

地学教育

第43巻 第3号 (通巻 第206号)

1990年5月

目 次

原著論文

泥層中の微化石による地層の対比の教材化

—埼玉県飯能市の入間川流域を例として—……………宮下 治… (73~87)

化学的風化作用とその教材化—花崗岩類深層風化殻の場合—……………秦 明德… (89~100)

寄 稿

地史学上における「時」の概念……………小林貞一…(101~105)

平成2年度全国地学教育研究大会 大阪大会 プログラム
日本地学教育学会第44回全国大会

平成2年度大学入学者選抜大学入試センター試験問題の検討 (106~108)

案内：第24回夏季大学「新しい気象学」—海と大気—の開催 (88)

「現代の宇宙像—宇宙の誕生から超新星爆発まで—」講習会 (88)

日本地学教育学会

184 東京都小金井市貫井北町4-1 東京学芸大学地学教室内

会費納入についてお願い

本年度分の会費 4,000 円をご納入下さい。送金は、振替口座 東京 6-86783 をご利用下さい。なお、前年度分の会費未納の方がまだおられますが、本年度分とともに現金書留で至急お送り下さるようお願いいたします。

会費は 6 月末ごろまでに納入いただきたく、補助金が支給されるまで印刷費その他の支払に困ることがありますのでご協力下さい。また、会費の納入率が悪いと補助金の申請にも支障をきたしますですのでよろしくをお願いいたします。

編集委員会からのお願い

- 必要事項を記入した「原稿送付状」を必ず付して下さい。原稿送付状は請求下されば送ります。
- 査読用および印刷途中の紛失事故などに対処するため、お手数ですがコピー（縮小でも可）を付して下さい。
- 最近ではワープロによる原稿が多くなり係としては歓迎しておりますが、ワープロ特有の誤字に注意して下さい。25 字づめで、字間はなるべくつめ、行間はなるべくあけて印字して下さい。
- 図・表の説明は挿入個所に書いて下さい。（後のまとめて書いたり、原図に書きこまない）図表の大小に関係なく行間を数行あけて下さい。原図はそのまま版をとりますから完全原稿で願います。編集委で写植はできません。とくにコピーの線の「かすれ」など凸版にすると目立ちますのでご注意ください。
- 大きさが数 cm ならずの小さい図はコスト高になります。小さい図はいくつかまとめて製版できるご配慮願います。図および表の文字は 7 ポイント（本文の文字よりやや小さい）ぐらいに縮小いたします。
図・表の左右の長さは 7 cm または 14 cm 仕上りが望ましいので作図のときご配慮下さい。
- ワープロ印字の原図の場合、製版図がしばしばかすれることがありますので、なるべく濃く印字下さい。
- 投稿規定では、「原著論文・総説は刷上り 16 ページ以内となっておりますが、内容によっては 8 ページ、12 ページにつめて頂くことがあります。とくに図版、図、表、写真は精選して下さい。

全国大会について御案内

本年度の大会は開催案内の通り、全体会での研究発表 6 件、小中高校分科会 54 件、演示および展示による発表 27 件あり、内容の充実した大会となります。また、大会テーマも「地球を守るため—地学教育の役割」、国際的な課題である環境問題をとりあげました。シンポジウム「児童生徒の素朴な疑問にどう答えるか」というテーマもこれまでになかった企画であります。

会場は、国際会議もできる「大阪国際交流センター」収容人員も数 100 人という立派な会場であります。1 人でも多くの方々のご参会をお願い申し上げます。

大会参加・研修見学・懇親会など大会参加要領は大会開催案内の 5 ページにあります。とくに、研修見学や懇親会については事前に参加者数を把握しないと準備ができませんので、なるべく早く指定された申し込み方法によって手続き下さるようお願いいたします。

平成2年度全国地学教育研究大会
日本地学教育学会第44回全国大会

大阪大会 開催案内

上記の大会を次の要領で開催いたします。何とぞご出席下さいますようお願い申し上げます。

日本地学教育学会会長 平山勝美
全国大会 実行委員長 山際延夫

大会テーマ 「地球を守るため—地学教育の役割」

主催 日本地学教育学会
共催 大阪府高等学校地学教育研究会 大阪府中学校理科教育研究会 大阪府小学校理科教育研究会連絡会
大阪府立中学校教育研究会理科部 大阪府小学校教育研究会理科部 大阪府私立中学校高等学校理科教育研究会
後援 文部省 大阪府教育委員会 大阪市教育委員会 全国高等学校長協会 全日本中学校長会 全国連合小学校長会 日本私立中学高等学校連合会 財団法人日本教育研究連合会 日本理科教育協会 大阪府立高等学校長協会 大阪府公立中学校校長会 大阪府小学校長会 大阪府立高等学校長会 大阪府立中学校校長会 大阪府立小学校長会 大阪府私立中学校高等学校連合会 兵庫県地学会 京都地学教育研究会 奈良県地学教育研究会 奈良県高等学校理化学会 和歌山県高等学校教育研究会理科部 滋賀県高等学校理科教育研究会 (交渉中を含む)

期日 平成2年8月21日(火)～24日(金)
会場 大阪国際交流センター
(大阪市天王寺区上本町8-2-6, TEL. 06-772-5931) 地下鉄谷町9丁目駅, 近鉄上本町駅下車, 徒歩7分

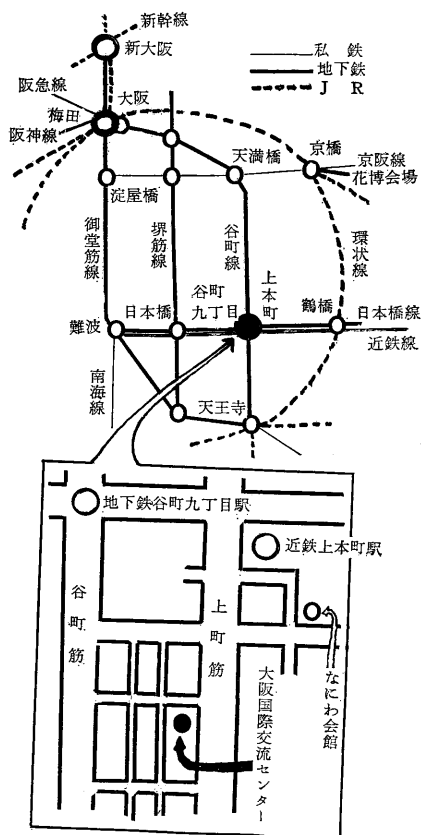
日程

第1日 8月21日(火) 研究大会
9:30～10:00 受付
10:00～10:30 開会式
10:30～10:50 表彰式
10:50～12:20 記念講演
13:30～15:00 分科会
15:00～15:30 演示および展示発表
15:30～17:00 シンポジウム
18:00～20:00 懇親会

第2日 8月22日(水) 研究大会
9:00～12:00 分科会
13:00～13:30 演示および展示発表
13:30～16:30 分科会
16:30～17:00 閉会式

第3日 8月23日(木) 研修見学
Aコース(関西国際空港, 第1日目)
Bコース(二上山)
Cコース(大阪市内)

第4日 8月24日(金) 研修見学
Aコース(関西国際空港, 第2日目)



J R大阪駅より: 地下鉄谷町線西梅田より谷町9丁目へ
J R新大阪より: 地下鉄御堂筋線にて難波で乗りかえ地下鉄日本橋線又は近鉄線へ

プログラム

第1日 8月21日(火) <午前>

記念講演 (10:50~12:20 大ホール)

「地球環境の将来」.....京都大学教授 山元龍三郎

第1日 8月21日(火) <午後>

合同部会 (13:30~15:00 大ホール)

- ①13:30 恐竜の復元.....谷本正浩(大阪府立東大阪養護学校高等部)
- ②13:45 日没観察とその教育効果.....半田 孝(大阪府立花園高)
- ③14:00 NO₂簡易カプセルを用いた小気候の教材化.....榊原保志(東京都中央区立佃中)
- ④14:15 ひとりで学ぶ星の動きの指導—シミュレーション技法を生かした星の動きの個別学習(小・中・高を通じた天文教材指導上の問題点と打開策).....山田幹夫(穴吹情報ビジネス専門学校)・中井敏博(香川県香川町立香川一中)・宮武敏明(香川県香川町立川東小)
- ⑤14:30 江戸期の天文学史を現代の地学教育に生かす.....嘉数次人(大阪市立科学館)
- ⑥14:45 国土数値情報による地形解析.....大阪府高等学校地学教育研究会C. E.委員会

演示および展示発表 (15:00~15:30 ギャラリー)

コンピューター演示

- ① 震源分布の立体視.....安井 孝(滋賀県立石山高)
- ② 天体観測指導のための支援ソフトの開発.....藤川雅康(大阪教育大)・柴田 誠(大阪府立城東工高)・横尾武夫(大阪教育大)
- ③ 飽和水蒸気量の学習.....奥田 昇(大阪府和泉市立南池田中)・石井公男・辻村純一・中塚一仁(大阪府和泉市立信太中)
- ④ 地質構造と重力異常.....河原林育朗(大阪府立池田高)
- ⑤ 東六甲の地形と地質.....吉村敬司(大阪府立茨木東高)
- ⑥ 国土数値情報による地形解析.....大阪府高等学校地学教育研究会C. E.委員会
- ⑦ 日本付近の震源分布.....岡本義雄(大阪府立横山高)
- ⑧ 地球の内部構造を探る—シャドウゾーン—.....柴田 誠(大阪府立城東工高)
- ⑨ 惑星の運動—ケプラーの法則—.....寺前 充・半田 孝(大阪府立花園高)
- ⑩ 惑星の視運動.....山敷達也(大阪府立砂川高)
- ⑪ パソコンソフトの演示—世界気候プログラム, 地震プログラム他—.....小長谷 誠(京都府立福知山高)
- ⑫ 身近な気象教材とその教育効果.....小柴治男(大阪府大谷高)
- ⑬ パソコンによる地質図の書き方と読み方.....細谷 一(新潟県立高田高)
- ⑭ 鉱物の晶系と形.....山口 弘(大阪教育大)
- ⑮ 地震波の伝わり方と走時曲線.....山口 弘(大阪教育大)
- ⑯ パソコン版「POWERS OF TEN」.....山敷達也(大阪府立砂川高)
- ⑰ ブラックホールとは何か.....福江 純(大阪教育大)
- ⑱ コリオリの力を運動学的に理解させる.....横尾武夫(大阪教育大)

展示発表

- ① 大阪の雲.....半田 孝(大阪府立花園高)
- ② 砂の粒度分析観察器の開発とその活用.....岩田 修(岐阜県教育センター)
- ③ 彗星軌道と惑星軌道の模型作製.....田口泰雄(大阪府立盾津高)

- ④ 理科教材としての雪の結晶・氷晶……………山下 晃・小西啓之・谷 圭祐（大阪教育大）・
浜根一寿（兵庫県三田市立狭間中）
- ⑤ 第四紀堆積物から古環境を推論する一花粉分析の基礎資料について……………福原悦満（東広島市立川上小）
- ⑥ 教材としての天体写真の撮影について……………岡田昌訓（大阪府立阿倍野高）
- ⑦ 生徒用野外観察ノートの作成……………大阪府高等学校地学教育研究会・野外教材開発委員会
- ⑧ 最近作成した地学実習教材……………大阪府高等学校地学教育研究会・実習教材開発委員会
- ⑨ プレートモデル……………岩橋豊彦（大阪府立砂川高）

シンポジウム（15：30～17：00 大ホール）

「児童生徒の素朴な疑問にどう答えるか」

第2日 8月22日（水） <午前>

高等学校部会（9：00～12：00 小ホール）

- ① 9：00 理科巡検旅行における地学実習……………半田 孝・池田 正・泉 博之・寺前 充（大阪府立花園高）
- ② 9：15 植物化石を取り出す実習と教育効果……………酒匂俊彦（大阪府樟蔭東高）
- ③ 9：30 実習を中心とした地学の授業……………芝川明義（大阪府立大東高）
- ④ 9：45 花崗岩の風化―「真砂土」と土石流について……………田中勝章（大阪府桃山学院高）
- ⑤ 10：00 大阪の自然災害について―教材化への取り組み―……………藤岡達也（大阪府立勝山高）
- ⑥ 10：15 博物館を利用した地学実習の試み……………芝川明義（大阪府立大東高）・金田博司（大阪府立守口東高）
――休憩――
- ⑦ 10：45 大正前期における盛岡高等農林学校（現岩手大学農学部）出身教員の地学的基礎…中野 弘（上越教育大）
- ⑧ 11：00 パソコンによる地質図の読み方と書き方……………細谷 一（新潟県立高田高）
- ⑨ 11：15 奈良県黒崎鉱山における陶土鉱床および粘土鉱物について……………小倉義雄（三重大）・
大森弘子（三重県津市立一身田小）・下坂康哉（名古屋工業試験所）
- ⑩ 11：30 旧巨椋池の教材化……………天白俊馬（京都府立洛水高）
- ⑪ 11：45 地学実習旅行27年の歩みから……………平尾藤雄（滋賀県立膳所高）

中学校部会（10：00～12：00 会議室A+B）

- ① 10：00 Not scale 及び視点変換能力の躓きを配慮した「地球の自転」の指導……………
……………荒井 豊（埼玉県滑川町立滑川中）
- ② 10：15 天体および天文現象に関する概念構造……………遠西昭寿・河合 篤（愛知教育大）
- ③ 10：30 水の循環を考える―盲学校中学部の実践より―……………間々田和彦（筑波大附属盲学校）
- ④ 10：45 中学生における大気圧の認識に関する研究（その2）……………稲垣成哲（山口大）
- ⑤ 11：00 天気予報の科学に関するモデル実験教材の開発……………河合宏一（東京都大田区立羽田中）・
名越利率（東京都千代田区立九段中）
- ⑥ 11：15 天気予報の科学からとらえた気象のカリキュラムの開発……………浦野 弘（東京学芸大）
- ⑦ 11：30 湿度説明器を使った授業……………宮田和子（大阪府堺市立陵南中）
- ⑧ 11：45 理科教材としての雪の結晶・氷晶……………山下 晃・小西啓之・谷 圭祐（大阪教育大）・
浜根一寿（兵庫県三田市立狭間中）

小学校部会（10：00～12：00 会議室C+D）

- ① 10：00 太陽高度と地面温度の関係把握させるための試み……………森本啓一（大阪教育大附属天王寺小）
- ② 10：15 野外観察における児童の観察の広がりや深まり……………下野 洋（国立教育研究所）
- ③ 10：30 小学校の地層学習（6年）に生かす地形・地層模型の開発……………黒川一実（大阪府岸和田市立城内小）
- ④ 10：45 小学生の岩石の観察能力について……………加藤圭司（横浜国立大）・遠西昭寿・鈴木和弘（愛知教育大）
- ⑤ 11：00 私が体験した小学校地学教育（つづき）……………酒井榮吾（愛知教育大名誉教授）
- ⑥ 11：15 南河内（大阪南東部）に計画された3つのゴルフ場の自然環境について……………
……………中川秀一（大阪府河内長野市立小山田小）

- ⑦11:30 児童の興味・関心を持続させる太陽・月の指導(小学校4年生)……大附邦夫(埼玉県鶴ヶ島町立藤小)
- ⑧11:45 星の観察記録から日周運動を発見させる試み……湯井康二(大阪府豊能町立東ときわ台小)・小林英輔(大阪府科学教育センター)

第2日 8月22日(水) <午後>

演示および展示発表(13:00~13:30 ギャラリー)

*内容は前日と同じです

高等学校部会(13:30~16:25 小ホール)

- ⑫13:30 高等学校地学における基礎的・基本的事項について—高校現場のアンケート調査を通して—……小林 学・大谷悦久(筑波大)
- ⑬13:45 環境教育に関する新聞情報の検討……稲森 潤(東京学芸大名誉教授)・平山勝美(立教大)
- ⑭14:00 教材としての天体写真の利用……岡田昌訓(大阪府立阿倍野高)
- ⑮14:15 月のクレーターを調べてみよう……西村昌能(京都府立洛水高)
- ⑯14:30 対数計算させない天文実習の試み……松本 剛(大阪学院大高)
- ⑰14:45 太陽光線と各種の電磁波の性質……田口泰雄(大阪府立盾津高)
- 休憩——
- ⑱15:10 天気図と「ひまわり」雲画像を使った授業……山中 博(京都市立堀川高)
- ⑲15:25 太陽放射による地球の熱収支と大気の大循環について—気象衛星雲画像を利用する気団を中心とする日本の気象についての学習プログラム—……山田幹夫(穴吹情報ビジネス専門学校)
- ⑳15:40 現象からコロナリーの力を理解する試み……金子 功(東京都立日比谷高)・稲森 潤(東京学芸大名誉教授)
- ㉑15:55 自作地震計システムによる地震観測……岡本義雄(大阪府立横山高)
- ㉒16:10 天文現象のビデオ撮影と教材化への試み……榊井俊彦(大阪府立大正高)

中学校部会(13:30~16:00 会議室A+B)

- ㉓13:30 中学生の過去の進化と地殻変動に関する巨視的時間イメージ……西川 純(上越教育大)
- ㉔13:45 地域の自然を教材化し個性的な探求学習を展開させる指導……土井恵子(大阪市立友洲中)
- ㉕14:00 地域の自然を生かした地学の指導—フズリナ石灰岩の教材化—……岡本弥彦(岡山県教育センター)・大柳敏昭(岡山県北房町立北房中)・西谷知久(岡山県立至道高)
- ㉖14:15 地域の教材を生かした「大地の変化」の学習—瀬戸層群を中心として—……安藤善之・渡辺 隆(上越教育大)
- ㉗14:30 実物や体験を生かした地学教育……本田悦義(大阪府和泉市立南松尾中)
- ㉘14:45 子どもの土概念と土教育の視点……秦 明德(島根大)
- ㉙15:00 都市での地学教育に対する一視点……浅野浅春(大阪教育大附属高)
- (次の発表は会議室C+Dで小学校部会終了後行ないます)
- ㉚15:45 地学教材のCAI化について……天花寺栄一(大阪府摂津市立第三中)

小学校部会(13:30~15:45 会議室C+D)

- ㉛13:30 天文分野における基礎的距離概念形成の課題……片平順一(堺市立科学教育研究所)
- ㉜13:45 個々の児童に、問題解決の能力や態度を育てるとともに、科学的な見方や考え方を養う指導法の研究—第4学年「自然界の水の変化」で情報の活用を中心として—……高橋俊明(東京都目黒区立東山小)・木下邦太郎(東京都大田区立矢口小)
- ㉝14:00 自然を調べる能力・態度を育て、科学的な見方や考え方を養う指導法の研究—第4学年「自然界の水の変化」でB区分との関連を図った指導を中心として—……蛸崎正実(東京都台東区立石浜小)・木下邦太郎(東京都大田区立矢口小)
- ㉞14:15 自然についての見方や考え方を深め、日常生活との関連を図る指導法の研究—第4学年「自然界の水の変化」で川霧を導入に用いた指導を中心として—……澤田妙子(神奈川県川崎市立宮崎小)・木下邦太郎(東京都大田区立矢口小)

—休憩—

- ⑬14：45 気象現象についての見方や考え方を養う指導法の研究—第5学年「天気や気温の変化」の指導を通して—
……………井上文献（東京都大田区立梅田小）・木下邦太郎（東京都大田区立矢口小）
- ⑭15：00 土地についての見方や考え方を養う指導法の研究—第3学年「石と土」の指導を通して—
……………寺木秀一（東京都多摩市立中諏訪小）
- ⑮15：15 自作ビデオによる“月の動き”の学習……………鳴橋憲一（大阪府羽曳野市立高鷲小）
- ⑯15：30 月の満ち欠けの学習から影を意識させた指導の実践……………曾我一郎（大阪府豊中市立千成小）
（続いて同会場において中学校部会の発表が1つあります）

閉会式（16：30～17：00 小ホール）

大会参加要領

1. 大会参加費 3,000円（大会要録を含む）

2. 懇親会

日時：8月21日，18：00～20：00 場所：なにわ会館（TEL 06-772-1441）

参加費：6,000円 ぜひ、ご参加ください。

3. 研修見学

Aコース（関西国際空港，1泊2日，定員60名）参加費（宿泊・食事を含む）：20,000円（予約金10,000円）

集合：国際交流センター前 8：30（23日） 解散：大阪駅 13：00頃（24日）

宿泊：加太国民休暇村 TEL：（0734）59-0321

対象：関西国際空港海上建設現場の見学（船使用），空港埋め立て土砂採土場の和泉層群（白亜紀）の見学と化石採集，和泉層群堆積構造の見学。

Bコース（二上山，日帰り，定員40名）参加費（昼食代を含む）：7,000円（予約金2,000円）

集合：国際交流センター前 9：00（23日） 解散：大阪駅 16：00頃（23日）

対象：第三紀火山岩や水中火砕流堆積物などの二上層群の見学，石器に使用されたサヌカイト，ガーネット，サファイヤの採集，太子温泉入湯。

Cコース（大阪市内，日帰り，定員40名）参加費（昼食代・入館料を含む）：8,000円（予約金2,000円）

集合：国際交流センター前 9：00（23日） 解散：大阪駅 16：00頃（23日）

対象：昨年オープンした科学館（プラネタリウム，オムニマックス（全天映画），天文関係の展示）の見学。自然史博物館（恐竜化石，岩石，第四紀自然史の展示）の見学，大阪市上町台地の地形見学。

