筑波大学附属駒場中・高等学校研究報告　第31集　1991年11月

理科校外学習の指導と実施

筑波大学附属駒場中・高等学校教諭（理科：地学）
高橋　宏和

理科校外学習の指導と実施

筑波大学附属駒場中・高等学校教諭（理科：地学）
高橋　宏和

1．はじめに

本校では，1959年度以来，理科校外学習と称する中学校第２分野の地学分野の野外実習を行なってきた。その概要については，1979（第19集），1983年度（第22集）の本校紀要にすでに報告済みである。私は1985年度より本校に着任し，今日までの６年間この行事を担当してきた。1992年度から実施される新しい学習指導要領では中学３年生に課題学習が設けられているが，その一例としてこの実習を取り上げ，その授業展開案と実地指導要領を紹介したい。

2．本校の理科校外学習の歩み

1959年度～1971年度　中学１年生の３学期に埼玉県長瀞の荒川流域で実施した。主に変成岩・火成岩・堆積岩の採集と地形・断層・褶曲の観察を目的とした。

1972年度～1981年度　学習指導要領の改訂により，岩石関係の教材が中学３年に移ったため，同じ内容を中学３年生で行った。

1982年度～1991年度　再び学習指導要領の改訂により，中学校では変成岩を扱わなくなったので，新しい実習地として神奈川県三浦市城ヶ島が加わった。

3．理科校外学習の実施計画（1991年度）

第１回目

場所：神奈川県三浦市城ヶ島

日時：11月12日（火）

実習項目：地層の観察と測定，堆積構造の観察，地質構造の観察，海岸地形の観察。（車窓からの風景や畑作物の観察もある。）

第２回目

場所：埼玉県秩父郡長瀞町

日時：11月22日（金）

実習項目：岩石の観察と採集，ルートマップの作成，河川地形の観察。

4．理科校外学習に向けての授業展開

本校では，中学3年の理科は週あたり4時間あり，そのうち1時間が2分野の地学分野に割当てられている。そして1学期と2学期の授業は，この理科校外学習に関する知識や技術の修得を目標として計画されている。以下，授業計画と指導内容を挙げる。

1学期の内容：岩石の種類とその成因。

（1）堆積岩と堆積作用（5時間）

①堆積岩の形成過程・・・風化，侵食，運搬，沈積（堆積），続成作用。

②堆積岩の分類・・・砕屑岩，火山砕屑岩，化学岩（蒸発岩），生物岩。

③堆積岩の観察・・・標本や薄片の観察。映画，ビデオ，スライドも使用。

（2）火山と火成岩（3時間）

①火山の形態と火山噴出物。

②火成岩の種類（火山岩と深成岩）とその組織（斑状組織と等粒状組織）。

③火成岩の観察・・・標本や薄片の観察。映画，ビデオ，スライドも使用。

（3）変成岩と変成作用（3時間）

①接触変成作用と接触変成岩。

②広域変成作用と広域変成岩。

③変成岩の観察・・・標本や薄片の観察。映画，ビデオ，スライドも使用。

2学期の内容：理科校外学習に向けて

（1）大地の動き（3時間）

①測量が示す大地の動き・・・最近の水平方向と垂直方向の動き。

②地形が示す大地の動き・・・隆起地形や沈降地形。

③地層が示す大地の動き・・・不整合，断層，褶曲。

（2）地層の調べ方（5時間）

①地層の区分・・・単層と層理面，累層，層群。

②地層の測定と観察・・・走向と傾斜（クリノメーターの実習）。

③堆積構造の観察・・・級化層理，平行葉理，斜交葉理など。

④堆積環境の復元・・・示相化石。

⑤地層の対比・・・鍵層と示準化石。

⑥地質構造の観察・・・断層，褶曲の種類の判定と測定。

（3）校外学習のオリエンテーション（2時間）

（4）実習。

（5）まとめ（1時間）

①レポート（城ヶ島）と岩石標本（長瀞）の提出。

②校外学習に関するアンケート。

5．授業の流れ

今回の報告では，城ヶ島の実習に対応する授業の具体的な指導内容を記す。

（1）堆積岩と堆積作用（5時間）

〔1時間目〕

①最初に理科校外学習とこれからの授業内容について簡単に紹介する。

②まず生徒が知っている岩石の名前を挙げさせて，自然の岩石に大きく3種類（堆積岩，火成岩，変成岩）に分けられることを提示していく。

堆積岩・・・主に水の作用によってできる岩石。

火成岩・・・主に火山の活動にともなってできる岩石。

変成岩・・・堆積岩や火成岩が地下でなんらかの作用を受けてできる岩石。

③次に，砂と砂岩の標本を生徒に示して，砂が固まると砂岩という堆積岩の1種になることを理解させる。・・・固さの違いを強調する。

→では，砂がたまっているところはどこか？・・・海岸などをイメージさせる。

→すると砂はどこから来たのか？・・・川の流れによって上流から運ばれてきた。

→もとをたどっていくと山地の固い岩石にその源があることが分かってくる。

④スライドグラスの上に砂粒を乗せ，顕微鏡投影装置を使って，砂粒がどういう種類の物（鉱物）から構成されているかを提示する。・・・石英，長石，雲母。（それとともに生徒が座席から見えるほどの大粒の標本も用意する）

→これら3種類の鉱物でできている岩石は何か？・・・花崗岩（火成岩の1種）。

→では固い花崗岩がどのようにして個々のバラバラの鉱物になっていくのか？岩石が破壊されていく過程とそのメカニズムを追ってみる。（風化作用の導入）

⑤花崗岩だけでできた山の絵を黒板に書いてみる。（太陽のマークと太陽光線も書き入れる。）

昼間，露出している花崗岩に日射が当たっている状況を考えてみる。

→物質に温度を加えると一般にどのような変化が起こるだろうか？・・・膨張する。

→（プリントの理科年表から引用した膨張率の表を参考にして）岩石を構成している鉱物の種類により膨張率が異なり，さらに同じ鉱物でも方向により異なることを示す。

→すなわち昼間は気温が上昇して岩石の表面の鉱物は膨張し，逆に夜は気温が低下して鉱物は収縮する。

→すると毎日毎日鉱物は膨張と収縮を繰り返していることになる。・・・そのうちに異なる鉱物の膨張率の違いによって，鉱物と鉱物の境界で割れていく。

→こうして岩石に表面に割れ目ができる。

→さらにこの岩石の割れ目に水がしみこむとどうなるか？・・・冬に気温が低下して水が内部で

凍ってしまったとすると，体積が膨張するためにその圧力で割れ目が拡大していく。
◎このような温度という物理的な変化によって岩石が破壊されて細かくなっていくことを物理的風化作用という。

