

セメント技術の動向：日本のセメントの将来を悲観して

東京工業大学 理工学研究科 材料工学専攻 大門正機
応用セラ研 セキュアマテリアル研究センター兼務

隣国の友人たちへ：まえがきの前書として

宋先生からお招きの電話を5月28日(日)にいただきました。4月に久しぶりで訪韓した折の“約束”ではありましたが、今回は講演をする自信がなく、お引き受けするか否か逡巡しました。どのようなセメントの話をしたらよいか、思いつかなかったのです。今、日本では、いろいろなことがうまく進んでいないからです。

何をお話したらよいか、自宅で考え始めていましたら、テレビが李朝家具とか浅川巧をとりあげていました。創設70周年の日本民藝館を思い出しました。悲観的にばかりなっているも仕方がなく、目先の効果や成功・失敗に囚われず、長い目でみる必要があると感じました。今、私が日本で日本人として、セメントに感じている気持ちをそのままお伝えしようと思ひに至りました。不真面目な稿だと思われるかもしれませんが、しかも、時間があまりなくて推敲も十分にはできませんでした。

2000年の秋に、人間ドックで癌が見つかり、重い気持ちで訪韓しました。おかげさまで、術後経過は順調で、昨年暮れには5年生存を達成しました。しかしながら、この数年間は、個人的には2度目の癌手術を受け、母国のセメントにも先行きの暗さを感じます。たとえば、「高炉スラグを使ったコンクリートが著しくひび割れしやすい」との評価が固まってしまいつつあります。セメント原料の多様化にともない、空隙質相が質量ともに変化しようとしている現状を知つてか知らずか、旧態依然の粉末度合戦、初期強度競争です。それだけでも困ったことですが、高炉スラグやスラグセメントまでもが、粉末度競争に巻き込まれている。これでは、スラグセメントは悪いほうへ、悪いほうへと進んでしまいます。

日本のセメントの将来に悲観した私は、恩師近藤先生の助けを得られないか、と考えました。仲間たちによって、近藤・大門賞が始まりました。後進技術者たちのハゲミになるような“賞”にしたいと考えました。そして、マジメに研鑽して技術的課題に正面から取り組んで成果をあげた技術開発者を表彰することとしました。恩師が逝去して四半世紀が経った04年の5月22日が第一回の表彰式でした。第一回は、ピーライトセメントの原田宏さんたち、第二回はナトム工法用急結セメントで平野健吉さんたち、今年第3回で、ポリカルボン酸系分散剤の太田晃さんたちに、多くの仲間の“気持ち”を授賞いたしました。本賞の表彰式は、単に「過去の業績」を讃えるのみではなく、むしろこれからの技術展開に考えを巡らすことを主眼としています。表彰式での議論の過程で、「空白の十年と称される期間中にも、仲間の技術屋たちは、今後に資する技術開発を着実に進めていた。」との思いを強めています。



柳宗悦(やなぎ・そうえつ/1889-1961)は、大正末期に「民藝運動」を推進した近代日本を代表する思想家の一人です。雑誌「白樺」の創刊に加わり、ロダンなどの西洋美術を紹介しましたが、浅川巧・伯教兄弟を通じて朝鮮陶磁器と出会い、彼の関心は西洋美術から東洋美術へと移りました。朝鮮文化への関心は、1924年に朝鮮民族美術館設立へと結実しました。1925年、東工大卒業生の浜田庄治や河井寛次郎と、「民藝(民衆的工藝)」の新語を生み出し、翌年「日本民藝美術館設立趣意書」を発表しました。

美の対象として顧みられることのなかった民藝品の中に、「健康な美」「用の美」「美の生活化」といった、人間生活に欠かせない大切な美の相が豊かに示されていることを発見し、そこに最も正当な工芸の発達を見たのです。風土と伝統の力に護られ、自然の恵みを受けながら、虚心に仕事をする無名の職人の手になる美です。

<http://www.mingeikan.or.jp/>

まえがき

日本はバブル崩壊によって第2次世界大戦で蒙った損失額に匹敵する10兆ドル近い損失を出したといわれる。これを償うのは、誠実・堅実な技術開発者たちの健康な情熱と努力のみであろう。日本人は技術レベルを低下させてはならない。民族も国家も個人も、それぞれの特徴を活かさなくてはならない。日本人の特徴は、几帳面に良いものをつくる職人魂である。この十数年間、日本の“職人”たちは必ずしも大切にされなかった。技術開発どころか技術伝承も危なくなり、安全まで割り込む事態に陥っている。そのような中でも、着実な技術開発が進んでおり、今後の日本を支える支柱となると信じたい。本稿は、コンクリートの安全と信頼を支える材料技術として、AE減水剤と膨張材を中心に述べる。