* 申し込み人数が少ない場合は中止することがあります。

* 参加者の都合で見学に参加できない場合は予約金をお返しできないことがあります。

* 見学地は都合により変更することがあります。

* 天候などのやむをえない事情で見学を取り止めることがあります。特に，Aコースは船を使用しますので，天候等で渡れないことがあります。

4. 大会参加，研修見学，懇親会の申し込み

上記のことについて申し込みをお願いします。特に，研修見学，懇親会は事前に参加数を把握しておく必要があります。下記の要領で参加申し込みをお願いいたします。

◎申し込み方法：郵便振替 大阪 3-119287

「日本地学教育学会第44回全国大会実行委員会」あて

右の例に示すような方法で，振替用紙の通信欄に送金の目的と内訳を必ず明記してください。送金の目的及び内訳が明記されていないと，せっかくご送金いただいても事務局では送金の意図がわかりません。

<振替用紙の裏の通信欄記入例>

通信欄	
1. 大会参加費	3,000 円
2. 懇親会	6,000 円
3. 研修見学Bコース	2,000 円
	（予約金として）
	合計 11,000 円

研修見学についてはコース名もお書きください。コースによって予約金が異なります。

申し込み締切：7月14日（土）必着

5. 出張依頼状申し込み先

〒184 東京都小金井市貫井北町4-1-1 東京学芸大学地学教室内 日本地学教育学会事務局

6. 宿泊案内

宿泊申し込みは近畿日本ツーリスト 大阪ユーストラベル支店へ直接お願いします。

〒530 大阪市北区曽根崎2-11-8 日興ビル7階 TEL 06-313-6851 FAX 06-313-6857

「日本地学教育学会宿泊担当」武田，矢野，小林

- | | | |
|--------------------------|-----------|-----------|
| ① 大阪コクサイホテル（地下鉄谷町4丁目駅） | T：10,000円 | S：12,000円 |
| ② 大阪キャッスルホテル（地下鉄，京阪天満橋駅） | T：9,500円 | S：10,500円 |
| ③ ホテルサンホワイト（地下鉄谷町4丁目駅） | T：7,500円 | S：8,500円 |
| ④ ホテル・ザ・ルーテル（地下鉄谷町4丁目駅） | T：7,500円 | S：8,500円 |
| ⑤ ホテルサンライフ（地下鉄阿波座駅） | T：7,000円 | |

* いずれもお一人様，一泊朝食付き，消費税・サービス料を含む料金です。

* 電話，FAX，葉書のいずれかでお申し込みください。

* 同時期に「花と緑の国際博覧会」が開かれていますので早めに申し込みください。多少部屋を確保しています。

* 予約受付後，「宿泊予約確認書」と「送金のご案内」をお送りします。

* 宿泊申し込み締切：7月14日（土）

7. その他

会場へは，なるべく公共交通機関をご利用ください。その他不明の点等がありましたら，下記へ問い合わせください。

〒543 大阪市天王寺区南河堀町4-88 大阪教育大学地学教室 山際研究室内

日本地学教育学会第44回全国大会実行委員会 TEL 06-771-8131 内線252（山際）253（横尾）

泥層中の微化石による地層の対比の教材化

——埼玉県飯能市の入間川流域を例として——

宮 下 治*

1. はじめに

高等学校地学の「地球の歴史」の単元では、野外で実際に地層を観察し、地球の歴史を考察させることが大切である。従来の野外学習では、地質構造の明瞭な場所や大型化石の豊富な産出地などが適地とされてきたが、都市化の進んだ現在、このような適地は激減し、身近な場所を利用した学習指導が非常に困難な状態にあると言わざるを得ない。

そこで筆者は、東京のような都市化の進んだ都市においても、川岸や工事現場、さらにボーリング試料など、身近なところで十分に見つけることの可能な泥層を素材に、野外観察ならびに室内における微化石(花粉化石および珪藻化石)観察を行なうことにより、地域の歴史の総合的な探究学習が可能になると考え、研究に取り組んだのである。今回は微化石を用いた地史探究の教材を、埼玉県飯能市の入間川流域に露出する泥層を素材に作成するとともに、授業実践を通して、教材としての評価を行ったので、ここに報告し皆様の御批判を仰ぐこととする。

なお、微化石を用いた教材研究を行ったものに、花粉化石としては、福原(1974)、長尾・福島(1975)、下野(1980, 1981)など、また珪藻化石としては、邑本(1965, 1980)、小島(1966)などがあるが、いずれも基礎的研究であり、具体的教材化までは行われていない。また、宮下(1982)は花粉化石を用いた教材化を試みているが授業実践による教材としての評価が行われていない。

2. 研究の内容と方法

次の方法により、本研究を進めた。

- ① 実態調査; 東京の高校生を対象とした、地層や化石の観察経験に対する実態の把握を行う。
- ② 地質調査; 埼玉県飯能市および入間市の入間川流域における、地質野外調査ならびに泥層中の微化石分析を行う。
- ③ 教材化; 調査結果に基づき、教材化への視点を定

め、地質野外学習および室内学習の指導計画、生徒用テキスト、そして教師用指導資料を作成する。

- ④ 授業実践; 東京の高校2年生および3年生の授業観察により、指導計画の有効性を検討する。

3. 生徒の実態調査

生徒の経験に即した教材開発を行う目的で、地層観察や化石観察の経験の有無などについて、東京都立O高等学校普通科(全日制)1年生382名(男子188名、女子194名)を対象に1988年の5月中旬において、その実態を調査した。その結果、以下のことが把握できた。

- ① 6割の生徒が野外において地層を見た経験があり、また2割の生徒が学校の授業として見に行っている。ただし、授業として見に行ったことのある生徒のうち大部分が小学校高学年から中学校までの間に、遠足時や移動教室時にただ見ただけであり、教師の指導とともに地層を観察した経験のある生徒は非常に少ない。
- ② 8割の生徒が化石の実物を見た経験があり、その経験を持つ生徒のうち大部分の生徒が、小学校中学年から中学校までの間に、学校や博物館で葉・アンモナイトおよび貝などの化石を見た経験がある。また化石を自ら採集した経験を持つ生徒は、ごく僅かである。

4. 学習地の地質と微化石

教材開発を行うに当たり、泥層の見られる学習地として、埼玉県飯能市から入間市にかけての入間川流域を選定した(図1)。

1. 学習地の地質概略

東京都の北西方に位置する加治丘陵は、その北側を入間川によって限られ、東西約10kmと長く伸びた丘陵である。本丘陵の地形・地質については、浅井(1925)の研究以来、藤本(1926)、徳永・飯塚(1926)、福田・高野(1951)、堀口他(1977)など多くの研究がある。これらの研究の結果により、本丘陵を構成する地層は初期更新世に堆積した地層であり、下位より飯能礫層、仏子粘土層、豊岡礫層、および関東ローム層に区分され、飯能礫層と仏子粘土層は房総半島の上総層群に、豊岡礫層は下総層群に対比されている。

* 東京都立大崎高等学校

1989年8月20日受付 9月20日受理

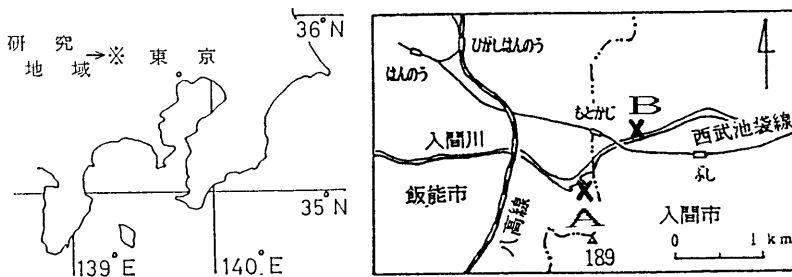


図1 学 習 地

今回教材化を行うに当たり、泥層の発達した仏子粘土層を素材とした。本層は入間川沿いのA地点およびB地点(図1)に最もよく露出し、泥層を中心にして、砂層、礫層、火山灰層を挟み、東側に緩く(5°~6°)傾斜している。また本層は材木(島倉, 1934・1936), 二枚貝・有孔虫(福田・高野, 1951), 球果・葉・化石林(Kimura, et al., 1981, 笹井化石林調査グループ, 1984)およびアケボノゾウ(堀口他, 1978)の化石などを含んでいる。

また、筆者による地質野外調査の結果、得られたA・B両地点の地質柱状図を図2に示す。次に各地点の地質および化石について略記する。

A地点: 加治丘陵の北縁に位置する本地点では、下位の飯能礫層の上に整合に層厚33mの仏子粘土層が重なり、上位を豊岡礫層によって不整合に覆われている。下部は火山灰層や火山灰質の泥層から成り、流木化石を僅かに含んでいる。中部は亜炭層や火山灰質の泥層が発達し、流木化石を多産する。また上部は砂層や礫層が多く、流木化石を僅かに含んでいる。

B地点: 入間川の左岸に位置する本地点では、下位の飯能礫層の上に整合に重なった仏子粘土層が広く河床に露出している。層厚は約30mあり、下部に当たる上流側では厚さ9mの火山灰層が認められ、流木化石や葉片化石を産する。中部は泥層が発達し、流木化石や葉片化石を多産し、立木化石も含んでいる。また上部は砂層や礫層が多く、化石は産しない。

以上の調査結果に基づき、図2のように地層を対比することができる。なお、A・B両地点の地層は垂直方向および水平方向ともに岩相の変化が大きく、生徒にとっては野外における観察だけで、地層を対比することが困難であろうことが推測される。

2. 微化石分析とその結果

入間川流域の2地点(A・B地点)の仏子粘土層よりそれぞれ垂直方向に約1m間隔で泥を採取し、室内にお

いて薬品処理を行った。その結果、花粉化石はA地点では20試料より、B地点では5試料より抽出することができ、また珪藻化石はA地点では12試料より、B地点では5試料より抽出することができた。以下、各微化石群集および古環境の変遷について略記する(図3)。

ア. 花粉化石群集

花粉化石群を構成するおもなものは、モミ、トウヒ、マツ、スギ、メタセコイア、ハンノキ、ブナ、アカガシ、ケヤキなどであり、胞子も多く抽出される。さらにA・B両地点より産出した微化石をそれぞれ詳しく見ると、次のような特徴が見られる。

A地点: 試料番号1~10にかけては、スギ、メタセコイア、ブナ、およびカシが多産し、試料番号11~17ではモミおよびトウヒが多産する。さらに試料番号18~20ではスギ、メタセコイア、ブナ、およびカシが多産する。

B地点: 試料番号21~24にかけては、スギ、ブナ、およびカシが多産し、試料番号25ではモミ、トウヒおよびメタセコイアが多産する*。

イ. 珪藻化石群集

珪藻化石群を構成するおもなものは、コッコネイス、ディプロネイス、ハネケイソウ、フナガタケイソウ、クチビルケイソウ、イチモンジケイソウ、およびコシノディスカスである。さらにA・B両地点の地層をそれぞれ見ると、次のような特徴が見られる。

A地点: 試料番号1では、ハネケイソウおよびフナガタケイソウが多産し、試料番号2~6ではコッコネイス、ディプロネイス、およびコシノディスカスが多産し、試料番号9~19では、ハネケイソウ、フナガタケイソウ、クチビルケイソウ、およびイチモンジケイソウが多産する。さらに試料番号20ではコッコネイス、ディプロネイス、およびコシノディスカスが多産する。

* ハンノキも多産しているが、A・B両地点の全層準で多産しているため、特徴種からは省いている。

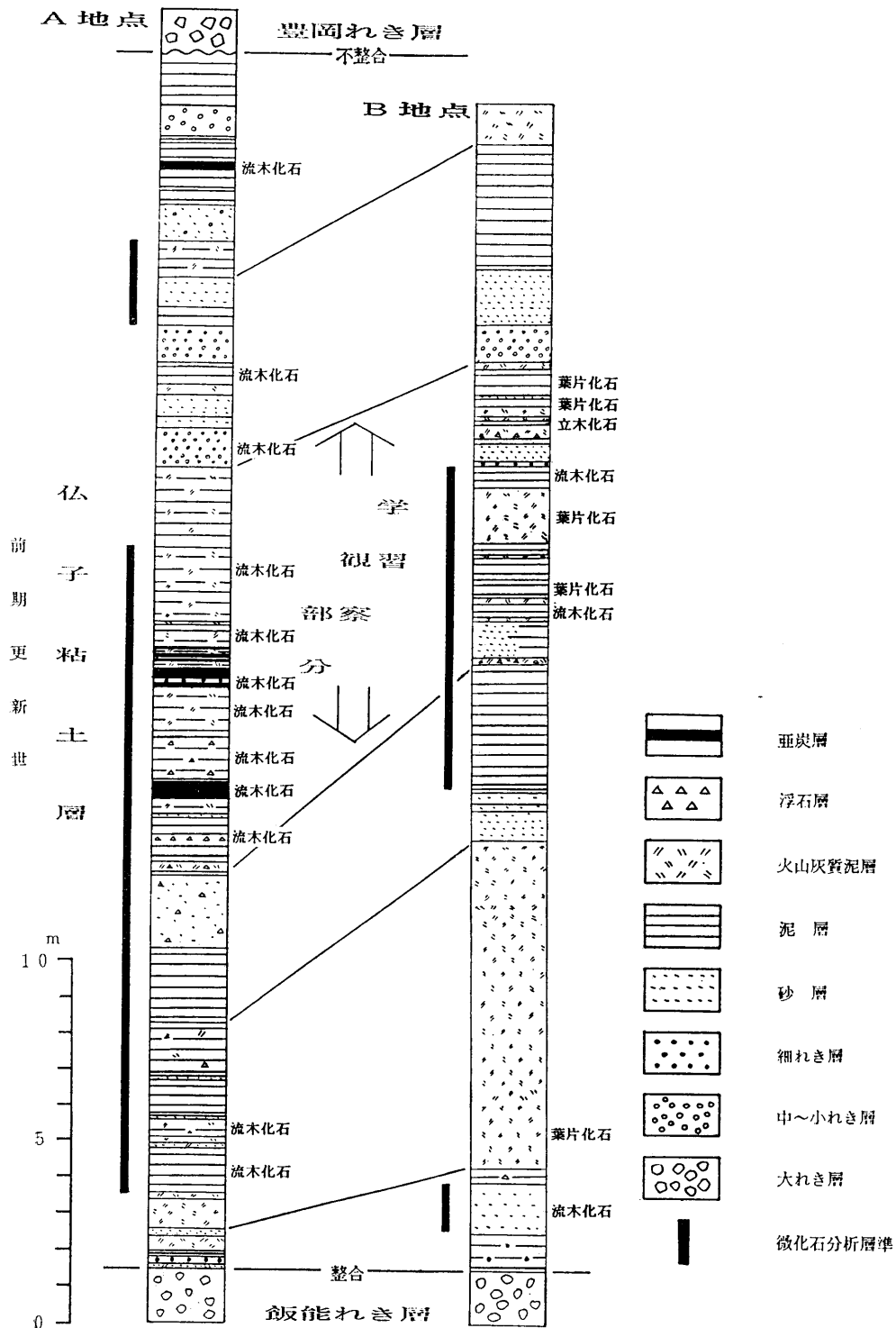


図2 埼玉県飯能市から入間市にかけての入間川流域2地点における地質柱状図

B地点：資料番号21では、ハネケイソウおよびフナガタケイソウが多産し、試料番号22～23ではココネイス、ディプロネイスおよびコシノディスカスが多産する。さらに試料番号24, 25ではハネケイソウ、フナガタケイソウ、およびクチビルケイソウが多産する。

ウ. 古気候および地層形成水域の変遷

入間川流域の2地点(A・B地点)の仏子粘土層より産出する微化石の群集変化をもとに、地層形成時の気候および地層形成水域の変遷を各地点ごとに推定した。

—古気候の変遷—

A地点：地層が形成された前期は、スギ、メタセコイア、およびカンなどの暖温帯に分布する種類が多産し、温暖な気候であったことが推定される。一方、中期になると、モミヤトウヒの産出が増加し、寒冷な気候に変化したことが推定される。また後期になると、スギやメタセコイアの産出が増加し、再び温暖な気候に戻ったことが推定される。

B地点：地層が形成された前期から中期にかけては、スギやカンなどの暖温帯に分布する種類が多産し、温暖な気候であったことが推定される。また後期になると、モミヤトウヒなどの亜寒帯から冷温帯に分布する種類が増加していることから、寒冷な気候に変化したことが推定される。

—地層形成水域の変遷—

A地点：地層が形成された初期は、ハネケイソウやフナガタケイソウが多産し、淡水の環境下で地層が形成したことが推定される。一方その後、ココネイス、ディプロネイス、およびコシノディスカスのみ産出することから、汽水や海水の環境下に形成水域が変化したことが推定される。また中期になると、ハネケイソウ、フナガタケイソウ、クチビルケイソウ、およびイチモンジケイソウの産出が増加し、淡水の環境下に形成水域に戻ったことが推定される。さらに後期になると、再びココネイス、ディプロネイス、およびコシノディスカスが多産し、汽水や海水の環境下で地層が形成したことが推定される。

B地点：地層が形成された初期は、ハネケイソウやフナガタケイソウなどの淡水に生息する種類が多産し、ココネイスやコシノディスカスのような汽水や内湾に生息する種類が1つも産出しないことから、淡水(河川など)の環境下で地層が形成したことが推定される。一方中期になると、ココネイス、ディプロネイス、およびコシノディスカスの産出が増加し、汽水や海水の環境下に形成水域が変化したことが推定される。また後期になると、ハネケイソウ、フナガタケイソウ、およびクチビ

ルケイソウが増加し、再び淡水の環境下で地層が形成したことが推定される。

以上の微化石群集の変化より、図3に示したように、A・B両地点において、花粉化石群集aと花粉化石群集bとがそれぞれ対応し、また同様に珪藻化石群集d、珪藻化石群集e、および珪藻化石群集fとがそれぞれ対応することが分かる。

また、この微化石群集の変化は、先に行った地質野外調査の結果を裏づけるものである。

なお、今回の教材開発に当たり、生徒に分かりやすく学習させるため、微化石群集の変化の見られる、A地点の中部とB地点の中～上部の泥層を特に学習観察部分とした(図2)。

5. 学習指導計画

1. 教材化への視点

生徒の地層や化石に対する観察経験の実態調査結果、選定した学習地の地質野外調査結果、および学習地の微化石分析結果などを踏まえ、学習指導計画作成の視点を以下のように定めた。

ア. 調査した高校生の多くが大型化石の観察経験があることから、生徒の学習への興味・関心を高めるため、学習地から産出する大型化石や微化石を事前に見せたり、触れさせたりする。

イ. 生徒の野外における地層観察経験が乏しい。そこで生徒達に意欲を持って地層観察をさせるため、教師からの指示はなるべく少なくして、“地層の対比”のみを課題として持たせ、自由な方法で観察させ、野外において仮説を出させる。

ウ. 野外観察の際、生徒自身で泥を採取させる。

エ. 室内においては安全性と簡便さを考慮し、生徒達には水処理だけで、泥中より微化石を抽出させ、花粉化石や珪藻化石を観察・分類させる。

オ. 花粉化石と珪藻化石のどちらか一方を各班に選択させ、観察をさせる。また後に両微化石の観察データを比較・検討させる。

カ. 野外観察時に出した仮説に対して、微化石の観察データをもとに検証を行わせる。

2. 学習指導計画の作成

教材化への視点に基づき、入間川流域2地点に分布する泥層を用いた学習指導計画を作成した(表1)。

学習指導計画は高等学校地学を対象に作成し、室内の活動を8時間、野外の活動を3～4時間の合計11～12時間分とした。また計画は全体を5次に区分し、学習の導入、野外活動の準備、野外活動による仮説の設定、室内

における微化石観察と仮説の検証, および古環境の復元と学習のまとめとした。

さらに, 野外観察の位置として, 安全でかつ微化石群集の変化が見られるA地点の中部~上部にかけての厚さ約10mの範囲, およびB地点の中部の厚さ約10mの範囲を選択した(図2)。また学習時間を考慮し, 微化石の観察・分類作業はA地点のみとし, B地点のデータは前もって示すことにした。

