

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—

岡 本 義 雄

*OKAMOTO Yoshio*

附属天王寺中・高 研究集録 第59集（平成28年度）別刷

平成29年3月 発行

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

# 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幹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，本稿では今年度の試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（楕状地）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、バ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。このバ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で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](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Ⅲ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る主流だった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バン、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、実は新聞配達車の車だったという落ち。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仕事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せよ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、かつて私たち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  $\mu$ m 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 で次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

証拠となる。さらにこの黄鉄鉱は金色をしているが金ではない(Fool's Gold と呼ばれる)！金は顕微鏡サイズでほんのわずかしが含まれていない。鉱石標本を回して、さらに筆者の Tautona 金鉱山（世界最深の地下 4000m の坑道）の巡検のビデオを見せた。巡検に参加するには事故が起こっても主催者を訴えないという Waiver を必ず書かされる。金鉱山では高温多湿かつ水が随所から出ているため、下着から鉱山支給のものに着替えさせられた事情、地下 4000m に潜るエレベーターは時速 40km で 5 分近くかかることなどを話す。生徒もとても興味を持って聞いていた。このほか南アフリカには、プラチナ（クロム鉄鉱を母岩とする）、ダイヤモンド、石炭などの鉱山が豊富にある。これらの巡検の様子もビデオで紹介し現地で採集したサンプルを回した。

#### 4. 授業のアンケート結果と考察

授業の評価を行うためと、生徒の受け止め方を知るため、授業開始時にアンケートを配布し、授業後に記述させた。アンケートの質問用紙と回答の総数の表を巻末に添付する。それぞれの質問への回答の結果は以下のとおりである。今年度は映画の内容、授業の内容に若干踏み込んだ記述による調査を行った。また、アンケート回答総数は映画の授業が 36 名、英語授業が 30 名である。

アンケート結果のうち、本授業の授業評価に関する部分のみのグラフを、男女別に次に載せる（円グラフのラベル数字は回答の総数、

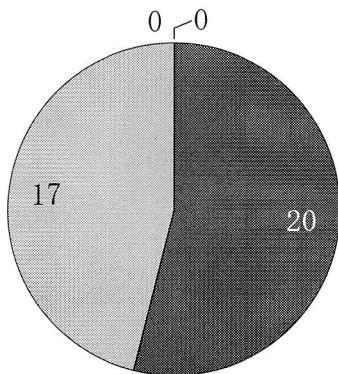
##### 1) 映画「Invictus」の授業に関して、

- ・映画を英語字幕と音声で見たことは、英語の勉強になりましたか？
- ・今回の映画 Invictus の内容は何か勉強になりましたか？

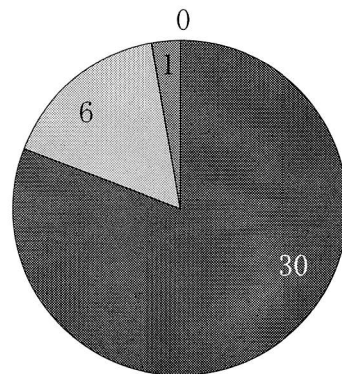
- |                  |                 |
|------------------|-----------------|
| ① とても勉強になった      | ② どちらかという勉強になった |
| ③ どちらかというとならなかった | ④ 全然勉強にならなかった   |

英語の勉強になったか？

映画が勉強になったか？



1 ■ 2 □ 3 ■ 4 □



1 ■ 2 □ 3 ■ 4 □

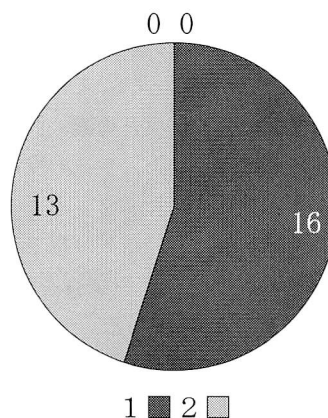
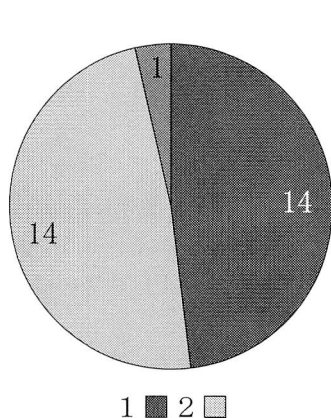


