

やさしい灰溶融入門

第 2 話 塩基度って何？…問題の周辺から…

かめやまどの 亀山殿の池⁽¹⁾に、おほゐ 大井川の水をまかせられん⁽²⁾とて、おほゐ 大井の土民におほせて、みづぐるま 水車
を作らせられけり。多くのあし 足⁽³⁾を賜はりて、ひかずへ 日数経て営みいだしてかけたりけるに、
おほかためぐ 巡らざりければ、とかくなほしけれども、つひにまは 廻らで、いたづらに⁽⁴⁾立て
りけり。

さて、うじ 宇治の里人⁽⁵⁾を召して調ぜさせられければ、やすらかに結ひてまゐらせたり
けるが、おも やう めぐ 思ふ様に巡りて、水を汲み入ること、めでたかりけり。よろづ 万にその道を知
れるものは、やんごとなきものなり。 徒然草 第 51 段

- (1) 後嵯峨上皇から亀山法王の離宮。今の天竜寺の池。
- (2) 引き入れようと
- (3) お足、金
- (4) 用をせず、むだに。
- (5) 京都の南。水郷で水の扱いになれている。

現代語訳^{*1}

亀山殿の池に、大井川の水を引かれようとして、付近の土地の百姓に言いつけて、水車をお作らせになった。多額のお金を下さって数日かけて念入りに作り上げ、仕掛けてみたところ、一向に廻らなかったの、あれこれ直したけれど、とうとう廻らないで、使い物にならず立っていた。そこで、水車になれた宇治の里人を召し出して、こしらえさせなされたところ、何の苦もなく組み立てて差上げたのに、思う通りに廻って、水を自由に汲み上げること、実に結構であった。何事につけても、その道の専門のこつをわきまえているというのは尊重すべきことである。

清掃研究所を分離し、アウトソーシングと称して現場を委託化して、技術・技能を持った職員を住みにくくしている方々には理解しにくいかも知れない。技術屋の端くれとして、こつをわきまえた存在でありたいと思う。

※ 1 講談社文庫 徒然草 川瀬一馬校注 現代語訳

1. JIS A5031:2006 一般廃棄物、下水汚泥又はそれらの焼却灰を熔融固化したコンクリート用熔融スラグ骨材

の序文には、「この規格は、一般廃棄物、下水汚泥又はそれらの焼却灰を熔融固化したコンクリート用熔融スラグ骨材について、品質、試験方法、検査、表示及び報告、並びにコンクリートへの適用範囲などを規定するものである。」となっている。

本来、この JIS には「解説」が付いているのだが、一般の人に分かるように平易に書かれているとは言い難い。この規格の原案作成委員会には、元清研の A 氏も入っていたので、解説するのは痴がましい^{おこ}*2 が、退職された A 氏に代わりに誤解を恐れず平たく説明したいと思う。

2. 適用範囲

「この規格は、一般廃棄物、下水汚泥又はそれらの焼却灰を 1,200℃以上の高温で熔融し、冷却固化したコンクリート用熔融固化骨材（以下、熔融スラグ骨材という。）について規定する。」となっている。埋め戻し材として利用は考えられていないが、使用してはいけないとはなっていない。しかし、「コンクリート用熔融スラグ骨材」という JIS の標題からして用途は限定されているようである。

3. 引用規格

同 JIS の引用規格には、「JIS A1102 骨材のふるい分け試験方法」の土木及び建築の A 系列から 14 本、K 系列の化学から 7 本、Z その他の系列から 1 本、合計 22 本の JIS が引用され、この規定の一部を構成している。これだけの規格を全部読破して、理解している人は少ないと思われる。

4. 種類

は、大きさによる種類分けなので、読めば素直に分かるので省略する。

5. アルカリシリカ反応性による区分

熔融スラグ骨材のアルカリシリカ反応性による区分は表-3 によるとなっている。

表-3 アルカリシリカ反応性による区分

区分	摘要
A	アルカリシリカ反応性試験結果が、“無害”と判定されたもの。
B	アルカリシリカ反応性試験結果が、“無害でない”と判定されたもの。又はこの試験を行っていないもの。

※2 身のほどしらずで、なまいきである。

しかしながら、同 JIS の解説を見ても、JIS A1146 骨材のアルカリシリカ反応性試験方法（モルタルバー法）によって測定すること。使用に当たっては、アルカリシリカ反応性の抑制効果のある対策を講じること。とあるだけで、アルカリシリカ反応とは何かという、素朴な質問には何も答えていないので、「平成 8 年度東京都清掃研究所研究報告 第 26 号 スラグ粒径の特性値に及ぼす影響 T.S ほか から、一部引用したい。『モルタルの膨張の理由として、1 つにはアルカリ骨材反応が知られている。これは骨材中（スラグ中）のある種のシリカ物質とセメント中のアルカリ金属イオン^{※3}が、化学反応を起こしてアルカリシリケート^{※4}化し、このゲル^{※5}が水分を吸収して著しく膨張するという現象がある。』

