

2014. 5

特集号



(題字：脇口宏学長)

国立大学法人
高知大学学報

高知大学学位授与記録第六十八号

法人企画課広報戦略室発行

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14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。

 *
 *
 *
 *
 *
 *

高知大学学報

本学は、次の者に博士（理学）の学位を授与したので、学位規則（昭和28年文部省令第9号）第8条の規定に基づき、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
甲総科博第11号	岡本 信行	北西太平洋域の海山の地形・地質と鉄・マンガングラスタの地域分布の多様性	1
甲総科博第12号	松浦 由美子	乳酸変換に対する固体酸塩基触媒特性	3
甲総科博第13号	李 東奎	Investigation of Phase Transitions in Quark-Hadron Many-Body Systems using an Extended NJL Model with Scalar-Vector Interaction (スカラー・ベクトル相互作用を含む拡張されたNJL模型を用いたクォーク・ハドロン多体系の相転移の研究)	5
甲総科博第14号	十亀 陽一郎	単細胞生物Colpodaの休眠シスト形成誘導の分子機構に関する研究	7

ふりがな	おかもと のぶゆき
氏名(本籍)	岡本 信行 (埼玉県)
学位の種類	博士(理学)
学位記番号	甲総科博第11号
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
学位授与年月日	平成26年3月24日
学位論文題目	北西太平洋域の海山の地形・地質と鉄・マンガンクラストの地域分布の多様性
発表誌名	Marine Georesources & Geotechnology, 28:192-206 (2010)
	<p style="text-align: center;">審査委員</p> <p style="text-align: center;">主査 教授 臼井 朗 副査 客員准教授 富士原敏也 副査 教授 横山 俊治</p>

論文の内容の要旨

鉄・マンガンクラスト(以下、クラスト)は、世界の海山域に広く分布し、自動車産業や情報産業で需要拡大が見込まれるニッケル、コバルトなどのレアメタルを含んでいる。北西太平洋は、特にその資源ポテンシャルが高い海域であり、1980年代以降、独、米が調査を開始した。我が国は、マーシャル諸島共和国やミクロネシア連邦等の排他的経済水域において、国際技術協力の一環としてクラスト資源調査を実施し、その間、膨大な物理・地質データが蓄積された。一方、クラストの形成には海山の地形・地質・形成史と密接な関係があるとされるものの、広域～微細スケールの大きな多様性の原因解明、成長を規制する要因分析などが正確になされているとはいえ、将来の有望エリアの選定のための、地質・地形情報に基づく、クライテリア(科学的評価基準)が不十分である。

本研究では、上記海域に分布する多数の海山から代表的な27海山を選定し、海山規模、頂部水深、地質、海山の形成年代等とクラスト層厚分布に注目した。海山を4つの形態タイプ(大規模平頂、小規模平頂、円錐型、海嶺型)に分類し、それぞれの形成史を推定し、クラストの成長との関連を検討した。各タイプ毎に、火山岩の放射年代および化石年代(報告値)や音波探査記録などに基づき、山体形成から浸食・沈降、クラスト成長までの海山の進化およびクラスト成長モデルを提案した。その結果、大規模平頂海山では、山体年代は一般に1億年以上前に遡り、その後の沈降に引き続き、75-150mm程度の厚いクラストが成長することが判明した。一方、円錐型海山は海面下で形成され、礁を形成せずに沈降した。火山岩から成る山体は風化による崩壊が起りやすく、クラストの発達に阻害される可能性が高い。海嶺型はクラスト層厚が厚いものの、複雑な海山形成史をたどった可能性が高い。以上の考察に基づき、広域的スケールの資源量に関して有望な海山は、1)大規模であること、2)山頂部の安定した基盤を維持する強固な石灰岩に広く覆われていることである、という評価基準を導いた。

