

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-291944

(P2005-291944A)

(43) 公開日 平成17年10月20日(2005.10.20)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

GO 1 N 5/04

GO 1 N 33/00

F I

GO 1 N 5/04

GO 1 N 33/00

テーマコード (参考)

Z

A

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 16 頁)

|           |                              |          |   |
|-----------|------------------------------|----------|---|
| (21) 出願番号 | 特願2004-107939 (P2004-107939) | (71) 出願人 | 000000240<br>太平洋セメント株式会社<br>東京都中央区明石町8番1号 |
| (22) 出願日  | 平成16年3月31日(2004.3.31)        | (74) 代理人 | 100108833<br>弁理士 早川 裕司                    |
|           |                              | (74) 代理人 | 100112830<br>弁理士 鈴木 啓靖                    |
|           |                              | (72) 発明者 | 中村 秀三<br>千葉県佐倉市大作2-4-2 太平洋セメント株式会社中央研究所内  |
|           |                              | (72) 発明者 | 小早川 真<br>千葉県佐倉市大作2-4-2 太平洋セメント株式会社中央研究所内  |
|           |                              | (72) 発明者 | 梶尾 聡<br>千葉県佐倉市大作2-4-2 太平洋セメント株式会社中央研究所内   |

(54) 【発明の名称】 骨材のアルカリシリカ反応性試験方法

(57) 【要約】

【課題】 骨材のアルカリシリカ反応性を化学的な方法によって簡易かつ迅速に判定する試験方法、及び該試験方法を用いて複数の骨材群からアルカリシリカ反応性の低い骨材群を簡易かつ迅速にスクリーニングする方法を提供することを目的とする。

【解決手段】 骨材をアルカリ処理して前記骨材からアルカリ可溶成分を溶出させ、前記骨材の質量減少量を測定し、前記骨材の質量減少量を指標として前記骨材のアルカリシリカ反応性を判定する。

【選択図】 なし

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

骨材をアルカリ処理して前記骨材からアルカリ可溶成分を溶出させ、前記骨材の質量減少量を測定し、前記骨材の質量減少量を指標として前記骨材のアルカリシリカ反応性を判定することを特徴とする骨材のアルカリシリカ反応性試験方法。

## 【請求項 2】

前記アルカリ処理で消費されたアルカリ量を測定し、下記式を満たす場合に前記骨材のアルカリシリカ反応性が低いと判定し、下記式を満たさない場合に前記骨材のアルカリシリカ反応性が高いと判定することを特徴とする請求項 1 記載のアルカリシリカ反応性試験方法。

10

(アルカリ消費量 / 骨材質量減少量) (25000 / アルカリ処理前骨材質量)

## 【請求項 3】

前記骨材をアルカリ水溶液に浸漬することにより前記アルカリ処理を行うことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のアルカリシリカ反応性試験方法。

## 【請求項 4】

前記アルカリ水溶液のアルカリ消費量を測定することを特徴とする請求項 3 記載のアルカリシリカ反応性試験方法。

## 【請求項 5】

前記アルカリが水酸化ナトリウム又は水酸化カリウムであることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載のアルカリシリカ反応性試験方法。

20

## 【請求項 6】

前記アルカリ処理を 80 以上の温度条件下で行うことを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載のアルカリシリカ反応性試験方法。

## 【請求項 7】

前記アルカリ処理を加圧条件下で行うことを特徴とする請求項 6 記載のアルカリシリカ反応性試験方法。

## 【請求項 8】

前記加圧条件が、大気圧より 50 ~ 150 kPa 高い圧力であることを特徴とする請求項 7 記載のアルカリシリカ反応性試験方法。

## 【請求項 9】

前記骨材の粒径が 13 ~ 20 mm であることを特徴とする請求項 1 ~ 8 のいずれかに記載のアルカリシリカ反応性試験方法。

30

## 【請求項 10】

複数の骨材群からアルカリシリカ反応性の低い骨材群をスクリーニングする方法であって、

請求項 1 ~ 9 のいずれかに記載のアルカリシリカ反応性試験方法を用いて、各骨材群から採取した骨材のアルカリシリカ反応性を判定し、その判定結果に基づいてアルカリシリカ反応性の低い骨材群をスクリーニングすることを特徴とする前記方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

40

## 【0001】

本発明は、骨材のアルカリシリカ反応性を化学的な方法によって簡易かつ迅速に判定する試験方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

アルカリシリカ反応（アルカリ骨材反応）は、骨材中のシリカ（ $\text{SiO}_2$ ）とコンクリートに含まれるアルカリとが反応することによって生じた生成物が吸水して膨張し、コンクリートにひび割れ等を生じさせる現象である。

## 【0003】

アルカリシリカ反応は、「コンクリートの癌」とも呼ばれるように、一度劣化が始まる

50

と抑止することが困難であり、やがてコンクリート構造物に重大なダメージを与えることになる。したがって、アルカリシリカ反応性を有する骨材を排除することが必要であり、骨材のアルカリシリカ反応性を評価するための試験方法が各種提案されている。

#### 【0004】

アルカリシリカ反応の特徴点が、(1)骨材中の特定の鉱物を原因とする点、(2)化学反応である点、(3)膨張してコンクリートを劣化させる点にあることから、骨材のアルカリシリカ反応性を評価する試験方法は、(1)鉱物学的観察試験、(2)化学法、(3)膨張変化試験の三つに大別される。

#### 【0005】

鉱物学的観察試験方法は、岩石を偏光顕微鏡等で直接観察し、反応性のあるシリカ質鉱物(オパール、カルセドニー、トリジマイト、クリストバライト、隠微晶質・非晶質シリカ、歪みのある石英、シリカ質の火山ガラス等)又は反応性のある炭酸塩鉱物(ドロマイト)が存在しているか否かを観察する手法であり、日本ではJCI-DD3がこれに相当し、有害鉱物に特化した試験方法になっている。

10

#### 【0006】

化学法は、骨材とアルカリとを反応させ、溶出するシリカ量( $S_c$ : mmol/L)と消費されるアルカリ量( $R_c$ : mmol/L)との関係が、 $R_c/S_c = 1$ である場合には、その骨材は無害(アルカリシリカ反応性が低い)であると判定する手法であり、ASTM-C289、JIS-A1145に代表される。化学法では、骨材をアルカリで溶解する反応を行うため、骨材粒度が結果に影響を及ぼすことを考慮し、粒径が150~300 $\mu$ mとなるように粉碎された骨材が用いられる(非特許文献1)。また、骨材とアルカリとの反応が平衡に達する時間は100時間以上であるが、反応時間が結果に影響を及ぼすことを考慮し、反応時間は24時間 $\pm$ 15分間に設定される(非特許文献1)。また、骨材から溶出するシリカ量は質量法、原子吸光光度法又は吸光光度法によって定量され、アルカリ消費量はフェノールフタレイン指示薬を用いて塩酸で滴定することにより測定される(非特許文献1)。

