



骨材の化学的反応性に関する
試験方法(化学法)の標準化に関する
共同研究報告書

平成元年 1 月

建設省土木研究所地質化学部
社団法人セメント協会研究所

「Copyright ©(1989) by P.W. R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reroduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P. W. R. I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。」

骨材の化学的反応性に関する
試験方法（化学法）の標準化に関する
共同研究報告書

土木研究所 化学研究室

地質研究室

(社)セメント協会研究所

片 脇 清
守 屋 進
脇 坂 安 彦
加 藤 修
宇 野 達二郎
木 下 敬 三
佐 藤 栄
高 橋 茂
武 居 弘 治
船 戸 已知雄

要 旨

骨材のアルカリシリカ反応性を判定するための試験法として、ASTM C 289（化学法）に準拠した骨材のアルカリシリカ反応性試験方法（化学法）が制定されたが、骨材の反応性を迅速に判定する技術を確立することを目的として、昭和61年度と62年度の2カ年間土木研究所と(社)セメント協会研究所が共同研究を実施した。本報告書は、共同研究の成果をとりまとめたものである。

キーワード：アルカリ骨材反応，骨材，アルカリシリカ反応性試験法，化学法

ま え が き

アルカリ骨材反応を起こす骨材の迅速な判定法として、ASTM C 289（化学法）が広く行われているが、試験結果のばらつきが大きかったり、試験者や試験所間による試験結果の相違があることが問題とされていた。これは、試験操作法に曖昧な表現等が在るためと考えられている。このため、土木研究所および（社）セメント協会は、それぞれ独自に試験操作に関する実験的検討を行い、ASTM化学法を改善した試験法を提案した。両者は、試験法を統一するため、協議を行い共通試験等を実施したうえで統一した。統一した試験法は、昭和61年6月の建設大臣官房技術審議官通達「アルカリ骨材反応暫定対策について」の中で「骨材のアルカリシリカ反応性試験方法（化学法）建設省暫定案」として採用された。

暫定試験法を標準化することを目的として、両者は昭和61年度より共同研究を実施した。本報告は、2年間の共同研究の成果について取りまとめたものである。

目 次

1. 共同研究委員会構成	1
2. 研究の概要	2
2.1 化学法試験方法の検討	2
2.2 骨材のアルカリ反応性	2
2.3 化学法（建設省暫定案）の修正	2
3. 化学法試験方法の検討	3
3.1 化学法の経緯	3
3.2 A S T M化学法の問題点	5
3.3 試験方法の改善	6
4. 骨材のアルカリ反応性	9
4.1 骨 材	9
4.2 化学法試験結果	9
4.3 モルタルバー法試験結果	10
4.4 骨材のアルカリ反応性と鉱物組合わせ	10
4.5 反応性骨材分布	11
5. 化学法（建設省暫定案）の修正	33
5.1 判定図の見直し	33
5.2 化学法の修正	34
5.3 コンクリート供試体の暴露	34
6. 今後の課題	39
あとがき	40

1. 共同研究委員会構成

建設省土木研究所と(社)セメント協会は、共同研究を実施するにあたって、下記のメンバーによる委員会を設置した。

(敬称略, 五十音順)

主査	加 藤 修	社会法人 セメント協会研究所
	宇 野 達二郎	小野田セメント(株) セメント研究所
	片 脇 清	建設省土木研究所 化学研究室
	木 下 敬 三	住友セメント(株) 中央研究所
	佐 藤 栄	三菱鉱業セメント(株) 大宮研究所(62年3月まで)
	高 橋 茂	社団法人 セメント協会研究所
	武 居 弘 治	三菱鉱業セメント(株) 中央研究所(62年4月から)
	船 戸 已知雄	日本セメント(株) 中央研究所
	守 屋 進	建設省土木研究所 化学研究室
	脇 坂 安 彦	建設省土木研究所 地質研究室

2. 研究の概要

2.1 化学法試験方法の検討

ASTM C 289 (化学法) の試験操作条件等について実験的な検討を行い、土木研究所は「ASTM化学法に準ずる暫定試験方法(案) (略称 土研化学法)」を、セメント協会は「ASTM C 289-⁸¹に準拠したセメント協会標準試験方法(案) 骨材の潜在反応性試験方法(化学法)」をそれぞれ独自に提案した。しかしながら、同じ様な試験法がASTMを含めて3通りも在っては、いたずらに混乱を招くだけであるので、ASTM化学法に準拠しつつ、それを改善した試験方法について協議を行い、両者を統一することとした。ただし、両者の試験操作等に部分的な違いがあるため、共通試験を実施して統一し、「化学的方法による骨材のアルカリ反応性判定のための暫定試験方法(案) (略称 総プロ化学法)」とした。その後、総プロ化学法は昭和61年6月のアルカリ骨材反応暫定対策に関する建設大臣官房技術審議官通達の中で「骨材のアルカリシリカ反応性試験方法(化学法) 建設省暫定案」として採用された。また、同年秋には、上記試験方法はJIS A 5308「レデーミクスコンクリート」の改定時に、附属書7「骨材のアルカリシリカ反応性試験方法(化学法)」に採用された。

2.2 骨材のアルカリ反応性

「骨材のアルカリシリカ反応性試験方法(化学法) 建設省暫定案」の信頼性の確認並びに標準化を図ることを目的として、全国各地の砕石場より収集した骨材 532 試料について、その鉱物組成や岩種の判定を行ったうえ、化学法の試験を実施した。また、そのうち 299 試料について、モルタルバー法(「骨材のアルカリシリカ反応性試験方法(モルタルバー法) 建設省暫定案」) 試験を実施した。これらの試験結果より、骨材のアルカリシリカ反応性と鉱物組成の関係等を検討し、我が国(北海道を除く)における反応性骨材の分布図を作成した。

2.3 化学法(建設省暫定案)の修正

暫定案の化学法は、骨材の反応性の判定にASTMの判定図をそのまま用いているが、我が国の骨材の判定にそのまま適用できるか疑問があった。また、その判定曲線が数式化されていないため不確かなまま用いていることもあった。これらの理由で我が国の骨材に適しているとともに数式化された判定曲線を決定することが望まれていた。

このため、全国各地の砕石場より収集した骨材の化学法とモルタルバー法の試験結果(299 骨材)より判定図の見直しを行った。

また、コンクリートの劣化と化学法の試験結果の関係を明らかにするため、100 骨材についてアルカリ量を一定にしたコンクリート供試体を作成し屋外暴露試験を開始した。

3. 化学法試験方法の検討

3.1 化学法の経緯

1940年2月、T.E. Stantonがコンクリートの異常膨張による亀裂発生現象に着目し、その原因が骨材中のある種の鉱物がセメント中のアルカリ金属と化学反応をおこした結果であるという簡単な報告⁽¹⁾を発表した。これに続き、Stantonは同年12月、各種の実験結果を含む更に詳細な論文⁽²⁾を発表している。この論文ではコンクリート構造物の亀裂発生事例、実験室におけるモルタルバー法による膨張試験結果等を報告しているが、化学的手法についても、10%水酸化ナトリウム溶液に骨材を浸漬する実験を行っている。しかし、この時点では定量的な判定方法とするには至っていない。その後1943年、Stantonはアルカリ反応性骨材の判定のための各種の手法について論評⁽³⁾しており、その中で「骨材の水酸化ナトリウム溶液への溶解性 (Sodium Hydroxide Solubility of Aggregate)」という一項を設けているが、骨材の反応特性と水酸化ナトリウム溶液への骨材の溶解度との関係が十分に判明していないので、今後の研究課題であると述べており、直ちに実用化できる試験方法とは考えていなかったようである。

なお、同論文の中で、反応性骨材の観察方法として、アルカリシリカ反応によって生成したゲルが、紫外線照射により蛍光を発するので、それを利用して観察することができること、およびモルタル供試体の観察面にカーボンブラックを塗布して0.5 N水酸化ナトリウム溶液に浸しておくと、ゲルが生成した場合、その部分のカーボンブラックが除かれて、容易に観察することができるという方法を紹介している。

化学法が公的試験方法として姿を現したのは、1952年、ASTMのコンクリートおよびコンクリート用骨材委員会 (ASTM Committee C-9 on Concrete and Concrete Aggregates) に認定されて、ASTM試験方法⁽⁴⁾に取り上げられたときが最初である。この基礎となっている研究はR.C. Mielenzらによって行われている。

Mielenzらは、1947年、新たに開発した化学的試験方法によって骨材の潜在的に有害な反応性を予測することができることを報告⁽⁵⁾した。その方法は、粉碎して粒度調整を行った骨材を水酸化ナトリウム溶液中で溶解させ、そのときの溶解シリカ量を定量するとともに、これに付随して消費されるアルカリ量をも定量する方法である。この研究では、米国各地から採取した岩石71種類と、オパールとドロマイトとを混合した混合物11種類を試料として、各種の条件で溶解シリカ量およびアルカリ減少量の検討を行った。また、これと同時に、同じ岩石を骨材としてモルタル供試体を作製し膨張試験も行った。

これらの化学法の試験結果と材令1年のモルタル膨張試験結果とを対比したところ、粒度をNo. 50 * ~ No. 100 * (297 μ m ~ 149 μ m) に調整した骨材を試料とした化学法の試験結果がモルタル試験における膨張量と対応していることを指摘した。即ち次頁の図がMielenzらが示した判別図であるが、化学法による溶解シリカ量 (Sc と表示) を横軸とし、アルカリ減少量 (Rc と表示) を縦軸として図上にプロットしてみると、材令1年のモルタル供試体が0.1%以上の有害な膨張を示す骨材と、膨張が0.1%以下の無害骨材とが、 $Sc/Rc=1$ の線 (図中の太線) によって区分できることを示した。

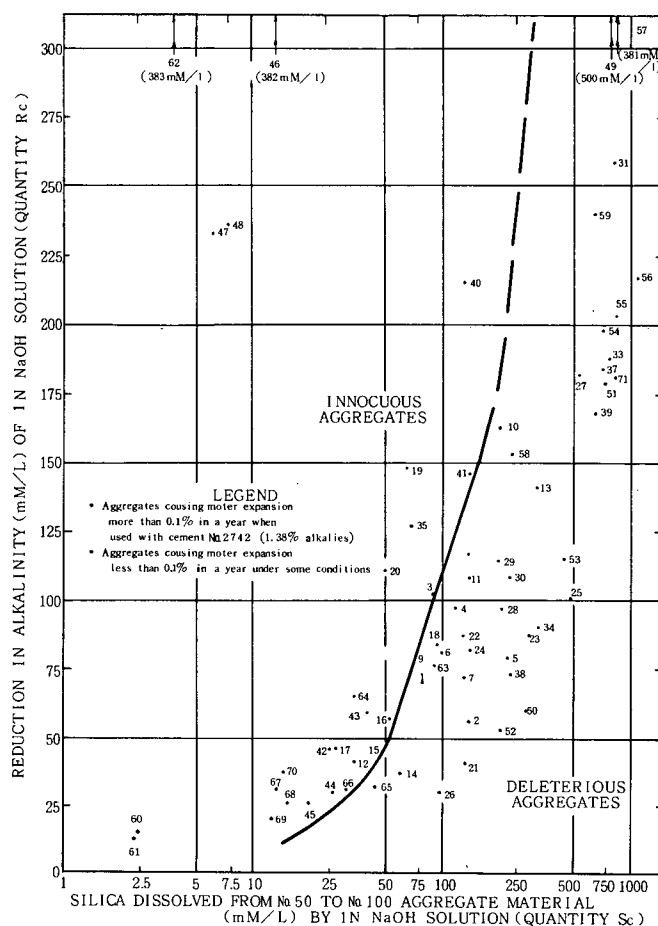


Fig. 3 Deleterious aggregates can be distinguished from innocuous aggregates on the basis of silica dissolved from No. 50 to No. 100 material and reduction in alkalinity of the NaOH solution during the chemical test

(*: No. 50 及び No. 100 は鋼ふるいの番号を示す)

更に詳細な試験操作については、翌1948年のASTMシンポジウムにおいて、Mielenz らが報告^[6]しておりこの時点で、現在のASTM C 289に規定されている下記のような基礎的な試験条件が発表された。

- 粗骨材の粒度は、No. 50 (297 μm) から No. 100 (149 μm) に粉碎調整する。
- 調整した試料のはかりとり量は、25.0 g とする。
- アルカリ試薬の濃度および添加量は、 $1.000 \pm 0.010 \text{ N}$ NaOH を 25 ml とする。
- 反応条件は、 $80 \pm 1^\circ\text{C}$ において 24 時間とする。
- ろ液を希釈後、分取してシリカの定量および 0.05 N HCl による滴定を行う。
- 分析結果は、Sc および Rc とも mmol/l 単位で表示する。

さて、Mielenz らが研究した化学法に

よる骨材の潜在反応性試験方法は、1952年初めて、Tentative Method of Test for Potential Reactivity of Aggregates (Chemical Method) として、ASTM^[4]に取り入れられたが、この時点では、試験操作のみが記載されており、試験結果から反応性を判定する基準は規定されていなかった。

一方、コンクリート用骨材の品質を規定しているASTM C 33^[7]は、1955年から化学法の判定方法を採り入れ、次のように、アルカリ減少量 (Rc) および溶解シリカ量 (Sc) の分析結果が、骨材の潜在反応性の判定に利用し得るという一応の基準を注記した。

Rc が 70 を超えた場合、 $Sc > Rc$ ならば反応性ありとみなす。

Rc が 70 以下の場合、 $Sc > 35 + Rc / 2$ ならば反応性ありとみなす。

これが発表された翌々年の1957年、ASTM C 289-57T^[8]にいわゆる判定線 (Boundary line) を示した図が掲載され、試験方法と判定基準とが同一規格内に表示されるに至った。この判定線は、明らかにMielenz らが発表した前掲の図を採用したもので、彼らが発表してから10年目に当たり、公式に認知されたことになった。

この判定線は、その後も検討の対象となっており、Chaiken ら^[9]は、52種類のコンクリート用骨材を

を用いて化学法とモルタルバー法との試験結果の相関性を調べた。その結果、判定線の右側にプロットされた骨材は一律に有害なものであるときめつけることなく、確実に有害なものと、ペシマムの条件が与えられたときに膨張する可能性をもつ潜在的に有害なものとを区分することを提案した。

ASTM C 289 に掲載の判定線図においても、1966 年から有害領域中に破線で 2 区分を設け、潜在的有害骨材と有害骨材との判定を区別することにした。

その後、ASTM C 289 は部分的な小改訂は行われたが、本質的な大改訂が行われることはなく、今日まで化学法の基本的な試験方法として利用されてきた。

3.2 ASTM 化学法の問題点

Mielenz らが提案した化学法による骨材のアルカリ反応性試験方法は、その妥当性が認められて ASTM C 289 に採用され、以後多くの調査研究に利用されてきた。この方法は、骨材がアルカリ金属と反応する程度を判定する上で、他の試験方法に比べ、試験所要時間が短いという比類なき利点を持ち、さらに、骨材試料も比較的少量で済むこと、熟練すれば試験結果のばらつきも小さいこと等の優れた点がある。

しかし、この方法にも全く問題点がないわけではなく、試験の操作上あるいは試験結果の判定の際に問題となる点が次のように挙げられる。

(1) 試験操作上の問題点

一般の化学分析においては、試料と試薬との反応を途中で中断することはまれで、試料の処理が終了するまで完全に反応させるというのが普通である。しかし、ASTM C 289 においては、骨材試料と水酸化ナトリウム溶液との反応を温度 80℃ で 24 時間という一定条件の下で行わせ、そのときに溶出したシリカ量および消費したアルカリ量を定量するという方法、即ち進行中の反応を一定条件下で中断した状態を測定対象とする方法を採用している。このため、規定された条件から僅かでも外れると測定値が変化してしまうという結果になる。

次に、試薬として高濃度の水酸化ナトリウム溶液を大気中で取扱い、しかも濃度変化を細かく測定しようとする方法が採られている点が問題である。水酸化ナトリウム溶液は炭酸ガスの定量に用いられる程、炭酸ガスをよく吸収する性質があるため、この影響の受け方を一定に保持しなければアルカリ濃度減少量 (R_c) の測定値が変化してしまう。ASTM C 289 の試験を行うに当たって、問題とされる具体例としては、反応条件の厳守、ろ過操作の手順、ろ液の取扱い、特に分取および希釈の操作、アルカリ濃度減少量の滴定時における大気中の炭酸ガスの影響に対する注意等があるが、これらは根本的には上記のように骨材と水酸化ナトリウムとの反応条件の一定化、および大気中の炭酸ガスが水酸化ナトリウム溶液に及ぼす影響の一定化を目差して、対応策を具体化しようとするときに出てくる問題である。

また、分析方法の面から見直した場合、古典的な方法が採られており、分析所要時間を徒らに長引かせる方法である点も問題である。

(2) 判定の際の問題点

アルカリ濃度減少量(Rc)および溶解シリカ量(Sc)の測定結果が得られ、それを用いて試料骨材の反応性を判定する段階においても問題点がある。

まず、ASTM C 33のAppendixには、強制力を持たざる通告(Nonmandatory Information)という注記はあるものの、骨材の潜在反応性評価方法(Methods for Evaluating Potential Reactivity of an Aggregate)の記述の中で、ASTM C 289の図2に示された実線の右側に測定結果があれば、その骨材は潜在反応性ありと判定されると述べており、これと同時に、Rcが70を超えている場合にはScがRcより大であれば、その骨材は潜在反応性ありと判定し、Rcが70以下の場合にScが $35 + (Rc/2)$ より大であれば、その骨材は潜在反応性ありと判定するとも述べており、これらが併記されている。

Sc	Rc
50	約 48
75	約 87
100	約 114
250	約 212
500	700 以上

しかし、ASTM C 289の図2に記載されている判定線(実線)を数式に当てはめてみようとすると難解である。試みにScに対応するRcを図から読み取ってみると、左表のようになり、ASTM C 33の判定式には合致しない。つまり、判定に二様の基準があることになる。

次は、判定者がASTM C 289の図2の判定線を絶対的なものと信頼し過ぎた場合に生ずる問題であるが、3個の測定値の一部が判定線を超えて左右両側にプロットされた場合、あるいは平均値が判定線上にプロットされた場合に、いかなる判定をすべきかについて悩む問題である。但し、この問題は、測定結果にはばらつきがあり、真値を得ることはできないことを考慮すれば、自ら解決する問題でもある。

これらの問題は、多くの場合、安山岩骨材のように、アルカリ濃度減少量および溶解シリカ量が100 mmol/lを超えているときに特に発生し易いが、チャートのようなアルカリ濃度減少量および溶解シリカ量が低値の試料のときは、化学法の測定値が判定線の左側にあったとしても、膨張試験を行うことなく無害骨材と断定し得るか否かは疑問であり、この辺にASTM C 289の化学法を利用し得る限界があると思われる。

3.3 試験方法の改善

ASTM C 289の問題点としては、試験操作上の問題点および判定に際しての問題点があるが、所要時間の短縮に関する改善および測定結果のばらつきを小さくするための改善を第1ステップの検討課題とし、判定図の見直しは第2ステップの課題とした。

当初、土木研究所においては「略称 土研化学法」と称する化学法を提案しており、一方、セメント協会においてもASTM C 289の化学法の一部を改善した方法を提案しており、この両者を融合することにより、信頼性の高い測定結果を迅速に得るための試験方法を立案し、その標準化を図ることとした。

この目的達成のため、化学分析手法の改良を中心とし、付随する各実験条件の標準化を行った。各手順

ごとの改善点は次のとおりである。

(1) 試料採取条件の明確化

試料骨材の採取場所は、主として採石場が予想されたが、レデーミクストコンクリート工場において採取する場合も想定されるので、その場合の対応も記述した。また、採取量は再試験およびモルタルバー試験への利用等を考慮して、約40kg採取することにした。

(2) 使用する装置および試薬に関する記述の明確化

i) 装置および器具の明示

分析に使用する装置および器具は、特殊な分析装置のみでなく、日常の化学分析で使用している器具類をも明示し、あらかじめ準備するための便を図った。

ii) 試薬の取扱いに関する明確化

試薬の調製方法は、できるだけ詳細に記述した。また、試薬は保管中に変質するため、具体的注意を記述した。

なお、分析者の便宜上、市販の濃度調製済み試薬の使用をも可能とした。

(3) 分析手法の改良

i) 反応条件の明示

骨材を水酸化ナトリウム溶液中で反応させ、溶解部分を分離する本方法は、反応中の環境温度および保持時間が重大な影響力をもちその僅かな変動から、反応の進行が敏感に変化する。そのため、測定値のばらつきを小さくするには、規定された反応条件を厳守しなければならないことを明示した。

ii) ろ過操作の標準化

反応させた試料溶液は、強いアルカリ性であるため、大気中の炭酸ガスを吸収し易い。完全に炭酸ガスを遮断することは不可能であるが、できるだけ炭酸ガスの影響を小さく、しかも一定とすることが望ましい。その対策として、ろ過操作における手順および所要時間を一定とするよう明記した。

iii) アルカリ濃度減少量測定方法の改良

アルカリ濃度減少量(Rc)の測定は、フェノールフタレイン指示薬を用いて塩酸標準液で滴定するが、この滴定終点の変色判別に個人差を生じ易い難点がある。

その対策として、まず滴定に要する塩酸標準液の概量を予備滴定により知った後、2回目の滴定を行って正式滴定値とする手法を採用した。また、解説を用意し、アルカリ性の試料溶液が大気と接触する時間を極力短くするための注意を記述し、測定値のばらつきを小さくすることにした。

iv) 溶解シリカ量測定方法の改良

溶解シリカ量(Sc)の測定方法における改良点は2つある。

その第一は、原子吸光光度法を取り入れ、試験の迅速化を図った点である。この方法の採用により多数の試料を短時間で処理することが可能となった。

第二は、重量法の改良であり、ASTM C 289 に記載された蒸発乾固法を過塩素酸法に転換した点である。これにより、分析精度の向上および分析時間の短縮化を可能とすることができた。

(4) データシートの標準化

各試料ごとの測定結果、有害あるいは無害の判定結果等を記載するデータシートの様式を一定とし、報告書の作成あるいは記録保存の際の便宜を図った。

〈参考文献〉

- 〔1〕 T. E. Stanton, " Influence of Cement and Aggregate on Concrete Expansion." Engineering News-Record, Feb. 1.P.59 (1940)
- 〔2〕 T. E. Stanton, " Expansion of Concrete Through Reaction Between Cement and Aggregate." J. of the American Society of Civil Engineers, Dec. P.1781-1811, (1940)
- 〔3〕 T. E. Stanton, " Studies to Develop an Accelerated Test Procedure for the Detection of Adversely Reactive Cement-Aggregate Combinations." Proc. of the American Society for Testing and Materials, Vol. 43, P.875-904 (1943)
- 〔4〕 ASTM C 289-52T, Tentative Method of Test for Potential Reactivity of Aggregates (Chemical Method) (1952)
- 〔5〕 R. C. Mielenz, K. T. Greene, E. J. Benton, " Chemical Test for Reactivity of Aggregates with Cement Alkalies ; Chemical Processes in Cement-Aggregate Reaction, " J. of the American Concrete Institute, Vol. 19, No.3, P. 193-219 (1947)
- 〔6〕 R. C. Mieleng, L. P. Witt, " Tests Used by the Bureau of Reclamation for Identifying Reactive Concrete Aggregates " Proc. of the American Society for Testing Materials, Vol. 48, P.1071-1103 (1948)
- 〔7〕 ASTM C 33-55T, Tentative Specifications for Concrete Aggregates.
- 〔8〕 ASTM C 289-57T, Tentative Method of Test for Potential Reactivity of Aggregates (Chemical Method)
- 〔9〕 B. Chaiken, W. J. Halstead, " Correlation Between Chemical and Mortar Bar Tests for Potential Alkali Reactivity of Concrete Aggregates." Public Roads, Vol. 30, No. 8, P.177-190 (1959)

4. 骨材のアルカリ反応性

4.1 骨 材

骨材は主として現在操業中の碎石場から入手した。骨材を採取する碎石場の選定は、各碎石場が所属している地質・岩体を考慮して行った。まず、碎石場の位置と岩型（岩石の種類）の調査をアンケートによって行い、その位置を既存の地質図と照合することにより碎石場が属している地質・岩体の区分を行った。この結果を基に、安山岩類・流紋岩類は各岩体から、玄武岩類・砂岩類・頁岩類はほぼ各岩体から選び、その他の岩型のものは各地方毎に面積が大きいものなど代表的な岩体から選定した。骨材の採取位置を図－4.1に示す。

このようにして入手した骨材の岩型の区分を主に肉眼観察によって行った。その結果を表－4.1に示す。肉眼観察により区分した岩型とアンケート調査時に示されていた岩型とは一致していないことが多い。これは碎石場でつけている岩型名が必ずしも岩石学的な鑑定に基づいてつけられていないためと考えられる。

また、入手した骨材は碎石であるにもかかわらず、全体の約28%が2種以上の岩型の混合物である。混合物の多くは火山岩類の溶岩と砕屑岩や堆積岩どうしなどの成因的に類似したものであるが、中には花崗岩と砂岩などのように関係のない組合わせのものもみられた。化学法の試験を実施するに当たっては、これら混合物は肉眼観察によって単一の岩型に区分をした。なお、一部のものは混合状態と区分をしたものについて化学法を実施した。

4.2 化学法試験結果

532試料について化学法を実施した試験結果を表－4.2(1)～(12)に示す。また、化学法の試験結果を岩型別に示したものが図－4.2である。試験を実施した試料数が岩型によって異なっているため、岩型別にアルカリ反応性を厳密に比較することはできない。しかし、従来アルカリ反応性があると言われている岩型の試料数は多数あるため、これらがどの程度の割合でアルカリ反応性を有しているかを概観することはできる。ここでは有害と潜在有害に判定されたものにアルカリ反応性があるとみなすことにする。

最もアルカリ反応性を有している割合が高いのはチャートでおよそ90%を示している。次いで安山岩が約50%の割合を有し、その他の火山岩類（玄武岩類・玄武岩質安山岩・石英安山岩・流紋岩）が30～40%，砂岩・頁岩・粘板岩が15～30%の率を有している。その他、試料数が少ないが、凝灰岩・石英安山岩質火砕岩・珪質片岩・泥岩・珪質岩輝緑凝灰岩にもアルカリ反応性を有しているものがある。

図－4.3(1)～(5)は岩型別に溶解シリカ量（Sc）とアルカリ濃度減少量（Rc）を示したものである。

深成岩類のSc・Rcはすべて無害の領域にある。岩型別にみると輝緑岩・カンラン岩以外の各岩型のSc・Rcは比較的まとまった領域にある。輝緑岩・カンラン岩のSc・Rcがばらついているのは、これらの一部に変質をした岩石があり、鉱物組成が変化しているためであると考えられる。

