

プロジェクト名 石見銀山地域～島根半島の古熱水系における複合資源形成システムとたたら鉄資源

プロジェクトリーダー 赤坂 正秀

所属 総合理工学部

電子メール akasaka@riko.shimane-u.ac.jp

**プロジェクトの概要** (プロジェクトの最終年度における到達目標を簡潔に記入してください。)

①本研究プロジェクトで何をどこまで明らかにするか

本研究は、「近世以降、日本の産業を支えた石見銀山およびたたら鉄資源の自然科学的再評価を行い、その形成システムを明らかにする」ことを目的とする。これらの資源開発は地域文化の発展とも密接に関係しているため、将来的には社会科学的見地からも検討を要する。本研究では、まず、その基礎である自然史的価値を明らかにすることが「萌芽的研究」と位置づけられる。

具体的目標は以下のとおりである。

1. 石見銀山の自然史を明らかにし、世界遺産登録を自然科学的見地からサポートする。
2. たたら鉄資源の形成史と自然科学的再評価を行う。
3. 島根県の熱水活動による黒鉱-変質資源形成システムを明らかにする。
4. 地方自治体および産業界と連携し、資源評価および成果の取りまとめを行う。

②国際的な視野からプロジェクトの必要性・重要性・ユニークな点

かつて世界有数の銀鉱山として栄えた石見銀山の形成には熱水活動が関わっており、また、石膏産出日本一を誇った旧平田市鱒淵鉱山に代表される海底熱水鉱床は、日本が世界に発信してきたKUROKO(黒鉱鉱床)システムによって形成された。そこでは黒鉱-変質鉱物が複合して形成されており、ゼオライト・セリサイト・モンモリロナイト等の変質鉱物は島根県に広く分布し県固有の地場産業として定着している。世界的にも貴重なフィールドであるこれらの地域で、熱水系複合資源形成システムを解明することが本研究の独創的な観点である。

③島根大学で行う意義・大学の発展にとって期待される効果

本研究のプロジェクトリーダー(赤坂)は、島根県石見銀山審議会委員を務めた。また、島根県立産業技術センターでは、当教室との協力して既に平田ゼオライトの特性を調べている。本研究では、熱水システムの学術的位置づけを再構築すると共に、地域資源開発にも具体的指針を与え、地域産業の活性化も目指していることが特徴である。地域産業界に新しい知見を提供することで、将来、産業界との共同研究・受託研究に発展する可能性が高い。

**プロジェクトのメンバー及び役割**

氏名	所属(職)	本年度の役割分担
(プロジェクトリーダー) Akasaka Masahide 赤坂 正秀	総合理工学部・教授	総括・鉱床学的視点からの基礎・応用研究
Komuro Hiroaki 小室 裕明	総合理工学部・教授	熱水活動の地質構造解析
Takasu Akira 高須 晃	総合理工学部・教授	変成鉱物の解析
Roser Barry P.	総合理工学部・講師	熱水活動の地球化学、英語印刷物の作成・編集
Kamei Atsushi 亀井淳志	総合理工学部・助教授	鉱床と母岩変質の年代学
Ohira Hiroto 大平 寛人	総合理工学部・助手	粘土鉱物・非金属資源の地質学的研究

**本年度の研究計画と目標** (本年度当初の計画書に書かれた内容に沿って、計画と達成目標を箇条書きにしてください。)

- (1) 平成 17 年度に引き続き石見銀山世界遺産登録支援を行う
  - ・「石見銀山の地球科学」パンフレットを、県内を中心としつつも可能な限り全国の教育機関に配布し、普及を図る。
  - ・平成 17 年度で不十分であった測定、解析を行い、研究結果を論文・学会発表等で公表する。
  - ・島根県教育委員会、大田市銀山課と協議し、世界遺産登録で学術面から必要とされることを再度明らかにして対処する。
  - ・石見銀山鉱石・母岩試料の保存・展示を行い、普及を図る。
- (2) たたら製鉄
  - ・和鋼博物館、石見銀山博物館などの業界関係者および県関係者と協議し、パンフレット「たたら鉄資源の形成史」を共同で作成する。
  - ・地球化学的手法により、たたら製鉄の影響の歴史の変遷を解明し、成果を公表すると共に、パンフレットに結果を盛り込み、普及を図る。
- (3) 石見銀山地域および島根半島における粘土・ゼオライトの分布と熱水活動の関係を解明し、学術論文として発表すると共に、普及を図る。島根県鉱業振興協会との連携を図る。