〔2時間目〕
①前の時間の内容である物理的風化作用を簡単に復習する。
②岩石は単に物理的な破壊を受けるだけではない。たとえば天気はいつも晴れであるとは限らない。雨の日も当然ある。だから野外に露出している岩石も風雨にさらされる訳である。
③ところで雨というのは純粋な水であるのか？・・・最近の話題である酸性雨に触れて，雨水の中には色々な物質（二酸化炭素，硫黄酸化物，窒素酸化物）が溶けていることを示す。
　その中で特に二酸化炭素について取り上げる。
④岩石というのは，様々な鉱物の集合体である。しかし1種類の鉱物だけでできている岩石もある。たとえば，化学の実験でおなじみの石灰石（地学では石灰岩）は，炭酸カルシウムという物質だけでできている。
→すると1種類の鉱物だけでできているということは，鉱物の種類による膨張率の違いによって引き起こされる物理的風化作用には強いということが言える。
→しかしみんなも知っているように石灰石は酸に溶けやすい。
→ということは野外に石灰岩が露出しているところに，二酸化炭素の溶けこんだ雨水が当たると化学反応が起きてどんどん石灰岩が溶けていくことにるのではないか？（できればここでこの時の化学反応式を挙げる・・・$CaCO_3+H_2O+CO_2 \rightarrow Ca(HCO_3)_2$
◎このように岩石に化学的な変化が起きてどんどん溶け出して変わっていく。これを化学的風化作用という。
⑤ここで物理的風化作用と化学的風化作用は互いに独立でなく，一般に同時に平行して進行していくことを指摘しておく。また，物理的風化作用は基本的に気温の変化に基づくものであることから，日較差や年較差の大きい高緯度地域や高山地帯において著しいこと，そして化学的風化作用は降雨に関係することから降水量の多い熱帯雨林地域において著しいことについても触れておく。
⑥さらに生物の作用によって岩石が破壊されていくこともある。
　岩場に大きな木が立っているところに行ってみると，その木の根が岩石の割れ目に沿って入り込んでいることがある。
→これはその木の根の生長によって岩石にくさびを打ちこんで行くようなかたちで圧力を加えて物理的に破壊していく。
　また家の囲いに使用されているブロック塀の下の方に苔が生えていて，そのあたりがボロボロになっているのを見ることがある。
→これは苔のだす物質（酸）によってブロックを溶解していることになる。

◎このように生物の作用によって岩石が破壊されていくのを生物的風化作用と言う。
☆ここで堆積岩の形成過程の最初の段階である風化作用についてきちんと定義する。風化作用＝地表付近の岩石や鉱物が太陽の熱エネルギーを始めとして，大気，水，生物などの働きによって破壊，分解などを繰り返す一連の過程。

〔3時間目〕
①風化作用についてその内容を確認する。また，風化作用の進行速度は岩石自身の性質や気象条件によって異なることを指摘する。そして，（厳密にいえば）風化作用というのはそれによって生じた岩屑の移動を伴わないことを強調する。
②風化作用によって生じた岩屑（砕屑物）はその後どのようにしてその場所から運び去られていくのか？・・・風，雨，河川，氷河，湖沼，海洋（波）等の営力による。
　風・・・砕屑物を吹き飛ばして地表を侵食。またそのときに砕屑物がやすりのようなはたらきをして露出した岩石を磨くようにして侵食することもある。
　雨・・・降雨による打撃という直接の侵食作用「点滴石を穿つ」。溶解もある。
　河川・・・河川の水に運搬される砂れきがやすりのようなはたらきをして川の底面や側面に露出する岩石を侵食する。また，河川の水がその岩石の溶けやすい成分を溶かし出していくこともある。
　氷河・・・氷が摩擦力でもって岩石を削り取っていく。
　湖沼，海洋・・・主に波（波浪）による圧力，砂による磨耗。
◎このように風化生産物（砕屑物）をその源地から運び去る作用を侵食作用という。
　風化作用と侵食作用がほとんど同時にはたらき厳密に区別することが難しいことがある。・・・「風化は侵食の先駆けである」とよくいわれる。
③この侵食作用に引き続いて，砕屑物が運ばれる運搬作用が行われる。・・・侵食作用と運搬作用が連続していることに注意する。
→ここでは，主に河川による運搬だけに話をとどめておき，必要があればその他の営力による運搬について触れる。
　河川の水（流水）は常に高いところから低いところに動き，その流れの強さで砕屑物を運搬していくことを強調する。
＊時間があれば，砕屑物の運ばれ方には主に3通りあることに触れる。
溶流・・・溶かして運ぶ（化学的風化作用，雨や河川による溶食）。
浮流・・・川底につかないで運ばれる（細かな泥や軽石）。
掃流・・・川底にそって砕屑物が運ばれる（転動，滑動，躍動の3種類がある）。
→砕屑物は粒子同士がぶつかったり，川底や川岸にぶつかったりして，その大きさが小さくなったり，角が取れて次第に丸みを帯びてきたりする。

④砕屑物は河川によって運ばれていくが，河川の流れの強さ（流速や流量）が減少すると，もうそれ以上運ばれないで沈殿してしまう。また，河川が湖沼や海洋に流入することによって流速が減少して運搬してきた砕屑物が沈殿する。

→この様な現象を沈積（または堆積）作用という。

＊1回で全ての過程，すなわち侵食，運搬，沈積（堆積）作用が終了するわけではなく，やすみやすみ繰り返し行われることを強調する。そして最終的には最も低いところである海底に沈積（堆積）することを指摘する。

⑤沈積直後の砕屑物（堆積物）は，その粒子の間に多量の水を含んでいて柔らかい。

＊砂浜，干潟のイメージを生徒にもたせる。

→ところが堆積物の上にさらに新しい堆積物が重なることによって，次第に深いところに埋まっていくと，上に積もった堆積物の重み（すなわち圧力）により堆積物の粒子の間にあった水が脱水して，粒子と粒子の隙間がつめられていく。

→さらに粒子の間にあった水に溶けていた物質（溶流によって運ばれてきたもの）が粒子のまわりに沈着したりして，粒子と粒子を結びつける接着剤の役割を果たす。

◎こうして堆積物がだんだん固くなっていき（固化という），堆積岩になっていくことになる。これを続成作用という。

☆このようにして，地表の岩石が破壊，侵食され，それが運搬され，ある場所に沈積し，そして最終的に岩石になっていく全過程を堆積作用という。

〔4時間目〕

①堆積岩の形成過程（堆積作用）について復習する。

②既存の岩石が，風化，侵食，運搬，沈積作用を受けてできた堆積物が続成作用の結果形成される堆積岩を砕屑岩という。

→その分類はどのようにして行うか？・・・粒子の大きさによってわけられている。（2mmを出発点として，2^nの値を取る方法が最も普通に行われている。）

＊れき，砂，泥のサンプルがあることが望ましい。

	砕屑物	砕屑岩	
	れき	れき岩	・・・2mm以上
2mm			2^1
	砂	砂岩	・・・1／16mm以上2mm未満
1／16mm			2^{-4}
	泥	泥岩	・・・1／16mm未満

③火山活動（噴火）によって火口から出てきた物質（火山放出物）が堆積してそれが固まってできる堆積岩もある。・・・火山砕屑岩という（過去の火山活動の記録となる）。砕屑岩と同様に粒の大きさによって分類されている。

