

北海道産砕石のアルカリシリカ反応性と岩石・鉱物学的特徴

長野 伸泰, 高橋 徹, 干場 敬史
阿部 芳彦, 八幡 正弘*

Alkali-Silica Reactivity and Petrological-Mineralogical Features of Aggregates from Hokkaido District

Nobuhiro NAGANO, Toru TAKAHASHI, Takashi HOSHIBA
Yoshihiko ABE, Masahiro YAHATA*

抄 録

北海道産砕石を対象として、砕石のアルカリシリカ反応性試験を行うと共に、砕石の岩石・鉱物学的性状を明らかにし、岩石組織や鉱物組成などが、砕石のアルカリ反応性に与える影響について考察した。

インターグラニューラー組織や完晶質組織などの石基組織を有する火山岩、半深成岩・深成岩、微細な石英を含まない砂岩などはアルカリに対する反応性が低いが、クリストバライト、トリディマイト、火山ガラスを含有し、石基組織としてハイアロピリティック組織、ピロタキシティック組織あるいはインターサタル組織を呈する火山岩や微細なカルセドニー様の石英を含む砂岩などは高いアルカリ反応性を有していた。また、石基部分の粘土化、石英による再結晶化など石基の組織や鉱物組成は化学法の試験結果やモルタルバーの膨張挙動とよく相関した。

1. はじめに

アルカリシリカ反応は、砕石、砂利、砂などコンクリート骨材中に含まれているクリストバライト、トリディマイト、オパール、玉髄、隠微晶質石英などのシリカ鉱物や火山ガラスなどが、コンクリートの間隙水に溶けているセメント由来の水酸化アルカリと反応してアルカリシリケートゲルを生成し、更に、反応生成物が周囲の水分を吸水して膨張する反応で、内部の膨張圧によりひびわれが発生し、場合によってはコンクリートの強度低下をも引き起こすことが知られている。

わが国では、これまで、アルカリシリカ反応によるコンクリートの被害は一部の事例を除いてほとんど報告さ

れていなかったが、昭和50年代後半に阪神地区でコンクリート構造物に特異なひびわれが見受けられるようになり、その後の調査でこのひびわれがアルカリシリカ反応に起因し、同様な被害が全国的に認められることから、社会的に大きな問題となった。

本報告は、主としてコンクリート用に利用されている北海道産砕石を対象に、アルカリシリカ反応性試験を行うと共に、岩石組織や鉱物組成、特に反応性が高いと思われるクリストバライト、トリディマイトや火山ガラスの産状や含有量など砕石の岩石・鉱物学的性状を明らかにし、砕石の岩石性状がアルカリ反応性に与える影響について検討した結果である。

* 北海道立地下資源調査所

2. 実験方法

2.1 材料

2.1.1 供試用砕石試料

アルカリシリカ反応性試験に供する骨材として、砕石場で採取しているコンクリート骨材用砕石 32 試料を用いた。岩種としては安山岩 16 試料 (No.1~16)、石英安山岩 2 試料 (No.17, 18)、玄武岩 4 試料 (No.19~22)、輝緑岩 6 試料 (No.23~28)、かんらん岩 1 試料 (No.29)、砂岩 3 試料 (No.30~32) で、図 1 に示すように全道各地から採取した。

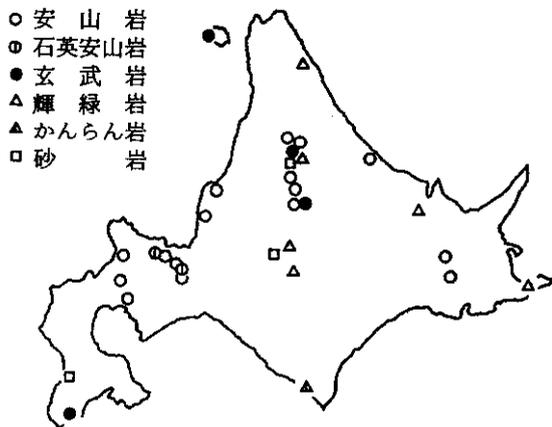


図 1 砕石試料産出位置図

2.1.2 セメント

使用したセメントは、JIS R 5210 に規定するポルトランドセメントの低アルカリ形で、セメントの全アルカリ量は Na_2O 換算で 0.31% ($\text{Na}_2\text{O}=0.13\%$, $\text{K}_2\text{O}=0.27\%$) である。

2.2 砕石の岩石・鉱物学的検討

2.2.1 砕石試料の顕微鏡観察

各砕石試料の岩石組織や鉱物組成、特にクリストバライトやトリディマイトの産状、火山ガラスの含有量などを明らかにするため、岩石薄片を作成し偏光顕微鏡で観察した。

2.2.2 砕石中のシリカ鉱物の同定・定量

砕石のアルカリシリカ反応性を判断する上で重要と考えられるシリカ鉱物の同定は、りん酸処理および粉末 X 線回折法によって行った¹⁾。また、それらの定量は、クリ

ストバライト、トリディマイト、石英、それぞれの合成物²⁾を標準試料とし、りん酸処理残渣割合とりん酸処理残渣中の各シリカ鉱物の主要回折ピーク積分値を求めることにより行った。

