

地質調査総合センター研究発表会講演要旨*

ヘリウム同位体をトレーサーとした, 深層地下水 滞留時間推定手法に関する研究

森川徳敏¹

深部地質環境の長期安定性・変動を研究する上で, 深層地下水の実態(起源・滞留時間など)を解明することは不可欠である。地下水滞留時間推定法の一つとして, 地下水中の⁴He濃度を用いる手法がある。しかし, これは, 地下水の流れをピストン流と仮定し, 地下水混合がないことが前提となっている。また, 従来の研究では, 帯水層が比較的単純な構造かつ大規模である地域に限られている。日本列島における深層地下水は, 大構造線・断層などにより, 地下水の混合・不連続性などが顕著であることが予想される。この場合, 従来の研究結果・手法をそのまま適用できない可能性がある。

本講演では, 神戸市街地地下水を調査地域とし, ヘリウム同位体比及び濃度を使った地下水滞留時間の推定法を提示した。神戸市六甲山麓北側では, 有馬-高槻構造線沿いに高温・高塩濃度の特異な温泉が湧出している。その中でも有馬温泉は, ヘリウム同位体比がMORBにほぼ等しい点で通常の温泉・地下水とは大きく異なる特徴を有する。つまり, ヘリウム同位体比は天水起源地下水系と有馬温泉に類似した流体との混合の良い指標となる。

神戸市街地地下水の化学分析(一般水質・水素-酸素同位体組成・ヘリウム同位体比)の結果, 深層地下水(深度600 m以深の大阪層群下部層より採取)はいずれも天水起源地下水に有馬温泉に類似した成分が混入していることがわかった。この特徴を生かして, ヘリウム同位体比・濃度の変化を考慮に入れたボックスモデルを考え, 地下水滞留時間推定式を導き出した。その結果, 滞留時間は, 地下水のヘリウム濃度・同位体比, 帯水層への地殻起源ヘリウムフラックス及び, 帯水層のパラメータ(空隙率, 岩石中のU・Th濃度)の関数として表された。したがって, 地下水中のヘリウム・データを取得することによって, 地下水混合を起こした地下水においても滞留時間が推定可能であることが示された。

(¹深部地質環境研究センター)

Keyword: groundwater, Helium isotopes, Arima-type thermal water, groundwater residence time, Kobe

長大橋の照査用地震動の設定の実施例

吉見雅行¹

耐震工学は断層破壊過程を考慮する方向にある。真の破壊過程は不明でも, 設計の観点からは, 対象とする構造物に最大級の影響を及ぼす破壊過程を想定することで地震動が決定されるからである。この考え方では, 構造物が敏感に応答する強震動に考察対象を絞ることで, 断層の選択から破壊過程のパラメータの選択まで, 考慮すべき事項の自由度を格段に減らすことができる。本発表では, 上記の構想の例として, 実際の長大橋に対する耐震照査用地震動を求めた研究結果を説明した。長大橋は長周期構造物であるため, 耐震照査では長周期地震動のレベル設定が大きなポイントとなる。破壊過程のパラメータを破壊伝播方向・アスペリティサイズ・配置として, 長大橋の固有周期を卓越させるようパラメータを選定していった。地下構造の特性からパラメータの若干の変化に地震動が鈍感であることが確認されたため, 5程度の破壊パターンを考慮することで設計上は十分であると判断された。各破壊パターンに対してパラメータを変化させ, 生じる地震動の最大をとることにより, 長大橋に対する最大級の地震動を設定した。真の強震動の予測には不確定な点が多いが, このように, 不確定な点を正面から解明する一方で, 工学的な観点から不確定性に対応することができるのである。

(¹活断層研究センター)

Keyword: strong motion estimation, seismic design, long period structure

西南日本の主要横ずれ活断層の 断層運動史に関する研究

丸山 正¹

内陸の活断層がいつごろ活動を開始し, どのような運動の変遷を経て, 現在に至ったのかといった断層運動史を明らかにすることは, 地震発生評価の基礎情報を提供するだけでなく, 地形・地質発達史を解明するうえで, また活断層と既存地質構造との関係を理解するうえでも重要となる。本研究では, 活断層の発達史を解明することを目的として西南日本の主要横ずれ活断層を対象に変動地形学・第四紀地質学・構造地質学の手法を組み合わせた調査を行った。