火山放出物については，火山と火成岩の単元のところで詳しく説明する。

	火山放出物	火山砕屑岩	
	火山弾，火山岩塊	火山角れき岩，凝灰角れき岩	・・・64mm以上
64mm			2^6
	火山れき	火山れき凝灰岩	・・・2mm以上64mm未満
2mm			2^1
	火山灰	凝灰岩	・・・2mm未満

＊このなかで，凝灰岩については石材やブロック塀などによく使用され，関東地域では栃木県宇都宮市西方で堀り出されている大谷石について触れておく。（最近廃坑の周辺の陥没が相次ぎ，社会問題及び環境問題に発展していることもできたら触れておきたい。）

④また化学的風化作用によって溶け出した物質が飽和して溶液中（海水中）から化学物質が直接沈殿，個化したものもある。・・・化学岩（または蒸発岩）という。

海水に最も多量に溶けている物質は何か？・・・塩化ナトリウム（NaCl）。

→では，地殻変動によって生じた海や塩湖を考えてみよう。（たとえばアフリカとアラビア半島の間の紅海やイスラエルとヨルダンの国境にある死海をイメージさせる。）

→そこでは乾燥した気候が卓越していて，砂漠などが存在している。

→するとそこでは蒸散作用が盛んで海水はどんどん蒸発してしまう。

→（1分野の化学で実験した蒸発乾固と社会の地理で学んだ瀬戸内海の塩田を思い出させながら）その結果海水から塩類が出てくる。これが固化したものを岩塩という。

時間に余裕があれば，岩塩の分布（ヨーロッパ地域に多い）について触れる。また，硬石膏（$CaSO_4$）も同様にしてできることが知られている。

⑤さらに生物の遺骸やその砕屑物が集まってできたものもある。・・・生物岩という。

たとえば浅い海底には，貝類が多く生息しており，また，熱帯の島々の回りにはサンゴ礁が取り巻いている。貝類やサンゴは，主に炭酸カルシウム（$CaCO_3$）の骨格（硬組織ともいう）をもっており，これらの遺骸やその砕屑物が主体となって，それらを海水中から直接沈殿した炭酸カルシウムが固着していく。・・・石灰岩とよばれている。

また深海底には陸からの物質がほとんどやってこないため，そこでは海面付近に生息する浮遊性プランクトンのみが静かに堆積している。特に放散虫や珪藻などのケイ質な殻を持ったプランクトンの遺骸などを主体として，それらを海水中のケイ酸から二酸化ケイ素（SiO_2）が沈殿，

固化していく。・・・チャートとよばれている。

その他には植物の遺骸が集積，固化したものは石炭（質により亜炭，泥炭となる）とよばれる。

＊化学岩は無機的沈殿により形成され，生物岩は有機的沈殿により形成されるともいえるが，石灰岩，チャートについては成因的に両方に属していることに注意する。

◎堆積岩はその成因によって砕屑岩，火山砕屑岩，化学岩，生物岩に大きく四つに分類され，それぞれ粒の大きさや化学成分に基づいて，さらに細かく分類されている。

〔5時間目〕

①今回は，前回まで学んできた堆積岩に関する実習，観察をしてもらう。岩石の名前と実際の物との対応がきちんとできるようにしたい。

②7種類の堆積岩（れき岩，砂岩，泥岩，粘板岩，凝灰岩，石灰岩，チャート）について，色，固さ，粒の大きさ，重さ，含有物（化石）などの観点から岩石名を判定させる。・・・一つだけ（粘板岩）教えていないのも入れておく。（後で解説する）

記号	色	固さ	粒の大きさ	重さ	含有物	岩石名
A						
B						
C						
D						
E						
F						
G						

③注意事項

＊標本は7種類1組にして箱に入れておく。またルーペも2つずつ用意する。

＊観察は4人1グループとし，かわるがわる標本を観察する。

＊分類表を完成させたら，各グループの結果を報告させる。

＊結果がでそろったところで，解説を行う。
＊時間に余裕があるときは，このあとで16mmフィルムの映画「堆積岩のできかた」を上映して，この単元のまとめとする。
＊また，顕微鏡投影機を使用して，各種の堆積岩の薄片をスクリーンに拡大して見せる。（石灰石やチャートに含まれている化石をみせてやると良い。）

（2）地層の調べ方（5時間）

〔1時間目〕

①まず1学期に学習した堆積岩とその形成過程について生徒に思い出させる。
＊ここで第1回目の理科校外学習の場所である神奈川県三浦市城ヶ島では，島のまわりに地層が非常によく露出していることを紹介する。
②では，地層と堆積岩はどのような関係にあるのか？・・・地層とは層状をした堆積岩の岩体のことをいう。
③堆積物は同一の堆積条件が続く間はほぼ一様な地層をつくる。そしてそのようなほぼ一様な地層はある程度横方向にも連続している。（すなわち地層は水平方向にある広がりを持つものであることをイメージさせる。）
→すると砕屑岩の場合，流速や流量などの増加あるいは減少という堆積条件が変化すると，沈積（堆積）作用を受ける堆積物の粒の大きさも変化し，それまでとは異なる性質の地層をつくることになる。
④黒板に堆積物の積み重なりの絵をかいて生徒に示す。（たとえば，れき→砂→泥→砂→泥→れき→砂→泥など）

このようにして性質の異なる堆積物が積み重なる状態を，地層が成層しているという。そして1枚1枚のほぼ一様な一続きの地層のことを単層という。
＊ここでは地層区分の最小単位である単層の定義をきちんとしておく。（大事）
単層＝ほぼ一様な一続きの地層。（均一かまたは上下方向に規則的に変化する）

単層の上，下限は層理面という明瞭な境界線で境される。（層理面は堆積速度の非常に遅い時または堆積休止を示すものとして理解する。）
⑤次に野外に実際に見られる地層の様子をスライドを使用して説明していく。（堆積岩の復習を兼ねる。）
⑥野外で個々の単層を調べるわけであるが，それらを全て地図上（縮尺2万5千分の1や5万分の1の地図）に書き示すことはできない。
→ではどうしたらよいか？・・・いくつかの地層をある特徴でまとめることはできないか。
→たとえば，れき，砂，泥の単層が何枚も何枚も繰り返していて，全体に厚くなっている場合とか，間に泥をはさみながらもほとんどが石灰岩でできているとかいう場合である。

→これらをまとめて累層と総称している。

累層＝何枚かの単層からなり，基本的に同一ないし連続的に変化する堆積条件のもとで堆積したと思われる一連の地層。（普通それらが最も良く露出している地名をつけて他と区別する。）例：三崎層（城ヶ島に露出する）。

⑦さらに累層の集合を層群という。（一般にその上下に不整合が存在することが多い。）例：三浦層群（三崎層を含む）。

⑧では個々の地層の広がりは，どのようにしたら把握できるか？・・・クリノメーターという器具を使用して，地層の伸びの方向と傾きを計測することによって知ることができる。

