

# 地学教育

第55巻 第4号(通巻 第279号)

2002年7月

## 目 次

### 原著論文

- 「総合的な学習の時間」の授業のための学習展示  
—群馬県中里村恐竜センターにおける実例—  
……………小島郁生・松川正樹・横田祐子・松岡佑幸・三田武志…(119~133)

### 教育実践報告

- 中学校における恒星の多様性に関する学習の提案  
—ハッブル宇宙望遠鏡撮影画像を用いたHR図作成実習の評価—  
……………田中義洋・縣 秀彦・小池邦昭…(135~139)
- 外国語指導助手とのチーム・ティーチングによる高等学校における地形の学習  
—カナダと日本を例として— ……………川村教一…(141~147)

### 資 料

- 手取川流域の自然環境 III  
手取川扇状地の地下水系と水管理計画 ……………渡部景隆…(149~172)
- お知らせ(148)
- 学会記事(173~174)

日本地学教育学会

原著論文

## 「総合的な学習の時間」の授業のための学習展示

—群馬県中里村恐竜センターにおける実例—

小島郁生\*<sup>1</sup>・松川正樹\*<sup>2</sup>・横田祐子\*<sup>3</sup>

松岡佑幸\*<sup>4</sup>・三田武志\*<sup>5</sup>

### はじめに

平成14年度から新学習指導要領が実施(高等学校は平成15年度から)され、小中学校で「総合的な学習の時間」の授業が開始される。そのため、日本各地の博物館、博物館相当施設の多くがこの学習のために活用されることが想定されている。

群馬県多野郡中里村は日本で最初に恐竜の足跡が発見され(Matsukawa and Obata, 1985)、また恐竜オルニトミムス類の胸胸椎骨(Hasegawa *et al.*, 1999)が記載報告された場所で、これらの自然遺産を解説するための施設として中里村恐竜センター(以下恐竜センター)と中里村活性化センター(以下活性化センター)がある。これらの施設や自然を求めて、近年では他県からの修学旅行が来るようになり、また反対に自然遺産を材料にした他市町村への出前講座も行われている。このように、恐竜センターは、松川ほか(2000)により「中里効果」として、恐竜センターの社会的貢献とその貢献の村への還元の評価がされてから、さらにそのニーズは増してきている。

このようなニーズから、「総合的な学習の時間」が平成14年4月からスタートするに際し、恐竜センターと活性化センターに教育行政の関係者と教育現場の教師から期待がかけられるのは当然であると言えよう。そのため、中里村の2つの施設の展示等は、「総合的な学習の時間」の趣旨、ねらいや学習活動に応えるための学習施設として従来の展示をリニューアルする必要性があり、実施に向けて準備を進めている。

これまで、地質系の博物館あるいは博物館相当施設で、「総合的な学習の時間」を想定した展示替えの例の報告やコンセプトの議論についての論文は知られていない。

本論文では、中里村の自然遺産を用いた独創的な内

容を基に、郷土の学習から自然理解を促すことをコンセプトにした展示替えについて述べる。

### 学習指導要領上の位置づけの考察

「総合的な学習の時間」では、児童・生徒が学校教育の中で、主体的な学習活動を通して問題解決する能力や自己の生き方を考えることが期待されている。そのため、学習のねらいや学習活動として、自然体験、観察・実験、見学や調査などの体験的な学習と問題解決的な学習を積極的に取り入れることが奨励されている(文部省, 1999)。例えば、地層や化石を通して自然を理解する学習は、調査や観察を通しての自然体験と問題解決を兼ね備えた代表的な学習活動の1つである。地層や化石は児童・生徒にとっては人気度が高い素材であるので、各自の興味・関心に基づく課題になりやすい。その学習活動は学年枠を越えるので、「総合的な学習の時間」の趣旨によく適した学習活動である。

野外での観察と、その地域にある博物館や資料館を活用しての事後学習を実施する学習活動の組み合わせは、児童・生徒の野外で生じた疑問点や興味について、時間を置かずに問題解決できることやさらなる発展が期待される。これは、例えば、土地の観察にあたっては、遠足や移動教室などのあらゆる機会を活かすと共に、博物館や資料館などの社会教育施設の積極的な活用が述べられているので、理科の授業に際しても大いに利用されることを意味する。

中里村には、地層の観察、化石の採集の実習ができる場所がいくつもある。そして、恐竜センターや活性化センターで、地層や化石について調べることができる。特に、採集した化石は、クリーニング、分類、鑑定の一連の作業や関連化石レプリカ作成作業を実習することができる。また、恐竜センターと活性化センターには実物化石等の展示が備わっているので、自ら

\*<sup>1</sup> 国立科学博物館名誉館員, \*<sup>2</sup> 東京学芸大学・理科教育学科, \*<sup>3</sup> 株式会社ココロ企画部, \*<sup>4</sup> 株式会社ココロ専務, \*<sup>5</sup> 株式会社ココロ動刻部 2002年3月9日受付 2002年6月29日受理

中里村恐竜センターリニューアル 4つの改変箇所

中里村恐竜センター エデュケーショナルプロジェクト

「エデュケーショナルプロジェクト」の中心である恐竜センター、そして活性化センターは、学習効果を考えた施設整備をする必要があります。体験することに重点をおいた改変ポイントは以下の4ヶ所です。

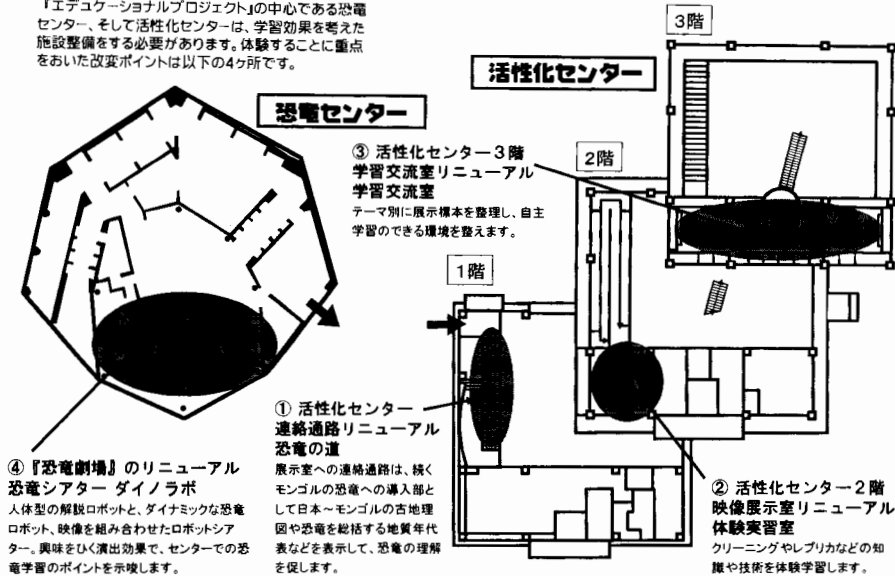


図2 「総合的な学習の時間」の授業のための改変箇所

中里村恐竜センター 連絡通路構成図

3本のスロープで構成されている

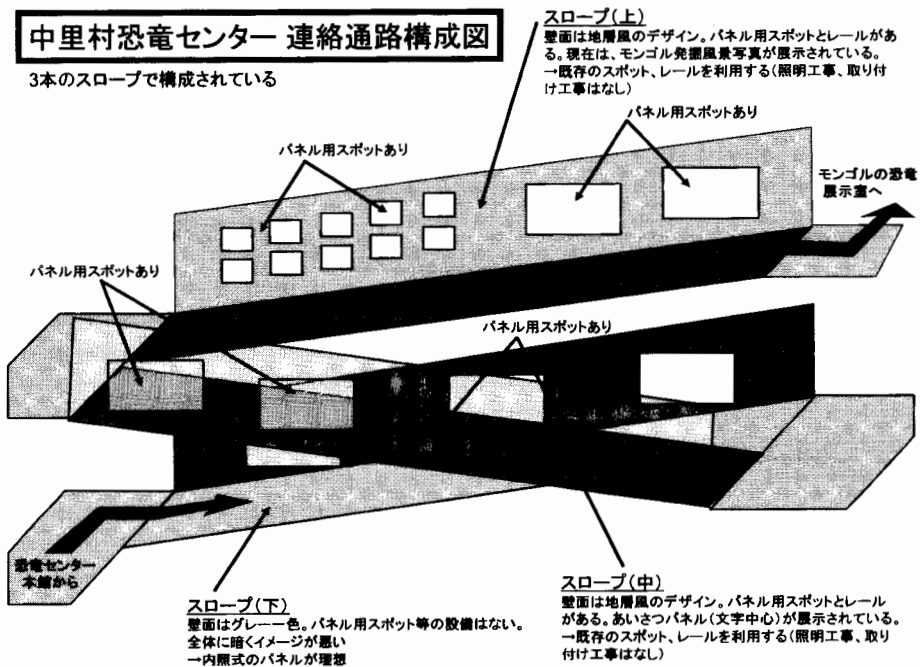


図3 中里村恐竜センターから活性化センター展示室へ至る連絡通路

を説明することにする(図5)。児童・生徒の視野が広がりが日本全体の中で郷土の特性を考えるように配慮したものである。

スロープ(上)は、活性化センターのモンゴル恐竜展示室へ最も近い位置にあるので、それへの導入部としてのパネルを考える(図6)、またセンターに展示さ

## スロープ (中)

### 現状

壁面は地層をイメージしたデザイン。パネル展示用に展示レールとスポット照明の設備がある。  
現在はあいさつパネル(900×1200)が4点展示されている。

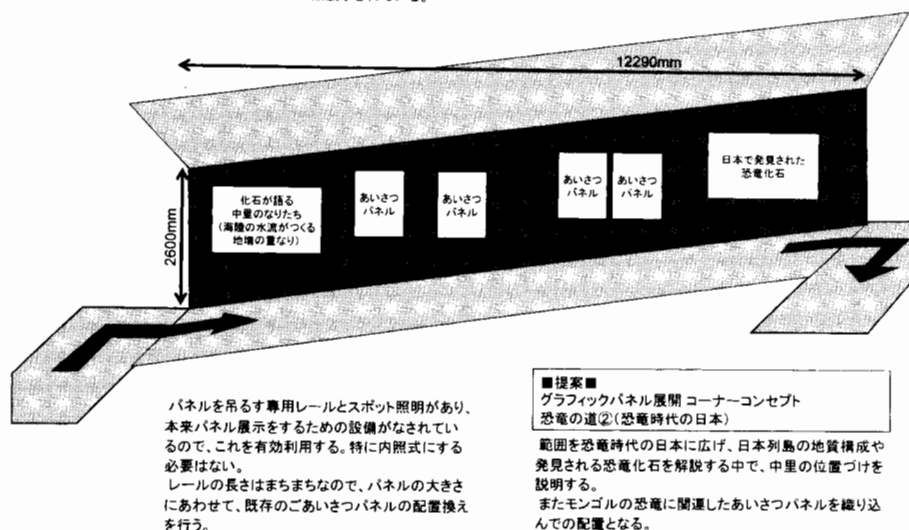


図6 モンゴルの恐竜コーナーへの導入部パネル

プログラムが必要であろう。この際、屋外実習のほか  
に、天候に左右されず学習できる体制も望まれる。実  
際に児童・生徒が化石のクリーニング(削出整形)を  
するスペースとして、現映像展示室を開放する案が考  
えられる。ほかに標本のレプリカを作る体験学習など  
も、化石に興味を持ち理解を深める一助となる。

### 3) 活性化センター3階学習交流室リニューアル 【学習交流室】

学習交流室は自主学習できる環境として充実させ  
る。現在やや散漫な印象を与える標本展示を、テーマ  
を設けて3分類し、解説パネルなどを新設して理解を  
促す。3テーマは、(1)爬虫類と哺乳類の比較、(2)山  
中地域の化石、(3)アジア大陸の白亜紀生態系の復元  
である。

交流室は腰を落ち着けて調べることのできるスペ  
ースとする。化石を基にどのような情報を得て分析する  
のか、学術的思考の道筋を示し、自主的な学習意欲を  
起こさせるのを目的とする。したがって、直接触れ調  
べることのできる標本や閲覧できる資料図書、コン  
ピュータなどのデータベースを整備し、知識への欲求  
にできるだけ応えることを目標とする。

これらのテーマのうち特に(3)アジア大陸の白亜  
紀生態系の復元は、活性化センターの恐竜標本の背景

を示す資料として極めて重要である。これは平成11  
年度から13年度にかけて実施された地域連携推進研  
究費研究計画の「恐竜の道」のフィールドステーショ  
ン作りの基礎的研究—学校教育と生涯学習のために  
(代表:松川正樹)の成果を活用する。解説パネルの小  
テーマは、次のようなものを予定している。①堆積環  
境、②植生と花粉、花粉による時代の特定、③恐竜足  
跡、④貝形虫(オストラコダ)の顕微鏡写真・図解、  
⑤二枚貝の化石化した時代、⑥当時の食物連鎖と生物  
量。児童・生徒が、知識の分析だけでなく、総合を意  
図できるように整備したい。総合的思考の重要性は、  
従来の教育ではとすれば無視され勝ちであった。

### 4) 「恐竜劇場」のリニューアル【恐竜シアターダイ ノラボ】

現在の恐竜劇場は恐竜センターのなかでも特に一般  
に人気あるコーナーではあるが、主展示のアロサウル  
スの動く骨格模型が長期間耐用のため老朽化し、危険  
となっている。そこで、これに代わって、最近のモン  
ゴルや中国での新発見に基づいた推理のストーリー展  
開で動刻ロボットの新設を考えたい。人体型の解説ロ  
ボットと、ダイナミックな恐竜ロボット、映像を組み  
合わせたロボットシアターとするのである。興味をひ  
く演出効果で、センターでの恐竜学習のポイントを示

