

アクティブラーニングによる エネルギー科学のパブリックアウトリーチ

令和5年3月8日 シンビオ研究談話会

シンビオ社会研究会理事
京都大学名誉教授

八尾 健

アクティブラーニングによるエネルギー科学の パブリックアウトリーチ

1. 従来の理系離れ対策並びに原子力・放射能教育
の問題点について

2. シンビオアクティブラーニング
2022年12月13日、27日実施

3. エネルギー科学のパブリックアウトリーチのための
アクティブラーニング

アクティブラーニングによるエネルギー科学の パブリックアウトリーチ

1. 従来の理系離れ対策並びに原子力・放射能教育
の問題点について

2. シンビオアクティブラーニング
2022年12月13日、27日実施

3. エネルギー科学のパブリックアウトリーチのための
アクティブラーニング

従来の理系離れ対策並びに
原子力・放射能教育の
問題点について

背景

- ① わが国は、科学に関心のある人が決して多いとは言えない。少ない
- ② 人口当たりの科学雑誌(日経サイエンスやニュートンなど)購入数で、日本はアメリカの10分の1とされている。
- ③ 「自分は科学に弱い」と、誇らしげに言う人もいる。誰にでも得意不得意があるから、不得意であることは一向に構わないが、少なくとも誇らしげには言わないでほしい。
- ④ 「科学に関心が無いのが問題とは思わない」と多くの人が思っている。これでは、科学が人間活動の全てにますます関わってくるこれからの世界に、伍していけるのか？
- ⑤ 多種多様の理科離れ対策が講じられている。しかし、なかなか十分に効果を上げてはいえない。少なからず限界を感じることも否定できない。

理科離れ対策事業の経験

- ① 理科離れ対策と言うと、理科の面白さを伝えよう、というので、**小中学生に理科実験を見せたりやらせたり**、というのが定番。
- ② しかし、大体どこでも小学校4年まではついてくるが、5年、6年と学年が進むにつれて、**参加者が減り、中学生に至っては、ほとんどいなくなる。**
- ③ うまくいっていないにもかかわらず、**一日千秋のごとく、これを繰り返している。何かの間違っている。**
- ④ **理科の好きな子は何をやっても好きになるが、好きでない子は、何をやっても好きにならない。**努力とかではなく、**個性**である。
- ⑤ 立場を逆転させて、古典文学を好きになればと、源氏物語の解説をする活動をされたら、どんなに立派な先生に教えてもらっても、到底ついていけないと、私は思う。これも個性である。

新たな解決策

- ① 理科の好きな理系の人間が、相手の個性を配慮することなくやや一方的に理科の「面白さ」を伝えることが原因
- ② 興味のギャップが大きすぎて伝わらない
- ③ 新たな『理科教育』が必要。
- ④ 新たな『理科教育』とは？
理科を伝えるのではない。
科学者を伝える。人間的な、生身の科学者、人間を伝える。

随想

科学の応援団

名誉教授 八尾 健



無観客といえば、野球やサッカーや大相撲などのスポーツを思い浮かべられるかもしれません。しかしここで言いたいのは、われわれ自然科学(以降、科学と略します)に携わる科学者についての無観客です。わが国は、科学に関心のある人が決して多いとは言えません。実際、人口当たりの科学雑誌の購入数で、日本はアメリカの10分の1と言われています。「自分は科学に弱い」と、誇らしげに言う人もいます。誰にでも得意不得意がありますから、得意であることは一向に構いませんが、少なくとも誇らしげには言わないでほしいと思うのは、筆者だけでしょうか。科学に関心が無いのが問題とは思わない、これでは、科学が人間活動の全てにますます関わってくるこれからの世界に、伍していけるでしょうか。多種多様の理科離れ対策が講じられています。しかし、筆者自身も経験があるのですが、なかなか十分に効果を上げてはいえません。理系人材を増やすことに、少なからず限界を感じることも否定できません。