2) 「初期地球」の英語授業に関して

- ・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「Iuivictus」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語に喜んでいたこと

- ・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テイモンがとてもかっこよくてファンになりました。
- ・ いい映画だった。クリントイーストウッドは息子（スコット）にもちゃんと見せ場を与えるのだと思った。マットテ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じました。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ーが速かった（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つ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となった。
- ・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。

短期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いて, 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常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. これが原因して, 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](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](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。これらの方々には感謝申し上げます。

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](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(ドクメダリア(らくだ)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、四艘で五門の大砲を備えた「喜望峯」と呼ばれる岩を建設して中継基地とした。それ以来増え続けたオランダ移民(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、バンツ一のコゾ族と戦った。バンツ一系民族(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ール川北岸地域(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ファーストランドで、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 - 南アフリカ原住民族会議(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。請願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・ホワイー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が69人を殺したシャープビル虐殺事件が起こる。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義白人とされる。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、外交関係の破棄、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、密出国と暴動の罪で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16日 - ソウェト暴動。オランダ語系の言葉でもおにも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が警察が銃撃し、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誰もが予想した。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議長マンデ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・マンデラの任期が終わり、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暴落(＋鉱産物の価格低迷)などによる経済不況も伴い、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,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), 黒い部分は磁鉄鉱 (Magnetite,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), 菱鉄鉱 (Siderite,  $\text{FeCO}_3$ ) 白い部分は碧玉 (Jasper,  $\text{SiO}_2$ ) 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鉱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で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。

### $\text{ZrO}_2$ (ジルコン) の磨いたもの

ヤフ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 を含みやすいため, 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  $\mu\text{m}$  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,  $\text{FeS}_2$ ) 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。SiO<sub>2</sub> 24% 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

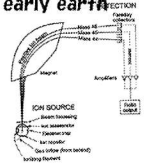
Yoshio Okamoto

Geoscience-English lecture  
29<sup>th</sup> 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: <sup>146</sup>Sm-<sup>142</sup>Nd; <sup>182</sup>Hf-<sup>182</sup>W; <sup>142</sup>Nd/<sup>144</sup>Nd, <sup>182</sup>W/<sup>184</sup>W → use for evolution of early earth crust and mantle system  
〈Applying Mass Spectrometry〉  
A new window is opened for the early earth!

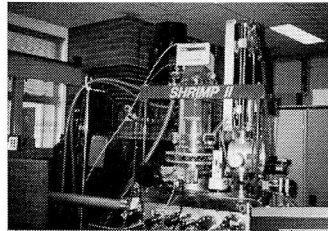


## Why South Africa?

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.

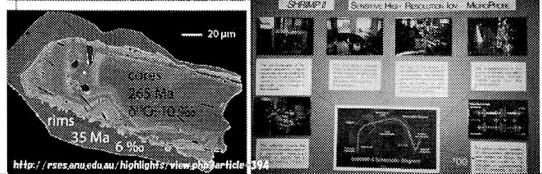


Global distribution of Archean rocks in modern continents. Known (red), suspected (pink). Areas with rocks or zircons older than 3.6 billion years are labelled by name.  
<http://www.earthsciences.hku.hk/~geo03/arc.htm>

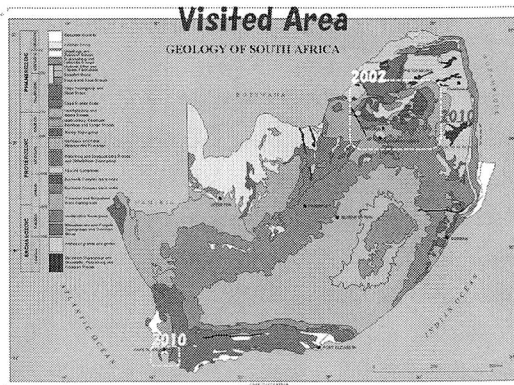


Photos by Prof. Fujioka

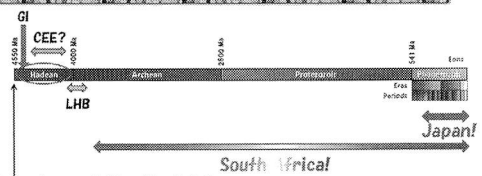
SHRIMP II at ANU (Australian National University) Geoscience Lab.