→その器具を使った計測の仕方を次の授業で実習する。

〔2時間目〕

①まず単層について簡単にその内容を復習する。

②前回予告したように，この時間は地層の測定方法を修得してもらう。

＊ここでクリノメーターの使用方法を示したプリントを配布する。

③ではいったい何を測ると良いのか？何が測れるのか？・・・単層を境する層理面に着目すれば良い。

→水平面を基準として，層理面の方向や傾きなどを求めて，そこから地層の連続する方向や傾きを知る。

④地層が傾いているとき，層理面と水平面が交わる線の方向を地層の走向という。走向は北の方角を基準とし，北から何度東方または西方へずれる角度で示す。

→たとえば北から30°東方にずれた方向（すなわち南から30°西方にずれた方向）をN30°Eと記録する。また，走向が南北方向または東西方向と一致するときは，それぞれN－S，E－Wと表す。

⑤また，層理面と水平面とがつくる鉛直方向の角度（走向に対して直角＝最大傾斜）とその傾斜方位（下がりの方位）を地層の傾斜という。

→たとえば南東に40°傾斜していたら40°SEと記録する。

＊ここで2人に1台ずつクリノメーターを配布する。まず器具を構成している部品について，次に使用方法について説明する。

1．クリノメーターとは，走向を測定する磁針と傾斜角を測定する重りのついた方位磁石，および器具を水平に保ための水準器が長方形の板に埋めこまれたものである。

（普通の方位磁石と違ってEとWが逆になっていることに注意する。）

2．層理面にクリノメーターの長辺をあてて，水準器によってクリノメーターを水平に保ったとき，磁針の示す方位が走向となる。（磁針の指す外側の数字を読む）

3．走向に垂直にクリノメーターの長辺を層理面に当てたとき，ハート形の重りの中心の針が指

す角度が傾斜角である。(針の指す内側の数字を読む)
＊生徒にクリノメーターを使って走向と傾斜を計測する実習を行わせる。
→ノートや下敷などで仮の層理面を作って測らせる。できるだけ机間巡視を行なって，うまくできない生徒には直接指導をすると良い。
⑥最後に地層の走向と傾斜を記号で表す表現方法について触れる。(プリントにまとめておく)

〔3時間目〕
①まず地層の走向と傾斜について復習し，その計測方法を確認しておく。
②地層はその堆積したときの地表で起こった様々なできごとを記録している。
　たとえば，一つの単層内に堆積物の粒の並び具合の違いによって生じたもっと細かい縞模様が見られることがある。・・・これを葉理という。
→葉理には層理面に平行な平行葉理，層理面と斜交する斜交葉理，層理面に平行な波模様を示すリップル葉理などがある。これらは堆積物をもたらした流れの強さに対応してできることが知られている。(黒板にきちんと絵をかいて，葉理のイメージを生徒にもたせる。後でそれぞれのスライドを見せる。)
③また，1枚の単層内で，下の層理面から順に粒の大きさが大きいものから小さなものに規則的に変化していくことがある。・・・これを級化層理という。
＊ここで沈降試験管を利用して，実際に級化層理を作ってみる。
1．いろいろな大きさの粒子（れき，砂，泥の混じったもの）を用意して，それを水で満たされた沈降試験管に一気に入れる。
2．泥の大きさの粒子まで沈降するまで時間がかかるので，それをしばらくそのままにして，授業の終わりごろに再び生徒に見せると良い。
＊級化層理はさまざまな大きさの粒子をもたらす急速な流れによってできることを示す。(乱泥流または混濁流という流れによる。)
④単層の上の層理面に波模様がみられることがある。・・・これをリップルマークという。砂浜の波打ち際のように弱い波が振動したり流れたりするところに一般にできると考えられている。(例外もあり)
⑤単層の下の層理面がでこぼこしていることもある。・・・荷重痕（ロードキャスト）という。堆積物が急速に沈積したときに，まだ未固結な下の地層に不均等な荷重がかかって，でこぼこができてしまうと考えられている。
→下の地層にまだ充分に水分が含まれている場合，上の地層の荷重によって水分が脱水されてその時に細かい泥の粒子もいっしょに抜け出ていくと，その先端が炎のような形になるため，火炎構造（フレームストラクチャー）と呼ばれている。
⑥ここでこれまで説明してきた堆積構造のスライドを見せて，それぞれの形状を確認させる。

（まとめ）
⑦授業の終りに，級化層理のできた沈降試験管を生徒に見せる。・・・粒の大きさが一番下から順に，大きな粒（れき）から小さな粒（泥）に至るまで連続的に移り変わっていることを確認させる。

〔4時間目〕
①級化層理で示したように，堆積物の多くは重力に支配されて沈積（堆積）する。
→たとえば海底にある程度の傾斜が存在している場合，不安定ならばより低い方，すなわち深い方へ運ばれていく。（粒の大きさにも関係するがここではあまり触れない）
→最終的に言えることは，地層は一般にほぼ水平に堆積するものと考えられることである。
→そして地層がほぼ水平に堆積してできるばあいに，当然下部の方が上部よりも時間的に早くできる。・・・これを「地層累重の法則」といい，地質学における大原則であることをよく理解させる。
＊地層累重の法則・・・地層が重なっている場合，下部の地層の方が上部の地層より古い。
②このようにして地層累重の法則を使って，地層の重なりの順序（層序という）を明らかにし，さらに地層の中に残されている記録（堆積構造や化石）からの地層が形成された環境や起ったできごとを復元していくことが地質学において重要である。
③ではどのようにして地層が形成された環境を知ることができるのか？・・・環境を示す手がかりとして，以下の4つくらいのものがある。
1．堆積物の粒の大きさ・・・一般的に言えることとして，海底では岸から沖に向かって粗いものから細かいものへ順に沈積（堆積）する。（れき→砂→泥）
＊できれば実際の海底堆積物の分布図を示すとよい。
2．堆積構造・・・特に葉理（平行葉理，斜交葉理，リップル葉理）はそれぞれ堆積物をもたらす水流の流れの強さに対応することから現在それぞれがどのような場所で多く見られるかということを調べれば，ある程度の確率で推定できる。
＊これも水路実験で得られた水流の強さと堆積構造の関係を紹介するとよい。
3．化石・・・生物は環境に最も適したそれぞれ特定の生息域をもっている。
　地層中にある化石が含まれていたら，その生物が生息できるような場所に地層が堆積したことが推定される。・・・たとえば，しじみの化石が地層（一般的には泥岩）から産出すれば，その地層は汽水域（海水と淡水が混じり合う水域，例として島根県の宍道湖）で堆積したことがわかる。
＊できるだけ実物を用意するほうが生徒がイメージしやすい。
◎このように特定の環境を示す化石のことを示相化石という。
4．堆積岩（生物岩）の種類・・・たとえば，石灰岩は熱帯の浅海地域にしかできないし，チャ