20

#### 【0007】

膨張変化試験法(モルタルバー法)は、砂サイズに粒度構成を調整した骨材試料でモルタルを成形し、その膨張量より反応性を判定する手法であり、ASTM-C227、JIS-A1146に代表される。膨張変化試験は、比較的安定した結果が得られるが、判定に少なくとも6月の期間が必要である。

30

【非特許文献1】日本工業規格 骨材のアルカリシリカ反応性試験方法(化学法) JIS-A1145:2001 日本規格協会発行

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0008】

上記三つの試験法のうち、結果が比較的短期間に得られる化学法が汎用されている。

しかしながら、化学法では、骨材から溶出するシリカ量を定量するために、質量法、原子吸光光度法又は吸光光度法を用いる必要がある。

ここで、質量法は、試料溶液に塩酸を加えて蒸留乾固した後、得られた乾固物を過塩素酸処理し、沈殿物を白金つぼ又は磁器つぼに入れて1000 $\pm$ 50に強熱する方法である。したがって、質量法では、過塩素酸のような危険な薬品を使用する必要がある、白金つぼ又は磁器つぼを使用し1000 $\pm$ 50という高温で処理する必要がある、作業が煩雑である、等という問題点がある。また、原子吸光光度法は、試料溶液を希釈し、その希釈試料溶液をアセチレン・酸化二窒素の高温フラーム中に噴霧させて、吸光光度計を用いて251.6nmにおける吸光度を測定する方法であり、吸光光度法は、試料溶液を希釈し、その希釈試料溶液にモリブデン酸アンモニウムを加え、試料溶液に含有されるシリカとモリブデン酸アンモニウムとを反応させ、シュウ酸を加えた上で吸光光度計により410nm付近で吸光度を測定する方法である。したがって、原子吸光光度法又は吸光光度法では、吸光光度計という高価な装置を使用する必要がある、吸光度の測定に高度

40

50

な技術が必要である、作業が煩雑である、等という問題点がある。

【0009】

また、化学法では、骨材の粒径を調整するための時間及び労力が必要であり、しかも骨材が150 $\mu$ m未満に粉碎された場合には正確な判定が困難となる場合があるので粉碎には細心の注意が必要となる。

【0010】

さらに、化学法では、骨材を粉碎するための装置が必要となるが、このような装置は生コンクリート工場、骨材生産場等の骨材を取り扱う現場に普及していないため、現場において骨材を日常管理するには不向きである。

【0011】

そこで、本発明は、骨材のアルカリシリカ反応性を化学的な方法によって簡易かつ迅速に判定する試験方法、及び該試験方法を用いて複数の骨材群からアルカリシリカ反応性の低い骨材群を簡易かつ迅速にスクリーニングする方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記目的を達成するために、本発明は、骨材をアルカリ処理して前記骨材からアルカリ可溶成分を溶出させ、前記骨材の質量減少量を測定し、前記骨材の質量減少量を指標として前記骨材のアルカリシリカ反応性を判定することを特徴とする骨材のアルカリシリカ反応性試験方法（以下「本発明の試験方法」という。）を提供する（請求項1）。

【0013】

本発明の試験方法によれば、アルカリ処理による骨材の質量減少量を指標として骨材のアルカリシリカ反応性を判定することができるので、質量法、原子吸光光度法又は吸光光度法という煩雑な方法を用いて、骨材から溶出するシリカ量を定量する必要がない。また、本発明の試験方法によれば、アルカリ処理前に予め骨材を粉碎しておく必要がない。したがって、本発明の試験方法によれば、骨材のアルカリシリカ反応性を化学的な方法によって簡易かつ迅速に判定することができる。

【0014】

本発明の試験方法の好ましい態様においては、前記アルカリ処理で消費されたアルカリ量を測定し、下記式を満たす場合に前記骨材のアルカリシリカ反応性が低いと判定し、下記式を満たさない場合に前記骨材のアルカリシリカ反応性が高いと判定する（請求項2）  
（アルカリ消費量 / 骨材質量減少量） （25000 / アルカリ処理前骨材質量）

【0015】

本発明の試験方法の好ましい態様においては、前記骨材をアルカリ水溶液に浸漬することにより前記アルカリ処理を行う（請求項3）。本態様によれば、骨材のアルカリ処理を簡便かつ迅速に行うことができる。本態様において、上記式に基づいて骨材のアルカリシリカ反応性を判定する場合には、前記アルカリ水溶液のアルカリ消費量を測定する（請求項4）。

【0016】

本発明の試験方法の好ましい態様においては、前記アルカリが水酸化ナトリウム又は水酸化カリウムである（請求項5）。コンクリートで生じるアルカリシリカ反応は、コンクリートに含有されるナトリウムイオン又はカリウムイオンが原因であるため、本態様によれば、実際に骨材を使用したときに生じ得るアルカリシリカ反応性を反映した判定結果を得ることができる。

【0017】

本発明の試験方法の好ましい態様においては、前記アルカリ処理を80以上の温度条件下で行う（請求項6）。本態様によれば、アルカリ処理時間を短縮でき、骨材のアルカリシリカ反応性を迅速に判定することができる。本態様において、前記アルカリ処理を加圧条件下で行うのが好ましい（請求項7）。本態様によれば、さらにアルカリ処理時間を短縮でき、骨材のアルカリシリカ反応性を迅速に判定することができる。さらに、本態様

10

20

30

40

50

において、前記加圧条件が大気圧より50～150kPa高い圧力であることが好ましい（請求項8）。

【0018】

本発明の試験方法の好ましい態様においては、前記骨材の粒径が13～20mmである（請求項9）。本態様によれば、実際に使用するサイズの骨材についてアルカリシリカ反応性を判定することができ、これにより、骨材として実際に使用したときに生じ得るアルカリシリカ反応性を反映した判定結果を得ることができる。

【0019】

上記目的を達成するために、本発明は、複数の骨材群からアルカリシリカ反応性の低い骨材群をスクリーニングする方法であって、本発明の試験方法を用いて、各骨材群から採取した骨材のアルカリシリカ反応性を判定し、その判定結果に基づいてアルカリシリカ反応性の低い骨材群をスクリーニングすることを特徴とする前記方法（以下「本発明のスクリーニング方法」という。）を提供する（請求項10）。

