

ISSN 1340-461X

附属天王寺中・高

研究集録

第59集 (平成28年度)

*Bulletin of the
Tennoji Junior & Senior High School
Attached to Osaka Kyoiku University
No.59
(March,2017)*

大阪教育大学附属天王寺中学校
大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎

研究集録 執筆規定

1. 本誌は、研究集録という。
本誌の英語名は、Bulletin of the Tennoji Junior & Senior High School Attached to Osaka Kyoiku Universityとする。
2. 本誌の執筆資格者は、附属天王寺中学校、および附属高等学校天王寺校舎の現役教員を原則とする。
3. 本誌は年刊とする。発行は毎年3月とし、執筆者には別刷を提供する。
4. 本誌の原稿締切は毎年1月中旬とする。
5. 本誌の原稿は、40字×40行詰めとし、横書きのみとする。
英文論文の場合は、70字～80字×40行とする。第一頁は16行目から本文を書き始める。論文は25頁以内とする。
和文表題・執筆者→抄録→キーワードの順に書き、その後本文をはじめる。
和文論文の場合は、最終頁の次頁に、英文表題・執筆者・英文要約（さらにキーワードを付加してもよい）をつけることを原則とする（英文論文の場合は、和文表題・執筆者・和文要旨をつける）。
6. 本誌の内容は、巻頭言・目次・論文・教科個人研究テーマ一覧・教育研究会概要により構成される。

教育に関わる実践的な研究の蓄積

大阪教育大学附属天王寺中学校、同附属高等学校天王寺校舎の教員の日頃の研究成果を所収した附属天王寺中・高「研究集録」第59集を発刊させていただき運びとなりました。本校の教育・研究に日頃よりご指導、ご支援を頂いている皆様方に、心よりお礼申し上げます。

さて、平成27年8月に文部科学省から示された「教育課程企画特別部会における論点整理について（報告）」を概観すると、社会の変化を柔軟に受け止める「社会に開かれた教育課程」としての役割が期待される、あるいは、社会の質的变化等を踏まえた現代的な課題に即した「育成すべき資質や能力」について、より具体的な姿を明らかにすることが重要である。その際、子供一人一人の個性に応じた資質・能力をどのように高めていくかという視点も重要になる等々の興味深い内容が列挙されています。もちろん、学びの質や深まりに資する、課題の発見と解決に向けて主体的・協働的に学ぶ学習（いわゆる「アクティブ・ラーニング」）や、そのための学習・指導の方法等を充実させていくことも大切ですが、社会に開かれた教育課程をどのように切り拓いていくか、育成すべき資質や能力の定着をどのように図っていくのか等に関わる大局的な視点から掘り下げていった教育・研究実践を積み重ねていくことがより大切になってくるものと思われまます。

附属校園における実践的な研究を一意的に規定することは簡単ではありませんが、教育の実践的な場を有する附属校においては、そのような場との関わりを意識した研究が可能であり、その強みを最大限に発揮した研究が期待されることとなります。研究の取り組みの視角は教育の実践的な場に向けられることとなります。一方で、その射程のとり方はかならずしも一定ではありません。とりわけ、教育学部（教員養成大学）として、国内の基幹大学である大阪教育大学、および、その附属校園においては、明日の授業に生かすことができる研究成果ばかりではなく、将来的に目指す方向性を指し示す研究や、各教科内容を深く掘り下げた発展的な研究が大切になってくるものと考えます。

また、知的理解を中核とする教科、あるいは、技術（知識）の内面化を中核とする教科と、このように、教科の特質に応じた研究の方向性や内容を尊重していくことも大切になってくるものと考えます。本集録は、研究の取り組みにおける、教育の実践の場との射程のとり方の違い、教科内容を踏まえたアプローチの違いを最大限尊重したものとなっています。

一つの研究で全てが完結するのではなく、一つの研究の結果から新たな課題が導かれ、研究を積み重ねていく過程で、徐々に課題解決のてがかりが見えてくるものであろうと考えています。本校教員は、そのような真摯な態度で日頃より教育・研究に取り組んでいます。研究の次なる一步に大きな力となるご批判、ご指導を今後とも宜しくお願い申し上げます。

大阪教育大学附属中学校 校長

大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎 校舎主任
赤松喜久



目次 (Contents)

附属天王寺中・高研究部

- 学びの自立を目指す評価の工夫と改善 ～2年次～アクティブ・ラーニングってなに？
..... 1
- 藤田 勝如 (FUJITA Masayuki) :
実社会に発信する国語科授業の工夫
—旭屋書店コフレ企画 附属天王寺 本のPOPコンテスト—
(Delivering Social Messages from the Japanese Classroom to the Real World:
Collaborations with Asahiya Shoten Book POP Contest)
..... 7
- 河田 良子 (KAWATA Ryoko) :
「2次元学習」という学びのかたち
(Form of learning "two-dimensional learning")
..... 21
- 笹川 裕史 (SASAGAWA Hiroshi) :
ギルバートは三度マッチで火をつける—「ギルバート・グレイブ」試論—
(Gilbert Lights With a Match Three Times.
—An Essay on "What's Eating Gilbert Grape"—)
..... 33
- 岩瀬 謙一 (IWASE Kenichi)、柳本 朋子 (YANAGIMOTO Tomoko)、
井上 正人 (INOUE Masato)、國光 妙子 (KUNIMITSU Taeko)、中西 遼 (NAKANISHI Ryo) :
生徒の空間認識力を引き出す数学的教材としての結び目の数学～ICME13に参加して～
(MATHEMATICAL KNOTS AS A TEACHING MATERIAL TO IMPROVE
STUDENTS' SPATIAL ABILITIES)
..... 59
- 岡本 義雄 (OKAMOTO Yoshio) :
英語で地学の授業を行う試み Part 3—南アフリカと初期地球の物語—
(A Geoscience Class lectured in English Part.3
— Early Earth and South Africa Geology —)
..... 71

岡本 義雄 (OKAMOTO Yoshio) :	
定期テストの余白エッセイ「試験に出ない地学 Series (2016 年度完結編)」本篇+資料 Part1 (Essays on the blank of geoscience exams named “Shiken ni Denai Chigaku Series (completed version, 2016)”manuscript+resource Part.1)	
.....	91
岡本 義雄 (OKAMOTO Yoshio) :	
定期テストの余白エッセイ試験に出ない地学 Series (2016 年度完結編)」資料 Part 2 (Essays on the blank of geoscience exams named “Shiken ni Denai Chigaku Series (completed version, 2016)”Resource Part.2)	
.....	117
森中 敏行 (MORINAKA Toshiyuki) :	
脱水素酵素実験の検証 -内部基質の可能性- (Inspection of dehydrogenase Possibility of the inner matrix)	
.....	139
篠崎 文哉 (SHINOZAKI Fumiya) :	
高校との接続を意識した中学校のリーディング授業 (A Reading Class at Junior High School Looking toward High School)	
.....	147
George Haikalis (ジョージ・ハイカリス) :	
Process Writing at Tennoji Junior High School (大阪教育大学附属天王寺中でのプロセスライティングの学習方法)	
.....	161

学びの自立を目指す評価の工夫と改善 ～2年次～ アクティブ・ラーニングってなに？

1 本附属中学校・高等学校天王寺校舎における研究の方向性

本附属中学校・高等学校天王寺校舎における教育目標として、「自立的な学びの修得」を掲げている。これは、中学校や高等学校での教育を「生涯教育のための基礎づくり」と位置付けて、「自立的な学び」の修得が生涯教育にとって重要であると考えている。そのためには、いかに主体的に学習に取り組ませられるかが鍵となる。

2 本附属中学校・高等学校天王寺校舎における理論的実践的動向

文部科学省平成8年12月「我が国の文教施策生涯学習社会の課題と展望 -進む多様化と高度化-」では、「生涯学習社会において積極的に対応していくためには、自分自身で考え、行動していく能力が必要である」と記されており、さらにこの「生きる力」について同答申は、「これからの子供たちに必要となるのは、いかに社会が変化しようと、自分で課題を見つけ、自ら学び、自ら考え、主体的に判断し、行動し、よりよく問題を解決する資質や能力である」と示されている。またその方策として、発見学習、問題解決学習、体験学習、調査学習、グループ・ディスカッション、ディベート、グループ・ワークが提示されている。

本校においては、中学校では「自由研究」、高等学校では「SSH」などをはじめとする取り組みにおいて、問題解決学習、体験学習、調査学習、グループ・ディスカッション等を活用して、生徒が能動的、理論的に学ぶ特色あるカリキュラム・マネジメントを実施し、生徒の発達段階に応じて体系的、組織的に展開してきた。教科活動だけでなく、課外活動においても、クラスでのスピーチや、自治会活動での議論を重視してきた。その結果、アクティブ・ラーニング実施の環境は備わっている。

3 今年次研究の内容

なぜ、アクティブ・ラーニングを意識した研究が必要なのか？

中教審答申が掲げる「新たな未来を築くための大学教育の質的転換にむけて」(2012)において、「教員による一方的な講義形式の教育とは異なり、学修者の能動的な学修への参加を取り入れた教授・学習法の総称」であり、「学習者が能動的に学修することによって、認知的、理論的、社会的能力、教養、知識、経験を含めた汎用的能力の育成を図る」とアクティブ・ラーニングを目指す学びを定義している。つまり、生徒にこれからの時代に必要な資質・能力を確実に身につけさせることができる学校にすることが求められている。つまり、生徒に学びの質や深まりを構築していくことであるといえる。

本校においては、中学校では「自由研究」、高等学校では「SSH」などをはじめとする取り組みにおいて、生徒が能動的、理論的に学ぶ特色あるカリキュラム・マネジメントを実施し、生徒の発達段階に応じて体系的、組織的にアクティブ・ラーニングを行っている。

しかし、次期学習指導要領におけるアクティブ・ラーニングの導入により、高等学校においては中学校とは異なり、アクティブ・ラーニングを実施することにより、本格的な授業改革を求められると考えられる。しかし、中学校においては、「習得」「活用」「探究」の学びをさらに深める、いわゆるディープ・ラーニングの実施を推進するものであると思われる。そのため、深い学びを行うためにアクティブ・ラーニングを行う必要があると考えられる。

本校の中学校・高等学校において、自ら深く学ぶ授業は、生徒主体の課題解決学習であり、問題解決学習である。また、教員の学力観の転換を図ることも重要である。これらを実現するために、教員は問題意識を生む場の設定を行う必要があると考えられる。そこで、本校におけるアクティブ・ラーニングにおいて、より質の深い学びを生徒にどのように身につけさせればよいかを探究するために、これを研究主題に設定した。

4 研究計画

本研究計画のもとでの研究を3カ年研究とし、次のように研究計画を立てた。

(3年間の研究)

研究年次	研究 方法
1年次	学びの自立を目指す教材開発と評価方法の検討
2年次	アクティブ・ラーニングを取り入れた教材開発とその評価方法の検討
3年次	カリキュラム・マネジメントと評価方法の検討

(本年次の研究)

時期	研 究 内 容	R-PDCA サイクル
4～5月	教育研究会のテーマ決定 研究テーマの決定(教科・個人) 研究計画書の作成	①lan (計画)
5月	校内研修会1(大阪教育大学 木原俊行教授)	
6月	校内研修会2(大阪教育大学 木原俊行教授)	②o (実践)
8月	校内研修会3(鳴門教育大 藤村裕一准教授)	③heck (点検・評価)
9月～11月	教育研究会便覧の作成	
10月	教科による研修会(アクティブラーニングの授業研究を中心とする、小中高研究会)	
9月～2月	教育研究会に向けた授業準備 校内研修会4(大阪教育大学 木原俊行教授)	④ction (修正)
2月4日～3月	教育研究会の総括と次年度の研究会の展望	⑤esearch (調査)

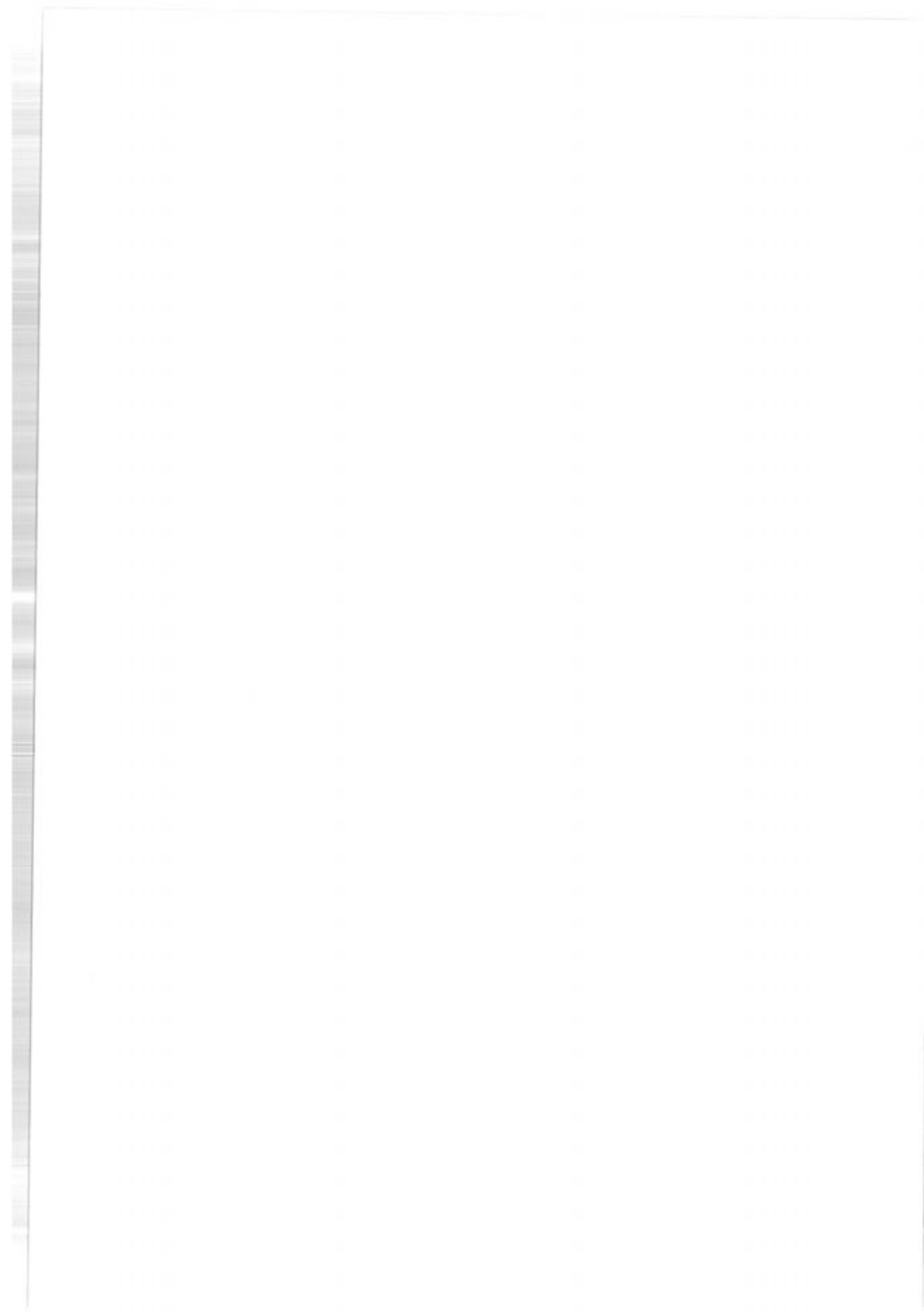
2016 年度 2 学期小中高研究会 各教科概要

教科テーマ	国語科におけるアクティブ・ラーニング	実施日 10/26
国 語	<p>国語科におけるアクティブ・ラーニングについて、小中高それぞれから意見交流を行った。話し合いやグループ活動など、国語科で普段から行われていることから、どのように「言語技術の習得」「深い読み」につなげていくかを考えた。また、アクティブにすることから生じる「読み」のミスリードへの対応をどうするか、各単元についてアクティブ・ラーニングでのアプローチなどについても、小中高で意見交流した。教師側にも、「アクティブに授業することの楽しさ」の経験が必要では、という意見も出された。</p>	
教科テーマ	発達段階に応じたアクティブ・ラーニングのあり方	実施日 10/26
社 会	<p>今回の研究部会では、はじめに小中高それぞれのアクティブ・ラーニングについて実践報告を行った。「主体性・対話・学びの深化」という本質的なねらいは校種を超えて共有しているが、感じている課題は子どもの発達段階により様々であった。小学校では、アクティブであるが故に本質的な学びにつながりにくく、中高では獲得させなければならない知識量が多いため、時間や質の確保が困難であるとの報告が目立った。しかし、天王寺地区における 12 年間の流れを共有できたことは大きな収穫となった。</p>	
教科テーマ	数学科におけるアクティブ・ラーニングの具体的な取り組みについて	実施日 12/2
数 学	<p>数学科におけるアクティブ・ラーニングの具体的な取り組みについて、互いに意見を出し合った。ただ、どの校種も現在、試行錯誤の段階であり、特別に行っていることはなかった。ただ、E C T をうまく活用できないかと考えている方は多かった。また、アクティブ・ラーニングの 1 つの目標である「深い学び」を特に重点的にしようと考えている方が多かった。なので、グループ活動を意識的にする必要はないのではないかという声が多かった。</p>	
教科テーマ	アクティブ・ラーニングの実践報告	実施日 10/26
理 科	<p>中学校より、中学が夏休みに行ったアクティブ・ラーニングに関する研修の報告書が提示された。内容は、生徒実験を行うときにどのような指導をするか、また、レポートやその評価に関しての話題であった。解説、意見交換を行った後、話題を広げアクティブ・ラーニング全般に関しての情報交換を行った。理科や小学校はそもそもアクティブ・ラーニングの要素が強く、その姿勢は持っていることを確認した。アクティブ・ラーニングの定義、導入のいきさつなどについても話題が広がった。</p>	

教科テーマ	小中高のアクティブ・ラーニングについて	実施日 10/25
保健・体育	<p>今回は、中学2年保健の内容で「健康に過ごすための外部環境の工夫」をめあてとして授業を行った。主に班活動を中心に、スモールティーチャーを活用し、ジグソー学習をメインにしたアクティブ・ラーニングを行った。アクティブ・ラーニングについては、有効かそうでないかをきちんと授業者が理解し、知識理解の深まりが大きい場面では積極的に利用していくことが有効であることを確認した。また、小学校では「自己原因性感覚」という取り組みを行っており、主体性が高まることでアクティブ・ラーニングにつながっていることを確認した。</p>	
教科テーマ	音楽科のアクティブ・ラーニング	実施日 10/26
音楽	<p>中学校1年の授業を見学していただいた。テーマは、「感じる心を育て、音楽に心をのせて歌う合唱」であり、本時では、各パートごとに歌詞から朗読劇を創り、発表するというものであった。</p> <p>アクティブ・ラーニングは、行動に目がいきがちだが、「思考がアクティブ」であることが重要であることを再確認した。また、小学校で全く声を出さない状況について話し合った。</p>	
教科テーマ	小・中連携をいかした 図画工作・美術の授業づくり	実施日 10/18
美術	<p>9年間の学びを通して、図画工作科と美術科はどのような学習内容や課題を設定するか交流を行なった。18日に行なわれた6年生の光の素材の授業では、素材を楽しみ、意欲的に活動する児童生徒の姿が見られた。小学校図画工作科における学習成果はどのように発展し、中学美術科では自分から他者へ、社会へどう繋げ広げるかを考えた。来年度はとくに鑑賞授業の連携を意識し取り組む意見が出された。</p>	
教科テーマ	アクティブ・ラーニング・Can do リスト	実施日 10/26
英語	<p>小学校は専科教員がおらず、担当教員は自身の教科会出席のため、また小中高がそろって集まる機会をしばらく持つことができないため今年度は中高で行った。研究会のテーマであるアクティブ・ラーニングについて意見を交換し、授業担当者が予定している授業にどのように組み込まれているかや準備の進捗状況について話し合った。続いて、英語教育界で近年議論がなされているCan-doリストを中高英語科でどのように扱っていくかを考えた。最後に、各教員から近況が報告された。</p>	

教科テーマ	技術・家庭科における主体性を育むアクティブ・ラーニング	実施日 10/26
技術・家庭	<p>技術・家庭科において、それぞれの授業公開および意見交流を実施した。その中で、発達段階の異なる子どもたちが、「いかに学び」「獲得した知見をいかに活かすのか」ということを考えた。また、技術・家庭科という教科の特性上、どのような教材を使うのか、どのような評価基準を設けるのかなども検討事項になった。アクティブ・ラーニングと評価に関しては、常に一体として考えなければならない。既に実施しているポートフォリオ評価やパフォーマンス評価については、評価の信頼性からルーブリックをどのように作成するかも大切である。今後の研究課題として位置づけ、今後、追究していく予定である。</p>	

教科テーマ	健康診断について、その他情報共有	実施日 10/26
養護教諭	<p>今年度から健康診断の方法が変更になったため、その点に関して情報共有をした。今年追加となった色覚検査および運動器検診の実施の方法や時期について、今年度の反省を踏まえて次年度の実施に向けて、意見交換をした。</p> <p>また、小学校の現状を聞き、生徒の情報共有を行った</p>	



実社会に発信する国語科授業の工夫

——旭屋書店コラボ企画 附属天王寺 本のPOPコンテスト——

ふじ た まさ ゆき
藤 田 勝 如

抄録：実社会の中から学び、それを社会へ発信する中で、能動的な学びを育み、汎用的な力の獲得が
すすむと考える。本稿ではその考えに基づき書店や出版社から学び、発信する本のPOP制作の
授業の構想・実践を記す。

キーワード：読書教育 PBL 産学連携 アクティブラーニング

I. はじめに

時代が移り変わっても本質は変化しない。読書が人に与える影響の大きさは今も昔も、そしてこれからも変わらず重要なものとして位置付けられ続けるであろう。そして、本校では以前より一貫して読書指導に力を入れてきた。授業開始後十分間の「読書タイム」、その記録である「読書ノート」指導、毎年発行の「読書感想文冊子」（本年度で第 集）など、長年続けられてきたもの。本年度よりはじまった国語科推薦・課題図書を選定、三学年通してビブリオバトルの開催など、新たな取り組みも行っている。そして、それらの取り組みとともに本校生徒の読書を育むものとして、生徒が本に触れることができる場の多さをあげることができる。学校図書館はもちろんのこと、屋外図書館の「道草館」や副校長室前の本の開架など、学校の様々な場所で本を楽しめる環境がしっかりと整備されている。教科としての読書指導と環境整備、そして読書に向かう生徒自身の意欲の三つが揃っているこの状況を維持し、さらに発展させることが本校生徒の読書生活をさらに充実させる手立てとなるといえるだろう。

本年度、第一学年を担当している。その中で生徒の読書ノートの観察から、今までの読書生活に大きな差があることが見えてきた。当然のことではあるが幼い頃から本に親しみ、読書が日常である生徒と本を読む習慣がなかった生徒では本の選び方や読み方に大きな差が存在した。そこで、まず、本との出会いを育みたいという思いから本単元の構想に至った。

II. 本単元について

世界に存在する全書籍は1億2886万4880冊あり、また、国内で一日に出版される新刊は200冊を越えるといわれている（Google社調べ）。このことから、膨大な数の中から、

一冊の本と偶然出会うことは難しく、その中から現在の自分が必要としている一冊を見つけ出すことは読書経験の浅い生徒には困難なことだといえるだろう。生徒が本と出会う方法として、図書館や書店などの場所が挙げられるが、それらの場所にも本は数多く存在し、読書経験の浅い生徒にとって一冊を選定することは難しい。そのような環境の中で参考となるのが本のPOPである。POPは本のプロからのメッセージであり、「出会ってほしい、気づいてほしい」この思いが詰まったものといえる。POPにはその制作者の生の思いが簡潔な言葉で表され、書評などとはまた違う、もっと直感的に一冊の本に導く力がある。

そこで、今回、本のプロである書店員・出版社の方から本への思い、POP制作の方法を学び、それらの情報をもとに、自ら制作することで、自らの読書経験を振り返り、また、それらを社会に発信する取り組みを計画・実施した。以下、その取り組みについてまとめる。

Ⅲ 単元計画

1 単元名

旭屋書店コラボ企画

附属天王寺生がすすめる本の50冊

2 目的

- ・実社会に向けて本のPOPを発信することで、対象を意識して言葉を選び、まとめる力を養う。
- ・本のプロである、書店員・出版社社員からPOPの作り方を学び、POPの効果を考える。
- ・他者の作品から自らの読書の幅を広げる。

3 指導計画

〈事前活動〉国語科課題・推薦図書一覧からPOP作成を行う本を選定し、読書を行い、読書ノートにまとめる。

時	題	指導内容	備考
1	がイダンス	・プロジェットのがイダンス ・POP制作に関わる方へのインタビューから学ぶ	・一冊の本と出会うということ ・本のPOPの効果 ・書店員の方へのインタビューから見えてくること
2	効果的なPOPとは	・POPの目的を考える ・効果的なPOPとはどのようなものか考える ・出版社・書店員の工夫を知る	・三人の本のプロの制作過程から重要なポイントを抽出 ・紹介したい本に活用
3	POP作成	・工夫点の共有	・他者へ効果的に伝えるにはどんな工夫が必要であるか考える
4	鑑賞・評価会	・他者の作品から学び、今後に活かす。 ・優秀作品の選出	・項目をしばって他者の作品の評価を行う

〈事後活動〉優秀作品を書店に持ち込み、書店員の方にさらに選抜していただき、実店舗でコーナー化する

IV 外部へのアンケート

今回、本のPOP制作にあたり、実際に本と関わる職につく方々へのアンケートをお願いした。意図としては、常に学びは実社会と結びつき、その中で活かしていくべきであるという考えからであり、また、生徒たちにも同じように、自分たちのPOPを社会において活用できることを認識した上で学習を進めてほしいという思いからである。以下にアンケート内容、アンケートへの回答を示す。

① アンケート内容

平成28年10月21日(金)

本のPOP制作アンケートのお願い

大阪教育大学附属天王寺中学校 国語科 藤田勝如

大阪教育大学附属天王寺中学校の藤田と申します。この度、中学校1年生において本のPOP制作の取り組みを11月16日から行う予定を組んでおります。この企画は旭屋書店天王寺MIO店様に多大なご協力をいただき、生徒が作成したPOPを旭屋書店様でコーナー化していただくという形で終末を迎える予定にしております。詳しくは別紙要項に記載させていただきました。その活動に入る際、生徒にはぜひ、実際の社会で本のPOPを制作されている方の思いや意図を感じさせたいと思い、アンケートを作成させていただきました。ご多忙な中誠に申し訳ありませんが、お答えいただければと思います。どうぞ、よろしくお願いいたします。

アンケート項目

- 1 本に関するIt'sトット ※)自分と本との関わりで印象的な出来事
- 2 POPの効果 ※)POPを作ることで、どんな効果があるか。
- 3 POP制作の際、注意していること
- 4 POPに必ず入れるもの ※)書名・作家名は入れるか、あらすじは入れるか
- 5 POP制作の際、キャッチフレーズはどんなことを書くのか
- 6 POP作りの手順 ※)別紙参照
- 7 POP作りに取り組む中学生へのメッセージ

2 アンケート結果

(1) 旭屋書店天王寺 MIO 店 磯部様

1 書店で働こうと思った理由は

元々本が好きで、大学では図書館司書の資格を取るために学んでいた。それと並行して書店でアルバイトもしていた。その中で、図書館は本を貸し出すことが業務なのに対し、書店は自分の好きな本を売ることができ、また、それが売れることが嬉しいと感じるようになり、就職先として書店を選んだ。

2 本にまつわるエピソードはありますか。

母も本好きで幼い頃より絵本をたくさん与えられていた。その中でも『はじめてのおつかい』（作 筒井頼子 絵 林明子 福音館書店）という絵本は大好きで、幼稚園から帰って家に入る前の玄関で読んでもらうことをせがむぐらい気に入っていた。また、『わすれられないおくりもの』（作・絵 スザン・バーレイ 訳 小川仁央 評論社）を幼い頃買ってもらって、その頃はあまり意味が分からなかったが、祖父が亡くなったときに読み返してみると「人が亡くなること」について書かれており、とても心に残った。書店員になってからのことだと、この仕事をしていると作家さんの本を作るための努力や熱意を感じる機会があり、『そらまめくん』シリーズ（作 なかや みわ 小学館）ではそらまめの周りにはどんな草花があるのかなど、細部にわたるまで調べていることなどを知り、大変驚いたということがある。

3 POPにはどんな効果があると思いますか。

沢山の本が並ぶ書店の中で、一冊の本と出会うのは簡単なことではない。POPはお客さんにその本が手にとってもらえるチャンスを作るという大きな効果がある。お客さんが知らない本と出会うとき、表紙と題名だけが手がかりになるが、それだけで自分が読みたい本と出会うことはなかなか難しい。そういう意味ではPOPは本とお客さんをつなぐ物でもある。

4 POP作成時に気をつけることはありますか。

簡潔に、短く、ずばっと心に入っていきキャッチフレーズにまとめること

5 POP作りの手順を教えてください。

- 1 まず読む。その際、気になったフレーズを採しておく
- 2 心をつかむ一言を考える

パターン1 本文から印象的なセリフ・文を抜き出す

ex 「恥の多い人生を生涯を送って来ました」(『人間失格』太宰治)

パターン2 読み手として書く

ex 「〇回泣きました」(『君の膵臓を食べたい』住野よる)

3 簡単なあらすじを書く

※多くの人が内容を知っている作品は書かない

ex 『竹取物語』

※新刊本などでも極力短くする

4 POPのデザインを考える

→デザインの違いでもお客さんが手に取る率は大きく変わる

ex 『その日までおナナ』(山田悠介)のPOPで涙の部分に光る素材を使ったものがあったが、手に取る率が非常に高かった

5 推敲・完成

※POPにはタイトル・作者名を入れる

6 書店員さんからのメッセージ

POPを作ると言うことは本をたった一言で言い表すということです。

これはつまり本の要約をしていることになります。この「要約」という力は社会に出ときに非常に大切な力となります。長い文章を簡潔にまとめ、わかりやすく相手に伝えるという技術をPOP作りを通して学んでみてください。応援しています。

(2) 新潮社 松本様

1 本に関するポイント ※)自分と本との関わりで印象的な出来事

出版社の社員という仕事柄、「本との関わりで印象的な出来事」だらけの毎日です。ですので、ひとつには絞れないのですが、「小説新潮」という文芸誌の編集部に所属していた頃、朝井リョウさんの小説『何者』の最初の原稿を読んで、「ものすごい傑作だ!」と興奮しました。その作品が単行本化され、戦後史上最年少の直木賞受賞作となり、映画化もされてベストセラーとなっているのは本当に嬉しいことです。

2 POPの効果 ※)POPを作ることで、どんな効果があるか。

装幀と帯ではアピールしきれなかった本の魅力を書店の店頭でアピールして、新たな読者に手に取っていただける可能性を広げるものだと思っています。

3 POP制作の際、注意していること

「どうしたら書店の店頭で目を引くか」を最も気にしています。文字数が多すぎないか、読みづらくないか、色合いが地味ではないか、写真や絵や図があったほうが良いか……など、本の特性にあったアピールの仕方を意識しています。

4 POPに必ず入れるもの ※)書名・作家名は入れるか、あらすじは入れるか

書名は必ず入れます。著者名も基本的には入れますが、スペースの関係で省く場合もあります。出版社名は「手書き」でPOPを作る場合は省略することが多いです。POPは、「本の近くに置かれるもの」という前提で書くので、「書名」さえわかれば、「近くにある本を探してもらえる」と考えています。ですので、「あらすじ」的なものも、必要であれば入れますが、必要がなければキャッチコピーのみ、とすることも多いです。

5 POP制作の際、キャッチフレーズはどんなことを書くのか

いちばん大切なのは「目を引くキャッチコピーがあるかどうか」だと思っています。パッと目に飛び込んできたときにドキッとしたり、共感できたりする言葉を探しています。

6 POP作りに取り組む中学生へのメッセージ

「この本、おもしろかった!」とか「誰かに読んでほしい!」という気持ちは、POPを通して見た人に伝わると思うので、ぜひぜひ楽しんでやってみてください。

ミニマネ士は掛け屋チーム ハセガワ

1) 本に関するエピソード

中学生のときは読書が超ニガテで、マンガばかり読んでました。
本が本を読むようになったときは、有吉左子さんの『草岡青洲の妻』です。これも最初が宿題でイヤイヤ読みはじめたのですが、あるシーンが、私的に、すごく少女マンガっぽいシーンで、イッポでして。文章を読んでいるだけなのに、登場人物の姿とか、その場面の景色とか、ふあーって頭の中に絵が浮かびました。
読書っておもしろいんだ！って気づいた瞬間でした。

2) POPのなか果

- ・ たくさん本が並ぶ中で、「この本はここにありますよー！」とお客さんに口ずかせることができる。
- ・ 外見く本のカバーや帯に載っているだけじゃなくても、本の中身がすばらしいと、お客さんに伝えることができる。

3) POP制作の際、注意していること

心がしるすの
（ 著者さん、デザイナーさん、編集者さん、EP制作の方... などなど
せっかくみんなで大仕事につくった本だから、お店で見たときみんなが
からかれないようなPOPをつくろう、と思っています。
この本のいいところをちゃんとPOPで表現することか。そのすばらしさ、
おもしろさを、読者の方にしっかり届けることにつながると思っています。

読者のための
（ ・ あまり大きく作りすぎない（他の本のじゃまにならないように）
↑ これはお店の人にどうやって本を置くか聞いているのだからいいですね。
・ 世のPOPと区別させるために、形を四角以外のものにしたり、
ちよ、とイカガを飛び出させたりすることもあります。
・ 文字が11は11入るPOPは、文字の部分など（その中のスペースとか）
太字にしたり、下にカラーペイントを施したりします。
↑ 99分位置のハートとすると、みんなが自然と、見ることをしてくれます！

4) POPに必ず入れるもの

タイトル、著者名、(私の場合*)出版社名、メインのタッチコピー
をい... この本のおもしろさを読者へ届けたい!!!
という思い

5) POP制作の際、タッチフレーズはどんなことを書くのか

本のおもしろさが伝わるならなんでもアリかなーと思いますが、
コミケのPOPシリーズから例をご紹介します。

- ① 読んで思った自分の素直な感想 「『古事記』ってこんなに面白かったのか!」
- ② 印象的だった一文を転写 「『グレイプフルーツは朝に食べる』のがいいぞ!」
- ③ この本を読んだらどうなるかを書く 「世界の見方が180度変わる!」
- ④ どのような内容の本が説明する 「映画監督、是枝裕和の集大成!」
- ⑤ おすすめしたい読者層に向けて 「現デザイナも、なりたい人も、是非読んで!」

どんなふうに書いたら、この本を知らない人が、「お! おもしろそう!」
と思ってくれるかを考えるといいのではないかなーと思います。私は、
「自分がもし本屋まで、この本をたくさんのお客さんに届けるとしたら
どういうふうに売るか」って想像したりします。

6) POP制作の手順 → 別紙をダウンロード

7) POP制作に取り組み中学生へのメッセージ

一番大切なことは、「この本のおもしろさ、すばらしさを
読者の方に伝えたい!」って心の底から想ってPOPを
作ることだと思います。何かを描いたり作ったり、
そういう技術面での得意・不得意は関係ないです。
伝えたいことがブレてなければ、見た目がかちょと変でも、
作り手の気持ちはせーたーたい本目手に伝わると思います。

V 教材の工夫

今回、旭屋書店天王寺MIO店にご協力いただき、書店員と出版社社員2名（新潮社・シマ社）に本のPOPに関するアンケート調査を行い、それらをibooksの形にまとめデジタル教科書として活用した。同じ本のPOPでも作成者によって制作方法や重要視する部分が異なり、それらの情報はただその通りに真似れば出来上がるものでない。その中で、自分はどのような工夫をし、人を惹きつけるPOPを作成するかを生徒に考えさせることができた面に関して一定の成果があったように感じている。

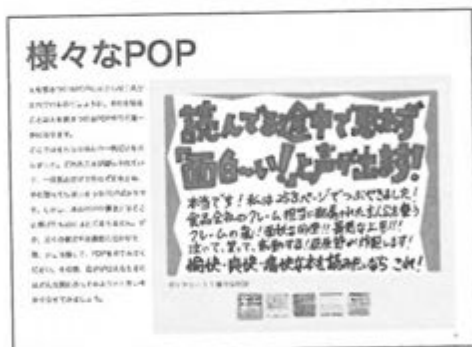
資料 ibooks



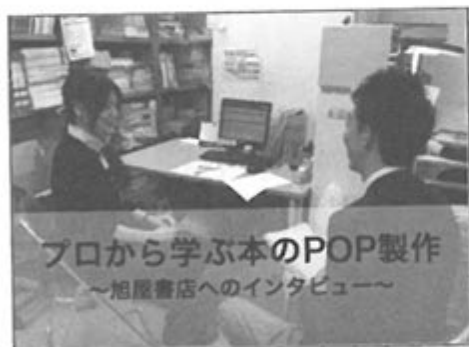
- 1 -



- 2 -



- 3 -



- 4 -

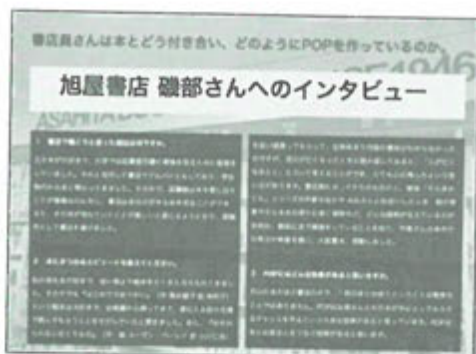


書店のPOP

書店は、読者のニーズに応じた商品を提供し、読者の興味を喚起し、購買意欲を高めることが目的です。POPは、読者の視線を惹きつけ、商品の魅力を伝える重要な役割を果たします。POPの種類には、棚札、カウンターPOP、立札などがあり、それぞれの特徴を理解し、効果的に活用することが大切です。

© 2016 旭屋書店

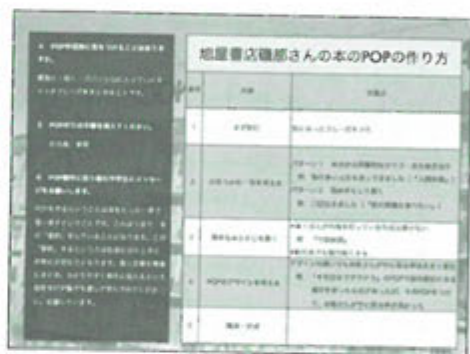
- 5 -



書店員さんは本とどう付き合ひ、どのようにPOPを作っているのか 旭屋書店 磯部さんへのインタビュー

Q: 書店員としてのPOP制作の経験はありますか？
A: はい、POP制作は、商品の魅力を伝える重要な役割を果たします。POPの種類には、棚札、カウンターPOP、立札などがあり、それぞれの特徴を理解し、効果的に活用することが大切です。

- 6 -



旭屋書店磯部さんの本のPOPの作り方

POPの種類	特徴
1. 棚札	商品の魅力を伝える重要な役割を果たします。
2. カウンターPOP	読者の視線を惹きつけ、商品の魅力を伝える重要な役割を果たします。
3. 立札	読者の視線を惹きつけ、商品の魅力を伝える重要な役割を果たします。
4. POP制作の注意点	POP制作の注意点として、商品の魅力を伝える重要な役割を果たします。
5. POP制作のメリット	POP制作のメリットとして、商品の魅力を伝える重要な役割を果たします。
6. 備考	

- 7 -

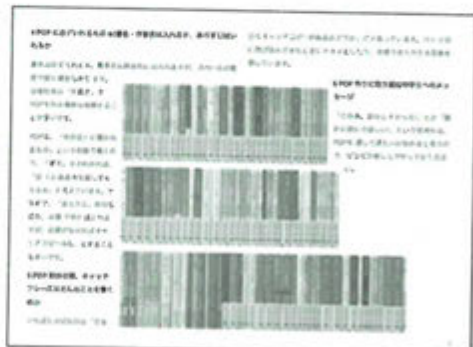


出版社さんは本とどう付き合ひ、どのようにPOPを作っているのか 新潮社松本さんへのインタビュー

Q: 出版社としてのPOP制作の経験はありますか？
A: はい、POP制作は、商品の魅力を伝える重要な役割を果たします。POPの種類には、棚札、カウンターPOP、立札などがあり、それぞれの特徴を理解し、効果的に活用することが大切です。



- 8 -



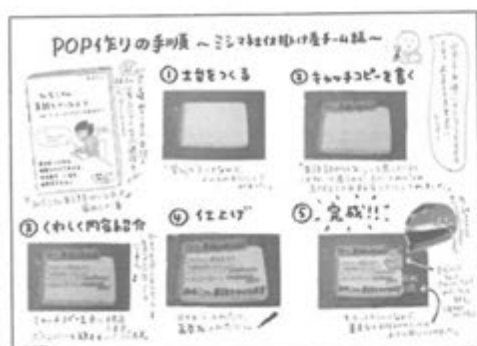
- 9 -



- 10 -



-11-



-12-

VI 生徒作品例



資料 生徒作品例



資料 旭屋書店天王寺MIO店でのコーナー化

VII POP制作図書一覧（国語科推薦・課題図書より）

附属天王寺中学校 国語科推薦・課題図書

書名	著者	出版社	課題図書	分類	レベル	分類ジャンル	テーマ
1 竹取物語	未詳	角川ソフィア文庫	1年課題図書	11	★	古典	物語
2 平家物語	未詳	角川ソフィア文庫		12	★★	古典	軍記物語
3 枕草子	清少納言	角川ソフィア文庫		12	★★	古典	随筆
4 徒然草	兼好法師	角川ソフィア文庫	2年課題図書	12	★★	古典	随筆
5 論語	孔子	角川ソフィア文庫	3年課題図書	13	★★★	古典	哲学・政治
6 おくのほそ道	松尾芭蕉	角川ソフィア文庫	3年課題図書	13	★★★	古典	紀行文
7 新編 銀河鉄道の夜	宮澤賢治	新潮文庫	1年課題図書	21	★	近代文学	精神世界
8 吾輩は猫である	夏目漱石	新潮文庫	1年課題図書	21	★	近代文学	ユーモア・風刺
9 檸檬	梶井基次郎	新潮文庫	2年課題図書	22	★★	近代文学	心理劇
10 山椒魚	井伏鱒二	新潮文庫	2年課題図書	22	★★	近代文学	象徴文学
11 羅生門・鼻	芥川龍之介	新潮文庫	3年課題図書	23	★★★	近代文学	物語
12 山椒大夫・高瀬舟	森鷗外	新潮文庫		23	★★★	近代文学	心理劇
13 人間失格	太宰治	新潮文庫	3年課題図書	23	★★★	近代文学	私小説
14 山月記・幸徳 徳九篇	中島敦	岩波文庫	3年課題図書	23	★★★	近代文学	象徴文学
15 雨2号の発明・船の頭	安部公房	新潮文庫		23	★★★	近代文学	象徴文学
16 一千一秒物語	稲垣足穂	新潮文庫		23	★★★	近代文学	象徴文学
17 阿Q正伝	魯迅	角川文庫		23	★★★	近代文学	社会小説
18 夜叉ヶ池・天守物語	泉鏡花	岩波文庫		23	★★★	近代文学	演劇
19 ポッコちゃん	星新一	新潮文庫	1年課題図書	31	★	現代文学	ユーモア・風刺・SF
20 獣の奏者	上橋菜穂子	講談社文庫		31	★	現代文学	ファンタジー
21 レキシントの幽霊	村上春樹	文春文庫	2年課題図書	32	★★	現代文学	青春・群像劇
22 アルケミスト	パウロ・コエーリョ	角川文庫		32	★★	現代文学	精神世界
23 この国のかたち	司馬遼太郎	文春文庫	2年課題図書	32	★★	現代文学	歴史
24 おとうと	幸田文	新潮文庫		32	★★	現代文学	人情物語
25 父の詫言状	向田邦子	文春文庫		33	★★★	現代文学	エッセー
26 神様	川上弘美	中公文庫		33	★★★	現代文学	物語
27 アルジャーノンに花束を	ダニエル・キイス	ハヤカワ文庫	3年課題図書	33	★★★	現代文学	科学サスペンス
28 十五少年漂流記	ジュール・ヴェルヌ	新潮文庫	1年課題図書	41	★	世界文学	冒険文学
29 シンダールタ	ヘルマン・ヘッセ	新潮文庫	1年課題図書	42	★★	世界文学	哲学物語
30 人間の土地	サン・テグジュペリ	新潮文庫	2年課題図書	42	★★	世界文学	エッセー
31 ジーゼル博士とハイド氏	ステイヴンソン	新潮文庫		43	★★★	世界文学	心理サスペンス
32 魂の王	ワイルド・ボールドウィン	新潮文庫	3年課題図書	43	★★★	世界文学	冒険文学
33 変身	フランツ・カフカ	新潮文庫		43	★★★	世界文学	象徴文学
34 レ・ミゼラブル	ヴィクトル・ユゴー	ちくま文庫		43	★★★	世界文学	社会小説
35 罪と罰	ドストエフスキー	新潮文庫		43	★★★	世界文学	社会小説
36 マクベス	ワイルド・シェイクスピア	新潮文庫		43	★★★	世界文学	演劇
37 詩のこころを読む	茨木のり子	岩波ジュニア新書	1年課題図書	51	★	新書	詩学
38 落語と私	桂米朝	文春文庫	1年課題図書	51	★	新書	人間ドキュメント
39 旅をする木	星野道夫	文春文庫	1年課題図書	51	★	新書	人間ドキュメント
40 多読術	松岡正剛	ちくまプリマ新書	1年課題図書	51	★	新書	図書館情報学
41 わかりあえないことから	平田オリザ	講談社現代新書	2年課題図書	52	★★	新書	コミュニケーション学
42 入門！論理学	野矢茂樹	中公新書	2年課題図書	52	★★	新書	論理学
43 辞書を読む	飯間浩明	光村社新書	3年課題図書	52	★★	新書	言語学
44 木に学べ	西岡常一	小学館文庫	2年課題図書	52	★★	新書	人間ドキュメント
45 大発見の思考法	山中伸弥 増川敏英	文春新書	2年課題図書	52	★★	新書	科学
46 こころの処方箋	河合隼雄	新潮文庫		52	★★	新書	心理学
47 聖たちはどう生きるか	吉野源三郎	岩波文庫	3年課題図書	53	★★★	新書	倫理・哲学
48 知的生産の技術	梅棊忠夫	岩波新書		53	★★★	新書	情報科学
49 思考の整理学	外山滋比古	ちくま文庫	3年課題図書	53	★★★	新書	論理学
50 顔の現象学	鷲田清一	講談社学術文庫		53	★★★	新書	現象学

Ⅷ おわりに

今回、実社会と関わり、本物に触れる中で学びをすすめ、それを社会に向けて発信する活動を行ってきた。本物に触れ、自分たちの学びが社会に向けて発信され何らかの影響を及ぼす活動にはそれ自体に魅力があり、学びへの意欲が高まるということも生徒のふりかえりから見ることができた。そして、そのような活動は同時に責任を伴い、しっかりとした成果を残すことが生徒にも求められる。学校という閉じた場から社会という開かれた場に学びを移すことで生徒には学ぶ必然性をもたせることができたのではないかと考える。

一方、課題も見つかった。評価については今後検討を重ねていかなければならない問題である。今回のようにプロジェクト型での授業では一般的に成果物で評価を行うことが多いが、それらの評価の妥当性の検討はさらに必要であると感じた。また、グループでの活動の中で、学びをどのように個人に返し、個の学びを計るのかという点に関して非常に課題を残した点だと言える。

以上、今回の単元についてまとめてきたが、社会に結びつく授業自体は今後今以上に求められていくと考えている。その中で、重要になってくるのは、win-winの関係であろう。学校側として、生きた情報、生きた技術、生きた場を提供していただくと同時に、学校での取り組みや生徒の学びが実社会に活かされ、その中に価値を見つけ出していくことに可能性があるように考える。今後も、それらの点を意識し、授業の工夫・改善をおこなっていきたいと考える。

Delivering Social Messages from the Japanese Classroom to the Real World:

Collaborations with Asahiya Shoten Book POP Contest

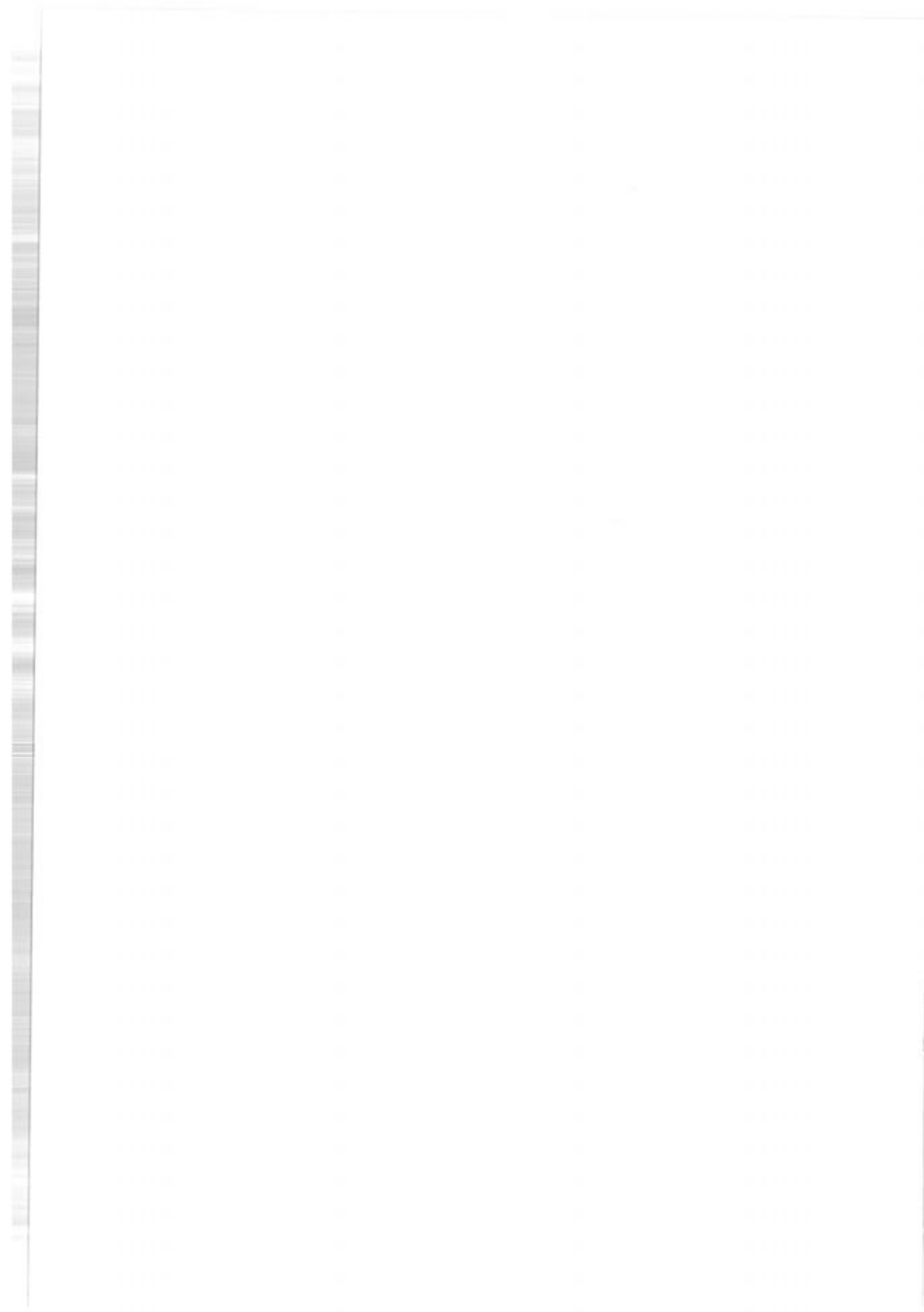
FUJITA Masayuki

Abstract:

This paper looks at how ideas in the real world promotes active learning and the acquisition of new skills. Through the research based on this idea from a bookstore and a publisher, this paper produces a Japanese lesson plan

Key Words:

Reading education, PBL, Industry-academia collaboration, Active learning



「2次元学習」という学びのかたち


かわ 　 た 　 りょう 　 こ
河 　 田 　 良 　 子

抄録：同じものを読み、異なる考え方を交流するのが、国語の授業の魅力である。であるならば、異なるものを読み、異なる考え方を交流する中で、それぞれの学びが広がったり深まったりする授業があってもよいのではないか。本実践は本来、線状的に展開する授業の時間を、「2次元」に拡張し、より実践的な学びにつなげようという試みである。

キーワード：国語科教育、評論文、書くこと

1. はじめに

本実践は、大阪大学大学院理学研究科教授の橋本幸士が、2016年4月27日にツイッター上で発表した「時間が2次元である小説」に着想を得たものである。この「小説」は、左上を冒頭、右下を結末として書かれており、分岐点ごとに異なる「時間軸」を通るというもので、線状的に書かれたことばをひとつの時間軸に沿ってよむ、という多くの小説とは、異なる特性をもつ。これが果たして小説なのか、また橋本のいうように「時間が2次元である」ことを表すことになるのかについては、正直なところわからない。しかし、この「小説」をみたときに、従来私たちが実践している、一遍の小説のように線状的に展開される授業は、この「時間が2次元である小説」のように、拡張しうるのではないかと考えた。

 橋本幸士 Koji Hashimoto
@khashimotoフォロー中

時間が2次元である小説を書いてみた。
空間が2次元（例えば地球の表面上）なら、目的地へ行くのに右の道や左の道の色々な経路を通れる。時間軸が2つある、というのは、この小説のようなものだろう。（超ひも理論知覚化プロジェクト）

死体は、机にうつ伏せに寝た状態で発見されたはずだったが、
もたれて見えたのが、置いたのが、
いの男が、留置されたが実際には、動いていた。
に走った、留めていた、実は、私がまだ、
私に刺したのは、まだギリギリに生きてたから、
に残った、其は私、シャ、神を尋く、ではない、
物は、一つ、小さな虫の箱だけに思えてきた。像、強い、
のすべて、薄暗い、見、狂、狂、狂、起、
が、罪の意識を大きく感じさせる動力でもある。

〈 橋本幸二の「つぶやき」 〉

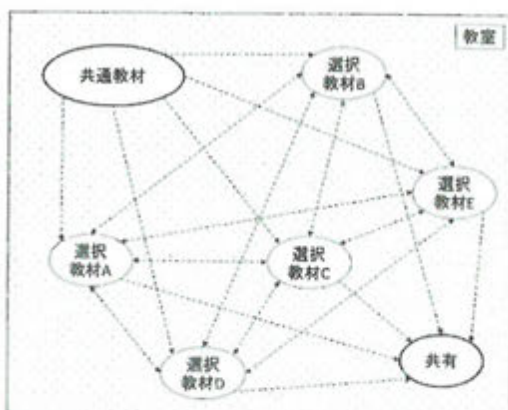
¹橋本は、動画投稿サイト「Youtube」に、「時間3次元+4次元小説」という動画も投稿している。

²岡山県立朝日高等学校教諭の大家崇史は、授業という場をひとつの「テキスト」だととらえた実践を行っている。

2. 実践について

2-1 概要

あるテーマ（今回の実践では「科学と人間」）に基づいて、一編以上の文章を教室全体で読んだあと、テーマに即し、かつ互いに関連のあるいくつかの文章のうち、自分の興味・関心にしたがって選択したものを読ませる。その後、生徒それぞれが「科学と人間のかかわり」について何をどのように読み、どのような考えをもったのかを小論文にまとめる。最後に、小論文の交流を通じて、同じ教室で実現した学びを共有する（図表1）。



（ 図表1 2次元学習のイメージ ）

2-2 生徒の実態

対象は、本校の2年生である。生徒の多くが非常に意欲的で、中学校卒業の段階で基本的な学習習慣を身につけており、現代文の授業を行ううえで困難を感じることはない。授業者とのかかわりは1年生のころから継続しており、考査ごとに、あるテーマについて「講義型授業」「ゼミ型授業」「話し合い・議論」「全体での共有」等からいくつかを組み合わせた学習を行い、考査では従来のテストと小論文を課すという、単元学習的な学びを行ってきた。既習内容は以下（図表2）のとおりである。

考査	使用（中心）教材	指導内容	手法・概念など
1年1中	小説「羅生門」	小説の読み方・主題の追究	原典との比較 「小説」とは何か
1末	評論「ことばとは何か」	構造を意識した読み	「言語」
2中	小説「名人伝」「山椒魚」	解釈の多様性・問いの設定と追究	
2末	評論「コンクリートの時代」	構造を意識した読み・関連する評論との共通点探し	「グローバルゼーション」
3末	小説「待ちぶせ」「カプリンスキー氏」	小説を読むための知識の必要性 戦争文学の意味	「戦争と文学」
2年1中	小説「山月記」	問いの設定と追究	

（ 図表2 これまでの学習 ）

2-3 教材について

本単元では、共通教材を含んで7点の評論文を扱う。以下にそれぞれの評論文の要旨を示す。

共通1 長谷川眞理子「ラップトップ抱えた『石器人』」

東海村臨界事故とコロンビア号空中分解事故の原因は、我々のリスク認識にある。高度に発展した社会知としての科学技術と、それを扱う人間一人ひとりの脳の発達には大きな乖離があり、科学技術社会の一員として、その事実を謙虚に受け止めなければならない。

共通2 福岡伸一「『センス・オブ・ワンダー』を追いかけて」

少年時代の「センス・オブ・ワンダー」は、今思えば自身の思考を超えたところに世界が存在していることへの畏敬であり、その世界に生きる自己実在性の証明につながる感覚であった。この美しい、動的平衡を保つ地球において、人間も生物としての「分際」を守って生きるべきだ。

共通3 若林幹夫「魔術化する科学技術」

科学は限定的な知であり、その発展に伴って理解・操作不可能な領域を拡大させている。にもかかわらず、恩恵を享受する我々が科学の万能性を妄信していることは、魔術や宗教による世界認識と同じで、科学の義務である「わからなさの受け入れ」を放棄している状態に過ぎない。

選択A 池内了「思考バイアス」

確かそうな仮説のみを思い浮かべる「確証バイアス」、目立つ事柄を因果で結ぶ「関連性の錯誤」、反証事例を検証しない「肯定性のバイアス」等、とかく私たちの思考は偏りやすい。「関連性の錯誤」に陥らないために、「空想から科学へ」の手続きを経た推論を行うべきだ。

選択B 山崎正和「サイボーグとクローン人間」

恣意的に特定の価値観を実現するサイボーグ技術が進めば、万能化する身体の影響を受けて人間の心はより傲慢になるとともに、「回復」への望みが、簡単に「改善」への願望に転化する。好奇心が良識を覆してしまう人間への、悲しさと尽きない魅力を感じる。

選択C 野矢茂樹「なぜ物は落ちるのか」

科学は「未来の予測」と「技術への応用」を実現した。しかし、かつての哲学者たちがしてきたように、自然の不思議さに驚き、納得しようとして「なぜ」に答え続ける原始的な営みこそが「科学」なのではないか。それは、世界を理解するために新たな神話を生み出すことと等しい。

選択D 村上陽一郎「生命倫理試論」

科学技術の急速な発展によって生まれた、生命倫理上の公共的課題に対して、科学や宗教が絶対的な答えを導き出すことはできなくなった今、一人ひとりが自らの立場に拠って考え、信念を持って考えを表明しあい、議論によって社会的な合意を形成することが求められている。

