

第 211 回地質調査所研究発表会講演要旨*

特集 平成 2 年度重点基礎研究成果報告

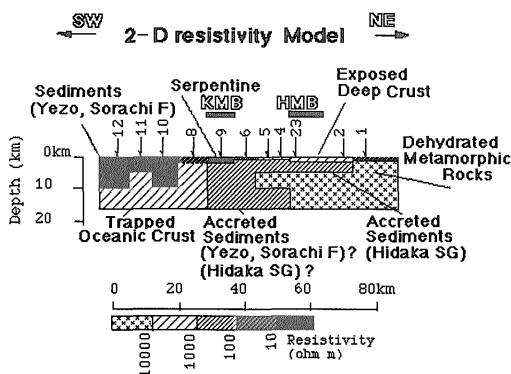
日高山脈を横切る深部地殻比抵抗断面と
そのテクトニックな意味

小川康雄*・牧野雅彦*・西田泰典**
横倉隆伸*・渡辺 寧***

日高山脈の形成は当初地向斜によって説明され、日高変成帯は、その中心であると理解されていたが、1980年代になって微化石による年代決定や日高変成帯の変成度の再検討によって、地向斜モデルは否定され、プレートテクトニクスに基づいたアクリーションと衝突による新しいモデルが登場した (Komatsu *et al.*, 1986; 君波ほか, 1986)。われわれは、日高山脈を横切って広帯域 MT 法測定を行い、白亜紀のサブダクションシステムとその後のコリジョンによる衝上断層の構造を描出した (第 1 図)。構造は以下のように解釈された。

(1) 測点 12 から 10 では、数 km に及ぶ厚い低比抵抗層が認められた。これは白亜紀に前弧海盆堆積物として堆積した蝦夷層に対応すると考えられる。(2) この前弧海盆堆積物の下には、高比抵抗層がある。これは白亜紀のサブダクションのジャンプによってトラップされた海洋地

殻であると考えられる。この海洋地殻は測点 8 でほぼ地表に空知層として現れている。この海洋プレートの測点 8 の西側における折れ曲がり、千島弧の衝突と関係するかも知れない。この高比抵抗基盤深度の分布は、屈折法地震探査 (藤井・森谷, 1983) による基盤深度と非常に良い一致を示す。(3) 神居古潭変成帯の浅部に 10 Ω m 以下の低比抵抗が見いだされた。これは蛇紋岩やカンラン岩などの超塩基性岩によるものと考えられる。(4) 測点 9 及び 6 の深度 20 km 程度までには数 100 Ω m の低比抵抗が要求された。この低比抵抗異常は高波 (1982 a, b) の神居古潭変成岩帯の低速度異常と対応している。(5) 測点 5, 4, 23, 2 では、数キロ Ω m の高比抵抗層が表層を覆っている。この層は、測点 5, 4 では数 100 m と薄く、測点 23, 2 では厚くなる。この表層の高比抵抗層は、千島弧が衝突して生じた衝上断層の上盤側を表していると考えられる。(6) 測点 23, 2 の表層から 3 km までは、地質学的に深部地殻のめくれ上がった断面に相当し、それぞれグラニュライト及び花崗岩に対応する。グラニュライトは下部地殻を構成する物質であるが、MT 法の結果は、地表にめくれ上がった下部地殻物質自体は数キロ Ω m の高比抵抗であることを示した。(7) 30 キロ Ω m という非常に高比抵抗なウェッジが測点 5, 4, 23, 2, 1 の地下数 km 深度に解析された。このウェッジは、大陸性地殻の衝突による地殻深部・上部マントルにいたる衝上断層を表していると解釈できる。またこの高比抵抗は、衝上断層が生じる前に、すでに high grade metamorphism による脱水反応により、地殻が水を失っていることを意味している可能性がある。この高比抵抗ウェッジは、Miyamachi & Moriya (1984) による Vp 高速度異常とよく対応している。(8) 高比抵抗ウェッジの下に、ディッピングする低比抵抗層 (数 100 Ω m) が解析された。これも Miyamachi & Moriya (1984) の Vp 低速度異常とよく対応している。この低比抵抗層はこの MT 法サーベイでもっとも重要な構造である。この原因として、堆積層 (蝦夷-空知帯の堆積層、あるいは、日高累層) がサブダクションあるいはコリジョンによって地殻深部に取り込まれたと考えることができよう。