*平成16年4月27日 産業技術総合研究所つくばセンター中央 第七事業所 第2会議室において, 平成16年度「地質の調査」関連ユニット 新人研究者研究発表会として開催

その結果,六甲活断層帯及び有馬-高槻構造線活断層帯については,断層活動開始時期が第三紀後期まで遡ることができ,それ以降完新世まで一貫して右横ずれが卓越する運動を繰り返していることを明らかにした.一方,山崎断層帯,三峠断層帯では,特徴的な水系パターンと断層岩の組織構造の解析に基づき,第三紀後期から第四紀前期の間に運動センスが右横ずれから左横ずれに反転したことが明らかになった.紀伊半島中東部の中央構造線についても,山崎断層帯や三峠断層帯と同様な反転の存在を示す地形・地質学的特徴が確認された.このようにして主要横ずれ活断層帯の運動像の復元を行った結果,山崎断層帯,三峠断層帯及び紀伊半島中東部中央構造線の反転時期と六甲活断層帯及び有馬-高槻構造線活断層帯の断層活動開始時期はいずれも第三紀後期-第四紀前期であり,それ以降現在まで同じ運動センスで活動を繰り返している,という共通する特徴を持つことが明らかになった.これは,現在の運動センスで断層活動を開始し始めた原因が広域的な応力場の変化による可能性が高いことを示している.復元された断層運動史と広域テクトニクスとの関係から,活断層としての活動が中期中新世の日本海拡大以降の比較的安定した広域応力場のもとで開始した可能性が高いと考えられる.

(¹活断層研究センター)

Keywords: faulting history, active strike-slip fault, southwest Japan

貝化石群集解析に基づく北西太平洋における 新生代後期の古気候変動

中島 礼¹

北日本における鮮新世の貝化石群集として知られる滝川-本別動物群は,殻がよく膨れたホタテの仲間であるタカハシホタテ *Fortipecten takahashii* (Yokoyama)をはじめとした寒流系の貝類から構成される.この貝化石群集を産出する北海道の日高,滝川,天北,羽幌,十勝,阿寒,サハリン南部のアニワ,マカロフ地区の上部新生界の堆積盆において,層序,年代,貝化石群集変遷の解析を行い,新生代後期の北西太平洋地域の古気候・堆積環境変動を明らかにした.珪藻化石生層序を用いて各堆積盆を対比したところ,中新世末期-鮮新世前期(日高,滝川,アニワ,マカロフ),鮮新世中期-後期(十勝,阿寒),鮮新世後期-更新世前期(天北,羽幌)と3つの形成ステージに区分された.各ステージにおける貝化石群集の種構成と東北地方からカムチャツカまでの貝化石群集と対比することにより,中新世末期から鮮新世中期までは寒冷化と温暖化を繰り返し,鮮新世後期から更新世前期までは寒冷化が段階的に進むことが明らかとなった.

滝川-本別動物群の代表種であるタカハシホタテの古生態を明らかにするために貝殻形態と貝殻の安定同位体比の解析を行った.貝殻形態から,タカハシホタテは幼生時は遊泳能力があったが,左殻が内側に折れ曲がる変曲点が形成されるとともに貝殻は膨らみ重厚になるため遊泳しなくなり海底面上で横臥する姿勢で生息していたことが推定される.また,成長方向に沿って測定された酸素同位体比から,約10年分の季節変動が認められ,2年目になると変曲点が形成され同位体比の変動幅が減少することがわかった.つまり,タカハシホタテは2年目に性成熟し,運動エネルギーを産卵の代謝エネルギーに転換したことが考えられ,殻の強い膨らみは大きな生殖巣のためであったと推定される.

