

研 究 紀 要

(第67集—分冊)

理 科 部 会

[全体講演]	Muse 細胞のもたらす医療イノベーション 発見と飛躍のチャンスはどうやって掴むのか 東北大学大学院医学系研究科 細胞組織学分野 教授 出澤 真理	1
[分科会講演]		
[物理分科会]	P C 計測を用いた力学の基本実験 元・麻布中学校高等学校 現・(株)島津理化 増子 寛	3
[化学分科会]	フュージョンエネルギーに必要な金属資源について 量子科学技術研究開発機構 六ヶ所研究所ブランクット研究開発部 増殖機能材料開発グループ グループリーダー 中道 勝	4
[生物分科会]	幹細胞の基礎, 解析技術、ES 細胞, iPS 細胞, 間葉系幹細胞, Muse 細胞の相互比較 東北大学大学院医学系研究科 細胞組織学分野 教授 出澤 真理	6
[地学分科会]	地学教育と石灰質ナノ化石の活用 弘前大学教育学部 田中 浩紀	8
[巡検]		
[生物巡検]	弘前市 だんぶり池 ひろさき環境パートナーシップ 代表 鶴見 實	9
[地学巡検]	実習 石灰質ナノ化石の観察～教材化の視点から～ 弘前大学教育学部 田中 浩紀	10
[研究発表]		
[研究発表 1]	部高教研が全て教えてくれた～実験の勧め～ 青森県立弘前中央高等学校 齋藤 郁子	12
[部会の動き]		13
[研究大会一覧]		14

令和5年度 青森県高等学校教育研究会 理科部会

全体講演

Muse 細胞のもたらす医療イノベーション 発見と飛躍のチャンスはどうやって掴むのか

東北大学大学院医学系研究科 細胞組織学分野 教授 出澤 真理

今日は先生方にちょっといい話、家に持ち帰っていけるような話、自分の食生活を開き直れる科学的なロジックなどを披露したいと思います。

私が医学を学んでいた頃、来る日も来る日も癌の話ばかりで、もう少し上の世代の方々は結核の話でした。医学のトレンドも時代によって変わってきます。この10年、20年の間に人々の生活、特に障害を持たれている方の生活が激変すると思います。例えば交通事故や糖尿病が悪化して手足を切断しますが、これからはAIやコンピューターで機能を高めることによって、人間の限界を超えたいろんな足をくっつけると逆に便利だという時代が来ってしまうかもしれません。医学というのはものすごい速さで進歩しています。ある治療が優れていると分かると1年後には医療が変わっています。誰しも助かりたい、自分の人生を取り戻したいということで、急速に普及していきます。このような機械を用いるという治療に対し、心臓の血管が詰まって壊死して現在の医療では治せないような内臓の治療にMuse細胞が使われようとしています。

私たちは13年前Muse細胞を見つけました。その後、世界中が研究して分かってきたことは、この細胞は修復幹細胞であるということです。体内にいて日頃からパトロールして修復して回るメンテナンス会社だということが分かってきました。我々は日々非常に有害なものに囲まれていて、例えば紫外線によって染色体のDNAを傷つけられて癌になり、お酒を多く飲めば肝硬変になります。80年90年の長きに渡って恒常性を維持して生きていくためにどうやって修復されているか分かっていなかったのですが、Muse細胞がこの説明をするものだということが分かってきました。骨髄の中にMuse細胞がいて、血液中にコンスタントに出てきます。そして体中を巡って、多くの臓器に配給され、修復して回っています。Muse細胞は多能性を持ち、様々な組織に分化できる能力を持っていて、心臓や肝臓や脳など一手に引き受けるようなものが体に備わっているから健康が維持できています。肝臓は20年前の細胞と今の肝臓のメンバーは入れ替わっています。つまり少しずつ死んで脱落した細胞あるいは傷ついてしまった細胞をMuse細胞が食べて、そこで情報を得てこれと同じものに分化していくのです。壊れた箇所からは警報が出ていてこの警報を聞きつけてMuse細胞はそこに集まり、食べて自らの能力で血管にも心臓の細胞に分化してトータルで組織を直すということをやっているのです。

Muse細胞を使えば、どういう治療ができるのかお話します。心筋梗塞の患者の心筋梗塞の箇所を見てみると心臓の筋肉の細胞のいくつかは死んで壊死を起こしています。壊れた細胞からはスフィンゴシン-1-リン酸(S1P)という警報が出ます。Muse治療の1番目の大きな特徴は、Muse治療はドナーの細胞がそのまま点滴から投与可能であるということです。例えば肝臓移植、腎臓移植、それから白血病の治療で使う骨髄移植、どれもHLAという白血球型が適合しないと免疫拒絶を受けて、患者がより危険な状態になります。10万人に1人しか適合しないのでなかなかドナーが見つかりません。Muse細胞の場合にはこのHLAの白血球の適合は不問で、誰のものでも拒絶を受けないシステムを持っています。警報をシャープに認識するので、血液中を巡っている間に必要とする場所をきれいに修復します。そして長らく免疫排除を受けずにずっと患者さんの体内に留まることが臨床試験で確認されています。Muse細胞があらゆる細胞に分化できるのでより多くの疾患をこの細胞で治療することが応用可能だといえます。臓器移植や骨髄移植では、免疫抑制剤を長く飲まなければならない、免疫系を抑えると感染が問題になりますが、Muse治療ではMuse細胞が胎盤に類似した分子を出しているので問題になりません。赤ちゃ

んは、お母さんからすると自分ではない、“非自己”ですが、拒絶を受けずにお腹の中で育つことができます。胎盤の部分から HLA-G というタンパク質が出てお母さんの免疫系を静めているからです。Muse 細胞はこの分子を高発現しています。2 番目の特徴はどんな臓器も点滴で治るということです。ALS という難病、筋萎縮性側索硬化症に対する Muse 治療を岡山大学の ALS の専門の先生たちと共同研究して検証しました。ALS は脊髄の本当に限定された部分、脊髄前角という所に筋肉の手足を動かす運動ニューロンがあり、そのニューロンが特異的に死んでしまう病気です。検証すると意外にも点滴による Muse 細胞の障害部位の認識が 1 番効果的でした。本当に必要な所にピンポイントで向かってくれることが分かっています。

