

拾壹、日本高中地球科學

羅珮華

一、教科書之教師手冊介紹

- 1.書名：地學（改訂版）
- 2.作者：大森昌衛和森本雅樹等七人
- 3.出版年份：西元1993年
- 4.出版者：實教出版株式會社
- 5.出版文字：日文
- 6.其他：平裝，共250頁

二、緒 論

「地學」課程在日本就相當於「地球科學」課程在台灣。但是在課程結構和實施上，二種課程有著很多不同，如：(1)日本的地學課程內容包含天文學、氣象學、地質學，不包括海洋學；我們的地球科學課程涵蓋了天文學、氣象學、地質學、海洋學。(2)日本的地學課程可分為地學IA、地學IB、地學II，其中地學IA和地學IB是理科五個必修領域中的課程，地學II則為選修課程。台灣的地球科學課程則分為必修的基礎地球科學和選修的地球科學。(3)由於日本新課程沒有硬性規定要在那一學年或學期實施地學課程，而且有不同的課程學分，學生可根據自己的興趣選課，其中地學IA是2個學分，地學IB是4個學分，每個學分的教學時間是35節，每節50分鐘；地學II是供對這方面更有興趣的學生的進階選修課程。台灣的基礎地球科學為一個學期二個學分的課程，於高一上學期或下學期實施，高二、三各有地球科學選修課程，然而受聯考影響，目前幾乎沒有學校開設此課程。

本文內容針對地學 II B課程所使用的教科書之教師手冊做介紹，並與我國基礎地球科學課程教科書之教師手冊比較。

三、地學教師手冊總說

地學教師手冊在手冊開始處，先編排總說，將編排方式、注意事項、指導計畫和時間分配等逐一說明同時將學科本身的特性指出來，使教師們在使用本手冊時，更能充分利用本手冊。

(一)地學指導上的注意點——地學的特性：

1.地學的體系：

地學是地球科學的簡稱，以地球為對象的科學，所包含的學門如右圖。因為所涵蓋的學門多，常常被誤解是許多不相關的科目拼湊在一起。這種被誤解的原因之一是大學中將各學門分於不同科系。

2.與地學有關的空間之重要性：

空間是自然界的構成要素，空間的廣大延伸與空間的配置、構造有關聯。地學就是探討在這種自然界下的物象，所以認識我們自己在廣大的立體空間的位置才是重點。觀測是認識的出發點，觀測是我們對空間把握的基本操作。在高中地學來說，認識空間需要注意以下幾點：天文現象與氣象、地形及地質構造都佔有巨大的空間，但是只是經由圖上來理解這些現象，是否真的能理解，實在有問題。例如：對天氣圖上的低氣壓及前緣面的理解與實際上我們頭頂雲層配置的結合，這種將圖與實物結合的態度就是要實地觀測，也就是學習的態度。與地質有關的也是一樣，例如在量測走向、傾斜的時候，需要知道量測點在全體地質構造所佔的位置、構造盆地中心與量測點的相對位置，也就是在廣大空間中不迷失方向。要了解在全體當中的關係位置的基本方法就是要實地見習。以台階地形為例，與其看圖上的剖面來理解，不如見習實際地形。

3.地學的時間問題：

地學是一種歷史科學，時間是一個最重要的因素，特別是長久的時間，在考量空間問題時，了解時間的比例尺是巨大的，是一個學習的重點。時間的問題中，中心課題是時間持續作用下所造成的結果在空間配置的順序。如：大陸周圍山脈的配置，反映其形成的先後順序。地層的疊置亦是空間化時間的表現；河階的高低配置，亦是空間化時間的表現。有關時間久長的認識，可以由山地侵蝕速度及隆起速度來理解；生物演化速度問題，譬如第四紀二百萬年，相較於古生代到現代數億年的時間，前者時間短，所以生物變異不多，後者時間長，生物發生巨大的進化。這裡的重點是在了解時間長短是超越我們日常的生活經驗，以及時間長久所造成的現象。而這裡所討論的地學時間問題與後面的地學歷史性不同，時間是組成歷史的一個因素而已。

4.地學的關連性：

事物之間是有關連的，這便是所謂的因果關係，更廣泛地，要注意相關關係和相互作用。自然界的事物不是單獨變化的，外界的變化也會反過來影響事物本身的變化。對問題應有的態度是常常思索事物間的相互關連，這對從自然取材的地學來說特別重要，值得重視。自然界間生物的相互關係是無可置否的，生物與地表的關係，與氣圈、水圈、生物圈的關係，還有，特別是人與人間的相互關係，沒有掌握相互關係的學習將無法體會有機的自然觀。關連性指的是知識之間的，不是現象間的。例如：若能明白火山活動的形式與熔岩的化學成分的知識是有關連的，就容易理解火山活動形式的特徵及火山地形；位置較高的河階年代較老，河階上的礫石也風化較深；火山灰層較厚的地方，河階的穩定性也較差而易崩塌，這些都與河谷的侵蝕發育史有關。要像這樣理解各方面的事實是互相關連的，知識不是片斷的，而是有體系的。

5.地學的歷史性

歷史性是時間在空間舞台上所留下來的現象。這個現象分解來看，每一部份都遵從物理、化學法則；而且在空間中的種種形形色色的物質、物

體是相互關連的，物質和物體在反應合成的過程中是不違背數學、物理、化學法則的。更高層次的法則即是歷史發展的法則。宇宙的進化，地球的進化，生命的進化等，進化現象是歷史性的表現。由形形色色繁多的偶然因素所編織而成的特徵，從大處來看，偶然性必然造成變化。因而，在形成的過程中，偶然的因素是創造特殊的原因，即同一因不一定造成同一果；在沒有偶然性因素的條件下進行物理、化學實驗，同一因即得同一果。歷史性前面所提列的時間性和關連性的高度化產物，對高中學生而言，是稍微難於理解的概念。但是，準備階段的時間及關連性的意義是容易理解的，特別是對關連性培養出興趣後，會發現歷史性的意義。當前重要的目標是使高中生具有對空間、時間、關連等意義有所理解。

6.地學的地域性:

地學探討的事物現象具有強烈的地域性特徵。地域本身即是個獨立的考量因素，可以和其他地域比較，什麼是共通點、類似點。雖然事物都具有一般性及特殊性，但只有特殊性才是地域和歷史的構成要素。

科學的態度是著重一般性，而不考慮特殊的、個別的事物。但是，科學態度是為對一般性有更深入的了解，對於具有如地域性的特殊事物在全體中所佔的位置及其意義應有所明白。以前的學習重點是與人生自然有密切相關的地學，儘量避免地域性的事物；現在的方法論是經由人生自然的體驗，從局部之中認識並整理出一般性法則與專門研究必備之物，學生學習並認識這些根本的東西。

7.地學與人的關係：

地學意外的成為有人味的學問，人是地學構成的材料；所以，地學教材是取材自人類日常生活的周遭環境。前面所提到的地域性問題，就有就近取材的意思；在增進學習興趣的同時，就近取材是認識自然界的最根本手段。還有，近來人類活動對地球的大自然產生巨大的影響，人與地學的關係更深刻了。地學教育不能脫離人的生活及人為因素，地球上的大自然與人類的活動變化是呈互動關係的，所以叫做有生命的地學。人類的作用應看做是一種對地球的作用營力，公害及環保問題應當編入教材。

