

【産業技術の省エネルギーへの挑戦】

セメント産業の省エネルギー

山岸 千丈
(化学工学会SCE・Net)

【講義目標】

セメントおよびその製造技術、日本のセメント産業が世界一のエネルギー原単位を誇っている現状・理由を説明し、セメント産業が省エネルギーと地球温暖化対策とを密接に結びつけ資源循環型システムを形成している現状を紹介する。

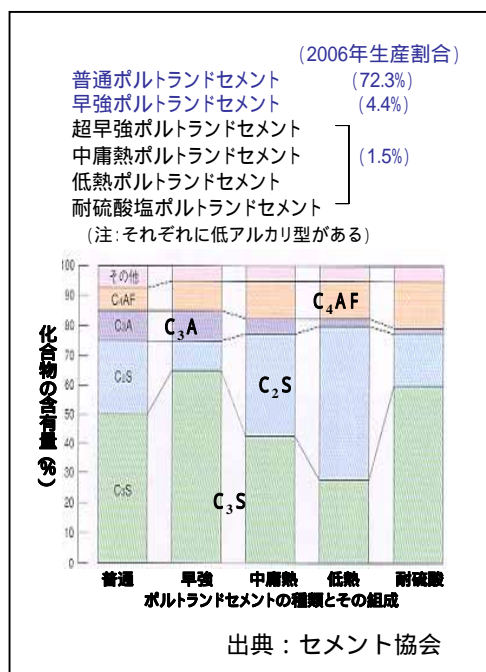
【講義概要】

1. セメント概論

セメント(cement)とは、物と物とを結合あるいは接着させる性質のある物質を意味しているが、一般に無機系水硬性接着剤で量的に最も多く使われている普通(ポルトランド)セメントを指している。

ポルトランドセメント(Portland Cement)は、石灰石、粘土、珪石、鉄原料を必要な化学組成比になるように調合・粉砕し、およそ 1450 位で焼成して得られたクリンカーに、凝結速度制御用の石膏を加え微粉砕して製造される。特性によりJISでは6種類が規定され、夫々に低アルカリ型が規定されているので12種類有ることになる。主成分はCaO、SiO₂、Al₂O₃、Fe₂O₃、で、これらがエーライト(3CaO・SiO₂、C₃Sと略記)、ビーライト(2CaO・SiO₂、C₂Sと略記)、アルミネート(3CaO・Al₂O₃、C₃Aと略記)、フェライト相(4CaO・Al₂O₃・Fe₂O₃、C₄AFと略記)などの水硬性鉱物を形成しており、これらの含有割合を変えることで前記6種類のポルトランドセメントが製造される。

このほかに高炉セメント、フライアッシュセメント、シリカセメントといった、普通ポルトランドセメントに混合材を加えて製造される混合セメントがあり、混合割合で夫々3種類がJISで規定されている。



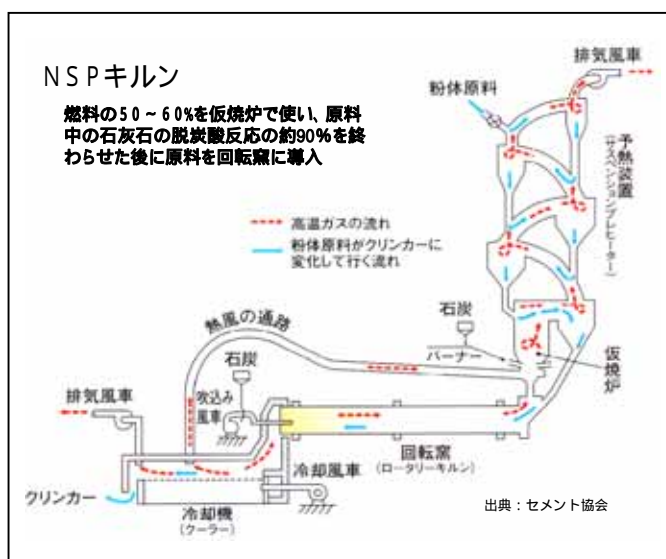
2006年の国内セメント生産量(6,981万t)の72.3%が普通ポルトランドセメントで、早強ポルトランドセメントが4.4%、その他のポルトランドセメントが1.5%、高炉セメントが21.0%、フライアッシュセメントが0.2%であり、市場に流通しているのは普通、早強、高炉の3種といえる。これらセメントの用途は8割強がコンクリートで、その他は左官材料、地盤改良材用などが夫々約1割である。