Muse 細胞は壊れた細胞を食べて分化して元に戻すということを日々ミクロレベルでやっているのです、たくさん Muse 細胞を採って入れてやるとその効果が増強されるというのが基本的な Muse 治療の考え方です。私の研究室のメンバーの血液を採って血液中にどのくらい Muse 細胞があるかも調べました。かなり個人差があり、特に Muse 細胞の高い人はスポーツマンです。運動は血中の Muse 細胞を上げるという研究もあります。また、心筋梗塞の治療をやられた岐阜大学の湊口信也先生の論文では、心臓リハビリテーションのためにトレッドミルという歩く機械を 30 分実施すると、たった 30 分で Muse 細胞が 2 倍近く増えました。有酸素運動は Muse 細胞を増やします。私も自分で実験をして 50 分程早歩きして通勤したとき、Muse 細胞が車で来た時の 3 倍程に上昇しました。だから、自らを律して少し運動すれば非常に健康的に修復細胞が動員され、修復力が上がるといえます。黒田康勝先生の論文では適量のお酒というのも血中の Muse 細胞を上げる効果があったそうです。若い時は骨髄に Muse 細胞がいてそれがパトロールをして修復していますが、歳を取ると骨髄がスカスカになります。持論ですが、脂肪に Muse 細胞が多く存在するので歳をとったら脂肪の Muse 細胞が働くのではと考えています。ですから私なりの健康法ですが 60 歳を過ぎたら適量の酒を嗜んで好きなものを食べて、小太りを目指して健康的な人生を送るべきだと思います。脳外科の先生と話をすると、ガリガリに痩せている男性は脳梗塞の発症率が高く、再発もしやすく、リハビリで治りにくいとのことでした。逆に一番良いのは小太りの女性で、脳梗塞になっても再発しにくい。アルツハイマー型の認知症や老人性認知症の大家の先生もガリガリに痩せた男性は認知症の率が高いが、小太りの女性は認知症になりにくいとのことでした。演繹的に考えると 60 歳を過ぎたら痩せようとかこだわらず、飲みすぎと言われたら科学的なデータで適度な飲酒は Muse 細胞を増やすと反論してください。

Muse 細胞の実際の治療効果について話したいと思います。湊口先生の論文では、実際に心筋梗塞で心臓のポンプ機能が治療前 40 くらいで寝たきりでトイレいけない、起き上がれない、歩くのも心臓がもたない状態の患者に Muse 細胞入れると 3 ヶ月で 53, 54 に回復し、普通の心臓に戻る程の劇的な効果が確認されています。東北大の脳外科の研究では、脳梗塞が発症して 1 ヶ月経った後で Muse 治療して 1 年後統計処理をすると、Muse 細胞を入れた方の 7 割の方が交通機関を自分で利用して生活も自立できるようになったそうです。とくにすごいのは文字を書く、お箸を持ってご飯を食べるなど上肢の機能の回復です。また、3 割の方が職場復帰されています。

最後になりますが、発見と飛躍のチャンスをどうやって掴むのか、Muse 細胞の発見は普通に言う失敗というものから生まれました。失敗とか災難というのはそれと見合うだけの成功の種が隠されています。ただこの成功の種が隠されているということを頭に入れておかないと単なる失敗で終わってしまいます。実際に私も Muse 細胞が出てきた約 20 年前に京都で研究しているときに細胞集団を扱って、気持ちの悪い塊が自然発生的にできるので、あるときに一緒に働いていた同僚が「捨てていいですか」と聞いてきました。よくよく見ると昔から言われている有名な ES 細胞という多能性、万能性細胞の体中あらゆるものに分化できる幹細胞に似ていました。この細胞は腫瘍性があり、癌化します。この塊を見ると、体を構成する三胚葉性の細胞が既に備わっていました。ES 細胞に似ているが、我々が扱っている細胞は癌化しません。ですからこの正体を追いかけたら、癌化を避けてあらゆるものに分化できるすぐく再生医療に有用な細胞を手にはできるのではないかと考えて正体を追いかけてみました。しかし、4 年間空振りが続きました。ある時、筋肉の細胞を培養していて、継代の作業をしていたのですが、最後培地を入れたら間違って同じ色の消化酵素を入れてしまっていたことがありました。細胞はほとんど死んでいました。私はいつも失敗した時それがどんな風になっているか確認して捨てる癖があって、よく見ると案外生き残っている細胞がありました。その時、4 年間をかけて追った変な塊を作った多能性細胞に応用できるのではないかと思い、失敗を再現しました。すると、大概の細胞は同じように死んでしまいましたが、生き残った細胞を培養すると ES 細胞を造るものが出現しました。こうして、我々はついに Muse 細胞にたどり着いたのです。私の研究室は進捗報告会を毎週やっていますが、絶対に失敗したという言葉は使えません。自然科学においては失敗も成功もないのです。自然現象で人間がこうなって欲しいという期待、こうあるはずだという仮説がうまくヒットしたときに成功と扱われ、それがはずれたものは失敗と片付けているに過ぎないと思います。むしろその失敗の中にこそ成功の種が隠されています。我々の研究室では失敗という言葉は極力使わないで、何で

想定通りいかなかった、なぜ仮設通りにいかなかったかということを考えるようにしています。もしも失敗をしたら、「ちょっと待ってよ。もしかしたら…」と考える癖をつけてもらいたいと思います。

私は一昨年、石戸谷繁先生と一緒に“Muse 細胞の樹”という NPO 法人を立ち上げました。Muse 細胞を普及し啓蒙し、そこから会員を募って国に働きかけて Muse を早く治療に生かしてほしいという目的を持ってこの団体を立ち上げました。会員になられた方には、治験をされた先生の講演を毎年行い、一般に公開されていない Muse の効果やその作用についてなど、直に聞かせできると思いますので、ご興味のある方は是非のぞいてみてください。

【 物 理 分 科 会 】

分科会講演

P C 計測を用いた力学の基本実験

元・麻布中学校高等学校 現・(株) 島津理化 増子 寛

1 教育現場における実験技術の普及と継承

教員向け実験講習会を例として 4 + 1 の呪縛からの解放をめざして現在、高等学校では実験を導入することに対して困難を感じている教員が多い現状がある。その原因が 4 + 1 の呪縛である。

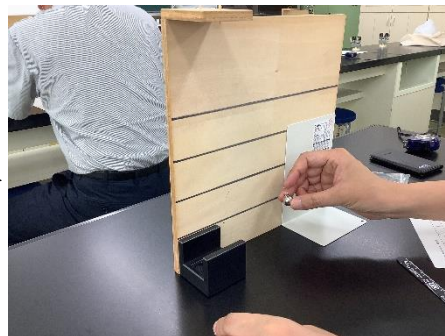
4 → 設備品の不足、予算の不足、教員加重負担、大学入試圧力

+ 1 → 教員の孤立化

そのため、東京を中心に「高校物理の授業に役立つ基本実験講習会」を、その後東北地方にて「東北地区での高校物理基本実験講習会」を行い、日常の授業の中で教科書に載っている定番の実験を中心として、汎用的な実験の基礎技術の習得やノウハウの伝承を目指してきた。今回はその中からいくつかの実験を行いたい。

2 実験テーマ 1：力学的エネルギーの保存

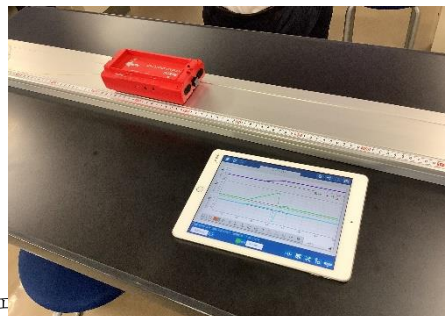
振り子のある高さまで持ち上げて静かに放し、最下点を通過したときの速さを測定して、力学的エネルギーが保存していることを確かめる。おもりを放した高さ、最下点の高さの差を測り力学的エネルギー保存則から最下点を通過するときの理論値を出し、「B e e s p i」で測定した実験値と比較する。h = 2 ~ 3 cm の場合は相対誤差が大きかったが、ある程度の高さがあれば誤差は一桁代であり、保存則が成り立つことを確認できる。



