

P-72

炭酸含有アパタイト焼結体の塑性変形のメカニズム

○足立正徳¹, 後藤隆泰², 若松宣一¹, 亀水秀男¹,
飯島まゆみ¹, 土井 豊¹

¹朝日大・歯・理工, ²朝日大・歯・物理

Mechanism of plastic deformation of carbonate apatite ceramics

M.ADACHI, T.GOTO, N.WAKAMASTU, H.KAMEMIZU
M.IIJIMA, Y.DOI
Asahi Univ.

【緒言】

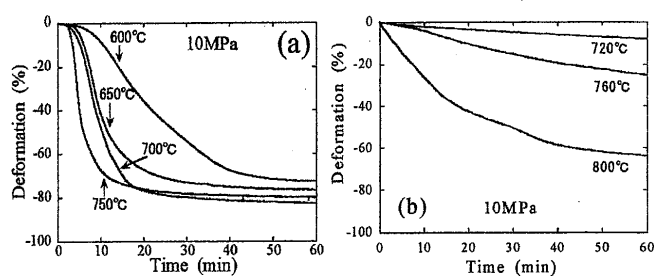
炭酸含有アパタイト焼結体 (CA) は生体親和性に富むことから、硬組織代替材等として広く応用できることが示唆されている。我々はこれまでに、セラミックス材料の高温での超塑性現象から、CA でも加熱下で圧縮および曲げ等の荷重を与えれば大きな塑性変形 (超塑性) が生じることを見出した。さらこの現象を応用すれば CA を任意の形態に成形できる可能性を示した。しかしながら、塑性変形時にクラック等の欠陥を生じない変形体を作製するためには、塑性変形が如何なるメカニズムで起こるのか解明する必要がある。そこで本研究では、塑性変形挙動解明の一段階として、焼結助剤 (Li₃PO₄) を添加した CA の変形挙動から、塑性変形のメカニズムについて検討した。

【実験方法】

実験に使用する炭酸含有アパタイト (CA) は、従来と同様に 100°C の 6M-Na₂CO₃ を含む 1.2M-NaH₂PO₄ 水溶液中に 2M-CaNO₃ 水溶液を滴下し、pH9 で 3 日間合成した後、洗浄、乾燥、粒度調節して原料粉末とした。原料粉末に焼結助剤として 2wt%Li₃PO₄ を添加して湿式混合した。焼結助剤を含む CA 粉末は予備成形した後、静水圧で加圧して圧粉体として、700°C で 2 時間で焼結体した。その後、焼結体は所定の大きさ (約 7φ×11mm) に成形してから、1.0, 2.5, および 10MPa の初期加圧下で 600 ~ 750°C の各温度まで昇温後、2 時間係留して、その間の変形挙動を測定した。さらに 700°C で初期加圧が 1.0 および 2.5MPa の場合についても行った。変形後の試料は、加圧方向に対して平行および垂直な面を切り出し、それぞれの面について SEM 観察、ビッカース硬さの測定を行った。

【実験結果および考察】

図 1 の (a) には 2wt%Li₃PO₄ を添加した場合、また (b) には無添加の場合の変形挙動を示した。Li₃PO₄ を添加し、加熱温度が 600°C の場合、無添加の 800°C と同様な変形速度を示し、Li₃PO₄ の添加により変形開始温度がかなり低くなる事がわかった。特に (a) の加熱温度が 650°C 以上では、どの温度でも急激な変形速度を示し、液相の出現による可能性が示唆された。



(a): Li₃PO₄ 添加の場合 (b): 無添加の場合
図 1 各種温度で加圧 (10MPa) した場合の変形挙動

図 2 には加圧変形無し、図 3 には加圧変形させた場合の SEM 像を示した。加圧変形後の各面では、粒子が融合し、緻密化した像が観察された。

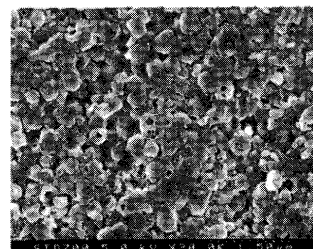
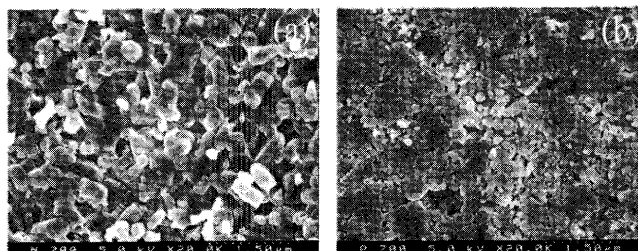


図 2 加圧変形無し (700°C) の SEM 像



(a): 加圧方向に垂直面 (b): 加圧方向に平行面

図 3 加圧変形後 (700°C, 10MPa) の SEM 像

さらに、図 4 にはこれら各面のビッカース硬さを示した。塑性変形後は硬さが増加することもわかった。

今回の実験での急激な変形挙動は、焼結助剤として添加した Li₃PO₄ とアパタイトの反応で粒子界面において液相が出現し、その液相の粘性流動によって大きな塑性変形が起こると推測された。しかしながら、液相が出現することによって、塑性変形後の焼結体は炭酸含有アパタイト単独の組成ではなく、何らかの反応物の生成も考えられ、今後の検討課題とするところである。

【結論】

この結果、今回の実験では Li₃PO₄ を添加することによる炭酸含有アパタイト焼結体の大きな塑性変形は、液相の出現によって起こると推測された。また液相の出現により変形体は緻密化され、硬さも増加すると考えられた。

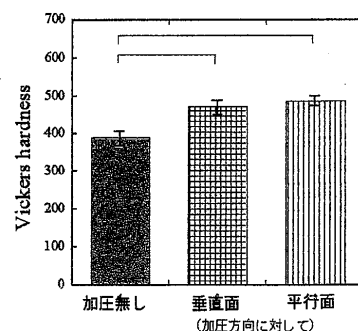


図 4 加圧無しと加圧変形後の各面のビッカース硬さ (700°C 加熱)