

## スーパーサイエンス概論（第4回特別講義）

### (1) 地学分野特別講義

第4回特別講義は、生物分野の特別講義と地学分野の特別講義のうち、どちらか1つを生徒の希望により選択させる形式で実施した。さらに地学分野の特別講義は、他の1年生特別講義とは異なり、講師の希望により、異なる内容の2つの特別講義を組み合わせるようになった。

#### ア 指導目標

宇宙・地球科学に関する幅広い知識を身につけたり異なる分野における学問の研究法に触れることにより、科学への興味・関心を高め、将来への展望を形成する一助とする。また、特別講義別には更に次の目標がある。

「宇宙人はいるだろうか」

地球に生命が生まれるための環境条件、原始惑星に生命が生まれる確率や現在の宇宙探査の手法の一端といった諸知識を理解させる。

「地球化学的地震予知」

地震に伴う地殻変動やそれに伴って起こる諸現象、東海地震・東南海地震について、地震予知の実際について等の知識を理解させる。

#### イ 実施要項

##### (ア) 期日・演題・講師

地学分野特別講義（1） 11月25日（火）

「宇宙人はいるだろうか」 山本 哲生教授（名古屋大学環境学研究科）

地学分野特別講義（2） 11月26日（水）

「地球化学的地震予知」 川邊 岩夫教授（名古屋大学環境学研究科）

##### (イ) 実施場所

愛知県立一宮高等学校 視聴覚教室

##### (ウ) 実施方法

普通科1年生9クラスのうち1, 4, 7組の生徒120名に対しては、地学分野特別講義（1）「宇宙人はいるだろうか」と生物分野特別講義から希望により1つを選択させた。その結果56名の生徒が地学分野特別講義（1）を選択した。

2, 3, 5, 6, 8, 9組の生徒240名に対しては地学分野特別講義（2）「地球化学的地震予知」と生物分野特別講義から希望により1つを選択させた。ただし、教室の定員により地学特別講義（2）の人員の上限は100名程度であり、興味の程度が同じであれば生物分野を選択するように指導した。その結果87名の生徒が地学分野特別講義（2）を選択した。

また、各特別講義の直前に2時間の事前授業を実施し授業への意欲・関心を高めた。

##### (I) 特別講義内容

地学分野特別講義（1） 「宇宙人はいるだろうか」

現在の宇宙に関しての知見をもとに宇宙人が存在する確率を計算するドレーク式を紹介しながら、宇宙観測の様々な手法や地球の恵まれた環境について紹介する。講義はパソコンによるプレゼンテーションを中心に進められた。

地学分野特別講義（2） 「地球化学的地震予知」

地震に伴う地殻変動やそれに伴う地下水・温泉水の化学組成の変化を用いて行う地震予知の実際とその可能性について紹介する。講義はOHPとSSH用に作成したテキストを用いて行われた。

## ウ 実施内容

### (ア) 大学との連携

4月に名古屋大学企画広報視室に地学分野の特別講義を依頼した。それを受けて5月に名古屋大環境学研究科の打ち合わせ担当者により特別講義が可能な講師と演題のリストが示され、その中から講義を選択することとなった。その後、打ち合わせ担当者や講師の希望により地学分野の特別講義は2つの異なる分野の特別講義を組み合わせ実施することとなった。

9月にはそれぞれの研究室を訪れて、特別講義の内容や生徒の学習段階等についての打ち合わせを行った。その後は、高校での直前事前授業の内容や特別講義の進め方等について、電子メールや電話で連絡を取り合った。

また、特別講義を効果的に行うための事前授業には、名古屋大学博物館や名古屋大学環境学研究科と連絡を取り、隕石や地球内部物質（カンラン岩）をはじめ貴重な標本や資料を多数お借りした。

### (イ) 事前指導

特別講義に向けての意欲関心を高めるために2回の直前事前授業を企画・実施した。その内容は、名古屋大学博物館や名古屋大学環境学研究科から多くの貴重な標本や資料をお借りすることが出来たことから、全ての生徒に標本や資料を見せることが最も効果的であると考え、1回目は地学分野特別講義（1）「宇宙人はいるだろうか」に向けて、2回目は地学分野特別講義（2）「地球化学的地震予知」に向けての準備授業とし、全員に同じ内容の準備授業を企画・実施することとした。