火山岩類のSc・Rcは非常にばらついている。そのばらつきは一樣ではなくScが15～50mmol/lと250～750mmol/l付近に集中していることが特徴である。このような傾向は試料数の少ないヒ

ン岩・石英斑岩以外の他のすべての岩型にみられる。Scが250~750mmol/lのものには、クリストバライト・トリディマイト・火山ガラスの反応性鉱物が含まれていることが多く、15~50mmol/lのものには全く含まれていない。

火山碎屑岩類は成因的に火山岩類と類似しているために、Sc・Rcの分布も火山岩類と同様となることが予想される。実際の分布は図-4.3(3)に示すように、Scが250mmol/l以上のものはみられない。

変成岩類のSc・Rcの分布は深成岩類の分布と類似している。異なっているのは、チャートが変成したものである珪質片岩の一部が有害の領域にあることである。

堆積岩類のSc・Rcの分布もばらついている。ただ、火山岩類と異なってScの分布に不連続はみられない。

以上のように岩石(骨材)のアルカリ反応性は岩型によって異なっているが、岩型毎の反応性の特徴は火山岩類、深成岩類などの同一の岩型の大区分では比較的類似している。これは岩石のアルカリ反応性が主にその鉱物組合せに依存しているからであると考えられる。

4.3 モルタルバー法試験結果

300試料についてモルタルバー法を実施した試験結果を表-4.2(1)~(12)に示す。また、モルタルバー法の試験結果を岩型別に示したものが図-4.4である。最もアルカリ反応性を有している割合が高いのは化学法と同様にチャートで約80%を示している。次いで安山岩が約40%の割合を有し、その他の火山岩類(玄武岩・玄武岩質安山岩・石英安山岩・流紋岩)が約20%、頁岩・粘板岩が20~30%、砂岩が約6%の割合を有している。その他、試料数が少ないが、珪質片岩にもアルカリ反応性を有しているものがある。このように、岩型毎のアルカリ反応性はおよそ化学法の結果と一致している。

4.4 骨材のアルカリ反応性と鉱物組合せ

アルカリ反応性を有している割合が比較的高い火山岩類の鉱物組合せとアルカリ反応性との関係について検討を行った。

図-4.5は従来反応性があるといわれているクリストバライト(Cr)・トリディマイト(Tr)・火山ガラス(Gl)の有無とSc・Rcと関係を示したものである。なお、クリストバライト・トリディマイトの検出はX線回折によって行い(薬品処理なし)、火山ガラスの検出は顕微鏡観察により行った。

図のように上記鉱物を含む骨材は1試料を除いて有害・潜在的有害の領域にある。このように火山岩類のアルカリ反応性は、クリストバライト・トリディマイト・火山ガラスの有無に強く依存している。しかし、有害・潜在的有害領域にある骨材のなかには、これらの鉱物が検出されていないものもある。このような骨材の反応性はどのような鉱物からもたらされているのか今後検討しなければならない問題である。

堆積岩類のチャートのほとんどや砂岩・頁岩などの一部にも反応性を有しているものがある。これらに反応性をもたらしているのは、微小な石英であると考えられる。

4.5 反応性骨材分布

建設省暫定案の化学法の試験結果が有害および潜在的有害となった骨材を「反応性がある」、無害となった骨材を「反応性がない」として「日本地質アトラス100万分の1地質図」⁽¹⁾を用いて反応性骨材分布図原図を作成した。このとき、分布図が繁雑になることを避けるため、基本的に反応性がほぼ同一とみなせる岩型の大区分ごとに作成した。しかし、岩型によって反応性が異なっている堆積岩類については区分を細分した。また、化学法試験を未実施の岩体の反応性は表示していない。岩体の区分は、「日本地質アトラス100万分の1地質図」で同一区分で表示されている連続した岩体（断層で境されている場合は連続とみなさない）を同一岩体として認定した。すなわち、同一岩体内の岩石（骨材）の反応性は均質であるとみなした。従って、次の点に留意する必要がある。

- ① 「日本地質アトラス100万分の1地質図」の地質区分は総括的なものであるので、同一岩体として表示されていても、地質学的、岩石学的に均質でないことが多い。
- ② 地質学的、岩石学的に均質な岩体であっても、アルカリシリカ反応性が同一であるとするのは一概に言えない。

分布図原図をもとに、化学法を実施していない岩体の反応性を地質学的に類推して500万分の1地質図⁽²⁾を基図として図-4.6に示すアルカリシリカ反応性骨材分布図を作成した。

<参考文献>

- (1) 山田直利, 寺岡易司, 泰 光男ほか編「100万分の1地質図」: 日本アトラス, pp 3-19, 22-25; 地質調査所, 1982
- (2) Imai, I. Issiki, N. eds. "Geological map of Japan, 1:5,000,000 (4th ed.)", Geological Survey of Japan, 1982

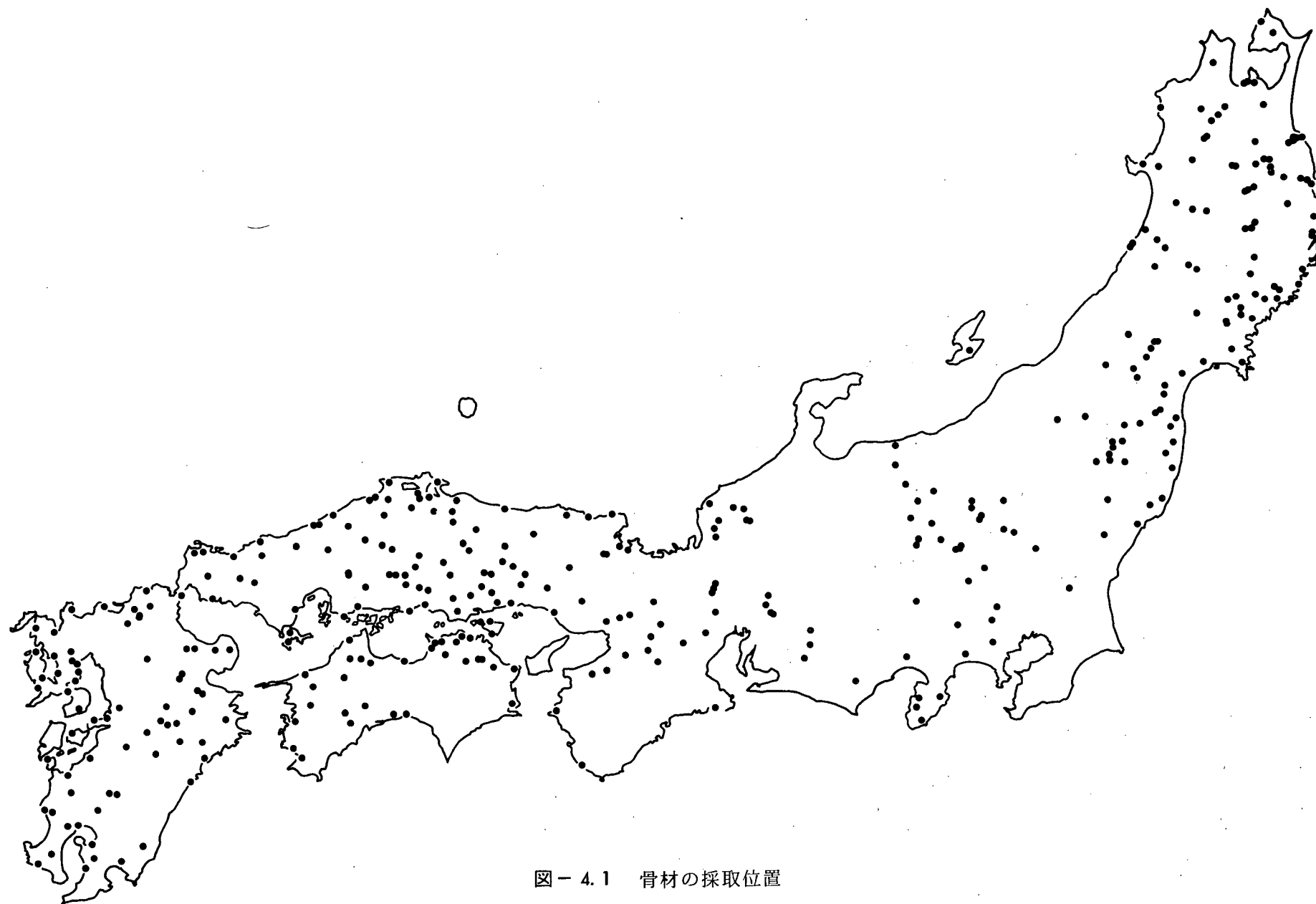


図 - 4.1 骨材の採取位置

表 - 4.1 収集骨材の肉眼鑑定結果

		東北	関東	北陸	中部	近畿	中国	四国	九州
深成岩類	超塩基性岩	(1)					1		
	かんらん岩	1							1
	蛇紋れい岩								(1)
	はんれい岩								
	輝緑岩	1 (1)	(2)	(1)		2	(1)	1	
火山岩類	閃緑岩	(1)			(1)		(4)		
	花崗岩	2 (2)	(1)		(2)	(1)	(4)	(1)	1
	玄武岩	2 (3)	(1)			1		1	2
	玄武岩質安山岩						(1)		1 (1)
	安山岩	4 5 (6)	1 3 (6)	3 (2)	1 (4)	4 (2)	1 5 (6)	8 (1)	3 1 (2)
火山岩類	石英安山岩	8 (2)	(2)		(1)	2 (1)	4 (1)		5
	流紋岩	(2)				3 (1)	8 (4)		1
	ひん岩	3	(1)		(1)				1
	石英班岩						2 (1)		1
	凝灰岩	(1)	(1)		(1)	1 (1)	(4)		
火山砕屑岩類	玄武岩質火砕岩	(1)							
	安山岩質火砕岩	2 (2)	(2)		(2)		1		
	石英安山岩質火砕岩					2	3		
	片麻岩	(1)				1			
	片岩		(1)						
変成岩	雲母片岩		(1)		(1)				
	泥質片岩	(1)					(1)	(1)	
	砂質片岩						(1)		
	珪質片岩	(1)					(1)		
	緑色片岩	1 (1)	(1)				(1)	(2)	2
堆積岩類	砂岩	9 (8)	2 (5)	(2)	2 (4)	6 (6)	3 (10)	8 (11)	9 (6)
	頁岩	2 (2)	(2)		(1)	(3)	3 (7)	(6)	1 (4)
	泥岩		(1)				(1)	(3)	(1)
	粘板岩	2 (5)	(2)		(2)	(3)	1 (8)	(2)	1 (1)
	珪質砂岩	(2)							
堆積岩類	珪質粘板岩							(1)	
	珪質板岩			(1)			(1)		
	チャート	1 (4)	1		(4)	(1)	(4)	(2)	(1)
	石灰岩	4 (2)	1		1	2 (1)	1 (1)	1	
	輝緑凝灰岩	1 (2)	1		1	3 (3)	1 (5)	(1)	2 (1)
その他	石英類	(1)			(1)	(1)			
	優白質岩	(1)							
	灰岩 / チャート	(1)							
礫層		2		1	5	3			
岩種混合		2 2	1 2	2	1 1	9	2 6	1 4	8

() は岩種混合の骨材を区分したものの。

表- 4.2(1) 土木研究所で収集した骨材の試験結果

九州		地建No	岩 型	X 線 分 析	化 学 法		モ ル タ ル パ ー 法							コンクリート	
				鉱 物 組 成	Sc	Rc	判定	1 月	2 月	3 月	4 月	6 月	12 月	判定	供 試 体
1	九州 1	緑色片岩	Q, LA>Ch>Hb, C>Ms	12	58	I	0.008	0.006	0.005	0.004	0.002	0.005	I		
2	3	緑色片岩	LA, Ch, Hb>>>ll	12	19	I	0.002	0.007	0.014	0.009	0.017	0.019	I		
3	6	花崗岩		14	26	I	-0.021	-0.002	-0.01	-0.009	-0.003	0.02	I		
4	11	頁岩・砂岩・チャート	Q>LA>>>C>Ch, ll	73	59	D									
5		1頁岩 (70%)		78	72	D	-0.022	-0.004	-0.003	-0.006	0.042	0.244	I		
6		2砂岩 (25%)		55.2	38.2	D									
7		3チャート (10%)		60.0	27.3	D									
616		4輝緑凝灰岩		75.9	34.7	D									
8	14	安山岩	Q>>>LA, C>>>Ch, ll	29	101	I	-0.036	-0.015	-0.029	-0.032	-0.027	-0.002	I	C	
9	17	輝緑凝灰岩	Q>LA>Ch>C>Hb	16	44	I	-0.003	0.004	0.002	0.01	0.014	0.021*	I		
10	18	蛇紋岩	Lz>>>Ch	0	74	I	0.047	0.05	0.053	0.055	0.061	0.065	I		
11	23	砂岩	Q>>>LA>C>Ch, ll	30	60	I	-0.024	-0.006	-0.01	-0.005	0.013	0.153	I		
12	27	安山岩	HA>T>>>Im>>>ll, M	643	125	P									
13	29	安山岩	HA>T>E>Cr?>>>M	474	116	P	-0.026	-0.004	-0.013	-0.007	-0.013	0.01	I		
14	30	安山岩	HA>T>>>>M	163	188	I	-0.028	-0.013	-0.016	-0.022	-0.021	0.005	I	C	
15	31	石英安山岩	HA>Q>Or>Hb>M, E?, C1?	189	172	P-I	0.007	0.006	0.002	0.007	0.005	0.002	I	C	
16	37	安山岩	HA>>>Cr, E>Or?>>>ll	468	82	D									
17	38	安山岩	HA>>>E>>>M, G1	214	81	D	0.011	0.016	0.015	0.02	0.021	0.02	I		
18	39	砂岩	Q>LA>Ch>C>ll	37	58	I	-0.026	-0.011	-0.012	-0.023	-0.007	0.045	I		
19	40	石英安山岩	Q>HA>Or>>>Ch	47	62	I	0.006	0.007	0.006	0.007	0.005	0.006	I	C	
20	43	砂岩	Q>LA>>>C>Ch>ll	40	77	I	-0.029	-0.009	-0.013	-0.024	-0.015	0.003	I	C	
21	48	砂岩	Q>LA>>>C, Ch>ll	17	52	I									
22	49	砂岩	Q>LA>>>C>Ch, ll, Or?	36	42	I									
23	53	安山岩	Q>HA, Ch>>>Hb, ll	16	87	I	-0.031	-0.009	-0.019	-0.013	-0.011	0.01	I	C	
24	55	安山岩・微ハンレイ岩	HA, Hb>>>?>Ch>ll	485	120	P									
25		1安山岩 (70%)		521	98	D									
26		2微ハンレイ岩(30%)		28.4	33.2	I									
27	60	安山岩	HA>E=Cr>Q>>>M	638	177	P	-0.021	0.06	0.085	0.096	0.125	0.232	D		
28	62	安山岩	HA, Q>>>M>Hb	27	152	I	-0.001	0	0.001	-0.002	0	0	I		
29		1玄武岩質安山岩(95%)		24	182	I									
30		2安山岩	Q>HA>O>>>Ch(M?)>Hb	27.1	130	I									
31	63	安山岩	HA>E=Cr>T>Q>M	630	167	P	0.039	0.1	0.135	0.148	0.193	0.248	D		
32	64	安山岩	HA>>>E>>>M	152	190	I	-0.028	-0.008	-0.015	-0.02	-0.019	-0.003	I	C	
33	68	玢岩	HA>>>>Or?>>>ll	28	124	I	-0.026	-0.011	-0.022	-0.03	-0.016	-0.008	I	C	
34	69	流紋岩	HA>T>Q>E?>>>M	422	158	P	-0.014	0.011	0.068	0.099	0.219	0.341	D	C	
35	70	安山岩	HA>>>E>>>M>ll	350	136	P	-0.019	-0.002	0.036	0.064	0.167	0.324	D		
36	72	安山岩～玄武岩質安山岩	HA>>>Cr>E?>M	305	162	P	-0.03	-0.003	0.005	0.011	0.167	0.31	D	C	
37	73	安山岩	HA>E>Cr>T>>>>Hb, M?	648	164	P	0.01	0.112	0.159	0.175	0.211	0.295	D		
38	74	安山岩	HA>E>Cr>>>Q>>>ll, M?	528	158	P	0.07	0.176	0.241	0.311	0.382	0.416	D	C	
39	75	安山岩	HA>>>E>Or?	458	126	P	-0.008	0.145	0.252	0.285	0.361	0.448	D	C	
40	76	安山岩	HA>>>E, Or?	516	118	P	0.05	0.217	0.322	0.338	0.376	0.478	D		
41	77	安山岩	HA>Q>Or>>>M>ll, E?	532	186	P	-0.013	0.047	0.132	0.187	0.242	0.386	D		
42	79	玄武岩	HA>>>E>>>M	319	202	P	0.001	0.005	0.008	0.007	0.009	0.011	I	C	
43	81	安山岩	HA>>>E, T>>>M, Q	594	146	P	0.182	0.313	0.375	0.408	0.448	0.538	D		
44	82	安山岩	HA>T>>>Q>>>ll	248	130	P	-0.012	0.089	0.197	0.247	0.332	0.487	D		
45	84	安山岩	HA>Cr>>>E?>Q	468	138	P									
46	86	石英安山岩	HA>>>E>Q>Or>>>M, G1?	447	148	P	0.035	0.137	0.196	0.236	0.316	0.389	D	C	
47	88	砂岩	Q>LA>Or>>>C>Ch, ll	30	34	I	-0.024	-0.006	-0.009	-0.005	0.004	0.011	I	C	
48	90	粘板岩・砂岩	Q>>>LA, C>Ch, ll	51	118	I									
49		1粘板岩(95%)		59	111	I	-0.037	-0.016	-0.02	-0.017	-0.012	-0.006	I	C	
50		2砂岩 (5%)		-	-	-									
51	92	安山岩	HA>>>>E?, Q>M>ll	456	116	P									
52	93	安山岩	HA>T>E>Q>>>M, Or?	549	176	P	0.132	0.311	0.43	0.514	0.629	0.709	D	C	
53	96	玄武岩質安山岩	HA>Q>Cr, E>Or>>>M, ll	710	161	P	0.128	0.176	0.21	0.245	0.283	0.298	D	C	
54	97	安山岩	HA>T>Cr>E>M	714	204	P	-0.02	0.012	0.07	0.095	0.154	0.24	D	C	
55	99	砂岩・頁岩	Q>LA>C>>>ll>Ch	34	146	I	-0.005	0.001	0.003	0.005	0.027	0.035	I		
56		1砂岩(70%)		31	122	I									
57		2頁岩		45.7	256	I									
58	100	輝緑凝灰岩	Q>Ch, C>?>>>Hb, ll	28	48	I	0.0	0.003	0.009	0.005	0.021	0.041	I		
59	101	砂岩・頁岩	Q>>>LA>>>>Ch, ll	51	83	I	0.011	0.015	0.032	0.055	0.112	0.167	D		

表-4.2(2) 土木研究所で収集した骨材の試験結果

地建No	岩 型	X 線 分 析	化 学 法			モ ル タ ル パ ー 法						コンクリート	
		鉱 物 組 成	Sc	Rc	判定	1カ月	2カ月	3カ月	4カ月	6カ月	12カ月	判定	供 試 体
60	101	1砂岩(70%)	42	53	I								
61		2頁岩	67.7	124	I								
62	103	砂岩	Q>LA>Or>>>Ch, ll, C	26	26	I	-0.019	-0.002	0.002	0.006	0.011	0.047	I
63	106	石英斑岩~流紋岩	Q>HA>Or>Ch, ll	60	64	I-D	-0.006	-0.004	-0.002	-0.003	0.011	0.035	I
64	109	砂岩	Q>LA>Or>>>Ch, ll	44	72	I	-0.018	0	-0.002	-0.001	0.003	0.009	I
65	111	安山岩	HA>>>T>E>Q, Or>>>ll, M?	556	172	P	0.013	0.021	0.064	0.117	0.215	0.422	D
66	112	安山岩	Q>LA>>>Ch, ll, G1	32	84	I	-0.004	-0.007	-0.006	-0.007	0.008	0.107	I
67	115	頁岩・砂岩	Q>LA>>>Or, ll>Ch	46	82	I							
68		1頁岩(60%)	47.7	245	I	-0.011	-0.002	0.002	0.002	0.009	0.144	I	
69		2砂岩(40%)	33	73	I								
70	116	安山岩	HA, T>>>M	651	212	P	-0.009	0.038	0.101	0.119	0.17	0.278	D
71	117	玄武岩(玄武岩質安山岩)	HA>>>E	188	82	D	-0.007	0.009	0.016	0.019	0.031	0.08	I
72	118	安山岩	HA>Or, E, Cr, Q>M>ll	470	173	P	-0.022	-0.008	-0.006	-0.005	-0.004	0.003	I
73	120	安山岩	HA>>Q>Or>E>>M>ll, (G1)	586	152	P	0.205	0.315	0.366	0.421	0.532	0.588	D
74	122	粘板岩	Q>>>LA>>>C, ll, Ch	72	109	I	-0.022	-0.016	-0.008	-0.013	-0.014	0.002	I
75	123	石英安山岩	HA>T>>>Or, E?>M	400	158	P	-0.01	0.037	0.138	0.202	0.317	0.481	D
76	124	安山岩	HA>E>Cr>T	676	176	P	-0.008	0.087	0.164	0.202	0.235	0.336	D
77	125	安山岩	HA>T>>>E>Q>ll	621	126	P	-0.01	0.011	0.018	0.023	0.023	0.044	I
78	126	石英安山岩	HA>>Q, Cr>>E>Hb, Or?, G1	312	108	P	-0.001	0.007	0.01	0.006	0.007	0.01	I
79	127	砂岩	Q>LA>>>Or>ll, Ch, C	50	98	I	-0.029	-0.016	-0.014	-0.016	-0.011	-0.007	I
80	129	頁岩	Q>LA>>>ll>C>Ch	92	36	D	-0.004	0.025	0.08	0.172	0.385	0.633	D
81	131	砂岩・泥岩	Q>LA>Or>>>Ch, ll	53	60	I							
82		1砂岩(75%)		51	61	I							
83		2泥岩(25%)		75.0	97.6	I							
84	132	安山岩	HA, T>>>E, Or>Hb>M	576	114	P-D	0.04	0.187	0.279	0.361	0.451	0.541	D

四 国

地建No	岩 型	X 線 分 析	化 学 法			モ ル タ ル パ ー 法						コンクリート	
		鉱 物 組 成	Sc	Rc	判定	1カ月	2カ月	3カ月	4カ月	6カ月	12カ月	判定	供 試 体
85	四国 1	砂岩・頁岩	Q>LA, Or>>>Ch, ll	61	70	I-D							
86		1砂岩(95%)		74	70	D							
87		2頁岩(5%)		306	131	P							
88	3	玄武岩	HA>O1>E	220	140	P	0.05	0.102	0.161	0.195	0.206	0.235	D
89	5	粘板岩・チャート	Q>HA>B?>Ch, Hb	50	32	D	0.002	0.003	0.012	0.017	0.044	0.084	I
90		輝緑凝灰岩 他											
91		1珪質粘板岩(50%)		53.0	27.3	D							
92		2粘板岩		55.5	19.8	D							
93		粘板岩		53.0	27.3	D							
94		3チャート(40%)		48.1	34.7	D							
95		4輝緑凝灰岩(10%)		36.1	139	I							
96	7	安山岩	HA>>>E>>>M, (G1)	451	138	P	0.185	0.275	0.322	0.35	0.441	0.538	D
97	8	花崗岩・安山岩		-	-	-							
98		1花崗岩(95%)		20	27	I	-0.01	-0.001	-0.002	0	0.006	0.01	I
99		2安山岩(5%)	Q, LA>Or>>>Hb>ll, Ch	123	45.1	D							
100	10	安山岩	HA>>>E, (G1)	228	56	D	0.017	0.03	0.046	0.1	0.173	0.272	D
101	11	安山岩	HA>E>T>Q>M, (G1)	598	167	P	-0.001	0.07	0.227	0.301	0.446	0.557	D
102	12	安山岩	HA>Cr>>>E, M	511	114	D	0.007	0.038	0.09	0.118	0.154	0.221	D
103	13	泥岩・砂岩	Q>>>LA>>>C>ll>Ch	320	210	P							
104		1泥岩(80%)		358	225	P							
105		2砂岩(20%)		84.7	122	I							
106	14	安山岩	HA>Q>>>E>Cr?, M	396	198	P	-0.018	-0.007	-0.013	-0.017	-0.006	0.004	I
107	20	安山岩	HA>Q, E>Cr>M>ll	508	198	P	-0.01	0.02	0.028	0.029	0.067	0.139	I
108	22	砂岩	Q>LA, Or>C, Ch, ll	82	54	D	-0.02	0	0.006	-0.002	0.016	0.114	I
109	23	砂岩	Q>LA, Or>>>ll>Ch	38	102	I							
110	25	砂岩・頁岩	Q>LA, Or>>>C, Ch, ll	64	48	D							
111		1砂岩(95%)		66	42	D							
112		2頁岩(5%)		66.2	107	I							
113	27	砂岩・泥岩	Q>LA, Or>>>ll, Ch	48	78	I							
114		1砂岩(80%)		46	66	I							
115		2泥岩(20%)		46	174	I							
116	30	安山岩	HA>Q>Or>M>ll	54	253	I	-0.022	-0.022	-0.023	-0.021	-0.016	-0.014	I