スポーツに目を転ずると、野球でもサッカーでも大相撲でも、多くの応援団あるいはサポーターあるいは観客、ひとくりに応援団と言うことにして、彼ら彼女らがいます。応援団は、実際には競技をしません。プロのテクニクなどなかなか実践できるものではありません。しかし、応援団はとても詳しいのです。野球であれば「内角に直球を投げるからいけない」とか、「この選手は高めに弱い」とか、サッカーでも大相撲でも然り、ある意味無責任といえばそうかもしれませんが、見方は鋭く間違っていないのです。時には、審判の誤審を指摘することもあります。

これに比較すると、われわれ科学者は、無観客で試合をしているようなものではないでしょうか。その姿を思い浮かべてみてください。勝敗のみ、あるいはせいぜい得点までしか知られない。どのような試合展開だったのか、逆転があったのか、などは全く知られない。スポーツがこの状態では、あきらかに成り立たないでしょう。科学もまた然りではないでしょうか。科学にも応援団が必要です。応援団は、科学者ではないが、科学に関心を持つ人たちです。スキルや関心の深さは問いません。多くの人々に応援をしてもらいたい。

応援団の育成は、従来の理系人材育成とは全く異なるでしょう。われわれ科学者は、科学に感情が入ることを良しとしてきませんでした。原理があり、測定があり、法則があり、数式があり、結論があり、というように、ひたすら客観性を追い求めてきました。科学を実践するためには、それも必要でしょう。しかし、応援団はそうではありません。喜怒哀楽など、人間の豊かな感性に訴える、まさに文系の視点で科学に接する、人間的な物語やエピソードで科学を知る、これが鍵になるでしょう。こうして端緒が開かれれば、その後は科学者には関係なく、応援団は独自に自己増殖をしていくでしょう。それを期待します。

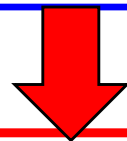
(やお たけし、平成26年退職、元エネルギー科学研究科教授、
専門分野は結晶化学、材料電気化学、生体材料化学)

[目次に戻る](#)

原子力・放射能について

1. 住民説明会の経験

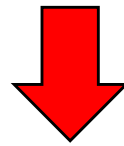
- ① 京都府の依頼を受け、原子力発電所10キロ圏内の集落の住民の方々に、放射能について解説
- ② 放射能が科学として受け取られることなく、ただ安全か安全でないのかの結論だけが求められる
- ③ 現実社会において絶対はなく、即ち、1も0もなく、0.7であったり、0.8であったり、あるいは、0.75であったり、この連続的に変化する評価の中で判断を下すことが重要
- ④ 判断を下すべき十分な知識がない時、人は1か0の極端な結論に陥りがちになる。1と0の間を連続的にとらえ、価値判断をするには、それなりの知識が必要



原子力・放射能教育の重要性

2. 理科離れ対策事業の経験

- ① 理科の面白さを伝えることを目的として、理科の講義や実験を体験させる活動が一般になされている。しかし全般的に、小学校の高学年になると、参加者が減少し、中学生に至っては、ほとんど参加しなくなることが現実に起こる。
- ② 理科の好きな理系の人間が、相手の個性を配慮することなくやや一方的に理科の「面白さ」を伝えることが原因
- ③ 理系が文系に理科を伝えるとき、興味のギャップが大きすぎて伝わらない
- ④ 原子力・放射能教育でも同様に、専門家と非専門家との間の知識のギャップが大きく、ある意味、理解し合うための共通の土俵がなく、それが大きな軋轢の原因になっている



問題点：2つのギャップ

1. 興味・個性のギャップ
2. 知識のギャップ

ギャップを埋める突破口として、新しい方式のアクティブラーニングの実施

① 興味・個性のギャップ

文系の興味に沿って伝える。科学者という生身の人間が、文系の興味を引く。科学者をきっかけとして、理科への興味が発展

② 知識のギャップ

アクティブラーニングにおいて、グループで討論を重ねることにより、専門家の説明をそのまま取り入れるのではなく、グループのメンバーの理解がグループ全体に伝わり、理解を共有する。専門家が教育をするのではなく、グループのメンバー同士が教育し合う。教える側と教えられる側のギャップを小さくする

