

第29回 理工学部門研究談話会

日時 : 令和 元年 10月23日(水) 13:30～15:00
場所 : 理工学部 2号館 6階 第1会議室

話題及び提供者

『被害調査から知る強風の脅威
～風独特の被害形態を理解する取り組み～』

野田 稔

『セラミックスの中で動くイオン
— 基礎科学から応用へ —』

島内 理恵

『メタンハイドレート開発の現状と課題』

安田 尚登

教職員，大学院生，学生，一般の方々のご来場をお待ちしております
(お問い合わせ: ryooka@kochi-u.ac.jp)

1. はじめに

昨年、近畿地方を中心に広域に甚大な被害をもたらした台風 21 号に引き続き、今年は、千葉県を中心に関東地方に甚大な被害をもたらした台風 15 号が発生した。台風 15 号の被害については全容が見えるまでは時間を要するが、日本損害保険協会の 2019 年 3 月の発表によると、風水害等による損害保険支払額において、昨年の台風 21 号の被害に対して支払われた損害保険支払額は 10,678 億円であり、27 年ぶりに記録を更新した。それまでの損害保険支払額の最高額は、1991 年に発生した台風 19 号(別名、りんご台風)の 5,680 億円であった。いずれの台風も風台風と呼ばれ、強風による被害が顕著だった。

2. 平成 30 年台風 21 号による被害の発生と緊急調査

昨年 9 月 4 日に日本に上陸した台風 21 号は、非常に強い勢力を保ったまま徳島県南部に上陸、紀伊水道を通過して神戸市付近に再上陸していく中で、大阪府を中心に甚大な被害をもたらした。被害の甚大さから、発災直後より日本風工学会では緊急調査の実施を決め、野田も発災 2 日後の未明に和歌山へ現地入りし、被害状況の把握に努めようとした。しかし、一つの被害を見つければ芋づる式に調査ができる竜巻被害とは異なり、この時目の当たりにした被害は、どこまで行っても被害がなくなる、どちらへ向かっても被害がある、という状況で、短時間での被害の全貌の把握はほぼ不可能であった。

3. 平成 30 年台風 21 号による被害の航空調査

その後、科研費特別研究促進費研究「平成 30 年台風 21 号による強風・高潮災害の総合研究」が採択され、その研究の一つとして、小型航空機をチャーターし、住宅被害の分布状況を把握するための航空調査を実施した。特に住家被害の著しかった大阪府南部と当時住家被害の報告が上がっていなかった和歌山県北部を調査対象に、ブルーシートが掛けられた建物の分布を調べた。調査実施時のブルーシート数と被害住家数の間には良い相関性が認められ、その関係から、和歌山県北部におけるブルーシート数から住家被害数を推定したところ、のちに明らかになった住家被害数とほぼ同じであることが確認された。この時の調査結果では被害率が海岸からの距離によって減衰する傾向を確認した。この減衰の理由として、陸上の粗度による風速の低下で被害発生が低減されたとの予測をしたが、気象チームが実施したシミュレーション結果は、内陸においても風速はほぼ同じかあるいは海岸よりも高い風速であったとの結果であった。結局、現在被害率を高めた原因と考えられているのは、住宅密度である。

4. 日本版改良藤田スケール(JEF スケール)の適用

風の被害を評価する上で重要なのは、その時の風速の情報を得ることである。現在、日本では竜巻などの風速を推定するために JEF スケールという被害指標を用いている。このスケールは、被害指標(DI)と呼ばれる構造物の種別とそれに対応する被害度(DOD)で成り立っており、いずれも工学的アプローチで被害の程度と風速の関係を決めたものであるが、実際の被害と風速の関係を検証できていないものが多い。そこで、今回の台風被害に JEF スケールを当てはめ、観測値と比較した。現在運用されている JEF スケールにおいて野田が構築した DI は電柱と路盤である。今回は広域に渡って 800 基以上が折損倒壊を起こした電柱について、電柱 DI を適用し、観測値と同レベルの風速であることを確認した。

5. 令和元年台風 15 号の被害

今年 9 月 9 日未明に発災した台風 15 号の被害では、千葉県を中心に、送電鉄塔や建築足場、ゴルフ場ネット支柱などの倒壊、電柱の折損・倒壊、大量の樹木折損などが起こり、長期に渡って広範囲に停電が発生した上に、非常に多くの建物が屋根被害を受けた。直後に大雨の予想もあり、ブルーシートによる補修が進んだため、ブルーシートをマークとした建物被害の調査を内房に沿って空から実施した。また、送電鉄塔の倒壊被害について検討するための現地調査をドローンによって実施した。