6. 教師用指導資料

- ① テキスト名:「泥層を探る—あの手, この手—」
- ② 学習前提条件;
 - ・ 鍵層によって地層を対比させられることが理解できている。
 - ・ 生物顕微鏡の使用方法を熟知している。
 - ・ 示相化石の意味を理解できている。
- ③ 学習のねらいと行動目標
 - ア. 学習のねらい

地層の対比を検証する手段にはいくつかあり, 微化石(花粉化石・珪藻化石など)はその一つであること。いくつかの層準の微化石を同定・整理することによって, 得られる微化石群集の変化をもとに, 隣接する二地域に分布する地層の対比の検証が可能であること。新しい堆積物を扱うときは, 中に含まれる微化石を現在の植生や生息水域と比較でき, さらに現在の環境とも比較でき, 古環境の変遷を推測できることなどが本学習のねらいである。
 - イ. 行動目標
 - ・ 地層を対比するための方法を自ら考え, 野外においてその方法に従った観察ができる。
 - ・ 野外において, 2地点に分布する地層の対比に関する仮説を立てることができる。
 - ・ 生徒自らが野外で採取した泥の中から, 室内において水処理のみで花粉化石や珪藻化石を抽出することができる。
 - ・ 花粉化石や珪藻化石を現生のプレパラート標本やテキスト分類資料と比較し, 同定できる。
 - ・ 微化石の群集や, 群集の変化を説明できる。
 - ・ 微化石の群集変化を基に, 野外において立てた地層対比の仮説を検証できる。
 - ・ 微化石の群集変化を基に, 古気候や地層形成水域を推測できる。
 - ・ 学習がテキストの指示どおりに, 自ら進んで正確に実行することができる。
- ④ 学習の準備

ア. 第1次; 学習地域の航空写真・学習地域より産出する大型化石の実物・スライド(学習地域の様子, 地層および産出する大型化石や微化石など)。

イ. 第2次; テキスト資料編(地層の対比)・教科書・地学辞典など。

ウ. 第3次; ハンマー(生徒分)・ものさし・ビニール袋・マジック・カメラなど。

エ. 第4次; 採取した泥・乳鉢・ピーカー・ガラス棒・カバーガラス・スライドガラス・蒸留水・スポイト・生物顕微鏡(生徒分)・事前に教師の作成した花粉化石や珪藻化石のプレパラート・現生の花粉や珪藻のプレパラート標本・花粉や珪藻の図鑑(中村; 1967, 島倉; 1973, 水野; 1973, 山路; 1966など)・スライド(微化石)など。

オ. 第5次; 特に必要としない。

⑤ 評価の観点

この学習における評価の観点は, 探究の過程および科学の方法にまつわる問題の発見・予測・推論・実験・観察・仮説の設定・検証などが, 生徒のひとりひとりの身についたかどうか, つまりは新たな問題に対し, 自ら科学的に処理していけるかどうかというところにある。

以下, 本学習における評価すべき内容について, それぞれ記すことにする。

- ア. 第1次;
 - ・ 航空写真と地形図とを対応させて見ることができるか。
 - ・ 化石の実物やスライドを通して, 学習地の様子が把握できるか。
- イ. 第2次;
 - ・ 地層を対比する方法を考え出すことができるか。
 - ・ 地層を調べるための知識を, 文献を用いて調べることができるか。
- ウ. 第3次;
 - ・ 各自が考えた方法に従って, 地層を調べることができるか。
 - ・ 微化石用の泥を採取することができるか。
 - ・ 地層の連続性について, 理由を上げて仮説を出すことができるか。
- エ. 第4次;
 - ・ 水処理だけで微化石を見つけることができるか。
 - ・ 現生プレパラート標本, 図鑑, およびテキスト中の化石分類資料と比較し, 化石を同定できるか。
 - ・ 微化石群集の変化を説明できるか。
 - ・ 微化石群集の変化を基に, 地層対比の仮説を検証できるか。

オ. 第5次;

- ・微化石群集の変化を基に、古気候や地層形成水域を推測できるか。
- ・花粉化石と珪藻化石の分類結果をまとめることができるか。
- ・地層を対比する方法について説明できるか。

⑥ 微化石プレパラートの作り方

水処理の方法により微化石を抽出する作業において、生徒の中にはうまく抽出できない者がでてくる可能性がある。そのような生徒に対しては、教師側で予め微化石プレパラート（花粉化石用および珪藻化石用）を作成しておき、観察させる必要があると考える。以下、花粉化石および珪藻化石の抽出方法について示す。

(以下省略)

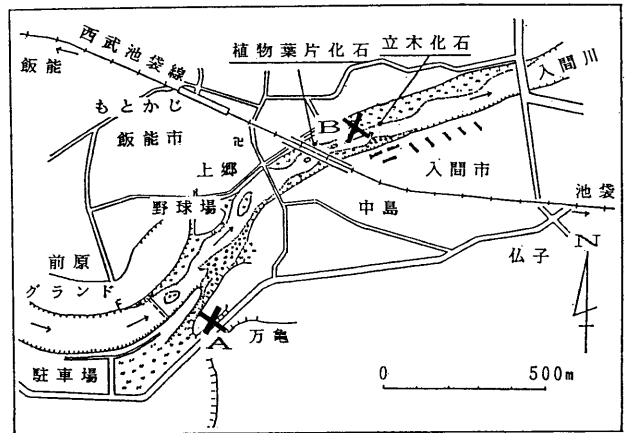


図4 学習地域詳細図

(以下省略)

7. 生徒用学習テキスト

作成したテキストは、ステップ1からステップ6、および資料編の40ページで構成されている。ステップ1は、学習指導計画の第1次に対応している。同様に、ステップ2は第2次に、ステップ3は第3次に、ステップ4は第4次に、ステップ5およびステップ6は第5次にそれぞれ対応している。これらのうち、ここではステップ2～ステップ5の一部をそれぞれ掲載する。

① ステップ2〔自己流の調査方法をあみ出そう〕

ステップ1で見たように、入間川流域の地層からは多くの化石が産出します。特に木の化石は多く産出し、川の南側の丘陵からはかつて亜炭を採掘し、燃料にしていたほどです。さて、学習地域内においてこの木の化石は図4に示したA・B両地点から多く産出します。しかも両地点の地層は泥層からできています。

そこで課題があります。

〔課題〕

A・B両地点を作っている泥層はつながっていると考えてよいのでしょうか。

この課題を頭に入れて学習を進めていくことにしましょう。

〔質問2〕 A・B2地点の泥層が繋がった地層であるかどうかを調べるには、どのような方法(手段)を用いればよいのでしょうか。班で相談して気が付くだけ上げなさい。

② ステップ3〔地層を調べ、君の仮説をもとう〕

課題に答えるために、現地に行き実際に地層を調べてみましょう。

(途中省略、A地点へ移動)

〔質問5〕 ここがA地点です。道の反対側に行き地層の様子を眺め、地層の傾きについて気付いたことを記入しなさい。

〔質問6〕 A地点の地層に近づき、班ごとの方法に従って地層を調べ、分かったことを自由に記録しなさい。

—泥を採取しよう—

A地点の地層から泥や亜炭を採取して行きましょう。泥の中には肉眼では見られないような小さな化石(微化石)が含まれていることがあります。とりあえず、A地点の泥の部分の垂直方向に約1m間隔で4か所から、こぶし大ほどの量だけビニール袋に採取して行きましょう。そのときビニール袋には下のものから順に①～④とマジックで番号を書いておきましょう。

(B地点へ移動)

〔質問7〕 対岸の河原から河原一面に地層が広がっているB地点の様子を眺め、地層の傾きについて気付いたことを記入しなさい。

〔質問8〕 班ごとの方法に従ってB地点の地層を調べ、

分かったことを自由に記録しなさい。

〔質問9〕地層を調べた結果、A・B両地点に見られる泥層はつながっていると考えてよいかどうか、理由を上げた上で君の仮説を記入しなさい。

③ ステップ4〔微化石の世界をのぞいてみよう。—不思議な世界が見えるかな?—〕

このステップでは、君たちが野外で実際に考えた仮説を、微化石を用いて検証していくことにしましょう。

—採取した泥から微化石を探そう—

〔準備するもの〕採取した泥、乳鉢、ビーカー、カバーグラス、スライドグラス、蒸留水、スポイト、ガラス棒、生物顕微鏡、花粉や珪藻の現生標本

〔作業の手順〕ア. 泥を蒸留水で洗い、乳鉢に入れ砕く。砕いた泥をビーカーに移し、蒸留水をビーカーの8分目位まで加え、ガラス棒でよくかき回し、しばらく放置する。

ウ. 沈澱した泥に近い部分の水をスポイトで約1ccとる。

エ. スライドグラスの上に、スポイトでとった水を1〜2滴落とし、薄く広げ、カバーグラスをのせる。

オ. 生物顕微鏡を400倍もしくは600倍の倍率にして、スライドグラスに滴下した水の中の様子を観察する。

—微化石と対面しよう—

テキストにある微化石のスケッチを参考に、プレパラートをずらしながら見つけてみましょう。

- ・花粉化石と対面できた? (はい, いいえ)
- ・珪藻化石と対面できた? (はい, いいえ)

これより後は各班相談の上、花粉化石ないしは珪藻化石のうち、好きな化石を用いて仮説の検証を進めて行きましょう。

〜〜 花粉化石の世界へ 〜

採取してきた泥の中には様々な種類の花粉化石が含まれています。ここでは、その泥の中から数多くの花粉化石を見つけ、どんな種類が多いのか調べてみましょう。〔観察の手順〕ア. A地点で採取した①〜④の4つの試料(図5)を準備しましょう。

イ. 班員は処理する試料を①〜④の中から1つずつ選択し、先の方法に従い花粉化石を見出し、観察していきましょう。なお、蒸留水処理で化石が抽出できない場合には、教卓の上に置いてある、薬品処理済み花粉化

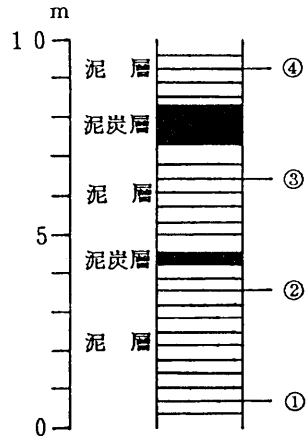


図5 A地点の地層のつくり

石用のプレパラートを持っていき、それを用いて観察をしていきましょう。

ウ. 図6に示してある花粉化石分類資料や現生標本を参考に、化石の種類を分類してみましょう。

〔質問10〕花粉化石を1つ見つけてスケッチをし、分類資料を参考に種類名を調べなさい。またマイクロメーターの1目盛りを15X40倍の場合2.5μmとして大きさも測定しなさい。

〔質問11〕プレパラートをずらしながら、100個以上の花粉化石を観察し、それぞれ種類ごとに分類しなさい。また産出頻度も求めなさい。

—班の分類結果を合わせよう—

各班4種類のプレパラートを観察し、花粉化石を分類しました。ここでは各自が分類した結果を持ち寄り、整理をしましょう。

〔質問12〕A地点の花粉化石を観察・分類した結果、多産する種類や、その他気の付いたことをお互い出し合い、次の表を完成させなさい。

No.	多産する種類	気付いたこと
④		
③		
②		
①		

(途中省略)

番号	種類名	花粉化石の特徴	花粉化石の長さ(μm)	生息域
1	モミ	大型で2翼をもつミッキーマウス型 大型で2翼をもつミッキーマウス型 (モミに似るが、翼のつけ根が幅ひろく体部に平らにつくことで区別ができる)	100~120	亜寒帯
2	トウヒ		90~120	亜寒帯
3	ツガ	球状でまわりには環状にとりまきくひだがある	70~90	亜寒帯
4	アカマツ	2翼をもつミッキーマウス型 球型、閉型することも多い(メタセコクア)に似るが大ききで区別できる)	50~70	冷温帯
5	スギ		30~40	暖温帯
6	ヒノキ	球型、表面には粒状物が認められる 球型、閉型し、指状の突起物がある	25~35	暖温帯
7	メタセコイア		20~30	暖温帯
8	クルミ	球状、孔が多く周囲に5~10個半球面に0~6個分布する	40~50	暖温帯
9	ハンノキ	多角形、孔が周囲に4~6個分布する(通常5角形を示すことが多い)	30~35	暖温帯~冷温帯
10	カバノキ	3角球状、孔は円く、ふつう3個分布する	25~35	冷温帯~亜寒帯
11	ブナ	球状、溝が長く、孔は円く大きい やや長球状、溝が長く、孔は3個ある(ブナに似るが、大ききで区別ができる)	40~50	冷温帯
12	アカガシ		20~30	暖温帯
13	コナラ	やや長球状、溝が3本長く伸びる 垂角形、表面にはしわ状の模様認められる 孔は4~5個ある	25~35	冷温帯
14	ケヤキ		25~40	暖温帯
15	シナノキ	垂角形、孔は円くふつう3個分布する 垂円形、外層の膜が長く突出する	35~40	暖温帯
16	モチノキ		30~35	暖温帯
17	キク	垂円形、外層の膜が長くとかる 球状、表面は独特の網目模様を示す	25~30	暖温帯~冷温帯
18	ミゾソバ		60~80	冷温帯

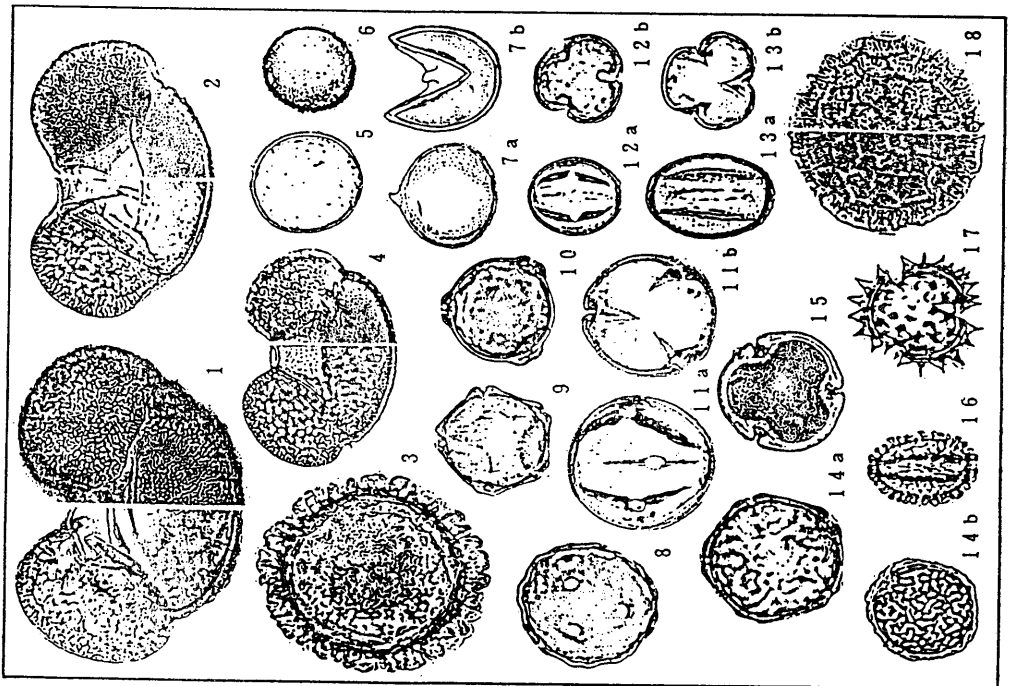


図6 花粉化石分類資料

地層の つくり	プレバラ ート番号	多く産出する種類	その他気づいたこと
10	⑩	モミ、トウヒ アカマツ、ハンノキ スギ、メタセコイア	・ブナやアカガシの産出は 少ない ・カバノキがわずかに 産出する
7	⑦	ブナ、アカガシ ハンノキ、スギ メタセコイア	・モミやトウヒはあまり 産出しない ・クルミがわずかに産出する
0	⑤		

図7 B地点における花粉化石の分類結果

〔質問14〕B地点の泥層から抽出した花粉化石の分類結果は図7のようになります。

図7および質問12で君の班が作成した表を参考に、A・B両地点に見られる泥層がつながったものかどうか、花粉化石を調べた結果から考察しなさい。

野外で出した仮説と花粉化石から出した結果とは同じになりましたか？ (はい、いいえ)

～～珪藻化石の世界へ～～

珪藻は単細胞の藻類で、珪質の硬い殻を持っているので、その死後もよく保存されます。また珪藻は中生代の終わり頃から現在まで、海水はもとより陸水にも多数繁殖しており、化石としても数多く発見されています。

(途中省略)

〔質問15〕珪藻化石を1つ見つけスケッチをし、分類資料(図8)を参考に種類名を調べなさい。なお大きさも測定しなさい。

(途中省略)

〔質問19〕B地点の泥層から抽出した珪藻化石の分類結果は図9のようになります。

図9および質問17で君の班が作成した表を参考に、A・B両地点に見られる泥層がつながっているかどうか、珪藻化石を調べた結果から考察しなさい。

野外で出した仮説と珪藻化石から出した結果とは同じになりましたか？ (はい、いいえ)

④ ステップ5〔昔の姿を少し見よう〕

地層がつながっているのかどうか、花粉や珪藻の微化石を使い検証してみました。ここではさらに、入間川流域に見られる泥層がつくられたときの環境を、微化石の資料などにより推論してみることにしましょう。

～～花粉化石を扱った人へ～～

〔質問20〕君の班が質問12で答えた“花粉化石の分類の様子”より、泥層がつくられた頃の気候はどうかであったか、もしくはどのように変化をしたのか、花粉化石分類資料(図6)を参考に推論しなさい。

～～珪藻化石を扱った人へ～～

〔質問21〕君の班が質問17で答えた“珪藻化石の分類の様子”より、泥層がつくられた場所はどうかであったか、もしくはどのように変化をしたのか、珪藻化石分類資料(図8)を参考に推論しなさい。

—学習のまとめ—

ここまで各班ともに花粉化石、珪藻化石を別々に扱ってきました。ここでは学習をしめくくる意味で、それぞれの微化石観察から分かったことをまとめておくことにしましょう。

(全体討論)

〔質問22〕各班の観察結果を出し合い、その意見を参考にして図10のA地点の欄を完成させなさい。

〔質問23〕花粉化石、珪藻化石の両方の観察結果から、再度君の立てた仮説・結論を検討しなさい。

(以下省略)

8. 授業実践による評価

1. 授業実践の結果

作成した教材の有効性を確かめるため、学習指導計画に従い、かつ生徒用テキストを使用した授業を、東京都立O高等学校2年生11名を対象に1988年8月に、また東京都立J高等学校選択地学受講の3年生12名を対象に1988年9月から10月にかけて実施し、その授業観察を行った。

ア. 第1次・第2次の授業実践

第1次の学習では、微化石のスライド投影に大きな興味を示していたことが、学習後のアンケートにより

番号	種類名	硅藻化石の特徴	珪藻化石の長径 (μm)	生息域
1	コッコネイス	少しふくらんだ楕円形。点紋が認められる	20~70	湖沼、河川汽水、内湾(海水)
2	ディプロネイス	幅の広い楕円形。中央より両端に向かう角状の延長部があり、特異な形をしている	20~70	淡水に広く分布するが海水、汽水にも生息する
3	スタウロネイス	船形。中央より放射状に線紋または点紋がならぶ	50~200	湖沼、河川の淡水
4	ハネケイソウ	長楕円形で大型の珪藻である。両縁はほぼ平行で両端は丸い	40~200	湖沼、河川の淡水
5	フナガタケイソウ	披針形または楕円形。先端がわずかにふくれる	20~50	湖沼
6	クサビケイソウ	楔形。頭部および中央部がふくれ頭端が突起している	30~70	湖沼、河川の淡水
7	クチャルケイソウ	半月形で背縁は大きく外側へわん曲し、腹側はほぼ真直ぐで、わずかに膨れる	30~100	湖沼、河川の淡水
8	ロバロタイア	半月状で背縁は大きく突出し、腹縁はわずかに内側へ湾入する	30~80	湖沼、河川の淡水
9	イチモンジケイソウ	わずかに弓状に曲がり、ほぼ両縁が平行で、背側にふくれる	30~200	湖沼
10	コシノデイスカス	円形。表面には網目状または点紋状の模様がある	30~200	汽水、内湾、外洋の海水