次に、27海山の中から、海嶺型海山をモデル海山と設定し、一海山における詳細スケールの地形変化とクラスト分布の関係について検討した。深海TVカメラとドレッジサンプリングに基づいて、本海山の海底の露岩域を観察した結果、露岩域であっても、地形的条件によって、クラストが厚く分布するエリア(尾根部)と非分布域(谷部)が存在することが判明し、クラストの平均厚さの差は10倍近いものであった。海山の詳細地形に注目し、谷地形が発達する海山は火山体形成後、山体崩壊や海底地滑り等により、クラスト資源量が低下するというモデルを提案した。

以上のとおり、クラストの有望海域を選定するための広域的～詳細スケールの地質学的パラメータを指摘することができ、将来のクラストの探査・資源量評価に大きく貢献した。

論文審査の結果の要旨

マンガクラスト（以下、クラスト）とは、枯渇が危惧されているレアメタルなどを含有する有望な深海底鉱物資源である。北西太平洋はその資源ポテンシャルが高い海域であり、我が国も四半世紀にわたり研究や探査を実施してきた。最近の調査によると、これらは極めて多様性に富む鉱床であることが明らかになった。我が国の探査鉱区が認定され、開発への期待が高まるものの、有望海域選定、資源量評価の指針は確立されていないのが現状である。

学位申請者岡本信行は、将来の資源探査における地球科学的背景に着目し、自身が企画、参加して観測・収集した資試料および過去の膨大な現場データの解析を通じて、鉱床形成に関わる地球科学パラメータの重要性を検証した。本論文では、我が国の鉱区に近接する南太平洋沿岸諸国海域で、1985年から20年間実施された資源研究航海（6航海、27海域、100点を超える試料）で集積された膨大な地球物理学的・地質学的データ、分析・記載記録を総合的に解析した。同時に現場での海洋物理学的データおよびサンプル採取にも加わっている。論文の重要な成果は、クラストの資源ポテンシャルの地域変動が海山の地形・地質・形成史と密接な関係を持つことを具体的に指摘した点である。単純化した生成モデルによって、広域～微細スケールまでの大きな多様性の原因説明やクラストの成長を規制する要因分析などを解釈することができ、その成果は、鉱物資源の科学的実態解明に重要な基礎的知見となるとともに、将来の有望エリア選定のためのクライテリア（選定基準）を提示した。

解析においては、代表的な27海山を選定し、海山規模、頂部水深、地質、海山の形成年代、沈降史、基盤変形や崩壊等の地質現象等と、クラスト層厚及び成長史との関連性を考察した。海山を4つの形態タイプ（大規模平頂、小規模平頂、円錐型、海嶺状）に分類し、各タイプの形成史を推定し、クラストの成長史と比較検討した。火山岩の放射年代および化石年代や音波探査記録などに基づき、タイプ毎に、山体形成から浸食・沈降、クラスト成長までの海山の進化史とクラスト成長モデルを提案した。そのモデルに基づくと、広域的スケールで有望な海山の条件として、1) 大規模、2) 石灰岩に覆われた平頂、3) 遠洋性堆積物の欠如、が必要条件であるとの選定基準を導いた。

あわせて、海山の微地形とクラスト発達との関係を検討した結果、同一海山においても、クラストが厚く分布するエリア（尾根部）と非分布域（谷部）が存在することが判明した。その原因は、山体形成後の崩壊や海底地すべり等による基盤の安定度が大きな要因であり、基盤の変動によって、クラスト資源量が低下する可能性が指摘された。また、これは広域スケールで資源ポテンシャルを規制する要因と共通するものであることを見いだした。