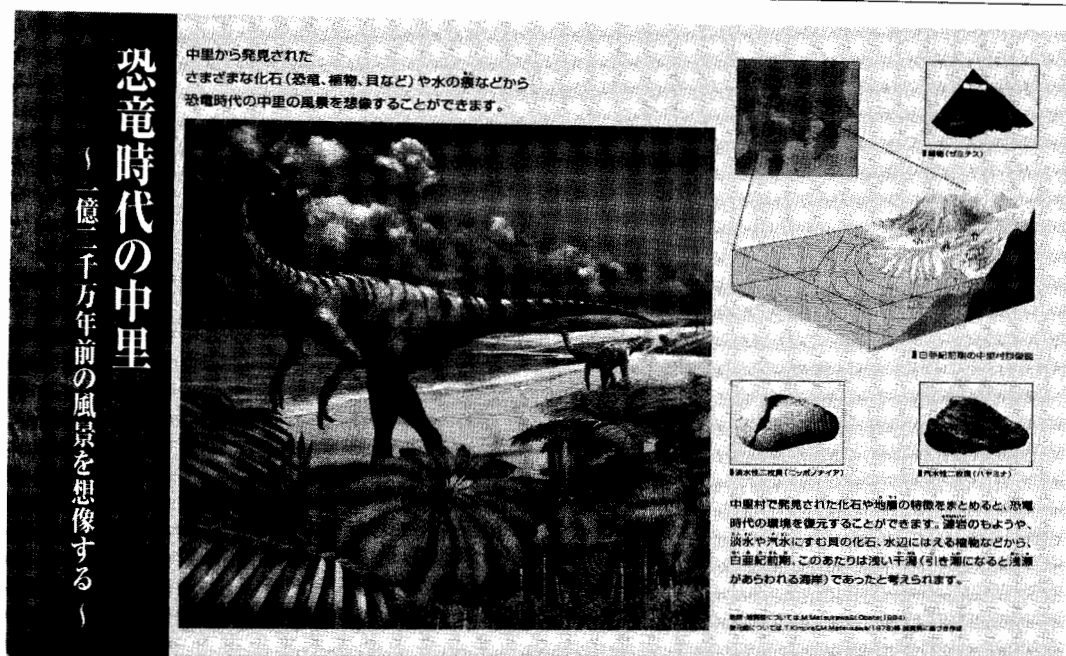


図7 恐竜時代の中里村の復元図

復元植物 右: タイロフィルム (ベネチテス類), 中: ウエイチセリア (シダ類), 左: ニルソニア (ソテツ類)

これに対して、福井県などに分布する手取層群産の植物群は湿潤温暖性で、シダ類ではゼンマイ科やタカラワビ科、ベネチテス(キカデオイデア)類ではオトザミテスやネオザミテス、ほかにイチョウ類や球果類のポドザミテスなどが特徴的であるという。ここに挙げたように、気候のような環境を示す化石を示相化石という。

恐竜の山中竜はオルニトミムス科に属するが、胸椎だけでしか知られていないので、胸部は記載(Hasegawa *et al.*, 1999)に従って白亜紀後期のガリミムスに似せた復元像としたが、産出した瀬林層は白亜紀前期の地層であるので、頭部は原始的オルニトミムス類のハルピミムス(Barsbold and Perle, 1984)を想定して、上顎前部は数本の歯を残すことにした。

風景全体は、恐竜の足跡化石が残された三角州(Matsukawa and Obata, 1985)を遠景から中景に配した。絵は月本佳代美氏にお願いした。

## (2) ダイナミックな大地の動き(図8)

陸岩の恐竜の足跡化石が発見・研究されたことが恐竜センター設立の直接の動機となったことは先述した。当初からよく受けた質問の1つに、「あのほぼ直立した崖を実際に恐竜が登ったのですか?」という、

ごく素直なものがあつた。そこで、今の位置は褶曲運動や隆起、浸食作用などの結果であつて、本来はほぼ「水平堆積の法則」に従つて堆積したものの上を恐竜が歩いて造られた足跡が保存固結されて地層面に残されたのだということをよく理解させる必要がある。さらに浜辺にはリップルマーク(漣痕)ができていふ。このような場所には足跡ができやすいことは児童・生徒も体験して知っているだろう。恐竜の足跡を探す場合の第一の指針は、「地層の中のリップルマークを探せ!」ということになる。事実、中里村での発見以来、日本各地でリップルマーク上に恐竜の足跡が発見されてきた。

次にこのパネルで示したかったことは、山中地溝帯という名称は、古く原田豊吉(Harada, 1890)の命名により使われてきたが、この地帯は地形上は一般に南北両側より低いとはいえ、定義通りの地溝ではない。地形的に白亜紀層が凹地に分布するのは、周囲の基盤岩よりも新しい地層である白亜系は天然の浸食を受けやすかつたのが主な原因とみなされている。

山中白亜系は全体として複向斜構造をなしている。しかしパネル図では児童・生徒に主要概念を理解しやすいように、単純化したモデルで示すこととし、地質

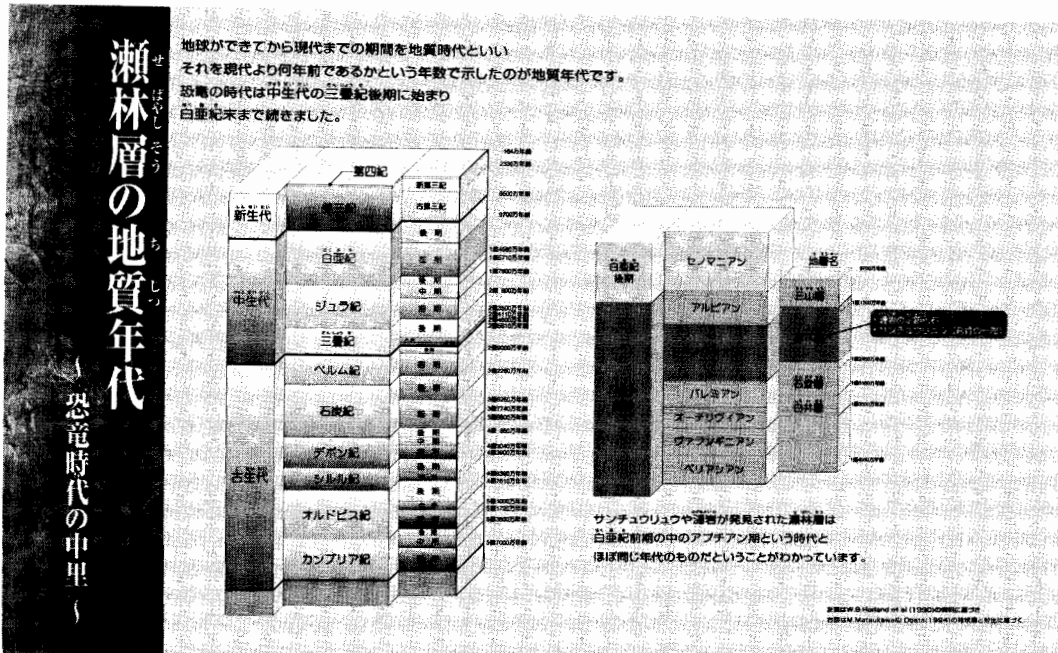


図9 瀬林層の地質年代

このパネルの示す左図と右図の左側および数字は、上記のような手順を経てきたものであり、右図の各地層の細かい時代は、山中産の示準化石を模式地の示準化石と対比し、両者の時代的対応を明示したものである。なお瀬林層と白井層は非海成層であるため、直接ヨーロッパの海成模式層の時代との比較はできないが、それぞれ上位に海成層の三山層と石堂層が乗っていて、海成層中の示準化石によって、地質年代の上限ないしは下限を規定することができる。さらに、産出する非海成化石をアジアの類似化石と比較することによって、アジアの非海成層の時代論に寄与することができるという利点もある。

#### (4) 化石が語る中里のなりたち (図10)

副題を海陸の水流が作る地層の重なりとした。ジュラ紀後期からオーテリヴィアンにかけては、最近の研究 (Matsukawa *et al.*, 1997; 松川ほか, 1996) によると、内帯と外帯の両付加帯 (海溝などに海洋プレートが沈み込むときに、海洋底にたまっていた堆積物が剥ぎ取られて陸側へ押しつけられる。その結果、陸側の斜面の先端には、多くの逆断層で積み重なったプリズム状断面の堆積体ができる。これを付加体と言い、これが作られている地帯を付加帯と言う) の重複する以前と解釈されている。従って手取層群の堆積盆地が古太平洋に直接面していた。手取層群の古流向は、同

層群分布域の西域では北西から南東へ、南域では南から北、東域では東から西へ方向を示すので、南方と東方には島々があったと想定され、それらは内帯の付加体が陸化していたのだと推定されている。また手取層群上部は、北方に湾口を持つ内湾域で形成された堆積物である (Matsukawa *et al.*, 1993)。さらに手取層群産非海成二枚貝類は沿海州産のものと同通種を示す一方、西南日本外帯産のものとは共通種がないので、同層群上部は北極からの海流の影響を受けていたらしい。

西南日本内帯と外帯は現在では離れて分布し帯状配列をなしている。これら2帯で知られる海洋プレート層序 (海洋プレート上にできた地層の重なり) の順序。下位は緑色岩・石灰岩に始まり、チャート・珪質頁岩を経て、最上位に砂岩・頁岩がくる) や放射虫化石 (このような微化石は、走査型電子顕微鏡により観察・鑑定される) が類似しているため、元来は同一の海洋プレートの沈み込みによる側方関係で形成され、その後左横ずれ断層運動で帯状配列ができたと解釈されている (松岡, 1996)。この内・外帯付加体の重複による帯状配列はオーテリヴィアン末期までに終わった (松川ほか, 1996; Matsukawa *et al.*, 1997)。その理由は2帯から産する放射虫化石は共通してヴァンギニアンまでのもので、外帯付加体にオーテリヴィ



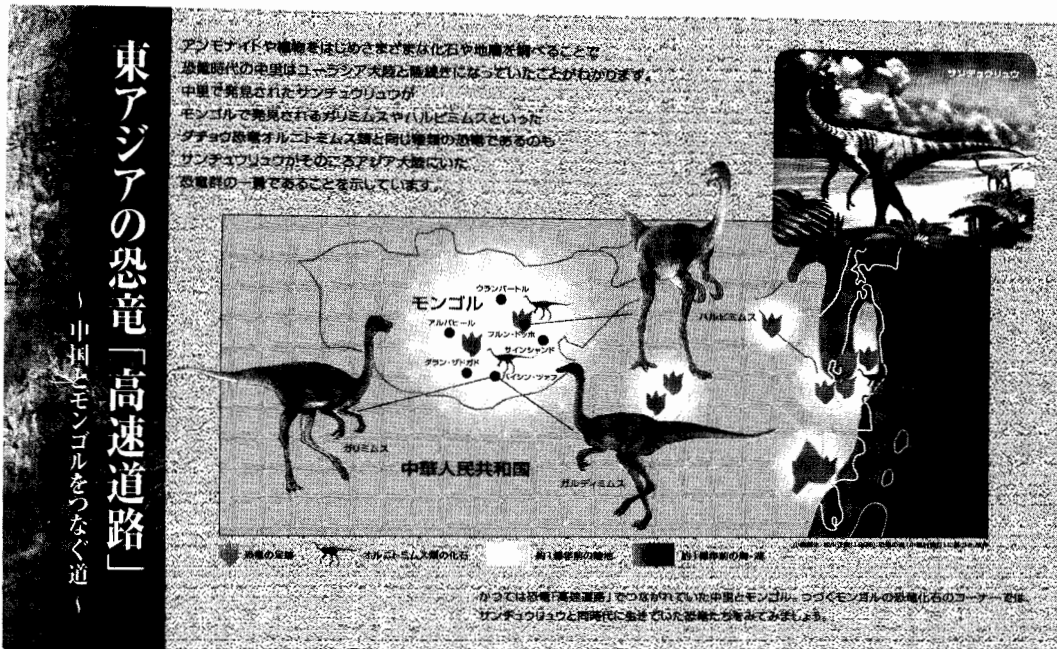


図 13 東アジアの恐竜ハイウェイ

と思われるからである。

## 結 論

今回新設のグラフィックパネルは、いずれも山中地域白亜系についての最近の研究に基づいて、その結果だけを分かりやすく描くことを心掛けた。これらのパネルは、活用次第でいろいろな角度での使い方がある。しかしながら、「総合的な学習の時間」の指導者が地学専攻者であるケースはむしろ稀と予想される。そこで、専攻が何であれ、パネルに示された意味を適確に伝達できる程度の指導者用マニュアルが必要となる。小文はこの目的に沿うようにして書いてみたものである。グラフィック・パネル展開の章に記述した解説記事の特徴を要約して、地学教育上の利用価値やねらいを述べる。

(1) 「恐竜時代の中里」「中里の漣痕が今の場所に現れるまで」「瀬林層の地質年代」「化石が語る中里のなりたち」というようなタイトルで象徴されるように、児童・生徒はパネル図と説明によって、視覚的に、かつ論理的に故郷の地史を理解できるだろう。実物化石による個別の学習内容を活かして、探究的推理を通して総合的認識に至る喜びを感じることをねらいとした。

(2) 象徴としてのパネル図が内包する概念の中に

は、例えば、水平堆積の法則、地層累重の法則、化石による地層同定の法則、褶曲運動、堆積構造、生痕、化石化作用、示相化石、示準化石、化石帯、放射年代、地質年代表、堆積盆地、地質図、地帯区分、古地理図、海洋プレート層序、付加体、付加帯、分岐分類法、系統図等々のように、地質学的基本事項が網羅されている。したがって、指導者の技量次第で、児童・生徒の関心を地学の普遍的課題へと昇華させていくことができる。

(3) (1)と(2)を素材とすれば、児童・生徒はパネル図・説明をしっかりと観察・熟読することにより、指導者によるわずかの示唆・支援で、自ら学び、自ら考えて、問題を解決する総合的な思考能力を磨くことができる。さらに自ら地質調査や化石採集を積極的に行ってみたい欲求を高めることも期待できる。自然体験は児童・生徒に最も感動的な機会を与えてくれる。

(4) 具体的な学習方法の例としては、グラフィックパネルを基にして、指導者はワークシート作成に関する示唆を得たり、児童・生徒は白地図的なものに自分で調べた内容を書き込んでいったり、児童・生徒自身が学習内容の要旨を記し自分の考えを書いたものを教師に提出すること(林, 2000)などが考えられる。要するにパネル図内容の使い方次第で、教育技法の広がりが可能となろう。「総合的な学習の時間」の学習内容



- subboreal ammonites in the Japanese Barremian. In Wiedmann, J. and Kullmann, J. eds. *Cephalopods—Present and Past*, 469–476. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- 小島郁生・松川正樹 (1990): 恐竜の足跡—中里村恐竜センター—図録一. 32 pp., 群馬県多野郡中里村発行.
- 小島郁生・松川正樹 (1996): 恐竜の道. 72 pp., 群馬県中里村発行.
- フィリップ・カリー [小島郁生訳] (1994): 恐竜ルネサンス. 326 p., 講談社現代新書.
- 高橋 修・石井 醇 (1996): 日本における白亜紀中期の減衰付加テクトニクス. 日本地質学会第 103 回学術大会講演要旨, p. 16.
- 富田幸光 (1999): 恐竜たちの地球. 224 p+4 p., 岩波新書.
- 山田直利・斎藤英二・村田泰章編 (1990): コンピュータ編集による日本地質図 1:2,000,000 地質編集図 (22), 地質調査所.
- 八杉龍一・小関治男・古谷雅樹・日高敏隆編 (1996): 岩波生物学辞典. 第 4 版, 岩波書店.