2.3 砕石のアルカリシリカ反応性試験

2.3.1 化学法

JIS A 5308 (1986)：レデーミクストコンクリートの付属書 7：骨材のアルカリシリカ反応性試験方法（化学法）に従い、以下の手順で岩石試料のアルカリシリカ反応性を調べた。

0.15~0.3 mm の粒径に粉碎した試料に、1 N 水酸化ナトリウム水溶液を加え、80℃で 24 時間反応させた後、溶液中の $(\text{OH})^-$ イオン濃度減少量（アルカリ濃度減少量：Rc）と溶液中に溶解したシリカ量（溶解シリカ量：Sc）を定量した。なお、アルカリシリカ反応性の判定法については、JIS A 5308 が 1989 年に改訂され判定法が一部変更されているが、ここでは、ASTM C 289 に準拠した JIS A 5308-1986 による判定法に従った。

2.3.2 モルタルバー法

JIS A 5308 (1986)：レデーミクストコンクリートの付属書 8：骨材のアルカリシリカ反応性試験方法（モルタルバー法）に従い、砕石を細骨材とした場合のモルタルの膨張量を測定した。

モルタルのアルカリ濃度は、セメント重量に対し 1.20% とするよう規定されている。本実験では、 Na_2O 換算アルカリ量 (R_2O) 0.31% のポルトランドセメント・低アルカリ形 ($\text{Na}_2\text{O}=0.13\%$, $\text{K}_2\text{O}=0.27\%$) を用い、不足のアルカリ分は 1 N- NaOH 水溶液を練り混ぜ水に加えることにより補ったため、 R_2O の Na_2O と K_2O の mol 濃度比は 85 : 15 と Na_2O 濃度に富む比率になっている。

打設 24 時間後、脱型ならびに基長の測定を行い、直ちに、40±2℃、相対湿度 95% 以上で貯蔵し、2 週、4 週、8 週、3 ヶ月、6 ヶ月目にそれぞれ膨張量を測定した。

3. 実験結果

3.1 砕石試料の岩石・鉱物学的特徴

3.1.1 砕石試料の岩石学的分類とそれらの特徴

偏光顕微鏡下で岩石組織や鉱物組成などを観察し、岩

石の種類、含有シリカ鉱物の種類および岩石組織などの観察結果に基づき砕石試料を14種類に分類した。それぞれの岩石学的特徴を以下に述べる。

[安山岩]

And-Hy. pil-c,t,vg (No.1, 2)

クリストバライトやトリディマイトを含有し、多量の火山ガラスを伴う安山岩で、主に斜長石、単斜輝石、斜方輝石を斑晶とする斑状組織を呈している。石基はハイアロピリティック組織を示し、火山ガラスのほか少量の微細な斜長石や輝石から構成されている。また、石基ガラスは一部スメクタイトに交代されている（写真1-1）。

And-Pil. ta-c,t,vg (No.3~10)

クリストバライトやトリディマイトを含有し、火山ガ

ラスに乏しい安山岩で、斜長石、単斜輝石、斜方輝石、角閃石、かんらん石などを斑晶とする斑状組織を呈している。石基はピロタキシティック組織を示し、主に斜長石や輝石の微細結晶から構成されている。全体に新鮮であるが、一部スメクタイトを伴う。また、No.10の試料では、石基が再結晶化した石英により交代されている。

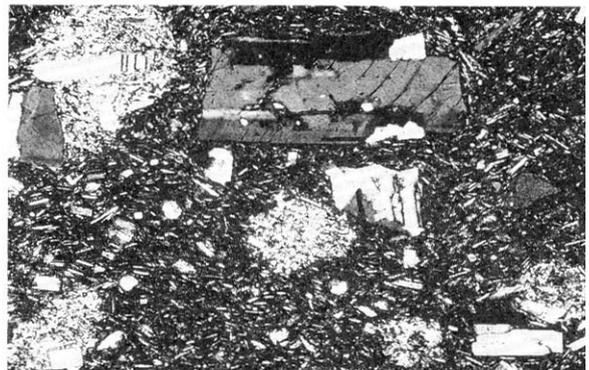
And-In. ser-c,t,vg (No.11, 12)

クリストバライトやトリディマイトを含有し、主に斜長石、単斜輝石、斜方輝石を斑晶とする斑状組織を呈する安山岩である。石基はインターサータル組織を示し、微細な柱状の斜長石や輝石のほか少量の火山ガラスなどから構成されている。また、石基中にはスメクタイトが多く生成している（写真1-2）。

And-Ho. cry-q (No.13~15)



(a) オープンニコル



(b) クロスニコル

写真1-1 ハイアロピリティック石基組織を呈する安山岩試料の顕微鏡写真 (No.2) 長辺: 1300 μ m

斑晶は短冊状の斜長石、石基は火山ガラスのほか微細な斜長石、輝石類などから構成されている。石基中にはクリストバライトとトリディマイトから成る斑点状集合体がみられる。