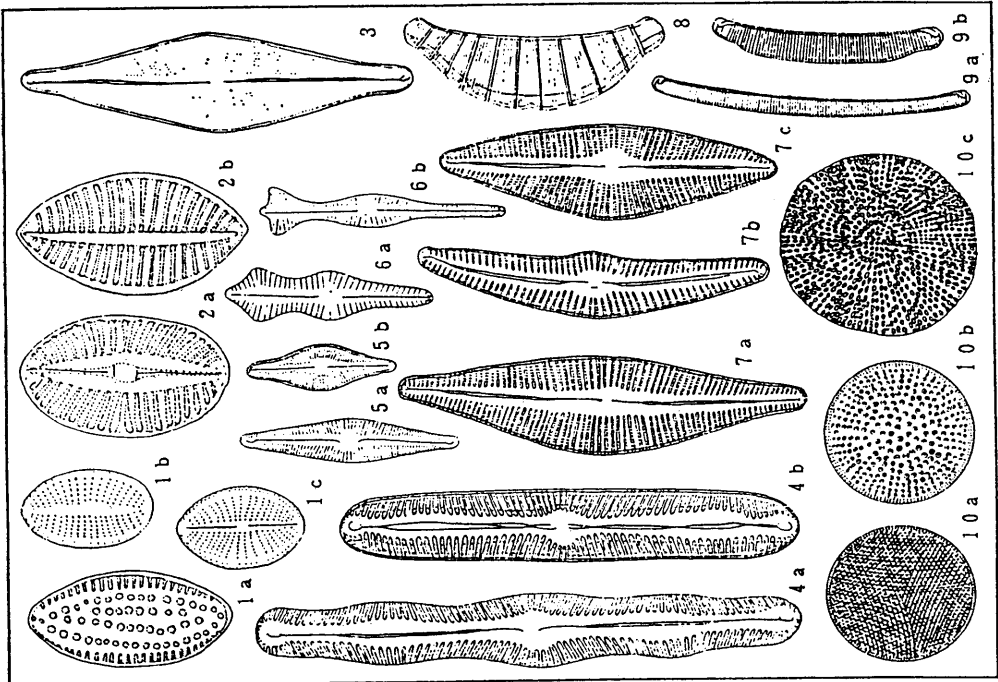


図8 珪藻化石分類資料

察を各自に行わせた。

2. 教材としての評価

テキストへの生徒の記述した内容、および任意の生徒を対象とした1分ごとの活動記録など授業実践を通して得たものや、学習後に実施したアンケートの結果などにに基づき、開発教材について以下のことが分かった。

ア. テキストの記述内容より、野外観察の方法や微化石観察のデータの記録、さらに考察などよく検討をして記入されていることが分かった。

イ. 授業中の活動記録より

- ・授業にはじめから参加している生徒はもちろん、野外学習までにあまり興味を示さなかった生徒や欠席していた生徒であっても、微化石を自分で取り出し、観察していくことには大きな興味・関心を持って行えることが分かった。

- ・微化石の顕微鏡観察の際には、生徒達はテキストおよび教師との関わりを、より多く持ちながら学習に取り組んでいたことが分かった。

- ・各自の観察データに基づいて、古環境の変化や地層の対比について、生徒同志おおいに意見を交わすことができ、またまとめていることが分かった。

ウ. 学習後実施のアンケート結果より

- ・野外学習において、地層の傾きには全生徒が気付いていた。一方、野外で地層の連続性を一回の観察だけで生徒に仮説を出させることは、困難を要することが分かった。

- ・全生徒が自ら進んで学習に取り組むことができ、体を動かした学習ができたと感じていることが分かった。

- ・微化石の名前を調べるのが分かりやすかったと感じていたことが分かった。

- ・顕微鏡を用いた微化石の観察は、全生徒が大きな興味・関心を示し、学習に取り組むことができた。また観察学習後には大きな満足感を持ったことが分かった。

- ・顕微鏡の扱いについては、以前よりもかなり楽になったと感じていることが分かった。

- ・自ら考えた観察方法で地層を調べ、泥を採取し、室内で微化石を取り出し、調べ、野外で調べた仮説を自分達の観察結果をもとに検証していく学習の過程に楽しさを感じていたことが分かった。

- ・大部分の生徒が自然を調べることに興味・関心を持ち、面白さを感じたことが分かった。

以上のことから、今回作成した泥層中に含まれる微化石を素材にした地球の歴史を探る教材は、全般的に生徒

達の興味・関心を引くものであり、生徒達に探究活動を行わせる上からも、大いに有効であることが確認できた。

なお、素材として用いた花粉化石や珪藻化石は、本来立体的なものであるが、プレパラートの中では平面として観察できる。はじめて微化石を見る生徒にとってはこれらを立体的にとらえることが難しく、種類を区別する際にも困難を要することが考えられる。この点など微化石を用いるには問題点も残っていることを付記しておく。

今回作成した教材は、入間川流域の泥層を用いたが、この場所は一例であり、他の地域に露出する泥層または各学校の地下試錐コアに含まれる泥や泥炭を用いても、容易に微化石を取り出すことは可能であり、今後微化石を用いた地球の歴史の探究学習が、様々な場所でも様々な形で展開できるものと考えられる。

謝辞

本研究は、昭和63年度東京都教員研究生として、東京都立教育研究所科学研究部地学・初等理科研究室において、一年間研究した内容の一部である。

なお、本研究を進めるにあたり、東京都立教育研究所科学研究部長（現、東京都立石神井高等学校長）滝澤利夫先生、同地学・初等理科研究室主任指導主事（現、東京都立大泉北高等学校長）犬丸章門先生、同室指導主事（現、荒川区教育委員会指導室長）粟野俊昭先生をはじめ、科学研究部指導主事の先生方には終始ご指導・ご助言を頂いた。埼玉県立川口青陵高等学校林 明先生、東京都立城北高等学校藤井英一先生には地質野外調査に同行して頂くとともに、粗稿を読んで頂いた。また国立教育研究所地学研究室長下野 洋先生には、微化石の教材化についてご教示を頂いた。

また一年間の長期に渡る研究の機会を与えて下さった東京都教育委員会、および研究を進める上でご配慮・ご協力頂いた東京都立大崎高等学校元校長西山 孝先生をはじめとする全教職員の方々に、心よりお礼申し上げます。

なお、本研究に際し、その一部は昭和63年度文部省科学研究費補助金（課題番号63916014）によった。

文 献

- 浅井治平, 1925: 多摩丘陵の地形. 地理学評論, 1, 562~582.
- 藤本治義, 1926: 関東山地東縁部の地質学的考察. 地質雑, 33, 119~142.
- 福田 理・高野 貞, 1951: 東京都青梅町東北方阿須山

- 丘陵の地質。地質雑, 57, 459~472.
- 福原悦満, 1974: 地学教材としての花粉分析—西条湖成層の花粉分析研究を中心に—. 全国理科教育センター研究協議会発表資料 (1974).
- 堀口万吉他, 1977: 関東平野西部入間川沿いに発達する仏子粘土層の再検討. 埼玉大学 教養部紀要, 自然科学, 13, 93~98.
- 他, 1978: 埼玉県狭山市より発見されたアケボノゾウについて. 地球科学, 32, 38~40.
- Kimura, T. et. al., 1981: Fossil plants from the Tama and Azuyama Hills, Southern Kwanto Japan. Trans, Proc. Palaeont. Soc. Japan. N. S., 122, 87~104.
- 小島和夫, 1966: 微化石 (とくに珪藻) の教材利用—河北潟の形成について—. 全国理科教育センター研究協議会発表資料 (1966).
- 宮下 治, 1982: モジュール方式による花粉分析の指導例. 地学教育, 35, 21~33.
- 水野寿彦, 1973: 日本淡水プラクトン図鑑. 保育社.
- 長尾 恵・福島 滋, 1975: 泥炭層の花粉分析—徳佐・地福洪積層教材化のための検討—. 全国理科教育センター研究協議会発表資料 (1975).
- 中村 純, 1967: 花粉分析. 古今書院.
- 笹井化石林調査グループ, 1984: 埼玉県西部, 入間川河床に分布する笹井北石林と周辺の地質. 埼玉県立自然史博物館研究報告, 2, 67~80.
- 島倉巳三郎, 1934: 化石木に関する研究雑記Ⅲ. 地質雑 41, 9~19.
- , 1936: 化石木に関する研究雑記Ⅳ. 同上, 43, 269~296.
- , 1973: 日本植物の花粉形態. 大阪市立自然科学博物館収蔵資料目録, 第5集.
- 下野 洋, 1980: 花粉化石教材化のための基礎的研究. 全国理科教育センター研究協議会発表資料 (1980).
- , 1981: ボーリング資料の教材化—名古屋港ボーリング資料の花粉分析—. 同上 (1981).
- 徳永重康・飯塚 寛, 1926: 石炭を含む東部関東山地. 石炭時報, 2, 1078~1091.
- 山路 勇, 1966: 日本海洋プラクトン図鑑. 保育社.
- 邑本順亮, 1965: 教材としての化石珪藻の利用. 全国理科教育センター研究協議会発表資料 (1965).
- , 1980: 再び「教材としての化石珪藻の利用」について. 同上 (1980).

宮下 治: 泥層中の微化石による地層の対比の教材化—埼玉県飯能市の入間川流域を例として—
地学教育 43巻, 3号, 73~87, 1990.

〔キーワード〕 高等学校, 泥層, 微化石, 地層の対比, 入間川流域 (埼玉県飯能市)

〔要旨〕 泥層に含まれる微化石 (花粉化石・珪藻化石) を用いた, 野外と室内の両学習活動を通じた学習指導計画を作成した。またこれに基づき, 地層の対比を考えていく生徒用学習テキストおよび教師用指導資料を作成, 都立高校において授業実践を行い, 教材としての有効性を確認した。

Osamu MIYASHITA: A Study on the Teaching material of the Time Correlation by Microfossils in Mud Layers. *Educat. Earth Sci.* 43 (3), 73~87, 1990.

第24回夏季大学「新しい気象学」の開催

標記の講座が下記の通り開催されます。参加ご希望の方はその詳細を連絡先にお問い合わせ下さい。

主 催 社団法人 日本気象学会

後 援 気象庁、東京都教育委員会、日本地学教育学会、日本気象協会（予定）

目 的 最近の気象学を反映した啓蒙、普及

日 時 平成2年7月24日（火）～27日（金）

場 所 気象庁講堂

対 象 者 主として小学校、中学校、高等学校の理科、地学担当の教師及び気象学の同好者

所 在 地 東京都千代田区大手町1-3-4 気象庁内

連 絡 先 社団法人日本気象学会

電話 (03) 212-8341 内線469

平成2年 第24回夏季大学講義内容（予定）

—海 と 大 気—

7月24日（火）13～15時

熱帯の海と世界の気象 新田 勃（気象大専校）

今年熱帯の太平洋では約4年ぶりにエルニーニョ発生兆が現れています。エルニーニョがおきると日本や世界の天気はどのような影響を受けるでしょうか。

7月25日（水）10～12時

海洋大循環 石崎 廣（気象研究所）

深層まで含めた世界中の海洋で、海水はどのように循環しているのでしょうか。風と熱による影響を概観します。

7月25日（水）13～15時

天気図をさぐる—基礎編—

永沢義嗣（気象研究所）

天気図は何を表しているか。天気図から何が読み取れるか。天気図という道具を使って気象の実像に迫る。

7月26日（木）10～12時

気候システムとしての大気と海洋

浅井富雄（東大・海洋研）

エネルギーや物質の循環を通して大気と海洋のかかわり合いを眺める。さらに人間活動の気候変動におよぼす影響についてもふれる。

7月26日（木）13～15時

天気図をさぐる—演習編—

永沢義嗣（気象研究所）

前日の講義をもとに、天気図の面白さを体験しながら天気図の意味を考える。

7月27日（金）10～12時

沿岸の気象 藤部文昭（気象研究所）

海陸風、季節風による雪など身近に起こる現象を取り上げ、沿岸の気象と海のかかわりを考える。

7月27日（金）13～15時

映画

海と大気のかかわりをテーマにした映画・ビデオを上映する予定。

水曜日または木曜日15時から気象庁見学の予定（台風襲来、地震の発生などの場合は見学を中止することがあります。）

講習会「現代の宇宙像

—宇宙の誕生から超新星爆発まで—

主 催：日本物理学会

協 賛：（予定）応用物理学会、地球電磁気・地球惑星圏学会、電気学会、電気情報通信学会、日本応用磁気学会、日本化学会、日本原子力学会、日本航空宇宙学会、日本地学教育学会、日本天文学会、日本物理教育学会

期 日：1990年7月23日（月）～25日（水）

3日間とも10時より17時10分（昼食時間を含む）まで5つの講演（計15）が予定されています。

会 場：野口英世記念会館ホール

（東京都新宿区大塚町26 ☎(03)357-0742）

定 員：378名（定員になりしだい締切ります）

聴講料：一般18,000円、会員13,000円、学生4,000円

（講習会テキスト1部、消費税を含みます）

協賛学協会の会員は、すべて本会会員と同じ聴講料とします。

申込方法：申込用紙、またはB5判の用紙に所要事項、氏名、連絡先（聴講券送付先、電話）、勤務先（学生は学校名、学科、学年、電話）、所属学協会、聴講料は一般、会員、学生の区別を明記の上、代金（現金、郵便為替）を添えてお申込み下さい。聴講料を添付しない申込みは無効です。

申込先：(株)日本物理学会 講習会係

〒105 東京都港区芝公園三丁目5-8

機械振興会館211号室 ☎(03)434-2671（代表）

聴講券：聴講申込者には聴講券をお送りしますので、受講の際ご持参下さい。

問合せ先：講演内容についての詳細ほか
申込先と同じ

化学的風化作用とその教材化

—花崗岩類深層風化殻の場合—

秦 明 徳*

I はじめに

身近な自然現象を通しての地域に即した地質営力研究とその教材化は地学教育における最も重要な研究課題の一つである。なかでも、外的地質営力の一つである風化作用は、地表付近で生起し、しかも人間生活と密接な関わりを有する現象であり、適切な教材化が望まれる。

島根県出雲市南方、中国脊梁山地に沿う赤名花崗閃緑岩分布地域は地形的には中位平坦面を形成し、赤色化した深層風化殻を伴っている。

筆者は本深層風化殻の形成過程の究明とその教材化を対象として研究を進めてきている。そのうち五感を生かした野外観察を中心的手法として行なった風化殻分帯とその教材化についてはすでに報告した(秦, 1989)。赤名花崗閃緑岩の風化殻分帯とその特徴は表-1, 図-1の通りである。

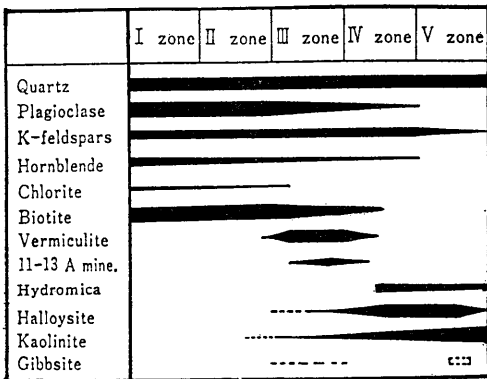
本稿では、この結果を踏まえつつ、さらに次の点について論述する。

- 1 風化作用において本質的な働きをすると考えられる化学的風化作用に焦点をあて、赤名花崗閃緑岩の風化

表-1 野外における肉眼観察を主とする花崗閃緑岩深層風化殻分帯

風化殻分帯	野 外 で の 特 徴
Ⅶ帯 (土壤帯)	最上部層にあたり、移動性の風化物に有機物が混入し、土壌化している。
Ⅴ帯 (含赤色鉄カオリン帯)	黒雲母周辺の褐色化、角閃色の黄色化により、風化物は、白色と黄褐色の班紋状を示すようになる。上部に向かいその色調は次第に赤褐色化する。さらに表層近くでは花崗閃緑岩の組織が失われ、地下水によるしもふり様の模様を呈する部分もある。
Ⅳ帯 (カオリン帯)	斜長石が粘土化しだす。下部では斜長石を指頭でつぶすと相当な抵抗感があり、核の部分はつぶれないで残る。上部に向かい次第に粘土分が増加し、指頭でつぶしても抵抗感がなくなってくる。下部では、ハンマーで軽打すると砂状に崩れるが、上部では、粘土分の増加により塊状で採取が可能となる。黒雲母は黄褐色化が進行する。角閃石は緑色を保ったままであるが、Ⅴ帯との境界付近で黄褐色に変化する。
Ⅲ帯 (パーミキュライト帯)	加水分解作用を受け、粒子間、特に斜長石粒子間の結合力が弱くなり、ハンマーで軽打すると、0.5~2cm程度の粒子となってくずれ落ちる。しかし、斜長石は、まだ粘土化していない。全体の色調は青白色が強い。
Ⅱ帯 (初期変色帯)	b 斜長石が全体に白濁し、黒雲母の劈開面での反射かにくくなり、やや変色し始める。岩盤としての性格は残すが、ハンマーで軽打すると10cm前後の径を持つ岩塊としてとれる。
	a 斜長石はまだ劈開面での反射を残すが、透明度は減少する。黒雲母の周辺が鉄のしみ出しにより茶色になる。ハンマーでの感触は新鮮岩とほとんど変化なし。
Ⅰ帯 (新鮮岩帯)	新鮮な岩石で、風化作用の影響がみられない。

* 島根大学教育学部 1989年11月1日受付 12月10日受理



図一 赤花崗岩の風化進行に伴う鉱物相変化

過程における物質の収支関係について明らかにする。

- 2 化学的風化作用を中心とした花崗岩類の風化作用の教材化を行う。
- 3 花崗岩類の風化作用の実験授業を試み、風化作用の教材化について検討する。

II 物質収支から捉えた花崗岩類深層風化作用の特質

ここでは、前述の風化殻分帯に基づき、各風化段階がどのような物質の収支関係にあるのかについて明らかにする。そして、化学的風化作用の風化殻形成におよぼす影響について考察を加える。

1. 試料の採取及び分析の方法

(1) 試料の採取

分析に供した試料は、図一2に示す露頭①、②、③から採取した。露頭①では新鮮岩からカオリン帯までの7点の試料を採取した。露頭②では地表下11m、26mのカオリン帯から各1点、地表下6mの含赤色酸化鉄カオリン帯下部から1点の試料を採取した。露頭③では本地域内で最も風化が進行した試料として、地表下0m、3mから各1点を採取した。

(2) 化学分析の方法

風乾した各試料をメノウ乳鉢中で微粉とし、分析試料として用いた。試料の特性から SiO₂、Al₂O₃ は重量分析法、TiO₂ は比色分析法、FeO は KMnO₄ 滴定法、H₂O (+)、H₂O (-) は熱重量分析法、その他の成分は原子吸光分析法によった。なお、熱重量分析には、島津熱分析装置 DT-30 を使用した。原子吸光分析には、日立ゼーマン原子吸光分析装置 180-70/80 型を使用し、標準物質として JG-1 Granodiorite 及び JB-1 Basalt を用いて測定した。

(3) 密度の測定

岩塊状で採取可能な比較的新鮮な試料については風乾後、ニスで表面をコーティングし、空気中と水中で重量測定し密度を決定した。一方、風化度が高く岩塊状で採取不能な試料については円筒型土壌サンプラーを用い、不攪乱試料 1000 cm³ を採取し、風乾後、重量測定し密度を求めた。

2. 分析結果と考察

各試料の化学分析結果、その分析値より求めたノルム値及び密度の測定結果を表一2にまとめて示す。ノルム値の算出にあたっては、通常のノルム鉱物に、風化生成鉱物として出現するカオリナイトを加えた。