第 1 図 日高山脈を横切る比抵抗モデル
KMB, HMBはそれぞれ神居古潭変成帯, 日高変成帯を表わす。

*平成 3 年 6 月 21 日日本所において開催

(*地殻物理部 **北大理 ***北海道支所)

Keywords: Hidaka mountains, accretion, collision, Hidaka metamorphic belt, Kamuikotan metamorphic belt

小スパンアレイ観測による短周期地震波
コーダ形成過程の解析

栗原保人*・伊藤久男**・大湊隆雄***・川勝 均**
木口 努*・宮崎光旗*・長 秋雄***

1. はじめに

地震の直達P波及びS波に後続するP波コーダ, S波コーダは地下の不均質部分からの散乱波で構成されていると考えられている。最近, 高密度アレイ観測を行って, コーダ波中の波束の到来方向を決定し, 地下不均質部の位置決定を行う試みがいくつかなされている。我々は, 工業技術院共同溝内で小スパンアレイ連続観測を行い, P波, S波コーダ中の波束の到来方向を高分解能で決定し, 自然地震のコーダ波形成過程を系統的に調べる研究を開始した。

2. 観測及び解析法

工業技術院内には全長約1,700mの共同溝が, 院内の各研究所の電力供給や通信設備などのために利用されている。この共同溝を利用し, 固有周期2Hz, 上下動1成分の地震計を測点間隔50mでL字型に13点配置した。測定周波数帯域は2-30Hzとした。観測は1990年7月から開始し, これまでやや深発地震を含めた約30個の地震を記録, 解析した。

解析では, アレイ観測点への入射波を平面波と仮定し, すべての見かけスローネス, 到来方向に対するセンプランスを計算し, コーダ波中のコヒーレンスのよい波束の到来方向を決定した。

3. 結果及び考察

解析の結果, P波コーダ中の波束は震源の深さに関係なく, 直達S波到達までの全継続時間にわたってセンプランス値が大きく(0.5以上), P波初動とほとんど同じ方向すなわち震源方向から到来していることが明らかになった。一方, S波コーダでは, センプランスの値は小さく(0.4以下), 到来方向はランダムと見なせ, P波コーダとの違いは顕著である。

このP波コーダとS波コーダの特徴から地下構造の鉛直方向にのみ依存するゆらぎ(δV_v)と水平方向のゆらぎ(δV_h)の大小関係が導かれる。すなわち, ゆらぎに関する大小関係, $\delta V_v^2 < \delta V_h < \delta V_v$ のもとで, P波コーダは主に δV_v を原因とするS-P変換波で構成され, S波

コーダは主に δV_h を原因とするS-S変換波で構成されていると考えれば観測事実を説明できる。このことから, P波コーダから3次的に不均質な地下構造のうちの水平成層構造が, S波コーダからは水平方向のゆらぎが推定できる可能性がある。

(*地殻物理部・**地殻熱部・***環境地質部)

Keywords: seismic coda waves, scattering, array observation, layered structure, lateral heterogeneity

化学組成に基づく泥質海底堆積物の
堆積環境因子の研究

渡部芳夫・今井 登・片山 肇

地質時代の泥質堆積物試料の堆積古環境を化学組成から復元する際の指標を求めることを目的として, 現世の海底堆積物を対象として化学組成を検討し, それから求められる統計学的因子を, 現在の海底地形や海洋環境, 流入河川系等の陸域の影響とを対比する研究を行った。

対象とした試料は, 能登半島周辺海域の表層泥質堆積物試料約200試料で, 主要-微量30元素の分析を行った。解析の終了している能登湾内の試料についての元素ごとの濃度分布図及び主成分・因子分析結果の各成分・因子荷重分布図を作成し, 海底地形, 粒度, 底層水酸化度, そして流入河川の流域地質等と比較検討した。その結果, 顕著な因子の多くは特定の重鉱物や粘土鉱物等の河川系の性格を反映するもので, それらに加わって有孔虫等の炭酸塩鉱物, 堆積深度及び酸化還元環境, そして碎屑物の粒度を反映する因子等が判別された。