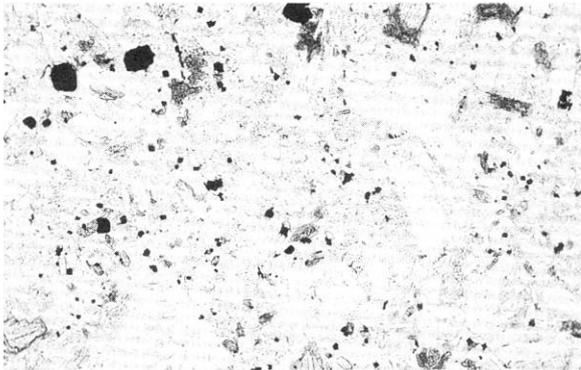
(a) オープンニコル



(b) クロスニコル

写真1-2 インターサータル石基組織を呈する安山岩試料の顕微鏡写真 (No.11) 長辺: 1300 μ m

短冊状の斜長石の間を微細な輝石類や火山ガラスなどが充填している。石基中の火山ガラスや輝石類はスメクタイト化が進んでいる。



(a) オープンニコル



(b) クロスニコル

写真1-3 完晶質石基組織を呈する安山岩試料の顕微鏡写真 (No.13) 長辺: 1300 μ m

斜長石や輝石類から成る斑晶と、斜長石、輝石類および微細な石英などから成る石基によって構成されている。また、石基は完晶質で火山ガラスは含まれていない。

シリカ鉱物として石英のみを含有し、斜長石、単斜輝石、斜方輝石などを斑晶とする斑状組織を呈する安山岩である。石基は完晶質組織を示し、斜長石や輝石のほか細粒な石英などから構成されており、火山ガラスは含まれていない。また、一部粘土鉱物やアルバイトが生成している (写真1-3)。

And-Ho. cry (No.16)

クリストバライト、トリディマイト、石英などのシリカ鉱物を全く含んでおらず、斜長石、単斜輝石、斜方輝石などを斑晶とする斑状組織を呈する安山岩である。石基は完晶質組織を示し、斜長石と少量の輝石から構成されており、火山ガラスは含まれていない。また、斑晶鉱物は粘土鉱物やアルバイトにより交代され、一部にカルセドニー様の鉱物を含有する。

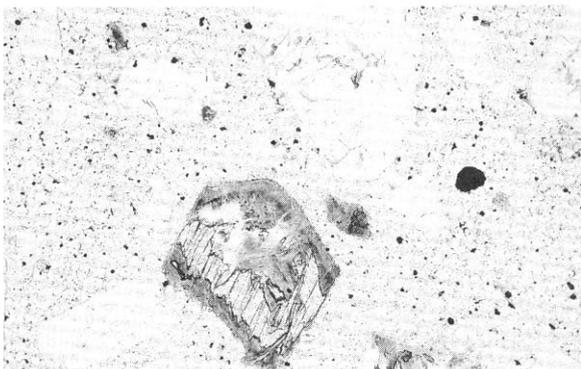
[石英安山岩]

Dac-Ho. cry-c (No.17)

少量のクリストバライトを含有し、主に斜長石、単斜輝石、斜方輝石を斑晶とする斑状組織を呈する石英安山岩である。石基は完晶質組織を示し、斜長石や細粒な石英などから構成されており、火山ガラスは含まれていない。また、輝石の一部はスメクタイトにより交代されている。

Dac-Ho. cry-q (No.18)

シリカ鉱物として石英のみを含有し、斜長石、単斜輝石、斜方輝石、石英などを斑晶とする斑状組織を呈する石英安山岩である。石基は完晶質組織を示し、斜長石や細粒な石英などから構成されており、火山ガラスは含まれていない。また、石基の一部はスメクタイトにより交代されている (写真2-1)。