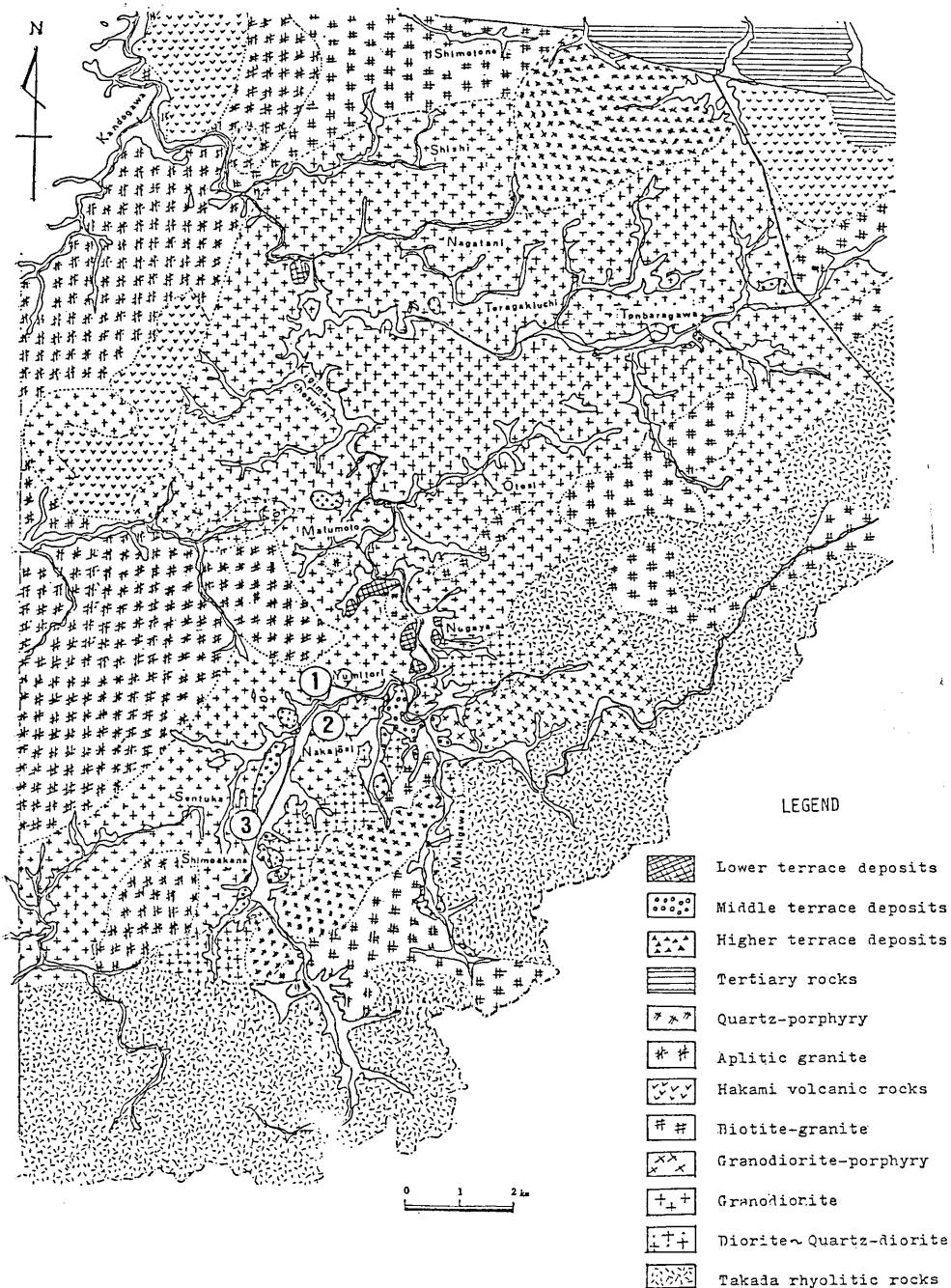
(1) 化学組成の相対的变化

風化作用による元素の働きを細かく論じるのには、個々の岩石の風化程度を表示できる明確な指標が必要である。既に、岩石の風化程度を表示する種々の物理的・化学的風化指標が提案されている (Ruxton B. P., 1957; 三浦, 1973; 木宮, 1975)。しかし、現段階では特に優れた表示法として確立されたものがあるわけではない。そこで、筆者は物理的基本量でありしかも測定が容易な密度を風化指標として用いることにする。図一3は風化の進行に伴う各酸化物の相対的増減を示す。但し、Fe₂O₃ は風化過程で FeO の酸化による増加があるため Fe₂O₃ の代わりに Total Fe をとって示してある。相対的に減少する酸化物は、SiO₂、MgO、K₂O、Na₂O、CaO、FeO である。一方、相対的に増加する酸化物は、Al₂O₃、TiO₂、H₂O (+)、H₂O (-)、Total Fe (Fe₂O₃)、MnO である。Na₂O、CaO の相対量は急激に減少するが、その一方で Al₂O₃ や H₂O (+) の急激な増加がある。これらは斜長石の分解とカオリン鉱物の生成に関わる現象として理解できる。それに比し、MgO や K₂O は相対量の減少を生じにくい。MgO は密度 1.7 g/cm³ 付近で減少傾向を示すが、風化末期まで残存し続ける。これは角閃石が比較的に風化に強いことと、黒雲母がその形を変えながらもその構造を最後まで残すことと深い関わりがある。また、K₂O は風化が進行しても、その相対量をほとんど変化させないが、密度 1.2 g/cm³ 付近で急激にその量を減少させる。これらの結果はカリ長石が風化に対して強い抵抗性を示しながらも、含赤色酸化鉄カオリン帯上部で不安定となり分解していくことと、黒雲母がその構造を風化末期まで残存させていることに対応していると考えられる。風化進行に伴う FeO の減少とカオリン帯から上位での Total Fe の漸増は、FeO が風化の過程で酸化を受け、より安定な三価鉄を含むゲーサイトを形成し、溶脱を受けにくくなることに

対応しているものと推定できる。この FeO の減少は、角閃石が風化作用に対して比較的強いことから、主として黒雲母に含まれる FeO の酸化、溶脱によるものと考えられる。

(2) 風化進行に伴う溶脱率の変化

溶脱率は試料の化学分析値と密度から次のようにして求めた。まず化学分析による各酸化物の重量パーセントをそれぞれの分子量で割りモル比を算出する。次にこの



図一 調査地域の地質概略と露頭位置

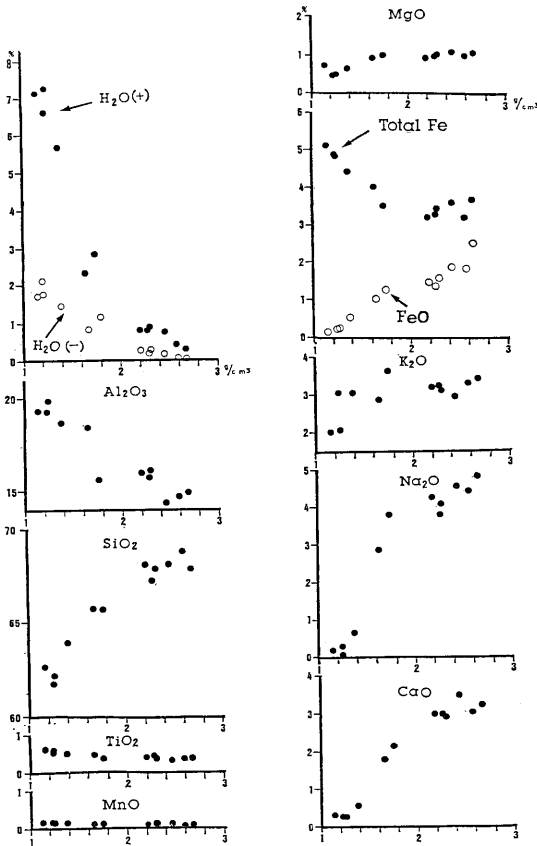


図-3 風化進行に伴う化学組成変化

モル比から陽イオン比を求める。求めた陽イオン比にそれぞれの風化物の密度を掛ければ、同体積中の陽イオン比が求められる。よって、各陽イオンの溶脱率は次式で与えられる。

求める陽イオンの溶脱率 =

$$\left\{ 1 - \frac{\text{陽イオン比} \times \text{密度(風化岩)}}{\text{陽イオン比} \times \text{密度(新鮮岩)}} \right\} \times 100$$

以上の方法で求めた各風化段階での陽イオンの溶脱のしやすさは次の通りである。但し、鉄イオンについては、風化過程での FeO から Fe₂O₃ への変換があるため Total Fe (Fe³⁺) として表現した。

- ・バーミキュライト帯の試料 (密度 2.28 g/cm³)
Na⁺ > Fe³⁺ > Ca²⁺ > Mg²⁺ > K⁺ > Si⁴⁺ > Mn²⁺ > Ti⁴⁺ > Al³⁺
- ・カオリン帯の試料 (密度 1.65 g/cm³)
Ca²⁺ > Na⁺ > K⁺ > Mg²⁺ > Si⁴⁺ > Mn²⁺ > Fe³⁺ > Ti⁴⁺ > Al³⁺
- ・含赤色酸化鉄カオリン帯下部の試料 (密度 1.23 g/cm³)

cm³)

Na⁺ > Ca²⁺ > Mg²⁺ > Si⁴⁺ > K⁺ > Al³⁺ > Fe³⁺ >

Mn²⁺ > Ti⁴⁺

・含赤色酸化鉄カオリン帯上部の試料 (密度 1.15 g/cm³)

Na⁺ > Ca²⁺ > K⁺ > Mg²⁺ > Si⁴⁺ > Al³⁺ > Fe³⁺ >

Mn²⁺ > Ti⁴⁺

図-4 は密度を風化指標とした時の溶脱率の変化を示す。

これらの結果は、Na⁺、Ca²⁺ がどの風化段階でも溶脱しやすく、しかも急激に溶脱が進むことを示している。逆に、Ti⁴⁺、Al³⁺、Mn²⁺ は溶脱しにくいイオンである。しかし、溶脱しにくい Al³⁺ でも、含赤色酸化鉄カオリン帯では40%以上の溶脱率を示すようになる。Total Fe (Fe³⁺) は、風化初期にはよく溶脱を受けるが、その後半では溶脱されにくくなる。このことは二価鉄イオンの状態では溶脱を受けやすいが、ゲーサイト生成による二価鉄イオンの三価鉄イオンへの変換後は極めて溶脱を受けにくくなることを示している。K⁺ が風化の末期に溶脱を受けやすくなるのは、カリ長石の分解と関わっている。

これらの溶脱率に示される傾向は必ずしもイオン化傾向に従わないで、むしろ造岩鉱物の風化分解のしやすさを反映している。

(3) ノルム鉱物から見た鉱物相の変化

花崗閃緑岩とその風化物の化学分析値より求めたノルム鉱物 (表-2) を用い、風化進行に伴う鉱物相の変化の検討を行う。

ここでは、算出されたノルム鉱物を用い、花崗閃緑岩とその風化物中に実際に存在する鉱物にできるだけ対応できる形で表現しようとした。その際、ノルム鉱物を端成分として斜長石 (Ab+An)、輝石 (wo+en+fs)、磁鉄鉱 (mt+il) を形成した。苦鉄質の黒雲母と角閃石に対応するノルム鉱物として輝石類を用いているが、この方法では K⁺ イオンを含む黒雲母やその風化物に対応できていない。この点に関してはさらに工夫を要する。

以上の手続きに従い、風化進行に伴うノルム鉱物相の変化をグラフ化し、図-5 に示す。このグラフから斜長石のカオリン帯での急激な減少とこれに対応したカオリナイトの増加が顕著である。カリ長石は含赤色酸化鉄カオリン帯上部に到ってはじめて減少傾向を示し、風化作用に対する抵抗性の強さを示している。含赤色酸化鉄カオリン帯においては、風化生成鉱物と残留鉱物との比がほぼ等しくなり、鉱物相中、カオリナイトの占める割合が最も高くなっている。

表一 2 花崗閃綠岩とその風化物の化学組成とノルム鉱物

	新鮮岩帯			初期変色帯			パーミスキュライト帯			カオリン帯						含赤色酸化鉄カオリン帯																
	1 Corestone 1			1 Corestone 2			1 Corestone 3			1 Corestone 4			1 Corestone 5			1 Corestone 6			1 Corestone 7		2 地表下26m		2 地表下11m		3 地表下6m		3 地表下3m		3 地表下0m			
	Wt. %	Mol. prop.		Wt. %	Mol. prop.		Wt. %	Mol. prop.		Wt. %	Mol. prop.		Wt. %	Mol. prop.		Wt. %	Mol. prop.		Wt. %	Mol. prop.	Wt. %	Mol. prop.	Wt. %	Mol. prop.	Wt. %	Mol. prop.	Wt. %	Mol. prop.	Wt. %	Mol. prop.		
SiO ₂	67.97	1.132		68.87	1.147		68.06	1.133		67.97	1.132		68.20	1.136		67.27	1.120		65.76	1.095		63.99	1.065		61.72	1.029		62.23	1.036		62.58	1.042
TiO ₂	0.36	0.005		0.34	0.004		0.32	0.004		0.38	0.005		0.39	0.005		0.41	0.005		0.42	0.005		0.48	0.006		0.51	0.006		0.52	0.007		0.54	0.007
Al ₂ O ₃	14.90	0.146		14.69	0.144		14.35	0.141		16.04	0.157		15.91	0.156		15.79	0.155		18.42	0.181		18.67	0.183		19.30	0.189		19.85	0.195		19.31	0.189
Fe ₂ O ₃	1.08	0.007		1.25	0.008		1.61	0.010		1.70	0.011		1.70	0.010		1.65	0.010		2.82	0.018		3.90	0.024		4.63	0.029		4.60	0.029		4.91	0.031
FeO	2.62	0.027		1.98	0.028		2.02	0.028		1.76	0.024		1.52	0.021		1.67	0.023		1.20	0.020		0.54	0.008		0.25	0.003		0.21	0.003		0.20	0.003
MnO	0.09	0.001		0.08	0.001		0.08	0.001		0.09	0.001		0.08	0.001		0.09	0.001		0.09	0.001		0.13	0.002		0.13	0.002		0.13	0.002		0.13	0.002
MgO	1.02	0.025		0.98	0.024		1.05	0.026		0.99	0.025		0.89	0.022		0.96	0.024		0.89	0.022		0.69	0.017		0.43	0.011		0.50	0.012		0.72	0.018
CaO	3.26	0.058		3.10	0.055		3.48	0.062		2.93	0.052		2.98	0.053		2.97	0.053		1.79	0.032		0.59	0.011		0.32	0.006		0.29	0.005		0.33	0.006
Na ₂ O	4.85	0.078		4.44	0.072		4.58	0.074		4.08	0.066		4.29	0.069		4.29	0.069		2.87	0.030		0.68	0.011		0.43	0.007		0.08	0.001		0.22	0.004
K ₂ O	3.43	0.036		3.30	0.035		2.96	0.031		3.15	0.033		3.20	0.034		3.25	0.035		2.90	0.024		0.89	0.011		0.32	0.006		0.29	0.005		0.33	0.006
H ₂ O(+)	0.37	0.021		0.47	0.026		0.77	0.043		0.91	0.051		0.85	0.047		0.88	0.049		2.90	0.161		5.75	0.319		6.63	0.368		7.30	0.406		7.02	0.400
H ₂ O(-)	0.03	0.002		0.08	0.004		0.23	0.013		0.40	0.022		0.28	0.016		0.32	0.019		1.10	0.061		1.45	0.081		2.21	0.123		1.80	0.100		1.80	0.100
Total	99.98			99.58			99.51			100.40		100.29		99.55					100.38			99.82			99.57			99.56		99.94		
Q	19.17			22.43			21.97			23.21		22.98		21.54					24.18			30.60			29.04			32.52		33.24		
Ka	0.00			0.00			0.00			1.54		0.00		0.00					18.58			33.28			37.15			43.09		40.76		
Or	20.21			19.59			17.37			18.32		18.94		19.50					16.71			17.82			17.82			12.25		11.70		
Ab	41.19			37.91			39.01			34.48		36.16		36.16					24.63			5.76			3.67			0.52		2.10		
An	8.97			10.33			10.07			14.41		14.73		14.18					8.90			3.06			1.67			1.39		1.67		
Wo	3.04			2.10			3.03			0.00		0.00		0.23					0.00			0.00			0.00			0.00		0.00		
En	2.52			2.41			2.62			2.49		2.20		2.40					2.20			1.70			1.10			1.20		1.80		
Fs	2.13			2.25			1.99			1.18		0.92		1.19					0.00			0.00			0.00			0.00		0.00		
Mt	1.64			1.86			2.33			2.54		2.32		2.32					3.71			0.46			0.00			0.00		0.00		
Hm	0.00			0.00			0.00			0.00		0.00		0.00					0.32			3.52			4.64			4.64		4.96		
Il	0.76			0.61			0.61			0.76		0.76		0.76					0.76			0.91			0.76			0.52		0.76		
Ru	0.00			0.00			0.00			0.00		0.00		0.00					0.00			0.00			0.08			0.16		0.16		
Total	99.63			99.49			99.00			98.93		99.01		98.28					99.99			97.11			95.93			96.37		96.99		
Bulk density (g/cm ³)	2.68			2.59			2.45			2.30		2.20		2.28					1.65			1.38			1.23			1.25		1.15		

Q:石英
Fs:鉄輝石
Mt:磁鉄鉱
Ka:カオリアイト
Hm:赤鉄鉱
Il:正長石
Ru:金紅石
En:珪灰石
Wo:珪酸石
An:硬長石
Ab:霞石
Or:正長石
Ca:方解石
En:硬火輝石

図一6は、風化進行に伴う溶脱量及び鉱物相の変化を表現したものである。この図は、風化作用が風化鉱物の生成と溶脱作用によって特徴づけられることを如実に示している。

3. 真砂土化や深層風化殻の形成機構

以上のように、花崗岩類の風化作用の特徴は石英・カリ長石・角閃石がほとんど風化されないのに斜長石と黒雲母が成分を奪われ、化学変化を被り、新しい粘土鉱物となっていくことである。

この過程での斜長石の細片化が造岩鉱物の結合を緩め、真砂土化へと進めさせるのである。このように化学変化を岩石やその造岩鉱物にもたらすものは気圏、水圏からもたらされる水+二酸化炭素+酸素で示されると考えられる。風化作用の基本様式を式に表わすと、新鮮岩+水+二酸化炭素+酸素→風化残留鉱物+粘土鉱物+溶脱成分となる。

従って、風化進行に伴い減少する成分が水に溶脱されたものであり、(風化残留鉱物+粘土鉱物)が風化岩となると考えられる。このように見ていくと、花崗岩類の風化作用は、溶脱作用と粘土鉱物形成作用に代表される化学的風化作用であり、その結果としての機械的風化作用であるということが出来る。

ところで、花崗岩類の風化作用の特徴は、その風化殻が非常に厚いことにあったが、風化作用の進行に必要な水+二酸化炭素+酸素はどのようにして地下深部まで到達するのであろうか。図一7からわかるように、風化作用は花崗岩類の断裂系に沿って進行している。即ち、水の循環路としての断裂系が役割を担うのである。この断裂系の成因については、この断裂に発達する粘土鉱物やゼオライト鉱物から、花崗岩マグマ固結時に生成されたものと推定された(三浦・秦, 1970)。風化作用は、このような割れ目に沿って進行するのである。

以上のように、花崗岩類の化学的風化作用は、基本的にその風化作用の主役であるが、それに先行する構造的な割れ目の存在が必要である。化学的風化作用は、このようにして形成された微細な割れ目で進行する。このような構造的割れ目は本来花崗岩体内部に普遍的に存在するが、その存在密度は不均一で、それが高い場所ほど風化を受けやすい。

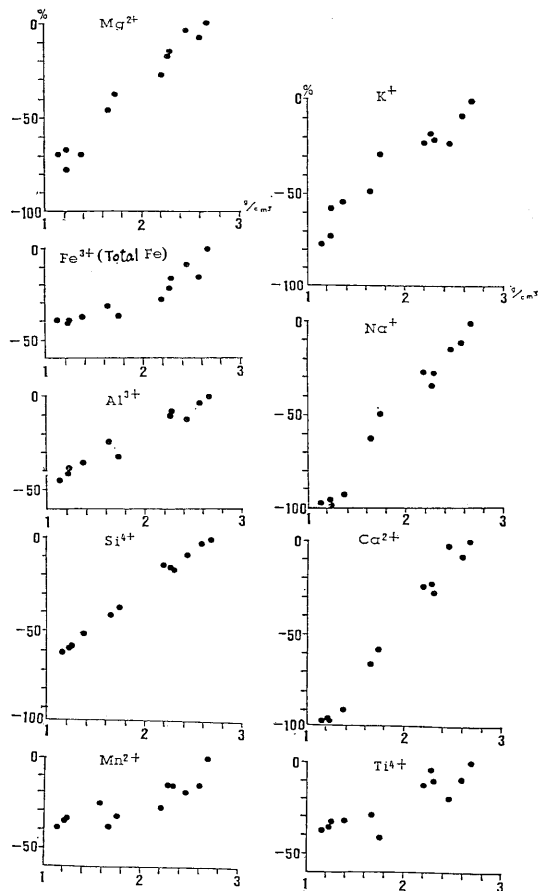
III 花崗岩類風化作用の教材化

従来、中学・高校の理科教科書等での花崗岩類風化作用の取り扱い、物理的風化作用を強調し、化学的風化作用を軽視する傾向が強かった。しかも、花崗岩をガスバーナーの炎で熱し水母に入れるという急加熱～急冷却

による物理的破壊実験は、地表付近の自然条件では考えられない変化であり、風化作用のメカニズムを説明する実験としてはふさわしくないものである。一方、化学的風化作用については、水と岩石との反応を取り上げている点は評価できる。しかし、物理的風化作用と化学的風化作用の相互関係や化学的風化作用をどのような観察事実から捉えるのかについては、ほとんど言及していないのが現状である。

