

2005.11

特集号



(題字：相良祐輔学長)

# 国立大学法人 高知大学学報

## 高知大学学位授与記録第八号

総務企画課広報室発行

本学は、次の者に博士（理学）の学位を授与したので、高知大学学位規則第15条に基づき、その論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨を公表する。

## 目 次

学位記番号	氏 名	学 位 論 文 の 題 目	ページ
乙理博第1号	ZULLY MATAMOROS VELOZA	Study of recycling waste inorganic materials by hydrothermal hot pressing technique (水熱ホットプレス法による廃棄無機材料のリサイクル)	1
乙理博第2号	横川 浩治	Biological characteristics and phylogeny of the genus <i>Volachlamys</i> (Bivalvia : Pectinidae) from Japan (日本産アワジチヒロ属二枚貝(イタヤガイ科)の生物学的特徴と系統進化)	3
乙理博第3号	渡辺 一	ガウシアン汎関数を用いた時間依存変分法によるカイラル相転移終段階における量子中間子モードのダイナミクスについての研究	5



## 論文審査の結果の要旨

本研究は、水熱ホットプレス法を利用した、無機系廃棄物であるガラスと鉄鋼スラグのリサイクル方法を研究したものである。本研究では、水熱ホットプレス法により廃棄ガラス粉末の固化が可能であり、非常に機械的強度の高い固化体へと変換できることを示した。さらに、水熱ホットプレス法により得られた固化体を加熱することにより発泡することを見出し、廃棄ガラスを発泡軽量材へと変換できる新しい技術を開発した。また、鉄鋼スラグに関しても水熱ホットプレス法による固化を試み、3種類のスラグ中の遊離カルシウムが緻密化を促進することを見出し、反応性の低いスラグでも反応性の高いスラグと混合することにより、機械的強度の高い固化体に変換できることを示した。このように、本研究では無機系廃棄物のリサイクル技術について重要な知見を得たものとして価値ある集積であると認める。よって、学位申請者 ZULLY MATAMOROS VELOZA は、博士(理学)の学位を得る資格があると認める。



## 論文審査の結果の要旨

本論の研究対象となっているアワジチヒロとヤミノニシキは、それぞれ Bavay (1904) が *Chlamys hirasei* として、また、Pilsbry (1905) が *Pecten awajiensis* として記載し、後にともにアワジチヒロ属 *Volachlamys* に移されたイタヤガイ科二枚貝で、現在、紀伊水道・大阪湾・播磨灘・伊予灘・周防灘・有明海・京畿湾・渤海湾などに分布している。化石としても産出し、西南日本から関東にかけての第四系から報告がある。

アワジチヒロとヤミノニシキには分布の違いが認められず、放射肋の強度以外の特徴も酷似することが古くから指摘されていた一方で、図鑑や分類書では亜種の扱いを受けることが多く、両者の分類学的関係についての見解には混乱があった。近年、両者について、同一種の形態変異としての解釈が提示されたが、具体的証拠の提示は不十分で、殻形態、軟体部の特徴、遺伝的特徴など多方面にわたる詳細な検討が望まれていた。

こうした背景のもと、本論文は、瀬戸内海東部海域から年間を通して採取された集団標本に基づき、殻形態に関する一般的観察に加え、生殖周期に関係すると考えられる軟体部、特に生殖腺重量の季節変化、またアイソザイムの分析、などの詳細なデータを提示し、同一種としての解釈を立証することに成功した。また、殻表面の装飾パターン、殻形態の計測、年輪の認定による成長解析、寄生甲殻類の検討、など多方面にわたって両者の違いを検討した。さらに、更新世に始まるわが国の同属化石標本についても検討を加え、従来とは異なる結果を導き出している。

この研究は、単に特定分類群の分類学的整理にとどまらず、二枚貝類における多形現象、イタヤガイ科二枚貝における放射肋の意味、遺伝的特徴と殻形態の関連性、さらに、系列内での殻形態の長期的変遷、などについて多くの示唆を与えるものとなっている。

以上、本研究は、イタヤガイ科のアワジチヒロ *Volachlamys hirasei* の2型(アワジチヒロ型、ヤミノニシキ型)について、形態学的、生態学的および遺伝学的な比較検討結果を総合したものであり、二枚貝類で類例の少ない多形現象について重要な知見をもたらしたものとして、またイタヤガイ科二枚貝類の進化古生物学研究への展望をもたらすものとして、高く評価できる。よって、学位申請者横川浩治は、博士(理学)の学位を得る資格があると認める。

ふりがな 氏名(本籍)	わたなべ かず 渡辺 一 (高知県)
学位の種類	博士(理学)
学位記番号	乙理博第3号
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位授与年月日	平成17年9月7日
学位論文題目	ガウシアン汎関数を用いた時間依存変分法によるカイラル相転移終段階における量子中間子モードのダイナミクスについての研究
発表誌名	(1) Progress of Theoretical Physics Volume 113, Number 2, pp.369-384 February 2005
	審査委員 主査 教授 岩崎 正春 副査 教授 松村 政博 副査 教授 鈴木 知彦