(二)地學改訂版教科的編修方針：

1.基本方針：

- (1)全書的構成、配列及記述是以自然科學方法論為準則。
- (2)地學的特徵是物象的多樣性，物象彼此間的關連性及歷史性是綜合的重點。

2.編修上的特色：

- (1)地學與其他理科科目在性質上的相異處，也是它本身最大的特徵是空間和時間尺度都很巨大。這種的特色學習需要從周遭的事物現象出發，進而理解尺度巨大的事物現象，如此一來，學生認識這些事物的順序就會很自然。這點是本書全體內容編排取捨的考量點。
- (2)地學的重要特徵是具有學習自然界形成過程的歷史科學性質，自然界形成史為全書構成敘述的骨幹。
- (3)就上述(1)的觀點，依著下面的順序學習：身旁周圍的土地（地表的事物與現象）→ 日本列島與世界地學的自然→ 地球全體的構成與活動→ 太陽系的構成→ 星的世界→ 宇宙全體的樣子。可以對空間有廣泛深入的認識。
- (4)同樣的就上述(1)、(2)的觀點，依著下面的順序來學習：身旁周圍土地的成立史→ 日本列島與地球的歷史→ 太陽系的歷史→ 星的進化與宇宙的歷史。可以對時間尺度的巨大有深入的理解。
- (5)(3)和(4)的內容是表裏一體的，本書特別針對空間的認識，時間的認識，以及空間和時間的有機結合來展開敘述的內容。
- (6)自然的認識以地球及宇宙為對象的地學方法是：累積具體的觀察（觀測）事實→ 歸納出法則（一般化、抽象化）→ 綜合化。隨著這順序可以接近真理，這是本書論述的考量點。
- (7)與(6)關連的是，避免概念和理論的記述、個別事實及理論的機械式暗記，要重視對自然物象的觀察與思考的養成。由(6)和(7)兩點的結合，可以體驗得到科學方法。

- (8)人類的存在與活動與自然界的歷史有很深的關係，自然與人類結合物象的理解是走向未來的指針。
- (9)實驗、實習是經由學生們簡單地組合來進行的，基本上以實用性的考量重點，精選題目與內容，對於每一個題目要明確說明實驗、實習的目的及作業流程：目的→準備→作業→考察，還有就是理解本文中有關事項的內容。
- (10)在附錄裏，除了本文學習有關的重要圖表外，還對本文內容作更深入的補充說明，在封頁及書中其他部份附有具有視覺教育效果的重要照片及圖。
- (11)隨筆記事包括了關於與本文記述有關連項目的新的研究成果，與人的生活有關連事項，深深考慮到對學生地學的關心。
- (12)爲了深入各章的學習，本文中有初步練習的問題，各章後有應用問題，還有深入理解的綜合練習題。此外，還在各章插入針對學生自發興趣而設計的具體研究課題。

(三)「地學改訂版」的學習指導計畫

1.學習指導計畫的立案：

(1)配合實際情形：

學習內容見於學習指導要領，但是，學習內容難易的程度決定內容是否採用。因此，學習指導要領所列的內容不應一視同仁的採用。而應考慮學生的能力、學校的設備等條件而選擇指導事項及作成重點指導計畫。

(2)指導所需的時數：

全年指導計畫一覽表內所列的時數是考慮下面陳述的幾點而作成的。倘若實驗、實習、討論認真來進行的話，指導時數會不夠用。因此，依實情而決定重點，針對此重點投入所需時間，如此也造成了一些不良的影響，有些內容只能輕描淡寫的帶過。但是，此處所說的是內容輕重的考量，而不是內容的刪除，教學的重點是在實質的效果，而不是全書均等網羅內容。

(3)各項的指導順序：

學習的指導順序是針對習得自然科學方法論為著眼點而編組的，考慮到地域性、季節和其他因素，順序可以做適當的調整。

2.全年學習指導計畫：

全年學習指導計畫是考慮到學校的種種實情而設計定案的。例如：原本四個單位的授課時數是140小時，可依學校行事和其他實際情形，將課程縮為116小時；這時將教材中的某部份刪除不教，再依進行的程度隨時取材。

四全年學習指導計一覽表：

全年學習指導計劃一覽表

月	指導項目	時數	指導內容	實驗·實習	與指導要領的對比
4	前言 快樂的	2			
	第一章 地殼的歷史	35			地球的歷史
	1.土地的形成	(7)	土地和人間 沖積平原 台地和河階	1.簡易測量	A.地層 地層的形成 地層的層序及對比 B.地殼
5	2.地史的復元	(12)	地層和地質調查 化石和地質年代 過去的地殼運動	2.地質圖、地質剖面圖及地質柱狀圖的製作	最近的地殼變化，地質時代的地殼變動 C.地球的進化 地質時代
6	3.日本列島的地史	(14)	日本的地質區 日本列島的地史 日本的地下資源		D.日本列島的地質 日本列島的特徵，日本列島的成立
	問題	(2)			

月	指導項目	時數	指導內容	實驗·實習	與指導要領的對比
7	第二章 地球的構成	39			地球的構成
	1.地球的內部	(14)	地球表層的構成物質 火山和地震 地球的構造及性質	3.以肉眼及顯微鏡觀察火山灰和岩石 4.地震調查	C.地球內部的能量——地震、岩漿及火山活動 A.行星地球 地磁與重力
9	2.地球的氣圈		對流圈 雲和雨的成因 大氣的運動 大氣的能量 氣候	5.校內的氣象調查	B.大氣和海洋 大氣的運動
10	3.地球的水圈	(8)	水的循環 陸水的運動 海水的運動		B.大氣和海洋 海水的運動 大氣與海水的相互作用
	問題	(2)			
11	第三章 太陽系的歷史	19			
	1.原始地球	(6)	來自宇宙的線索 地球三圈的形成 生命的起源		地球的歷史 A.地球的進化 原始地球
12	2.太陽系的構成	(9)	太陽系的構造和運動 行星的特徵 彗星與流星	6.製作哈雷彗星的軌道模型	地球的構成 A.行星地球 地球的特徵
	3.太陽系的起源	13	原始太陽系星雲的誕生 行星的形成		
	問題	(1)			

月	指導項目	時數	指導內容	實驗·實習	與指導要領的對比
1	第四章 宇宙的構成	19			宇宙的構成
	1. 恒星	(11)	太陽 恒星的世界 恒星的進化	7. 星空的彩色攝影	A. 太陽 太陽的形狀 太陽的活動 B. 恒星 恒星的放射 恒星的演化
	2. 銀河系和宇宙	(7)	銀河系的構成 宇宙的構造		C. 銀河系與宇宙 銀河系 銀河系外星雲 宇宙
2	問題	(1)			
3	結章 宇宙和物質的進化	2	我們和自然 (I) 宇宙和物質的起源 銀河和星的誕生 我們和自然 (II)		