表-4.2(3) 土木研究所で収集した骨材の試験結果

地建No	岩 型	X 線 分 析	化 学 法			モ ル タ ル パ ー 法						コンクリート	
		鉱 物 組 成	Sc	Rc	判定	1カ月	2カ月	3カ月	4カ月	6カ月	12カ月	判定	供 試 体
114	四国 31 砂岩	Q>>LA>Or>>>C. Ch. 11	124	78	D								
115	34 安山岩	HA>Q>M>Or>11. Ch	32	134	I	-0.005	0	0	-0.004	-0.001	0.005	I	
	35		-	-	-								
	36		-	-	-								
116	37 緑色片岩・泥質片岩	Ch>LA>Hb>Q>Ms	18	39	I	-0.003	0.006	0.004	0.005	0.015	0.01	I	
117	1 緑色片岩		14.7	19.3	I	-0.003	-0.001	0.008	0.003	0.009	0.015	I	
118	2 緑色片岩(玄武岩質)		14.0	20.8	I								
119	3 泥質片岩		85.6	117	I								
120	39 輝緑岩	Ch>E. LA. Q>Hb	14	20	I	-0.016	-0.005	-0.003	-0.001	0.006	0.009	I	C
121	44 砂岩	Q>LA>Or>>>Ch. 11	42	83	I	-0.021	-0.013	-0.009	-0.004	0.001	0.01	I	
122	46 砂岩	Q>LA>Or>>>Ch. 11. ?	28	144	I	-0.013	-0.001	0.004	-0.001	0.021	0.153	I	C
123	48 砂岩・頁岩	Q>LA>Or>>>Ch>11. C	70	40	D								
124	1 砂岩(90%)		62	43	D								
125	2 頁岩(10%)		78.8	64.9	D								
126	49 砂岩	Q>LA>>>Ch>11	48	50	I	-0.017	-0.004	-0.008	-0.012	-0.005	0.01	I	C
127	57 川砂利		-	-	-								
128	61 砂岩・頁岩	Q>LA>Or>>>C. Ch. 11	36	89	I								
129	1 砂岩(95%)		34	84	I								
130	2 頁岩(5%)		41.5	184	I								
131	62 砂岩	Q>LA. Or>>>Ch. C. >11	17	100	I								
132	65 砂岩・粘板岩		29	82	I								
133	1 砂岩(95%)		21	60	I								
134	2 粘板岩(5%)		32.5	89.2	I								
135	68 砂岩・頁岩	Q>LA. Or>C>Ch. 11. ?	29	82	-								
136	1 砂岩(95%)		24	80	I								
137	2 頁岩(5%)		57.2	104	I								
138	71 石灰岩	C	1.11	13.9	I	0	0.003	0.006	0.003	0.007	0.009	I	
139	84 チャート・(砂岩)	Q>>>11. Ch	428	97	D	0.007	0.017	0.031	0.045	0.055	0.053	I	
140	1 チャート(70+25%)		433	86	D	-0.01	0.01	0.017	0.016	0.018	0.024	I	
141	2 砂岩(5%)		294	74.3	D								
142	91 砂岩	Q>LA>Or>>>Ch. 11. ?	87	132	I	-0.025	-0.015	-0.012	-0.014	-0.017	-0.003	I	C
143	96 砂岩・頁岩	Q>LA>Or>>>Ch. 11	51	113	I								
144	1 砂岩(95%)		57	104	I								
145	2 頁岩(5%)		62.0	188	I								
146	98 砂岩・泥岩	Q>LA>Or>>>Ch. 11	274	100	P-D	-0.004	0.011	0.057	0.107	0.167	0.286	D	
147	1 砂岩(70%)		205	67	D								
148	2 泥岩(30%)		359	169	P								
149	99 川砂利		-	-	-								

中 国

地建No	岩 型	X 線 分 析	化 学 法			モ ル タ ル パ ー 法						コンクリート	
		鉱 物 組 成	Sc	Rc	判定	1カ月	2カ月	3カ月	4カ月	6カ月	12カ月	判定	供 試 体
150	岡山 6 砂岩・頁岩	Q. LA>Or>>>Ch. 11	28	26	I								
151	1 砂岩(90%)		25	24	I								
152	2 頁岩(10%)		38.9	42.1	I								
153	7 粘板岩・(チャート)	Q>LA>>>Or>C. Ch>11	60	67	I-D								
154	1 粘板岩(95%)		65	68	I-D	-0.01	0.001	0.011	0.023	0.112	0.307	D	
155	2 チャート		43.9	52.0	I								
156	9 砂岩	Q>>>LA>Or>11>Ch. ?	40	74	I	-0.007	-0.004	0.003	0.002	0.005	0.018	I	
157	10 流紋岩	Q>>>LA>>>11. Ch	62	76	I	-0.004	0	0.005	0.016	0.03	0.131*	I	C
158	12 砂岩・泥岩	Q>>>LA>>>11. Ch	40	40	I								
159	1 砂岩(50%)		37.0	30.0	I								
160	2 泥岩(50%)		52	30	D								
161	16 流紋岩	Q>>>LA>Or>>>11>Ch. ?	36	38	I	-0.009	0.003	0.007	0.008	0.022	0.065	I	C
162	21 砂岩	Q>>>HA>11. Hb. Or>Ch	26	31	I								
163	27 粘板岩・輝緑凝灰岩	Q>>>LA>C>Ch. 11	41	52	I								
164	1 粘板岩(80%)		46	44	I								
165	2 輝緑凝灰岩(20%)		34.7	53.5	I								
166	36 流紋岩・(安山岩)	Q>LA. Or>>>Ch. 11. ?	25	59	I								
167	1 流紋岩(95%)	Q>LA. Or>>>C. Ch. 11. ?	25	46	I								
168	2 安山岩(5%)		31.0	138	I								

表-4.2(4) 土木研究所で収集した骨材の試験結果

地建No	岩 型	X 線 分 析	化 学 法			モ ル タ ル パ ー 法							コンクリート
		鉱 物 組 成	Sc	Rc	判定	1 月 月	2 月 月	3 月 月	4 月 月	5 月 月	6 月 月	12 月 月	
169	38 泥質片岩・緑色片岩	Q>LA>Ch. Il. Or>M>Hb	21	92	I	-0.002	0.005	0.002	0.004	0.015	0.036	0.156	I
170	1 泥質片岩 (80%)		25	35	I	-0.008	0.006	0.016	0.021	0.053	0.156	0.156	I
171	2 緑色片岩 (20%)		16	244	I								
172	3 珪質片岩		24.3	88.7	I								
173	4 砂質片岩		17.5	141	I								
174	39 輝緑凝灰岩・頁岩	C>LA. Q>Ch>>>Hb	16	70	I	-0.013	-0.004	-0.004	-0.004	-0.002	0.008	0.008	I
175	1 輝緑凝灰岩 (80~90%)		8	62	I								
176	2 頁岩 (10~20%)		32.9	56.0	I								
177	40 安山岩	Q>HA>>>Ch. Il. Or	26	95	I	-0.003	-0.002	-0.004	-0.004	-0.007	-0.005	-0.005	I C
178	42 安山岩	Q>HA>Ch>Il. Hb	27	47	I	-0.015	-0.002	0.005	0.002	0.012	0.043	0.043	I C
179	45 粘板岩・砂岩	Q>>>C>LA>Ch. Il. ?	136	118	P	0.003	0.002	0.004	0.002	0.002	0.005	0.005	I
180	1 粘板岩 (70~80%)		187	112	P								
181	2 砂岩 (20~30%)		37.1	114	I								
182	46 頁岩・砂岩	Q>C>LA>Ch>Il. Hb	96	61	D	-0.023	-0.011	-0.005	0.001	0.081	0.294	0.294	I
183	1 頁岩 (70%)		111	66	D								
184	2 砂岩 (20~30%)		63.9	48.3	D								
185	3 チャート・砂岩・輝緑凝灰岩 (1%)		-	-	-								
186	47 粘板岩・砂岩	Q>>>C>LA. Il. Ch. Or?	184	93	P-D								
187	1 粘板岩 (90%)		242	99	P-D	-0.007	0.006	0.01	0.003	0.01	0.009	0.009	I
188	2 砂岩 (10%)		86.4	81.8	P								
189	48 粘板岩	Q>>>LA>Il>Ch. Hb?	34	76	I	-0.017	-0.003	-0.001	-0.009	-0.006	-0.007	-0.007	I
190	51 石灰岩	C	2	21	I	-0.019	-0.012	-0.014	-0.015	-0.012	-0.019	-0.019	I
191	広島 3 頁岩・安山岩		-	-	-								
192	1 頁岩 (50%)		44	47	I								
193	2 安山岩 (50%)		26	48	I								
194	9 頁岩		56	47	I-D	-0.006	0.009	0.03	0.063	0.167	0.362	0.362	D
195	12 頁岩		34	49	I								
196	32 花崗斑岩	LA>Q>Or. Ch>>>Il. Hb?	19	27	I	-0.004	0.003	0.006	0.005	0.012	0.019	0.019	I
197	37 流紋岩	Q>LA. Or>>>Il	36	17	I-D	-0.007	0.003	0.006	0.005	0.014	0.032	0.032	I C
198	39 細粒花崗閃緑岩・花崗閃緑岩	Q>LA>Or>Hb>Ch>B	21.3	40.6	I	-0.004	0.004	0.002	-0.001	0.012	0.013	0.013	I C
	細粒花崗閃緑岩 (60%)		-	-	-								
	花崗閃緑岩 (20%)		-	-	-								
	細粒花崗閃緑岩/花崗閃緑岩 (20%)		-	-	-								
199	50 輝緑凝灰岩		20	44	I	-0.023	-0.023	-0.011	-0.018	-0.025	-0.003	-0.003	I
200	51 粘板岩・微閃緑岩・砂岩・チャート・輝緑凝灰岩	Q>>>LA>Or>Il. Ch. Hb>C	47.8	46.6	I	-0.005	0.011	0.013	0.031	0.104	0.228	0.228	D
201	1 粘板岩 (60%)		56	38	D								
202	2 微閃緑岩 (10%)		27.0	43.6	I								
203	3 輝緑凝灰岩 (5%)		40.9	48.6	I								
204	4 珪質岩 (5%)		42.2	33.7	I								
205	58 頁岩		56	92	I	-0.014	-0.02	0	-0.001	-0.008	0.051	0.051	I C
206	61 流紋岩・石英安山岩	Q>>>LA. Or>Ch. C>Il	24	94	I								
207	62 流紋岩・花崗斑岩・安山岩		-	-	-								
208	1 流紋岩 (40%)	Q>>>LA. Or>>>Il. Ch	54	48	I-D								
209	2 花崗斑岩 (30%)		26	32	I								
210	3 安山岩 (20%)	Q>>>H>C>>>Ch. M. ?	17	361	I								
211	64 粘板岩・凝灰岩・チャート	Q>>>LA>>>Or>Il. Ch. C	62.8	27.7	D	-0.004	0.012	0.028	0.08	0.163	0.317*	0.317*	D
212	1 粘板岩 (70~80%)		71.	34	D								
213	2 凝灰岩 (20%)		74.8	32.7	D								
214	3 チャート (数%)		46	34	D								
215	67 頁岩・(チャート 他)		-	-	-								
216	1 頁岩 (90%)		70	36	D								
217	2 チャート		47.4	29.6	D								
	3 輝緑凝灰岩		26.9	40.1	I								
218	69 安山岩	Q. LA>>>Ch>Il	35	51	I	-0.01	-0.012	-0.002	-0.01	-0.018	0.03	0.03	I
219	70 石英斑岩	Q>LA. Or>>>Ch>P. Il	24.6	36.2	I	-0.002	0.008	0.005	0.007	0.023	0.032	0.032	I
220	76 安山岩・流紋岩		-	-	-								
221	1 安山岩 (95%)	Q. LA>>>Ch>Il	20	67	I								
222	2 流紋岩 (5%)	Q>>>LA. Or>>>Il. Ch	45.0	47.1	I								
223	78 砂岩・凝灰岩 他		-	-	-								

表-4.2(5) 土木研究所で収集した骨材の試験結果

	地建No	岩 型	X 線 分 析	化 学 法			モ ル タ ル バ ー 法						コンクリート	
			鉱 物 組 成	Sc	Rc	判定	1カ月	2カ月	3カ月	4カ月	6カ月	12カ月	判定	供 試 体
224	78	1 砂岩 (70%)		35	68	I								
225		2 凝灰岩 (30%)		42.0	48.1	I								
226		3 頁岩		39.2	24.3	I								
227	79	石英安山岩	Q>LA, Or>B>Ch, Hb, IL	32	31	I	-0.005	-0.003	0.012	0.02	0.031	0.136	I	
228	島根 1	玄武岩質安山岩-安山岩		-	-	-								
		凝灰岩・(凝灰質)砂岩												
229		1 玄武岩質安山岩-安山岩	Q>LA>Ch, Or, ?	39.7	197	I								
230		2 凝灰岩		50.0	225	I								
231		3 (凝灰質)砂岩		47.6	191	I								
232	3	安山岩	HA>>Or>>IL	24	76	I	-0.008	-0.008	0.001	0.001	-0.005	0.006	I	
233	6	石英安山岩	Q>LA・HA>>Or>>Ch, IL	48	62	I	-0.025	-0.03	-0.01	-0.016	-0.025	-0.004	I	
234	7	安山岩	HA>>Cr, M	476	181	P								
235	8	流紋岩	Q, LA>Or>Ch, M, IL, ?	32	149	I								
236	11	安山岩・閃緑岩		-	-	-								
237		1 安山岩(75+25%)	Q, HA>>Or>Ch>Hb>IL	26	61	I								
238		2 閃緑岩(3%)		24.8	98.6	I								
239	12	安山岩	HA>Q>Or>L, Ch>IL	21	130	I								
240	14	安山岩	HA>>E>>M?, Gl	304	133	P	0.043	0.055	0.058	0.06	0.074	0.084	I	C
241	22	安山岩	HA, Q>>M>Ch?	42	243	I								
242	23	石英安山岩	Q>>LA>Or>Ch, IL, Hb	38	46	I								
243	24	安山岩	Q, HA>>>>IL?	388	152	P	0.124	0.266	0.347	0.369	0.427	0.47	D	C
244	30	流紋岩	Q>HA>Or>Ch, Hb, ?	74	67.9	I-D	-0.004	-0.001	0.001	0.004	0.003	0.004*	I	C
245	32	石英安山岩質火砕岩	Q>LA>Or>>Ch, IL	34	40	I	-0.007	-0.011	0.003	-0.002	-0.005	0.098	I	C
246	35	石英安山岩質火砕岩	Q>>LA>>Or, C>IL, Ch	113	45.6	D	-0.002	0.001	0.001	0	0.012	0.007	I	C
247	36	安山岩	HA>>Q, M, ?	7	168	I								
248	42	粘板岩・石英安山岩・安山岩		-	-	-								
249		1 粘板岩(85%)		27	114	I	-0.029	-0.035	-0.014	-0.023	-0.026	0.002	I	
250		2 石英安山岩(10%)	Q>LA, Or>IL, Ch	27.5	99.1	I								
251		3 安山岩(5%)	Q>LA, Or>IL, Ch>Hb	29.7	88.7	I								
252	山口 1	安山岩	H>E>>Q, OI?>M	172	142	P								
253	5	砂岩・粘板岩	Q>>LA>IL>Ch>C>Hb?	37.6	27.3	I	0.001	0.012	0.017	0.028	0.062	0.127	I	
254		1 砂岩(60~70%)		31	24	I								
255		2 粘板岩(30~40%)		57.3	93.2	I								
256	8	安山岩	HA>E>>Q>>M>IL	524	172	P								
257	19	砂岩		28	38	I	-0.011	-0.013	-0.001	-0.002	-0.006	0.027	I	C
258	22	安山岩 or (珸岩)	Q>HA>Hb>Ch>B	19	28	I								
259	24	頁岩・砂岩・凝灰岩	Q>>LA, C>Ch>IL	83.1	68.1	D	-0.005	-0.001	-0.003	-0.005	0.005	-0.004	I	
260		1 頁岩(50~60%)		46	66	I								
261		2 砂岩(40%)		29	89	I								
262		3 凝灰岩(5%)		34.7	135	I								
263	27	カンラン岩		67.1	99.1	I	-0.001	0.013	0.01	0.009	0.017	0.013	I	C
264	34	安山岩質火砕岩	Q>LA>C>Ch, O?>IL, P	18.8	73.3	I	0.001	0.001	-0.003	-0.001	0.006	0.005	I	C
265	36	流紋岩	Q>>LA>C, Or>>IL, Ch?	64	50	D								
266	38	流紋岩・粗粒玄武岩		-	-	-								
267		1 流紋岩(95%)	Q>LA>Or>Ch, C	44	30	I-D								
268		2 粗粒玄武岩		11.9	202	I								
269	39	安山岩	Q>LA>C>Ch>IL, ?	30.8	44.6	I	-0.012	-0.014	0	-0.004	-0.017	0.01	I	
270	43	砂岩・粘板岩		9.8	376	I	-0.029	-0.025	-0.011	-0.014	-0.015	0.002	I	C
620		1 砂岩(95%)		-	-	-								
621		2 粘板岩		-	-	-								
271	鳥取 4	流紋岩~石英安山岩	HA>>E>>Cr>IL, M?	537	110	D	0.044	0.165	0.193	0.272	0.305	0.367	D	C
272	15	石英安山岩	HA>Q>>E>IL, Cr>Ch	366	68.4	D	0.107	0.18	0.20	0.245	0.295	0.318	D	C
273	16	安山岩	HA>>T>E>Q	572	95	D	0.004	0.051	0.10	0.114	0.107	0.185	D	
274	17	石英安山岩質火砕岩	Q, LA>>C, O>IL, Ch	38	35	D	-0.009	-0.01	0.012	0.022	0.067	0.262	I	C
275	19	石英閃緑岩・微閃緑岩 ~珸岩・花崗岩		-	-	-								
276		1 石英閃緑岩(60%)		31	37	I								
277		2 微閃緑岩~珸岩(30%)		30	40	I								
278		3 花崗岩(10%)		-	-	-								

表-4.2(6) 土木研究所で収集した骨材の試験結果

近 畿

	地建No	岩 型	X 線 分 析		化 学 法			モ ル タ ル バ ー 法							コンクリート	
			鉱 物 組 成	Sc	Rc	判定	1カ月	2カ月	3カ月	4カ月	6カ月	12カ月	判定	供 試 体		
279	近畿 12	輝緑凝灰岩		36	37	I	－ 0.011	－ 0.004	0.001	0.009	0.007	0.011	I			
280	14	安山岩（黒色・灰色）	HA>T>>Or>M, IL	626	242	P	－ 0.001	0	0.005	0.003	0.008	0.029	I	C		
281	19	石英安山岩質火砕岩	Q>LA>Or>C>Ch, IL	22	82	I	－ 0.014	－ 0.009	0.002	0.004	0.007	0.011	I	C		
282	26	玄武岩	HA>>Cr>E>Q G1?	44.5	40.6	I	0.004	0.018	0.023	0.027	0.039	0.048	I	C		
283	27	輝緑岩	C>LA, E>Q>Ch> IL	54.2	196	I	－ 0.01	－ 0.008	－ 0.004	－ 0.005	0	0	I	C		
284	29	輝緑凝灰岩・頁岩		－	－	－										
285		1 輝緑凝灰岩(95%)		14	82	I	－ 0.013	－ 0.004	0.001	0.008	0.001	0.003	I			
286		2 頁岩(5%)		39.0	51.0	I										
287	31	輝緑岩		18	80	I	－ 0.004	－ 0.011	－ 0.001	0.002	0.006	0.009	I	C		
288	33	砂岩		28	66	I	－ 0.016	－ 0.005	0	0.007	0.016	0.087	I			
289	36	砂岩	Q>LA>>C>Ch, Ms	33	20	I	－ 0.021	－ 0.01	－ 0.007	－ 0.007	0.007	0.046	I	C		
	37			－	－	－										
290	39	砂岩・頁岩		－	－	－										
291		1 砂岩(90%)		25	55	I										
292		2 頁岩(5%)		59.8	77.3	I										
293	44	砂岩・石英類	Q>>LA, MS>Ch	26	21	I										
294		1 砂岩(90%)		26	32	I										
295		2 石英類(10%)		28.2	9.2	I										
296	49	安山岩	Q, LA>>C>Ch, IL	28	70	I										
	50			－	－	－										
297	52	安山岩	Q>>Cal, LA, Or,Ch>IL, P	42.5	41.1	I	0.001	0.01	0.009	0.013	0.025	0.04	I	C		
298	56	流紋岩（～石英安山岩）	Q>LA>Or>>Ch, IL	43.9	49.1	I	－ 0.003	－ 0.001	0	0.007	0.008	0.011*	I	C		
299	57	石英安山岩	LA>Q>Ch, Hb> IL, C	8.5	46.6	I	－ 0.003	0	－ 0.003	0.002	0.001	－ 0.003*	I			
300	58	流紋岩	Q>LA, Or>>C>Ch, IL	49	40	I-D	－ 0.005	－ 0.004	0.008	0.016	0.045	0.161	I	C		
	61			－	－	－										
301	63	凝灰岩・石英安山岩		－	－	－										
302		1 凝灰岩(80%)		29	31	I	－ 0.009	－ 0.002	0.004	0.002	0.003	0.007	I			
303		2 石英安山岩(20%)	Q>>LA, Or>Ch>C, ?	29.1	18.8	I										
304	64	石英安山岩質火砕岩	Q>LA>>Or, C, IL, Ch	150	72	D	－ 0.024	－ 0.019	－ 0.013	－ 0.013	－ 0.006	－ 0.003	I			
305	65	輝緑凝灰岩	Q>Hb>LA, Ch>C>> IL	272	75.8	D	0.005	0.005	0.01	0.009	0.017	0.024	I	C		
306	66	流紋岩	Q>LA, Or>> IL, Ch	40	37	I	－ 0.002	－ 0.006	0.003	0.009	0.019	0.067	I	C		
307	72	溶結凝灰岩	Q>HA>>Or>Ch	78	76	P-D	－ 0.005	－ 0.004	0.002	0.006	0.002	0.008	I			
308	83	輝緑凝灰岩・粘板岩	Ch, Q>C>LA> iL	32	38	I	－ 0.005	0.002	0.014	0.024	0.083	0.20	I			
309		1 輝緑凝灰岩(80%)		19	30	I										
310		2 粘板岩		91	44	D										
311	86	石灰岩	C>>>D, Q	48.6	133	I	0.001	0.009	0.003	0.005	0.013	0.018	I	C		
312	87	石灰岩		67	133	I										
313	89	石灰岩・輝緑凝灰岩・砂岩・頁岩	C>>Q>D, L>Ch, Rh	228	106	P	－ 0.006	0.002	0.006	0.006	0.023	0.091	I	C		
314		1 石灰岩(50%)		4	94	I										
315		2 輝緑凝灰岩(30%)		23	108	I										
316		3 砂岩(10%)		26.2	62.9	I										
317		4 頁岩(10%)		146	116	P										
318	100	砂岩	Q>LA>Or>>Ch, C, IL	22	45.1	I	－ 0.013	－ 0.005	－ 0.001	0	0.009	0.017	I	C		
	104			－	－	－										
319	107	砂岩		32	60	I	－ 0.018	－ 0.013	－ 0.009	－ 0.004	－ 0.004	－ 0.003	I			
320	108	砂岩		36	46	I	－ 0.006	0.003	0.009	0.006	0.012	0.009	I			
321	114	安山岩	H>Q>M, E	16.5	140	I	0	0.004	0.004	0.001	0.009	0.009	I			
	115	礫層		－	－	－										
	116	礫層		－	－	－										
322	117	安山岩類、石英斑岩～流紋岩、細粒花崗岩、砂岩 他	HA, Q>>E>Ch, iL Hb	20.5	66.4	I	0.009	0.098	0.23	0.317	0.47	0.723	D			
323		1 安山岩類A・C(50～60%)	HA>>>Q>Or>>Ch, iL, Hb	348	122	P										
324		2 流紋岩	Q, HA>>Or>Ch, iL	126	101	P										
325		3 細粒花崗岩(10%)		27.3	51.0	I										
326		4 砂岩(10%)		94.1	107	I										
327		5 多孔質安山岩	HA>>>Q>>E>Ch, iL	22.9	155	I										
	118	礫層		－	－	－										
328	124	砂岩・粘板岩		－	－	－										
329		1 砂岩(80%)		36	180	I										
330		2 粘板岩(20%)		108	217	I										

表－4.2(7) 土木研究所で収集した骨材の試験結果

	地建No	岩 型	X 線 分 析	化 学 法			モ ル タ ル バ ー 法						コンクリート	
			鉱 物 組 成	Sc	Rc	判定	1カ月	2カ月	3カ月	4カ月	6カ月	12カ月	判定	供 試 体
331	近畿127	粘板岩・砂岩・チャート		—	—	—								
332		1 粘板岩 (50%)		42	110	I	— 0.02	— 0.003	0.005	0.009	0.027	0.083	I	
333		2 砂岩 (40%)		32	62	I								
334		3 チャート (10%)		37	86.7	I								
335	128	砂岩		42	202	I								
	133			—	—	—								
336	138	片麻岩	Q>LA, Ms>>>Ch	22	29	I	— 0.02	— 0.006	— 0.004	— 0.004	— 0.001	0.007	I	
337	141	石英安山岩	G1	196	71	D	— 0.008	0.011	0.035	0.05	0.07	0.074	I	C
	142													
	145													

中 部

	地建No	岩 型	X 線 分 析	化 学 法			モ ル タ ル バ ー 法						コンクリート	
			鉱 物 組 成	Sc	Rc	判定	1カ月	2カ月	3カ月	4カ月	6カ月	12カ月	判定	供 試 体
	愛知 1			—	—	—								
338	3-2	輝緑凝灰岩		18	38	I	0.002	0.005	0.013	0.02	0.013	0.023	I	
	5			—	—	—								
	6			—	—	—								
339	7-1	黒雲母・石英片岩・花崗岩		—	—	—								
340		1 黒雲母・石英片岩(80%)		18	22	I	— 0.005	0.009	0.011	0.011	0.011	0.011	I	
341		2 花崗岩 (10~20%)		13.1	39.6	I								
342	8	閃緑岩・花崗岩		—	—	—								
343		1 閃緑岩		14.8	28.2	I								
344		2 花崗岩		17.5	10.4	I								
	9			—	—	—								
622	10-1	砂岩・石英類・石英安山岩		—	—	—								
345		1 砂岩 (90%)		18	88	I								
346		2 石英類 (5%)		—	—	—								
347		3 石英安山岩 (5%)	Q>LA, Or>Ch>IL	18.2	134	I								
	16			—	—	—								
	26			—	—	—								
348	36-1	砂岩・チャート	Q>Or>LA>>>IL, Ch	41.6	28.7	I	0.005	0.019	0.032	0.066	0.105	0.178*	D	
349		1 砂岩 (60%)		30	26	I								
350		2 チャート (40%)		69	30	D								
	37			—	—	—								
351	43	チャート・砂岩	Q>>>IL, Ch, Hb, LA	67.5	19.3	D	0.012	0.076	0.134	0.217	0.295	0.342*	D	
352		1 チャート (95%)		58	26	D	— 0.007	0.037	0.094	0.154	0.243	0.302	D	
353		2 砂岩 (5%)		—	—	—								
				—	—	—								
354	岐阜 13	砂岩		47	164	I	— 0.015	0.002	0.015	0.028	0.047	0.104	I	
	52-1	保留		—	—	—								
	52-2	保留		—	—	—								
	52-3	保留		—	—	—								
	52-4	保留		—	—	—								
	52-5	保留		—	—	—								
				—	—	—								
623	静岡 1	凝灰岩・安山岩		—	—	—								
355		1 凝灰岩 (80%)		16.1	94.1	I								
356		2 安山岩 (20%)	LA>Q>C>Or, Ch>>>IL	15.9	84.2	I								
357	11-1	安山岩	HA>T>>>E	305	124	P	— 0.013	0.009	0.015	0.042	0.047	0.065	I	C
624	12	安山岩・安山岩質火砕岩		—	—	—								
358		1 安山岩 (95%)		19	134	—	— 0.015	— 0.012	— 0.009	— 0.002	— 0.01	— 0.011	I	
359		2 安山岩質火砕岩 (5%)		24.1	194	I								
360	36	砂岩		64	52	—	— 0.014	0.001	0.009	0.028	0.085	0.161	I	C
	44			—	—	—								
625	62	変質安山岩・同質火砕岩		—	—	—								
361		1 変質安山岩	Q>>>LA>Or, Ch>IL	38.2	58.0	I								
362		2 火砕岩 (安山岩質)	Q>>>HA>Or>Ch	—	—	—								
		3 (塩基性) 安山岩		—	—	—								
626	三重 7	粘板岩・チャート・珸岩		—	—	—								
363		1 粘板岩 (75%)		32	46	I	0.003	0.005	0.019	0.041	0.091	0.196	I	

