コレマナイトを固めて中性子線をシャットアウト

薄型！低価格！中性子線遮蔽（しゃへい）コンクリート製造技術の開発

先進医療，物質・生命などを研究する施設や先端技術を利用した工場などでは，さまざまな放射線を利用しており，人体を守るための遮蔽体が大切な役割を担っている．IHI グループでは低コストで高性能な中性子線遮蔽体の製造技術を開発した．



J-PARC で使用されている中性子遮蔽コンクリート壁



コレマナイト

たかが壁されど壁

2011 年 3 月の福島第一原子力発電所の事故以来，放射線に対する関心が高くなっている．現場の収拾から廃炉に向けて，放射線の遮蔽に関しても新たな技術開発が急務であるのは言うまでもない．一方で，放射線は，X 線をはじめとした医療用に広く普及していることも知られている．特に，先進医療では管理された放射線を積極的に利用しているものも多い．また，最先端の科学技術の研究にも利用されている．これらのことは，優れた学術知見の陰に放射線を使う部屋や装置から放射線が外部へ漏れないように遮蔽できる壁を作る技術があるから成立している，とも言える．鉛や水など放射線の種類に合った吸収する物質で発生源を囲めば放射線を遮ることはできる．しかし，それだけでは，塀や部屋など人々の生活空間で利用することは難しい．放射線を遮る壁を作る技術は，地味ではあるが人々に安全・安心を提供する技術である．

放射線のなかでも特に中性子線は透過性が高いために，効率的に遮る壁を作る技術の開発は困難だった．中性子線は，原子炉の他，高エネルギーの電子線，重粒子線，X 線を利用する施設で発生する．石川島建材工業株式会社（IKK）は，その関係会社である関東セグメント株式会社（KTS）とリブコンエンジニアリング株式会社（LEC）と共に，放射線を遮る壁を作る技術の開発に成功したのでここで紹介したい．

放射線と遮蔽壁の厚さ

放射線の種類と遮蔽方法についてはさまざまな書物で紹介されているが，ここでも確認しておきたい．

放射線には a 線，b 線，g 線，X 線，中性子線などがある．a 線は紙 1 枚で遮ることができる．X 線はレントゲン撮影に利用されており，鉛が X 線を吸収しやすく，レントゲン室の壁に鉛が入っていることはよく知られている．中性子線はかなり透過性が高いが，主に水素でそのエネルギーを効率よく低下させることができる．そのために大きな水槽や厚いコンクリートが用いられる．また，ホウ素やカドミウムなどはエネルギーの低下した中性子線を高い割合で吸収することが知られている．コンクリート中にこれらの元素が含

No.	コレマナイト質量比	単位量（kg/m³）							圧縮強度（N/mm²）	
		セメント 1	セメント 2	混和材 1	混和材 2	混和材 3	混和剤 1	混和剤 2	材齢 7 日	材齢 28 日
従来品	0.17	320	0	0	0	0	3.2	0	17.0	28.0
1 *1	0.60	582	0	0	0	0	17.9	0	0.2	0.2
2	0.66	0	415	0	0	0	0	0.83	35.8	36.4
3	0.54	0	415	276	0	0	0	0.83	41.4	46.6
4	0.64	0	415	0	42	0	0	0.83	34.2	37.5
5	0.66	0	373	0	0	42	0	0.83	31.6	39.4

*1：セメント無変更

中性子遮蔽コンクリートの配合例

まれていれば，壁の厚さを薄くできることになる．

コンクリートの化学とコレマナイト

透過性の高い中性子線を遮蔽する壁として，コンクリート壁の中にホウ素を混ぜることが研究されていた．ホウ素を含む鉱石としてコレマナイトがある．鉱石ならこれを砕いてコンクリートに混ぜて固めれば良い・・・と単純にはいかないのである．

そもそも，コンクリートは水，セメント，砂と砂利を混ぜたものであるが，なぜ固まるかご存じだろうか？乾いたら固まる？と思われている方も少なくないと思うが，よく考えれば乾いただけではセメントや砂などがパサパサになってしまい，とてもコンクリートの強度は生まれないことに気付いてもらえるであろう．なぜ，コンクリートは固まり，強度が生まれるのか？コンクリートの材料である水とセメントに水和反応と呼ばれる化学反応が起こり，砂や砂利をしっかり強固に結びつけるのである．コンクリートはその材料を適当に混ぜれば良いわけではなく，構造体としての強度の主体である砂や砂利，水和反応を起こす水とセメントなどを目的に合わせて特定の比率で混合させなければならない．いわば，コンクリートのレシピである．

コレマナイトをコンクリートに混ぜて中性子線の遮蔽効果がある壁を研究した例はあったが，コレマナイトの成分が水和反応を阻害してしまうため，コレマナイトの量すなわちホウ素の量を多くすると壁としての強度が出せないという課題があった．そのため，低い含有量で壁を厚くするか，コレマナイトを樹脂で覆って阻害反応を抑えるか，水と反応しないよう人工的に合成したホウ素化合物を用いるか，が行われていた．どれもコストが高くなってしまう．そこで，IKK，KTS と LEC は，コレマナイトの水和反応阻害性を抑制する技術開発に取り組んだ．各成分の反応機構を考慮してセメント，混和材と混和剤と呼ばれるコンクリート成分の最適化を図った．

中性子線を遮蔽する壁

表には，コレマナイト質量比，混和材，混和剤と，そのコンクリートの強度を示す．強度が 36 N/mm² あると構造体すなわち壁として実用化が可能になる．No. 2 以降の配合のように従来の 3 倍のホウ素含有率であっても 36 N/mm² をクリアすることができた．このことは，従来の壁の 1/3 の厚さで同程度の低エネルギー中性子線遮蔽能力を持つことを意味し，また樹脂で覆ったコレマナイトや人工ホウ素化合物を使うよりずっと低コストの壁ができることを意味する．

また，コンクリートを混ぜ合わせてからの日にちのことを材齢と言い，その材齢での強度は大事な評価要件である．1～7 日が短期材齢，28 日以上が長期材齢と呼ばれる．工事期間を考えると短期材齢である方が望ましいのは言うまでもない．今回開発したコンクリートでは，材齢 7 日で 36 N/mm² が実現できた．

IHI グループはこれらの開発成果を基に製品を提供していく．農作物の消毒や寄生虫の駆除に電子線加速器を用いるとき，X 線ガン治療装置室，重粒子線および陽子線ガン治療装置，放射性廃棄物関連施設，放射性廃棄物輸送容器，原子炉の廃炉処理など，確実な技術開発で社会に貢献したい．

【お問い合わせ】

株式会社ＩＫＫ

〒102-0083　東京都千代田区麹町5-1
TEL：03-6271-7265　FAX：03-6271-7299