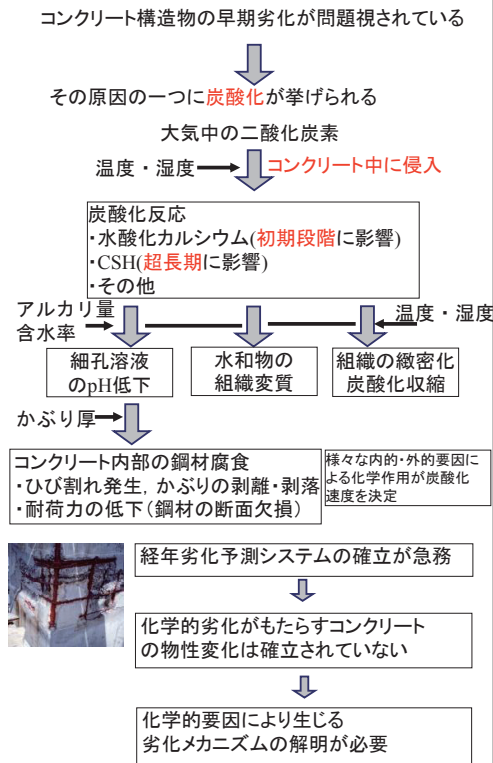


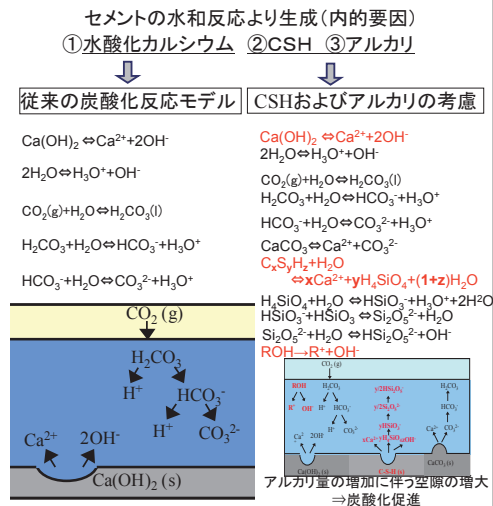
中性化によるアルカリ含有量に依存したセメント系材料の細孔構造・靱性の変化性状とその速度場の温度ならびに相対湿度依存性に関する研究

研究代表者 大下 英吉 研究員

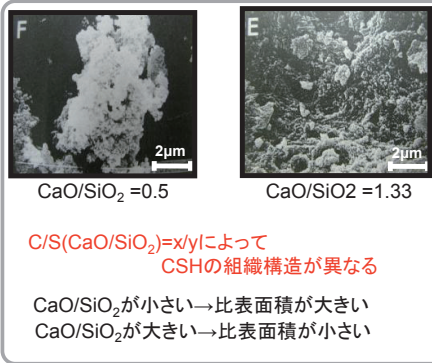
本研究の背景



本研究の目的および解析モデル



④CaO/SiO₂



⑤温度・湿度

CSH, アルカリ量, 温度を考慮に入れた炭酸化反応のモデル化

物性変化 = 空隙率変化

炭酸化モデルに基づく温度毎の空隙率評価

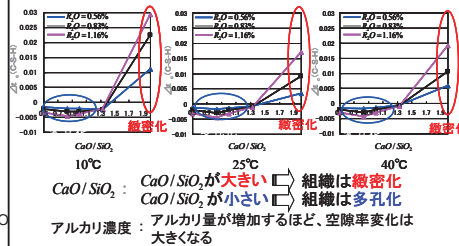
温度項の導入

質量作用の法則	10°C	25°C	40°C
$K_w = [H^+][OH^-]$	3.0×10^{-15}	1.00×10^{-14}	3.0×10^{-14}
$K_0 = [H_2CO_3]P_{CO_2}$	5.25×10^{-3}	3.39×10^{-2}	2.30×10^{-2}
$K_{a1} = \frac{[HCO_3^-][H_3O^+]}{[H_2CO_3]}$	3.72×10^{-7}	4.37×10^{-7}	5.08×10^{-7}
$K_{a2} = \frac{[CO_3^{2-}][H_3O^+]}{[HCO_3^-]}$	3.51×10^{-11}	4.79×10^{-11}	6.42×10^{-11}
$K_{sp}(CaCO_3) = [Ca^{2+}][CO_3^{2-}]$	6.03×10^{-9}	4.7×10^{-9}	3.75×10^{-9}
$K_{sp}(Ca(OH)_2) = [Ca^{2+}][OH^-]^2$	7.89×10^{-6}	5.5×10^{-6}	3.98×10^{-6}
$K_{a1}^* = \frac{[H_3SiO_4^-][H_3O^+]}{[H_2SiO_3]}$	1.3×10^{-10}	2.0×10^{-10}	1.9×10^{-10}
$K_{a2}^* = \frac{[HSiO_3^-][H_3O^+]}{[H_2SiO_3]}$	1670	2200	2775
$K_{a3}^* = \frac{[HSiO_3^-][OH^-]}{[Si_2O_6^{2-}]}$	4.1×10^{-5}	6.3×10^{-5}	9.1×10^{-5}
$K_{sp}(CSH) = [Ca^{2+}]^3 \cdot [H_4SiO_4] \cdot [OH^-]^2$	6.38×10^{-39}	6.3×10^{-39}	9.7×10^{-39}