花崗岩類の風化作用を教材化する場合、その本質を基盤とした教材化が望まれる。また、学習者の発達段階に応じた学習者なりの追求活動が保障できる教材化が必要である。以下、花崗岩類の風化作用教材化の留意点について検討を加える。

赤名花崗閃緑岩深層風化殻を例として述べたように、湿潤地域の花崗岩類に発達する深層風化殻の形成は溶脱作用と粘土鉱物形成作用によって特徴づけられる。また、このような化学的風化作用を進行させる水の通り道



図一4 風化進行に伴う溶脱率の変化

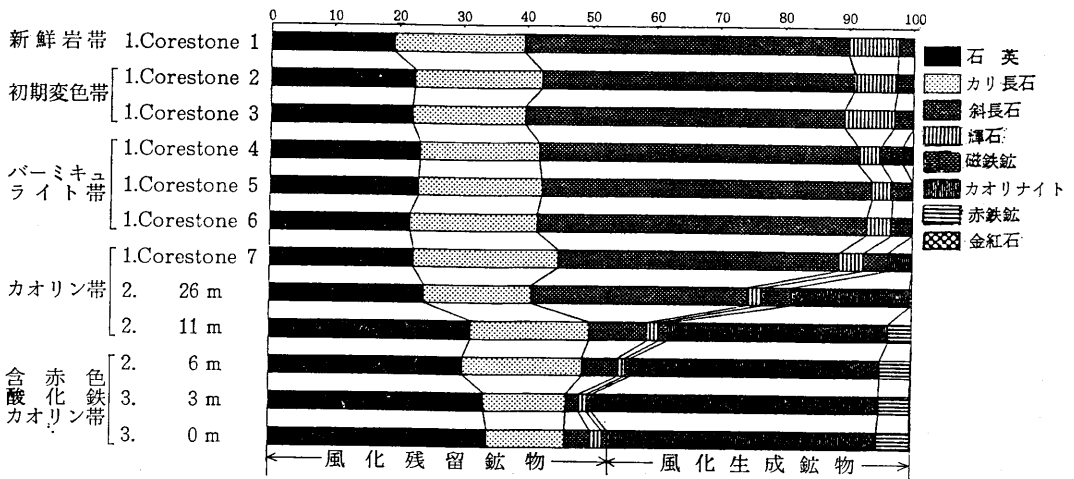


図-5 ノルム鉱物による風化鉱物相の変化

としての大小の構造的割れ目が花崗岩内に初期的に存在する。これらのことは、前述してきたように岩石風化物の化学分析値及び密度測定値から物質の収支関係を導き出すことにより、風化露頭の観察、X線粉末回折実験、顕微鏡観察等を組み合わせることにより明らかにすることができる。

高校生以上であれば、化学的風化作用を捉えるには次の手法が使用可能である。即ち、風化進行に伴う化学成分変化の三角ダイアグラム表現、ノルム鉱物による鉱物相変化の推定、風化物の密度を用いた溶脱率の計算等である。この場合、ノルム計算、三角ダイアグラムや柱状グラフの作成等にはパーソナルコンピュータの利用も考えられる。

しかし、これらの手法の多くは、中学生にはまだ理解困難である。そこで、この化学的風化作用の事実を化学分析値やX線粉末回折実験の結果を用いないで理解させ、実感させるような教材化の必要が生じてくる。そこで、中学生段階で学習可能な教材として野外での露頭観察以外に次の実験観察を考えた。

1. メチレンブルーによる粘土鉱物粒子の吸着実験

メシリンダーに風乾試料を一定重量はかり取り、メチレンブルー水溶液を一定量注ぐ。同水溶液中にて試料を十分攪拌後、静かに放置する。風化作用が進行し、粘土成分が生成されているとメチレンブルーが粘土鉱物表面に吸着し、粘土部分を着色する。この方法は風化進行に伴う粘土量の増加を粘土鉱物の吸着により視覚的に把握できると同時に、粘土鉱物への選択的吸着が風化作用の結果生じた新しい物質の存在を示すことになる。比色

標準列法を用いれば、風化進行に伴う粘土量の増加をメチレンブルー水溶液の吸着による濃度変化により定量化することもできる。

2. 風化試料の密度測定による溶脱量の推定

1000 cm³ 程度の風化物不攪乱試料を採取し、その風乾重量から密度を算出することにより、風化進行に伴う溶脱量の変化を推定する。

3. 風化酸化物の還元実験

ゲーサイト等の生成により赤色化した風化物試料を炭素粉や水素ガスにより還元し、変色させることにより、風化過程が酸化現象を含むことを示す。

4. 新鮮な花崗岩片への赤インクの浸透実験

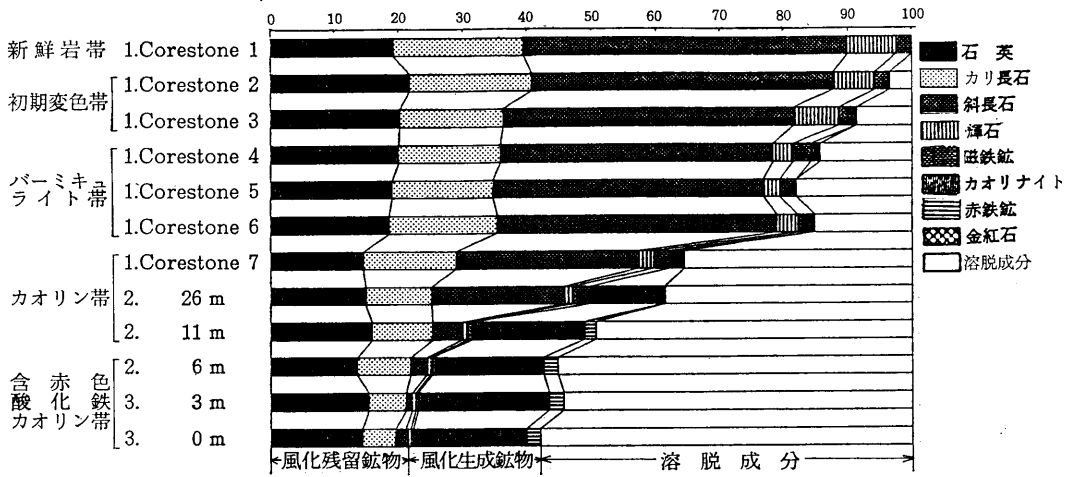
シャーレに脱脂綿をしき、赤インクを注ぐ。その上に花崗岩片を置き、しばらく放置する。赤インクが試料上面まで浸透してきたら、取り出して観察する。花崗岩内に初期的に存在する微細な割れ目の存在はこの方法により、明確な観察が可能となる。ルーペの使用により、粒子内、粒子間に存在する割れ目をはっきりと観察できる。

これらの手法は、中学生にも使用可能であり、中学生にも化学的風化作用の学習が可能であることを示している。

IV 花崗岩類風化作用の実験授業

中学3年生を対象とした花崗岩類風化作用の実験授業を行うこととし、計画作成、実施に際しては次の3点を重視した。

(1) 秦(1989)が示した花崗岩類深層風化殻の観察方



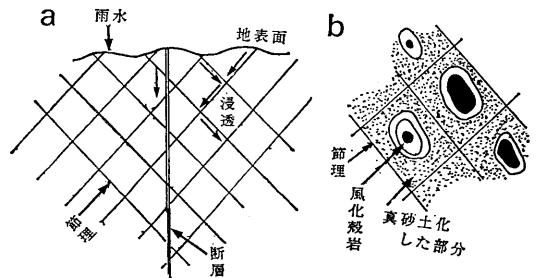
図一六 ノルム鉱物による鉱物相と溶脱率の変化

法を用いる。

- (2) 化学的風化作用について中学生なりの理解が得られるよう前述の教材化したものを取り入れるよう工夫する。
 - (3) 風化作用と生活との関わりを取り上げる。
- なお、実験授業は、島根大学教育学部附属中学校3年3組(45名)を対象として実施した。

1. 授業計画

- (1) 小単元名 花崗岩の風化作用
- (2) 小単元の目標
 - ア 花崗岩の風化露頭を観察し、岩石の変質・細片化が地表から地下へ、割れ目の面から内部へと進んでいることをスケッチとことばで表現できる。
 - イ 花崗岩の造岩鉱物のうち斜長石と黒雲母が特に風化変質しやすく、粘土化していくことを観察事実から説明できる。
 - ウ 深層風化作用の原因は、花崗岩の割れ目を伝わって下降する水とそこに含まれる酸素、二酸化炭素が長い時間をかけて岩石に働きかける化学作用であることを説明できる。
 - エ 風化現象に関心を持ち、集中して観察や討論に取り組むことができる。
- (3) 学習計画……………4時間
 - ア 花崗岩風化殻の露頭を観察しまとめる。……………2時間
 - イ 露頭観察で生じた疑問を持ち帰った試料を中心に観察実験し解決する。……………1時間
 - ウ 風化作用のメカニズムを推論する。……………1時間



図一七 地下への水の浸透と風化核岩の形成
 a : 節理や断層が地下水の通路となる。
 b : 風化は節理系にそって進行し、その中心部分に風化殻岩を残す。

(4) 学習過程 表一3に示す。

2. 授業の実際

(1) 花崗岩類風化殻の観察

花崗岩地帯の地表付近がどのようなになっているかを予想し討論した後野外に出かけ、次に示す2露頭について観察を行った。

・露頭A

松江市忌部町千本ダム南側、山砂採取場にある中粒黒雲母花崗岩の露頭。高さが約30mあり、風化殻の新鮮岩帯～含赤色酸化鉄カオリン帯までが観察できる。断裂系がよく発達し、新鮮岩は、最下部に風化殻岩として露出するのみである。地表から地下へと風化作用がどのように進行するのかを観察するのに好適地である。

・露頭B

松江市忌部町千本ダム北側, 道路わきにある花崗閃緑岩の露頭。タマネギ状風化がよく発達し, 断裂系が風化に果たす役割について観察するのに好適地である。

観察にあたっては, まず新鮮岩の組織, 造岩鉱物の種類や大きさ, 量比をよく観察させた。露頭観察では, まず露頭全体の様子をスケッチさせ, 色調の変化や断裂系の発達の様子などの概観を捉えさせた。次に, 露頭に近づき, 岩石風化物を手に取り五感を用いて観察させた。その際, 色, 粒度, 硬度, 岩石組織, 鉱物等が風化進行に伴いどのように変化していくのかをよく観察するように指示した。また, 必要に応じ試料を教室に持ち帰らせた。野外観察の結果は, レポートにまとめさせた。

露頭Aでは, 下部, 中部, 上部と3ヶ所の観察点を取り, 比較観察させた。下部では初期変色帯が中心となり, 部分的にはパーミキュライト帯に移行した部分を含む。大部分が岩盤としての性格をまだ残しているものの, ハンマーで軽打すると数~10 cm 前後の岩塊となりくずれ。斜長石はすでに劈開面で光を反射しなくなり白濁し, 細片化した部分も含まれる。黒雲母も光沢が鈍くなり変色し始めている。

中部は典型的なカオリン帯の特徴を示す。たまねぎ状風化の跡がよく保存されているが, 既に内部まで真砂土化が進んでいる。岩石の組織は保存されているものの, 風化物を露頭から取り出そうとするとばらばらに砕けてしまう。斜長石は指間で簡単にくずれてしまい, 粘土化の進行が著しい。黒雲母も変色が激しく, 金色の光沢を持つ。

最上部は含赤色酸化鉄カオリン帯の特徴を示す。全体が赤褐色をしており, 岩石の組織もかなり乱されている。風化物を取り出して指間でもむと小粒化した石英が抵抗を示すだけである。

露頭Bでは, 断裂系から風化殻岩への変化が明瞭に観察できた。また, 岩石を切る断裂系の密度の差が風化作用の速度に影響を与えていることもよく観察できた。黒雲母の周辺が溶脱された酸化鉄により次第に茶色化していくようすや, 黒雲母全体の色調の変化もよく観察でき, 風化が化学変化であることを生徒に気付かせる重要なポイントとなった。

(2) 野外観察で生じた疑問点の追求

野外観察を終えてさらに追求したい点として, レポートの中で生徒が述べているものを分類すると次のようになった。

ア 断裂系について

- ・岩石に存在する割れ目はいつどのようにしてできたか。割れ目が既に存在していて風化しやすいのか,

風化作用の結果割れ目ができたのか。

- ・割れ目から岩石内部に向かって風化作用が進むのはなぜか。

イ 化学的風化作用について

- ・岩石が風化するとなぜ赤茶色に変色するか。また, 黒雲母が金色になったり, 石英や長石が茶色になるのはなぜか。
- ・風化作用を強く受けた地表付近では, 石英は確認できるが斜長石は見えない。斜長石はどうなったのか。
- ・真砂土を還元したらもとの色に戻るだろうか。

ウ たまねぎ状風化について

- ・殻岩からそれを取り囲む層状の風化岩へどのような変化があるか。たまねぎ状になるのはなぜか。

エ 物理的風化作用について

- ・風化すると硬い岩石がボロボロにくずれるのが不思議だ。粘土質の部分はどのようにしてできるか。

オ 水の作用と風化作用について

- ・岩石の中に水は染み込むのか。岩石は水によってどんな作用を受けるのか。

カ 熱と風化作用について

- ・温度変化によって岩石はどのくらいもろくなるか。

以上のア~カの疑問のうち, 断裂系の成因については, 授業者が説明することにし, 熱の作用については, 深層風化作用の説明にならないとの意見により追求の対象から外した。また水の作用については, 後で学級全員で追求することとし, 残りの問題で問題別グループを作り解決を図ることとした。各グループの追求課題とその結果を表一4に示す。

(3) 風化作用の原因の追求

野外観察と室内での疑問点の追求をまとめた後, その事実から風化の原因について推論した。風化の原因については水, 空気(酸素・二酸化炭素), 温度変化が上ってきたが, このうち, 今まで調べた風化作用の事実と照らし合わせ, 主な原因を探ることとした。深層風化すること, 風化作用が一種の化学変化であること, 造岩鉱物が選択的に風化することなどを説明しうるものは, 水や空気が地下深くまで浸透し, 化学変化を起こさねばならない。温度変化や水の三態変化は, 地表近くでの機械的風化作用を引き起こすことはできるが, 風化作用の観察事実から考えると, その役割は極めて少ないと考えた方が良いという意見が多数をしめた。地下深くまで水や空気が侵入するには, どうしてもその通り道が岩石内に必要になってくる。割れ目から風化作用が開始する事実から割れ目としての断裂系が水や水に溶解した空気等を

運ぶパイプであろうと推論できた。その断裂系の成因については授業者から補足した。しかし、断裂系に達した水や空気がさらに岩石内に入らねばならない。そのための通路はどうかという問題になり、新鮮な岩石内に割れ目があるか、岩石に赤インクを染み込ませて観察することにした。観察の結果、赤インクは岩石内に染み込んで

いくが、その速度が場所によって相当異なること、そして赤インクに染まった岩石を割って観察すると、石英や長石の中や境界に既に割れ目が存在し、そこに赤インクが侵入していることが明らかとなった。岩石内の割れ目とその働きを顕微鏡写真のスライドで見せた後、これらの割れ目の成因についても授業者が補足した。この授業を

表一 小单元「花崗岩の風化」の学習過程

時間	学 習 活 動	留 意 事 項
	(はじめ)	
②	花崗岩地帯の地表付近はどのようなになっているかを想像してみよう。(図・討議)	○事前アンケートをもとに、討論し、地表付近の想像をふくらませる。
	松江市忌部町付近の花崗岩露頭を観察し、地表付近がどのようなになっているかを明らかにしよう。(露頭Aの観察)	○新鮮な花崗岩を取り出し、造岩鉱物の種類、大きさに注目させる。 露頭全体が見える位置にたちその大まかな変化のようすを把握した後付近に近づいてみさせる。
	CH ヒント	CH { 新鮮な岩石が風化していくのにどんな変化をするか。断裂系に注目しているか。縦の変化、横の変化に注目しているか。
	露頭Aでの観察をもとに、岩石を切る 断裂系と風化との関係をさらに詳しく観察しよう。(露頭Bの観察)	○たまねぎ状風化のようすを風化構造と鉱物の変質の両視点で観察させる。 ○さらに追究したい箇所については、試料採取させる。
	CH ヒント	CH { ①断裂系によって風化作用が進行していることが認められたか。(鉱物の変化に注目しているか。) ②風化の度合いと割れ目系の密度に注目できたか。
	野外観察をまとめ、レポートしよう。そしてさらに追究したい問題を明らかにしよう。	○①ねらい、②予想、③観察結果、④考察、⑤疑問点と次時の追究方法、⑥感想 を書くように指示する。
	CH ヒント	CH { スケッチを用いて正確に観察結果を記述しているか、風化の実態をとらえられているか。疑問点と解決方法はどのように考えているか。
	追究したい問題ごとに分かれ、解決しよう。	○問題とその解決方法を明確にして取り組むようにさせる。解決方法については、必要に応じて指導をする。
	A B C D CH ヒント CH ヒント CH ヒント CH ヒント	CH { 問題の取り上げ方、解決方法は適切か。
	各グループの追究内容を発表しよう。	○各グループの発表が風化作用全体の中での、どのような意味を持つか位置づけてやる。
①	野外と室内の観察・実験を通し、明らかにした風化花崗岩の事実から、花崗岩が風化する原因や過程について推論しよう。	○風化に対する割れ目(断裂)系のはたす役割、深層風化作用、鉱物の化学的風化に注目させる。 ○河川水や海水の成分について動言し、溶脱現象についてもふれる。
	CH ヒント	CH { 観察事実に基づいた推論活動ができたか。
	もし、風化作用の原因が、水と水に溶けた空気にあるとすれば、新鮮な花崗岩にも小さな割れ目があるはずだ。赤インクの中に花崗岩をつけ毛管現象が短時間で起きるか赤インクの動きを観察しよう。	○事前に用意しておいた観察資料をくばる。 ○花崗岩の中には風化作用を受ける以前から微かな割れ目が存在することに注目させる。
	花崗岩やその風化物の顕微鏡写真のスライドを見て、鉱物を通る割れ目とその風化の過程について説明を聞く。	
①	島根県の真砂土の分布と地形との関係、さらに石見と出雲の地域性について、話を聞く。	○島根県花崗岩分布図を配布する。 ○環境の基礎としての地質に興味を持たせる。
	(おわり)	

通して花崗岩類の風化作用の本質は化学的風化作用であること、そして化学的風化作用が生じるための物理的条件が既に地下深くで準備されていることが確認できた。

3. 実験授業の評価

地域の自然に触れさせ、自然のほんとうの姿を少しでも生徒達に知らせたいと願い、この研究に取り組んできた。生徒たちの野外観察学習後の感想をいくつか引用してみる。

『松江にあんな大きなマグマだまりがあって驚いた。自分たちが地下深くにあったマグマだまりのど真中に今立っていると思うと実に不思議な気がする。自然はとても理論に忠実でわかりやすく観察しやすかった。人間の生み出した科学の力のすばらしさがわかったような気持ちになっている。』

『忌部には何度も行ったことがあるが、あんなにきれいな花崗岩があるとは思わなかった。いたるところに岩石に割れ目はいっていたが、どうしてこんなものができるか実に不思議だった。(中略)最初なぜ風化すると赤っぽくなるのかわからなかったが放課後、還元の実験をやって鉄色がでてきたので、やっと推理ができてとても嬉しかった。』

『現場についてみると自然の大きさに圧倒されてしまい、どこから手をつけていいかなかなかわからなかった。もっと予備知識をつけておけばよかったと思う。また、観察時間がたった1時間くらいではよくわからなかった。一つの露頭に一日でもしがみついていたかった。それほどあの美しい花崗岩がぼろぼろにくずれるのは不思議でたまらなかった。』

このような感想を大多数の生徒が寄せており、五感を通して地域の自然を科学することに喜びを見出し、風化現象の不思議を追求しようとしている姿勢は評価できると考えている。風化作用の主役が化学的風化作用であることを中心とした授業としては、ほぼ今回の流れで良いと考える。

今後の課題としては次のことがあげられる。生徒の中には、十分な露頭観察ができなかった者もあり、観察の視点をさらに明確にしたり、個々の生徒の実態に即した野外観察のさせ方を検討する必要がある。また、風化物中の粘土量の簡易な定量化など実験開発も必要である。