アクティブラーニングによるエネルギー科学の パブリックアウトリーチ

1. 従来の理系離れ対策並びに原子力・放射能教育
の問題点について

2. シンビオアクティブラーニング
2022年12月13日、27日実施

3. エネルギー科学のパブリックアウトリーチのための
アクティブラーニング

シンビオアクティブラーニング

2022年12月13日、27日実施

—原子力離れ、理科離れ対策として—

シンビオアクティブラーニング

第1日

2022年12月13日(火)

総合研究11号館215室

メンバー

指導教員

八尾 健(やお たけし) 京都大学名誉教授

学生

Aさん エネルギー変換科学専攻M1

Bさん エネルギー変換科学専攻M1

Cさん 文学部4回生

Dさん 教育学部2回生

Eさん 経済学部1回生

実施教員

吉川 榮和(よしかわ ひでかず) 京都大学名誉教授

森下 和功(もりした かずのり) 京都大学准教授

10:30 開始

書類配布

自己紹介 1人5分、全体で30分～40分

お互いのことを知ることで、積極的に発言しやすい空気を作る。

経緯説明 40分～50分

アクティブラーニングを実施する経緯・目的を説明し、参加者に理解を求め、協力を依頼する。実施人募集の意図も伝える。

12:00

昼休み

読む前に、

1. 人物に関する第一印象を話し合う。

2. 読後のディスカッションの課題

2-1. エンリコ・フェルミの生き方について

- ① どんな性格？
- ② どんな家族構成
- ③ 結婚している？
- ④ 趣味は？
- ⑤ どうやって勉強したのか？
- ⑥ どんなところで実験をした？
- ⑦ 研究を始めたきっかけは？

2-2. フェルミは、原子爆弾製造について、どう考えていたのだろうか。

2-3. フェルミは、祖国イタリアに対してどのような感情を抱いていたのか。

3. 次回にディスカッションをする自分なりの課題を作ってみる。

エンリコ・フェルミ

原子のエネルギーを解放つ

ENRICO FERMI

オーウェン・ギンガリッチ 編集代表
ダン・クーパー 著 梨本 治男 訳

OXFORD
PORTRAITS
in
SCIENCE
オックスフォード
科学の肖像



シリーズ「オックスフォード 科学の肖像」第4回配本

今日という日は、暗黒の日として
人類の歴史に刻まれることになるだろう

1938年、37歳でノーベル物理学賞を受賞し、イタリアからアメリカに亡命。
世界最初の原子炉を完成させ、核分裂の連鎖反応の制御に史上初めて成功。
原爆開発競争に巻き込まれていく。フェルミ統計・ニュートリノ・ベータ崩
壊の理論……物理学の多くの領域に名を残すフェルミの業績と生涯。

大月書店

オックスフォード 科学の肖像 エンリコ・フェルミ

オーウェン・ギンガリッチ 編集代表
ダン・クーパー 著 梨本 治男 訳
2007年7月20日 発行



第2日

2022年12月27日(火)

総合研究11号館215室

メンバー

指導者

八尾 健(やお たけし) 京都大学名誉教授

学生

Aさん エネルギー変換科学専攻M1

Bさん エネルギー変換科学専攻M1

Cさん 文学部4回生

Dさん 教育学部2回生

Eさん 経済学部1回生

実施教員

吉川 榮和(よしかわ ひでかず) 京都大学名誉教授

森下 和功(もりした かずのり) 京都大学准教授

10:30 開始、昼休み(12:00~13:00)を挟んで、ディスカッション、14:30 解散

1. 読後のディスカッションの課題

1-1. エンリコ・フェルミの生き方について

① どんな性格？

→ 勉強だけではなく、サッカーやハイキングなども行い、多趣味な人物。

② どんな家族構成

→ 父、母、姉、兄の5人家族の末弟。親友のように仲が良かった兄とは早くに死別。家族構成がフェルミの性格形成・将来にも影響するのではないか。

③ 結婚している？

→ 同業種の科学者であり、結婚相手の父もまた学者であった。フェルミは合理的思考をし、感情よりも論理を優先する印象。そのため、結婚についても権威として必要に迫られた状況下で、近くにいる女性を相手に決定した可能性もあるかもしれない。