3 実験テーマ 2：I C T とスマートカート

スマートカートは前輪が変位を計測し、力センサを備えた台車である。Bluetooth でデータを送信し、タブレットのアプリで情報を管理することができる。例えば x - t グラフ、v - t グラフ、a - t グラフの作成、グラフの並列表示などができる。また、F - t グラフの面積を計算することで力積を求め、質量と速さのデータによる運動量の変化値と一致することも確認できる。同様に運動エネルギーと仕事の関係も実験することが可能である。

また、バネにスマートカートを接続して、単振動させることもできる。運動エネルギーと弾性エネルギーの関係をグラフ化することで、力学的エネルギーが保存していることが視覚的に確認できる。その他の応用例として、台車同士をバネでつなぎ、単振動しながら移動させることで、重心が等速直線運動することを確認できる。



4 実験テーマ3：静電気実験

(1) ストローを用いた実験

箔検電器に袋から出していないストローを貼り付け、ストローを出し入れすることで、箔が開いたり閉じたりする。また、あらかじめぶらさげておいたストローに袋から出したストローや袋を近づけることで、静電気の斥力や引力を確認できる。

(2) クーロンメータ

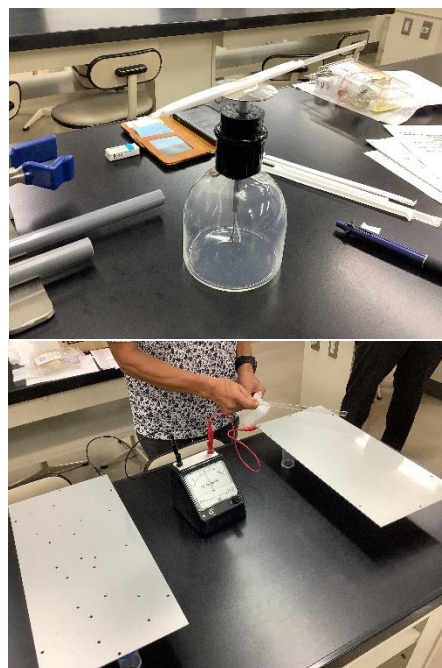
帯電体の電気を測定にはクーロンメータを用いるとよい。なお、クーロンメータは手作りすることができる。mVデジタル電圧計に1 μ Fのコンデンサーと抵抗・スイッチを接続する。費用は2000円程度である。

(3) 2枚の金属間における電荷の移動

2枚の金属板の間に検流計を接続する。帯電した物体を片方の金属板に近づけると静電誘導により、もう片方の金属板に電子が移動する。移動の様子を検流計で確認することができる。

(4) その他

身近なアイテムで静電気力実験器具を作成した。



【 化 学 分 科 会 】

分科会講演

フュージョンエネルギーに必要な金属資源について

量子科学技術研究開発機構 六ヶ所研究所ブランケット研究開発部

増殖機能材料開発グループ グループリーダー 中道 勝 氏

本日は金属資源についてお話する予定だが、まずは核融合についてご紹介したいと思う。我々は地上でも太陽のような核融合反応を人工的、継続的に発生させてエネルギー源とすることを目標に置いている。ただし太陽と全く同じ核融合反応を地上で起こそうとしているわけではない。太陽では十数億年かけて4つの陽子が最終的にヘリウム1個に変化し、そのときの質量差がエネルギーとして太陽から地球に降り注いでいる。しかしながら単位体積あたりの発熱量というのは1 m³あたり豆電球2個程度の発熱である。太陽は膨大な体積があるからこそ、膨大な発熱量となっている。この反応を地上で起こすのは不可能である。そこで我々が目指す核融合反応はD（重水素）×T（三重水素）反応である。

ではこのような核融合反応をどのように維持していくのか。核と聞いて思いつくのは核爆弾だと思うが、核爆弾では核融合反応は一瞬で終わってしまう。そこで我々は閉じ込め式の核融合炉の開発をめざしている。これは3種類の磁石によって磁場を発生させ、プラズマをドーナツ状に閉じ込めて、その中で核融合反応を起こす。原理を説明すると、まずは原料となる重水素や三重水素にエネルギーを与えて原子核と電子をバラバラにして、プラズマの状態にする。プラズマは電荷を持ち、電荷を持つものは磁場で固定することができるため、プラズマを固定することができるという仕組みである。

ではどのようにして核融合のエネルギーを電気にするのか。一般的な火力発電の場合、火力によってやかんを温め、水を沸騰させ生じた蒸気の力によってタービンを回し発電する。実は核融合の場合も火力発電と大して変わらない。核融合反応によって生じた高エネルギーの中性子を用いて水を温め、タービンを回し発電する。火力

発電で説明したやかんの部分を核融合反応ではブランケットと言う。いわゆる毛布という意味だが、プラズマの周りを覆っていることからこの名前がつけられた。ブランケットはD×T反応によって生じる中性子を受け止め、中性子増倍材であるベリリウムに衝突し中性子を増やし、増えた中性子が今度はリチウムに衝突し、原料となるトリチウムを生成する。このトリチウムがまた核融合燃料として使われる。重水素は海水から得られるが、一方で三重水素は天然にほとんど存在しないため核融合炉で運転しながら自己生産している。いくつかある核反応の中で中性子がリチウムに衝突する反応で膨大な熱が発生し、この熱をメインとしてタービンを回し発電する予定である。

続いてQSTの紹介をしたいと思う。全国各地に研究所があるが、私は六ヶ所にある六ヶ所研究所に勤務している。フランスにある核融合実験炉ITERから次段階の原型炉に簡単に移行できるわけではなく、技術的な部分を補完するために六ヶ所研究所ではプラズマ実験やブランケット材料のシミュレーション、加速器のIFMIF/VEDAを用いた検証を行っている。この加速器というのは、核融合反応で生じる14MeVのエネルギーを持つ中性子を模擬的に発生させ、材料開発等を行うための装置である。核分裂炉では既存の材料だけで核分裂反応を制御し発電することができたが、核融合の場合は高エネルギーの中性子が材料に衝突して維持できるかを実際の核融合で実証するわけにはいかないので、この加速器の開発が行われた。私自身はプラズマを覆うブランケット中で行われる核融合反応で使われる中性子増倍材やトリチウム増殖材などの機能材料の開発を行っている。