四、地學改訂版教科書內容

封面說明

前言 快樂的地球科學

第一章 地殼的歷史

1. 土地的形成

2. 地史的復元

3. 日本列島的地史

章末問題

第二章 地球的構成

1. 地球的內部

2.地球的氣圈

3.地球的水圈

章末問題

第三章 太陽系的歷史

1.原始地球

2.太陽系的構成

3.太陽系的起源

章末問題

第四章 宇宙的構成

1.恆星

2.銀河系和宇宙

章末問題

結章 宇宙和物質的進化

實驗·實習

五、地學改訂版教師手冊範例說明

第一章 地殼的歷史

〈照片說明〉空中見到的關東地方，這是日本最大的平原。平原並不是單純的平面，河川流過的沖積地（白色部分），為複雜的細谷切割的台地、丘陵部分（灰色部分）。平原是第四紀的海進、海退所造成的土地，山地是第四紀及先第四紀數百萬年來持續的地殼運動所形成的。但是，土地的表面部分不是水流自營力所造成，而是數十年來人類營力所造成的。東京灣的海岸線呈梳子齒狀，海灣的西邊是東京都的中心所在，已失去綠地的台地和丘陵是顏色特別白的部份。地表今後的變化，可以經由對地質時代迄今的地殼歷史之瞭解來進行預測。

●本章的指導說明：

1.本章的定位及目標：

(1)為什麼第一章討論地殼的歷史？

地球科學是歷史科學，經由對現在現象的理解，可以明白自然界發展過程中所發生的事情。第一章可以銜接前言的宇宙、自然界全體的歷史。

(2)爲什麼按照土地的形成→地史的復原→日本列島的地史這個順序？

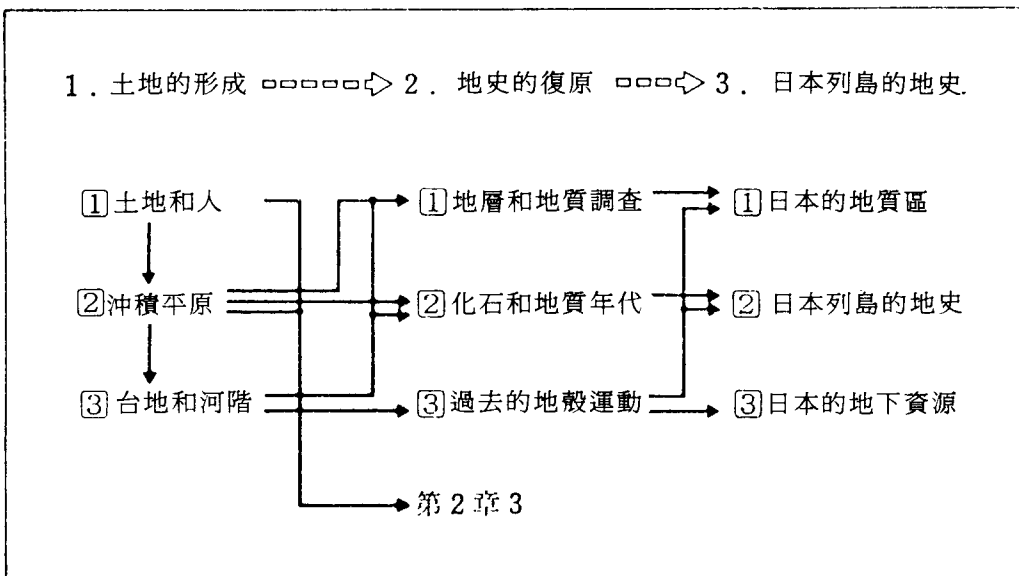
這是依照地史材料→地史解讀方法→地史綜合討論，這個流程來考量的。

(3)以由對事物直接接觸所得到的體驗爲基礎，進一步認識事物是有歷史的。

(4)本章學習的東西如何構成全部地學的一部份？

以現在所見到的現象是歷史的結果的觀點，可以明白第二章有關地球現象的分析，理解必然性。

2.本章內容及彼此間的關係：



3.本章導入部份的利用：

本章導入「土地和人」，是有以生活環境爲起點的意思，這樣由所居住地域的地學特徵及歷史著手，從而注意到有關的災害問題，因此認識到地學是與生活密切有關的科學。導入與地盤災害有關的子題「沖積平原」、「台地和河階」，在講授第二章時，可以取材顯著的事物，這樣的話，可以觀察學校附近的地形及地質剖面，還有用幻燈片來說明災害關係，可以達到高度關心土地的效果。

< 範例 >

第三節 日本列島的地史（14時）

●指導解說——

1.目標：

利用地史復原的方法來探討地球歷史及日本列島的形成。日本列島歷史的學習是綜合討論的一個例子。

2.指導的重點：

- (1)學習無機地史和生物的歷史。
- (2)不要讓故事中斷。
- (3)繼續學習發生、變化、發展、消滅的法則。
- (4)由日本列島的歷史現象來看全球有關連的歷史現象。
- (5)例如：脊椎動物可以追蹤從牠出現到現在的歷史。

指 導 內 容	指 導 上 的 注 意 點	指 導 上 的 功 夫
(1)日本的地質區		
①構造線和地質區	<ul style="list-style-type: none"> ◆把握日本列島在構造線及變質帶的特性，可以分成幾個地質區要點。 ◆注意日本列島最靠亞洲大陸的飛驒地區。 	◆利用書尾的日本地質來指導說明。
(2)日本列島的地史		
①日本的黎明	<ul style="list-style-type: none"> ◆日本最老的岩石是飛驒片麻岩是大陸地質的一部份。 ◆世界最老的化石是非洲東南部發現的33億年前的細菌化石。 ◆把握從光合作用生物出現到多細胞生物進化的一連串過程。 	<ul style="list-style-type: none"> ◆日本列島地史的教學可以利用電影、幻燈片、化石標本有地質調查經驗的老師可以談談經驗。 ◆說明對日本列島地史研究有貢獻的重要人物及事蹟。
②日本基礎的建造 (I)	<ul style="list-style-type: none"> ◆注意日本最老的化石是志留紀的床板珊瑚類。 ◆從古生代志留紀以降日本附近的地向斜受到安倍族造山運動，本州造山運動而陸化。 	◆編寫鄉土地史，有野外實習的地點更好。

指 導 內 容	指 導 上 的 注 意 點	指 導 上 的 功 夫
③古生代的生物界	◆把握前期無脊椎動物繁榮及後期兩棲類出現的時代。 ◆注意陸生植物的出現及兩棲類的上陸。	◆參觀水族館，思考生物進化。
④日本基礎的建造 (II)	◆中生代的日本列島、新的地向斜形成，古生代的地向斜隆起，注意此時有世界性規模的阿爾卑斯地向斜。 ◆注意受廣島變動影響地區的分佈。	
⑤中生代的生物界	◆在植物界，裸子植物繁盛，被子植物出現；在動物界，爬蟲類及菊石繁盛。	
⑥第三紀的生物界	◆強調現所見16目的高等哺乳動物的出現。	◆參觀動物園，思考生物進化。
⑦弧狀列島的成立	◆理解晚新生代的綠色火山灰運動，進行日本列島骨架的建造，其後的島弧變動則造成弧狀列島及海溝。	
⑧冰河時代和人類	◆理解現在的日本列島是反映冰河時代的事物。 ◆第四紀是人類的時代，由人類勞動進化的觀點來取材。	◆原始生火法，參觀石器製作（可行的話）。
(3)日本的地下資源		
①礦床的種類	◆由日本列島形成過程中所伴生的礦床來取材。	◆礦石實物標本見習。
②古生代的地下資源	◆注意キースラーカー，以及石灰岩等有用的地下資源。	
③中生代的地下資源	◆指出白堊紀花崗岩侵入所伴生的火成礦床等地下資源。	
④新生代的地下資源	◆指出古第三紀的煤，新第三紀的黑礦、石油及地下水等地下資源。	
⑤地下資源與生活	◆關於地下資源的利用，必需考慮到從整體的觀點來進行檢討。	