また、各教材の関連は以下のとおりである。上段に示した教材に対し、左列に示した教材のどの内容が関連するかを示した。

	共1 石器人	共2 S.O.W	共3 魔術化	選A バイアス	選B サイボーグ	選C 落ちる	選D 生命倫理
共1 石器人		人間の限界／謙虚さ	知覚できないリスク	ギャンブラーの誤謬・経験則が通用しない現代	知覚・制御できないこと／人間の脳は優れてない	人間の基本的な脳の働き	知覚・制御できないこと／人間の脳は優れてない
共2 S.O.W	生命のバランス（動的平衡）／分際を守る		思考を超えたところに存在する世界	エゴ・効率思考＞多様性の理念	生命のバランス／生命からのリベンジ	自然への畏敬／憧れ、追求すること	生命のバランス／生命からのリベンジ
共3 魔術化	科学は不透明で理解不可能な領域を生む／便利だが理解できない	「わからないさ」を受け入れる／科学は世界を操作可能にする		「究極の真理」という科学への認識	科学は世界を操作可能にする／便利だが理解できない	便利で理解不可能な領域／「わからないさ」／「科学」の魔術化（否定的）	科学は不透明で理解不可能な領域を生む
選A バイアス	関連性の錯誤	人間の思考は偏る	肯定性のバイアス		肯定性のバイアス	科学＝手続きをふんだ推論	人間の思考は偏る
選B サイボーグ	心は身体の影響を受ける／文明の行方	価値観の恣意的実現／能動的な能力の獲得	ロボット技術の飛躍的な進歩	心身二元論という古い常識／身体に影響される心		科学と哲学／人間らしさ	価値観・倫理観と科学技術
選C 落ちる	「なぜ？」を解明しない「科学」	純粋な「なぜ」の追究、自然の不思議へのアプローチ	どこまでを「科学」だと考えるべきか／「科学」は神話（肯定的）	「なぜ？」を解明しない「科学」に納得する私たち	世界を了解しようとする「科学の営み」		世界を了解し、納得できるように答えを求める営み
選D 生命倫理	大きな転換／現実感覚としての倫理観／専門化と一般人の乖離	生命にやっつけよう／悪いこと	高度に専門化した医療技術	正しい知識に基づく議論の必要性	生命にやっつけよう／悪いこと／社会的合理性の必要	ギリシア時代／一人ひとりが考えること	

2-4 単元案

○ 目標

- ・ 段落や文の相互関係に留意して、文章の全体構造をとらえる。
- ・ 構造から、文章全体のテーマ（「問い」）と要旨（「答え」）を的確にとらえる。
- ・ それぞれの文章が「科学と人間とのかかわり」について何をどのように述べているか読みとる。
- ・ 自分が学習した文章を読み比べ、各文章の関連性や、共通点・相違点を積極的に見つけようとする。
- ・ それぞれの文章が述べている内容を関連させて読みながら、「科学と人間とのかかわり」について自分なりの価値観をもつ。
- ・ 着眼点や考察の道筋を明らかにして、自分の考えをまとまりのある文章に書き表す。
- ・ 他の学習者の文章を読み、書き手と質疑応答するなかで知った、その人の考えや学習経験、価値観などと、自分の考えや学習経験、価値観などの共通点・相違点をすすんで話し合う。
- ・ 「科学と人間とのかかわり」について、生涯にわたって考えようとする態度を育てる。

○ 単元案（全11時間）

次	時	内容	主な学習活動
1	1、2	○本単元の目標を知る ○「ラップトップ抱えた『石 器人』」を読む	○単元目標「科学と人間とのかかわり」を知る ○全体の「問い」と「答え」を考える ○二つの事故について知る ○事実と意見、対比などを読みとる ○題名に込められた寓意を読みとる ○構造図を書き、全体の「問い」と「答え」を再度考える
	3~5	○『「センス・オブ・ワン ダー」を追いかけて』を 読む（教育実習生による 授業）	○筆者の原体験を読みとる ○筆者の世界観を読みとる ○筆者の主張を読みとる
	6	○「魔術化する科学技術」 を読む	○全体の「問い」と「答え」を考える（宿題） ○段落や文の関係から、文章全体の構造を考える ○文章の構造から、全体の「問い」と「答え」を読みとる ○既習の評論との関連について考える
	7、8	○（選択した文章1~2点 を読む）	○第6時の学習をもとに、班ごとに文章の構造を考え、「問い」と「答え」を読みとる ○既習の評論との関連について考える

2	9	○「科学と人間とのかかわり」について自分の考えをまとめる	○これまで読んだ文章をもとに、「人間は科学とどのように向き合うべきか（仮）」という題で小論文を書く
3	10	○互いが学習した内容や、その学習をとおして考えたことを共有する	○いくつかの作品を紹介し、互いが読んだ文章の内容や、そこから考えたことについて知る。

3 生徒作品

以下は、第9時に書かれた生徒作品である。なお、これは1学期期末考査の「小論文考査」として実施し、生徒には以下のような「問」と「補足」を示した。

問：人間は科学とどのように向き合うべきか。900字から1200時字で考えを述べよ。

補足：期末考査までに扱った7点の評論の中から、上記の題について考えるうえで参考にしたものを複数選び、自分がどの文章とどの文章にどのような関連を見出し、そこからどのような考えを導き出したのかが分かるように書くこと。

（生徒Aの作品）

参考にした評論：「ラップトップ抱えた『石器人』」、「サイボーグとクローン人間」

私がこの題について考える上で参考にした評論は二つある。「ラップトップ抱えた『石器人』」と「サイボーグとクローン人間」である。前者は、経験をもとに因果関係を類推することで危険を察知できた今までの社会と変わり、それだけではリスクを知るのが難しくなった現代社会において私たち人間が認識すべきことを述べている。それが、技術や社会がどんなに高度に発展しても、人間自体の能力は今も昔も変わっていないということである。そして、後者は、ロボットとクローン人間に対する人間の捉え方の違いから分かる、今の文明を変えてしまうものについて述べている。それが、ある時代に最も常識的で安全な社会の通念である。以上の二つの評論とも、科学技術が発達した現代社会で、人間が意識しなくてはいけないことが述べられている。また、どちらも気づいているようで気づいていない、つまり見落とされがちなことである。そのことが危険や大きな変化を起こしてしまうとある。

これらのことから私は二つのことを考えた。一つは、今の世界が絶対であると思わないことである。具体的にいうと、私たちは別の方法や視点があるかもしれないことを疑わなくてはならない。人間がクローン人間に対して厳しい価値観をもっている一方で、「近代の脳中心の人間観」からロボットやサイボーグには危険を感じていないのと同じように、私たちが当たり前と思っていることが実は正反対のことであるかもしれない。日常にあふれる科学が存在することさえ絶対ということはない。しかし、疑っても簡単には見えてこない。私も探したが、すぐに思い浮かぶ例はない。だからこそ、常に日ごろから科学が広がるこの世界を相対的に見る必要がある。

二つ目に、科学ではなく人間だけでできることを考えるべきだと思う。参考にした評論にあるように、私たちは科学に追いついていないということ。「謙虚に認識する」ことが必要である。しかし、人間の行動の有限性を知るだけでは何も変わらないと思う。私たち人間が持っている能力を私たち自身が知ることで、足りない部分が見えてくる。そこを、

科学によって補うことを心がけたらよいのではないだろうか。科学が発展した今だからこそ、再び人間に目を向けることは、人間生活と科学のバランスを安定させると思う。

このように、科学と向き合うには、物事を多角的に見て、また人間自体を知ることが一番良い方法だと私は思う。

〈生徒Bの作品〉

参考にした評論：「ラップトップ抱えた『石器人』」「『センス・オブ・ワンダー』を追いかけて」、「なぜ物は落ちるのか」

私は、「人間は科学とどのように向き合うべきか」について考えるにあたり、まず、「科学における問題点」を三つ考えた。

一つ目の問題点として、「ラップトップ抱えた『石器人』」の作者である長谷川眞理子氏は、東海村臨界事故とコロンビア分解事故を例に挙げ、リスクの認識が薄れてしまうと主張している。科学により生じ得るリスクは感覚的に分からず、判断も難しくなっている。また、今日の科学技術は日進月歩であり、それを人間は脳の進化と錯覚しがちである。

『『センス・オブ・ワンダー』を追いかけて』の作者の福岡伸一氏は、科学において、生命への遺伝子組み換え技術を批判している。その理由は、操作的介入により多様性が失われると、動的平衡に決定的な綻びをもたらすと考えているからだ。これが二つ目の問題点である。

「なぜ物は落ちるのか」を書いた野矢茂樹氏は三つ目の問題として、近代科学は「定義の説明であり、理由になっていない」と述べている。また、野矢茂樹氏は、『他者の声実在の声』という本の中で、「アリストテレスの落下理論を擁護したところ、ある学生に馬鹿にされてしまった」と言っている。このことから、現代の人々は科学に対し、素朴な幻想を持ってしまっていて、「なぜ」を問うといけないという風潮が広がってしまっているということが分かる。

以上の三つが科学における問題点で、これらを克服していくことが、人間の科学への向き合い方だと考えた。

一つ目の問題点に対して私達は、物質、技術文明は発達したが、人間の脳はあまり進化していないと謙虚に自覚し、人的エラーは起こりうると認識しなければならない。

二つ目の問題に対しては、人間を多様な生命の一部として自認し、自分を内包する美しい世界を壊さないように分際を守ろうとする敬虔な態度をとる必要がある。

三つ目の問題には、世界や自然の不思議に納得できる説明を与えることが科学であると再認識しなければならない。

三点の評論の作者が訴える、科学における問題点に対する克服の仕方の共通点は、「自己を再認識し、科学とは何かをよく理解しなければならない」ということである。つまり、「自己を再認識し、科学とは何かをよく理解すること」が、人間の科学への向き合い方であると私は考える。

〈生徒Cの作品〉

参考にした評論：「ラップトップ抱えた『石器人』」、「思考バイアス」

私はこの間を考える上で「ラップトップ抱えた『石器人』」と「思考バイアス」の二つ

の評論文を参考にした。参考にする際に見出した共通点は、「ギャンブラーの誤謬」と「関連性の錯誤」から分かる人間の傾向のようなものだ。

まず、「ラップトップ抱えた『石器人』」の文中にある「ギャンブラーの誤謬」だ。これは過去とはつながりのないことがらについて過去の経験をもとに判断してしまうことである。文中には、それによって起こった事故なども例として挙げられている。

次に「思考バイアス」の文中に出てくる、「関連性の錯誤」である。これは、人間が推論をする際に、ある目立った事柄が二つ続けて起こると、ただ目立つという理由で、この二つに関連があると考えてしまう傾向のことを言う。本文中では「昔からの諺」や「迷信」がこの例として挙げられている。

この二つから、人間は関係のない事柄を結びつけて考えてしまう傾向が読みとれる。また、この人間の癖のようなものが「ラップトップ抱えた『石器人』」にもあるように、事故を起こしてしまっている。

では、私たちはこれにどのように対応していけばいいのだろうか。「思考バイアス」には「関連性の錯誤におちいらぬための推論の方法」として「空想から科学への手続きを経た推論を行うべき」だと述べられている。これは、私たちが空想で勝手につけた事柄が続けて起こる頻度を比較し、どれくらいの確率で関連があるかを確認すべきだということだ。私たちの思考で省いた他の説が、本来の答えであるかもしれないからだ。

ここまで、二つの評論文の共通点から考えていく中で、私は、私たち現代の人類は科学に対して勝手に思い込んでいる部分があるのではないかと思う。「ラップトップ抱えた『石器人』」にある事故も、安全だという思い込みから来ているものである。これを先ほど挙げた対策を用いると、安全である確率と危険性のある確率を出して比較していたならば起こらない事故であった。

だから、私たち現代の人間は科学に対して起こる事柄を当たり前のものだと思うず、全ての場合を考えていくべきなのではないだろうか。

〈生徒Dの作品〉

参考にした評論：「ラップトップ抱えた『石器人』」、「魔術化する科学技術」

「人間は科学とどう向き合っていくべきか」という問いに対して、私は科学に「冗長性」と「多様性」を与え、「ロバストネス」を持つものとして捉えるべきだと考える。

「ラップトップ抱えた『石器人』」と「魔術化する科学技術」の二作品に共通して書かれていることがある。それは、「科学技術の発展速度に我々の脳や感覚がついていけないという現状にある」という事だ。また、「魔術化する科学技術」では、科学とは「不透明だけれども役に立つ、まるで魔術のよう」と述べており、「ラップトップ抱えた『石器人』」では「不透明さ＝本質が理解できないもの」という点について本文中で「技術文明の恩恵を十二分に受けて暮らしている私達のうち、コンピューターや飛行機を自分で作れる人間が何人いるだろうか？」と問題提起している。そしてこの二作品の科学における共通見解として、自分達は科学について全知している訳ではないと「謙虚に認識する必要がある」、科学が受け入れなくてはいけない「分からなさ」に人間自身が耐える必要がある、と述べている。

科学はなぜ理解不能な産物になってしまったのか。北野宏明氏と竹内薫氏の共著である

『したたかな生命』において、『効率化』追求の道がいつか『想定外の擾乱』のさなかで驚くほどの『フラジャイル』（脆弱さ）に変わってしまう」とした上で、「生物に見られる無駄、雑然さとしか映らない『冗長性』と『多様性』こそが、いわば『研ぎ澄まされた効率化』の対極として、この四〇億年にわたる外部のすさまじい環境擾乱から生物を守る素晴らしい知恵であった」と述べている。この文章を岡本義雄氏（引用者注：本校教諭）は『冗長性』と『多様性』が支える『ロバストネス』とまとめている。人間は前述した二作品中にもあるように効率化を求めて科学を進展させてきた。効率化、つまりスピードと使いやすさが重視されるようになったが故に、生物に見られるような「冗長性」や「多様性」が失われ、ついに人間の理解を超越するものになってしまったのである。

科学から「冗長性」と「多様性」を奪ったのは我々人間である。これらを奪った事で科学の一人歩きが始まってしまった。これを喰い止める事ができれば人間は科学を魔術などではなく一種の技術として捉える事ができる。

ではどのように止めるか。それは人間が科学に「冗長性」と「多様性」を与える以外にない。言い換えると、科学に「研ぎ澄まされた効率化」を求めないようにするという事である。人間が科学を一つ一つ丹念に理解していけば、理解不能に陥る事はないと私は思う。

今人間は科学に対して「冗長性」と「多様性」が支える「ロバストネス」を持つものと認識をし、その理解不能さを取り払うべく、人間が科学に歩み寄る努力をする必要があると考える。

4 成果と課題

（成果）

- 各生徒が、より興味関心に従った文章をもとに、自分の考えを構築できた。
 - 「科学」というひとつのテーマだが、教室には多様な学びが生まれた。多くの生徒が、前に示した「各教材の関連」をおおむね読み取り、自分の考えをつくるのに生かすことができた。
- 「ひとつの文章に、他の文章や考え方と組み合わせることで、新しい考え方をつくる」ことができた生徒が、少数ではあるが、いた。
 - Dの生徒は、本校地学の授業において話された内容を覚えており、評論文の内容と意図的に組み合わせ、自身の考えを構築した。1200字という字数の中で、2編の評論文に加え、さらに参考書籍の内容にまで触れるのはいささかバランスが悪いが、「このように思考を広げるのだ」という例として示せたのはよかった。

（課題）

- 「引用」のルールや、「他人の意見と自分の意見」の書き分けについての指導が、不十分だった。
 - 特にBの作品に、その傾向が顕著である。
- 多くの生徒が、内容や構造について授業者が指導した評論文を参考にしていた。
 - 選択した評論文の内容や構造をつかみきれなかった生徒が、共通教材として指導した『ラップトップ抱えた』石器人と、他の一編の評論文を、自分の作品の参考にしていた。これは、「授業で教わっていない」評論文について、生徒が「き

ちんと読めた」という感覚を抱くことができなかつたためであると考え。たとえば共通教材では「内容」「構造」両面の指導を行い、選択教材は、比較的平易な内容と構造のものを選んで、ものの見方や考え方を広げる意欲がもてるような工夫をしたい。

○ 自身の考えではなく、筆者の意見を「納得できる考え」として繰り返したものが多かった。

→ A～Cのように、多くの小論文は、参考にした評論文の共通点を指摘し、それを「筆者のいうように、私も～と考える」という形でまとめたものだった。これについては、「考察とはどのようなことか」という感覚を生徒に身につけさせるため、自分の意見が書かれているDの作品を、優秀作品として提示するほか、今後、小論文を書かせる際に、継続的に指導したい。

6 おわりに

本来、学びとは個人的なものであるはずだ。そして、教室は、個々の学びの「多様性」に支えられている。一つの文章について同じ見方を共有する学びもあれば、今回のように、テーマや共通教材で、一定の共通性を確保しつつ、個々の関心に従った学びをする機会もあってよい、と改めて思う。

一方で、今回の実践では、それぞれの生徒の実態を把握しきれず、無理な負荷をかけてしまった部分がある。次回の実践では、扱う教材をもう少し精選して、生徒が、個々の学びそのものや、学んだ結果得たものを交流することを、楽しいと思えるようにしたい。

Form of learning "two-dimensional learning"

KAWATA Ryoko

Abstract : Reading the same things and exchanging different ways of thinking is an attraction of Japanese lessons. If you are reading different things and interacting different ways of thinking, may not it be possible that there will be classes where each learning spreads or deepens. This practice originally is an attempt to expand the time of classes that develop linearly to "two-dimensional", leading to more practical learning.

Key Words : Japanese language teaching, reading comprehension, writing



ギルバートは三度マッチで火をつける

—「ギルバート・グレイブ」試論—

ささ がわ ひろ し
笹 川 裕 史

抄録：アメリカ映画「ギルバート・グレイブ」（1993年 ラッセ・ハルストレム監督）は、数多ある映画の中でも、「反復（くり返し）」が決定的な意味をもつ作品である。ある特定の場面や登場人物のありふれた仕草や言葉、あるいは突飛な行動が三度くり返されるたびに、物語は思いもよぬ新しい展開をみせる。本稿は、映画のストーリーをささえ、前へと突き動かす「反復」に着目した「ギルバート・グレイブ」試論である。

キーワード：映画批評、「ギルバート・グレイブ」、ジョニー・デップ、スヴェン・ニクヴィスト、反復、ラッセ・ハルストレム、レオナルド・ディカプリオ

1. はじめに

ストーリーを語れば、映画を語ることになるというイノセントな思い込みから、我われはなかなか自由になれない。たとえば「ギルバート・グレイブ」（1993年 ラッセ・ハルストレム監督）を取り上げてみよう。映画のあらすじは、つぎのように記される^{註1}。

人口千人ほどの田舎町、アイオワ州エンドーラ。24歳のギルバート・グレイブは、大型スーパーの進出ではやらなくなった食料品店に勤めている。日々の生活は退屈なものだったが、彼には町を離れられない理由があった。知的障害を持つ弟アーニーは彼が身の回りの世話を焼き、常に監視していないとすぐに町の給水塔に登るなどの大騒ぎを起こすやんちゃ坊主。母のボニーは夫が17年前に突然、首吊り自殺を遂げて以来、外出もせず一日中食べ続けたあげく、鯨のように太ってしまった。ギルバートはそんな彼らの面倒を、姉のエイミー、妹のエレンとともに見なければならなかった。彼は店のお客で、中年の夫人ベティ・カーヴァーと不倫を重ねていたが、夫は気づいている。ある日、ギルバートは沿道にキャンプを張っている美少女ベッキーと知り合い、二人の仲は急速に深まる。だが、家族を捨てて彼女と町を出ていくことはできなかった。そんな時、ベティの夫が死亡し、彼女は子供たちと町を出た。一方、アーニーの18歳の誕生日パーティーの前日、ギルバートは弟を風呂へ入れさせようとした時、いらだちが爆発して暴力を振るってしまう。いたたまれなくなって家を飛びだした彼の足は、自然にベッキーの元へと向かった。その夜、彼は美しい水辺でベッキーに優しく抱きしめられて眠った。翌日、車の故障が直ったベッキーは出発した。華やかなパーティーも終わり、愛するアーニーが18歳を迎えた安堵からか、ボニーは二階のベッドで眠るように息を引

き取る。母の巨体と葬儀のことを思ったギルバートは「笑い者にはさせない」と決心し、家に火を放つ。一年後、ギルバートはアーニーと、町を訪れたベッキーのトレーラーに乗り込む。姉や妹も自分の人生を歩きだした。アーニーが「僕らはどこへ？」と尋ねると、彼は「どこへでも、どこへでも」と答えた¹²。

要を得た簡潔なあらすじではあるが、映画とは、スクリーン上に「もの／こと」が「どのように」描かれているかを見ることから始まる。「ギルバート・グレイブ」のストーリーをささえ、展開をうながす、もの／ことの「反復（くり返し）」は、ストーリー以上にスリリングである。本稿では「ギルバート・グレイブ」における「反復」を考察する。

2. 作品分析

本稿では、テキスト全体を9のシークエンスに分けた（もちろん、この区分はあくまでも便宜的なものである）。そして（紙幅の制約もあるので）、採録と併行しながら作品分析をすすめるスタイルをとった。表記に関しては、作品分析の前提となる採録部分の字体は丸ゴシック体、分析部分の字体は明朝体とした¹³。

A：1日目

①オープニング／国道・早朝

i：鳥のさえずり。牛の鳴き声。田園の中を手前から奥へと上下にうねる一本の長い道のロングショット。カメラが少しずつ後退し、道路の右側に葉の生い茂った大樹が映し出される。その下にいるギルバートとアーニー。アーニーはでたらめに数を数えている。「ギルバート、いつ来るのかな、僕もう家へ帰らなきゃ」。「帰りたい?」。「ちがう、早く見たいんだよ。あと何マイルかな」。「300万マイルだ」。「3?」。「うん」。「よし」。

映画のファーストシーンは、最初の時点ではほとんど意味をもたない。もちろん風景ならば物語の舞台が、人間ならば重要な登場人物が紹介されることが多いだろう。しかし、そこから作品における何らかの物語的構造（役割や機能）を、我われがあらかじめ知ることではできない。オープニングに限らず、先行するシーンは、映画の進行にしたがって（後続のシーンによって）重層的に意味づけられていくからである。

オープニングでは、主人公のギルバートと弟のアーニーの姿はつぶさには描かれていない。アーニーのでたらめな数の数え方と「300万マイル」というギルバートの冗談を真に受けるところから、「普通」ではないアーニーの存在が浮かびあがってくるだけである。

筆者は、どちらかといえばオープニング（ファーストシーン）とエンディング（ラストシーン）が呼応している映画に魅力を感じる。エンディングがオープニングと無関係である映画がむしろ大半であろうが、エンディングによってオープニングが“召還”される映画には深い余韻がある。

ii：地平線から現われたトレーラーの屋根が光り輝く。大空を背景に野球帽を被ったアーニーの仰角ショット。指を指し「ギルバート、来たよ。見て!」と叫び手を叩くアーニー。一方、ギルバートは草むらの上に座っている。肩まで伸びた金髪。つまらなそうな顔をしている。通り過ぎていくトレーラーの列を追いかけ「ホーンを鳴らして!」と呼びかけ

るアーニー。ギルバートのナレーション(以下、すべてのナレーションはギルバートの声)…「弟のアーニーは、じきに18歳の誕生日をする。毎年ここへ、トレーラーを見に来る。彼らは通り過ぎるだけ」。ギルバートはアーニーを背中に負い「大きくなったな」。「兄ちゃんが小さくなってんだよ。どんどん小さく縮んでいる。兄ちゃんはどんどん縮んでいる」と繰り返すアーニー。左へと走り去るトレーラー群を追う二人の後ろ姿が小さくなっていく。と、最後尾のトレーラーが右端から現われ、停車する。車からは中年の女性と娘が降りてきてボンネットを開け、エンジンの様子をうかがう。

銀色に輝くキャンピングトレーラーはエアストリームと呼ばれる。購入者の多くは富裕層である。彼らの多くは、持ち家を保持しつつ、自由気ままに各地を旅する。そして行き先で出会った仲間たちと連絡を取り合い、ともに移動することもある。

ナレーターはギルバートである。映画が、彼の視点から語られることが示される。

②エンドーラの町の風景・早朝

i: 人の気配のない町並みが5カット。ナレーション…「エンドーラ。この町の名前だ。音楽のないダンスのような町。いつも眠っていて…永遠に同じ。僕の働いている食料品店。だが皆は国道沿いのスーパー“フードランド”へ…出掛けてゆく」。

通りに面して並ぶ5軒の店、カフェ、ドラッグストア、アイスクリーム屋、そしてラムソنز食料品店。5つのカットが静止画のように続く。最初と最後のカットの右端には、町で一番高い給水塔が入っている。ナレーションの最後には、さびれた町並みとは対照的な、車の行きかう国道沿いのフードランドの遠景が映し出される。

③グレイブ家の外観・朝

i: グレイブ家の外観が少し引いたカメラで映される。ナレーション…「これが僕の家。パパが建て、今は僕が手入れをしている。“10歳までもたない”と言われた弟は…その年を越えて、医者には“先はない”と言っている。どうなるのか。かわいそうな弟」。捕まえたバッタを郵便受けの蓋に挟み、首を切ってはしゃいでいるアーニー。しかし次のシーンでは、ポーチに腰を掛けバッタを殺してしまったことを後悔して泣きじゃくっている。その傍らでギルバートは、アーニーの肩を抱き寄せ、慰めている。

グレイブ家の外観が映し出される。画面の右手前には大きな木。その下でおそらくアーニーはバッタを捕まえたのだろう。オープニングの国道のシーンと似た構図である。またアーニーがバッタを殺した郵便受けには“A・GRAPE”と記されている。

④グレイブ家の中・台所・居間・朝

i: 台所で料理をしているエイミー。居間ではトースターの金属部分を鏡がわりに歯並びを見ているエレン。冷蔵庫の扉には兄のラリー、そして若い頃の母の写真が貼られている。ナレーション…「姉のエイミーは母親役、小学校の食堂で働いていたが、去年、火事で焼けた。妹のエレンは15歳。歯の矯正器具を外したばかりで、歯の感覚に慣れていない。兄貴のラリーは家を出た。そしてママ。この地方一番の美人だった。パパが17年前にあの世に行ってから食べ続け、最近の7年は…一歩も家を出ていない」。家族が紹介される。エイミーの料理中、「働いていた小学校が火事で焼けた」というナ

レーションのときにコンロから大きな炎が出る。映画特有のお遊びといえる。エレンの最初の登場シーンは、トースターの金属部分に写った歪んだ顔である。このように登場した理由はすぐに明らかとなる。兄のラリーと若い時の母の写真は、ともにモノクロである。

ii：食卓を囲み朝食を食べる家族。ナレーション…「僕はギルバート。ギルバート・グレイプ」。母親が「私の太陽はどこなの?」とアーニーが食卓にいないことに気づく。すると高い窓のところに、二階から木に飛び移ろうとしているアーニーの二本の足がぶら下がっているのが見える。母親は慄然として「ギルバート、あの子を降ろして」。

若い時の母の写真から、現在の母親へとカメラが移動する。ギルバートのバストショットに自己紹介のナレーションが重なる。(映画の中で)母親が初めて見たアーニーの姿は、彼のぶら下がった二本の足であった。その意味するところは、後に明確となる。

⑤グレイプ家の玄関前・軽トラの中

i：木に登っているアーニーは、嬉しそうに枝に隠れている。ギルバート、エイミー、エレンの三人が玄関先に出てくる。ギルバートは木の上のアーニーにも聞こえる大きな声で姉に話しかける…「アーニー、出掛けるぞ。エイミー、アーニーは?」。「あんと一緒にでは」。「いいや、いないよ。どこかな。…エレン、アーニーは?」とギルバートが妹に問いかけると、エレンは白けた顔で「木の上よ」。その言葉に顔をしかめたギルバート。エイミーは「木の上にはいないわ。ちゃんと探したんでしょ?」と取りなす。木の下にやって来たギルバートの前にアーニーが飛び降りる。驚いてみせるギルバートに、アーニーは上機嫌で「木に登っていたんだよ。分からなかった?」。

アーニーにとって、木の枝から飛び降りてギルバートの前に突然現れる「木登りごっこ」は、いわば「お約束」である。いつもそれを繰り返すアーニーと、根気よくそれにつきあうギルバートやエイミーに、エレンはうんざりしている。アーニーに対する感情が兄妹とは異なることが、初登場時のエレンの歪んだ顔で予告されていたのである。

ii：町に向かう小型トラック(以後、軽トラと略)。運転はギルバート。助手席のエレンとの間にアーニーがいる。道の脇で一台のトレーラーがキャンプをしている。トレーラーの横には自転車のタイヤに空気を入れている娘。娘を見て声をあげたアーニーに呆れるエレン。ギルバートは二人の遣り取りに気づいていない。ラムソンズ食料品店の前に軽トラが止まる。給水塔が見える。エレンは、アルバイト先のアイスクリーム屋に急ぐ。

⑥ラムソンズ食料品店

i：店の扉が開き、フードランドの紙袋を抱えた女性客が現われ、店内を見まわしてすぐに立ち去る。商品に値札を貼り続けるギルバートに、ラムソンはスーパーでセールをやっているのか? ロブスターの生簀が人気なんだな?と尋ねる。ギルバートは「あんな店、近づく気もありません」「心配ありませんよ。一時だけの事です。客は戻ってきます」と応え、本当に?と念を押すラムソンに「絶対ですよ。絶対です」と強調する。するとラムソンは「その言い方、おやじさんにそっくりだ」とギルバートに告げる。

ii：閉店時間。帰り支度をするギルバートたち。アーニーは、ラムソンから、お菓子をもら

い喜ぶ。ラムソン夫人が「ギルバート、カーヴァーさんの家へ配達をお願い」。

⑦カーヴァー家・玄関・台所・軽トラ

i: カーヴァー家の玄関に立つギルバート。ベティ(カーヴァー夫人)は二人の息子に外で遊ぶように促す。アーニーに対し、ギルバートは「数を数えている」と告げる。カーヴァー家全体、そしてギルバートが止めた軽トラを映した二つの画面の右端に、同じように給水塔が映されている。食堂では、紙袋から品物を取り出すギルバートに後ろからベティがすり寄り、ギルバートの髪をかきあげながら、うなじにキスをする。

ii: 軽トラの中でアーニーが数を数えている。画面の左側にアーニーの顔。その右側に(リアウインドウを通して)給水塔が見える。一台の車が画面の左側から右向きに家の前に止まる。降りてきたカーヴァー氏が、息子たちに「トランポリンを買ってきたぞ」と呼びかける。その声を聴きながら、アーニーは左手でリアウインドウを軽く叩く。

ベティのキスシーンの次が、車中で数を数えるアーニーの姿となる。口を尖らせているアーニーが、給水塔にキスをするかのように見える。さらにカーヴァー氏の声に反応して、アーニーは左手で遠くの給水塔をつかみとるようにリアウインドウを軽く叩き始める。(A②i)や(A⑦i)で執拗に映し出されてきた給水塔がたんなる風景の一部ではなく、アーニーにとってかけがえのない重要なものであることが明確となってくる。

iii: 食堂で、キスを交わすギルバートとベティ。「アイスクリームが溶けますよ」とギルバート。「本当だわ。溶けかかっている」と、二人はアイスクリームを舐めながらキスをする。テーブルの上に横たわるベティにのしかかったギルバートがふと窓を見ると、カーヴァー氏の顔が上下に跳ねて見え隠れする。「大変だ!見つかる!」とギルバート。ベティも慌てる。カーヴァー氏は息子たちに買ったトランポリンで、自ら跳ねて見せていたのだが、息子たちは白けて、「プールが欲しい」と文句を言う。

iv: 急いで身なりを整えて玄関から出てくるギルバート。しかし口のまわりにはアイスクリームがついている。彼の後ろには、動揺した面持ちのベティ。疑いの眼差しを向けるカーヴァー氏。ベティが「配達を頼んだの」と告げると、カーヴァー氏は「ギルバート、ちょっと」と財布からチップを出す。いったん断るが、最後はチップを受け取ったギルバートにカーヴァー氏は「オフィスへ来い、話したいことがある」。ギルバートは恐る恐るうなづき、軽トラにもどる。しかしアーニーは車内にいなかった。

v: 不安になるギルバートの前を、パトカーが右から左へと走り抜ける。給水塔の梯子を中ほどまで登っているアーニーの姿が遠景に。ギルバートは急いで車で後を追う。

⑧給水塔・ガソリンスタンド

i: 給水塔の周りに人だかり。梯子を登るアーニー。保安官が、危ないから早く降りて来いと呼びかけるが、無視される。ギルバートは、軽トラを止め、給水塔のそばに近づき、アーニーに降りるよう呼びかける。ギルバートに気づいたアーニーは手を振り「もっと高い所までいくぞ」。その様子を見ていたギルバートの友人タッカーは、霊柩車を運転してきたボビーに「見ろよ。また、やってる」。

ii: 近くのガソリンスタンドでは、中年の女性がトレーラーの部品の話をしている。連れの

娘が自転車を押しながら給水塔の方へ近寄っていく。エンジンを起こした二人組である。エンジンの部品を取り寄せるのに一週間ほどかかると言われる。

- iii：ギルバートは、拡声器でアーニーに呼びかける。アーニーが「落ちないよ」と言った直後に靴が落ち、どよめく見物人。ギルバートは節をつけて呼びかける「アーニーを知ってるかい？ もうじき18歳の誕生日。ボンベが爆発 ドカンドカン。ボンベが爆発 ドカンドカン」。アーニーも「ボンベが爆発 ドカンドカン」と歌いながら降りてくる。

アーニーは高い所に登る…木の枝や給水塔。もちろん、彼は、落ちずに降りてくる。結果として、映画の中でのほとんど唯一の落下物が、この靴である。ただし「ほとんど」と記したのは、降りたのか落ちたのか曖昧なシーンが、あと二回出てくるからである。

- iv：拍手で迎える見物人たち。自転車の娘も微笑みながらその様子を見ている。ギルバートは保安官に「すみません。二度とさせません」。「そう言って、何度登ったと思う」「今度こそ最後です」と取り繕うギルバート。ギルバートに連れて行かれるアーニーを、町の少年が「懲りないのか?」と後ろから軽く叩く。「触るな!」と少年をはねつけるギルバート。軽トラに乗ったギルバートはタッカーに「あとで冷蔵庫を見てくれ」。「故障かい?…分かったよ。行くよ。バカするなよ、アーニー」。ギルバートの軽トラが左側にバックして去ると、その向こう側にいた自転車の娘の姿が現われる。

⑨グレイブ家の中・夕方

- i：アーニーを抱きしめている母親。食事用テーブルが居間に運び込まれる。食べながらアーニーの誕生パーティーの準備を話し合う家族。エレンは、アーニーの食べ方について「行儀が悪い」と文句を言う。パーティーの準備の役割分担で揉め事が起こる。
- ii：勝手口でタッカーが冷蔵庫を修理している。新しいバーガー屋の求人についてギルバートに話す。町の少年三人が道端から興味深げにギルバートの家の方を見ている。その画面の右側に給水塔が見える。駆け寄って来た少年の一人を、ギルバートは抱え上げ、居間にいる母親を覗かせる。「見ちゃった!」と喜び、友だちのもとにもどる少年。タッカーはギルバートをたしなめる。「いけないよ。お袋だろ?…あんなこと、良くないよ」。
- iii：家の中、アーニーを負って階段を上るギルバート。そして風呂場で雑誌を読みながら、アーニーの入浴の世話をする。
- iv：寝室で「僕、疲れていない」というアーニーに、ギルバートは「でも寝る時間だ」。「さよなら」。「違うよ、“お休み”だ。“さよなら”はどこかへ行く時だ。今は違う」。「そんな事、分かってるよ、ギルバート。僕と兄ちゃんはどこへも行かない。さようなら」。ギルバートは、部屋の灯りを消すが、アーニーはまだ興奮をしている。

B：2日目

①町・昼

- i：カフェに向かうギルバート、アーニー、タッカー。母親を鯨だというギルバート。ジョギングをさせればいと勧めるタッカー。霊柩車が止まり、ポビーが降りてくる。

②カフェの中・昼

i: ピンボール・ゲームで遊ぶアーニー。店内の客は奇声を発するアーニーをじろじろ見ている。タッカーは、熱心にバーガー・バーンの説明をする。カフェの窓越しに、自転車の娘(ベッキー)が右から現われる。目を奪われるギルバート。娘もギルバートに視線を向ける。タッカーやアーニーもベッキーを見る。

車の進行方向について少し注意しておきたい。この映画では、右から左への移動に積極的な意味が与えられている。〈A①ii〉のトレーラー群は、「通り過ぎるだけ」ではなく、実際にはストーリーをスタートさせる役割を担っていた。あるいは〈A⑦v〉のパトカーが走り抜けた直後に、アーニーの給水塔登りが描かれる。逆に左から右への移動は、ストーリーを沈静化させる。〈A⑦ii〉のカーヴァー氏の車がそうである。

ギルバートがベッキーと出会う機会は、ここまでに二度あった。〈A⑤ii〉のベッキーは自転車のタイヤに空気を入れていた。そしてスクリーン上を右から左に(彼女からは左から右に)走るギルバートの軽トラを見ながら、白い帽子を手で押さえる。その仕草は、まだ会っていないギルバートたちに挨拶をしているように見える。〈A④iv〉では、ギルバートの軽トラの横にベッキーが来たにもかかわらず、軽トラは彼女の眼差しを避けるみたいにならずに後ずさりしていく(ただし画面の左側へと)。今回のシーンでは、通りを左から右に車が走り抜けた直後に、右から自転車を押してベッキーが登場する。“鈍感な”ギルバートへの彼女からの積極的なアプローチとも言えそうである。

③ラムソンズ食料品店内

- i: 掃除をしているギルバート。店主のラムソンからバツタの餌(レタス)をもらい、感謝するアーニー。食品棚の隙間からベティが、ギルバートに囁く。「今度の木曜日。私たちの記念日よ」。店内にベッキーが入ってくる。彼女を覗き見するギルバート。ラムソンが声をかけるが、ギルバートは気づかないふりをする。ベッキーが示した彼の居場所に向けてラムソンは「このお嬢さんの所へ配達だ」。ギルバートは、すまし顔で「はい」。
- ii: 店の外でアーニーがはしゃいで、ベッキーの自転車を軽トラの荷台に乗せようとする。軽トラの向こうに給水塔が見える。三人の様子を眺めているタッカーとボビー。

④軽トラの中

- i: シートに座っている三人。会話がなく、少し気まずい雰囲気。ベッキーに話しかけたアーニーをギルバートがさえぎる。「すみません、場所は?」「このまま、まっすぐ」。するとアーニーが「ママが18歳の誕生日のパーティーをしてくれる。そうだろう? パーティーはいつ?」。ギルバートが「あと6日だ」と答えると、アーニーは「あと6日で僕は18歳だよ。君は招待されていない」。ギルバートはあわてて「アーニー、失礼だよ」と言えば、「いいのよ。彼は正直なのよ」とベッキー。それを聞いて喜ぶアーニー。
- ii: トレーラーの所に着いて、荷物をおろすギルバート。アーニーも「僕が運ぶよ。大丈夫」と言って紙袋を抱えるが、途中で手をすべらせて中の品物を落としてしまう。自転車を運んでいたギルバートはしゃがんで拾おうとするが、自転車が邪魔でうまく拾えない。幾度も謝るギルバートにベッキーは「いいのよ。謝らないで」。と告げる。
- 自転車が邪魔して品物を拾えない場面は、やがて生じるであろうベッキーとアーニーとの間でのギルバートの板挟み状態を予告する基本的な演出である。

⑤グレイブ家・居間・夕方

- i: 食卓を囲み、パーティーの料理の相談をしている。ベーコンの焼き方を確認する母親とエイミー。エレンが「私の知っているパーティーでは…」と話し出す。ギルバートが「エレン、食べながら話すな」「何ですって?」「吐き気がする」「いいわ、パパ。謝るわ、パパ」と嫌味なエレン。それを真似てアーニーが「いいわ、パパ。謝るわ、パパ」と繰り返す。ギルバートが「パパは死んだ」と言うと今度は、「パパは死んだ」と繰り返すので、怒った母親が立ち上がり、大きく足を踏み鳴らす。こぼれたミルクを拭こうとしたギルバートは、床が今にも抜けそうに波打っていることに気づく。

⑥グレイブ家・地下室・居間・夜

- i: 地下室に入り、天井(居間の床)の様子を見るタッカー。角材での補強をエイミーに提案する。地下室の入口で見張りをするギルバートとアーニー。母親がトイレから居間に戻ってくると、地下室の天井が軋み、埃が落ちてくる。
- ii: 玄関でタッカーは、翌日に地下室の補強をすることと、バーガー屋への就職が決まったことをギルバートに伝える。
- iii: 台所で片付けをするエイミーとギルバート。居間ではテレビを付けたまま、眠っている母親。母親の手からリモコンを取り、テレビを消すギルバート。しかしテレビを消すと起き、付けると眠ってしまう母親とのいたちごっこ。エイミーが「ベッドで寝たら?」「どうして?」「気分が変わるわよ」「ここでいいの」。母親は、ライターでタバコに火をつけようとするが、うまくいかない。床が落ちないように気を遣いながら、テーブル越しに母親のタバコにマッチで火をつけるギルバート。母親に毛布をかけるエイミー。

C: 3日目

①カフェの中・昼

- i: ピンボール・ゲームで遊ぶアーニー。奥のボックスでカーヴァー一家が食事をしており、息子たちは「プールが欲しい」と言っている。タッカーとポビーから、ベッキーの所へ何をしに行ったのか尋ねられたギルバートは、言葉をにごし、カーヴァー一家の様子を気にしながら食事をする。葬式前の死体に悪戯をしたことを話すポビーと、それを聞くタッカー。
- ii: ベティが息子たちと先に店を出る。店の支払いを済ませたカーヴァー氏がギルバートのもとにやって来て、「必ず電話をしろよ」。うなづくギルバート。ポビーが「カーヴァーさん、お母様はお元気で?」と尋ねるが、「元気だよ」という返事に、少し残念そうな笑みを浮かべる。カーヴァー一家が店を出ると、タッカーは夫人と不倫をしているギルバートに「奴に殺されるぞ」と告げ、ポビーが「お棺はブロンズがいいか?」。

②ギルバート家の庭・昼

- i: 地下室の通気口の蓋を開けるギルバートの姿。その右上には、木の枝に登っているアーニーの両足がぶら下がっている。タッカーに角材を手渡すギルバート。「手を貸してくれ」とタッカーに言われ、ギルバートは、アーニーに「手伝いを。地下室だよ」。「あそこは僕、嫌だ。嫌だ。絶対に行かないよ」。タッカーが「どうした」と聞くと、アーニーは

「パパがいる。あそこにはパパが」といいながら首を絞めるしぐさをする。

「お棺はブロンズがいいか？」という言葉の次が、この地下室のシーンである。最初に地下室の中から仰角で、通気口の蓋を開けるギルバートの姿が映し出される。ちょうど棺の中から蓋が開けられたのを眺める（逆に言えば、ギルバートが棺を覗き込む）ようなアングルとなっている。そして「あそこにはパパがいる」と言うアーニーの仕草から、この地下室で“何か”があったことが示される。これが、〈C②iii〉のギルバートとタッカーの会話を理解するための重要なヒントとなる。

- ii: ギルバートは「静かに、黙れ」と言いながら木に登る。アーニーは、木から飛び下りて畑の中を逃げる。追うギルバート。地下室の窓から呆然と二人を見るタッカー。
- iii: ポーチに腰をかけているギルバート。タッカーが言いにくそうに「つい忘れた。あそこでお前の親父が…」。「まあな」。「悪かった」。「いいんだよ、気にするな」。

③エンドーラの町の給水塔

- i: 給水塔に登ろうとするアーニーを止めるエレン。言うことをきかないアーニーをエレンは本気で叩き、梯子から引きずりおろす。地面に転がるアーニー。ギルバートが駆けつけ、「よせ。アーニーに触るな!」。「登ろうとしたのよ」。「お前は行け、早く消えろ! (アーニーの左手首を見て)ケガをしたのかい? (エレンに)血が出てるぞ!」。

④ラムソンズ食料品店の中

- i: ギルバートはアーニーのケガの治療をしながら「誰かが殴ったりしたら、俺に言うんだ。俺がやっつける。なぜか分かるか?」。「ギルバートは、兄ちゃんだから」。「その通り、誰にもお前ははじめさせない」。

⑤グレイブ家・玄関・夕方

- i: 仕事から帰ったギルバートとアーニー。トランペットを吹いているエレン。エイミーがギルバートに「アーニーを見張らなきゃ。今のままじゃダメよ。(アーニーを見て)アーニー、どこにも行かないで」。アーニーはポーチの柱を回りながら「ギルバート、僕らはどこへも行かないよ、どこへも行かない」。トランペットの音やアーニーの声に苛立ち軽トラに乗ったギルバートは、中指を立てるエレンに向かって、アクセルを踏みバックする。驚いて軽トラを避けるエレン。「どこに行くの?」と声をかけるアーニー。

⑥トレーラー

- i: ギルバートは、軽トラを止めて降りると、洗濯物を干しているベッキーを木陰からそっと覗く。その後ろをカーヴァー氏が、車のホーンを鳴らし、「電話をくれよ」と呼びかけて通り過ぎる。ギルバートに気づいたベッキーは、にこやかに声をかける。
「ギルバート・グレイブ」では、三度目の反復（繰り返し）が物語を大きく展開させる「装置」となっていることが、徐々に示されていく。ギルバートとベッキーの出会いが“三度目の正直”だったことは前述の通りである。今回のシーンでは、二つのものごとについての三度目の反復が描かれている。

その一つは、ギルバートがベッキーを見つめることである。最初の〈B②i〉では、通りがかりのベッキーを偶然ギルバートは目にとめる。次の〈B③i〉では、偶然ラムソンズ食料品店に入ってきた彼女を見つめる。しかし三度目は、彼女を見るために（そして話したいと考えて）ギルバートは、トレーラーのところにやって来た。しかし“臆病な”ギルバートは、自ら彼女に声をかけることが出来るのだろうか？ ところがここにもう一つの出来事が起こる。カーヴァー氏の「事務所に電話をくれ」という“誘い”である。最初は〈A⑦iv〉、次が〈C①ii〉。今回のカーヴァー氏の声は、ギルバートを不意打ちするだけではなく、ベッキーの耳にも届いた。ギルバートが会いに来てくれたことを知ったベッキーは、彼をトレーラーのところに招き、親密な会話が始まっていく。ちなみにこのときのカーヴァー氏の車も右から左へと走り抜けたことに注意しておきたい。また今回のシーンでは、これまで白いチューリップハットを被っていたベッキーが帽子をとっている。そしてギルバートとは対照的なボーイッシュな短髪であることが描かれている。

ii：ベッキーはギルバートを手招きして「ちょっと見て。カマキリよ。オスがメスに乗って交尾を始めると、メスは交尾しているオスの首を食い切るの。そして交尾が終わるとオスの体まで食べてしまうの。おばあちゃん、お客様よ、おやつを」。

1980年代頃、洋画の邦題から味わいのある意識が減り、カタカナばかりで素っ気ないという批判がしばしばあったが、「ギルバート・グレイブ」の場合はどうだろうか。原題は“*What's Eating Gilbert Grape*”。直訳すれば「ギルバート・グレイブを苛立たせるもの」となる。退屈な田舎町での生活、知的障害のある弟、すっかり太ってしまった母親がギルバートを苛立たせていると解釈できそうである。またeatを「食べる」の意味にとれば「ギルバート・グレイブを食べるもの」となる。ギルバートの母親は夫の死後、彼の収入の大半をeatして異様に太ってしまった。なおベッキーがギルバートに語った、カマキリの生態（メスがオスを食べること）は、この後のストーリー展開を知れば意味深長である。

iii：テーブルでスイカを食べながら話す三人。ベッキーの祖母が「デモインの大会に出損なったわ。金曜日に出発できればコロラドで合流を。コロラドは？」と。ギルバートは「知りません…。こんな所で足止めを食って、お気の毒です」。ベッキーが「どこでも似たようなものよ」と返すと、祖母は「そう思うの？ じゃあ信用するわ。ベッキーは私の知らない所へ行っているの。私は一生を同じ所で過ごしてきた。この子が“旅にでよう”」。ベッキーが「今はこの通り放浪の身」。「頭が良くて、かわいい娘よ。美人でしよう？」。

車名を語源とするエアストリーマーという言葉は、行き先も期間も特定せずに旅をする人びとをさし、そして「自由の象徴」の意味でも用いられる（ある統計によると約60%のアメリカ人は、自分の住んでいる州の外に行ったことがないという）。トレーラーズ・キャンパーは年に一度、7月1日～4日の期間、情報交換等を行なうための会合を開き、数千台が集合する。開催地は毎年変わるが、この年はデモインで行われたのである。

iv：トレーラーの周辺の疎林を散歩するベッキーとギルバート。「私は外見の美しさなんかどうでもいいの。長続きしないもの。何をすることが大事なのよ」。「そうだな」。「あなたは何をしたい？」。「ここでは何もすることがなくて…」。「ここでも何か一つぐらいあるは

ずよ」。

前後に連なって歩くベッキーとギルバート。彼女の右手とギルバートの左手が画面上で重なり、手をつないでいるように見える。偶然かもしれないが、巧みな演出である。

⑦アイスクリーム屋の店先

i: アルバイトをしているエレンが少し戸惑った様子で、ベッキーとギルバートにアイスクリームを渡す。羨ましそうに二人を見るタッカーとボビー。ベッキーが、食べているアイスクリームの交換を提案し、応じるギルバート。ちょうどそのとき、ドライブスルーで子供とアイスクリームを買いに来たベティが、ギルバートとベッキーの二人に気づき、睨みつける。ばつが悪くなり、ベッキーを連れて立ち去るギルバート。

「ここでも何か一つぐらい（したいことが）あるはずよ」という言葉の直後に、アイスクリームを買う二人となる編集には、微苦笑をさそう。ギルバートとベッキーがアイスクリームを食べる場面は、クリームがどろどろに溶けかかった（A⑦iii）のシーンとは異なり、さわやかある。

⑧草原・夕方

i: 収穫後の麦畑で、時間を忘れて美しい夕陽を見つめる二人。ベッキーが「色が変わっていく、夕焼けってステキね。空って大好き。広くて果てしない」。「そうだな、とても大きい」。「“大きい”なんて言葉、空には小さすぎるわ。空を表わすのには、もっと大きな言葉を」。しばしの沈黙の後ギルバートが「あっ」。「何なの」。「家でやる仕事を忘れてた。トレーラーまで送ろうか？ それとも町へ?」。「もう少しここにいるわ」。「じゃ、用事を済ませて戻ってくる。…すぐ戻ってくる」。

美しい夕焼けを見ながらの、空をめぐっての言葉の遣り取りから、ベッキーの枠にとらわれない自由さに少し戸惑うギルバート。

⑨グレイブ家・玄関・風呂場

i: アーニーの入浴の世話を大急ぎでするギルバート。「アーニー、早くおいで」。バスタブのなかでアーニーは、「アヒルは？ アヒルがないよ。どこなの?」。「今日は遊んでいる暇がない。お前は大きい。もう大人だ。自分で体ぐらい洗えるはずだよ。どうだい？ タオルはそこにある。ローブはあそこにある」。「僕は自分で洗える」。「偉いぞ、俺は用事がある」と言ってギルバートは、アーニーをそのまま残し、家を出る。

⑩草原・夕方～夜

i: 急いで戻ってきたギルバートに、「素敵な日没を見逃したわよ」というベッキー。「あなたの家を見せて」。「やめとけ」。「見るだけよ、いいでしょう?」。

ii: 暮れなずむ野原を歩き出す二人。ベッキーが語りだす。「両親は離婚したの。二人の間を往復して引っ越しばかり…。でも私の人生だからいいの」。「僕らもよそへ移りたいけど、お袋が家を離れたがらない。“家を離れたがらない”ではなくて家にくっついてる」。「どういう事?」。立ち止まったギルバートは「あれだよ。僕の家だ。驚いたな、遠くで見るとあんなに小さい。中のものは大きいのに…。テレビで浜に打ち上げられ

た鯨を？ それがお袋だ。「お父さんは?」。「それまたいつか話すよ」。

エアストリーマーであるベッキーは、本来トレーラーで移動するが、故障のため、エンダーラでは自転車(自力)で行き来をしている。一方、ギルバートは家の周辺や街中を除けば、自動車で移動をしていた。ところが、一か所だけ長距離を歩くときがある。それがこのシーンである。言うまでもなく、ベッキーと並んで「自力」で歩いたことに重要な意味がある。そして自分の家が思い込んでいたよりもずいぶん小さいことに気づく。ギルバートの自立への第一歩を暗示するシーンである。

iii: 軽トラでベッキーを送るギルバート。「とても楽しかったよ」。「そうね、お休み」。

D: 4日目

①グレイブ家・風呂場・居間・朝

- i: 靴のままベッドで寝ていたギルバートが起き上がりバスルームに行く。そしてバスタブに浸かったまま一夜を明かしたアーニーを見つける。がたがた震える彼にローブを着せ、抱きしめながら「アーニー、ごめんよ。大丈夫かい？ アーニー、許してくれ」。
- ii: 食事の支度をするギルバートに母親が「いったい、どういう事?」。アーニーが「溺れて死にかけた、溺れて死にかけた」。母親が「死にかけたけれど、助かったのよ」。アーニーは「お風呂は嫌い」。母親が「18歳を迎えさせてやって!…最近のお前はヘンよ、しっかりしてギルバート」。「謝るよ」。「謝るだけでは足りないわ、頼りない子ね」。

②ラムソンズ食料品店の中

- i: 値札貼りをしているギルバートが「この値段でいいんですか？ 安いのでは?」。「ラムソンが「うちはその値さ。ギルバート、配達だ」。

③カーヴァー家・台所

- i: (画面の左側から)ギルバートの軽トラが来たことに気づいたベティは、息子たちを庭に行かせる。台所に入ってきたギルバートに、ベティは作りかけのクッキーの粉でベトベトの指を見せ、「その番号を回して。昨日、見かけたわ。あの娘、誰?」。指を差し出し「味見を」。メモの番号の電話のダイヤルを回したギルバート。「美味しい…鳴ってるよ」。受話器から「カーヴァー生命保険です」。「カーヴァーさん?」。「誰だ」。「ギルバートです」。「やっとかけて来たか。電話ではまずい。男と男の話だ、会って話そう。君はどうだ?」。ギルバートのエプロンの中に潜り、いたづらをするベティ。受話器から聞こえる呻き声に、訝るカーヴァー氏に、ギルバートは、「行きます」。
- ii: 電話を切ったギルバートは「殺されるよ」。ベティは「ちょっとふざけただけよ」。「イカれてる。じゃ、これで」。「待って…あの娘の所?」。「ご主人に呼ばれたんだよ」。「行かせないわよ。出たら許さないわよ」。後ろの物音に気をとられたベティが入り口に視線を戻したとき、すでにギルバートは立ち去っていた。

④カーヴァー保険会社の中

- i: 動揺しているギルバートに保険の加入を勧めるカーヴァー氏。電話が鳴る。「はい、

カーヴァーです。…来客中だ。ベティ、落ち着けよ。…分かった。すぐそっちへ帰る」。電話を切り、「家でちょっと問題が…。車で送ってくれるか?」。

⑤カーヴァー家・庭

- i: ポーチで泣いているベティ。台所の窓から出ている煙は、クッキーを焦がしたため。必死に慰めるカーヴァー氏。子供たちにクッキーを食べるように勧めるが、子供たちは嫌がる。
- ii: ギルバートは、帰ろうとするがなかなか軽トラのエンジンがかからない。ベティは運転席のギルバートに近づき「どんな男でも選べたのよ。だけど私はあんたを選んだ」。
- iii: カーヴァー氏は、庭で「欲しいというから、買ったのに、どうして入らない!」と子供たちを無理矢理プールに入れている。画面の奥に給水塔が見える。
- iv: ギルバートはベティに「なぜ俺を?」。「それは、あなたならこの町から…出て行かないからよ」。うんざりした顔をするギルバート。ようやくエンジンがかかり、ギルバートはカーヴァー家から去る。シーンの最後に映画「終着駅」の劇中音楽が流れ始める。

⑥グレイブ家・居間・夜

- i: 家族そろって大盛りのポップ・コーンを食べながらテレビで映画「終着駅」を見ている。映画は、ローマ駅でメアリーとジョヴァンニが別れを惜んでいるシーン。エイミーがアーニーを風呂に入れるようギルバートに告げるが、「お風呂は、絶対にいやだ」というアーニー。ギルバートも、映画に夢中である。そこに顔色を変えてエレンが帰ってくる。「カーヴァーさんが亡くなったわ」。映画「終着駅」では、ラストの走り出した列車からジョヴァンニが飛び降りホームの上に叩きつけられたシーン。

劇中映画は、「終着駅」(1953年・ヴィットリオ・デ・シーカ監督)。アメリカ・イタリア合作の恋愛映画である。夫と子供を残してローマに来たアメリカ人女性が、旅行中に知り合ったイタリア人青年と激しい恋に落ちる。そして青年の懇願を振り切って立ち去るまでを描いた典型的なメロドラマであり、不倫相手の男が最後に大きな罰(苦痛)を与えられる。ギルバートにとっては、身につまされる映画である。当然のことながら、劇中映画は、本編のストーリーと交錯するものが選ばれている。

⑦カーヴァー家の庭先・夜

- i: 家の前で保安官が現場検証をしている。軽トラでやって来たギルバートは、そこにいたタッカーに「何事だ?」「溺死した。」「まさか。」「…信じられるか? ビニール・プールで。」「溺れた!」と騒ぎ出したアーニーを静めるギルバート。

溺死したカーヴァー氏と対照的なのが、アーニーである。彼は(A⑤iii)の風呂場の最初のシーンで、頭も顔も含めて全身で潜っていた後にガバッとお湯から飛び出ている。

(D①ii)で「溺れて死にかけた」と告げたアーニーに、「死にかけたけれど、助かったのよ」と応じた母親の言葉がより重要な意味をもつことになる。

E: 5日目

①カフェの中・昼

i: ポビーが、灰皿をビニール・プールに、取っ手を折り曲げたスプーンをカーヴァー氏に見立てて溺死の状況を、ギルバートとタッカーに説明している。ギルバートは、粉砂糖でテーブル上に山を作りながらぼんやりしている。

ベティが魔性の女というのは言いすぎだろう。しかし夫の死によって莫大な保険金を入手したことは、〈C⑥ii〉のメスのカマキリがオスを食う生態を思い出させる。ポビーがカーヴァー氏に見立てた、折り曲げたスプーンは、見ようによってはカマキリにも見える。

ii: ベッキーがカフェの前を通りかかる。ピンボール・ゲームをしていたアーニーが、「ギルバート、彼女だ」。外に出たアーニーは、「僕と遊ぼうよ、いいだろう?」。「いいわよ、あそびましょう。送ってくれる?」。

②軽トラの中

i: ポンネットの上に箱がおいてある。ギルバートはベッキーに「それかい?」。「ええこれよ」。「魔法の部品だ」。アーニーは、箱を手にとると「魔法の部品って?」。

③トレーラー

i: ベッキーは祖母に部品を手渡す。祖母は、ギルバートに「手伝ってくれる?」。

ii: ギルバートは、部品をはめ込む。エンジンをかけるが作動しない。微かに笑みを浮かべながらギルバートは「もう一度」。「ダメだわ」と祖母。「ヘンだな、なぜかな」。「とにかく、ありがとう」。

④池

i: 池に誘うベッキー。池の縁の木に登って隠れん坊をせがむアーニー。ベッキーは、服を着たまま池に浸かっている。アーニーが「僕はどこにもいないよ。言って“アーニーはどこ?”」。「アーニーはどこ?」。「僕はいないよ! 僕を探して」。「一緒に泳ぎましょうよ」と言うベッキーに「無理だよ。水を怖がって絶対に入らない」とギルバート。「あなたはどうか? 入らない?」。「ああ」とギルバートが答えると、アーニーが「怖いもの。そうだろう?」。ギルバートは、バシャバシャと池に入り、「こうすればいいのか? ハデに。…こうかい? これで満足かい?」。木の上のアーニーのはしゃぐ声。

ii: 地面に寝転がって休むギルバートにベッキーが「あなたの望みを考えずに言って。早く!」。「新しい家を僕の家族に。それから、お袋にエアロビクスを。妹が大人になる事。アーニーに新しい脳を。それから…」。「自分には? 自分の望みは?」。「いい人間になりたい。…こういう事、苦手だな」。ふと気づいて「アーニーは(どこ)?」。

iii: 「弟を見ましたか?」というギルバートの問いに、ベッキーの祖母は「いいえ」。そのとき、道を右から左に走り抜けるパトカーと救急車。急いで軽トラで町に向かうギルバート。車窓からは給水塔の天辺まで登ったアーニーの姿とクレーンが見える。

道路を右から左に走り抜けるパトカーを見た瞬間に我われは、アーニーが給水塔にまた登ったことを確信する。さらに〈A⑦v〉と異なり、今回は救急車も併走していることから、より高い所まで登ってしまったのだろうと。そしてギルバートとともに、我われは車窓からその確信が正しかったことを知る。

⑤給水塔

i: クレーンで降ろされるアーニー。見物人の中にエレンが混じっている。ギルバートは謝るが、保安官は拘留すると断言し、ギルバートの謝罪を無視する。パトカーに乗せられたアーニーは「サイレンを鳴らして、ライトをピカピカさせて」と言う。走り出したパトカーから手を振るアーニー。

