丹後半島徳光 - 砂方地域に分布する中新統北丹層群網野累層砂方部層の堆積環境変化 －山陰海岸ジオパークの担い手として－

三上禎次[1)]，岡　祐馬[2)]，安松貞夫[3)]，田中里志[4)]

1) 龍谷大学　rcacky@goo.jp
2) 舞鶴市立高野小学校　rik61193@yahoo.co.jp
3) 京都教育大学　yasumatsu@themis.ocn.ne.jp
4) 京都教育大学理学科　stanaka@kyokyo-u.ac.jp

キーワード：山陰海岸ジオパーク，砂方部層，堆積環境
（受付：2011年2月10日）

Ⅰ．はじめに

丹後半島は，京都府の最北地域である。丹後半島は温泉やカニ，農作物など自然と結びついた観光資源も豊富な地域である。この丹後半島の西部沿岸地域から兵庫県の沿岸地域，鳥取県東部までは，山陰海岸ジオパーク呼ばれる自然公園である。ジオパークとは大地に親しみ，大地の成り立ちを知り，人間とこれからの関係を考える「大地の公園」である。ジオパークは日本だけでなく，海外にも多くある。日本では世界ジオパークとしてすでに洞爺湖有珠山（北海道），糸魚川（新潟県），島原半島（長崎県）が認定されており，2010年10月にはこの山陰海岸ジオパークが世界ジオパークに認定された。世界ジオパークは，ユネスコの支援を受けて設立された世界ジオパークネットワーク Global Geoparks Network（GGN）が認定したジオパークである。それらは地質などの地球科学的自然遺産を適切に保護するとともに，教育・研究や観光資源など，人々の暮らし，文化の持続的発展，地域振興に活用しようとするものである。世界ジオパークが教育・研究・地域振興ということを目的としているため，保護を目的とした世界遺産とは概念が異なる。

近年京丹後地域において，若年層の人口の減少により，今後の地元での暮らしや経済が懸念されているため，観光客や居住者を引き込むための重要なテーマと位置づけられる。山陰海岸ジオパークが世界ジオパークに認定されることによって，観光客や訪問者がこれらの地質遺産とともに大地の歴史や人との関わりを学習する機会をつくり，岩石



図1　近畿北部調査地域位置図

や地層のみならず，温泉や食材などもジオパークとともに楽しんでいただけることが重要である。本論で紹介するルートや露頭が訪問者の自然教材や観光資源の担い手となることを期待する。

この山陰海岸ジオパークは,日本海拡大に関連して形成された地層や岩体が多く分布する。特に丹後半島の北西部沿岸地域には良好な成層をなす地層や火山岩，火山砕屑岩が産出する。日本列島形成の様子は巨視的なシナリオで日本海拡大を描いたものが多い（平，1990 など）。一方，各地域に見られるそれぞれの地層や岩石について，それらの日本海拡大の解釈と関連付けることは容易ではなく，地層については堆積当時の堆積環境などほとんどわかっていないのが実状である。これまでの研究においても，砂方部層において地層の積み重なりがルートを追って序列的に積み重なっていくのを想定した模式地が設定されていない。本論では京丹後市徳光ー砂方（すなかた）地域の地層の層序（積み重なりの序列）についてフィールドワークを行なって，これらの地層の堆積当時の堆積環境を解明し，砂方地域の模式地を提案する（図 1）。なお，この研究には 2009 年度山陰海岸ジオパーク振興会の補助金を一部使用し，共同著書の岡祐馬の卒業研究とともに現在までの調査報告の一つとする。