④ 趣味は？

→ スポーツやハイキング（ごく一般的）。

⑤ どうやって勉強したのか？

→ 机にかじりついて勉強を進めるタイプではなく、興味の赴くままに本を読み進めるスタイル。1つの分野ではなく、複数分野にまたがって学習していた。その際も、他者と意見を交わしながら取り組んでいた。専門にこだわらないスタイルは、各分野の勉強において苦労をあまりせず、余裕があるときに卒なくこなすことに起因するものかもしれない。

⑥ どんなところで実験をした？

→ 最大規模の実験は、大学のグラウンドでウランの核分裂の実験を実施したというもの。

⑦ 研究を始めたきっかけは？

→ 人に勧められたからあるいは興味の赴くままのいずれか。

→ これが天職だとは考えていないが、ポストを次々に用意してもらえている点を踏まえると、適性はあった(向いていた)とは捉えていたのかもしれない。

1-2. フェルミは、原子爆弾製造について、どう考えていたのだろう。

→ 知的好奇心から、自身の研究の可能性を確かめるための手段として捉えていたのではないか。

→ 実現できるかどうかという点に興味を抱いており、製造後の使用のされ方についてはそこまで責任感や危機感等は抱いていなかったのではないか。

→ アメリカを防衛するためにはドイツ等敵国に先を越されないように早急に開発しなければという責任感で製造に携わっていたのではないか。

1-3. フェルミは、祖国イタリアに対してどのような感情を持っていたのだろうか。

→ イタリアに対して、郷愁の念が完全になくなったわけではなく、また憎い・恨めしい気持ちが多々であったわけではないが、妻がユダヤ系であるという点で迫害から逃れるためにそのまま在国するという選択肢は持っていなかったのではないか。

→ また、研究の中で大きなウェイトを占めた拠点がアメリカであり、第二の故郷となっていたことも帰国を選ばなかった理由の一つではないか。また、何の責任もなく自由に行動できる身であったのならば、祖国へ帰るという選択もあったのかもしれないが、原爆を作り出した一人として、またアメリカで多大なる業績をのこした科学者として考えると、帰国という選択はしなかったのではないか。

(全体を通して)

様々な意見が交わされたが、あくまで各個人の考えであり、正解を求めるものではない。科学者も人間であり、その人間性について考えることで、それを通して彼ら科学者が開発したものについても思考を深めることができると感じた。

3. アンケートの実施

14:30 解散

3. アンケートの結果

1. 本の分量は、
多い:0 少ない:0 ちょうどよい:5
2. 本の内容は
難しい:1 易しい:1 ちょうどよい:3
3. 科学者に興味を持った
Yes:4 No:0 Neutral:1
4. 科学に興味を持った
Yes:1 No:1 Neutral:3
5. もっと知りたい科学者がいる
Yes:4 No:0 Neutral:1
6. 原子力に興味を持った
Yes:4 No:1 Neutral:0
7. 原子力にかかわった科学者を他に知りたい
Yes:3 No:1 Neutral:1
8. 自分もアクティブラーニングを指導したい
Yes:3 No:0 Neutral:2

3. アンケートの結果（自由記述）

9. アクティブラーニングの良い点

- ・ 人それぞれの、生まれ育ち、経験、環境が、考え方に及ぼす影響を感じた。
- ・ 自分にはとっつきにくい分野でも、詳しい人やその分野を好きな人の意見を聞くと、興味がわいてくる。
- ・ 自分の頭の中でイメージが固まっていない意見を、言語化する良い練習になる。