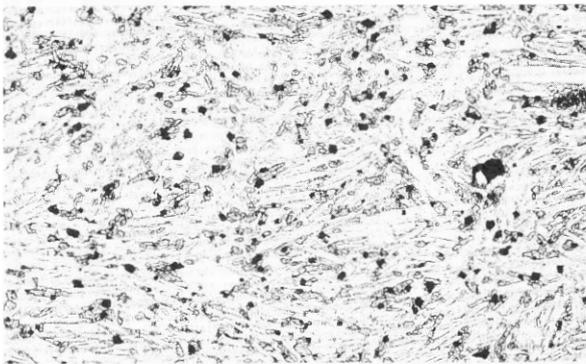
(a) オープンニコル



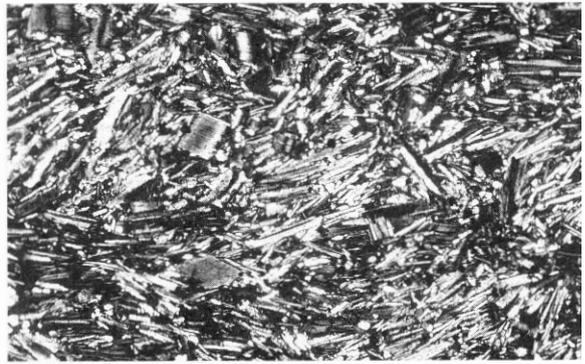
(b) クロスニコル

写真2-1 完晶質石基組織を呈する石英安山岩試料の顕微鏡写真 (No.18) 長辺: 1300 μ m

斜長石や輝石類から成る斑晶と、微細な石英や斜長石などから成る石基によって構成されている。石基は完晶質で火山ガラスは含まれていない。

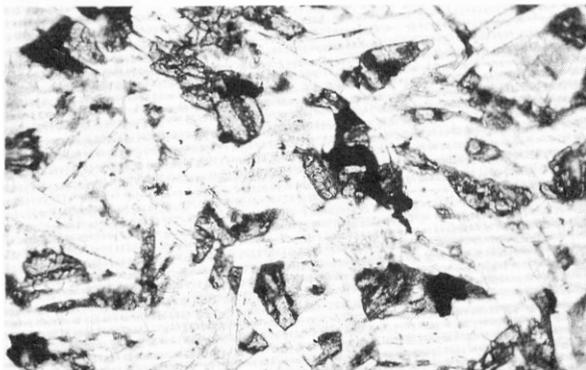


(a) オープンニコル



(b) クロスニコル

写真 2-2 インターグラニューラー石基組織を呈する玄武岩試料の顕微鏡写真 (No.19) 長辺: 1300 μ m
短冊状の斜長石の間を微粒な輝石が充填しており、部分的に火山ガラスが含まれる。



(a) オープンニコル



(b) クロスニコル

写真 2-3 インターグラニューラー石基組織を呈する玄武岩試料の顕微鏡写真 (No.21) 長辺: 1300 μ m
ネットワーク状をなす短冊状斜長石の間を細粒の輝石が充填しており、火山ガラスは含まれていない。
輝石類はスメクタイト化が進んでいる。

[玄武岩]

Bas-In. gra-c,vg (No.19)

クリストバライトを含有し、斑晶鉱物は斜長石、単斜輝石を主とし、斜方輝石、かんらん石を伴う斑状組織を呈する玄武岩である。石基はインターグラニューラー組織を示し、斜長石や輝石より構成され、一部に火山ガラスを伴う場合がある (写真 2-2)。

Bas-In. gra-q (No.20, 21)

シリカ鉱物として石英のみを含有し、斜長石、単斜輝石、斜方輝石、石英などを斑晶とする斑状組織を呈する玄武岩である。石基はインターグラニューラー組織を示し、火山ガラスは含まれていない (写真 2-3)。また、輝石の一部はスメクタイト化している。

Bas-In. gra (No.22)

クリストバライト、トリディマイト 石英などのシリ

カ鉱物を全く含んでおらず、かんらん石、単斜輝石などを斑晶とする斑状組織を呈する玄武岩である。石基はインターグラニューラー組織を示し、斜長石、単斜輝石、かんらん石などの微細結晶で構成されている。

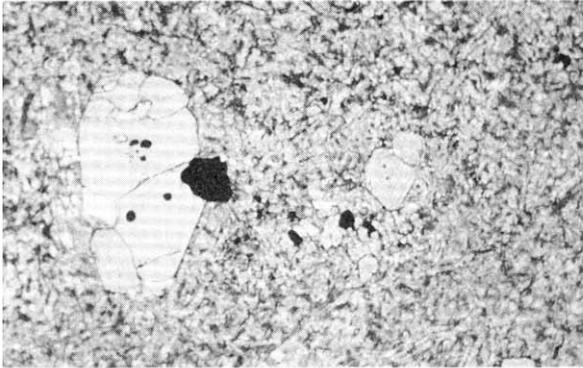
[輝緑岩]

Dia-Sub. op-q (No.23)

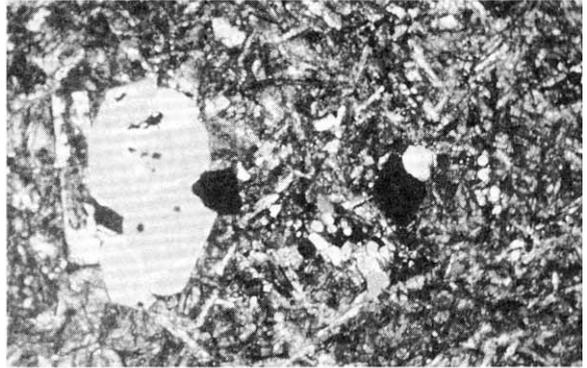
シリカ鉱物として再結晶石英のみを含む輝緑岩である。斑晶鉱物は斜長石と少量の単斜輝石よりなる。石基はサブオフィティック組織を示し、斜長石、輝石より構成される。変質鉱物としてアルバイトや粘土鉱物を多量に含有する他、緑レン石-石英脈が認められる。

Dia-Sub. op (No.24~28)