ートは一般に深海底で形成される。
＊世界地図や深海底の堆積物の分布図をもとにして説明する。
④また異なる地域に堆積した地層を比較して，両方とも同じ時代に堆積したかどうかを知るにはどうしたらよいか？・・・まず両方に共通する地層がないかどうかを調べる。
　一枚の地層がどこまでも水平的に広がって分布することはあり得ないから，できるだけ広い範囲に分布し，しかも上下の地層と比較して明らかに区別できるような地層（単層）があることが望ましい。・・・このような地層（単層）のことを鍵層という。
◎鍵層・・・地層の対比に有効な地層で，他の地層と区別しやすく，広範囲に追跡できることを特徴とする。
　特に火山灰層（凝灰岩）は火山の噴火によって形成されるが，風にのってかなり遠くまで運ばれることがある。（教科書にも掲載されているように，鹿児島県の姶良火山より２万２千年前の噴火によって放出された火山灰が北海道南部に至るまで連続して分布していることが知られている。）火山の噴火という現象は，地質学的な見地から見ればほんの一瞬のできごとになるので，火山灰層（凝灰岩）は地層の対比をするのに最も有効な鍵層である。
⑤では，鍵層がない場合はどうしたらよいのか？・・・地層の中に含まれているもの，化石に着目してみる。
　過去から現在にかけて生物は進化を続けてきた。かつて生息していたが現在はもうどこにもいない，絶滅した生物がいる。すなわち生物の種には生存期間（ある時代の間だけ存在していた）があると考えられる。
→従って異なる地域の地層から同じ種類の化石がでてきたら，両者はほぼ同じ時代に形成されたと推定して良い。（鍵層よりはるかに精度が悪いし，時間的にも幅があるがしかたがない。）
→たとえば，ビカリアという大型の巻貝は，日本では第三紀中新世前期（1600万年ごろ）の地層から産出することが知られている。
◎このように地層の対比に利用される化石のことを示準化石という。
☆化石の役割には，地層が形成された環境を推定する（示相化石）ことと地層が形成された時代を推定する（示準化石）ことの二つがある。
⑥スライドを使用して鍵層，示相化石，示準化石の例を具体的に見せる。
⑦地層の形成された環境や時代を推定するこにはどんな方法があったかをまとめる。

〔５時間目〕
①今回は野外における調査の手順について学ぶ。
②単層はどのような観点で観察したらよいか？
１．岩石の種類を見分ける。（堆積岩のうちどの種類のものか）
２．岩石の性質を見る。・・・色（海成層の場合，新鮮な断面では青灰色を示す）

固さ（続成作用の程度にもよるが，一般に古い時代のものほど固く，新しい時代のものほど柔らかい）

粒の大きさ（砕屑岩なられき岩，砂岩，泥岩に区分する）

＊特にれき岩の場合はさらに細かく観察する。

れきの大きさ＝供給地からの距離に比例。

れきの形＝角張っていれば上流，丸ければ下流。

れきのそろいぐあい＝そろっていれば水中で堆積した。

れきの種類＝れきをもたらした後背地の岩石を示す。

3．化石の有無と産状を調べる。・・・堆積環境と地質時代を推定する。化石が散在して産出すれば原地性，密集していれば異地性であることが多いので注意する。

城ヶ島には，単層の内部にれきのような固い塊が見られる。・・・これはノジュールとよばれるものであるが，どうしてこのようなものができたのか実習に行って考察しよう。（できればノジュールを割って調べたい。）

4．堆積構造を見つける。・・・水流の強さに対応したもの（平行葉理，斜交葉理，リップル葉理，級化層理）堆積後に変形したもの（荷重痕，火炎構造）

5．層理面の形状を見る。・・・他の地層，岩体との関係（整合，不整合）

6．走向・傾斜を測定する。

7．露頭全体をスケッチし，単層の積み重なりの状態やデータを書き入れる。

③単層は一枚の板のように広がっているが，所々切れていたり（断層），曲がっていたり（褶曲）することがある。

④断層の観察の仕方は次のような方法で行う。

1．まず断層を境にしてどの地層とどの地層が対応するのかを調べる。

2．断層の種類を判別する。・・・正断層か逆断層か。

3．断層による地層の食い違いの量（変位量という）を測定する。

4．断層面の走向と傾斜を測定する。

5．断層周辺のスケッチをして，データを書き入れておく。

⑤次に褶曲の観察の仕方は次のような方法で行う。

1．褶曲の種類を判別する。・・・向斜が背斜か。

2．褶曲の両側の地層の走向と傾斜を測定する。

3．褶曲の延長する方向（褶曲軸の方向）を推定する。

4．褶曲部分のスケッチをして，データを書き入れておく。

⑥また城ヶ島には一部の単層群だけが褶曲しているが，その上下の地層は全く変化していないことがある。・・・これをスランプ構造という。これがどのようにしてできたかは，実習に行ってみて生徒に考えさせる。

⑦城ヶ島から帰る車中から不整合の崖が見える。

不整合の観察は以下のようにして行う。

1．不整合面の形状を見る。・・・でこぼこしているか。基底れき岩はあるか。

2．不整合面を境にした上下の地層群の傾斜を見る。

3．不整合の種類を判定する。・・・平行不整合か，傾斜不整合か。

⑧海岸地形を観察し，その形成過程を考えさせる。(すでに大地の動きのところで学習済み)

1．海食台と海食崖。

2．海岸段丘。

3．海食洞と自然橋。

⑨実習のオリエンテーションについて予告する。

6．実施要領

城ヶ島は，本校からバスで約2時間と比較的近いところにある。実習地は城ヶ島の南東部の海岸で，ここには地層が非常によく露出しており，様々な堆積構造や地質構造を観察できる。

（1）引率について

本校では1学年3クラスの構成なので，校外学習は，担任3人と理科教官3人の合わせて6人で引率，指導する。

（2）交通について

校外学習には，貸切りバスを用意する。これは生徒管理がしやすいことと，帰りに3ヵ所ほど立ち寄る地点があるためである。バスの手配については，日本移動教室協会を通すと割りと安く上がる。(ちなみに1991年度は1台85000円)

（3）交通のルートについて

朝7時に本校を出発し，池尻料金所から首都高速3号線に乗り（1台1200円)，そのまま東名高速道路に入る。横浜料金所で東名高速道路を降りた（1台1650円）後，国道16号線の保土谷バイパスを通って，そのまま横浜横須賀道路に入る。衣笠料金所を降りて（1台3650円)，国道134号線を使って三崎市に入る。城ヶ島大橋（通行料1台500円）を渡って，城ヶ島大駐車場（無料）に到着する。

道路通行料の合計は1台につき7000円（片道）になる。

（4）実習に必要な用具について

個人単位・・・フィールドノート（方眼紙でもよい・・・画板に止めておく)。筆記用具，色鉛筆（スケッチに使用)，定規，分度器，スケール（2mくらい)，油性サインペン，ビニール袋（標本採集用)。