環境負荷低減とセメント¹⁾

5月20日の第3回 近藤・大門賞表彰式では、尾花博さんに特別賞が贈られた。「東京たまエコセメント化施設が完成し5月11日記念式典が開かれた。」とのニュースに表彰式の直前に接し、難産に苦しんだ関係技術陣の喜びを分かちあいたい、と選考委員会は思ったのである。

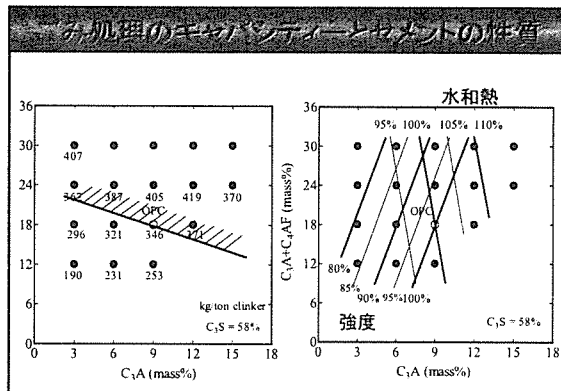
セメントが護美箱として、地球環境と社会環境を護ろうと提案して10年以上が過ぎた。ゴミパコなどと「けしからん」との批判を受けたが、今では様変わりしてセメント=環境が叫ばれる。セメント中のアルミナ成分量が増加した場合の問題点を早く解決し、護美箱としての役割の果し方を確定したい。その上で、セメントによる環境負荷低減活動を次の段階に移行するべき時期である。

ポリカルボン酸系AE減水剤²⁾

第3回 近藤・大門賞は「ポリカルボン酸系AE減水剤の材料設計と商品開発」と題し、異なる企業に属する6人の技術者たちが受賞した。企業は熾烈に競争しているが、技術者はむしろ互いに切磋琢磨して、技術レベルを向上させてきた。このような表彰は問題視されるか、と心配したが、「案ずるより産むが易し」たいへん楽しい半日となった。太田晃さんと坂井悦郎さんの講演とその後の討論は、今後に大きく資するものであった。

レゴブロックのように容易に化学構造を変えて性能設計ができる。今後も様々なマーケットニーズに答える材料設計・商品開発が試みられるであろう。しかし、要求性能の高度化などに伴い、今後の研究開発は困難さを増すと指摘された。セメントと剤との相性問題、骨材資源の問題などを乗り越えていくためには、受賞者諸兄につづく若手諸氏の研鑽に期待したい。

ポルトランドセメントの平均粒径は10 μmほどであるが、分散・凝集・流動性に影響するのは1 μm程度の粒

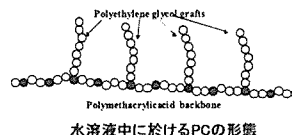


分散剤の分子形状と分散特性

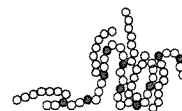
	主鎖長	側鎖長	側鎖密度
低分散性	長く	短く	狭く
高分散性 低分散保持	短く	長く	広く
高分散性 高分散保持	より短く	長く	狭く

液相中のイオン濃度の影響

PCの溶液中に於ける分子形態がイオンの影響を受け、吸着性状に影響を与える



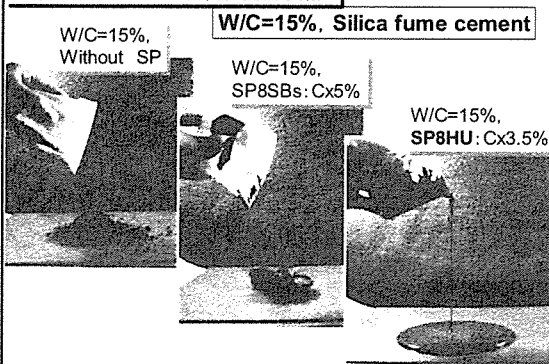
水溶液中に於けるPCの形態



アルカリ性、高濃度硫酸イオン環境下におけるPCの形態

製品化適用例

(超高強度コンクリート用高性能減水剤)



子群である。質量分布では10 μmが平均であっても、粒子数分布では1 μmが平均になる。さらに、「1 μm 粒子群」の化合物組成は著しく空隙質に偏る。活発な議論の結論は、剤屋とセメント屋との“競力”が今後のセメント技術の進展を支配することであった。