シリカ鉱物を含まない輝緑岩で、斑晶鉱物は斜長石、単斜輝石よりなる。石基はサブオフィティック組織を示し、斜長石、輝石より構成される。変質鉱物としてアル



(a) オープンニコル



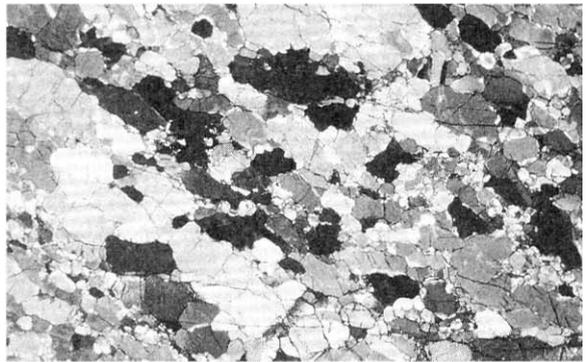
(b) クロスニコル

写真3-1 サブオフィティック組織を呈する輝緑岩試料の顕微鏡写真 (No.25) 長辺: 3200 μ m

単斜輝石から成る斑晶と、斜長石や輝石から成る石基によって構成されている。
斜長石は曹長石化や絹雲母化が、また、輝石は緑泥石化やサポーナイト化が進んでいる。



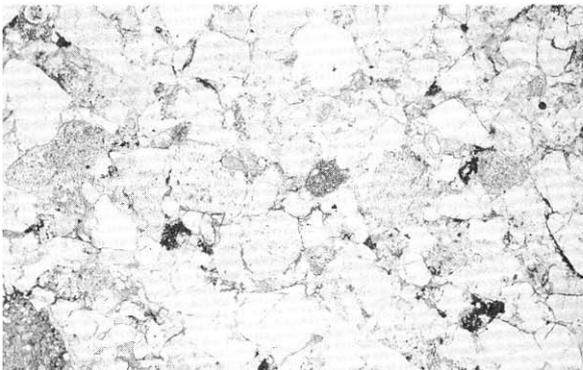
(a) オープンニコル



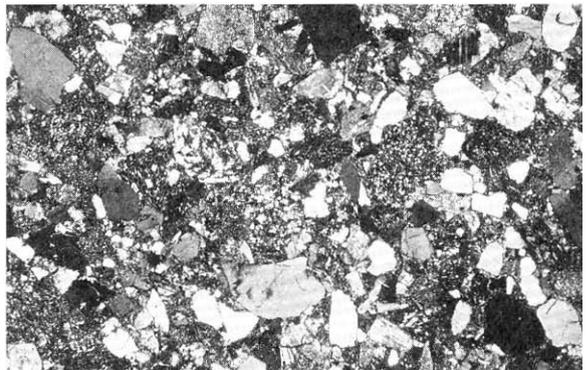
(b) クロスニコル

写真3-2 等粒状組織を呈するかんらん岩試料の顕微鏡写真 (No.29) 長辺: 3200 μ m

等粒状のかんらん石から成る。



(a) オープンニコル



(b) クロスニコル

写真3-3 微細な石英を含む砂岩試料の顕微鏡写真 (No.30) 長辺: 3200 μ m

石英、カリ長石の結晶片や岩片などの粒子から成る砂岩である。
粒子間隙や岩片の一部は微細な石英から構成されている。

表1 岩石の分類と砕石試料のシリカ鉱物、火山ガラスの含有量

No	岩種 岩石組織 反応性鉱物	含有量(wt%)			
		シリカ鉱物			火山ガラス
		クリスト バライト	トリ ディ マイ ト	石 英	
1	<i>And-Hy.pil-c, t, vg</i>	8	—	4	◎
2		1	5	1	◎
3	<i>And-Pil.ta-c, t, vg</i>	3	4	3	○
4		1	3	2	○
5		1	1	3	○
6		6	1	2	○
7		4	2	2	○
8		—	20	2	○
9		5	—	2	○
10		1	5	6	○
11	<i>And-In.ser-c, t, vg</i>	15	—	3	△
12		3	8	14	△
13	<i>And-Ho.cry-q</i>	—	—	16	—
14		—	—	29	—
15		—	—	30	—
16	<i>And-Ho.cry</i>	—	—	—	—
17	<i>Dac-Ho.cry-c</i>	<1	—	21	—
18	<i>Dac-Ho.cry-q</i>	—	—	26	—
19	<i>Bas-In.gra-c,vg</i>	5	—	—	△
20	<i>Bas-In.gra-q</i>	—	—	28	—
21		—	—	7	—
22	<i>Bas-In.gra</i>	—	—	—	—
23	<i>Dia-Sub.op-q</i>	—	—	3	—
24	<i>Dia-Sub.op</i>	—	—	—	—
25		—	—	—	—
26		—	—	—	—
27		—	—	—	—
28		—	—	—	—
29	<i>Dun-Equ</i>	—	—	—	—
30	<i>Sds-q</i>	—	—	27	—
31		—	—	25	—
32		—	—	45	—

◎：非常に多い ○：多い △：少ない —：ほとんど無い

凡例

- 岩石名 *And*：安山岩 *Dac*：石英安山岩 *Bas*：玄武岩
Dia：輝緑岩 *Dun*：かんらん岩 *Sds*：砂岩
 岩石組織 *Hy.pil*：ハイアロピリティック組織 *Pil.ta*：ピロタキシティック組織
In.ser：インターサータル組織 *Ho.cry*：完晶質組織
In.gra：インターグラニューラー組織 *Sub.op*：サブオフィティック組織
Equ：等粒状組織
 鉱物名 *c*：クリストバライト *t*：トリディマイト *q*：石英 *vg*：火山ガラス

バイトと粘土鉱物が認められる（写真3-1）。

[かんらん岩]

Dun-Equ (No.29)

かんらん石斑晶と少量のクロムスピネルにより構成されている。等粒状組織を示し、蛇紋岩の細脈を伴うことがある（写真3-2）。

[砂岩]