#### a 第1回事前授業 特別講義（1）「宇宙人はいるだろうか」に向けて

（1時間：担当教員；川口一郎、後藤 博、川口光正）

自然科学は自然に学ぶところから始まるが、地球科学の学習・研究においてはその色彩が一層濃い。素晴らしい標本や路頭は自然の営みを雄弁に物語る。この意味からと生徒に本物を見せておきたいという意図から、第1回事前授業は「地球を観る（標本の観察から地球の歴史へ）」と題して、地球科学の立場から意義深い標本の数々を名古屋大学博物館・名古屋大学環境学研究科からお借りして生徒に観察させることとした。貴重な標本を館外へ持ち出すことを許可頂いた名古屋大学博物館・名古屋大学環境学研究科の方々にこの場をお借りして感謝の意を表したい。

#### (a) 観察した標本

ギベオン隕石（Gibeon Iron Meteorite）（南アフリカ ナミビア ギベオン）とウイドマンシュテッテン構造

この模様から隕石が形成（冷却）されるのに100年を要したことが分かる。

カンラン岩ノジュールを含む玄武岩（Peridotite nodule, Olivine nodule）

上部マントルを構成する岩石。地表の岩石に比べて重い。

縞状鉄鉱床（Banded Iron Formation）（西オーストラリア ピルバラ 約31億年前）

シアノバクテリアが酸素を放出して海水中の鉄イオンが沈殿して出来た岩石。

火山弾（Volcanic bomb）（玄武岩：伊豆・網代，東京大学 久野 久先生採集）

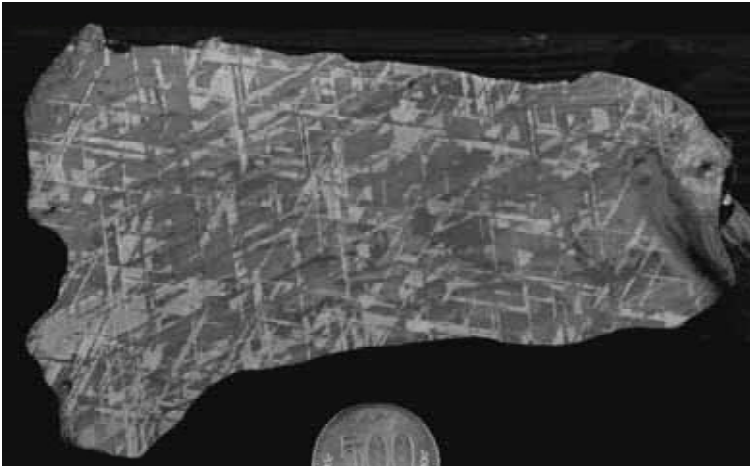
玄武岩質溶岩が空中を飛ぶ間に紡錘形となって固まって地表に落ちてきたもの。

ペネトレーター（試作品）と設計図

2004年に日本の月探査衛星 Lunar-A が月に設置する地震計・熱流量計。月の上空約25kmから落下させて月に設置する。

(b)準備授業の手順

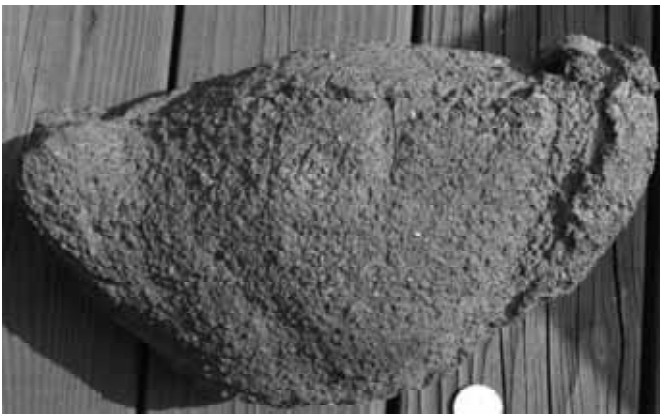
自然科学における標本の意義、標本の取り扱い方、スケッチの仕方  
標本の観察、スケッチ、気がついた点をメモする  
標本の意義の解説（パソコンによるプレゼンテーション）



ギベオン隕石に見られるウィドマンシュテッテン構造



カンラン岩ノジュールを含む玄武岩



火山弾（玄武岩：伊豆、東京大学 久野久先生採集）



ペネトレーター（試作品）

b 第2回事前授業 特別講義（2）「地球化学的地震予知」に向けて

（1時間：担当教員；川口一郎、後藤 博、川口光正）

特別講義（2）の準備として、地震発生メカニズムや地震に関する術語を学ぶ。中部地方の活断層の分布や活断層の名前についても衛星写真を用いた実習を通して体験的に学習する。また、授業を通して生徒が意欲・関心を高めることができるように感動を伴う演示実験や画像を多く取り入れた。