10

【0020】

本発明のスクリーニング方法によれば、複数の骨材群からアルカリシリカ反応性の低い骨材群を簡便かつ迅速にスクリーニングすることができる。特に、本発明の試験方法において上記式を利用すれば、骨材のアルカリシリカ反応性をより正確に判定することができるので、スクリーニング精度を向上させることができる。また、各骨材群から採取した骨材の粒径が13～20mmであれば、骨材として実際に使用したときに生じ得るアルカリシリカ反応性を反映した判定結果を得ることができるので、スクリーニング精度を向上させることができる。

20

【発明の効果】

【0021】

本発明によれば、骨材のアルカリシリカ反応性を化学的な方法によって簡易かつ迅速に判定する試験方法、及び該試験方法を用いて複数の骨材群からアルカリシリカ反応性の低い骨材群を簡易かつ迅速にスクリーニングする方法が提供される。また、本発明によれば、JIS-A1145で規定される質量法、原子吸光光度法又は吸光光度法を使用する必要がないので、簡易かつ迅速に骨材のアルカリシリカ反応性を判定することができる。また、本発明によれば、過塩素酸のような危険な薬品を使用する必要がないので作業に危険性がなく、吸光度を測定する必要がないため吸光光度計という高価な装置を使用する必要がなく、吸光光度計の操作等の高度な技術を必要とせず、骨材とアルカリとの反応においては市販の安価な圧力鍋、電気ジャーポット等を使用すれば十分であり、誰でも容易に作業が可能であるとともに、容易に骨材のアルカリシリカ反応性を判定することができる。さらに、本発明の試験方法及びスクリーニング方法は、生コンクリート工場、骨材生産場等の骨材を取り扱う現場において骨材を日常管理する際に有用である。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

以下、本発明について詳細に説明する。

骨材の種類は、シリカ（ $\text{SiO}_2$ ）を含有する限り特に限定されるものではなく、天然骨材であってもよいし、人工骨材であってもよい。骨材としては、例えば、砂、砂利、砕砂、砕石、珪砂等を使用することができる。

40

骨材の粒径は特に限定されるものではないが、13～20mmであることが好ましい。骨材の粒径が上記範囲にあると、骨材として実際に使用したときに生じ得るアルカリシリカ反応性を反映した判定結果を得ることができる。

骨材は粉碎した後に使用してもよいが、アルカリシリカ反応性を簡便かつ迅速に判定する点から、骨材を粉碎せずにそのまま使用することが好ましい。

1度の試験で使用する骨材の個数は特に限定されるものではないが、通常複数個の骨材（骨材群）を1度の試験で使用する。

【0023】

骨材のアルカリシリカ反応性の判定精度を向上させる点から、骨材をアルカリ処理する

50

前に、骨材を洗浄し、骨材に付着している微粉分、粘土分等を除去することが好ましい。骨材の洗浄には通常、水道水、蒸留水等の水が用いられるが、骨材の最終的な洗浄は蒸留水を用いて行うことが好ましい。骨材の質量減少量を正確に算出できるように、洗浄後の骨材は十分に乾燥することが好ましい。アルカリ処理前の骨材の乾燥質量は、アルカリ処理前のいずれの時点で測定してもよいが、洗浄し十分に乾燥させた後に測定することが好ましい。

#### 【0024】

アルカリ処理は、骨材からアルカリ可溶成分を溶出させることができる限り特に限定されるものではない。なお、「アルカリ可溶成分」は、骨材に含まれる成分のうち、アルカリと反応して溶解する成分であるが、本発明者等によって、骨材から溶出するアルカリ可溶成分の大部分がシリカ ( $\text{SiO}_2$ ) であることが明らかにされた。

10

#### 【0025】

アルカリの種類は、骨材中のシリカ ( $\text{SiO}_2$ ) と反応できる限り特に限定されるものではないが、水酸化ナトリウム又は水酸化カリウムを使用することが好ましい。コンクリートで生じるアルカリシリカ反応は、コンクリートに含有されるナトリウムイオン又はカリウムイオンが原因であるため、水酸化ナトリウム又は水酸化カリウムを使用すれば、実際に骨材を使用したときに生じ得るアルカリシリカ反応性を反映した判定結果を得ることができる。アルカリは通常アルカリ水溶液として使用する。アルカリ水溶液のアルカリ濃度は特に限定されるものではないが、通常 0.1 ~ 5 N、好ましくは 1 ~ 2 N である。

#### 【0026】

アルカリ処理は、骨材をアルカリ水溶液に浸漬することにより行うことが好ましい。これにより、骨材のアルカリ処理を簡便かつ迅速に行うことができる。アルカリ水溶液の量は、骨材全体がアルカリ水溶液に浸漬するように調整することが好ましい。骨材をアルカリ水溶液に浸漬する時間は、骨材からアルカリ可溶成分を溶出させるのに十分な時間であり、アルカリの種類、アルカリ濃度、アルカリ処理時の温度条件、アルカリ処理時の圧力条件等に応じて適宜調整することができるが、通常 1 ~ 168 時間である。

20

#### 【0027】

アルカリ処理時の温度条件は、骨材からアルカリ可溶成分を溶出させることができる限り特に限定されるものではないが、短時間にアルカリ可溶成分を溶出させるための温度条件は、通常 40 以上、好ましくは 80 以上、さらに好ましくは 98 以上である。温度条件が 80 以上であれば、骨材からアルカリ可溶成分を短時間に溶出させることができ、温度条件が 98 以上であれば、さらに短時間に溶出させることができる。

30

#### 【0028】

骨材をアルカリ水溶液に浸漬することによりアルカリ処理を行う場合には、アルカリ水溶液の温度を上記温度条件に設定する。骨材を 80 以上のアルカリ水溶液に浸漬する場合には、浸漬時間を 24 ~ 120 時間とすることができ、骨材を 98 以上のアルカリ水溶液に浸漬する場合には、浸漬時間を 24 ~ 72 時間とすることができる。

#### 【0029】

アルカリ水溶液の加熱方法は特に限定されるものではなく、例えば、アルカリ水溶液を収容した容器をウォーターバス等の温水中に浸して加熱してもよいし、市販の電気ポットに上記容器を入れて加熱してもよい。また、アルカリ水溶液は骨材を浸漬する前に加熱してもよいし、骨材を浸漬した後に加熱してもよい。

40

#### 【0030】

アルカリ処理時の圧力条件は、骨材からアルカリ可溶成分を溶出させることができる限り特に限定されるものではないが、加圧条件であることが好ましい。アルカリ処理を加圧条件下で行うことにより、骨材からアルカリ可溶成分を短時間に溶出させることができる。加圧条件は特に限定されるものではないが、好ましくは大気圧より 50 ~ 150 kPa 高い圧力、さらに好ましくは大気圧より 50 ~ 100 kPa 高い圧力である。