**計画の達成状況と自己評価**（前項で記載された計画の達成状況を項目毎に記載してください。また、年度目標に対する達成状況を項目毎に以下の基準に従って自己評価してください。A：目標以上に成果をあげた、B：ほぼ目標通りの達成度で予定した成果をあげている、C：計画より遅れ気味であるが年度末には目標達成が可能である、D：年度末までに目標達成は不可能である。Dの場合はその原因と対応策についても記載してください。2～3月に行う計画のため未執行の場合には評価は空欄にしてください。）

- ①石見銀山形成史の解明:追加調査,分析,パンフレット「石見銀山の地球科学」の普及,学術論文公表。B。  
石見銀山の地質,鉱石採集,分析はほぼ予定通り進行し,成果の公表のめどが見えた。パンフレットの普及は,県教育委員会担当者ともその必要性を検討した。大田市銀山課には200部程度配布を依頼し,県内の一部の博物館に展示・配布を依頼した。
- ②変質鉱物の生成年代解明と熱水活動の地質構造解析:学術論文公表。B。  
フィッシュトラック法による年代の追加測定,重力異常による地下構造の解析が進んだ。
- ③山陰地域の熱水地域と鉱床分布の調査,開発可能性の報告書の作成。C  
山陰地域における石見銀山以外の代表的な含金銀銅鉱床,非金属鉱床の調査を行い,その一部の成果を県内の鉱業企業関係者に公開し,開発・利用促進の援助を行った。報告書の作成にはいたらなかった。
- ④たたら地球化学的研究:学術論文公表。B。  
斐川流域の堆積物の地球化学的研究により,たたら製鉄の影響の評価を行い,学術論文に公表した。
- ⑤「たたら鉄資源の形成史」パンフレット(英語も併記)を作成。D  
当プロジェクトとしてたたら製鉄関係のパンフレットの内容が明確にならなかった。代わりに熱水活動によって生成した山陰地域の非金属鉱床の分布と成因に関するパンフレットを発行した。B
- ⑥石見銀山世界遺産登録に向けて,また,登録後の鉱石展示や銀山形成に関わる地質展示コーナーの設置など,遺産価値の維持・向上:島根大学総合理工学部地球資源環境学科の資料室に石見銀山コーナーを設置した。A。  
質の良い試料の採集が困難であるが,これまで採集した試料でも十分貴重なものである。