この研究報告も JIS に反映していないのは残念である。

その他に、フリー百科事典『ウィキペディア（Wikipedia）』から一部引用する。

『アルカリ骨材反応（あるかりこつざいはんのう）とはコンクリートにおける劣化現象の一つである。コンクリートに含まれる、アルカリ分が、骨材（砂利や砂）の特定成分と反応し、異常膨張やひび割れなどを引き起こす。アル骨と略されることもある。』

詳しくは、リンクを張っておいたので、インターネット上の百科事典「ウィキペディア」等で調べてもらいたい。

6. 有害物質の溶出量及び含有量

溶出試験は JIS K0058-1 により、含有試験は JIS K0058-2 によると規定されている。含有量といっても試験方法は、一般的なものと大きく異なるので、次回以降で解説する予定である。それらの結果は表-4 の規定を満足することが求められている。

ちなみに、溶出試験の数値は土壤に係わる環境基準と同じである。

※3 アルカリ金属とは周期律表第 I 族のリチウム Li、ナトリウム Na、カリウム K、ルビジウム Rb、セシウム Cs、およびフランシウム Fr の 6 元素をアルカリ金属と総称する。ここでは、ナトリウムとカリウムが主であると考えられる。

※4 珪酸ソーダ Na_2SiO_3 のようなアルカリ金属の珪酸塩と思われる。

※5 ゼリー状固体のコロイド溶液をゲルとよぶ。コロイド溶液とは $10\sim 1000\text{Å}$ (10^{-10} メートル) の粒子（コロイド粒子）が液体中に分散しているものである。ゲルは、多数のコロイド粒子が結びついて網目構造をつくり、その間に溶媒分子を含んだ構造をしている。

吸湿剤のシリカゲルが有名。

表-4 有害物質の基準

項目	溶出量基準	含有量基準
カドミウム	0.01 mg/l以下	150 mg/kg 以下
鉛	0.01 mg/l以下	150 mg/kg 以下
六価クロム	0.05 mg/l以下	250 mg/kg 以下
ひ素	0.01 mg/l以下	150 mg/kg 以下
総水銀	0.0005 mg/l以下	15 mg/kg 以下
セレン	0.01 mg/l以下	150 mg/kg 以下
ふっ素	0.8 mg/l以下	4000 mg/kg 以下
ほう素	1.0 mg/l以下	4000 mg/kg 以下

7. 塩基度って何

JIS A5031:2006 には、塩基度の定義は掲載されていない。当業界では重量%表示の分析結果について CaO/SiO_2 の値を塩基度と定義している。

ちなみに、表-2」についてスラグ 1～6 まで個々に塩基度を計算し平均すると約 1.3 となる。

セメント業界、鉄鋼業界それぞれに塩基度の定義は異なり、鉄鋼業では、簡便な CaO/SiO_2 を使うことが多いが、 $\text{CaO}/(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)$ や $(\text{CaO} + \text{MgO})/(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)$ を使うこともある。セメント業界においては、 Al_2O_3 が活性なため $(\text{CaO} + \text{MgO} + \text{Al}_2\text{O}_3)/\text{SiO}_2$ が用いられる。(JIS A6206)

表-5 スラグの分析結果と塩基度(重量%表示)

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	Na_2O	K_2O	SO_3	Cl	塩基度
スラグ 1	47.1	18.6	1.0	21.3	7.2	4.8	0.0	0.0	0.45
スラグ 2	46.8	18.9	0.9	21.8	7.0	4.5	0.0	0.0	0.47
スラグ 3	25.3	13.3	0.7	57.6	2.1	0.6	0.4	0.1	2.27
スラグ 4	32.7	24.0	5.1	36.2	1.3	0.7	0.0	0.0	1.11
スラグ 5	21.1	9.3	0.1	67.3	0.1	1.0	0.9	0.0	3.18
スラグ 6	66.3	1.6	0.1	15.5	12.6	3.8	0.1	0.0	0.23
平均	39.9	14.3	1.3	36.6	5.1	2.6	0.3	0.0	1.29

第1話の表-2に塩基度を追加すると、表-5となる。

以上

< 次回の予定 当面の対策 >