以上の研究成果は、査読付きの国際学術誌（Marine Georesources & Geotechnology）誌に1編が公表済み（2010）、1編は印刷予定（2014）である。概して、本研究は、海底鉱物資源の広域的～詳細スケールの多様性に関わる地質学的パラメータの意義を具体的に評価した斬新な研究であり、将来の資源探査および成因解明に大きく貢献することが期待される。よって、学位申請者岡本信行は、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) 学位の種類 学位記番号 学位授与の要件 学位授与年月日 学位論文題目 発表誌名	まつうら ゆみこ 松浦 由美子(愛知県) 博士(理学) 甲総科博第12号 学位規則第4条第1項該当 平成26年3月24日 乳酸変換に対する固体酸塩基触媒特性 Catalysis Today(掲載予定)	審査委員 主査 教授 柳澤 和道 副査 講師 恩田 歩武 副査 教授 渡辺 茂 副査 教授 藤山 亮治
--	---	---

論文の内容の要旨

本学位論文では、乳酸からアクリル酸を高選択的に合成できる固体酸塩基触媒(ゼオライト触媒, アパタイト触媒)の触媒特性及び活性点構造の解明を行うとともに得られた知見をもとにアクリル酸選択率のさらなる向上を目指した。本学位論文は全5章で構成されている。第1章では、本研究を遂行するにあたっての研究背景及びこれまでの先行研究などを解説する。以下の2章から4章にかけて本研究で得られた詳細な結果を示して考察を行い、第5章で本研究を総括した。

第2章 乳酸からアクリル酸合成に対するゼオライト触媒の酸塩基触媒特性—担体, 担持金属塩の種類及び担持量の影響

シリカ, アルミナ, シリカ-アルミナ及び形状の異なるゼオライトに硝酸ナトリウム(NaNO_3)を含浸担持して乳酸の脱水反応に対する触媒特性を比較した。その結果, NaY 型ゼオライトがアクリル酸生成に有効であることが示唆された。担持金属塩がアクリル酸生成に与える影響を調べるため, 様々なアルカリ金属塩を NaY 型ゼオライトに担持した。このとき, NaNO_3 担持 NaY 型ゼオライト触媒が高いアクリル酸選択率を示した。さらに, NaNO_3 担持量を変えると, 20 wt%の NaNO_3 を担持した NaY ゼオライト触媒が既報の固体触媒よりも高いアクリル酸選択率を示すことがわかった。

第3章 乳酸からアクリル酸合成に対するアパタイト触媒の酸塩基触媒特性—構成元素及びアパタイト触媒に含有するアルカリ金属の影響

ハイドロキシアパタイトの構成元素を置換したアパタイト触媒 ($\text{M}_{10}(\text{ZO}_4)_6(\text{OH})_2$: $\text{M}=\text{Ca}, \text{Sr}, \text{Pb}, \text{ZO}_4=\text{PO}_4, \text{VO}_4$) (以下, M-Z) を水熱合成したところ, 単相のアパタイト触媒が得られた。これらを用いて乳酸の脱水反応を行ったところ, Ca-P 及び Sr-P がアクリル酸生成に最適であることを見出した。第2章で, アルカリ金属がアクリル酸生成を促進することが示唆されたため, Ca-P の Ca/P 比を変えて, アルカリ金属が Ca と一部置換したアルカリ金属($\text{Li}, \text{Na}, \text{K}$)含有 Ca-P 触媒を水熱合成した。その結果, Na 及び K を含有した Ca-P 触媒が単相で得られた。これらを用いて乳酸の脱水反応を行ったところ, Ca-P ($\text{Ca/P}=1.55, (\text{Ca}+\text{Na})/\text{P}=1.65$) がアクリル酸収率 78 C-%, アクリル酸選択率 87 C-%を示し, 当研究室で見出した NaNO_3 担持ゼオライト触媒及び既報のどの触媒よりも高いアクリル酸選択率を示した。また, この触媒は Na 種を含浸担持した Ca-P よりも高いアクリル酸選択率を示したことから, Ca と一部置換した Na がアクリル酸生成に影響することが示唆された。