班単位・・・クリノメーター，ルーペ（これらは実習日の朝に配布する。）できればカメラも用意したい。

実習以外に必要な個人の持物・・・昼食，水筒，雨具（折りたたみ傘），タオル，軍手，帽子，ウインドブレーカー，ナップザック。

（5）現地の指導について

①実習地をA，B，C，Dの4地点に分ける。

各地点の主な実習項目は以下の通りである。

A地点：ノジュール，級化層理。

B地点：断層，荷重痕，スランプ構造，海食洞。

C地点：凝灰岩（鍵層），生痕化石，平行葉理，斜交葉理，リップル葉理，火炎構造，断層。

D地点：褶曲構造，海食崖，海食台，海岸段丘，自然橋。

②理科の教官が先導して，A組はA地点，B組はB地点，C組はC地点へ生徒を連れていく。

③生徒（4人で1グループを作る＝班行動）はA，B，Cの3地点を順番に観察，記録していく。（A組はA→B→C，B組はB→C→A，C組はC→A→Bの順番に回っていく）ただし理科の教官はそのままその地点に留まり，次にやってくる生徒の指導を行う。担任は生徒といっしょに行動するか，または非常時に備えて実習地の中心にある城ヶ島温泉ホテルの1階食堂に待機する。

④A，B，Cの3地点の観察や記録を終えたら，生徒は全員D地点に集合し，そこで昼食（各自持参の弁当）をとる。（この間に教官も昼食をとる。）

⑤D地点の計測を終了して，時間があるようであったら，少し離れたところにある自然橋を見学に行っても良いように指示する。

⑥バスに生徒を乗車させ人員点呼する。

⑦帰りの車中から不整合が見学できるので，バスの窓越しに観察させる。

⑧漣痕の見事な露頭があるので，その地点にバスを止めて，10分ほど観察させる。

⑨さらにバスの車中から大きなスランプ構造が見学できるので，その前をゆっくり通り過ぎる。

以上で実習は終了する。

（6）生徒指導上の注意

①実習はあくまで教室の授業の延長であるから，真剣に行わせること。（遊びではないことをきちんと分からせておく必要がある。現地での買い食いは禁止させた。）

②集合時刻などは必ず守らせる。（全員の行動に支障をきたす。）

③危険のないように注意する。（滑りやすいところもある。）

④天候が途中で悪化（激しく雨が降る）してきたときは，城ヶ島温泉ホテルの1階食堂に避難し，しばらく様子を見る。天候が回復しない場合は，実習を途中で打切ってバスに戻り，学校に帰る。

7．評価

理科校外学習の評価は，城ヶ島についてはレポート（個人で提出），長瀞については標本と採集地点や露出岩石を示したルートマップ（班単位で提出）をもとにして行う。

城ヶ島のレポートの書き方については以下のように指示している。

①表題をつける。・・・できるだけ個性的なものを望む。(城ヶ島で感じたことがそのまま表れたものであればなおいい。)

②自分なりの考えた実習の目的や意義を書く。・・・表題の設定理由などを書いてもよい。

③班で立てた実習計画とその経過や結果を書く。・・・各地点のどこで何を観察，計測したのかを具体的に書く。データはきちんと整理し，スケッチや図表はできるだけきれいに仕上げる。

④考察や結論は自分たちが観察，測定した結果に基づいて出す。・・・事実と推定をはっきり区別する。

⑤感想と反省を書く。・・・実習で面白かったことや感激したこと，レポートを書く上で必要なあるいは不足したデータや資料などを書いて欲しい。

⑥レポートはB５版の用紙に統一し，表紙と裏表紙を添える。(ファイルでもよい)

レポートの評価基準は以下の通りである。

①レポートの構成はしっかりしているか？

②観察事項や計測データは正確か？・・・精度の問題。

③論旨は首尾一貫しているか？・・・無駄な表現は省く。

④文体は統一されているか？・・・「である」調の表現にする。

⑤誤字，脱字はないか？

⑥提出期限は守れたか？

これらをもとにして，筆記試験と合わせて，２学期の評価とする。

８．これまでの反省

①実習は11月中旬という気候が安定した時期であるので，ここ６年間晴れまたは薄曇りといった天気で実習に支障はなかった。(ただし城ヶ島の場合は，相模湾に向った海岸沿いなので風が強いことがあった。)

②実習に向けた授業においては，週１回ずつなので，祝日に当たったり，学校行事と重なったりして授業時数が減り，その手当てが大変な年もあった。

③授業内容が一部中学校の範囲を越えているので，話を易しくして，分かりやすくなるように工夫するのが大変だった（赴任４年目くらいでまとまった)。また，できるだけ生徒に具体的なイメージを持ってもらえるように，視聴覚教材（スライド，ビデオ，映画）を多用した。

④走向・傾斜とクリノメーターの使い方は，１時間の授業では生徒はなかなか理解，修得出来ないので，オリエンテーションの時間に繰り返し教えたり，また，現地で指導したりした。

⑤交通事情が年々悪くなっている。特に渋滞で帰りの時間が遅くなってしまう。

⑥往復のバスの車中で生徒を遊ばせないようにするのに骨がおれた。・・・往きの車中では途中の地形，風景，住宅，工場，高速道路，畑の作物などをメモするように指示した。還りの車中で

は実習のまとめや器具の返却などを行わせた。(実は朝の集合時刻が早いので，生徒は車中で寝ていることが多い。)

⑦実習計画をきちんと立てない班もあり，現地で何をしたらいいのかわからないといった生徒もいた。

⑧実習中は，A，B，Cの各地点に理科の教官が張り付いているが，C地点は最も広く，かつ観察項目も多いので，生徒の実習指導が充分行えない。従って，いくつかポイントをしぼって，観察する場所を2，3ヶ所に限定した。

