

科研バックエンド問題研究会
「高レベル放射性廃棄物(HLW)処理・処分施設の社会的受容性に関する研究」
第12回研究会 議事録

日時：2018年12月18日（火）18:00～20:00

会場：早稲田大学早稲田キャンパス 19号館 713教室

記録：野崎悠+吉田朗

出席者(敬称略)：

講演者

植木岳雪 千葉科学大学危機管理学部・教授

研究会メンバー

松岡俊二 (研究代表) 早稲田大学国際学術院 (アジア太平洋研究科)・教授
師岡慎一 早稲田大学理工学術院 (先進理工学研究科)・特任教授
勝田正文 早稲田大学理工学術院 (環境・エネルギー研究科)・教授
黒川哲志 早稲田大学社会科学総合学術院 (社会科学研究科)・教授
松本礼史 日本大学生物資源科学部・教授

研究補助者

竹内真司 日本大学文理学部・教授
井上 弦 長崎総合科学大学総合情報学部・准教授

事務局

李 洸昊 早稲田大学アジア太平洋研究科・博士後期課程
吉田 朗 早稲田大学社会科学研究科・博士後期課程
CHOI Yunhee 早稲田大学アジア太平洋研究科・博士後期課程
野崎 悠 早稲田大学先進理工学研究科・修士課程
中村 達俊 早稲田大学創造理工学研究科・修士課程

オブザーバー

山田美香 早稲田大学アジア太平洋研究科・博士後期課程

一般参加者 17名

開会挨拶:司会・松岡俊二

本日は、千葉科学大学危機管理学部の植木岳雪先生をお迎えし、「第四紀の地形・地質からみた放射性廃棄物(HLW)の地層処分」をテーマに講演をして頂く。討論セッションからは、司会を長崎総合科学大学の井上先生にお願いし、予定討論者である早稲田大学の師岡先生、勝田先生、日本大学の竹内先生からコメントを頂き、その後、フロアの皆さんとの議論という形で進める。今日の研究会はアカデミックな場なので自由で活発な議論をしてほしい。

報告:植木岳雪「第四紀の地形・地質からみた放射性廃棄物(HLW)の地層処分」

自己紹介

私は地質学・地政学が専門である。過去260万年間の第四紀を研究している。原子力は専門外であるが、地質学がどう社会に生きるかという問題意識を常に持っている。最近の時代の地形を調べると、最近起きている現象がなぜ起きるのが評価でき、かつ、これから何がどう起きるのか予測できるので地質学第四紀研究は重要である。地層からいかに情報を読み解いていくのか、どのように社会に役立てるのが私の研究テーマである

現在、千葉科学大学危機管理学部の教授を務めている。専門は地形発達史・層序・理科教育・ジオパークなどで、前職は産業技術総合研究所で地質図作成業務に従事していた。他にも地質地盤情報の公開・利活用、アウトリーチ、本省対応などをおこなっている。現在は、日本第四紀学会の領域 5「現代社会に関わる第四紀学」の代表も務めている。

地層処分・科学的特性マップ

NUMO によって地層処分に関する日本の適地の地図がようやく公開されたのが、昨年であった。全国各地を色分けしたものである。ただ、このマップは、地質学では当たり前の部分と違う部分がある。

なぜ地層処分なのか。それは、安全上のリスクが低減し、人間の管理下から解放できる可能性があるためだ。ただ、地層処分の調査はどの自治体にも断られている状況だ。10 万年を目安として安全な場所に保管することの難しさがある。

科学的特性マップにおける好ましくない場所

好ましくない要件と好ましい要件のもとにして、マップを作成している。好ましい要件は陸上輸送が容易な場所である。一方、好ましくない要件は、火山火成活動・断層活動・隆起侵食・地熱活動・火山性熱水深部流体・軟弱な地盤・火砕流等の影響・鉱山資源がある場所である。例えば、活断層によって隆起が見られたり、地震が起こりやすいところはふさわしくない。隆起箇所も好ましくない場所である。時間経過によって、隆起で埋設部が上に上がってしまっは困る。侵食も好ましくない場所である。地下水位がある場所も同様である。

第四紀の時代を考えると、フィリピン海プレートや太平洋プレートがあり、日本広域の力の係り具合は、今後 10 万年後も同じである。火山の動きもプレートの動き次第である。

イギリスの地質学者・ライエルの「現在はお過去の鍵である」の言葉は、「過去は現在の鍵である」ともいえる。孔子の論語の温故知新も同じである。

地層処分に好ましくない条件

地層の観点からの要件は、隆起削剥・火山・断層・地下水の 4 つである。条件が悪くないと、埋めたものが侵食や放出によって地上に現れるリスクがある。地層の観点から科学的特性マップを見直すと、陸奥地域など隆起している場所であっても緑で示されているなど、各地で不備がある点が見えてくる。