#### 【0031】

骨材をアルカリ水溶液に浸漬することによりアルカリ処理を行う場合であって、加圧条

50

件が大気圧より50～150kPa高い圧力である場合には、加熱によりアルカリ水溶液の温度を111～127に上昇させることができ、加圧条件が大気圧より50～100kPa高い圧力である場合には、加熱によりアルカリ水溶液の温度を111～120に上昇させることができる。また、上記加圧条件下においては、骨材をアルカリ水溶液に浸漬する時間を1～24時間とすることができる。

【0032】

加圧方法は特に限定されるものではなく、例えば、アルカリ水溶液を収容した容器（例えば圧力鍋）に蓋をした状態で、当該容器を加熱することにより当該容器内を加圧することができる。

【0033】

骨材の質量減少量は、アルカリ処理前後の骨材の質量の差として算出することができる。骨材の質量減少量を正確に算出できるように、アルカリ処理後の骨材の質量は、アルカリ処理後の骨材を乾燥させた後に測定することが好ましい。例えば、骨材をアルカリ水溶液に浸漬することによりアルカリ処理を行う場合には、骨材とアルカリ水溶液とを濾過等により分離し、骨材を乾燥させてから、アルカリ処理後の骨材の質量を測定する。

【0034】

骨材の質量減少量は、アルカリ処理によって骨材から溶出したアルカリ可溶成分量と等しく、骨材から溶出したアルカリ可溶成分の大部分はシリカ（ $\text{SiO}_2$ ）であるから、骨材の質量減少量は、骨材から溶出したシリカ量と同視することができる。骨材から溶出したシリカ量が多いほど骨材のアルカリシリカ反応性が高くなり、骨材から溶出したシリカ量が少ないほど骨材のアルカリシリカ反応性が低くなるから、アルカリ処理による骨材の質量減少量を指標とすれば、質量法、原子吸光光度法又は吸光光度法を用いて骨材から溶出するシリカ量を定量しなくても、骨材のアルカリシリカ反応性を判定することができる。すなわち、アルカリ処理による骨材の質量減少量が多ければ骨材のアルカリシリカ反応性が高いと判定することができる一方、アルカリ処理による骨材の質量減少量が少なれば骨材のアルカリシリカ反応性が低いと判定することができる。

【0035】

上記のようにアルカリ処理による骨材の質量減少量のみを指標とするのではなく、アルカリ処理による骨材の質量減少量に基づいて算出される他のパラメータを用いて骨材のアルカリ反応性を判定してもよい。上記パラメータとしては、例えば、アルカリ処理による骨材の体積減少量、アルカリ処理による骨材の密度減少量等が挙げられる。

【0036】

骨材の質量減少量が多いか少ないかは一定の基準を設けて判断されるものであり、例えば、アルカリシリカ反応性の程度が判明している骨材の質量減少量を基準として判断することができる。また、骨材の質量減少量を第一の指標とするとともにアルカリ処理で消費されたアルカリ量を第二の指標とし、下記式を満たす場合には、骨材のアルカリシリカ反応性が低いと判定することができ、下記式を満たさない場合には、骨材のアルカリシリカ反応性が高いと判定することができる。

$(\text{アルカリ消費量} / \text{骨材質量減少量}) \quad (25000 / \text{アルカリ処理前骨材質量})$

【0037】

なお、骨材質量減少量は反応前骨材質量から反応後骨材質量を差し引くことにより求められるものなので、骨材質量減少量を測定するにあたり反応前骨材質量も測定されることとなる。また、上記式に基づいて骨材のアルカリシリカ反応性を判定する場合には、骨材を0.5～5Nのアルカリ水溶液に、80～127の温度条件下で1～120時間浸漬することにより、骨材のアルカリ処理を行うことが好ましく、骨材を1～2Nのアルカリ水溶液に、80～120の温度条件下で1～72時間浸漬することにより、骨材のアルカリ処理を行うことがさらに好ましい。

【0038】

骨材をアルカリ水溶液に浸漬することによりアルカリ処理を行う場合には、アルカリ水溶液のアルカリ消費量を第二の指標とすることができる。アルカリ処理で消費されたアル

10

20

30

40

50

カリ量の測定方法は特に限定されるものではない。アルカリ消費量は、例えば、フェノールフタレインを指示薬として、塩酸で中和滴定をすることにより測定することができる。

【0039】

本発明の試験方法は、複数の骨材群からアルカリシリカ反応性の低い骨材群をスクリーニングする際に利用することができる。すなわち、本発明の試験方法を用いて、各骨材群から採取した骨材のアルカリシリカ反応性を判定し、その判定結果に基づいてアルカリシリカ反応性が低い骨材群をスクリーニングすることができる。

【実施例】

【0040】

以下、実施例を示して本発明を具体的に説明するが、本発明は下記の実施例に何ら限定

10

〔実施例1〕

(1) 代表試料の調製

骨材1200gを採取し、ステンレスバット上で水道水とブラシとを使用して微粉分、粘土分を洗い流した。洗浄した骨材を開き目13mmの篩い上に移し、骨材を篩いごと水中に沈めて微粒を取り除いた。微粒を取り除いた骨材を1Lの蒸留水でゆすぎ、温風乾燥機を用いて105で乾燥させた。乾燥後、開き目13mmの篩いを通し、微粉を除去した。以上の処理を種々の骨材(砂岩碎石、チャート玉石及び安山岩碎石)について行い、各骨材の代表試料を調製した。

【0041】

20

(2) 骨材試料とアルカリとの反応

1Lのポリ容器に、代表試料から計り取った骨材試料1000gと1NのNaOH水溶液500mLとを入れて、蓋でポリ容器を密閉した。圧力鍋(ワンダーシェフプロフェッショナルミドルサイズ10L(伊藤アルミニウム工業社製))にポリ容器内の試料液面以上となるように熱湯を入れ、予熱をするためにポリ容器を圧力鍋内に静置した。その後5分間電磁調理器(KZ-PH1(松下電器社製))で加熱し、圧力鍋の蓋をせずに沸騰させた。沸騰後、圧力鍋の蓋をして120に加熱し、圧力鍋の錘が動き出した後60分間又は180分間煮沸した。その後、圧力鍋の錘を傾け圧力鍋内の圧力を下げて、ポリ容器を取り出し、流水で室温まで冷却し、それぞれ試料原液とした。