第4章 乳酸からアクリル酸合成に対する活性点構造の解明

乳酸からアクリル酸への脱水反応に対する活性点構造は吸着サイトがお互いに離れており, 微量の

Na イオンが触媒のバルク及び表面付近に存在するような構造だと考えられる。また, Na イオンは, 乳酸の脱カルボニル反応を抑制しアクリル酸生成を促進すると示唆された。

論文審査の結果の要旨

松浦さんは、再生可能資源からのアクリル酸製造プロセスの開発に着目し、製造プロセスを効率的に促進可能な固体触媒に関する研究を行った。アクリル酸は、紙おむつの吸水性ポリマーをはじめ様々な高分子機能性ポリマーの化学原料として現代社会に必要な有機化合物であるが、石油枯渇および価格の高騰の問題から、石油の代替資源になりうる再生可能資源であるバイオマス由来の原料からの製造が期待されている。乳酸は、バイオマス資源から容易に製造が可能であるが、化学式の上では乳酸から1分子脱水によりアクリル酸が得られることから、乳酸からアクリル酸の変換プロセスに着目した。既報において、固体酸塩基触媒を用いるプロセス、超臨界水ともにアクリル酸は主生成物として得られるが、未だ十分な収率は報告されていなかった。また、反応機構も未解明であった。そこで、本研究では、酸塩基両機能性固体触媒に着目し、その酸塩基性度の影響を明らかにするために、様々な酸塩基性の固体触媒を自ら合成し、研究を実施した。

本研究のはじめに、様々な酸-塩基性をもつ固体触媒を系統的に調べ、その結果、ハイドロキシアパタイト($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$)が優れた触媒特性を示すことを見出した。アパタイト化合物は、6方晶の結晶構造を有する化合物でアルコールの反応などの含酸素有機化合物の変換においてユニークな酸塩基触媒特性を示す化合物群である。そこで次に、ハイドロキシアパタイトの構成元素及びアパタイト化合物($\text{M}_{10}(\text{ZO}_4)_6(\text{OH})_2$; $\text{M}=\text{Ca}, \text{Sr}, \text{Pb}, \text{ZO}_4=\text{PO}_4, \text{VO}_4$)(以下、 M-Z)の M/P ($\text{M}=\text{Ca}, \text{Sr}, \text{Pb}$)比を変えることで、これらの酸性度-塩基性度を系統的に制御し、乳酸からアクリル酸への選択的変換を行った。化学量論比($\text{M/Z}=1.67$)に近いアパタイト化合物を水熱合成し、様々な元素を含むアパタイト構造単相の微粒子を得た。その中でカルシウムリン酸及びストロンチウムリン酸アパタイトがアクリル酸生成に有効であることを見出した。また、構成元素はアパタイト化合物の酸塩基性度に影響を与えたことから、アクリル酸収率はアパタイト化合物の酸塩基性度に依存すると考察した。さらに、カルシウムリン酸アパタイトへのアルカリ金属の導入を検討し、一部のCaイオンと微量のNaイオンが部分置換したカルシウムリン酸アパタイトが、アクリル酸収率78 C-%、選択率は87 C-%を示した。これは、既報のどの触媒よりも高いアクリル酸選択率であった。

以上のように、本研究は、アクリル酸製造について、その再生可能資源からの新しい化学プロセスに必須な固体触媒について研究したものであり、特異な酸性度-塩基性度を有する固体触媒が有効であることを示し、かつ、これまでの触媒を凌駕する優れた特性の固体触媒を見いだすという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。上記の得られた成果は、3編の査読付き論文(*J. Nanosci. Nanotech.*, *Catal. Today*, *Catal. Commun.*)として既に学術雑誌に公表されている。よって、学位申請者松浦由美子は、博士(理学)の学位を得る資格があると認める。