(a) 準備授業の内容

衛星写真で見る中部地方と（実習とパソコンを用いたプレゼンテーション）

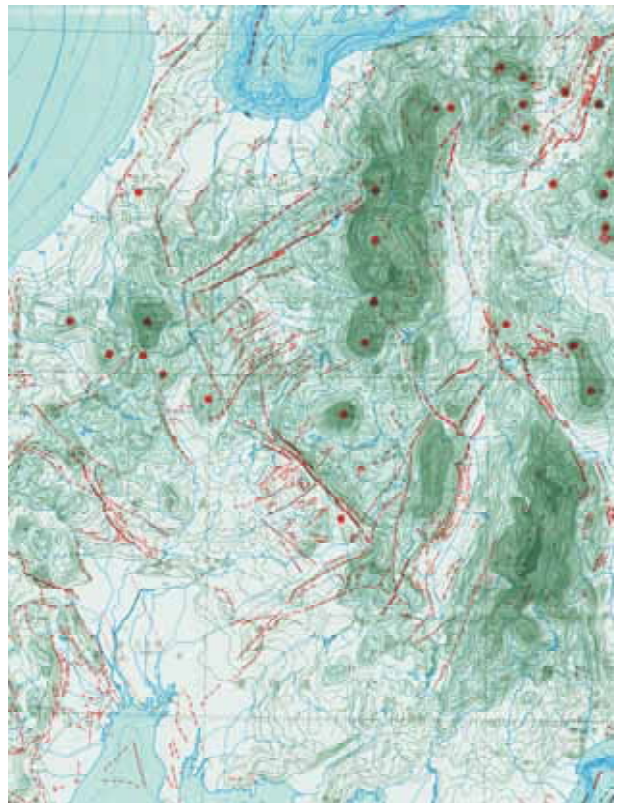
- ・衛星写真で見る一宮高校
- ・衛星写真で分かる中部地方のリニアメントと活断層(実習)  
衛星写真のコピーを配布してリニアメント（線状の地形）を求めさせ、そこから活断層を推定した後に活断層図と比較する。  
重力でみる中部地方（講義：パソコンを用いたプレゼンテーション）
- ・で作成した活断層の分布図と重力の資料（立体写真）を比較する。
- ・立体写真で見る火星表面の地形、グランドキャニオンの様子を参考に提示する。

地震とは何か（講義：パソコンを用いたプレゼンテーション）

- ・プレートテクトニクスと世界の地震の分布
- ・日本付近で起こる地震の分類と地震発生メカニズム
- ・海溝付近で起きる地震の周期性について
- ・近年の被害地震について
  - 東海地震と東南海地震の周期性、阪神大震災について
- ・中部地方の活断層分布の特徴
- ・岩石力学から推定される主応力の方向
- 免震の手法と ゲル（演示実験、ビデオ鑑賞）
- ・ゲルの衝撃吸収性について



中部地方の ASTER 画像



中部地方の主な活断層

(ウ) 特別講義内容

a 地学分野特別講義（1） 11月25日(火)

「宇宙人はいるだろうか」 山本 哲生教授（名古屋大学環境学研究科）

(a) 特別講義の内容

- ・コロナグラフなどの観測技術が進み銀河系の多くの恒星が木星型の惑星系を持つことが分かってきた
- ・地球型の惑星系はまだ未発見で、発見に向けて赤外線を用いたスペース干涉計と可視光を用いたスペースコロナグラフの計画が進んでいる。
- ・我々を含めれば、宇宙人がいる確率は100%である。
- ・電波を利用した科学的な地球外知的生命探査（SETI）については、1960年にアメリカで始まったが、未だに成功していない。
- ・現在でも、プエルトリコのアレシボ天文台で宇宙人と電波で交信する努力がなされている。



- ・宇宙人はなぜ現れないかについてはフェルミのパラドックスとよばれている。
- ・銀河系の中で我々と交信できる星の数を求めた有名な式にアメリカの天文学者、フランク・ドレークが作ったドレークの式がある。

銀河系の中で、我々と交信できる生命の数(N)をNとすると次の式が成り立つ。

$$N = R \times f_p \times n_e \times f_l \times f_i \times f_c \times L$$

R : 銀河系で1年間に誕生する星の数

f<sub>p</sub> : 星が惑星を持つ確率

n<sub>e</sub> : 星の中で生命が生存できる環境を持つ惑星の数

f<sub>l</sub> : その惑星に生命が生まれる確率

f<sub>i</sub> : その生命が知的生命となる確率

f<sub>c</sub> : その知的生命が交信が出来るようになる確率

L : その技術文明の寿命

- ・ドレークの式で一番不確定なのはLの技術文明の寿命で、少なく見積もれば100年で、多く見積もれば100億年となってしまう。そのため、ドレークの式は本当のところはよく分からない式となる。
- ・これらの式を扱う際は細かい数値はせず、1桁くらい違っただけでは正解と考えたほうがよい(1=10の法則)。
- ・文明は発達段階で型、型、型と分かれるが、型が違う文明は、互いに相手にしないため、お互いを認識できない可能性がある。