**公表論文,学会発表など**（別途添付していただく個人調書の中から年度末までに発行される学術雑誌等（紀要も含む）に掲載が確定しているものも含め,代表的なものを10件程度選んでください。発明等に関しては差し支えない範囲で記載してください。）

#### 論文

1. Mariko Nagashima, Takahiro Ishida and Masahide Akasaka (2006) Distribution of Fe among octahedral sites and its effect on the crystal structure of pumpellyite. *Physics and Chemistry of Minerals*, 33, 178-191.
2. ORTIZ Edwin and ROSER Barry (2006) Geochemistry of stream sediments from the Hino River, SW Japan: source rock signatures, downstream compositional variations, and influence of sorting and weathering. *地球科学*第60巻第2号, 131-146.
3. Komuro H, Aoyama M, Arayashiki T, 2006. Collapse mechanism of the Paleogene Sakurae cauldron, SW Japan. *Bull Volcanol*, 68: 631-640.
4. 森尻理恵・佐藤秀幸・名和一成・広島俊男・村田泰章・牧野雅彦・駒澤正夫・上嶋正人・石原丈実・岸本清行・大熊茂雄・小室裕明・大野一郎・志知龍一, 2006. 重力図24山口地域重力図(ブーゲー異常), 産総研地質調査総合センター.
5. 岡本泰子・小室裕明, 投稿中. 島根県美郷町にみられる古第三紀川内コールドロンの南東部の構造について. *島大地球資源環境研報*, No.25.
6. 大平寛人・根木大輔・田中俊寛(2006) 島根県東部・鍋山鉱山および周辺花崗岩類のFT年代と冷却史. *フィッシュ・トラックニューズレター* 19, 11-14.
7. 三角 寿・大平寛人(2006) 島根県大田市周辺のゼオライト化変質とFT年代. *フィッシュ・トラックニューズレター* 19, 19-24.
8. 小室裕明・山内靖喜・志知龍一, 重力構造解析による宍道低地帯の地下構造の検討. (準備中)地球科学を予定。
9. 牧 貴浩・赤坂正秀 島根県大森鉱山(石見銀山)永久鉱床の構成鉱物と銀鉱化作用(執筆中)
10. 鳥越俊行・赤坂正秀 島根県石見銀山福石鉱床の構成鉱物と銀鉱化作用(執筆中)
11. 福田千紘・赤坂正秀 島根県銅ヶ丸鉱山の金・銀鉱化作用(執筆中)

#### 学会発表

1. Chihiro Fukuda and Masahide Akasaka (2006) Mineralogical and genetic characteristics of the Dohgamaru skarn and vein type ore deposits, Shimane prefecture, Japan. 19<sup>th</sup> General Meeting of International Mineralogical Association.
2. Ohira H., Negi D., Tanaka S. and Taguchi S. (2006) Thermal history of the Nabeyama sericite mine, NE Shimane, SW Japan,

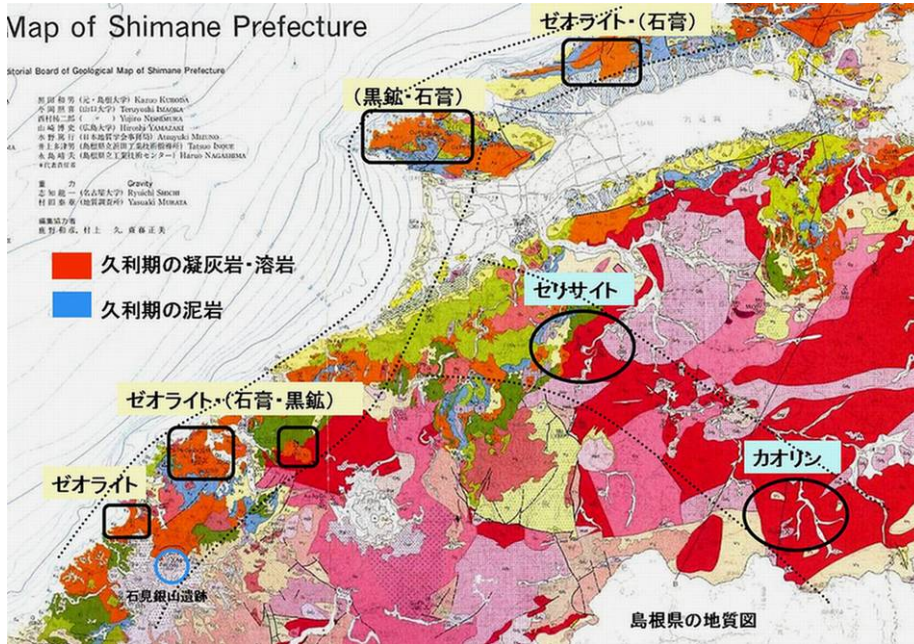
**外部資金の獲得状況, その他, 特筆すべき成果**（シンポジウムの開催, 産学連携・地域連携に関する各種見本市, 展示会への出展なども含む）