アーニーが給水塔に登るのは、〈A⑧i〉と〈C③i〉について三回目である。今回はついに天辺まで登り、警察に拘留されることとなってしまった。

ストーリーではなく、映画本来の魅力を味わうためには、スクリーン上に展開される「反復（繰り返し）」と「差異」に敏感となることが重要であろう。もちろんここでいう反復とは、推理ドラマにおける再現シーンや、ドラマで数多く用いられる回想シーンなどではない。映画の中で繰り返される、特定の場面設定や登場人物のさり気ない仕草や言葉、あるいは突飛な行動のことである。これらは一見ストーリーとは関わりのないように見えながら、ときとして思いがけない展開や深まりを映画にもたらす。ちょうどある特定の旋律が、リズムやテンポ、あるいは調を変え、演奏楽器を換えて演奏されることで、楽曲全体を豊かにするようなものである。

では映画における反復とは、どの程度の回数が好ましいだろうか？ そもそも反復とは強調である。したがって基本は二回であろう。大きな出来事、あるいは印象的な場面が二回繰り返されることで、それらの因果関係や対比を印象的に示すことが可能となる。ただし繰り返されるのが、いつも二回では、ストーリー展開が単調になってしまう。そこでときには三回繰り返されることも必要となる。ただ三回目になると、繰り返しが執拗となり、目障りとなることもある。そこで反復が簡単には分からないように差異が工夫される。今回のアーニーの給水塔登りを例にとれば、一回目の〈A⑧i〉と三回目の〈E⑤i〉は、前後の状況もふくめて“相似”である。しかし二回目の〈C③i〉は“未遂”として描かれている。このように画面の上での「ものごと」の「反復」と、それをカムフラージュする「差異」が、物語には回収されない映像という肉体を豊かにする。なお4回以上の反復は、良く言えば習慣であり、悪く言えば陳腐である。その陳腐さを逆手にとって、スプラスティック・コメディでは笑いをとるギャグとして「反復」が用いられるのである。

⑥グレイブ家の居間・台所・玄関

i: 「保安官。分かっています。畜生!」と電話を切るギルバート。「アーニーにはいい薬になるわよ」というエイミー。母親は毅然と「コートを! 早く!」。驚く家族。

ii: 急いで車の用意をするギルバート。娘に支えられ、杖を突きながら外へ出る母親。

⑦車の中

i: 大きく斜めに傾いた車が(画面の右から左に)走っていく。「拘置所は安心よ。抜け出せないもの」というエレンを「黙って」とエイミーがたしなめる。

母親を乗せた車が大きく傾いて走っていく。笑いが起きて当然のシーンである。ちょっとした悲喜劇といえようか。

⑧拘置所

- i: 拘置所前に到着する。ギルバートが「すぐ戻る」と言って車を降りるが、母親も続けて車から降りる。その巨体に驚く周囲の人びと。
- ii: 拘置所内で、保安官に声をかけるギルバートに「廊下に座って順番を待つんだ」と、にべも無い保安官。そこに「保安官!」と大声で叫ぶ母親がやって来る。受付に入って来て「息子を返して!」。「手続きがある」と言う保安官に「イヤよ。返して、私の息子よ!返して!」とカウンターを叩く母親の迫力に負けて、保安官はアーニーを釈放する。
- iii: 廊下でアーニーを強く抱きしめる母親。「私の太陽。もう大丈夫よ。帰りましょう」。抱きしめられて少し苦しそうなアーニー。
- iv: 拘置所の玄関を出てきたアーニーが周囲の人に「見て!」と言う。母親から離れて素早く車の所に行ったエレンの顔が映る。たくさん見物人が、母親を好奇の目で、様々な笑みを浮かべて見つめる。中には写真を撮る人も。歩く母親を支えるエイミー(エレンのバストショット以後のシーンは、スローモーション)。
同じ時間でも、楽しく面白いときは短く、辛く悲しいときは長く感じる。シーン後半のスローモーションは、あきらかに周囲の人びとが母親を見る眼差しに惨めさを感じているエレンの心に映った情景である。
- v: 自宅へ帰る車の中は静まり返っている。アーニーが母親に寄りかかりながら「ライトをピカピカさせてくれなかった。つまらない」。車の点景。遠くには給水塔。

⑨グレイブ家・居間

- i: 静まり返っている食卓。食事をせずに、隠れん坊をしているアーニーの足が窓からのぞく。「見て、“アーニーはどこ?”と言って探して」というアーニーに、ギルバートは素っ気なく「降りろ」と言う。
- ii: 町の少年三人が、母親を窓から覗いている。アーニーが「僕のママだよ。君たちも登れよ」。窓にものを投げつけるエレン。窓ガラスが割れ、逃げ去る子供たち。エレンの行動をほくそ笑むギルバート。
太った母親を見られたくないエレンが少年たちに物を投げつけ、窓ガラスが割れる。この出来事が映画の重要な転換点となっている。この点については後に述べる。

F: 6日目

①トレーラーの中

- i: トレーラーの窓がノックされる。ベッキーがカーテンを開けるとギルバートの姿。拘置所のできごとを知ったベッキーは、「あなたのママは勇気があるわ。お会いしたいわ」。「よせよ。(壁の地図を指でなぞりながら)次はどこへ」。ベッキーは、ギルバートを見つめ、髪をやさしく撫でながらキスをする。そして再び「お母さんに会わせて」。
ギルバートとベッキーとの初めてのキス。しかしここでも〈A⑦i〉と同じく、女性からの、そしてギルバートの長い髪を指でくしけずりながらのキスである。もちろんベティは後ろから、ベッキーは正面からという違いはある。〈A⑦iii〉と〈C⑦i〉のアイスクリームのシーンと同じく、二人の間での差別化がなされている。

②墓地で

i: ギルバートたちを含め町の人びとがカーヴァー家の葬式に参列している。牧師が祈りを捧げている。喪服姿のベティと子供たち。

ii: アーニーは、ひとり離れて父アルバート・グレイブの墓石の前で遊んでいる。と、突然「すごい! 皆、見て、見て。バーガー・バーンが来た」と大声を上げる。厳粛な告別式の雰囲気は崩れ、会葬者たちが顔をしかめる。

アルバート・グレイブの墓石には、名前の下に「1938年8月22日」と「1978年10月13日」という2行が刻まれている。常識的に考えれば、生没年であろう。ところが、映画では〈A④i〉のナレーションで「パパが17年前にあの世に…」と述べており、物語の時代は1995年となる。「ギルバート・グレイブ」が、1993年製作の映画であるから、素直にとれば、映画の中では近未来が描かれていることとなってしまふ。

iii: バーガー・バーンの店舗を牽引した大型トレーラーが、遠くから走ってくる。それを見たタッカーは、自然と笑みをこぼす。

③ラムソンズ食料品店の中

i: 二人の子供を連れてベティが入ってくる。好きなお菓子を選ぶように言われた子供たちに、アーニーがキャンディーやガムを勧める。ベティは、カウンターにいたギルバートに「メンソールの煙草を。あの家を出るわ。」「ご主人の事は本当に…」。」「皆、私が殺した」と…。あなたもそう思う?。「いいや。」「いい夫だったわ。悲しいけど悲しくないの」。ベティは、タバコにマッチで火をつけようとするがうまくできない。ベティから、マッチを取ったギルバートがタバコに火をつける。

ii: ベティは、「ギルバート、あなたはどうするの? ここにいて、自分を忘れて皆の世話を。(子供たちに)待っててすぐ行くわ。(ギルバートの方を振り返り)ときどき思うの、うちの子供たちもいつかあなたのようにと…。(ベッキーが店に入ってくる)あなたのように育ってくれたら嬉しいわ」。ギルバートとキスをした後、ベッキーに視線を向けて「譲るわ」。店の外に待たせてあった車に乗り込むベティ。

ベティとベッキーの鉢合わせは三回目。最初の〈B③i〉はすれ違い。二度目の〈C⑦i〉でベティはベッキーに嫉妬し、今回で深く“敗北”を認めるという流れである。

iii: ベッキーがギルバートに「彼女を忘れない?」。」「ああ。すこし間をおいて「よかった」と言うベッキー。

「よかった」と言ったベッキーの真意は何だろうか。好意を抱いている男性が、つき合っていた女性のことを忘れないと言ったら、普通なら失望するだろう。しかし、ベティと別れた直後に「忘れない?」と尋ねてしまったベッキーに対して、ギルバートが「すぐに忘れる」と応じれば、それは嘘だろう。そういった嘘を平然と言えりとしたら、ギルバートは誠実な人間とはいえない。ベッキーは、ギルバート自身になりたいと言っていた「いい人間」であることを知って「よかった」と言ったのである。

④雨中のトレーラー

- i: 雨の中、ラムソンズ食料品店前の軽トラの荷台にギルバート、ベッキーが荷物をのせ、アーニーを含めた三人が軽トラに乗り込む。(その瞬間)画面が切り替わり、作動しないトレーラーのキを何度も回すベッキーの祖母。
- ii: トレーラーのところに到着し、雨の中、急いで買い物の紙袋を軽トラから降ろすギルバートとベッキー。突然、トレーラーのエンジンのかかる音。ギルバートとベッキーは別れの切なさから抱き合う。軽トラの中から二人を見ているアーニー。ところがエンジンの音がまた不調となり、思わず微笑みあう二人。

G: 7日目

①バーガー・バーンの開店セレモニー

- i: バーガー・バーンの制服を着たタッカーが、ギルバートとアーニーにハンバーガーを持ってくる。二人に感想を求め、霊柩車でやってきたボビーに、食欲がなくなるじゃないかと腹を立てる。集まっている子供たちを誕生パーティーに誘うアーニー。
- ii: 開店パーティーの開始と同時にベッキーが現われる。群衆の中からギルバートを見つけ、近寄る。店長の「この町は、我われを受け入れ、歓迎して下さいました」という挨拶の言葉の直後に、ベッキーが「直ったわ。トレーラーよ。明日、出発するの」。テープカットに続き、プラスバンドの演奏。バンドの中にはトランペットを吹くエレンの姿。しかしときどき音程を外している。ベッキーの言葉に対して無表情なギルバート。ベッキーの手を取り、ダンスに誘うアーニー。ベッキーを見つめるギルバート。

このシーンでは、バーガー・バーンの開店セレモニー（出会い）とベッキーの出発の予告（別れ）が交錯する。ベッキーが去ることを知った後の「来るものは拒まず、去るものは追わず」というギルバートの表情。しかし本当は寂しい。そして開店セレモニーの華やかな楽曲が、二人の寂しさを増幅させていく。ありふれているが、安心できる演出である。

②トレーラーの近く

- i: ギルバートの軽トラから降りるベッキー。アーニーは、軽トラから自転車を降ろす。シートに座ったままのギルバート。アーニーがベッキーに「明日の僕のパーティーに来て」。「招待されたわ」というベッキーに「いいよ」とギルバート。ベッキーは再び車内に入り、「私を引き止めたい?」「いいや、行くなら行けよ」。「それじゃ、これでお別れ?」「行かなきゃ、気をつけて」。やるせないベッキーは、車から降り、アーニーを抱きしめる。「さよなら、アーニー」とベッキー。

③グレイブ家・居間・台所

- i: 汚れているアーニーを捕まえようとするギルバート。「風呂に入るんだよ、アーニー……誕生日なんだぞ」。嫌がって逃げるアーニーは、誕生ケーキを運んでいたエイミーにぶつかり、ケーキが床に落ちる。エイミーが「二つは作らないわよ! ケーキがなきゃ……」。

④フードランド

- i: スーパーの入り口から中を見渡すギルバート。広い店内を歩いて行くと、ロブスター

が泳いでいる大きな水槽が現われる。ケーキ売りの店員が「何か」。「グレイブです、ケーキを…」。「これです。19ドル75セントです」。

ii: ケーキの箱を持って店を出ると、スーパーの偵察に来ていたラムソンにばったり出会う。気まずい思いをするギルバート。

⑤グレイブ家・居間・夜

i: 冷蔵庫にケーキをしまうギルバートは、アーニーに「来るな。後で見せるから。触ったら殺すぞ」。明日のパーティーで人前に出たがらない母親を説得しているエイミー。風船を膨らまし準備をしているギルバート。風船が割れる音に驚いたアーニーが部屋に入ってくる。アーニーの口のまわりにはクリームがついている。エイミーが「ケーキを食べたの? もう嫌。勝手にして!」。

口のまわりのクリームから、アーニーがケーキを盗み食べたことが判明する。ここで我われは当然のことながら、〈A⑦iv〉のギルバートの口のまわりのアイスクリームを思い出す。カーヴァー氏は、ギルバートとベティの不倫に気づいていたのかという微妙な問題が再燃する。〈A⑦iv〉がこのシーンと“等価”であるならば、カーヴァー氏は妻の不倫を知りつつ、それを許していたことになる。

ii: ギルバートは、逃げるアーニーを捕まえて、「あのケーキにいくら払ったか知ってるのか? 風呂に入れ。風呂に入るんだ」。アーニーを風呂場に連れて行き「ふざけてないで服を脱ぐんだ。さあ、動くな!」。言うことを聞かないアーニーを、ギルバートは思わずきつく殴ってしまう。

このシーンも、二つのものごとが三度目の反復を迎え、交錯した重要な場面である。一つは、風呂場にいるアーニーという場面設定である。最初が〈A⑨iii〉、二度目が〈C⑩i〉（〈D①i〉は〈C⑩i〉の一部とみなす）。もう一つは、アーニーへの“危害”である。最初の〈A⑧iv〉でも、二度目の〈C③i〉でも、ギルバートはアーニーを危害から守ろうとしてきた。そのギルバートが、発作的とはいえ逆にアーニーを殴るという劇的な展開である。しかしこの「風呂場での暴力」という出来事も、これまでの二度の反復をふまえての展開なのである。この後、映画は、三度目の反復を次々と迎えながら進んでいくであろう。

iii: ギルバートは、いたたまれず家を飛び出し、車を走らせる。母親は驚き、「ギルバート、どうしたの?」。アーニーは、泣きながら階段を駆け下り「ママ」と叫び、家を出て行く。「アーニー、どうしたの」と心配する母親にエイミーは「大丈夫よ。エレン、早く、探しに行くわ」と声をかける。

⑥エンドーラの町境・郊外

i: エンドーラの町境を車で左から右に走り抜けるギルバートの車。しかし車は、しばらく進んで止まる。

車の進行方向に関してはすでに述べたとおりである。町境の標識をギルバートの車が走り抜けても、左側からである以上、彼がこのまま町を去ってしまうことはありえないと、

我われは安心して見ることができる。

ii：車でアーニーを探すエイミーたち。

iii：泣きながら、ベッキーのトレーラーの所に走っていくアーニー。

iv：町へと引き返すギルバート。

⑦トレーラーのところ

i：泥だらけの顔で泣いているアーニー。ベッキーの祖母が「家に連絡を」。ベッキーは「大丈夫、家を知ってるの。心配しないで。アーニー、散歩したい？ 私と一緒に遊ぶ？」。

⑧池

i：ベッキーのトレーラーの所にやってきたギルバートは、池の近くの木陰からベッキーとアーニーを見つめる。ベッキーが「アーニー、大丈夫。怖がらないで」と池に誘う。池のそばの木に登っていたアーニーは、「歌を歌おう」と言った後、池に落ちる。「ほらね、大丈夫でしょ？ 偉いわ」と言ってアーニーを誉めるベッキー。

池や川に入る（身体を水に浸す）行為は、しばしば“洗礼”の隠喩となっている。（D① i）以後、水を嫌っていたアーニーが今回ついに池に入る。これまでアーニーが水を避けてきた状況は、さり気なく、しかし徹底して描かれてきた。たとえば（F④ i）と（F④ ii）では、雨という自然現象のときであっても、アーニーは濡れないようにしている。

（A⑧ iii）の後、降りたのか落ちたのか判断に迷うシーンが二度あると記したが、一つ目は（C③ i）で、給水塔の梯子からエレンに引きずり下ろされる場所。二つ目がここである。画面は暗く、アーニーが枝から降りたのか、落ちたのかはわからないが、いずれにせよ、三度目の“急降下”でアーニーが池に浸かったことが重要なのである。すでに（E④ i）で池に浸かっていたギルバートとともに、これによって二人はある特権を獲得する。

⑨トレーラーのところ

i：祖母にベッキーが「じゃ、送ってくるわ」。ちょうどそのとき、探しに来たエイミーたちが現われ、礼を言ってアーニーを連れて帰る。

ii：木陰にいたギルバートにベッキーが気づく。ギルバートは「殴った。あいつを本気で…」。「気にしないで」。「あいつを殴るなんて…。帰らなきゃ」。帰ろうとして立ち止まるギルバートをやさしく抱きしめるベッキーに、「僕は行けない」。

iii：焚き火を囲む二人。ギルバートが「ママの食費を稼がねば…」。「あなたのせい？」。「ママは何年もショック状態だった。パパが別れも言わず…ある日、突然消えた。地下室で首を吊ってた。それからママは…。昔は美人だった。陽気で…」。「じゃ、お父さんのせい？」。「いいやオヤジは何を考えていたのか…、感情を表に出したことがない。子供と一緒に遊んだこともなく、笑ったり、嬉しそうな顔もせず、怒りもせず無表情。最初から死んでいるようだった」。「私もひとり知っているわ」。炎がギルバートとベッキーをやさしく照らす。二人だけの静かな夜がふけていく。

ギルバートが重要な告白をする。父親が地下室で首吊り自殺をしていた事実を知り、我

われは、これまで曖昧であったジグソーパズルのピースを次つぎと当てはめていくことが可能となる。具体的には、〈A④ ii〉で母親が見たアーニーの両足は、夫の自殺を思い出させるものであったこと。そしてギルバートが、地下室に入るのを避けていた理由など。

ギルバートが父親に似ているという指摘も三度目である。最初は〈A⑥ i〉、二度目が〈B⑤ i〉、そして三度目の後、ギルバートはベッキーに抱かれて眠る。

H：8日目

①トレーラーのところ

i：池の端で抱き合って眠っているギルバートとベッキー。それをやさしく見つめる祖母。目ざめたギルバートはベッキーに「アーニーの誕生日だ。帰らなきゃ」と。

②グレイブ家・庭

i：町の人びとが集まり、誕生パーティーに参加している。エレンがギルバートを見て「エイミー、見て、帰ってきたわ」。タッカーやポビーが声をかける。ギルバートに気づくアーニー。ギルバートは「エイミー、アーニーは？ 言ってくれ、様子は？」。硬い表情で「本人に尋ねたら？」。「どこに」。ギルバートの背後の木に登って隠れるアーニー。それを見たエイミーは、ギルバートを許す笑みを浮かべ、お約束のアーニー探しに切り替える。「どこかしら」。エイミーの表情の変化に気づいたギルバートは大声で「エイミー、アーニーは？」。「一緒じゃなかったの？」。「アーニー、誰かアーニーを見たかい？」。

ii：木から飛び降りたアーニーに挨拶をし、抱きしめるギルバート。「驚かせるな。いいね？」。「驚かさないうよ」。その後、アーニーはギルバートを押し倒し、馬乗りになって軽く頬を叩いたあと、立ち上がる。じゃれあっている二人の写真を撮るエレン。窓から母親がその光景を見つめている。エイミーがギルバートに「母の所へ」と。

③ギルバート家の居間

i：ギルバートが「ママ」。「なんて事を、かわいそうな子なのよ。その上消えたりして、ひどい子。家を出て行ったのかと。でも戻ってくれた。なぜ戻ったの？」。「分からない。でも戻った」。「パーティーに戻ってくれたのね。あんたたちには本当につらい思いを。こんな重荷の母親を」。母親の手を取りながら「やめてくれよ」。「本当よ。母親を恥と想ってる…こんな風になるつもりはなかったのよ。人の笑いものになるつもりは…」。「笑いものじゃないよ」。「ギルバート、お願いよ。黙って姿を消さないで」。

④庭

i：パーティーに戻るギルバート。ポビーとエレンがポーチのところで話をしている。タッカーが「こんな時に何だが、家の土台がイカれてるぜ。ポーチが傾いているだろう？ 土台から修理が必要だぜ。雨水が溜まって木が腐ってる。まず最初に…なんだ？」。

ii：道の彼方からトレーラーが屋根を光らせてやって来る。ベッキーのトレーラーだ。ギルバートはベッキーに走りより「いいかい？」。「何が？」。「ある人に会わせたい」。「いいわ。アーニー、プレゼントよ」。「アーニー、お礼は？」。礼を言うアーニー。

⑤ギルバート家の居間

i:ベッキーを居間の入り口にまで連れてきたギルバートは、「ママ、紹介したい人が」。「イヤよ」。「お願い、僕のために」。ベッキーが「いいのよ、次の機会に」と言うと、ギルバートは重ねて「会わせたい、僕のために。彼女は笑わないよ。僕は二度とママを傷つけたりしない。お願い」。「いいわ」。ギルバートはベッキーを呼び寄せる。ベッキーは母親の傍らに寄る。母親が「昔からこんなでは…」と言うと、ベッキーも微笑みながら「私も昔からこんなでは…」と応じ、握手を交わす。

⑥庭先の通り

i:駐車しているトレーラー。皆、別れを惜しんでいる。抱き合うギルバートとベッキー。ベッキーが「楽しかったわ」。「分かっている。何て言えば?」。アーニーが「ありがとう」と言うんだよ。ギルバートは「ありがとう」。アーニーを抱きしめるベッキー。アーニーは「さよなら」。ベッキーは「さよならじゃないわ」。「じゃ“おやすみ”」。僕はまだ“おやすみ”じゃないよ」。トレーラーが走り出す。アーニーは、トレーラーを指差して「行ってしまおうよ、さようなら」。

⑦グレイブ家の居間・寝室・夕方

i:パーティーが終わり、静まり返っている。テレビを見ていた母親が二階へと自分で移動を始める。階段を登る母親のショットが細かく繰り返される。母親を見守る子供たち。母親が立って歩くシーンは、(B⑥ i)と(E⑥ ii)以降の一連のシーンに次いで三回目である。これまで二階の寝室には行かなかった母親が、我われの目の前で初めて寝室に向かう。それが、どのような出来事を引き起こすのか?

ii:二階のベッドに横たわる母親。エイミーが「ゆっくりと休んで」。「エイミー、アーニーは? あの子を連れてきて」。ギルバートが「水を置いておくよ」。「ありがとう。お前は光り輝く、甲冑を着た王子様よ」。「輝く甲冑だろ?」。「いいえ、お前は光り輝いている」。「休んで、眠るんだよ」。

これまでギルバートに対しては厳しかった母親が、唐突にギルバートを称える。「光り輝く」「甲冑」という言葉から、我われは、冒頭(A① ii)の、あるいは(H④ ii)の光り輝くエアストリームを連想する。母親の言葉の真の意味を我われは最後に理解することとなる。

iii:アーニーが寝室に走り込んでくる。「ママ、目を覚まして。隠れてるの? 分かっているぞ」と言いながら母親を揺するが、母親は目を覚まさない。泣き叫びながら、何度も「目を開けて、ママ。ママ、やめてよ!」。そしてポーチに飛び出してきたアーニーとその異変に気づくエイミーの遠景。

三度目の歩行の直後、母親は亡くなってしまふ。この唐突な死に違和感を抱き、今後の物語の展開を進めるためのご都合主義とみなす者もいるようである。しかし普段ほとんど歩かない240kgを超える体重の人間がいきなり歩き出し、しかも階段を登れば、心臓に非常に大きな負担をかけることとなる。母親の死を、急性の心不全によるものと考えれば、けっして不自然な展開ではない。

この映画では、三つの命が失われる。バッタ、カーヴァー氏、そして母親である。

⑧グレイブ家の寝室・夜

i: 母親を困み、悲しみにくれている4人のショットが3シーン。

寝室の中でエレン、エイミー、アーニーがそれぞれ中心となり、母親を悼むショットがつづく。

ii: ポーチのところで、連絡を受けてやってきた保安官たちは、遺体の移動法について、「軍の支援が必要かな」と話し合っている。

iii: 寝室に戻ったギルバートは「クレーンが必要かな」。それを聞いたエレンは「人が集まるわ。見物人が大勢…」と涙をこぼす。

iv: 地下室にいるギルバート。棒を振り回し、天井(居間の床)を補強していた角材を次々と外していく。

〈B⑥i〉や〈C②i〉とは異なり、あのギルバートが地下室にいる。この瞬間に、何かとんでもないことが起きると我われは身構えてしまう。はたして、ギルバートは天井の補強材を次々と外して、自宅を破壊していく。しかし自宅の破壊は、すでに〈E⑨ii〉で始まっていた。エレンが、母親を見物に来た少年たちにモノを投げつけて窓ガラスを割ったとき、ギルバートは、にたりと笑っていた。それは、母親を笑い者にされたくないというエレンへのささやかな共感であっただろう。さらには、母親が笑いものにされるぐらいなら、家を破壊したほうがマシだという同意につながるものでもあった。そして〈H⑧iii〉で「見物人が大勢…」と言って絶句したエレンの声を聞きながら母親の顔を見たギルバートはその同意を実行に移すことを決意したのである。

v: 寝室で母親を見つめながら、エイミーが「いい顔だわ」。そこに息を切らせながら入ってきたギルバートが「笑いものにはしない。笑いものにはしないぞ」と。何かを決断した様子のギルバートをエイミーとエレンが見つめる。

⑨グレイブ家の内部・庭・夜

i: 一階に下りてきたギルバートたちはアーニーにも声をかけ、皆で家財道具を家の外に運び出していく。やがて庭に家財道具一式が並ぶ。

ii: 何もなくなった家の中。左手前の床の上に赤い缶が置かれている。アーニーを抱きしめるギルバート。そして赤い缶を持ったギルバートとアーニーが、家から出てくる。庭に置いた椅子に座っていたエレンとエイミーがギルバートを見つめる。

iii: マッチ箱の「子供から遠ざけて」という注意書きが大写しとなる。ギルバートがマッチをすり、炎をしばらく見つめる。そしてその火のついたマッチを床に投げる。油の撒かれた階段を駆け上っていく炎。熱風に揺れる窓辺のアーニーの誕生日の飾りつけ。

数多く示されてきた三度目の反復のクライマックスである。ギルバートは〈B⑥iii〉ではテーブル越しに母親の、〈F③i〉ではカウンター越しにベティのタバコに火をつけている。今回は、「子供から遠ざけて」という注意書きのあるマッチ箱からマッチを出して火をつけた。その行為は紛れもなく、ギルバートたちの両親からの自立であった。

階段を舐めるように燃え広がっていく炎が美しい。撮影で最も困難な、あるいは神経を使うシーンの一つが燃え上がる炎（そして燃えるもの）の場面である。どのような形に変化するかわからない炎を四角い画面におさめるのは容易ではない（しかも火事の撮影の場合は、やり直しがきかない）。

iv：勢いよく燃え上がる家を、4人はそれぞれの思いを抱きながら見つめる。

家が燃える伏線として、やはり二度の反復がなされていた。〈A④i〉のエイミーの小学校の火事、〈D⑤i〉のベティの台所でのボヤもどき。だがそれよりも、我われは〈A⑧iii〉でのギルバートの戯れ歌「ボンベが爆発 ドカンドカン」を思い出すべきかも知れない。映画の始まって間もない部分で、最後が予告されていたわけである。燃える家の最後のショットは、〈A③i〉で初めて家が映されたときのアングルと同じである。

I：一年後

①エンディング／国道

i：明け方の空(?)を背景に立ち歩くギルバートの仰角でのクローズアップ。大きな木の下に草むらに座っているアーニーが、「ギルバート、あれ?」。「まだだよ、もう少し待て」。「いつ来るの?」。「すぐ来るよ」。ナレーション…「アーニーは19歳になる。19歳だ」。

大空を背景にギルバートの仰角ショット。オープニングと異なり、エンディングではアーニーよりも先に、ベッキーのトレーラーを待ちわびるギルバートの顔がクローズアップされている。その背後には青い空。このカットで「空は“大きい”なんて形容詞では小さすぎる」というベッキーの言葉が浮かばない者は、映画と無縁である。

ii：道の彼方から屋根を輝かせたトレーラーの隊列が来る。アーニーが指をさし「ギルバート、見て」。青い空を背景にギルバートとアーニーのツー・ショット。ナレーション…「エイミーは、町のパン屋さんの店長。エレンも一緒に転校。(道路の右側に葉の生い茂った大樹が映し出される。その下にいるギルバートとアーニー)アーニーは、“僕らはどこへ?”と。僕は言った。望むなら“どこへでも”。アーニーが「ベッキーが来る!」。「そうだよ、じきに会える」。アーニーは、「ベッキー。迎えに行こう、ギルバート」と叫びながら道を走り出す。

エアストリームが屋根を光らせて現われる。〈A①ii〉と〈H④ii〉につづく三回目。またエンドーラに外部からやってきた車としても、〈A①ii〉と〈F②iii〉につづく三回目である。道路の右には、大きな木。オープニングの〈A①i〉とほぼ同じ構図である。

iii：トレーラーの窓から身を乗り出だして手を振るベッキー。一年前と異なり、肩まで髪を伸ばしている。運転はベッキーの祖母。はしゃぎながらベッキーのトレーラーに乗り込む二人。助手席のベッキーが後部座席のアーニーと場所を交替し、隣りあうギルバートとベッキー。トレーラーの列が次々と進んでいく。そしてエンドロール。

かつては「通り過ぎるだけ」だと思っていたトレーラーに、ギルバートとアーニーは乗り込む。あの池での“洗礼”を受けた二人は、新しい世界へと生まれ変わる時を待っていたのである。

こうして“光輝く”ギルバートは、エアストリーマーとなってエンドーラから旅立つ。

以上が「ギルバート・グレイブ」の採録と分析である。いたらない点が多々あることを承知したうえで、筆者は、次のように述べたい。

「ギルバート・グレイブ」の反復は美しい。それは映画の奇蹟である。

3. おわりに

本稿では、「反復」という視角から「ギルバート・グレイブ」の分析を試みた。しかしその分析は、紙幅の都合および筆者の力不足ゆえに、必ずしも十分とはいえないものとなった。また映画全体の構造にも言及できなかった。筆者としては、近い将来に、より総合的な「ギルバート・グレイブ」論に取り組みたいと考えている。

2013年度より始まった高校の学校設定科目「総合ブルー」において、筆者は、2013・14・16年度に「映画批評入門」講座を担当した。そして授業で「ギルバート・グレイブ」を生徒たちと一緒に鑑賞したことが、本稿執筆のきっかけとなった。劇場公開時から20年ぶりに「ギルバート・グレイブ」と再会する機会を与えてくれた生徒たちに感謝したい。

謝辞

「ギルバート・グレイブ」をはじめとする「映画批評入門」講座に関わる一連の授業に対しては、平成26年度の一般財団法人青松会の中学高校新教育研究助成を受けた。

注

- 1 「ギルバート・グレイブ」の基本データを記しておく。原題は、What's Eating Gilbert Grape。1993年製作。アメリカ映画。カラー。ビスタサイズ。117分。日本公開は、1994年8月20日。字幕は戸田奈津子。DVDは、発売アスマック・提供東北新社。
・主要スタッフ一覧…監督/ラッセ・ハルストレム、製作/メリア・テベル、パーティル・オールソン、デヴィッド・マトロン、原作・脚本/ピーター・ヘッジス、製作総指揮/ラッセ・ハルストレム、アラン・C・ブロンクイスト、音楽/アラン・パーカー、ビョルン・イスファルト、撮影/スヴェン・ニクヴィスト、編集/アンドリュー・モンドシェイン、美術/ベルント・カブラ、衣裳/ルネ・エーリッヒ・カルフス
・主要登場人物(俳優)一覧…ギルバート・グレイブ(ジョニー・デップ)、ベッキー(ジュリエット・ルイス)、ベティ・カーヴァー(メアリー・スティーンバーゲン)、アーニー・グレイブ(レオナルド・ディカプリオ)、ボニー・グレイブ(ダーレーン・ケイツ)、母親エイミー・グレイブ(ローラ・ハリントン)、エレン・グレイブ(メアリー・ケイト・シェルハード)、タッカー(ジョン・C・ライリー)、ポビー・マックバーニー(クリスピン・グローバー)、カーヴァー氏(ケヴィン・タイ)
- 2 「キネマ旬報」(1994年10月下旬号・通巻1957)の「外国映画紹介」を一部改変。
- 3 「ギルバート・グレイブ」の映画パンフレット掲載の採録(遠藤万史子)をもとに筆者が作成した。

Gilbert Lights With a Match Three Times.

—An Essay on “What’s Eating Gilbert Grape”—

SASAGAWA Hiroshi

Summary : American drama film “What’s Eating Gilbert Grape” (1993 Lasse Hallström) is a unique movie, in which “repetition” makes the decisive sense. Every time some specific situations or the characters’ commonplace actions, words, or wild behavior are repeated three times, the story takes the new and unexpected turn. This is an essay on “What’s Eating Gilbert Grape”, aiming at the “repetition” which supports the story of this movie and goads it to the front.

Key Words : movie criticism, repetition, “What’s Eating Gilbert Grape”, Lasse Hallström, Sven Nykvist, Johnny Depp, Leonardo DiCaprio,

生徒の空間認識力を引き出す数学的教材としての 結び目の数学

～ ICME13 に参加して～

岩瀬謙一 柳本朋子* 井上正人**
國光妙子*** 中西遼****

抄録：小学校や中学校の低学年における空間図形の指導として、結び目を用いた授業を試みた結果、ある種の教育的な効果が見られた。これらの研究は、河内明夫（大阪市立大学）、柳本朋子（大阪教育大学）を代表とする結び目の数学教育研究会のワーキンググループによって共同で行なったものである。この研究は、まだ始まったばかりであり、継続中であるが、今までの実践研究の流れとこれまでの研究成果を2016年度ICME13（第13回数学教育国際会議 ハンブルク ドイツ）で発表した。本論文は、その発表内容の中で、特に附属池田中学校で実践された指導内容に関わる部分について述べたものである。

キーワード：結び目の数学、数学教育、空間認識力、数学的活動、ICME13

I. はじめに

本研究は、附属天王寺小学校で結び目を教材とする授業（國光教諭による）をおこなうところから始まった。「ある方向から見ると八の字のように見えるが、別の角度から見ると、どの線も交わっていないように見える閉じたモールを紙の上に描いてみる」という作業を、小学校4年生に対して行わせた結果、描き方を皆で確認して射影図を描かせると、ほとんどの児童は、予想された絵をかいたのであるが、一人の児童が描いた絵が、研究会において話題になった。普通は、そのような絵にはなりえないと思われる絵を描いていたのである。つまり、そのモールを「どのような方向からみたらこのような絵になるのだろうか」ということがよく分からなかったのである。

そもそも授業者がそのモールを使って子供達に理解させたかったことは、「モールの交わり方は、ひっくり返しても上下関係は変わらない」ということであつたのであるが、ある子どもが描いた絵は、完全に上下関係が反対になっている。我々は、絶対にそのような絵になることはないと考えたが、大阪市立大学の河内先生より、その子どもが描いたように見えることもあるのではないかというご指摘をいただき、モールをさわりなが

*大阪教育大学 **神戸親和女子大学 ***大阪市立阪南小学校 ****大阪教育大学附属池田中学校

ら、その可能性について模索した。すると、確かにその子どもが描いたように見える方向があることがわかった。今回は、その児童が、間違っただけの可能性もあるが、1つの立体物を紙の上に描くとき、一般的に予想もできない描き方ができることは、我々にとって今まで考えてみたこともない事実であり、この驚き（不思議さのようなもの）が1つのモチベーションとなるような授業を行うことができれば、生徒の主体的な学習を引き出すとともに、平面上の射影図をみて空間における立体をイメージする力を向上させることができるのではないかと考えて1つの授業を試みることにした。そして、その前後においてフレームで描かれた立方体に関する認識調査を行なった。この調査により、1つの興味深いデータが得られた。結び目を使った空間認識力に関する研究は、我々の知りうる限り、過去に見られないものであり、結び目を教材とする授業をおこなうことの意義の1つを示すものであると考え、ここまでの研究成果を2016年度にドイツで行われた数学教育国際会議 ICME13 で発表した。

II. 立体を平面に描く（附属天王寺小学校4年生に対して）



図1



図2

図1のモールを紙の上に描くと図2のような絵になると思うが、見る方向によっては、図3のような絵になる場合があるかどうかということが、今回の研究授業の発端となった。



図3

そして、実際にモールを使って見え方を探っているうちに、確かにこのような見え方ができる方向があることを確認できた。



図4

図1を少し動かすと図4のように見える方向がある。

Ⅲ. 附属池田中学校 1 年生に対する授業実践（中西教諭による）

Ⅱ. の問題は、3 次元ならではの不思議な事実である。我々は、この単純な形に着目して、立体図形とそれを平面に描いた図形とを比較しながら、立体図形の様々な見方を探り、この射影図を発見させる活動を通して、子ども達が平面の図を見て、立体のイメージを作る力をつけることができるかどうかについて調べてみた。


(1) 学習計画

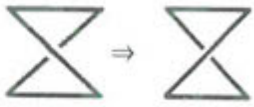
区 分	学習内容		時	配当時間
第 1 節	空間図形の観察	多角形で囲まれた立体	3	11 時間
		点、直線と平面	1	
		直線、平面の位置関係	1	
		平面図形が動いてできる立体	1	
		見取図、展開図、投影図	2	
		発展的な課題と問題演習 (本時は 3 時間目)	3	
第 2 節	図形の計量	平面図形の長さと同面積	1	8 時間
		柱体、すい体の表面積	1	
		柱体、すい体の体積	1	
		球の表面積と体積	2	
		発展的な課題と問題演習	3	
単元のまとめ			1	1 時間

(2) 本時の目標

- ・空間図形の移動・変形を念頭操作できる。【見方や考え方①】
- ・念頭・具体物操作について、図表現を用いて説明できる。【見方や考え方②】

(3) 本時の展開

	学習活動および内容	指導上の留意点	評価
導入	<p>1. 課題①を把握し取り組む</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <p><課題①> ある図形を正面から見ると図 1 のように見えた。反対側からはどのように見えるだろう？</p>  <p style="text-align: center;">図 1</p> </div> <p>・個人で念頭操作により、考えを図や文章にまとめる。 ・4 人班で話し合い、意見を出し合う。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・課題①を提示する ・まず瞬間的に考えた向きをかかせる。 ・どのように考えたか意見をまとめさせる。 ・生徒どうし話し合わせる。 ・電子黒板に注目させる。 ・考えをまとめさせる。 	見方や考え方①

展開	<p>2. 課題②を把握し取り組む</p> <p><課題②> 正面から見ると図1のように見える図形が、見る方向によっては、図2のように見えることはあるだろうか？</p> <div style="text-align: center;">  <p>図1 図2</p> </div> <p>・個人で念頭操作により、考えを図や文章にまとめる。 ・モールを用いて、図1に見える形を作成し、4人班で図2に見える方向を探す</p>	<p>・課題②を提示する ・まず、個人で念頭操作により考えさせる。 ・次にモールを使って個人で考えさせる。 ・4人班になり、モールを変形させながら図2のように見える方向を探らせる。 ・図1の図形をもっと立体的に見るよう指示する。</p>	見方や考え方①
まとめ	<p>3. 課題②をまとめる。 ・図1のように見える立体を、どのような方向からみれば、図2のように見えるか分かったことを発表しあう。</p>	<p>・考えを個人でまとめさせる。 ・図2のように見えることを、図や文章によって説明させる。</p>	見方や考え方②

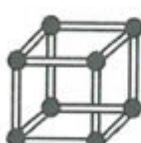


IV. 平面上に描かれた立方体に関する調査（柳本教授による）

(1) 調査問題

ストローと粘土で立方体の形を作って、その絵をかきました。 次の①から⑦の中で、正しくかけているものには○を、まちがっているものには×を（ ）につけなさい。

① () ② () ③ () ④ () ⑤ ()

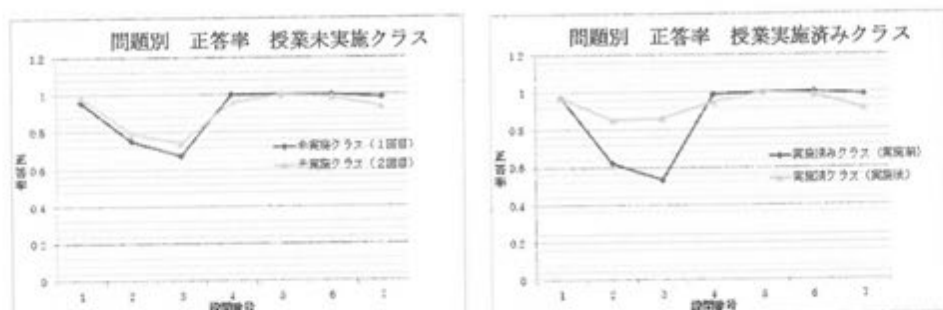


⑥ () ⑦ ()

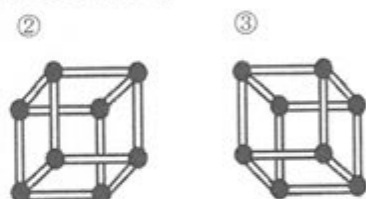


(2) 調査結果 (中西教諭による)

この調査を附属池田中学校 1 年生において、事前と事後の 2 回行った。



特に、次の②、③が立方体に見えない生徒が多くみられたが、Ⅲ. で行なった授業後の調査結果に変化がみられた。つまり、これら図形を空間における立方体として認識できる生徒の割合の増加が顕著にあらわれた。



立方体は、小学校以来、教科書などでも頻繁に扱われている。また、小さい頃からサイコロや積み木で遊んだり、子供たちにとってもとても親しみやすい形である。今回は、この親しみのあるフレームだけで作られた立方体を射影図から正しくイメージできるかどうかについて検証した。

この調査は、小学 1 年生から大学生、さらには教員に対しても実施した。その結果、②と③を立体として正しくイメージできない傾向が顕著にみられた。この調査を中学 1 年生に対する結び目の授業の前後で行った結果、グラフのような変化が見られたことは、この実践研究によって初めて分かったことであり、この授業は、子供たちに実際にモデルを触らせながら、試行錯誤したり意見交換をさせる作業を通して、平面に描かれた立体を正しくイメージする力をつけることを目的とした授業の 1 つのモデルとして提案できるのではないかと考える。

(3) 課題

今回の試みは、低学年の生徒に対して、平面に描かれた図を見て正しく立体のイメージができる力をつけることを目的として、結び目を教材とした1つの授業をおこなった。この授業をおこなった結果、立方体のイメージに関して1つの調査結果が得られたが、このような調査は、始めたばかりであり、まだまだ多くの課題がある。

(a) 授業について

- ・立体を正確にイメージできる力を育てるために、このような結び目の教材よりも効果的な教材があるかどうか更に考察が必要である。
- ・授業の進行において、上下が反対になる場合があることが、生徒側から出てこなかった。よって、教員側からそのように見える場合があることを先に教えて、その方向を生徒に探らせていたが、射影図の上下が反対になる場合があることを生徒に見つけさせる授業であった方が、生徒の主体性を引き出すことができるのではないかと考える。

(b) 立体を正しくイメージできる力について

- ・今回は立方体の射影図で調査を行なったが、調査問題に描かれた7つの立方体を正しく認識できることで、どのような空間認識力を向上させることができるかをより明確にすることが必要であると考ええる。
- ・平面上の射影図をみて正しく立体図形をイメージする力がついたかどうかを調べる調査問題として、より適する内容についての考察が必要であると考ええる。
- ・この調査を実施する上で、今回は同じ教員が同じ方法で実施したため、調査結果は信頼できるものであったが、小学生から教員まで広く実施するときに、調査時間や具体的なやり方についても統一しておくべきであった。また、どの学年に対しても同じくらいの調査時間でよいのか、調査についての指示は統一した方がよいのかということも再度検討が必要であると考ええる。
- ・結び目の授業前に、この調査を行なう場合、その後、生徒に正答を知らせて確認させるのかどうかを統一しておく必要がある。我々は、この時点では正答を言わない方がよいのではないかと考える。
- ・結び目の授業後に、この調査をするとき、「どのような時期にするべきか？」ということや、それが決まればやはり統一すべきであると考ええる。

V. ICME 13 (第13回数学教育国際会議)について

ICME (数学教育国際会議) は、4年に1度、加盟している各国を巡りながら開催される。2012年は、韓国ソウルで実施され、そこでも結び目に関する教育的な実践研究報告とおこなった。2016年は7月24日(日)～7月31日(日)の間にドイツのハンブルク大学で行われた。この間のプログラムは以下の通りであった。

日時	7/24	7/25	7/26	7/27	7/28	7/29	7/30	7/31
9:00～10:00	ICMI総会 参加登録受付	開会行事	全体講演	全体講演	エキスカージョン	全体講演	全体講演	招待講演
10:30～11:30			招待講演	招待講演		招待講演	招待講演	全体講演
11:30～12:00		コーヒーブレイク	コーヒーブレイク	コーヒーブレイク		コーヒーブレイク	コーヒーブレイク	
12:00～13:30		全体講演	TSG	TSG		TSG	TSG	閉会行事
13:30～15:00		昼食	昼食	昼食		昼食	昼食	歓送の集い
15:00～16:00		ICME受賞者講演	口頭発表	ドイツ伝統の催し		口頭発表	口頭発表	
16:00～16:30		コーヒーブレイク	コーヒーブレイク	コーヒーブレイク		コーヒーブレイク	コーヒーブレイク	コーヒーブレイク
16:30～18:00		口頭発表	サーベイチーム	ドイツ伝統の催し		口頭発表	口頭発表	
18:00～20:00	歓迎レセプション	ポスター発表	ポスター発表	懇親会	ポスター発表	ポスター発表	ポスター発表	
20:00～21:00		懇親会	懇親会		懇親会	懇親会		

(1) 発表者

岩瀬 謙一 (大阪教育大学附属高校天王寺校舎)、井上 正人 (神戸親和女子大学)
國光 妙子 (大阪市立阪南小学校)

(2) 日時

2016年7月26日 17:00頃

(3) ドイツ ハンブルク大学 哲学棟 564教室

(4) 発表時間 15分と言われていたが、20分くらいにはなってしまった

(5) 発表テーマ

“MATHEMATICAL KNOTS AS TEACHING MATERIAL TO IMPROVE STUDENTS SPATIAL ABILITIES”

(6) 感想

発表当日の午前中まで、3人で打ち合わせた。できるだけメモを見ないようにプレゼンをしようとしたが、スムーズに行かない場面もあった。しかし、しっかりと打ち合わせていたため、連携はとてもうまくいった。発表の内容は、モールドを実際に配ったりして、なかなか上手くいったと思うが、発表時間が短かかったので、十分におもしろさを伝えることができなかつたように感じた。聴衆は約20人であった。

議長のオルクン先生（トルコ）から、「このような内容は、日本では通常のカリキュラムに入っているのか？」という質問があった。他にも、ドイツの大学の先生に、我々の研究はスプリガーから本を出版していて、ドイツの数学教育学者ウイットマン（日本にも何度も来られている）がコメントを書いていることを紹介していただいた。

私は、少し発表がうまくいかなかったと感じていたが、一緒に聞いてくれた同じ研究グループの人は、皆さんとても楽しそうに熱心に聞いてくれたということで少しホッとした。また、翌日、若いドイツ人らしい女性から「自分は、昨日あなたのプレゼンを聞いてとても楽しい時間を過ごした。ありがとう。」という言葉を通りすがりにかけてもらった。非常にうれしかったが、こういうときに「THANK YOU!」しか言えない自分の英語力をとても情けなく思った。海外で研究発表をするとき、やはり英語が使えなければ、自分の研究を強くアピールすることはできないことをあらためて感じた。



開会式



開会式

VI. 教材として結び目を扱う意義

結び目は立体であるから、一般に見る方向によって形が変わる。したがって、その結び目を、このような形であると特定して頭の中に覚えておくことは非常に難しい。

その結び目がどのような形かを見るとき、ある方向からみて紙の上に描いて表すしかない。そして、その形を覚えるのである。

しかし、異なる2種類の結び目があって、それを紙の上に描いてみると、その絵が異なったからといって、この2種類の結び目は違う結び目とはいえない。

では、何故、平面上で形が違うのに同じ結び目といえる場合があるのか。

それは、1つの結び目であってもみる方向によって異なった絵になるからである。つまり、異なった絵であっても、同じ結び目を描いた絵ならば、同じ結び目を表すのである。

逆に考えると、ここで描かれた結び目の絵は、実物に戻すと同じものなのだから、結局見た方向が異なるだけということである。そこで、その結び目を動かしてみる。そうすると、我々に見える形は、みるみる変化していく。交点もできたり消えたりしていく。立体は、3次元に存在するものであるが、同時に見る方向によって刻々と変化しているものととらえることができる。

つまり、同じものなので、刻々と変化しているようでも変わらないのである。この様子を射影図で表すことは、3次元における立体の見方を頭の中で移動させていることに等しい。このように平面上で立体の見方をイメージする念頭操作を訓練することは、空間における立体を正しく理解したり、逆に、平面に描かれた立体や写真、3D画像など

に騙されることなく3次元における様々な立体物をイメージすることができる力をつけるのではないだろうか。

簡単にいうと、2次元と3次元を行き来する活動を通して、空間における立体のイメージ力をつけることができるということが予想できるのである。

今回の附属池田中学校における実践を通して得られた結果は、少ないサンプルではあったが、我々の予想通りの結果が得られた。しかし、同様の調査を附属天王寺小学校4年生を対象におこなったとき、事後の調査を半年後に実施した場合、事前の調査と全く変化がなかった。小学校の場合は、直後に調査をおこなっていないので不十分ではあるが、せっかくこのような立体を平面上でイメージする授業をおこなっても、期間をあけると、その念頭操作によって得られたイメージ力は再び元に戻ってしまうのではないかと考える。

すなわち、このような、生徒に対する取り組みは、何回か継続的におこなうことが望ましいと考えるのである。

今回は、空間における立体のイメージ力をつけることを目的とした授業として、このような授業を行ったのであるが、我々の今までの実践などから得た結び目を教材とする授業の教育的な意義についてまとめると以下ようになる。

1. 3次元を教える最も単純なモデルであり、3次元を平面上に描いたり、結び目の絵を見て実際に結び目を復元する作業を通して、3次元における様々な立体の理解を深めることができる。
2. 空間における図形の変化の様子を平面に復元して考察させることができる。
3. 手でさわりながら試行錯誤して、発見や予想をさせることができる。
4. 結論を出す過程において、論理的な考え方を養うことができる。
5. 長さ、角度や面積などの計算を主とせず、純粹に数学の幾何的な側面をみせることができる。

Ⅶ. 今後に向けて

今回の研究を通して、一定の成果がみられると同時に様々な課題が見えてきた。附属池田中学校や附属天王寺小学校における結び目の授業実践は、授業者も授業内容も初めのものであり、結び目を扱った授業を行うときに、このような授業が考えられるのではないかという1つの試みであった。そして、このような授業をおこなうことによって子ども達が、3次元を理解する1つのアプローチを与えることができると考える。

今回の研究は、2つの観点を含んでいる。1つは、結び目とその射影図の関係をテーマとした授業の構築、また、1つは、空間認識力の向上を調べるための調査方法に関することである。これらについて、今後はⅡ.(3)課題で述べたような観点でさらに研究や考察を深めていくことが必要となる。そして、中学校においては、先行研究と併せて、結び目を用いて子供たちの空間イメージ力を向上させる授業についての1つの流れを作ることができるのではないかと考える。

Ⅶ. 今までの中学・高等学校での実践授業例

- ・ 2004年 「ほどける結び目とほどけない結び目—特に、3彩色可能性を引き出すことができるか—」
附属天王寺中学3年生(4クラス×4時間)
- ・ 2005年 「ジョーンズ多項式までの不変量の研究」
附属高校天王寺校舎1年生(ブーフ選択者×10時間)
- ・ 2006年 「ほどける絡み目とほどけない絡み目—特に、絡み数を引き出すことができるか—」
附属天王寺中学3年生(4クラス×2時間)
- ・ 2007年 「鏡像関係の不思議—特に、 X 多項式の計算—」
附属高校天王寺校舎2年生(3クラス×1時間、1クラス×2時間)
「中学生、高校生を対象とした結び目理論の中からの教材開発とその意義」
日本学術振興会 2007年度科学研究費補助金(奨励研究)採択
- ・ 2008年 「ほどける絡み目とほどけない絡み目(Ⅱ)—特に、絡み数を引き出すことを目指して—」
附属天王寺中学2年生(4クラス×2時間)
- ・ 2009年 「ほどける絡み目とほどけない絡み目(Ⅲ)—矢印をつけて交点付近の様子に気づかせることができるか?—」
附属天王寺中学2年生(4クラス×2時間)
- ・ 2009年 「結び目の鏡像関係とブラケット多項式」
附属高校天王寺校舎2年生(3クラス×1時間、1クラス×2時間)
- ・ 2009年 「パソコンを使って結び目をほどこう!」
堺市立野田中学校 パソコンクラブ
- ・ 2009年 「ほどける?ほどけない?結び目を紙の上で探そう!」
貝塚市立第5中学校1年生
- ・ 2009年 「色々な結び目を紙の上でほどいていこう!」
堺市立登美丘中学校1年生
- ・ 2010年 「結び目の数学」
堺市立陵南中学校1年生(選択授業)
- ・ 2011年 「結び目の数学について」
(スーパーサイエンスハイスクール授業)
附属高等学校天王寺校舎1年生(6名)
- ・ 2011年 「結び目の理論と論文形式」
(スーパーサイエンスハイスクール授業)
附属高等学校天王寺校舎2年生(8名)
- ・ 2011年 「3人で手をつなごう!」
大阪市立瓜破西中学校2年生(選択授業23名×4クラス)
- ・ 2012年 「手をつなぐ数学」7月実施
堺市立陵南中学校2年生(3クラス×3時間)
- ・ 2013年 「結び目の数学」

大阪市立我孫子東中学校 1 年生 (4 クラス×3 時間)

- ・ 2014 年 「X 多項式について」
清風高等学校 2 年生 (1 クラス×4 時間)
- ・ 2015 年 「知恵の輪を研究しよう！」
(スーパーサイエンスハイスクール授業)
大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎 1 年生 (3 名)
- ・ 2015 年 「3 人で手をつなごう！」(本研究会にて実施)
大阪教育大学附属天王寺中学校 1 年生 (4 クラス×2 時間)
- ・ 2015 年 「3 色で塗り分けよう！」(本研究会にて実施)
- ・ 2016 年 「手をつなぐ授業」9 月大阪市 7 ブロック 研究授業
大阪市立東我孫子中学校 1 年生 (4 クラス×2 時間)
- ・ 2016 年 「絡み数を見つけよう！」(本研究会で実施)
大阪教育大学附属天王寺中学校 3 年生 (4 クラス×11 時間)

IX. 参考文献

1. C. C. アダムス著「結び目の数学—結び目の理論への初等的入門」培風館 1998 年
2. S. C. カールソン著「曲面・結び目・多様体のトポロジー」培風館 2003 年
3. 河内明夫著「結び目の数学」シュプリンガー・フェアラーク東京 1990 年
4. 「結び目の数学教育」研究プロジェクト 河内明夫・柳本朋子編『『結び目の数学教育』への導入—小学生・中学生・高校生を対象として—』2005 年
5. 「結び目の数学教育」研究プロジェクト 河内明夫・柳本朋子編『『結び目の数学教育』への導入—小学生・中学生・高校生を対象として—第 2 号』2007 年
6. 岩瀬謙一著『『絡み数』の教材化の試み—中学 2 年生を対象として—』
大阪教育大学附属天王寺中・高 研究集録 第 51 号 2009 年
7. Akio Kawauchi & Tomoko Yanagimoto 編 “Teaching and Learning of Knot Theory in School Mathematics” Osaka Municipal Universities Press, 2011
8. 村上 斉著「結び目のはなし」遊星社 2000 年
9. Akio Kawauchi & Tomoko Yanagimoto 編 “Teaching and Learning of Knot Theory in School Mathematics” Springer, 2012

MATHEMATICAL KNOTS AS A TEACHING MATERIAL TO IMPROVE STUDENTS' SPATIAL ABILITIES

IWASE Kenichi^{*}, YANAGIMOTO Tomoko^{**}, INOUE Masato,^{***}

KUNIMITSU Taeko^{****}, NAKANISHI Ryo^{*****}

Tennoji Senior High School attached to Osaka Kyoiku University^{*}, Osaka Kyoiku University^{**}, Kobe Shinwa Women's University^{***}, Tennoji Elementary School attached to Osaka Kyoiku University^{****}, Ikeda Junior High School attached to Osaka Kyoiku University^{*****}

A mathematical knot is a simple closed curve in space. We can represent a knot diagram with depth only by representing over or under line on each crossing point. It is easy for even the lower grade students to draw a knot with a few crossing points on the plane. Therefore we expect that a knot will be a good simple teaching material for improving students' spatial abilities. The purpose of this study is to consider the following two points. The first point is the weakness of students' spatial abilities. The second one is a possibility of a mathematical knot as a teaching material for improving students' spatial abilities. To attain this objective, we first investigated students' realizing ability of the sketch of some cube frames. It turned out that not a small number of students have difficulties in positional awareness of the edges of the frame on crossing points of the sketch. In the second task, mathematical knots as a teaching material and some examples of teaching methods in elementary and junior high school are proposed.