Sds-q (No.30~32)

細粒～中粒の砂岩で、結晶片として石英、カリ長石、斜長石を主として含み、他に、黒雲母、白雲母などが認

められる。岩片は花崗岩、泥岩、砂岩、安山岩などからなる。全体に変質し、粘土鉱物、アルバイトおよび方解石が生成している。また、No.30の試料には微細な石英が卓越している（写真3-3）。

3.1.2 砕石中のシリカ鉱物および火山ガラスの産状と含有量

砕石のアルカリシリカ反応性に大きな影響を与えると考えられるクリストバライト、トリディマイトおよび火山ガラス^{3),4),5)}の産状や含有量について、偏光顕微鏡、X



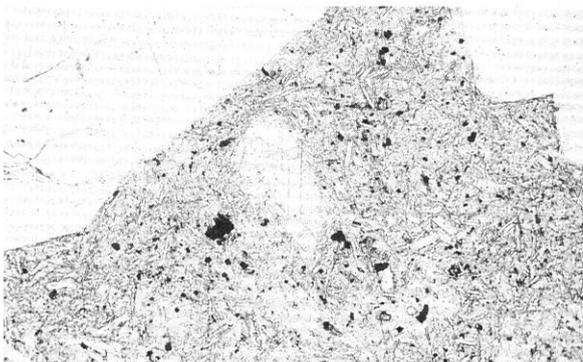
(a) オープンニコル



(b) クロスニコル

写真 4-1 砕石試料中のクリストバライトの産状 (No.11) 長辺: 650 μ m

中央部の屋根瓦状の模様を呈する屈折率の低い鉱物がクリストバライト



(a) オープンニコル



(b) クロスニコル

写真 4-2 砕石試料中のトリディマイトの産状 (No.3) 長辺: 650 μ m

中央部のくさび状双晶がみられる低屈折率の鉱物がトリディマイト

線回折法により調べた。

アルカリに対する反応性が高いと思われるクリストバライトやトリディマイトは、火山ガラスの多いハイアロピリティック組織の他、ピロタキシティック組織あるいはインターサータル組織を呈する火山岩の石基中に認められ、微結晶間隙を埋める微細なクリストバライトとトリディマイトの斑点状集合体(写真 1-1)、屋根瓦状の模様が見えるクリストバライト結晶(写真 4-1)、くさび状の双晶が見られるトリディマイト結晶(写真 4-2)などとして観察される。また、X線回折により求めたクリストバライトやトリディマイトの含有量は、2~20%程度である(表 1)。

上記の砕石試料の他、インターグラニューラー組織を呈する No.19 の玄武岩と完晶質石基組織を有する No.17 の石英安山岩試料にもクリストバライトが含まれている。このうち No.17 試料のクリストバライト含有量は非

常に少量で、顕微鏡下では同定することができなかった。

一方、インターグラニューラー組織あるいは完晶質石基組織を有する火山岩 (No.19 の玄武岩を除く)、半深成岩~深成岩である輝線岩やかんらん岩、堆積岩である砂岩には、クリストバライト、トリディマイト、火山ガラスは含まれておらず、シリカ鉱物として石英のみを含有している砕石が 10 試料、クリストバライト、トリディマイト、石英などのシリカ鉱物を含まない砕石が 8 試料であった。なお、No.30 の砂岩は微細なカルセドニー様の石英が多く認められる。

3.2 砕石のアリカリシリカ反応性試験結果

3.2.1 化学法による試験結果

化学法の試験結果を表 2, 図 2 に示す。化学法では 14 試料が有害あるいは潜在的有害と判定された。

No.1~9, 11, 12 の安山岩 11 試料は、溶解シリカ量が

表 2 砕石試料の化学法試験結果

No.	溶解シリカ量 (mmol/l)	アルカリ濃度減少量 (mmol/l)	判 定
1	703	172	潜在的有害
2	693	142	潜在的有害
3	636	123	潜在的有害
4	619	94	有 害
5	592	104	有 害
6	575	133	潜在的有害
7	535	131	潜在的有害
8	532	198	潜在的有害
9	434	138	潜在的有害
10	102	143	無 害
11	496	333	潜在的有害
12	398	207	潜在的有害
13	41	153	無 害
14	25	87	無 害
15	23	68	無 害
16	10	126	無 害
17	127	118	潜在的有害
18	84	130	無 害
19	345	41	有 害
20	45	63	無 害
21	16	138	無 害
22	22	35	無 害
23	25	57	無 害
24	20	80	無 害
25	18	115	無 害
26	15	43	無 害
27	12	107	無 害
28	8	116	無 害
29	11	16	無 害
30	113	61	有 害
31	64	124	無 害
32	40	82	無 害