好ましくない条件 1: 隆起/削剥

隆起/削剥に関して、隆起速度を見積もることが大事である。仮に 10 万年で 1,000 m (=10 mm/年) 隆起あるいは削剥されると 1,000 m 地下にある HLW が地表に露出してしまう。見積もる方法は、海岸部は海成段丘の高度から推定し、内陸部は同じ気候条件でできた河成段丘の高度の差から推定している。日本は至る所が隆起しているが、特に隆起速度が速いのが房総半島のエリアである。1mm/年の速度で隆起している。注意が必要なのは、1 万年オーダーの隆起速度は推定されているが、1-10 年オーダーの隆起速度と異なることだ。今後速度が速くなる可能性もある。推定における課題は、段丘自体が残っていないか、段丘の年代が決まっていなかったり、多いことである。新しい時代を決める方法が望まれている。

削剥に関して、1-10 年オーダーの削剥速度はダムの堆砂量から推定する。1 万-100 万年オーダーの削剥速度は基準高度の分散量などから推定しているが、1-10 年スケールよりも推定が難しい。露岩の宇宙線照射年代や鉱物の熱年代によっても推定している。基準高度の分散量からの推定は、直接的な削剥速度のデータではないことが難点である。露岩や鉱物からの推定はある特定地域は推定できるが日本全体で統一して調査することは難しくなっている。高い山があるほど削剥速度は速い傾向にある。

山地の発達史に関して、山地の状況によって隆起/削剥の速度評価は変わる。日本列島の中部地方にある 3 つの山地はいずれも 3,000m 級の山だが、時期、プロセス、発達過程が異なる。中央アルプスは過去数 10 万年でできた山地で、南アルプスは 200 万年頃にできた山地である。それぞれの山地ごとにどうできてきたかを個別調査しないと評価できない。

好ましくない条件 2: 火山

研究が進んでいる領域である。「いつ」「どのように」の 2 点が重要である。その予測には、過去の噴火データが重要となる。大きな視点でみると火山は一定の割合で噴火している。噴火頻度が多ければそれだけ噴火規模は小さく、頻度が少なければマグマをため込んでいた分に噴火規模は大きくなる。いつ噴火したかを見積もると、次にいつ噴火をしそうか、どれだけの規模で噴火をしそうか、が予測することができる。巨大カルデラ噴火に関しては、滅多に起きないが起きたら避けられない噴火であり、日本全体では数万年に 1 回は起きる。例えば、阿

蘇火山では、8万5千年前に九州の3分の1を埋め尽くす噴火を起こした。破局的なものが起きるとその地域全域を埋め尽くしてしまう。さらに、いつ・どこで起きるかは予測が難しい。

好ましくない条件3:活断層

日本には2000~3000本ほど存在する。中部山岳地域に多い。分かっていない断層もある。長い間動いていなければ動いたときに大きく揺れる傾向はある。大まかな予測はつけられる。いつ起きるかの予測は、1000年に一回の頻度の断層が100年前に動いていれば、あと900年は起きないだろうと推定する。ただし、地層が残っていないとわからない。

課題は、活断層がない地域でも地震が起きる危険性があることである。2つの例をあげて考えたい

一つ目として、鳥取県西部地震をあげる。C級活断層による地震である。震度6程度であったが、今まで活断層がない地域とされていたため予測できなかった。なぜ予測できなかったのか。それは、滅多に発現しない断層は動かない間に埋もれてしまったり、侵食されてしまったりで、どこにあるか特定できないためである。

二つ目として、福島県浜通り地震をあげる。3.11の地震の1か月後に発生した地震で、最大震度は震度6であった。今までの地震の振舞いとは違ったものだった。日本は従来、ほとんど逆断層型の地震だったが、今回は海溝型地震に誘発された内陸地震だった。正断層型であり、同時多発に発生したもので、断層地形は不明瞭であった。これまでの概念では、活断層が無いところ＝地震が無い、安全であるが常識であったが、それが覆されている。

改めて科学的特性マップを見ると

調査・予測で安全だと思われている所でも危険な所はあるのではないかと危惧している。

北上山地、海溝型地震に誘発される活断層があるのではないかと。北陸地方では、カルデラ噴火が起きるのではないかと。中国地方では、C級活断層があるのではないかと。四国地方では、隆起・削剥が大きいのではないかと、等々、マップには多くの疑問点が生じている。