●內容解說

1.日本列島的地質構造 (P.46)

Fossa Magna是由德國地質學者E. Naumann所命名的大地溝帶。

糸魚川——靜岡構造線是由許多斷層集合而成的，由新潟縣的糸魚川經姬川到達松本，沿線有許多晚新第三紀形成的地形斷層崖。但是，最近認為在Fossa Magna的東邊有柏崎——銚子構造線存在。

中央構造線是大斷層，由諏訪沿赤石山地往西南延伸，由豐川谷經伊勢灣、宇治山田、紀川、吉野川到達松山，向西南更延伸到九州。中央構造線最初形成於中生代初期，中央構造線的內側是由片麻岩及角頁岩所組成的變質帶，為本州地向斜堆積（古生代秩父層），因古生代末期的造山運動而變成的。這斷層目前還在活動，為有名的活動斷層。

中央構造線的外側（西南日本外帶）有分隔古生代秩父層及時代不明的中生代地層的佛像——糸川構造線，乃大規模的斷層。一般認為此斷層是阿爾卑斯造山運動所形成的。

2.日本列島的地史

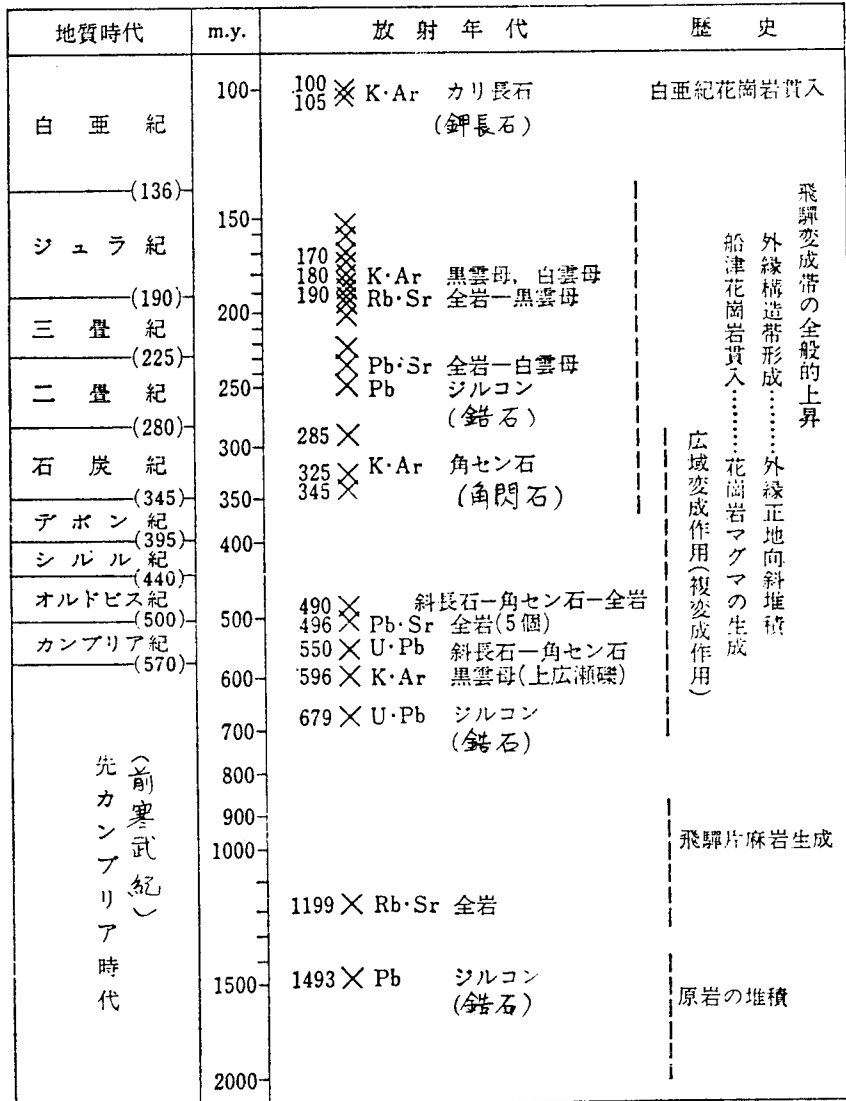
▲日本列島的基盤 (P.47)

現在日本列島發現的化石最老的是志留紀（約四億二千五百萬年前），分布於北上山地南部及西南日本外帶的黑瀨川構造帶。雖然有在岐阜縣發現奧陶紀介形蟲的報告，由於介形蟲是新種，其指示年代的準確性有待進一步確認。

飛驒變質岩分佈於富山、石川及岐阜等縣，基於以下的理由，一般認為飛驒變質岩是志留紀以前的日本列島之基盤。

- (1)飛驒變質岩的岩性與分布於亞洲大陸遼東半島的始生代片麻岩相似。
- (2)全部由飛驒變質岩所組成的飛驒山地構成日本的脊樑構造，其走向及其他後期變質岩分布之走向均與日本列島延長方向平行，飛驒山地構造線控制日本列島古生代以後的造山運動，其情形類似大陸地質由始生代及原生代岩石所構成的構造。
- (3)分布於飛驒山地的古生代地層，由志留紀開始全部變成飛驒變質岩，古生代地層中不見有不整合存在，飛驒變質岩看起來像堆積於基礎上的構造。

有些地方以鉀——氬定年法所定的飛驒變質岩的絕對年代，大約是1.7億



飛驒片麻岩 絶対年代 (加納博編)