#### (b) 質疑応答

特別講義終了後、講師との間で以下の質疑応答がなされた。

- ・自分なりにNを見積もるとずいぶん違うのですが、どのように考えればよいか。  
小さな数値は気にしない。
- ・天文学を学習するにはどのような大学・学部に進めばよいか。  
物理学科(星)や地球科学科(惑星)であれば学ぶことが出来る。



#### b 地学分野特別講義(2) 11月26日(水)

「地球化学的地震予知」 川邊 岩夫教授(名古屋大学環境学研究科)

#### (a) 特別講義の内容

- ・高等学校では正解が存在する世界で学習しているが、実際の研究には明確な正解は存在しない。大学ではそういった学習が中心になる。
- ・地球の表面は数枚のプレートに覆われていて、その境界部で地震が発生する。
- ・日本付近で発生する地震は、プレートの沈み込みに引きずられて起こるものと、内

陸部で大陸地殻が応力により破壊することにより起こるものに分けられる。

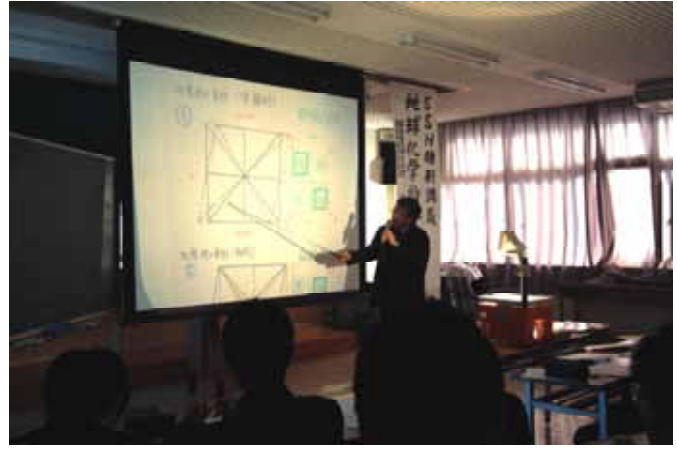
- ・地震に伴って断層の周囲では地殻や地下水位の変動が見られるが、大きな目で見ると、それらの変動は断層の周囲に4つの象限を形成する。そして、それらは弾性破壊のモデルとよく合致している。
- ・プレートの沈み込みに引きずられて発生する地震、例えば東海地震、東南海地震や南海地震、では地震発生に周期性が見られるが、それに伴って温泉のお湯の湧出量も変化している。
- ・日本書紀などを調べていくと、四国の道後温泉では周期的に繰り返す地震に伴って温泉水の湧出が繰り返して止まって来たことが読み取れる。
- ・こうした地殻変動と温泉水の湧出量の関連については各地で確認されている。例えば熱海の間欠泉でもそれまで止まっていた間欠泉が関東大震災の直前には再開した。しかし、その後はまた止まってしまった。温泉水は地殻に働く応力の結果により湧出すると考えられるのこうした傾向は当然であろう。
- ・温泉水は地下深部で発生した様々なガスを溶かして地表まで運んでくる。これらのガスは地下の条件などの変化によって含まれる量がそれぞれ変化する。この地下の条件の変化には地震の前兆変化も含まれる。
- ・一般に行われている地震予知を目的とした地下水中のガスの研究は  $R_n$  のみの観測である。これは、 $R_n$  の半減期が 3.8 日と短いために突発的な増加が地表で確認されやすいことに起因する。
- ・兵庫県南部地震の際には、広島大学の研究グループが西宮市の井戸水に含まれる  $R_n$  の増加を観測している。また、兵庫県南部地震の数カ月前から東京大学のグループがミネラルウォーターに使用する井戸水に含まれる塩化物イオン濃度が上昇していたことを明らかにした。
- ・この様に地下水に含まれる成分の変化は地震予知に使用できる可能性がある。
- ・名古屋大学は、長島温泉や白虎温泉等の数地点で、断層に由来する温泉から発生するガスに対して  $He$ ,  $H_2$ ,  $Ar$ ,  $N_2$ ,  $CH_4$  といった多成分の分析を同時に行っている。その結果、震源から 220km も離れているにもかかわらず兵庫県南部地震の前兆をとらえていたことがわかった。
- ・最近では GPS による観測網が発達し、地殻変動をほぼリアルタイムでとらえることができるが、兵庫県南部地震の際にはこの地方を含む広い範囲で地殻変動が起きていることが分かっている。この地方の温泉水に変動が見られたのはこのためではないか。
- ・岩石が破壊した瞬間には破壊面にラジカルが発生し、特殊な反応が発生することが分かっている。その反応により温泉水に  $H_2$  を始めとする各種のガスが溶け込むと考えられている。
- ・地下水・温泉水の分析による地震変動についてはまだ経験が浅く、現段階では温泉水中のガスに変動が見られて地震の発生が予測されても、それがどこで発生する地震に結びつくかが予想できない。実用化には観測点数を増やすなどが必要となる。