今回特に強調されることは, 非常に細粒な堆積物であっても, 特徴的な重鉱物組成を持っていれば化学組成よりそれらが判別可能であることである。富山湾内では, 姫川系の前線ではChromite, 神通川系はZircon, 黒部川系はIlmenite/Rutileの重鉱物因子により特徴づけられ, これらはそれぞれの流域地質をよく反映している。一方外洋系の試料ではこれら重鉱物3因子の組成は平均的で, より珪酸塩碎屑物の因子に富んでいる。今後, 陸域の影響の少ない外洋域試料を対象に, 堆積環境因子の解析を進める予定である。

(燃料資源部・地殻化学部・海洋地質部)

Keywords: geochemistry, bottom sediment, major element, trace element, sedimentary environment, Toyama Bay, heavy minerals

地球表層における鉱物安定性と元素分配

月村勝宏・丸茂克美

人間生活に関わりが深い地球表層には水が多量に存在する。この水と鉱物との反応を理解することが地球環境や資源の問題を解決するための基礎となる。本研究では、低温(200°C以下)における水と鉱物との反応実験を行う実験システムを開発し、 $K_2O-Al_2O_3-SiO_2-H_2O$ 系の水熱反応実験を行った。

この水熱反応装置は回転による攪拌ができ、反応条件下で固相と液相が分離できる。反応容器はテフロン製で、ヘッドはチタンである。ヘッドには水の通る穴があり、途中にテフロンフィルターがある。このフィルターを通して液相のみが外にでる。加熱反応時には、ヘッド出口に取り付けてあるクイックコネクで圧力は止まっている。液を取り出すには、クイックコネクのメスとオスをつなげて出口を開く。オス・クイックコネクは水の入った耐熱びんに取り付けてあり、反応容器から出た液は管を通して水で希釈される。この装置はこれまでの装置と比べて操作性がよく、液の分離も簡単である。

この装置を用い、水の化学組成の関数としてどのような鉱物が安定であるかを求めるための水熱実験を、 $K_2O-Al_2O_3-SiO_2-H_2O$ 系について進めている。出発物質には、 $K_2O-Al_2O_3-SiO_2$ 組成のゲル、及び蒸留水またはKOH溶液を用いている。反応時間は2-12日間、温度は200°Cである。これまで、リュウサイト、長石、カオリナイト、石英ができていた。しかし、半数近くの実験で生成物が非晶質のままであり、これらの実験では十分に反応が進んでない可能性がある。今後、抽出した溶液の分析や出発物質の検討を行い、反応の機構や速度を考察し、反応を促進させた実験を行いたい。(鉱物資源部)

Keywords: geochemistry, minerals, solution, high pressure, high temperature, experimental studies, phase equilibria, P-T conditions, aqueous solutions, kaolinite, sheet silicates, quartz, framework silicates, hydrothermal apparatus, feldspar, leucite, $K_2O-SiO_2-Al_2O_3-H_2O$, alteration, weathering, autoclaves, teflon vessel, titanium head, quick connect

蛍光 X 線による火山岩の微量元素の測定

若月 聡・富樫茂子

蛍光 X 線分析装置を用い、火山岩の微量元素の定量を迅速かつ精度良く求める方法を報告し、火山岩の成因に関する適用例を示した。

試料にバインダーを混合せず、ほう酸で周囲を保持して加圧し、さらにプラスチック容器に収め、ポリプロピレンフィルムで覆う方法を開発した。これにより、秤量誤差とバインダー混合による誤差を 0 にし、試料強度を保持し、さらに測定機器内での汚染を防ぐことができるようになり、しかも、簡便に試料の作成ができ、かつ良い精度を得ることができるようになった。

測定はスカンジウムとモリブデンのデュアルノード管球を用い、主としてコンプトン散乱線による質量吸収補正を行うことにより、微量元素を主成分にたいして用いるものと同じ管球で精度良く求めることができることが明らかになった。

本法の開発により、火山岩の成因を論ずる上で重要な元素(主成分, Rb, Sr, Ba, Zr, Y, Nb, Ni, Cr, V)の精度良い大量のデータの生産が可能になった。