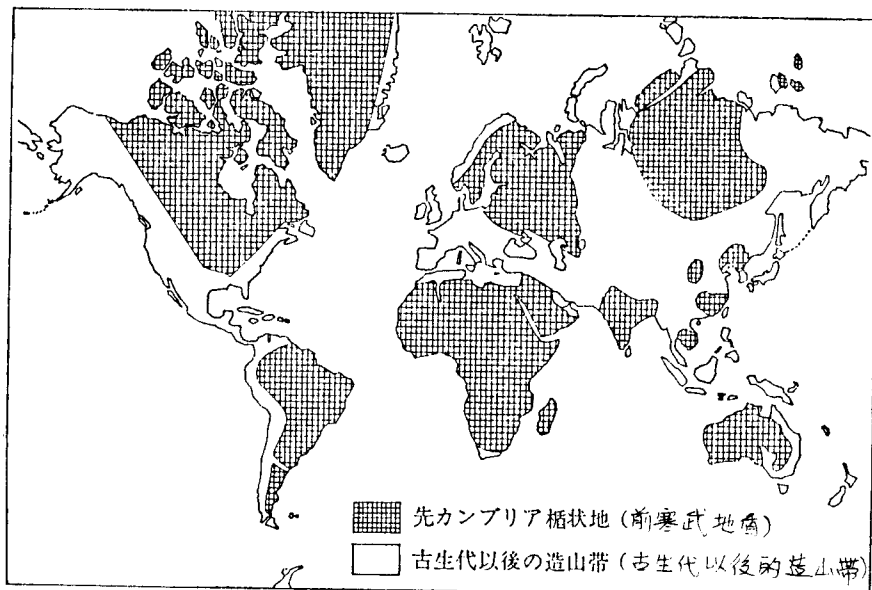
飛驒片麻岩の絶対年代

至2.5億年前，與前述飛驒變質岩的年代爲前寒武紀存在矛盾。但是，在1970年於岐阜縣七宗町沿上麻生の飛驒川，在美濃帶的古生代地層中發現有發達的層間礫岩（命名爲上麻生礫岩），礫岩含有紅柱石與矽線石、片麻岩的圓礫。片麻岩礫中的雲母經鉀—氫法及鉀—鋁法所測得的絕對年代爲10億年至17億年的前寒武紀時代。飛驒變質岩與片麻岩礫的關係並不清楚，但根據以下三點事實來考量，推定飛驒變質岩的一部分和上麻生礫岩中的片麻岩礫一

樣都是前寒武紀時代變質的，三點事實是：①飛驒變質岩含有矽線石片麻岩及ザ石榴子石片麻岩等類似岩石。②飛驒變質岩現在的出露範圍與美濃帶古生代地層的關係。③美濃帶古生代地層的地質構造及古生代地層的岩相變化。

●地球最老的岩石（P.48）

北美、巴西、西伯利亞、中國東北、澳洲西部、南極大陸東部、印度南部、非洲南部和東部、斯堪地那維亞半島等地為低平安定的地盾。構成地盾的前寒武紀的岩石當中，年代最老的是格陵蘭西部的片麻岩，絕對年代測定值為37億年至40億年。此外，美國蒙他那州西南部也發現38億年的片麻岩，這片麻岩是由沈積岩變質而成的，因此岩石形成的年代應更為古老。



世界上的地盾分佈

●地球最古老的化石（P.48）

現在所知的最古老的化石是由南非的Onverwacht層中發現的藍藻，年代為34億年前。此外，由南非的Fig Tree層中也發現有細菌與藍藻的化石，其年代約為31億年前。

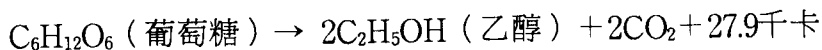
最近對於沒有遺體殘存的生物，經由對組成生物體有機物的理解，可以在地質時代的堆積物中找尋所謂化學化石的生物體殘留下來的有機物證據。

前寒武紀的岩石裏面發現有化學化石，南非的Onverwacht層中發現有被認為是非生物起源的碳水化合物，這說不定就是地球上生命發生初期的有機物化石。

●綠色植物出現的意義（P.48）

原始地球的氣圈沒有氧氣，在沒有臭氧層的環境，太陽的放射線及紫外線可以直接照射地球，強的太陽輻射能會促成構造複雜的高分子有機物（蛋白質）的合成。但是，一旦細菌及菌藻類等簡單生命生成以後，這樣強的能量對簡單生命的發達變成一個障害，這可以由現在放射線及紫外線的照射可以破壞細胞造成死亡而類推。

但是，綠色植物進行光合作用釋出自由氧氣集積於氣圈，形成臭氧層，而地球上的簡單生命為了防護放射線的作用，發展出大型的生命。在地球無氧的狀態下最初出現的生命是生活於嫌氣性環境的營養型生命，這些嫌氣性的生物可以在無氧的狀態下分解物質，並利用分解作用所釋放出來的能量生活。例如進行下列的反應：



原始地球的氣圈集積自由氧氣的結果。促成利用這些氧氣的有氧性生物的形成。這些生物利用體內的各種酵素分解食物以補充體內的養分及攝取能量。例如，人類吃的澱粉類在體內分解成葡萄糖後吸收，最後轉化成二氧化碳及水，這個變化和上述嫌氣性生命攝取營養而伴生的反應相對應。

綠色植物的光合作用反應是葉綠素利用太陽能將水與二氧化碳轉化成澱粉。這個反應是上述嫌氣性生命所進行反應的逆反應。同時，利用作為有氧性呼吸作用特徵的氧化還原酵素來進行多糖類的合成與分解，這個事實指示綠色植物是介於嫌氣性生命與有氧性生命的中間生物。

最初的大氣所含的氧氣比現在的少，此外還含有相當多的二氧化碳、氮和硫化氫。但是，綠色植物出現以後，由於植物的光合作用釋出氧，造成大氣中氧氣的增加而成為組成氣圈的氣體。

前寒武紀時代已出現有綠色植物，證據有北美洲Gunflint層及其他岩層中發現的綠色植物化石，此外還發現有葉綠素分解後產生的pristane、phytane及氨基酸等化學化石，指示綠色植物的存在。

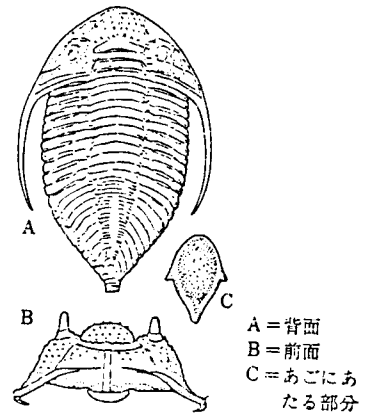
前寒武紀時代的大氣中氧氣的集積，在地表上氧氣與各種元素進行結合

即氧化作用。例如在20億～30億年前的地層中發現有大量氧化鐵富集所形成的鐵礦床，表示當時的大氣中有相當多的氧氣存在。此外，海水中生成的碳酸鹽、鉀鹽及硫酸鹽是海水中無機元素結合而成的，包括石膏、硬石膏、石灰岩及白雲岩等在海底沈積而生成的。在這種化學沈澱作用之下形成的與生物的代謝作用有關係的石灰岩也為人所知，年代在10億年～20億年前的石灰岩，許多具有葉狀及同心圓狀構造，這些石灰岩稱作Stromatolite，是前寒武紀時代的海洋中繁茂的海藻類代用所形成的，烏拉山脈的Stromatolite見於年代較輕的石灰岩，具有較複雜的構造。

前寒武紀時代的大氣中有大量的自由氧氣，和現在的大氣組成相似，出現大量具有大型外殼的無脊椎動物群。

●日本最老的化石（P.51）

對於日本志留紀地層分佈情形的瞭解始於1937年，在岩手縣大船渡市通口澤的石灰岩中發現有志留紀的床板珊瑚類Halysites和Favosites，其後在日本各地也發現有這種含有Halysites珊瑚的石灰岩。由於分佈於宮崎縣的志留系的最古老部分發現有三葉蟲Coronocephalus化石，這是日本最古老的化石，時間約為四億二千五百萬年前。