セラミックスの中で動くイオン —基礎科学から応用へ—

数学物理学科 物理科学コース 島内理恵

2019年10月、リチウムイオン電池を開発した M. Stanley Whittingham、John B. Goodenough、吉野彰の3名の科学者のノーベル化学賞受賞が発表された。リチウムイオン電池は「固体の中でイオンが動く」現象の応用の一つであり、我々の世界を飛躍的に発展させた技術である。セラミックスとは金属酸化物を中心とした非金属性の無機固体材料の総称であるが、こういった固体の中でイオンが移動するには、結晶構造中に「隙間」が必要である。例えば、硫化チタンは CdI_2 型の層状構造を持ち、その構造を保持したまま層間にリチウムイオンを可逆的に受け入れ層内を移動させることができる。Whittingham はこの硫化チタンを正極、金属リチウムを負極に用いた2次電池を初めて報告した。

このようなイオンが動く（イオン伝導性）セラミックスの合成的研究とその結晶構造・電気的物性の解明は、無機化学から物性物理学まで広い範囲の基礎科学者から興味を持たれ、多くの学術的成果を生み出した。

また、これらの物質は化学的に安定で強度に優れ、化学組成変化に対応する起電力を生み出すことができる。そのため、リチウムイオン電池だけではなく、各種の電池やセンサーなどへの応用が期待されている。さらにこういった材料としての応用を視野に入れた場合、コストパフォーマンスの高い合成手法の開発が必須である。

一つの例として、当研究室でおこなわれた多価イオン伝導体として知られるタングステン酸スカンジウム型化合物の一つ、モリブデン酸アルミニウム $\text{Al}_2(\text{MoO}_4)_3$ 合成研究について以下に述べる。液相低エネルギープロセスの一つであるゾルゲル法を改良することにより均質なナノ粉末を得られる合成法を確立し、不定比な組成を持つモリブデン酸アルミニウム $\text{Al}_{2+x}(\text{MoO}_4)_3$ ($x \geq 0$) の結晶構造を右図のとおり解析した。これらの結晶構造は金属と酸素からなる配位多面体で説明されるが、Mo(1)、Mo(2)-O四面体とAl(1)-O八面体の体積を計算し、不定比性との関係を検討した。不定比性が増加するに従って、Mo-O四面体体積は減少し、Al(1)-O八面体の体積は増加していた。この結晶構造における3価カチオン（今回は Al^{3+} ）の伝導は一般的に遷移金属（今回は Mo）-酸素の相互作用が非常に強いと説明されている。すなわち不定比組成の増加と共に遷移金属-酸素の相互作用が増加し、 Al^{3+} イオン伝導にとって有利な状況が可能になることが予想される。

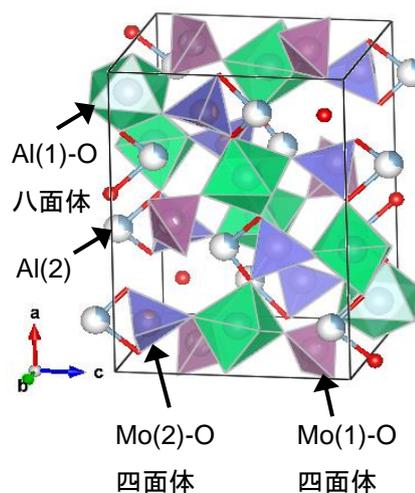


図1 Rietveld法を用いて精密化した $\text{Al}_{2+x}(\text{MoO}_4)_3$ の結晶構造。

メタンハイドレート開発の現状と課題

－高知大学の取り組み－

安田尚登 海洋コア総合研究センター

メタンハイドレートとは

ガスハイドレート（水包接化合物）とは、一定の温度圧力条件のもとで、水素結合による水分子のカゴ状構造の中にゲスト分子となるガス分子が効率よく取り込まれた氷状の物質で、メタンハイドレートの場合、天然ガス輸送のパイプラインの中で閉塞を起こす氷物質として良く知られていた。

近年の海洋調査で、太平洋側では水深 1000m 以深の海底面下 200-300 メートルのところに、凍った地層が発見され、その氷の中にメタンガスが大量に含まれていることが明らかにされてきた。このメタンハイドレートは、海上における地震探査法で知ることができ、我が国の排他的経済水域内に広く分布していることがわかっている。推定されるおおよその存在量は、現在日本で消費されているガス量のおおよそ 100 年分がそれ以上であることが判明している。

メタンハイドレート開発計画

現在、資源エネルギー庁が主導して、メタンハイドレートの開発計画（MH21）を進めている。この資源化に成功すれば、海外にエネルギーのほとんどを依存している我が国にとって、国産の大型エネルギー資源となりうる可能性がある。