<http://rzes.anu.edu.au/highlights/view.php?article=304>



## 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



Period	Approx. Age (Ma)	Key Events
Proterozoic	541 - 252	Formation of eukaryotes, oxygenation of atmosphere
Phanerozoic	252 - 0	Complex life forms, dinosaurs, mammals
Pre-Cambrian	4550 - 541	Formation of Earth, Moon, early life

**Pre-Cambrian Time scale**

原生代 (Proterozoic)

太古代 (始生代) (Archaean)

冥王代 (Hadean)

## 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.



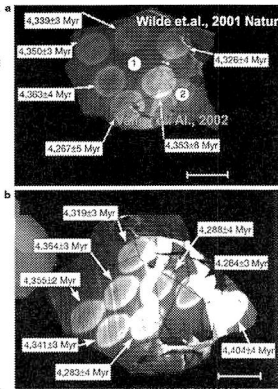
## 4.4Ga Zircon by SHRIMP II

Oldest mineral  
Granitic rocks

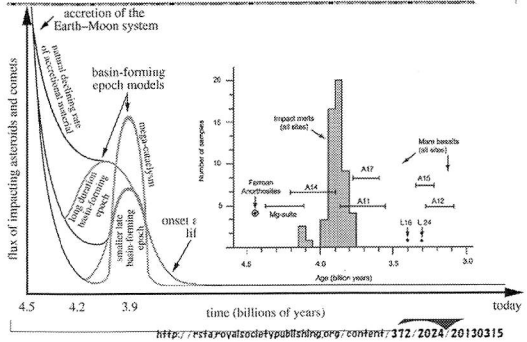
Why Zircon?

Resist against  
weathering  
U, Pb rich

Lineweaver & Norman, 2008



## Late Heavy Bombardment part 2.



<http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/312/2024/20130315>

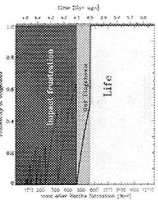
## A cool early Earth

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

Department of Geology and Geophysics, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin 53706, USA  
Simon A. Wilde

School of Applied Geology, Curtin University of Technology, GPO Box U1987, Perth, Australia

### Sterilizing impacts and life Panspermia Hypothesis



lived for  
some cool  
and they  
are left  
throughout  
the hypoid  
condition  
to state  
right.

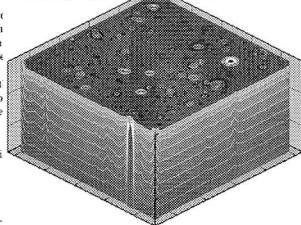
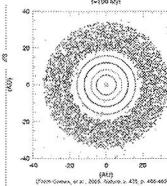


Fig. 1. After the sterilizing impacts that lowered the Earth's surface to 0 K for 100 Myr, the conditions on the surface were favorable. There is a window for life to emerge and survive. Some have argued that a low oxygen atmosphere is not a viable environment for the origin of life or early evolution, but the data indicate that life did arise in a low oxygen atmosphere. The data indicate that the conditions were favorable for the origin of life and early evolution.

<http://www.psrcd.hawaii.edu/Aug06/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 15.5 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.