日本最古 三葉虫（コロノセファルス・コバヤシイ）（小島による）

●安倍族造山運動和本州造山運動（P.51）

日本東北的北上山地南部有志留紀至三疊紀的造山運動殘跡，這個造山運動稱作安倍族造山運動，安倍族這個名字是來自古時候東北地方的豪族之名。安倍族造山運動可以約略分為以下幾個階段：(1)前地向斜階段（志留紀）(2)優地向斜階段（泥盆紀～石炭紀早期）(3)褶皺斷層活動，上昇侵蝕（清水褶皺）(4)鬼丸海進（石炭紀早期末～晚期）(5)褶皺斷層活動，上升侵蝕（世田米褶皺）(6)由上昇地區提供礫石（二疊紀～三疊紀初期）。

以上的變動相當於歐洲的華麗西造山運動，可以看作是日本的華麗西造山運動。另一方面，在西南日本並沒有安倍族造山運動的殘跡，但後二疊紀晚期至三疊紀晚期，在西南日本有所謂的本州造山運動發生。

●加里東造山運動及華麗西造山運動（P.52～53）

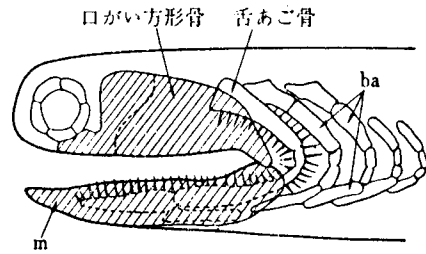
加里東是蘇格蘭的舊名，為具有加里東造山運動殘跡的最典型地區之一，加里東造山運動之名即由此而來。

華麗西是古德國的一個民族，由於華麗西造山運動殘跡在德國十分發達，因此得名。

●原始魚類（P.54）

最古老的脊椎動物化石產於美國科羅拉多州奧陶紀的淡水地層，是由鱗片推定的生物。英格蘭的志留紀地層發現與ナメクジウオ類似的Jamoitius化石。志留紀後期至泥盆紀出現許多沒有顎骨具有厚甲的無顎類化石，包括頭甲目，欠甲目，和腔鱗目。

這些由脊索動物進化來的魚類具有厚甲，沒有骨性骨骼，只有脊索。志留紀後期至泥盆紀出現具有顎骨及厚甲的板皮類及其他種類，包括棘魚類、節甲類、胴甲類及堅鮫類。板皮類的顎骨是甲皮類的一部份鰓齒骨化而變成的，顎骨的出現是脊椎動物進化的重要轉機。甲皮類與板皮類都具有骨性的椎骨及厚甲，又稱做甲冑魚類。堅鮫類由於具有類似鮫類的特質，有的學者認為堅鮫類與軟骨魚類的祖先有關。已知的最古老鮫類產於北美洲的泥盆紀地層。普通認為硬骨魚類是由軟骨魚類進化來的，由於最老的硬骨魚類化石發現於泥盆紀層。有些學者對此看法存疑。

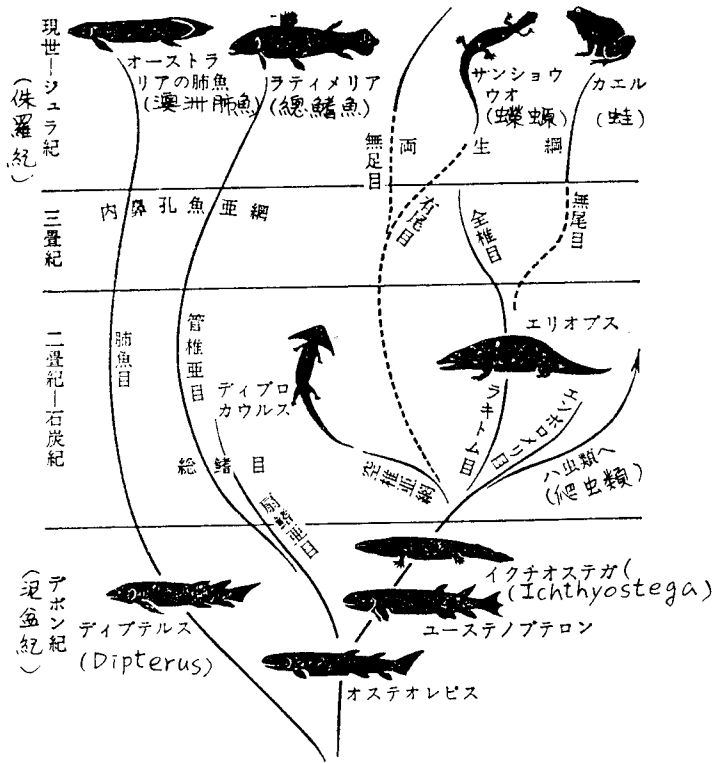


Acanthodes的顎骨（斜線部份）
與鰓弓的關係示意圖

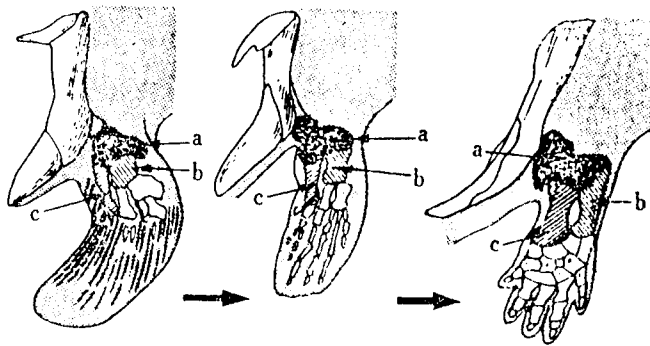
●原始的兩棲類：

根據化石的紀錄，魚類進化到兩棲類的途徑如下圖所示。泥盆紀時部分硬骨魚類往兩個不同的方向演化。一是鰭骨發達變成總鰭魚類，一是喉頭部位除了氣囊外還發展出肺囊的肺魚類。肺囊相當於肺，具呼吸空氣功能，有內鼻孔與之相通。魚類與兩棲類由身體的構造來看有以下重要的區別：(1)魚類在水中軀體及尾部的運動是為了保持平衡，此與相對的兩棲類為了支持軀體強化固結的椎骨，並與尾鰭聯通，這樣可以抗拒重力而將軀體支持在地上爬行前進。(2)魚類利用鰓呼吸由水中取得氧氣，兩棲類利用肺呼吸，由空氣中取得氧氣。最初具有這有的變化，能行水陸兩棲生活的是魚石類，化石發

現於泥盆紀後期的地層。



魚類至兩棲類的演化



a : 上腕骨 b : とう骨 c : 尺骨

魚類 (ユーステノプテロン: 上図) のひれが矢印の順序で進化して兩生類の足にかわった。

魚類至兩棲類的進化

石炭紀至二疊紀時有頭蓋堅固的堅頭類及其他種類的原始兩棲類，這其中有牙齒成迷齒狀的迷齒類。中生代開始出現有現生兩棲類直接祖先的化石。馬達加斯加島三疊紀後期的地層發現有無尾類（蛙類）的祖先 protobatrachus，最早的有尾類（蠃螈）化石見於白堊紀地層。澳洲現存的肺魚是前面提到的泥盆紀出現的肺魚類Dipterus的子孫，此外馬達加斯加島海域所採集到的Latimeria是總鱗魚類的子孫，蠃螈（Salamander）是魚石類的子孫。總之，由魚類進化到兩棲類的過程中，殘留有古老形質的種類叫活化石。