例として、ヴァナジウムの定量法の問題点とその応用について示した。ヴァナジウムは、磁鉄鉱に選択的に含まれ、他の斑晶鉱物にはほとんど含まれない。磁鉄鉱の晶出のタイミングは、特に酸素のフガシティに依存するので、火山岩の分化の条件を考察する上で、きわめて重要である。磁鉄鉱の晶出分化時期はヴァナジウムの濃度が上昇から下降に転ずる位置により、容易に推定し得る。今回は群馬県の小野子火山に適用した。今後、広域かつ系統的に測定を行い、さらに同時に定量した主成分と他の微量元素を組み合わせることにより、マグマの分化の条件の広域変化を明らかにすることが期待できる。

なお、本研究は、若手雇用制度により実施された。

(千葉大学・地殻化学部)

Keywords: XRF, trace element, volcanic rocks

中-後期更新世のテフラの編年—広域対比及び年代学的アプローチ

吉川清志・金井 豊

従来、テフラの噴出年代については、 ^{14}C の適用が困難な約3万年前以前のものは直接的な方法で正確な年代が

決められている例は少なかった。後期更新世(約13-1万年前)のテフラについては、海岸段丘との層位関係あるいは気候変動パターンとの比較から、ある程度の推定がなされていたが、中期更新世(約73-13万年前)のテフラに関しては、年代は勿論のこと、広域テフラの同定すら殆どなされていなかった。

テフラの年代精度を向上させる目的で、層位学的手法を用いて汎世界的な海水準・気候変動パターンとの対応をつけることにより、間接的に年代を推定する方法と、放射年代学的手法を改良して、直接的に年代を求める方法の両面でのアプローチを試みた。

前者については、筆者らが開発したICP発光分析法を用いた火山ガラスの化学分析による高精度な対比手法を、西南日本各地における規模の大きなテフラに対して系統的に適用し、中期更新世のテフラの広域対比、特に汎世界的な海水準変動との対応が知られている南関東のテフラとの対比や上下関係を明らかにしてきた。

最近の白嶺丸による日本海の新潟-青森沖海底調査で新たに発見された多数の後期更新世のテフラについて、給源を明らかにするために、東北-道南地方などで陸域のテフラの調査を行った。

テフラの層位・規模・分布の調和ならびに化学組成の同一性から、それらのうちの2枚が、十和田火山の八戸火砕流(約1.1万年前)、浅間火山の孺恋降下軽石(約1.3万年前)と同定されることが明らかとなった。これらのテフラとの層位関係から、還元的な環境に特徴的なTL層の年代を詳細に決定することができ、海水準変動との関係について定量的な議論をするための重要なデータを得た。

後者については、約30-1万年前の珊瑚等石灰質化石の年代測定に広く用いられている、ウラン系列非平衡年代測定法について、テフラの年代測定に適用するための基礎研究を行った。

年代測定のためのアイソクロンを引くためには、各相が噴出時にウラン・トリウム同位体に関してリセットされていることが必要であり、累帯構造が著しい鉱物は不適である。テフラに多く見られる構成要素では、ガラスと鉄-チタン鉱物が適していると考えられ、これらの成分の純化手法をルーチン化した。

さらに、鉱物・ガラス中に含まれるウラン・トリウムのイオン交換分離・ α 線測定についての基礎実験を進めた。ウランについては種々の試料で収率70%以上を達成できたが、トリウムに関しては5-70%と試料により収率の大きな差があり、コンスタントな結果を得るためにトリウムの分離操作を検討中である。

(環境地質部・地殻化学部)

Keywords: tephra, tephrochronology, Quarternary, Japan, Japan Sea

新生代第三紀漸新世-中新世境界付近における 貝化石群の特性に関する研究

佐藤喜男

従来まで貝化石により中新世前期とされ、中新世中期の門ノ沢動物群の起源とされてきた暖流系の芦屋動物群(北九州市西部・芦屋町に分布する芦屋層群を模式地とする)の地質時代が浮遊性有孔虫・石灰質ナンノ化石により漸新世前期末(30 Ma)であることが明らかにされ、中新世前期とされてきた地層群から産出する貝化石群の内容が極めて不明確となり、地質図幅の作製においても各地層群の対比の大きな障害となってきた。今回、秩父盆地の漸新世後期-中新世前期とされた地層群産の貝化石群の再検討を行った。