<small>ふりがな</small> 氏名(本籍) 学位の種類 学位記番号 学位授与の要件 学位授与年月日 学位論文題目 発表誌名	<small>り</small> <small>とんぎゆ</small> 李 東奎 (大韓民国) 博士(理学) 甲総科博第13号 学位規則第4条第1項該当 平成26年3月24日 Investigation of Phase Transitions in Quark-Hadron Many-Body Systems using an Extended NJL Model with Scalar-Vector Interaction (スカラー・ベクトル相互作用を含む拡張された NJL 模型を用いたクォーク・ハドロン多体系の相転移の研究) Progress of Theoretical Experimental Physics, Volume 2013 Issue 1, 013D02(14 pages), January 2013 <div style="text-align: right;"> 審査委員 主査 教授 津江 保彦 副査 教授 飯田 圭 副査 教授 福間 慶明 </div>
---	--

論文の内容の要旨

Understanding various aspects of quark-gluon and hadronic many-particle systems interacting via strong interactions described by quantum chromodynamics (QCD) under multi-extreme conditions (e.g., high temperature, high density, strong magnetic field, etc.) is one of the most fascinating subjects in modern theoretical physics. Above all, unraveling the phase structure of quark-hadron many-body systems on the temperature-chemical potential plane is the most recent topics of interest, which leads to the understanding and development of the physics in the early universe and the neutron star. The RHIC/LHC-energy experiments and the lattice-QCD simulations known as a Monte Carlo analysis are accessible to the high-temperature and low-density regime. As for the high-density regime, however, some experiments to create the dense QCD matter are now in preparation or under construction. Also, the finite-density lattice-QCD simulation is infeasible because the fermion determinant is complex and hence its real part can be negative, which is called the sign problem. Thus, the heavy ion collisions and the lattice calculations alone are insufficient to understand the finite density QCD, so that an effective model approach based on QCD would be a useful tool to deal with finite density systems. This leads to a gain of qualitative insights of intermediate-density regime. In this thesis, we therefore concentrate on the finite density systems.

The focus of this thesis is to study of the quark-hadron phase transition at finite temperature and baryon chemical potential with a Nambu-Jona-Lasinio (NJL)-type effective model. Here, we adopt an extended NJL model with a reasonable saturation property as a model for nuclear matter and an extended NJL model with an additional interaction as a model for quark matter, respectively. We apply the above models including the scalar-vector eight-point interaction to both symmetric nuclear matter and free quark matter. As a result, the chiral and quark-hadron phase boundaries are obtained at finite temperature and baryon chemical potential by comparing the pressures of nuclear and quark matters, i.e., by using three equations of motion for the quark phase with dynamical mass, the massless quark phase, and the nuclear phase. Also, a quarkyonic-like phase, in which the chiral symmetry is restored but the elementary excitation modes are nucleonic, appears just before deconfinement in this model. Furthermore, the scalar-vector coupling dependence of phase diagram is summarized in this thesis.

論文審査の結果の要旨

本研究は、量子色力学 (QCD) で記述される強い相互作用に支配されたクォーク・ハドロン多体系において、有限温度・有限密度で実現される相及び各相間の相転移について、QCD の有効模型に立脚して調べたものである。