表-4.2(8) 土木研究所で収集した骨材の試験結果

地建No	岩 型	X 線 分 析	化 学 法			モ ル タ ル パ ー 法						コンクリート	
		鉱 物 組 成	Sc	Rc	判定	1カ月	2カ月	3カ月	4カ月	6カ月	12カ月	判定	供 試 体
364	三重 7	2 チャート (20%)	50.5	23.3	D								
365		3 珸岩 (5%)	21.8	59.5	I								
366	22-1	石灰岩	2	124	I	-0.004	0.001	0.006	0.007	0.009	0.01	I	
	30		-	-	-								
627	65	砂岩・粘板岩 他	-	-	-								
367		1 砂岩 (70%)	90.1	54.5	D								
368		2 粘板岩 (25%)	166	91.7	P								
619	77	頁岩・チャート	Q>I>L>Or, Ch, C	51.5	18.8	D	0.005	0.03	0.054	0.112	0.178	0.27 *	D
369		1 頁岩 (95%)	49.9	15.9	D	-0.006	0.012	0.04	0.072	0.17	0.324	D	
370		2 チャート (5%)	44.2	14.9	D								
	78		-	-	-								

北 陸

地建No	岩 型	X 線 分 析	化 学 法			モ ル タ ル パ ー 法						コンクリート	
		鉱 物 組 成	Sc	Rc	判定	1カ月	2カ月	3カ月	4カ月	6カ月	12カ月	判定	供 試 体
	北陸 25	川砂利 (阿賀野川)	-	-	-								
371	41	安山岩	Q>HA>Or>>>Ch, I I	72	59	D	-0.006	0.001	-0.001	0	0	0	I
	64	川砂利 (信濃川)	-	-	-								
372	73	粗粒玄武岩・ハンレイ岩・安山岩・砂岩	Hb>LA>Ch, Q>C	18	64	I							
373		1 粗粒玄武岩・ハンレイ岩 (95%)	15.4	65.4	I	-0.009	-0.001	0.003	0.005	0.004	0.01	I	
374		2 安山岩	-	-	-								
375		3 砂岩	-	-	-								
	77	礫層	-	-	-								
	85	川砂利 (黒部川)	-	-	-								
	100	川砂利 (常陸寺川)	-	-	-								
	125	川砂利 (庄川)	-	-	-								
376	166	安山岩	HA>Q, T>E, Or>>>M	526	142	P	0.089	0.207	0.255	0.295	0.393	0.489	D
377	169	安山岩	Q>HA>C>Ch>>I I>Hb	21	105	I	-0.017	-0.001	-0.01	-0.011	-0.009	-0.012	I
378	176	砂岩・安山岩	Q, LA>Or>Ch, C>>Hb	57	31	D	0.004	0.005	0.008	0.011	0.02	0.07	I
379		1 砂岩 (90~95%)	25.4	26.8	I								
380		2 安山岩 (5%)	-	-	-								
381		3 珸質岩	84.0	78.8	P								

関 東

地建No	岩 型	X 線 分 析	化 学 法			モ ル タ ル パ ー 法						コンクリート	
		鉱 物 組 成	Sc	Rc	判定	1カ月	2カ月	3カ月	4カ月	6カ月	12カ月	判定	供 試 体
382	茨城 1	角閃石片岩・雲母片岩	Hb>>>HA>C>Q>Ch, Ms	9	32	I							
383		1 角閃石片岩 (80%)	8	35	I	0.001	0.01	0.014	0.016	0.022	0.029	I	
384		2 雲母片岩 (20%)	8.8	31.2	I								
385	2	砂岩・粘板岩	Q>>LA>Or>I I>Ch, C	26	73	I							
386		1 砂岩 (95%)	22.4	67.4	I								
387		2 粘板岩 (5%)	46.9	93.2	I								
628	14	片岩類・安山岩	-	-	-								
388		1 片石類 (黒雲母片岩, 黒雲母石英片岩)	23.7	12.9	I	0	0.013	0.016	0.02	0.029	0.055	I	
389		2 安山岩 (10%)	34.7	79.3	I								
390		3 ベグマタイト	-	-	-								
			-	-	-								
391	山梨 1	安山岩	HA>Q>?>VorM, Or, E	20	221	I	-0.006	-0.011	-0.008	-0.009	-0.011	-0.013	I
629	2	砂岩・ 岩	-	-	-								
392		1 砂岩 (70%)	67.8	77.8	I								
393		2 珸岩 (30%)	34.4	75.3	I								
394	3	安山岩・安山岩質火砕岩	Q>HA>Hb>Ch, I I	26	110	I							
		安山岩	-	-	-								
		安山岩質火砕岩	-	-	-								
395	栃木 5	石灰岩	C>>D>>Q>Rh?	17	74	I	-0.001	0.007	0.01	0.015	0.022	0.05	I
	18		-	-	-								
630	神奈川 1	石英安山岩・安山岩	-	-	-								
396		1 石英安山岩 (70%)	Q, HA>>>>Ch	41.3	94.1	I							
397		2 安山岩 (礫?)	Q, LA>>>Or>Ch	37.5	73.3	I							
398		3 安山岩 (礫)	Q, LA>>>Or>Ch	36.4	87.7	I							

表-4.2(9) 土木研究所で収集した骨材の試験結果

	地建No	岩 型	X 線 分 析	化 学 法			モ ル タ ル バ ー 法						コンクリート	
			鉱 物 組 成	Sc	Rc	判定	1カ月	2カ月	3カ月	4カ月	6カ月	12カ月	判定	供 試 体
399	神奈川 2	頁岩・凝灰岩	Q>HA>C, LA>Ch, II, ?	58	278	I								
400		1 頁岩 (80%)		70	284	I	-0.02	-0.013	-0.012	-0.01	-0.011	-0.001	I	
401		2 凝灰岩 (20%)		36.8	301	I								
402	埼玉 3	砂岩	Q>C>LA>Ch, II	30	52	I	-0.013	-0.003	0.001	0.004	0.017	0.089	I	
403	7	砂岩	Q>LA>Or, Ch, C>II	17	24	I	-0.001	0.009	0.012	0.011	0.023	0.029	I	
404	東京 2	砂岩・頁岩	Q>LA>Or>>Ch, II, C	41	60	I								
405		1 砂岩 (90%)		41.8	48.1	I								
406		2 頁岩 (10%)		40.4	106	I								
407	10	砂岩・粘板岩	Q>LA>C>Ch, II, O?	41	60	I	0.001	0.008	0.014	0.013	0.04	0.105	I	
408		1 砂岩 (80%)		39.9	42.1	I								
409		2 粘板岩 (20%)		41.5	66.9	I								
410	群馬 1	安山岩	HA>T>>E	128	68	D								
411	2	安山岩	HA, Q>>M>?, Or, E	14	172	I	-0.003	-0.002	0	-0.002	-0.001	-0.003	I	
412	3	安山岩	HA, Q>>M, Ch>Or>>II	26	103	I	-0.002	-0.006	-0.003	-0.005	-0.004	-0.005	I	
413	4	輝緑凝灰岩	C>>LA, Ch, Q, ?	16	110	I	-0.012	-0.007	0	-0.002	-0.001	0.006	I	
414	5	安山岩	HA>>Cr, E>Or?	276	58	D	-0.016	0.082	0.126	0.166	0.209	0.296	D	
415	7	安山岩	HA>>T>E	442	101	D	0.095	0.223	0.292	0.316	0.368	0.42	D	
416	9	安山岩	HA>Q>M>T, Or>>II, Ch?	44	312	I	-0.018	-0.018	-0.01	-0.01	-0.008	-0.005	I	
417	10	安山岩・安山岩質火砕岩	Q>HA>Ch, E	24	104	I								
418		1 安山岩	Q>HA>>E>Ch	26.9	91.7	I								
419		2 安山岩質火砕岩 (20%)	Q>>HA>E>Ch, Hm?, ?	27.9	108	I								
420		3 泥岩, 泥質凝灰岩 (5%)		26.6	121	I								
421	11	粗粒玄武岩・シルト岩	HA, Q>M>E	16	144	I								
422		1 粗粒玄武岩 (90+10%)		17.6	132	I								
423		2 粗粒砂岩・シルト岩 (1%)		-	-	-								
424	13	東武野田線片野-八幡川-石炭山-安山岩	Q>Hb>Lz>?>II, Ch>Tc?	112	96.1	I	0.006	0.008	0.012	0.007	0.016	0.023	I	
425		1 玄武岩 (50%)	Cy, Hb>>Ol>Ch	8.6	76.8	I								
426		2 泥質片岩 (25%)		22.7	41.1	I								
427		3 微ハンレイ岩 (10%)		-	-	-								
428		4 石英安山岩 (5%)		-	-	-								
429		5 安山岩 (5%)		-	-	-								
430	長野 3	安山岩		420	114	P	0.042	0.222	0.301	0.368	0.462	0.547*	D	C
431	4	安山岩	HA>E, Gl	224	104	P	0.036	0.177	0.278	0.387	0.459	0.565	D	
432	8	安山岩	HA>E>Cr	414	98	D	0.002	0.114	0.168	0.221	0.272	0.348	D	
433	9	安山岩	HA>T>E>>II	22.7	35.2	I	0.016	0.16	0.243	0.34	0.443	0.584*	D	
434	10	安山岩	HA>T>E>>>M	489	160	P	-0.002	0.019	0.047	0.114	0.195	0.376	D	
435	12	安山岩	HA>>Q, E	297	86	D	0.001	0.029	0.078	0.133	0.168	0.242	D	
436	14	チャート		66	52	D	-0.009	0.002	0.018	0.041	0.098	0.198	D	

東 北

	地建No	岩 型	X 線 分 析	化 学 法			モ ル タ ル バ ー 法						コンクリート	
			鉱 物 組 成	Sc	Rc	判定	1カ月	2カ月	3カ月	4カ月	6カ月	12カ月	判定	供 試 体
437	東北 1	安山岩	HA, Q>>>M, II	456	136	P	0.021	0.064	0.089	0.115	0.157	0.203	D	
438	3	安山岩	Q>HA>>C>Or, Ch	20	186	I	-0.015	-0.012	-0.018	-0.018	-0.012	-0.015	I	C
439	11	石英安山岩	Cr, HA>>Q, T	958	160	P	-0.012	-0.003	-0.002	-0.002	-0.001	0.003	I	C
440	12	安山岩・玄武岩		18	198	I	-0.014	-0.012	-0.012	-0.016	-0.012	-0.015	I	
441		1 安山岩 (50%)	Q>>LA(HA)>C>Ch>M?	18.5	147	I								
442		2 玄武岩 (50%)	Q, HA>>>M	22.8	229	I								
443	13	安山岩質火砕岩	LA, Q, C>Ch>II	19	81	I	-0.017	0.001	0.003	0.006	0.003	0.011	I	
444	15	安山岩	HA, T>>Q>>M, II	772	186	P	0.009	0.016	0.019	0.021	0.033	0.036	I	C
445	23	安山岩・玄武岩	HA>Q>M>C>Ch	10	212	I	-0.02	-0.017	-0.028	-0.026	-0.014	-0.028	I	
446		1 安山岩 (60%)	Q>>LA>C>Ch>>II	14	144	I								
447		2 玄武岩 (40%)	HA>M>Or>Q>?	3	325	I								
448	24	安山岩		550	111	P-D								
449	28	石英安山岩	HA>Cr>M	594	258	P	0.005	0.016	0.024	0.023	0.041	0.163	I	C
450	30	安山岩	HA>Cr>C>>M?	545	105	D	0.032	0.169	0.23	0.263	0.322	0.408	D	
451	31	安山岩	HA>T, Q>E	448	99.1	D	0.027	0.117	0.173	0.207	0.284	0.325	D	C

表-4.2(10) 土木研究所で収集した骨材の試験結果

地建No	岩 型	X 線 分 析	化 学 法			モ ル タ ル パ ー 法						コンクリート	
		鉱 物 組 成	Sc	Rc	判定	1カ月	2カ月	3カ月	4カ月	6カ月	12カ月	判定	供 試 体
452	東北 32 安山岩質火砕岩	HA>Q>Ch>>Il	29.7	35.7	I	0.007	0.017	0.019	0.019	0.032	0.042	I	C
453	33 砂岩		63	20	D	-0.001	0.022	0.038	0.063	0.135	0.253	D	C
454	34 石灰岩		1	266	I	0	0.01	0.008	0.012	0.007	0.006	I	
631	37 輝緑凝灰岩・(石灰岩)		-	-	-								
455	37 1 輝緑凝灰岩		17	38	I								
456	2 石灰岩 (5%)		5.1	21.3	I								
457	38 玄武岩・玄武岩質火砕岩	HA, T>>>Ch>Q>Il, Hb	458	121	P	-0.001	0.005	0.08	0.122	0.195	0.309	D	
458	2 玄武岩 (50%)	HA>T>>M	559	267	P								
459	2 玄武岩質火砕岩 (50%)	Ch, Hb>LA, Il>Q>C	16.7	23.3	I								
460	42 安山岩	HA>T>Q>M	632	194	P								
461	44 花崗閃緑岩		12	32	I	-0.001	0.011	0.012	0.014	0.011	0.016	I	
462	49 安山岩	HA>T>Q>>M	542	230	P	-0.001	0.021	0.028	0.033	0.078	0.363	I	
463	51 安山岩	HA>>>Cr>Q?>M	416	141	P								
464	53 安山岩	HA, T>>>Q>M	545	214	P								
465	54 安山岩	HA>Q>>>M>H1?	308	192	P	-0.005	0.003	0.003	0	0.007	0.011	I	C
632	55 粘板岩, 流紋岩, 石英安山岩, 酸性凝灰岩		-	-	-								
466	1 粘板岩 (50%)		20	102	I								
467	2 流紋岩 (20%)	Q, LA>>>>Ch	38.6	70.9	I								
468	3 石英安山岩 (15%)	Q, LA>>>>Ch, Il, Hb	18	150	I								
469	4 酸性凝灰岩		22	144	I								
633	57 粘板岩・砂岩・チャート		-	-	-								
470	1 粘板岩 (90%)		45	65	I	-0.001	0.014	0.023	0.039	0.075	0.172	I	
471	2 砂岩 (5%)				-								
472	3 チャート (5%)		96.6	20.3	D								
634	58 安山岩及同質火砕岩・石英岩 HA		-	-	-								
473	1 安山岩及同質火砕岩 (90%)	HA, Q, Ch>Hb, Mg?, Il	26.2	65.9	I								
474	2 石英類 (10%)		107	29.7	D								
475	59 チャート		87	27	D	0.012	0.113	0.190	0.236	0.256	0.276	D	
476	62 砂岩・石灰岩	Q>Mg>C>LA, Or>>>Hb, Ch	24	53	I	0.001	0.013	0.017	0.016	0.017	0.025	I	
477	1 砂岩		-	-	-								
478	2 石灰岩 (3%)		-	-	-								
479	64 砂岩	Q>>>LA>Il, Or>>>>Ch, Hb?	23	22	I	0.003	0.011	0.013	0.014	0.022	0.032	I	
480	65 礫層		-	-	-								
481	68 粘板岩	Q>LA, Ms>>>Or?, Ch, Hb?	40	32	I	0.005	0.026	0.04	0.065	0.133	0.271	D	C
482	69 砂岩	Q>LA>Or>Ms>Ch>Hb	19	24	I	0.008	0.016	0.018	0.022	0.037	0.049	I	
483	70 安山岩・珪質砂岩		30	14	I	0.002	0.008	0.015	0.017	0.041	0.065	I	
484	1 安山岩 (90%)	Q, LA>Or>B>Ch	30	20	I								
485	2 珪質砂岩・チャート (10%)		54.5	29.2	D								
486	75 石英安山岩	Q, HA>>>>M	28	141	I	-0.004	0.004	0.005	0.005	0.008	0.009	I	
487	77 安山岩	HA, T>>>>M, Il	518	158	P	0.006	0.014	0.015	0.015	0.052	0.042	I	C
488	78 石英安山岩	HA, T>Q>E>C>>>M	356	168	P	-0.001	0.007	0.006	0.014	0.021	0.079	I	C
635	94 チャート・輝緑凝灰岩		-	-	-								
489	1 チャート (60%)		32	38	I	0.008	0.018	0.03	0.046	0.092	0.23	I	
490	2 輝緑凝灰岩 (5%)		37.4	83.2	I								
491	3 凝灰岩・チャート互層 (3割)		58.5	55.7	I								
492	98 輝緑岩	Hb>>>LA>>>Q>>>Ch, M?	26.2	40.6	I	-0.003	0.008	0.005	0.006	0.013	0.006	I	
493	99 輝緑凝灰岩 or (緑色岩)		13	43	I	0.002	0.006	0.01	0.009	0.009	0.008	I	
494	107 カンラン岩類		8	85	I	0.006	0.015	0.016	0.018	0.019	0.017	I	
495	112 チャート・粘板岩・砂岩		118	27	D								
496	1 チャート (70%)		122	20	D	0.041	0.135	0.212	0.273	0.338	0.367	D	
497	2 粘板岩 (20%)		140	22	D								
498	3 砂岩 (10%)		11.1	41.1	I								
499	114 チャート・粘板岩	Q>>>Ms>LA>Hb, Ch>M?	58	33	D	0.001	0.038	0.096	0.147	0.23	0.273	D	
500	1 チャート (70%)		63	22	D								
501	2 粘板岩		53	44	D								
502	3 珪質砂岩		21.0	50.0	I								
503	115 泥質石灰岩		12	56	I								
504	117 石灰岩	C>>>>>Q, Ch	2	14	I	0.004	0.005	0.007	0.008	0.009	0.009	I	
505	119 砂岩	Q>HA>Il, Ch, Or	32	32	I	-0.002	0.007	0.012	0.019	0.038	0.079	I	C
506	120 安山岩・砂岩		17	36	I								

表-4.2(11) 土木研究所で収集した骨材の試験結果

	地建No	岩 型	X 線 分 析	化 学 法			モ ル タ ル バ ー 法							コンクリート	
			鉱 物 組 成	Sc	Rc	判定	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	判定	供 試 体
507	東北120	1 安山岩 (90%)	LA>Q, Ch>C, Or>Hb>Il	21	32	I									
508		2 砂岩 (10%)		75	44	D									
509	123	砂岩	Q>LA>Ch, C>Hb, Il	30	52	-	-0.013	0.001	0.002	0.009	0.026	0.121	I		
510	125	頁岩	Q>>LA>Ch>>Il	44	42		-0.008	0.006	0.003	0.012	0.013	0.21	I		
511	127	玄武岩	HA>Q, Hb, B>>>Ch	21	26	I	-0.006	0.009	0.011	0.014	0.021	0.038	I	C	
	130	川砂利		-	-	-									
512	142	石灰岩		2	10	I	-0.005	0.005	0.004	0.007	0.007	0.008	I		
513	144	砂岩・粘板岩	Q>LA>Ch>C>Il, O?	48.1	45.6	I	-0.016	-0.007	-0.004	0.001	0.018	0.097	I		
514		1 砂岩 (80%)		36.9	42.1	I									
515		2 粘板岩 (20%)		48.0	54.0	I									
636	147	砂岩・閃緑岩		-	-	-									
516		1 砂岩 (90%)		27.2	40.1	I									
517		2 閃緑岩 (10%)		22.6	26.8	I									
518	150	粘板岩		48	80	I	-0.024	-0.006	-0.001	-0.003	0.008	0.018	I	C	
519	164	玄武岩	HA>>Q>E, M	99	278	I	-0.018	-0.01	-0.008	-0.01	-0.004	-0.001	I	C	
520	165	玢岩	HA>>Or>Ch>Q?	8	129	I	-0.016	-0.004	0.001	0.002	0.007	0.011	I	C	
521	179	石英安山岩	HA>>Q, M	508	214	P	0.036	0.083	0.102	0.125	0.19	0.295	I	C	
522	181	石英安山岩	HA>Q>M>>Hb, Il, Ch?	28	94	I	-0.015	-0.002	0.005	0.006	0.007	0.012	I	C	
523	183	安山岩	HA>Cr>E?	247	70	D	0.045	0.108	0.134	0.142	0.188	0.235	D	C	
524	197	安山岩	HA>Cr>Q>>M	528	245	P	0.033	0.066	0.087	0.097	0.159	0.203	D	C	
525	200	安山岩	LA>Q>>Ch, C>Il	15	65	I									
526	202	安山岩・他	HA>Q>Or>Ch	36	112	I	-0.011	-0.001	0.004	0.003	0.007	0.014	I		
	222	川砂利		-	-	-									
527	227	安山岩	HA>>>Cr?, E	430	140	P	0.013	0.026	0.03	0.035	0.043	0.054	I	C	
528	228	安山岩	HA>>>>E?	258	106	P	0.027	0.11	0.13	0.152	0.168	0.209	D	C	
529	229	安山岩	HA>>T?>>M, Q?	298	201	P									
530	231	安山岩	HA>>M, Q, E>Cr?	296	223	P	-0.018	-0.013	-0.019	-0.021	-0.013	-0.002	I		
531	233	安山岩	HA>>Cr, Q, E>M	497	164	P	0.026	0.128	0.165	0.23	0.28	0.393	D	C	
532	234	玢岩	HA>Q>>Ch	24	92	I									
533	244	安山岩	LA>Ch>Or>C, Q	10	97	I	-0.023	-0.021	-0.024	-0.021	-0.026	-0.018	I		
534	246	安山岩	HA, Q>Or>>>Ch>Hb?	24	82	I									
	272	川砂利		-	-	-									
535	290	変質安山岩	Q>LA>?>>>Ch	32	64	I	-0.009	-0.01	-0.015	-0.016	-0.013	-0.008	I		
536	294	石英安山岩	Q, LA>>>Ch	36	92	I	-0.01	-0.012	-0.014	-0.013	-0.008	-0.004	I		
637	295	流紋岩・安山岩		-	-	-									
537		1 流紋岩 (50%)	Q, LA>>>Ch>>>Il	44	31	D									
538		2 安山岩 (50%)	LA, Q>Ch>>>C	22	48	I									
539	298	安山岩	Q>LA>Ch>>>Il	36	54	I	-0.016	-0.01	-0.011	-0.013	-0.016	-0.012	I	C	
540	300	変質安山岩	Q>LA>>>C>Ch, Il	42	80	I	-0.013	-0.019	-0.019	-0.024	-0.017	-0.012	I		
541	302	安山岩	HA>>>Cr, E>>>M	448	140	P	0.011	0.03	0.041	0.048	0.065	0.104	I	C	
542	305	安山岩	HA>Q>>M?, Ch	21	116	I									
543	312	花崗岩		12	38	I	-0.006	-0.003	-0.001	0	-0.001	0.002	I		
544	329	頁岩		23	118	I	-0.015	-0.011	-0.016	-0.012	-0.013	-0.009	I		
545	330	安山岩	HA>Q>>M>>Hb	64	171	I									
546	331	安山岩	HA>Q>>E?>M	98	120	I									
547	341	砂岩	Q>LA, C>Or, Ch>Il	77	54.5	I	-0.014	-0.006	-0.003	0.007	0.03	0.126	I	C	
	343	礫層		-	-	-									
548	345	砂岩		39	59	I	-0.011	-0.003	0.018	0.038	0.103	0.243	D		
549	347	安山岩	HA>>>T>>>M	368	162	P	0.009	0.028	0.034	0.043	0.05	0.098	I	C	
638	360	頁岩・(砂岩)		-	-	-									
550		1 頁岩 (95%)		64	128	I	-0.02	-0.003	-0.004	0.003	0.008	0.093	I		
551		2 砂岩 (5%)		45.8	117	I									
552	369	安山岩	HA>>>Q, Cr>>>M	522	186	P	0.031	0.13	0.193	0.281	0.38	0.552	D	C	
553	377	安山岩	HA>>>Q>T>M	198	334	I	-0.018	-0.008	-0.008	-0.002	-0.009	-0.001	I		
554	382	安山岩～玄武岩質安山岩		413	252	P	-0.011	-0.004	-0.005	0.003	-0.005	0.006	I		
555	389	安山岩～石英安山岩	HA>>>E>T>>M	331	154	P	-0.006	0.009	0.029	0.076	0.161	0.337	D		
556	390	安山岩	HA>>>>E, Q>T, M>>>I?	374	214	P									
557	392	安山岩	HA>>>E?>M	41.5	106	I	-0.008	0.002	-0.002	-0.002	0.01	0.002	I	C	
558	394	安山岩	HA>>>>E>Q?, M	17	112	I									
559	397	砂岩		15	70	I									

表-4.2(12) 土木研究所で収集した骨材の試験結果

	地建№	岩 型	X 線 分 析	化 学 法			モ ル タ ル パ ー 法							コンクリート	
			鉍 物 組 成	Sc	Rc	判定	1 ヵ月	2 ヵ月	3 ヵ月	4 ヵ月	6 ヵ月	1 2 ヵ月	判定	供 試 体	
560	東北399	緑色片岩		12	22	I	- 0.001	0.01	0.009	0.014	0.008	0.017	I		
561	401	安山岩	Q, LA>>>Or, B?>>>Ch,Hb	39	25	I-D									
639	407	砂岩・(頁岩)(石英安山岩)		-	-	-									
562		1 砂岩 (90%)		28.1	51.5	I									
563		2 (頁岩)		113	50.0	D									
564		3 (石英安山岩)		-	-	-									
565	408	石英安山岩	Q>>>LA, Or>>>>Ch, l l	44	81	I	0	0.005	0.009	0.011	0.011	0.022	I	C	
566	434	安山岩	HA>>>T>?>M	404	253	P									
567	438	安山岩	HA>Q>M	138	326	I									
568	440	安山岩	Q>HA>>>>Ch. ?	32	84	I									
569	441	安山岩	Q>HA>M>>>>Hb. Ch?	24	138	I									
570	442	安山岩	Q>HA>M>>>>Ch?	22	240	I									
571	443	安山岩	HA, Q>>>>M, Or	40	217	I	- 0.005	- 0.002	- 0.003	0.004	0.001	0.01	I		
572	444	超塩基性岩類・花崗岩		-	-	-									
573		1 超塩基性岩類(90%)		14	80	I	- 0.003	0.011	0.017	0.021	0.013	0.026	I		
574		2 花崗岩		25.9	36.7	I									
575		3 滑石質岩		199	158	P									
640	447	準片麻岩・緑色片岩		-	-	-									
576		1 準片麻岩 (80%)		26.6	22.8	I									
577		2 緑色片岩		30.7	23.8	I									
578		3 珪質片岩		35.3	31.7	I									
641	449	輝緑岩・花崗岩・優白岩		-	-	-									
579		1 輝緑岩 (50%)		17	41	I									
580		2 花崗岩 (40%)		14	51	I									
581		3 優白岩 (10%)		33.8	177	I									
582	457	安山岩質火砕岩・安山岩	Q>C, LA>>>Ch, l l	41.7	77.3	I	- 0.021	- 0.009	- 0.01	- 0.011	- 0.001	- 0.004	I		
583		1 安山岩質火砕岩(80%)	Q>C>LA>>>Ch>l l	30	84	I									
584		2 安山岩		-	-	-									
585	459	玢岩	Q>LA, Hb>Ch>B	22	38	I	- 0.001	0.012	0.015	0.018	0.02	0.04	I		
586	471	砂岩		23	65	I	0	0.008	0.011	0.012	0.016	0.043	I		