小島郁生・松川正樹・横田祐子・松岡佑幸・三田武志: 「総合的な学習の時間」の授業のための学習展示  
—群馬県中里村恐竜センターにおける事例— 地学教育 55 巻 4 号, 119–133, 2002

〔キーワード〕 「総合的な学習の時間」, 中里村恐竜センター, リニューアル, グラフィックパネル展開, 恐竜のきた道

〔要旨〕 群馬県中里村では, 恐竜センターと活性化センターを主たる拠点として「総合的な学習の時間」の実施に向けてのリニューアルを行う. 特にグラフィックパネル数枚を新設し, これを学習することで, 児童・生徒が地史を総合的に認識しながら, 地学と古生物学での多くの基礎概念を理解できるように工夫した. これらのパネルの活用方法を示唆し, 中里村での展開は, 各地での「総合的な学習の時間」の博物館利用の例の 1 つに挙げられよう.

Ikuwo OBATA, Masaki MATSUKAWA, Yuuko YOKOTA, Yukoh MATSUOKA and Takeshi MITA:  
An Attempt at Graphic Panel Exhibition for the Comprehensive Education of Schoolchildren—  
An Example in the Dinosaur Center at Nakasato Village, Gunma Prefecture—. *Educat. Earth Sci.*,  
5(4), 119–133, 2002

教育実践報告

# 中学校における恒星の多様性に関する学習の提案 —ハッブル宇宙望遠鏡撮影画像を用いた HR 図作成実習の評価—

田中義洋\*1・縣 秀彦\*2・小池邦昭\*3

## 1. はじめに

現行の学習指導要領(文部省, 1989)では, 中学校での天文分野の学習は, 地球の自転と公転, 太陽と月の観察, 太陽系内の天体に限られている。天文・宇宙の学習をいわゆる「身近主義」でとらえ, 宇宙の階層構造ごとに学習年齢を区切ることは, 正しい宇宙観の獲得の上で支障があることが指摘されてきた(縣, 1995)。2002年度から実施の学習指導要領(文部省, 1998)では, 恒星の性質についてふれてもよいことになったが, 極めて限定的な内容に留まっている。そこで, 本研究においては, 恒星の性質に関する学習を中学校でどの程度取り入れることが可能かを実験的な授業を実施することにより検討した。

ハッブル宇宙望遠鏡(略称: HST) やすばる望遠鏡による最新天体画像は, しばしば新聞やテレビ番組で取り上げられるように, その美しさから一般の人々より注目されることがある。このような最新画像を取り入れた教材は, 生徒にとって学習への動機を高める効果があると考えられる。現在, 研究機関で取得された天体画像は, 観測者の優先利用期限(通常1~2年程度)を過ぎると誰でも研究・教育用に利用することができる。我々は, 入手した FITS 画像をわざとぼかして恒星の色を分かりやすくする方法(Malin and Murdin, 1984)を用いることで, 恒星の色の多様性に中学生でも気づくことができるのではないかと考えた。そこで HST 撮影の球状星団画像を用いて, HR 図を作成させる公開授業を行った。

## 2. 教材作成

研究用画像アーカイブを利用することで, 必要な画像はすべて, インターネット上で取得できる。今回は, 恒星の色の種類に富み, 年齢の異なる2つの球状星団(M80とNGC1818[図1(a)])の画像を, HST アーカイブ(<http://archive.stsci.edu/>)よりダウンロードした。

HST 画像を選んだ理由は, FITS 形式のプレビュー画像(解像度低下により画素数を落としたもの)を, 初心者でも簡単に取得できるからである。異なる3つの波長域で撮影された元画像を色合成し, さらにぼかして利用した(図1(b))。

なお, 画像解析ソフトウェアとしては, IRAF が最も一般的であるが, 中学生が利用するには難易度が高い。Windows OS 上で FITS 画像を表示できる市販のソフトウェアも複数あるが, 操作が複雑すぎる点や測光用の機能が十分でない点から今回の利用に向かない。そこで, 簡単な操作で学習者にとって必要な機能のみを利用可能にするため, IRAF を GUI 化した教育用画像処理システムを独自に開発した(小池・縣・田中, 2002)。

## 3. 授業実施

今回の公開授業は, 東京学芸大学附属世田谷小学校, 附属世田谷中学校, 附属高等学校合同公開研究会の一環として実施された。この研究会は平成11~13年度文部科学省指定開発研究「児童・生徒の認識と学習観の発展を支える小・中・高一貫した教育課程の開発」の研究報告の一部をなしている。公開授業では, 作成した HR 図や2つの星団を構成している星の違いについての考察を中心に展開するため, 事前授業を東京学芸大学附属世田谷中学校で2回行った。3回の授業の概要は以下の通り。

授業対象: 附属世田谷中学1年D組 40名

授業担当: 第1時, 第3時—田中義洋

第2時—岡田 仁(附属世田谷中学校教諭)

①第1時: 平成13年11月5日(月), 附属中学校第一理科室, 50分授業

簡単な自己紹介の後, 今回の一連の授業で恒星のこと, 特に星の色と明るさに着目することを伝えた。星団の場合, そこに含まれる星は, 地球から同じ距離に

\*1 東京学芸大学附属高等学校 \*2 国立天文台天文情報公開センター \*3 東京理科大学  
2002年1月21日受付 2002年4月13日受理

表1 当日の授業経過

時刻	内 容
9:30	出欠確認, HR図等提出物返却
9:35	前時までの流れの確認 PowerPointのスライドを, スマートボードに投影して説明
9:40	画像を見て分かったこと(考察1) 男子3人, 女子1人を指名
9:43	明るさ(等級)をコンピュータを用いて計測する方法の説明
9:46	明るさ(等級)をコンピュータを用いて計測 2人で約1分間ずつ, 計測を体験
9:56	作成したHR図を見て分かったこと(考察2) グループごとに発表(男子4人, 女子6人)
10:06	生徒が発表した考察に対する検証
10:11	星の色と明るさについての説明
10:18	まとめ, 事後アンケート配布

表2 理科が好きか嫌いか

	1年D組	1年A組
人 数	38人(男子19, 女子19)	39人(男子19, 女子20)
理科が大好き	7人(男子3, 女子4)	7人(男子6, 女子1)
理科が好き	24人(男子15, 女子9)	9人(男子6, 女子3)
普通	6人(男子1, 女子5)	16人(男子6, 女子10)
理科が嫌い	1人(男子0, 女子1)	7人(男子1, 女子6)

事後アンケートを実施した。

#### 4. 考 察

##### 4.1 生徒像

事前アンケートによると「理科が好きか嫌いか」については表2のような結果であった。1年A組と比べると、授業を受けるD組のほうが理科好きがやや多い。しかし、「理科が大好き」と回答した7人について、宇宙や星のことに興味があるかを調べてみると、男子は3人も普通、女子は「とてもある」1人、「少しある」2人、「ほとんどない」1人となっている。つまり、理科が大好きであっても、必ずしも宇宙や星のことに興味があるわけではない。その理由として、「難しそう(男子)」、「観察が嫌い(女子)」などが挙げられていた。

宇宙や星のことに興味がない理由として、「理科が大好き」でない生徒からは、「星など見ても意味がない(男子)」、「特に何かが知りたいというわけではないから(女子)」などの回答があった。

##### 4.2 作業を取り入れた授業への評価

生徒はぼかし画像から、M80では5色(青・白・緑・橙・赤)に、NGC1818では6色(青・白・緑・黄・橙・赤)に分けることができた。図3は生徒が作成したHR図の一例である。スペクトル型ではなく、識別した色を横軸に用いることで、中学生がHR図を書けることが分かった。

また、事後アンケートでは、未提出の女子1人を除き、39人中38人が、今回の授業を「とてもおもしろ

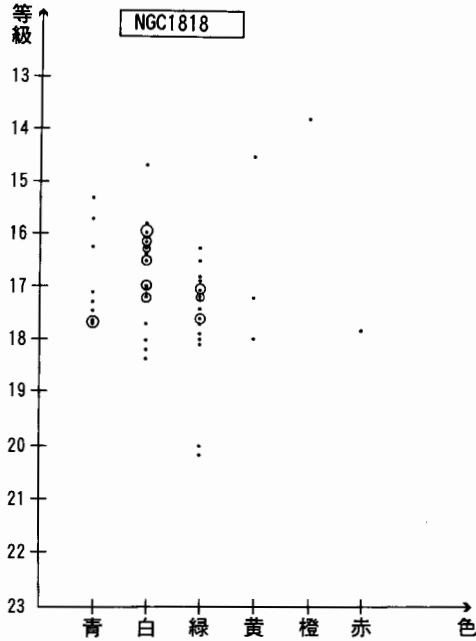


図3 生徒の作成したHR図

かった」または、「おもしろかった」と答えている。また、おもしろかった理由として、「パソコンで星の等級を調べるのがおもしろかった(男子)」などを挙げている。つまり、画像から色の識別とパソコン上での等級測定という自分自身で行う作業が授業の中心であったことが、生徒の関心・意欲をよんだ一因と言えよう。改めて生徒の学習意欲にとって作業が大切であることが分かった。事前アンケートから分かるように、従来の星の学習が生徒に比較的嫌われているのに対し、今回の学習は好感を持って受け入れられたといえる。

##### 4.3 恒星の色と明るさについての考察

授業で生徒が挙げた考察を以下に示す。画像を見て気づいた点としては、「密集している(女子)」、「色が分かりにくい(男子)」(以上M80)、「より明るい(男子)」、「色が濃い(男子)」、「赤と青が目立つ(男子)」(以上NGC1818)を挙げている。

次に、作成したHR図から気づいた点としては、「赤が多い(男子3人)」、「橙色にいろいろな等級の星がある(女子)」、「黄色が1つもない(女子)」、「赤は17~19等に多い(男子)」(以上M80)、「白が多い(男子2人)」、「1色でもいろいろな等級がある(女子)」、「同じ等級でも色が違う(女子)」(以上NGC1818)を挙げている。2つのHR図から「星の色と明るさに決まった関係は見つからない(女子)」と考察した生徒も

田中義洋・縣 秀彦・小池邦昭：中学校における恒星の多様性に関する学習の提案—ハッブル宇宙望遠鏡撮影画像を用いた HR 図作成実習の評価— 地学教育 55 巻 4 号, 135-139, 2002

〔キーワード〕 中学校, 天文教材, FITS 画像, HR 図, 星の色と明るさ, インターネット

〔要旨〕 中学校 1 年で恒星の性質, 特に, 星の色と明るさに関する授業を行った. その際に, ハッブル宇宙望遠鏡による 2 つの球状星団 (M80 と NGC1818) の画像を用いて HR 図を作成させた. その結果, 恒星の多様性に気づかせるための教材として, 今回作成した色ぼかし画像が有効であることが分かった.

Yoshihiro TANAKA, Hidehiko AGATA and Kuniaki KOIKE: Proposal of Learning about Diversity of Fixed Stars at Junior High School—Evaluation of a Practice of Making HR Diagrams Using Images Taken by Hubble Space Telescope—. *Educat. Earth Sci.*, 55(4), 135-139, 2002

教育実践報告

## 外国語指導助手とのチーム・ティーチングによる 高等学校における地形の学習 —カナダと日本を例として—

川村 教一\*

### I. はじめに

筆者は、アメリカ合衆国に旅行したとき、大陸の地形、地質を観察することができ、自然観の形成に大いに役立てることができた。このとき、大陸と島弧系である日本の自然環境を対比して学ぶことの重要性を印象づけられたが、短期間の滞在であったため、教材化のための十分な資料を集めることができなかった。さて、筆者の勤務校の外国語指導助手 (ALT: Assistant Language Teacher) が、カナダ出身で地理を専攻していたことから、このたび筆者は ALT による地形学の授業を提案した。地学の授業において、地学教員以外の講師を招聘して授業を展開する例を川村 (2001) で紹介したが、外国人教員とのチーム・ティーチング (以下 TT と省略する) は新しい試みである。

地学における英語を用いた指導事例として、地学 IA の授業において、英語の文献を用いた実践事例がある (宮澤, 1998)。この実践は、日本の教科書に掲載されていない教材を用いた学習、あるいは環境教育について日本とアメリカの教科書を比較させる学習である。この実践報告では、英語が嫌い・不得意な生徒は、地学の授業で英文を読むことに意義を感じていないとの分析がある。また、英語の文献を使った学習に興味がある生徒でも、再び同様の学習方法を希望するかどうかは、教材の内容により分かれることが報告されている。筆者も本校で、同様の授業実践を行ったことがあるが、外国語以外の授業で英語で授業を行うことに対し本校生徒の嫌悪感が強く、著しい成果は得られなかった。これらのことから、地学において英語を用いた授業を展開するためには、その意義が認められるものでなければならないと筆者は考える。そこで、外国の自然環境について学ぶ場合、それを熟知した外国人から授業を受ける方がよりよい理解につながり、また、生徒は外国語で授業を受ける意義を認めるのでは

ないかと、筆者は考えた。

本研究は、本校の地学 IB における地形学習について、地学教員と ALT による TT の授業実践の記録と分析を行ったものである。本授業を実践した結果、教員および生徒ともに満足度が高く、成果があったと認められるのでここに報告する。なお、授業の分析に用いたのは、授業時に生徒がノートの代わりに記入したプリント、本授業に関する生徒の感想文などである。

### II. 本学習活動の特徴

地学教員と ALT の TT による授業が本学習活動の特徴である。

本校の ALT は、大学卒業までカナダに居住し、地理学を専攻したので、カナダの地形に精通し、カナダの地形に関して教材開発をする能力を有している。また、本校に3年勤務しているため、本校生徒の外国語 (英語) の学力や TT での指導體制についてもよく把握している。生徒もこの ALT の授業を受けていることから、校外の講師と異なり ALT に親しみを感じていると想像される。以上のことから考えて、筆者一人で大陸の地形について授業を行うよりも、ALT とともに TT で授業展開をした方が有意義であると考えた。授業内容は、大陸と島弧系に属する日本の地形を対比させることによりその差異を明確化する構成とした。