【0042】

30

(3) 溶解シリカ量の定量

試料原液5mLをホールピペットで採取し、100mLのメスフラスコで20倍に希釈した。その希釈した試料液について、JIS-A1145に準拠して溶解シリカ量(Scg)(mmol/L)の定量を、分光光度計(商品名:V-550(日本分光社製))を用いて行った。また、骨材から溶出したシリカ(SiO<sub>2</sub>)の質量(以下「溶出シリカ質量」という。)(g)を下記式により算出した。

$$\text{溶出シリカ質量} = \text{Scg} \times (500 / 1000) \times (60.09 / 1000)$$

【0043】

(4) 骨材質量減少量の定量

煮沸後の試料原液について、開き目750μmの篩いを用いて、溶液と骨材とを分離し、骨材は篩い上で水道水を用いてNaOH水溶液を洗い流した後、温風乾燥機を用いて105で乾燥し質量を測定した。

40

【0044】

骨材試料とアルカリとの反応(上記(2)参照)における煮沸時間が60分間及び180分間である場合のScg(mmol/L)、溶出シリカ質量(g)及び骨材質量減少量(g)をそれぞれ表1及び表2に示す。また、骨材質量減少量(g)と溶出シリカ質量(g)との関係を図1に示す。なお、図1中「 $\square$ 」は煮沸時間が60分間である場合の骨材質量減少量と溶出シリカ質量との関係を、「 $\triangle$ 」は煮沸時間が180分間である場合の骨材質量減少量と溶出シリカ質量との関係を示す。

【0045】

50

【表 1】

| 岩種     | Scg(mmol/L) | 溶出シリカ質量(g) | 骨材質量減少量(g) |
|--------|-------------|------------|------------|
| 砂岩碎石   | 11.5        | 0.34       | 0.17       |
| チャート玉石 | 50.6        | 1.52       | 2.04       |
| 安山岩碎石  | 233.5       | 7.02       | 11.47      |

【0046】

10

【表 2】

| 岩種     | Scg(mmol/L) | 溶出シリカ質量(g) | 骨材質量減少量(g) |
|--------|-------------|------------|------------|
| 砂岩碎石   | 66.5        | 2.01       | 1.14       |
| チャート玉石 | 151.4       | 4.55       | 4.96       |
| 安山岩碎石  | 470.6       | 14.17      | 13.50      |

【0047】

20

図 1 に示すように、骨材質量減少量と溶出シリカ質量との比は、ほぼ 1 であった。このことから、本実施例のアルカリ処理により骨材から溶出したアルカリ可溶成分の大部分がシリカ ( $\text{SiO}_2$ ) であり、骨材質量減少量と溶出シリカ質量とを同視できることが明らかとなった。溶出シリカ質量が多いほど骨材のアルカリシリカ反応性が高くなり、溶出シリカ質量が少ないほど骨材のアルカリシリカ反応性が低くなるので、骨材質量減少量を指標とすれば、骨材のアルカリシリカ反応性を判定できると考えられる。

【0048】

〔実施例 2〕

(1) 代表試料の調製

実施例 1 と同様の方法により、種々の骨材 (砂岩碎石、チャート玉石及び安山岩碎石) の代表試料を調製した。

30

【0049】

(2) 骨材試料とアルカリとの反応

1 L のポリ容器に、代表試料から計り取った骨材試料 1000 g と 1 N の  $\text{NaOH}$  水溶液 500 mL とを入れ、蓋でポリ容器を密閉した。そのポリ容器を電気ジャーポット (NC-EZT40-C (松下電器社製)) に入れ、水を適量満たして電源を入れて 98 にセットした。24 時間、72 時間又は 168 時間反応させた後、ポリ容器を取り出して流水を用いて室温まで冷却し、それぞれ試料原液とした。

【0050】

(3) アルカリ消費量の定量

試料原液 5 mL をホールピペットで採取し、100 mL のメスフラスコで 20 倍に希釈した。その希釈した試料液について、JIS-A1145 に準拠して滴定によりアルカリ消費量 (Rcg) (mmol/L) を測定した。

40

【0051】

(4) 溶解シリカ量の定量

得られた試料原液について、実施例 1 と同様の方法により溶解シリカ量 (Scg) (mmol/L) の定量を行い、上記と同様に溶出シリカ質量 (g) を算出した。

【0052】

(5) 骨材質量減少量の定量

煮沸後の試料原液について、実施例 1 と同様の方法により骨材質量減少量の定量を行っ

50

た。

また、骨材質量減少率(%)については、下記式に基づいて算出した。

$$\text{骨材質量減少率} = (\text{骨材質量減少量} / \text{反応前骨材質量}) \times 100$$

【0053】

(6) 上記(1)～(5)の処理とは別に、各種の骨材(砂岩砕石、チャート玉石及び安山岩砕石)について、JIS-A1145(化学法)に準拠して、骨材試料を調製し、その骨材試料とアルカリとの反応操作を行った後、アルカリ消費量(Rc)(mmol/L)の測定をし、吸光光度法により溶解シリカ量(Sc)(mmol/L)の定量を行った。

【0054】

骨材試料とアルカリとの反応(上記(2)参照)における煮沸時間が24時間、72時間及び168時間である場合のRcg(mmol/L)、Scg(mmol/L)、溶出シリカ質量(g)及び骨材質量減少量(g)をそれぞれ表3、表4及び表5に示す。また、骨材質量減少量(g)と溶出シリカ質量(g)との関係を図2に示す。また、Rcg(図中「Rc簡易法」とRc(図中「Rc化学法」との関係を図3に示す。また、骨材質量減少率とSc(図中「Sc化学法」との関係を図4に示す。なお、図中「」は、煮沸時間が24時間である場合を、「」は煮沸時間が72時間である場合を、「」は煮沸時間が168時間である場合を示す。

【0055】

【表3】

| 岩種     | Rcg<br>(mmol/L) | Scg<br>(mmol/L) | 化学法 Sc<br>(mmol/L) | 骨材質量<br>減少率(%) | 溶出シリカ<br>質量(g) | 骨材質量<br>減少量(g) |
|--------|-----------------|-----------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|
| 砂岩砕石   | 53.7            | 86.0            | 27.9               | 0.2514         | 2.59           | 2.52           |
| チャート玉石 | 100.9           | 531.9           | 259.6              | 1.5911         | 15.99          | 15.92          |
| 安山岩砕石  | 131.0           | 848.7           | 597.4              | 2.2485         | 25.54          | 22.50          |

【0056】

【表4】

| 岩種     | Rcg<br>(mmol/L) | Scg<br>(mmol/L) | 化学法 Sc<br>(mmol/L) | 骨材質量<br>減少率(%) | 溶出シリカ<br>質量(g) | 骨材質量<br>減少量(g) |
|--------|-----------------|-----------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|
| 砂岩砕石   | 86.8            | 324.7           | 27.9               | 0.8766         | 9.77           | 8.78           |
| チャート玉石 | 135.5           | 825.9           | 259.6              | 2.3705         | 24.88          | 23.74          |
| 安山岩砕石  | 160.1           | 925.6           | 597.4              | 2.936          | 27.83          | 29.40          |