秩父盆地では地層群のほとんどの層準で貝化石が産出し、特に進化・系統の概要が明らかになっているイタヤガイ科に属する *Mizuhopecten kimurai* に比較される標本が2層準から報告されていたが、本種の模式地の九面層で行った化石個体集団の形態変異の解析結果や属の分類学的な検討により1)子の神砂岩部層産の標本は *M. kimurai* に同定され、2)上位の層準の *M. kimurai* は *Kotorapecten moniwaensis* に比較され、3)漸新世前期末を示す芦屋動物群の要素は秩父盆地の新第三系では見られないこと等が明らかとなった。

この結果は石灰質ナンノ化石により秩父盆地の新第三系の地質時代が前期中新世後期-中期中新世初期(CN3-4)とされることと一致する。(地質標本館)

Keywords: Paleogene Neogene boundary, molluscan assemblage, Ashiya fauna, Chichibu basin, Japan

降水の浸透と土層中の間隙空気の圧力伝播

丸井敦尚

降水が容易に到達するはずのない深層地下水が、降雨に対して極めて良い応答をみせることは、関東ローム層が広く堆積している関東地方においても数多く報告されており(例えば、岡ほか、1969;丸井、1988など)、その

現象の解明は、水資源開発や防災において、喫緊かつ重要な問題とされてきた。この現象を解明する地下水の急速な浸透過程の説明としては、(1)地中の連続した大間隙を介して地下水涵養が起こるという大間隙説、(2)降雨前に貯留されていた地下水が順次押し出されていくというピストン流説の二説が有力であった。しかし、関東ローム層が厚く堆積する関東地方の丘陵地や台地においては、連続した大間隙がいたるところに存在するとは考えずらく、また、関東ローム層の下位に粘土層が存在する場合においても、粘土層に深に存在する地下水が降雨に対して応答する場合、粘土層の中を地下水が瞬時にして透過したことになりこれまでの二説にもとづいて現象を解明することには限界があった。本研究においては、ほぼ水平に堆積した地層の最上位に関東ローム層が存在している、最も一般的な地質状況を呈する関東地方の台地において、深層の地下水が降雨に対して極めて良い応答をみせる場合の降雨浸透過程を解明するために降雨時の現場観測を行った。

研究対象地域は、筑波台地のほぼ中央に位置する工業技術院キャンパス内の松林であり、人手の及んでいない自然林である。本研究対象地域付近の地質は、上位より、腐食 (0-20 cm)・関東ローム層 (20-240 cm)・上総粘土層 (240-380 cm)・竜ヶ崎砂れき層 (380 cm-) の順でほぼ水平に堆積している。通常は、地表面下約 450 cm の位置に地下水面が存在し、上総粘土層よりも上位の地層は不飽和状態にある。本研究対象地域において関東ローム層内に地下水位が観測されるのは、梅雨季と大きな台風の通過直後であり、これらの時期には関東ローム層内に

地下水が存在するにも関わらず、下位の深層地下水が降雨に対して極めて良い応答をみせたことが 1989 年までの観測で明らかになっている。しかし、本研究対象地域において実施したボーリング調査の結果、関東ローム層や上総粘土層に連続した大間隙は見られず、また、上総粘土層は年間を通してほとんど不飽和であることから、中間に挟まれる層 (上総粘土層) 内の間隙空気が深層の地下水の挙動を大きく左右すると考え、降雨時の間隙空気の圧力変化を中心に観測を実施した。

研究対象地域には、自記雨量計・観測井 (2.4, 3.0, 7.0, 35, 45 m の各深度)・テンシオメータ (20, 40, 60, 80, 100, 140, 180, 220, 290 cm の各深度) 及び間隙空気圧計 (2.2, 2.9, 3.9, 5.4 m の各深度) がそれぞれ設置してあり、降雨時の地中水と間隙空気の挙動が連続観測できるシステムを整えた。本研究の結果、不飽和帯に埋設した間隙空気圧計は、降雨時に降雨強度に極めて良く対応していることが判明した。この結果、不飽和帯内の間隙空気による圧力伝播が、深層地下水の降雨にตอบสนองする挙動を引き起こす原因であることが判明した。

文 献

- 岡 重文・桂島 茂・清水道也 (1969) ローム台地の崖くずれ—川崎市の場合—。地質ニュース, no. 176, p. 19-26.
- 丸井敦尚 (1988) 多摩丘陵における関東ローム層の水文学的な役割。地域研究, 29, p. 16-23. (環境地質部)

Keywords: ground water, quick response, pore air