さて、文部省 (1999b) によると外国語科の目標は、「外国語を通じて、言語や文化に対する理解を深め、積極的にコミュニケーションを図ろうとする態度の育成を図り、情報や相手の意向などを理解したり自分の考えなどを表現したりする実践的コミュニケーション能力を養う」と設定されている。この目標を構成する3つの要素のうち、「外国語を通じて、積極的にコミュニケーションを図ろうとする態度を育成すること」および「外国語を通じて、情報や相手の意向などを理解し

\* 香川県立高松高等学校 2002年2月15日受付 2002年5月18日受理

表1 授業実施記録

記号説明：外国語指導助手(ALT)，日本人地学教員(JT)，発表グループ1(G1)，発表グループ2(G2)  
アンダーライン部は英語による発言

指導過程	展開	生徒の活動	教師の活動	備考	時間 [分]
導入	新学習項目のねらい  本時のねらい ALTの紹介	地球の歴史を調べる方法：古地形の復元を知る  本時の授業で学ぶ内容とそのねらいを知る。 ALTの授業での役割を知る。	JT:古環境を知るために古地形の復元を行うことを知らせる。 JT:本時の授業で学ぶ内容とそのねらいを解説する。 JT:チームティーチングのねらいと意義を説明する。 JT:ALTを紹介する。		7
展開	ALTによる講義  カナダの地形 ①カナダ盾状地 ②アパラチア山脈 ③内部低地，大平原 ④コルディレラ山系	ALTによる講義のねらいを知る。  カナダを中心とした，北アメリカの大地形の講義を聴く。  <u>講義内容について質問をする。</u>	<u>ALT:自己紹介をし，講義の概要とねらいを説明する。</u> <u>ALT:カナダを中心とした，北アメリカの大地形の講義をする。</u> <u>生徒の既習事項や日本語での表現をJTに尋ねる。</u> JT:机間巡視を行い，生徒のノートへの記述内容を援助する。 <u>ALT:生徒の質問に答える。補足説明をする。</u>	<u>ALT:プロジェクトで白地図を投影し，板書をする。</u> カナダの地形を撮影したビデオを見せて解説する(4分)。 JT:必要に応じて，ALTの講義内容を日本語で解説する。 翻訳に関する回答はJTが担当する。	33
	生徒によるプレゼンテーション1 日本の地形とその形成史	<u>G1:日本の地形について，発表する。</u> <u>G1:質疑応答をする。</u> その他:G1の発表を聞く。疑問点を質問する。	<u>ALT:G1の発表を聞く。</u> <u>ALT:疑問点を質問する。</u>	発表資料を日本語・英語併記で用意する。	10
	生徒によるプレゼンテーション2 四国，香川県の地形とその形成史	<u>G2:香川県の地形について，発表する。</u> <u>G2:質疑応答をする。</u> その他:G2の発表を聞く。疑問点を質問する。	<u>ALT:G2の発表を聞く。</u> <u>ALT:疑問点を質問する。</u>		7
まとめ	まとめ  次時の予告	本時の授業のまとめを行う。	<u>ALT:授業の感想を述べ，今後のアドバイスをする。</u> JT:地形学の学習上のポイントをまとめる。  JT:次時の予告を行う。		3

とALTの講義の補足説明，机間巡視による生徒の活動の支援を行うこととした。

準備物：プロジェクト，教材提示装置，ビデオデッキ，ALT撮影によるカナダの地形のビデオ映像(4分)，教科書(力武ほか，1997)，プリント2枚(北アメリカの白地図，調べ学習の発表要旨)。

(3) 授業準備

本授業実施の5ヶ月前に，地学IB教科書(力武ほか，1997)のうち本学習項目に関する部分を簡単に英訳して，学習内容をALTに知ってもらった。

授業実施の1週間前に，生徒に本時の予告をし，希望生徒がグループで行う調べ学習の発表テーマを「日

本の地形」および「四国，香川県の地形」に分け，発表希望者を募集した。これにより計7名の生徒が申し出てた。生徒たちはおよそ5日間で発表テーマに関して文献で調べ，発表原稿(日本語および英語)を作成した。授業前日に，地学教員が発表原稿・要旨の内容，表現についてチェックをして，修正を指示した。

本時の授業のあと，生徒全員にALTおよび地学教員あて，授業の感想および意見を書いて提出させた。

(4) 実践結果

表1に授業の実施記録を示す。授業はほぼ指導案通りに行うことができた。授業展開の前半に行った，ALTによる講義をもとに白地図へ板書項目などをプ

表2 生徒の感想文からの抜粋（「 」内が一人分の記述）

## ALTの講義に関して

- 「あんな授業ははじめてだったのでおもしろかったです。変わった授業もちよくちよくしてほしいと思います」
- 「1文ごとに和訳してほしかったです」
- 「カナダの地形がよくわかりました。David先生にカナダの地形を教えてもらうことで、とても真実味があったし、地図やビデオを使っていて、よくわかった。日本（高松）とカナダの地形を同時に学習したので比較することができて良かったです」
- 「カナダは広く、五大湖の最も小さいものが四国より広いというのにはびっくりした」
- 「カナダの地形って、これまで、山と平野しかないんじゃないか?とっていましたが、その山やら、平原やらそのスケールの大きさにびっくりしました。（中略）同じ地球なのに、こんなに違うもんだなと思って感動しました」
- 「視野が広がった気がします」
- 「新鮮な感じの授業でおもしろかったです」
- 「その土地の人が自分の土地について話した方が、やはり他の人が話すよりもわかりやすいと思った」
- 「楽しかったです。いつもと違った環境で授業を受けること自体、ワクワクするもんじゃないですか」
- 「地学的英単語が少々難しかったです」
- 「地学の授業よりも英語が話せることの重要さを学ばされる授業だったような気がした」
- 「Davidの授業が面白かった。英語の授業で来てくれるより理科の方が良かった気がした」
- 「Davidの英語での説明は、なるべく簡単な単語を使おうとしていたこともあってとてもわかりやすかったです」
- 「内容はだいぶ理解できたし、英語の時間より英語の勉強になりました」
- 「なかなか65分英語を聞くのは疲れた。もっと準備時間が長かったら良かったと思います。そうしたら、もっと深いものになってたと思う」
- 「また英語での授業を企画してほしいです」
- 「わたしは英語が好きなので楽しく聞けました。単語がわからないのがたくさんあったけど、雰囲気で聞くと何とかいけました」
- 「（英語の授業は）理解できないところも多少あったので、日本語での説明も付け加えてほしい」

## 調べ学習の発表に関して

## A. 発表した生徒から

- 「日本、四国、香川の地理、地層等について知識が深まりました」
- 「英訳はキツかった。時間的にも大変だったし、専門用語は分からんし」
- 「私は発表した後でもっとプレゼンテーションの能力を身につけなければならないと少し反省した。本当に分かってもらえたのか不安があった。でも、いい経験になった」

## B. 発表を聞いた生徒から

- 「発表も細かい部分までわかることができたことが良かったと思いました」
- 「発表は、日本語を聞かなければほとんどわからなかったと思います」

ワクワクするもんじゃないですか」に見られるように、ALTが地学の講師を務めるという新奇性が、生徒にとっては良い刺激となったようである。

## (2) 英語を学ぶ動機付け

感想文のなかで最も評価が分かれたのは、授業内容を英語で理解しなければならないことであった。

英語を用いて授業することについては、生徒の感想文では「英語が話せることの重要さを学ばされる授業だったような気がした」などがあり、ALTから地形に

ついて学ぶために、英語を用いる意義を理解しているようであった。

新しい学習指導要領の「総合的な学習の時間」の学習活動に関し、文部省(1999c)は、現代的な課題について「関連する各教科・科目などの内容を有機的に関連付けることなどにより、知の総合化を目指すものである」と述べており、教科横断的な学習の目標が掲げられている。しかし、前項で述べた授業の新奇性だけでは学習の動機付けを継続的に与えることができない

ぞれの特徴を理解させることができた。

3. 英語を用いて ALT からカナダの地形に関する講義を受け、ALT および他の生徒に対してプレゼンテーションをすることで、英語学習の動機付けをすることができた。
4. 英語を用いた講義もしくはプレゼンテーションを導入するにあたっては、生徒の英語についての実力を把握しておくとともに、ALT との打ち合わせ、および生徒が行うプレゼンテーションの事前指導の時間を十分に確保しておくべきである。

以上のように、ALT の専門分野を活かした TT による学習活動を展開することは、本校の学習活動における当該教科および英語の学習において、動機付けとして有効であると考えられる。

**謝辞** 本校 ALT の David St. Marie 氏には、本研究の趣旨に賛同していただき、筆者の提案を快く引き受けていただいた。また、授業に際しては、筆者のねらいを実現すべく、指導案通りの授業展開をされ、授業を成功させることができた。また、本校英語科職員には、本授業実践にあたり ALT が講義する承認を与えられた。St. Marie 氏および本校英語科職員のご厚意に、心から御礼申し上げる。

## 引用文献

- 鎮西清高・海野和三郎・上田誠也・島崎邦彦・中村保夫・饒村 曜・吉岡一男・吉川 真・林 慶一・半田孝・藤本正樹・茂木秀二・吉永順一・東京書籍株式会社(1999): 地学 II. 東京書籍, 東京, 187p.
- 川村教一(2001): 高等学校地学 IB における社会人講師による授業の導入. 地学教育, 54(4), 149-156.
- 都城秋穂・米倉伸之・鈴木秀夫・棚井敏雅・富田幸光・阪口 豊(1992): アメリカ大陸の誕生. アメリカ大陸の自然誌 1. 岩波書店, 東京, 267p.
- 宮澤良美(1998): 英語の本を用いた地学 IA の授業. 平成 10 年度全国地学教育研究大会日本地学教育学会第 52 回全国大会岩手大会大会要項, 80-81.
- 文部省(1989): 高等学校学習指導要領解説理科編・理数科編. 実教出版, 東京, 286p.
- 文部省(1999a): 高等学校学習指導要領解説地理歴史編. 実教出版, 東京, 336p.
- 文部省(1999b): 高等学校学習指導要領解説外国語編英語編. 開隆堂出版, 東京, 201p.
- 文部省(1999c): 高等学校学習指導要領解説総則編. 東山書房, 京都, 293p.
- 力武常次・小川勇二郎・永田 豊・萩原幸男・日江井栄二郎・本蔵義守・増田富士雄・丸山茂徳・池田宜弘・日達芳郎・数研出版社編集部(1997): 改訂版高等学校地学 IB. 数研出版, 東京, 319p.

川村教一: 外国語指導助手とのチーム・ティーチングによる高等学校における地形の学習—カナダと日本を例として— 地学教育 55 巻 4 号, 141-147, 2002

〔キーワード〕 外国語指導助手(ALT), チーム・ティーチング, 地形, 高等学校地学 IB

〔要旨〕 高等学校地学 IB の地形学の授業を、外国語指導助手(ALT) とともにチーム・ティーチングで行った。授業は、カナダ出身の ALT による北アメリカ、とくにカナダの大地形についての英語による講義と、生徒による日本および四国、香川県の地形についての調べ学習の発表から構成した。生徒のリスニング能力に限界はあるものの、カナダ人から学ぶ北アメリカの地形の学習は、日本の地形と対比させることによって、生徒の授業に対する関心が高く、興味を持って取り組めたようである。また、北アメリカの地形に関し理解が深まったと判断される。

Norihito KAWAMURA: The Team Teaching with an ALT on Geomorphological Lesson for High School Students—Geomorphology of Canada and Japan—. *Educat. Earth Sci.*, 55(4), 141-147, 2002



資料

## 手取川流域の自然環境 III

### 手取川扇状地の地下水系と水管理計画

渡部 景隆\*

#### まえがき

石川県が目指した手取川総合開発計画は、手取川ダム建設による大規模発電と、洪水時の河川流量調節のほか、水管理計画として5~6 m<sup>3</sup>/s (水道用水約40万 m<sup>3</sup>/日, 工業用水約10万 m<sup>3</sup>/日) という大量の都市用水を分水して県内平野部に送水するというものである。この分水計画は、手取川扇状地の地下水に悪影響を及ぼさないことを前提にしたもので、私は、手取川ダム建設の前後10年間の地下水位の変動傾向を比較することによって、この計画を肯定できるとして調査を開始した。この調査では、容水地盤としての手取川扇状地砂礫層の水利地質から見た性格と、容水地盤の中での地下水の動きの実態を可能な限りの手法で解明することに努め、分水後14年間 (異常渇水年到来のためダム建設後10年を14年に延長) の分水水量の実測値から最大分水水量になったときの地下水位低下量を予測し、この計画は妥当であると考えに至ったのである。第III編では、これらの調査内容を次の7視点から取り上げる。

第1は、手取川扇状地の成立を水利地質学的に考察し、用水・地下水などの水利用の大様について概説することである。

第2は、扇状地の地下水の供給源と地下水位型の特性を明らかにすることである。

第3は、地下水に関する長期予測として電気的アナログシミュレーションを実施したことと、砂礫層の透水性の良さの地質要因を考察することである。

第4は、地下水の流動の速さを、<sup>3</sup>Hの測定により、年単位の精度で予測したことである。

第5は、手取川河水の伏流の影響範囲を、水質、アナログシミュレーション、地下水位観測等により決めたことについてである。

第6は、この調査の主目的である大量分水の影響に対する将来予測を、30年余にわたる実測値により、河

川流量および地下水位を数量的に検討し、分水による地下水の悪影響はないとの最終結論に達したことについてである。

第7は、扇状地の水環境の保全に対する希望と、付带的に、この調査時に実施した航空機によるリモートセンシング画像解析による成果の1つを紹介したことについてである。

図III-1は、調査事項を加えた手取川扇状地の総合見取り図である。図には、地形的な扇頂部・扇尖部・扇端部、地下水位型の灌漑型・伏流型・水平型の分布域、手取川河水の影響圏、第III編に採用した地下水観測井番号などを示した。