ここから資源の話をしていただきたいと思います。中性子とベリリウムの核融合反応で生じた中性子をリチウムに衝突させ燃料のトリチウムを自己生産するという話をしたが、ここで重要なのがベリリウムという金属である。物質収支的にはD×T反応で生じる中性子が確実にリチウムに衝突すれば中性子増倍材は必要ないのだが、中性子は衝突前に消滅することもあり、確実にリチウムに衝突してくれるわけではないため、ベリリウムを用いて大量に増やしてあげなければならない。実際には核融合炉1基あたり500トンのベリリウムが必要となる。このベリリウムの調達には問題があり、値段が高いこと、生産量が足りていない事が挙げられる。現在は年間300トンしか製造されていない。また生成には非常にコストがかかる。ベリリウムの元となる鉱石は緑柱石と呼ばれ、宝石のエメラルドやアクアマリンである。そのため非常に安定な宝石から抽出する必要があり、溶解するのに2000℃という高温の処理が必要かつ、粉塵が肺に入ると重篤な機能障害になる恐れがあり、安全管理が必要になっている。そこで我々はアルカリ溶融とマイクロ波を組み合わせることで300度という温度で溶解し、室温・常圧下で酸を加えることで全溶解させることに成功した。またリチウム鉱石も宝石の一種で、1000℃、250℃という2回の処理が必要だったが、マイクロ加熱1回で溶解することに成功した。

最後に先生方をお願いしたいことがある。最近は科学技術離れが叫ばれている。実際に核融合が実現するのは50年後とまだまだ先の話である。私自身も原型炉を見ることができるとか危ういと思っている。一方で今高校生の皆さんが大学を出て核融合研究を行うと、30歳手前ぐらいから原型炉発電、核融合発電に携わることができる世代だと考えている。太陽のようなスケールの大きい話からはかけ離れてしまい、実際は火力発電と同じではないかという印象をお持ちになる方もおられると思う。そういう中でも核融合は最先端技術を複合して成り立っている。私自身は長年原子力の研究を行っているが、シミュレーションや化学、セラミックス、鉄鋼の専門家などいろいろなジャンルの専門家が集まることで成り立っている。また原型炉や中性子原料の研究には膨大な国の予算が使われており、社会事業性という観点も重要となってくる。今後は若い方々にフュージョンエネルギーに興味を持っていただき、一緒に核融合研究を推し進めていければと思っている。

【 生 物 分 科 会 】

分科会講演

幹細胞の基礎，解析技術，ES 細胞，iPS 細胞， 間葉系幹細胞，Muse 細胞の相互比較

東北大学大学院医学系研究科 細胞組織学分野 教授 出澤 真理

再生医療と言えば幹細胞と思われまふ。なぜ普通のその辺の細胞じゃ駄目なのか。細胞というのは永遠に増殖をし続けていたかったら未分化でなければならず，何かのプロフェッショナルリティを獲得したいと分化に歩み始めた瞬間から死に向かって歩きます。これは生命の原理，原則です。つまり我々の体の中で，心臓なり肝臓なり，特定の機能を持って専門性を持っている細胞は，分裂能力を失っています。例えば心筋梗塞になって心臓の細胞が壊死しているとき，どこから心臓の細胞を持ってきて，それを増やして入れればいいじゃないかと単純な発想が出ますが，その機能している細胞は既に分裂能力の多くを失っていますので，体の外に取り出すと死んでしまつて増殖できません。人間の心筋梗塞では数千万の細胞が必要ですが，分裂しない細胞は使えまふ。

幹細胞というのは発達途上の未熟な細胞の名残です。幹細胞は生物学的な定義が2つあり，まず1つ目は分化できるということ，2つ目は自己複製能つまり自分のコピーを作り出せることです。分化能力ですが，どれぐらいの範囲に分化できるかということで幹細胞としての位が決まてきます。Muse 細胞を多能性だと話しました。多能性というのは体を構成するあらゆる細胞になるということです。細胞分裂において，1個の自分から2個の自分を作るのを対称分裂と生物学的に言います。もう1つは非対称分裂で，1個は自分のコピーを作るが，もう一方は自分じゃない物を作る。多くの生体の発生で言えば分化に相当します。つまり特定の機能を持ったものに歩み始める細胞になっていきます。分化というのは幹細胞に生体の中で対称分裂と非対称分裂がランダムに起きることです。ES 細胞，iPS 細胞は対称分裂で同じものを作り続け，Muse 細胞や我々の体に備わっている体性幹細胞はこの非対称分裂と対称分裂を取り交ぜてやっています。これが自然の幹細胞の分裂です。もう一点の自己複製能，つまり自分のコピーを作る細胞は体の中に2種類あり，1つが幹細胞，もう1つが癌細胞です。ES 細胞やiPS 細胞は癌細胞としての性質があり，無限に増殖します。

普通，再生医療では，ES 細胞，iPS 細胞，Muse 細胞を使います。幹細胞は自然に体に備わる自然の幹細胞と，人工的に作った幹細胞とに大きく分けられます。自然の幹細胞は，胎児期の細胞の多くであり，幹細胞だらけでこの胎児期の幹細胞と，大人の体に備わる幹細胞があります。胎児期の未熟な幹細胞としては胎児性幹細胞（中絶胎児）と神経幹細胞，大人に備わっているものが Muse 細胞と造血幹細胞と間葉系幹細胞です。人工的なものが ES 細胞，iPS 細胞です。

ES 細胞は受精卵から作ります。iPS 細胞は，例えば繊維芽細胞や皮膚の細胞に遺伝子を導入して，ES 細胞と同じ性質を持たせます。ただ，この成人の細胞に癌遺伝子を遺伝子導入します。c-Myc という癌遺伝子で，癌の遺伝子を導入しないと iPS 細胞は作れませんので，この2つは腫瘍性を持つことになります。iPS 細胞はやはり癌化のリスクを持つので，基礎研究のツールとして非常に素晴らしいですが，臨床では癌化が問題になり，発見から10年15年近く経っていますが，未だに実用化されるに至っていません。一方，Muse 細胞は何にでもなることができ、腫瘍化もしません。また，これらの ES 細胞，iPS 細胞というのは培養皿で基礎実験としては綺麗に分化するのですが，それが体に馴染んで組み込まれ，メンバーとして機能することは別です。細胞治療というのは駄目になった細胞を置き換えていく力が必要が，ES 細胞や iPS 細胞は，増殖スピードも，遺伝子発現も，細胞の分裂様式も違うので，やはり生体に近い修復細胞（Muse 細胞）を使うことが一番理に叶っていると思います。マウスの脳に人の iPS 細胞を入れると2週間で脳の1/3を占拠するような腫瘍ができます。iPS 細胞を何も操作しないで，あの状態のままで入れると癌化するのは。1個でも癌化しているものが混じっていると臨床にはなかなか適せず普及しないことになります。9歳の脊髄小脳変性症（非常に重症の脊髄とか脳が萎縮して変性していく病気）の児童の例では，5体の中絶胎児の神経幹細胞の移植が必要でした。3,4年後，頭が痛いとの訴えがあり，検査をすると腫瘍ができていました。この腫瘍の遺伝子型を調べますと，核型はドナーの胎児，つまり胎児の移植した細胞が腫瘍化したものでした。残念ながら，脳や脊髄等の神経系は放射線治療が効きません。