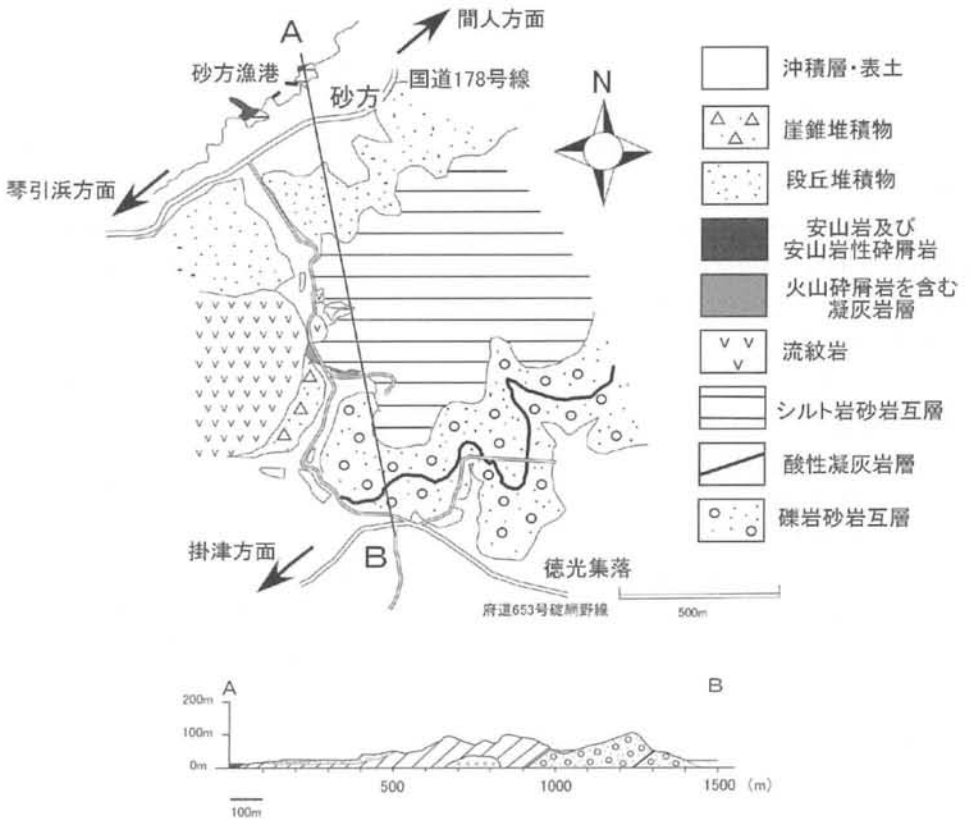

図 2　砂方ー徳光地域の地質図と地質断面図

Ⅱ．北丹層群と網野累層，新生代

丹後半島周辺には，古第三紀の宮津花崗岩類を基盤として，新第三紀中新世の地層（中新統）が分布している。それらは丹後半島東部の宮津湾に面した地域では伊根層群，丹後半島西部から兵庫県豊岡地域にかけては北丹層群と呼ばれている。北丹層群は弘原海ほか（1966）で詳細な層序の記載が行なわれており，山元・星住（1988）で層序が簡略化され整理されている。北丹層群はさらに地層の構成物や特徴から3つの累層に分けられており，下位から順に八鹿累層，網野累層，丹後累層に分けられる。本論で扱う網野累層はさらに下位から砂方部層，野尻部層，平（へい）部層に分けられている（山元・星住，1988）。網野累層の年代は間人（たいざ）火砕流堆積物中の軽石の黒雲母 K-Ar 年代が 13.50±0.54Ma（Ma＝100万年），間人採石場貫入岩から石基の K-Ar 年代 14.47±0.33Ma（小滝，2010）や伊根町本坂での全岩による K-Ar 年代 13.5±0.7Ma, 14.9±0.7Ma（山元・星住，1988）などの報告があり，概ね中新世中期と考えられている。また網野累層から浮遊性有孔虫が産出しており，その年代は中新世中期に相当する（中川ほか，1985）．またほとんど同時期の安山岩類がこれらの中新統とともに分布している。砂方部層においては Ohe and Furuhashi (1977) で淡水成の魚化石を報告している。地層全体は走向 N 50～80° E，傾斜 30° N で，一部走向 N80° W，傾斜 30° N を示す個所もある。石田ほか（1993）においては山元・星住（1988）と池辺ほか（1965）の区分で表層地質図が製作されているが，ここでは山元・星住（1988）の区分をもとに，本論では砂方部層についての地層を扱う。