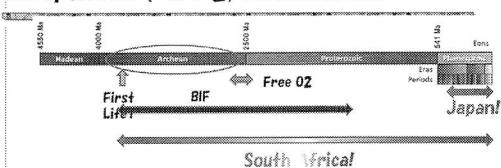
The four panels below correspond to four different snapshots taken from the simulations. From left to right: The beginning of planetary migration (100 Myr), just before the beginning of the scattering (179 Myr), just after

## Hadean Earth (4.0 Ga)

Figure 1. An artistic conception of the early Earth-Moon system. The Earth is pictured as surface pummeled by large impacts, resulting in extrusion of impact-generated deep-seated magma onto the surface. At the same time, distal portion of the surface could have retained liquid water. The Moon is pictured as a dry, cratered body. The Moon is far less geologically active than the Earth, and its surface and rocks have been used to calibrate our bombardment.

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

## Early Earth (Part 2) Archean eon

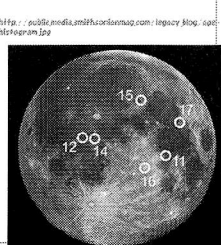


First life? 3.7-3.5 Ga  
Banded Iron Formation (BIF) 3.8 to 1.9 Ga  
Free Oxygen 2.5-2.4 Ga

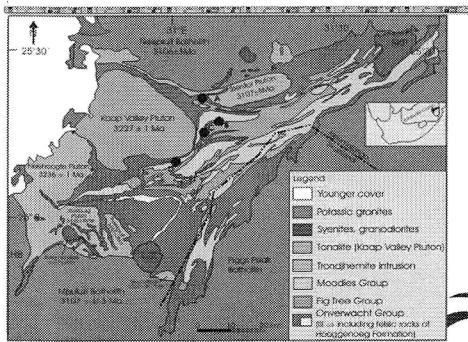
## Late Heavy Bombardment (LHB)

<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

36 JOURNAL OF GLACIOLOGY

WILLIAMS 2000'S FIELDWORK RELATIONS 13

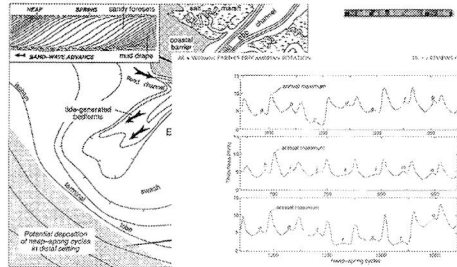
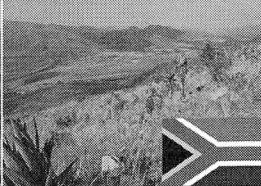
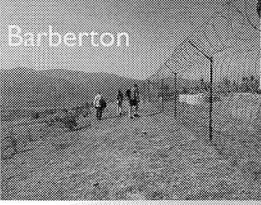


Figure 6. Unlinked statements of deposition on the F... (text partially obscured)

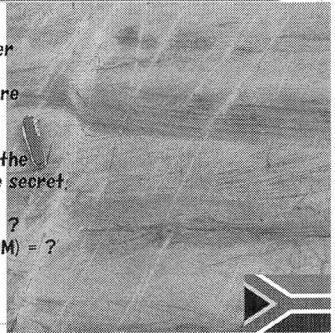
Figure 6. Data compiled from the Williams 2000... (text partially obscured)



# 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

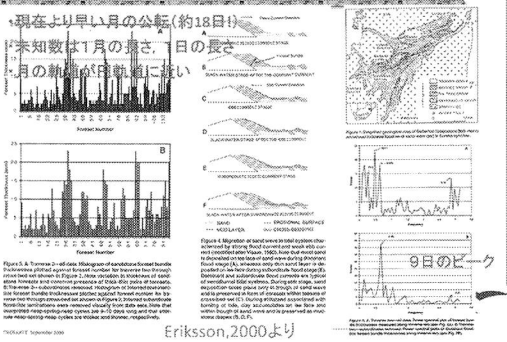
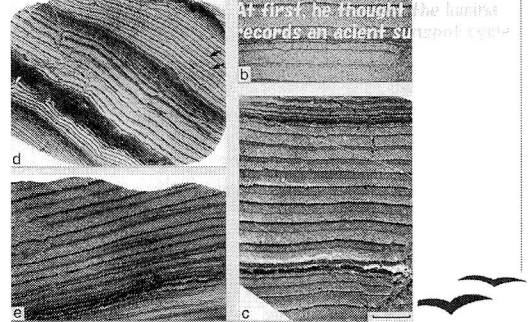