#### III-1 手取川扇状地の成立と水利用の経緯

手取川扇状地の地質学的研究には粕野義雄(1959)の加賀平野のなりたちと構造があり、水利関連では、竹内常行(1951)の七ヶ用水の灌漑状況、小島和夫(1957)、小間 覚(1958)の扇状地の地下水、斎藤外二(1959)の扇状地の地形と堆積などのほか、岸 和夫(1971)の水収支についての詳細な報告がある。今回の調査関連では、渡部景隆・山崎良雄(1972)と渡部景隆(1980)、渡部景隆外5名(1981)の報告がある。このほか、I-3に記した県に提出した未公表の「石川県手取川扇状地の地下水」第1~6報があり、ここに採用した資料・図などはこの報告書によるものが多い。この項では、扇状地砂礫層と水利用について述べる。

第1は、手取川扇状地砂礫層とその成立過程についてである。手取川扇状地砂礫層は厚さが100 m余あり、その下に卯辰山層(楡井 久, 1967)があって、扇状地に広く分布する。この卯辰山層に夾在する砂礫は深層地下水(手取川扇状地の第3帯水層)の容水地盤であるが、卯辰山層は金沢市との間の東方丘陵北半部を構成し、扇状地砂礫層とは構造運動を夾んだ不整合の関係にあるので、卯辰山層以下を扇状地砂礫層の基盤として扱う。

\* 筑波大学名誉教授, 〒300-0065 土浦市常名町 2212-418 2000年7月10日受付 2002年4月13日受理

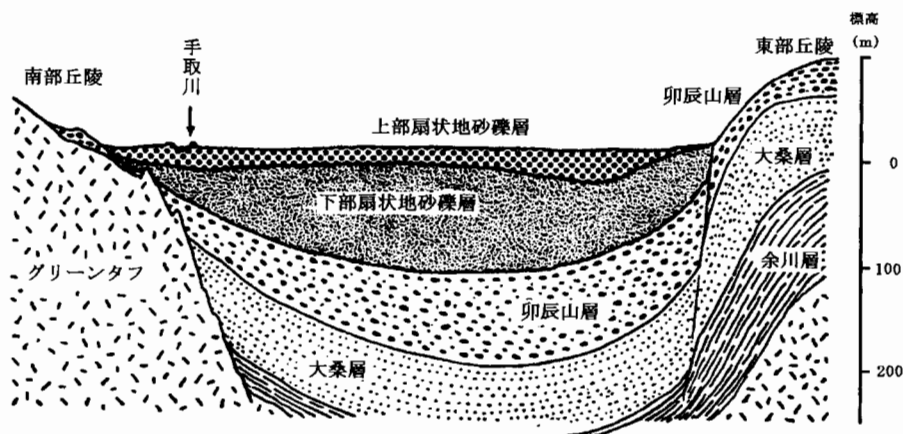


図 III-2 手取川扇状地砂礫層の地質断面図  
渡部・山崎 (1972)

となるので、扇状地の沈降運動は1万年より後のほうが大きかったとみられる。この沈降運動に調和的に進行した砂礫の堆積作用によって手取川の流路が現在に近い位置になった500年前くらいには全域に及ぶ現在の扇状地面ができ上がったのである。扇状地は地形的に、扇頂部・扇中部・扇端部に分けられる(図 III-1 参照)。

第2は、水利用の経緯についてであるが、地下水の実態の経緯の前提になる農業用水の導水と、地下水位の異常形態などを取り上げる。

農業用水の扇状地への導水は、極めて顕著なものである。図 III-3 は昭和49年(1974)の調査時の用水路図であり、今では自然河川の状態に海に注ぐものはほとんどなく、地表水は用水路から直接海に注いでいる。この用水路網は、徳川時代から漸次増加してきたものといわれる。現在の用水の基本が成立した昭和9年の大洪水以後の農業用水の水利権では、最大55.5 m<sup>3</sup>/sの用水が手取川の白山合堰(鶴来水量標地点の上流)から用水路で導かれている。この用水の導水量が灌漑期に田面に張られ、全面的に地下に垂直的に浸透して地下水源となってきた点は特筆に値する。

水利用に関連する事項として地下水位の異常形態があるので、近年までの地下水利用の経緯についても概観する。私が特に注目したのは、調査開始時から扇状地主部の地下水位が異常に低い鍋底形(図 III-7 参照)を呈することであった。これは、手取川によって運搬された扇状地砂礫層の容水地盤の自然状態における地下水位としてはありえない形態であり、これについては、調査終了の現在次のように予想している。地下水

位では、観測井28(図 III-1 参照)を中心とする鍋底に当たる最低水位地域が調査開始年だけでなく、調査全期間(図 III-19 参照)を通じ、その傾向が明瞭になってきたことであり、容水地盤では、この地域は、手取川が山地を出るまでの流路の延長線上の北方に位置することから、厚さ数十mの容水地盤が河道礫を主とする粘土質が少なく透水性良好な砂礫層で構成されたという、水理地質学的な堆積条件が考えられることである。

揚水傾向では、扇状地の開発が進むにつれて島聚落の簡易水道井及び深さ120mまでの地下水を揚水している松任市水道井などの揚水量が過剰揚水となって、水平的にも透水性良好な砂礫層を通して下流側へ引かれるきっかけになり、鍋底地域では地下水が浅層から深部へと引き落とされる結果となったことが考えられる。

扇状地地域における井戸数は調査開始翌年(昭和38年)は200以下であり、これらには島聚落ごとの簡易水道水源井が含まれ、本調査の観測井に利用したものが多いが、15年後の昭和52年には、500本以上に急増し、漸次工業用水の揚水も加わって年々揚水量が増大してきた。この人為的な影響として、地下水位低下が進み、地下水観測に利用させてもらった簡易水道水源井は大部分最低水位が井戸底以下になって観測不能となり、観測地点を廃棄するか、近くに新しい観測井を設置することとなった。例えば私が最も重視した扇頂部の知気寺観測井は昭和50年に廃棄、52年に深さ80mの明光小学校(両者ともNo. 28, 図 III-1, III-5, III-6 参照)を新設した。このほか、地下水位曲

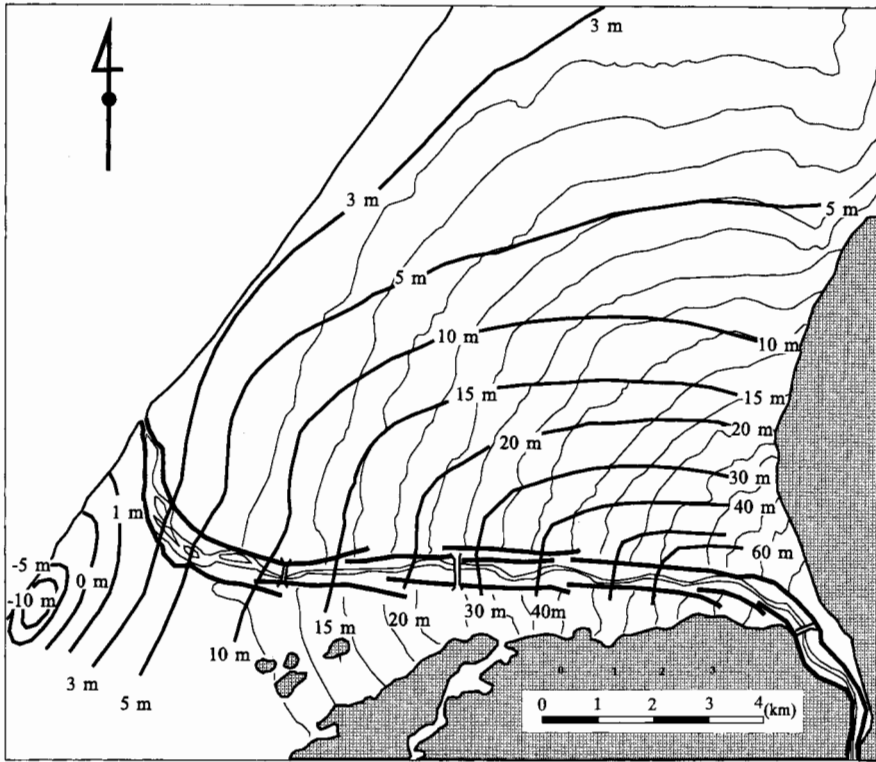


図 III-4 手取川扇状地の地下水面等高線図  
石川県報告書 第6報 (1994)

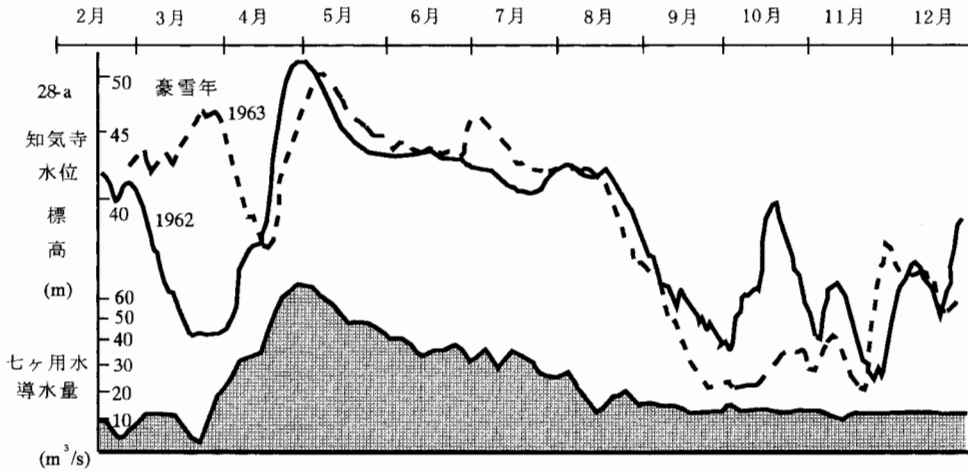


図 III-5 灌漑型地下水位と用水導水量  
石川県報告書 第1報 (1972)  
28-a 知気寺=28 (図 III-1 参照) の最初の観測井

III-5 は、昭和 37 年の調査初年度のもので代表例として、これについて述べる。3 月末頃の最低水位が急上昇して 4 月末から 5 月にかけて高いピークを示した

後、灌漑期を通じて非灌漑期よりも地下水位が高い。すなわち、3 月末頃七ヶ用水の用水堰補修のため導水停止数日間導水量  $0 \text{ m}^3/\text{s}$  から、導水開始後の 4 月末

の降雨時には高く鋭いピークを示すことは、岩盤の亀裂を埋めた地下水型（私は亀裂型と呼んでいる）を彷彿させるもので、4月末頃の地下水位の急上昇と同様、透水性が極めて良好な砂礫層の存在を裏づける現象である。

以上の地下水位を帯水層の面から見ると、高水位時の地下水位は地表から20m弱で上部砂礫層の第1帯水層の中にあるが、3月末頃の最低地下水位は約40mで下部砂礫層の第2帯水層の上部まで低下するので、扇頂部では第2帯水層から第1帯水層へ急速に移行していることになる。

灌漑期の5月のピークは扇頂部から扇中部（図III-6, A-2）を経て扇端部へと2週間位の間に順々に遅れて到達する。この傾向は、浅層の第1帯水層、中層の第2帯水層だけではない。扇端部海岸地域の深さ100~200mの深層自噴帯（第3帯水層）の被圧地下水も灌漑型であり、そのピークは同地点の浅層地下水のピークから1日遅れ程度に速く現れる。図III-6のA-3は自噴帯の灌漑型地下水位を示したものである。

### ②伏流型

手取川河岸扇状地の地下水位は、手取川の河川水位に対応した起伏の小さい地下水位曲線を描く。これを伏流型とした。伏流型の設定には、昭和40年（1965）に河岸堤防外に設置した観測井（右岸No.2, 左岸No.2, 図I-2参照）の地下水位曲線と酷似することから伏流型の特性に着目したものであり、図III-6Bは昭和54年（1979）の河岸（B-1）と河岸扇状地（B-2）の伏流型である。伏流型は手取川河水の影響圏を決めるのに最も役立つもので、灌漑型との分布域の境界の決定についてはIII-5で述べる。

### ③水平型

手取川河水の伏流地域（影響圏内）で手取川河口から3km以内の扇端部（海岸地域）には、地下水位の水平型が分布する。浅層自噴帯も水平型である。この地域では、水平型ではあるが、工業用水の揚水の影響により7日周期の地下水位曲線を描くことが年々顕著になってきたものが多い。図III-6のC-1（観測井No.29）は浅層自噴帯の地下水位曲線である。図III-6のC-2（観測井No.7）は2重コア観測井であるが、C-2bの深さ200mの深井戸水位は水平型で7日周期は認められないが、C-2aの浅層地下水では7日周期が認められる上に夏期の地下水位が若干低い点が灌漑型とは著しく異なる。7日周期は、工場用の運転水位が低下するのに週末の運転休止日には自然水位に戻

ることを繰返すために生ずるものである。

### C) 地下水位等値線の型

手取川扇状地全体の地下水位分布が、扇頂部に地下水位の最低部があって鍋底型を呈することは前にふれた。図III-7は、調査初年昭和37年（1962）の春の導水以前の最低水位と、導水後の最高水位との等値線を描いたものである。この事実に基づき、その後、30年余にわたって地下水位低下の広域的傾向を検討してきたが、この鍋底型に同心円状の地下水位等値線を描けることは毎年同様に認められる（図III-19参照）。

図III-8は、地下水面と帯水層の関係を示す扇状地の地質縦断面図で、最高水位は上部砂礫層の第1帯水層中にあるが、扇頂部から扇中部にかけての最低水位は下部砂礫層の第2帯水層まで低下することを示す。扇頂部の観測井（No.28, 明光小学校, 図III-6, A-1参照）では春の最低水位から1日50cm以上上昇する時期には観測井内で、田面に張られた時期の第1帯水層の水がゴォーと音をたてて滝のように管内を落下することが毎年のように確認された。これは、4月の田植期の第1帯水層の水が短期間に第2帯水層に引き落とされていたため、砂礫層の透水性が良いということだけでなく、一部空洞化していることが考えられ、特筆に値する。この砂礫層の空洞化が扇頂部の空洞化地域から、空隙率の大きい旧河道砂礫層を通る間に下流側へも進み、これが長期化して扇状地域の多量揚水する地域まで波及し、現在の地下水位の異常形態の形成に関与しているものと推察される。

## III-3 容水地盤の透水性

手取川扇状地の地下水の変動が激しいことから扇状地砂礫層が透水性の良好な容水地盤であることが判明した。ここでは、電気的アナログシミュレーションによる容水地盤の透水性が反映する地下水位の将来予測と、砂礫層の透水性に関する水理地質要因について考察する。