Ⅲ．砂方ー徳光地域の中新統

フィールドワークをもとに地質図の作成と地質断面図を作成した（図2）。以下，各地層を解説する。

(i) 徳光集落から砂方海岸

徳光集落西方，府道653号線碇網野線から砂方漁港南方に通じる峠道の道路沿いには礫岩層を主体とする礫岩砂岩層とシルト岩砂岩の互層が見られ，時折酸性凝灰岩を挟む。礫岩砂岩層の層厚は約 240m，シルト岩砂岩互層の層厚は約 460m である（図3）。府道653号線とこの峠道が分岐する付近では細礫から巨礫の礫岩層であるが，中礫サイズ（5cm 前後）主体の亜円礫及び円礫層が見られ，ここから北方の地層上位に向かって礫岩砂岩の繰り返しが少なくとも6サイクル見られる。またこの道路沿いのため池付近では，約 1m 幅の酸性凝灰岩層を挟み，支流の谷内にある林道には礫混じりの酸性凝灰岩が挟在していた。この地層より上位には礫層は減り，シルトが主体となるシルト－細粒砂岩層と整合的に相変化する。この道路から東方に分岐する林道内の露頭ではシルト岩－砂岩層の

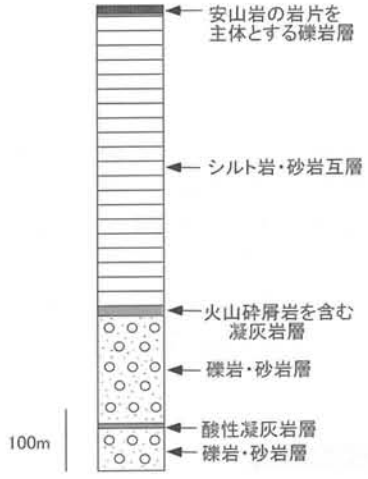

図3　砂方部層の地質柱状図

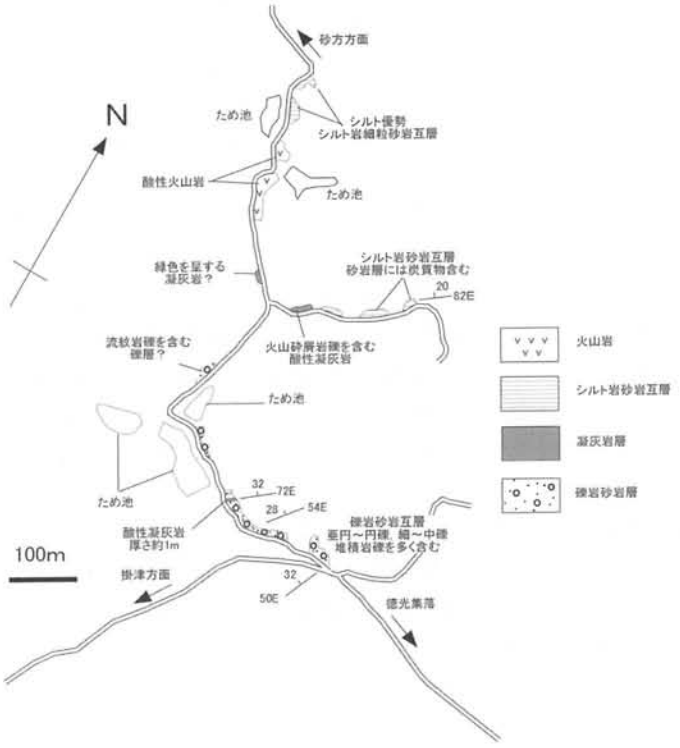

図4　徳光から砂方に至る峠道周辺のルートマップ

砂岩層に炭化した植物片が含まれる（図4）。

(ii) 砂方漁港

砂方漁港の層序と堆積環境の詳細は岡ほか（2011）で述べられる。その堆積相の垂直変化は下位からシルト岩を主体とし貝化石が産出する地層A（層厚約7m），細粒砂岩を主体とし，しばしば火山砕屑物を取り込んだ礫質岩層を含む地層B（層厚約6m），7mの露頭欠如の上位方向には，5mm程度の安山岩火山岩片の円礫を主体とする地層C（層厚約4m）である。地層Cにおいては淘汰のよい安山岩岩片がひしめき合っており，それらの礫を埋めるように沸石が析出している。基質は少ないが，しばしば砕屑粒子としての石英や斜長石・単斜輝石を含む。

Ⅳ. 砂方部層における堆積環境の変遷

徳光ー砂方でみられる礫岩砂岩互層で，礫は比較的扁平で亜円～円礫が主体である。また堆積岩や火山岩の礫を含むが，基質部には細礫と粗粒砂が見られ不淘汰である。礫の配列には2方向が認められ，北傾斜で配列しているものと水平に近い配列が確認でき，下位層を削り込む形状の斜交層理がみられる（図5）。これは河川の河道（チャネル）充填堆積物と考えられ，増水時の流れによって礫が堆積し，水流速の減衰とともに細粒堆積物が堆