10. アクティブラーニングの改善点

- ・ 参加者が、他の参加者の意見に対して、もっとコメントできればよかった。
- ・ 議論の様子や内容を、しっかり記録する。

11. その他なんでも気づいたこと

- ・ 科学者という人間が行っているものとして、科学を捉えた。
- ・ 自分の意見や見方が、かなり情緒的であることに気づいた。
- ・ グループの人数は、5～10人がよい。人数が多すぎると内容が発散する恐れがある。

アクティブラーニングによるエネルギー科学の パブリックアウトリーチ

1. 従来の理系離れ対策並びに原子力・放射能教育
の問題点について

2. シンビオアクティブラーニング
2022年12月13日、27日実施

3. エネルギー科学のパブリックアウトリーチのための
アクティブラーニング

エネルギー科学の

パブリックアウトリーチのための アクティブラーニング

—専門外の分野においても、深い理解を
示す若い人材の育成—

京都大学エネルギー理工学研究所 ゼロ
エミッションエネルギー研究拠点 (Ze拠点)

2023年度共同利用・共同研究申請

現状認識

- ① **ゼロエミッション**の実現は人類の存続のために急務である。
- ② 対象となるエネルギーは、各種の**再生可能エネルギー**と**未来エネルギー**である**核融合**、**原子力発電**と**核燃料サイクル技術**、**水素エネルギー**、**宇宙太陽光発電**等**ゼロエミッション**に貢献する**将来のエネルギー**、加えて現在の**化石燃料の排ガス処理法の改善**をも広く含む**非常に広範**なものである。
- ③ これらの専門領域が、複雑に関係しあっており、**ゼロエミッション**の実現には、**幅広い総合的な思索**が不可欠である。
- ④ 各研究者の**専門が細分化**され、**幅広い考察を妨げている**弊害を取り除き、**先端エネルギー科学**の確固たる**専門分野**を有するとともに、**専門外**の**分野**においても、**深い理解を示す若い人材の育成**を行う、**パブリックアウトリーチ活動**が**重要**。

新たな解決策

- ① 原子力離れ、理科離れ対策として、2022年にシンビオアクティブラーニングを実施し、有望な結果を得た。
- ② 専門家が、専門外の対象者に、一方的に教えるという形を取ると、両者の知識のギャップが大きすぎて、十分に伝わらない。これに対し、グループで討論を重ねることにより、グループのメンバーが理解した言葉がグループ全体に伝わり、その言葉で理解が共有されていく。専門家が教育をするのではなく、グループのメンバー同士が教育し合うことで、教える側と教えられる側のギャップを小さくする。
- ③ 専門書ではなく、科学者の伝記や、社会的ノンフィクションを活用する。人物や事件に興味を持ちながら理解が進み、大きな効果を生み出す。

エネルギー科学のパブリックアウトリーチのためのアクティブラーニング

- ① 科学者の伝記で、科学者の足跡を追いながら、その業績を一つ一つ理解し、**科学知識**を身に付ける。従来の学修が、現在という**時間軸**の一点において、横方向に広がる**科学知識**を修得していく、いわば**横方向の学修**になるのに対し、伝記では、**時間軸に沿って**、一つ一つ**科学知識**を積み上げていく、いわば**縦方向の学修**になる。**横方向の学修**に、**縦方向の学修**が加わることで、学修の効果が格段に上がる。
- ② **核分裂・核融合**であれば、**ラザフォード**や**エンリコ・フェルミ**や**インシュタイン**、**生物学**であれば、**ワトソン・クリック**、**放射能**であれば、**マリー・キュリー**や**レントゲン**の伝記を活用する。また、実験装置の見学等を行い、具体的な学修を行う。
- ③ 実施形態は、**シンビオアクティブラーニング**に**準拠して**行う。