【0057】

【表5】

| 岩種     | Rcg<br>(mmol/L) | Scg<br>(mmol/L) | 化学法 Sc<br>(mmol/L) | 骨材質量<br>減少率(%) | 溶出シリカ<br>質量(g) | 骨材質量<br>減少量(g) |
|--------|-----------------|-----------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|
| 砂岩砕石   | 120.0           | 811.7           | 27.9               | 2.1903         | 24.39          | 22.00          |
| チャート玉石 | 144.1           | 924.2           | 259.6              | 2.6269         | 27.80          | 26.29          |
| 安山岩砕石  | 171.2           | 1063.7          | 597.4              | 2.6713         | 32.03          | 26.75          |

【0058】

図 2 に示すように、骨材質量減少量と溶出シリカ質量との比は、ほぼ 1 であった。このことから、本実施例のアルカリ処理により骨材から溶出したアルカリ可溶成分の大部分がシリカ ( $\text{SiO}_2$ ) であり、骨材質量減少量と溶出シリカ質量とを同視できることが明らかとなった。溶出シリカ質量が多いほど骨材のアルカリシリカ反応性が高くなり、溶出シリカ質量が少ないほど骨材のアルカリシリカ反応性が低くなるので、骨材質量減少量を指標とすれば、骨材のアルカリシリカ反応性を判定できると考えられる。

【0059】

図 3 から、下記式 (1) が成立することが明らかとなった。

$$Rc = Rc_g \cdot \cdot \cdot (1)$$

図 4 から、下記式 (2) が成立することが明らかとなった。

$$\text{骨材質量減少率} = Sc \times 0.004 \cdot \cdot \cdot (2)$$

上記式 (2) から下記式 (3) が導き出された。

$$\begin{aligned} Sc &= 250 \times \text{骨材質量減少率} \\ &= 25000 \times \text{骨材質量減少量} / \text{反応前骨材質量} \cdot \cdot \cdot (3) \end{aligned}$$

JIS - A 1145 の化学法では、下記式 (4) が成立する場合に、骨材のアルカリシリカ反応性が低いと判定できることが知られている。

$$Rc / Sc < 1 \cdot \cdot \cdot (4)$$

したがって、上記式 (4) に上記式 (1) 及び (3) を代入することにより得られた下記式 (5) は、骨材のアルカリシリカ反応性が低い場合に成立することが明らかとなった。

$$(Rc_g / \text{骨材質量減少量}) < (25000 / \text{反応前骨材質量}) \cdot \cdot \cdot (5)$$

すなわち、骨材質量減少量及び  $Rc_g$  を測定すれば、骨材のアルカリシリカ反応性を判定できることが明らかとなった。なお、骨材質量減少量は反応前骨材質量から反応後骨材質量を差し引くことにより求められるものなので、骨材質量減少量を測定するにあたり反応前骨材質量も測定されることとなる。

【0060】

〔実施例 3〕

(1) 代表試料の調製

実施例 1 と同様の方法により、種々の骨材 (砂岩碎石、チャート玉石及び安山岩碎石) の代表試料を調製した。

【0061】

(2) 骨材試料とアルカリとの反応

1 L のポリ容器に、代表試料から計り取った骨材試料 1000 g と 1 N の  $\text{NaOH}$  水溶液 500 mL を入れ、蓋でポリ容器を密閉した。そのポリ容器をウォーターバスに入れ、水を適量満たして 80℃ になるようにセットした。24 時間後、ポリ容器を取り出して流水を用いて室温まで冷却し、試料原液とした。

【0062】

(3) アルカリ消費量の定量

試料原液 5 mL をホールピペットで採取し、100 mL のメスフラスコで 20 倍に希釈した。その希釈した試料液について、JIS - A 1145 に準拠して滴定によりアルカリ消費量 ( $Rc_g$ ) を測定した。

【0063】

(4) 溶解シリカ量の定量

得られた試料原液について、実施例 1 と同様の方法により溶解シリカ量 ( $Sc_g$ ) の定量を行い、上記と同様に溶出シリカ質量を算出した。

【0064】

(5) 骨材質量減少量の定量

煮沸後の試料原液について、実施例 1 と同様の方法により骨材質量減少量の定量を行った。

また、骨材質量減少率 (%) について下記式に基づいて算出した。

10

20

30

40




50

骨材質量減少率 = (骨材質量減少量 / 反応前骨材質量) × 100

【0065】

(6) 上記(1)～(5)の処理とは別に、各種の骨材(砂岩碎石、チャート玉石及び安山岩碎石)について、JIS-A1145(化学法)に準拠して、骨材試料を調製し、その骨材試料とアルカリとの反応操作を行った後、アルカリ消費量(Rc)(mmol/L)の測定をし、吸光度法により溶解シリカ量(Sc)(mmol/L)の定量を行った。

【0066】

骨材試料とアルカリとの反応(上記(2)参照)における煮沸時間が24時間、72時間及び168時間である場合のRcg(mmol/L)、Scg(mmol/L)、溶出シリカ質量(g)及び骨材質量減少量(g)をそれぞれ表6、表7及び表8に示す。また、骨材質量減少量と溶出シリカ質量との関係を図5に示す。また、Rcg(図中「Rc簡易法」と、JIS-A1145に規定される化学法により求められたアルカリ消費量(Rc)(図中「Rc化学法」と)との関係を図6に示す。また、骨材質量減少率(%)((骨材質量減少量 / 反応前骨材質量) × 100)と、JIS-A1145に規定される化学法により求められた溶解シリカ量(Sc)との関係を図7に示す。なお、図中「」は、煮沸時間が24時間である場合を、「」は煮沸時間が72時間である場合を、「」は煮沸時間が168時間である場合を示す。

【0067】

【表6】

| 岩種     | Rcg<br>(mmol/L) | Scg<br>(mmol/L) | 化学法 Sc<br>(mmol/L) | 骨材質量<br>減少率(%) | 溶出シリカ<br>質量(g) | 骨材質量<br>減少量(g) |
|--------|-----------------|-----------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|
| 砂岩碎石   | 44.7            | 19.0            | 27.9               | 0.0539         | 0.57           | 0.54           |
| チャート玉石 | 53.7            | 81.2            | 259.6              | 0.2441         | 2.44           | 2.44           |
| 安山岩碎石  | 106.9           | 566.7           | 597.4              | 1.5976         | 17.04          | 15.96          |