⑨D地点の作業の後，自然橋を見に行く生徒がいるが，その往復にかなり時間がかかるので，(40分前後)，集合時刻を見計らって，ある程度制限せざるをえない。

⑩帰りに3ヵ所寄って，不整合，漣痕，スランプ構造を観察するのだが，時間があまり取れないので，ほとんど写真を撮るだけに終始している。

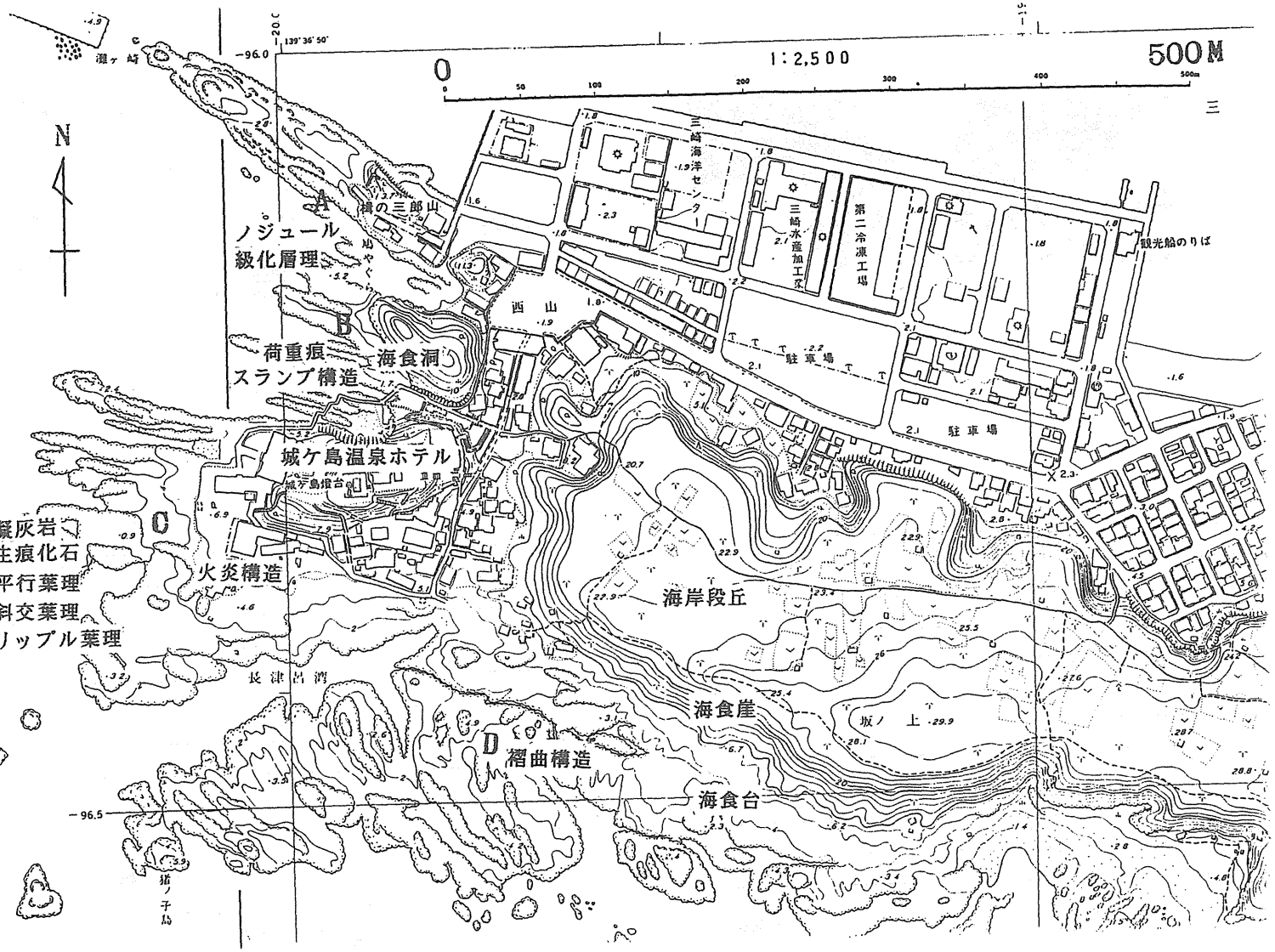
⑪実習事項が多く，実習日に全てをこなせないため，2回もしくは3回実習地に通った生徒が毎年いる。

⑫レポートは全員提出するのだが，なかには似通ったものがいくつもあったり，ひどい場合は先輩のものをそのまま写したと思われるようなものがあったりして，その評価をする場合に困ることがある。(生徒を呼出して確認したこともある。)

9．おわりに

今回の新しい学習指導要領で，課題学習が中学3年生の選択科目として導入されようとしているが，その実施については様々な問題がある。すなわち教科として取り組む場合，教科内の教官の協力体制がきちんと取れるか，綿密な準備と実施計画が立てられるか，生徒にどれくらいの取り組む気持ちや吸収力があるか，ということが必ず条件として出てくるであろう。

本校の理科校外学習は，これらの問題を乗り越えて，中学3年生の行事としてすでに定着している。知識はあるのだが実物を知らないために本当の理解には至っていないような生徒に，この実習の経験を通して自然のスケールの大きさや地球のダイナミックな歴史を学び取る機会となることを願っている。そしてそれが生徒のレポートの感想を読んでみて，ある程度達成されていることは喜ばしい限りである。今後もこの実習を継続させて，生徒に確かな自然の見方や感じ方を身につけさせたい。


1:2,500
500M
N
A
ノジュール
級化層理
B
荷重痕
スランプ構造
海食洞
C
凝灰岩
生痕化石
平行葉理
斜交葉理
リップル葉理
火炎構造
D
褶曲構造
海食台
海食崖
海岸段丘
城ケ島温泉ホテル
西山
三崎海洋センター
三崎水産加工場
第二冷凍工場
駐車場
観光船のりば
長津呂湾
長津呂崎
猫ノ子島
坂ノ上
139°36'50"
-96.0
-96.5

中3　理科Ⅱ（地学）　1991、4、11.

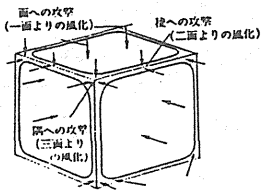
Ⅰ. 岩石の種類とその成因

1）堆積岩と堆積作用

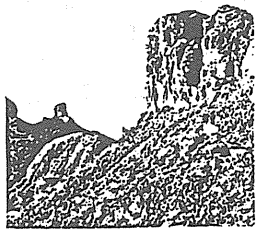
① 風化作用

① 鉱物の線膨張率（理科年表，1978）

鉱　　物	温　度（C）	線膨張率（$\times 10^{-6}$）
石　英（軸に平行）	20°	7.48
石　英（軸に垂直）	20°	13.72
正長石	室　温	17.0
角閃石	室　温	28.4
方解石（軸に平行）	20°	25.61
方解石（軸に垂直）	20°	5.63
電気石	室　温	22.0
ホタル石	室　温	19.0
岩　塩	40°	40.4
赤鉄鉱（軸に平行）	20°	8.17
赤鉄鉱（軸に垂直）	20°	7.91
自然金	20°	14.03



② 境理面に沿う風化作用の進行



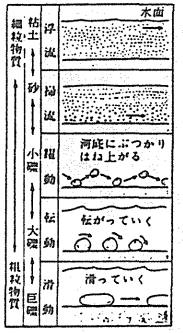
③ 岩石の機械的な風化

④ 岩石の機械的風化の例

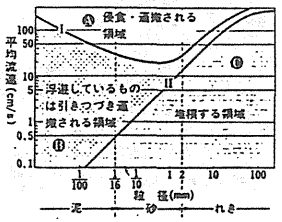
中3　理科Ⅱ（地学）　1990、4、25

② 侵食作用

③ 運搬作用



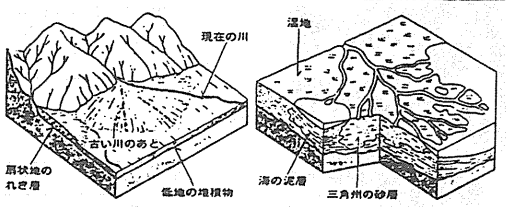
① 流水の運搬作用



② 流速・粒径と侵食・運搬・堆積の関係

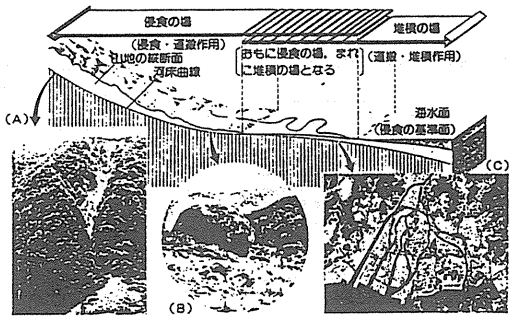
④ 堆積（沈積）作用

⑤ 続成作用



③ 川の流速の急な変化でつくられる地形（扇状地と三角州）

中3　理科Ⅱ（地学）　1991. 5. 9.