大人の体に備わる幹細胞は，各臓器に発生の名残として存在します。皮膚の幹細胞は毛の根元の中腹あたりに，

脳の脳脊髄液内には神経幹細胞があります。肺は気管支の分岐部に幹細胞が存在するといわれています。肝臓にも幹細胞が存在します。筋肉の幹細胞というのは、筋繊維の外側に2, 3個あります。腸管でも腸管の柔毛の底辺の部分に幹細胞があり、これがプッシュ式に分裂していきます。骨髄の中には、造血幹細胞、間葉系幹細胞、Muse細胞も存在します。それぞれの領域を守っている幹細胞がいて、大人の場合にはこれはさほど増殖しません。

Muse細胞というのは、骨髄にも存在しており、血液に流れて出て全身に配給されます。大体1.3日に1回分裂します。正常に体を作っている細胞は、通常50回分裂すると分裂が停止しますが、Muse細胞も実際に分裂させると、本当に50回で止まって増殖しなくなりました。正常の細胞というのはリミットがあり、そのリミットがないのが癌細胞です。ですから、Muse細胞は無限に増えることはありません。採取する量にもよりますが、1人のドナーからギリギリ取れる最大限を採取したとすれば、多分数百人分の製剤は作れるだろうと見込まれています。

間葉系幹細胞は、Mesenchymal Stem Cell, MSCと略されますが、下肢骨を砕いて培地の中に入れて培養します。そして継代していると、最後に接着性の細胞として取れるのが間葉系幹細胞で、どんな性質のものが何種類入っているかというのは不明です。取り方は簡単ですが、多能性もなければ修復効果もありません。そして投与して2週間経つと体内から消えてなくなります。ですから、MSCを投与して何か良い成長因子や液性の因子が採取できたとしても、1~2週間の作用しか持たないことになります。もちろん腫瘍性がないので、世界中でこれが使われ応用されきました。

ここからは、安全性がいかに重要かということを話したいと思います。2000年代にパーキンソン病の患者さんに、中絶胎児16人分の胎児性幹細胞を入れました。そうすると、翌日にはさっさと歩くほど素晴らしい結果が得られたのですが、やはり時間が経つと拒絶されてしまいました。免疫拒絶で排除されて、前より酷い状況にリバウンドしてしまったのです。そこで、今はこの手法は用いられていません。

生物は世に生まれ出た時から体内に多能性細胞を持っていて、再性能の高いプラナリアもイモリも、そして人も結合組織に多能性細胞保持しています。これはやはり修復のメカニズムが存在しているということを示唆します。ただ、プラナリアは全身を修復、イモリはパーツを修復、Muse細胞は人ですから、ちょっとパテで直ししょう程度におさめておいた方がいいと、進化上の選択をしたのではないかと思います。

Muse細胞は、マクロファージという免疫系の細胞と、多能性幹細胞の両方の性質を合わせ持った細胞です。骨髄ともなると、大体1/3000がMuse細胞になります。Muse細胞は骨髄から血液中に流れてきて、壊れた細胞が存在する所に向かい捕獲して食べ、これと同じものに自らが分化して置き換わります。これを日頃が実践しており、糖尿病や代謝病があったりするとMuse細胞がへたってしまった場合、外部からMuse細胞を補充して治療しようという非常にシンプルなストラテジーになります。壊れた組織は、警報を発信します。スフィンゴシン-1-リン酸(S1P)でこれを認識し、壊れた組織に集合してその細胞を食べ除去して掃除します。細胞の二重膜は外膜と細胞質に面している内膜で、全く構成が違います。マクロファージやMuse細胞の受容体は、生細胞では外側にあるはずのない脂質が外側に出てしまっていると認識し、細胞死を確認します。これはMuse細胞とマクロファージの療法がもつ共通の機構です。Muse細胞の分化過程は極めて早く、例えば特殊な顕微鏡で脳梗塞の表面に入ったMuse細胞を見ると、3日目でもう突起が出て、7日目でシナプス形成しています。ここには、特別な機構があると考えられます。実際、私たちがゲノムの解析を行うと、心臓の死細胞を食作用により捕食した場合、心臓の因子を取り込んで心臓のMuse細胞のプロモーターに結合して定位置に入ることが検証されました。電気生理学的にもちゃんと働く神経になったことが証明されています。我々の体は日頃ちょっと紫外線に当たって、細胞が損傷を受けたとか寿命が尽きて死細胞となったとかを理解し、通常マクロファージが掃除しています。そして掃除して歯抜けになった空席をMuse細胞が埋めていたというのが修復のロジックです。

ALSの患者さんにMuse細胞を投与しました。1, 2年で、5日中4人の進行が止まりました。ALS患者においては、囑託殺人が出るぐらい辛い病気であり、本当に早く患者さんにこのようなMuse細胞による治療を届けてあげたいと思います。そのような理由から、石戸谷繁先生とNPOで活動し、仲間を増やして様々な認可をもらうために、努力しているところです。

東北大の泌尿器科では、若くして腫瘍ができた場合、手術で男性機能を傷つけても前立腺に行く神経を切断して、そこにMuse細胞を投与すると非常によく復活をするということが分かっています。猿でやった実験ですが、膀胱は駄目になるとわずかな尿の蓄積にも耐えられなくなります。Muse細胞で治療すると、膀胱が修復されて元に戻ることができました。表皮水泡症という先天性の深刻な病気のマウスにヒトのMuse細胞を入れると、ふさふさの黒髪の毛になりました。ヒトの皮膚がネズミの皮膚にパッチ状に再生していた。これは、黒髪の人のMuse細胞を用いたのだらうと思われまふ。このようにMuse細胞を用いた自然の理に叶った新しい治療によって、今後、様々な治療などが提供できるだらうと考えています。