### A) アナログシミュレーション

地下水利用の長期計画を立てるためには適正揚水量を見積もる必要がある。多量の揚水は必ず自然水位の低下を伴うので、長期的に見て災害に結びつく地下水位の低下をきたさない範囲での最大揚水量という見方で、適正揚水量を規定するのが現実的であると、私は常々考えてきた。

これには、容水地盤の形成過程に対応した透水性の不均質性に関連する問題と、水量の面では地下水に轉

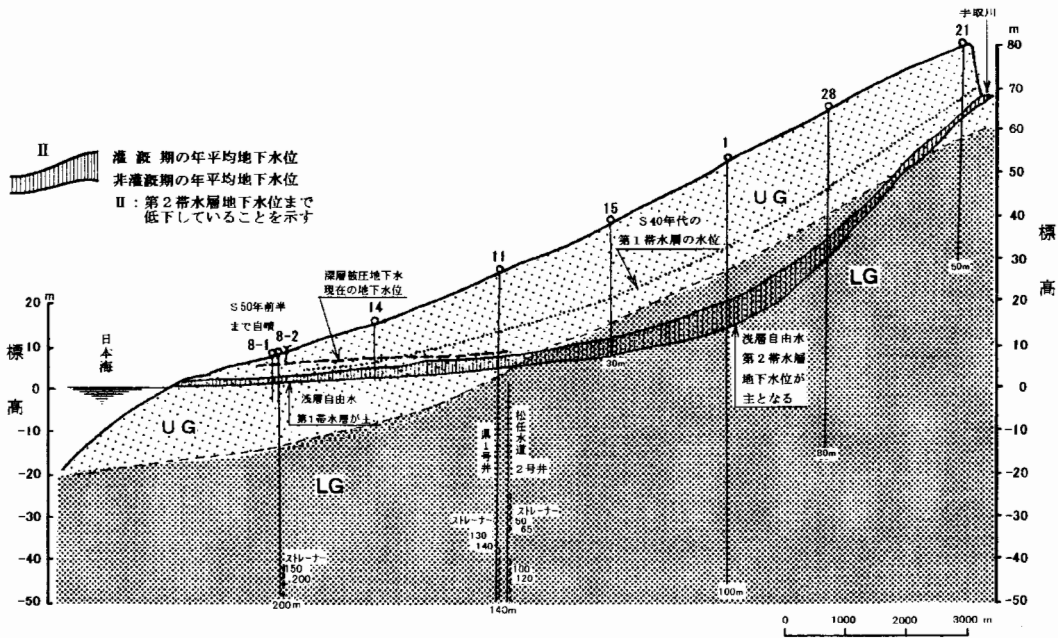


図 III-8 手取川扇状地の水理地質断面図  
 石川県報告書 第6報(1994)  
 UG: 上部扇状地砂礫層 LG: 下部扇状地砂礫層

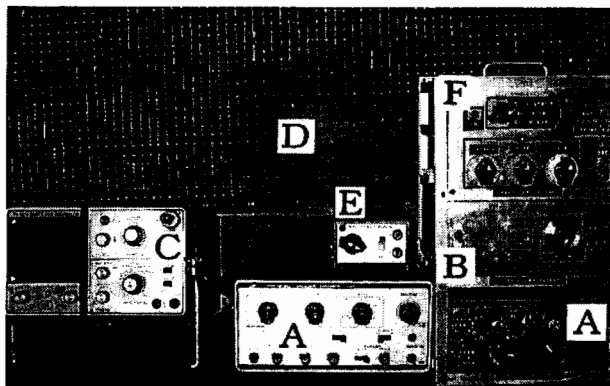


図 III-9 アナログ計算機 山崎良雄(1982)  
 A: パルスジェネレーター, B: 高倍率増幅器, C: オシロスコープ, D: アナログボード, E: 安定電源, F: 機能変換器

将来予測と適正揚水量

図 III-10 は  $K_1 \sim K_4$  に適当な値を入れて計算したときの地下水位低下の1例で、揚水井 X と、観測井 Y, Z 各々の 100 年間の水位変化を、河川からの伏流がない場合(A)と河川からの伏流が十分ある場合(B)との地下水位低下予想曲線であり、図 III-11 はこの予想曲線から、1年後、10年後、100年後の地下水位低下量とその範囲を図示したものである。これは、地下

水の揚水が長期にわたるほど、扇状地の地下水が手取川河水の伏流によって揚水量が多く期待できることを示唆する。しかし、数量の点では伏流による供給量が多く見積もられている。すなわち、この前提は 400  $m^2$  の面積で揚水量 5 万  $m^3$ /日としたが、扇状地を流れる区間の手取川の実測伏流量が 30 万  $m^3$ /日以下の日もあるからである。これに関連して私が考えるのは、従来の適正揚水量と見立てた揚水量を継続すれば

円礫の岩質では、手取川上流の1億年以上古い時代の岩石が礫になってから、流下距離が長い間、その間に転動して角がとれた円礫だけになったという地質条件が大きい。手取川上流部(II-1参照)には、飛騨変成岩と手取中生層が分布する。飛騨変成岩は一般に硬い岩石であるが、小さい亀裂が入って砕けやすいものがかなり多く、礫としては粗粒の黒雲母片麻岩の円礫が目立つ。手取中生層は、砂岩、礫岩、頁岩(粘土質岩)で構成されているが、河床礫や扇状地砂礫のうち、手取中生層の礫とわかるのは珪質砂岩が主で、手取中生層の岩石の量から見れば過半を占める粘土質岩の円礫は見当たらない。

扇状地地域には、径50cm級の円い巨礫がある。大きな円礫ができる条件としては、亀裂の少ない岩石が谷や河床に押し出されて流される間に、大きな礫のまま主に角がとれて円くなる硬い岩質の岩石であること、特に巨礫の中心部まで亀裂が入っていないため遠くまで転動して流下しても、二次的、三次的に砕けることがないという条件が満たされていることである。この条件は、手取中生層の珪質の砂岩に目立つ。手取川ダム上流にある百万貫岩(II-1参照)はその代表例である。なお、硬い岩質のものでも亀裂が中まで入っていると転動して流下していく間に、砕けていき、はじめの円礫より小さく円磨度の小さい礫と砂になり、更に砕けると砂が多くなる。

現河床礫や扇状地砂礫が硬い岩質の円礫だけになったのは、飛騨変成岩と手取中生層の古い岩石の分布地域と、扇状地入り口の扇頂部までの約15km間に別の地層があって、亀裂の多いものや軟らかい礫は砕かれて小石や砂や泥水となったからである。この中間地域の地層は無層理塊状で比較的軟らかい新第三紀層の緑色凝灰岩(グリーントフ)で、この礫が現河床にほとんどどないのは、洪水時に岩片となって運ばれたものがあっても、日照でバサッと砕けるなどして、礫として残るものは皆無といえる。

## 2) 砂礫層の水の通りやすさ

骨材の採取条件が優れているといわれるのは、砂礫を埋める粘性土が一般に少なく洗浄が容易であるということで、これは、砂礫層の水の通りやすさを端的に示す現実的表現といえる。手取川が海岸に近い扇状地地域まで巨礫を含む多量の砂礫を運んで扇状地砂礫層が形成されたとき、河床勾配が大きい急流河川で、出水時の流速が大きい間、細粒の粘土質部分は泥水となって流れ去って、粘性土が少なく水の通りの良い砂

礫層が形成される環境であった。これに加えて、現河床で観察できるように、一度堆積した砂礫が洪水後の河床で動かされ粘土質部分が二次的に洗い流されることが加わると、それだけ、水の通りやすい砂礫層となる。

アナログシミュレーションで述べた一般的な砂礫層の空隙率を20%と見るのが妥当であるとの解は、この条件、すなわち粘土分が少ないことを示唆する。

## III-4 地下水流動の速さ

### A) トレーサーとしてのトリチウム( $^3\text{H}$ )の利用価値

地下水調査の初期から、手取川扇状地の地下水が意外に動きの速いことが推定され、雨水自体のトリチウム( $^3\text{H}$ )濃度を天然のトレーサーとして、地表水が地下水へと転化流動する速さを検討することとし、 $^3\text{H}$ 濃度の経年変化傾向を地表水と地下水とを対比することによって地下水の年齢で表現するための調査を始めた。第1回の調査は昭和47~55年(1972~1980)の9年間で、相当の成果が得られた。

トリチウム( $^3\text{H}$ )は、水素の放射性同位体で、自然では大気中の水素(H)が宇宙線に打たれて生成されるもので、12.5年の半減期で減衰する。雨水中の $^3\text{H}$ 濃度は5TR程度である。ところが、1953年熱核爆発によって人為的に高濃度になり、熱核爆発の最盛期の1963~1964年に最大値(地球上では5,000TR以上、わが国では1,500TR以上)を示してから後は漸減して、この調査時には50~30TRとなった。図III-12は降雨の $^3\text{H}$ 濃度の経年変化を示すが、私どもの測定値は1972~1974年のものである。

なお、この時期にトリチウム( $^3\text{H}$ )の濃度測定調査を実施して成果が得られたことは幸運であった。というのは、扇状地地下水には降雨や地表水よりも $^3\text{H}$ 濃度の高いものが多かったからである。近年では、降雨の $^3\text{H}$ は5TR内外(表2参照)となり、熱核爆発以前の自然状態に戻り、今後は第1回のような成果は全く期待できない。第2回の調査は平成5年(1993)の同時採水だけで、平常に戻った時期に当たる。

### B) トリチウム( $^3\text{H}$ )による地下水の年齢

図III-13は、第1回の調査結果に第2回の結果を追記したものである。 $^3\text{H}$ による地下水の年齢判定の詳細については省略する(石川県報告書 第2報, 1976, 参照)。判定の前提になる採水は、降水、河水は現手取川ダム下流の女原地域、用水は鶴来の七ヶ用水

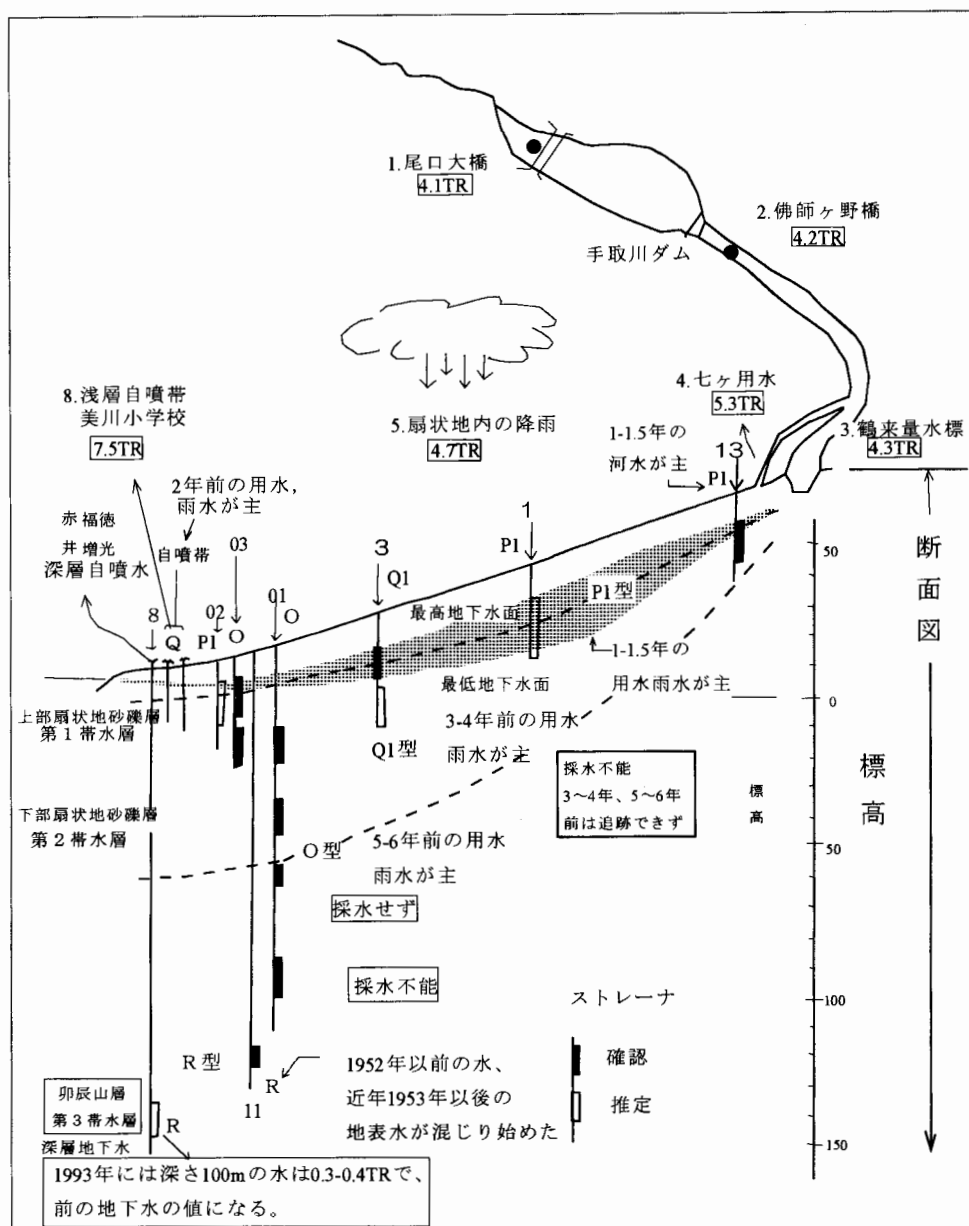


図 III-13 手取川扇状地における  $^3\text{H}$  濃度型による地下水の年齢  
 石川県報告書 第4報(1982)・第6報(1994) □: 第2回(1993)測定, 採水井の数字は表1参照

100 m 以深の深井戸で多量揚水している場合に限られ、ストレーナの位置から見て、第2帯水層と第3帯水層の地下水が混ざったものである。私が注目したのは扇状地内で都市用水を供給してきた松任市水道水源井群(図 III-14 の No. 01)で、40~120 m にストレーナがあるが、100 m 以深の地下水が長期間揚水されているため、地表水の垂直的浸透のほか、上流部に当た

る鍋底型の低下地域の第1帯水層(現在 P 型 1.5 年以内)の地下水を第2帯水層以深まで引き落としつつ、更に第3帯水層まで流動するのに数年かかったことを暗示しているからである。

④R 型は、この調査で設置した観測井戸で常時揚水しない 100 m 以深の第3帯水層の地下水のうち、県 1 号井(松任中学、図 III-14 の No. 11, 131~137 m