英語で地学の授業を行う試み Part 3

—南アフリカと初期地球の物語—

おか もと よし お
岡 本 義 雄

抄録：南アフリカの地質は日本と全く異なり、地球史の最初の時代を色濃く保存している。筆者の3度に渡る渡航と地質巡検。さらに南アフリカ現代史を盛り込んだ「英語で地学」の授業実践を行った。その目的は1) 南アフリカの特異な現代史 2) 初期地球の物語を何よりも本物の岩石標本や自ら撮影してきた風景に語らせる 3) 科学教育における英語の主干言語としての重要性。などを研究対象とした。例年と異なるのは、1) の目的のために、映画「Invictus」の鑑賞を英語字幕で行った点がある。21世紀のキーワードとしての多様性を南アフリカの新しい国づくりの標語「Rainbow Nation」から考えさせる目的もあった。生徒による授業の評価は、授業直後のアンケートによって行った。授業の目的自体はほぼポジティブに評価された。当日のパワーポイントの概要、配布資料など関連資料は、本稿の最後に添付した。

キーワード：初期地球、南アフリカ、地質、高校、英語

1. 研究の背景と目的

本稿の目的や概要はすでに2年にわたり、この冊子に書いたもので、本稿では今年度の旅行の内容と関連する事項についてまず初めに記す。本年度のテーマは筆者がこれまでに3度訪れた南アフリカと地質の関係に絞り、英語字幕による映画鑑賞と英語で行う授業を両建てして行ったことが例年と異なるところである。南アフリカに着目する理由は、地質学的に日本列島のような若いプレート境界に属する造山帯とは異なり、その生成以降ずっと大陸の中心であり続けた南アフリカのクラトン（楯状地）としての性格が大きい。さらに今回授業で取り扱った「バーバートン緑色岩体（Barberton Greenstone Belt）」は最古の大陸地殻の断片の1つとして常に地質学者の垂涎の場所でもあった。ほかに南アフリカはその鉱業について特筆すべきものがあり、世界の7割を占める採掘量のプラチナ、クロムを始め、歴史的には世界の流通量の1/3をすでに供給している金、さらにダイヤモンド、鉄、石炭など多くの鉱産物の宝庫でもある。このため筆者は2002年の初渡航を皮切りに、2010年、今年2016年と都合3度に及ぶ渡航を行っている。その大部分は学会発表やそれに付帯する地質巡検への参加であった。

2002年の初渡航はIAGOD（International Association on the Genesis of Ore Deposits、国際

鉱山資源学会)の地質巡検である「Big5 GeoSafari」への参加に始まる。本来こうした学会付帯の巡検への参加は学会参加登録や参加費用も必要であるが、筆者の場合、直接巡検リーダーにアポを取り、巡検のみへの参加をOKしてもらった。2002年の初渡航は南アフリカという国への最初の一步であり、夜明け前の薄暗い治安で当時悪名高かったヨハネスブルグ空港のロビーで夜明けまでの時間を、たまたま入国審査のときに前におられた日本人夫婦の方と心細く過ごした記憶がある。この巡検では上記、金、プラチナ、クロム、ダイヤモンドなどの名だたる鉱山を総なめにした。世界最深の Tautona 金鉱山では地下4000mの坑道に潜って直にその高温と湿度で過酷な切羽の様子を体験してきた。また切羽の鉱石を幸運なことに案内人から手渡された。またダイヤモンド鉱山では禁じられていたはずの母岩のサンプリングがなぜか放任され、あこがれのキンバーライトのサンプルも数個入手することができた。さらに後述するネルソン・マンデラ初代黒人大統領が執務した首都プレトリアの大統領官邸の前もバスで通過することができた。

2010年は、GeoSciEd VI(第6回国際地学教育学会)のヨハネスブルグ開催に合わせて再訪した。6月にちょうどサッカーW杯が終わった直後で、南アフリカのホスト国としての成長を感じていただけに、2002年とは異なりわずかの時間の間に近代的に全くリニューアルされた空港の規模や内装に驚くばかりだった。このとき、学会の数ある野外巡検のうち、迷わず選んだのが、パーバートン緑色岩体とクルーガー国立公園さらに、南アフリカのグランドキャニオンと言われるブライデ・キャニオン周辺を1台のバンで巡る6日間の贅沢な巡検であった。現地に参加してからわかったのは参加メンバー9人(運転手兼巡検リーダーを含む)のうち、筆者以外はすべて欧米の一流の地質学の研究者たちで、非英語圏はフランスの研究者の女性と私だけという、英語漬けの旅となった。このパーバートン巡検での資料が後述する今回の授業の大きな内容の柱となった。

最後の訪問は今年(2016年)の8月~9月で、IGC35(第35回万国地質会議)のケープタウン開催に合わせて参加した。今回は前回2度訪れたヨハネスブルグではなく、南アの観光都市として名高い西岸のケープタウンを初めて訪問した。どうしても生きているうちに訪ねたかったのは、不屈の黒人解放運動の闘士ネルソン・マンデラが27年の長きにわたる幽閉生活のうちの20年の歳月を過ごしたRobben島をぜひ訪ねたいと念願があり、それが実現した。今年度の授業の前半のマンデラの大統領誕生を描いた映画の1つの舞台ともなっている。

次に今年度の授業の概要に移る。

2. 英語授業の概要

本年度の授業は、3年生選択地学の授業週2時間×2日のうちの、2週に連続する2日間(2時間+2時間の計4時間)を通じて行った。最初の2時間授業で、映画「Invictus」を生徒とともに英語字幕で鑑賞した。媒体は市販のDVDをノートPCで再生し、ポイントを押さえるために、重要なシーンや英語字幕はときどき画面を止めたり再度再生したりして、生徒とシーンや英語のセリフの意味の確認などを行った。2時間ものの映画なので、あらかじめスキップするシーンに当たりをつけておいて、何とか90分あまり(50分×2)の範囲に収めるように調整した。また通常は50インチのTVの大形画面での授業となっているが、映画であるため雰囲気盛り上げるため、地学教室の前のスクリーンを下

してその全面に短焦点液晶プロジェクタと小型スピーカーを接続した。ただこのスクリーンを見上げる形となったため、最前列の生徒からは首が痛いと言われ、休憩時に指摘された。さらに必要に応じて、映画のシーンの背景を説明することも行った。それによりより新鮮にセリフの意味を理解することができたと考える。南アフリカの現代史に触れる必要があると考えたので、あらかじめ南アフリカ現代史に関する、自前の資料を作成し、映画鑑賞時に配っていた。これは南アフリカの近現代史、特にアパルトヘイトに関連する事項を時代順に紹介するものであった(本稿巻末資料参照)。さらに The Huffington Post 誌の Web サイト記事より、「ネルソン・マンデラ 囚人から伝説へ」

(http://www.huffingtonpost.jp/2013/12/20/mandela-death-how-a-prisoner-became-a-legend_n_4478259.html)と BBC の元記事の英文とを B4 プリント資料として配布した。この資料は、ネルソン・マンデラが黒人解放闘争に参加するころから釈放される前後までの彼と ANC の関係を内部事情も含め詳しく書かれたもので、筆者は南アフリカ現代史の資料として大変参考にさせてもらった(記事は著作権の関係で本稿には含めないで、上記 URL を参考にしてほしい)。

2 回目の 2 時間授業は次の週に行った。テーマは「初期地球 (Early Earth)」であり、地球の誕生時から、約 20 億年前くらいまでの前期先カンブリア時代の地球の様子を、南アフリカの写真、動画、岩石サンプルを交えて詳細に解説した。授業は要点をまとめた PPT (パワーポイント) とその配布資料としての印刷資料、さらに関連するいくつかの資料をあらかじめ授業開始時にプリントとして配布した。これらの資料も本文巻末に添付資料として示すので参考にされたい。

3. 授業の詳細

授業科目：高三選択「地学」

授業日：2016 年 11 月 24 日 (木) 1 2 限、3 4 限

11 月 29 日 (火) 3 4 限、5 6 限

対象生徒：高校 3 年生選択 2 クラス (20 名と 18 名) が同じ内容になるように心がけた。

次に今回の授業の詳細を記す。

1) 最初の授業

映画「Invictus (邦名：負けざる者たち)」は 2009 年のハリウッド映画であり、俳優としても有名だったクリント・イーストウッドが監督としてメガホンを取った作品である。ネルソン・マンデラをモーガン・フリーマン、彼と心の交流をする南アフリカ代表ラグビーチームの白人キャプテンを、マット・デイモンが演じている。あらすじは、wikipedia によれば以下のとおりとなる。

舞台は 1994 年の南アフリカ共和国。ネルソン・マンデラは反体制活動家として 27 年ものあいだ投獄されていたが、1990 年に釈放されこの年に同国初の黒人大統領となった。それまで政府の主要ポストを占めていた白人官僚たちは、マンデラが報復的な人事をするのではないかと恐れ、一部の者達はそれを見越して荷物をまとめ始めていた。それに対しマンデラは、初登庁の日に職員たちを集めて「辞めるのは自由だが、新しい南アフリカを

作るために協力してほしい。あなたたちの協力が必要だ」と呼びかけた。安堵した職員たちはマンデラのもとで働くこととなり、ボディガードチームも予想に反して黒人と白人の混成チームとなった。

一方、南アフリカ代表のラグビーチーム「スプリングボックス」は当時低迷期にあり、黒人選手もわずか1人という状況だった。ラグビーはアパルトヘイトの象徴として、多数を占める黒人の国民のあいだでは非常に不人気なスポーツだった。政府内では「スプリングボックス」のチーム名やユニフォームの変更を求める意見が多数を占めており、一時はその方向で決まりかけていた。しかしマンデラはこのチームが南アフリカの白人と黒人の和解と団結の象徴になると考え、チーム名とユニフォームの存続を求め周囲を説得し、一方でチームの主将フランソワ・ピナルを茶会に招いて言葉を交わし、励ました。その後スプリングボックスのメンバーたちは、マンデラの意向で貧困地区の黒人の子どもたちにラグビーの指導に赴く。当初それを不満に感じていたメンバー達も、一連の地道な活動により、国民のあいだでチームの人气が少しずつ高まり、自分たちの存在が国内のみならず世界的に注目されていることを知るに至った。

そしてスプリングボックスは、自国開催の1995年ラグビーワールドカップにおいて予想外の快進撃を見せ、ついに決勝進出を果たす。今や新生南アフリカの象徴として見られるようになったスプリングボックスは、全南アフリカ国民が見守る中、強豪ニュージーランド代表オールブラックスとの決勝戦に臨む…。

この映画の中で幾つか象徴的なシーンがある。まず映画の冒頭でマンデラ大統領誕生にいたる道筋を短くニュースフィルムからの画像でまとめている。白人最後の大統領デ・クラークが、黒人指導者マンデラ釈放を決めるところから始まり、彼の釈放。しかしその直後に南アフリカは内戦一歩手間の状況に陥る。黒人組織内の対立、特にマンデラも属していた主流だったANC（アフリカ民族会議）とそれに激しく対立する黒人組織インタカ独立党は激しいテロ合戦を行い、暗殺やテロが横行する。一説にはインタカ党には白人組織からの支援があったとされる。つまり黒人に政治をまかせればこの国は破綻するという現実をみせつけようとする意図だったとも言われる（Invictusのニュース画像より）。このあと、映画のストーリーはマンデラが大統領官邸で過ごす1日目のシーンからスタート。冒頭のシーンでこれから日課になることになる朝の街の散歩シーンで、ANC時代からの2人のボディガードを連れて朝の街を歩きだした彼の背後に不審なパン、しかもこの種の映画では必ずテロリストが乗ることになっているVWの箱バンが迫る。あわや暗殺者と思わせておいて、実は新聞配達の手だったという落ち。さらにその新聞の表紙はマンデラの大統領就任の記事という小憎らしい演出である。官邸に赴いた彼が目にするのは、段ボール箱を持って職場を去ろうとする白人の職員たち。ここからは上記Wikipediaが書くとおりである。さらに彼のボディガード室で警備の人数が足りないと嘆く古くからのボディガードのリーダーJasonの目の前に突然白人の警官たちが入ってくる。「逮捕するのかわ？」という彼の問いに白人警官は警備の仕事をやるとのマンデラのサインの入った命令書を見せる。勢い込んでマンデラの部屋を訪ねて、彼らはどういう奴らか解っているのですか、かつて私達を殺そうとしていたのですよ！と問い詰めるJasonに、マンデラは静かに----Reconciliation（和解）、Forgive（許し）、そしてRainbow Nation starts hereと告げるの

だった-----.

こんな風に始まった映画は、上記 Wikipedia にある紹介シーンが続き、最後はラグビー W 杯の試合のシーンへと流れ込む。決勝戦の始まる直前、スタジアム上空に近づく南アフリカ航空のジャンボ機を操縦する白人の機長がこう告げる。「これから起こることはすべて私の責任だ」驚く副操縦士を尻目に、低い高度を取ってスタジアムに接近するジャンボジェット。スタジアムに轟音が響き何事かと驚くスタジアムの観衆と何よりも焦りを見せる Jason たちボディガード。スタジアム上空を覆いかぶさるように一閃する機体の両翼の下部に大きく書かれた「Good Luck Bocka!」（南ア代表チームに幸あれ！）の文字。これは実話だという話がある。これ以後はぜひご自分でご覧になってほしいと思う。

2) 2 回目の授業

1 回目の授業とは異なりこちらが地学の授業内容としての本番といえる。「初期地球」の様々なエピソードの中から、次の項目を精選して、それと関係ある岩石資料や露頭写真などを英語で紹介した。さらに PPT は一部省略して簡略化したものをカラー印刷で配布した。一部の画像資料は専門家の Web サイトから許諾を得て使用した。

<トピック> Ga は 10 億年前を表す単位

① Early Earth (Part 1) 「Hadean eon (原生代)」

- ・ Forming of Earth 4.6 Ga (地球の形成)
- ・ Giant Impact (the birth of Moon) 4.5 Ga (月の形成のジャイアントインパクト説)
- ・ Cool Early Earth 4.4 - 4.0 Ga (初期寒冷地球説)
- ・ Late Heavy Bombardment (LHB) 3.9 Ga (後期重爆撃期説)

② Early Earth (Part 2) 「Archean eon (始生代)」

- ・ First life? 3.7 - 3.5 Ga (最初の生命?)
- ・ Banded Iron Formation (BIF) 3.8 to 1.9 Ga (縞状鉄鉱層)
- ・ Free Oxygen 2.5 - 2.4 Ga (自由酸素)

<年代測定法の革命>

これらの初期地球の解明の基礎になった技術として、1980 年代以降の年代測定法の革命が挙げられる。授業の最初に質量分析器を用いた精密な年代測定法としての "SHRIMP, (Sensitive High-Resolution Ion MicroProbe)" の原理の説明を冒頭で行った。これは ANU (オーストラリア国立大学) が開発した、Pb を用いる精密な年代測定器で 25 μm のジルコンの結晶の固結成長年代を測定することができ、初期地球の解明に大きな役割を果たしている。

<トピックの詳細>

現在進展が上記トピックにあげた項目について、資料を挙げて詳細に説明を行った。主な論点は以下のとおり。

・ Giant Impact (birth of Moon)

昨年の英語授業で詳しく述べた部分は省略し、その証拠となる検証を幾つか説明した。

・ Cool Early Earth (CEE)

かつて教科書には地球形成時のマグマオーシャンから地球表面は徐々に固化して、大気と海洋は形成されると書いてあったが、その具体的な詳細や時間の記載はほとんどなかった。しかし最近 SHRIMP で徐々に発見されている 40 億年の年代より古いジルコン粒の存在は、この初期地球が意外と早くから表面固化が完了し、40 億年以前に原始海洋と大気が存在した可能性を示唆している (Valley et al., 2002)。さらにはその時代の海洋にすでに原始生命が宿っていたと考える研究すらある (同文献)。

・ Late Heavy Bombardment (LHB)

月の岩石の研究から、月の形成後に月の海が形作られた時代は 39 億年前にピークを迎えたことがわかってきた。これらの事実は太陽系形成後のある時期に、太陽系の内部 (特に火星より内側) で隕石衝突のピークを迎えたという考えがある。これを LHB と呼称するが、最近これを原始惑星の軌道計算から検証する "Nice Model (R. Gomes ほか, 2005)" というものが提唱されている。この考えについて、ネット上で探して使用許可をもらった動画 (S. March, 2014 ほか) を紹介した。さらに南アフリカにはこの時代から少し下がった 34 億年くらい前の隕石孔があった可能性 (Lowe ほか, 2003 など) があり、バーバートン地域から持ち帰ったその Spherule に似た岩石や 2010 年の地質巡検リーダーの Dion 氏から提供いただいた写真などを紹介した。

・ First life

初期生命の化石については、西オーストラリアでチャートの内部に見つかった 35 億年前の Schopf の論文 (1993) の図が地学の教科書に掲載されている。しかしこの化石は現在生命起源ではなく化学的に作られた構造であるという否定的な考えが主流となってきた (P. Ward and J. Kirschvink, 2016)。さらにこれより古い化石の発見の主張も多くなされてはいるが (たとえば A. P. Nutman, 2016)、確証が持たれているわけではない。しかし筆者が南アフリカ Moodies Group の砂岩層で採集した標本には、黒い炭素質の縞が確認でき、これはすでに生命体の化石であることがほぼ立証されている (J. Javaux ほか, Nature 2011)。巡検で筆者が採集したこの標本サンプルを紹介。

・ Banded Iron Formation (BIF)

世界の鉄鉱山の大部分はこの時代の海底に積もった上記「縞状鉄鉱層」を採掘している。筆者の標本もバーバートン巡検で採集した 33 億年前のチャートと赤鉄鉱+磁鉄鉱が縞をなすものを紹介した。これは当時の海洋ですでにシアノバクテリアの繁栄による光合成で、大量の酸素が供給されていたことを示す重要な証拠である。しかし興味深いことにそれとは対照的に次の項目で示す地表の環境は全くことになっていた。

・ Free Oxygen

この当時 (25 億年より以前) の地表には酸素がなかった。その証拠として約 30 億年前形成の金を採掘する南アフリカの金鉱山の鉱石を紹介した。これは扇状地堆積物の礫岩で、礫の間をびっしりと小粒の黄鉄鉱が埋めている。つまり還元環境の当時の地表では鉄はさびることができずに硫黄と結合していた。まぎれもなく当時の地表に酸素がなかった

2) 「初期地球」の英語授業に関して

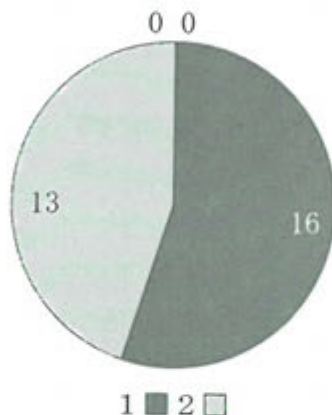
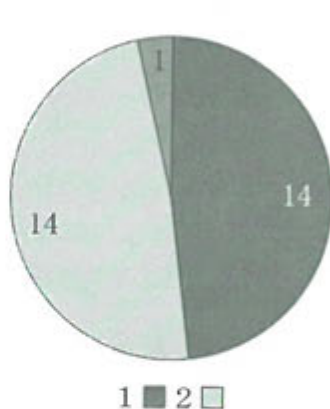
・地学の授業を英語で行ったことについては、英語の勉強になりましたか？

・地学の授業を英語で行ったことについては、地学の勉強になりましたか？

- ① とても勉強になった ② どちらかという勉強になった
 ③ どちらかというとならなかった ④ 全然勉強にならなかった

英語の勉強になったか？

地学の勉強になったか？



授業直後のアンケートであり、昨年同様、授業者に対する excuse が多分に入っていることは差し引いて考える必要があるが、両方の授業において、英語あるいは地学の勉強になった、また映画が何らかの勉強になったと答えた生徒は、「大変」と「どちらかという」との両方のポジティブな評価がほぼ全体を占める良好な結果となった。これは昨年同様本校の生徒を対象とするときに、英語で地学の授業を行うという当初の方針は間違っていないことが確認できた。

3) アンケートの自由記述から

次に自由記述の部分から、主な記述を抜き出す。(かっこ内は筆者の補足)

① 映画「Invictus」の授業について

〈映画で印象的だったシーンを1つ〉

- ・初めのマンデラを狙うとみせかけて新聞が配達されるシーン
- ・スラム街の子供たちにラグビーの選手達がラグビーを教えているシーン
- ・ラグビーのキャプテンがマンデラが収容されていた刑務所を訪れ彼の部屋に入るシーン
- ・オールブラックスのエースにマンデラが笑顔で話すところ
- ・飛行機がスタジアム上空を飛ぶシーン
- ・ラグビーチームのキャプテンとマンデラ大統領が互いに感謝の言葉を述べあった点
- ・最後に試合に勝ったとき、白人黒人関係なく手を取り合っていたシーン
- ・白人のタクシー運転手が黒人の子をかつぎあげて一諸に喜んでたこと

- ・白人と黒人の SP が（最後に）握手したところ

〈もっとも印象的だった台詞（セリフ）を1つ〉

- ・ reconciliation, forgive
- ・ マンデラ大統領が官邸の白人スタッフに言った言葉
- ・ We want your help. We need your help.
- ・ I am the master of fate, I am the captain of my soul
- ・ The rainbow nation starts here.
- ・ 許すことは強力な兵器になるという言葉
- ・（白人 SP の大統領はいつ休むのだという問いに黒人 SP が）彼は刑務所でもう十分に休んだ
- ・ どんな煉瓦（グリーン or ゴールド）も国をつくるのには必要だ
- ・ You elected me your leader.
- ・ GOOD LUCK BOKKE!（スタジアム上空をすれすれに飛ぶジャンボ機の翼の下に大きく書かれた激励のサイン）
- ・（最後の円陣でキャプテンが） Listen to your country というところ
- ・（同上） Do you hear?

〈今回の授業で特に気がついた点など〉

- ・ 人種間で深い対立のあった南アフリカが、和解と許すことを主張し、それを見事に達成されたことがラグビーの試合を通してよく分かりました。周囲の人々の反感を買いながらもマンデラが自分の信念を貫いて、国が団結していくのに感動しました。テーブルマウンテンも圧巻でした。
- ・ 私は将来アフリカの発展途上国を助ける仕事につきたいので今回の映画や先生のお話はとても興味をもってきくことができました。
- ・ とてもいい映画でした。試合のシーンはすごく迫力があっておもしろかったです。改めてネルソン・マンデラのすごさを知ったし、ラグビーのキャプテンの勇気もかっこいいと思いました。
- ・ ラグビーのキャプテン役のマットデイモンがとてもしっかりとファンになりました。
- ・ いい映画だった。クリントイストウッドは息子（スコット）にもちゃんと見せ場を与えるのだと思った。マットデイモンも良い俳優です。アパルトヘイトのことや南アフリカのことをもっともっと学ぼうと思った。
- ・ とても感動した。将来は南アフリカに行ってみたいです。
- ・ 政治も大事だが世界を1つにできるのはやっぱりスポーツなんだなと感心しました。人種がどうかという世の中が1日でも早くなくなればいいと思います。本当に正しい理想を見つけない。
- ・ 映画なので脚色もあると思うが非常に面白かった。
- ・ 誰か1人が動くことによって徐々に見方も増えていろいろな事が成立する。
- ・ クレイジー・ジャーニーというTV番組で放送されていたことを思い出しました。特

に（その番組での）ネルソン・マンデラさんについてのお話が印象的でした。

②「Early Earth」の授業について

〈今回の授業でもっとも関心を引いた内容を1つだけ〉

- ・過冷却水と同じような現象がマグマでも起こるということ（2名）
- ・Cool Early Earth のところ
- ・黒人警官に交通違反の反則切符を切られて「アパルトヘイト」が終了したと実感したところ（6名）
- ・（筆者の）南アフリカでの旅行
- ・ジャイアントインパクト説（2名）
- ・SHRIMP
- ・動物の目と鼻の先に車で入っていくところ（3名）
- ・同じ鉄でもできた環境（還元 or 酸化）によって色や形態が異なること（2名）
- ・南アフリカは日本と比べてはるかに昔の岩石があって、教科書にのっていることよりも奥が深い講義でした。仮説ではあるけれど、地球の外から生命がきた！という話はおもしろかった。

〈今回の授業でもっとも印象的だったビデオ（動画）を1つだけ〉

- ・鉱山の様子や南アフリカの自然などが面白かったです
- ・昔の地球のシミュレーション（隕石衝突のもの）
- ・月ができるシミュレーション（2名）
- ・Nice Model（LHBの生じるシミュレーション）
- ・ネルソンマンデラの収容されていた刑務所のシーン（2名）
- ・南アフリカの鉱山の巡検ビデオ、坑内の鉄道など（4名）
- ・金鉱山のエレベータが速かった（5名）
- ・（筆者が泊まった）民宿のビデオ
- ・住宅のフェンス（泥棒よけの工夫が様々にされている）
- ・猿がレストランの残飯を食べていたシーン
- ・青い鳥（2名）

〈今回の授業でもっとも印象的だった英語（単語 or 表現）を1つだけ〉

- ・Hadean, Archean（4名）
- ・SHRIMP（3名）
- ・Zircon
- ・Sterilize
- ・Giant Impact Theory
- ・Bombardment
- ・Komatiite（2名）
- ・Super Cooling
- ・Fool's Gold（3名）

- ・ Wither (枯れる)

〈今回の授業で特に気づいた点や感想など〉

- ・積極的に英語を話すのは大切だと思いました。教科書の内容はどんどん変わっていているとわかったので教科書で授業するよりこういう授業の方が楽しいです。
- ・集中して聞いたら、先生の言っていることがうよくわかった。英語は聞く意志を持たないと、ほとんど意味が入ってこないなと思った。外国へ行ってみたいくなった。
- ・英語は難しいと思いました。枕状溶岩キレイでした。動物とくに青い鳥たちがすごくかわいかったです。
- ・バッファローをあんな近くでみてみたいです！黒人と白人が関係なく、生活しているのが素敵だと思いました。
- ・1600℃の溶岩はどんな感じなのか知りたくなった。自然の動物を死ぬまでに1回は見てみたい。もっと英語を勉強していろいろな国に行きたいと思った。
- ・英語の説明で知らないことを理解するのはむずかしかったけど、面白かったです。巡検の動画見てたらわくわくしました。
- ・前回の英語の授業(去年のもの)よりもとても理解でき、とても聞きやすかった。エレベーターがめちゃくちゃ怖そうでした。
- ・英語で地学を教えることは自分にとってとてもためになった。とても楽しめた時間だった。ぜひ英語で先生と会話をしたいと思った。感謝しています(原文は英語)
- ・英語が大体理解できてよかった。映像が多くて分かりやすかった。
- ・これくらいの速さならまだ理解できるかな
- ・etc. は書き言葉で、話すときは「and so on」というらしいですよ。
- ・日本も鉱物の歴史が長ければ(地質が古ければという意味?) 新たなビジネスにつながっていたのかなと少し思った。
- ・日本語とはまた違って面白かったです。
- ・過冷却のマグマ冷却をもっと知りたいです。
- ・南アフリカに行きたくくなりました

全体を通して、授業に対してポジティブな印象の記述内容が多く、ネガティブな記述は漠然と難しいという内容が若干あった程度。

短時間で準備したにもかかわらず、全体としてはそれなりの評価が得られた。短時間の準備かつまた今回も思いつきの授業であったにも関わらず、生徒全般の評価はまずまず良かったと自負している。

4) 期末テストの問題による授業内容確認

その他、評価のための追加として、期末テストにおいて、この授業内容の一部を以下の形で出題した。ただ、今回も後述するように正答率など正確な量的検討ができていない。

VI. 11月最後の2週でお届けした「南アフリカと初期地球の話」に関する問題(3点×3=9点)。

問い1. 初期地球の鉱物や岩石の年令を SHRIMP と呼ばれる、質量分析器で調べるときに、大変約に立つ鉱物は次のどれか、1つ選べ（正解は④）

- ① ダイヤモンド ② ルビー ③ 水晶 ④ ジルコン

問い2. 次のうち、LHB（後期重爆撃期）のを推定する考えのもとになったのはどれか1つ選べ（正解は④）.

- ① 月の自転と公転および、地球の自転方向が同じである。
② 月には鉄分が少ない。また月の密度は地球の平均密度より小さい。
③ Canup のシミュレーションで、衝突により月が形成されることがわかった。
④ Apollo 計画の探査船が持ち帰った月の溶岩の年代がほぼ38～41億年で一致する。

問い3. 南アフリカの金鉱山の鉱石には Fool's Gold と呼ばれる黄鉄鉱が多く含まれる。

これはなぜか。次から適当な説明を1つ選べ（正解は②）.

- ① 当時の海洋には、シアノバクテリアのはたらきで酸素が発生して、これが鉄分と結びつき大量の鉄鉱床として沈殿した。
② 当時の陸地をおおう大気中には酸素がなく、陸地は還元状態に置かれていた。
③ 金と黄鉄鉱とは相性が良かったので、金鉱石にはたいてい黄鉄鉱を伴った。
④ 金鉱床は当時活発だった隕石衝突で作られたので、多量の黄鉄鉱を伴った。

上記のような簡単な内容記述を選択肢から選ぶ問題とした。結果は正答数の検討を失念して、量的評価ができていないが、問い2は月の形成と間違える生徒が多く、やや難しかった印象がある。

6. さいごに（謝辞に代えて）

今年度は昨年と同様に、選択授業である高Ⅲの地学の授業の一部で英語を用いる授業を実践した。あらかじめ、授業の中で英語の重要性や特徴を平日頃から伝えていたこともあり、今回の英語授業には生徒も事前から好意的であった。特に英語を好きで勉強している生徒には心待ちにしている生徒もいた。ただ、ボリュームが前年度に比べて2倍に増え、映画の時間も入れると実質4倍の長さになった。これが原因で、片方のクラスでは2時間目の地学の授業の方は少し居眠りをする生徒も出てしまった。このあたりはまだ私の英語力や授業力が未熟であったと反省させられる。昨年同様、生徒諸君には拙い筆者の英語授業に付き合ってもらって感謝している。

本授業実践および関連研究は、平成28年度「青松会」研究助成金および筆者の過去の科研費の補助を受けています。感謝し記します。

<引用・参考文献>（主なもののみを記載、その他は資料に銘記）

Clint Eastwood 監督：映画 *Invictus*, Warner Brothers Inc. 2009

Nelson Mandela : *The Long Walk to Freedom*, Bak Bay Books/Little, Brown and Company, 1994, 1995, pp.878

http://www.huffingtonpost.jp/2013/12/20/mandela-death-how-a-prisoner-became-a-legend_n_4478259.html（ネルソン・マンデラ 囚人から伝説へ、2013）

Peter Ward and Joe Kirschvink: *A New History of Life: The Radical New Discoveries about the*

- Origins and Evolution of Life on Earth Reprint edition, 400pp, 2016
- Valley et. Al., 2002 : Cool Early Earth. *Geology*; April 2002; v. 30; no. 4; p. 351-354
https://www.jsps.go.jp/j-grantsinaid/12_kiban/ichiran_26/j-data/h26_j3213_komiya.pdf より「初期地球（45.4～35億年前）の進化モデル」の図
- <http://www.boulder.swri.edu/~marchi/> より“Hadean Earth”と“Bombardment of the Earth during Hadean and Eoarchean era”の動画
- R. Gomes; H. F. Levison; K. Tsiganis; A. Morbidelli (2005). "Origin of the cataclysmic Late Heavy Bombardment period of the terrestrial planets". *Nature*. 435 (7041): 466-9
- Lowe DR ほか : Spherule beds 3.47-3.24 billion years old in the Barberton Greenstone Belt, South Africa: a record of large meteorite impacts and their influence on early crustal and biological evolution. *Astrobiology*. 2003 Spring;3(1):7-48.
- A.P.Nutman, et, al. (2016) : Rapid emergence of life shown by discovery of 3,700-million-year-old microbial structures *Nature* 537, 535-538
- J. Javaux et., al. (2011) : Organic-walled microfossils in 3.2-billion-year-old shallow-marine siliciclastic deposits. *Nature* 463, 934-938

<謝辞>

本授業の資料として、東京大学教授小宮剛氏からは画像の、また Dr.March 氏からは動画使用の快諾を得ました（上記引用文献内）。また 2010 年バーバートン地質巡検案内者の Dr.Dion 氏からは画像のほか、有意義な情報提供をいただきました。これらの方々に感謝申し上げます。

巻末追加資料 :

- ① 第一部「Invictus」鑑賞の際の自作配布プリント「南アフリカ小史」(Wikipedia より編集、原文は B4)
- ② 初期地球当日の配布資料（岩石サンプルのラベルなど）
- ③ 当日の配布 PPT 資料（原文は B 4 カラー印刷、授業で用いた PPT より引用の確認できなかった図やあまり重要でないものははずしてある。また当日までの準備が十分でなく、2 時限目の鉱山巡検の資料は途中までとなっている）

また、筆者の南アフリカ地質巡検の詳細は筆者の生徒用授業参考サイト Web Page を参考にされたい。 http://www.tennoji-h.oku.ed.jp/tennoji/yossi/yossi_explorer.html

資料①

南アフリカ小史 (wikiより重要部分のみ抜きだし) 岡本によるまとめ
2016. 11. 23

1652年 - オランダ東インド会社のヤン・ファン・リーベックの船(ドロメダリア(らくた)号、レイガー号、グッドホープ号など4隻)が南アフリカ南端のケープのテーブル湾に上陸し、四稜郭で五門の大砲を備えた「希望砦」と呼ばれる砦を建設して中継基地とした。それ以来増えていったオランダ移民(ボーア人(ブーア人とも呼ばれる。以下ボーア人で統一))が住民(コイサン族)から土地を奪っていき、ケープ植民地を作った。先住民族はボーア人の社会に吸収されて、カラードと呼ばれる階層を形成する。

1688年ごろ - ナントの勅令の廃止によって弾圧を受けたフランスの清教徒農民ユグノー200家族が国を捨て、ケープに移り住んだ。それにより、内陸への入植がすすむ。マレイ半島やマダガスカルから奴隷が連れてこられる。白人入植者とアフリカの土着民、アジアからの奴隷の間の混血が頻繁に起こる。

1779年 - ケープでカッパル戦争。ボーア人が農地拡大のために、バンツウのゴザ族と戦った。バンツウ系民族(黒人)と白人との最初の戦争が行われる。この後、たびたび戦いが行われ、そのたびに黒人の土地が白人に奪われた。

1795年 - 強大な軍事力を持っていたイギリスがアフリカを支配するためケープを占領。この後、同じ白人のボーア人とイギリス人が対立するようになる。

1832年 - イギリスの司法制度が持ち込まれる。田舎に住み、英語がわからないボーア人は、二等国民として差別される。自らをアフリカーナーと呼ぶようになる(以下ボーア人をアフリカーナーとする)。

以後英国人とボーア人の対立、さらに英国に追われて東に進むボーア人と現地人の戦争などが繰り返される。

1852年 - アフリカーナーが内陸のバル川北岸地域(現在の南アフリカ共和国の首都プレトリアの周辺)にトランスヴァール共和国を建てる。

1867年 - オレンジ自由国の西部グリカランドのキンバリーでダイヤモンド鉱山が発見される。

1872年 - トランスヴァール東部で金が発見される。草原だったその地に生まれた町がヨハネスブルグである。

1880年 - トランスヴァール共和国の独立をめざして、アフリカーナーとイギリスの間で戦争が起こる。第一次アングロ=ボーア戦争。ボーア人の抵抗を抑えるのに失敗した英国は、トランスヴァール独立を承認する。

1886年 - トランスヴァール共和国の中南部、ヨハネスブルグ近くのヴィラトヴァータースランドで、世界最大規模の金鉱山が発見される。

1899年 - 第二次アングロ=ボーア戦争。

1902年5月 - フェリーニヒング条約締結。第二次ボーア戦争終結。トランスヴァール共和国とオレンジ自由国はイギリスの支配下になる。

(ここよりイギリス連邦時代)

1910年 5月31日 - 南アフリカ連邦(自治領)が成立。ハーバード・グラッドストーンが初代総督に、ルイス・ボータが初代首相に就任。

1912年 1月8日 - 南アフリカ居住民族会議(SANNC、現・アフリカ民族会議)がブルームフォンテンで結成。

1923年 - 原住民法が制定される。原住民の都市流入を規制し、都市黒人を郊外の専用居住区に登録・居住させるもの。

1943年 - アフリカ民族会議(ANC)に結集する青年がANC青年同盟を結成。諷刺活動主体の行動から、直接行動組織への移行。

1948年 - 政権を握った国民党(アフリカーナーの農民や都市のブーア・ホワイトを基盤とする政党)は、アパルトヘイト政策を本格的に進めていくようになる。

1949年 - 異人種間結婚禁止法が成立。

1950年 - 人種登録法制定。すべての南アフリカ人を白人、カラード、インド人、アフリカ人という四つの人種に分ける。

1960年 - 黒人に身分証の携帯を義務づけるパス法に反対する人たち69人を殺したシャープビル虐殺事件が起きる。世界中が白人政府に抗議をする。

(アパルトヘイト時代)

1961年

3月15日 - イギリス連邦からの脱退を表明する。

5月31日 - 国名を南アフリカ共和国に改名。共和制国家となる。スワートが大統領に就任する。

アフリカーナー勢力が強まる。白人政府は、人間を肌の色で区別し、人種ごとに異なる権利と義務を定めるアパルトヘイトを押し進める。日本人は、白人ではないにもかかわらず白人として扱うという名目白人とされる。日本は南アフリカ政府や南アフリカ企業と深いつながりを持つことになる。

1962年 - 国連は、各国に任意に武器の対南アフリカ禁輸を求め、外交関係の放棄、共和国製品のボイコット、輸出の全面禁止、南アフリカ船舶・航空機のアクセス拒否を加盟国に求める決議を採択。南アフリカ政府の人種差別政策を監視するために、18カ国代表より構成される「南ア共和国政府のアパルトヘイト政策に関する特別委員会」を設置。ネルソン・マンデラ、密出国と扇動の罪で5年の懲役判決。ロベン島に収監される。

1963年 - 被告がネルソン・マンデラのリボニア裁判が始まる。国連総会、106カ国の満場一致で南アフリカ共和国の政治犯の即時釈放を求める決議。

1976年6月15日 - ソウェト暴動。オランダ語系の言葉でもおもにアフリカーナーが使っている、アフリカーンス語での教育の強制に抗議する高校生たちを警察が銃撃し、128名の死者が出る。

(この間 国際社会からの経済制裁)

1990年2月11日 - 反アパルトヘイトの国際世論や、南アフリカ国内の激しい反アパルトヘイト闘争などに押されて、白人大統領デクラークは、27年間も牢獄に入れられていたANCの黒人指導者ネルソン・マンデラを釈放した。

しかし、ここからマンデラの苦悩が始まる。黒人組織をまとめたANCとそれに激しく対立するインタカ自由党との間で血で血を洗うテロや暗殺が横行する。インタカ自由党は、白人政権や白人極右勢力から秘密裏に支援されていたと言われる。白人側は黒人に政権を取らせるとんでもないことになるかと内外に示すため、この争いを放置する。内戦が迫っているとも予想した。ANC側の怒りが頂点に達したとき、ANCの活動家たちを集めた10万人の集会でマンデラは「武器を捨てて誇りと尊厳を取り戻せ」と演説。激しいブーイングのなか、「リーダーの私についてくるのか否か!」と民衆に迫る。これを期に流血は収拾に向かう(岡本のまとめ)。

アパルトヘイト廃止以降

1994年4月26日-29日 - 全人種参加の総選挙を実施。ANCが62.65%の得票率で勝利する。

5月10日 - ANC 議長のマンドラが大統領に就任する。副大統領には、ANC 副議長のターボ・ムベキと国民党党首のデクラークが就任。英連邦と国連に復帰。新しい憲法を作るための制憲議会が始まる。

1999年6月 - 第2回の総選挙実施。ネルソン・マンデラの任期が満了り、ターボ・ムベキが新しい大統領になった。

2009年5月6日 - 国民議会(下院)は、アフリカ民族会議(ANC)のジェイコブ・ズマ議長を新大統領に選出した。9日に就任し、10日に新内閣が発足する見通し。経済の立て直しや貧困・エイズ問題に取り組む。

(2013年12月5日ネルソン・マンデラ 95歳で死去)

2016年現在、ズマの汚職問題が噴出し、また金などの鉱産物の衰退(+鉱産物の価格低迷)などによる経済不振も伴い、ANCは支持を失いつつある。

資料②

Banded Iron Formation (縞状鉄鉱層)

Barberton (SA), Fig Tree Group (33 億年)

赤い部分は赤鉄鉱 (Hematite, Fe_2O_3)、黒い部分は磁鉄鉱 (Magnetite, Fe_3O_4)、菱鉄鉱 (Siderite, FeCO_3)

白い部分は碧玉 (Jasper, SiO_2) などから成る。

38 億年前くらいから出現し、25 億年ころに最盛期。

その後海洋中の Fe イオンの減少で、急速に見られなくなり、その代わりに大気中に余った酸素が増えだしていく。世界の大きな鉄の鉱山はこの鉄石を露天掘している。

Lipilli Tuff (火山豆石)

Barberton (SA), Fig Tree Group (33 億年)

2~3 mm の球状の集合体。熱い火山灰の周りに深海中の水の中に濃い濃度で溶けていたシリカ分が付加して作られるとされる。このサンプルは同じ地層から出る Spherule (Asteroid Impact で生成) と見分けが付きにくい。わずかに直径が大きいのと、産地が異なるので区別される。

ZrO_2 (ジルコン) の磨いたもの

ヤブーオーションで入手 (それぞれ数百円)

ジルコンは鉱物として、特に花崗岩質の岩石に含まれる。風化に強く、粒のまま変質せずに残りやすい。花崗岩の風化してできる砂岩などにも多数含まれる。そのため、花崗岩質の岩石がどの程度、昔に作られたかを推定するための重要な鉱物である。U やそれが変化してできた Pb を含むやすいため、特に SHRIMP を用いた年代測定でよく材料として用いられる。SHRIMP は 20 μm くらいの部分の年代を測定することができるため、年代測定のスーパースターである。

金鉱石 (Gold Ore)

Witwatersland Tau Tona Mine のもの。

片方は土産物屋で購入、片方は鉱山の切羽でもらったもの。30 億年くらい前の扇状地堆積物が礫岩として堆積。その中に副成分として黄鉄鉱 (Pyrite, FeS_2) が含まれ (Foolish Gold) さらにその副成分として金が顕微鏡サイズで含まれているという。鉱床全体の品位は約 5 g/t で日本の菱刈鉱山の 50~300 g/t と比較すると低いが規模が大きいので、これまで世界の金の採掘量の 1/3 を南アフリカの金がまかかったと言われる。なぜこの時代に黄鉄鉱が岩石中に見られるのかの理由を考えてみよう。

また金の胚胎は後背産地がまだマンツルの分化が不十分であった時代 (35 億年前) のコマチアイトなどの GreenRock で占められ、金の含有量が高かった。その後の侵食でその金が漂砂鉱床として堆積したとされる。

Komatiite (コマチアイト)

Spinifex Creek, Barberton (SA)

まだマンツルが 1600°C と高温であった 35 億年前に溶岩として海底などに噴出。地表近くで温度が冷えて過冷却状態にあったマグマが一気に結晶化したため、サンプルのような Spinifex Texture と呼ばれる長い針状結晶が作られたと考えられる。SiO₂ 24.5% 以下の超苦鉄質岩に属する。Mg が 18% 以上と含有量が高い。世界でコマチアイトが見られる場所は極めて限定的で、初期地球のまだ分化が完成していなかったマンツルの様子を色濃く伝える岩石として興味深い。

Early Earth and South Africa Geology

Yoshio Okamoto

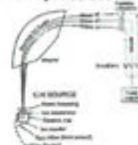
Geoscience-English lecture
29th Nov. 2016
Tennoji High School At OKU

Why recently is the early earth so revealed.

After 1990's: A radiometric dating tool is developed: "SHRIMP, Sensitive high-resolution ion microprobe" → 20 μm Zircon

Also isotope ratio geochemical techniques are advanced: $^{146}\text{Sm}-^{142}\text{Nd}$; $^{182}\text{Hf}-^{182}\text{W}$; $^{142}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$, $^{182}\text{W}/^{184}\text{W}$ → use for evolution of early earth crust and mantle system

<Applying Mass Spectrometry>
A new window is opened for the early earth!



Why South Africa?

As a Geological wonderland

Oldest rocks: Canada, Greenland, Western Australia, most accessible locality!

→ In Japan, no rock of this era.

Economic Ores: Gold, Diamond, Platinum etc.

Gondwana homeland of continental drift

Oldest magma intrusion "Bushveld igneous intrusion"

Meteor impacts Crater

Banded Iron Formation (BIF)

Ancient ice age remnants etc.



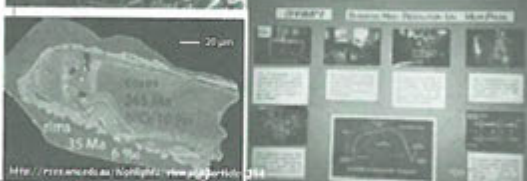
Global distribution of Archean rocks in modern continents. Known (red), suspected (pink). Areas with rocks or zircons older than 3.6 billion years are labelled by name.

<http://www.southafrica.gov.za>



Photos by Prof. Faljko

SHRIMP II
at ANU (Australian National University) Geoscience Lab.



Early Earth (Part 1) Hadean eon

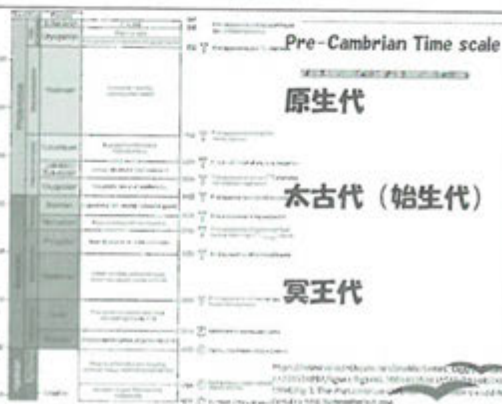


Forming of Earth 4.6Ga

Giant Impact (the birth of Moon) 4.5Ga

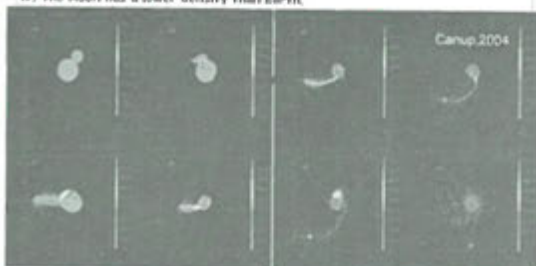
Cool Early Earth 4.4-4.0 Ga

Late Heavy Bombardment (LHB) 3.9 Ga



Supporting evidence includes(wiki)

- Earth's spin and the Moon's orbit have similar orientations.
- Moon samples indicate that the Moon once had a molten surface.
- The Moon has a relatively small iron core.
- The Moon has a lower density than Earth.



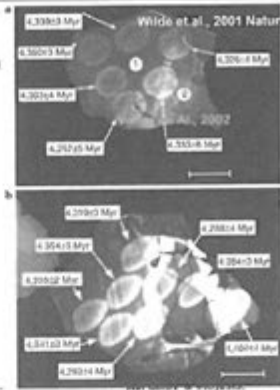
4.4Ga Zircon by SHRIMP II

Oldest mineral
Granitic rocks

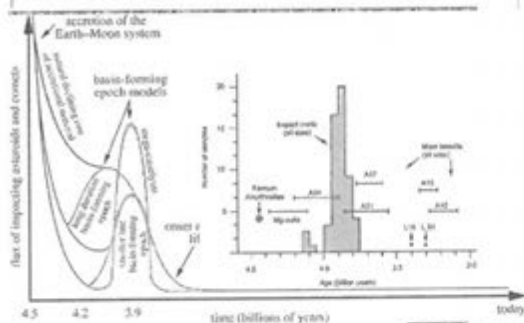
Why Zircon?

Resist against
weathering
U, Pb rich

Lineweaver & Norman, 2008



Late Heavy Bombardment part 2.

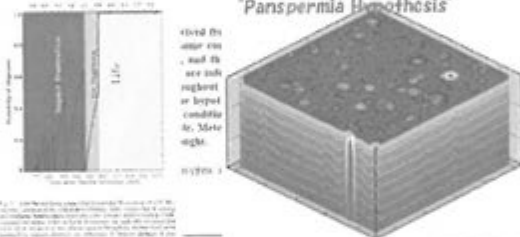


A cool early Earth

John W. Valley*
William H. Peck*
Elizabeth M. King*

Department of Geology and Geophysics, University of Wisconsin, Madison, WI 53706, USA
School of Applied Geology, Curtin University, GPO Box U1987, Perth, Australia

Sterilizing impacts and life
"Panspermia Hypothesis"



<http://www.purdue.edu/~ast06/cataclysmDynamics.html>



Simulation: "Nice model"
R.Gomes et al, Nature 2005
A migration of the giant planets

In this dynamical simulation of the late heavy bombardment, the Sun is in the center, the colored circular rings represent the orbits of the four giant planets, and the green dots represent the disk of planetesimals between 155 AU and 34 AU.

Each panel represents the state of the planetary system at a different time, starting at $t = 100$ million years, Saturn and Jupiter migrate slowly, reaching 2:1 resonance. This scatters Neptune and Uranus. Their extreme migrations scatter planetesimals in a short time interval -- a cataclysm.

The four panels below correspond to four different snapshots taken from the simulations. From left to right: The beginning of planetary migration (100 Myr), just before the beginning of the scattering (18 Myr), just after

Hadean Earth (4.0 Ga)

Hadean Earth

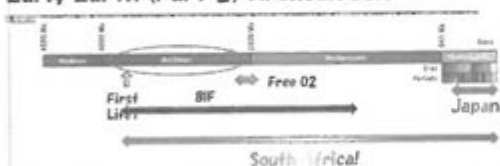
ca. 4 billion years ago



Figure 3. An artistic conception of the early Earth-Moon system. The Earth is pictured as a surface pummeled by large impacts, resulting in extrusion of impact-generated deep-seated magmas onto the surface. At the same time, distal portions of the surface could have retained liquid water. The Moon is pictured as a dry, airless body. The Moon is far less geologically active than the Earth, and its surface and rocks have been spared the effects of bombardment.

Dr. Simone Marchi kindly allow me to use this gif
<http://www.boulder.swr.edu/~marchi/>

Early Earth (Part 2) Archean eon



First life? 3.7-3.5 Ga

Banded Iron Formation (BIF) 3.8 to 1.9 Ga

Free Oxygen 2.5-2.4 Ga

Late Heavy Bombardment (LHB)

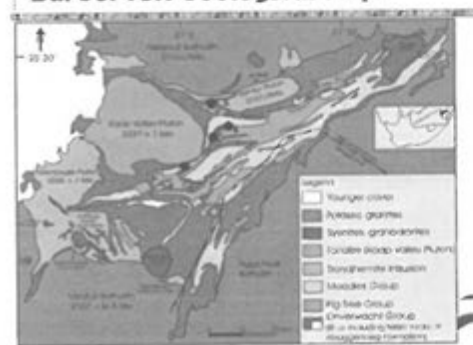
<Evidence>

Moon rocks (Apollo mission):

The ages of impact melts collected at these sites clustered between about 3.8 and 4.1 Ga. The apparent clustering of ages of these led to postulation that the ages record an intense bombardment of the Moon. They called it the "lunar cataclysm" and proposed that it represented a dramatic increase in the rate of bombardment of the Moon around 3.9 Ga.



Barberton Geological Map



Members



Williams 2000: Australia 0.6Ga

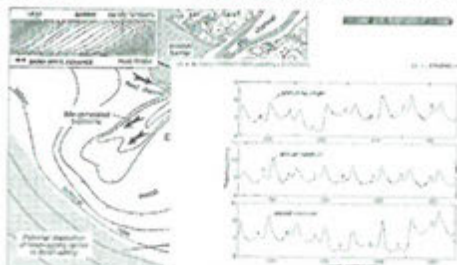


Figure 3. Theoretical sedimentary sequences of a 1000 km wide continental shelf... (text partially obscured)

Barberton



Verify the Giant Impact Theory

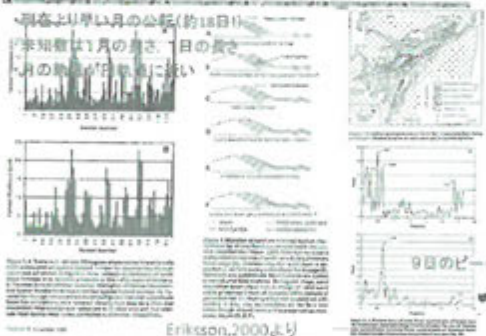
In the Archean eon, Moon was more closer to earth. So, these periods were shorter than today. How to examine? The tidal records in the sediments reveal the secret.

length of day (LOD) = ?
Length of month (LOM) = ?

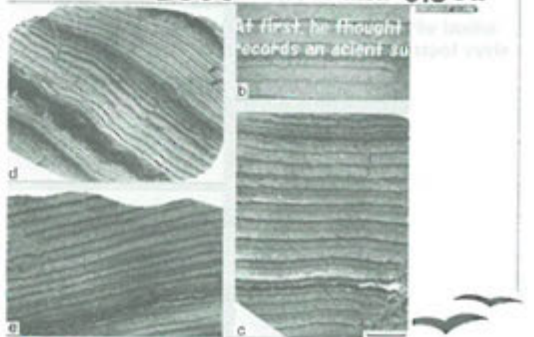
Moodies Group (3.2Gy) shallow marine tidal rhythmites South Africa 2010 At Barberton



Moodies Group (3.2Gy) Analysis of tidal rhythmites



Williams 2000: Australia 0.6Ga



Komatilite: A Rock from a hot mantle



Komatiite basalt: Pillow Lava



Question:
What does these Komatiite mean?

High temp. (1600°C) of early mantle
Super cooling -> Spinifex texture

First Oceanic Crust!

High temp. (1600°C) of early mantle

Super cooling -> Spinifex texture



Special thanks to Prof. Konishi (OKU)

A Spherule sample at Barberton, South Africa (3.5-3.2Ga)



Pictures by Tony Ferrar
Dr. Dion's friend
He sent me these pictures.

Sample from Fig Tree (3.4 Ga Barberton)

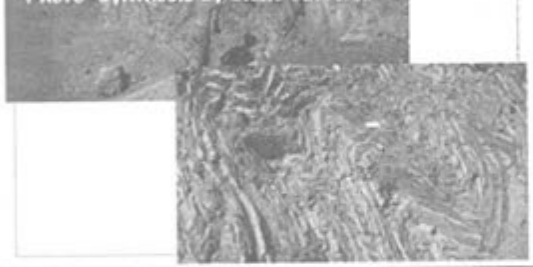
A Bio-mat sample at Barberton, South Africa (3.2 Ga)



Javaux et. al. Nature 2010

Banded iron Formation (Sam)

Oxygen in the Ocean
Photo-synthesis by Cyanobacteria



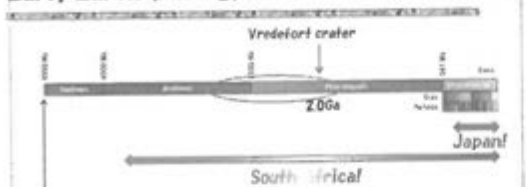
One scene, at the Kruger national park, South Africa

- We enjoyed the game drive in the Kruger National Park
- Our driver opened the both side doors to view and made us to take picture easily...
- Unfortunately we came across a patrol car, we got stopped.
- Two young black police men walked to our car. One police man said to our driver Dr. Dion: "You commit a traffic violation. The rule prohibit driving car with the door open. Opening the door is very dangerous. Because the wild animals running into the car!"
- Then we all asked to the police: "Please forgive our violation, Could you just let him off this one time?"
- Of course their answer was "NO!". Our driver had flicketed.
- However, at that time I was deeply moved this slight! - - - - -

Question:
Why was I deeply moved at that time?



Early Earth (Part 3) Archean to Proterozoic



Gold deposit 3.0Ga
Chromium and Platinum: Bushveld Igneous Complex (BIC) 2.0Ga
Vredefort impact crater 2.0Ga
Diamonds Kimberlite 1.2-0.1 Ga
Coal 0.25 Ga

A Geoscience Class lectured in English Part.3

—Early Earth and South Africa Geology—

OKAMOTO Yoshio

The South African geology is quite different from Japanese one and reserves a lot of outcrops related with the early earth geo-history. Through my three times visits and field trips in South Africa I tried to carried out a special geoscience class in English about early earth. The purpose of my lecture is 1) Modern unique history of South Africa. 2) To weave a story of early earth using South Africa field trip pictures and movies 3) Importance of English as a official language in the scientific field etc. This year I used a popular movie "Invictus" with English scripts for introduction of these classes. To watch this movie strongly inspires our student to think "Diversity" as the kye tone of "Rainbow Nation", a key word for 21th century. The evaluation of these class is examined with a questionnaire just after the classes. The purpose of these class is positively evaluated from the questionnaire. The outline of presentation, resumes and resources of above classes are attached as an appendix of this manuscript.