【0068】

【表7】

| 岩種     | Rcg<br>(mmol/L) | Scg<br>(mmol/L) | 化学法 Sc<br>(mmol/L) | 骨材質量<br>減少率(%) | 溶出シリカ<br>質量(g) | 骨材質量<br>減少量(g) |
|--------|-----------------|-----------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|
| 砂岩碎石   | 52.2            | 54.1            | 27.9               | 0.119          | 1.63           | 1.19           |
| チャート玉石 | 88.9            | 376.6           | 259.6              | 0.9761         | 11.34          | 9.76           |
| 安山岩碎石  | 133.5           | 897.1           | 597.4              | 2.421          | 27.05          | 24.23          |

【0069】

【表8】

| 岩種     | Rcg<br>(mmol/L) | Scg<br>(mmol/L) | 化学法 Sc<br>(mmol/L) | 骨材質量<br>減少率(%) | 溶出シリカ<br>質量(g) | 骨材質量<br>減少量(g) |
|--------|-----------------|-----------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|
| 砂岩碎石   | 79.8            | 184.4           | 27.9               | 0.4211         | 5.55           | 4.21           |
| チャート玉石 | 115.5           | 777.5           | 259.6              | 2.1114         | 23.43          | 21.11          |
| 安山岩碎石  | 168.2           | 912.8           | 597.4              | 2.4283         | 27.45          | 24.31          |

【0070】

図5に示すように、骨材質量減少量と溶出シリカ質量との比は、ほぼ1であった。この

ことから、本実施例のアルカリ処理により骨材から溶出したアルカリ可溶成分の大部分がシリカ ( $\text{SiO}_2$ ) であり、骨材質量減少量と溶出シリカ質量とを同視できることが明らかとなった。溶出シリカ質量が多いほど骨材のアルカリシリカ反応性が高くなり、溶出シリカ質量が少ないほど骨材のアルカリシリカ反応性が低くなるので、骨材質量減少量を指標とすれば、骨材のアルカリシリカ反応性を判定できると考えられる。

#### 【0071】

図6から、下記式(1)が成立することが明らかとなった。

$$Rc = Rc_g \cdot \dots (1)$$

図7から、下記式(2)が成立することが明らかとなった。

$$\text{骨材質量減少率} = Sc \times 0.004 \cdot \dots (2)$$

上記式(2)から下記式(3)が導き出された。

$$\begin{aligned} Sc &= 250 \times \text{骨材質量減少率} \\ &= 25000 \times \text{骨材質量減少量} / \text{反応前骨材質量} \cdot \dots (3) \end{aligned}$$

JIS-A1145の化学法では、下記式(4)が成立する場合に、骨材のアルカリシリカ反応性が低いと判定できることが知られている。

$$Rc / Sc = 1 \cdot \dots (4)$$

したがって、上記式(4)に上記式(1)及び(3)を代入することにより得られた下記式(5)は、骨材のアルカリシリカ反応性が低い場合に成立することが明らかとなった。

$$(Rc_g / \text{骨材質量減少量}) = (25000 / \text{反応前骨材質量}) \cdot \dots (5)$$

すなわち、骨材質量減少量及び  $Rc_g$  を測定すれば、骨材のアルカリシリカ反応性を判定できることが明らかとなった。なお、骨材質量減少量は反応前骨材質量から反応後骨材質量を差し引くことにより求められるものなので、骨材質量減少量を測定するにあたり反応前骨材質量も測定されることとなる。

#### 【0072】

##### 〔実施例4〕

##### (1) 代表試料の調製

実施例1と同様の方法により、種々の骨材(砂岩碎石、チャート玉石及び安山岩碎石)の代表試料を調製した。

#### 【0073】

##### (2) 骨材試料とアルカリとの反応

1Lのポリ容器に、代表試料から計り取った骨材試料1000gと1NのNaOH水溶液500mLを入れ、蓋でポリ容器を密閉した。そのポリ容器をウォーターバスに入れ、水を適量満たして40℃になるようにセットした。24時間後、ポリ容器を取り出して流水を用いて室温まで冷却し、試料原液とした。

#### 【0074】

##### (3) 溶解シリカ量の定量

得られた試料原液について、実施例1と同様の方法により溶解シリカ量( $Sc_g$ )の定量を行い、上記と同様に溶出シリカ質量を算出した。

#### 【0075】

##### (4) 骨材質量減少量の定量

煮沸後の試料原液について、実施例1と同様の方法により骨材質量減少量の定量を行った。

#### 【0076】

$Sc_g$  (mmol/L)、溶出シリカ質量(g)及び骨材質量減少量(g)を表9に示す。また、骨材質量減少量と溶出シリカ質量との関係を図8に示す。なお、図中「A」は安山岩碎石の骨材質量減少量と溶出シリカ質量との関係を、「B」はチャート玉石の骨材質量減少量と溶出シリカ質量との関係を示す。

#### 【0077】

10

20

30

40

【表 9】

| 岩種     | 煮沸時間(h) | Scg(mmol/L) | 溶出シリカ質量(g) | 骨材質量減少量(g) |
|--------|---------|-------------|------------|------------|
| 安山岩碎石  | 24.0    | 16.8        | 0.51       | 0.66       |
| 安山岩碎石  | 72.0    | 55.4        | 1.67       | 1.09       |
| チャート玉石 | 72.0    | 8.5         | 0.26       | -0.11      |
| チャート玉石 | 168.0   | 16.4        | 0.49       | 0.47       |

10

## 【0078】

図 8 に示すように、骨材質量減少量と溶出シリカ質量との比は、ほぼ 1 であった。このことから、本実施例のアルカリ処理により骨材から溶出したアルカリ可溶成分の大部分がシリカ ( $\text{SiO}_2$ ) であり、骨材質量減少量と溶出シリカ質量とを同視できることが明らかとなった。溶出シリカ質量が多いほど骨材のアルカリシリカ反応性が高くなり、溶出シリカ質量が少ないほど骨材のアルカリシリカ反応性が低くなるので、骨材質量減少量を指標とすれば、骨材のアルカリシリカ反応性を判定できると考えられる。

## 【産業上の利用可能性】

## 【0079】

本発明の試験方法及びスクリーニング方法は、生コンクリート工場、骨材生産場等の骨材を取り扱う現場において骨材を日常管理する際に有用である。

20

## 【図面の簡単な説明】

## 【0080】

【図 1】実施例 1 で求められた骨材質量減少量と溶出シリカ質量との関係を示す図である。

【図 2】実施例 2 で求められた骨材質量減少量と溶出シリカ質量との関係を示す図である。

【図 3】実施例 2 で求められたアルカリ消費量 ( $Rc_g$ ) と、JIS - A 1145 に規定される化学法により求められたアルカリ消費量 ( $Rc$ ) との関係を示す図である。