表2 <sup>3</sup>H濃度による地下水(第2回, 1993)の年齢判定表

地 表 水	雨水	⑤	4.7TR	12月21日の降雨 他は12月20日に採水  河川水、用水が上記の降水と等しく、少なくとも今年の降水の <sup>3</sup> H濃度は、この程度といえる。	
	河水 手取川ダム湖の水	①	4.1TR		
	ダム下手取川の水	②	4.2TR		
	鶴来量水標地点の手取川の水	③	4.3TR		
	用水	七ヶ用水	④	5.3TR	
-----					
地	浅層(第1帯水層)			第1回(昭和47~55年)の判定では1~1.5年前の地下水。今回もこれより古くはないと判定。	
	徳光浅井戸(No.8-1)	⑨	3.7TR		
	赤井浅井戸(No.7-1)	⑩	5.7TR		
-----					
下 水	浅層自噴帯(第1帯水層+第2帯水層上部)			第1回の判定は2年前。今回も同様と判定。  核爆発実験による <sup>3</sup> H濃度が人工的に増大する以前。50年以上前。判定は前回より明確。  赤井浅井戸と等しい値。理由不明。	
	美川小学校(No.29)	⑧	7.5TR		
	第3帯水層(深層、被圧地下水)				
	福増(No.5)水頭部	⑥	0.31TR		
	(昭和50年代自噴)				
	福増(No.5)		0.3 TR		
	深さ100m	⑦	以下		
	徳光(No.8-2)		0.38TR		
	深さ100m	⑪	0.38TR		
	赤井(No.7-2)		5.8 TR		
	深さ100m	⑫	5.8 TR		

石川県報告書 第6報(1994)

m層準の地下水を採取測定したが、0.3 TRで、少なくとも50年以前の古い地下水の値であった。

C) 地下水の年齢の要約

以上を要約すると、<sup>3</sup>H濃度の調査により扇状地の地下水流動の速さを年単位の数量的に把握することが可能になったことである。すなわち、扇状地の地下水は、第1帯水層が1~1.5年以内、扇中央部の第2帯水層が2~3年前、その上流部に当たる扇頂部で地下水位が第2帯水層の層準まで低下した地域では1~1.5年以内の地表水である。また、手取川河岸地域の地下水が1~1.5年以内であるのに対し、扇端部にある浅層自噴帯は2年前である。したがって、いずれもごく若い地表水に由来する。

地下水の年齢で注目すべきは、扇中央部の松任市水道水源井群などの多量揚水地域の第3帯水層の地下水が5~6年と若い年齢であることで、これは、扇頂部の多量の地下水が第1帯水層から第3帯水層まで引き落とされることを数十年も継続し、特異な地下水低下をきたしたことを示唆する。

もう1つ、地下水の年齢に関して、海底に逸流する扇状地地下水を探ることについて述べる。海岸地域の

扇端部に北から南の3地点に設置した福増(図III-1, No.5)、徳光(図, No.8)、赤井(図, No.7)はいずれも深さ200mで100m以深の第3帯水層の地下水を得る深井戸と浅い第1帯水層の地下水位とを観測できる二重コア試錐である。特に、第3帯水層の地下水が海底に逸流するとすれば、扇中央部の第2・第3帯水層の地下水の<sup>3</sup>H濃度が100 TRと高く、その上、海岸地域の福増の第3帯水層の<sup>3</sup>Hが微増していたので、これを追跡するため、十数年後の第2回の調査では上記3つの深井戸を測定したが、<sup>3</sup>H濃度は50年以前熱核爆発以前のほぼ0 TRの値に戻ったので、海底に逸流することの有無を判定する目的を達することはできなかった。

扇状地の地下水が海底斜面から海中に逸流していると私が予想したのは、漁業関係者が海底に真水が湧水するところがあるとの伝聞情報によるものである。航空機によるリモートセンシング画像解析でも、海岸近くの浅い伏流水の逸流を捉えた例はある(渡部ほか, 1981)が、深い海底への逸流は海が静かで漁師が経験したように、冷たい真水が垂直的に上昇するときに航空機を飛ばす必要があると考えられる。航空機の飛行は3回ともこの条件を満たしていなかった。

III-5 手取川河水の影響圏

手取川扇状地の地下水の供給源として、手取川の伏流水の影響範囲を推定することは、調査の主目的に沿うものであり、調査の初期から後期まで調査資料を得るよう努めた。その重点調査項目は、調査初期の主に水質によるもの、調査中期のアナログシミュレーションによるもの、調査全期を通じて地下水位の伏流型と灌漑型との分布によるものの3つである。

A) 水質による影響圏の推定

これは、調査の初期(昭和37~49, 1962~1965)に実施したもので、当時、水質分析には石川県(市川渡他, 1963)の水温、pH、RpH、硬度などの調査報告があったが、私が重点を置いたのは水比抵抗( $\rho$ )である。私(渡部, 1969)は、 $\rho$ の減少率を地表水が地下水に転化してからの相対的な時間の長短を知るのに用いて相当数の成果を得ていたので、同時採水による $\rho$ の測定を6回行った。当地域では人為的汚染のためか、私が期待するほどの結果は得られなかったが、これによって伏流の見当はつけられた。

汚染の少ない雨水は、わが国では海塩が純水に極度に希釈されたと見なしうるCl<sup>-</sup>- $\rho$ の関係を示すので、



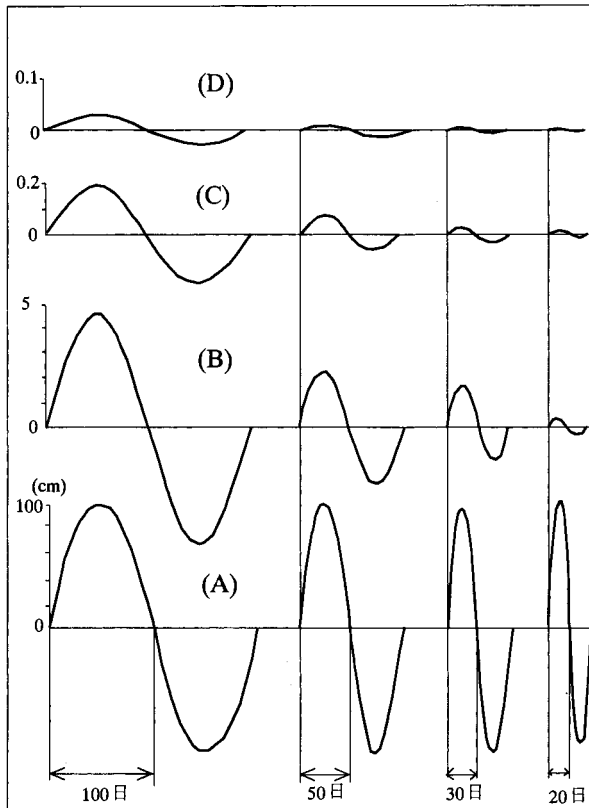


図 III-16 アナログ計算機による手取川付近の地下水位変動  
山崎良雄(1982)

か、若干の疑問はあるが、この結果を手取川の実情に照らすと、伏流の影響圏は、灌漑期が 500 m、非灌漑期には 1,000~1,500 m 見当になる。ただし、これは、容水地盤の性格を一定にした場合で、扇頂部・扇中部・扇端部の差を考慮しない試算値であるが、大綱を把握するには役立つものとする。

#### C) 地下水位型による影響圏の推定

手取川河岸扇状地には伏流型が分布するので、伏流型の分布が正確にわかれば影響圏を決定できると考えた。地下水位調査では、例えば、河岸 No. 4 (図 III-1 の No. 51) から扇状地観測井安吉 (図 III-1 の No. 2) まで 500 m おきの観測井を設置して、伏流型の範囲が確認された地域もあるが、手取川河岸全域については次の観測値の解析によって決定した。図 III-17 はその判定図である。

平成元年 (1989) は、灌漑期の 4・5・6 月とも降水量が少なく (図 III-17 の左上参照)、このため河川流量の点で伏流水による地下水位の上昇する程度が小さ

かった。4 月灌漑期の大量の導水により急速に地下水位が高くなった範囲をつきとめることができた。すなわち、図の影響圏とした地域の地下水位が 0.5 m 以内であるのに対し、灌漑型では 1 m 以上の地下水位急上昇の範囲を識別でき、両者の境は図の破線となり、この点線以内の河岸地域を影響圏と見なした。なお、昭和 9 年 (1934) の大洪水の氾濫域はこの伏流の影響圏とかなり似ているようである (図 II-14 参照)。

### III-6 大量分水の影響に対する将来予測

この調査の主目的は京都市用水として計画最大分水量  $5\sim 6 \text{ m}^3/\text{s}$  まで取水しても手取川扇状地の地下水に悪影響を及ぼすことがないとの前提の可否を検討することであり、この将来予測として、河川流量及び地下水位からの検討結果は次の通りである。

#### A) 河川流量からの検討結果

手取川の河川流量から妥当な伏流量を見積もり分水量の影響を検討するため、昭和 47~50 年 (1972~

和54年(1979)以前と以後との経年的な地下水位の低下傾向を比較して、分水の影響を検討することである。

図III-18は、昭和37年以降、平成5年までの全期間の代表的な長期観測井の年平均地下水位の経年変動を示す。この図で見ると、分水開始以前10年間に比して分水後10年間は、地下水位低下傾向が加速されている。図III-19は、分水開始から平成5年までの14年間の年平均地下水位の低下等値線図で、扇状地全体の低下傾向が鍋底型を呈し、扇頂部では年平均30cmに及ぶことを示す。

昭和54年以降の県都市用分水の分水水量を見ると、河川流量約48 $\text{m}^3/\text{s}$ (28~71 $\text{m}^3/\text{s}$ )に対し、分水水量が約1 $\text{m}^3/\text{s}$ になったのは昭和60年(1985)であり、平成5年(1993)には2 $\text{m}^3/\text{s}$ 弱であるのに、河川水伏流の影響外の扇状地主部の観測井の地下水位低下が顕著であった。したがって、上記の地下水位低下傾向は分水水量1~2 $\text{m}^3/\text{s}$ の影響によるものではないといえる。

地下水位低下量が比較的に大きかったのは、30年渇水年の昭和62年(1987)で、この年には手取川河川流量が異常に少なく、50 $\text{m}^3/\text{s}$ 以上の日数が74日で、昭和55年以後河川流量が最も少なく、流量0 $\text{m}^3/\text{s}$ の日が43日と多かった。この年の扇状地全域に及んだ地下水位低下は追加調査によって大多数の観測井では1年後、遅いものでも3~4年間に回復したことが認められた。これは、私の予想通りであり、この地下水の異常低下が分水の影響でなかったことは明らかであるが、この視点だけでは5~6 $\text{m}^3/\text{s}$ の影響について数量的な予測の解は得られない。

第2は、地下水位と河川流量から県都市用水5~6 $\text{m}^3/\text{s}$ を取水した場合の地下水位低下量を試算し、分水の地下水に与える影響について検討することである。分水開始後の14年間の観測地下水位のうち、影響圏内の河岸扇状地の地下水位及び河岸観測井の地下水位には自然的低下量に分水に起因する低下量が増加している。したがって、分水水量に相当する流量が増加したときの手取川流量に対応する地下水位の近似値が得られれば、県計画最大分水水量5~6 $\text{m}^3/\text{s}$ のときの地下水位低下量を予測することが可能になる。この試算には、河川敷に最も近い河岸観測井について検討した。

その結果、河岸観測井のうち、右岸No.4(上流部、河口から9kmの右岸、図III-1のNo.51)では平成5年の分水水量1.79 $\text{m}^3/\text{s}$ で約4cm地下水位が低下し

たことになった。すなわち、分水開始年に比べて14年後には、右岸No.4観測井で63cm地下水位が低下したが、そのうち約4cmが分水による低下量である。そうして、最大分水水量に当たる河川流量が5 $\text{m}^3/\text{s}$ 減少したときの右岸No.4観測井の地下水位低下量は12cmと見積もられる。これが計算上の解である。

次に、左岸No.3(図III-1のNo.44)、左岸No.2(図III-1のNo.43)、右岸No.2(図III-1のNo.42)、右岸No.1(図III-1のNo.41)について同様の作業を実施したところ、河川流量5 $\text{m}^3/\text{s}$ が減少したときの地下水位低下量は、左岸No.3で13cm、左岸No.2で3cm、右岸No.2で3cm、右岸No.1で2cmと算出された。

これを要約すると、河岸地域の扇頂部では、12cm、扇中央部では13cm、扇中央-扇端境界部では3cm、扇端部では2cm低下という結果となった。

### C) 最終結論

最終結論として、地下水変動が比較的大きい扇頂部(右岸No.4)と扇中央部(左岸No.3)で、最大分水水量5~6 $\text{m}^3/\text{s}$ のときの地下水位低下量は約15cmと見積もられる。なお、分水水量0.14 $\text{m}^3/\text{s}$ の昭和55年(1980)から14年後の分水水量1.79 $\text{m}^3/\text{s}$ の平成5年(1993)の地下水位低下量63cmのうち、分水による低下量は4cmであったが、63cm低下した平成5年には地下水位低下の悪影響はなく、最大分水水量による地下水位低下量約15cmに達するのは、今後の経済的・社会的な情勢によるが、10年以上かかると予想される。

この15cmの低下量による伏流の影響圏内の地下水位低下量は僅少であり、影響圏に分水の悪影響はないものといえる。これが影響圏の地下水についての将来予想である。

## III-7 扇状地の水環境保全について

### A) 扇状地地下水に対する予測関連事項

分水による扇状地地下水への影響のないことは前述の通りであるが、関連事項として述べたいことがある。

第1は、扇状地8ヶ市町村の水田面積は昭和38~59年(22年間)に21%減少した。その後数十年間では水田面積の減少率が更に大きくなっていると予想される。今後、水利権の更新があると仮定して、そのとき、導水量が20%減となることになるとすれば、その導水量は5 $\text{m}^3/\text{s}$ 減であり、これは県都市用水の最大分水水量とほぼ等しくなって、その時点で分水の影響