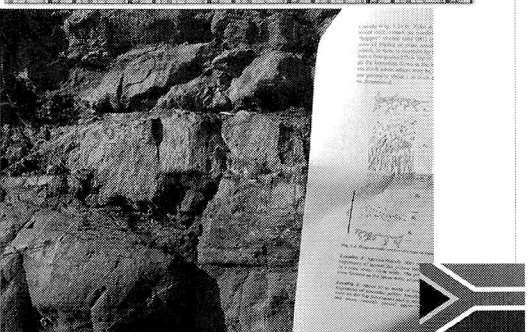
Figure 5. A. Terman... (text partially obscured) Eriksson, 2000より

# Williams 2000: Australia 0.6Ga



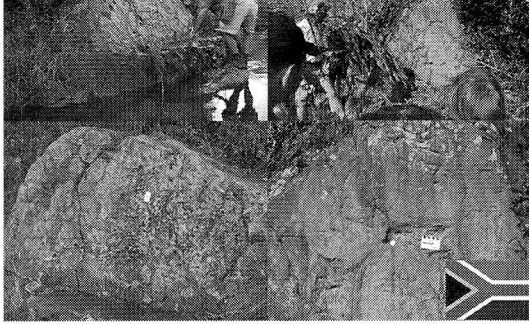
At first, he thought the bands records an ancient... (text partially obscured)

# Komatiite: A Rock from a hot mantle!





## Komatiite basalt: Pillow Lava



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

**LETTERS**

Organic-walled microfossils in 3.2-billion-year-old shallow-marine siliciclastic deposits

Javaux et. al, Nature 2010

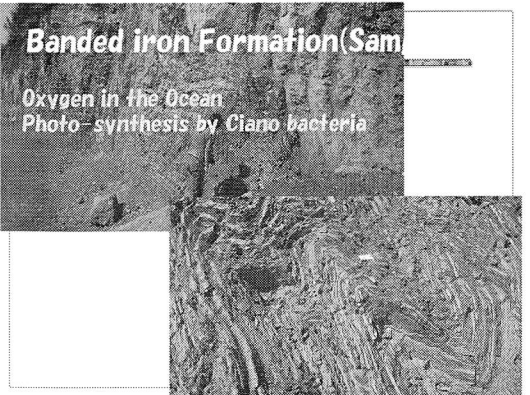
**Question:**  
What does these Komatiite mean?

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

First Oceanic Crust!

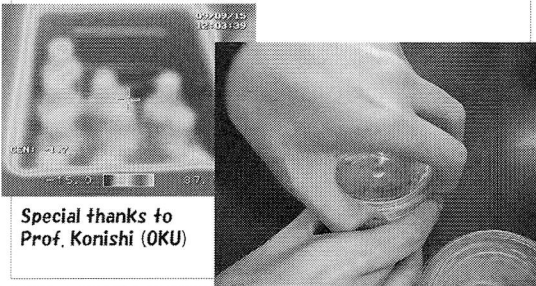
## Banded iron Formation (Sam)

Oxygen in the Ocean  
Photo-synthesis by Ciano bacteria



High temp. (1600°C) of early mantle

Super cooling -> Spinifex texture



Special thanks to Prof. Konishi (OKU)

## 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 ticketed.
- However, at that time I was deeply moved this sight! -----.

**Question:**  
Why was I deeply moved at that time?



## 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 G (3.4 Ga Barberton)

## Early Earth (Part 3) Archean to Proterozoic

Vredefort crater

1550 Ma, 1000 Ma, 800 Ma, 645 Ma, Eons

Archean, Proterozoic, Eon

2.0Ga

Japan!

South Africa!

Gold deposit 3.0Ga  
Chromium and Platinum: Bushveld Igneous Complex (BIC) 2.0Ga  
Vredefort impact crater 2.0Ga  
Diamond 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