地層処分の適地を考える

湿潤変動帯の日本に、今の技術で適当な場所はあると言えるのだろうか。それは、言えないと考えている。10万年後に絶対安全と言えるのだろうか。人類がどうなっているかわからないため言えないのである。現状では暫定保管が最善ではないか。科学的にも、国民の合意形成としても絶対安全はないと考えるべきである。モラトリアム期間に、新たな処分方法・技術の開発を行うこと、および原発の継続・廃止の議論をすることが必要である。暫定保管に関して、地上で保管することになっているが、国民の不安を軽減するために中深度での保管をする選択肢を提言したい。

スウェーデンやフィンランドは、岩が露出していて安定している。火山・断層が無く、人口密度も低い。この点は日本と状況が異なる。また、長い時間をかけていた議論がなされている。原子力に理解ある点も含め日本と異なる。欧州で進んでいるからといって日本でできるとも限らない。

おわりに

10万年の地層の安定性評価のためには、新しい測定方法や手法を導入する必要がある。地層処分は本当に科学で決めるのか。科学にも限界があるとも考えられる。費用対効果だけでなく、国民への合意形成も必要である。地層処分ありきではなく、可変的である必要がある。原発利用の今後も同時に議論すべきである。地質学に身をおく人間としては科学の限界を感じている。

討論

司会:井上 弦 (長崎総合科学大学総合情報学部・准教授)

私は地質学を専門としている。フラットな立場の人がどう感じるのかその観点から参加をしている。討論者からのコメントの後、総合討論に入る。

コメント:勝田正文(早稲田大学理工学術院・教授)

高レベルの放射性廃棄物は初期段階では発熱量が多い。地下に入れると影響が出るのではないかと。隆起・削剥に関して、断面図のABCの意味は何か。先生のご見解では、暫定保管をし、その間によく議論したほうが良いとのことであったが、暫定保管も地中でおこなうので、そのあたりをどのように考えているのか。「科学的見地の限界」について詳しくお伺いしたい。

植木: 地下の評価は専門家に効いてもらうのが一番である。ABC は、削剥速度を表している。地層処分の適地を探る技術を有していない。また、技術があったとしても証拠がない。科学で分かっている範囲のことを安易に述べると、科学を信じすぎてしまうがために科学が独り歩きしてしまう。そのため、科学で解明できるまではモラトリアム期間として暫定保管を提言する。また、国民に安心・納得してもらうためには、地層のより深い地点に埋める必要がある。

コメント: 師岡 慎一(早稲田大学先進理工学研究科・特任教授)

科学的特性マップを作成する場合に推定をおこなう。NUMO が全国で説明しているが、このマップで判断するのは難しいと考えているのか。10 数万年の時間スケールがあまりに大きいので、判断できないと思うがどのように考えているのか。いくら調べても日本の場合、無理ではないのか。

植木: 私は難しいと考えている。確かに、どこかでマップは作らなければならないが、限界は知るべきである。安定した地形では 10 万年は保障できるかもしれないが、日本では無理だと考えている。日本では無理なので地層処分をやめるならばよいが、適正な場所探しの繰り返しになると考えている。

コメント: 竹内 真司(日本大学文理学部・教授)

科学的特性マップは、全国押しなべてみれるデータで作成をしている。NUMO が地域に行くと、立地調査の申し入れと勘違いをされるケースが多い。科学的特性マップは、地層処分に興味を持ってもらうためのツールに過ぎない。10 万年の安全性に関して、言い当てるものではなく、計算結果のプロセスが適切化を判断する性格のものである。断層がないところに関して、マップには反映されていない。質問であるが、今日の報告の技術とはどのように定義されているのか。また、日本では欧州型の地層処分は可能なのか。

植木: 場所を探す技術と工学の技術の両方が含まれている。欧州型の地層処分は日本で可能であると考えている。

総合討論:

発言 1: 宮城・岩手県境地震に関して、第四紀の視点から予測可能なものであったのか。

植木: 地震の予測は、活断層からある程度できるが、地震によって崩壊する場所は予測が難しい。防災研の人が、レーザー測量をして、小さい場所ではあるが崩壊する場所が予測できた。阿武隈地震は、すべり面まで数百メートルあるので、予測が難しい。今の科学では難しいと考えている。

発言 2: 暫定保管に関しては同意するが、幌延は湧水量が多い。地下 350 メートルでは地震を感じないと言う人がいるが、震源地がキロ単位であり、350 メートルも表面に過ぎないのではないのか。

植木: 幌延は若い地層ではあるが、そこが適地であるわけではない。瑞浪はやわらかい地層である。

竹内: 2 つの代表的な岩盤に対して地下研究所を作っている。10 メートル掘れば水が出るのは当然である。地層処分の技術を開発するための研究所であり、処分場にするための場所ではない。JAEA が研究所を運営している。地下は岩盤と一緒に揺れるので地表より揺れは小さい。