【図 4】実施例 2 で求められた骨材質量減少率と、JIS - A 1145 に規定される化学法により求められた溶解シリカ量 ( $Sc$ ) との関係を示す図である。

30

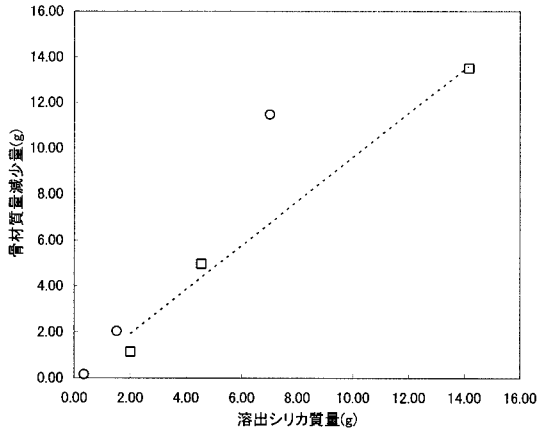
【図 5】実施例 3 で求められた骨材質量減少量と溶出シリカ質量との関係を示す図である。

【図 6】実施例 3 で求められたアルカリ消費量 ( $Rc_g$ ) と、JIS - A 1145 に規定される化学法により求められたアルカリ消費量 ( $Rc$ ) との関係を示す図である。

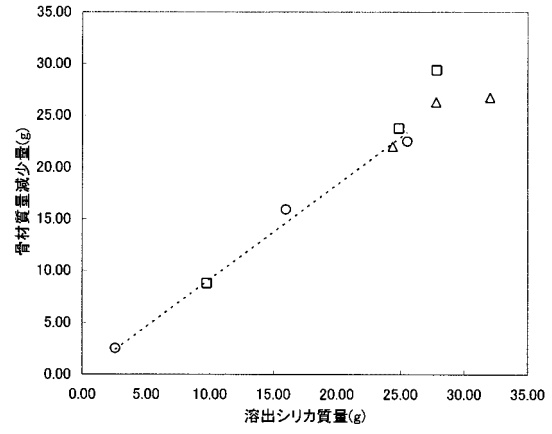
【図 7】実施例 3 で求められた骨材質量減少率と、JIS - A 1145 に規定される化学法により求められた溶解シリカ量 ( $Sc$ ) との関係を示す図である。

【図 8】実施例 4 で求められた骨材質量減少量と溶出シリカ質量との関係を示す図である。

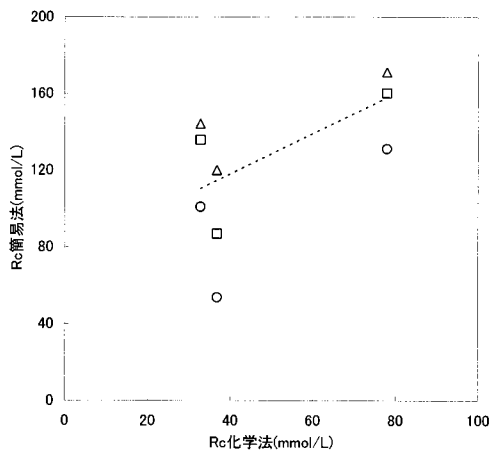
【 図 1 】



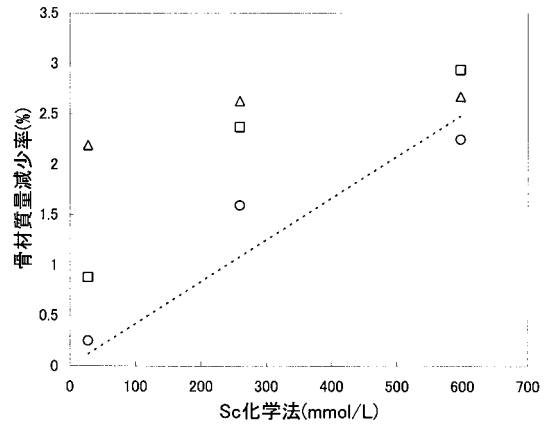
【 図 2 】



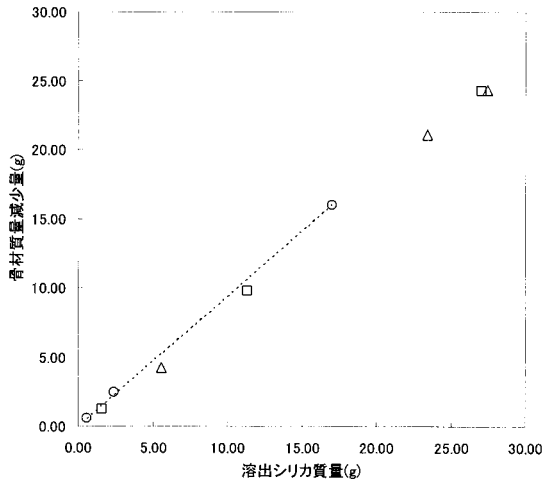
【 図 3 】



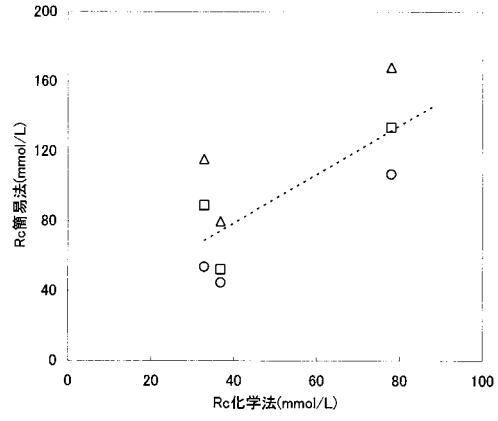
【 図 4 】



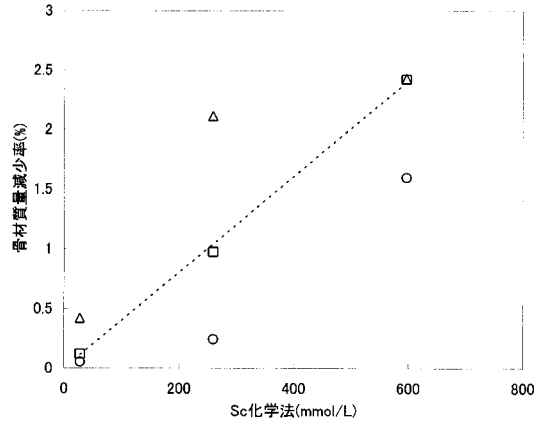
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】