この研究では低エネルギー有効模型として、ハドロン物質・クォーク物質ともに、カイラル対称性をもとに構成されている南部・Jona-Lasinio (NJL) 模型に 8 点スカラー・ベクトル相互作用を加えた“拡張された NJL 模型”を用いている。ハドロンを記述する際には、核物質の飽和性と、適当な非圧縮率が再現されるようにモデルパラメータを決定し、一方クォーク側ではカイラル相転移の温度とクォーク化学ポテンシャルに影響を与えるスカラー・ベクトル相互作用を自由パラメータとして残した扱いがなされている。各温度及び化学ポテンシャルから計算される密度において実現する相を決定するのに際しては熱力学的な手法を用い、各相の圧力を比較することで、圧力の高い(熱力学ポテンシャルの小さい)相が実現することに注意し、まずカイラル相転移が 8 点相互作用の影響でどのように振舞うかを検討した。クォーク間のスカラー・ベクトル相互作用定数を変化させながら、カイラル対称性が動力学的に破れた相と回復した相、及び両相間の相転移の次数を決定した。さらに、ハドロン相とクォーク相に関しても同様に両相の圧力を比較し、有限温度・密度の相平面で実現する相を決定している。結果として、有限温度・密度の相平面で実現する 3 つの相、すなわちハドロン相、カイラル対称性の回復したクォーク相、及びカイラル対称性は回復しているのではあるが素励起としてはハドロンである相が存在することをこのモデルの範囲内で示した。また各相の境界、相転移の次数を決定することに成功した。特に、カイラル対称性が回復しているのではあるが素励起としてハドロンが現れる相はクォーキオニック相として近年その存在が他の理論モデルにおいて示唆されてきた相の可能性があり、拡張された NJL 模型においてもその存在可能性を初めて示す興味深い結果を得たことは注目される。以上の成果は、1 編の原著論文として、審査付の国際的学術雑誌に、筆頭著者としてまとめられている。

本研究は、強い相互作用に支配されるクォーク物質・ハドロン物質について、その相構造・相転移等の物性を研究したものであり、実現される相や相転移の次数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られる。よって、学位申請者、李東奎氏は、博士(理学)の学位を得る資格があると認められる。

<small>ふりがな</small> 氏名 (本籍) 学位の種類 学位記番号 学位授与の要件 学位授与年月日 学位論文題目 発表誌名	<small>そがめ よういちろう</small> 十亀 陽一郎 (愛媛県) 博士 (理学) 甲総科博第 14 号 学位規則第 4 条第 1 項該当 平成 26 年 3 月 24 日 単細胞生物 <i>Colpoda</i> の休眠シスト形成誘導の分子機構に関する研究 J. Eukaryot. Microbiol. (in press)
	審査委員 主査 教授 松岡 達臣 副査 准教授 三宅 尚 副査 教授 藤原 滋樹

論文の内容の要旨

真核単細胞生物の陸上環境への適応戦略は、環境耐性を有する休眠シストになることである。土壌性繊毛虫 *Colpoda cucullus* (*C. cucullus*) は、乾燥耐性、高温耐性、凍結耐性などを有する休眠シストを形成する。この過程は、 Ca^{2+} 存在下での細胞間物理的相互作用により誘導され、既存の細胞構造 (核とミトコンドリア以外) が解体され、シェルター機能を有するシスト壁に囲まれた休眠型の細胞 (ミトコンドリア膜電位は消失) に再構築される。その分子機構は、過去 1 世紀にも及ぶ研究にもかかわらず、ほとんどわかっていない。

我々は現在までに、細胞内 Ca^{2+} により活性化されると思われる本種のシスト誘導シグナル伝達系において、シスト誘導依存的に細胞内 cAMP 濃度が上昇し、リボソーム P0 タンパク質、リボソーム S5 タンパク質を含むいくつかのタンパク質のリン酸化レベルが上昇することや、ATP シンターゼ β 鎖と EF-1 α の発現量が変化することを明らかにした。

本研究では、まず、 Ca^{2+} 感受性蛍光色素 (Fura 2) を用いたレシオメトリ定量解析により、シスト誘導依存的に細胞内 Ca^{2+} 濃度が上昇することを実証した。次に、cAMP-AM (細胞膜透過性の cAMP 類似体) 存在下において、シスト誘導特異的にリン酸化レベルが上昇するタンパク質 (シスト誘導特異的リン酸化タンパク質) を広い分子領域にわたって Phos-tag 化学発光解析した。その結果、シスト誘導特異的リン酸化タンパク質のほとんどが、cAMP 依存的にリン酸化されることがわかった。シスト誘導特異的リン酸化タンパク質を Phos-tag agarose phosphate-affinity beads (Phos-tag ビーズ) により単離し、液体クロマトグラフィータンデム質量分析 (LC-MS/MS) した結果、新たにアクチン、ヒストン H4、Rieske 鉄-硫黄タンパク質がシスト誘導特異的にリン酸化されることが明らかになった。タンパク質のリン酸化は、形態形成に先行しておきる (シスト誘導 1 時間以内) ことから、これらのリン酸化タンパク質が、細胞構造解体と再構築を起こすシグナル伝達系に関与していることが推察される。