(¹地質情報研究部門)

Keywords: late Cenozoic, Hokkaido, Sakhalin, molluskan assemblages, *Fortipecten takahashii*

メタンハイドレート貯留層の浸透率評価に関する研究

坂本靖英¹

日本近海に存在するメタンハイドレート(以下,MH)は,我が国の年間天然ガス消費量の約100年分にも相当する資源量が試算されており,将来の国産エネルギーとしての開発が期待されている.MH貯留層からのガスの生産性を評価するためには,生産シミュレータの開発が必要不可欠である.とりわけ堆積層内の熱・物質移動,MHの分解及び堆積層の圧密による浸透率変化を予測するための数値解析手法及び評価モジュールを開発することが極めて重要となる.

まず,浸透率評価モジュールの開発に先立ち,多孔質体におけるMHの生成・分解実験を行い物理現象の把握を進めるとともに,MH存在下での絶対浸透率の定式化に関する検討を行った.その結果,ガスと水との接触面積に依存して,孔隙径が小さくなるほどハイドレートの生成速度が大きくなることや,温水圧入によりMHが分解し,サンドパックの透水性が回復していく挙動を明らかにした.更にMH存在下での絶対浸透率の定性的評価を行った結果,MH飽和率(以下,HS)の増加に伴い絶対浸透率は著しく減少し,最もHSの高い40%前後の条件では,元の値の1/30から1/50程度まで減少することがわかった.その結果をもとに,HSの関数として絶対浸透率の実験式も求めている.また,MH分解に伴う熱・物質移動や浸透率変化を室内実験規模で予備的に解析するための解析モデルを作成した.モデルは,熱刺激法の一つである温水圧入法を模擬したものであり,解法として有限差分法を用いてプログラム化した.計算結果は,MHの分解に伴う一連の物理現象を反映しており,更に圧入水の流量や温度をパラメータとして変化させて計算を行った結果,分解域が貯留層の極めて狭い区域に形成されていることや,ガス-水混相流動条件では圧入水量を増

加させると分解ガスの産出レートも大きくなることがわかった。
(¹地圏資源環境研究部門)
Keywords: methane hydrate, sediment, Hot Water Injection, dissociation, permeability

関東平野における地下水流動系と地下温度環境

宮越昭暢¹

地下温度分布は、地下水流動に伴う熱移流の影響を強く反映する。したがって、地下温度分布を把握することで地下水流動系を理解することが可能である。また、地下温度には地球規模での温暖化や都市化に伴う地表面温度変化が記録されており、人間活動や地球環境の変化の良好な指標と成り得る。

本研究は、関東平野における地下温度環境及び地下水流動系を明らかにすることを目的としている。現地調査では平野内114地点における地下温度プロファイル及び地下水位の観測を実施し、地下温度及び水理水頭の分布を三次元的に把握した。また、三次元地下水流動・熱輸送シミュレーションを行い、地下水流動に伴う熱移流の影響を評価した。

地下温度分布には明瞭な地域性が認められ、低温域は丘陵・台地に、高温域は低地に相当している。特に、平野の中央部には高温域が広く分布し、同等の高温域が東京湾湾岸部にも確認された。一方、シミュレーション結果からは、台地・丘陵で涵養され低地に流出する地下水流動が示され、地下温度分布における低温域は地下水の涵養域に、高温域は地下水の流出域に一致している。これらの結果を総合して検討した結果、台地とこれに隣接する低地という地形ユニットにおいて存在する局地流動系と、局地流動系の深部を流動し、平野中央部及び東京湾湾岸部を流出域とする広域流動系の存在が明らかとなった。

また地下温度分布には、浅部に地表面温度上昇に起因する温度逆転現象が確認され、極小温度の出現深度は地下水の涵養域において深く、流出域で浅い傾向が認められた。また地表面温度の上昇は、都市部において顕著であった。地表面温度上昇を考慮した地下水流動・熱輸送解析を行った結果、地下温度環境は、地下水の涵養域において地球温暖化よりも局地的な都市化の影響を強く反映していることが明らかとなった。

(¹地圏資源環境研究部門)

Keywords: groundwater flow system, subsurface temperature, surface warming, Kanto Plain