1. 2006年6月2日(金)出雲市一畑薬師周辺のゼオライト鉱床現地検討会開催(しまね産業振興財団, 島根県産業技術センター関係者, 県内鉱業関係企業を対象としてゼオライト鉱床の地質, 成因, 構成鉱物の特徴を解説)。
2. 2006年9月13日 毎日新聞「しまねアカデミー探訪」にて本プロジェクトの成果の一部を報道。
3. 2006年9月22日 第3回島根大学サイエンスデリバリーにて本研究成果の普及講演を行う。

**本年度の主要な研究成果** (図, 表, ポンチ絵などを多用して, 2 ページ以内にわかりやすくまとめてください)

**1. 石見銀山地域 島根半島にいたる地域における金属鉱床と非金属鉱床の関係の研究**

山陰地域には, 島根県の石見銀山をはじめとするさまざまな金属鉱床が存在すると共に, 重要な地下資源であるゼオライト (沸石), セリサイト, カオリナイト, 粘土鉱物, 長石, 石英の多様な非金属鉱床が存在する。金属鉱床と非金属鉱床の分布は, それらが生成した時代の地質やマグマ活動などと密接な関係を持つ。第1図で, 内陸側の赤・ピンク色で示される部分は約7000万年前 (中生代白亜紀) から約2500万年前 (古第三紀) の花崗岩類からなる地域で, 都茂鉱山, 銅ヶ丸鉱山などの金属鉱床と共にセリサイト (白雲母) やカオリンの非金属鉱床, あるいは石英・長石の巨晶を伴うベグマタイト鉱床が分布する。他方, 日本海側の橙色および青色で示される地層は今から約1500万年前の新第三紀中新世中期のもの (久利層, 大森層) で, 海底火山活動に伴って生成した大田地域から島根半島に至る黒鉱鉱床の分布と重なってゼオライト鉱床が分布する。黒鉱鉱床に伴い, 大規模な石膏鉱床も存在する。第1図に, 点線で囲まれた大田市から島根半島にいたる帯状の新第三紀の地域に黒鉱・石膏・ゼオライトの鉱床が共に分布することを示す。それらの地層の上に堆積した今から約300万年~2000万年前の堆積岩層である都野津層には, 窯業の原料となる粘土鉱床が分布する。また, 珪砂鉱床もこの時期の地層に胚胎する。都野津層の上には, 大江高山火山活動に伴って生成した石見銀山がある。都野津層中の粘土鉱床, 珪砂鉱床, また, 大江高山火山活動期の石見銀山も, 点線で示される新第三紀の帯状領域の中に属する。このようないろいろなタイプの金属鉱床, 非金属鉱床の分布の対応は本研究によって, 鉱床を胚胎する母岩の化学組成 (蛍光X線分析による) と生成年代 (フィッシュトラック法), 金属及び非金属鉱床のタイプと生成環境の検討 (顕微鏡観察, 構成鉱物の電子線微小部分分析) から初めて認識されたものである。

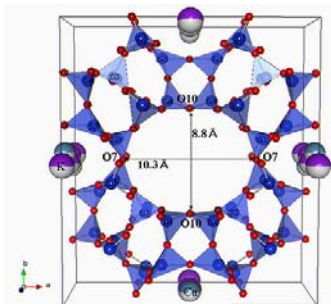


第1図 島根県太田市および島根半島における金属鉱床・非金属鉱床の分布。地質図は新編島根県地質図編集委員会(1997)による。

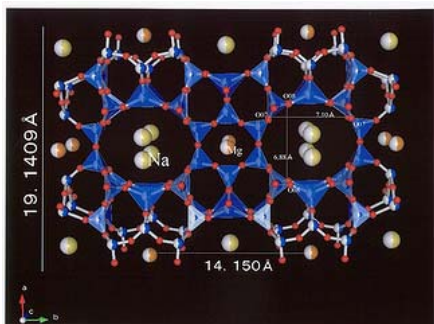
**2. 石見銀山地域 島根半島にいたる地域における非金属鉱床の研究 (代表的なもの)**