以下各項內容省略不敘述。

- 廣島變動
- 氣候帶及四季的出現
- 爬蟲類
- 高等哺乳動物出現
- 島弧變動
- 第四紀火山弧
- 人類的進化

3.日本的地下資源

▲礦床的種類

礦床的種類形形色色，生成作用包括火成作用、變質作用及堆積作用。這些礦床的形式與種類，火成礦床的出現場所及條件，堆積作用形成的礦，以下列各表來表示。

礦床的類型及相關礦物

礦床的種類		礦物石
岩漿礦床		磁硫鐵礦・磁鐵礦・鉻鐵礦・チタン鐵礦
偉晶花崗岩礦床 接觸礦床		錫石・螢石・赤鐵礦・磁鐵礦・黃銅礦・方鉛礦・ 內亞鉛礦・灰重石・鐵マンガン重石・輝水鉛礦
熱水礦床		方鉛礦・黃鐵礦・黃銅礦・輝銀礦・金・內亞鉛礦・ 石膏・辰砂
風化作用所形成的礦床	漂砂礦床	砂金・砂鐵・砂白金
	殘留礦床	粘土・鋁土・磁鐵礦
	沈殿礦床	石膏・岩鹽・硫黃・鐵礦・錳礦
	礦層	石炭・石油
變質作用所形成的礦床		黃銅礦・黃鐵礦

礦床所形成的深度和溫度

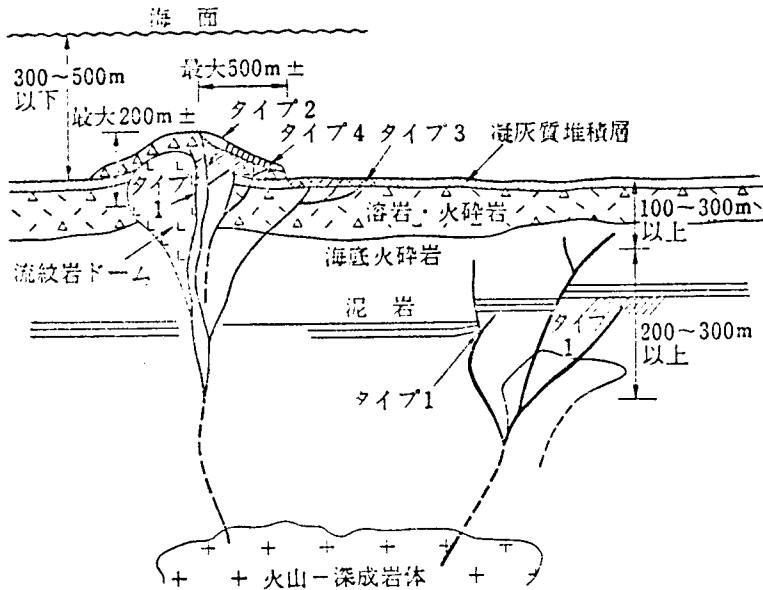
礦床種類		形成的平均深度 (km)	形成的最大深度 (km)	溫度 (°C) 最低 ~ 最高
熱水礦床	淺熱水礦床	1	0~1.3	- 200
	中熱水礦床	2	1~4	
	深熱水礦床	3	1~4	- 300
接觸礦床 (氣成礦床を含む)		3	1~10	- 350~450 - 450~550
偉晶花崗岩礦床		4		- 500~600 - 600
岩漿礦床		5	1~10	- 700
深成岩類		6	1~10	- 800

沈積礦床

過 程	礦 床 種 類	有 用 礦 物 例
風 化 的 過 程	殘 留 礦 床	鋁 土 ・ 粘 土
運 搬 的 過 程	漂 砂 礦 床	金 ・ 白 金 ・ 砂 鐵 ・ 鑽 石
堆 積 的 過 程	礦 層	石 炭 ・ 石 灰 岩 ・ 岩 鹽
沈 積 後 的 變 質 及 變 形 過 程	石 油 礦 床	石 油

● 黑礦礦床及石油 (P.70)

黑礦礦床是與綠色火山灰地區的中新世火山活動有關係而形成的由亞鉛礦、方鉛礦、重晶石等礦石所形成的礦床。黑礦是由於礦石一般呈黑色因而得名。黑礦除了黑礦以外，還包括黃鐵礦、黃銅礦、石英、石膏及粘土礦物等礦石，其中黃鐵礦與黃銅礦等所形成的礦石又叫黃礦。黑礦、黃礦、石膏



タイプ1：鉱脈(太線)，散在型，および交代型(斜線)——既存の地層に生じるもの，
 タイプ2：化学沈殿型——海底上に発達，タイプ3：未凝固堆積物中の化学沈殿型
 (×印)，タイプ4：既存の鉱床の海底面上への洗い出し

黑礦的成因

礦一般多成層狀，此外，黃礦一部分呈細脈狀、礦染狀、型式多樣。

黑礦的成因有形成於地層沈積同時的同生說，形成於地層沈積之後的後生說，最近流行兩說合一的統一生成論。

石油是沈積礦床的一種，日本的油田分佈於綠色火山灰地區，除了陸上以外，也在海域發現油田。油田除了生產原油之外，還伴生有豐富的天然氣。石油礦床最常見於褶皺地層所形成的背斜，但是最近發現地層沈積初期即存在的凸鏡狀粗粒岩層也可形成重要石油礦床。

●參考資料

著者	書名	出版社名
湊 正雄監修	日本の自然	平凡社
湊 正雄	日本の第四系	築地書館
糸魚川淳二	日本列島の歴史	講談社
大森昌衛編	地球の誕生	合同出版
井尻正二	ヒトの直系	大月書店
龜井節夫	日本に象がいたころ	岩波書店
ニルバート著，田隅本生譯	脊椎動物の進化（上・下）	築地書館
大森昌衛	よみがえる化石	講談社
井尻正二	生きている化石のなぞ	千代田書房
大森昌衛編著	地球科學講座 地史・古生物	共立出版
V.V.ペロウソフ著，藤田至則監譯	構造地質學原論	共立出版
ヴェー・イースミルノフ著，岸本文男譯	礦床地質學（上）	ラティス社
牛來正雄	火成作用	共立出版
羽鳥謙三・柴崎達雄編	第四紀	共立出版
岡野武雄・大町北一郎編	地下資源	共立出版
井尻正二	古生物學汎論（上・下）	築地書館
A.L.マック・アレスター著，大森昌衛譯	地球生物學入門	共立出版