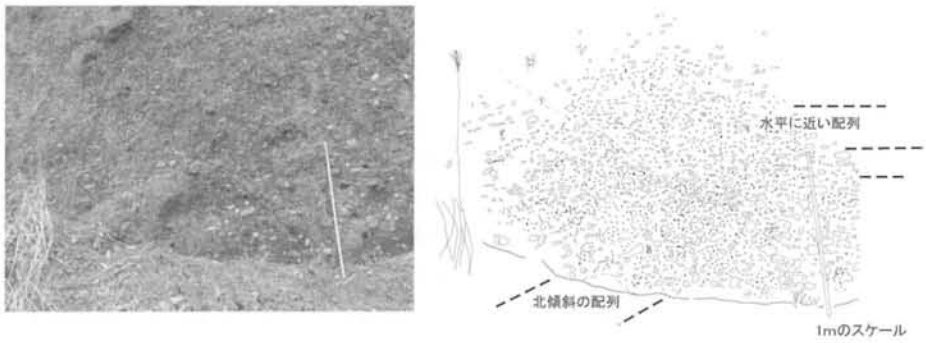

図5　徳光に見られる礫層の写真とスケッチ．写真左下に向かって配列している礫と水平に近い配列をしている礫がある．

積したものと解釈できる。この礫岩から砂岩層への変化は，酸性凝灰岩が見られるため池付近まで少なくとも6サイクルあるが，砂岩から礫岩に移り変わる部分では，時折細礫を取り込みながら上方粗粒化を示す。これは河川の洪水氾濫の繰り返しがこの礫岩砂岩層を形成したと考えられる。ため池横で確認できる白色を呈した酸性凝灰岩層は，酸性火山岩の噴出によるものである。この上位では，礫岩砂岩層に凝灰質層が挟在する頻度が増していることから，次第に火山活動が活発化した様子が伺える。林道では火山砕屑岩礫を含む酸性凝灰岩層が見られ，これらの火山活動にかなり近い環境で堆積している可能性がある。峠道の西方には酸性火山岩の山体が分布しているが，この酸性火山岩質の火山活動による可能性が考えられる。周辺に分布する中新統の堆積年代と火山岩類の噴出年代の前後関係についてはこれまで明らかになっていないが，砂方南方の流紋岩の噴出年代と砂方部層の堆積年代については，ほぼ同時期である可能性も視野に入れる必要がある。層序的にはこれらの酸性凝灰岩を含む礫層の直上にシルト層を主体とするシルト岩砂岩互層が整合的に積み重なり，この砂岩からは植物片を起源とする炭質物が産出する。陸域の要素の強い堆積環境であったと考えられるが，詳細は不明である。地質図からはこれらの地層のほぼ上位に砂方漁港で見られる露頭が積み重なることになる。砂方漁港では岡ほか（2011）で示された地層Aから少数ながら貝化石や珪藻化石が認められ，硫黄などの析出などから汽水環境の堆積物と考えられている（岡ほか，2011）。またその上位に重なる地層は火山砕屑岩類を含む地層Bであるが，ここでは扁平に変形した軽石粒が含まれている層が挟在する。しかしこの層の基質部は凝灰岩質ではなく，シルト～細粒砂で構成されていることから凝灰岩質の泥流堆積物と推定できる。地層Cにおいては安山岩岩片が淘汰されて堆積しており，水中で再堆積したものの可能性が高い。仮に海水中の堆積物だとしたら，潮流や河口などのような流れの影響を受けやすい浅海のファン・デルタか浅海斜面のような環境が想定できる。このような堆積岩は，島根県に分布している日本海形成直後の堆積岩の来待石砂岩が類似しており，構成粒子の多くが安山岩・デイサイトなどの岩片，沸石が基質部に析出し，斜長石・単斜輝石などが見られ，浅海に堆積したものとされている（鹿野ほか，1991；沢田，2000；高安・井上，1985）。地層Bと地層Cの境界は露頭の欠如があり，断層による破砕帯の可能性もある。従って地層Bから地層Cにおいては，整合的な連続的層序という判断はできないが，露頭で見られる序列として地層B，Cそれぞれの堆積環境

