

研究成果報告書

(国立情報学研究所の民間助成研究成果概要データベース・登録原稿)

研究テーマ (和文) AB		アワビ貝殻の強度と靱性の両立機構を支配する有機相の特性の解明			
研究テーマ (欧文) AZ		Properties of organic phase dominating strengthening and toughness mechanism of nacre.			
研究氏 代 表 名 者	カカナ CC	姓)カキサワ	名)ヒデキ	研究期間 B	2009 ~ 2010 年
	漢字 CB	垣澤	英樹	報告年度 YR	2011 年
	ローマ字 CZ	Kakisawa	Hideki	研究機関名	物質・材料研究機構
研究代表者 CD 所属機関・職名		垣澤英樹 物質・材料研究機構 主任研究員			
<p>概要 EA (600字~800字程度にまとめてください。)</p> <p>貝殻真珠層の力学特性発現における有機相の役割を明らかにし、その影響を定量的に評価するために、有機相の状態を人工的に変化させ、さまざまな有機相の真珠層の力学特性とミクロな破壊挙動を関連付けたモデルを構築し、有機相による高靱化機構を定量化した。</p> <p>有機相の状態を変化させた真珠層を得るため、日本近海産のアワビの貝殻真珠層に、</p> <p>(a) 人工海水浸漬 (b) 乾燥 (c) 有機相焼失</p> <p>の処理を行った。熱重量分析、X線回折、熱処理後の真珠層のSEM観察の結果から、(c)の熱処理条件を598K、二酸化炭素雰囲気、1200sとした。引張試験の結果、(a)の真珠層は降伏後、金属のような加工硬化現象が見られた。SEM観察の結果、降伏点からレンガ状に積層したアラゴナイトプレートのプルアウトが進行し、大きな伸びを示すことがわかった。(b)の真珠層は見かけ上弾性的に変形した後、破壊し、最大荷重で瞬時にプレートが引き抜けたと考えられた。(c)の有機相を除去した真珠層は負荷の初期段階で層間はく離により薄片状に裂け、試験を行うことができなかった。曲げ試験では、(a)、(b)の真珠層の破壊は引張表面から厚さ方向へ進行した。これに対し、(c)の真珠層は、層間強度の弱い材料に特有な、試験片の厚さ方向の中央部で剥離が生じ破壊した。</p> <p>いずれの機械試験においても破壊は微視的にはプレート界面のせん断破壊で生じていることから、界面の力学特性が材料全体の特性に大きな影響を及ぼしていると考えられた。そこで、プレート界面のせん断強度を求めた。界面の有機相はプレートを接着する役目を持っており、有機相がないとせん断強度が著しく低下することが明らかになった。また、(a)の真珠層ではプルアウトが徐々に進行し、この間界面の滑り応力は滑り開始時の24MPaから40MPaまで増加した。大きな伸びと加工硬化挙動を生み出す累積的なプルアウトが生じるためには、滑りの進行に従って滑り抵抗が大きくなる必要がある。このことから、湿潤な有機相は界面の滑り挙動を適切に制御し、巨視的に優れた引張特性を実現させていると考えられた。</p> <p>片側切欠き試験片の引張破壊試験の結果、(a)の真珠層は、最大荷重前から非線形な挙動が観察され、最大荷重後も荷重を負担し続けた後、破壊した。負荷に伴い、亀裂先端からリガメント全体に変色が広がる現象が観察され、応力集中部でプルアウトが累積的に発生することがわかった。変色部の領域の大きさからプルアウトによるエネルギー消費を見積もった結果、数百J/m²と考えられ、累積的なプルアウトによって大きな破壊抵抗を生み出すことが確認された。(b)の乾燥状態の真珠層の破壊試験では、荷重が直線的に増加した後、瞬時に破壊に至った。破壊挙動自体は脆性的であるが、最大荷重から計算した臨界応力拡大係数は2.4MPa・m^{1/2}であり、単体のアラゴナイトの約10倍の値を示した。破面を観察した結果、亀裂先端近傍の応力集中部においても破壊はプレートのプルアウトによって生じており、通常のセラミックス材料とはまったく異なる破壊機構であった。プレート間のせん断滑り抵抗により傷の先端部でプレートがかみ合う力学モデルを構築し、破壊抵抗が向上するメカニズムを定量的に表現することに成功した。</p>					
キーワード FA	貝殻真珠層	有機相	力学特性		

(以下は記入しないでください。)

助成財団コード TA					研究課題番号 AA						
研究機関番号 AC					シート番号						

発表文献（この研究を発表した雑誌・図書について記入して下さい）									
雑誌	論文標題 GB								
	著者名GA	R. Inoue, H. Kakisawa, Y. Kgawa	雑誌名GC	投稿中					
	ページGF	~	発行年GE					巻号 GD	
雑誌	論文標題 GB								
	著者名GA		雑誌名GC						
	ページGF	~	発行年GE					巻号 GD	
雑誌	論文標題 GB								
	著者名GA		雑誌名GC						
	ページGF	~	発行年GE					巻号 GD	
図書	著者名HA								
	書名HC								
	出版者HB		発行年HD					総ページ HE	
図書	著者名HA								
	書名HC								
	出版者HB		発行年HD					総ページ HE	

欧文概要EZ（ワープロ作成原稿の切り貼りで結構です。）

Organic phase was artificially changed by either (1) heating in CO₂ atmosphere, (2) drying or (3) hydrating in seawater. The organic phase was successfully decomposed at in CO₂ atmosphere at 325°C with slight transformation of aragonite phase to calcite. The hydrated and dried nacre were fractured at the boundaries of the aragonite plates in tensile test. The locking between the plates was released at the moment in dried nacre, resulting in the apparently brittle fracture. Gradual pull-out occurred at the boundaries in the hydrated nacre during loading, which caused continuous yielding and work-hardening behavior. The heated nacre was so weak that it fractured in attaching to the test machine before loading. In bending test fracture occurred from the tension side through the thickness in dried and hydrated nacre. The crack propagated at the plate boundaries. In the heated nacre shear fracture occurred along the longitudinal direction of the specimen by the delamination of the plates, typical fracture behavior of laminar materials with weak interface bonding.

In all cases the fracture occurred at the plate boundaries so the interface properties have strong influences on the whole mechanical properties of nacre. The plate plays a role of glue; the absence of the organic phase caused the significant decrease of interface strength. The difference of the fracture behavior in dried and hydrated nacre suggested that the organic phase controlled the interface sliding behavior, too. The interface sliding shear stress increased with sliding, from 24 to 40MPa, which caused the multiple pull-out and macroscopic work-hardening behavior.