発言 3: 第三紀・第四紀が移行した期間が分からない。第四紀がいつまで続くのか。

植木: 第四紀とは、258 万年前から現在までを示す。新第三紀は温度変化が無く、その後、パナマ運河が閉じる事態が起きた。種の淘汰が進み、現在に至っている。活断層の動きも第四紀になると活発になってきた。いつまで続くかは不明である。10 万年は続くと考えられている。

井上: 海外の地球科学者の取り組みに関する知見はどうなっているか。植木先生も HLW の話は知ってはいるが専門ではない。海外でも同じ状況なのか。

竹内: 海外では、国の岩盤に応じた研究をしており、日本は後発なので、海外の知見を取り組んでいると理解している。

井上:海外の方が進んでいるということと理解した。安定地塊と変動帯での安全性の違いは何か

植木:日本の場合、山があり、火山があり、断層もある。フィンランドは、それが無い。あと、人の多さも異なる。

竹内:スケールが大事だと考えている。日本の場合、地層処分での安定帯は少数なので、その場所を見つけるのが大事なのではないかな。

井上:南鳥島は処分場の一案としてどのように思うか

植木:斬新な案とは思ふ。日本は多様性がある。同じ安定・不安定でも違いがある。南鳥島は石灰岩でできていて、唯一しずみこむプレートに面している。

松岡:地震学の研究を見ると、変動帯であることが大きな論拠だと聞こえてしまう。社会科学の視点でみると、変動帯である地点が地層処分する上で安全ではない、というのは必ずしもそうではないと考える。

植木:地震学者はイデオロギーで動いているのではないのか。科学的に言っているとは思えない。私は、現状の技術では見つけられないと思うが、変動帯で見つけられればそれでよいと思っている。モラトリアムの期間が欲しいと思うし、期間が長くなる可能性もある。マップが出るとそれが一人歩きしてしまうので、科学者はそうならないようにする必要がある。だが、科学者にも一人歩きを利用しようとしている人がいる。

松岡:科学の見解は切り取られる事がある。社会が悪いではすまない気がする。科学者もコミュニケーションをする努力が必要ではないのか

井上:科学者が提示すべき「確かな情報」と「確かでない情報」は何か。

松岡:科学的特性マップは出すべきではなかったのか。

植木:出す事は必要であるが、マップが出る事でよい悪いだけで人が判断してしまうので、そこが問題である。やはり、コミュニケーションの問題ではないのか。

松岡:今の科学では判定できないということなのか。

竹内:特性マップは、駄目な場所を示しているだけである。

松岡:社会的に何を示しているのかが分からない

植木:活断層マップも出す事で、各団体が判断できるので、特性マップも出したほうがよいと考える。たとえ誤解されたとしても、隠すのではなく、マップを出した事には意義があると考えている。

松本:過去 10 万年が安定した地形である事は示せるのか

植木:規模にもよるが出す事は可能である。仮定を置けば出す事は可能である。

竹内:何を持って、安定とするかが大事である。

井上:地層処分における地球科学と工学との関係に関して、交流はあるのか。

植木:工学との交流は無いが、仮定の部分の規定値を示すのが工学の役割ではないのか。規定値をもとに現実を示すのが地球科学の役割であると考えている。

師岡:工学の研究者が 10 数万年のことをよいと認める事は難しい

勝田:地層処分とは別であるが、20-30 キロ掘って、熱を拾い上げる事を考える話があるが、現実としてどうか

植木:まず、20-30 キロ掘れるのか。掘削技術に関して、2-3 キロなら分かるが、それだけ深く掘るのは不可能ではないのか。

発言 4:かかるコストと安全性を天秤にかけて考えるべきではないのか

植木:日本人の特性かもしれないが、忘れやすいところがある。その点も踏まえながら、社会的合意を進めたらよいのではないのか。科学だけでは難しいと感じている。

まとめ:松岡

今日は、植木先生、討論者の先生方有難うございました。私は、HLW の処理・処分に関してどのように進めればよいのかに関して研究をしている。植木先生も指摘されたが、科学だけでは限界がある。フィンランドでは20 世紀型合意手法で合意が取れたが、21 世紀の社会では代議制民主主義だけでは社会的合意は進まない。社会の多様な価値観をいかに反映させ、社会的信頼をどうつくり、合意を得ていくのが課題である。そうした社会的信頼形成が出来ないので、合意も出来なのが実態なのだろうと考えている。今日は、長時間の議論を頂きありがとうございました。

研究会の風景



以上