【地学分科会】

分科会講演

地学教育と石灰質ナノ化石の活用

弘前大学教育学部 田中浩紀



1 はじめに

石灰質ナノ化石という小さな化石が、私の専門なのでその話と、それを地学分野の授業用に教材化したいと考えているので、その辺の話もしたい。

2 石灰質ナノ化石とは何か

石灰質ナノ化石とは、石灰質の殻を持つナノプランクトンのことで、大きさは $2\mu\sim 63\mu\text{m}$ で肉眼では全く見えない。150年以上前にドーバーの白亜の崖で最初に見つかり、深海底にたまった石灰質ナノ化石100%でできている。顕微鏡で見るとナノ化石がびっしり入っており、通称チョークと呼ばれる。我々の商売道具であるチョークの本家本元がこれで、現在はホタテの貝殻で作っているが、最初はこのドーバーのチョークを切り出して作った。ドーバーのチョークの中にある円盤状ものをクリスタロイドといい、無機的にできたものとされた。その後、深海の堆積物の中からクリスタロイドとよく似た丸い物を見つけ、これを円石、コッコリスと名付けた。さらにコッコリスが固まって球状になったものも見つけ、ココスフェアと名付け、明らかに生物だとされた。電子顕微鏡ができ、研究が進み、地質学に応用できることが分かると、1760年代以降、深海の掘削計画 DSDP (Deep Sea Drilling Project)、今は ODP (Ocean Drilling Program) に変わったが、これが始まり、ナノ化石が時代決定に圧倒的な力を発揮した。コッコリスは、球状のココスフェアのお皿がはがれたもので、生物分類上は、植物界黄色植物門ハプト藻綱円石藻目の単細胞生物である。現生で約60属300種あり(高知大・萩野)、化石としてはもっとたくさんある。ココスフェアの代表的な構造は、コッコリスが球状に組み合わさり、それぞれがくっついていないので死ぬとすぐにバラバラになる。コッコリスは形態種の化石で、1つのココスフェアの中に全然違う種類のコッコリスが組み合わさることがある。電子顕微鏡で見ると、1つの皿形コッコリスの中にウロコ状の方解石が何十枚も並んで円を作っている。方解石は 90° 毎に消光し、 360° で4か所が常に消光しており、風車のように見える。これが普通の鉱物とコッコリスとを見分ける最大のポイントになる。コッコリスは、皿形だけでなく、星形・馬蹄形・五角形・棒など様々な形があり、生存時の形態が不明のグループもある。

3 石灰質ナノ化石の地質学的有用性

ナノ化石は、中生代三畳紀に出現し現存している生物種である。ナノ化石の成層序学的・地質学的に有用な点は、その膨大な産出量である。現在の海洋底サンプル 1cm^3 あたり 10^{12} 個、浅い方でも 10^9 個入っており、陸上サンプルにも多く見つかる。次に進化速度が速いこと。アンモナイトの時間分解能が、約数百万年～1千万年のオーダーなのに対し、ナノ化石は十数万年～数十万年のオーダーで時代を決めることができる。しかも処理時間が圧倒的に短い。有孔虫を1サンプル処理するのに数日から2～3週間かかるが、ナノ化石は1サンプル処理するのに5分でできる。これを顕微鏡で見て、即座に十数万年オーダーの年代決定ができる。だから、深海掘削船にはナノ化石の研究者が必ず乗っている。船上で掘ってくるそばから、即座に何万年前の堆積物だと判断でき、ナノ化石はものすごい強力なツールである。

私の研究の中から役立った例を3つ紹介する。1つ目は地質構造解析への応用例で、千葉県の海岸にある砂泥互層の褶曲した地層で、この露頭の端から端まで1mおきにサンプリングして、ナノ化石を分析した。その結果、褶曲軸の両翼の細かな地層の対比ができ、構造をかなり細かく決定できた。ここの模型は県立中央博物館に展示してある。

2つ目は母島海山形成史解析への応用例で、海山がいつ海上に顔を出したかを鑑定するのにナノ化石を使った。ドレッジサンプル中の泥岩からナノ化石を調べた結果、海山の南側と北側で全然違った年代が出た。つまり、海

山の南側と北側が交互に顔を出し、最後に鞍部に新しい時代の堆積物が堆積したことが分かった。

3つ目は北西インド洋の第四紀モンスーン変動解析への応用例で、アラビア半島沖合の第117回航海のサイト722・723と、インド沖合赤道に近い方の第115回航海のサイト716のODPコアサンプルを使い、*Florisphaera profunda*のコッコリスを調べた。この*profunda*というグループは、深海からの湧昇流の強弱を示すインデックスになる。この辺りは強いモンスーンが吹くと、海水が引っ張られアラビア沖の湧昇流が強力になる。*profunda*を使って調べると、氷期の時に増える傾向があり、これは氷期に湧昇流が弱まり、モンスーンも弱まることを示している。これは、現在の気候学の常識からすると逆で、普通、氷期の方がモンスーンは強力になる。しかし、赤道付近のサンプルと比べると、氷期でモンスーンが弱いと出ても、通常のモンスーンや湧昇流よりも非常に強力な状態が維持されていたことが分かった。さらに、*profunda*の産出変動の周期性を調べると10万年の周期があった。これは、ミランコビッチサイクルの地球の気候変動に影響を及ぼす地球の離心率の変化に対応していることが分かった。

4 石灰質ナノ化石の教材化に向けて

風車みたいな皿形のコッコリスは400倍の顕微鏡で観察できる。対物レンズが40倍、接眼レンズが10倍で、400倍なので、学校にある顕微鏡で対応できる。偏光顕微鏡がない場合は、生物顕微鏡に偏光板をつけ、簡易的な偏光顕微鏡にできる。青森県でナノ化石の産出を確認している地層は、津軽西域の舞戸層、鳴沢層、大童子層である。有孔虫の産出報告がある層は、ナノ化石が出る可能性が高いので、八戸地域の和田川層、舌崎層に可能性がある。基本的に深海・外洋の堆積物によく出るので、泥岩・シルト岩・ソーティングが悪く泥成分が沢山入っている砂岩だと、産出する可能性がある。

教材としては様々なレベルがあるが、今まで見たことのない超微化石を見るだけならば、400倍での観察で十分なので、非常に簡単である。これに種の名前を付けようとする、かなりハードルが高くなる。私が平成9年に作った実験の手引きがあるのだが、これは千葉県版である。青森県の各地層から出てくるナノ化石は、千葉県とちょっと出方が違う。房総半島や黒潮域と親潮域とで出方が全然違うので、青森県版の実験の手引きを作りたいと思っている。有孔虫でもナノ化石でも、青森県は基本火山の国なので、火成岩・変成岩・変質岩と高熱の影響を受けた石ばかりで、化石はほとんど出てこない。だが、泥岩など上手く選べば、生徒が自分で化石を見つけ、名前を決めるとこまでできる可能性がある。さらに、分かりやすい年代指標種が出る層準が見つければ、その年代指標種を示準化石とし、これを見るときという時代だと分かりますよ、という実習までできるかもしれない。

【 生 物 巡 検 】

【生物巡検】

弘前市 だんぶり池

ひろさき環境パートナーシップ 代表 鶴見 實

1 日 時 令和5年8月18日（金） 9:00～12:30

2 参加者 理科教員13名 ひろさき環境パートナーシップ5名

3 内 容

- (1) 参加者自己紹介
- (2) ひろさき環境パートナーシップ 代表 鶴見 實氏よりだんぶり池整備の経緯について説明
- (3) 同事務局長 白戸 久夫氏よりだんぶり池の現状と生息する生物について説明
- (4) 捕虫網、魚捕り網をもって池とその周りに生息する生物の捕獲と観察





トリノフンダマシとその卵のう

キイトトンボ



シュレーゲルアオガエル

アカハライモリとドジョウ

だんぶり池は、津軽本来の自然を再生する目的で 2002 年に弘前市坂本地区にある休耕転作田（約 50 アール）を「ひろさき環境パートナーシップ 21（HEP21）」の提言により弘前市が買い上げ、整備運営しています。