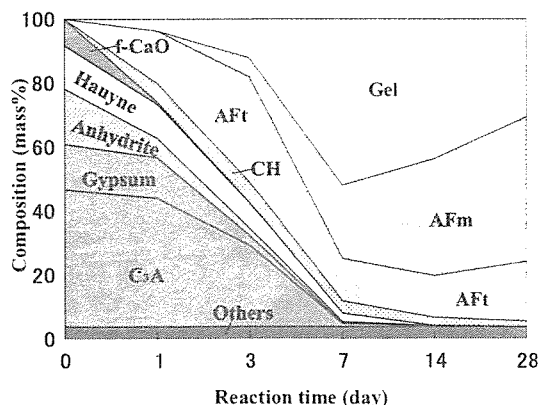
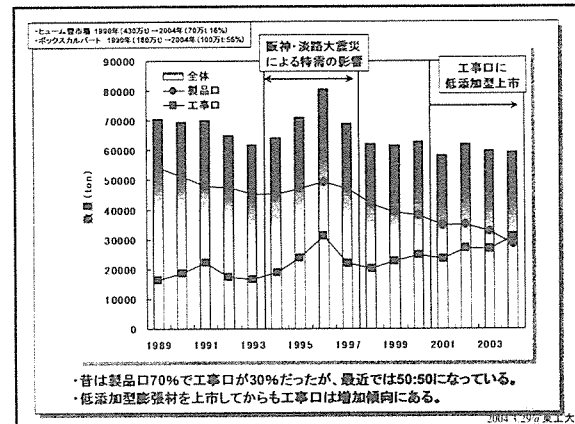
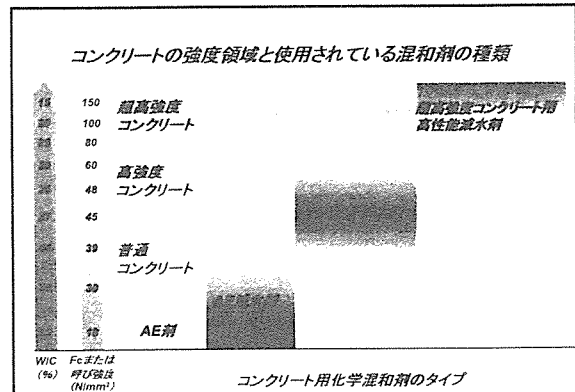
高強度コンクリートが健全に進展するために解決すべき技術テーマは多い。剤とセメントの相性問題などは永遠の研究テーマであろう。一方、骨材事情は非常に悪化しており、通常コンクリートの作業性を維持することも課題である。たとえば、「エコセメントと分散剤の相互作用」は、剤屋とセメント屋との“競力”の例題として格好な研究テーマである。エコセメントのアルミネート相はポルトランドセメントとは質・量ともに異なる。将来のポルトランドセメントの組成に類似しているかもしれない。

膨張コンクリート^{3,4)}

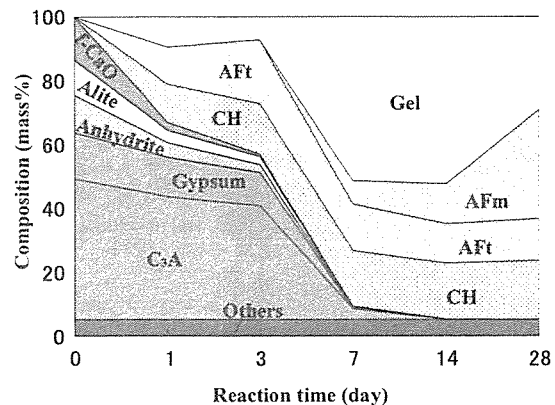
コンクリートに耐久性や信頼性を持たせるためには、すなわち安全なコンクリート構造物を実現するために、ひび割れ管理が必須条件であり、膨張性混和材の技術が不可欠である。ここ数年の研究により、膨張材反応の全体像解明に向けて大きい前進があった。さらにその研究成果に基づいて、材料設計の思想が明確化され、格段に高性能な膨張材が開発され、商品化に至っている。コンクリートの信頼性を高め、安全なコンクリート構造物を得るために、使い易くなった膨張材が広範囲に活用されることが望まれる。

現在、日本では、2種類の膨張材が使われており、教科書も石灰系膨張材(FLE)とカルシウムサルホアルミネート(CSA)系の膨張材を紹介している。その説明によれば、前者はCaOが水和してCa(OH)₂を生成する反応を利用しており、ポルトランドセメントクリンカーに細かいCaO結晶を封入したクリンカーが使われている。これに対し、後者では、水和反応によりエトリンガイト結晶を生成し硬化体を膨張させる。