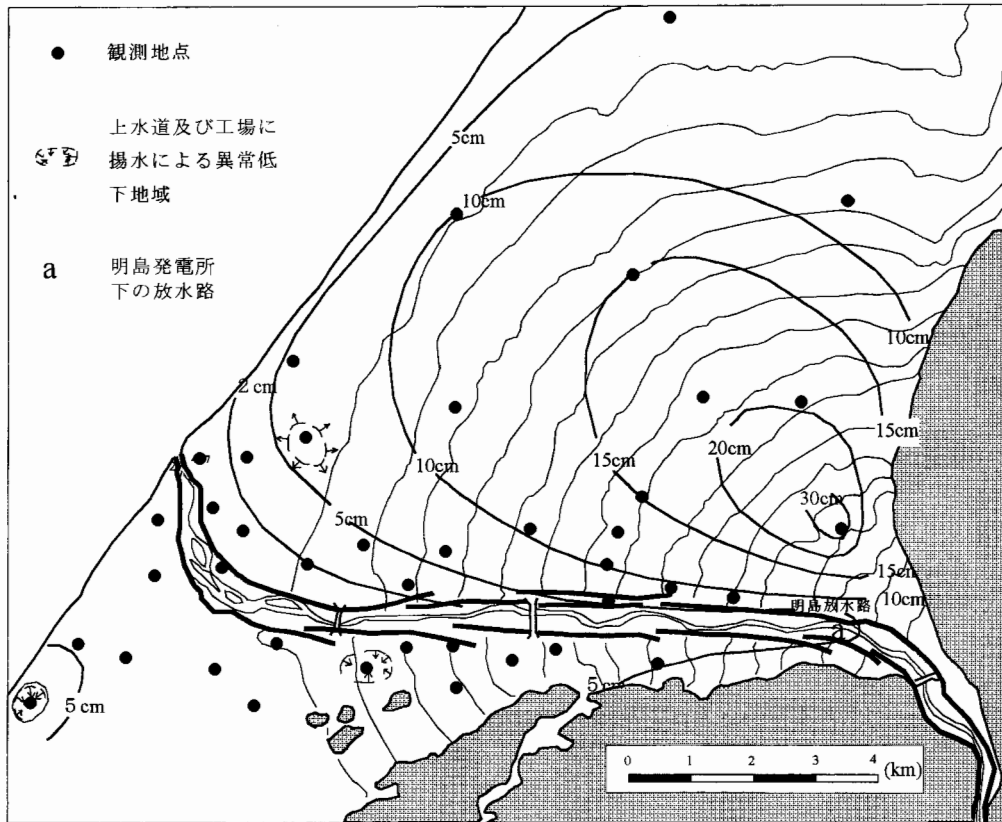


図 III-19 県分水開始後 14 年間 (1980~1993) の地下水位の年平均低下等値線図  
石川県報告書 第 6 報 (1994)

本調査以前の昭和 40 年代以前の地下水位低下は、扇状地広域にわたる各町村各部落の簡易揚水井、都市水道水源井など用水量が比較的に多かったのは公共的用水の需要によるものが主であったが、経年的に企業の揚水が加わり、昭和 50~60 年 (1975~1980) には水田游泥灌漑による圃場整備、用水路の三面張などによる地表水の浸透率の低下、更に土地開発、減反政策による減少が挙げられる。これらにより、全体として地下水位低下が加速されてきた。

その結果として、年間地下水位変動曲線を見ると、極く一部を除いて単独の揚水井としては顕著な過剰揚水のものはないが、地下水位低下の影響としては地下水位が井戸底以下になって、新たに深い井戸を設置したり、揚水井を放棄すること以外の深刻な実害となる時期は当分ないと予測する。なお、海岸地域の扇端部でも浅層・深層自噴井の水頭は地面以下に低下する傾向があるが、第 1 帯水層の地下水位は海水準以上に保たれている地域が広い。

#### B) 地下水保全についての希望

手取川扇状地では全域にわたって地下水が飲料水として使用され、松任市等 6 市町などでは「地下水」を飲み水として守る条例や要綱を持っているといわれる。手取川扇状地では豊富な良質の地下水が得られ、外に多量の水源地は求めがたいことを考えると、地下水汚染の予防対策が万全であることを期待するものである。

ここでは、陸砂利採掘関連のことと、地下水質汚染防止対策について述べる。

第 1 は、陸砂利採掘が扇状地地下水に悪影響を及ぼさないように規制することである。手取川扇状地の砂礫は全国的に見ても、骨材として品質・採取条件とも優れており、県の立場では活用しうる貴重な資源である。現実には深さ 15 m までの砂利採取許可地域が広く、採取済域は手取川河岸地域を主とし、平成 3 年度で約 5 万  $m^2$  に及んでいる。これに対する私の見解は、採取後に埋戻す材料は人為的汚染のない山土であ



図版 2 北流する手取川河水 (III-8c 参照)

1979年10月26日の北流の例。上記の画像解析で、海中へ湧出する地下水を把えるため、水温判定の精度を $15\sim 25^{\circ}\text{C}$ と限定したが、河流は第1回と類似の形態で北流し、低温域として河口から1.5 km 追跡された。しかし、海がしけていて、海中からの冷水の湧出は確認できなかった。海水温 $20.0\sim 20.2^{\circ}\text{C}$ 、河水温 $18.3\sim 19.0^{\circ}\text{C}$ 、沿岸流 $19.4\sim 20.0^{\circ}\text{C}$ 。

側へ流下する地下水汚染が指摘される。本地域では、使用汚染物質が速い速度で地下水汚染となって拡散し、影響が広域に及ぶ。比重が大きい溶剤ほど深部へ進む可能性があるため、今後化学溶剤の種類は異なっても、この種の地下水汚染が発生しないよう留意する必要がある。

#### C) 手取川河水の行方

手取川の現状のまとめとして、リモートセンシング画像によって河口から日本海へ注ぐ手取川の河水流から沿岸流の方向を把えたことについて述べる(渡部ほか5名, 1981)。2枚のカラー写真は、熱赤外画像で河水流を海水との温度差で表現したものである。航空機によるリモートセンシング画像資料の採取は3回実

~~~~~  
学 会 記 事  
~~~~~

**第1回 常務委員会議事録**

日 時：平成14年5月18日（土）15時～18時

場 所：慶應幼稚舎 会議室

出席者（11名）：下野 洋，池田幸夫，馬場勝良，青野宏美，宮下 治，林 慶一，五島政一，高橋 修，松川正樹，渋谷 紘，濱田浩美

**議 題**

## 1. 平成14年度山口大会について

池田幸夫副会長・山口大会実行委員長より，山口大会の現在までの準備進行状況などが報告された。プログラムについては地学教育次号(55-3)に掲載される予定である。

## 2. 評議員会について

夏の定例評議員会は，8月17日17時から山口大学大会会館で開催されることが報告された。

## 3. 学術奨励賞について

本年度学術奨励賞選考のための委員会（濱田浩美委員長）を発足させ，次回常務委員会までに選考結果が報告されることになった。

## 4. 山口大会大会宣言について

山口大会宣言草案は山口大会大会本部で作成され，評議員会で承認される予定であることを確認した。

## 5. 平成15年度以降の大会について

高橋 修行事委員長より，平成15年度上越大会の現在までの準備状況について，上越大会準備委員会からの報告をもとに説明があった。

## 6. 日本教育連合表彰者の推薦について

本年度の日本教育連合表彰者には，浅賀正義会員を推薦することが承認され，評議員会で議題としてとりあげることを確認した。

## 7. 入会者・退会者について

事務局から下記の入・退会者が報告され，承認された。

入会者：小池邦昭（東京），小川義和（埼玉），前田由紀（福井），丸山郁子（埼玉），横山善人（岡山），斉藤隆登（広島），真砂佳菜子（千葉）

退会者：岡和田健文（滋賀），小野俊夫（福島），酒本忠雄（埼玉），高橋伸行（愛知），

篠原政三（群馬），柳橋博一（神奈川）

## 8. その他

10月12日に行われる予定の，日本地学教育学会秋のシンポジウムの運営委員会を発足させた。

**報 告**

## 1. 各種常置委員会から

・林 慶一編集委員長より，55巻3号の編集状況が報告された。

## 2. 学会に送られた寄贈交換図書について報告があった（以下）。

日本理科教育学会，理科の教育，597, 598

日本理科教育学会，理科教育研究，42-2

立正地理学会，地域研究，42-2, 1

日本地理教育学会，新地理，49-3, 4

北海道地学教育連絡会，郷土と科学，114

兵庫県人と自然の博物館，Nature & Human Activities, 6

地質調査総合センター，地質ニュース，570, 571

東京地学協会，地学雑誌，111-2

## 3. その他：次回常務委員会は，平成14年7月8日（月）18時より開催予定。

**第2回 常務委員会議事録**

日 時：平成14年7月8日（月）18時～19時30分

場 所：日本教育研究連合会 小会議室（4階）

出席者（7名）：下野 洋，馬場勝良，青野宏美，渋谷 紘，濱田浩美，土橋一仁・高橋 修

**議 題：**

## 1. 学術奨励賞について

本年度学術奨励賞選考結果が濱田浩美学術奨励賞選考委員長から報告された。

学会賞に関しては候補者の推薦，応募がなく該当者なしとした。また，論文賞として，神鳥 亮会員ほかの「インターネットを活用した天文教材の開発」（54巻2号）を優秀論文賞候補として，評議員会に推薦することが報告され，了承された。また，教育実践優秀賞候補は，結果保留ということで，さらに委員会で審議した上で決定し，評

# 学術書籍・欧文誌・学術定期刊行物専門

電算写植組版・データベース加工, メディア加工, 編集, 情報処理加工まであらゆるニーズにお応えします。技術と信用をモットーにご奉仕します。

数式組版

→ Fujii, T. ....  
To., Arai, K  
tudv

Therefore, from (4.9),

$$\begin{aligned} & n \left( \frac{d}{d\sigma} (\operatorname{Re} \lambda) \right) \Big|_{\substack{\lambda=iy_j \\ \sigma=\sigma_j}} = \operatorname{Sign} \left( \operatorname{Re} \frac{d\lambda}{d\sigma} \right) \Big|_{\substack{\lambda=iy_j \\ \sigma=\sigma_j}} \\ & = \operatorname{Sign} \left( \operatorname{Re} \left( \frac{d\lambda}{d\sigma} \right)^{-1} \right) \Big|_{\substack{\lambda=iy_j \\ \sigma=\sigma_j}} = \operatorname{Sign} \left( \operatorname{Re} \left\{ \frac{(1+d_2a_j+\lambda)+rce^{-\lambda r}}{-\lambda rd_2a_j e^{-\lambda r}} + \frac{1-\sigma}{\lambda} \right\} \right) \Big|_{\substack{\lambda=iy_j \\ \sigma=\sigma_j}} \\ & = \operatorname{Sign} \left( \operatorname{Re} \frac{1+d_2a_j+\lambda+rce^{-\lambda r}}{-\lambda rd_2a_j e^{-\lambda r}} \right) \Big|_{\substack{\lambda=iy_j \\ \sigma=\sigma_j}} \\ & = \operatorname{Sign} \left( \operatorname{Re} \frac{1+d_2a_j+iy_j+rce^{-iy_j r}}{-iy_j rd_1a_j e^{-i\theta_j}} \right) \\ & = \operatorname{Sign} \left\{ -\operatorname{Re} \frac{(1+d_2a_j)e^{i\theta_j}}{iy_j rd_1a_j} - \operatorname{Re} \frac{rce^{(\theta_j-y_j)r}}{iy_j rd_1a_j e^{i\theta_j}} - \operatorname{Re} \frac{1}{rd_1a_j} e^{i\theta_j} \right\} \end{aligned}$$

フランス語辞書

〔messieurs の略〕⇒ monsieur  
madame の略

〔mesdames の略〕⇒ madame

le [モ・ビル mobil] 〔行動・犯罪の

## INDEX

M. → Shimizu, N. ....1126  
A., Miyachi, H., Shibata, Y., Hashimo-  
Iwasaki, S.: Augmentation by Phthal-  
phorbol Ester-Induced Expression of  
crosis Factor Alpha Message...1001

(B)

ng, S. Y.: Differentiation Induc-  
-Chloro-3-amino-1,4-naphtho-  
an Leukemia HL-60 .....824  
Iwa, Ts. ....335, 783  
K. ....567  
Hase, K., Kadota, S.,

## moime

模範, 手本 (= exemple): prendre  
+ (人) 人を手本にする。人をみならう。  
un ~ réduit (ミニカーなどの)縮尺

[モ・デるヌ modern] 〔名〕の(後)

①現代の。現代的な: les temps ~s 現代。

②近代の。

moderniser [モ・デる・ニ・ゼ modernize] (第  
1群: 〔名〕modernisant, 〔名〕modernisé) 〔動〕  
現代化する。(現代風に)改良する。

modeste [モ・デスツ modest] 〔名〕①質素な:  
un appartement ~ 質素なアパートマン。  
②慎み深い: un artisan ~ 謙虚な職人。

③安い, 低い: des revenus ~s 低い所得。

modifier [モ・ディ・フィエ modifje] (第1群:



株式  
会社

# 国際文献印刷社

## International Academic Printing Co., Ltd.

<http://www.bunken.co.jp/>

本 社 〒169-0075 東京都新宿区高田馬場 3-8-8  
Tel: 03(3362)9741/Fax: 03(3368)2822  
e-mail: bunken@bunken.co.jp

第二工場 〒169-0075 東京都新宿区高田馬場 4-4-19  
Tel: 03(3367)6841/Fax: 03(3364)0041

第三工場 〒162-0801 東京都新宿区山吹町 358-5  
Tel: 03(3260)7286/Fax: 03(3260)7276

## 編集委員会より

定例編集委員会は、6月15日(土)午後および7月13日(土)午後に開かれました。編集状況は、原著論文2件、教育実践報告1件、解説1件、が受理されました。

原稿の投稿先

〒658-8501 神戸市東灘区岡本 8-9-1

甲南大学理工学部地学研究室 日本地学教育学会 編集委員会 林 慶一 宛

Fax: 078-435-2539, TEL: 078-431-4342 (内線 5520), 078-435-2517 (直通)

E-mail: kihayasi@konan-u.ac.jp

## 地 学 教 育 第 55 卷 第 4 号

平成 14 年 7 月 21 日印刷

平成 14 年 7 月 26 日発行

編 集 兼 日 本 地 学 教 育 学 会  
発 行 者 代 表 下 野 洋

〒263-8522

千葉県千葉市稲毛区弥生町 1-33

千葉大学教育学部理科教育教室内

電話 & FAX 043-290-3682 (濱田)

振替口座 00100-2-74684

印 刷 所 株式会社 国際文献印刷社

169-0075 東京都新宿区高田馬場 3-8-8

電話 03-3362-9741~4