## 論文の内容の要旨

我々の物質世界は、ハドロンによって構成されているが、エネルギー的には基底状態(ゼロ温度)である。ハドロンは量子色力学(QCD)と呼ばれている強い相互作用を記述する物理法則によって支配されている。QCDにおける基本粒子はクォークであるが、エネルギーの低い状態では、ハドロンの中に閉じこめられており、単独で存在することは出来ない。しかし、エネルギーを上げていくと、基底状態とは異なる多様な物質形態が現れてくる。温度や密度を上げていくとハドロンの中に閉じこめられていたクォークやグルーオンが自由に動き回れるようになって、クォーク・グルーオン・プラズマ(QGP)状態への相転移が起きると考えられている。この他にも、QCDには、その豊富な内部対称性に関する様々な相転移が存在する。それらの一つに、カイラル相転移がある。

カイラル相転移を起こすためには、150 - 200 MeV というような高温が必要である。それを実現する恐らく唯一の実験的方法が、相対論的高エネルギー重イオン衝突実験である(BNL や CERN)。この実験のような高エネルギーでは、QCDの持つ漸近的自由性のため、大部分の核子(バリオン数密度)は互いにすり抜けて元と同じ方向に進んでいくが、その間に、バリオン密度がほぼゼロの高温相(高エネルギー状態)が形成され、そこでカイラル対称性が回復すると考えられている。一旦回復したカイラル対称性は、周りの環境に急冷されて再び自発的に破れる(クエンチ機構)。この際、相転移のオーダーパラメータであるカイラル凝縮体が、どのようなメカニズムで元の真空値に緩和していくか興味が持たれており、多くの研究が行われている。カイラル凝縮体の緩和に伴って、低運動量モードのパイ中間子場の振幅が増幅するといわれているが、古典レベルでのこの増幅のメカニズムは、パラメータ共鳴として理解できることが議論されている。

この研究では、一旦回復したカイラル対称性が再び自発的に破れた系を想定する。古典的なイメージで、ポテンシャルの極大値に取り残されたカイラル凝縮体が、ポテンシャルのシグマ方向に転がり落ち、元の真空値に戻っていく場合の動的過程を調べる。QCDの持つ対称性を低エネルギーで実現するモデルとしてしばしば用いられる $O(4)$ 線形シグマ模型を使って、特にカイラル相転移の終段階に注目する。カイラル凝縮体と量子中間子場の自己無撞着な扱いと、量子効果を取り入れる為に、変分関数としてガウシアン汎関数を用いた時間依存変分法を採用する。この結果、カイラル相転移の終段階におけるパイ中間子場の増幅には、パラメータ共鳴だけでなく、同時に強制振動によるメカニズムの可能性が存在することを指摘する。この強制振動のメカニズムは、これまでの古典レベルでの解析では現れないが、我々が用いた計算方法により取り込むことが出来た量子効果、つまり、カイラル凝縮体と量子中間子場の量子的な揺らぎのcouplingの結果である。強制振動の効果によって、パラメータ共鳴(マシュー方程式)が持つ解の不安定領域が増加する。さらに、Bjorken描像を用いて、1次元空間膨張(z方向)を考慮した場合についても調べた。この場合には、空間膨張による摩擦の効果が現れる。カイラル凝縮体は、空間膨張を考慮しない場合に比べて、より速く減衰することが分かるが、この場合にも、低運動量モードのパイ中間子場の振幅が増幅することが分かる。しかし解の不安定領域は、摩擦の効果が取り込まれることによって狭められる。また、強制振動による増幅の影響も、摩擦によって小さくなることが理解される。

## 論文審査の結果の要旨

申請論文は、近年実現した高エネルギー原子核衝突実験に関係する物理のうち、特にカイラル相転移の動的過程に注目して、カイラル相転移の終段階でのメソン放出に関して理論的に考察したものである。

ハドロン物理で重要なカイラル対称性は我々の真空では自発的に破れているが、RHIC(相対論的重イオン衝突)実験では高温・高エネルギー状態が実現されると期待され、その際にはカイラル対称性は一旦回復されると考えられている。しかしながら、冷却とともに再び対称性は自発的に破れるが、その際、実験室は有限系であるので、カイラル相転移の時空発展を扱わざるを得ない。申請論文では、カイラル相転移の時空発展を記述するために、汎関数シュレーディンガー描像に基づく時間依存変分法を $O(4)$ 線形シグマ模型に適用し、量子メソン場の中でおきるカイラル相転移の秩序変数であるカイラル凝縮体の時間発展を量子メソン場の時間発展とともに自己無撞着に扱い、実際にカイラル相転移の終段階においてさえも量子パイオン場の振幅が増幅することを数値的に示している。さらに、そのメカニズムを考察するために、得られた基礎方程式を近似し、カイラル凝縮体の真空値の周りの周期的振動が引き金となり、これが量子パイオン場に対して、パラメータ共鳴を起こすことを示した。このことは古典パイオン場に関して知られていたことと類似しているが、さらにカイラル凝縮体の周期的振動が強制振動となって量子パイオン場の振幅に共鳴、またはうなりに類似した現象を引き起こし、結果的に量子パイオン場の振幅が増大する可能性が存在することを明確に指摘したことは、カイラル相転移の動的過程の理解に対して申請論文による大きな進展及び寄与であると考えられる。

RHIC 実験で高温のハドロンガスの膨張も考えるべきであるので、申請論文では1次元膨張も扱い、空間膨張による摩擦効果についても分析している。

申請論文はカイラル相転移の動的過程の理解に対する寄与が十分認められる。よって、本論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。