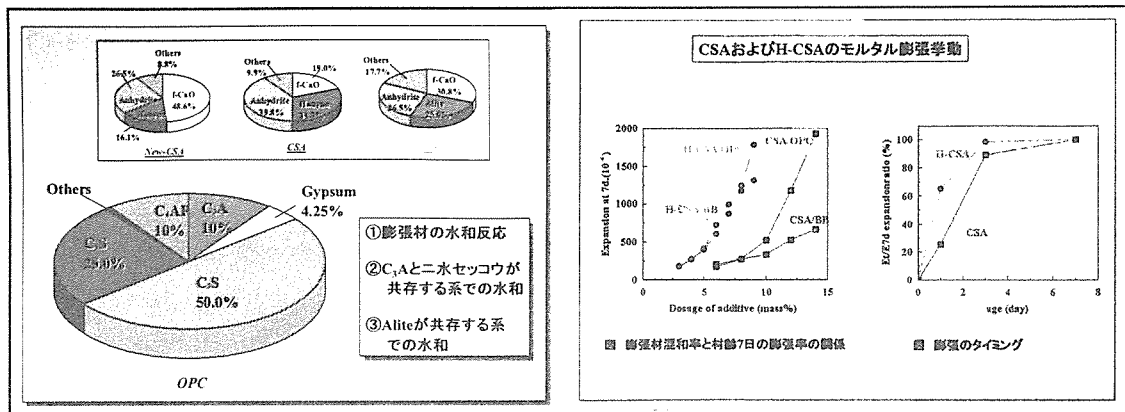
膨張材単独の水和反応を調べた結果は、概ね教科書の記述を裏書きするものであった。ポルトランドセメント中のアルミネート相とセッコウを考えにいれて、重量比で、アルミネート相と膨張材とを42.8づつ、セッコウを14.4の混合系でおこなった実験の結果では、両者の差違はそれほど大きくはなかった。すなわち、いずれの膨張材もポルトランドセメント中のアルミネート相とセッコウの存在を想定して材料設計がなされ



CSA の水和にともなう相組成の変化



FLE の水和にともなう相組成の変化



従来の膨張材に比べて格段に高性能な膨張材を開発するべく、セメント中のアルミネート相をも考えに入れて材料設計がなされた。遊離石灰の含有量をなるべく大きくし、無水セッコウ量をできるだけ維持しながら、アウイン量をどこまで少なくできるか。アウインー無水セッコウが焼成時には融液として存在し、その融液中で遊離石灰結晶を数ミクロンに成長する。得られた膨張材は、三分の二量の混和で従来と同様に膨張するとともに、スラグセメントに対しても膨張力が極端に低下しない。

高炉スラグの適正な利用⁵⁾

スラグを使ったコンクリートは著しくひび割れやすい、との評価が定まりつつある。古くからスラグ利用の基礎研究を行ってきた者から見れば濡れ衣である。使い方が間違っているのだ。スラグを過剰粉砕して初期強度を高めれば、ひび割れ易くなるのは周知である。ポルトランドセメントも微粉化が行き過ぎているが、スラグまで粉末度競争に巻き込まれては、あいた口がふさがらない。これまで訪韓のたびにスラグ利用に関して講演してきたが、母国の様子がこうでは汗顔の至りである。先に、ISOの規格を導入して、それをチャンスに普通セメントを低強度化して高流動性化の流れをつくろう、と主張したが、完全敗退した。その後、日本のセメントは、ますます間違った方向へ進んできた。

一方で、粉末度を低めに留めると同時に、SO₃量を増やすことにより、スラグを有効に使う提案もなされている。作業性を高めるとともに、若干の膨張性を併せ持たせて、耐久性、信頼性に優れたコンクリートをつくろうとの提案である。ユーザー支持が集まり始めていて、利用が広がりつつあると聞いている。

あとがき

日本のセメントの現状は大変に心配である。東京工業大学の先輩たちが「民芸運動」で希求した「健康な美」「用の美」を思い出したい。誠実・堅実な日本の技術者たちが、「健康な技術」「技術の美しさ」を実現することを夢見たい。本稿は、主観的に過ぎ、誠実・堅実な技術論からは程遠い。お叱りを受ける覚悟で、両国の技術者たちが、今後の方向性を共に考え、悩みつつ“競力”して進んで行く契機となると夢想している。

論文リスト

- 1) 多摩環境新時代へ、セメント・コンクリート、No.710, Apr. 2006 pp.16-17 (2006)
- 2) 盛岡実・萩原宏俊・姜珍圭・大場陽子・坂井悦郎・大門正機：遊離石灰含有量の多いカルシウムサルホアルミネート系膨張材の水和反応、無機マテリアル、Vol.7, No.8, pp.99-106 (2000)
- 3) 盛岡実・萩原宏俊・中島康宏・坂井悦郎：膨張材と水和反応機構と材料設計に関する研究、セメント・コンクリート、No.660, 55-61 (2002)
- 4) 太田晃：土木・建築分野で利用されている最近の高分子系分散剤、無機マテリアル、Vol.12, No.8, pp.448-454 (2005)
- 5) 宮澤伸吾ら：第60回セメント技術大会、講演要旨集、No.106, 107, 108, 113、06年5月 東京