Key Words: Early Earth, South Africa, geology, high school, English

定期テストの余白エッセイ

「試験に出ない地学 Series (2016 年度完結編)」

本篇＋資料 Part 1

おか もと よし お
岡 本 義 雄

抄録：地学の教員として公立高校に就職してから、定期試験の最後の余白に地学の内容のエッセイを書き留めてきた。すでに中間総括編を本研究集録に記してからさらに10年の歳月が経った。この春に国内での高校教員生活にピリオドを打つにあたって、その完結編として2006年から2016年に渡る続編をまとめることにした。なお本稿ではエッセイ本編のみの記載として、その主意については中間編での記録に留めた。読者に感想を委ねたい。

キーワード：地学、試験に出ない、エッセイ、定期試験、高校

<完結編を綴るにあたって>

2005年に中間総括編を書いてから早10年が過ぎ、ようやく完結編を送り出すことができる段取りとなった。中間総括編以降では、比較的最近の地球科学の話題を取り扱うことが増えてきた。それだけ近年の地球科学の進展が急速で、話題にことかかなかったということかも知れない。今回の総括編では、分析はさておいて、本編でエッセイを紹介したい。それぞれの文章の意味や解析は読者諸氏におまかせすることにした。引用の原稿を調べる過程で最果タヒや9mm Parabellum Bulletといった若い才能にも触れることができた。こちらの方がこのエッセイを書き続けた一番の収穫であったかも知れない。これらのライフワークを与えていただいたこれまで世話になった諸氏にも感謝するとともに、誰よりも筆者のこのような戯れに付き合ってくれたその年々の生徒諸君に感謝したい。なおこれらのエッセイは筆者個人のWebサイト <http://www.yossi-okamoto.net> にも掲載している。

ここより資料：(長いのでフォントを落として、添付します)

このシリーズもいよいよ最終回を迎えた。この10年ずっと地震の予知の難しさを関連論文を読みながら検討してきた。一つの結論にたどりついた。つまり自然現象には決定論的に予測が可能なものとしていないものがあるという歴然とした事実である。一方最近のAIの興隆でこのような未来予測が可能になるのではないかとする安易な楽観論もある。他方でこのAIは人類に惨禍をもたらすという悲観論に陥る人々がいる。その是非はさておき、AIの発明は歴史的には、カンブリア爆発時の「眼の誕生」(A. パーカー, 2006)に比すべき大発明だという指摘もなされている(例えば松尾, 2015)。

もしそれが正しいなら我々はこのカンブリア爆発の真相を調べることも未来予測の重要なカギとなることが考えられる。この生物進化上最大の謎である、「カンブリア紀の生物爆発」については、バージェス頁岩の再評価(例えばグールド, 1991)のあと、続いて発見された中国雲南省の「澄江動物群」の解析などで、それまで突然地史に降って現れたかに見える眼を持つ生物の誕生以前にさまざまな中間段階があるらしいことが指摘されてきている。このあたりの経緯は、上記の「眼の誕生」に詳しい。しかし分子時計の解析は化石には適用できないため、現在の形態の変化のみを追いかける手法での進化の詳細説明は誤った結論を導く可能性も指摘されている(宇佐美, 2008)。

筆者は従来このようなデータが集積しつつある進化の過程の推論にもAI自身がつかえるのではないかと漠然と期待していたが、そのAIであっても「眼の誕生」の真相に至ることができないとすると、我々は未来予測どころか、過去の予測すら原理的に不可能という結論が浮かんでくる。科学の進歩は常に未来予測と隣り合わせで発展してきた。予測科学という近代科学の側面がいかに発揮されたのは物理学と天文学の分野だと思う。日蝕の予測は古代文明のころより素晴らしい精度でなされてきた。衛星「はやぶさ」は永遠に見える彼方から、小惑星の塵をふとくろに奇跡の帰還を果たした。そうした分野から見ると、地球科学や生物学の分野はとて遅れた科学の分野に見られた時期があるし、今でもそう思われているくらいはある。予測が成り立たない分野は科学ではないという物理や化学分野の人に特有の「決定論的世界観」に引きずられたのが大きいと考える。

AIが用いる方法論には「遺伝的アルゴリズム」や「ディープラーニング」など、生物進化や脳のネットワークをまねる手法が流行りである。しかしその手法がノイマン型逐次計算のプログラムを採用する限り、人間の能力を越える日はまだまだ遠いようにも思える。前者では最適化を求める数学関数やパラメータは人間の選択に依存するし、後者では質のよいビッグデータを必要とする。ビッグデータは流行りであるが、どうやってノイズとシグナルを見分けるのかを考えると、最近のFakeニュースの盛り上がりを見るとまだまだ人間にすらその見分けは難しいのだと思われてくる。

自由競争が行き着いた究極の形態であるグローバリズムの展開の果てに、世界はもう一度ナショナルな方向に舵を切ろうとする試みがさかんである。グローバリズムはすでに時代遅れなのか、あるいはその向こうに再びナショナルな血なまぐさい時代がとぐろを巻いているのか。

かつてソクラテスは「我々は知らないということを知っている」という名言を投げかけた。まさに我々の次に行くことはこの謙虚な立場にふたたび立ち返って、過去を眺め未来を考えることしかないような気がする。それまでこのあわただしい世界が待っているという条件つきではあるが――

長らく続けてきた「試験に出ない地学 Series」はこのようにとりともめない2017年初春の感想で幕を降ろしたいと今は考えている

乾いた冬のアドレスがしだいかすかになる――

見知らぬ蒼い星雲が大きく息をつく夜
僕は失くした青春の分だけ わずかに
無口になった日記を綴る
少し他人になったような表情で
教科書をしまう君に心のなかで挨拶を送るために――
それは
1つのトータルを通過する季節であった――

PS. 一年間、みんなどうも有難う (「試験に出ない地学 Series」最初の頃の詩より)

- ※ なお最終章はこの原稿のために、書き直してあります (生徒用は別の形になっています)。
※ 筆者のミスで2016年の原稿が抜け落ちています。(個人サイトでご覧ください)

試験に出ない地学 Series. 2015年エルニーニョ暖冬編 「水月湖の7万年の歳と気候変動」

福井県の三方五湖(みかたごこ)は海につながる5つの湖から構成される。この三方五湖の中心にある水月湖はこの三方五湖の中心にある最大の面積の湖ではあるが観光地としてはそれほど人気があるわけでもない。ところが近年この知られざる湖の名前が第四紀の研究をする研究者の間でにわか注目を浴び始めた。wikipediaに拠れば「水月湖は水深が深く湖内に直接流れ込む大きな河川がないため、その流入などで湖底の堆積物がかき乱されることがないため、年縞が1枚ずつきれいに積み重なっている状態が保たれている。また、湖底に酸素がないため生物が生息しないことで、年縞がそのまま残っていたこと。さらに好条件となった背景には湖周辺の断層の影響で、湖の底面が掘下がる沈降現象が続いており、湖底に毎年堆積物が積もって侵食して湖が埋まらないという特異な条件が揃っており、水月湖の年縞は現在では「奇跡の堆積物」と呼ばれる。」と書かれている。年縞(varve)と呼ばれるのは季節による堆積物の種類や量の違いで、湖底の堆積物に見事な1mmに満たない縞模様が1年ごとに作られる、いわば木の年輪のような縞をことをさす。

この湖底の堆積物に着目したニューカッスル大学教授の中川毅さんの研究グループが、恩師の始めた1991年の手法を引き継いで2006年より、新たな湖底ボーリングを始めた。中川さんの研究室の英国とドイツのとても辛抱強い学生が、ボーリングで得られた年縞を顕微鏡下で1年毎に丹念に数えるという、信じられないような地味で繊細で大変な仕事を完成させたという。その結果実に7万年に渡る年縞の読み取りデータが得られ、その読み取りの誤差は5万年でわずか170年にしかすぎないという。これは従来得られていた14C法による放射年代決定の精度をはるかに凌駕する画期的な年代決定法となった。

さらにこの話は時間スケールの正確な目盛を作っただけでは終わらなかった。もともと中川さんの専門は花粉分析であり、このような地層に残された植物の花粉を丹念に分析することでその地層の堆積した時代の気候変動を推定できる。その精度がいわば一挙に年スケールにまで高まったことを意味する。これらの研究から中川さんたちは、日本における氷河期から現在の間氷期にいたる気温変化をそれこそ、1年のスケールで明らかにしつつある。その結果これまで考えられていた時間スケールよりもっと急激に過去の気温が変動してきたことがわかってきた。これは特に現在進行中の人類が排出したCO₂の影響での地球温暖化の行くつく果てがどうなるのかという予測とも密接に関係する。「未来を知るにはまず過去を知る」という地球科学の根本原理がここでも生きている。

ともあれ、この中川さんの偉大な研究のブレークスルーを支えたのは驚くことに日本の科学予算ではなく、英国の科学予算だったという。まだ無名の研究者に過ぎなかった中川さんの研究に最初にボ

ンと1000万円を与え、さらに最初のボーリングで予算を使い果たした。彼に今度はさらに1億円の予算を上乗せしてくれたという。基礎科学に強い関心を示す英国の度量の広さ、懐の深さをあらためて考えさせられるエピソードと言える。

中川さんたちのグループの研究成果をwikipediaは続けて「この水月湖の調査は1991年(平成3年)から開始された。2006年(平成18年)に始まったボーリング調査では湖底の堆積物は70m以上の深度まで及ぶため技術的に1本の連続した試料として掘り出すことが不可能なため、最終的に別々な4カ所の穴からそれぞれ長さ1m程度のコア(芯)を掘り出し縞模様のパターンマッチング(採取場所の異なる複数の短いコアを連続にする為の作業)を行い1本の土の層に復元する事で総延長70mにも及ぶコアが掘削された。これは過去約16万年分の連続した土を採取できたこととなり、その1mmの抜けもない完全連続したこのコアサンプルのことを「SG06」(水月湖06年の略号)と命名した。以降、日本、イギリス、ドイツなどの共同研究チームが分析を進めて放射性炭素14、炭素12の比率を調べることで、11,200年-52,800年前にわたる過去約5万年間の放射性炭素年代測定を行ないその研究成果を学術雑誌サイエンス誌に発表した。過去に例をみない誤差が約5万年で170年程度という精度の高さからこの水月湖の年縞からのデータは2012年(平成24年)7月13日にフランスのユネスコ本部で開催された世界放射性炭素会議総会(International Radiocarbon Conference)で地質学的年代決定での事実上の世界標準となった。」と紹介している。福井県のあまり知られていない湖の名前が地学の教科書に載る日もそう遠くない。

この稿、wikipediaおよび、中川さんの日立環境財団主催の講演記録
http://www.hitachi-zaidan.org/kankyo/docdata/work04_18.pdfに拠った。

—— これをもって我々の旅は終わる。しかし物語は終わらない、なぜなら数学に終わりはないからだ。——「ケプラー予想」ジョージ・G・スピーロ / 青木訳 / 新潮文庫より

試験に出ない地学 Series2015 年中秋編 「リチウム存在比の謎 -アマチュア天文家とすばる望遠鏡のコラボ-

近年スマホやドローンが飛躍的進歩を遂げた裏には、デジタル革命だけでなく、電池の革新がある。このような最近の電池に多用されるリチウムは実は軽元素であるにもかかわらず地球上はおろか、宇宙でも存在比が少ない元素として知られる。OSiAlFeCaNaKMg(「おしあてかそうかま」と覚える)で知られるクラーク数は地球表層を作る元素ランキングであるが、そこではタングステンに次ぐ27位。さらに宇宙を構成する元素では30番目の少なさとなる。図がそのランキングで、これを見るとほぼ元素番号の順に存在比が減少していることがよくわかる(図は省略。産業総合技術研究所サイト https://staff.aist.go.jp/a.ohta/japanese/study/REE_ex_es1.htm より)

ところがさらに細かく見るとLi,Be,Bが極端に少なく、これらの軽元素の部分で深い谷間ができている。あとは若干の例外を除いて偶数番号で多く、奇数番号で少ないということが見て取れる。これは一体どういうことなのか?この存在比を巡る議論は宇宙の創世の際のビッグバンによる水素とヘリウムの合成と、その後の恒星の進化におけるエネルギー源を巡る議論とクロスする。ビッグバン(宇宙創世時の大爆発)では水素とヘリウムが多量に形成されるが、それより重い元素はリチウム止まりとなることが理論から知られている。そうするとそれより重い元素はその後の恒星の内部とくに、進化した赤色巨星の内部の複雑な核融合反応による元素の合成で説明されている。原子番号の多い方の元素の存在量が少なくなるのは、質量が重く、巨星の果てまで進化する星が少なくなること呼応する。さらに鉄以降の元素の存在比が一段と低下するのも、核融合における最終生成物としての安定した鉄と、それゆえにそれを芯を持った赤色巨星はもう中心に熟発生がなくなり、最後に重力崩壊してしま

う。鉄以降の元素はその数少ない巨大赤色巨星の超新星爆発の超高温の元でしか合成されないという機構で説明される。

それでは軽元素として特異なさっきのLi, Be, B 3兄弟の存在比の少なさはどこから来るのか？1つはヘリウムが2個合わさってできるはずの質量数が8個前後で構成される原子が極めて不安定で、特に高温の恒星の内部では出来たはしから壊れるためと説明される。それではそれより重い炭素などはどうしてできるのか？ヘリウムが3個偶然衝突してできる炭素（質量数約12）は極めて安定でこの元素は作られるとすぐに安定して壊れない、つまり元素の壁はいとも簡単に炭素によって乗り越えられるとするとこの谷間のできる理由も説明できる。

ところが宇宙の進化の過程を巡る研究でおもしろい発見があった。炭素以降の元素の存在比は宇宙の年齢とともに直線的に増えてきたことがわかっている。新しい星ほど金属イオンの吸収線が濃くなるというあの星の種族の話につながる。ところがLiの存在比は宇宙の年齢の途中まではビッグバンからあまり変わらず、最近の50億年ほどで突然徐々に増加を始めたことがわかったのだ。なぜLiの存在量だけは宇宙の年齢と比例しないのか？これを説明するため、これまで様々なLi創成説が現れては消えた。最後に有力になったのがある程度年をとったあるタイプの新星が爆発（超新星よりは小さな爆発）をするときに、このLiが合成されるのではないかと推論であった。このタイプの新星は年老いた星々である。つまり宇宙がある年齢になったころからようやく新星として爆発を始める。時限爆弾のように、宇宙のあるときから着々と時を刻み初め、ある瞬間から次々と爆発すればこの途中からのLiの量の増加を説明できる。しかしその理論を証明する観測はなかなか難しかった。

この謎を偶然解く僥倖に恵まれたのが大阪教育大学の定金先生が率いる研究グループだった。奇しくも同じ日本人のアマチュア天文家多胡明さんが2013年いるか座に発見した新星にすぐにすばる望遠鏡を向けた。そして新星のスペクトルの中に質量数7のBeのスペクトル線を見出す。この原子はその後53日の半減期を経てLiに変わることがわかっている。つまり彼らはLiのいわば卵を新星の爆発のガスの中に世界で初めて見つけたということになる。しかも定量的な推定からその生成量は従来からの理論予想の実に6倍以上におよび、新星が宇宙のLi製造工場であることがわかった。この成果は今年2月にNatureに発表され内外の注目を浴びた。元素の創成という地味な分野でありながら、宇宙の誕生と進化の秘密のペールに迫る発見が日本のアマチュア天文家と研究グループによりなされたということを今回は紹介した。

この話はこの新星の研究を自ら担われた大阪教育大学特任教授の定金先生に教えていただいたことが元になっている。また資料は右サイトに掲げた。http://www.naoj.org/Pressrelease/2015/02/18/li_index.html

— シルレア紀の地層は春（とほ）きそのかみを海の鯨（さそり）の我もすみけむ — 沼津市千本公園の明石海人の歌碑 ハンセン病により昭和14年に夭折した天才歌人明石海人による一首（この短歌の存在は天文学の研究者 磯部洋明さんのTwitterにより知りました。感謝します）

試験に出ない地学 Series エルニーニョ冷夏長梅雨編 「西ノ島新島と安山岩の起源」

前触れも少なく、突然噴火し60余名の死者を出した昨年夏の御岳の噴火以来、先日突然噴火した口永良部島、800年ぶりの水蒸気爆発を見せた箱根大湧谷など、久々に本州の火山がニュースに登場することが増えた。しかし2013年11月以来、人知れず大規模な火山活動で新島を形成しつつある西ノ島新島がニュースに載ることは少ない。火山活動の規模としてはニュースに報道された一連の本州の火山活動の比ではなく、着実に溶岩を噴出して現在も成長を続けている。この西ノ島新島に火山や岩石学の研究者は注目している。それはこの火山島を構成する溶岩がすべてSiO₂（ケイ酸）量が60%

前後の非常に均質な「安山岩」であるということだそうである。

安山岩は本来、大陸や本州のような巨大な島弧を形成する火山岩であり、海洋の真ん中の火山島に噴出することは極めて珍しいとされる。通常海洋の島弧の溶岩は上部マントルで生じた初生マグマである玄武岩の溶岩が普通である。ハワイにしても、伊豆の島弧のうち、三宅島、八丈島、青ヶ島、鳥島などはすべて玄武岩マグマが噴出して形成された火山島である。それでは西ノ島の地殻には大陸のように厚い特徴があるかということと事実は全く逆で、小笠原弧の地殻の厚みは、伊豆の島弧の上記の三宅島などに比べ、15-20kmとむしろ薄い。そうすると何が一体安山岩質マグマを生じさせているのかということが、岩石学上の最大の問題となる。

もともと世界に存在する火山はSiO₂（シリカ）量が約48-70%と幅広く多様性に富んでいる。この火山岩の多様性の根拠を問う研究は、1920年代に当時のカーネギー科学研究所地球物理研究室の実験岩石学者N.L. Bowenに始まる。彼の玄武岩マグマを本源マグマとし、マグマ溜りの中での結晶分分化作用で様々な組成のマグマが生じるという説明はその美しさから多くの研究者を魅了し、その後の岩石学の基礎となる。さらにその後、岩石学は進歩し、現在では玄武岩質の本源マグマが上昇の過程で、様々な物質と反応したり、混ざったりして多様な組成のマグマも生じるという形に修正されてきている。また後述するように、海洋地殻がマントルの中で溶けたマグマとマントルが反応し、高いMg濃度の安山岩が作られることもわかってきた。しかしこの西ノ島新島の安山岩の起源はそれらの岩石学の研究から来る理念に真っ向から挑戦している課題だという。

安山岩といえば、大阪の地元二上山の山麓のサヌカイトは有名である。正式名称は「古銅輝石安山岩」。この岩石と類似の岩石を小豆島で学生時代から研究し、上記の新しい安山岩マグマの生成の研究をしている。本校卒業生の岩石学者巽好幸さん（京都大学、JAMSTECを経て現在神戸大学大学院理学研究科教授）は、安山岩は太陽系の8つの惑星のうち、地球にのみ多量に存在する特有の岩石で、「地球は安山岩の星」と名づけられている。そしてその成因には広大な海洋の存在が深く関わると語っておられる。

巽さんの研究によれば小豆島のサヌカイト（サヌカイトの一種）は高いMgを含み、直接マントル起源のマグマが固まったものだという。それに対して海の中に誕生した西ノ島新島の安山岩はMgの割合は低く典型的な大陸地殻起源の安山岩らしい。陸に囲まれた小豆島の過去の溶岩がマントル起源で、海の真ん中の西ノ島新島の溶岩が大陸起源というのは地球科学における新しい謎の一つであると筆者には思える。火山活動がおさまり研究者が上陸すれば、今回の活動の溶岩も採集が始まる。その溶岩からBowenの地道な人工マグマ晶出実験からはや100年近く、安山岩をめぐるあらたな岩石学のブレークスルーが今後発展することを期待したい。

この稿、JAMATEC ニュース http://www.jamstec.go.jp/j/jamstec_news/20140612/
<http://www.town.shodoshima.lg.jp/oshirase/tyoutyou-semi/PDF/isinosinpo-tatumikyoujyusiryou.pdf> に拠った。

—— 錬金術のあらゆる幻想的な話（＜黒の術＞は地下への下降、＜白の術＞は放電）は、単なるシンボルにすぎない—— 「フーコーの振り子」ウンベルト・エーコ著

試験に出ない地学 Series2015 年初夏天気異変編 「デカン高原の洪水玄武岩」

昨年秋に、地学教育の国際学会でインドに出かけた。その学会に付帯する野外巡検でデカン高原の中心部を旅した。デカン高原は世界で最大規模の洪水玄武岩の模式地の一つである。洪水玄武岩はデカン高原のほかシベリア、南アフリカ、米国コロンビア川沿岸などで知られている。洪水玄武岩と呼ばれるのは、何よりその噴出の規模の大きさ（デカン高原で噴出した玄武岩の面積は日本の1.5倍

もある)と、その噴出した溶岩が数百 km にわたって、水平に洪水のようにゆるやかに流れたという流動性の良さから命名されている。さらに、このデカンの玄武岩は噴出した時代はちょうど、中生代白亜紀の終わりと次の新生代第三紀の初めの時期にまたがっている。そこからこの地球規模の大噴火が、気候や大気に影響を与えて恐竜やアンモナイトを含む中生代の数多くの生物の絶滅につながったという生物大量絶滅 (mass extinction) の原因としての「火山噴火起源説」が出てくる。1980年に Alvarez 親子らの隕石衝突説が登場し一世風靡してからは、この「火山説」はやや旗色が悪くなりつつあるもの、未だに強硬にこの説を主張する研究者も複数いる。

現在の火山活動からは想像もつかないこのような大規模な火山活動が地球の歴史で何度か生じている理由はなぜか、世界の火山や岩石の専門家がこの謎に挑んでいる。デカン高原の玄武岩を詳しく調べたある研究によれば、その玄武岩を作ったマグマはマントルが直接溶けて上昇するというメカニズムでは説明できない様々な問題をふくんでいるという。むしろ何らかの地殻物質とりわけ海洋地殻の一部が、マントル内で何らかの原因で大量に溶けて生じたという特徴を含むそうである。そうすると膨大な洪水玄武岩をもたらしたのは、海溝部で大陸プレートの地下に沈み込んだ海洋プレートの一部ということになる。熱いマグマを生じさせるためには、海洋の底でたっぷり水を含んだ海洋地殻が必要であったというのは何か皮肉なようにも思える。しかし海嶺から噴き出してはるかに時を越え、やがて海溝下に沈み込んだ岩石がやがてマントル内で再び溶かされて、また地上に戻るといふ壮大な話

は地球科学における興味深い輪廻物語のようにも思えてくる。

何層にも積み重なった玄武岩の大地を古代の人々が刻んだ石窟寺院の跡がその山中に残されている。狭い谷間の寺院は競うように洪水玄武岩の溶岩を水平に掘って造られている。この谷だけで実に 34 の石窟寺院が残されている。暗い玄武岩をひたすら手で掘りすすんだという寺院の内部の構造、さらに内部の壁には精緻に刻まれた仏像などの像が次から次へと作られた時代ごとに出てくる。まるで古代の宗教空間に迷い込んだようなそのほの暗い空間は、我々の近代文明という垢にまみれた感性を一旦リセットするのにふさわしい空間でもあった。興味深いのはその様式が古代仏教からはじまり、現在全盛となるヒンズー教、さらに極端な苦行禁欲主義をとるジャイナ教へとわずかな場所の違いで変化していくことにある。一体誰が何のためにこのような荘厳な遺跡を残したのか。そしてその遺跡が破壊を免れ現在も静かに残されているのか。インドという国の計りがたい奥深さを感じた瞬間であった。中央のヒンズー教の寺院の中心には、世界をつかさどる破壊の神「シバ神」の彫像があった。思ったほどの荘厳さはなく、像の前でおどけて写真のポーズを撮る地元の少年が印象的であった。今でも恐竜が「火山噴火」で滅んだという説を唱える専門書には、このシバ神像が載せられている。果たして恐竜を絶滅させたのは本当に「シバの神」であったのかどうか？寺院の建立の謎とともに、今日の地球科学の最大の謎の一つがまた深くなっていくのを、その時感じていた。

——— 監視カメラから抜け出した 革命家達は今どこに 国境の河を渡る時 ためらったロバは天国
に ——— 詩：菅原卓郎 曲：滝善充 「9mm Parabellum Bullet」 Battle March より

試験に出ない地学 Series 2014 年暖秋 番外編 私の「ミラクルインド」紀行

インドにはどうしても行かなければならなかった。大陸移動前の Gondwana 大陸の破片と、恐竜を絶滅させた主原因と「火山論者」が唱えるデカン高原の洪水玄武岩を見るまでは死ねないと思っていた。もとより様々な都市伝説は流布していた。3日滞在すると腹を壊す。電車は屋根まで満員。人を見ると嘘つきと思え。などなど。そのほとんどは当然伝説に過ぎなかった。しかし、この目で見なければ解らなかったものも多い。旅行前の会議ビザ取得のための格闘をやっと終えて、静かに始まった 2 週間の旅行はまさに「ミラクルインド」そのものであった。インドから帰ってきて、誰にも「イ

ンドどうだった？」と聞かれた。私は「日本にないものがすべてある」「日本が見失ったものがまだ残っている」と答えることにした。

学会3日目、ゴンドワナ大陸の破片の上に広がるハイデラバード市外の花崗岩の地質基盤を訪ねる1日巡検に出た。25億年の時を刻むピンク色の巨晶花崗岩やそれに貫入されたより塩基性の黒いゼノリス（捕獲岩）の構造に感激しながら、デラックスバスで帰途についた。休憩に立ち寄ったレストランとかで地元の人たちに囲まれて一緒に写真を撮られることが多くなる。外国人観光客がまだ珍しい国なのだ。帰りのバスで隣り合った学会ボランティアの男子大学院生に、1時間滔々と人生に関する哲学的自説をインド英語で説かれる。思想と宗教はこの国の血であり肉である。とその時感じた。ホテルに近い新市街には、マイクロソフトのインド法人の巨大な四角いビルと広大な敷地。ゲートの数は優に4つを数えた。別名ITバードの整備された道路を車とリキシャと単車と人が行き交う。しかしこの日までは大学と5つ星ホテルの往復がほとんどで、それほどカルチャーショックを感じていなかった。

学会最終日、半日観光ということで、小さなバスで市のはずれの古い由緒ある城のような砦（Fort）を訪ねたあと、狭い旧市街を巡った。交差点にあらゆる方向から車がリキシャが単車が人が、そして犬や時には牛が迫ってくる。バスの警笛は鳴りっぱなし。見ればバスの扉も開きっぱなし。信号のない交差点に殺到する交通がしかしなぜか、混沌としたまうまく流れていく。

Too many people. Too much traffic——。しばらく声をのんで交通の行く末をみていて、ふと気づいたことがあった。混沌のなかに流れる不可思議なルール。これと同じものをどこかで読んだことがあった。複雑系の本に書かれていた『自己組織化臨界現象』。私がハイデラバード旧市街でみた交通はまさにこの典型例だった。個々のエージェントは近隣との簡単なルールのみで動きを決定する。しかし全体として、中央制御なしでもシステムの秩序は自発的、かつ低エネルギーで保たれる。私の頭のなかにすでにこの交通システムを計算機で再現するシナリオができていた。

市内に戻るバスはさらに平日午後の旧市街の隘路を警笛とともに巡る。次第にヒジャブや黒いグルカの女性が増えてくる。男は白服白帽が目立ち始める。紛れもなくムスリム地区のまっただ中。これがインドであることを忘れそうな界限。BEEF SHOPの看板を見つけ瞠目。目的の市中心部の4本の塔を巡るときには、コーランを朗詠するサイレンのような音楽があたりの夕暮れに溶け込み始めた。帰りのバスは再び喧騒とした市街を駈に向う。バスの窓にバイク、電化製品、服飾、工具、食器、金属材料、日用雑貨——無限軌道のように、次から次へと物を売る店が続いている。こんな規模の大きな商店街を私は見たことがない。Too many shops. この街にはショッピングモールがほとんどない。対面販売の店ばかりで値札がないので、観光客は買い物に困るようになっている。

最後の5日間、待望のデカン高原の地質巡検に出かけた。英国、米国、イタリア、ドイツ、ブラジル、そして日本の計10名。まず夜行寝台列車で西北へ10時間。駅のプラットフォームにはおきまりの犬まで歩いている。マイクロバスで出かけたのは、3世紀以来数百年にわたり山中に築かれ、そして放置された『エローラ石窟寺院』。洪水玄武岩の溶岩流を切り出して見事な洞窟寺院が刻まれている世界遺産。卑弥呼の時代の古代インドの芸術的な建築に目を眩る。仏教、ヒンズー教、ジャイナ教と狭い空間に多様な宗教遺産が共存している。まさに多様なインド史の見本市のような所。玄武岩に刻まれた在りし日のラーマヤナの碑文と神々しいシバ神の像に、ここはひよっとするとあの世なのかとほほを思わずつねるような感覚に陥った。

デカン高原の中心部、溶岩流の丘にずらりと風力発電の風車が並び、近くでは田舎の街のたたずまいがずっと続く。Too many people. 祭りの格好をした老若男女が楽しそうに集う。道路際の随所に水道工事用の大きな土管が放り出されている。あの「どらえもんとのび太」の仲間たちが1970年代を遊んだ公園に必ず置いてあった土管だ。日本で最近みないと思ってたらちゃんとインドに置いて

あった。

デカン高原の一番重要な溶岩流の露頭で撮った私の写真は、わざわざ高い1眼レフと超広角レンズを持っていったのにほとんど使い物にならなかった。精緻な日本の技術者がISO=12800というおよそ日常生活では使わない高性能な機能を盛り込んだために、勝手に設定を替えた高級カメラはザラザラの1000円で買えるカメラ以下の画像しか残さないだの箱になり果てた。iPhoneが売れて日本のデジカメがなぜ売れないか今度こそよくわかった。

巡検最終日、案内者の女性地質学者がここをぜひ見せたいと1000mの標高差でアラビア湾に屹立するデカン高原の西の端の崖に案内してくれた。残念ながら雨季の最後に計ったようにこの場所だけで強い雨に見舞われた。雲がなければ素晴らしい崖の展望がここから見えるのにと、彼女はまるで自分が悪いかのように落ち込んで申し訳ないと謝った。いえいえ、これでもう一度インドに戻って来なければいけない理由ができましたよ、と私はふとほほ笑んだ。その後バスは渋滞で遅れた時間を取り戻すために、無事に帰れたのが不思議なくらいのクレージーな運転で我々を駅まで届けた。夜行寝台列車はまた歩くような速度でハイデラバードに向け出発した。

帰国便に乗る空港でもひと悶着あった。30kgぎりぎりまで岩石サンプルとハンマー、さらには手作りの電子回路までを詰めた私のバゲッジが空港のセキュリティで疑われた。係員に呼ばれて空港の待合フロアからエレベータで立ち入り制限エリアに直行。バゲッジを開けて説明し疑念を解いた。責任者が疑ってすまなかったと右手を差し出して握手を求めた。パキスタンと戦争状態の国だったことをその時思い出した。

シーユー・ミラクルインディア！

次に来たときにもまた単車の4人乗りに出くわすのだろうか？わずかに千円ほどのチップに感動して、わざわざみんなをバスで自分の粗末な家まで運んで家族と合わせてくれた、子供2人を育てるガイドの若者は元気になっているだろうか？そして食べても食べてもまた新しいメニューが出てくるカリー天国の食事はまだ永遠に続くのだろうか――。 (この稿続く)

われは一切万物を遍歴せり、張られたる天則の糸を見んがために。そこにおいて神々は不死に到達し、共通の母胎に向かいて立ち上がりたり。―――岩波文庫「アタルヴァ・ヴェーダ賛歌」ヴェーナ（見者）の歌より

試験に出ない地学 Series 2014 年木枯らし暖冬編 -アフリカと「蟻塚」の地球科学-

私はこれまでに2度アフリカを訪れた。1度めは2002年、南アフリカの豊富な地下資源の各種鉱山を巡る地質巡検と、そのあとの知人を頼って立ち寄ったザンビア。そして2度めは4年前の夏、まだサッカーワールドカップの余韻も冷めやらぬ南アフリカ再訪。そのいずれでも得がたい体験をした。やはりもっとも印象的だったのは動物の住処に人間が車で入って行って、生きた動物の生態を見学するサファリと呼ばれるツアーだった。動物のことはあまりここには書かないが、動物園ではない自然の猛獣たちの息吹をすぐ側で見れたのは、とても貴重でかつ感動的な体験だった。夜真っ暗な空に南天の銀河や南十字の星々が架かる下、暗い森の中に現地ガイドのかすかな懐中電灯の光の向こうのインバラの群れのあえかに緑に光る目の色は今も忘れられない。

またアフリカの人々の素朴さにも感動した。ザンビアでは普通に泊まれば1泊300ドルは下らない欧米観光客向けコテージホテルで、我々の世話や夜のツアーの案内をしてくれた親切なホテルの従業員を乗せた、我々の空港に向けた送迎ジープは途中の地元の村で彼を下ろした。村には電灯線もなく、彼が帰って行ったわらぶきの粗末な住居が立ち並ぶだけだった。彼を降ろしたあと村はずれの空港を目指す道すがら、それらの粗末な住居から夕食の支度であろう煙が一斉に立ち昇っていた。その

煙を見てあまりの素朴さに私は思わず涙をこぼした。こんな質素で素朴な生活が営まれているところが世界にはまだたくさんあるのだと、それが私のアフリカの原体験として今も忘れられない。

さて、アフリカでのサファリツアーの折、私の興味はやはり地層や岩石にも向けられた。大陸移動でバラバラになったゴンドワナ大陸の中軸部を構成する花崗岩とその垂流の岩石、そのピンク色の酸化鉄が物語る数10億年の風雨にさらされた年月。そしてその丘から遠望する双眼鏡の視野にひときわ背の高いキリンの首。そして観光客が満載の車を釘付けにしている、道のすぐ側の木陰で休息中のあくびをしているライオンの夫婦――。

そんな中でサバンナの各所に、よきよきとまるで人工物のように盛り上がる褐色の土の塔に気がついた。大きいものは人の背丈ほどもある。ガイドに聞くと「蟻塚」だという。土中に生息する数百万匹のシロアリがせっせと地表に土を運び作り上げた彼らの巣なのだという。

ところがこの蟻塚がしばしば地学の話題に出てくる。アリは地下からせっせとこの塔の材料である岩石の粒（鉱物）を運び上げる。ボツワナのダイヤモンド探査のときは、めったに見つからないダイヤモンドではなくガーネット（パイロップ）を含む蟻塚が探されたのだという。パイロップは高压鉱物で、しばしばダイヤモンドの生成する環境下の高压条件で作られる。ダイヤモンドを探すにはまずありふれたパイロップを探せということになる。また蟻塚はしばしば、ジルコンと呼ばれるこれまた風化に強い硬い鉱物を含んでいる。ジルコンは化学的性質からウランには富むがあまり鉛を含まない。ところがジルコンに含まれたウランは放っておくと、放射性崩壊を経て鉛に変わる。いわば天然の「錬金術師」なのだ。そこでそのジルコンに含まれるウランと鉛の量比を調べることで、まるで砂時計のように、そのジルコンが生成された年代がわかる。また極めて強靱な結晶構造から、とてつもない長い年代を経ても壊れずに砂の中に残される。先カンブリア時代の遠い地球の黎明期の様子が、この蟻塚などのジルコンの研究から分かってきたのだと2002年の鉱山を巡る地質巡検に同行した熱水鉱床の若い研究者から聞いた。

ともあれ、2度めの南アフリカ、クルーガー・ナショナルパークでの地質兼サファリツアーの折、地元ガイドの白人運転手兼地質学の博士号を持つ巡検ガイドのDさんは、我々に動物をより身近に見せようと、ヒュンダイの箱バンの両サイドのドアを開けっ放しで公園内を走行していた。我々は開け放した扉から動物の写真を撮るのに夢中になっていた。ところがそのとき、運悪く通りかかったバトカーに捕まってしまった。我々を停車させたバトカーからゆっくり歩いてきた2人の若い黒人警官が丁寧な英語で、「ここでは動物が飛び込んできて極めてデンジャラスだから、ドアは閉めて走行することが法律で決められている。あなたはその法律に違反した」と言う。我々は運転手の罰金を何とか、まけてもらおうと必死で弁解し交渉したがダメだった。私はそのとき、この白人ガイド氏には悪かったが何とも言えない静かな感動に満たされた。あの悪名高かったアパルトヘイトの撤廃からはや20年。やっとならぬように教育を受けた若い世代の黒人警官が、かつてこの国の支配者であった中年の白人のドライバーに、何のてらいもなく交通違反反則切符を切れる時代がとうとうやってきたのだ！――そんな歴史の移り変わりをそのときも蟻塚は背後で無言で静かに眺めていた――。

The greatest glory in living lies not in never falling, but in rising every time we fall.―― Nelson Mandela
"Long Walk to Freedom (1995)" より。

試験に出ない地学 Series, 2014年暖秋終了編 ---- 「銀杏 (Ginkgo biloba)」に寄せて

今年の秋は暖秋気味の日々から、突然気温が低下したので、特にここ数年になく紅葉が美しかったように思う。なかでも都市の街路を飾る銀杏の煙るような黄色の色彩パターンは、晩秋の街路の季節感をいやがおうにも高めてくれていた。東京大学もまた東京都も奇しくもロゴマークに銀杏の葉を

採用している。そのルーツは徳川家の家紋にまで遡るとも言われる。

銀杏は「生きた化石」としても名高い。その基本構造ははるかにジュラ紀から変わっていないという。植物分類学的には、イチョウは、一種だけでイチョウ綱、イチョウ目、イチョウ科を構成し、学名は、*Ginkgo biloba* (ギンクゴ ビロバ) となる。元々、ジュラ紀から白亜紀にかけて恐竜の興隆、裸子植物の繁栄とともに一世を風靡し、17種を数えていたのが、被子植物の進化にも押され、第四紀の氷河期に入る170万年前には、現生のただ1種を残して絶滅したとされている。しかし実際の銀杏は1691年に日本で見つかるまで欧米諸国では絶滅したと信じられていた。ところがオランダ商館付の医師として長崎の出島に2年間滞在し、將軍綱吉にも謁見したドイツ人のエンゲルベアト・ケンプファーが、日本滞在ののち、種子を母国に持ち帰り、ヨーロッパで植林、世界に再び広まるきっかけを作ったことは余り知られていない。さらに彼の遺品のうち、日本について書いた『日本誌』はその後の欧州知識人に影響を与え、19世紀ジャポニスムにまで繋がったともいう。

その日本で再発見されたイチョウであるが、他の多くの植物の記載がある「古事記」「古今和歌集」には意外にもその記載がなく、そのことから、日本に中国の一部地域で生き延びていた銀杏が持ち込まれたのは、そのはるかあとの14世紀後半だとも考えられている。現在では都市の風景にかかせない銀杏の並木ではあるが、その由来には興味深い話が多い。

銀杏(ぎんなん)の独特の悪臭と裏腹のその実のほのかな甘さは、たった1種ではるかな地質時代を生き延びてきた植物のどんな凶悪な環境にも耐えぬいた生物としてのロバストネス(強靭さ)とフラジャイル(脆弱さ)の諸刃の剣を示しているのかも知れない。その環境に対するタフネスさは、放射線に対しても示され、広島で被爆した6本のイチョウは、すべてが破壊された風景の中で屹立ち、花を咲かせ種子を保ち続け今に至っているという。

植物としては異例の生殖行動も殊更ユニークである。雌雄異株で、初夏に雄花から風で飛ばされた花粉が雌花の胚珠に到達すると、花粉内から2個の精子が泳ぎだし、その1個が卵細胞と受精し、成長して種子となる。精子によって生殖を行うのは裸子植物でもイチョウとソテツ類のみだという。さらにそのユニークな生殖行動の発見者が共に日本人というのも何かの因縁か、それにしても地質時代の進化の妙の真骨頂を保存したまさに「生きた化石」を地でいく不思議な植物でもある。

銀杏の効能としては落ち葉として、地上にたまったときも生きてるときも、葉の水分の含有量がほかの落ち葉より格段に多く、火が付きにくいという性質がある。このため昔から寺院や神社を守る社の木として銀杏が珍重されたとも言われる。1923年の関東地震では、多くのイチョウの木に囲まれた寺院が、地震後の大火の猛威から守られた。また *Ginkgo ability* で検索すると、幾つかの血小板凝集を防止する機能とか、それによる血流促進とかの薬の宣伝も出てくる。さらに薬のエキスはアルツハイマー認知症の対症薬剤として認可されているものも欧州にはあるという。ただ昔から食べ過ぎは子供が中心であるが中毒になるともされ、薬と中毒の両面からの研究がさかんに行われているという。

ともあれ、フライパンで炒っただけの銀杏(ぎんなん)の殻を歯で噛んで開け、中のあつあつの身をほうばるあの幸福感は、まるで恐竜時代の最後の晩餐の再現か、あるいは大絶滅を生きのびてきたしぶとい植物の不思議な遺伝子の味を確かめるようで、地質時代の進化の歴史を内包した和食の素材の素晴らしい一品として推薦したいけどどうかな。

(この稿のモティベーションと内容は毎日新聞余録、広島工業大学 Website, Wikipedia, また <http://www.oregon.gov/odf/urbanforests/docs/featuredtreeginko.pdf> などのネット上の文献に拠った)

---「17歳は、星か獣になる季節なんだって。今日、やった英文読解にね、書いてあった。」--- 最果タビ『星か獣になる季節』より。

試験にでない地学 Series. 2014 年エルニーニョ梅雨明け編 --- 悪魔の星「アルゴル」パラドックス ---

秋の北天高く、天の川の中にあるペルセウス座のβ星は「アルゴル」と呼ばれている。中世アラビア語の悪魔という意味から来ているという。これはこの星が周期的に1等以上減光するため名付けられたという。この星を最初に仔細に観察したのはイギリスの18歳の少年グッドリク、生まれつき耳や口が不自由だったにもかかわらず彼の星への情熱は周期的なアルゴルの変光の謎を解き明かす。彼はのちに書いた論文で、アルゴルが食変光星であることを予言、やがて1889年スペクトルの周期的な視線速度変化から彼の推測の正しさは証明される。そのやや中央部の浅いM型の光度曲線はアルゴルの伴星が主星の前に立ちふさがり起こす食や、裏側に隠れる運動を見事に表現している。変光のなごはこうして解けたけれども、新たな謎がすぐに浮かび上がった。20世紀になり、セレンウム・セルなどの新たな測光観測の機器が開発され、これによる詳細な観測の結果、主星、伴星の公転周期、質量や半径といった諸量の決定と同時に、スペクトル型も決定された。これによると主星は、質量が太陽の3.7倍でスペクトルがB8型。伴星が質量0.8倍でスペクトルがK型の準巨星であることがわかった。これがさわぎをもたらす。当時ようやく詳細がつかめ始めた恒星の進化論にこの事実はまったく相反する結果であったからである。

先に進化したはずの星の方が質量が小さいという矛盾。このパラドックスを最初に解き明かしたのは、1955年コパールやクロフォードといった人たちで、昔は伴星の方が大きかったという突拍子もない仮説を唱える。しかし、これがその後のコンピュータによる数値計算で立証された。今ではこれら近接連星における、ロッシュの限界という双方の重力圏を越えた物質の移動の様子が見事に再現されてきているという。まるで手品のような物質のやり取りにより、その姿や大小すら変えていく連星の不思議さに驚く。全天一の明るい恒星シリウスの伴星（白色矮星）の起源もそのように考えられ、エジプトかどこかの記録にかつてはシリウスは赤かったという記述があり、それはこの伴星が赤色巨星の頃を示しているのだという説もあったらしいが、これはやや眉唾だとされている。それにしても、結果として小さな星の方が、先に成長した大きな星を食べてしまいいつしか立場が逆転する。これは弱肉強食が世のならい（グローバリズムともまた「べき乗則」ともいう）の今日にあって、なお、小さな国や組織の生き残る戦略を我々にさし示しているように思えて興味深い。

このように連星にはまだまだ尽きない謎がありそうだが、これらの連星は我々からみて、たまたまその公転方向が我々の視線方向と平行に近かったという偶然がその発見につながっていることを忘れてはならない。それらの偶然発見されている連星以外にもまだまだ我々の知らない様々な形態の連星がその謎を紐解かれる日を待ち望みながら、今日も人知れず空に輝いているのかも知れない。

(この稿、http://www.asj.or.jp/geppou/archive_open/1993/pdf/19930611c.pdfを参考にした。またアルゴルやシリウスに関する興味深い今回の話のきっかけは大阪教育大学の定金見三先生よりご紹介いただいた)

—— 結局のところ、人は腹を決めるための時間が必要なのだ。「情報が必要だ」というのは実は「時間が必要だ」と言っているだけなのだ。—— 山形浩生「新教義主義宣言」より

試験に出ない地学 Series 2014 年爽快初夏編 ----- 「リチャードソンの夢」 -----

クエーカーとしてまた平和主義者として育ち、英国気象庁に就職したリチャードソンは第一次世界大戦に良心的兵役拒否者として兵士ではなく、戦場から負傷者を運び出す看護兵という形で軍務につきながら、今日の数値予報の元になる考えを練っていた。彼はかつての泥炭中の水の流れをモデル化した経験から、大気をルービックキューブのような直交座標の格子に分割し、その格子点で、気温、風、

気圧などの大気を表す変数を記述し、 $t=0$ の時点の初期値を与えて、あとは有限差分法で Δt 秒後の変数を次々に数値的に解いていくという手法を考えた。この方程式は当時ノルウエイの気象学者ピヤークネスが流体力学を大気に応用する目的で提唱したものであった。

彼は手始めにドイツを中心とした一辺1000kmの正方形の領域を縦横、さらに高さ方向にも5個ずつに分割し1個の格子が200km四方で高さが2~5kmという合計125個の格子を考えた。高さに差があるのは、低い部分で細かく分け、上空に行くほど粗く分けたため、これは上空の気圧の変化に呼応して各格子が同じ重さの空気を含むように配慮したためである。この時期、ピヤークネスからヨーロッパ各地の観測気球のデータをもたらした彼は、これを初期値として6時間後の大気変数（とくに気圧）の値を計算しようとした、変数の数は数百もあり、方程式の数も多かったのでその計算は筆算としては桁外れの苦勞であった。しかし彼はそれを軍務の合間の兵士用の宿舎で行なっていたというから驚く。しかも苦勞した計算用紙は戦争の途中で後方に送られたものが一旦紛失し、数カ月後に石炭の山の下から見つかるといふ奇跡まであった。それほど苦勞して計算したにもかかわらずこの計算による気圧の変化は実際の100倍も異なる数値であった。また大気のたった6時間後の計算に6週間を要するという有様であった。彼は架空の計算工場を夢見た。それは体育館のような大きなスペースにコンピュータと呼ばれる人々が計算尺を手に、格子の配置で陣取り、中央の指揮者の号令にしたがって一斉に計算を実行するという途方もないシステムであった。もちろん人力でこれがなされることはなかった。

その後、リチャードソンの学問の目的は気象学から離れ、紛争の心理学をモデル化するという分野に変わった。元々の彼の平和主義が戦争賛成へと向う当時の科学界の流れを嫌ったのかも知れない。しかしこの「リチャードソンの夢」はやがて真空管を用いた電気式の計算機によって実現される。しかも彼が嫌った戦争遂行の最たる科学であった最先端の熱核爆発の非線形力学を担った天才ジョン・フォン・ノイマンがそれを推し進める。彼が開発した計算機と原子爆弾の流体力学がその主力であったのは歴史の皮肉である。ピヤークネスが当初計算に使おうとした7つの方程式は、ノイマンが雇った新進気鋭の数学者チャーニーによってたった一つの方程式に置き換えられた。1950年に北米の数値天気予報として実用化され、まだ当時は24時間予報の計算にちょうど24時間かかるという有様であったが、やがてその数年後ついにワシントンDCの暴風を正確に予報し経験に頼る予報官を打ち負かせた。この結果に触発されて当時米国気象庁にいた真鍋淑郎は同僚のスマゴリンスキーと地球規模の大規模な3次元全球大気モデルの構築に立ち上がる。このモデルはやがて全球結合モデル(Global Coupled Model, GCM)と呼ばれ、現在の気候変動の揺るぎない予測モデルとして「地球温暖化」の予想などに煩雑に使われるようになる。リチャードソンは晩年、マンデルブロの「フラクタル」の発想の基礎となる、海岸線の長さの推定も行った。しかしそれは当時の学会からは無視されたという。学問的には不遇であった早すぎた天才リチャードソンの名は現在ヨーロッパ地球物理学会の榮譽である「リチャードソン・メダル」として残されている。

リチャードソンの夢はこのように今日実現したかに見えるが、実はその初期値の設定において、わずかな初期値の違いが計算結果の著しい発散を招くという「カオス」の発見により、また新しい展開を迎えている。この話もまたいずれ稿を改めて書くことにしたい（この稿、DAVID ORRELL 著「The Future of Everything」を参考にした）。

——博士は笑った。「歴史学だけは学ばな。支配欲に取り憑かれた愚か者による殺戮を、英雄譚にすり替えて美化するからな」——『ジェノサイド』高野和明著より

試験に出ない地学 Series 2013年木枯らし編 「大きな数について -地学と経済のふかーい関係、あ

あるいは人間原理—

地学には大きな数字が登場することが多い。例えば地球が誕生したのは46億年前だから、4.6かける10の9乗年。天文学的数字などと言われる宇宙の果てまでの距離は137億光年、kmに直すと1光年はアバウト10の12乗kmだから、宇宙の果ては1.37かける10の24乗kmとなる。一方マイクロ場に目をやると、アボガドロ数は、6.02かける10の23乗となる。

こんな莫大な数は確かに自然科学にはよくでてくるが、さすがに歴史や経済の世界には顔を出さないだろうと思っていたら、驚いた。高安秀樹さんという「経済物理学」という新たな分野を研究する人によると、ハンガリーという国のペグと呼ばれた通貨の価値が第2次大戦後の1946年、たった1年の間に驚くべき低下をみせ、物価が10の30乗倍、つまり100億の100億のさらに100億倍になったという。ドイツの第1次大戦後のハイパーインフレーションも有名であるが、このハンガリーのインフレは底が抜けている。結局このインフレは金本位制に裏付けられた新たな兌換通貨であるフォリントの導入によってやっと終息する。このハイパーインフレーションの特徴は最初のインフレはマイルドで、物価がきれいな指数関数に沿ってゆっくり上がって行くのだけど、あるところから急に物価の上がり方が極端になる。その上がり方もまた数学できれいに近似できて、指数関数の指数がさらに指数関数で増大するという関数になるという。つまり物価が2倍になるのに最初1ヶ月だったのが、1週間となり、やがて2日で2倍になると加速していくという凄まじいインフレだという。

閑話休題。大きな数の数え方はさすがに中国、インドがすごい。億の上は兆、兆の上は京、さらにその上は一一一恒河沙、阿僧祇、那由他、不可思議、無量大数と続く。華嚴経ではもっと大きな数まで定義されているという。さすがに次のお釈迦様が衆生を救うために56億7千万年のちに現れると豪語する世界だけある。宇宙論の仮説にも大数仮説 large numbers hypothesis というのがある。物理定数から求められる無次元数に10の40乗(またはその2乗)という数が多く現れることにポール・ディラックが1937年に気づいた。

陽子-電子間の電磁気力と重力の強さの比

宇宙の年齢と光が陽子の半径を進む時間の比

宇宙に存在する陽子と中性子の数

などがその数になる。これは偶然の一致とは考えられないというのが、ディラックの主張である。さらにこの考えはやがて、この宇宙が創生以来そのような微妙なチューニングを経て「人間を誕生させるために存在する」と考える「人間原理」(Anthropic principle)につながる。これとそのような原理を許さない「宇宙原理」(Cosmological principle)との熾烈な争いについてはまたいずれ――。

こんな膨大な数や、反対に「刹那」のような極小の数と付きあうには指数や対数を考えるしかない。しかしその表現をもってしてもなかなか太刀打ちできないハイパーインフレが人間社会が作り出した市場経済という魔物の関係のなかから出てきたのは、それはそれでとても興味深いと思われるがどうか？ときあたかも、アベノミクスという新たな打出の小槌が、新しいこの国の経済の潮流を形づくるかに見える。しかしこの流れが本当に実体経済として波及するのか、あるいはかつての「永久機関」のように、単なる幻想に過ぎないのか？自然科学の立場から見ると私にはとても興味深いものに思えてくる。この決着には56億年も要らない。地球温暖化論争と同じでせいぜい10年か20年待てばいいということで、私もまだその時までには生きさせてね。(この稿のインフレの話は「経済物理学の発見」/高安秀樹著、光文社新書などに拠った)

――複雑系は分権が進んだ民主主義に似ている。その決定は、局所的に行われた数多くの選択の最終結果なのだ。一方、常微分方程式は独裁政治である。物理システムは中央からの法則に抵抗することなく従う。――明日をどこまで計算できるか？「予測する科学」の歴史と可能性/デイビッド・

オレル、太田他訳、早川書房より

試験に出ない地学 Series 2013年 ON-OFF 気候の秋編 -「竜巻研究に命を捧げた無法松の一生」-

近年、日本ではそれまで稀であった竜巻による被害が、関東地方を中心によく報告されるようになった。地球温暖化による異常気象と言うのは簡単であるが、竜巻の発生原因は未だよくわからないことも多い。その竜巻の本場、米国で早くから竜巻研究に従事し、竜巻の大きさを示すFスケールに名前が冠された藤田哲也博士は意外と日本では知られていない。今日は彼の物語をお贈りする。

小倉生まれで玄海育ちと言えば、古い映画「無法松の一生」でお馴染みのフレーズだったが、大正9年(1920年)小倉生まれの科学少年が本当に「無法松」のように当時の研究者としては珍しかった在外研究のために、米国に船出していくのを知って驚いた。

藤田少年は生まれながらの科学少年だった。中学のときは自宅の裏山の原生林に年下の弟と分け入り、未知の鍾乳洞を発見する。その研究で中学の理科賞を取った彼はやがて印で押したような理系研究者の道を進みはじめる。しかし若くして小学校の教員だった父親と愛情あふれた母親は他界。アルバイトで弟妹を食べさせる傍ら、苦学してやっと大学の教員としての職を得る。明治専門学校(現九州工科大学)工学科の学生時代は地質学にいそしんだ後も、大学教員となって初めての調査依頼で、長崎の原爆被害の現地調査に赴く。声も出ない惨状の爆心地を巡りながら、爆発によりなぎ倒された木の分布から、原子爆弾の爆発高度を推定する論文を書く。そうして少しずつ気象現象に興味を持つようになった彼が、たまたま英文で書いた雷雲の研究の記事に目が止まり、海外から研究のオファーが舞い込んでくる。

やがて仕事の条件であった博士号を得た彼は、昭和28年、彼が33才の年に当時誰も考えなかった、在外研究の要員として、航空機の片道切符だけを手に渡米。サンフランシスコに着いた時には持ち金も底をつき、気の毒に思った日系ホテルの支配人から20ドルを貸してもらう羽目に。それでも苦勞の甲斐あってシカゴ大学に席を置き研究に没頭、次第に気象学の若手研究者として頭角を現していく。

彼が研究テーマに選んだのは竜巻(トルネード)。米国中南部のそれは規模も大きく、大きな自然災害として常に問題となっていた。机上に留まらず積極的に当時ようやく実用化されはじめた航空機観測にのめり込む。命知らずの彼の飛行機観測で、次々と竜巻の詳細構造が明らかになり、竜巻災害の予測の基礎データとして活用されるようになった。その頃、着陸態勢に入った民間航空機が空港手前で墜落、多数の死者が出る事故が起こる。当初パイロットの操作ミスが疑われたが、調査に加わった藤田氏は事故当時上空を覆っていた積乱雲の関与を疑う。その過程で当時まだ知られていなかった「ダウンバースト仮説」を提唱。これを実際に検証するため、またまた観測機上の人となる。ついにはパイロットが嫌がることを説き伏せて、雷雲の直下のダウンバーストに突入する飛行を敢行。実際にダウンバーストに相当する下降気流を発見する。まさに命知らずの「無法松」の面目躍如である。米国で成功し、故郷の日本に錦を飾る話もちらほら始まった1998年、残念ながら病魔に勝てず他界。享年78才。

彼の気象学の功績は特に米国で広く知られ、竜巻の大きさを示すFスケールのFは彼の苗字の頭文字から取られた。彼の功績にはアメリカ気象学会応用気象学賞をはじめ多くの賞が贈られた。彼の発見したダウンバーストを未然に予測するため、気象用ドップラー・レーダーが開発され、各地の空港に配備された。彼の研究は現在の航空機の安全運航にも大きな貢献をしている。(この稿、藤田博士の自著「ある気象学者の一生」に拠った)

——弓坂の言葉は風に千切れて、味村の陽に焼けた耳たぶをかすめて海へ散った——「飢餓海峡」
水上勉より

試験に出ない地学 Series 2013 年梅雨明け編 「屋久杉の年輪と太陽面の爆発」

名古屋大学の若い大学院生三宅美沙さんが筆頭筆者の論文「A signature of cosmic-ray increase in ad 774-775 from tree rings in Japan」が Nature に載ったのは、昨年(2012)の6月。以来このわずか3ページの短い論文を巡ってちょっとした騒ぎが世界中を駆け巡っている。

彼女が解析したのは、研究室近くの廊下にどかんと立てかけられた樹齢2000年を数える直径2m近い屋久杉の切り株。すでに研究用に多数の刻みが入った時代物の切り株から彼女は新たに角棒を削り出し、0.5mmと薄い年輪の間の材をひたすら薄く削り、かつおぶしのような測定サンプルを作成。複雑な処理を行って炭素だけを取り出したものを指導教官と質量分析器にかけて、数百年分の材の年輪間に含まれる¹⁴Cの量を丹念に測定した。その結果、切り株の774年から775年という奈良時代のなかば頃の年輪の部分から通常の20倍の¹⁴Cの量の増加率を発見した。この時点で過去の宇宙線の異常照射が疑われた。

論文が出るとすぐ、チューリヒ工科大学の研究者はドイツの木材を用いてこの結果を追試し、この事件が局地的な現象ではなく汎世界的な事件であることを確認。南極のドームフジのボーリングコアからは、同じ年代で¹⁰Beのピークが確かめられた。全地球規模のこの事件が空からの異常な宇宙線照射に関わることがますます確実となった。

問題は宇宙線の増加が一体何に原因するかということだった。最初に超新星爆発説が出たが、現在の天空にたとえば「かに星雲(1054年の藤原定家が書いた有名な超新星の残骸)」のようなものが残っていないことからこの線は消える。

そのあと、ドイツ中世の修道院にあった戦史のなかに、「776年に赤い2枚の盾が大空を動いて行った」という記述が見つかる。これを低緯度に出現したオーロラの記述だと考えた太陽X線の研究者が、太陽フレアから放射される宇宙線量を計算するとこれまで知られている最大の1859年のキャリントンフレアの10倍ほどの太陽面爆発が生じれば、¹⁴Cの異常を説明できることがわかった。太陽フレアはサイズと回数との関係がきれいな「べき乗則」に乗ることが知られていて、長い年月の間には巨大なフレアが生じても何ら問題はない。しかし現実にはこのような巨大フレアが生じていた可能性を知ると、多くの太陽研究者は大変なショックを受け、その爆発の際の地球環境への影響を推定する研究がにわかに始まっている。

一方、こうした年輪は気候変動の解析でも多用されている。IPCC(気候変動に関する政府間パネル)が第4次報告書で人為的CO₂放出を警告することになった。最近50年の温暖化はMannらが、北米杉の年輪の解析から得た、2000年に及ぶ過去の気温変動のグラフに基づく。これはのちに「ホッケースティック論争」として、IPCCレポートの真偽性が議論されることとなる。

ともあれ、年輪という身近でアナログなデータが質量分析器という最新のハイテク技術とコラボして不思議な太陽の秘密がまた一つ明らかになろうとするのはとても興味深い。古くて新しい「年輪年代学」がその輪の由来のように、ゆっくりと着実に科学を進めていくのが頼もしい。(この稿、大阪教育大学の定金晃三先生に教わったNHKBS番組「西暦775年のミステリー 宇宙謎の大事件」に拠った)。

—『軍隊は南下し、文化は北上する』という世界史の経験則は、中国でもあてはまった。—「西太后」加藤徹著／中公新書より。

試験に出ない地学 Series 2013 年5月爽快編 「ワインクーラーと冷水コップの水滴の秘密」

本校卒業生で気象学が専門の小西先生に、毎年見せていただく気象の実験に素焼きの鉢に入れた水の温度がガラスのコップに入れた水よりも下がるというものがある。素焼きの鉢の表面からにじみ出

して蒸発する水が気化熱を奪い、水を冷やすのだという。同じ原理で欧州にはウィンクーラーというものがあり、しばらく水に浸しておいた素焼きの鉢の中に入れてワインがしばらくすると飲み頃に冷えるのだという。水の気化熱は恐るべし、と思うとともにワインをそのように優雅に冷やして飲む習慣を持つヨーロッパの人々の生活の余裕がうらやましい。

ところが興味深いのは、最近その気化熱の反対に、水蒸気が水が変わるときに放出される潜熱 (latent heat) が逆にコップに入れた冷水の温度を上げるという報告が最新の Physics Today に載った。著者のワシントン大学の Durrant & Frierson によると、ふつうの 350ml のアルミ缶のキンキンに冷やした飲み物 (要するにビール!) を空気中に置いて、その表面に 0.1mm 厚で水が凝縮すると缶全体で水の量は 2.9g であり、そのときの潜熱 (要するに発熱量) は、水の 0℃ 近傍での凝結熱 (約 600cal/g) から簡単に計算できて、そのアルミ缶飲料の温度を最大で 4.9℃ 上昇させる能力があるという。その報告では普通の室温の 25℃ から 30℃ で湿度が高い条件だと、昇温の割合は上がり、さらに極端な条件、例えば 2003 年 7 月 8 日にサウジアラビアのダーランで観測された気温 43℃、露点 35℃ (露点の世界記録らしい!) だと、最初 0℃ だったビールは潜熱だけで 5 分間で 9℃ にまで温められるという。これらのこの報告は何もビールの昇温だけを取り上げたのではなく、地球の気候における潜熱の重要性、とりわけ熱帯における昇温への寄与を論じているようだ。これらは専門家の間でヒートアップする地球温暖化論争の科学的な根幹にも関わる部分で今後の展開が興味深い。

ともあれ、水というのは大変不思議な物質で、4℃ という中途半端な温度で密度が最大になるといふ謎がある。これは一見たいしたことはないみたいだが、実は物理学に取って大変重要なテーマでその理由はまだ解かれていない。さらに地球上の感覚ではあまり想像しないが、火星の表面のような気圧の低い状態 (約 1/200 気圧) まで考えると、水のふるまいはさらに複雑になり、俗に三重点という温度と圧力のグラフにおける水の状態変化図が書かれる。このような低圧力で低温における水のふるまいの研究はまだ発展途上である。最近ではアモルファス氷という結晶質ではないガラス状の氷が発見されたり、それに関連して低温の水に 2 種類の状態があるのではないかという研究も発表されてきている (鈴木, 2011)。今後水という極めて身近にありふれた物質のさらに面白い性質が明らかになることが期待されている。本稿の参考 URL :

http://www.physicstoday.org/resource/1/phtoad/v66/i4/p74_s1?bypassSSO=1 より

「私は良さ (goodness) の哲学というものをもっています。それは数学はその内に良さをそなえていなければならないということです。」——サイモン・シン著青木訳「フェルマーの最終定理」の中の数学者志村五郎の言葉 (彼とその夭折した同僚谷山豊により提出された「志村-谷山予想」こそがアンドリュー・ワイルズによるフェルマーの最終定理の証明の基となった)。

試験に出ない地学 Series. 2013 年 冬 冬 冬 冬 冬 冬 「硫化水素とだまし絵、あるいはリスクとクスリ」

硫化水素という物質のイメージはととても悪い。ゆで卵が腐った臭いとかよく称されるこの有毒ガスは、火山や温泉のガスの主成分として時々起こる遭難事故の原因の筆頭に上げられる。純粋な硫黄には匂いがなく、硫黄の匂いと称されるのはこの硫化水素であることが多い。この匂い、私はかつて一度だけ火山観測のお手伝いに阿蘇山中央火口に行ったことがあったが、二酸化硫黄や硫化水素が主体のきつい火山ガスの臭いにビビる私に、火山観測の大家は「臭いがしてるうちは大丈夫。臭いがしなくなったら脳がやられ初めているから気をつけろ」とこともなげに告げた。その後、自殺のニュースでも取り上げられるなど、数ある化学物質のなかでも悪名を轟かせているこの硫化水素。しかし地球が創生されたころはどうだったかと考えると、むしろこの硫化水素が生命の起源に深く寄与していることがわかってきた。今でも温泉地帯は言うに及ばず、はるか深海の数千米の海嶺の熱水噴出孔と言

われる湧き出しの場所に硫化水素を栄養源として生きている硫黄酸化細菌類が知られている。さらにその細菌から始まる食物連鎖が、チューブワーム、シロウリガイなどのコロニーを形成する。この海の様子は実は地球創生のころの海と似ていると考えられ、地球史における生命創生のシナリオとして専門家が数多くの論文を書いている。地球史においては、遊離酸素がほとんど存在しない還元的な海底で、これらの嫌気性のバクテリアや生物からまず進化が始まり、どこかの段階で、酸素を取り込みエネルギーを作るという好気性の生物への急速に転換していった。嫌気性の生物は深海底や地底に忘れ去られたまま、現在を迎えたというシナリオである。

さらに興味深いのは、この硫化水素が微量である場合には、実は生命維持の上で重要な役割を占めていることを実証する研究が生物学の方からたくさん出てきている。いわく腎臓の機能の一部に硫化水素がとても重要な役割を果たすとか、記憶の中核である脳の部位である海馬の中で硫化水素が重要な役割をしているとかというニュースである。

これらのニュースを聞いて思うのは、毒は極めて少量ではむしろ薬として作用する場合があるという有名な薬理学的経験論や、放射線は微量ではむしろ有用であると主張する（ホルミシス）仮説などである。確かに私の日常の経験でも、猛毒な部位を身体に持つふぐは何であんなに美味なのかとか梅の芯には青酸があるけど梅自体はとてもおいしいとか、結構日常的に毒と食品の関係を目にするのは多い。福島原発事故以来、ごく微量の放射線はむしろ健康のためになるという主張とそれに真っ向から反対する側の論争もヒートアップしてきた。

これらの議論に特徴的なのは、授業でも言ったようにその種の論争で使用されるデータはノイズレベルぎりぎりでは取られた極めて数少ないサンプル数の元に議論されることが多いことである。そのような場合には同じデータを見るときにその見る人の思い込みがすべてを決定する。有名なダマシ絵で、老婆に見えるか、若い娘に見えるかはそのときの気分や見る人の経験や感情が大きく支配するのと同じである。この場合、私たちに重要なのは科学がもたらすデータには、時としてこのようなどちらにも見えるか専門家でも判断が難しい場合があることを十分に認識することだと思っている。データに騙されず、意図的な論争に騙されない感性を育てることもまた、科学教育の重要な目的だと考えるけどどうかな？

日本人はともすれば、毒や危険などの「リスク」に対する感受性に乏しい。1か0かという「リスク」を一滴も許容しない pure で naive なリスク回避論がよく展開される。しかし硫化水素はその毒としての「リスク」がある場合には、生物の起源や生体維持のための「クスリ」へと転換される好例を示しているように思える。毒や危険を問答無用に「リスク」として遠ざけるか、むしろ積極的に「クスリ」として活用をはかるのか。今日はそんなことを考えてみた。

——The interest to scientists has been in the nonlinearity of the dose-response.