$\Delta G = -RT \ln K_{sp}$

$\ln(K_{sp})_T = \ln(K_{sp})_{T_0} + \int_{T_0}^T \frac{\Delta H}{RT^2} dT$

R: 気体定数 [J/K·mol]
T: 絶対温度 [K]
K_{sp}: 熱力学的溶解度積
ΔG: 標準ギブスエネルギー変化
ΔH: エンタルピー変化

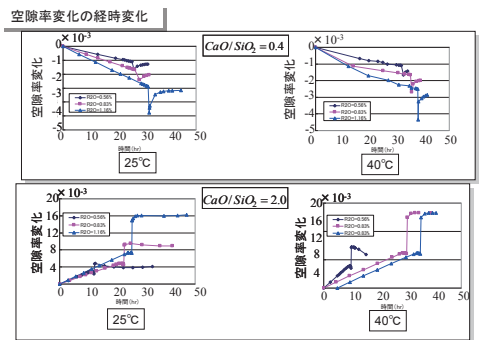
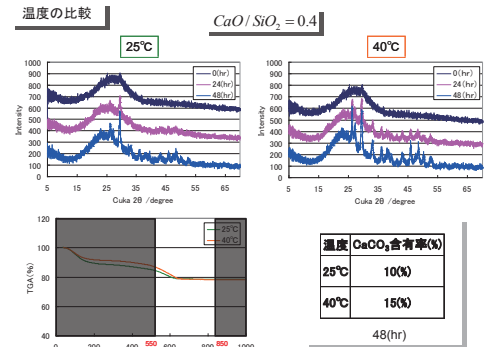
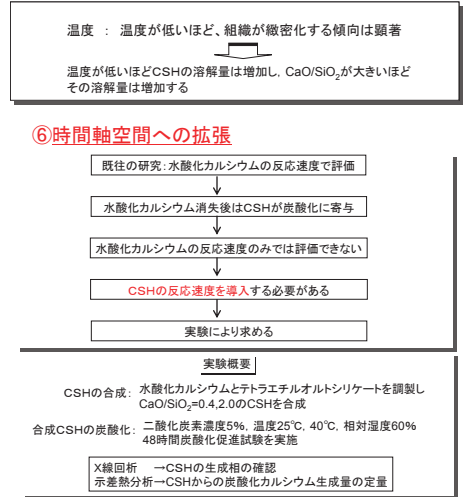


CSHの各炭酸化反応による体積変化

(+) 膨張	(-) 収縮	CaO/SiO ₂	Alkali
CSH + H ₂ O → Ca ²⁺ + H ₄ SiO ₄ + OH ⁻ (CSHの溶解)	-16.7	-16.6	-6
CSH + H ₂ O → CaCO ₃ (s) + Si(OH) ₄ (aq)	19.9	-9.3	-2.1
CSH + H ₂ O → CaCO ₃ (s) + Si(OH) ₄ (aq)	-8.1	-8.9	-8.7
CSH + H ₂ O → CaCO ₃ (s) + Si(OH) ₄ (aq)	88.9	84.3	48.6

CSHの炭酸化反応はCaO/SiO₂の違いにより、膨張と収縮で異なる

CaO/SiO₂が大きい ⇨ 膨張 ⇨ 組織は緻密化
CaO/SiO₂が小さい ⇨ 収縮 ⇨ 組織は多孔化



アルカリ濃度が増加することで大気中の二酸化炭素の吸収量が増加し炭酸化が促進されるが、アルカリ量が増加することで、溶液中のpH低下が抑制される

アルカリ濃度が高いほど炭酸化終了時までに要する時間がかかる