メタンハイドレートは、在来型の化石資源とは異なり、海底下において安定な状態で存在しているため、なんらかのエネルギーを加え、ガス化して採取する必要がある。シェールガスも同様で、これらは「非在来型エネルギー」と呼ばれる。

メタンハイドレートの生産技術（減圧法）は現在産業技術総合研究所で開発が進められ、ほぼ実用化の段階にある。平成 25 年には、愛知県知多半島沖の渥美海台で第 1 回海洋産出試験が、また平成 29 年には、同海域で第 2 回海洋産出試験が行われ、生産手法の検証や環境影響評価が行われた。想定通りうまくいった点があった反面、多くの課題も見いだされ、現在、その課題克服の努力がなされている。

本学の課題と役割

本学 海洋コア総合研究センターには、これまで掘削されたメタンハイドレート資源探査コアや、海洋産出試験用に掘削されたコアの大半が冷蔵保存されている。また、これらを使用するために多くの研究者が来所し、ともに議論・検討する中で、メタンハイドレートの資源開発状況についての情報が集積している。

本学の主要な課題は、大きく 2 つある。一つは、資源量を評価するために、メタンハイドレートが地層中にどのように分布しているのか、生成場としての地層背景や生成条件の検討を行っている。これには、年代をもとにした地質履歴や地層の発達過程の解析も重要な要素となっている。もう一つは、生産手法開発の前提となる地層特性の把握や変形などの解析にある。シミュレーションのために胚胎する地層は、簡略化された「砂泥互層」として扱われてきた。設定された地層では、減圧手法によるガス生産では、さほど破壊されないことになっていた。しかし、実際の生産テストでは、地層破壊がひどく、出砂現象という想定外の事故が起り、試験を中止するに至った。これは、前提となる地層の設定に問題があるのではないかという可能性があり、メタンハイドレートが実際に分布する地層、ここではコアを用いて詳細な解析を行い、メタンハイドレートを胚胎している地層の本当の姿を解明することにある。

地域とメタンハイドレート

メタンハイドレートには2つのタイプがある、一つは、日本海側に分布する「表層型」と、太平洋側に分布する「砂層充填型」である。両者は、賦存状況や生産手法が全く異なることから、別々に開発が進められている。

日本における砂層充填型メタンハイドレートの大半は、西南日本の太平洋岸に分布し、特に高知県の沖合には大量のメタンハイドレートが眠っている。産出試験に成功した後、産業化に向けた海洋調査が始まり、近い将来、四国沖においてもガス資源としてメタンハイドレート開発が始まる可能性がある。その際、もしくはそれまでの間、高知県を中心とした四国4県は、新たなエネルギー資源に対し、どのような準備をしておく必要があるのだろうか、長期的視点でガス利用を考え、今後の地域開発の計画を立てておく必要があるのかもしれない。またその過程で本学の役割も重要になると考えている。大学としても継続的にメタンハイドレート開発に関わり、地域に活かす努力続けるべきであると思う。

高知大・安田が研究代表者となっているメタンハイドレート研究課題 生産手法開発グループ

産業技術総合研究所 委託研究課題

平成23年度－30年度 メタンハイドレート開発促進事業

「泥質層のコア層解析ならびに貯留層特性の評価」

「地質学的分類に基づく貯留層特性の実践的評価」

研究内容

メタンハイドレートから、ガス生産を行う際に起きうる現象を評価するために、貯留層が持っているすべての地層特性を調査する。本研究では、特に長期のガス生産時に起きると予想される地質リスクをもとにした生産障害の可能性調査を行う。メタンハイドレートが融解(ガス化と溶融水の生成)する際、堆積物内で何が起きているのか、もしくは起きる可能性があるのか、コアの解析や堆積物が持っている粒度特性の解析から詳細を解明する。

資源量評価グループ

石油天然ガス・金属鉱物資源機構 共同研究課題

平成23年度－31年度 メタンハイドレート開発促進事業

「東部南海トラフ海域のコア試料を用いた年代推定に関する研究」ほか

研究内容

メタンハイドレート形成メカニズムや資源量を推定するための基礎研究の一環として、胚胎層形成に関する地質学的背景の研究を行っている。メタンハイドレートが資源となるためには、一定規模の濃集層である必要がある。ハイドレートの濃集帯形成には、タービダイトと呼ばれる海底扇状地のような場での地層形成がもとになっている。どのような堆積場が濃集帯形成になりうるのかコアの研究(地層形成過程)から明らかにする。また、地質履歴から、BSR(ハイドレート濃集帯の下面)が数万年単位で上下動し、メタンハイドレートが分解と再生していることが明らかとなった。その際に生じたメタンハイドレート分布の不均質性は、資源量を評価する上で、また、生産現場としても知っておくべき内容となっている。