V まとめ

「花崗岩地帯」の教材化を図ることを目的とし、その

表一 野外観察で生じた追求課題とその結果

課題	①風化物の還元 (12人)	②鉱物の垂直変化 (15人)	③たまねぎ状風化と鉱物 (10人)	④風化と粒度の変化 (8人)
課題	風化岩が赤茶色になるのはなぜだろう。	新鮮であった造岩鉱物は下層から上層へと風化が進むにつれて、それぞれどのように変化したのだろう。	たまねぎ状風化において核岩からわれ目までどのように鉱物に変化するのか。	風化につれて粒度はどのように変化するのだろうか。粘土は最初の鉱物が小さくなっただけのものか。それとも化学変化して生じた新しい物質か。
追究方法	もし赤茶色が、岩石中の鉄分が酸化され酸化鉄となったならば還元すれば黒色になるはずである。そこで、赤茶色になった試料を加熱しながら水薬を通し、還元実験をする。	下層・中層・上層の真砂土を採取し、何回も水洗し、粘土分を洗い流す。残った鉱物を探す。先のするどいピンセット、ルーペ、磁石を使用する。	課題②と同じ方法を用いる。	メチレンブルーを溶かした水中で、風化段階の異なる花崗岩を攪拌後、放置したのについて観察し、粒度の比較をする。また、メチレンブルーがどの部分に吸着するかを見る。
結果と考察	赤茶色であった真砂土がしだいに黒ずんできた。中にあった金色に変化していた黒雲母も、新鮮な黒雲母のように黒色に返った。従って、赤茶色の真砂土は、O ₂ により酸化された結果の変色であり、黒雲母の変色も酸化と関係していると考えられる。	下層 / 斜長石はピンセットの先でつつくとくずれる。黒雲母は部分的に変色 石英>斜長石>正長石>黒雲母>磁鉄鉱 中層 / 斜長石の量が激減し、しかも下層よりさらにもろくなる。黒雲母は金色となり薄くはげやすい。石英、正長石は新鮮 石英>正長石>黒雲母>斜長石>磁鉄鉱 上層 / すべての鉱物が細片化しやすくなる。石英、磁鉄鉱は新鮮である。正長石もたまたまみつかう。黒雲母は金雲母として少量含む。斜長石はみあたらない。 石英>正長石>黒雲母>磁鉄鉱 石英、正長石、磁鉄鉱は風化を受けにくい鉱物であり、斜長石黒雲母は激しく変化する。上層では石英でさえ細片化する。	花崗閃緑岩の新鮮岩 斜長石>石英>正長石>黒雲母>角閃石>磁鉄鉱 まず変化を示すのは、黒雲母で、周囲の鉱物を茶色にそめながら、金色に変化をはじめ。斜長石もしだいにやわらかくなり、われ目近くでは、消えてしまう。石英、正長石、角閃石、磁鉄鉱は、安定である。角閃石は風化がすすむと細片化は受けやすい。	下層では、ほとんど粘土分がなく粒度も大きい。メチレンブルーに着色されない。中層、上層へと粘土分が急激にふえ、その部分がメチレンブルーにより青く着色される。上層では、各鉱物粒の細片化が目立つ。従って粘土は風化の過程でできた新しい物質である。

第一歩として、花崗閃緑岩深層風化殻の風化実態と形成機構を特に化学的側面を中心として明らかにし、それに基づく教材化及び実験授業を行い、その結果を検討した。その結果、つぎの点が明らかとなった。

1. 風化物の化学分析の結果は次の通りである。風化進行に伴い、 Al_2O_3 、 TiO_2 、 H_2O (+)、 H_2O (-)、Total Fe は増加するが、他の元素は減少する。CaO と Na_2O の急激な減少と Al_2O_3 、 H_2O の増加は斜長石のハロサイト化に対応する。Total Fe の増加はゲーサイトの生成による。一方、 K_2O と MgO は風化段階の初期には徐々に減少するが、風化段階末期には急激な減少を示す。これはカリ長石や角閃石が比較的風化作用に抵抗性を示すことに対応している。また、風化進行に伴い溶脱率は増加し、含赤色酸化鉄カオリン帯では約60%近くの溶脱率を示す。

2. 深層風化殻の分帯については、中学生以上であれば、五感による観察活動で識別可能であり、優れた観察教材となりうる。

3. 化学的風化作用については、風化物の化学分析値、密度、ノルム値等を使用することにより、高校生以上では動的な風化作用の把握が可能となる。中学生以下では、粘土鉱物の吸着等の五感に訴える教材開発が望まれる。

4. 実験授業では、風化露頭の観察が、認知、情意両面にわたり有効であった。また、メチレンブルーによる

粘土鉱物の染色、赤インクによるミクロクラック系の顕在化は有効に機能した。

謝辞：本研究を進めるのに当たり、兵庫教育大学教授徳山明先生には研究全般にわたり終始親切な御指導を賜わった。東京大学名誉教授湊秀雄先生には化学分析について御指導を賜わった。また、東京学芸大学教授榊原雄太郎先生には風化作用の教材化について御教示いただいた。以上の方に深く感謝の意を表する。

引用文献

秦 明德 (1989) 風化作用観察学習のための基礎的研究—花崗閃緑岩深層風化殻を例として—：地学教育，42巻，4号，139-146。

木宮一邦 (1975) 花こう岩類の物理的風化指標としての引張強度—花こう岩の風化・第一報—：地質雑，81巻，6号，349-364。

三浦 清・秦 明德 (1970) 風化花崗岩の節理型崩壊と節理粘土：応用地質，11巻，2号，6-38。

三浦 清 (1973) 深成岩類の風化に関する研究，第1報—第三紀末の赤色風化作用による江津深成岩体の風化—：応用地質，14巻，3号，1-16。

Ruxton, B. P. and Berr, L. (1957) The weathering of granite and associated erosional features in Hong Kong : Bull. Geol. Soc. Amer., 68, 1263-92.

秦 明德：化学的風化作用とその教材化 —花崗岩類深層風化殻の場合— 地学教育 43巻，3号，89~100，1990。

〔キーワード〕 化学的風化作用，教材化，花崗岩類，深層風化殻，粘土鉱物，溶脱

〔要旨〕 花崗岩類深層風化殻形成のメカニズムを教材化するための基礎的研究を花崗閃緑岩を素材とし、主として鉱物化学的手法を用いて行なった。その結果、本風化作用は粘土鉱物化作用と溶脱作用に特徴づけられること、これらの化学的作用をもたらす雨水の通路として構造的割れ目が初期的に存在することが明らかとなった。これらの研究成果に基づき、風化作用の本質に根ざした教材化を図るとともに中学生対象の実験授業を試みた。

Akinori HADA : A Study on Chemical Weathering and the Developments of Teaching Used with the Results. —On the Case of the Deep Weathering Crusts of Granitic Rocks.— *Educat. Earth Sci.*, 43 (3), 89~100, 1990.

寄稿

地史学上に於ける「時」の概念

小林 貞一*

はしがき

地史学内の諸問題を研究する間に時々学外に立って自分の勤んでいる学を展望するのは大切な事である。私が史実記述の集積から日本地史体系を組織したものは実に「発生発展の概念」であった。Entwicklungshegriffこそ BERNHEIM¹⁾も言う通り科学としての史学の基礎概念である。しかし哲学の一分科として発展して来た歴史哲学上で取扱われているのは狭義の歴史で他の半面である地史学には殆んど論及されなかった。RICHERT²⁾は一回性や個性を余りに強調して文化科学としての歴史を狭苦しいものにしたが、歴史家³⁾は斯学をそんなに狭く考えないで普遍性に立脚した歴史の理論も史学の領域内に置いている。地史学も同様に個性性と普遍性を共に取扱っている。「歴史は繰り返す」と同時に「歴史は繰り返さない」と言う二律背反が地史中に両立している。文化・生物・地殻の諸現象は固有名詞と普通名詞から成立っている。時處性を離脱し得ない地史学上で「時」は最も重要な問題で私は「時」の角度から MEYER 流に地史学を研究する者として自分の勤んでいる地史学を眺めて見た⁴⁾。「地史学の本质」は永年老生の脳裡を徘徊してきた学究の根本問題であった。近年私は Concept, of Time in Geology を日本学士院紀要に公表したが、茲に之を更に突入して詳論する。

地史の時代

「何時何処で」と言う事は野帳と標本から論文や報告に到る迄地質学者に付き纏っている。その何処は地理的位置であり、何時は歴史的時間であるから地質学者の取り扱う扱う資料の総てが史料であり、求められた事実は「史実」で時處性を離れては成立しない。その史実から

組立てた総ては地史学・古生物学と不可分で共に発生発展の概念の上に成立する自然科学である。一説に依るとトキとトコロの語根は tu, tuk で時處が発端である⁵⁾。眼前に事物が存在し流転する。其の森羅万象を見ると「時」と「處」が誕生する。斯くして自己の内に発生した「時」は体験的、主観的、歴史的、相対的な時で、「出来事」と言う「内容」に規定されている。その時から内容を除去すれば抽象的、客観的、物理的或いは絶対的な時の概念となる。以下前者を内的時間、後者を外的時間と呼ぶとこの内的時間から外的時間が獲得される。地史学では内的と外的の時間を各々地質時代 (Geological Age) と編年制 (Absolute Chronology) と呼んでいるが、地質学者は此の順序を踏んで時間概念を獲得して来た。

Nikolous STENO (1638—86) は地層の重疊関係に注目して WERNER, HUTTON 両学派の論争した所謂群雄割據時代に Giovanni ARDUINO (1714—1775), A. G. WERNER (1749—1817) 等は新旧の地層や岩類を始源的、一次的、二次的の山 (Gebirge) 或いは土地 (terrain) に識別した。第三紀・第四紀は其の遺称である。当時の対比は堆積の順序と岩相の類似にのみ頼っていたので、独逸の中部三疊系即ち殻灰統 (Muschelkalk) を英国の下部侏羅系即ちライヤスと、そして独逸の下部二疊系即ち赤底統 (Rotligendes) を英国泥盆系の旧赤砂岩統 (Old Red Sandstone) と対比する様な誤に気付かなかった。夫れ故化石を地層の指時者として利用すると言う Abbi Girard SOULUIE (1769—1839) の着想は画期的なものであった。地層累疊の法則 (Law of superposition) と化石に依る地層同定の法則 (Law of strata identified by fossils) と言う層位学上の基本法則を確立したのは層位学の鼻祖 William SMITH (1769—1837) であった。彼は英国牛津州の Churchill で初等学校を出ただけであったが化石の豊富な侏羅白亜兩紀層の郷土に育まれた地質熱が発展して各々の地層は特有の化石に依って新旧の地層を識別し得る事に気付いた。そして化石愛好家に化石で英国の石炭系から白亜系迄の層序を説

* 東京大学名誉教授、本会特別会員

- 1) E. BERNHEIM Einleitung in die Geschichtswissenschaft, 1920, 坂口昂, 小野鉄二訳。歴史とは何ぞや, 1922.
- 2) H. RICHERT, Kulturewissenschaft und Naturwissenschaft, 佐竹哲雄訳, 文化科学と自然科学, 1922.
- 3) 内田銀蔵, 歴史の理論, 1942.
- 4) E. MEYER, Zur Theorie und Methodik der Geschichte, 1910. 植村清之助・安藤侯雄訳, 歴史の理論と方法, 1924.

5) 内田銀蔵, 前出,

第1表 化石時と鉱時の関係(百万年単位)

Geological Age		After D.White		After H.Stille	Mean		
Caino- zoic	Quaternary	1		0.6	0.8		
	Tertiary	Neogene	25	60		60.6	
		Palaeogene	35				
Meso- zoic	Cretaceous	Late	50	80	55	140	67.5
		Early	30				
	Jurassic	35		30	40	32.5	
	Triassic	25		55		40	
Neo- Palaeo- zoic	Permian	40		30	35	150	65
	Carboniferous	Pennsylvanian	40	70			
		Mississippian	30				
	Devonian	40		60	50		
Eo- Palaeo- zoic	Silurian	30		100	200	100	
	Ordovician	70		190			
	Cambrian	90		100	95		
		541			550.6	545.8	

明したのは有名な逸話である。彼は1801年に英国 Wales の地質図作成を計画して、1815年に15葉の地図と50頁の説明書から成る有名な英国ウェールズ地質図を出版したが、これ程広い範囲に互って地質図を作成したのは実に彼を以って嚆矢とする。Strata identified by Organized Fossils, etc. と題する図鑑4巻中に彼は下部白亜系のフーラー土から古第三紀の倫敦粘土迄の各層準の特徴化石を収録した。

この頃から西欧で地層と化石の研究が盛んで前世紀の前半中には地質時代が大別された。すなわち

石炭紀は CONYLEARE に依って1822年に、

寒武紀は SEDGWICK に依って1833—36年⁶⁾

志留紀は MURCHISON に依って1835年に、

泥盆紀は MURCHISON と SEDGWICK に依って1836年に、

二疊紀は MURCHISON に依って1841年に、

提唱された名称である。古生代諸紀の名付け親が英国人であるのに対して大陸では中生代の白亜紀を Omalius d'HOLLOY が1822年に、

侏羅紀を BRONGNIART が1829年に、

三疊紀を Von ALBERTI が1834年に命名した。そして1841年に John PHILLIPI が此等を総括して古生、中

生、新生の3代(Cainozoic)にした。此間に英国では寒武、志留両紀の成立に絡んで MURCHISON と SEDGWICK との間の有名な論争があった。

翻って我が国では徳川時代に木内石亭を筆頭とする弄石派の化石研究や鉱山を求める山相学家が先駆し、幕末に至って地質学が伝来し、維新以来大学や地質調査所が出来て、明治10年頃から順調に斯学が発達して来た。

純理の立場から見れば化石には生物進化の非可逆性と生物の環境に対する適応性がある。後者は即ち化石を指相化石として、又前者は化石を指時化石として使用する事を可能ならしめている。地層の学と古生物の学と生物の学とは平行に発達した。LINNE (1707—1778) らは種は不変であるとする信念を生物学の根底とした。所謂地質学の群雄時代(1790—1817)にも此の欠陥が覗かれるが、爾来諸学が提携・融合して生物学上では進化論が、地質学上では地質系統が確立した。地質時代は即ち「生代」で生物の進化には飛躍的激変即ち革命と、漸進的変化即ち狭義の進化とがあり、その大小の変化に依って時の長短の区別が出来た。変革に依って区分した地質時代は中世や近世或いは奈良朝や平安朝と同様の歴史的の時間区分で相互間に長短がある。

地質時代の年代

象や恐竜の化石が発見されると「何年前のものか」が先ず問題になる。日本群島を象が彷徨していた最近の過去でも嘗つては10万年から84万年の開きがあった。その

6) ZITTEL の地質学史には1836に、WOODWARD の地質学史には SEDGWICK が寒武系を提唱したとあり、KAYSER や SALOMON の地史学には 1833 年に命名したと記してあるので、仮りに1933—1936とする。

中間の約50万年を取って、OSBORN⁷⁾が小分けに振当てた。DE GOERの氷縞の計算はもっと信頼し得るであろうが、更新期の長さをWRIGHTは2万2千5百年、A. PENCKは150万年と桁違いの推算した。生物の進化速度を可成り一定と仮定してMATTHEWは北米の馬の進化から少し古く遡って新生代各世の年代を推測した。また新生代を70万年としてSCHUCHRTは諸世に按配し大体10乃至20万年となっている。海洋を大きな蒸発皿と考えて其内の塩分の総量 16×10^{17} tonを毎年の塩度の平均増加率 158×10^7 tonで割った海洋の年齢は1億1260万年となった。桑滄の変に依って海陸の分布は幾度か変遷し、大陸中に可成の岩塩層がありその岩塩を計算に入れる事は難しいのでこれは真の海洋の年齢ではないが、仮にこれを3倍にしても他の諸方法の推算結果と比べて、漸く泥盆紀の初めに到達する程度で海洋の年齢が余りに短くこの疑問は延いては海洋の恒久説とも合致しない。

1863年、Lord KELVINは地球が冷却固化して以来僅かに2千万年乃至4千万年しか経っていないと述べた。DARWINは1879年に月から地球が分離して以来僅かに5千6百万年しか経っていないと推算したがそんなに若くは考えられない。

地球や地層の年齢は希臘時代に既に質問されている。紀元前450年頃HERODOTUSは堆積物を砂時計に較べてナイル河の氾濫で三角洲が出来るのには幾千年もかかっていると考えた。此の観点から地質時代の測定を試みた地質学者は1900年以前に既に10人を越えていた。これらの学者の地層堆積の推定年数には1呎に対して百年から56,800年迄の違いがあり、層厚計算にも12哩から50哩までの開きがあった。従って其の結果求められた年数には3百万年から1億5千余年までの違いがあった。

層時の計算法を慎重に吟味した結果新生代の堆積率は古生代の3倍も4倍も迅速であることが判明して来た。

前寒武紀の輻輳した地層の層時計算は甚だ困難で、地質時代を通じての年代学となると放射能鉱物があり、その崩壊も生物進化と同様非可逆的であるが、生物の進化に遅速があるのに反して放射能鉱物は四囲の状態に拘わらず一定速度で崩壊する。即ち1gのウラニウムは毎年76億分の1gの鉛に変る。従って毎年の崩壊率から理論

上鉱物の年令 = $\frac{\text{鉛の量}}{\text{ウラニウムの量}} \times \text{崩壊率}$ と与えられる訳

であるが、実際問題として正確な値を得るのは難しく同一産地の同一鉱物に就いて測定された鉱齢の誤差は相当なもので、石川石の鉱齢の推算には30—127百万年迄の

開きがあった。之は日本の鉱齢測定の数例に過ぎないし、もっと正確な値の得られている場合もあろう。KEEVIL⁸⁾(1938)が、マサチューセッツ州QuincyのRiefekite花崗岩に就いて異なる3方法で計った鉱齢には 59 ± 3 百万年から 76 ± 10 百万年の違いがあった。此のように方法如何に依って誤差は最大3千万年に及んでいる。化学分析に依って得られた鉱齢は桁違いに相違する。鉱時と化石時との対比にも亦問題がある。放射能鉱物の年令測定にはペグマタイトの鉱物に多く利用され火成活動末期の年数が算出される。今仮に岩漿が其の位置に到達した途端に結晶を開始したとする。其の時期は此の岩脈(A)が貫通する最も若い地層(B)以後ではあるが、更に若い地層(C)が其の上であり其の当時堆積しつつあった地層(D)は更に若く、此れ等の地層が浸蝕に依って取り去られて新しい地層(E)が岩脈を被覆する迄には余程の時間を要する。それにも拘わらず直接決定し得る岩脈生成の時期は被覆層(E)よりも古く貫通された地層(B)よりも若いと言っただけである。地質時代は生物進化に依って決定された化石時で其の化石生存期の堆積物の時代即ち層時である。堆積は地表に起る現象であるのに反して、放射能鉱物の生成は地下深所に起る現象であるから鉱時と層時の対比にも問題を生ずる⁹⁾。

そこでSTRUTTはかつて地層の年齢測定に磷酸塩化した骨と球塊を選んだがこれにも誤差を生ずるので得られた鉱時は不確実である。KURBATOR(1937)¹⁰⁾に依ると深海底の赤色粘土や放射虫軟泥では比較的少量のラジウムを含んでいるから、含放射虫岩が類似の堆積状態にあったとすればその年齢を推算されよう。しかし鉱時と化石時の対比は更に不確実である。A. HOLMSに依ると地球の年齢測定には8種の方法があり、手段を尽して此の内的外的時間の関係を探究する必要がある¹¹⁾。

寒武紀以降の化石時と鉱時との関係で標準鉱時を拾い出し、北米で各時代の層厚や相異なる岩石の堆積率等を吟味して求めた層時を鉱時と比較すると、著しく相違し新生代では層時が少々長くなるが古生代では逆に鉱時が

8) N. B. KEEVIL (1938), Radon Condensation Method of Determining Geologic Age. Am. Jour. Sci., 3rd ser. vol. 36.

9) 前領家花崗岩・領家侵入片麻岩・中国花崗岩底盤形成までの佐川造山輪廻に伴ふ酸性火成活動期は侏羅紀後期から白亜紀後期乃至第三紀初頭までの大略6千万年ばかりであったであろう。

10) L. M. KURBATOR (1939), On The Radioactivity of Bottom Sediments, Am. Jour. Sci., 3d. ser, vol, 33.

11) I. JOLY, 1909. Radioactivity and Geology.

7) H. F. OSBORN, 1923, Men of the Old Stone Age.

第2表 地質時代の時尺

Time Length (years)	Geological Age							
+1.5×10 ⁹	Eons	Cryptozoic			Phanerozoic			
±5×10 ⁸	Eon	Eocryptozoic	Mesocryptozoic	Neocryptozoic				
(1.5-2)×10 ⁸	Era				Eopalaeozoic	Neopalaeozoic	Mesozoic	Cainozoic
(3-9)×10 ⁷	No. of Periods				3	3	3	1
Mineral Time								
Fossil Time	Marine Time							
	Continental T.							