出雲市一畑薬師近傍, 大田市朝山, 大田市長谷のゼオライト鉱床, 三刀屋鍋山セリサイト鉱床, 都野津層の粘土層の調査および化学組成, 結晶構造, 流体包有物の充填温度測定による生成温度の決定などの研究を行った。

- (1) 出雲市一畑薬師近傍のゼオライト鉱床本鉱床では新第三紀中新世の流紋岩質火砕岩あるいは真珠岩が熱水作用によりゼオライトに変質している。ゼオライトは主にモルデン沸石であるが, 束沸石およびステラ沸石も存在することが明らかとなった。モルデン沸石の結晶構造を解析した結果, 12 員環の長径, 短径は合成されたモルデン沸石と同様の大きさであり, 現在の家畜飼料用としての用途以外に有効な活用ができる可能性を示した。現地で県内・県外の鉱業関係者を対象とした説明会を開催し, この結果を講演して, 利用促進の検討を行った。
- (2) 大田市朝山産フェリエライトの地質調査, 化学分析, 結晶構造解析, 分子篩としての利用可能性を検討した。フェリエライトは他のゼオライトより Si に富み, 高耐酸性・高耐温性・高触媒性を持つが, 産出量の少ない貴重な資源である。本研究の結果, 本フェリエライトは, 従来知られているフェリエライトよりも 10 員環



第2図 出雲市一畑薬師近傍のゼオライト鉱床に産するモルデン沸石の結晶構造 (未公表)



第3図 大田市朝山産フェリエライトの結晶構造

の径が幾分大きく, これを有効利用できる可能性を示した。今後, 関係企業・研究機関と利用可能性について検討する予定である。

- (3) 大田市長谷のゼオライト鉱床を調査し, 石英中の流体包有物の充填温度測定を行った結果, 複数回の熱水作用によってゼオライト (モルデン沸石) が生成したことが確認された。これは後で述べる石見銀山 島根半島地域における金属鉱床および非金属鉱床の生成モデルに調和的である。

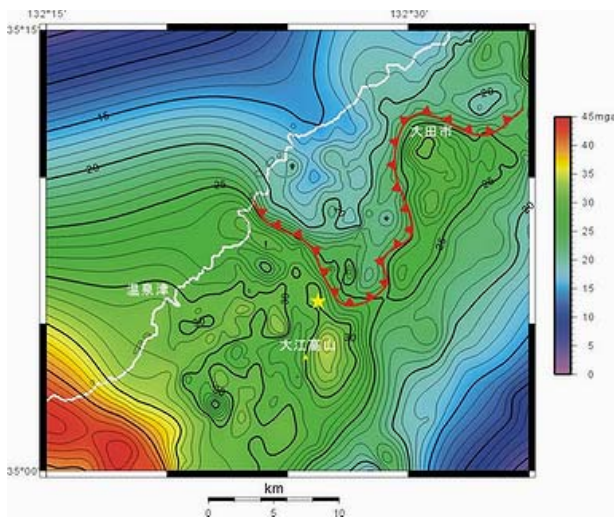
三刀屋鍋山鉱山のセリサイト鉱床の調査, 石英中の流体包有物の充填温度測定を行った結果, 本セリサイト鉱床も複数回の熱水活動によって生成したものであることが明らかとなった。本鉱床のセリサイトの純度が高いこと, 特殊な性質を示すのは, こうした繰り返しの熱水作用によるものであると結論された。

本年度の主要な研究成果 ( 続き )