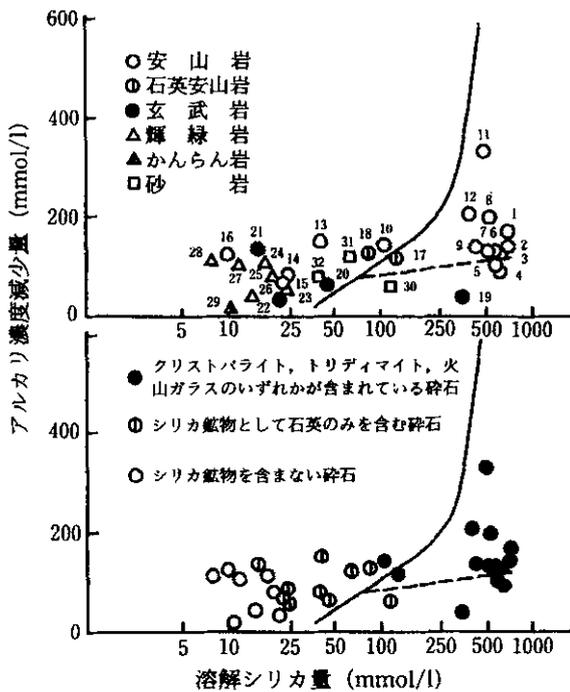


図 2 化学法試験結果

398~703 mmol/l と高い値を示した。これらの岩石はハイアロピリティック組織、ピロタキシティック組織あるいはインターサータル組織などの石基組織を呈する火山岩で、火山ガラスのほかクリストバライトやトリディマイトを含有している。このうち、粘土化が進んでいる No.11, 12 の砕石試料は、他の試料よりも高いアルカリ濃度減少量を示している。

また、インターグラニューラー組織を呈する No.19 の玄武岩試料はクリストバライトを含有しており、345mmol/l の溶解シリカ量を示した。他の 2 試料はクリストバライト含有量のきわめて少ない No.17 の完晶質石英安山岩およびシリカ鉱物として微細な石英が認められた No.30 の砂岩で、これらは前者に較べ低い溶解シリカ量を示した。

無害と判定された 18 試料 (安山岩 5, 石英安山岩 1, 玄武岩 3, 輝緑岩 6, かんらん岩 1, 砂岩 2) 中 17 試料の砕石は、インターグラニューラー組織や完晶質の石基組織を有する火山岩、半深成岩〜深成岩である輝緑岩やかんらん岩、堆積岩である砂岩で、これらの試料にはクリストバライト、トリディマイトは含まれておらず、火山

ガラスはきわめて少量含有する場合があるだけであった。それらのうち、シリカ鉱物として石英だけを含み無害と判定された砕石は9試料で、溶解シリカ量は16~84 mmol/lとクリストバライト、トリディマイトあるいは微細な石英を含む試料よりも低い値を示した。また、火山ガラスやシリカ鉱物をほとんど含まない8試料の溶解シリカ量は、8~22mmol/lとさらに低い値を示した。

一方、No.10 試料は火山ガラス、クリストバライト、トリディマイトを含んでいる試料のうち唯一無害と判定された砕石で、無害と判定された試料の中で最も高い溶解シリカ量(102mmol/l)を示した。火山ガラス、クリストバライト、トリディマイトを含有しているにもかかわらず溶解シリカ量が低い値を示した原因としては、石基の一部を石英が交代したことにより、火山ガラス、クリストバライト、トリディマイトなどとアルカリの反応が遅延したと考えられる。

3.2.2 モルタルバー法試験結果

砕石試料のモルタルバー法試験結果を表3、図3に示す。砕石のうち6ヶ月で0.1%以上の有害な膨張を示し

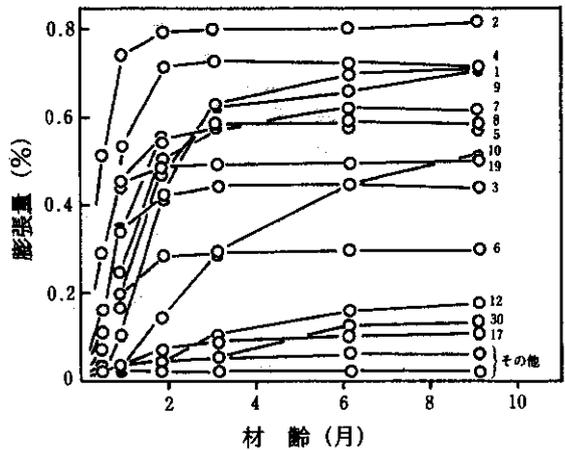


図3 モルタルバー法試験結果

た試料は、14 試料 (No.1~10, 12の安山岩 11 試料, No.17の石英安山岩, No.19の玄武岩, No.30の砂岩)である。No.30の砂岩を除く他の試料には、クリストバライトあるいはトリディマイトが含まれ、また、No.10の安山岩を除く13試料は、化学法で有害ないし潜在的有害と判定されたものである。

有害な膨張を示した砕石の大部分は、1~3ヶ月の間に急激に膨張し、3ヶ月前後で飽和膨張量に達し、それ以降はほとんど膨張を示さない砕石で、これらの試料はいずれも300mmol/l以上の溶解シリカ量を示すものである。これに対し、No.10の安山岩(クリストバライト、トリディマイト、火山ガラスなどを含んでいるにもかかわらず無害と判定された)、No.17の石英安山岩(クリストバライト含有量がきわめて低い)、No.30の砂岩(クリストバライト、トリディマイト、火山ガラスなどを含んでいない)の3試料は、膨張挙動が異なっている。No.10試料は、膨張した他の試料に較べて初期の膨張速度は遅いが、長期にわたり膨張を続け、6ヶ月で0.44%の膨張量に達した。これは、前項で述べたように、再結晶石英が有害鉱物とアルカリの反応を遅延したためと思われる。また、No.17試料およびNo.30試料はモルタルバー法で有害と判定された試料のうちで最も低い膨張量を示し、6ヶ月で、判定基準の膨張量をわずかに越える0.11~0.13%の膨張を示した。