の解釈について影響はないものと考えている。

以上をまとめると，徳光－砂方部層の層相変化と堆積環境の変化は次のように推定することができる。

① 礫岩－砂岩を主体とする河川成層であることから河川の拡がる堆積環境
② 酸性凝灰岩や酸性火山岩礫を含む地層から付近で酸性火山活動があった堆積環境
③ 炭質物を含んだ砂岩を挟むシルト岩－砂岩層から陸域の要素が近い堆積環境。
④ 貝化石や珪藻化石を産する内湾などの汽水域での堆積環境（地層A）
⑤ 河口などで火山砕屑岩をとりこんだ軽石流の要素をもつ泥流の堆積環境（地層B）
⑥ 淘汰された安山岩片が水流の影響を受けて再堆積するファン・デルタか浅海斜面などの堆積環境（地層C）

このように砂方部層の連続的層序を見ることができる模式ルートとしてこの地域を扱うことができる。

V．徳光－砂方地域の堆積環境を考えるにあたっての課題と問題点

この地域の中新統は，現段階で産出化石が少なく，産出した化石においても保存状態不良の貝化石数種と，数層のシルトから産出した珪藻化石，植物片起源の炭質物程度である。そのため，陸成なのか海成なのかの判断が非常に難しいところが多い。本調査においてもシルト岩－砂岩層が砂方漁港の下部層までどのような環境であったかは不確定である。その上，火山性イベントによる堆積岩層を多く含み，露頭によっては非常に複雑な入り込み方をする。火山性堆積物がどのような堆積環境なのかの判断はかなり難しい。それらの各露頭内部での層相変化が激しく，狭い地域であっても堆積環境を連続的に記載・考察するのにはかなり時間と労力を要する。露頭間も欠如となるところが多いので，離れた地域の連続性を確認するのにも注意が必要である。幸運にして本論では徳光－砂方露頭間で比較的連続した層相変化が確認できたので，その堆積環境の変遷の可能性を示唆することができた。山陰海岸ジオパークにおける間人立岩の安山岩，琴引浜の生痕化石を含む網野層との層位関係やイベントの前後関係が今後大きな課題となる。できる限り露頭分布を抑えて網野層の連続的な堆積環境の変化を詳細に調べる必要がある。また来訪者が容易に古環境をイメージできるためにも貝化石や植物化石が豊富に産出する露頭が設定できれば理想的である。