(中略) Again, limited, low-dose poisoning triggers healthy benefits. ——

from "Antifragile" by Nassim N. Taleb

試験に出ない地学 Series. 2012 年 寒 秋 号 -大航海時代に一世風靡した日本の銀鉱山-

日本は地下資源に乏しい国だとよく言われるが、かつてはそうではなかった時代がある。種子島に鉄砲を持ち込んだポルトガルが日本に目をつけた一つの理由が、石見銀山を中心とする当時の日本の銀資源であったとされる。島根県の石見地方に銀が発見されたのははるかに鎌倉時代に遡ると言われるが、組織的な開発がなされたのは戦国時代、このあたりを支配した大内氏によるところが大きい。彼が博多の商人と結び中国貿易を独占的に行うなかで、中国で爆発的に増えてきた銀の需要に目をつけたとされる。灰吹き法という独自の銀精練技術の発達は日本の銀産出量を一気に当時の世界の産出

量の1/3にまで増加させた。これにより石見銀山の銀資源ははるかにヨーロッパにまで名を轟かせる。当時の古地図にすでに石見の名が刻まれ、銀の鉱山であることが示されているという。アジア進出をもくろむポルトガルにとって、銀は最高の資源となった。中国の生糸を日本に持ち込み、対価で得られた日本の銀を元手に中国で絹織物や陶磁器、東南アジアで香辛料を買付けヨーロッパに戻るといって三角貿易がポルトガルの富を支えた。同時期日本を訪れたフランシスコ・ザビエルは日本に初めてキリスト教を伝えるが、知人への手紙の中で、日本のことを銀の島（プラタレアス群島）と記している。

銀が貴重であるのは今も変わらないが、この頃はまだメキシコの銀鉱山が発見されておらず、日本の銀資源は世界の重要な供給源の1つであったのは意外である。さらに大判、小判などに用いられた佐渡などを中心とする金の産出もこの頃にピークを迎える。日本の金の歴史上の産出量はトータルで実に世界の2%を占めるとも言われる。これは世界に占める日本列島の面積から言って、十分「黄金の国ジバング」を僥はせる量だといえないだろうか。しかし、世界的に1:15であった金:銀の取引相場は、なぜか日本では銀の価値が高く1:5であったとされる。いぶし銀という言葉どおり、日本人は金よりもやや控えめな銀の輝きにこそ価値を見出したと考えると興味深い。しかしそのため多くの金がこの頃外国に流出したのだという。江戸時代の小判製作用の金もこのようにして流出し、段々と質の粗悪な小判が製造されていった。

さてこの石見の銀はもともと、このあたりで150万年前ころに活動した地下のマグマからの熱水が作用してできた熱水鉱床だと言われる。大山や三瓶山は活火山であり、この頃からの中国地方の日本海側の火山活動を今に伝えている。

私はかつて大学の3年生のとき、島根半島の中央部で地質調査のため、暑い夏休みの3週間を地元の名士の家に泊まらせてもらったことがある。地質調査は石見銀山の岩石よりもさらに古い新生代中新世のグリーンタフと呼ばれる堆積岩と火山岩類を、割り当てられた区画の隅々まで歩いて調べ、地図に記載していくという単純ではあるが過酷なものだった。昼すぎの太陽はとてつきつく仕事にならないので、午前の涼しいうちと、午後遅く太陽が傾いてからが勝負の時間となった。休みの日には山を越えて日本海に泳ぎに行き、誰もいない海岸で歩くほどの深さの海底から湯のみ茶碗ほどの大きさのサザエを採って帰り、民宿で壺焼きにもらったこともあった。夏の太陽に焼かれてへとへとになって帰り着くと、泊めてもらっていた家の小学生の娘2人が夏休みの宿題を持って待っていた。夕食が終わると休憩もそこそこに子供たちの宿題の臨時の家庭教師までさせられた。家庭教師が終わると夜はひまなので、遅くまで岩波文庫の「平家物語」を原文で読み通した。そのころのお世話になったこの家の家族や調査の途中で出会った村のひとびとの素朴でおおらかな人柄が忘れられない。そんな山の連なりの奥深く、今も当時の面影を残す石見銀山は先頃、見事世界遺産に選出された。日本の銀資源が世界の歴史と意外なところで結びつくのを知ってとても興味深く、また若き日の過酷な地質調査を少し思い出してしまった。（この稿 <http://www.goldxau.com/people/world.html> <http://www.v-museum.pref.shimane.jp/special/vol06/> などに拠った。）

——暗い海の上に燃える炎が次第に小さくなるのを見つめながら、マルコはつぶやいた。「この次我々を救ってくれる神は、どのような姿をしているのだろうか」——『ユダの覚醒』ジェームズ・コリンズ著／桑田健訳／竹書房文庫の序章より（この小説はマルコポーロの逸話に始まり、シアノバクテリア、ジャンクDNAなど生物・地学の最近の話題が続出する国際陰謀活劇です）

試験に出ない地学 Series 2012年 南米の最貧国ボリビアのリチウム資源騒ぎ

ウユニ塩原は標高約3,700mのボリビア中西部に広がる南北約100km、東西約250km、面積約12,000km²の広大な塩の固まりだという。交通の便は良くないが、観光地としては結構有名であたり

には塩でできた壁やテーブルやベッドを擁するホテルまで建っているという。「アンデス山脈が隆起した際に大量の海水がそのまま山の上に残されることとなった。さらにアルティプラーノは乾燥した気候であったこととウユニ塩原が流出する川を持たなかったことより、近隣の土壤に残された海水由来の塩分もウユニ塩原に集まって干上がることになった。こうして世界でも類を見ない広大な塩原が形成された。」と Wikipedia にはあるがにわかには信じがたい。

ボリビアと言えばフォルクローレの故郷。昔和歌山のさる遊園地の広場でフォルクローレの楽団が演奏するのを何気なく聴いていて、ふと涙がこぼれそうになったのを覚えている。浅黒い肌のインディオの奏者が奏でるケーナのメロディを追ううち、はるか昔のインカの悲しい歴史やら、貧しい故郷の村から、覚えた楽器一つで見ず知らずの外国の地まで出向き、余興の歌を奏でなければなかった彼らの心情やらにふいに心を動かされたのかも知れない。そのとき彼らの売っていた CD を衝動的に買って今でもときどき聴いている。ところがその後 2008 年にノルウェイのオスロに出かけた折り、オスロの雑踏でまたしてもなつかしいフォルクローレが耳に飛び込んできた。同じ楽団だったかは定かではない。それでもその歌声は昔と変わらず、立つ人もまばらな中、またしばし聞き入ってしまった。ぐずる子供をあやしていた彼らの妻とおぼしき女性の前に置かれた皿の中に思わず 10 クローネ銀貨を入れて立ち去ったのを今でも覚えている。

かつてキューバ革命を成し遂げた伝説的英雄チェ・ゲバラが次の革命の場所として乗り込み、そして志なかばで戦いの中で絶命した。そんな南米の最貧国の一つボリビアに、今にわかには騒動が巻き起こってきた。ウユニ塩原が新しい電池の材料としてのリチウム資源の宝庫であり、世界の埋蔵量のおよそ半分を占めると分かったからだ。リチウムはなじみの薄い金属であるが、同じアルカリ金属のナトリウム、カリウムなどとは異なり反応性は低く、むしろアルカリ土類金属のマグネシウムに性質が似るといふ。酸化還元電位が -3.040V と全元素中もっとも低く、電池資源のほか、リチウム塩はうつ病など精神疾患の治療でも用いられるという。先進国は鎊を削り、このウユニ塩原のリチウム資源を虎視眈々と狙っているという。あの物悲しいフォルクローレのメロディを生んだ最貧国が、いつか中東の産油国のようなその稀有な資源を元に豊かな国になれるのかどうか、海水中には無限にあるというリチウム資源の抽出方法との、この最貧国の運命をかけた争いになるのかも知れない。そんな夢のような話とは無縁に今日もまたどこかの国のどこかの街なかで、あのフォルクローレのものの悲しいメロディが都会の喧騒に倦いた人々を魅了し続けていることだけは確かだ――。

――「世界のどこかで誰かが不正な目にあっていたら、いつもそれを感じることができるようになりなさい」エルネスト・チェ・ゲバラ 子供たちにあてた手紙より

試験に出ない地学 Series 2012 年冷涼梅雨編「なぜジャイアントコーンはあつかましいのか？」

「ブラジルナッツ効果」が専門家に取り上げられたのは 2001 年の Physical Review Letter という雑誌だった。ナッツ缶を開けるといつもブラジルナッツやジャイアントコーンという大きな粒がわがもの顔で表面に居座っているという身近な現象を物理の立場から解析した論文であった。以来、これにまつわる幾つもの研究が出てきた。本来学問というのは身近な現象に隠された謎を解明するというのが目的であったはずが次第に、マクロやミクロというまるで日常生活とはかけ離れた特殊な空間や時間を扱うことが多くなったことへの反省のようなものが出てきたのか、最近はこの身近な現象を扱った論文がときどき科学雑誌に載るのが興味深い。一昨年も Physical Review という雑誌に「コーヒーリング効果」の論文が載った。コーヒーをこぼすとなぜ、跡に茶色い丸いリングが残るのかというテーマを扱ったものだった。

さて、くだんの「ブラジルナッツ効果」は意外なところで地学と関連する。例えば液状化や土石流

の堆積時の逆級化などである。液状化現象が最初に確認されたのは意外と日が浅く、1964年の新潟地震のときであった。以来地震の度に埋立地などを中心に被害が報告されてきている。水を含んだ砂層が液体のように振る舞いとされるが、礫層などでも生じることがわかってきており、また土中に埋めた構造物が浮き出てくる現象は「ブラジルナッツ効果」などとの関連が指摘されているがまだ細部はよくわかっていない。

土石流の堆積物というのは、扇状地などで一般的に見られる礫岩の地層を形成する。私は2006年、ノルウェイのオスロ近くの地層巡検で、見事な逆級化を示す土石流堆積物の地層を見たことがあり、案内者が確か「ブラジルナッツ効果」と言っていた記憶がある。

ところがこのように身近に見ることが多い「ブラジルナッツ効果」の物理的解釈はまだ諸説林立して定説とはなっていない。扱う粒子数が多すぎて通常の数学解は期待できず、どうしても数値シミュレーションやアナログモデル（実際の粒を用いた実験）中心となり、様々な条件設定が難しいからだと予想される。

専門家でも手を焼くこの種の実験は、むしろ高校生が身近な現象をテーマに進める自由研究で扱うネタにあふれていると思える。そしてそんな中から、専門家も一目置くすばらしい発想の実験や新たなブレイクスルーにつながる発見などができたら面白いと最近思っている。

一偉大な同時代人のなかで、ライブニッツひとりが、この奇妙に振動する不満の糸の上に丸々とした人差し指をおいた。――「史上最大の発明アルゴリズム、現代社会を造りあげた根本原理」デイヴィッド・バーリンスキ／林訳 早川書房より

試験に出ない地学 Series 2012年金環食の号 「オイルシェールと人工地震」

2002年夏にカナダのアルバータ州でバージェス頁岩や氷河地形、恐竜発掘サイトを巡る旅に出かけたおり、郊外に林立する油田のくみ上げ器械を目にすることが多かった。昔から油田で有名なこのあたりでは現在、油がしみ込んだオイルサンドやオイルシェールが一躍注目を浴びることになった。原油を噴きだすタイプの従来の油田ではなく、砂や頁岩にしみ込んだ重い脂分を何らかの方法で抽出することが可能になると、この地域の地下に世界第2位の埋蔵量をほこる“油田”が隠れていることがわかったからである。熱湯をかけたり、高温の蒸気を吹き付けたりして脂分を分離採取する手法が考案され、さらに最近ではそうして採取した“原油”に水素ガスを注入して軽質化（つまり石油として高級化）する技術も実用の段階に入っている。

それに輪をかけて最近開発が急ピッチなのは、アルバータ州から地続きの北米ノースダコタを中心にした、オイルシェール開発の新しい波である。もともと地下の天然ガス採掘の新技术として登場した水平抗井の掘削と「フラッキング」と言われる水圧破砕法の進展による。地下深部の圧力のかかったオイルシェールを一気に水で粉砕して油分を分離し採取する方法は急速な発展を遂げ、現在では現地はオイルラッシュに湧いているという。低迷する米国経済の救世主として、多くの投資ファンドがハゲタカのようにこの北米の油田騒ぎに便乗しようとする躍起となっている。しかし世の中、そうそう甘い話ばかりとはいかない。大量の水を用いるこのフラッキング法はその水の捨て場に困り、環境問題を引き起こそうとしている。さらに通常別の井戸を掘ってこの大量の廃水を地下に注入廃棄しているが、この水が原因であたり小さな地震が頻発するようになってきたと心配されている。これは油田だけでなく、シェールガスという天然ガスを採取する抗井の周囲でも近年頻りに地震が起こるようになってきた。もともと北米のこのあたりは自然地震の少ない場所であり、南東には悪名高いニューマドリッド地震帯を控え住民の不安が高まるなど大きな社会問題になろうとしている。

天から有り難くいただいた限りある資源を次の世代のことも考え、ゆっくりと消費し残していこう

とする我々の考え方と、何でもビジネスチャンスと飛びつき、今儲かればいいと結局オーバーシュートしてしまうアメリカの考えにとてつもない隔たりを感じてしまうのだが――。

――「インディアンは橋を渡らなかった」由木しげる詩集より

(騎兵隊に追われたインディアンは川に追い詰められた。そこには真新しい近代的な橋。しかし彼らは決して橋を渡らなかった。近代的な文明が作った橋を渡るより、むしろ死を選ぶ。そんなインディアンの高貴な魂にささげた大学寮の先輩の詩集をなぜか思い出した)

試験に出ない地学 Series ラニーニャ寒冬明け編 一夭折した若き無名の天文学家エレミヤ・ホロックス

今年は珍しい天文現象が続く。5月21日の朝一番の金環食が筆頭に挙がるが、その直後の6月8日に金星の太陽面(日面)通過があることはあまり知られていない。日面通過とは惑星が太陽面を通過する現象で、金星では同じ地域の観測では約130年ごとにしか生じない、かなり珍しい天文現象である。

この金星の日面通過を最初に科学的に観測したのが、英国の片田舎の無名の青年エレミヤ・ホロックスである。彼の生まれや詳しい生活などあまり定かではない。一説には貧しい農夫の生まれで、14才の若さでケンブリッジ大学に特待生として進むが、経済的困窮から卒業することなく1635年に大学をやめ、牧師の手伝いになったという。

その彼が天文学に名を残したのは、1639年11月24日に起こった金星の日面通過の詳細な観測であった。元々ケプラーがこの日両者が極めて接近することを予言していたが、彼はケプラーの計算をやり直し、金星が太陽面を通過することを見つけた。予想の日、牧師としての多忙な時間を割いて、望遠鏡に投影板をつけ用紙に太陽を映すようにセット。待ち続けることしばし、日暮れまで30分に迫った午後3時すぎ彼の予想どおり、金星は黒い点として太陽面を静かに通過して行った。彼はこの通過時刻や金星の大きさから、金星軌道がケプラーの法則に従うことを確認。同時に地球と太陽の間の距離を初めて科学的に推測した。推定値は今の値の60%くらいで誤差が大きかったが、本格的な観測天文学の扉が開かれた瞬間であった。彼の金星観測の30分間は英国天文学の幕開けを告げる偉大な30分であると後世呼ばれたという。当時、孤高であったケプラーの法則は誰にも理解されず、唯一彼の偉大さを理解していたこの無名の若者、いわばケプラーからニュートンへの橋渡しを演じた。この天才はしかし神に有り余る才能を嫉妬されたのか、わずか22歳で世を去ってしまう。資料には We know nothing about Horrocks' death beyond the fact that it took place suddenly, on January 3rd 1641. とあるだけである。

彼の金星の日面通過の観測手法はやがて「トランジット法」として洗練され、その400年後、奇しくもNASAにより Kepler と名付けられた口径1mの望遠鏡を搭載した観測衛星で太陽系外惑星探査に応用された。視野10度角の広角シュミットカメラで30分おきに15万個の恒星の写真を精密な CCD カメラで撮り監視する。遠い恒星の表面を通過する惑星のために生じる、恒星の周期的なわずかな光量の減少を捉えるというこの手法で、打ち上げから3年ちかく、すでに2000個を超える惑星候補が確認されている。その中にはスーパーアースと呼ばれる地球と同じような大きさで、かつ同じような距離で母天体をまわる惑星まで見つかっている。これらの天体に果たして生命は宿っているのか?若きエレミヤの試行錯誤のように、次の天文学の新たな挑戦が今、スタートラインにつこうとしている。――そう考えると私には世間の騒ぐ金環食より、この地味な金星の日面通過の方を人知れず、視てみたいと思っている。

(この稿 Web 上の文献, Allan Chapman: Jeremiah Horrocks: His Origins and Education, March 1994 年)

どを参考にした)

——それはよくある間違いであった。しかしこの日この運転手が犯した間違いは、何億という人々の命を奪い、そして世界の歴史を大きく変えることになる——「歴史は『べき乗則』で動く」マーク・ブキャナン著/水谷淳訳 より

試験に出ない地学 Series2011 ラニーニャ冬の陣編 『地層の縞から読み取れること』

地層の縞模様は、葉理や層理と呼ばれる。堆積物の粒径や粒の組成の変化などが縞を形成する。したがってその縞には地層が作られたときの後背地や流速や水深など堆積環境を含む様々な情報が縫い込まれている。また時にはその縞模様は過去の時代の年輪の役目も果たす。

2000年に西オーストラリアの6.2億年前の地層に刻まれていた縞模様を解析したWilliams(2000)はこの年輪のような規則的な縞模様が、それまでの太陽活動の11年周期を記録したものという解釈を改め、1日の潮の干満にともなう潮流で作られたと考えた。その大きな周期を小潮—大潮のリズム、また間の細かい縞が当時の1日に対応すると考え、この縞を含む地層をtidal rhythmite(潮汐周期層)と呼んだ。これからわかることは6億年前の1月の長さ(つまり月の公転周期)や1日の長さ(地球の自転周期)がどうなっていたかということ。同じ研究は現在世界各地で始まっていて、例えば私が昨秋、訪れた南アフリカのパーバートン地方にある砂岩のクロスラミナでも同様の研究が行われ、32億年前の1月が18日ほどであったことなどがわかってきている(Ericson, 2008)。

これらの過去の月の長さは月の起源と関係する。月が地球での惑星衝突から生まれたという最新の説によれば、過去の月はずっと地球に近いところにおいて、速い公転速度で回っていた。また地球の自転速度も今とは比べものにならないほど速かった。ここから生じる強い潮汐力は地球に数100mもの潮汐をもたらし、数100kmにもおよぶ潮間帯をもたらしたであろうという。その巨大な潮汐力が原始生命の急速な進化を育んだという予測も立てられている。まさに我々にとっては生まれた頃の月さまである。

さて増田(2005)によれば、京都の木津川の河床の洪水堆積物に人間の出したゴミが多数含まれ、食品包装物の切れ端などに記された製造年月日やバーコードなどから、このゴミの年代が確定するという報告がある。この結果これらの洪水がどれくらいの頻度で生じたかそれによりどれくらいの地層の厚さが堆積するかが解析されるようになったという。しかし面白いことにこの方法で地層の時代を測れるのは1960年代までだという。それ以前は地層の中に長く保存されるプラスチックなど石油樹脂がなかったのと、人間の出すゴミそのものが少なかったのがその理由だという。人間の活動が川を汚すことで年代が地層に記録されるという変な話が今後いつまで続くのかが期待というかむしろ心配。さすがに人間の出したゴミの縞模様だけは未来に残すのは遠慮したいと思うのだけど。(この稿、増田富士雄(2005)『超高分解能層序学:地層から読み取る「年・月・日・時」』を参考にした。)

——「空には間違いなく、見違えようもなく、月が二つきれいに並んで浮かんでいる。黄色の月と、緑色の月」—— 1Q84 Book1 /村上春樹著より

試験に出ない地学 Series10月暖秋編 - 「べき乗則」と「ブラックスワン」あるいは「想定外」 -

レバノンの政府の要職を重ねたほどの恵まれた家庭に育ったナシム・タレブは、しかし1975年に始まったペイルート内戦下で、銃弾の飛び交うなか高校に通えず、自宅の地下室にあった大量の本をむさぼり読むしかなかった。パリ大学に進学した彼は数理学と哲学で博士号を取得。しかしなぜかその後トレーダーの道に進む。彼のスタイルは経済学を一切信じず、他のトレーダーとは逆の相場の

張り方に徹底される。そのスタイルである程度の財をなした彼は突然仕事を辞め、作家として転身を図る。彼の *Fooled by Randomness*: 邦題『まぐれ—投資家はなぜ、運を實力と勘違いするのか』とその後 *The Black Swan*: 『ブラック・スワン—不確実性とリスクの本質 [上][下]』はアメリカでベストセラーとなる。そしてその直後、彼の予言どおり予期せぬ「リーマン・ショック」が世界を襲うと、彼は一躍時代の寵児となった。「ブラック・スワン」つまり黒い白鳥なんて世の中にいるわけがないという予想は、1697年オーストラリアで実際に発見されて見事に裏切られた。彼はそんなことが世の中で起こりっこないと人々が信じる事象は意外と高い確率で生じる可能性があるかと予見した。その際、彼が用いたのが「べき乗則」である（彼のそれまで市場経済学の主流であった「正規分布」ではなく、もっと裾野の広い「べき分布」で市場変動を捉えようとするアイデアは、以前に本欄で取り上げたベノア・マンデルブロによりすでに気づかれていた）。

実は「べき乗則」が自然科学でもっとも早く確認された分野は地震学である。南カリフォルニアの地震の大きさと個数の関係を調べていたグーテンベルグとリヒターは、サイズの対数と個数の対数を取ると、それがきれいな直線のグラフになることに気付いた。つまり大きな地震はめったに起こらないが、小さな地震はたびたび起こるという関係が、実は両対数グラフできれいな直線になる美しい関係だと気づかれた最初の瞬間だった。以後この法則はG-R則と呼ばれ、地震の起こり方を考える際の唯一の物差しとなった（タレブはこれを経済現象に応用し、めったに起きない巨大な市場のクラッシュも現実には、正規分布を仮定するよりはるかに高い確率で起こりうることを予言したのだ）。

さてこのG-R則を日本列島の地震に適用すると、Mが1下がると個数は約10倍になる。この40年間の日本列島の地震活動ではM8の地震が数個、M6の地震はその100倍近く。またM4の地震はさらにその100倍近くというふうに生じていることがわかる。単純に考えてこの法則が成り立つなら、40年間の10倍の400年の時間を考えると、地震の数は単純にほぼ10倍されるから、グラフはさらに大きいMの方に伸びてM9の地震が数個生じてよいことになる。私も何度となくこのグラフを授業で紹介したが、一度たりとも、だから日本列島にM9が本当に生じるとは思わなかった。どこかに頭のストッパーが働いてそんな大きな地震が日本で発生することはないと信じこんでいたのだ。状況は私だけでなくすべての日本の地震学者がそうであった。先週土曜日、1日をかけて静岡で開かれた日本地震学会の特別シンポジウム『地震学の今を問う』はさながら地震学者の大反省会のようなになった。なぜM9が「ブラック・スワン」であることを予見できなかったのか？様々な立場からの発言があった。真摯な反省の言葉が多く聞かれ、地震学者がとてつもない人気が多いということがよくわかった。

翻ってこの「べき乗則」は地震のような自然災害のみならず、タレブの言うように経済現象さらには、歴史学（下記引用）、社会学などにも応用が始まっている。時間を充分長く取れば、様々なけた外れに巨大な現象（システムサイズのカタストロフ）が起きる可能性が生じる。それも慣れ親しんだ正規分布よりもはるかに高い確率でそれは生じる。二度と「想定外」という言葉を言わなくてもすむようにこの「べき乗則」の意味するものをもう一度きちんと勉強し直したいと思っている。

——ソクラテスの哲学者としての最大の業績は、皮肉にも、自分が知った唯一の事柄は自分が何も知らないことだということを認めたことにある。——「歴史は『べき乗則』で動く」マーク・ブキャナン／水谷淳訳

（以下、Part.2に続く）

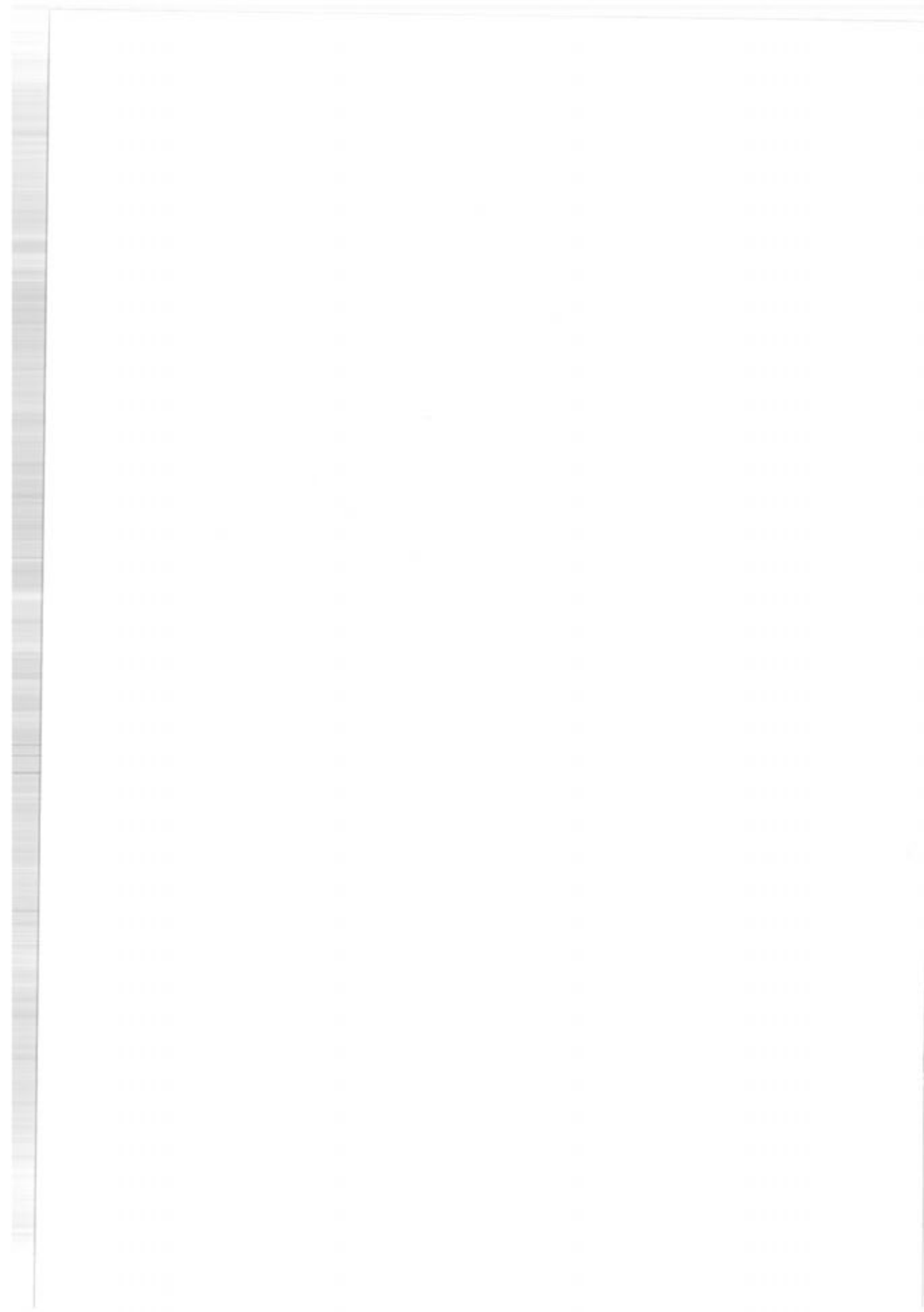
Essays on the blank of geoscience exams named
“Shiken ni Denai Chigaku Series (completed version, 2016)”
manuscript+resource Part.1

OKAMOTO Yoshio

Abstract

The essay "Shikenni Denai Tigaku" has been completed as a monument of my final retirement of highschool geoscience teacher. This article includes the essays 2006 to 2016. The purpose of these articles was already written in previous manuscript 10 year ago. Also the evaluation of these essays is left to the reader.

Key Words: geoscience, exclude exam., essay, term examination, high school



定期テストの余白エッセイ

試験に出ない地学 Series (2016 年度完結編)」

資料 Part 2

おか もと よし お
岡 本 義 雄

ここには 2011 年度から 2016 年度までのエッセイを資料として以下に集録する。なお、図を含む文章もあったが、外部著作の関係で本稿では割愛した。

試験に出ない地学 Series 2011 年初夏編「結晶のシスティナ礼拝堂」(画像つき)

作家ルイス・キャロルがもし、この鉱山のことを知っていたら、間違いなく「鏡の国のアリス」の続編を書いたかも知れない天下の奇景メキシコ「ナイカ鉱山」の地下の石膏洞窟「クエバ・デ・ロス・クリスタレス (結晶の洞窟)」。

ふだんは鉛と銀を採掘している鉱山の坑道の奥で 2000 年に地下 300m のところで探鉱中に偶然発見されたというこの奇怪な洞窟はすぐにナショナルジオグラフィック社の知るところとなり、研究者がこの洞窟を探検する見事なドキュメンタリが作られた。まるで机の上に置かれた小さな結晶の群晶をそのまま 1000 倍に拡大して、隙間に人を配置したかのように思えるこの奇妙な洞窟の様子は下の写真を参照してほしい。

鉱山の地下 1.5km ほどのところにあると推定されているマグマの熱で温められた地下水が約 58 度で安定し、60 万年の歳月をかけてしだいに結晶を成長させたという、まるで中学生の明礬結晶成長実験のような稀有な条件下で作られていた。それが 1985 年ごろ、鉱山の地下水面を下げるために地下水の汲み上げがなされ、それまで水に埋もれていたこの洞窟が忽然と姿を表したのだという。摂氏 44 度湿度 100% の高温多湿の条件は保冷材をまとった完全装備でもわずか 20 分の滞在が限度という過酷な空間。その洞窟に一抱え以上ある太さの長さ 10m を越える巨大な透明石膏 (セレナイト) 結晶の柱が縦横に交錯しまた屹立する。Wikipedia によれば

硫酸カルシウム・2 水和物 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) を二水石膏、軟石膏、または単に石膏 (gypsum、狭義の「石膏」という。比重 2.23 の無色の結晶。硬度 1.5~2。水に難溶。単斜晶系に属する。天然には単結晶のほかに結晶集合体が生じ、透明のものを透明石膏 (セレナイト、selenite)、繊維状のものを繊維石膏 (satinspar)、細かい粒状のものを雪花石膏 (アラバスター、alabaster) と呼ぶ。

(ここに洞窟の図が入る) (図は省略) National Geographic 社サイトより

このように石膏は結構ありふれた物質ではあるが、蒸発岩として堆積するものがほとんどで、この鉱山の結晶のように地下水から結晶した巨大なものは珍しいという。美しくこの世のものとも思われない空間もしかし、石膏の硬度がモースの硬度計でわずか 1.5~2 と爪よりも柔らかく、洞窟に入る研究者の靴や道具だけでなく様々な環境変化で美しい結晶の表面が痛むのではないかと保存が心配されているという。また地下水が元のように復帰すればこの洞窟もかつてのように熱水に水没する恐れもあるらしい。

ともあれ鉱山側はこの洞窟の入り口は鉄の扉で厳重に警備し、今のところ盗掘者の侵入を防いでいるとか。しかしそのおかげでスペインの結晶鉱物学者ガルシアが「結晶のシスティナ礼拝堂」と呼ぶCGの世界のような結晶の迷宮(ラビリンス)を詳細に窺い知れるのは今後とも、入窟を許された数少ない研究者の論文とナショナルジオグラフィックの上記ドキュメンタリだけだろうと思うと、少し残念なような、また安心するような――。

(この稿、<http://nng.nikkeibp.co.jp/nng/magazine/0811/feature02/index.shtml> に拠った。)

"Something has made that last leaf stay there to show me how wicked I was."――The Last Leaf, O. Henry より

試験に出ない地学 Series 梅雨明け節電編 -大阪層群の火山灰と破局的噴火-

大阪層群という大阪の地名を冠した地層が大阪平野の地下や、千里・泉北の丘陵地に広く分布する。戦後間もないころ、資源の乏しかった日本の現状を憂いた通産省は大阪平野の地下に天然ガスが眠るかも知れないと考え、その地層の調査を大学に依頼した。結局天然ガス資源は幻に終わったが、その成果を受けて1970年代のニュータウンの建設時にこれらの地層はよく研究され多くの話題を生んだ。大阪大学の校舎建設時にはマチカネワニという見事に保存された大型ワニの化石が出てきた。これ以外にも象や二枚貝など当時の堆積環境を忍ぶ化石も多く産出する。大阪層群の多くは粘土層と砂や礫層などで、特に粘土層は海成粘土と淡水粘土に区分され、それぞれ古い大阪湾が外海に開かれていたとき、陸に閉じられて湖になったときを示す。この海陸分布は当時の気候変動や地殻変動とも密接に関連している。

さらに大阪層群を際立たせるのは、その中に含まれる豊富な火山灰層にある。暑い夏の地層巡検の最中に食べていたアズキアイスバーに似ているということで名付けられたアズキ火山灰層や、水を含むと独特のピンク色が目立つので名づけられたピンク火山灰層など、全部で20数枚に達する火山灰がこの地層の層序(地層の積み重なった時系列)を見事に編纂している。鍵層としてのこれらの火山灰は大阪平野だけでなく近畿各地のこの時代の地層の時代を対比する大変よい目盛となっている。これらの火山灰の分析から、時代は300万年前から30万年前という長い時代の堆積だと分かってきた。ところが問題はこれらの火山灰が一体どこから飛んできたのかという点である。もっと新しい時代の火山灰について、やはり1970年代に町田洋さんらの手によって全国に分布する始良Tn火山灰(2万5千年前)が鹿児島湾のカルデラ噴火起源であると決定されて以来、偏西風に乗る火山灰の経路から地層に含まれる火山灰は基本的にその発見地より西側に供給源を考えるのが普通になった。というわけで大阪層群の火山灰の多くも九州以西起源であるとされることが多い。ただ九州はカルデラ銀座と言われるように、現在多くのカルデラや活火山で覆われ、300万年前に遡る昔の火山の痕跡を突き止めることは容易ではない。ともあれ、九州などを起点とする破局的噴火は大阪平野に厚さ最大2m強の火山灰をもたらした。水底で堆積し地層の圧力に固められて2mということは、地上に降り積もったときはおそらく優に5mを越えるだろうと想像できる。そのような大きな噴火が歴史上には繰り返したことを示す証拠が他ならぬ大阪の地下の地層に刻まれている。わずか100万年ほど前に。

九州を代表する活火山である霧島火山で突然生じた破局的噴火が、九州のみならず日本の国家全体にどのような影響を及ぼすのか。地学好きの医師でもある作家石黒耀は2002年にデビュー作「死都日本」でこの紙上シミュレーションを行った。その火山噴火の描写内容があまりにリアルであったために、小説発表直後火山の専門家による「死都日本シンポジウム」まで企画された。それから10年近くたち、折しも今年1月霧島連峰の新燃岳が長い沈黙を破って噴火した。その直後の東北の地震と津波のニュースにかき消されたが活動は今も続いている。これら九州の大型カルデラや活火山の活動

が今後どのように推移するのかは実は大変重要な意味があるのだが、一般にはあまり理解されていない。最近の日本列島における破局的噴火はアカホヤ火山灰の7300年前、そしてその前は始良 Tn 火山灰の2万5千年前。そろそろ次の噴火が準備されているのかどうか？地震と津波の惨状で忘れ去られた感もあるが、数多くの活火山が日本列島の地下深く今もじっと雄伏の時を窺っていることも忘れてはいけないと思う。(この稿 URBAN KUBOTA NO.11 | 29 などに拠った)

——「この国には何でもある。本当にいろいろなものがあります。だが、希望だけがない」——希望の国のエクソダス とかつて書いた村上龍は今年東北の地震の直後、ニューヨークタイムズ紙に「だが、全てを失った日本が得たものは、希望だ。大地震と津波は、私たちの仲間と資源を根こそぎ奪っていった。だが、富に心を奪われていた我々のなかに希望の種を植え付けた。だから私は信じていく。」と寄稿した。

試験に出ない地学 Series 2011年厳冬春待ち編——「百キロ徒歩中の質問に答えて」

一昨年の長距離徒歩で、奈良を南下する川岸をのんびり歩いていたとき、ふいに前を歩く特別隊の S 君、M 君から質問を受けた。「先生、この奈良盆地の上空にある雲の水の量ってどれくらいあるんですか？」—そのときにすぐに答えられなかった私は、自分の受け持ちの区域を歩いたあと、自宅に帰ってさっそく調べることにした。

まず、場所を奈良盆地上空(直径10km)に含まれる積雲と限定し、当日は雲量8であったと考える(当日は晴れ時々曇りの天気だった)。積雲の雲底を1000m、高さを3000mとする。従って雲が占める体積を、奈良盆地上空、直径10kmで高さが2kmの円柱の8割と概算することにする。 $5 \times 5 \times 3 \times 2 \times 0.8 = 120\text{km}^3$ がこのときの雲の体積である。積雲に含まれる水滴量(雲水量と呼ばれる)の平均として1 [g/m³]を採用する(近藤, 2000より)。これで換算すると奈良盆地上空の積雲中の総水滴量は12万トンになる。これは現在の大型タンカー1隻分の積載量に相当する。しかしこれは目に見える水滴だけの量であり、目に見えない水蒸気量まで考えると、飽和水蒸気量は当日の気温15℃で12.8 g/m³であるから、水滴の約10倍以上の水蒸気を雲は含んでいることになる。

もちろん荒っぽい推定であるし、雲の高さにもよるのだが、奈良盆地の上空に並ぶ真水を満載した10数隻の巨大タンカーの船団を思い浮かべると、これを壮観と見るか、それだけなの？と見るかは読者におまかせする。

さて、この水蒸気量をどのように見積もるかという問題は実は「地球温暖化」を考える上で重要な役割をしている。水蒸気はCO₂以上の強烈な温室効果ガスだからである。しかし肝心のこの水蒸気量の世界全体での総量の見積もりは、実はあまり確かではない。場所や時間により激しく変動する以外にも、観測することが難しい量であるということが関係する。しかし、現在GPSをこの大気の水蒸気量の観測に用いようという試みが進行中である。GPSの電波が大気の水蒸気量に応じて遅延することを逆に観測に用いようというGPS気象学が発展してきた。新しい技術が元々考えもしなかった分野に応用される好例であるとも言える。

筆者に面白い題材を提供してくれたS君、M君もこの春本校を無事卒業した。卒業式II部で涙ながらに後輩たちに言葉を贈った野球部のキャプテンN君のスピーチに感動しながら、あの当時の百キロ徒歩をまた思い出してしまった。

To Benoit Mandelbrot, a Greek among Romans— The Black Swan/ Nassim Nicholas Taleb

(ベノワ・マンデルブロに捧ぐ、皆がローマ人へとなびいたとき、一人彼だけがギリシャ人たらんとした、岡本訳)「ブラックスワン」ナシム・タレブ著の冒頭の献辞

試験に出ない地学 Series ラニーニャ初冬号 ——巨星マンデルブロ寂かに墜つ——

ベノワ・マンデルブロは1924年ワルシャワに生まれたが、幼少期には正式の学校教育を受けていないともいう。その頃のユダヤ系の研究者が皆そうであったように、祖国を追われるように幼少時フランスに移住し、しばらく馬の世話や工具の修理などをやらされていたが、支援者を得てそこで高等教育を受け、これまたお決まりのように米国でIBMの研究者としての仕事を得る。初期に綿花の市場価格変動の研究に携わり価格変動が正規分布から外れることを明らかにする。それもあって彼自身は自分が生涯経済学者だと認識していたようだ。しかし生来の好奇心から興味の赴くまま自然の造形などに次第に惹かれていく。

1975年、海岸線の長さやカリフラワーの不思議な形を説明する「フラクタル」という概念を初めて提唱する。以来彼の独自の自然観はやがて1980～90年代の「複雑系革命」を開花させる。その影響は自然科学のみならず経済学、社会学など多くの分野にわたっている。

その彼が今年10月、85歳で永眠したというニュースを突然聞いた。2002年秋、彼の京都工芸繊維大学での講演を当時の2人の生徒と一緒に聞いたのがほんの昨日の事のように思い出される。地層のスライドを最初に見せ、中央にレンズキャップを置かないとこの地層の大きさが分からないでしょという、わかりやすくやさしい英語の語り口がまだ耳についているような気がする。次に日本の美術作品の中から風神と雷神の絵を見せる。これこそフラクタルそのものだと語る彼の嬉しそうな表情が忘れられない。途中のスライドにゲーテのメフィストフェレスの台詞を引用したり、教養ある文化人だとうならせる講演だった。

講演の終わりの質問の時間に「Why does the nature so prefer Fractal?」思い切って手を上げようとしたとき、別の聴衆が先に手を上げてしまい、つまらない質問をされて時間切れとなってしまった。生徒を早く帰らせたあと、狭い大学食堂で開かれた懇親会に参加したが、参加者はそれほど多くなく講演主催者の挨拶を聞いていても本当にマンデルブロのすごさが解っているのかとちょっと戸惑ってしまう状態だった。サインをもらう列に並んでやと順番が着て著書にサインを書いてもらいながら、「実はフラクタルを紹介した高校地学の教材を作っているのです」と口ごもりながら言うと「それはいい。今高校の数学の先生とフラクタルの教材本を作っているところだ。君の論文が書けたらすぐ送ってくれ」と励まされた。サイン待ちの列は続いていたので、それを漸に彼の面前を辞して、側におられた奥様と話した。「ご主人のFractalの著書は英語がとても難しい」と言うと、「そうでしょ。彼にとって最初の英語の本だから力が入っていたみたい。家ではフランス語で話しているのよ」と話していたのが記憶に残る。その日は彼に会えた感激だけでどこをどう帰ったのか今では思い出せない。彼に私の論文を送ることは遂に果たせなかった。あとせめて10年長生きしていればノーベル経済学賞は間違いなかったのにとくやんでも仕方がない。彼の偉業の本当の意味が世間に理解されるのはひょっとするともっと後かも知れないと今でも思っている。この稿、<http://www.honza.jp/senya/1339>なども参考にした。

——空から見るローマは迷宮だ。建造物や噴水や廃墟のあいだを縫って走る古代の道路が、解きほぐせないほど複雑にからみあっている——「天使と悪魔」ダン・ブラウン著/越前敏弥訳より

試験に出ない地学 Series2010年暖秋号 ——スイスの空気入りの地震計——

その地震計の中にはスイスの空気が入っていますよ。さる地震観測所で観測のベテランSさんはその観測壕に最近設置された最新鋭のスイス製の地震計を前に筆者にこういって笑った。地震計の原理は古い。振り子の錘と地面の相対的な揺れを何らかの方法で拡大し、記録するというメカニズムは今

も昔もかわっていない。かつての機械しかけの複雑な梘子と軽く強い麦わらの先の描針で、煤を塗った紙に記録する形から、電子回路と計算機メモリに記録する形に変化はしたものの、その原理は変わっていない。しかし1990年代にその古いメカニズムはついに電子回路技術を得て、フィードバックタイプというものが出現する。電子回路でとても微妙な地面と鐘のずれを元に戻し、その戻す際の電流を増幅するという新しい技術革新がなされた。スイスの会社が特許を持つこのタイプの地震計は300万円もするという高額のもものではあったが、それまでの小型地震計が不得意としたきわめて長周期のゆれを正確に見事に記録し始めた。瞬く間にこの地震計は世界の観測所に広まり、それだけではなく、活火山や活断層の傍での観測に使用され、それまで発見されていなかった数多くの新たな地震や地殻変動が発見されるきっかけを作った。

くだんの観測所にはその機械が1台備え付けられていた。観測所に遊びに行くたびに幾つかの古い地震計が廃棄され、新しい観測機器が入っていた。それらの移り変わりを丹念に筆者に説明していただいたSさん。1人人間を入れると、振動と温度変化でしばらく観測の支障になるのを知りながら、心安く筆者を観測室に招き入れてくれたこの観測の先輩はしかし、その数年後、田舎に帰省されたおりに、不慮の交通事故で亡くなった。そのニュースを新聞の速報で知った私はもっと学んでおくことがたくさんあったのにと悔やんだが後の祭りであった。それから幾星霜、観測所の所員もどんどん減らされ、観測室で取られたデータは通信衛星を経て東京の大学のデータセンターに送られるだけとなったと聞いた。高性能の地震計を設置しさえすればそれで簡単に精度の良いデータが取れると誰もが思うかも知れないが、Sさんは観測室や地震計のメンテナンスにまつわる数多くの苦労や経験をいつも私に語っておられた。教科書に書かれた様々な観測の記録にも実は多くの人間の知れぬ苦労があることを、私は彼に代わって末代まで伝えていければと思っている。

——『私が私が』で人も企業も病んでいく——香山リカ『しがみつかない生き方』より

試験に出ない地学 Series 2010年 梅雨明け号 —「予測の難しい2つの雲について」—

最近、梅雨末期の集中豪雨や秋雨の時期の豪雨などで、テーパリングクラウド (Tapering Cloud) と呼ばれる雲の注目されている。気象庁の文献によれば、九州を襲った2003年7月19日に九州を襲った豪雨の解析で、「雲域が細い三角形の形状をしており、穂先状になっていることから『テーパリングクラウド』と呼ばれる。これは、東シナ海から九州地方に吹き込む風の流れに沿うように発達した対流雲列と上層風に流される巻雲から構成され、特に穂先部分において豪雨・突風・雷等の顕著な気象現象を伴うことが多い。」とされ、Wikipediaによればその成因は「この雲は、上空に乾燥した空気、下層に湿った空気が存在する成層不安定の状態、上空では西風が吹いており発散が見られること、下層では暖湿流の移流と収束が見られることなど、積乱雲が効率よく発生する条件が整うと発生する。」と述べられている。要するに地上付近は回りから風が集まってくる条件、上空は風が周囲に漏れだす条件で上昇気流が発生しやすい条件が整えられ場所に次々と積乱雲が発生し豪雨をもたらすというものらしい。気象衛星からの雲写真では人参のような雲が同じ場所から次々と発生して東に流されていく様子が観測される。

一方ところ変わって、オーストラリア北部のカンタベリー湾では、毎年9月から10月にかけて、朝方の晴天下に長さ1000kmにも達し、1列に並んで激しく回転運動する巨大な“巻きずし”のような雲が、時折発生し、『モーニング・グローリー』(Morning Glory) と呼ばれている。命知らずのグライダー乗り達がこの雲を捉えてスカイサーフィンを繰り広げる模様はTVでも放映されて話題になった。これもやはり性質の異なる2種の気流が地上付近で衝突して形成されるというメカニズムが現在検討されている。

同じ雲でもずいぶん性質は異なる。一方は集中豪雨をもたらしくつもの悲劇を刻み、一方は地域の住民に恐れられつつも、グライダー乗り達に格好の自然の遊び場を提供する。2つの雲に共通するのは、いずれもその発生予測が難しく、気まぐれに発生する性質があり、気象学の分野ではこの性質を chaos と呼んでいる。将来、その予測をもっと正確に行える革命的手法が、誰かの天才の脳にやはり突然の“雲の啓示”のように閃くのだろうか？

——「リスクを負わないチャレンジはない。そういう日本人に欠けている哲学の部分埋めたいと考えていた。」——イビチャ・オシム『考えよ！』より

試験に出ない地学 Series 2010 年初夏号 - P/E (晩新世 / 始新世) 境界について -

古生代と中生代の境:P/T境界や中生代と新生代の境:K/T境界での生物大量絶滅は有名であるが、もっと最近、それも新生代になってからの底生有孔虫の大量絶滅の存在はあまり知られていない。昨年私が出席した2009年5月の日本地球惑星科学連合大会(幕張メッセ)の気候変動を扱ったセッションでこの絶滅と気候の関係を述べた発表があった。——5500万年前の晩新世/始新世境界は、大気海洋全体に及ぶ急激な温度極大期と考えられPETM(Paleocene/Eocene thermal maximum)と呼ばれている。炭素の同位体比($\delta^{13}C$)が大きく負にシフトするほか、水温上昇も緯度が高くなるほど顕著で高緯度では5~8℃におよび、また深層水温も4~5℃上昇したと推定される。この急激な環境変動の開始とともに底生有孔虫の30-50%の種が絶滅したことが明らかになっている。また温暖な期間は約10万年程度続いたとされる。

この原因には諸説あるが、今のところ、海底に存在した大量のメタンハイドレートが気化したと考える説がもっとも有力である。またその場所の候補すら2,3挙げられている。現存するメタンハイドレートの1~2割に相当する固体のメタンが海底から何らかの原因で大量に気化し、大気中に流れこんだためメタンの著しい温室効果のため、急激な昇温が生じたとする仮説である。それがもし真実だとすると、現在の人為的CO₂放出はそれに匹敵する温暖化を招くのではないかというのが私の聞いた研究者の遠まわしの警告だったように思える。さらにその研究者はP/E境界と同じように現在の南極海底で著しい、海水の酸性化が進行しており、これが今世紀末には全海洋に及ぶだろうという不気味な予言を残していた。空気中に増えたCO₂が行き場所を失い、海水に再び溶けるために海水の酸性化が進行するというシナリオである。しかし現在の6倍のCO₂が存在したとされる白亜紀には見事なチョーク層という底生の有孔虫の地層が世界各地に残されていて、そのような大量絶滅は生じなかった。この2つの違いはどこにあるのか？この研究者はCO₂の増え方の差であると結論づけていた。白亜紀にはCO₂の増え方がゆっくりであったため、河川の水で流入する大陸風化によるアルカリが酸化しようとする海水を中和したのだと考える。しかし現在の地球にはそのような悠長な時間はないとこの研究者は警告していた。

この説が正しいのかどうかそれは今世紀の半ばごろになれば結論がでるだろう。しかしそのときすでに手遅れとなっているのか、はたまた一昨年の学会で唱えられた地球寒冷化説が正しくて、人々は食料飢饉にさいなまれているのか。その結論はまだ少し遠い先のようなのである。

——「大きく儲けることができるのは、国が興るときと、滅ぶときだ。とりわけ滅ぶときの利益は大きいってね。」——『ストックホルムの密使』/佐々木譲著より

試験に出ない地学 Series. 2010 年暖冬号 - 春霞と黄砂について -

花粉の季節が始まると春もたけなわで、昔は春霞、今では黄砂がニュースを賑わせる。霞は実は

気象用語ではなく、その定義は特になく、おなじ視界を遮るものとして霧と霞はそれぞれ視界が1km未満かそれ以上かで定義されたれっきとした気象用語であるのとは対照的である。それでは霞の正体はというとこれがあまりはっきりしない。冬の大気が乾燥してキーンと透明なのに比べて春は水蒸気量が増えて透明度が落ちることが原因とされるほか大陸からの黄砂が原因と考えられている。おぼろ月夜という春の名物もこれが原因であるとされる。『春の野に霞たなびきうらがなしこの夕かげにうぐひす鳴くも』

(大友家持)をはじめ、万葉集には霞を詠んだ歌がたくさんありますが、この霞は黄砂のことです。』と中国黄土高原の緑化事業を手がける高見邦雄氏はブログで述べている。

最近でこそよく黄砂のニュースが伝わるが、日本列島の堆積物中にはすでに7万年以降の最終氷期には黄砂が飛来しており、その量は現在よりも多かったと推定されている。これは大陸に露出する砂漠からの砂の量はたとえば南極氷床などでも記録され、大気が乾燥した寒冷期になると dust の量が増えるという相関があり、これから過去の気候変動を探る手がかりとしても用いられている。wikiによればその粒子の大きさは「 $0.5\mu\text{m}$ (マイクロメートル) - $5\mu\text{m}$ ($=0.0005\text{mm}-0.005\text{mm}$)」くらいで、タバコの煙の粒子の直径 ($0.2-0.5\mu\text{m}$) よりやや大きく、人間の赤血球の直径 ($6-8\mu\text{m}$) よりやや小さいくらい。この大きさの粒は、地質学においては砂というよりも「泥」に分類される。」とされる。砂と呼びながら意外と小さなものであることがわかる。また意外にもその成分の炭酸カルシウムは土壌を強アルカリの性質から酸性土壌を中和する役割があり、酸性雨と好対照であることがわかる。ただ、その粒子表面に多くの化学物質を吸収するため特に中国における大気汚染物質を吸着することによる被害が心配されている。

近年の黄砂の被害の増加が自然現象であるのか、大陸奥地の開発による人為的なものかの判断は極めて難しい。古くから伝わる現象であるにもかかわらずまだ実態が良く分からないという自然現象が意外と身近にあるのに今回も驚かされた (この稿、高見邦雄氏のブログ http://blogs.dion.ne.jp/koko_tayori/archives/3790377.html の記述を参考にした)。

----- タラが豊富に獲れ、いつになく温暖な気候が何世紀もつづいたおかげで、グリーンランドの人々は北アメリカまで航海し、アイスランドやノルウエーを相手にセイウチの牙や羊毛ばかりかハヤブサまで自由に交易してきた。----- 「歴史を変えた気候大変動」ブライアン・フェイガン著 / 東郷、桃井訳より

試験に出ない地学シリーズ 2009 年小春日和編地球外惑星を探す - Hot Jupiter の発見 -

「我々人類は宇宙で孤独な存在なのか」という“友達探しの旅”は、古くは太陽系の火星や金星などの惑星探査でもろくも挫折し、初期の夢が崩れた今、再び太陽系外の惑星系へとその探査範囲を広げている。1963年、SwarthmoreカレッジSproul天文台のVan de Kampが、年周視差測定で名を馳せた60cm屈折望遠鏡を駆ってバーナード星に周期的なふらつきを観測したという論文を出した。さらにこのふらつきは木星の1.6倍の惑星を考えるとうまく合うと発表したもので、太陽系外惑星の初めての発見と大騒ぎになった。ところがその後、他の人が同じ屈折望遠鏡を使って別の星を観測、同じ周期のふらつきを偶然見つけてしまう。何のことはない、これがこの屈折望遠鏡の駆動システムの癖であったというお粗末。話は振り出しに戻る。

それから幾星霜――、1995年科学雑誌Natureの論文にMayerとQuelozのベガサス51番星のふらつきを示す見事なサインカーブを描く図が載った。これこそ、その後の太陽系惑星探査フィーバーの幕が切って落とされた瞬間だった (皮肉なことに初代惑星探しの達人Kampが亡くなったのは、こ

の1995年の論文が出る直前だったという)。彼らは写真による恒星(主星)位置のずれ観測という古典的観測法をあきらめ、主星の視線方向のふらつきをドップラー効果により測定するという画期的な方法を用いていた。彼らの観測で、ペガサス51番星の惑星ベレロフォンは木星の質量のほぼ0.6倍、主星からの距離はわずかに0.05天文単位という恐ろしく主星に近い軌道を描く惑星だとわかった。これ以後今年の夏までで、すでに発見された惑星の数は500個近くになりまだ発見が続いているという。

これら最近発見される惑星の半分以上が木星サイズと同等かさらに大きな惑星なのだが、軌道計算から太陽系で言えば、水星軌道よりはるかに内側を回る奇妙な惑星であることがわかった。ガスの巨大な惑星が主星である恒星に近い軌道を描き、表面が熱く焼かれているイメージから Hot Jupiter というニックネームがつけられた。この Hot Jupiter とは何物なのか。またなぜ異常にその数が多いのかなど、ますます謎は深まるばかりである。我々はたびたび自分たち中心の世界観を描き、そしてその後のコペルニクス転回でそれらは見事に崩れ去って行った。宇宙における惑星系のスタンダードは我々太陽系なのか、はたまた Hot Jupiter 系なのか。1995年のMayerらのブレイクスルーはまた別の巨大な謎のパンドラの箱を開けた。21世紀になって天文学はますます面白くなりそうで楽しみである。

(この話の元は、大阪教育大学教授 定金晃三先生に教わりました。感謝します。また参考論文は A.P.Boss: Extrasolar planets: Past, present, and future, 2005 に拠りました。)

——The Martians stared back up at them for a long, long silent time from the rippling water... ——” The Martian Chronicles” Ray Bradbury 終章より

試験に出ない地学 Series. 暖秋号 「パリ革命記念日の夜空を彩った夜光雲」

雲は毎日空を彩るとても身近な現象であるが、そのほとんどは対流圏と言われる高さ約10kmまでの狭い範囲に生じる雲で、それより上の成層圏にはほとんど雲はできない。これは成層圏の温度構造が上昇気流を発生させないからで、極地方の上空の真珠母雲と呼ばれる特殊な雲を除くと観測例はそれほど多くなかった。

ところが今年夏、フランス革命記念日の7月14日夜、エッフェル塔からの花火を見ようと集まった群集はその背景の日没直後のパリの夜空一面に不気味に青白く光る波打つ雲の群れに驚いた。これが専門家によって「夜光雲」だと確認されたという。さきほどの成層圏の真珠母雲を通り越してはるかに高く、中間圏の80km前後の高さに出現する全く別の成因の雲だということから驚く。極地に近い高緯度の上空の、このような希薄な大気中に何らかの原因で氷の結晶が現れ、はるかに地平線下に沈んだはずの太陽光を反射するのだという。最初に発見されたのはクラカトア火山の大噴火の2年後の1885年、ヨーロッパで異常な夕焼けが観測されていた最中の出来事であったという。また大陸移動説をとなえた気象学者のウエグナーはこの「夜光雲」が氷でできているという推測をしたが、これが正しいと確認されるのは実にそれから80年経った2001年、衛星に詰まれたHALOEと呼ばれる特殊な装置がはじめて氷の存在を確認したのだという。

不思議なのはこの現象が19世紀以前には観測されておらず、またこの現象が見られる地域がここ数年、極地域だけでなく、低緯度の場所に拡大してきているという事実である。人間の二酸化炭素やメタンの排出、あるいはスペースシャトルからの排気の中の水蒸気が一部の夜光雲の発生に関与しているという説もとなえられているが定かではない。

ともあれパリの緯度はそれでも48度。バステューヌ襲撃からはるかに200年を経て、革命記念日の夜空を彩るようになった「夜光雲」。ひょっとすると日本の30度代の低緯度でもこれから見える

ようになるのではと、澄んだ夕暮れのひとしきり、この雲を黄昏の夜空に探して佇んでみるのもいいと思うがどうだろうか？[この稿 <http://www.technobahn.com/news/200907161304> や wikipedia など]に拠った。また写真は「革命記念日、夜光雲」で Web 検索すると Flickr 発の事な画像が見れる。2009/10/19]

— しかし大切なのはそのことに自省的であるということである。なぜなら、おそらくあてどなき解像と鳥瞰のその繰り返しが世界に対するということだから。— 「世界は分けてもわからない」福岡伸一著より。

試験に出ない地学シリーズ 2009 年空梅雨編 「ピークオイル論を巡って」

石油の価格が乱高下するなか、ピークオイル論がかしましい。いわくすでに世界の油田の埋蔵量のピークは過ぎてあとは、埋蔵量は減り続けるだけだという推論である。しかし私が子供の頃、あと 30 年で石油が枯渇すると脅された話はどこへやら、その後可掘石油埋蔵量は増え続けた。北海油田を代表とする新たな油田が次々と発見されたり、原油の値段が上がって今まで経営に乗らないとされた莫大な埋蔵量のオイルサンドやオイルシェールからの石油精製に目処がたったことも大きい。

その昔、石油探査の技術はシュルンベルジュという当時名もないフランス人の兄弟が実用化した。やがて彼らは 1927 年に会社を設立、会社は電磁気、音波、放射線などを石油探査に活用し、とんとん拍子で発展し独自の探査技術を開発してきた。かつて私の大学時代に日本の秋田県にあるちっぽけな八橋油田の試掘にも立ち会ったと聞いたことがある。その会社もいまや 140 ヶ国の国籍の 7 万人近くが働く多国籍企業に発展した (wikipedia より)。世界中の多くの油田開発に従事していると聞く。