2. セメント製造工程の省エネルギー

セメントを製造するには熱と電力をエネルギーとして使用するが、エネルギー原単位は日本を100とすると、米国177、西欧130、中国152、韓国131と世界で日本が一番少なく、省エネが進んでいる。ここで原単位とはセメント(又はクリンカー)を1トンを生産するのに必要な量といい、原料原単位、燃料原単位、電力原単位といったものがある(混合セメントの生産では焼成燃料を使わない混合材を約4割混ぜるので、燃料原単位を比較する時には、これらの生産量に影響されないクリンカーベースの原単位を使うことが多い)。セメントのような装置産業ではエネルギー原単位は生産装置でほぼ決まり、例えば燃料原単位はセメントを焼成するキルン様式でほぼ決まる。日本が世界一のエネルギー原単位を誇るのは、細長い島国なので船でセメントを国内どこへでも運べるためにメーカー間の競争が激しく、高度成長期にSPキルンへの転換が始まり石油危機を契機にいち早く燃料原単位が低いNSPキルンへの転換や、電力原単位の低い粉砕機への転換が進んだためである。キルン様式とクリンカーベースの燃料原単位(MJ/t-cl)を比較すると、乾式ボイラー付きキルン6400、湿式ロングキルン5400、レポールキルン3600、SPキルン3140、NSPキルン3100である。

SPキルン(サスペンションプレーヒーター付きキルン)は回転窯に多段式サイクロン(通常4段)熱交換器を付けたキルンで、表面積の大きい粉末との熱交換なので熱交換効率が著しく良く、原料石灰石の50%が脱炭酸反応を終わってキルンに入っていく。NSPキルンはSPキルンのプレヒーターとキルン間に気流式仮焼炉を取り付けたもので、ここで原料中の石灰石の脱炭酸反応の約80~90%を終わらせた後に、原料をキルンに導入するのが特徴で、仮焼炉の燃焼用空気はクーラー排気を利用し、総燃料の60%を気流式仮焼炉で燃焼させている。

最新の工場では原料の粉砕には縦型ミルを使っており、この原料ベースの電力原単位は24kw/r-tで、以前のコンビネーションミルの約7割である。またクリンカーの粉砕には予備粉砕機付きのチューブミルを使い2



割弱の電力原単位の低減を図っている。

3. 地球温暖化対策

従来、省エネルギーはコスト低減のために行われてきた。しかし、これからは地球温暖化対策の視点から考えていく必要がある。セメント産業は日本のCO₂排出量の4%強を占めているが、セメント製造工程のCO₂総発生量の59%は原料の石灰石の分解による原料起源のCO₂である。1997年の京都COOP3以後、経団連が中心となって自主行動計画を作成し毎年フォローアップを行っているが、セメント産業もこの中に加わり、省エネルギー設備の普及推進、廃棄物燃料の使用拡大、その他廃棄物の使用拡大、混合セメントの生産比率拡大を図ることとして、「2010年度におけるセメント製造用エネルギー原単位を1990年度比3.8%低減させる(エネルギー原単位目標値3,451 MJ/t)」という目標を立てたが、2003年には目標値を達成している。

4. 資源循環型システムへの貢献

セメント産業では多くの廃棄物を原燃料として使うことができる。その理由は、

- 1) セメントの成分(CaO、SiO₂、Al₂O₃、Fe₂O₃)はクラーク数が高い元素の酸化物で、灰や汚泥等廃棄物中の無機成分もこれら酸化物である。
- 2) セメントには微量で品質に著しく悪影響を与える成分がない。
- 3) 生成反応が約1000の脱炭酸反応と高温(1450)の焼成反応の2段階で、低発熱量のものでも熱量の一部として利用できる。
- 4) ダイオキシンやフロン等の有機有害物は高温のキルン内で分解し無害化される。
- 5) セメントは大量に生産されて

いる。

などである。それで、セメント産業ではセメント工場を中心とした資源循環型システムを形成し、地球温暖化防止、天然資源の温存、埋立処分場の延命に貢献している。

地殻中には僅かながら重金属などの元素が存在するため、天然資源だけを用いてセメントを製造していた時代からセメントには重金属などの成分が微量に含まれていたが、廃棄物の受け入れに伴い微量成分の管理体制を強化している。また、コンクリートが硬化する過程でセメント水和物には重金属など有害物を固定化し不溶化する機能があるため、硬化したコンクリートから基準を超えた重金属が溶出することはほとんどない。