VI．徳光－砂方地域におけるジオパークの教育的位置付け

ジオパークは，大地の公園の他に，地域振興・経済活性・学術的な研究や教育の位置付けがあり，この地域におけるフィールド教材として扱っていくことができる。日本海形成・背弧海盆の形成などをローカルな視点からイメージすることは容易ではないが，一つ一つの露頭解析が日本海拡大期もしくはその直後に，露頭周辺でどのような堆積環境であったかを考えるのは科学的な想像力を培うのに良い。京丹後市周辺の地元の方々のみならず，遠方からの観光客や学生，児童に地層を観察してもらうことで，想像する楽しみを味わっていただける素材となれば幸いである。学校教育の地層見学の研修の場としても良好である。実際にこのルートの案内パンフレットなどを作成して歩いてみる野外観察会などを行なって議論することは有効である。このように地道に地質図やルートマップを作製するこ

とで模式地や見学ルートを設定できるので，山陰海岸ジオパークの他地域についても同様の調査が期待できる。エコツーリズムやジオツーリズムは学校教育に止まらない社会教育の観光であり，自然露頭そのものが教材となりうるものである。科学的な想像の楽しみと，京丹後の自然で生まれたカニや果物などの食材・温泉などをきっかけとして，観光客や居住者が増え，継続的に地域振興できることを期待したい。

謝辞

本研究を進めるにあたって，山陰海岸ジオパーク推進委員会の 2009 年度補助金の一部を得て進めることができました。京都教育大学の武蔵野實教授，京都府立大学講師の小滝篤夫博士，立命館高校教諭の紺谷吉弘博士，岡山大学大学院自然科学研究科の鈴木茂之准教授には有意義な議論やご教示をいただきました。京都教育大学大学院の田中勝章氏，京都教育大学地学研究室の中川知子氏，若菜みゆき氏，師玉洋輔氏，松岡健一郎氏，鈴木健剛氏，太田侑毅氏には有意義な議論とともにフィールドワークに同伴していただきました。またフィールドワークでは地元の方々に情報提供や調査に対する理解などご協力いただきました。これらの方々に感謝の意を表します。

文献

池辺展生・弘原海　清・松本　隆　1965. 但馬・丹後地域　地質学会 72 年年会見学案内書　28p.

石田志朗・武蔵野　實・植村善博・井本伸広　1993. 京都府土地分類基本調査「網野・冠島」5 万分の 1 国土調査，京都府 100p.　表層地質図および解説書，30-53.

小滝篤夫　2010. 講演記録「近畿北部，京丹後市域の花崗岩および新第三紀火山岩類の K-Ar 年代」. 京都地学，**28**，5-8.

中川登美雄・千地万造・三浦　静　1985. 福井県内浦地域の中新統層序と浮遊性有孔虫. 地質学雑誌，**91**，389-402.

Ohe F.　and Y. Furuhashi　1977. A new fossil carangid fish from the Miocene Toyooka Formation, Okutango Peninsla, Kyoto Prefecture, Central Japan. Bull. Mizunami Fossil　Museum

岡　祐馬・三上禎次・安松貞夫・田中里志　2011. 丹後半島北西部砂方漁港に見られる地層の特徴と堆積環境　ー海岸露頭の教材化の試みー. フォーラム理科教育，**12**，30-35.

高安克己・井上多津夫　1985. 出雲層群. 島根県の地質，島根県. 100-105.

平　朝彦　1990. 日本列島の誕生.　岩波新書　226p.

弘原海　清・池辺展生・松本　隆　1966. 近畿北部の新第三系の対比ー近畿北部の新生界の研究，その 3ー. 松下進教授記念論文集 105-116.

山本孝広・星住英夫　1988. 丹後半島新第三系の層序と中期中新世の火山活動. 地質学雑誌，**94**，10，769-781.

鹿野和彦・竹内圭史・松浦浩久　1991. 今市地域の地質　地域地質研究報告（5 万分の 1 地質図幅）地質調査所. 79p.

沢田順弘　2000. 顕微鏡でのぞいた来待石. 来待石ストーン研究 2. 15-42.