休眠シスト誘導後、12 時間以降、全タンパク質は急激に減少しはじめ、シスト細胞では栄養細胞の 1/5 程度になった。この事実は、シスト誘導後、転写の抑制が起きていることを示唆している。そこで、シスト誘導後、mRNA 量の定量解析を行い、誘導後 3 時間以降、mRNA 量が徐々に減少することを明らかにした。また、ほとんどのタンパク質はシスト形成に伴って減少したが、シスト形成に関わる一部のタンパク質の場合、これとは全く異なった発現パターンを示した。本研究では、二次元電気泳動法および LC-MS/MS により非水溶性タンパク質に焦点を絞って、その発現変化を継時的に解析した。その結果、ヒートショックタンパク質 60 の発現量が、シスト誘導後速やかに一過的に上昇するなど、複数のタンパク質の発現量が、全タンパク質量の減少に同調せず変化することがわかった。これらのタンパク質の発現変化は、シスト形成過程における繊毛の吸収やシスト壁の合成などを伴う形態形成とそれに付随する耐性獲得のプロセス、ミトコンドリア膜電位消失による代謝停止のプロセスなどと同調して起こるため、シスト形成過程において重要な役割を担っていることが

考えられる。

論文審査の結果の要旨

繊毛虫コルポータ (*Colpoda cucullus*) に代表される非病原性真核単細胞生物の休眠シスト形成に関する研究が始まってから1世紀が経過したが、ごく最近までその分子機構はほとんど解明されていなかった。十亀陽一郎君は、過去数年間に本種の休眠シスト誘導の細胞内シグナル系を含む初期過程の分子機構を明らかにし、その成果は9報の国際学術雑誌に第1著者論文として掲載された。本学位論文は、一連の研究成果のうちの最新の成果である、「シスト誘導依存的に修飾または発現変化するタンパク質群のマスマスペクトル解析による同定」に関する事項に焦点を絞ってまとめられている。本論文における最も評価される事項は、休眠シスト誘導後、短い時間間隔でサンプルを二次元電気泳動解析し、その発現変動を見逃すことなく厳密に追跡し、発現変動するタンパク質群を同定したことである。特に、本種サンプルの二次元電気泳動解析は、技術的に困難を極めたにも関わらず、試行錯誤の改良を重ね、十分解析可能な二次元電気泳動手法を確立したことが、本研究を達成するための基盤となった。

本研究では、シスト誘導によってcAMP依存的にリン酸化される複数のタンパク質(アクチン、ヒストンH4、リステ鉄-イオウタンパク質)を同定し、シスト形成における役割を考察した。さらに、シスト誘導直後からシスト形成が完了するまでに発現が変動するタンパク質群(ヒートショックタンパク質60、アクチン、 α -チューブリン、 β -チューブリン、ATPシンターゼ β 鎖)を同定し、それらのシスト形成における機能についての的確な考察をおこなった。

以上のように本研究は、真核単細胞生物 *C. cucullus* の休眠シスト形成の分子機構の研究を飛躍的に進展させたものであり、価値ある集積であるといえる。なお、本研究の成果は、本人が2013年の第65回日本細胞生物学会全国大会(名古屋市)において発表した。また、本研究において完成させたシスト誘導依存的タンパク質のリン酸化解析に関する研究では、第84回日本生化学会大会(京都)のフォーラムでの招待講演を依頼された(松岡・十亀;発表者は松岡)。よって学位申請者十亀陽一郎君は、博士(理学)の学位を得る資格があると認める。