果は、次のとおりである(注1)。

和倉珪藻泥岩(25試料): pH 3.5～4.3 (平均3.7)

飯塚珪藻泥岩(17試料): pH 3.8～4.5 (平均4.1)

以上のような珪藻泥岩の化学的特性は、これを利用したり、土木工事の対象とする場合には十分留意する必要がある。珪藻泥岩を焼成して燃焼器や各種レンガを製造する場合や濾過助剤あるいは農薬担体などとして利用する場合はもちろん、珪藻泥岩の地層を造成する場合には、その利用に応じて十全の対策が必要となる。

表2 - 能登の珪藻泥岩(和倉及び飯塚)の化学組成

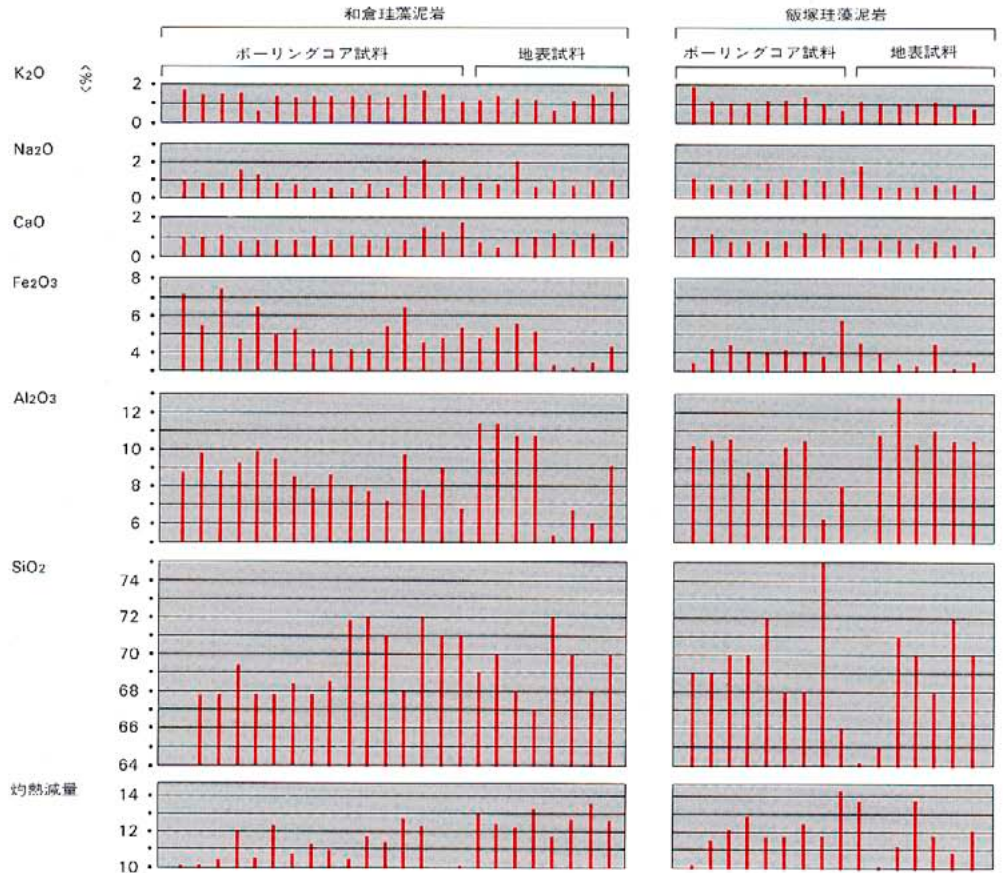


表3 - 能登の珪藻泥岩(和倉及び飯塚)中の水溶物の量と組成