だんぶり池には、現在昔から津軽に生息していた在来種トンボが増え、県の絶滅危惧種に指定されたトンボも含めて 40 種以上が確認されています。（ひろさき環境パートナーシップ 21 の配布資料より）

【 地 学 巡 検 】

〔地学巡検〕

実習 石灰質ナノ化石の観察 ～教材化の視点から～

弘前大学教育学部 田 中 浩 紀

昨日の講演を受け、実際に石灰質ナノ化石の観察を行った。

1 まずは見よう

研究用光学顕微鏡を用いて、観察を行う。600～1500 倍で観察したものを、スクリーンにて見た。

試 料：深海底コアサンプル，ドーバー・ナノチョーク

・生徒用顕微鏡での見え方の確認

生徒用偏光顕微鏡を用いて、観察を行う。作成済みのプレパラートを用いて、400 倍で見え方の違いを確認した。

試 料：深海底コアサンプル

2 スメアースライドの作成，陸上試料の観察

観察するためのプレパラートを作ってみる。

手 順：① 試料（小豆大）を乳鉢に入れて軽く粉砕する。

② 粉砕した試料をスライドガラスに耳かき 2 杯位とる。

③ スポイトで純粋を 2～3 滴おとし、混ぜる。

④ 爪楊枝で混濁液をスライドガラス面に引きのばす。

⑤ ホットプレートで乾燥させる。

⑥ イマージョンオイルを 1 滴たらし、カバーガラスをかける。

生徒用偏光顕微鏡を用いて、観察を行う。深海底と陸上で見られるナノ化石の数などの違いを確認した。

資 料：舞戸層の泥岩（鯨ヶ沢三ツ沢にて採取。陸上の試料）教材化を考え、本県の地層の泥岩を使った。

3 スメアースライドの作成，天然記念物資料の観察

先ほどと同じ手順で，スメアースライドを作成した。生徒用偏光顕微鏡だけでなく，生徒用生物顕微鏡（双眼）に

偏光板を取り付けたものでも観察した。

試 料：上総層群国本層の泥岩（チバニアン露頭試料，今は採取できない）

4 年代測定に挑戦

ナノ化石の代表種 *Discoaster* の消滅層準をとらえ，年代測定をする。生徒用生物顕微鏡を用いて，観察した。

オープンニコル下での観察のため，生物顕微鏡でも可能となる。

試 料：深海底コアサンプル

5 電子顕微鏡で見よう

走査型電子顕微鏡（SEM）を用いて，観察した。6000～8000 倍でナノ化石の（舞戸層の泥岩中）の詳細な観察と，

有孔虫とのサイズの違いなどを確認した。

【 感 想 】

特別な機材を使わなくてもナノ化石の観察ができることに驚いた。ナノ化石がナノサイズではなく，マイクロサイズのためかもしれない。形態による分類と同定なので，見ていてわかりやすく楽しかった。特に，クロスニコル下での観察では，宇宙の星々のようにも見え，鉱物との違いを感じた。今回は生物顕微鏡が双眼だったので，単眼よりも楽に見えたとの声もあった。海底と陸上では，見られるナノ化石の数がかなり違い，堆積する状況に違いを確認することができた。

生徒用の偏光顕微鏡や生物顕微鏡で観察できることから，教材化できるのではないかと考える。特に，身近な所から試料を採取できれば，生徒の興味関心につながりそうである。

様々な種類の顕微鏡や貴重な試料等をご準備していただいた田中先生には，感謝の念に堪えません。本当にありがとうございました。

（文責：菅原磨妃）

研究発表 1

部高教研が全て教えてくれた～実験の勧め

青森県立弘前中央高等学校 齋 藤 郁 子

青森県で高校の理科教員となってから、今に至るまで高教研に参加したくさんのノウハウを教えていただいた。今回は、これまで教えていただいたノウハウを少しでも皆様に還元したい。また、今までの教員生活で作成した実験書を公開するので、必要なものを活用して欲しい。

1 水素爆鳴器

過激で印象に残る実験は、生徒の興味関心を高めるために有効である。ペットボトルに水素を水上置換で集め、火をつけると最初は炎を上げて燃え空気の割合が多くなったところで、一気に爆発する。ペットボトルの下の方から爆発的に火が噴き出すので、水素の危険性を喚起するのに役立つ実験である。小規模な水素の着火は中学校でも経験しているが、近年、水素燃料等が話題になっていることもあり、水素の燃焼と爆発を観察するのに適した実験である。

2 マイクロスケール実験

一時期、マイクロスケール実験に凝っていた。特に、無機実験では、試薬量が少量であり、スポイト瓶を準備しておけば、すぐに実験でき、少人数で手元で実験できるのが魅力である。しかし、生徒達にとっては、教科書とは異なる実験であり、定着率が高くなかった。実験の一連の作業も経験であると考えマイクロスケール実験からは離れてしまったが、スポイト瓶での試薬の準備など、マイクロスケール時代のノウハウは、一般の実験でも活用している。また、コロナ禍など、一人ひとりに実験させるためには、マイクロスケールは有用である。

3 コロイド実験

教科書で終わらせると、用語の暗記に陥りやすいが、実験を行うことにより、知識・技能・表現など多くを学ぶことができる。実験の目的をしっかりと持たせて実験したい内容であり、必ず実験を行う分野である。セルロースチューブの使い方にはコツがあり、単純にぬらすだけでなく、ぬらしたあと口をもんでから再度ぬらすと剥がれやすい。セルロースチューブは、ダニエル電池などでも応用できるので、活用して欲しい。

4 実験書作成

黒石高校時代には、実習教諭と協働で、「だれが見てもわかる実験書」を作成した。専門外の先生と一緒に実験に取り組むために、注意点や解説を同時に作成している。特に、同じ学校で複数の教育課程が存在するなど、単位数・生徒の状況に合わせて、何種類かの実験書を作成した。比較して活用していただきたい。

5 探究実験～陽イオンの分離

「科学的に探究する学習の充実」が新指導要領では求められている。教科における探究的な試みとして、仮説の設定、検証、計画の立案、実験の実施、結果の処理、考察・推論、表現・伝達を2時間に凝縮して実施した。

課題は「陽イオンの分離」として提示した。あらかじめ、陽イオンの性質を調べ（反転学習）、与えられた中から3種の金属をグループ毎に選択し、実験計画を立て、実験し、結果をまとめてポスターを作成し、発表させた。発表においては、「ポスターツアー」という「ジグソー法」のひとつの手法を用いて、全ての生徒が発表者となるように工夫した。自分の考えたとおりの結果にならないグループでも、理由を考え、発表することができた。知識の定着も良かった。与えられた試薬以外の試薬での実験を試してみたいという要望もあり、意欲の喚起に役立った。

反省は、発表時にメモをとることに気を取られて、発表者の発表をしっかりと聞くことができなかった。発表法や時間配分など課題はまだあるが、科学的に探究する学習の一つとして有効である。