現地調査採取分

	地建No	岩 型	X 線 分 析	化 学 法			モ ル タ ル パ ー 法							コンクリート	
			鉍 物 組 成	Sc	Rc	判定	1カ月	2カ月	3カ月	4カ月	6カ月	12カ月	判定	供 試 体	
587	Ch 2	チャート		103	5.5	D	0.008	0.016	0.038	0.074	0.14	0.241	D		
588	3	"		86.4	26.8	D	0.006	0.069	0.159	0.245	0.328	0.369	D		
589	5	"		146	34.7	D	0.016	0.09	0.177	0.24	0.29	0.369	D		
590	8	"		218	28.7	D	0.025	0.181	0.244	0.274	0.293	0.295	D		
591	9	"		59.2	19.8	D	0.005	0.047	0.109	0.161	0.225	0.286	D		
592	10	"		45.9	13.9	D	0.002	0.007	0.028	0.052	0.114	0.238	D		
593	11	"		36.9	1.0	D	-0.005	0.016	0.057	0.12	0.2	0.22	D		
594	13	"		83.4	28.2	D	0.004	0.036	0.101	0.198	0.308	0.335	D		
595	14R	"		222	34.7	D	0.002	0.029	0.11	0.229	0.345	0.381	D		
596	14Mn	"		47.3	24.8	D	0.003	0.009	0.017	0.037	0.07	0.132	I		
597	16	"		118	30.7	D	-0.001	0.01	0.022	0.079	0.181	0.259	D		
598	18	"		187	23.3	D	0.005	0.04	0.107	0.212	0.391	0.396	D		
599	19	"		78.4	20.3	D	0.005	0.023	0.066	0.141	0.254	0.378	D		
600	20	"		84.4	15.9	D	0.02	0.121	0.215	0.298	0.388	0.385	D		
601	21	"		154	28.2	D	0.008	0.074	0.171	0.277	0.4	0.463	D		
602	22	"		63.6	28.7	D	0.004	0.011	0.021	0.038	0.071	0.359	I		
603	24	"		111	44.1	D	0	0.016	0.056	0.125	0.213	0.263	D		
604	26	"		231	39.6	D	0.014	0.1	0.182	0.239	0.269	0.285	D		
605	28	"		45.7	24.8	D	0.003	0.023	0.077	0.155	0.254	0.324	D		
606	29	"		143	24.8	D	0.002	0.036	0.123	0.236	0.373	0.499	D		
607	30	"		134	43.1	D	0.015	0.065	0.12	0.165	0.192	0.204	D		
608	31	"		105	18.3	D	0.02	0.096	0.182	0.251	0.293	0.322	D		
609	34	"	Q>C>>>M>LA	124	300	I	-0.015	-0.021	-0.019	-0.017	-0.017	-0.014	I		
610	Mch 1	珪質片岩		72.8	17.3	D	0.007	0.045	0.102	0.178	0.285	0.382	D		
611	2Pst	"		47.0	27.3	D	0.007	0.008	0.017	0.029	0.058	0.219	I		
612	3	"		23.7	47.0	I	0.009	0.012	0.01	0.014	0.017	0.039	I		
613	4	"		21.9	37.7	I	0.005	0.011	0.012	0.016	0.011	0.018	I		
614	Ry 1	ホルンフェルス, 竜門ダムR5, 50m		23.0	7.4	I	0.003	0.012	0.014	0.02	0.023	0.048	I		
615	2	花崗岩, 竜門ダムR5, 90m		14.8	20.8	I	-0.001	0.004	0	0.008	0.004	0.023	I		

凡例

1. X線分析

鉱物名

B：黒雲母，C：方解石，Ch：緑泥石，Cr：クリストバライト，E：輝石，Gl：ガラス，
HA：高温型アルバイト（斜長石），Hb：角閃石，Il：イライト，Im：イルメナイト，
LA：低温型アルバイト（斜長石），Lz：リザルダイト（蛇紋石），M：モンモリロナイト，
Ms：白雲母，Or：正長石，Q：石英，T：トリディマイト，D：ドロマイト，V：バーミキ
ュライト，Rh：ロードクロッサイト

2. 化学法

判定：I－無害，P－潜在的有害，D－有害

3. コンクリート供試体

コンクリート供試体暴露：C

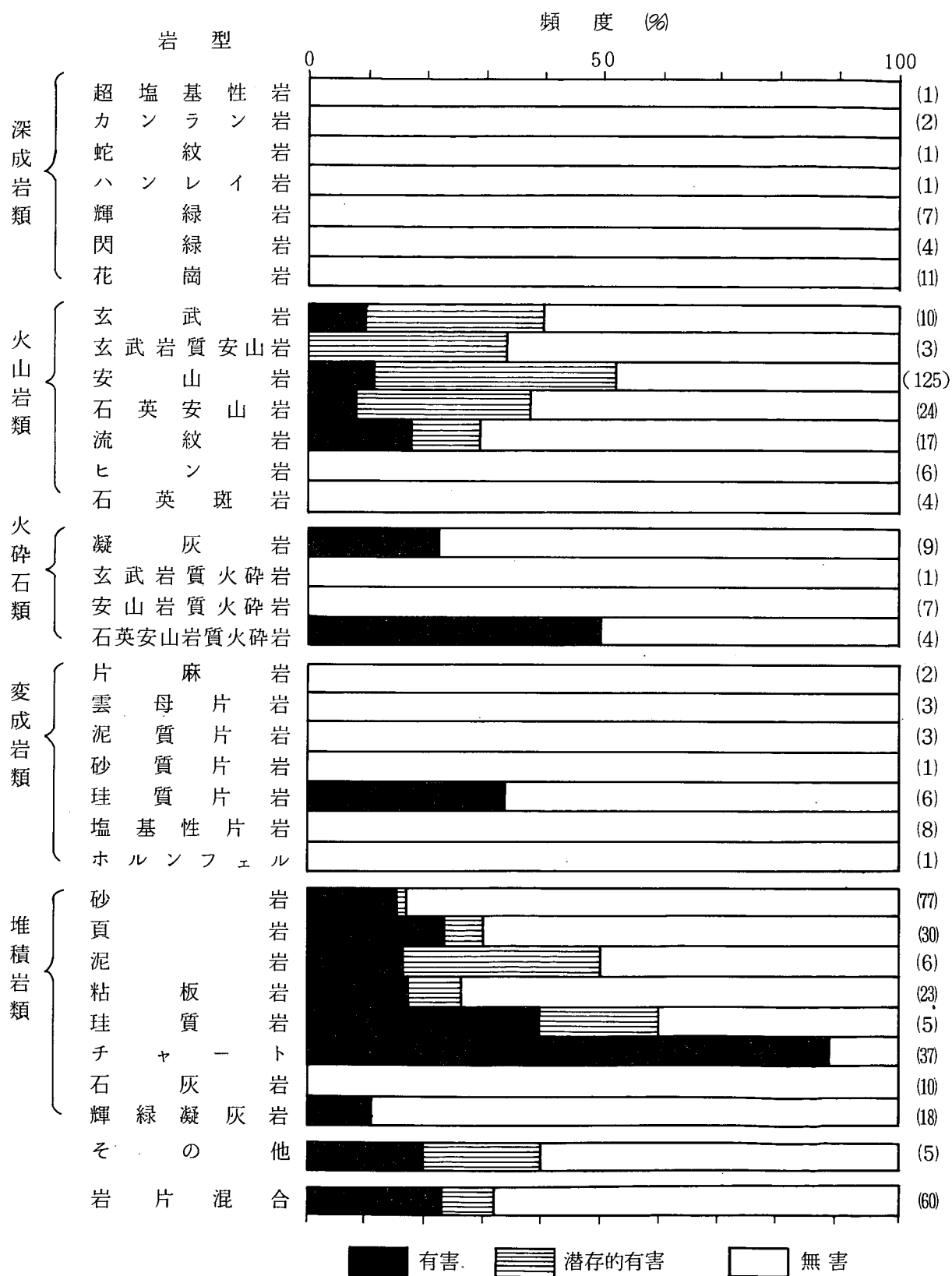


図- 4.2 化学法の結果(合計 5 3 2 試料)
(図の右端の数字は各岩型の試料数である。)

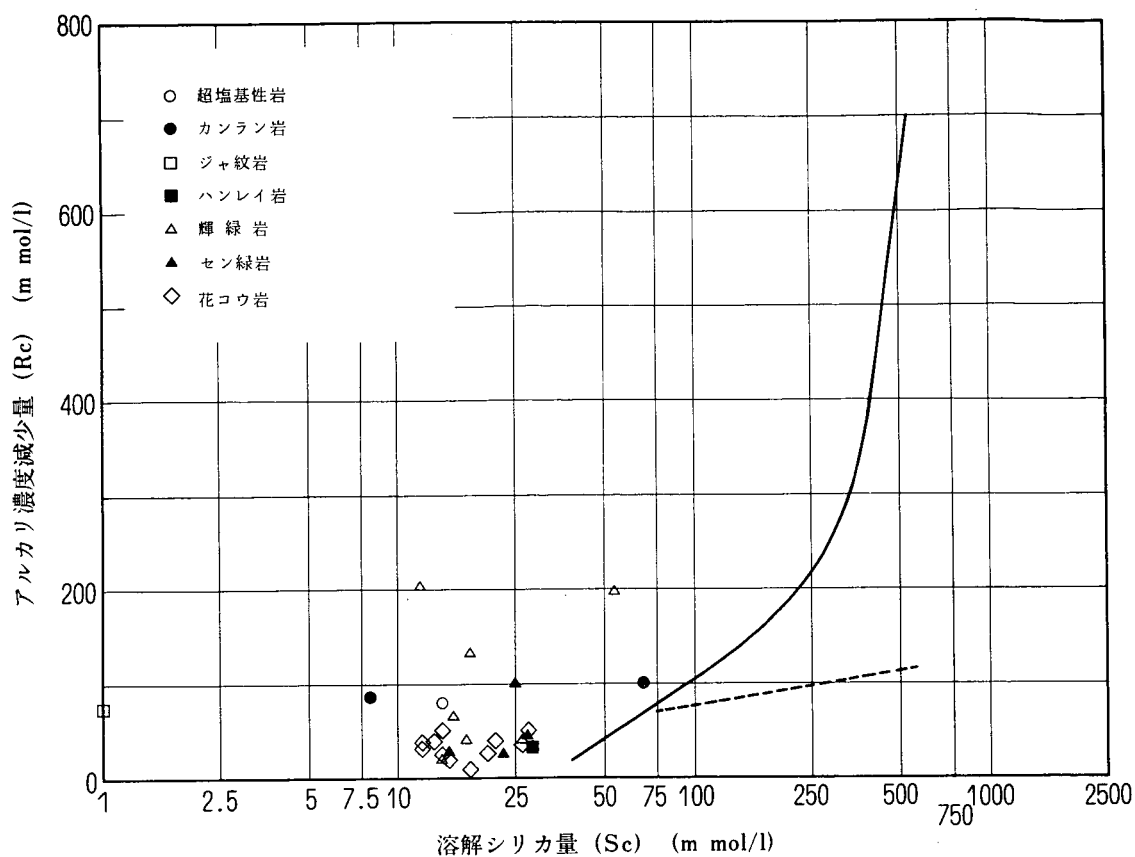


図- 4.3 (1) 各岩型の Sc と R_c の分布 (深成岩類)

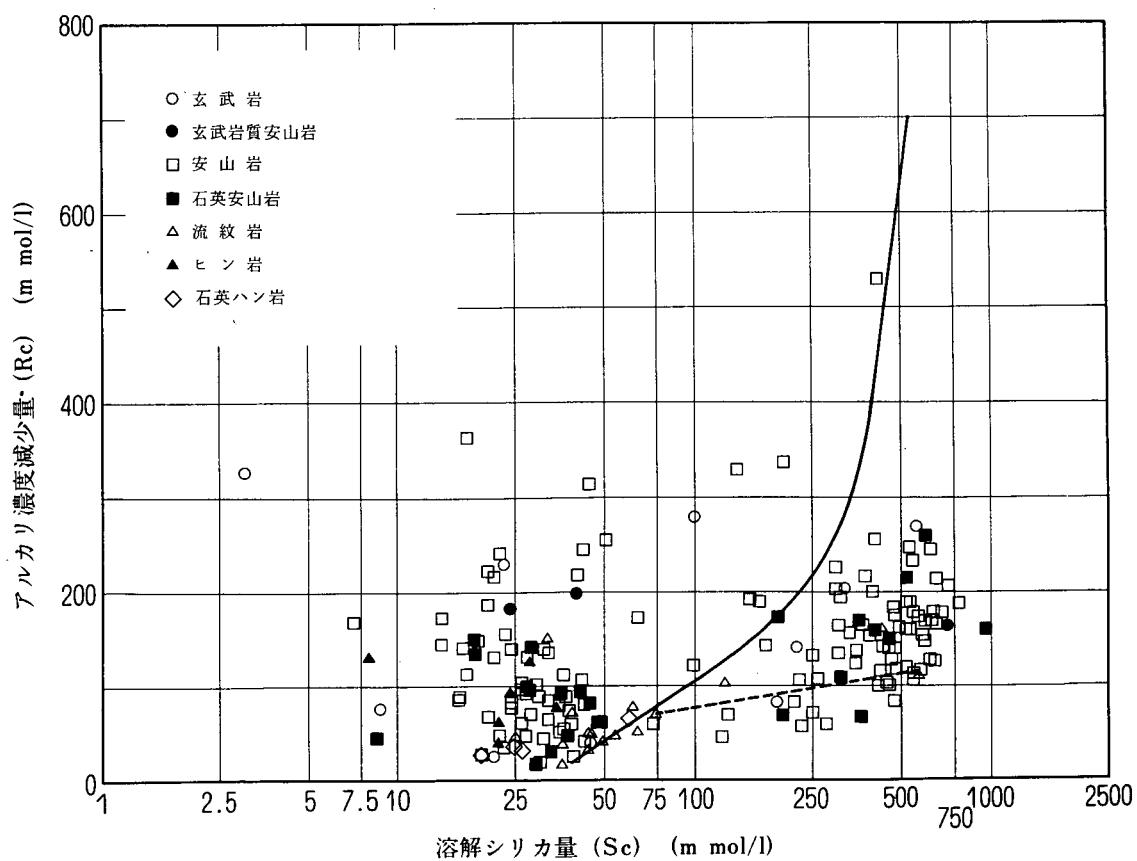


図- 4.3 (2) 各岩型の Sc と R_c の分布 (火山岩類)

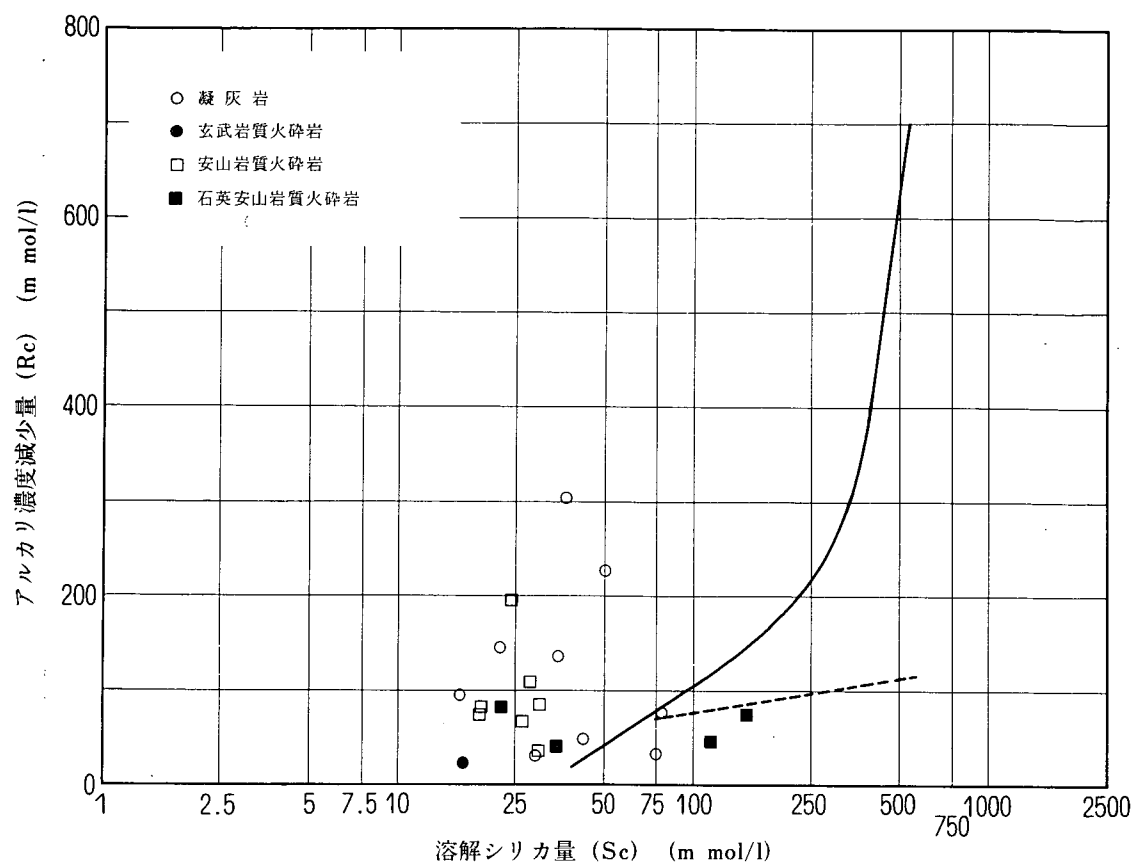


図-4.3(3) 各岩型の Sc と R_c の分布 (火山砕屑岩類)

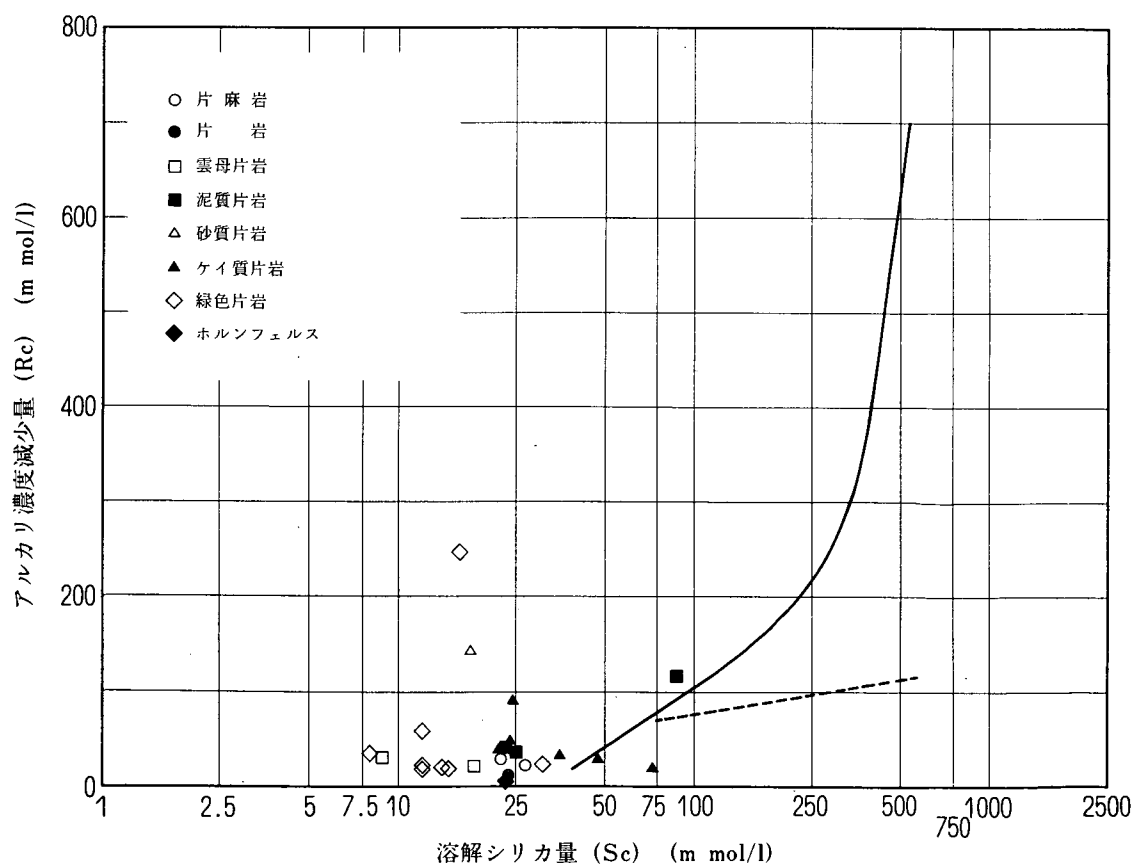


図-4.3(4) 各岩型の Sc と R_c の分布 (変成岩類)

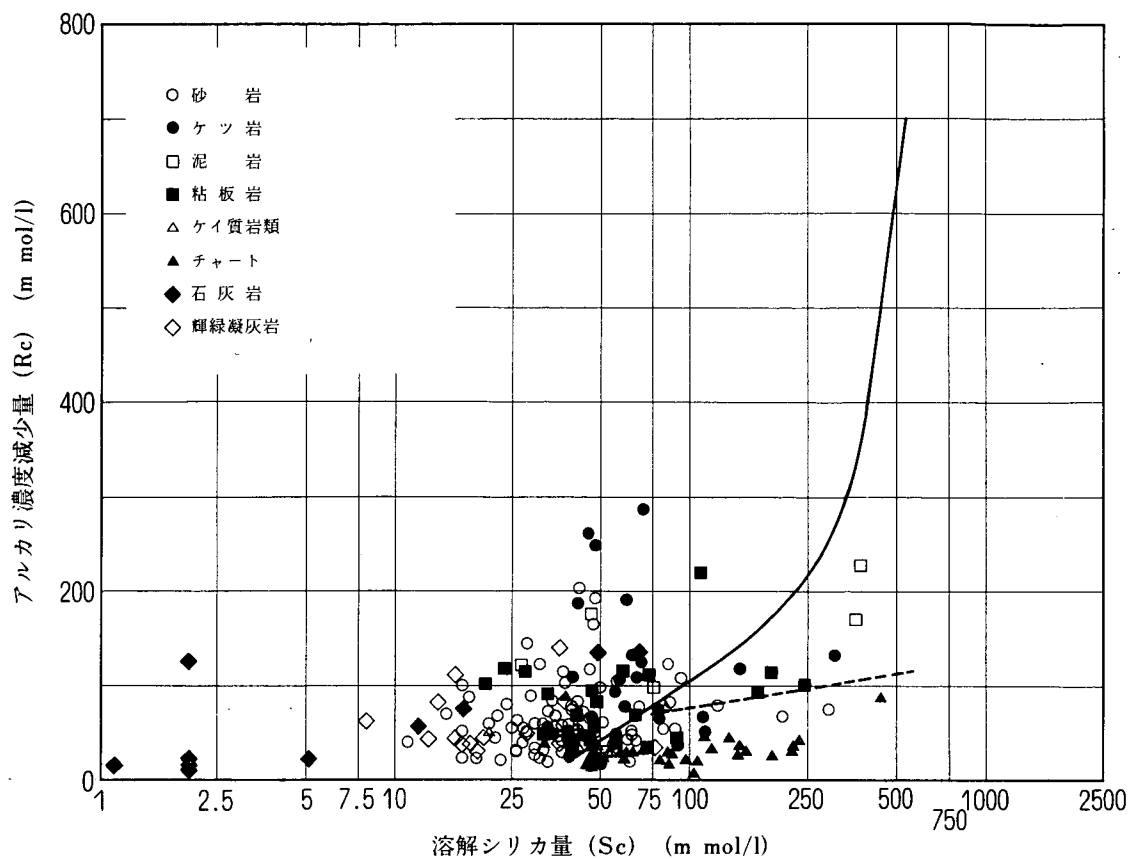


図-4.3(5) 各岩型のScとRcの分布(堆積岩類)

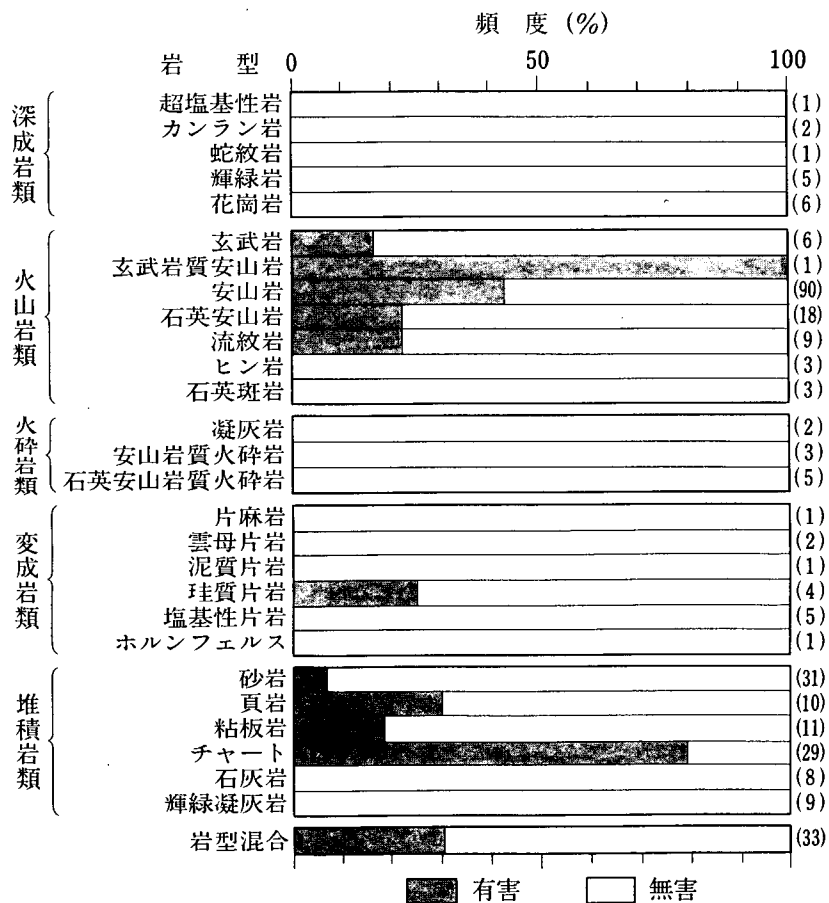


図-4.4 モルタルバー法の結果(図の右端の数字は各岩型の試料数である。)