京都大学エネルギー理工学研究所 ゼロエミッションエネルギー研究拠点 (Ze拠点) 2023年度共同利用・共同研究申請

様式2023A

1 / 4 ページ

京都大学エネルギー理工学研究所 ゼロエミッションエネルギー研究拠点 2023年度共同利用・共同研究申請書

世話人確認欄 (申請には世話人の確認が必要です。)		<input checked="" type="checkbox"/>	受付No.	055	※テーマ	2	※整理番号	D
企画型・提案型・共同利用・研究集会 区分 (A)企画の場合は、下段のテーマも選択してください	<input type="checkbox"/> (A)企画				<input type="checkbox"/> (B)提案	<input type="checkbox"/> (C)共同利用	<input checked="" type="checkbox"/> (D)研究集会	
	<input type="checkbox"/> 1-A	<input type="checkbox"/> 1-B	<input type="checkbox"/> 2-A	<input type="checkbox"/> 2-B				
研究倫理教育の有無 (※1)	<input type="checkbox"/>	受講済	<input checked="" type="checkbox"/>	受講予定	(※1)必要に応じて受講証明書を提出していただく場合があります			
(フリガナ)	ヤオ タケシ		氏名アルファベット表記		生年月日		年齢	
研究代表者氏名	八尾 健		Yao Takeshi		1950/2/7		72	
研究代表者 所属機関・部局	所属機関区分		大学名 等		学部・学科名		役職	
	京都大学		京都大学		エネルギー科学研究科		名誉教授	
所属機関住所	〒	611-0011	京都府宇治市五ヶ庄 京都大学エネルギー理工学研究所内 シンビオ社会研究会					
連絡先	TEL	0774-38-3482		代表者 メールアドレス	t_yao@hera.eonet.ne.jp			
	FAX	0774-38-3482						
エネルギー理工学 研究所世話人名	森下 和功		世話人 メールアドレス		morishita@iae.kyoto-u.ac.jp			

研究組織

様式2023A

4 / 4 ページ

研究組織（研究代表者及び研究協力者）

※所内研究者も全て記載し、必要に応じて行を増やしてください。

※4月に大学院入学が確定している、もしくは研究に参加する研究協力者も記載ください。（職：新学年）

※期間の途中で研究組織のメンバーに追加等がある場合は、

速やかに共同利用・共同研究推進まで追加申請書をご提出ください。

※旅費支給の有無にかかわらず、研究に参加するためには研究組織のメンバーである必要があります。

氏名 (日本語)	姓 (英語)	名 (英語)	所属機関・部局	役職	担当分野	メールアドレス	性別
八尾 健	Takeshi	Yao	京都大学エネルギー科学研究科	名誉教授	電池エネルギー X線結晶学	t_yao@hera.eonet.ne.jp	男
森下 和功	Morishita	Kazunori	京都大学エネルギー理工学研究所	准教授	(世話人)	morishita@iae.kyoto-u.ac.jp	男
吉川 暹	Yoshikawa	Susumu	京都大学エネルギー理工学研究所	名誉教授	再生可能エネルギー	s-yoshi@iae.kyoto-u.ac.jp	男
石原 慶一	Ishihara	Keiichi	京都大学エネルギー科学研究科	名誉教授	エネルギー材料	ishihara.keiichi.6w@kyoto-u.ac.jp	男
堀池 寛	Horiike	Hiroshi	大阪大学工学研究科	名誉教授	核融合	horiike@nucl.eng.osaka-u.ac.jp	男
篠原 真毅	Shinohara	Naoki	京都大学生存圏研究所	教授	宇宙発電	shino@rishi.kyoto-u.ac.jp	男
森井 孝	Morii	Takashi	京都大学エネルギー理工学研究所	教授	生物機能科学	t-morii@iae.kyoto-u.ac.jp	男

謝辞

今回、アクティブラーニングを実施するにあたり、吉川榮和先生、森下先生、学生の皆さんに、大変お世話になりました。厚く御礼申し上げます。

ご清聴ありがとうございました