現在地球内部構造を探る手段としてもっとも重要な「地震波トモグラフィ」 という手法は、この石油探査技術の発展と、もうひとつ人間の体内の病巣を調べる CT スキャンの技術によるところが大きい。地震波と X 線という透過させる波の種類は異なっても、計算機で巨大な 2 次元行列の係数を求めて、波の透過する内部の構造を探っていく手法はまったく同じ論理を用いる。いずれも莫大な研究費用を投じて幾百のハイテク企業がその先端技術開発の鎔を削っている現場でもある。

一方かつてセブンスターズと呼ばれ油田開発を独占していたシェルやテキサコなど石油メジャー 7 社は今は凋落して、栄華を誇った昔の姿は見るべくもない。候補地の選定や探査にじっくり数 10 年はかかり、仮に試掘しても俗に「千三つ」(千本井戸を掘っても 3 本しか油層に当たらない!) という博打のような油田開発に莫大な経費をかけるような懐の深い企業は、数年で実績を出せという今の企業の評価システムの前で次々と敗退とされていった。その果てに世界中にまだ密かに眠る油層やオイルシェールの層が今後誰に発見されることなく、寂しく見捨てられるようになるのかも知れない。

またそんなピークオイル論を嘲笑うかのように、「石油無機起源説」もまだ力を失っていない。すなわち、プランクトンの屍骸などの有機物が濃集して炭化水素の油田の起源になったという有機起源説ではなく、むしろ石油の始源物質は今も不断にマントルから供給されているのだという突拍子もない考えである。石油に大きく依存する石油業界は元より自動車産業界、次代を狙う環境産業界、そしてそれらをバックに暗躍するロビイスト達もまた、まだ科学的に立証されていないこれらの説に右往左往している現状にある。これら石油の現状に一喜一憂するのではなく、それこそ千年先を見据えた我々の文明の有り様をきちんと議論できる「哲学」と「経済学」こそ、今早急に整備されるべきだと私は考えるのだがどうだろうか？

—— オゴニ族は、ニジュール・デルタ地帯の南北 19 キロ、東西 23 キロの「オゴニランド」に暮

らす人口約 50 万人の半農半漁の民。かつてそこは豊かで平穏な村だった。しかし 1958 年に石油が発見されて以来、川や池は原油に汚染され、村は硫黄の臭気が充満する荒地に変わり果てた——黒木亮「巨大投資銀行」(下巻)より

試験に出ない地学 Series. 無黒点初夏号 「大圏航路を飛ぶ航空機、今昔」

地理のテスト問題で、大阪を真東に飛び出すとどこに到達するかという問題があって、これを普通のメルカトル図法の地図を見慣れた目では、サンフランシスコに到着すると答えるのだけれど、これは間違いで、地球儀で実際に日本から真東に伸ばした針金を地球儀に沿って曲げると南米のチリを通してブラジル、アルゼンチンに達してしまう。実際アメリカに飛ぶ航空機はほとんどカムチャッカ半島すれすれの北太平洋上空からアラスカの南を通してサンフランシスコにいたるコースを描く。上記メルカトル図法ではぐっと北の方に湾曲して飛ぶように見えるが実は地球ではこれが一番近い。このように地球儀の任意の 2 点を地球儀上でひもをびんと張ったように結ぶ経路を大圏航路と呼び、もちろん実際にはコリオリの力が北半球では右向きに働き、高空の偏西風などにも流されるので、それほど単純ではないが、大旨、航空機はこの経路で飛行することになる。そして出発時に飛び出す方向を間違えないように、ジャイロコンパスという一種のはずみ車をつけたモーターを真北に向けておく。航空機がいかなる方向を向いてもいつも真北を指すジャイロコンパスはかつて航空機にとって航法を決める際のもっともたよりになる計器であった。

1983 年 9 月 1 日、アラスカアンカレッジ空港を出発しソウルに帰還する予定の大韓航空 007 便のジャンボ機が、間違って当時のソ連上空(カムチャッカ半島)に侵入し、ソ連防空軍のジェット戦闘機に撃墜された結果、乗員乗客全員 269 名が死亡するという痛ましい事件が起こった。原因について様々な説が飛び交ったが、現在では、出発時に設定しなければいけない INS(上記ジャイロを含む慣性航法装置)の設定ミスが原因で、航空機が誤って北方に数度ほどずれた航路を飛んだのが災いしたと推測されている。これが本当だとすると 2000 年代の今日では起こり得ない事件である。今日では GPS(汎地球位置観測システム)が航空機の位置を数 m の精度で常に表示してくれる。外国の航空機に乗ると、現在飛んでいる位置を世界地図上で示してくれるのもそのおかげである。

測位技術の発達は従来起きていた事件事故を未然に防ぐ手立てに役立っている。その一方で、滅多に地球儀や地図をまじめに見なくなるせいで、地理的な勘や地図を読む力がどんどん落ちてきているような気がしてならない。百キロ徒歩で地図と道を見比べながら歩くのも、そうした野生の地理的な勘を育てる上でとても重要だと思っている。

----- 要するに、日本人はある主張の是非を判断するとき、その主張が論理的に正しいかというより、主張者がその主張にどれほどの思いを込めているかを基準にする傾向にある。----- 岸田秀「自殺が映す日本文化」より

試験に出ない地学 Series 暖冬春待ち編 「セイシュについて」

「潮位急変する『副振動』九州などで被害 転覆・浸水など」と今年 2 月 25 日の朝日新聞ニュースサイトは伝えている。

一 港や湾内などで潮位が急激に変化する現象「副振動」が、24 日夜から 25 日にかけて九州沿岸や奄美大島で観測された。気象庁によると、長崎県や鹿児島県では 5～30 分の周期で最大約 160 センチも潮位が変化し、各地で小型船が転覆したり、住宅が床下浸水したりするなどの被害が出た。26 日午前にかけて満潮を迎えるところもあり、気象庁が警戒を呼びかけている。一

という記事である。気になったので調べてみた。

これは昔からセイシュ（静振）という現象だという。原語は Seiches. wikipedia は

The effect is caused by resonances in a body of water that has been disturbed by one or more of a number of factors, most often meteorological effects (wind and atmospheric pressure variations), seismic activity or by tsunamis と解説する。

語源はスイスのジュネーブ湖で起こる現象を呼ぶ言葉で the word originates in a Swiss French dialect word that means "to sway back and forth" だという。ようするにコップや容器に入れた水がある振動で共振するように、湾や港の海水や湖水がある原因によりその湾や港の形に起因する固有振動数で共振したり往復する現象をいうらしい。気象庁は「副振動」とよび、地震の関係者は「セイシュ」と呼ぶことが多いようである。その原因は気象現象（風や気圧変化）や津波、山崩れなどが引き金になる。

江戸時代の1792年島原半島で雲仙の火山活動に伴う、大規模や山崩れが有明海に崩れ、これが原因で巨大津波が対岸の熊本との間を往復し、両岸で死者1万5千人という大きな被害が出た。これは当時「島原大変、肥後迷惑」と呼ばれた。また最近では1958年のアラスカの地震の際に同様に山崩れが発生し、フィヨルドであるリツヤ湾で波高525mに達する波が発生したのもこの一種だとされる。この記録は津波のレコードとして現在も未踏のままである。また日本海に起きた日本海中部地震や北海道南西沖地震の際に、日本海を囲む地域でいつまでも津波が静まらなかった現象もこれだと解釈されている。

なお、今回の「気象庁によると、副振動は低気圧が中国大陸から日本へ向けて発達しながら進むときに発生しやすいが、今回は日本から大陸にかけて延びた停滞前線付近での気圧変化が「引き金」になったと考えられるという。」と同新聞サイトは伝えている。地球規模でこのような共振現象が起きるというのは不思議であるが、物理現象というのは本当に規模の大小を問わずに生じると目の前で小さくゆれるコーヒーカップの水面を見ながら改めて感じ入った。

—— かつて港湾近くの路地に捨てられ、人の慈悲と偽善に育まれた私の、恥多い幼年期との、それが完全な訣別だった。—— 高橋和巳「捨子物語」終章

試験に出ない地学 Series 「古くて新しい天体、月の謎」

月見にはもう遅い季節になったが、立待月、居待月、寝待月と歌われる月は研究対象としては古くて新しい天体である。満月の夜に一斉に産卵する珊瑚や月齢と地震や殺人の発生数との関連など、地球上の生命や現象と月との関連の話題は絶えない。一方天文学としての月の解明はアポロ宇宙船が月面に着陸し、岩石を持ち帰ってからすでに40年近く経過し、月には研究対象は尽きたと思われるが、実際にはそれは月の秘密のほんの入り口に過ぎなかったということが段々解ってきた。月の起源に関する学問は始まったばかりで、そもそもなぜ月がそこにあるのかという疑問がまだ解かれていない。月は他の惑星の衛星に比してとても大きい。主星の1/4もの直径を持つ衛星は月だけである。大きい割には密度が小さいことも知られている。ここから「ジャイアントインパクト説」という途方もないアイデアが出てくる。地球の創成期に火星ほどの大きさの天体が、地球に斜めに衝突し、その表面の岩石を多量にそぎとり、それが宇宙空間で再び集結して月を作ったとされる珍説である。しかも月には他の惑星や衛星にみられないおびただしい数のクレータ孔が保存されている。そのサイズと個数の分布は見事な「フラクタル」の分布に従う。また陸の部分と海の部分ではクレータの密度が異なり、これは海が後から溶岩の湖として生成したため、クレータの形成が少なかったという「クレータ年代学」の基礎を作る考え方につながる。このクレータ形成の頃の謎は実は地球や火星の創成期の謎と重なる。地球はあらかじめ大きさができたあと、表面がマグマオーシャンとして、溶けてしまい、創成期の記憶を失ってしまった。火星も砂嵐やかつて多量に存在したとされる水がやはり創成期の地

形をそぎ落としてしまった。しかし空気のない月にはそうした太陽系の創成期の謎がまだ残っているというのである。それを調査するため今年、日本の月探査衛星 SELENE（日本名「かぐや」）が月周回軌道に入った。TVで放映されたその見事なハイビジョン映像に写った月をみながら、調べれば調べるほど謎が増す月というのは本当に不思議な天体だとまた改めて感じ入った。

—上弦の月だったっけ 久しぶりだね 月見るなんて— 吉田拓郎「旅の宿」より

試験に出ない地学 Series2008 年も暖秋号 「雨に煙るオスロ湾で宮沢賢治のイギリス海岸の風景を思い出す—」

2008年夏ノルウェイを訪ねた。北緯60°に位置する首都オスロから、山岳鉄道とフィヨルドを船で渡るツアーで西岸の都市ベルゲンに向かった。化石の巡検でも雨に降られ、またこの日のフィヨルドも雨にたたられた。世界遺産の美しい港町、ベルゲンでみやげ物屋の兄ちゃんが、この町は1年に300日雨が降ると笑っていた。南氷洋では「叫ぶ60°」といわれる高緯度の海は北大西洋でもさほど変わらないらしい。毎日TVの天気図には低気圧を示すLの記号と寒冷前線、温暖前線が象形文字のようにスカンジナビア半島に毎日のたうっていた。まさに「低気圧の墓場」というにふさわしい場所なのだ。20世紀の初めごろ、低気圧の一生を研究したピヤークス、雨の降る機構を氷晶説として著したベルシェロン、偏西風による大気の大循環を研究したロスビーなどがベルゲン大学に結集し、ベルゲン学派として、世界の気象学をリードした理由がよくわかった。また美しいフィヨルドの地形もかつて第2次世界大戦ではドイツのUボート基地として戦争の担い手となった。さらに現在ノルウェイ最大の企業に発展したHydroは、かつて本稿でも書いたナチの核爆弾開発材料を巡る争いの鍵を握った山中の重水生産工場をその起源としているという。

ともあれ1990年以来デフレに苦しんだ日本とは裏腹に、北海油田の好景気に湧くこの国はまた、恐ろしいほどの高物価で旅行者の私を驚かせた。マクドのハンバーガーセットが日本円で1500円もするのには驚くよりあきれしかかなかった。食べ物を始末したため3kgも痩せて帰ってきたのはここだけの秘密—。

途中のフィヨルドでは1000m近い崖の上から氷河の雪解け水が何本もの滝となって落ちる光景にほとんど感覚が麻痺してしまった。この豊富な水量ですべての国内電力を水力発電でまかなっているときいてさらに驚いた。なるほど日本と同じ面積で470万人という大阪府ほどの人口の少なさなら、それもありえるのだ。しかしそんな人口の少ないこの国も、小さくてもピリッと辛い幾つかの自慢を持っている。近代史の局面では、1993年に当時のイスラエルのラビン首相とパレスティナのアラファト議長を握手させた「オスロ合意」は裏でノルウェイ外務省による献身的な画策があったとうわさされる。そうした活動にあやかっただけか、ノーベル賞のうち平和賞だけは今もオスロでノルウェイ国王からじきじきに授けられる。昨年秋、地球温暖化防止キャンペーンで米国のゴア元副大統領がノーベル平和賞を授賞した。立派な絵画で飾られたオスロ市庁舎ホールで並み居るノルウェイの国会議員や大臣たちが聞き入るなか、彼が格調高い授賞スピーチを行う様子はYouTubeでも紹介されている。私はその動画で、ある若い子連れの女性議員が途中で眠ってしまった子供を抱きながらスピーチに聞き入るシーンに感動した。この国はまたポリシーとして子育てがしやすい社会を目指し、先進國中最大の出生率を誇ると地元の研究者の女性が巡検の帰りの車中で自慢していたのを思い出した。すべてが日本と正反対のこの国の有り様を見ながら、世界はまだまだ広いと感激した渡航であった。

—Indeed, the troubles of hedge funds played a remarkably large role in the financial instability of the world over the last few years. Paul Krugman (2008年ノーベル経済学賞) TIGER'S TALE -The leverage that

moved the world- 1999.11 (<http://www.pkarchive.org/>) より.

試験に出ない地学 Series2008 年梅雨編 --- 「太陽活動と気候変動」 -

太陽は地球にもっとも近い恒星ですすでに膨大な観測が行われているにもかかわらず、大変謎の多い星でもある。6000度の光球に駆動される太陽外気圏のコロナがなぜ100万度を越える超高温であるのかとか、太陽からやってくるニュートリノの量が理論で予想されるよりもはるかに少ない量しか観測されないという問題（太陽ニュートリノ問題と称され、やっとな最近「ニュートリノ振動」の発見で何とかかたがついたかに見える）など昔から議論に絶えない。その中でも最大の謎は、なぜ黒点活動の周期が11年で、しかもそれが地球の気候にどのような影響を与えているのかがまだ解かれていない。

地球上で太陽黒点と同じ11年周期の変動は様々な場所で見つかっている。例えばかつてアフリカのビクトリア湖の水面変動が黒点周期にリンクしたとか、本栖湖など富士五湖の水面もそうであるとか言われている。古い木の年輪についても11年周期が記録されているという話も枚挙にいとまがない。また最近ではイタリア、イオニア海堆積物の浮遊性有孔虫殻の $\delta^{13}C$ 量が太陽黒点に見事にリンクする11年周期変動を描くという報告が出ている。また経済学の方では、同じように太陽黒点に経済変動がリンクするという主張としてジュグラー・サイクル（7-10年）やクヅネット・サイクル（22-23年）など多くの学説が昔から発表されてきた。しかしいずれもその物理的根拠は未だ定かでない。いわば経験的に同じような周期と変動のグラフが重なって見られるという見かけの一致の指摘に留まる。また否定的な研究も多数存在して決着は着きそうにない。

一方最近、IPCCが主導するいわゆる「人為的地球温暖化」説に反発する「地球温暖化懐疑論」の立場から、この太陽活動の影響が地球の気候変動に与える影響を見直そうという動きが活発に見られるようになってきた。その最初の動きは1997年宇宙物理学者Henrik Svensmarkの宇宙線量と対流圏下層の雲の量との相関を示す論文だった。以来、主に気象以外の専門家が「太陽活動が銀河から恒常的にやってくる宇宙線の地球への侵入を地球地場を介して支配し、結果、対流圏下部の雲量が左右されて、地球が受け取る日射量に影響が生じ、気候が温暖化したり寒冷化したりする」という仮説を強く提唱してきた。つまり地球の気候を支配するのは、温室効果ガスではなく、太陽活動そのものだという主張である。今年5月、幕張で開かれた地球科学の学会でもこの論拠を元に「地球温暖化人為説」を批判するセッションが初めて開かれた。そのセッションに偶然参加した私も、結構説得力のある議論に感心するとともに、自然の解明の難しさを痛感した。ただなぜかそのセッションに肝心の気象研究者の姿は少なかった。そのセッションの主催者は地球はIPCCの言うように今後温暖化するか、それとも我々の主張のように寒冷化するかの決着が、あと5年もすればつくはずだと鼻息も荒かった。それを聞いた私は、今から5年後が楽しみのようなちょっと怖いような……。そしてその後、心なしか今年の6月が昨年より涼しいように感じるのは気のせいかな？

（この稿 http://cloud.web.cern.ch/cloud/documents_cloud/kirkby_jaci.pdf を参考にした）

-----ねえ父さん、お元気ですか、あれから僕は歌を歌ってます。自分の中の手に負えぬ部分や、行き場のない悲しみや思いを、何一つわかってないけど、美しいものをつかみたくて-----早川義夫「父さんへの手紙」から

試験に出ない地学 Series 2008 年快適初夏編 「ビーバーの毛皮貿易と気候変動」

日本で関が原の合戦があった1600年ごろ、ヨーロッパは小氷期と呼ばれる寒い時期を迎えていた。オランダ（ネーデルランド）の画家ピーター・ブリューゲルが凍結した冬の運河の風景を描いていた

頃である。その寒い冬を乗り切るために人々は多数の毛皮を必要とした。その頃他国に先駆けて新大陸に乗り出していたオランダの商人は、柔らかい毛皮として珍重されるビーバーが北米各地の小さな川や沼に小さなダムを作って多数生息しているのを見つける。おとなしい性質のビーバーは次々と捕獲されてヨーロッパへ輸出された。そして19世紀までにはほとんど絶滅寸前にまで追い込まれる――。

ところが、最近このビーバーの毛皮貿易を巡る面白い記事を見つけた (Eos, Vol. 87, No. 52, 26 December 2006)。このビーバーの毛皮を取るための凄まじい捕獲が、北米全域でビーバーが自分で作って住んでいた小さなダムや沼の崩壊につながり、そのダムや沼からのCO₂やメタンの発生を抑えたために、大気の温室効果の低下を招き、小氷期はますます加速されたという記事である。すなわち現在とは逆に、この時期には毛皮貿易の発展でCO₂やメタンが大気中から減少したという推定である。The global beaver eradication (possibly 50 million killed in North America alone) may have significantly decreased the methane and CO₂ flux from ponds. — ヨーロッパの人々は毛皮を手に入れ自分たちを暖めようとしたが、それによって気候を寒くする悪循環に寄与していたという指摘に笑ってしまった。Dutch fur trade and resulting beaver eradication may have been driven by climate change, whereas the worldwide beaver eradication may have been a driver of climate change itself. When the early Europeans tried to keep themselves warm with fur, they may have contributed to global cooling.

そういえば、オランダは最初、現在ニューヨークと呼ばれるあたりに進出したとき、地元のインディアンからマンハッタン島をビーバーの毛皮34枚分という嘘のような値段で買い取ったという。おごれるものも久しからず、有頂天だったオランダが凋落したあと、いくつもの政治的戦いを経て、マンハッタン島は世界の貿易と金融の中心となり、やがて9.11の惨劇「グラウンドゼロ」を迎えることになる。

そして、昨年ニューヨークではほとんど絶滅したと思われたビーバーが2007年2月27日200年ぶりにブロンクスの川で目撃されたという記事が伝わった。かつて人間のわがままな行いに振り回されたビーバーが、今ふたたび人間の愚かな行いをよそに、たくましい野生の姿を見せてくれたことにほっとするとともに、こんな小さな動物の生態系すら気候変動につながりそうだという自然の複雑なシステムには驚かされるばかりである。(この稿、Johan C. Varekamp: The Historic Fur Trade and Climate Change, Eos, Vol. 87, No. 52, 26 December 2006 に拠った)

— 酒場のコンガイは「ホンダ」といい、「トット・ラム (最高よ) !」という。アルス・ロンガ・ヴィタ・プレビス (技術は長く、生は短し) か。—— 「サイゴンの十字架」開高 健より。

試験に出ない地学 Series. 2008年厳冬号 -- 「でたらめさが役立つ?」 --

でたらめさ (ランダムさ) というのは自然の予測が難しいという理由に良く使われ、何となく“いいかげん”という印象が強いが、逆に自然界である現象がでたらめに生じるということを仮定して、確率的処理を行うことで成功した研究も多い。生物学で有名な染色体地図は今世紀初めにモーガンという人によって、キイロショウジョウバエの遺伝子間の組み換えがランダムに生じるという仮定のもとに、その生じる割合は遺伝子間の距離に比例するという条件を入れて推定していくことで得られた。最近では、近縁種のDNAの塩基配列の差が、ランダムに生じる突然変異によると仮定すると、その差の割合は進化系列分岐の時間関係に置き換えられるとする「分子時計」という考え方が注目されている。これにより類人猿相互の進化の分岐関係や化石人類の系列の時間関係が細かく推定されるようになった。有名な「ミトコンドリアイブ」(人類の起源がアフリカの20万年前のある女性に至るという研究)などもこの研究の成果である。いいかげんさの象徴だと思われたランダムさが、ある場合に

は、自然の空間と時間の目盛を正確に決めていくことに役立つという逆説は大変興味深いと思うがどうだろうか？

——免状は家元の権威によって、ドルはアメリカという国家の威信によって流通している——
「ウルトラグララー」手嶋龍一より。

試験に出ない地学 Series 2007 年ラニーニヤの冬編 - 「マラリアと気候変動」 -

5年前、アフリカに渡航する際に、マラリアの予防薬を飲むかどうかで思案したことがあった。重い副作用があるなど聞いていた（これどうも誤解のようだが）ので、飲まなかったが向こうで何度か蚊に刺されたときに少し心配になった。

マラリアは熱帯の病気だと思われることが多いが調べてみると、日本でも江戸時代やさらに時代がくだと奈良時代や平安時代に流行したことがあったと文書に記されている。平家物語に書かれた平清盛の最後や、藤原定家日記などに、マラリアと思われる記述（わらはやみ、おこり）がたびたび登場する。同時期イタリアでも流行したらしく、もともと Mal-aria はイタリア語で「悪い病気」という意味らしい。古くはアレキサンダー大王の死も熱帯マラリアの感染によるものとの説があるという。

日本での患者が最後に数えられたのが1965年で、1974年日本復帰直後の沖縄・西表島でようやく無病地宣言がなされた。もちろん現在、日本およびヨーロッパ主要国は感染地域には入っていない。

ところが、近年再びこのマラリアの脅威が取り上げられるようになった。地球温暖化の問題である。折角駆逐したマラリア病原虫を持った蚊が温暖化の流れに乗って再びヨーロッパや日本に鋒先を向けようとしているからである。前述した平安時代は世界的に温暖な時期であったとされる。マラリアの流行は一旦16世紀初頭の氷期と呼ばれる時期におさまり、その後再び万延したことを見ると、その流行が世界的な気候変動にも敏感であることが見て取れる。世界での患者数が推定で3～5億人/年、また死者数（同じく推定）が100～270万人/年といわれる人類に取って脅威のマラリアの流行は先進諸国に取って、決して対岸の火事として見過ごすことはできない。

——入道、病ひつき給ひし日よりして、水をだにのどへも入れ給はず。身のうちのあつきこと、火をたくがごとし。臥したまへる所、四五間がうちへ入る者は、あつき堪へがたし。ただのたまふこととは、「あつや、あつや」とばかりなり。比叡山より、千手院の水を汲み、石の舟にたたへ、それにおりて冷したまへば、水おびたたく沸きあがり、ほどなく湯にぞなりにける。もしや助かり給ふと、箕の水をまかせたれば、石や、くろがねなどの焼けたる様に、水ほどばしつて、寄りつかず。——「平家物語（百二十句本）巻六」より

試験に出ない地学 Series 2007 年秋深し編 -- 英国航空第9便の災いとその後 --

1982年6月24日クアラランブルを経てパースに向かう英国航空第9便 B747 がスマトラ島上空11000mに達した頃、ムーディ機長はトイレからコックピットに帰った途端、窓一面に彩色で彩られた無数の光点がぶつかり、後ろに飛び去っていく奇妙な光景に唖然とする。その後立て続けに異常はこの機を襲う。客室内に漂う煙と異臭。ジェットエンジンの前後に発する奇妙な光。しかし計器やレーダーには異常は現れていない。狐につままれたような乗員をさらにショックが襲う。巨大なバックファイヤーを残し、第4エンジンが原因不明で停止、残った3個のエンジンも次々と後を追った。4個すべてのエンジンが停止しグライダー状態に高度を下げる機体と必死に格闘し、エンジンの再スタートをかけようと、必死の乗員の戦いはこのあと10数分も続いた。乗客にも緊急事態が伝わり、もう駄目かとみんなが覚悟した頃、高度4000mまで降下したところで奇跡的に第4エンジ

ンが再点火。さらに続いて他のエンジンも点火された。この後ジャカルタに緊急着陸を試みるが、今度は空港の着陸ガイド装置が故障、コックピットの窓ガラスは曇りガラス状態でほとんど前が見えず、わずかに残った窓枠際の2インチ幅の透明な部分を頼りに手動着陸を試みた機長たちは悪戦苦闘するが、何とか無事に着陸に成功。けが人もなく、客室ではみんなの無事着陸を祝いファーストクラス用のシャンパンまでがふるまわれたとか。機体を降りた乗員たちが最初に目にしたのは、全体に塗料が剥げ落ち、ジュラルミンの地肌が露出した自分たちの航空機の無残な姿だった。

この奇妙な事件の原因が、近くで噴火していたガルングン火山の火山灰によるものだと解るまでにそれほど時間はかからなかった。エンジンに吸い込まれた火山灰が高温で溶けてエンジンの各部に詰まってエンジンが止まっていたのだ。さらにしばらく停止している間に冷却されたその塊は振動で次々とはずれ、その後再点火に成功したこともわかった。奇妙な光点の原因も摩擦で静電気を溜めた火山灰がセントエルモの火を灯したためと解った。火山灰は窓ガラスを曇らせただけでなく、機体全体の塗料までそぎ落としていたのだ。

この事件は、その後の火山地帯を飛ぶ航空機の安全の指標となる。無事に帰還したムーディ機長とほかの乗員はその落ち着いた対応を賞賛された。一度は死を覚悟した乗客たちもその後機長の呼びかけでGalungungu Gliding Clubを組織し、現在も無事帰還したことを祝う会を開いているのだという。(この稿、<http://www.sydrose.com/case100/406/> http://findarticles.com/p/articles/mi_m0UBT/is_26_18/ai_n6280435 および「ナショナルジオグラフィックビデオ」などを参考にした)

———しかし危機は、人々の心の中に愛国心を呼び起こす。ローマ人たちが伝統の神々を再認識していたこの時期、それへの同調を拒否するキリスト教徒に、ローマ人側からの反報が高まったのだった。———「ローマ人の物語 29 終わりの始まり」塩野七生著より

試験に出ない地学 Series. 2007 夏休み待ち遠しい編 (今回よりタイトルをつけました)

<地磁気と生物-鳩の受難->

地磁気と生物の行動との関係は昔からさまざまに取りざたされてきたが、いずれもその根拠は薄かった。

それが決定的になるのは、1975年大学院生だったニューハンプシャー大学のブラックモアが、土壌細菌の一種の北をさす動きを見つけたときに始まる。細菌中にある、磁鉄鉱(Fe_3O_4)の小さな粒が繋がった器官が地磁気に添う動きを促していることが見つかる。さらに興味深いことに北半球の細菌は北を目指すのに、南半球の細菌は南を目指すという。その場所に応じた地磁気の伏角と極性の方向を知って、水面から離れ、酸素が少ない水底の泥の還元層を目指すということが分ってきた。このように微生物には地磁気を感じとり、それを行動に生かすものがあることが分ったが、大きな動物はどうなのか?

例えば鳩に関しては1973年キートン他、1974年ウォルコツトとグリーン他の実験などによって、帰巢する鳩は基本的に太陽をコンパスとするが、地磁気を磁気コンパスで感じ、併用していることがわかった。度の合わないコンタクトレンズをはめられたり、頭に磁場を乱すコイルをつけられたりとさんざん意地悪なことをされた鳩のおかげでこれらが分ってきたのだという。さらに最近ではイルカ、カメなどの海洋生物の回遊やミツバチの巣作りなどと地磁気との関係がさかんに調べられている。また人間の脳と地磁気を関係を主張する「全地球凍結」で有名なCaltechのカーシュビクなどのグループの研究もあり、人体と地磁気の関係については今後の研究の進展が注目される。

それにしても、地図の代わりに携帯電話やGPSで自分の居場所を確認する人が増えた今、ひょっとすると我々は鳩やミツバチをはるかに凌ぐ感度で地磁気や電波を受信する機械なしにはどこにも行

けないほど、自らの五感のセンサーを退化させ始めているのか？頭にコイルをつけられた場合はひよつとすると我々自身の現在の姿なのかも知れないと思った。(この項、<http://www.px.tsukuba.ac.jp/home/ecm/onoda/ssh/node33.html>などを参考にした。)

—— (いけるかもしれない) 初めて黒木の胸に小さな希望が芽生えた。少なくとも熟死するまでの時間は大分伸ばせそうだった —— 「死都日本」石黒 曜著より

試験に出ない地学 Series, 2007 年初夏編

変成鉱物としてよく例に挙げられる翡翠(ヒスイ輝石)は不思議な鉱物である。超高压変成鉱物とされ、実験的には曹長石が超高压下でヒスイ輝石と石英に分離するとされるが、実際に石英とヒスイ輝石は産地ではほとんど共存しない。またなぜか蛇紋岩と共存するが、日本の代表的な産地糸魚川周辺でも、転石はいくらかも見つかるが、肝心のヒスイの露頭がまだ発見されていないという。従って研究者の中には変成鉱物説を採らずマグマからの形成など別の成因を考える人すら出ている。ともあれ、世界にヒスイが珍重された古代文化は2つしかない。1つは日本の縄文文化であり、もう一つはそれから少し遅れて中米のオルメカ、マヤ、アステカ文化と続く流れである。日本の縄文文化やその後古墳文化を彩るヒスイの勾玉などは当初中国からの輸入であると考えられていたが、昭和になって新潟県糸魚川周辺で天然ヒスイが発見されるに至り、国産の石であることが判ったという。さらに皮肉なことに、当の中国ではヒスイに似た軟玉(ネフライト)は幾つも発見されるが、肝心のヒスイ輝石(硬玉)の産地は未発見だという。

ともあれ、ロシア、ミャンマーなどと並んで世界の3大産地と言われる糸魚川周辺では、最初の発見報告以来、ヒスイの盗掘があいまいだという。あわてて行政サイドは産地の谷を「天然記念物」指定して採取を禁じるとともに、産地にはTVカメラの盗掘監視装置までとりつけた。さらに何トンもある大きなヒスイ原石のブロックは産地の谷あいから苦勞して博物館まで運び、厳重な盗難防止装置のもとに公開展示される運びとなっている。

私も何度か当地に足を運び、採集禁止区域ではない、海岸べりや河原でヒスイを探し、何個か自信のある石を博物館の専門家に鑑定してもらったが、ことごとく別物だと判定された。仕方なく産地のすぐ側に店を構えた原石販売店で糸魚川産ならぬ、ミャンマー産の原石を安い値段で買いこんで部屋の飾りとして置いてある。ハンマーすら寄せつけないその硬くねばい薄緑の岩石の表面を見ていると、遠く16世紀、スペイン侵攻の前に滅んだ同じモンゴロイド起源というマヤの文明のあえかなわびしさを感じとれるような気がする———。

「———それがものごとのあるべき姿なのか？いいかい、弱い不完全な方の立場からものを見るんだ。獣や影や森の人々の立場からね」———村上春樹『世界の終わりとハードボイルドワンダーランド』より

試験に出ない地学 Series, 暖冬はて無し編 2007

アフリカ赤道直下ガボン共和国、かつて有名なシュバイツァー博士が住んだ村の奥にある、オクロと呼ばれるウラン鉱床で1972年、フランスの技術者たちが妙な事実を見つけた。この鉱床から採掘されたウランを詳しく分析すると、核分裂を起こすU235の分量が期待される値0.72%よりわずかに少なかったのだ。こういった元素の同位体の割合はかなり厳格に決まっていて、地球上の条件などでは容易に変動しない。彼らはその原因を探る過程で驚くべき結論に達した。オクロの地下では20億年前に、堆積鉱床で濃集したウランが天然の原子炉が形成し、自然発生的に核分裂の連鎖反応を持続

させていたというのだ（その天然原子炉の可能性については、すでに1956年に日本の黒田和夫博士が予言していたというからさらに驚く）。

現在、核分裂を起こすU235は天然ウランにはわずかに0.72%しか含まれていない。従ってこれを燃えないU238と分離し、濃縮するために各国とも極秘の開発に余念がない。ところがこのU235は半減期が7億年とU238（半減期46億年）と比べるとはるかに短い。簡単な計算で、20億年前にはU235の天然ウランにける割合は3-4%程度もあったことがわかった。これは実は現在の発電用原子炉の燃料棒のU235の濃度に相当する。この天然ウラン鉱床に何らかの原因で地下水が混入すれば、水が現在の原子炉と同じように、熱中性子の減速材の役割を果たし、核分裂反応が持続することが推測されたのである。おそらく発生した熱で水は蒸発し、それが冷えるとまた反応が始まるという、まるで「間欠泉」のような核分裂反応がその当時、人知れずアフリカの大地の地下で進行したのだろう。このような天然原子炉の跡がオクロでは10数か所も見つかっているという。

さらに残留する放射性の元素量から推定して、およそ60万年続いたと推定される核反応の総エネルギー量は現代の原発5基を1年間フル稼働して生じる量に相当するという。もちろん実際はゆっくりと発熱が生じたと考えられるが、驚くべき自然の現象だと思う。そしてその残留する元素の状態は、現在計画されている高レベル放射性廃棄物の地下処分（地下に孔を掘ってそこにハイレベル放射性廃棄物を埋めてしまおうという計画）にも役立つということで調査が進められているという。

今から70年近く前、人を瞬時に生きながら焼く兵器の開発のために、世界最初の原子炉を作った科学者は、自分たちが最初に偉業を成し遂げたと自惚れたかも知れないが、自然は人間がそんな悪魔の真似事に手を染めるはるか以前から、地下で有効に原子の火を灯し、その廃棄物を蓄えるすべを知っていたというのは何とも皮肉なことである。（この稿 http://sta-atm.jst.go.jp:8080/04020110_1.htmlなどを参考にした）

A man does not have to be an angel in order to be saint. Albert Schweitzer

試験に出ない地学 Series 2006年暖冬編 -----

ドイツの学会の1日巡検の終わりにチェコとの国境に近い、KTBサイトという地球深部掘削サイトを訪ねた。1994年に世界で3番目という深さ9.1kmの深部ボーリングを成し遂げた槽が丘陵のはずれにひっそりと聳えていた。深部掘削の第1位は旧ソ連がコラ半島で1985年に12.3kmを記録し、これがワールドレコード。No.2記録は9.5kmとわずかにリードしたアメリカが持つ。しかしこれらはいずれも天然ガスなどの資源探査を兼ねていて、純粋な科学的掘削はドイツが1番だと彼らはプライドを持つ。しかしながらこれらの苦勞した掘削も結局はモホ面はおろか、下部地殻と上部地殻の境とされるコンラッド面すら抜けなかった。片麻岩と角閃岩がどこまでも果てしなく続く地底で、技術者たちの筆舌に尽くしがたい苦闘は続いた。結局、300℃近い温度と絶え間ないボーリング孔の破壊で、ついに予算が尽きて、この計画は凍結されたと、今やモニュメントになったKTBサイトの所長は寂しそうに語っていた。そして、そんなドイツを尻目に数年を待たず、我々の税金で建造された深海掘削船「ちきゅう」がおそらく世界で最初に海底下のモホ面を貫くだろう。

それにしても、人類が華々しく月面に足を下ろして以来、火星表面を器械が走り回り、土星の衛星の鮮やかな表面写真が遠く太陽系の彼方からデジタル画像で送られて来る時代に、たかが10kmの地面の下を掘るのに、なぜそんなにも苦勞を重ねるのか。そしてこれほど地味なプロジェクトに20年の歳月と、500億円を越える予算をつぎ込んだドイツの基礎科学の伝統——。偶然、私が出会ったドイツの高校の地学の先生は、かつて綺羅星のごとくノーベル賞学者を輩出したドイツの科学の栄光はもうはるか昔の話だと肩を落として語った。若者の科学離れは日本以上に進み、学力低下にあえ

いでいるのだと嘆いていた。東ドイツの併合、トルコ系を中心とする移民の流入――、数多くの隣人を暖かく抱え、さらに先進国唯一のCO2削減量を実現した厳しい環境保護政策――、そのどれもが、やせ我慢をしながらも懸命に未来を行きよとするドイツの青くさいほどの理想主義の象徴のようにも思えた。ビールグラスに刻まれた細い線をこれもおなじみのルールだよと笑う彼らに、100年後、それでも君たちの理想は間違っていなかったのだと、長生きをしてエールを送りたいものだとつくづく思った。

――古代のゲルマン族が蟄居していたのはこの地方の森林で、彼らは樹海から溢出して、ライン河でシーザーに阻止されたのである――。「オデッサ・ファイル」F. フォーサイス著（篠原慎訳）より

試験に出ない地学 Series2006 年秋深し編

10年あまり前、盛岡で開かれたさる学会の地質巡検に参加した夜、三陸海岸に近い旅館で、その黄色みを帯びた食材はビールのつまみに出た。おかみさんが地元特産の「ほや」だという。うわさには聞いていたが、一口食べると何とも言えない金属臭の後味が残り、これまた奇妙な食感の料理だった。私にはそれほど美味でもなく、また金輪際食べれないというでもない、どっちつかずの印象しか残らず、その味も食感もとっくに忘れてしまった。

今回、これを思い出し、気になってちょっとネットで調べてみた。脊索動物門尾索動物亜門ホヤ綱に属する海産の生物だという。金属臭は海産生物には珍しいバナジウムを血液中に多量に含むからで、ヘモグロビンならぬ、緑色のヘモバナジンを含むのだという（註：バナジウムは触媒としても重要な金属で、自動車の排ガスの清浄化や燃料電池関連でも重要とか）。さらに鉄、ニオブ、タンタルなども海水よりはるかに高濃度を体内に凝縮しているが、これらの元素を周期表で見ると鉄を除いて5A族に縦にならぶ。大変不思議だ。またなぜこのような金属を濃集するのかはよくわからないという。他にも、体内で「セルロース」を合成できる唯一の動物とか、ホヤの一種である「スボヤ」は血液がpH1という強酸性の硫酸でできているとか、調べれば調べるほど、この奇妙な食材の虜になりそうになってきた。

この海生の奇妙な食材のとりこになっているのは私だけではなく、発生や進化を専門に研究する生物学者だという。DNAが比較的単純で、ゲノムが完全解読された生物では、線虫、ショウジョウバエ、ヒト、フグ、マリアアカ、マウスに次ぐ7番目だという。生物進化の専門家は「ホヤ」が脊椎動物の初期の進化の鍵を握っているという。あのバージェス動物群の唯一の生き残り、「ピカイヤ」やその系列を引く「なめくじうお」、また地球史の化石ミステリーの一つ「コノドント」の生物などとも近縁種で、脊椎動物の初期発生の研究にさかんに使われている。なるほど、このあたりに地球科学との接点がありそうだと一人合点してほくそえんだ。

5億年をほとんど進化せず、また大量絶滅をも逃げ延び、海に生き続けた脊椎動物の祖先、体中に奇妙な元素を集めて、他の生物の餌になることを逃れたのだろうか。海にはまだまだ奇妙な生物が潜んでいる。それを食材として試した、我々の遠い祖先もまた、「ホヤ」から受け継いだDNAを持っていた不思議。あの新鮮な「ほや」をもう一度食べる機会が来ることをひそかにうかがっている。（この稿、ネット上のウィキペディアや各種サイト、<http://www.nig.ac.jp/hot/2002/kohara0224-j.html>などを参考にした）

――悪いことばかり見付けなくて 僕ら一緒に探そうずっと

優しく淡く弧を描いて 夜を撫でていく彗星

―― 桜井和寿「彗星」より

試験に出ない地学 Series. 2006 年梅雨明け号

1965 年 9 月 18 日の未明、東京三鷹の国立天文台はあいついで 2 通の電報を受け取る。台風通過のわずかの晴れ間を利用して空を捜索していた、熱心な天文家からの電報であった。通常なら行われる確認作業をすっ飛ばして、その発見の報は米国スミソニアン天文台に至急電で送られた。これがのちに太陽表面からわずか 45 万 km (太陽直径の何と 1/3 という近さ!) という距離まで近づいて、20 世紀最大の彗星に成長する「イケヤ・セキ彗星」の発見であった。この彗星を発見した池谷薫氏は当時、浜松にあった楽器工場に勤める技師、また関勉氏は高知で個人ギター教室の先生。いずれも職業的な天文学者ではなくアマチュアのコメットハンターであった。しかも兩人ともにその発見に用いた望遠鏡は自身の手づくりのものであったという。

彗星は独立した発見者の名前を発見時間順に 3 名まで加えることができるという。関氏、池谷氏ともに自分の名前がついた新彗星を 6 個ずつ発見されている。外国で独立に発見される場合も多く、関勉氏の 2 番目の彗星は「関・ラインズ彗星」と呼ばれる。また惜しくも 4 番目、5 番目で名前がつかなかった人も多いという。新彗星は空のどこに現れるかわからないし、最初に肉眼で見えることはまずない。従ってその捜索は職業的な天文学者のルーチンワークの中には入らないことが多い。新星(星の爆発)や超新星(星の崩壊)も同様にアマチュアの発見が多い。最初に発見される新彗星はほとんど望遠鏡の観察限界に近い 8 等星より暗い状態で発見される。また世界中にライバルがひしめいているので、発見は努力のほかに運も大きく作用する。新彗星が出やすい夜明け前の東空を端から望遠鏡でゆっくり捜索していき、仮に彗星のような淡い見知らぬ天体を視野に見つけても、既知の星団や星雲であることがほとんどで、その確認にも時間を食うことが多い。優れたコメットハンターは視野に入る既知の星団や星雲の配置まで覚えていると何かの本で読んだことがある。

ともあれ、1960 年代のこの 2 人の活躍に刺激を受けて、日本でも多くのコメットハンターが誕生した。私も高校生の頃、関勉氏の書いた「未知の星を求めて」という著書にいたく感動して、反射望遠鏡の鏡を磨いたことがある。ラジオの深夜放送を聞きながら明け方まで、手のひらを研磨剤の紅柄で真っ赤にしなが、鏡を磨き続けたことを昨日のこのように思い出す。その望遠鏡は高校 3 年の冬に試作が完成したが、ちょっとした不注意で鏡の表面に傷をつけてしまい、星を見る熱まで急速に醒めてしまった。私のアマチュア天文家としてのキャリアはそうしてデビュー前に終わってしまった。

最近でも 1996 年の「百武彗星」の雄姿は天空に 90 度近い尾を見せ、世界の天文 fan をうならせた。しかしコメットハンターとして夜明けに人知れず現れる新彗星を見つけるための身体の酷使は健康を蝕み、発見者の百武裕司氏は 8 年後、2002 年の春、51 才の若さで彼の名のついた彗星の後を追うように空へ旅立って往かれた。

私は今でも、ときどきふらっと双眼鏡を手に星座の星を追うことがある。そのときふと、視野に 10 年前の百武彗星の淡い尾を引いた像が思い出される。お前はまだ生涯を賭けて自分の名を歴史に刻むほどの情熱を持っているのか、と天に昇った百武氏からの問いかけられているように、――。(参考: 関勉氏の Web Page : <http://comet-seki.net/jp/>)

―― 夜露は、望遠鏡の白い鏡筒を流れ始めた。(耐えられるだけ、耐えるのだ。) 私は、心に激しく、むち打ちながら、視野に映る星々を、じっと見つめていた。――「未知の星を求めて」関勉著より

試験に出ない地学 Series 2006 年初夏号

中緯度の対流圏と成層圏の境を吹く強い西風であるジェットストリーム(気流)はそのどこかロマンティックな響きと共に、大陸間を旅するジェット旅客機の燃費節減にも大いに貢献している。しか

しその発見には意外な秘話があった。それらをちょっと調べてみた。

1944年11月24日東京郊外にある中島航空機の武蔵野発動機工場を攻撃目標として、東京上空9000mに達していたB29(当時の米軍の新鋭爆撃機)の操縦士Edward Hiattは恐ろしい追い風に驚いていた。レーダーを注視していたナビゲータに確認した飛行機の対気速度は545km/hであったが、これに追い風が225km/hもプラスして、対地速度は770km/hに達していた。当時のプロペラ爆撃機の速度としては信じられない速度であった。目標をはるかに外してしまったので爆弾を適当に処分するように投下して、ほうほうのていでサイパン島に帰投するしかなかった。着陸するや彼は早速、上官に信じられない追い風の報告をしたが、誰もその風を信じようとはしなかった。

その翌年の1945年5月5日オレゴン州の不幸な子供たち6人が空から降ってきた爆弾で死亡した。日本がほとんど戦果を期待せずに、空に放った数千の風船爆弾が遠く太平洋上空の高さ9000mを時速160km/hで西から東に1万kmも渡り、運が悪いかどうか言いようのない犠牲者を出したのだ。米国がアメリカ大陸内で第2次世界大戦中に出した唯一の戦争の犠牲者だった。

さらに時は下って、1947年、アンデスを越えようとした4発のプロペラ機が6人の乗客と搭乗員もろともどこかに消息を絶つという出来事があった。はるかに後の2000年になって、彼らの遺体の一部とエンジンが氷河の底から見つかったという。アンデスを越える強い西風に逆らえずに氷河に墜落したと推定されている。

ところがこの強い西風は歴史を遡ること1926年、日本の気象学者大石和三郎(初代高層気象台長)が風船を上空に放つ観測ですでに捉えていたという。彼はその成果を何とエスペラント語で公表したが、世界の誰の注目も得ることもなかった。ジェット気流発見の栄誉は、戦時中のB29の飛行経験を戦後調べた米国人の手に授けられた。ところが2003年3月号の米国気象学会誌に、「Ooishi's Observation: Viewed in the Context of Jet Stream Discovery(ジェット気流発見史に占める大石博士の観測成果)」という論文が77年の時を経てJohn M.Lewis氏の手で紹介された。英語が現在のように科学研究のグローバルスタンダードになるとは当時の日本ではまだ気づかれていなかった。大石博士の不幸はそうした時代の雰囲気とも無関係ではない。また、ネットでヒットする発見詳細の唯一の文献であるフランス語の以下のサイトの内容を調べるのにも骨を折ることになった。(この稿、

<http://www.astrosurf.com/lombry/meteo-jetstream.htm> (フランス語のサイト)

<http://www.ne.jp/asahi/hayashi/love/b29.htm>

http://www.kousou-jma.go.jp/share/publication/archive/2005/jouabs_6500.htm

を参考にした)

—「幸福はいつも減点法ではかられるのだ。環境は減点するかしないかであって、決して点を加えはしない—」池澤夏樹「夏の朝の成層圏」より

試験に出ない地学Series 2006年暖春号

重水は天然の水のなかにほんのわずか0.02%足らず含まれる。淡水の電気分解で残留する成分から得られるが、濃縮コストは高く、2004年現在、純度99%の重水は150円/gだと言われる。分子式はH₂OではなくD₂Oと書かれ、水素原子の原子核が陽子と中性子がペアになったため少し重く、比重は1.1と普通の水より少しだけ重い。10数年前この重水を使った常温核融合騒ぎが世間を賑わせたことも記憶に新しい。今回はその重水にかかわる話を—。

第2次世界大戦の真只中ヨーロッパの戦場からは遠く離れたノルウェイのフィヨルド奥にあった、当時唯一の重水工場を巡って、ナチスドイツと連合国とりわけ英国との間に凄まじい戦いが繰り上げられる。戦争が始まり、ナチスはいち早く原爆開発の材料源として重要であったこの重水の工場

を接收。ただちに英国はナチスの原爆開発を阻止するため、無音のグライダーとパラシュートで森の奥深くに滑空降下し、工場を爆破しようとした。しかしグライダーは事故で墜落、作戦は失敗。英国はさらに繰り返しコマンドを送りこんだ。土地勘のある亡命ノルウェイ人のレジスタンス部隊は険しい山岳をスキーで越え工場を攻撃、さらに最後には重水をドイツに運ぶという情報で自国民の乗ったフェリーを爆破沈没させてまで、ドイツに重水を持ち帰られるのを防いだ。しかしナチスはほどなく敗北。懸念された原爆開発もさほど進んでいないことがわかったのはかなり後であった。また重水が原爆開発に必要という当時の情報も直接には実はそれほど重要でないということは米国の原爆開発の過程でわかる。

しかし現在では、アルゼンチンをはじめなど多くの国がこの重水生産工場を持つことがわかっている。重水型原子炉は濃縮していない天然ウランを燃料棒として使用でき、しかも副産物として爆弾用のプルトニウムができるため、ひそかに核開発をする国には喉から手がでるほど欲しい物質である。第2次世界大戦から60年を経てもなお、透明な重水をめぐる思惑は、くすぶる国際情勢のなかで黒々とした不透明な姿で蠢いている。(註:このノルウェイの重水工場を巡る英独の戦いは映画「テレマークの要塞」(米1965)や「633爆撃隊」(英1964)などでも描かれた)

——博士の幸福は計算の難しさには比例しない。どんなに簡単な計算であっても、その正しさを分かち合えることが、私たちの喜びとなる。—— 小川洋子「博士の愛した数式」より

Essays on the blank of geoscience exams named “Shiken ni Denai Chigaku Series (completed version, 2016)” Resource Part.2

OKAMOTO Yoshio

Abstract

The essay "Shikenni Denai Tigaku" has been completed as a monument of my final retirement of highschool geoscience teacher. This article includes the essays 2006 to 2016. The purpose of these articles was already written in previous manuscript 10 year ago. Also the evaluation of these essays is left to the reader.

Key Words: geoscience, exclude exam., essay, term examination, high school

脱水素酵素実験の検証

—内部基質の可能性—

もり なか とし ゆき
森 中 敏 行

抄録：コハク酸脱水素酵素による還元反応の実験は、多くの高等学校で行われている。本校でもこの実験を、毎年実施してきた。しかし、ほとんどの場合、予測通りにはならず、矛盾する結果となる。その原因は内部基質と考えられる。そこで今回その検証を行い、さらに興味深い結果となったので報告する。

キーワード：コハク酸脱水素酵素、内部基質、生物教育、

I. はじめに

高等学校生物における呼吸分野の実験教材は、極めて少なく、特にクエン酸回路を扱った教材はコハク酸脱水素酵素による還元反応のみである。そのため、多くの学校でコハク酸脱水素酵素を扱った実験（下記のII）が行われている。

本校においてもこの実験を、毎年実施してきた。しかし、ほとんどの場合、予測通りにはならず、矛盾する結果となる。そこで、その理由を考察し、検証させる実験を行ってきた。

今回、改めて、その検証を行ったところ興味深い結果となったので報告する。

II. コハク酸脱水素酵素の実験

コハク酸脱水素酵素は、ミトコンドリアで行われている呼吸のクエン酸回路において、コハク酸から水素を奪い、フマル酸にする酵素である。この酵素は、タンパク質以外に低分子有機化合物であるFADという補因子が必要である。コハク酸から奪われた水素は、FADに受け取られ、FADはFADH₂に変化する。

そこで、コハク酸脱水素酵素の働きを検証する実験では、酵素反応が生じてFADがFADH₂に変化することを、メチレンブルーの色の変化で確かめる。メチレンブルーは酸化状態では青色を呈するが、酵素反応が生じて水素を受け取り、還元状態になると無色に変わる。さらに、空気中の酸素と反応しないように、減圧したツンベルク管内で反応させる必要がある。

以下は、実験方法と予測およびその結果である。

【材料】 ニワトリのササミ

【器具】 ツンベルク管、こまごめピペット、恒温水槽、アスピレーター、ミキサー、

試験管立

【薬品】 0.05Mリン酸緩衝液 (pH6.8)、2%コハク酸ナトリウム水溶液、0.02%メチレンブルー水溶液

【実験方法】

1. ニワトリのササミ約50gに0.05Mリン酸緩衝液 (pH6.8) 100mlを加え、ミキサーですりつぶし、ガーゼで絞った液を粗酵素液として用いる。
2. ツンベルク管のすり合わせおよびアスピレーターとの接続管にワセリンを塗る。
3. 下表のようにツンベルク管の主室と副室に薬品を分注する。
4. ツンベルク管をアスピレーターに接続し、減圧する。
5. 恒温水槽に5分間浸けてから、副室と主室の溶液を混合し、再び恒温水槽に戻す。
6. 色の変化を観察する。

	A	B	C	D
主室	粗酵素液 4ml			
副室	2%コハク酸 ナトリウム水溶液 2ml	蒸留水 2ml	2%コハク酸 ナトリウム水溶液 2ml	蒸留水 2ml
	0.02%メチレンブルー 0.2ml			
温度	40℃		0℃	

【予想】 下表のように予想される。

A	B	C	D
+++	-	+	-

BとDには基質のコハク酸ナトリウムが含まれておらず、また0℃は40℃に比べて酵素活性が低いためである

【結果】

反応4分後には、Aはすでに完全に白色に変化。さらに、Cもやや白く変化した(図1-2)。

7分後には、AとCが完全に白色に、さらにDが白く変化した(図1-3)。

15分後には、A~Dのすべてが白色に変化した(図1-4)。

BとDには、コハク酸ナトリウムを加えていないにもかかわらず、反応が生じてしまう。

また7分後において、BよりDの方が、変化が速く見られたのは、減圧の差によるものと考えられる。ではなぜ、基質を加えていないものが、反応をしたのか?

ほぼすべての高等学校生物の教科書でこの実験は扱われている。しかし、この現象について触れている教師用解説書はあるが、それらはインターネット上の情報も含めて、「内部基質」と説明されているだけで、その根拠は全く扱われていない。

そこで今回、この矛盾(基質がなくても反応が進む)を改めて、検証を行った。

Ⅲ. 内部基質の検証

ここでは、検証した過程を説明する。

- 1) まず、この反応（コハク酸ナトリウムを加えなくてもメチレンブルーが白色に変化する）が、酵素反応によるものか、それ以外の反応によるものか？

① 熱処理（70℃・15分）し、酵素を失活させた粗酵素液を用いて反応を確かめた。

結果は、図2。熱処理したことによって、メチレンブルーは還元されて無色にはならなかったことから、この反応は酵素反応であると判明した。

② マロン酸による競争的阻害

マロン酸の濃度を変えて反応させ、メチレンブルーは還元されて無色になるまでの時間を計測する。その結果、阻害が起きていることがわかれば、この反応は酵素反応であると判明する。

- 2) 酵素反応であるならば、必ず基質が必要である。ではどこに基質が存在していたのか？考えられるのは、粗酵素液しかない。つまり、内部基質である。そこで、これを検証する方法として考えられるのは、

① 内部基質の濃度を下げる。（基質濃度が小さくなると反応速度が低下する。）

基質を加えずに、酵素反応を繰り返すことにより、内部基質の濃度が低下する。よって、繰り返す回数が増えるにつれて、反応速度が低下し、メチレンブルーが無色化するまでの時間が増えることを検証する。

→ 繰り返すほど、反応速度の低下が認められる。しかし、粗酵素を続けて使用するため、酵素の失活の影響が考えられる。

② 内部基質を完全になくす。（基質がないと、反応は停止する。）

・透析による方法

粗酵素を透析チューブ（分画分子量12,000～14,000：VISKASE社製）を用いて1晩、透析を行った。しかし、透析後の粗酵素は、基質を加えなくても、酵素反応が進行した。透析操作が不十分で、内部基質を完全に除去できなかったと考えられる。

未透析の粗酵素のみで繰り返し、反応させたところ、100回程度繰り返しても時間はかかるが、最終的には、メチレンブルーは無色化した（図3）。つまり内部基質は、きわめて大量に存在すると考えられる。この結果は、透析処理による結果を裏付けるものである。

・遠心力により細胞を分画する方法

ミトコンドリアを破壊し、細胞分画により、内部基質を取り除くとともに、ミトコンドリア膜を回収する。コハク酸脱水素酵素は、ミトコンドリア内膜に結合しており、さらにいるため、この酵素が必要とするFADは、酵素のタンパク質との結合が強い。

この方法により、内部基質による反応であることが検証できたので詳しく報告する。

【材料】 凍結させたニワトリササミ

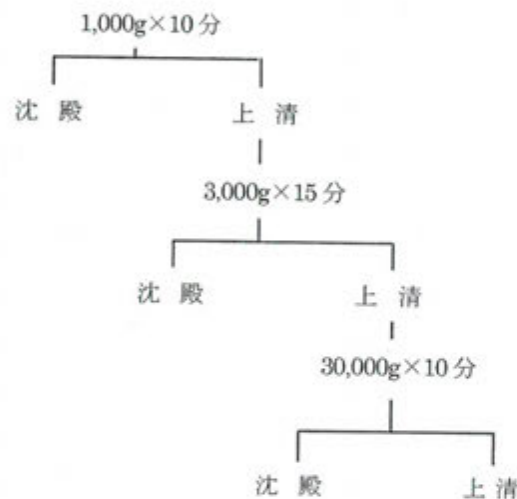
【器具】 テフロン製ホモジェナイザー、遠心分離機（HITACHI20PR-52）、ミキサー、ツンベルク管、こまごめピペット、恒温水槽、アスピレーター、試

験管立

【薬品】 0.25Mショ糖・1mM EDTA・10mM リン酸バッファー (pH 6.8)

【実験方法】

- 1) 凍結させたニフトリササミを0.25Mショ糖・1mM EDTA・10mM リン酸バッファー (pH 6.8) 溶液中ですりつぶす。
- 2) すりつぶした溶液を、以下の手順で分画する。操作はすべて0°Cで行なう。
また、各沈殿は、0.25Mショ糖・1mM EDTA・10mM リン酸バッファー (pH 6.8) で懸濁して用いる。



- 3) それぞれの上清および沈殿をリン酸バッファーで懸濁したものをツンベルクの主室に、副室には2%コハク酸ナトリウム水溶液または蒸留水と0.02%メチレンブルーを入れる(表1)。その後、アスピレーターで減圧し、40°C恒温水槽で混合する。

【結果および考察】

1,000gおよび3,000gの上清、沈殿のいずれも基質を入れなくても無色に変化したが(表1:A~J)、30,000gでは、上清、沈殿のいずれでも基質を加えなかった場合(表1:L・N)では、色の変化は見られなかった(図4-1-1~4-2)。

さらに、MとNの反応後、両方に基質(コハク酸ナトリウム)を加えたところ、Nにも酵素反応が生じて、メチレンブルーが無色となった。このことから、Nには活性ある酵素が含まれていたこと、一方、内部基質は存在しなかったことが証明された(図4-3)。

コハク酸脱水素酵素は、フマル酸から水素を奪い、コハク酸に変化させる酵素であり、この反応は、クエン酸回路の一部である。クエン酸回路は、ミトコンドリアの内膜内のマトリックスで行われる。よって、ミトコンドリアを破壊すると、内部基質は流出する。しかし、コハク酸脱水素酵素の反応には、FADが必要であり、この

FADは補酵素ではなくアポ酵素との結合が強い補欠分子族である。さらに、コハク酸脱水素酵素は、クエン酸回路の一部の反応でありながら、電子伝達系に用いられる複合体IIに存在しており、ミトコンドリア内膜に固定されている。そのため、30,000gの沈殿には、破壊されたミトコンドリア内膜の断片が含まれており、さらにミトコンドリア内膜内に存在した基質は流失したと考えられる。

これらのことから、内部基質により反応が生じていることが検証できた。

表1 細胞分画により内部基質を取り除く実験

実験条件			結果	考察		
	遠心	基質		酵素	基質	
A	すりつぶした液体	+	無色に変化	+	+	
B		-	無色に変化			
C	1,000g	上清	+	無色に変化	+	+
D			-	無色に変化		
E		沈殿	+	無色に変化		
F			-	無色に変化		
G	3,000g	上清	+	無色に変化	+	+
H			-	無色に変化		
I		沈殿	+	無色に変化		
J			-	無色に変化		
K	30,000g	上清	+	無色に変化	+	-
L			-	変化なし		
M		沈殿	+	無色に変化		
N			-	変化なし		

しかし、色の変化が見られなかったLとNは、1日後には、無色に変化していた。このことは、コハク酸脱水素酵素による作用以外の還元反応が生じていたと考えられる。さらに1日後に反応が生じていたことから、その還元作用は、コハク酸脱水素酵素による作用にくらべて、極めて弱い反応であると考えられるが、いかなる反応であるかは不明である。

IV. 謝辞

本研究を進めるにあたって、ご指導いただきました大阪教育大学教育学部教員養成課程理科教育講座の川村 三志夫先生に感謝申し上げます。

なお、本研究の成果は、高校3年生「生物」の教材として活用しており、第62回本校教育研究会（平成27年11月）では「脱水素酵素実験を教材に科学的思考力を育成する」を主題として公開授業をおこなった。



図 1-1 反応直後



図 1-2 3分47秒後

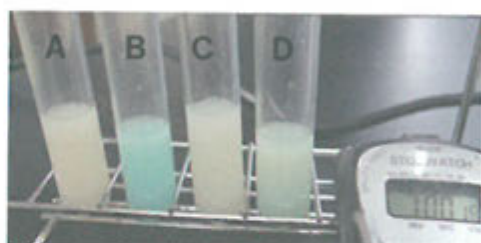


図 1-3 7分後



図 1-4 15分後

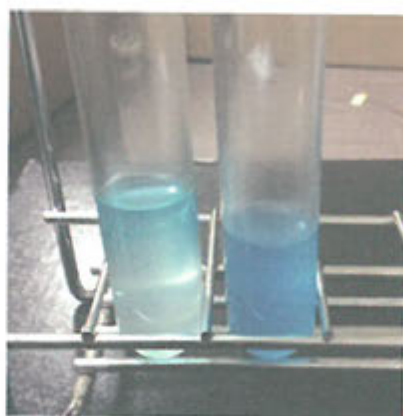


図 2

左：熱処理は行わず
 右：70℃・15分処理
 両方ともコハク酸ナトリウムは添加

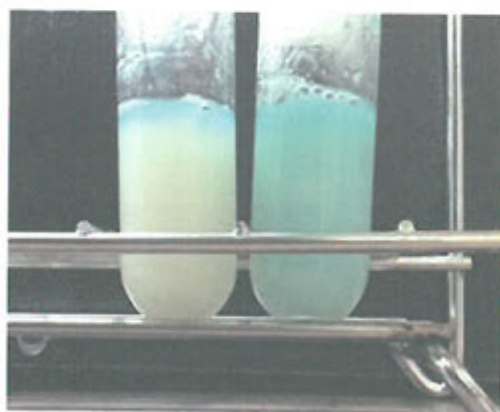


図 3

左：粗酵素+基質， 右：粗酵素のみ
 反応回数を増やすと左右に差が生じるが、時間がたつと左右ともメチレンブルーが無色になった。



反応後少しすると K と M に
まず変化が見られた。

(図 4-1-1、図 4-1-2)

さらに反応後かなり時間が
経過すると L と N を除くすべ
てに変化が見られた。

(図 4-2)

図 4-1-1

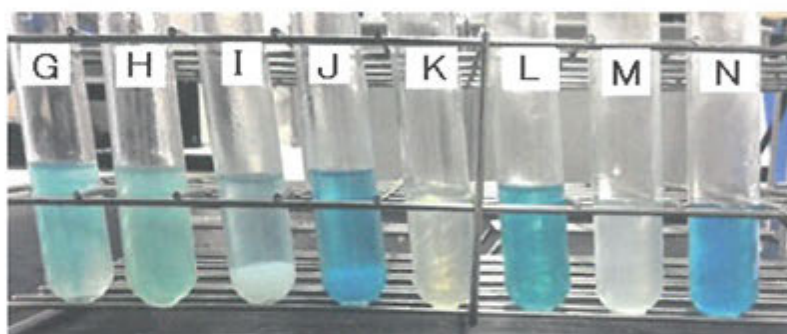


図 4-1-2

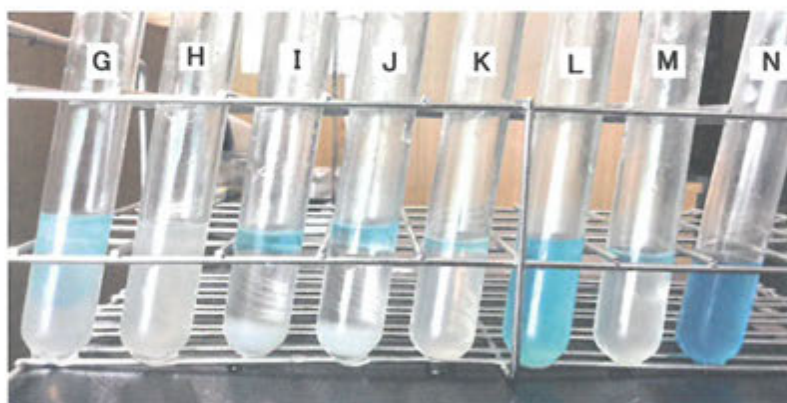
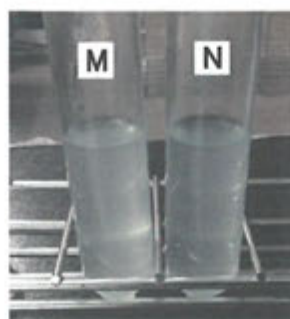


図 4-2



M と N の反応後、両方に基質（コハク酸ナトリウム）を加え
たところ、N にも酵素反応が生じて、メチレンブルーが無色と
なった。このことから、N には、内部基質が存在しなかったこ
とが証明された（図 4-3）。

図 4-3

Inspection of dehydrogenase

Possibility of the inner matrix

MORINAKA Toshiyuki

Key Words : succinci acid, inner matrix,Biological education

Summary

An experiment of reducing reaction by succinci acid dehydrogenase is made at many high schools. This experiment has been also conducted in a main school every year. But in most cases, the results of the experiment were inconsistent with a prediction. Its cause is regarded as the inner matrix. The inspection was performed at this time, and it was a more interesting result, so it'll be reported.