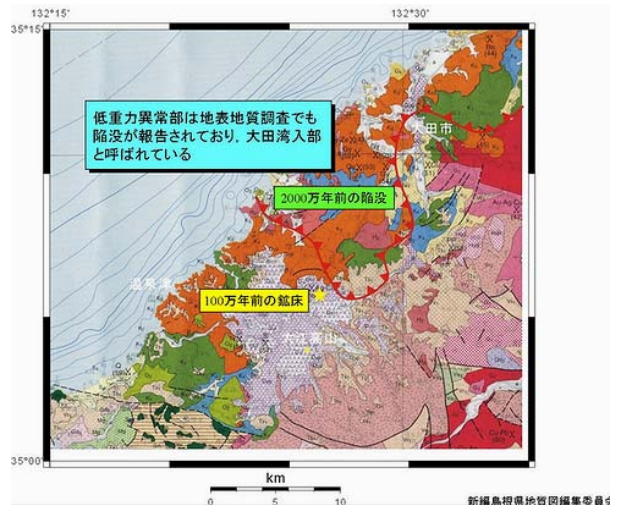
3. 石見銀山地域、島根県東部～島根半島の地質調査による熱水活動域の把握

石見銀山地域の中新世以降の陥没構造について、地質調査と重力観測を合わせた構造解析を行なった。精密な重力異常図を描くために、とくに銀山付近の観測点を増やした。石見銀山地域における既存の重力観測点 140 点におけるおよび本研究結果から、構造解析について以下の結論を得た。

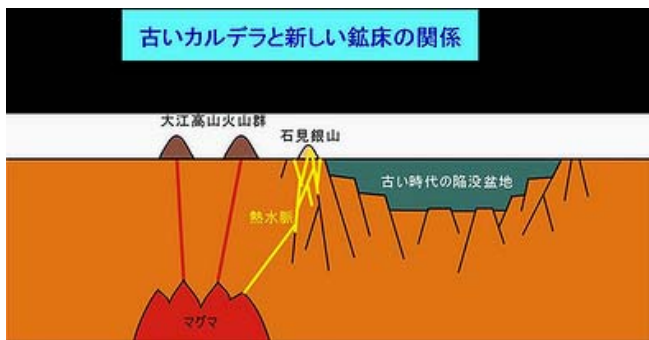
- ① 大田市を中心とした大田湾入部に対応して低重力異常が認められ、その西側の大江高山火山群地域は高重力異常となっている。石見銀山は、この境界部の重力異常急勾配帯に位置する。
- ② 低重力異常を示す大田湾入部は中新世の火山性陥没構造であり、こうした陥没構造の縁辺部には一般に断裂が発達する。鮮新世になってから、大江高山のマグマに関連した熱水がこの断裂を利用して石見銀山の鉱床を生成したことが明らかとなった。
- ③ 陥没構造の周縁部に熱水による金銀鉱床が胚胎することは、日本有数の高品位金鉱床である鹿児島県菱刈鉱山などでも指摘されている。石見銀山は、時代的にも菱刈などと同じであり、本プロジェクトの研究により石見銀山と菱刈鉱山の成因的共通性が明らかとなった。これは本研究における最も重要な発見の一つである。