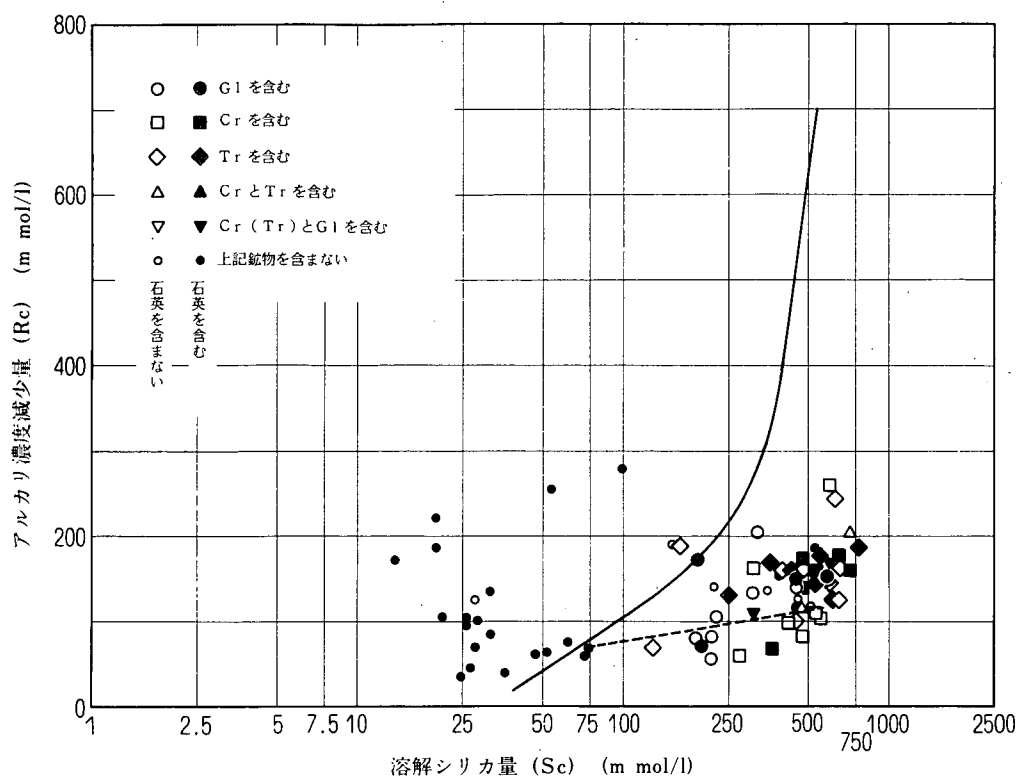


図- 4.5 火山岩類の鉱物組合せと反応性の関係

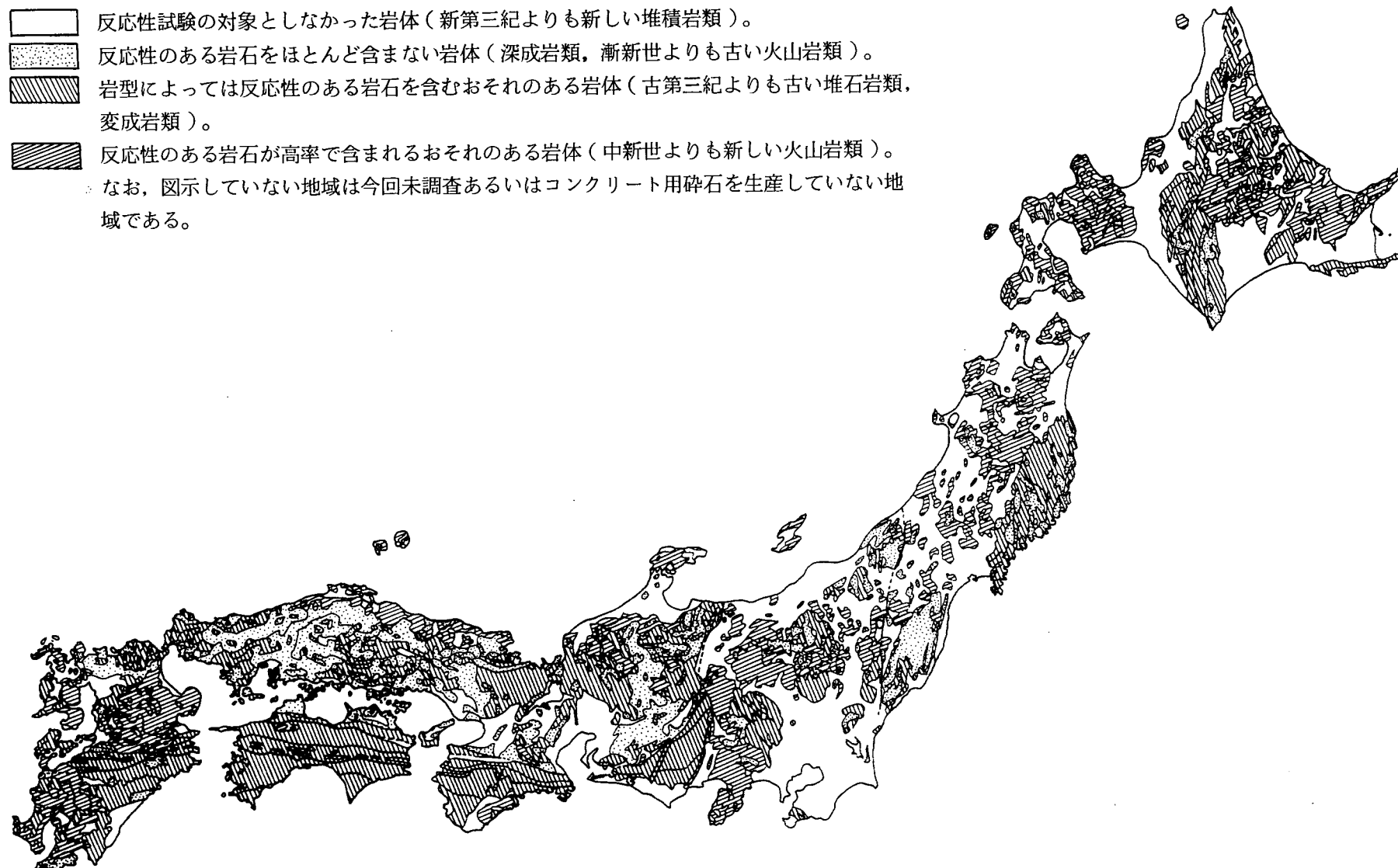


図-4.6 アルカリシリカ反応性骨材分布図

5. 化学法（建設省暫定案）の修正

5.1 判定図の見直し

骨材のアルカリシリカ反応性試験法（化学法）暫定案においては、骨材の反応性の判定にASTMの判定図をそのまま用いている。しかしながら、この判定図が我が国の骨材の判定にそのまま適用できるか疑問があった。また、その判定曲線が数式化されていないため不確かなまま用いているのが現状である。このため、我が国の骨材に適しているとともに数式化された判定曲線が望まれていた。

このため、全国各地の碎石場より収集した骨材の化学法とモルタルバー法の試験結果（299骨材）より判定図の見直しを行った。

我が国の単一岩型の267骨材の化学法とモルタルバー法（6ヶ月）の試験結果を化学法の判定図中にプロットしたものを図-5.1に、このうち火山岩類130骨材と堆積岩類98骨材の結果を図-5.2、5.3に示す。

モルタルバー法試験6ヵ月における膨張量を0.1%以上（有害と判定）と0.1%未満（無害と判定）に区分するとき、従来の判定がASTMの判定線で行われていることを考慮してASTMの判定線と大きく異なる化学法の有害～無害の判定線は図中の実線（ $R_c = S_c$ ）が適当であると考えられる。この判定線は、これまで用いてきたASTMの判定図の判定線と大きくずれることはなく、いままでの試験結果のほとんどは変わらないため、大きな混乱を招くことがない。しかし、 $R_c = S_c$ の境界線は S_c が $25 < S_c < 50$ の間で境界線の上側（化学法無害）で膨張量が0.1%以上（モルタルバー法有害）を示すものが1試料（堆積岩類の砂岩）あり、また膨張量が0.05～0.1%のものも4試料（堆積岩の粘板岩2試料、チャート1試料および変成岩類の泥質片岩1試料）ある。すなわち、単一岩型299骨材のうち、少なくとも1試料はこの境界線をはずれているが、このような場合が予想されるのは、最大でも5試料であるので、有害～無害の境界線を $R_c = S_c$ に変更してもおおきな間違いはないと考えられる。また、6ヵ月の膨張量が0.05～0.1%のものが4試料あるので、これらの試料の1年のモルタルバーの膨張量も測定したところ、その判定結果は6ヵ月の結果と同じであった。なお、化学法で有害でモルタルバー法で無害となる試料はアルカリ濃度や反応温度を高くすることによって、モルタルバーの膨張量は0.1%以上になるものである。

一方、火山岩類の骨材のうち図-5.2においてASTMの判定図に最も近い位置でモルタルバー法の結果が有害となった骨材（ $S_c = 220$ ， $R_c = 140$ ）を通る $S_c = R_c$ を平行移動した $R_c = S_c - 80$ と、堆積岩類の骨材のうち図-5.3においてASTMの判定図に最も近い位置でモルタルバー法の結果が有害となった骨材（ $S_c = 45$ ， $R_c = 65$ ）を通る $S_c = R_c$ を平行移動した $R_c = S_c + 20$ で囲まれた部分を塗り潰したのが図-5.4である。この図において、 $R_c = S_c - 80$ より右側の骨材は有害、 $R_c = S_c + 20$ より左側を無害とし、その間の塗り潰した部分は堆積岩類は有害であるが火山岩類は無害、あるいは岩種の判定ができない場合には有害の疑いがあるので3分類することが適当であると考えられる。ただし、有害、無害のいずれかでアルカリ骨材反応対策を行うことを考慮すると有害、無害以外の判定があ

ることはいたずらに混乱をきたすおそれがある。

以上の結果より、化学法の判定図の有害～無害の境界線は $R_c = S_c$ とすることが 適当であると考えられる。

5.2 化学法の修正

化学法の判定基準となる判定線をASTMのものから $R_c = S_c$ に変更するとともに、アルカリ骨材反応暫定対策においては、骨材の反応性の有無のみによる対策が行われており有害と潜在的有害を分ける必要性がない。また、アルカリ骨材反応機構のうえでも潜在的有害の位置付けも明確にはなっていないので、潜在的有害は単に有害とすることとした。さらに暫定対策実施後明らかとなった試験操作上の問題点等についても再検討を行いアルカリシリカ反応性試験方法（化学法）建設省暫定案の修正を行った。表－5.1にその主な変更点を示す。

5.3 コンクリート供試体の暴露

アルカリ骨材反応によるコンクリートの劣化と骨材の化学法による反応性の判定結果との関係を明らかにする目的で100岩種の骨材についてコンクリート中のアルカリ量を 3 kg/m^3 と 5 kg/m^3 に調整したコンクリート供試体（ $15 \times 15 \times 75\text{ cm}$ 角柱）を400体製作した。供試体は打設後24時間湿潤養生を行った後、型枠より脱型し28日間水中養生を行い、土木研究所構内に供試体の下部を30cm土中に埋め立てて暴露を開始した。コンクリート供試体の製作に使用した材料を表－5.2に粗骨材の岩体を表－5.3にコンクリートの打設条件を表－5.4に示す。また、使用した粗骨材は表－4.2(1)～(12)の中に示している。

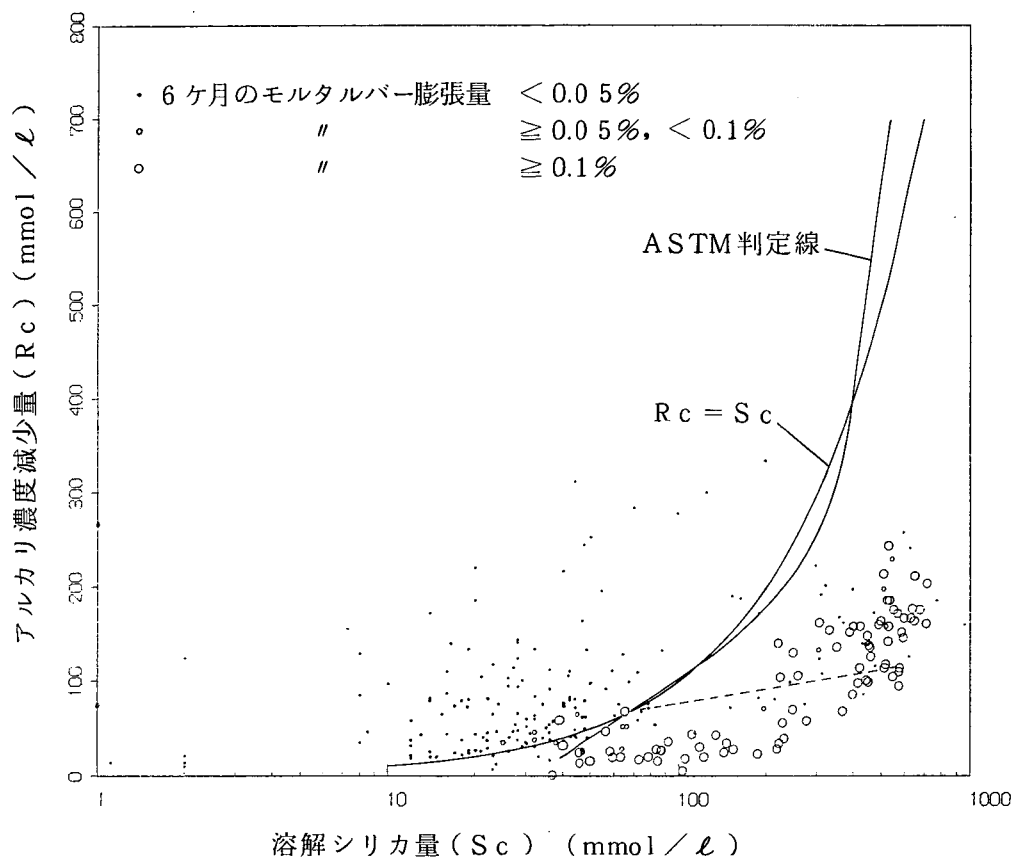


図-5.1 化学法とモルタルバー法試験結果の関係

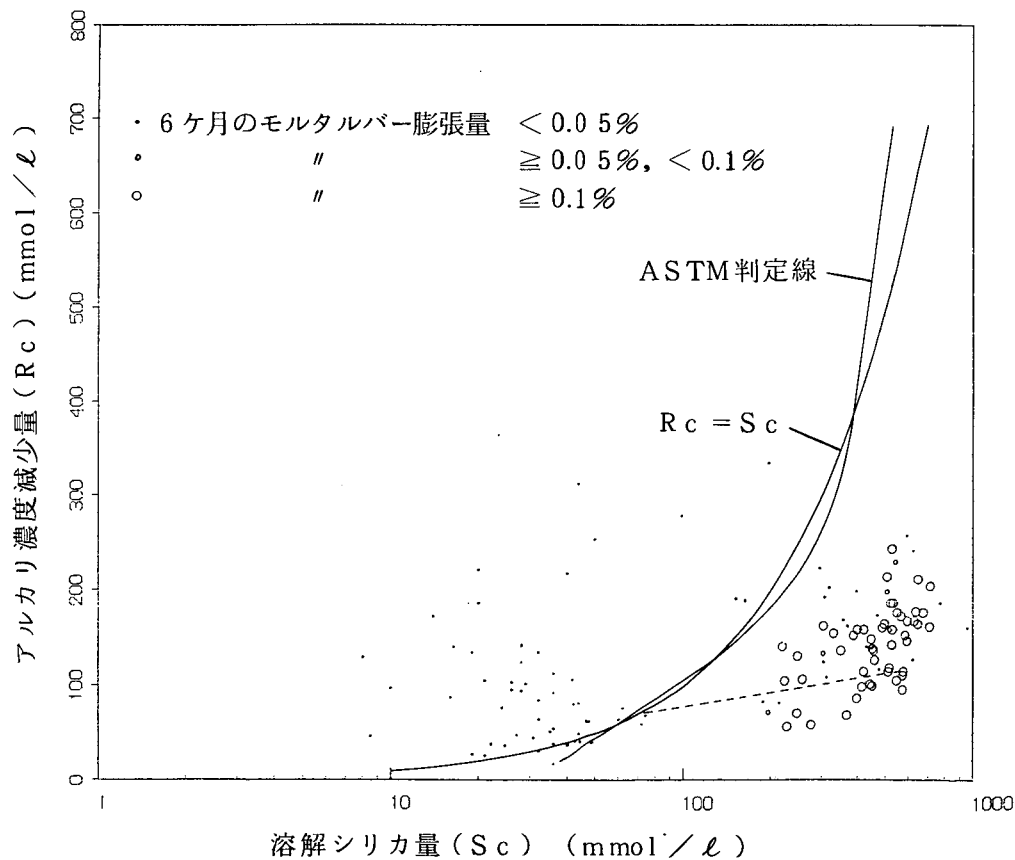


図-5.2 火山岩類の化学法とモルタルバー法試験結果の関係

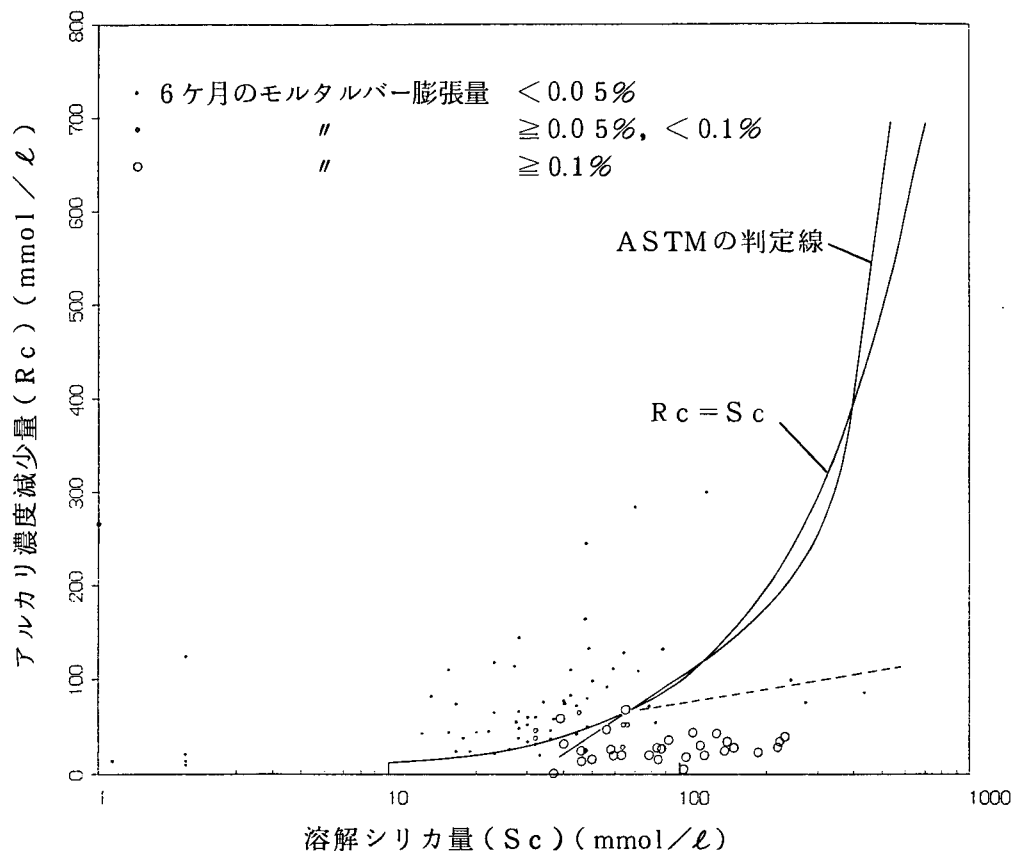


図-5.3 堆積岩類の化学法とモルタルバー法試験結果の関係

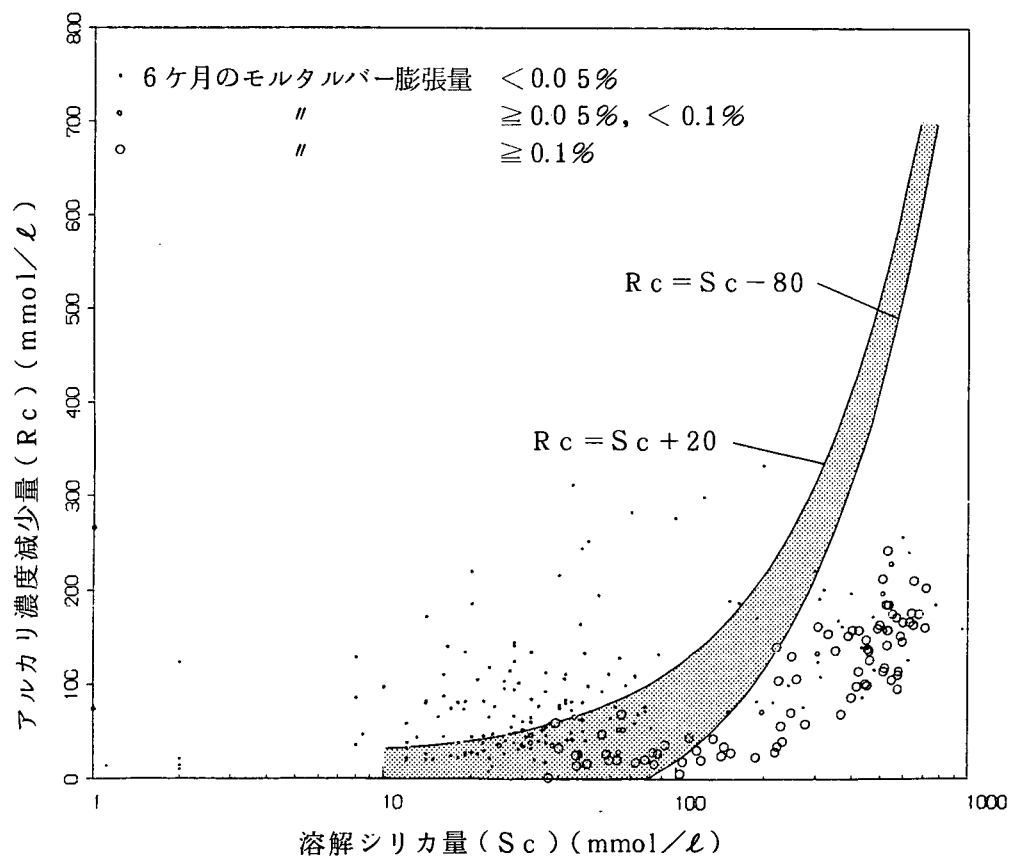


図-5.4 化学法の判定線の検討

表-5.1 化学法の主な変更点

項 目	建設省暫定案	同 左 修 正 案	ASTM C 289
粉 砕	ジョークラッシャーあるいは人手で粗粉碎を行い、ブラウンミル、スタンプミルあるいはステンレス乳鉢で細粉碎を行う。	同 左	小型ジョークラッシャーで4.75mmのふるいを通過させ0.15mm以下を捨て、0.3mmのふるいに残ったもの全てが円盤型粉碎機で0.3mmを通るまで繰り返す。
前 処 理	試料の洗浄、乾燥は1回とする。	同 左	試料によっては、洗浄、乾燥を繰り返し反復する。乾燥は105±5℃で20±4時間
ろ 過	残渣をロートに移し、アスピレーターで4分間吸引ろ過する。	同 左	残渣をロートに移し、10秒に1滴となるよう減圧ろ過する。
R _c の測定	希釈溶液は、ただちにポリエチレン容器に密封した状態にして、できるだけすみやかに測定する。測定は2回を行い1回目でおおよその値を知り、2回目で正確な値を得る。	同 左	希釈溶液がろ過後4時間以内に分析できないときはポリエチレン容器に移し、密封した状態で保存する。R _c の測定回数は規定していない。
S _c の測定	重量法、原子吸光法および光度法	同 左	重量法、および光度法
許 容 誤 差	平均値との差は10%以内とする。ただし、100mmol/l以下は10mmol/l以内とする。	同 左	平均値が100mmol/l以上は12%以内、ただし100mmol/l以下は12mmol/l以内とする。
判 定	ASTM の判定図を使用する。	R _c = S _c を判定線とする。	ASTM の判定図を使用する。

表－5.2 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント (R_2O 0.56%)
粗骨材	粗骨材の岩体を表－5.3に示す。
細骨材	秩父産石灰岩
練り混ぜ水	イオン交換水
アルカリ	試薬1級 水酸化ナトリウム
A E 剤	ヴィンソル
鉄筋	$\phi 13\text{mm}$

表－5.3 粗骨材の岩体

岩体名	数
火山岩類	69
砂岩類	18
輝緑岩類	2
輝緑凝灰岩	2
花崗岩類	1
石灰岩類	1
その他	7
合計	100

表－5.4 コンクリートの配合

粗骨材の 最大寸法 (mm)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 S/a (%)	単 位 量 (kg/m³)					実 測 値		アルカリ量 R_2O 換算 (kg/m³)
			水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤 (C×%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	
25	50	44	177	354	757	977	0.025	8.5	5.3	3, 5

6. 今後の課題

骨材のアルカリシリカ反応性試験方法として、化学法はかなり実績を積むとともに、本共同研究の結果、我が国の碎石の判定に有効であることが明らかとなった。また、我が国の骨材による判定図の見直しも行った。今後は、新しい判定図の有効性を多くの骨材で確認するとともに、ペシマム条件の解明並びにコンクリートにおける骨材の反応性と化学法の関係を明らかにすることによって、化学法の有効性が確立されることが望まれる。