6 テルミット法

実験映像を見た生徒から、「実際にやってみたい」という強い要望がだされたために、実施した実験である。ICTの有効な活用により、興味を喚起することができた好事例である。実際に手を動かし、目の前で見ることのできる実験はやはり貴重である。

実験は実験書どおりに行えば単純であるが、着火しないことがよくある。混合した試料は40～50度で乾燥器で乾燥させてから用いる。また、着火時に、①硝酸カリウムをテルミットに振りかける ②マグネシウムリボンを二つ折りにして、熱量を大きくする のいずれかで着火する。本日はマグネシウムリボンを二つ折りにしている。グループ実験では、予備を必ず用意し、失敗で終わらせない工夫をする。また演示実験でも、必ず2セット準備して臨む。ぽんやりして見落とした生徒を叱るよりも、再度実験を見せた方が、教育効果が高い。



実験は、教員も実際に手を動かしてわかることが多い。もしも、困ったときには高教研の仲間が助けてくれる。そんな高教研化学部会に今まで支えていただいた事を感謝申し上げます。

【部 会 の 動 き】

5月18日	高教研事務局長会議
5月26日	令和5年度 第1回役員会（場所：青森県総合社会教育センター第5研修室）
6月16日	令和5年度 研究大会要項並びに役員名簿を高教研事務局長へ提出
7月 3日	研究大会講師へ講演依頼状を発送
7月 7日	総会、研究大会実施要項を各高へ送付
8月16日	令和5年度 第2回役員会（場所：青森県立弘前南高等学校）
8月17日～18日	令和5年度 総会、研究大会
8月23日	研究大会講師へ礼状発送
10月31日	令和5年度 第3回役員会 令和6年度 研究大会計画書を高教研事務局へ提出
11月12日	第13回科学の甲子園青森県大会（場所：青森県総合学校教育センター）
3月上旬	会計監査
3月下旬	会計精算書、関係書類を高教研事務局へ提出

【研 究 大 会 一 覧】

●R5年度（紀要No. 67） 会場：弘前南高校 会員数(第1・2希望計)：215 大会参加数：79 研究発表者数：1
 テーマ 「自ら学び、探究を深める力を育む理科教育」

全体講演 「Muse 細胞のもたらす医療イノベーション～発見と飛躍のチャンスはどうやって掴むのか」
 東北大学大学院医学系研究科 細胞組織学分野 教授 出澤 真理

物理分科会講演 「PC 計測を用いた力学の基本実験」
 元・麻布中学校高等学校 現・(株)島津理化 増 子 寛

化学分科会講演 「フュージョンエネルギーに必要な金属資源について」
 量子化学技術研究開発機構 六ヶ所研究所ブランケット研究開発部
 増殖機能材料開発グループ グループリーダー 中道 勝

生物分科会講演 「幹細胞の基礎，解析技術，ES 西郷，iPS 細胞，間葉系幹細胞，Muse 細胞の相互比較」
 東北大学大学院医学系研究科 細胞組織学分野 教授 出澤 真理

地学分科会講演 「地学教育と石灰質ナノ化石の活用」
 弘前大学教育学部 田中 浩紀

●R4年度（紀要No. 66） 会場：八戸東高校 会員数(第1・2希望計)：265 大会参加数：62 研究発表者数：1
 テーマ 生涯にわたって探求を深める未来の人材を育む理科教育

全体講演 「気象庁における地震火山業務」
 気象庁地震火山部管理課 地震情報企画官 宮岡 一樹

物理分科会講演 「実験で楽しむ物理の授業」
 板柳町少年少女発明クラブ 顧問 野呂 茂樹

化学分科会講演 「科学を学ぶ意義」
 分子科学研究所 主任研究員 湊 丈俊

生物分科会講演 「ゲノム編集～人類は創造主になったのか～」
 福井県立大学生物資源学部創造農学科 教授 村井 耕二

地学分科会講演 「スロースリップとは？～プレート境界で発生するゆっくりとした断層すべりとそれに伴う現象～」
 気象庁地震火山部管理課 地震情報企画官 宮岡 一樹

●R3年度（紀要No. 65） 会場：三沢高校(ZOOM開催) 会員数(第1・2希望計)：269 大会参加数：64 研究発表者数：0
 テーマ 生涯にわたって探求を深める未来の人材を育む理科教育

全体講演 「探究の過程を実現する授業のために」
 福井県教育総合研究所 先端教育研究センター 特別研究員 川角 博

物理分科会講演 「学習の定着をはかるための予習・復習を一体化した授業展開」
 新潟県立長岡高校 教諭 山崎 健太

化学分科会講演 「主体的・対話的な活動を取り入れた化学実験講座」

東京理科大学理学部 教授 井上 正之

生物分科会講演 「生物多様性保全と外来種問題の考え方 ～青森と琵琶湖の意外な関係～」

滋賀県立琵琶湖博物館 専門学芸員 中井 克樹

地学分科会講演 「電視観望がひらく 宇宙への誘い」

協栄産業株式会社／星のソムリエ 村上 将之

●R元年度（紀要No. 64） 会場：八戸西高校 会員数(第1・2希望計)：291 大会参加数：116 研究発表者数：8
テーマ 生涯にわたって探究を深める未来の人材を育む理科教育 ～授業改善を通じた学びに向かう力の育成～

全体講演 「新学習指導要領を踏まえ、自らの授業（教授学習過程）をどう構想し、評価をどう工夫するか
～授業実践からの示唆～」

筑波大学人間系 教授 片平 克弘

物理分科会講演 「楽しく・わかる物理実験 ～電磁気分野～」

青森歯科医療専門学校 非常勤講師 工藤 貴正

化学分科会講演 「新学習指導要領と化学」

東洋大学 食環境科学部 教授 後藤 顕一

生物分科会講演 「iPS細胞からのメッセージ」

京都大学 ウイルス再生医科学研究所 准教授 多田 高

地学分科会講演 「がんじゃ里山の会における環境教育の取り組み」

がんじゃ里山の会 会長 関下 斉

●H30年度（紀要No. 63） 会場：青森北高校 会員数(第1・2希望計)：287 大会参加数：107 研究発表者数：5
テーマ 学びに向かう力を育む理科教育 ～資質・能力の育成と授業改善～

全体講演 「これからの高校での教育・課題研究を考えるヒント」
～課題研究の基礎、生徒のキャリア形成、植物科学のフロント～

東北大学大学院 生命科学研究科 教授 渡辺 正夫

物理分科会講演 「主体的・協働的な学びを促す実験例と ICT を活用した実験例の紹介」

共立女子中学高等学校 教諭 桑子 研

化学分科会講演 「化学の授業における探究型授業の実践」

東京都立戸山高等学校 教諭 大島 輝義

生物分科会講演 「コケ植物を教材としてどう生かせるか」

青森県立郷土館 主任学芸員 太田 正文

地学分科会講演 「地球科学分野における探究活動の教材と指導」

青森県立青森南高等学校 元教諭 小田桐茂良