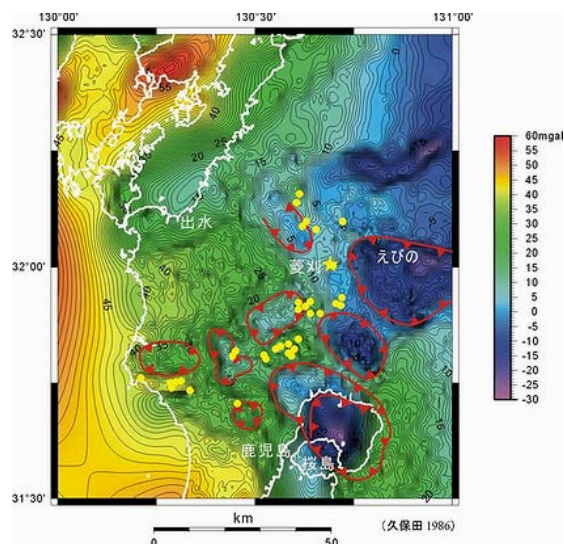
第 4 図 石見銀山周辺地域の重力異常図  
赤線は陥没構造（カルデラ）の境界



第 5 図 陥没構造（カルデラ）と地質の関係、および石見銀山との関係



第 6 図 古い陥没構造（カルデラ）と鉱床生成場の関係



1981年に発見された  
高品位金山

推定埋蔵量：金220t、銀150t  
品位：金50g/t、銀30g/t  
時代：100～80万年前

600万年前以降のカルデラ群  
400万年・100万年前の鉱床

第 7 図 南九州菱刈鉱山における陥没構造と金銀鉱床の分布の関係

**【萌芽研究部門のみ】本研究を更に発展させた重点研究への構想**（図、表、ポンチ絵などを多用して、2 ページ以内にわかりやすくまとめてください）

本研究は、「近世以降、日本の産業を支えた島根県を中心とした山陰地域の銀、鉄、銅などの金属鉱床資源およびゼオライト、セリサイト、粘土、珪砂などの非金属資源の自然科学的再評価を行い、その形成システムを明らかにする」ことを目的とし、「成果」の部分で主な成果を紹介した。これらの金属・非金属資源の開発は地域文化の発展とも密接に関係しているため、本研究成果を発展させた次期の重点研究では社会科学的成果との統合を図り、従来の自然科学と社会科学の枠を超えた、新たな境界領域を創設し、まったく新しい融合領域を開発する。

本研究では、地球の歴史の中で起こったマグマの活動とそれに伴う熱水活動によって、各地質時代に特徴的な金属・非金属鉱床が生成したことを系統的に解明することに成功した。われわれ人間は、それらの自然の恵みを利用して発展し、その恵みを獲得するために鉱山周辺に町ができ、採掘した地下資源を精錬するために更に町が発達した。また、採掘された資源、精錬された資源の運搬のために、運搬経路に沿ってまた街ができ、発展した。更にそれらの資源は海路を経由して海外との交易が発展した。

しかし、これまでは自然科学は鉱床の生成、鉱床の資源鉱物に関する研究に重点があり、社会科学は人間社会の歴史の変遷の研究を行ってきており、お互いがそれらの成果をもちよって地域の盛衰の解明と将来の発展方向を提言できるような方向に協力し合うということがほとんど無かった。個々の分野における最先端の研究の上ではそれでよいが、地域的な要請にこたえて、その地域の発達史に踏まえて今後の地域の発展方向を提言するためには、山陰地域が豊富な資源を生かして発展し、日本及び世界に貢献してきた自然の環境と人間の活動の関係の体系的解明を行い、その結果に基づいて産業的なアクティビティが低くなっている現在どういう発展方向が合理的であるのか、という問題を解明するという方向を切り開いていく必要がある。そのためには、本プロジェクトで行ってきた自然科学的研究の成果と、社会科学的方面から研究してきた成果を統一し、両分野で共通する戦略を設定し、それぞれ独自の метод論を持っての研究を行い、同時に成果を共通の戦略の中で位置づけ、研究手法と成果の妥当性を評価し、戦略を達成するための軌道修正を行って、また研究を進める、ということをしり強く行ってゆく必要がある。

これは、ひとつのプロジェクトを形成することによってのみ可能であり、本プロジェクトを重点研究へと発展させる意義はそこにある。

この重点研究では、

- (1) 島根県における町の盛衰を鉱物資源の利用、運搬との関係で体系的に捉える。
- (2) そのために、どこにどういう鉱床があり、それがいつどういうプロセスで生成したのかを明らかにし、人類が何のためにそれを開発したのかという政治的、社会的背景と関係付ける。
- (3) 両者の関係を体系付けながら、将来の地域の発展に提言できる指標を検討し、シミュレーションを行って、また必要な調査および検討を繰り返す。
- (4) 最終的に、今後の地域の長期的発展に向けての提言を行う。