あ　と　が　き

本報告書は、昭和60年度より62年度に実施された建設省総合技術開発プロジェクト「コンクリートの耐久性向上技術の開発」の一環として実施されたものである。ここに、本総プロ委員会各委員のご教示、並びに骨材の収集に関して御協力いただきました建設大臣官房技術調査室、各地方建設局技術管理課、技術事務所及び各工事事務所関係各位に対し謝意を表する次第です。なお、本報告におけるモルタルバー試験は土木研究所コンクリート研究室で実施したものである。

骨材のアルカリシリカ反応性試験法
(化学法)

昭和 6 3 年 3 月

建 設 省

まえがき

近年、アルカリ骨材反応によるコンクリート構造物の早期劣化が社会的な問題となり、建設省では、昭和60年度より建設省総合技術開発プロジェクト「コンクリートの耐久性向上技術の開発」においてアルカリ骨材反応に関する各種試験研究を開始した。昭和61年6月に建設大臣官房技術審議官よりアルカリ骨材反応暫定対策について通達が出された。通達において、安全と認められる骨材を選定するために、骨材の確認試験法として、ASTM C289に準拠し、その試験操作方法について実験的な検討結果に基づきその一部を改良した「骨材のアルカリシリカ反応性試験（化学法）建設省暫定案」を提案した。この試験法暫定案は、その後、同年10月にJIS A5308（レデーミクストコンクリート）の附属書7「骨材のアルカリシリカ反応性試験方法（化学法）」に採用された。しかしながら、この暫定案の骨材の反応性を判定する判定基準は、ASTMの判定図をそのまま使用した。このため、我が国の骨材の判定にASTMの判定図がそのまま適応できるか疑問があった。また、判定図の判定曲線が複雑であるため、その数式化が望まれていた。

我が国の骨材約240種について化学法とモルタルバー法の試験を行い、その試験結果を比較検討した結果、ここに、化学法の判定基準を見直し、アルカリ濃度減少量（ R_c ）と溶解シリカ量（ S_c ）1：1の線を判定曲線とし、 $S_c \geq R_c$ を有害と判定することを主な変更内容とする化学法の修正を提案することとした。

地質化学部化学研究室

目 次

1. 総 則	(1)
1.1 一 般	(1)
1.2 適用範囲	(1)
1.3 用 語	(1)
1.4 関連規格	(1)
2. 試料採取	(3)
2.1 試料採取	(3)
3. 使用装置・器具および試薬	(4)
3.1 試料調整用装置および器具	(4)
3.2 アルカリシリカ反応性試験用装置および器具	(4)
3.3 水および試薬	(5)
4. 試料の調整	(8)
4.1 試料の縮分	(8)
4.2 粗 粉 碎	(8)
4.3 代表試料の調整	(8)
5. アルカリシリカ反応性試験	(10)
5.1 アルカリと骨材の反応操作	(10)
5.2 アルカリ濃度減少量の定量方法	(14)
5.3 溶解シリカ量の定量方法	(15)
6. 試験結果のまとめ	(21)
6.1 試験結果の表示	(21)
6.2 許容精度	(21)
7. 骨材のアルカシリカ反応性の判定	(22)
7.1 骨材のアルカリシリカ反応性の判定	(22)

1. 総 則

1.1 一 般

本試験方法は、未使用骨材およびフレッシュコンクリート中の骨材について、化学的な方法により、骨材のアルカリシリカ反応性を比較的迅速に判定する方法である。

本試験法による判定基準に適合しない例として、炭酸カルシウム、マグネシウム又は第一鉄を含む骨材、例えば方解石、ドロマイト、マグネサイト又は菱鉄鉱、アンチゴライト（蛇紋岩）のように、マグネシウム含有けい酸塩などを含む骨材がある。

1.2 適用範囲

本規定は、試験溶液中のアルカリ濃度減少量（ R_c ）および溶解シリカ量（ Sc ）を測定し、判定図から骨材のアルカリシリカ反応性を判定する試験方法（化学法）に適用する。

ある種の骨材は、コンクリート中で膨張してコンクリートの劣化原因となることがある。コンクリート中における骨材の膨張には、アルカリシリカ反応、アルカリ炭酸塩反応やポップアウト等がある。本試験方法はこのうち骨材のアルカリシリカ反応性を化学的な方法によって比較的迅速に判定するための試験方法である。

本試験法とモルタルバー法の試験結果は、良い一致を示す。

1.3 用 語

- (1) アルカリシリカ反応（ ASR ）：骨材中の反応性を有するシリカとコンクリートに含まれるアルカリが反応することにより生じた生成物が吸水して膨張し、コンクリートにひびわれ等を生じさせる現象
- (2) アルカリ濃度減少量（ R_c ）：骨材との反応によって消費されたアルカリの量
- (3) 溶解シリカ量（ Sc ）：骨材とアルカリの反応によって溶出したシリカの量

1.4 関連規格

本試験方法に記述されていない事項は下記の関連規格によるものとする。

JIS A 1102	骨材ふるい分け試験方法
JIS A 5004	コンクリート用砕砂
JIS A 5005	コンクリート用碎石
JIS B 7413	浸没線付ガラス製水銀棒状温度計
JIS K 0050	化学分析方法通則

JIS K 0115	吸光光度分析のための通則
JIS K 0121	原子吸光分析のための通則
JIS K 8001	試薬試験方法通則
JIS K 8005	容量分析用標準試薬
JIS R 3503	化学分析用ガラス器具
JIS Z 8401	数値の丸め方
JIS Z 8801	標準ふるい

2. 試料採取

2.1 試料採取

試料は約40kgを採取する。レデーミクストコンクリート工場において試料採取を行う場合は、粗骨材、細骨材のそれぞれについて約40kgを採取する。

試験に供する試料は、均一性をできるだけ確保するため約40kg採取することとした。また、試験の結果、繰り返し測定数3のうち、1つでも他と異なる判定結果となった場合、再試験を行うことも考慮している。

3. 使用装置・器具および試薬

3.1 試料調整用装置および器具

- (1) 粉碎装置 粗骨材を約5mm以下の粒度に粉碎することができるジョークラッシャー
- (2) 微粉碎装置 5mm以下の骨材を300 μ m以下の粒度に粉碎することができる円盤型粉碎機又はその他適当な装置
- (3) ふるい JIS Z 8801に規定された300 μ mおよび150 μ mの網ふるい
- (4) 乾燥器 105℃に調節し、長時間連続使用し得る乾燥器

3.2 アルカリシリカ反応性試験用装置および器具

- (1) 化学はかり ひょう量150g程度で感量10mgのもの、およびひょう量80g程度で感量0.1mgのもの。
- (2) 反応容器 ステンレス鋼又は適当な耐食性材料で製作された容量50～60mlの容器。気密なふたをすることができるもので、空試験時にシリカの溶出がなく、アルカリ濃度減少量が10mmol/l未満のもの。
- (3) 恒温水槽 反応容器全体を沈めて静置させた状態で、80 $\pm$ 1.0℃に24時間以上保持することができるもの。
- (4) 水 浴
- (5) 砂 浴
- (6) 光電分光光度計又は光電光度計 測定波長410nm付近における透過光量を十分な精度で測定できる装置
- (7) 原子吸光光度計 高温バーナーを有し、アセチレン・酸化二窒素ガスによる測定ができる装置
- (8) 電気炉 最高温度1100℃を長時間保持することができるもの。
- (9) 分析用器具類
 - (a) ホールピペット(5ml, 10ml, 20ml, 25ml)
 - (b) ブフナー漏斗(内径約80mm)
 - (c) ビュレット(25ml)
 - (d) メスフラスコ(100ml, 1l)
 - (e) 三角フラスコ(100ml)
 - (f) ビーカー(100ml, 200ml)
 - (g) 時計皿
 - (h) 共栓付ポリエチレン製容器(30～50ml)
 - (i) ポリエチレン瓶(100ml, 1l)

- (j) テフロンシリンダー又はポリエチレンシリンダー(10ml)
- (k) 白金皿(75ml 又は100ml)
- (l) 白金るつぽ(30ml)
- (m) デシケーター
- (n) 吸引ろ過装置
- (o) 駒込ピペット

反応容器は、空試験時にシリカの溶出がなく、アルカリ濃度減少量が10m mol/ℓ未満で材質が耐食性であれば、使用可能であるが、容器の形状や容量の違いにより骨材の反応表面積が異なったり、材質の違いによって熱伝導性が異なるため試験結果に違いが生じることがあるので、反応容器はASTM C 289に規定されているステンレス製のものを用いることが望ましい。また、ステンレス製容器の内面は、強いアルカリによって薄い被膜状のものにおおわれることがあるので、随時塩酸等で除去することが望ましい。ただし、ブラシなどを用いて、物理的に除去すると、表面に細かな傷を付けることとなり、反応に影響を及ぼすことが懸念されるので、物理的な除去は望ましくない。

3.3 水および試薬

3.3.1 水

蒸留水又は同程度以上の純度を有する水を用いる。

3.3.2 試薬

試薬は、JIS規格の試薬特級又はそれと同等以上のものを使用する。

- (1) 1N水酸化ナトリウム標準液 1.000 ± 0.010 規定で、± 0.001 規定まで標定したもの。
- (2) 0.05 N塩酸標準液 0.05 規定で、± 0.001 規定まで標定したもの。
- (3) 過塩素酸(60 または70 %)
- (4) 塩 酸(1 + 1)
- (5) ふっ化水素酸(約47 %)
- (6) 硫 酸(1 + 1)
- (7) 硫 酸(1 + 10)
- (8) フェノールフタレイン指示薬(1 %エタノール溶液) フェノールフタレイン1 g をエタノール(1 + 1) 100ml に溶解し、滴瓶に入れて保存する。
- (9) モリブデン酸アンモニウム溶液(10 W/V %) モリブデン酸アンモニウム〔(NH₄)₆ Mo₇ O₂₄ · 4H₂ O〕10 g を水に溶かして100ml とする。溶液が透明でない場合はろ紙(5 種C)を用いてろ過する。この溶液はポリエチレン瓶に保存する。白色沈澱が生じたら

新たに作り直す。

(10) しゅう酸溶液(10W/V%) しゅう酸2水和物10gを水に溶かして100mlとする。
この溶液はポリエチレン瓶に保存する。

(11) シリカ標準原液(10mmol SiO₂/ℓ) 二酸化けい素(純度99.9%以上)を磁器
るつぼに入れて、1000℃で約1時間加熱後、デシケーター中で放冷する。冷却した二酸
化けい素0.601gを白金るつぼ(30ml)にはかり取り、炭酸ナトリウム(無水)を3.0g
加えてよく混合する。徐々に加熱してから1000℃の電気炉に入れて二酸化けい素を融解
する。冷却後、温水100mlを入れたビーカー(200ml)に入れ融成物をよく溶かす。白
金るつぼはよく洗浄して、二酸化けい素を取り出す。溶液は1ℓのメスフラスコに移し、水
を加えて定容とした後、ポリエチレン瓶に入れて保存する。この標準液は検量線作成のた
びに調整する。

(1) 1N水酸化ナトリウム標準液の調整

水酸化ナトリウム165gをポリエチレン瓶(500ml)にはかり取り炭酸ガスを含まない水150ml
を加えて溶解する。炭酸ガスを遮断し4～5日間放置する。上澄水54mlをポリエチレン瓶に分解し、
炭酸ガスを含まない水を加えて1ℓに希釈する。この溶液はポリエチレン瓶で密封して保存する。

過塩素酸マグネシウムデシケーター中で約48時間乾燥した*アミド硫酸(容量分析用標準試薬)
2.4～2.6gを0.1mgまで正しくはかり取り、ビーカー(200ml)に移し、水25mlを加えて溶
かし、ブロムチモールブルー指示薬(0.1%エタノール溶液)を加えて、水酸化ナトリウム標準液で滴
定し、溶液が黄色から青色に変わったときを終点とする。(*アミド硫酸→スルファミン酸)

次式より1N水酸化ナトリウム標準液のファクター(F)を計算し、3.3.2の規定内であることを確
認する。

$$F = \frac{\text{はかり取ったアミド硫酸の質量(g)}}{0.09709(\text{g/ml}) \times \text{滴定量(ml)}} \times \frac{\text{アミド硫酸の含量(\%)}}{100}$$

また、市販の容量分析用1N水酸化ナトリウムも、正確な濃度を確認することができれば使用しても
よい。この場合、開封後1週間経過したものは使用してはならない。

(2) 0.05N塩酸標準液の調整

塩酸90mlに水を加えて1ℓとし、1N塩酸とする。

白金るつぼに入れ、600℃で約1時間加熱した後、過塩素酸マグネシウムデシケーター中で放冷し
た炭酸ナトリウム(無水)(容量分析用標準試薬)1.3～1.4gを0.1mgまで正しくはかり取り、ビ
ーカー(200ml)に移し、水20mlを加えて溶かし、ブロムフェノールブルー指示薬(0.1%エタ
ノール溶液)を加えて、前調整した塩酸で滴定する。終点付近では煮沸して炭酸ガスを除去し、冷却後、
更に滴定し、溶液が青色から黄色に変わったときを終点とする。

次式により 1 N 塩酸のファクター (F) を算出する。

$$F = \frac{\text{はかり取った炭酸ナトリウムの質量 (g)}}{0.05299 (\text{g/ml}) \times \text{滴定量 (ml)}} \times \frac{\text{炭酸ナトリウムの含量 (g)}}{100}$$

前調整した 1 N 塩酸 50 ml をホールピペットで分取し、1000ml のメスフラスコに移し、水を加えて定容とする。この標準液の標定は行わず、1 N 塩酸のファクターを使用する。

また、市販の 0.05 N 塩酸も、正確な濃度を確認することができれば使用してもよい。

4. 試料の調整

4.1 試料の縮分

採取した骨材をよく混合し、約10 kgの代表骨材を採る。

代表骨材の採取は4分法によることが望ましい。

4.2 粗粉砕

代表骨材を粉砕装置で約5 mm以下に粗粉砕する。これをよく混合した後、縮分して約1 kgの代表試料を採る。

代表試料の縮分は4分法によることが望ましい。

4.3 代表試料の調整

- (1) 代表試料から300～150 μm の粒群をふるい分ける。150 μm 以下の微粉は廃棄する。
- (2) 300 μm 以上の粗粒部分は、微粉砕装置で、少量ずつ粉砕する。この時、150 μm 以下の微粉部分の割合をできるだけ少なくなるように十分に注意する。
- (3) 粉砕した代表試料は、300～150 μm 粒群にふるい分け、150 μm 以下の微粉は廃棄する。300 μm 以上の粗粒部分は、4.3(2)、(3)の操作を繰り返して、300～500 μm の粒群を集める。
- (4) 300 μm 以上の粗粒部分がなくなったら、300～150 μm の粒群を混合し、150 μm ふるいを用いて少量ずつ流水下で水洗する。水洗により微粉を除去した試料は、約1 ℓ の蒸留水を用いてすすぎ洗いをを行う。
- (5) 水洗試料は、ステンレス鋼製バット等の適当な容器に移し、余分の水を除去した後、105 $\pm$ 5 $^{\circ}\text{C}$ に調節した乾燥器で20 $\pm$ 4時間乾燥する。
- (6) 冷却後、再び150 μm ふるいにより微粉部分を除去し、300～150 μm の粒群をよく混合して試験用試料とする。

調整試料は、採取した骨材の代表成分であり、また、他からの混入物質がほとんどないことが要求される。

そのためには、150 μm 以下の微粉廃棄部分が少なくなる様な粉砕方法が望ましい。即ち、摩砕によるのではなく、衝撃粉砕が主になる粉砕方式が望ましい。しかしながら、粉砕時に粉砕機の鉄分が試験用試料に混入した場合、磁石で鉄分を除くと骨材に含まれていた鉄分を含む鉱物も除くことになり、かえって試験結果に影響を及ぼすことが懸念されるので、磁石で鉄分を除くことは望ましくない。ただし、著し

く錆びている粉砕機は使用しないととも、粉砕機を錆させないように十分な注意をすることが必要である。

また、粉砕機は他の骨材などの混入を避けるため、十分な清掃が容易に出来る構造であることが望ましい。しかしながら、粉砕装置を完全に清掃し、前の試料とのコンタミネーションを防ぐことは非常に難しいので、適当量の試料を本粉砕の前にあらかじめ粉砕して清掃すると良い。

また、ふるいの目開きはくるいやすいので十分に注意して取り扱わねばならない。JIS Z 8801でふるいの目開きを適宜検査することが望ましい。

5. アルカリシリカ反応性試験

5.1 アルカリと骨材の反応操作

5.1.1 要 旨

試料に1 N水酸化ナトリウム標準液を加え、80℃に調節した恒温水槽で24時間反応させる。

これを吸引ろ過して試料原液を得る。なお、ろ過操作は反応容器1個ずつ順次行った方が誤差は小さくなる。

5.1.2 操 作

- (1) 1試料につき 25.00 ± 0.05 gずつを3個はかり取り、それぞれ3個の反応容器に入れる。
次いで1 N水酸化ナトリウム標準液25 mlをホールピペットを用いて加え、直ちにふたをす
る。なお、空試験用反応容器1個も同様に操作する。
- (2) 反応容器は実験台上で交互に3回ゆっくり水平に回し、試料に付着した気泡を分離する。
- (3) 反応容器のふたをよく締め、直ちに 80 ± 1 ℃の恒温水槽に完全に沈めて24時間 $\pm$ 15分
間そのまま静置する。
- (4) 所定時間に達したら、恒温水槽中から反応容器を取り出し、流水で 15 ± 2 分間冷却する。
- (5) 密閉したままの容器を上下に2回転倒させ、5分間静置した後ふたを開ける。ブフナー漏
斗にろ紙(5種B 5.5 cm)を置き先ず上澄液を静かに吸引ろ過する。次いで容器中の残分は
ステンレス製スプーンなどでブフナー漏斗に移し入れ、残分を軽く押して平らにし4分間吸引
を続ける。ろ液は30~50 mlの共栓付ポリエチレン製容器に受ける。この時の吸引ろ過時
間はすべて一定にする。
- (6) ろ液の入ったポリエチレン製容器を密栓し、よく振り混ぜ試料原液とする。

恒温水槽は温度を 80 ± 1 ℃に長時間維持できるものでなくてはならない。この温度範囲が守られていないと R_c 及び S_c のかたよりが大きくなる。たとえば、骨材の岩種による違いはあるものの、図一解1、2に示すように、反応温度により R_c 、 S_c 共に大きく変化することがある。このため、恒温水槽の液温は正確な温度計を用いて 80 ± 1 ℃になっていることを適宜確認するか、ふたつきの恒温水槽を用いることが望ましい。

標準液の添加、反応容器のねじ締め、吸引ろ過、分取など一連の操作は、反応容器1個ずつ順次行った方が誤差は小さくなる。

また、図一解3、4に示すように、反応による R_c 、 S_c の変化は主に100時間以内に生じている。このため、再現性の良い試験結果を得るには、常に反応時間を一定にすることも重要である。

ろ過操作は、 R_c が大気中の炭酸ガス等の影響を受けないようにすばやく行う必要がある。このため、

まず少量の液をろ紙上に注いでろ紙を密着させ、溶液のろ過をする。溶液のろ過は短時間で行い、吸引を止め、ステンレス製スプーンで反応容器中の残分をろ紙上に移す。再び吸引を開始し、ろ過液の滴下が10秒間に1滴ずつとなるまで吸引を続ける。

実験の結果によると、水流ポンプで4分間の吸引によって、10秒間に、1滴の滴下割合となったので、吸引時間を4分間とした。

吸引ろ過時間を一定にそろえないと、アルカリ性の試験液が空気中の炭酸ガスを吸収する割合が異なり、Rcのバラツキが大きくなる。

吸引ろ過時に、ろ過液残分をステンレス製スプーンで軽く押して平らにし、さらにブフナー漏斗の内径とほぼ同じ径のゴム栓(20番)で押すことが望ましい。

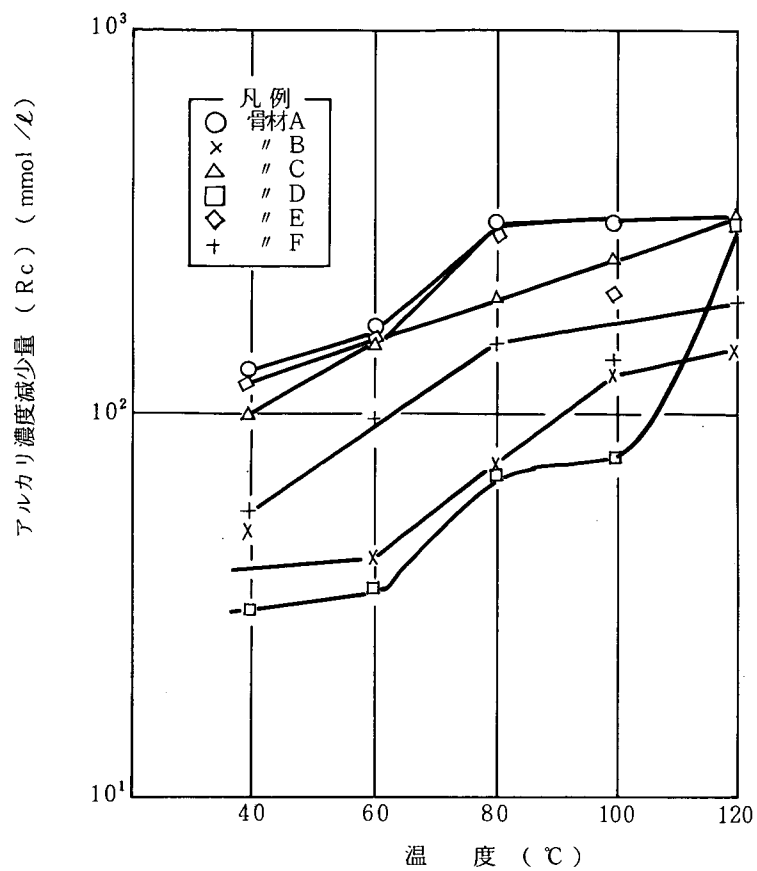


図-解 1 反応温度とアルカリ濃度減少量

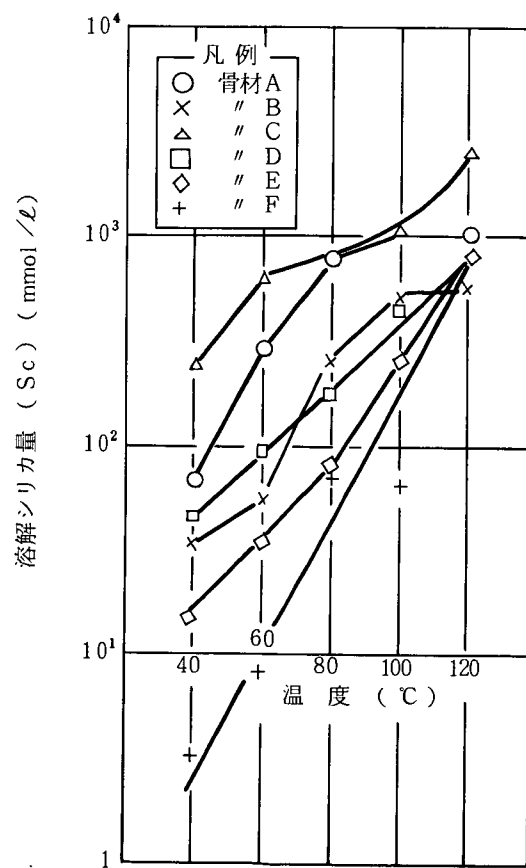


図-解 2 反応温度と溶解シリカ量

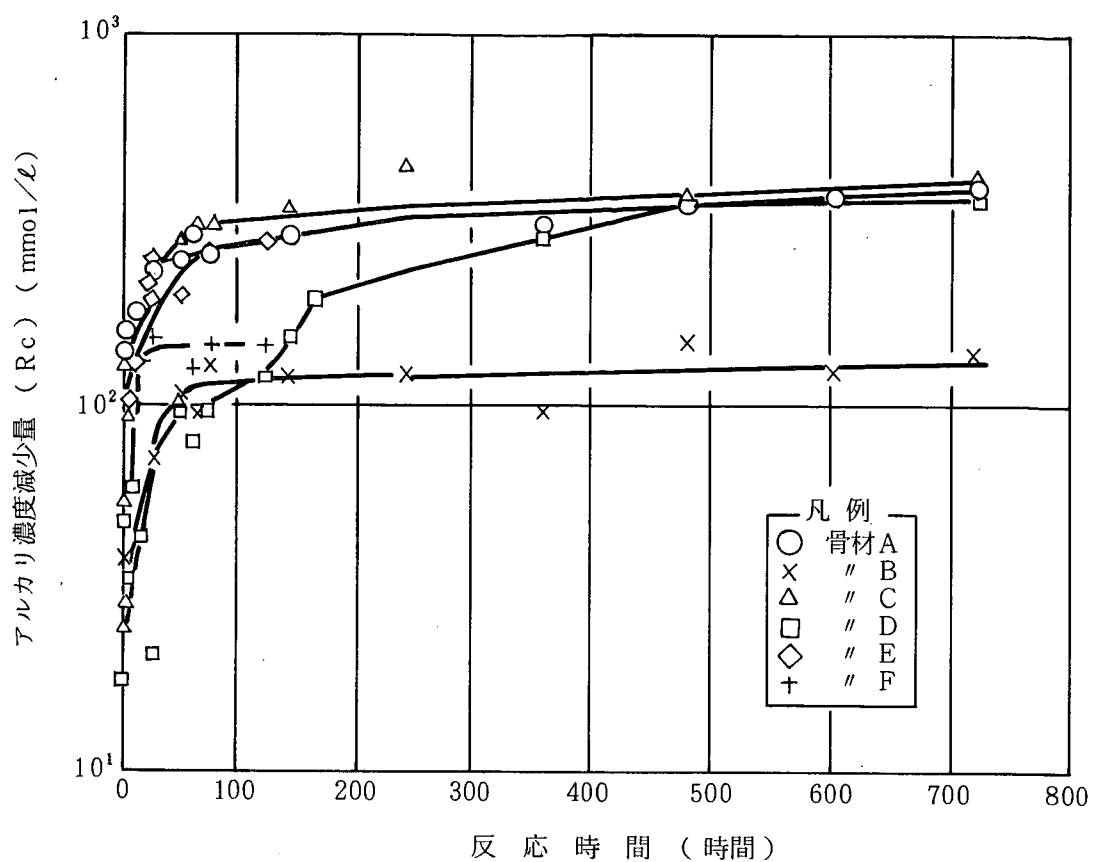


図-解3 反応時間とアルカリ濃度減少量

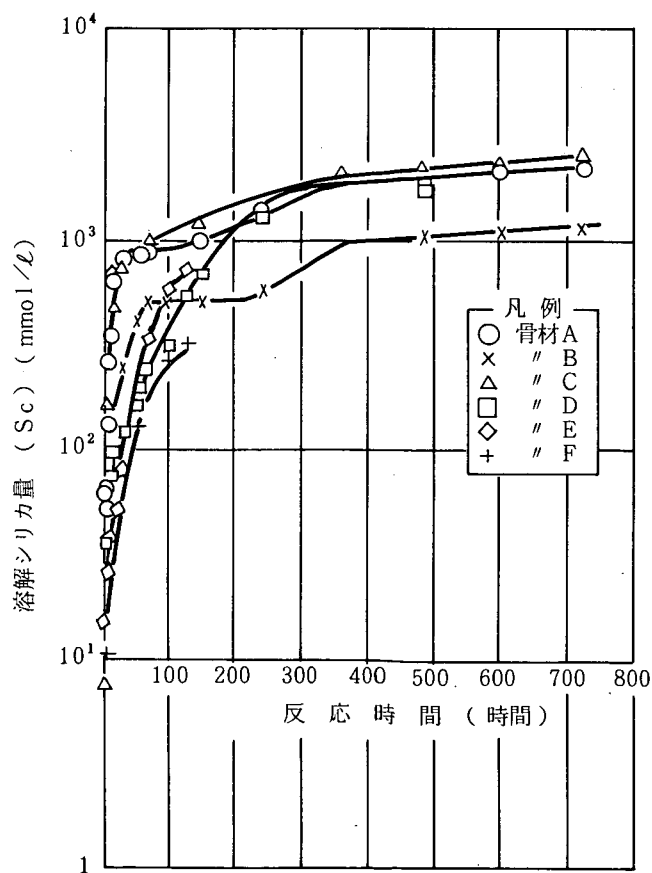


図-解4 反応時間と溶解シリカ量

5.2 アルカリ濃度減少量の定量方法

5.2.1 要 旨

試料原液を分取し、水を加えて希釈試料溶液とする。この一部を分取し、フェノールフタレイン指示薬を用いて0.05N塩酸標準液で滴定する。

5.2.2 操 作

- (1) 5.1.2(6)の試料原液5mlをホールピペットで分取し、直ちに100mlのメスフラスコに移して水で定容とする。よく混合した後、この希釈溶液20mlをホールピペットで分取し、三角フラスコ(100ml)に移す。
- (2) フェノールフタレイン指示薬(1%エタノール溶液)2~3滴を加え、0.05N塩酸標準液で少量ずつ滴定して、最後の1滴でかすかな紅色が無色となったときを終点とする。
- (3) 次に、希釈試料溶液20mlを再び分取し、1回目の滴定値を参考値として、慎重に滴定を行い、ここで得た値を正式滴定値とする。