6ヶ月での膨張量が0.10%の許容膨張量以内で無害と判定された18試料(安山岩5, 石英安山岩1, 玄武岩3, 輝緑岩6, かんらん岩1, 砂岩2)のうち17試料は、クリストバライト、トリディマイト、火山ガラスなどを

表3 砕石試料のモルタルバー法試験結果

No.	膨張量 (%) (材令: 6ヵ月)	判定	No.	膨張量 (%) (材令: 6ヵ月)	判定
1	0.70	有害	18	0.06	無害
2	0.80	有害	19	0.50	有害
3	0.44	有害	20	0.06	無害
4	0.72	有害	21	0.03	無害
5	0.58	有害	22	0.03	無害
6	0.30	有害	23	0.04	無害
7	0.62	有害	24	0.02	無害
8	0.59	有害	25	0.03	無害
9	0.67	有害	26	0.02	無害
10	0.44	有害	27	0.03	無害
11	0.03	無害	28	0.03	無害
12	0.16	無害	29	0.04	無害
13	0.03	無害	30	0.13	有害
14	0.03	無害	31	0.02	無害
15	0.03	無害	32	0.04	無害
16	0.04	無害			
17	0.11	有害			

含んでいない、化学法で無害と判定された岩石である。他の1試料は、クリストバライトや火山ガラスを含む、化学法で潜在的有害と判定されたNo.11の安山岩試料である。この試料は、スメクタイト化が著しく、また、アルカリ濃度減少量(333mmol/l)が高いことから、アルカリがスメクタイトによりイオン交換されたと考えられる。

4. まとめ

以上、北海道産砕石に関して、砕石の岩石組織や含有シリカ鉱物の種類が骨材のアルカリ反応性に与える影響について検討した結果を以下にまとめる。

1) 溶解シリカ量は、砕石中に含まれるクリストバライト、トリディマイトなどのシリカ鉱物や火山ガラスの含有量により大きく変化する。

砕石の溶解シリカ量は、火山ガラスのほかクリストバライトやトリディマイトが含まれる場合には高く、火山ガラスやシリカ鉱物がほとんど含まれていない場合には低くなる。また、シリカ鉱物として石英のみが含まれる場合にはそれらの中間の値を示す。

2) 化学法で有害ないし潜在的有害と判定されたり、モルタルバー法で有害と判定される、高いアルカリ反応性を有する砕石は、以下の特徴を有する岩石である。

a: クリストバライト、トリディマイト、火山ガラスを含有し、石基組織としてハイアロピリティック組織、ピロタキシティック組織あるいはインターサータル組織を呈する火山岩

b: 微細なカルセドニー様の石英を含む砂岩。

一方、アルカリ反応性の低い砕石は、インターグラニューラー組織や完晶質組織などの石基組織を有する火山岩、半深成岩～深成岩である輝緑岩やかんらん岩などで、これらの岩石中にはクリストバライト、トリディマイトは含まれず、火山ガラスが含まれる場合でも、極めて少量であった。また、微細な石英を含まない砂岩も、アルカリに対する反応性が低い。

3) クリストバライトやトリディマイトを含む砕石のうち無害と判定されたものは、化学法およびモルタルバー法で各1試料である。

化学法で無害と判定された試料は、モルタルバー法では膨張速度が遅いにもかかわらず有害な膨張を示していることから、石基の組織や鉱物組成等の影響を受

け、反応性が高いが、化学法で無害と判定されたと考えられる。

モルタルバー法で無害と判定された試料は、化学法では有害と判定されたが、陽イオン交換容量の高いスメクタイトを多く含み、アルカリ濃度減少量が高い(333mmol/l)ことから、スメクタイトによるアルカリイオンのイオン交換が生じたと考えられる。

以上のように、化学法およびモルタルバー法による砕石のアルカリシリカ反応性試験結果は、砕石に含まれるクリストバライト、トリディマイト、微細な石英などシリカ鉱物の種類や性状、また火山ガラスの含有量などと密接な関連が認められた。モルタルバー法は試験に長期間を要する欠点があることから、砕石の岩石組織、シリカ鉱物や火山ガラスの性状、含有量などを明らかにし、さらに化学法の結果と総合して検討することで、短期間に、モルタルとしての膨張挙動を予測し、骨材のアルカリシリカ反応性を判定することが可能と考えられる。

引用文献

- 1) 安伸二・丸嶋紀夫:セメント技術年報, 39, 316～319, (1985)
- 2) SATO Mitsuo: Min. Jour., 4, 115—130, (1964)
- 3) 日下部吉彦ほか:水曜会誌, 20, 7, 429～434, (1986)
- 4) 西山孝ほか:材料, 37, 418, 825～831, (1988)
- 5) 脇坂安彦・守屋進:セメントコンクリート, 499, 9—17, (1988)