① 河川の縦断面と自然の侵食・運搬・堆積作用の場

（A）崩壊状崩壊へ進みはじめた渓　（B）百万貫石　（C）三角州（広島市）

崩壊物は扇状地のような堆積地形をつくっている。（富士川支流早川）

1932年の洪水で流された径25m×20m×15mの岩塊（石川県手取川上流）

2）堆積岩の種類

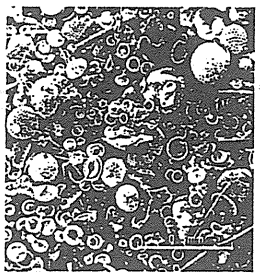
② 主な砕屑物と堆積岩

粒径による分類（A）…流水や風によって運搬・堆積した砕屑物から成る堆積物。

粒径	砕屑物	岩石名
2mm以上	礫（れき）	礫岩
2〜$\frac{1}{16}$mm	砂	砂岩
$\frac{1}{16}$〜$\frac{1}{256}$mm	シルト	泥岩
$\frac{1}{256}$mm以下	粘土	

粒径による分類（B）…火山の噴火による堆積物。

粒径	砕屑物	岩石名
64mm以上	火山岩塊	凝灰角礫岩
64〜2mm	火山礫	
2mm以下	火山灰	凝灰岩

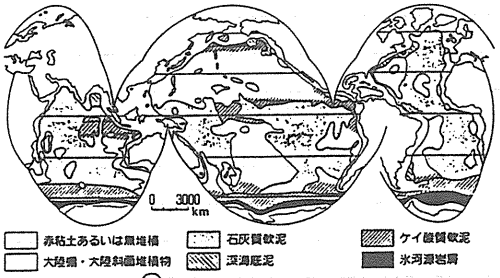


③ 電子顕微鏡で見たケイソウ軟泥

円板状のケイソウのほかに球状のホウサンチュウが見える（中部太平洋，深さ3516mの海底から採取）。

● 堆積物の主成分による分類

岩石名	成分	成因
石灰岩	$CaCO_3$	有孔虫・貝殻・石灰藻などが堆積したもの
チャート	SiO_2	放散虫などの殻が堆積したもの
岩塩	NaCl	水中の塩分が濃縮・沈殿したもの



④ 大洋底における堆積物の分布

中3　理科Ⅱ（地学）　1991．5．16

2）堆積岩の種類（続き）

①、砕屑岩……

②、火山砕屑岩……

③、化学岩……

④、生物岩……

3）堆積岩と堆積環境

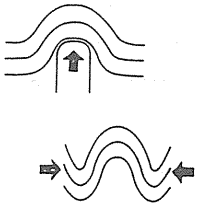
4）堆積岩の観察

	色	粒の大きさ	固さ	重さ	その他	岩石名
A						
C						
D						
E						
F						
G						
H						

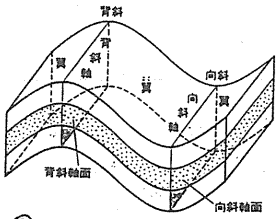
<MEMO>

中3　理科Ⅱ（地学）　1990．10．3．

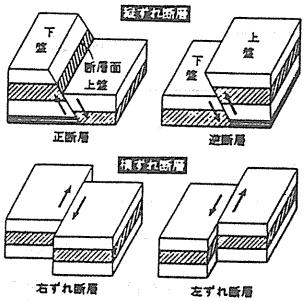
（褶曲と断層）



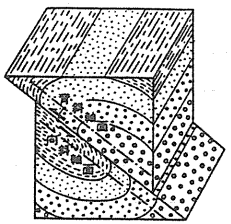
① しゅう曲を起こす力



② しゅう曲の構造



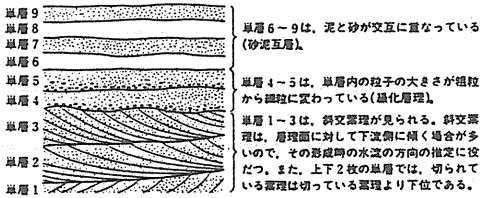
③ 断　層



④ 横臥しゅう曲と衝上断層

〔理科校外学習に向けて〕

1、地層の調べ方



⑤ 地　層　の　構　造

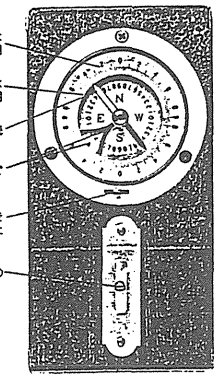
図のように，地層の重なりを柱状に表したものを地質柱状図という。

中3　理科Ⅱ（地学）　1990、10 17.

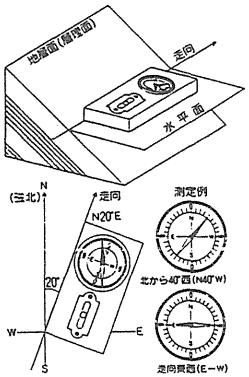
2) クリノメーターの使い方

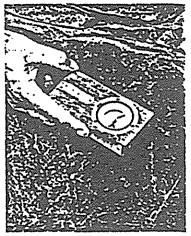
◎ クリノメーターの使い方

①クリノメーター



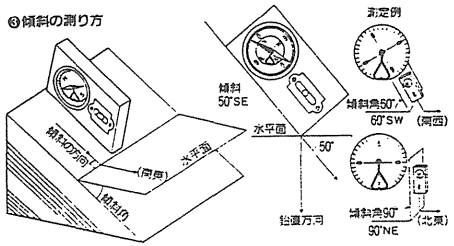
②走向の測り方

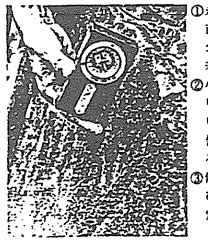




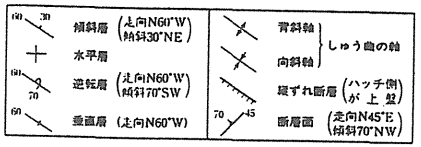
①クリノメーターの長辺を地層面に密着させる。
②水準器の中の気泡を見ながら水平に保つ。
③磁針が指す方位の目盛りをNを基準にしてEへ何度、またはWへ何度と外側の目盛りで読む。この値が走向である。

③傾斜の測り方

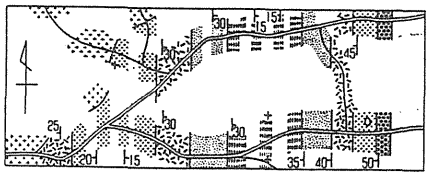




①走向の方向に垂直にクリノメーターの長辺を密着させる。
②ハート型のおもりで内側の目盛りを読む。この値が傾斜角である。
③傾斜の向きを、磁針を用いて決定する。



① 地層の構造を示す記号



② 踏査図