Rcの滴定を行うとき、終点まで慎重にかくはんしながら行くと、空気中の炭酸ガスの混入が多くなり、Rcの正確な値は測定できない。そこで、1回目の滴定で終点の目安を知り、2回目の滴定で1回目の滴定終点の近くまでは一度に塩酸を入れ、以後慎重に滴定を行い、より正確な終点を求めることとした。このとき極端な濃度勾配を生じないように注意する必要がある。

Rcの測定は、原液を希釈後できるだけ速やかに行うことが望ましく、特に希釈試料溶液をフラスコに分取した後の滴定操作は直ちに行わねばならない。すなわち、多検体の試料を連続して定量する場合は、十分な注意が必要である。

妨害イオン等の影響により終点が見分けにくいときは、自動滴定装置を用いてもよい。

ただし、このときターンテーブルの使用は避け、一試料ごとに分取、滴定の操作を行わねばならない。

試験溶液は水酸化ナトリウムとけい酸ナトリウムが混在しているため、一度終点となっても再び紅色に着色することがある。従って、終点の待ち時間は5秒間とする。

5秒経過した後、再び着色した場合は、けい酸ナトリウムの加水分解によると考えられるので無視してよい。

5.2.3 計 算

アルカリ濃度減少量は、次により算出する

$$R_c = \frac{20 \times 0.05 \times F}{V_1} (V_3 - V_2) \times 1000$$

ここに、Rc = アルカリ濃度減少量 (mmol/l)

$V_1 = 5.2.2(1)$ で希釈試料溶液からの分取量 (ml)

$V_2 =$ 希釈試料溶液の滴定に要した 0.05 N 塩酸標準液量 (ml)

$V_3 =$ 希釈した空試験溶液の滴定に要した 0.05 N 塩酸標準液量 (ml)

$F =$ 0.05 N 塩酸標準液のファクター

5.3 溶解シリカ量の定量方法

溶解シリカの定量は、次の3方法がある。

- (1) 重量法
- (2) 原子吸光光度法
- (3) 吸光光度法

Scの定量方法としてASTMでは重量法と吸光光度法が採用されているが、本試験方法では原子吸光光度法を追加した。これは、より多量の試料をより迅速に処理することを考慮したものである。

5.3.1 重量法

5.3.1.1 要 旨

試料原液を分取し、塩酸を加えて蒸発乾固した後、過塩素酸処理を行う。沈澱物は強熱後、ふっ化水素酸処理をする。

5.3.1.2 操 作

- (1) 5.1.2(6)の試料原液 5 ml をホールピペットで分取し、白金皿 (75 ml) 又はビーカー (100 ml) に移す。
- (2) 塩酸 (1 + 1) 5 ml を加えて混合し、ドラフト内の水浴上で蒸発乾固する。
- (3) 乾固したら過塩素酸 (60 または 70 %) 8 ml を加え、砂浴上で加熱し、内容物がはね飛ばないように注意して蒸発させ、過塩素酸の濃い白煙が出始めたら、時計皿でふたをし、容器の底を少し砂の中に埋めるようにして 10 分間加熱を続ける。
- (4) 白金皿又はビーカーを砂浴から降ろして放冷した後、時計皿に付いた内容物を水洗して回収し、塩酸 (1 + 1) 5 ml および温水約 20 ml を加えてガラス棒でかき混ぜ、ゼリー状の塊をよくつぶしてから、ろ紙 (5 種 B, 11.0 cm) でろ過し、温水で 10 回洗浄する。
- (5) 沈澱を白金るつぼ (30 ml) に入れ、ろ紙上に硫酸 (1 + 10) 数滴を滴下してから乾燥し、炎を出さないように徐々に加熱してろ紙を炭化した後、さらに灰化する。次いで、 $1000 \pm 50^\circ\text{C}$ に調節した電気炉で 1 時間強熱し、デシケーター中で放冷した後、質量をはかる。
- (6) 白金るつぼ内を少量の水で湿し、硫酸 (1 + 1) 2, 3 滴およびふっ化水素酸 (約 47

％) 10 ml を加える。これをドラフト内の砂浴上で静かに加熱する。次いで、徐々に加熱して $1000 \pm 50^\circ\text{C}$ で5分間強熱し、デシケーター中で放冷した後質量をはかる。

重量によるシリカ定量方法には、過塩素酸法と塩酸乾固法がある。

ASTMではScの定量方法は塩酸乾固法が規定されている。しかし、塩酸乾固法はシリカの固定が完全でなく、かつ、ろ過操作に時間を要する。一方、過塩素酸法はシリカの固定がほぼ完全であり、ろ過操作も容易であるので、本試験方法では過塩素酸法を採用することとした。蒸発乾固を砂浴上で行うと、けい酸の一部がビーカーの内壁に焼き付きポリスマンでこすり落とすことができなくなるので、蒸発乾固はかならず水浴上で行う。

砂浴の温度は砂の中ほどに温度計を差し込んで約 200°C を示す程度に調整すればよい。

沈殿をろ過する時ゼリー状の大きな塊があると洗浄不足になるからろ過する前によくつぶして小さくしておく必要がある。洗浄不足では過塩素酸が残留するため、ろ紙を灰化する時に沈殿が飛散する恐れがある。

ろ紙が十分に灰化しないうちに急いで強熱すると黒色の炭化けい素ができ、誤った測定値が得られる。

5.3.1.3 計 算

次式により溶解シリカ量を算出する。

$$S_c = 3330 \times W$$

ここに、 S_c = 溶解シリカ量 (mmol/l)

W = 空試験による補正を行った試料原液 5 ml 中の二酸化けい素の質量 (g)

5.3.2 原子吸光光度法

5.3.2.1 要 旨

希釈試料溶液をアセチレン・酸化二窒素の高温フレイム中に噴霧させ、 251.6 nm における吸光度を測定してシリカ量を定量する。

原子吸光光度法によるシリカ定量方法には、アセチレン・酸化二窒素フレイム法と電気加熱フレイムレス法がある。

ASTMには原子吸光光度法によるScの定量方法は規定されていない。しかし、本法は簡便かつ迅速性を有するため、多数試料の測定に際して極めて有効なので今回新たに採用したものである。

アセチレン・酸化二窒素フレイム中で試験溶液中のけい素は原子状態になる。一方、けい素用中空陰極ランプより発生する輝線スペクトル (251.6 nm) は原子化状態のけい素に吸収される。輝線スペクトルの吸収はシリカ濃度に比例するので検量線を作成することにより定量が可能となる。

原子状態は通常試験溶液に含まれる他の成分に左右されるが、本法による試験溶液は比較的単純な組成

であるため、妨害成分となるものは無視し得る程小さい。

電気加熱フレイムレス法は高感度であるが、安定性に欠ける面があるので、ここでの使用は適当でない。

5.3.2.2 標準液の作成

- (1) 3.3.2(11)のシリカ標準原液(SiO_2 10mmol/ℓ) から0, 10, 20, 30, 40mlを正しく分取して100mlのメスフラスコに入れ、それぞれ水を標線まで加えて振り混ぜ、ポリエチレン製容器に移す。(SiO_2 として0, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 mmol / ℓ)
- (2) 市販のシリカ標準液(Si 1000 ppm)を用いる場合は、シリカ標準液を0, 1.0, 2.0, 4.0, 6.0, 8.0, 10.0mlを正しく分取して100mlのメスフラスコに入れそれぞれ水を標線まで加えて振り混ぜ、ポリエチレン製容器に移す。(Si として0, 10, 20, 40, 60, 80, 100 mg/ℓ)

5.3.2.3 検量線の作成

- (1) 原子吸光光度計のけい素用中空陰極ランプを点灯し、輝度を安定させるための最適条件に設定する。アセチレン・空気を用いてバーナーに点火した後、アセチレン・酸化二窒素の高温フレイムに切り換える。
- (2) 最も高濃度のシリカ標準液を噴霧させ、アセチレン・酸化二窒素の流量比、バーナーヘッドの位置等の最適条件を設定する。
- (3) 続いて各標準液の吸光度を測定し、シリカ濃度との関係より、検量線を作成する。

原子吸光光度法による検量線の直線性は一般に低濃度域で良好であるが、高濃度域では各種の原因によって曲がることが多い。したがって、けい素を正確に定量するためには検量線の特長を十分に把握し、必要に応じて希釈しなければならない。試験溶液の吸収と最も近い上下2点の標準液を用いてはさむ形で定量するのも一つの方法である。

アセチレン・酸化二窒素フレイムを使用すると条件によっては高温バーナーのスロット付近に炭素が付着してくる。この現象は測定誤差の一因になるので付着した炭素は付属用器具で手早くかき取る必要がある。

また、連続して長時間使用すると機種によっては当初設定した最適条件が徐々に変化する場合があるので、測定中に検量線を時々チェックする必要がある。

5.3.2.4 操 作

5.2.2.(1)で調製した希釈試料溶液の吸光度を検量線作成と同じ条件で測定する。

試料溶液の吸光度が、最も高濃度のシリカ標準液の吸光度を越えるときは、希釈試料溶液さらに適宜正確に希釈(希釈率 n)して測定する。

5.3.2.5 計 算

溶解シリカ量は、シリカ標準原液(SiO_2 10 mmol / ℓ)を用いた場合は(1)式より市販のシリカ標準液(Si 1000 ppm)を用いた場合は(2)式により計算する。

$$S_c = 20 \times n \times C \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$S_c = 20 \times n \times A \times \frac{1}{28.09} \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 S_c = 溶解シリカ量(mmol / ℓ)

n = 希釈倍率

C = 検量線から求めたシリカ量(SiO_2 mmol / ℓ)

A = 検量線から求めたシリカ量(Si mg / ℓ)

シリカ濃度がmg / ℓ 表示の標準液を用いた検量線からの数値を得た場合は、mmol / ℓ に換算するため1 / 28.09 を乗ずる。

5.3.3 吸光光度法

5.3.3.1 要 旨

希釈試料溶液中のシリカとモリブデン酸アンモニウムとを反応させた後、しゅう酸を加える。これを410 nm付近で吸光度を測定してシリカ量を定量する。

吸光光度法によるシリカの定量方法には、シリカモリブデン酸黄法とシリカモリブデン酸青法がある。ASTMではシリカモリブデン酸黄法は、 S_c が10 ppm以下における定量方法であると限定している。一般にシリカモリブデン酸黄法は、シリカとモリブデン酸アンモニウムが反応して生成するシリカモリブデン酸黄錯体の呈色が短波長側で強い吸収を示し、特に410 nm付近ではシリカ濃度に応じた直線性を有するので、検量線より定量が可能となる。

シリカモリブデン酸黄錯体はシリカがモノマー状態にある時生成するもので、ポリマー化状態になると生成され難い。このためシリカを含む試験溶液を長時間放置した場合など、シリカがポリマー化した恐れのある場合は本法の適用は困難である。

また、試験溶液にりん酸が含まれる場合は、シリカと同様にモリブデン酸アンモニウムと反応してりんモリブデン酸黄錯体を生成するが、この後に加えるしゅう酸溶液によって、りんモリブデン酸黄錯体は分解されるので、りん酸は含まれていても妨害することはない。

シリカモリブデン酸青法は、生成したシリカモリブデン酸黄錯体をアスコルビン酸などで還元すると生成するが、この方法は一般に微量シリカを定量するためのものでここでの使用は適当でない。

5.3.3.2 検量線の作成

- (1) 3.3.2(1)のシリカ標準原液(SiO_2 10mmol/ℓ)から0, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0mℓを正しく分取して100mℓのメスフラスコに入れ、それぞれ約50mℓとなるように水を加える。
(SiO_2 として0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4mmol/ℓ)
- (2) モリブデン酸アンモニウム(10%)2mℓおよび塩酸(1+1)1mℓを加えて振り混ぜる。15分間静置した後、しゅう酸溶液(10%)1.5mℓを正しく加え、水を標線まで加えて振り混ぜる。
- (3) 市販のシリカ標準液(Si 1000ppm)を用いる場合は、シリカ標準液10mℓを正しくはかり取って100mℓのメスフラスコに入れ、水を標線まで加えて振り混ぜる。この溶液から、0, 2.0, 4.0, 6.0, 10.0mℓを正しく分取して100mℓのメスフラスコに入れ、それぞれ約50mℓとなるように水を加える。(Siとして, 0, 2.0, 4.0, 6.0, 10.0mg/ℓ)
- (4) 以下, 5.3.3.2(2)と同様に操作する。
- (5) 各標準液は5分±10秒間静置し、水を対照液として、410nm付近の波長で吸光度を測定し、シリカ濃度との関係より検量線を作成する。

410nm付近における検量線は、シリカ濃度で0.4mmol/ℓ又は、10mg/ℓ程度までは直線性を有している。それ以上の濃度になるとわずかながら曲がるので、正確な定量を行うために検量線の範囲を一応限定した。

シリカ標準液中の溶解シリカは時間と共にポリマー化するため、長時間経過したものは使用しない。したがって吸光光度法の場合、シリカ標準液は検量線を作成する都度調製しなければならない。

市販品の標準液を用いて検量線を作成する際は、予め製造年月日を確認し、新しいものを使用することが望まれる。

シリカとモリブデン酸アンモニウムによるシリカモリブデン酸黄錯体の呈色は比較的安定している。しかし、これにしゅう酸溶液を加えると徐々に退色するようになる。このため測定は検量線も試験溶液も定めた時間内で行うことが肝要である。

得られた検量線は安定しているが、使用する水、試薬又は気温等が著しく変わった時には検量線を作成しなおすことが望ましい。

5.3.3.3 操 作

- (1) 5.2.2(1)で調製した希釈試料溶液10mℓをホールピペットで分取して100mℓのメスフラスコに移す。
- (2) 約50mℓとなるように水を加えた後、5.3.3.2(2)と同様に操作する。
- (3) 5分間±10秒間静置した後、検量線作成時と同じ条件で吸光度を測定する。吸光度が

0.1～0.6の範囲を外れた場合には、試料溶液の濃度を適宜調整した上で改めて測定を行う。

5.3.3.4 計 算

溶解シリカ量は、シリカ標準原液(SiO_2 10mmol/ℓ)を用いた場合は(1)式より、市販のシリカ標準液(Si 1000ppm)を用いた場合は(2)式により計算する。

$$S_c = 20 \times n \times C \dots\dots\dots (1)$$

$$S_c = 20 \times n \times A \times \frac{1}{28.09} \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 S_c = 溶解シリカ量 (mmol/ℓ)

n = 希釈倍率

C = 検量線から求めたシリカ量 (SiO_2 mmol/ℓ)

A = 検量線から求めたシリカ量 (Si mg/ℓ)

シリカ濃度がmg/ℓ表示の標準値を用いた検量線からの数値を得た場合は、mmol/ℓに換算するため、 $1/28.09$ を乗ずる。

6. 試験結果のまとめ

6.1 試験結果の表示

試験結果は mmol/ℓ 単位で表わし，整数に丸めて様式1に記入する。

6.2 許容精度

アルカリ濃度減少量及び溶解シリカ量のそれぞれ3個の測定値は，いずれもその平均値との差が10%以内でなければならない。ただし， R_c ， S_c 共 $100\text{mmol}/\ell$ 以下の場合には，平均値との差が $10\text{mmol}/\ell$ 以内であればよい。

試験結果が上記の範囲をこえるときは，再試験を行う。

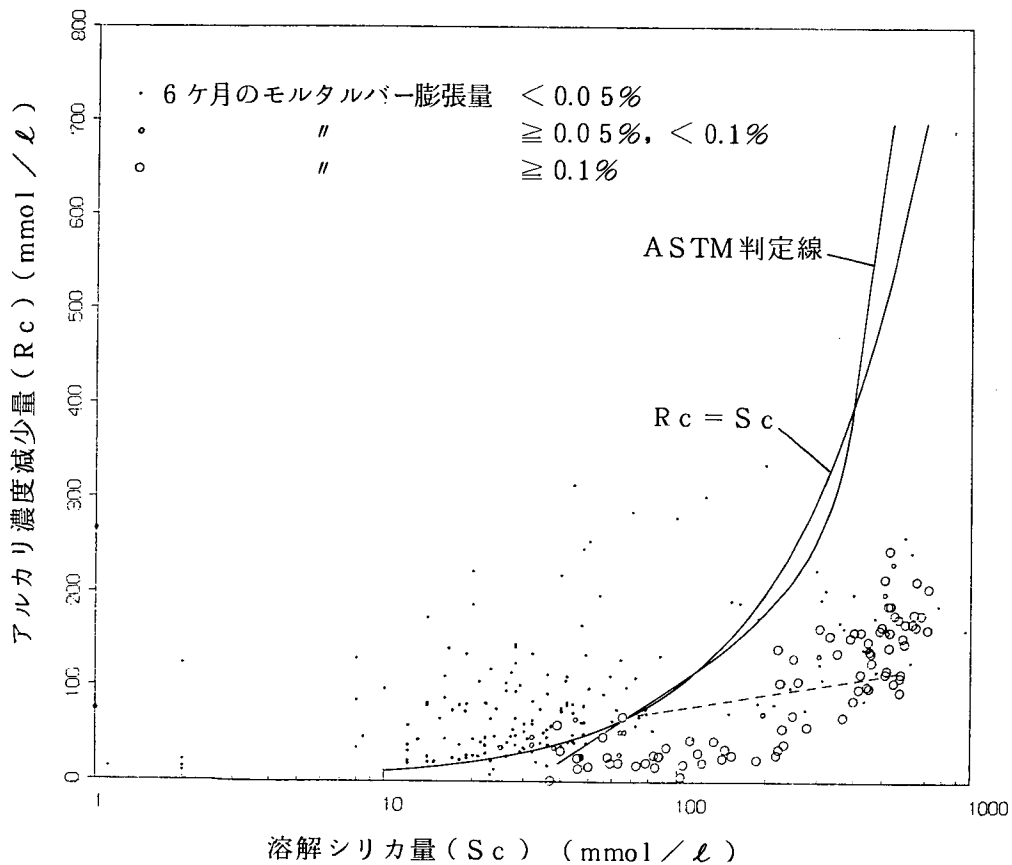
7. 骨材のアルカリシリカ反応性の判定

7.1 骨材のアルカリシリカ反応性の判定

骨材のアルカリシリカ反応性の判定は、付図1を用いて、無害、有害のいずれかに判定する。

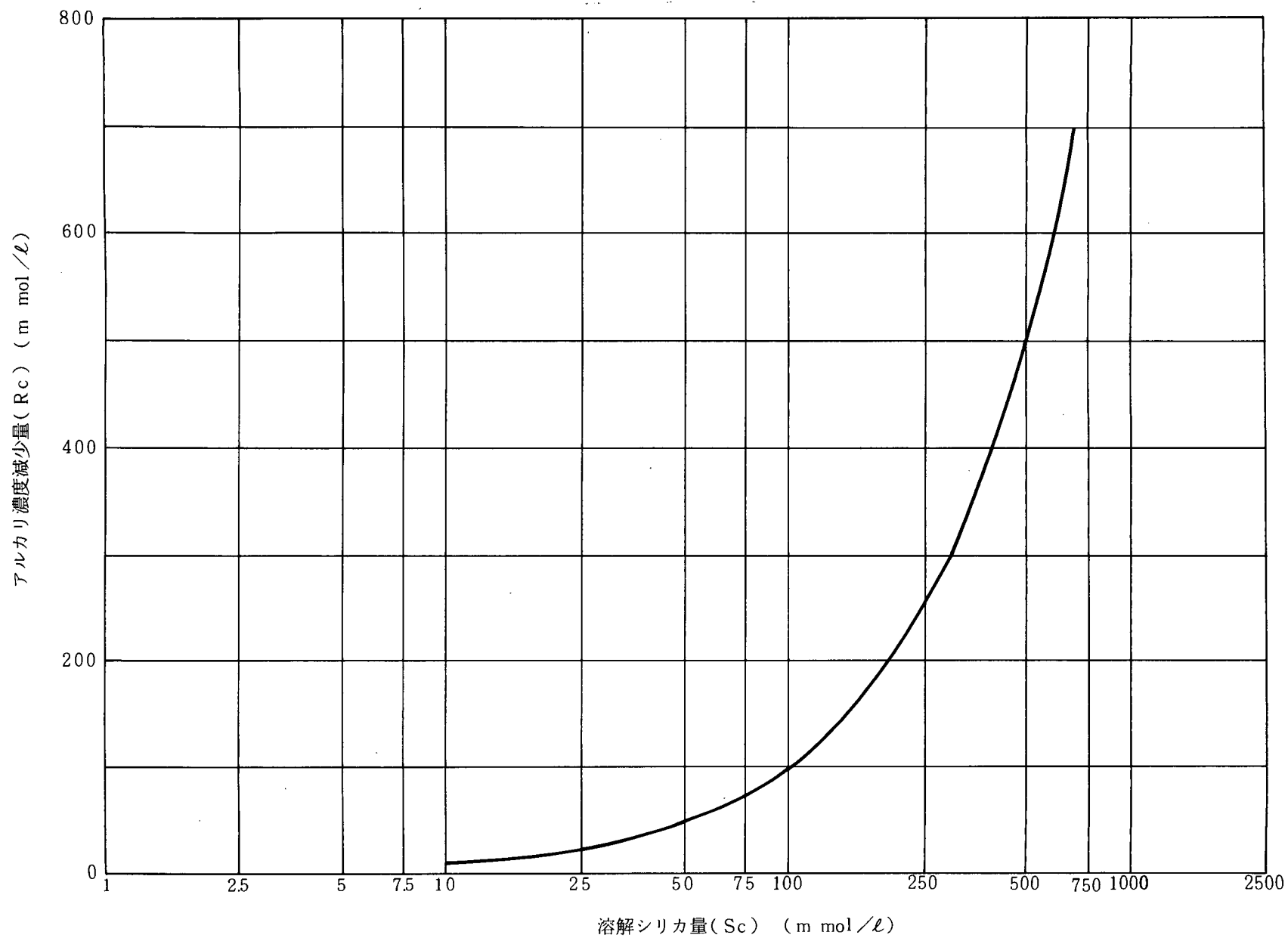
骨材のアルカリシリカ反応性の判定は、試験結果を付図1にプロットして行う。我が国の骨材およそ240種について化学法とモルタルバー法の試験結果を比較した結果、図一解5に示すように判定線は、片対数紙上で $R_c = S_c$ とした。

判定は、 $S_c \geq 10 \text{ mmol/l}$ かつ $R_c < 700 \text{ mmol/l}$ のとき $R_c \leq S_c$ を有害とし、それ以外は無害とする。試験の繰り返し数3のうち1つでも異なった場合は再試験を行うか有害と判定する。



図一解5 化学法とモルタルバー法試験結果の関係

骨材の A S R 反応性試験結果 (化学法)		試 験 結 果					
骨材の収集場所		繰り返し	Rc (mmol / ℓ)	Sc (mmol / ℓ)	平均値からのずれ (%)	備 考	
骨材の収集月日 平成 月 日		1					
収集者の所属・氏名		2					
試験月日 平成 月 日		3					
試験者の所属・氏名		平均					
骨材の用途 コンクリート用 道路用 その他 ()		(参考)			(参考)		
調 査 結 果	骨材の寸法・粒度						
	骨材の岩種						
	化学法による判定						無害 有害
	モルタルバー法による判定						無害 有害
	総合所見						
		採取地点の写真			骨材の写真		



付図-1 判定図

骨材の化学的反応性に関する
試験方法（化学法）の標準化に関する
共同研究報告書

共同研究報告書第24号
平成元年1月（1989年）
建設省土木研究所
片脇清，守屋進
協坂安彦
（社）セメント協会研究所
加藤修

骨材のアルカリシリカ反応性を判定するための試験法として、ASTM C 289（化学法）に準拠した骨材のアルカリシリカ反応性試験方法（化学法）が制定されたが、骨材の反応性を迅速に判定する技術を確立することを目的として、昭和61年度と62年度の2カ年間土木研究所と（社）セメント協会研究所が共同研究を実施した。本報告書は、共同研究の成果をとりまとめたものである。

キーワード：アルカリ骨材反応，骨材，アルカリシリカ反応性試験法，化学法

郵便はがき

3 0 5 - □ □

は 切
さ 手
い て
を

茨城県つくば市大字旭一番地

建設省土木研究所

化学研究室 御中

No. 7

No. 7

共同研究報告書第24号

配布先氏名
配布先住所



部

試験方法（化学法）の標準化に関する共同研究報告書

所 属 (住所)

印