著しく長くなった。

堆積率は時と処の異なるに従って相異し日本の中生代の如く激しい造山運動のあった処では殊に著しい。秋吉造山輪廻末期、即ち上部三疊紀の美祢統は西南日本内側で最厚3千米余であるが、北上山地では約250米、西南日本外側例えば高知県の佐川では更に薄く230米前後である。佐川造山輪廻末期の堆積物は更に著しく、松本達郎は大野川盆地のギリヤーク浦川統の見掛けの厚さを1万6千米と合算しているが、紀州湯浅盆地の当時の堆積物は5百乃至7百米に過ぎない。

各系の最大層厚は各大陸間でも相異し、欧米両大陸の年代学的研究結果がこれを実証している。中生代の3紀中、STILLEが三疊紀を長く見るのに反して、WHITEは其の半分以下に見積っている。北米では白亜紀が嘗つてComanchianとCretaceousの2紀に分った程の大紀である。

寒武紀以降の年数総和と「代」や「亜代」の大別には大差はなく紀の年数の相違は誤差の範囲で紀の年数中最長のもは最短のもの約3倍に及び一定率を以て新旧の順に増減するのではない。第四紀を除く各紀は何れも(3-10)×10⁷年程度で3千万年乃至1億年間に大変革が生物界にあったことになる。古生代を泥盆紀の陸時発生と言う。大変化に依って古生代を2分すると、古生代前後各段と中生代は各々1.95, 1.50, 1.55億年であって生物界の大革命が1.5乃至2億年毎にあった事になり、今後約1億年間に生物界の最高次革命を予告している。

前寒武紀の相当古い処でも無生時代とは考えられない相当な理由があり隠生の時代カレリヤでは18.5億年前の疑化石乃至生痕跡(Lebens-spuren)が発見されている。

鉱時研究の発達する以前から地質学者は地変に依って始生・原生の2代を分けて来た。岩層の重畳関係と火成活動の貫入関係から隠生時代の岩類岩層の発達地域、即ち楯状地の地質学的出来事の順序を決定する事は出来る。然し亜欧大陸東西で造山輪廻には時間的のズレがあり、楯状地間の火成活動や地殻変動が如何なる時間的關係を以て起ったかは重要な問題である。夫れにも拘わらず隠生時代の対比に花崗岩の侵入期や著しい不整合を用いて来た事は方法論上の矛盾で火成活動期は大体欧州では4回、北米では3回あり両楯状地間での火成活動や地殻運動の交互性を暗示している。

鉱時は外的時間で等分出来るので鉱時の場合には屢々前寒武紀前、中、後期と呼ばれ3等分すると大略5億年となり大略寒武紀以降の3代の総和、即ち顕生の時代全部に相当し、代と呼ぶのは時間単位を誤らせる。鉱時のみの時代と鉱時・化石両時の存在する時代とでは「時」の内容を異にする。隠生と顕生の対立を認め其の量的相異を考慮して、顕生の時代と隠生の時代の前中後段を一列に置き此の時間単位を累代(era)とし、累代より更に大なる単位なる隠生の時代全部を仮に無窮(eon)と呼ぶ。又顕生累代中で陸時発生と言う地史上の時間の転機を取り挙げ此の特筆すべき変革に基いて古生代を両分

第3表 地質時代の時尺・精度

Unit of Time	Kind of Time				Culture Manuscript	Scale of Time	Approximate Relation among Time Units	
	Mineral	Strata	Fossil	Glaciation				
Eons						1.5×10^9	81	
Eon						5×10^8	9	
Era						$1.5-2 \times 10^8$	3	
Period						$3-9 \times 10^7$	1	
Epoch							1/3	
Age							1/9	
Zone-Time						$3-0.3 \times 10^6$	1/81	10^6
Glacial Stage						2.5×10^5		10^7
Culture Stage								
	Old Stone Age					10^4		10^4
	New Stone Age					$1-0.5 \times 10^3$		10^3
	Bronze Age					5×10^2		
Iron Age					10^2		10^2	
Archaicism that the kind of time can attain	1.5×10^3	1.5×10^4	10^5	10^6	$5-5.5 \times 10^3$	Number in Years	$3(-?) \times 10^7$	10^{2-6}

して新旧の2代とするのが隠当で、その結果先第三紀の諸代の長さはほぼ等長となり、又各代共3紀を包括する事になる。紀の長さは不等であるが略等長の各代を3分した紀の平均値を以て紀と代と累代と無窮は1/3 : 1 : 3 : 9となる。

む す び

Concept of Time in Geology¹²⁾ と題して私は地史に於ける「時」の問題を1944-45, 1955および1958年に下記の6篇中に論じた事があるのであるが、この間に地質時代が組み立てられるまでの経過を採集と飼育, 9巻, 1947に、隠生・顕生両地質時に就いては同誌, 10巻および、寒武系の基底に就いて、化石, 3号, 1982に述べた事がある。最近私はまた「化石と地質時代」に就いて地学教育 42巻, 1989, 記述した。しかし「時」の問題としては上記の学士院紀要が主体である。40億年余の地球の歴史中、特に顕生の時代の瞬間が何と「帯時百万年」と言う概念で与えられていると言う事は極めて重要

且興味ある事である。

12) 参照前著論文

- Part 1. On the Major Classification of the Geological Age. Proc. Imp. acad. Vol. 7, pp. 475-478, July 1944.
- Part 2. The Length of the Sinian Time estimated by the Stratigraphical Method. Ibid. Vol. 20, No. 7, pp. 479-488, July 1944.
- Part 3. An Instant in the Phanerozoic Eon and its Bearing on Geology and Biology. Ibid. Vol. 20, No. 10, pp. 742-750, Dec. 1944.
- Part 4. An Explanation of the Relation between Mutation and Saltation together with an Advice to the Uniformitarian. Ibid. Vol. 21, No. 1, pp. 70-73, Jan. 1945.
- Part 5. Time Scale of the Diluvium and the Relation among Various Kinds of Time in Historical Sciences. Ibid. Vol. 21, pp. 74-77, Jan. 1955.
- Part 6. Continuity among Various Kinds of Time in Geology. (Printed on the 10th, June, 1958.)

平成2年度 大学入学者選抜 大学入試センター試験問題の検討

従来の共通一次に代わるものとして、本年度から実施された「大学入試センター試験」について、同センターの依頼により試験問題検討会を2月17日に開催しました。長時間にわたって熱心にご討議いただき、またとくに、田辺先生にはまともおよびワープロで清書していただきました。厚く御礼申し上げます。

以下は、本学会からの意見・評価として大学入試センターに送付したものです。

検討会出席者：歌田耕（都忍岡高）、岡重吉（東学大附高）、小関恒夫（千葉市立千葉高）、金井克明（都日野台高）、佐藤俊一（都大泉学園高）、白石幸子（都千歳高）、田辺浩明（千葉県立商高）、根岸潔（都田無高）、東原庸一郎（都墨田川高）、府川宗雄（都千歳高）、増子正一（都三鷹高）、宮下治（都大崎高）、間々田和彦（筑波大附高）、山本和彦（千葉県立市川南高）、岡村三郎（東学大）、平山勝美（立教大）

本試験<地学>

第1問

基本的な内容で、特に難しい点はなく、受験者にとって解き易い問題である。しかし、HR図から恒星の特徴を答える問題は毎年のように出題されており、あまりにもワンパターンである。しかし、重要な内容なので、出題したくなる気持ちは理解できるが、恒星の進化を取り入れるなど、内容に変化を持たせる工夫がほしい。

問3の選択肢は100倍間隔だが、計算なしでも正解が解ってしまい計算問題としては中途半端である。問4は、問1～問3までの問題と関連が薄く奇異な印象である。

第2問

新しい傾向の出題であり良い問題である。しかし、小問間に連続性がなく設問の内容に飛躍がみられ未消化な印象をうける。

本文中、元素が重量比で示されているが、重量比は一般的でないように思える。文章中の下線部と問2の正解が一致しない。③を正解とするのであれば下線部は「高温度」までで留めておくべきであり、「高密度」まで引くのであれば解答に赤方偏移を加える必要があろう。問3の選択肢③の「重い元素が多量に含まれている」という表現は誤解を生む危険性がある。多いといっても相対的に多いのであって、主要元素では有り得ないのである

から「多量」は改めるべきであろう。また、①の「寿命の短い放射性元素」も教科書ではなじみが薄く不適切である。

内容的に第1問と似通っている。幅広い出題を望む。
第3問

問題中の惑星の表が、設問ではほとんど活用されていない。唯一、表を用いる問2でも、知識だけで答えることができしてしまう。この問題に限らず、図表を示すのであればそれを活用する問題を多く設定するべきである。

出題ミスから問5の正解が2通りになったが、そのため問7の正解グラフDの立ち上がりの年代と矛盾が生じてしまった。また、グラフのA、B、C、Dのラインの設定が不自然で、Dだけが特別であり正解であることが明白すぎる。

内容的には新しい試みが入り入れられており、その点では評価できるが、設問が安易であり第2問と同様に未消化な印象である。

第4問

設問としては難がなく好ましい。ただし④の計算問題は単純すぎる。もう少し工夫がほしい。

第5問

思考力を必要とし、問題中に示された図も十分に活用されている良い問題である。

第6問

視覚から判断して解答する問題は他になく新しい試みである。岩石に対する基礎知識がしっかりしていれば解きやすい良問といえる。しかし、スケッチを判断の基準とするため、設問が主観的に陥る危険性がある。解答群には鉱物名がいくつか上げられているが、こ、スケッチから判断することは困難であろう。単に斑晶の存在や結晶の配列から判断するのであれば鉱物名は不明である。初めに解答が設定され、後から問題やスケッチが付けられた印象である。

スケッチそのものも、もう少し明瞭なものを重ねずに全体が見えるように示した方が受験生に対して親切であろう。

第7問

結晶構造の図は今までに例がなく、ケイ酸塩鉱物の出題も少なかつただけに、傾向としては興味深い。しかし、ここでも結晶構造の図が大きく詳しい割には設問に必然性が感じられない。たとえば、ウンモの図は上から

見たものであり、この図からウンモの層状構造を読み取ることが困難である。図が示されているながら解答は知識に頼ることになってしまう。また、教科書では結晶構造は参考程度としてしか扱っておらず、また、授業でも触れられる機会が少ないので、今後も出題されるのであれば、受験指導でカバーする必要性が生じ、受験者の負担が増大する危険がある。

<本試験全体のまとめ>

必要以上に難しい問題はなく、実験・観察に基づいた出題が増え、全体的に良好といえる。問題文・選択肢共に簡潔にまとめられており、以前に比べていへん取り組み易くなってきた。図表が多く取入れられてきたことは高く評価できるが、実際に活用している問題は少なく、示された資料にも無駄が多い。中には、図表がなくても解けてしまう問題まである。幅広い分野・内容から出題しようという作成者の意欲は充分に感じ取れるが、そのために受験生にとって馴染みの薄い表現などがいくつか見受けられた。

解答に際して計算を必要とする問題が少なく、この点で多少の物足りなさを感じるが、地学の選択者の多くが文系志望であることを考えあわせると、この程度が妥当であろう。しかし、計算を必要としないものを無理に計算問題に仕立てたような内容も見受けられた。

全体としては、たいへん好ましい方向に前進してきているが、図表の扱い、計算問題などが未消化である。この点での改善を望みたい。

追 試 験 <地 学>

第1問

十分に検討された良い問題である。特に、問2の④⑤の選択肢は良く工夫されている。

第2問

解答の内容が知識に偏りすぎている。決して難しい内容ではないが、思考を必要とせず、単に知っているかいないかの違いだけである。問4は、他の問題と関連がなく異質である。また、いて座が夏の星座であることを知っていれば計算は不用であり、受験生の側からすれば、冬至の月日より、いて座の南中の季節の方が知識として一般的であるといえる。

第3問

本文、問題ともに内容が表面的で記述が不正確である。問1では、「ゆれを説明する文を選べ」としながら選択肢にゆれの説明文はなく、書かれているのは波の性質である。また、問2では、初期微動継続時間はP波S波の速度と震源までの距離の関数であるにもかかわらず

ず、「震源までの距離」と答えさせるのは短絡的である。また、本文の文章が長く、問題に関係ない記述を多く含んでいる。科学を「身近な現象としてとらえる」試みと思われるが、そのために内容が矛盾したり、無意味に長くなるのは感心できない。

小問の配列にもやや難があり、問4は問1の前に持っていた方が問題の流れからしても自然と思われる。

第4問

本文中の「気温減率」という用語は、一般に教科書では標準大気の場合に用いられ、空気塊の場合には「断熱減率」が用いられている。良く読めば理解できるものだが、受験生に無用の誤解を招く恐れがある。出題に際して、教科書との用語の統一をはかるように検討してほしい。

15、16の選択肢の文章は良く工夫されている。

第5問

プレートテクトニクスの問題としては、良い内容を扱っている。しかし、小問の設定に難があり、全体として単に知識を問う段階で終わってしまったのは残念である。たとえば問2などは「続成作用」の用語を答えるのではなく、圧密やセメント作用といった続成作用の内容を問う問題とするべきであろう。

柱状図の「軟泥が固化した地層」の記号は、一般に石灰岩に用いられるものである。誤りではないにしろまぎらわしいので検討してほしい。

また、ボーリングでは軟泥は採取できないという指摘があったが、問題作成上この程度の矛盾はやむを得ないであろう。

第6問

問題に示された地質断面図のうち、断層Fに沿ってd層中の岩脈cを元の位置に復元しても、a、b層中の岩脈cと連続するようには見えず、矛盾している。

問題の内容も、単に知識を問うつまらない問題となってしまう。

第7問

以前にどこかの大学で出題された入試問題とたいへん良く似ており、問題集にも取り上げられている。たまたまこの問題に出合った一部の受験生に有利にはたらくと思われ感心できない。問4はグラフや他の小問と関連がない。

第8問

「固体地球の水の循環」ではテーマが大きすぎ、本文の内容に飛躍が多くまとまりがない。「固体地球内の水の移動」とすれば、本文はもっとすっきりした文章で書けたであろう。粘土鉱物が水を含んでいることについて

扱っていない教科書が多く、問1は消去法で答えることになる。問2は身近な現象としてとらえた例としては良くできている。問3、問4は単に知識を問うだけに終わり残念である。

<追試験全体のまとめ>

本試験に比べ、知識中心の暗記的な問題がやや多くみられた。しかし難問奇問の類はなく、受験者には比較的解きやすかったであろう。本試験よりやさしかった。

教科書では扱われていない、あるいは教科書とは異なった用語や表現がいくつか見受けられた。幅広い出題は必要だが、そのために専門的な内容に立ちってしまった印象である。文系理系を問わず多くの学生が受験する共通の試験問題なのであるから、基礎学力や思考力に的を絞るべきであろう。また、問題作成にあたっては各社の教科書を十分に検討してほしい。

本 試 験 <理科 I・地学分野>

第1問

問1 人名、内容とも細部に込み入りすぎている。また、解答欄の表は複雑でパズルのようである。

問2 選択肢の文章が長く、「誤っているもの」を選ぶため、たいへん解りづらい。

問5 本文中「アフリカ大陸と南アメリカ大陸の間」とあるが、実際には北アメリカ大陸やその他の大陸でも同様の現象が見られ、ウエゲナー自身もそのことに気付いていた事実からすると片手落ちである。また、1950年以後の記述について、古地磁気が落ちているのも不適當である。

第2問

問3 新しい試みの問題であり、ポイントもしっかりしていて好ましい。しかし、ホルンフェルスなど変成岩名は取り上げていない教科書が多い。この問題に限らず、理科 I で岩石名や鉱物名を明示することには難があると思われる。

問4 選択肢の文章が長く読みづらい。解答では②を「誤り」としているが、海面下では侵食の作用が弱く、

現場の指導では侵食は侵食面(線)で起こり、海面下では起こらないと同等の扱いを受けている。敵密にはたしかにそのとおりだが、設問としては疑問を感じる。

第3問

問2 単なる指数の計算問題で、炭素の循環を扱う必然性がない。理科の設問というよりは数学的である。

問4 特に難はない。

追 試 験 <理科 I・地学分野>

第1問

問1 表中の「平頂海山」は、扱っていない教科書がある。授業では一般的に海底地形を簡単にしか扱わないことが多い。

問2 ④海水の鉛直循環についていない教科書がある。授業での扱いも同上。

第2問

問1 本文は単純な穴埋め問題であり関心できない。

問4 出題のポイントが炭素の循環についてなのかエネルギー問題についてなのかははっきりしない。特に⑤はなぜ選択肢に加えられたのか疑問である。

<理科 I 全体のまとめ>

地学分野では図表の利用が全く無く、本文、選択肢ともに文章が長くわかりづらい。また、この問題に限らず、「誤っているもの」を選ぶ問題が理科 I には多い。長文や説明の組合せ等の中から誤りを見つけ出すことは、たいへんわかりづらく不親切である。なぜこのような形態の出題を多くするのか理解できない。

地学に限らず、他の理科の科目はここ数年で大幅に改善され、たいへん取り組みやすくなってきたが、理科 I だけは旧態依然としたままである。理科 I の受験者は、職業高校や定時制など学力的に不利な生徒が多く、他科目以上と受験者に配慮するべきと考えるが、現状を見る限りどうでもよいような問題ばかりで、これでは出題者側が怠けていると言われてもやむを得ないであろう。早急な改善を望むものである。

日 本 地 学 教 育 学 会 役 員 名 簿

会 長 平山 勝美 (東京・平成2・3年度) () 内は任期
副 会 長 小林 学 (東京・平成2・3年度)
山際 延夫 (大阪・平成元・2年度)

評 議 員 (*印は、会長指名者=会則第11条3項)

任 期	平成2・3・4年度	平成2・3年度	平成2年度
地 区 (定員)			
北海道・東北 (3)	武山 宣崇 (宮城)	古谷 泉 (北海道)	*前田 保夫 (山形)
関東 (東京) (9)	増田 和彦 (東京) 蒔田真一郎 (東京) 石塚 登 (神奈川)	菅野 重也 (群馬) 円城寺 守 (茨城) 石川 秀雄 (千葉)	*鈴木 将之 (栃木) *高瀬 一男 (茨城)
中 部 (3)	木村 一郎 (愛知)	水野 闊映 (福井)	*西宮 克彦 (山梨)
近 畿 (3)	小倉 義雄 (三重)	留岡 昇 (京都)	*小林 英輔 (大阪)
中国・四国 (3)	吉村 典久 (広島)	赤木 三郎 (鳥取)	*秦 明德 (島根)
九州・沖縄 (3)	飛田 眞二 (熊本)	上竹 利彦 (鹿児島)	*田村 実 (熊本)

評議員兼常務委員長

*大沢 啓治 (東京)

評議員兼常務委員

*木下邦太郎 (東京)	*熊谷 勝仁 (東京)
*名越 利幸 (東京)	*佐藤 文男 (東京)
*間々田和彦 (東京)	*横尾 浩一 (東京)
*新城 昇 (東京)	*下野 洋 (東京)
*石井 醇 (東京)	*渡嘉敷 哲 (埼玉)
*岡村 三郎 (東京)	*柴山 元彦 (大阪)
*栗原 謙二 (東京)	*横尾 武夫 (大阪)
*榊原雄太郎 (東京)	
*島貫 陸 (東京)	
*水野 孝雄 (東京)	
*矢島 敏彦 (埼玉)	
*長谷川善和 (神奈川)	
*松川 正樹 (山梨)	

監 事

買手屋 仁 (東京・平成2・3年度)

鈴木 秀義 (東京・平成2年度)

EDUCATION OF EARTH SCIENCE

VOL. 43, NO. 3.

MAY, 1990

CONTENTS

Original articles :

- A Study on the Teaching material of the Time Correlation
by Microfossils in Mud LayersOsamu MIYASHITA... 73~87
- A Study on Chemical Weathering and the Developments of
Teaching Used with the Results.-On the Case of the Deep Weathering
Crusts of Granitic Rocks.-Akinori HADA... 89~100

Essay :

- Concept of Time in Historical Geology.....Teiichi KOBAYASHI...101~105

Program : Proceedings of the 44 Annual Meeting of the Society (OSAKA)

News (88) Proceedings of the Society (106~108)

All Communications relating this Journal should be addressed to the
JAPAN SOCIETY OF EARTH SCIENCE EDUCATION
c/o Tokyo Gakugei University; Koganei-shi, Tokyo, 184 Japan

平成2年5月25日 印刷 平成2年5月30日 発行 編集兼発行者 日本地学教育学会 代表 平山勝美
184 東京都小金井市貫井北町4-1 東京学芸大学地学教室内 電話0423-25-2111 振替口座 東京6-86783