地圏環境における化学物質のリスク評価に関する研究

川辺能成¹

土壤環境基準の施行などにより、我が国における土壤・地下水汚染が顕在化してきている。したがって、これらの問題を客観的・定量的に評価できるツールの開発が求められている。そこで、地圏資源環境研究部門地圏環境評価研究グループでは、我が国特有の土壤特性や暴露ファクターを考慮した地圏環境評価システムの開発を行っている。地圏環境評価システムは、3つの暴露モデルにより構成されている。第一に汚染発覚時などに用いられる包括的モデル(TIER1)である。このモデルはワンボックスモデルとなっており、汚染物質の土壤含有量を入力することにより、地下水や作物など各媒体の濃度が計算され、そこから暴露量及びリスクが評価される。ここで、リスクが高いと判断された場合には、次の2次元理論解モデル(TIER2)で評価を行う。このモデルは、化学物質の空間的・時間的な環境動態について考慮可能なモデルとなっており、汚染サイト固有の評価を行うことで、より現実的な汚染評価が可能となっている。更に、浄化効果等を加味した詳細評価を行う場合には、次の詳細モデル(TIER3)で評価を行う。

現在、我が国ではヒ素及び鉛の土壤汚染の比率が高くなっている。そこで、TIER1を用いて我が国における重金属類の暴露評価を行い、そのリスクについて検討した。その結果、幼少期における土壤の摂取量が大人と比較して多くなるため、暴露量については小人の方が大人より多くなった。一方、主要暴露経路は鉛の場合、ほとんど全て土壤の直接摂取による暴露であったが、ヒ素の場合では地下水摂取による暴露も多くなった。これは、ヒ素が比較的容易に水相へ移行するためである。また、我が国において一般環境で生活している人の暴露量やリスクはそれほど高くなかったが、土壤汚染対策法による環境基準について評価を行ったところ、ヒ素の場合、現行の基準ではリスクが大きいことが示唆された。

(¹地圏資源環境研究部門)

Keywords: assessment model, Arsenic, Lead, exposure, risk, soil

多数の¹⁴C年代値による地層解釈の検証： 仙台平野完新統ストーム堆積物の層厚変化

田村 亨¹

宮城県仙台平野地下の完新統から得られた7本のコア試料について、多数(76個)の¹⁴C年代値を測定した結果から、ストーム堆積物の層厚変化が海進-海退の指標として有効かを論じた。仙台平野の完新統には、層厚20 cm以下の

ストーム堆積物が累重した厚さ1.5~6.3 mの内側陸棚堆積物が含まれる。この内側陸棚堆積物は、 ^{14}C 年代値によると、8000年前までの海進期からそれ以降の海退期にかけて形成されたものである。ストーム堆積物の層厚は、上方薄層化を経て上方厚層化といった1回の海進-海退に特徴的な変化は示さず、海岸線が内陸に位置していた8000~5000年前で、むしろ最大になる。堆積速度は、8000年前までの海進期で大きく、8000~5000年前に最小で、5000年前以降は海岸線の海側への前進に伴って大きくなる。1000年ごとのストーム堆積物の枚数から求めた再来周期は、8000年前以前で5.7~20.6年だが、8000~5000年前には83.3~250.0年と最長になり、5000年前以降には7.7~31.3年にまで短くなる。堆積速度が大きい場合、毎年起こるような小規模なストームによる薄い層は埋積されて保存されやすく、再来周期

は短い。一方堆積速度が小さい場合、それらの薄い層は後で発生する別のストームによって浸食されて保存されにくく、まれに起こる大規模なストームによる厚い層が相対的に保存されやすく、結果、再来周期は長くなると考えられる。つまり、堆積環境が比較的沖合であるにも関わらず8000~5000年前で層厚が最大になるのは、頻繁に堆積していたはずの薄い層が保存されにくかったためといえる。このように、層厚変化を始めとする地層の特徴には、堆積作用が地層記録として保存されるポテンシャルの変動が色濃く反映され、現世からの類推とは違う傾向が見られることもある。

(¹地質情報研究部門)

Keyword: AMS ^{14}C dating, bed thickness, preservation potential, recurrence interval, storm deposits