#### (b) 質疑応答

特別講義終了後、講師との間で以下の質疑応答がなされた。

- ・観測を継続していく上での問題点は何か。

井戸の確保が最大の問題である。1本掘ると約1億円かかるので自分たちでは掘れない。そこで、各地の温泉に装置を取り付けさせて頂くをお願いしている。また、優秀な成果を出している長島観測井も、このところ湯量が減少し、必要な時しかお湯をくみ上げなくなっている。こうしたことでは精密観測は難しい。



(I) 事後指導と評価方法・評価

事前授業・講義についてそれぞれの内容をまとめ、興味を持った点については各自で調べてみる形式でレポート（A4用紙1枚）を課した。

a 評価の観点

- ・事前授業、講義内容をよく理解し、適切にまとめているか。
- ・意欲的に調べ学習がなされているか。

b 評価

レポートは担当教員が分担して3段階に分けて評価した。

オ 事前授業、特別講義に対するアンケート結果・分析（関連部分のみ）

(ア) 事前授業について

問1 事前授業1, 2は面白かったですか。

	面白かった	どちらかといえば面白かった	どちらかといえば面白くなかった	面白くなかった
百分率(%)	38.2%	54.5%	7.3%	0.0%

問2 事前授業1, 2は理解できましたか？

	理解できた	どちらかといえば理解できた	どちらかといえば理解できなかった	理解できなかった
百分率(%)	16.7	72.2	1.1	0.0

問3 事前授業1で見た標本の観察・講義で印象に残ったものを選んでください。

(複数回答可) ギベオン隕石      カンラン岩ノジュール      縞状鉄鉱床  
火山弾      ペネトレーター      プロジェクターを用いての解説

百分率(%)	42.5	30.1	27.4	20.5	43.8	17.8

問4 事前授業2で講義・実験で印象に残ったものを選んでください。（複数回答可）

衛星写真で見る一宮高校      中部地方のリニアメントと活断層  
 重力で見た断層運動      赤青写真の立体視      ゲルの衝撃吸収能力

百分率(%)	41.1	21.9	68.5	52.1	78.1

以上のことから事前授業に対しては楽しく取り組めたことがよく分かる。また、隕石やペネトレータといった宇宙に関する事項には強い興味を持っていることが伺える。

(1) 特別講義について

問5 講義は面白かったですか。

百分率(%)	面白かった	どちらかといえ ば面白かった	どちらかといえ ば面白くなかった	面白くなかった
宇宙人	61.8	36.4	1.8	0.0
地球化学	0.0	27.8	50.0	22.2

問6 講義で取り扱った内容は高度であったと思いますか。

百分率(%)	そう思う	どちらかといえ ばそう思う	どちらかといえ ばそう思わない	そう思わない
宇宙人	9.1	49.1	36.4	5.5
地球化学	55.6	44.4	0.0	0.0

問7 講義の内容は、自分なりに理解できましたか。

百分率(%)	理解できた	どちらかといえ ば理解できた	どちらかといえ ば理解できなかった	理解できなかった
宇宙人	29.1	60.0	9.1	1.8
地球化学	0.0	16.7	72.2	11.1



問 8 講義の内容に関連して、さらに知りたいことを自分で調べようと思いますか。

百分率(%)	そう思う	どちらかといえば そう思う	どちらかといえば そう思わない	そう思わない
宇宙人	16.4	49.1	29.1	5.5
地球化学	0.0	5.6	72.2	22.2

「宇宙人はいるだろうか」の講義はねらい通りに実施することが出来たが、「地球化学的地震予知」の講義は生徒にとってややレベルが高くわかりにくかったことが分かる。また、後者の講義はOHPを用いて行われたが、その中で現地や測定装置といった生徒の興味を持ちやすい画像の提示がほとんど無かったことが生徒の興味を持続できなかった要因の一つに上げられる。