高校との接続を意識した中学校のリーディング授業

しの ざき ふみ や
篠 崎 文 哉

抄録：中学3年生と高校1年生の教科書を比較すると、文の量にかなりの差がある。このことは高校1年生の段階で英語嫌いになる生徒の数が増加する原因の一つになりえそうである。こういった事態を回避するための一つの可能性として、中学校3年生に追加の教材を用いることが考えられる。単純に教材を増やすだけでは学習意欲の低下につながることを想定し、多読用図書や中学生が使用する教科書にオリジナルの設定や話を追加することを試みた。具体的には2016年6月に実施した一連の授業で、学校生活の一部である修学旅行を取り上げ、文章化し、教科書本文に加え使用することでより多くの文に触れられるように工夫した。本稿では、口頭発表時に会場からなされた指摘の内容を考慮し、元の指導案に修正を加え、特にリーディング力を高めるための一授業を提案した。

キーワード：追加テキスト、多読、中高接続

1. はじめに

英語学習につまずき、いわゆる英語嫌いが生まれるのはいつ頃だろうか。ベネッセ教育総合研究所（2014）の調査によれば、中学1年生の前半から中学2年生の後半までと高校1年生の前半に英語が苦手となる学習者が多いようである。平成29年（2017年）の時点では、小学校5・6年生で実施されている外国語活動は教科ではないため、一般的になされている明示的な指導や数値による評価が中学校から開始することから、この時期に英語嫌いが増加するのはある意味自然と言えるかもしれない。

では、ある程度学習が進んでいる高校1年生の前半でなぜつまずきが発生するのであろうか。その要因の一つとして、使用される教科書の難易度や量が学習者に不適だからではないかということが言われている（酒井, 2015）。

実際、テキストの難易度と読み手の読解力を同じ尺度で表しているLexile Measureと呼ばれる指標などを用い、中高の教科書の難易度を比較した研究がある。Lexile Measureの単位はLで表され、初級レベルは低い数字（最低値200L）、上級レベルは高い数字（最高値1700L）で表示される。数値は、テキストの統語情報（文の複雑さ）と語彙情報（コーパスによって判断される意味的な複雑さ）によって算出される。

及川（2007）は、少し前の調査になるが、中学3年生用の教科書（平成14年度版）3種類¹と英語1用の教科書3種類²を対象とし、①Lexile Measure、②一文あたりの平均単語数、③一単語あたりの平均文字数、④総単語数の4観点から分析した。その結果、Lexile Measure

¹ NEW HORIZON, SUNSHINE, TOTAL ENGLISH

² UNICORN, Crown, PRO-VISION

と一文あたりの平均単語数において中高の教科書にギャップは見られるものの、中学3年生と高校1年生の教科書には大きなギャップはないと報告している。しかしながら、その一因には、中学校教科書の最後に収録されているReading用テキストが影響を与えているのではないかと考察しており、これを含めない場合にはその差は大きくなる可能性に言及している。

一方、根岸（2015）もそのような最後に収録されているReading用テキストも分析対象に含み、NEW CROWN 1・2・3とCROWN I・II, MY WAY I・II, VISTA I・IIをLexile Measureで比較しているが、中学3年生用と高校1年生用の教科書のLexile Measureの差が約300Lもあることから、中学3年生と高校1年生とでは大きなギャップがあることを指摘している。

最近の研究では、大田（2016）がより多くの教科書を用い、前述のようなReading用テキストを含めずに中高の教科書を比較分析している。その中で、中学3年生用教科書6種類³とコミュニケーション英語1用教科書8種類⁴をLexile Measureで比較した結果、その平均値は中学3年生用が485L、コミュニケーション英語1用が777Lで、その差は292Lとすべての学年間で最大であった。中央値でも272Lの差があり、同様に最大であった。さらに大田は、一文あたりの平均語数にも注目し、分析した。中学校の学年間ではゆるやかに増加している一方、中学3年生用からコミュニケーション英語1用にかけては平均4語増加していた。まとめとして、大田は中学3年生と高校1年生の教科書の難易度に大きなギャップがあり、そのことが高校でつまづく原因の一つではないかと述べている。

このように、教科書の難易度の差が高校1年生でつまづく原因の一つになっていることは十分にありうる。中高が連携することにより、中学校側でできることと高校側でできることをそれぞれ検討し、問題解決に努めていくことが必要である。

そこで本稿では、中学校側の立場から解決策を考える。上記のように問題点は、中学3年生で扱うテキストと高校1年生で扱うテキストとに難易度の差（単語・文の量や文法の複雑さ）があることである。一つの案として、追加の教材を用いることが考えられる。例えば、及川（2007）が触れているように、このような量的変化への対処法として多読が挙げられよう。

既に述べたように、教科書にはReading用のテキストが用意されている。たしかに、単元間や教科書の最後に収録されているものは語数が多く、それらを使用することは高校との接続を考えたときに有効であるように思われる。しかしながら、1年間で触れる量を考えたとき、そういったテキストだけをそのまま用いても中高接続を考えれば十分であるとは言えない。例えば、大学生を対象とした実験から、竹内・ベゴール（2015）は「多読の効果を期待するためには、より多くの本を読むことそしてより長い読書時間が必要であることが考えられる。」（p. 126）と述べている。

II. 目的

本稿の目的は、前述の問題、特に触れる量に関する問題の解決を試みるために、中学3年生の授業の中で多読用図書とオリジナルテキストを活用した場合の授業案を提示するこ

³ COLUMBUS, NEW CROWN, NEW HORIZON, ONE WORLD, SUNSHINE, TOTAL ENGLISH

⁴ ELEMENT, Crown, PRO-VISION, UNICORN, PROMINENCE, WORLD TREK, Power On, BIG DIPPER

とである。授業案は、英語授業研究会関西支部第245回例会の映像による授業研究と研究協議の中で発表した内容に協議をとおして得られた知見を加えたものである。

III. 一連の授業について

本章では、まず使用する教材について説明する。続いて、上記の学会の例会にて配付した資料（篠崎, 2016）を加筆修正したものを掲載する。

1. リーディング教材

使用するリーディング教材は教科書、多読用図書、オリジナルテキストの3種類である。ここでは、多読用図書とオリジナルテキストについて概説する。

1.1 多読用図書

現在使用している図書はOxford University PressのOxford Reading Tree（Traditional Tales含む）とPearson LongmanのLiteracy Land Story Streetである。これら以外に、生徒自身が読みたいものがあれば持参してもよいことにしている。各中3教室の後ろに本棚を設置しており、生徒は授業開始前に読みたい本を選んで取っておくことになっている。多読活動はほぼ毎時間のはじめに5分程度を割り、帯活動として行っている。読んだ後、配付してある記録用紙にその日読んだ語数、累計語数、感想などを書かせている。

1.2 オリジナルテキスト

多読では、原則生徒自身がテキストを選ぶために、読む量には差が出てくる。そこで、学年全体の読む量を確保するために共通の教材を用いることにする。授業の流れを考慮し、教科書本文と全く関係のないものは避け、取っ付きやすい内容が適切であると思われる。そこで、付録1～3のようなオリジナルテキストを作成、使用した。教科書に登場するキャラクターと実際の教員を織り交ぜ、生徒の学校生活と結びつけることとした。修学旅行終了直後であったため、そのことを題材にし、一連の授業を計画した。導入で使用したビデオも同じ教員の協力のもと作成し、読むことへの動機づけにも配慮した。

2. 元の学習指導案

英語科学習指導案

1. 授業対象：中学3年生

2. 本単元の目標

■ 自身の学校生活や修学旅行について振り返りながら、本文に登場する人物が経験した修学旅行の一連の流れについて読み解く。

■ 文法・表現

Part 1 現在まで続いていることを説明できる。

Part 2 どのくらい続いているのか質問できる。

Part 3 これまでに経験したことを説明したり、質問したりできる。

Part 4 現在までに完了したことを説明したり、質問したりできる。

3. 本単元の評価規準

コミュニケーションへの関心・意欲・態度 (ア)	外国語表現の能力 (イ)	外国語理解の能力 (ウ)	言語や文化についての知識・理解 (エ)
① 教師・生徒間、生徒・生徒間において、積極的に英語を使おうとしている。	① 学習した文法を用い、英訳ができる。 ② 自分が考えた内容を英語で表現できる。	① まとまった文を読み、内容を理解できる。 ② 聞こえてきた英語を理解できる。	① 単語や表現の基本的な意味を理解している。 ② 現在完了を用いた文の構造を理解している。

4. 指導計画

時	小単元	指導内容
1	Part 1・Part 2	現在完了(継続) The restaurant has been here for more than one hundred years. Have you lived in Japan for a long time? — Yes, I have . No, I haven't . How long have you lived in Japan? — I have lived in Japan for a year.
2	Part 1・Part 2	現在完了(継続)の復習とその他の表現
3	Part 1・Part 2	TTでの授業。現在完了(継続)を使った活動。
4	Part 3	現在完了(経験) I have been to Kyoto before . I have never been there.
5	Part 3・Part 4	現在完了(経験)の復習と現在完了(結果・完了) He has just finished his first year of training. Umami has already become an English word. I haven't finished reading it yet .
6	Part 1～Part 4	現在完了のまとめと用法の使い分けの練習。
7	Part 0・Part 1	リーディング(本時)
8	Part 2・Part 2.5	リーディング
9	Part 3	リーディング
10	Part 3.5	リーディング
11	Part 4	リーディング

※通常、Partごとに単語・文法・リーディングを指導するが、校内スピーチ大会のための原稿作成の段階で少しでも表現を増やすために先に単語・文法を指導した。同様に、1単元に11時間割いているのはそれぞれの授業でスピーチ指導にも時間を使ったためである。

5. 本時案

(1) 本時の目標

- 現在完了が含まれる文を読み、理解できる。
- 自身の修学旅行を振り返り、授業に積極的に参加できる。

(2) 本時の評価規準

- 話を聞いたり、本文を読んだりし、内容理解のための質問に答えることができる。
- 既習の語彙や表現を用いて、自分の考えや意見を表現することができる。
- 学校生活についてより理解し、考えを深める。

(3) 教具

教科書 (ONE WORLD 3), 多読用図書, オリジナルテキスト (L2-0), iPad (スライドと動画), プロジェクター

(4) 本時の展開

教師の活動【時間】	生徒の活動	技能	単元の評価規準
A. あいさつ【1分】	- あいさつをする。	[L/S]	
B. 多読【7分】			
1. 5分間読むように指示する。	- 指示を聞き、選んだ本を5分間読む。	[L]	
2. 読んだ語数を数え、記録用紙に記入させる。	- 読んだ語数を数え、記録用紙に記入する。	[R]	
C. L2-0【27分】			
1. オーラルイントロダクションを行う。			
- 実際に行った修学旅行について思い出させる。	- 修学旅行について思い出し、質問に答える。	[L/S]	ア① ウ②
- ペアで校則をリスト化させ、発表させる。	- ペアになり、辞書を使いながら本校の校則をノートにリスト化する。	[L/S/R/W]	ア① イ②
- ビデオを流す。	- ビデオを視聴する。	[R]	
2. テキスト「L2-0」を配付する。	- プリントを受け取る。	[R]	ウ① ウ②
3. 黙読させる	- 本文を読む。	[L/S]	エ①②
4. 内容に関する質問をする。	- 質問に答える。	[L/S]	
5. ライティング活動をし、発表させる。	- ノートに自分の意見を書き、発表する。	[S/W]	イ②
D.L2-1【15分】			
1. 場面転換のために一言入れる。	- 話を聞く。	[L]	ウ②
2. 教科書「L2-1」を開けさせて、黙読させる。	- 教科書を開き、黙読する。	[R]	ウ①
3. 内容に関する質問をする。	- 質問に答える。	[L/S]	ウ② エ①②
4. ペアでスピーキング活動をさせ、発表させる。	- ペアで会話をし、相手のことについて発表する。	[L/S]	ア① イ②
E. あいさつ	- あいさつをする。		

L = リスニング, S = スピーキング, R = リーディング, W = ライティング

■ ライティングトピック

Do you think junior high school students should be allowed to bring their cell phones to school?

■ スピーキングトピック

You are going to have a summer vacation soon. What do you want to do? What are you looking forward to? Where do you want to go? Please answer with the reasons.

V. 口頭発表時になされた指摘

当該の例会において前章に掲載した指導案に基づいて行った授業についての協議が執り行われた。そこで会場から出た意見を列挙する。

- 四技能が統合されているが、言語活動が多いことでそれぞれの深まりを妨げるため減らす必要がある。
- 学校生活（修学旅行）と結びつけているが、校則のリスト化の活動はもう少し短くするか別の方法に変更してもよい。
- より即興性の高いスピーキング活動が今後求められる。
- 指示質問（Referential question）のときは生徒の発言を全体に広げる。
- ライティングの前の活動ではブレインストーミングを行うことでよりよい文章になる。
- スピーキングトピックがオリジナルテキストや教科書本文と関連していないため別のものが相応しい。

全体として、活動が多く詰め込みすぎている感じがするということである。読む量に関する指摘はなく、こういった教材を使う場合の授業の流れや活動、テキストの扱い方に関する意見が主であった。

VI. 修正案

前章の意見を参考にすると様々な修正案が考えられる。今回はリーディングを軸としながら、他技能を意識したものを提示するが、その際、指摘があった部分に関しては全体の時間や活動の深まりを考慮し、いくつかの活動を減らすこととする。

修正前	修正後
教師の活動【時間】	教師の活動【時間】
A. あいさつ【1分】	A. あいさつ【1分】
B. 多読【7分】 1. 5分間読むように指示する。 2. 読んだ語数を数え、記録用紙に記入させる。	B. 多読【7分】 1. 5分間読むように指示する。 2. 読んだ語数を数え、記録用紙に記入させる。
C. L2-0【27分】 1. オーラルイントロダクションを行う。 - 実際に行った修学旅行について思い出させる。 - ペアで校則をリスト化させ、発表させる。 - ビデオを流す。 2. テキスト「L2-0」を配付する。 3. 黙読させる 4. 内容に関する質問をする。 5. ライティング活動をし、発表させる。	C. L2-0【20分】 1. オーラルイントロダクションを行う。 - 実際に行った修学旅行やその際説明のあった校則について思い出させる。 - ビデオを流す。 2. テキスト「L2-0」を配付する。 3. 黙読させる 4. 指示質問 (Referential question) で出た生徒の答えを全体に広げ、簡単な議論を行う。
D. L2-1【15分】 1. 場面転換のために一言入れる。 2. 教科書「L2-1」を開けさせて、黙読させる。 3. 内容に関する質問をする。 4. ペアでスピーキング活動をさせ、発表させる。	D. L2-1【22分】 1. 場面転換のために一言入れる。 2. 教科書「L2-1」を開けさせて、黙読させる。 3. 内容に関する質問をする。 4. ペアでスピーキング活動をさせ、発表させる。
E. あいさつ	E. あいさつ

■ スピーキングトピック

案1 Why do you think Mei is looking forward to visiting the Japanese restaurant? (本文に関連)

案2 How did you feel when you arrived in Norikura? (生徒の体験に関連)

VII. まとめ

中学3年生と高校1年生の教科書を比較した場合、難易度に差があることが先行研究からわかった。本稿では中学校側の一解決策として、特に量の差を埋めるために追加の教材を使用することを提案した。ただし、中学校卒業前に突然投げ込み教材のように使用したのではただの高校の前倒しになる危険性があるため、日常的に扱う文章を増やしていくことが肝要であった。そこで、日常的に多読用図書とオリジナルテキストを利用することが考えられた。一連の授業の一部を学会の例会で発表し、最後にそこでの指摘を考慮した修正版の授業案を提示した。今回は量に着目したが、先行研究でもあったように使用される単語や文法の複雑さといった点にも注意を払うことが今後の課題である。

参考文献

- 及川賢 (2007). 「検定教科書 (外国語科英語) を通して見た中高間のギャップ」 『埼玉大学紀要教育学部』, 56 (2), 73-80.
- 大田悦子 (2016). 「Lexile Measureを用いた中高英語教科書の難易度比較」 『白山英米文学』, 41, 1-20.
- 酒井英樹 (2015). 「小中、中高の連携でコミュニケーション重視の授業に」 ベネッセ教育総合研究所 (編著) 『VIEW21 2015 Vol.1』 東京: ベネッセ教育総合研究所.
(http://berd.benesse.jp/up_images/magazine/VIEW21_board_2015_06-ALL.pdf) (2017年1月10日アクセス)
- 篠崎文哉 (2016). 「学校生活に関連付けたリーディング中心の授業」 英語授業研究会関西支部第245回例会発表. 大阪商業大学. 2016年7月16日.
- 竹内ひとみ・ベゴールベッティーナ (2015). 「多読による英語教育—その効果と今後の課題—」 『鳥取環境大学紀要』, 13, 119-127.
- 根岸雅史 (2015). 「Lexile Measureによる中高大の英語教科書のテキスト難易度の研究」 『ARCLE REVIEW』, 9, 6-16.
- ベネッセ教育総合研究所 (2014). 「中高生の英語学習に関する実態調査2014速報版」.
(http://berd.benesse.jp/up_images/research/Teenagers_English_learning_Survey-2014_ALL.pdf) (2017年1月10日アクセス)

Lesson 2 Someday at School

Part 0 修学旅行一週間前の教室。放課後にボブはあるものを使っていました。

Mr. Miwa: What are you hiding now?

Bob: Nothing.

Mr. Miwa: You look awkward. I know you have something in your pocket.
Just take it out.

Bob: I'm so sorry...

Mr. Miwa: You should know students are not allowed to bring such a thing to school. You know this rule, right?

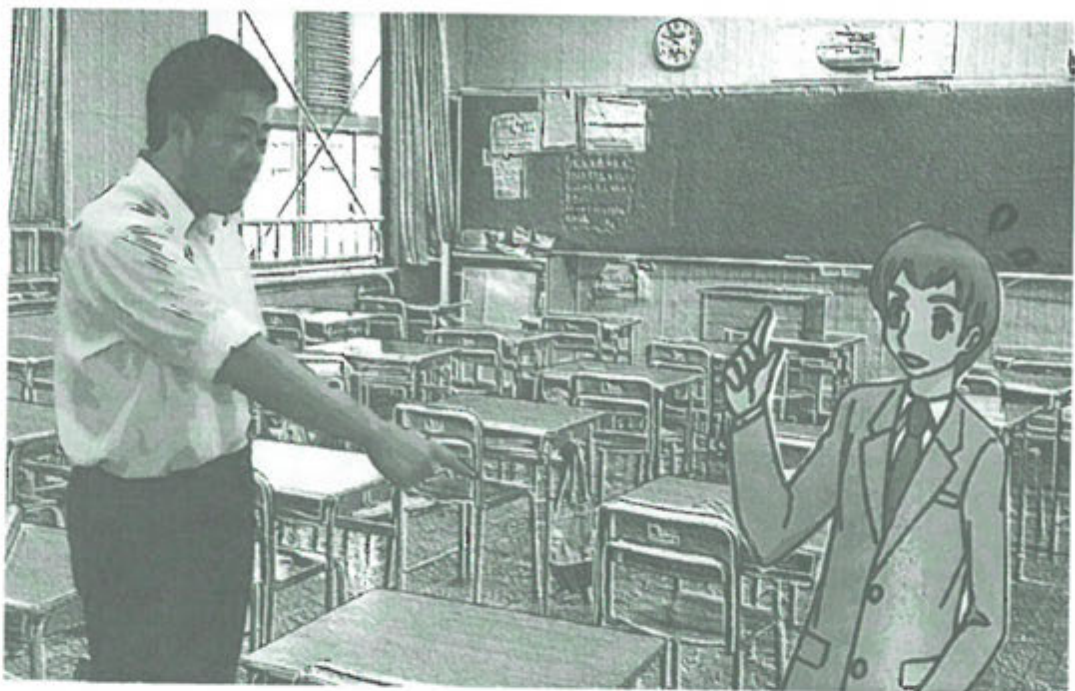
Bob: Yes, I do.

Mr. Miwa: Then, I'll keep your cell phone. I'm gonna call your mom and ask her to take this home. I want you never to do this again.

語句

- | | |
|-----------------------------------|---------------|
| <input type="checkbox"/> awkward | ぎこちない |
| <input type="checkbox"/> such a ~ | そのような~ |
| <input type="checkbox"/> reply | 返答する, 返事をする |
| <input type="checkbox"/> against | ~に反対して, 逆らって |
| <input type="checkbox"/> follow | 従う, ~の後について行く |
| <input type="checkbox"/> during | 【期間の】間中, 間に |





Next day...

Mei: Hi, Bob. Why didn't you reply to my LINE message yesterday?

Bob: Well, actually, Mr. Miwa has taken my cell phone because I broke the rule. Mom was pretty busy yesterday and couldn't come to the school. Anyway, she's against me on this.

Mei: Oh, I see. We should follow the school rules anyway. Yeah, we need to talk about what to study during the school trip to Kyoto, too.



Lesson 2 Dashi is Difficult to Explain

Part 2.5 アヤとケンタは出汁を飲んでみましたが、その味をうまく言葉で表現できず驚いています。

Kenta: This is so good! I have never tried a soup as good as this.

Aya: Yeah! But I don't know how to express this taste in words.

Kenta: I can't even in Japanese.

???: It must be interesting for you to do research on such tastes.

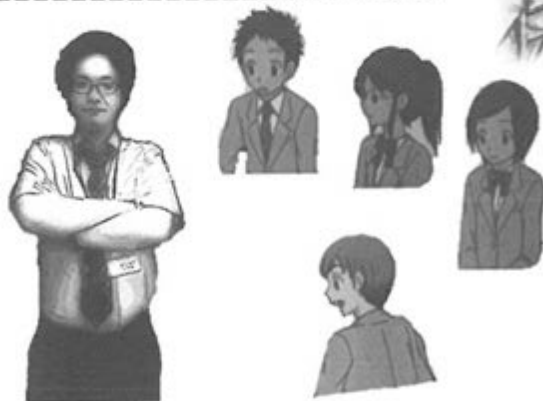
Students: Mr. Takahashi!

Bob: That sounds good!

Mr. Takahashi: Why not ask the cook more questions?

語句

- | | |
|--------------------------------------|-----------|
| <input type="checkbox"/> express | 表現する |
| <input type="checkbox"/> must | ～に違いない |
| <input type="checkbox"/> do research | 研究する、調査する |
| <input type="checkbox"/> why not do | ～してはどうか |



Lesson 2 Let's make a better class

Part 3.5 夜9時に始まった夕礼の場で、どうすればより良いクラスにすることができるのかをクラス全体で話し合っています。

Jin: We are working on the problem-solving project now. How are things going?

Students: Mmm....

Aya: Well, our group is doing research on Japanese cuisine of Kyoto. Mr. Takahashi gave us advice, and we have decided to focus on tastes.

Bob: Right. We asked a cook some questions and learned several things about Japanese food culture.

Kenta: Yeah. But I couldn't really talk to the cook.

Mei: Me, neither. I think we should be more active in our questions.

Jin: That's true. OK, everyone, I know some of us are not good at giving our opinions. Today, please try to speak up by yourself. I believe it's gonna be the first step to make our class better.

語句

- | | |
|-----------------------------------|-----------|
| <input type="checkbox"/> work on | ～に取り組む |
| <input type="checkbox"/> focus on | ～に焦点を合わせる |
| <input type="checkbox"/> active | 積極的な |
| <input type="checkbox"/> neither | ～もまた…ない |



A Reading Class at Junior High School

Looking toward High School

SHINOZAKI Fumiya

Abstract: Comparing the textbooks for third graders in junior high school and first graders in high school, there seems to be a big gap between them in the amounts of texts. This can be a reason that the number of high school students who come to dislike English increases in the first year of high school. One possibility to avoid this kind of situation is employing extra materials for third graders in junior high school. They should get used to the amounts of texts at high school so that they are not overwhelmed by them. Taking it into consideration that extra materials demotivate students to learn, original texts created related to their school life as well as books for extensive reading were used in a series of classes. Then, a lesson demonstration was presented at an academic conference. This paper proposed a lesson plan based on the ideas and opinions provided in the conference.

Key words : additional texts, extensive reading, linkage between junior high and high schools



Process Writing at Tennoji Junior High School

George Haikalis

Abstract

This case study examines how the process writing approach can be applied to Japanese junior high school students' writing tasks at Tennoji Junior High School attached to Osaka Education University to improve both the quality and clarity of their compositions. This essay uses five writing samples taken from second year junior high school students. These students have studied English for a minimum of two years and in many cases four or five. The topics include their hometowns (actually their neighbourhoods), and a one-page diary entry from their summer homework assignment. Although the topics are different, the errors are consistent. The errors include sentences starting with conjunctions, spelling and verb conjugation errors, missing and misused articles prepositions. The case study acknowledges that although beneficial, the process writing approach would be difficult to implement at the school.

Key words: product writing vs. process writing, junior high school students, writing samples

1. Introduction

Writing is one of the core activities in learning English as a Second Language (ESL). Despite its importance as a core activity, writing receives disproportionately less time and study in Japanese classrooms than other activities, mainly speaking, listening, and reading. The process writing approach sees virtually no application in my classes. The process writing approach focuses on the composition from the first step; drafting and revision are encouraged. These two approaches are discussed in more detail in section 2.

The purpose of this essay is to examine how the process writing approach can be applied to Japanese junior high school students' writing tasks at my school to improve both the quality and clarity of their compositions. This essay uses five writing samples taken from second year junior high school students. These students have studied English for a minimum of two years and in many cases four or five. The topics include their hometowns (actually their neighbourhoods), and a one-page diary entry from their summer homework assignment. Although the topics are different, the errors are consistent. The errors include sentences starting with conjunctions, spelling and verb

conjugation errors, missing and misused articles and prepositions.

The following sections examine how the process approach can be applied to the teaching methods in this Japanese junior high school. Section 2 looks more specifically at the process and product approaches and their pros and cons. Section 3 documents the writing and the errors found therein. Section 4 applies the process approach to the students' difficulties and proposes solutions. Finally, section 5 summarizes the findings

2. Product writing vs process writing

2.1 The product approach

In traditional ESL teaching, writing was focused mainly on the final product, which refers to the product writing approach. According to Brown (2001: 335), attention was placed on writing models and examples and on “how well a student's final product measured up against a list of criteria that included content, organization, vocabulary use, grammatical use, and mechanical considerations such as spelling and punctuation.” In the product writing approach, form is more important than function. In fact, the structure and organization of the composition are enough to display proficiency in second language acquisition. According to Pincas (cited in Badger and White, 2000) the product approach has 4 stages: familiarization, controlled writing, guided writing, and free writing. In the familiarization stage, students are made aware of certain features of a text. The students then practice the different skills in the controlled and guided stages until they are sufficiently familiar with the structure and can then write freely (Ibid). Knowledge of writing organization is important in the product approach.

2.1.1 The pros and cons of the product approach

Advocates of the product approach view the finished text as the single best indicator of student learning, performance and teacher effectiveness (Shannon, 1994). The writing conforms to a pre-established model. Therefore, the goal of instruction is a structured, coherent and grammatical essay. To achieve this goal, writing is rigidly controlled through guided compositions where learners are given short texts, asked to fill in gaps, complete sentences and other exercises that focus on accuracy and the avoidance of errors (Hyland, 2003). Thus, teaching writing focuses on fixed patterns and correcting student errors. Furthermore, students are able to identify what is required of them in the classroom. The target composition is clear and precise. Studies cited in Muncie (2002, p, 227) show that vocabulary is one of the most important features of writing, and, therefore, a lack of vocabulary is what makes writing such a difficult task. Writing tasks consist mostly of repeatedly writing the same keywords to memorize their spelling and questions that focus on grammar structures and not on context. In Japan, where tests at every level are commonplace, assessors prefer writing that shows competent use of grammar structures and correct spelling.

Critics of the product approach maintain that it ignores the importance of students generating their own writing without the aid of teachers and model texts (Shannon, 1994). Creativity is not required to display writing ability. Another criticism is that students are often introduced to complex grammar patterns, which they are expected to reproduce, but are not given context for those structures (Hyland, 2003). Also, the final product is generally meant for a very limited audience, such as the teacher or exam assessor. In this case, the message is not important; the organization and structure of the composition are.

2.2 The process approach

Over the years, teachers and researchers of ESL have learned that allowing students to focus on the content and message is a more effective tool in the learning of writing. As the focus changed, this process was named the process writing approach. As Sokolik states in Nunan (2003), writing instruction can now include the entire process - invention, drafting, feedback, and revision - and not just the final product. Sokolik's steps are discussed in more detail in section 4. Shih (cited in Brown, 2003: 335-336) states (see Table 1) that the aims of the process approach cover most of the following:

Table 1 (Brown, 2003: 335-336) The Aims of the Process Approach	
A	Focus on the process that leads to the final written product
B	Help student writers to understand their own composing process
C	Help them to build repertoires of strategies for prewriting, drafting, and rewriting
D	Give students time to write and rewrite
E	Place central importance on the process of revision
F	Let students discover what they want to say as they write
G	Give students feedback throughout the composing process (not just the final product) as they attempt to bring their expression to intention
H	Encourage feedback from the instructor and peers
I	Include individual conferences between teacher and student during the process of composition

In this approach, the teacher takes the role of coach or mentor. The teacher provides guidance and facilitates the process. This approach is learner centered, with students building content through brainstorming, individual reflection, group discussions, readings, lectures and outside research (Shannon). The process approach emphasizes the importance of a recursive procedure of pre-writing, drafting, evaluating, and revising (Rusinovci, 2015: 700). In another words, the message takes on more importance and grammar accuracy and organization are learned naturally through the rewriting process. Table 1 summarizes these steps.

2.2.1 The Pros and Cons of the Process approach

There are limitations to the process approach. Foreign language students are more likely to be intimidated by content than form, leading them to focus on grammar accuracy first and the message second. (Ashwell, 2000). Feedback can also be a contentious issue for cultural reasons; feedback may be considered personal and difficult to separate from the composition. Matsumoto (2008, cited in Maftoon and Ziafar, 2013) argues that group formation and perspective are the main source of problems in Japanese classrooms because Japanese students view teachers as the source of knowledge and feedback and not their peers. These views are slowly changing, particularly in the university classroom because most students will have finished exams that determine which schools they will enter. The students are, therefore, more open to new ideas. Atkinson (2003) cites research that shows a mismatch between students and the process approach, particularly when Western values are imposed on Asian students. For example, sociocultural expectations of students who see themselves in different positions in society or learning environments (Ibid). Another issue in Japan is that writing tends to be product focused. Essay exams focus on organization rather than message. Process-centred learning is more of a hindrance in these cases as students would be unlikely to meet assessors' writing requirements. Casanave (2003) cites research by Mlynarczyk where the students followed many aspects of the process approach but ultimately focused on learning how to pass their essay exams and not on writing development and self-discovery.

Despite these limitations, the process approach provides students with many benefits and gives them the best chance to improve their compositions and abilities as writers. Teachers who follow this approach are no longer authoritative figures or evaluators but facilitators of knowledge; they participate in the students' learning. The students are encouraged to plan, draft and revise their ideas. The students are more accountable for their writing because they are invested in its success. Instruction in writing through lessons, conferences, and teachable moments should result in improved quality of writing (Graham and Sandmel, 2011). These teaching tools counter one of the criticisms of the process approach, which is that accuracy and structure are ignored, by providing mechanisms to address the needs of students. According to Wigfield (1994, cited in Graham and Sandmel, 2011), students are more motivated and place higher value in their tasks when they are personally invested in positive environments and collaboration with their peers (Ibid). Followers of the process approach are unfairly criticized for not focusing on grammar correction. Grammar correction is in fact deemed important but secondary to the overall purpose of writing, which is the content and message. According to Ashwell (2000), grammar is still a concern because linguistic accuracy is bound up with the communicative effectiveness of a piece of a writing. In another words, the accuracy of the final product is still deemed important. Grammar correction leads to the development of writers as effective communicators.

2.3 Summary of the product- and process-based approaches

In writing classrooms, both approaches are needed, and most likely used in a hybrid manner. Correct grammar usage is still very important and helps clarify ideas and arguments and shows

professionalism in business writing. On the other hand, process writing does not take into account familiarity with the second language culture and writing conventions. Both approaches are necessary for effective writing. Sasaki (2000) cites research that found that L1 and L2 writing strategies tend to be similar regardless of competency. Therefore, L1 writing strategies can be transferred to L2 writing processes. To what extent is the process approach utilized in native language writing is another matter, however. The product approach can help the process approach overcome some of the negatives in Japanese classrooms, namely feedback and exam preparation.

3. The writing samples and results

Five writing samples were taken from students in Year 2 of the junior high school where I work. The students are between 14 and 15 years old and have studied English for at least 2 years and in many cases 4 or 5. I am an Assistant Language Teacher (ALT) at this school. I work with a Japanese English Teacher (JET). I am mainly responsible for checking writing assignments, preparing listening exams, and helping students with grammar and reading exercises. The JET is responsible for lesson-to-lesson preparation. There are 3 JETs at my school and each is assigned to one grade. I teach each grade but less frequently. I assist with lesson preparation by giving ideas and feedback but I am not involved in individual student progress.

The five samples consist of writing tasks based on the product approach assigned during the second semester. This essay looks at two different tasks. The samples were 'My Town' and a diary entry. These writings demonstrate the typical requirements of the teachers. The questions were phrased in a way that left little room for idea generation and the structure was pre-determined by the teacher. Common errors were found throughout each assignment. I was responsible for correcting them. The teachers were interested in knowing what grammar and spelling mistakes were made. Many of the errors were common spelling mistakes by Japanese students, for example replacing "L" and "R". Other common errors included missing articles, which are not used in the Japanese language, and verb conjugation problems. The errors for each assignment are discussed below.

3.1 The 'My Town' writing assignment

This writing assignment consisted of a description of where each student lives. The assignment questions were numbered. An example was provided and students were expected to follow it by substituting their information. For example, number 1 asked for the name of the town, city or neighbourhood they lived in and number 2 was its location. Numbers 3 and 4 were for points of interest. Finally, number 5 was left for something a tourist could do there. Every student followed this pattern.

A large majority of the writings displayed common errors which will be presented here. See also Appendix 1, 2 and 3 for the specific samples used in this paper. It is common for Japanese students

to start sentences with conjunctions because this form of writing is normal in Japanese. Keeping in mind that Japanese and English syntaxes are so different, these kinds of errors require some tolerance. For example, in Excerpt 1 consider the following sentence in Japanese (appendix 2):

Excerpt 1

Asoko no koen de asoberu. Soshite, rekishi ga kanjirareru.
(You) can play in the park there. And we can feel history.

Sentences starting with ‘ and ’ are common because it is grammatically acceptable to do so in Japanese. See Excerpt 2 for another of example of this error.

Excerpt 2

1. You can give them shika-senbei.
And there is a famous temple in my town. It ’ s Todai-ji. Temple.
You can see a big Dai-butstu.

I cannot say for certain what the students were thinking but after consulting with the JET, we concluded that they were directly translating from Japanese into English. In the above example, ‘ soshite ’ starts the sentence. Familiarity with the Japanese language makes these errors obvious. Other errors turn up in the writing. The students assume their teachers are familiar with Japanese, so they use Japanese words. For example, in excerpt 2, ‘ shika-senbei ’, which means ‘ deer snacks ’, and Dai-butstu (appendix 1), which means ‘ The Big Buddha ’. Note the error here where the student actually includes ‘ big ’ in English, therefore ‘ the big Big Buddha ’. Deer is also misspelled (appendix 1), so that it is ‘ dears ’. City is misspelled in appendix 2 as ‘ Sity ’ because in Japanese textbooks, the word ‘ city ’ is written as ‘ shity ’ in the Japanese syllabary to help with pronunciation. In excerpt 3, a sentence starts with ‘ and ’ and the word ‘ collect ’ is misspelled, so that it comes out as ‘ corect ’. Other spelling errors include ‘ musiam ’, ‘ thousant ’ and ‘ miniture ’. Articles and verbs are missing or misused in excerpt 3. The student also refers to ‘ Haniwa miniture ’, which is presumably ‘ Haniwa miniature. This reference is not known to me.

Excerpt 3

it built over thousant years ago.
There is a grave and musiam.
You can make Haniwa miniture. And you can corect a lot of cards

3.2 The ‘ Diary Entry ’ writing assignment

This writing task was assigned as part of the summer homework requirement. The students were given general guidelines of what they were expected to include. In this way, they had more freedom to write without the constraints of a template or the teacher’s model. The students were

given instructions in Japanese. These questions included ' what, where, who, and how '. ' Why ' questions were not explicitly asked. They were instructed to write about one of their days and to provide those details (see appendices 4 and 5). In total, they were expected to write 5 entries.

Errors in this assignment were consistent with those found in the above examples, namely sentences starting with conjunctions, missing articles, and verb conjugation problems (see excerpt 4).

Excerpt 4

But my mother can ' t went to there. Because she had task.

Japanese does not conjugate verbs according to subject. I assume the higher rate of spelling mistakes was out of complacency. The students are given a tremendous amount of summer homework for each class. Looking up each word is frankly too time-consuming. Articles (' a ' and ' the ') were either not included or misused. There were also mistakes involving verb tense and agreement (excerpt 4). Redundancies were common as well. For example, " My sister and cousin ' s sister and I ate lots of meat ... ". The sentence starting with ' because ' in excerpt 4 is also due to Japanese sentence structure, whereby it is acceptable to start sentences with ' because '. The JET agrees that students were directly translating here as well while writing. Verb tense is also misused. For example, ' my mother can ' t went to there. ' The students again assume the evaluator has familiarity with the Japanese language. ' Hanabi ', which means ' fire crackers ' is used, as is ' shinkansen ', which is the bullet train in Japan. There are some problems in appendix 5 as well. Articles are misused throughout. There are 2 misused articles in the sentence, " I ate big pizza at the Italian restaurant. " The letters ' R ' and ' L ' are also problematic. The restaurant name in appendix 5 changes from ' ALEGURO ' to ' AREGURO ' and ' grad ' (instead of ' glad ') appears in appendix 4.

4. Applying the process approach to their writing

In this section, I look at applying the process approach to the students ' writing with the purpose of helping them with the listed writing difficulties of the above section. I have decided to focus on Sokolik's approach because there are only 4 steps and that would make it less daunting for the JET's at my school; they would be more willing to adopt the approach. These 4 steps are: invention, drafting, feedback, and revision (cited in Nunan, 2003). These steps are performed in a cycle.

4.1 The invention stage

Brainstorming activities during the invention stage can help students flesh out their ideas and topics. According to Rusinovci (2015), the teacher is a facilitator at this stage who draws out the learners ' potential by providing input and stimuli. In the ' My Town ' writing task, the teacher gave the students very specific questions. I think the students could have developed their own questions and

topics in a brainstorming activity. They work well in small groups (for example 4 or 5) when they know the assignment will be collected and graded. This writing task was not that long, so a few minutes would be enough for them to come up with their own discussion points. The diary entry samples give us a glimpse of what the students are capable of when they are able to generate their own ideas. Of course there were some difficulties but they were encouraging first drafts.

4.2 The drafting stage

As the students generate ideas, they can start their first drafts. Staying in their small groups would allow them to ask each other questions. The JET and I could divide our time and check their progress while giving general advice. Playing the role of facilitator rather than authoritarian will help students develop their writing processes. Another important point here is that grammar and spelling are not strictly corrected. As Ashwell (2000) states, grammar and spelling correction should not dominate instruction but they are recognized as important aspects of the final product. I have recently started underlining grammar and spelling mistakes during class activities. Instead of telling them directly that they conjugated the verb incorrectly or pointing out a spelling error, I only underline it. This leads the students to reread the sentence. The students are able to figure out the errors on their own or by asking a classmate. It is too early to see what impact this has had on their writing development but the reaction from the students so far has been positive.

4.3 The feedback stage

Giving effective feedback is difficult because Japanese students tend to avoid conflict and prefer face-saving interactions (Maftoom and Ziafar, 2013). As facilitators, we need to promote a favourable classroom environment for the students to be willing to give critical feedback. Keeping the groups consistent throughout the semester, for example, would give the students the chance to develop a level of comfort and familiarity with each other. Lowering these barriers would help the students more readily accept the intentions of their classmates (Ibid). I would provide the students with a form for feedback that they would then return to the writer along with their drafts. Sokolik (cited in Nunan, 2003) provides an example of such a form, which includes questions about supporting ideas with evidence and effective conclusions. I would simplify it for my students because I need to take into account their experience with English. My form would include key questions (what, where, when, why, who, how) about the writing. In cases where they are unable to answer a question, the student could ask the writer to clarify. After receiving the feedback, the writer would be able to revise their draft, or even idea. Most spelling and verb errors would be eliminated with peer feedback. If the students are in groups of 4 or 5, each student would provide feedback at different stages of the drafting process. This stage would also eliminate the Japanese words (such as 'hanabi' and 'shinkansen'; see appendix 4) that turn up in the writing.

4.4 The revision stage

The revision stage takes into consideration the feedback from their peers and teachers and produces the eventual final draft. Proofreading their own writing would improve its clarity. The students could request in-class time to receive individual feedback from a teacher before submitting their final draft. This step would also help overcome the difficulties Matsumoto (2008, cited in Maftoon and Zaifar 2013) found concerning group perspectives and feedback. If my feedback uncovered very few errors, the students would realize that peer feedback is appropriate and effective. I would expect the final product to be free of grammar and spelling errors thanks to the repetition of the feedback and drafting stages. My students would benefit from having different eyes look at their work.

5. Conclusions

The purpose of this essay was to look at the writing of my students and to see if a process approach to writing would help them improve it. I took five random samples of their writing and explained how the process approach would help them with the difficulties they have. I showed that most of these difficulties were spelling and grammar errors that would be eliminated during the drafting and feedback stages. Working in groups would help with idea generation and the revision stage. A final feedback phase with one of the teachers would ensure a good final draft. I conclude that the process approach would benefit the students. However, I acknowledge that implementing it would be a challenge. More research would be needed for this. For now, I will continue to underline errors rather than directly correct them and inform the JET 's of the students ' progress before the school year finishes.

References

- Ashwell, T. (2000). Patterns of Teacher Response to Student Writing in a Multiple-Draft Composition Classroom: Is Content Feedback Followed by Form Feedback the Best Method? *Journal of Second Language Writing* 9(3), 227-257, doi: 10.1016/S1060-3743(00)00027-8
- Atkinson, D. (2003). L2 writing in the post-process era: Introduction. *Journal of Second Language Writing* 12(1), 3-15, doi: 10.1016/S1060-3743(02)00123-6
- Badger, R. and White, G. (2000) A Process Genre Approach to Writing. *ELT Journal* 54 (2): 153-160, doi: 10.1093/elt/54.2.153
- Brown, H. D. (2001) *Teaching by Principles. (2nd edn.) An Interactive Approach to Language Pedagogy.* New York: Longman.
- Casanave, C. P. (2003) Looking ahead to more socio-politically-oriented case study research in

L2 writing scholarship (But should it be called “ post-process ” ?). *Journal of Second Language Writing* 12(1): 85-102, doi:10.1016/S1060-3743(03)00002-X

Graham, S. and Sandmel, K. (2011) *The Process Writing Approach: A Meta-analysis*. *The Journal of Educational Research*. 104(6): 396-407, doi: 10.1080/00220671.2010.488703

Hyland, K. 2003). *Second language writing*. New York: Cambridge University Press

Keh, C. (1990) *Feedback in the Writing Process: a Model and Methods for Implementation*. *ELT Journal* 44(4): 294-304. doi: 10.1093/elt/44.4.294

Maftoon, P. & Ziafar, M. (2013) *Effective Factors in Interactions within Japanese EFL Classrooms*. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas* 86(2): 74-79, doi: 10.1080/00098655.2012.748641

Muncie, J. (2002) *Process Writing and Vocabulary Development: Comparing Lexical Frequency Profiles Across Drafts*. *Department of Linguistics and Literature, University of Evora, Casa Cordovil, Evora, Portugal* 30(2), 225-235. doi: 10.1016/S0346-251X(02)00006-4

Nunan, D. (2003) *Practical English Language Teaching (International Edition)* New York: McGraw-Hill

Rusinovci, X (2015) *Teaching Writing Through Process-Genre Based Approach*. *US-China Education Review* 5(10): 699-705. doi:10.17265/2161-623X/2015.10.006

Sasaki, M. (2000) *Toward an Empirical Model of EFL Writing Processes: An Exploratory Study*. *Journal of Second Language Writing* 9(3), 259-291, doi: 10.1016/S1060-3743(00)00028-X

Shannon, J. (1994). *TESOL's process versus product debate*. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 347 832)

Appendices

1 My Town

2. I live in Nara city.
3. It ' s in the north of Nara
4. There is a big park in my town. It ' s Nara park.
5. There is many dears in this park.
6. You can give them shika-senbei.

And there is a famous temple in my town. It ' s Todai-ji. Temple.
You can see a big Dai-butsu.

2. My Town

1. I live in Sakai Sity in Osaka Prefecture now.
2. It ' s in southwest of Osaka.
3. There are many big graves of sence 2000 years ago.
It ' s Daisen Kofunn
4. There is a very big park.
5. You can play in the there park.
And we can felt a lot of history.

3. My Town

1. I live in Yao City in Osaka prefecture now.
2. It ' s in the east of Osaga.
3. There is an old ancient tomb in my city. It ' s Sionzi ancient tomb.
it built over thousand years ago.
4. There is a grave and musiam.
5. You can make Haniwa miniture. And you can corect a lot of cards
There is a river in my city. It ' s Tamakushi river.
You can see many cherry blossom in there in spring.

4. Diary Entry

Saturday, August 20th

My family and I went to my grandmother and cosins family ' s house in Kanagawa three days on August twelveth and thirteenth, fourteenth. But my mother can ' t went to there. Because she had task. It ' s to pity. First day we enjoyed hanabi. It was so beautiful and funny. Next day, we and Grandma ' s sister, Chikako enjoyed a barbeque. My sister, cousin ' s sister, I were eating lots of meat when my brother and my cousin were grilling the meats and vegetables. We were happy to ate a lot of food. Last day, our family return to Osaka by shinkansen. We miss Grandma and cousins, their family. But I ' m grad to see Mom.

5. Diary Entry

Saturday, July 16

I did my summer vacation homework in the morning. First, I did biology homework. I was enjoying because I like biology. Next, I did English print. It was a little difficute to make sentence. I went

shopping with my mother in the afternoon. I ate out. I ate big pizza at the Italian restaurant. It's name is ALEGURO. I think that this restaurant is very popular. Because I waited long time to eat. I was very tired to wait, but pizza is very delicious! If you go out to eat pizza, please try AREGURO. After lunch, I went shopping with my mother. I bought a new book. I wanted to buy a new book before. So, I'm happy to buy it. I cooked dinner in the evening. I can cook hamburger. My parents said "That's delicious!" I'm happy to hear that. I had a very good time.

大阪教育大学附属天王寺中での プロセスライティングの学習方法

ジョージ・ハイカリス

これはプロセスライティングの学習方法が、大阪教育大学附属天王寺中学校において、英作文の質と明瞭さの両方を改善するべくライティング課題にどのように用いられているかを調べるための事例研究である。この小論には中学2年生の5つの作文例が取り上げられている。トピックには彼らの故郷（実際には居住地近隣）のことや、夏休みの宿題であった「ワンページ・ダイアリー」の記述を含んでいる。作文のトピックはそれぞれ違っているにも関わらず、ミスの内容は一貫している。その内訳としては、接続詞が文頭に来てしまっているもの、スペルと動詞の活用に関するもの、冠詞や前置詞の欠落および使い間違いに関するものが含まれている。この事例研究は、プロセスライティングの学習方法は生徒にとって有益なものであるが、その実施の難しさもまた認識されるところであると締めくくられている。

キーワード：プロダクトライティング vs. プロセスライティング, 中学生, ライティングサンプル

平成 28 年度 教科・個人研究テーマ一覧表

国語科	国語科とアクティブ・ラーニング	木内 葉子	実感を伴った理解を促す教材開発
藤田 勝如	国語科における PBL 型授業	糠野 順一	講義・演習実験を通しての生徒の活動とその評価
松尾 澄英	グループを活用した文学の読みの授業	森中 敏行	科学的思考力を育てる教材開発
山田 章子	ICT での授業のための教材研究	山中智香子	学びの自立をめざす道具としての生徒実験の活用について
浅野 緑子	近松世話物浄瑠璃における義理と人情	保健体育科	思考力・判断力・表現力を育むアクティブ・ラーニング
河田 良子	「二次元学習」という学びのかたち	今木 重行	ペア学習による保健授業の教材開発
金藤 行雄	入門期の古文・漢文の読解指導	寺田 健太	自律的・自主的な学習を促す学習形態に関する研究
宮川 康	近代大阪文学の教材化	奥野鮎太郎	ゲームパフォーマンスの評価に関する基礎的研究
社会科	社会科におけるリテラシー教育の探求	鎌田 剛史	フットボール（サッカー・ラグビー）の授業研究
井原 武人	『思考力・判断力・表現力の育成を目指した評価のあり方』	山本 茜	体育授業におけるグループ学習の有用性
高橋 誠矢	『意欲的に生徒が相互に学びあい、教えあう授業づくり』	音楽科	自己実現を目指した音楽科でのアクティブ・ラーニング
山根 史孝	資料をもとに思考する授業実践—ICTを活用して—	今出 望	感じる心を育て、音楽に心をのせて歌う合唱
生川 年雄	戦争と平和について考える～近現代の日本と世界	美術科	主体的な表現・鑑賞活動をめざす
大満秀一朗	「アナグリフ」を活用した地形読解力と防災力の育成	樋 聡子	教科横断型を取り入れた授業実践
甲山 和美	「公正」「正義」に迫る公民科の授業	英語科	音声を中心に四領域を統合した活動をめざす授業
笹川 裕史	日本を視野に入れた世界史	奥田 裕香	関わりを持ちながら深める学び（4 技能と効率を考慮した指導）
数学科	アクティブ・ラーニングを取り入れた教育内容の構築	篠崎 文哉	スピーキング練習法「OSB」の文法習得への効果に関する考察
佐々木健一	三平方の定理と黄金比 黄金長方形と正五角形の作図法を探らせる	吉田 雅子	音声認識ソフトの導入による生徒の発音改善への意識付け
鳥飼 隆正	基礎・基本を定着させ、論理的思考を促す教材の研究	浅田 美美	理解の深化と自己表現につながる発問方法
三輪 誠	結び目の数学の教材化	飯尾 力	四技能のバランスのとれた育成とパフォーマンステストがもたらす波及効果
岩瀬 謙一	生徒の空間認識力を引き出す数学的教材としての結び目の数学	石井 敦子	リーディングから表現へ—サマリー・リテリングを用いて
大石 明德	価値実現型教育内容の構築について	日根野敬也	ALT・ICT の効果的な活用方法
河野 太	論理的思考と記述する力の向上	山岡 直貴	Retelling 活動を通じたモチベーション UP の工夫
武本 誠也	論理を意識した解答作り	技術・家庭科	アクティブ・ラーニングを活かした授業
藤田 幸久	数学におけるアクティブ・ラーニング	上田 学	バリアフリーをテーマとしたアクティブ・ラーニングの授業
理科	理科における学びの自立を目指す評価の工夫と改善	古川 ルミ	アクティブ・ラーニングと評価の真正
印南 航	結果のまとめ方を意識した実験授業の展開	養護科	心身の健康の保持増進について
廣瀬 明浩	協働的な学習における評価の工夫	升谷田津子	特別支援を必要とする生徒とその保護者へのアプローチについて
細谷 智美	実験レポートを作り上げるための思考や実験力を身につける授業づくり	山脇 裕子	学校保健安全法施行規則の改正を受け、健康診断結果の通知の方法を検討する
岡本 義雄	英語で地学の授業を行う試み（その3）		

第63回教育研究会に関して

開催日：平成29年2月4日（土）

参会者：442名

全体テーマ：『学びの自立を目指す評価の工夫と改善』

～アクティブ・ラーニングってなに？～

発表の概要：

・全体会 本年度の研究テーマの説明 中・高研究部

・国語科「国語科とアクティブ・ラーニング」

授業Ⅰ	中Ⅰ	国語科におけるPBL — 上方落語の教材化 —	藤田 勝如
授業Ⅱ	高Ⅱ	価値観にせまる授業 — 〈自由〉とは何か —	河田 良子
指導講師		大阪教育大学教授	住田 勝
指導講師		大阪府立北野高等学校教諭	榊井 英人
司 会		本校教諭	松尾 澄英

・数学科「数学における、生徒の主体性を促す授業の工夫」

授業Ⅰ	中3	結び目の数学における能動的な学習と評価の工夫	三輪 誠
授業Ⅱ	高Ⅰ	グループ・ワークで取り組む指数・対数関数の応用問題	
			藤田 幸久
指導講師		大阪教育大学教授	瀬尾 祐貴
指導講師		大阪大学教授	宇野 勝博
司 会		本校教諭	岩瀬 謙一

・理科「理科における学びの自立を目指す評価の工夫と改善」

授業Ⅰ	中3	中3物理領域における指導と評価の工夫	廣瀬 明浩
授業Ⅱ	高Ⅱ	講義・演習実験を通しての生徒の活動とその評価	糠野 順一
指導講師		大阪教育大学准教授	仲矢 史雄
司 会		本校教諭	印南 航

・英語科「音声を核にして四領域を統合した活動を目指す授業」

授業Ⅰ 中2 関わりを持ちながら、深める学び（4技能と効率を考慮した指導）

奥田 裕香

授業Ⅱ 高Ⅱ ALT・ICTを活用しつつ、問題意識を深める

日根野敬也

本校 ALT Andrew PECKOVER

指導講師 神奈川大学・大学院 教授

高橋 一幸

司 会 本校教諭

篠崎 文哉

・音楽科「自己実現を目指した表現力の育成」

授業Ⅱ 中1 感じる心を育て、音楽に心をのせて歌う合唱

今出 望

指導講師 大阪大学大学院工学研究科 教授

森 勇介

指導講師 大阪大学工学研究科 講師

根岸 和政

パネリスト 京都美術工芸大学

北村 雅昭

司 会 本校教諭

今出 望

全体講演：「ディープ・アクティブラーニングとその評価」

京都大学高等教育研究開発推進センター教授

松下 佳代

研究集録 第59集

平成29年3月 15 日印刷

平成29年3月 17 日発行

編集発行者 大阪市天王寺区南河堀町4-88
大阪教育大学附属天王寺中学校
大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎
代表者 赤 松 喜 久

印刷・製本 株式会社 ヤシキ