著者	書名	出版社名
L.F.ラポート著，桑野幸夫 譯	古環境學入門	共立出版
R.Th.ヘッケル著，市川輝 雄・桑野幸夫譯	古生態學入門	築地書館
井尻正二	大冰河時代	東海大學出版會
上田誠也・杉村新	弧狀列島	岩波書店
井尻正二	人と文明1 ヒトの解剖	築地書館
井尻正二	人と文明2 ヒトの解剖	築地書館
井尻正二	人と文明3 文明のなかの未開	築地書館
鈴木尉元	日本の地震	築地書館
地學團體研究會編	新地學教育講座7 地球の歴史	東海大學出版會
井尻正二・湊正雄	地球の歴史(第二版)	岩波書店
淺野 清ほか	地史學(上・下)	朝倉書店
湊正雄	地層學(第二版)	岩波書店
湊正雄	冰河時代の世界	築地書館
湊正雄	變動する海水面	東海大學出版會
山下昇	地球科學入門	國土社
貝塚爽平	東京の自然史(改訂版)	紀伊國屋書店
細野義夫	日本海の謎	築地書館
西村三郎	日本海の成立	築地書館
都城秋穂	變成岩と變成帶	岩波書店
市川浩一郎・藤田至則・島 津光夫編	日本列島地質構造發達史	築地書館
地學團體研究會編	新地學教育講座8 日本列島の歴史	東海大學出版會
湊正雄監修	目でみる日本列島の私たち	築地書館
井尻正二・湊正雄	日本列島(第三版)	岩波書店
野尻湖發掘調査團	象のいた湖	新日本出版

●問題的解答，研究的解說

例如：

P.49 研究 1 [目的] 前寒武紀時代有幾回造山運動。

[注意點] 參照P.52，圖55。

P.56 問 4 本州造山運動發生時，日本海並不存在，日本列島至亞洲大陸全是陸地。

章末問題的解答 (P.74~76)

補充問題

例如

1. 以下短文的括弧中請填入最適當的子句。

地盤滑動所產生的崩塌現象包括(1)、(2)、(3)。(1)是地盤表層部份比較緩慢移動的現象，包括第三紀層(1)，破碎帶(1)、溫泉(1)。(2)不受到(1)的地質條件所控制，而是豪雨、地震等配合人為條件的誘因而引起的偶發性地表土砂崩移的現象。(3)與(2)的情形相近，這種現象常發生於丘陵地及(4)的末端。這種(3)現象常見於非均質性地層及不整合面存在的情形。此外，(1)及(2)發生的時候，埋在谷裡的土砂及礫石在豪雨洪水之下會產生流動，這種現象稱為(5)。

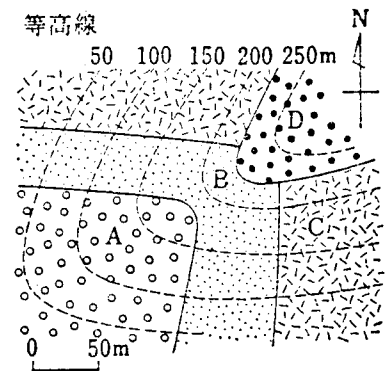
2. 要點說明地盤沈降發生的機制。

3. 右圖中的A、B、C三地層是整合的，請回答下列問題：

(1) 求B層的走向、傾斜。

(2) D層的傾斜為幾度。

(3) A~D層當中，最老的地層是那一層，最年輕的地層是那一層。



●實驗・實習 <指導上的注意點>

例如：

1. 簡易水準測量

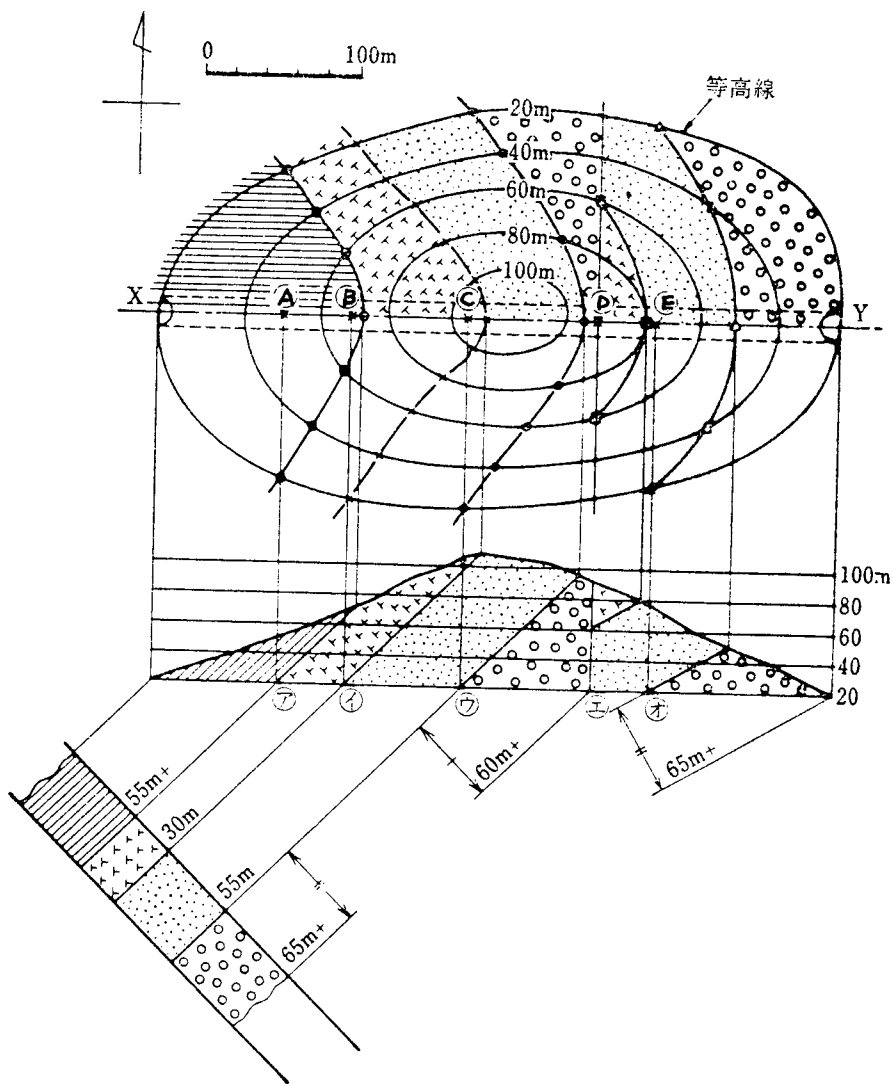
(1) 簡易水準測量應選擇學校附近沒有凹凸起伏的場所來進行。

(2) 一般埋有水準點的地方相當多，可先研究大比例尺地形圖上等高線通過的地點，再選定適當的起點。

2.地質圖、地質剖面圖及柱狀圖的製作

- (1)隧道是水平的，高度20公尺，在A~E觀察現象時注意通過A~E的走向線與20公尺等高線的交點。
- (2)碰到垂直斷層時，如何在地形圖上描述。
- (3)把斷層東邊與西邊的砂岩當作同一層來看，此時，砂岩層的厚度可以由西邊的地質剖面圖讀取，東邊的砂岩厚度也可以同一方式讀得。注意砂岩層上的凝灰岩層厚度變化的可能性。
- (4)製作柱狀圖的時候，礫岩層厚度的下限並不清楚，需測量被斷層分隔的兩個礫岩層厚度，層厚取讀數大的一方。
- (5)在地質圖上選擇地質剖面圖的位置時需要考慮方向性，一般有二種選擇，一是選擇有興趣的方向，一是選擇跟走向垂直的方向。與走向垂直的地質剖面圖即與地層面的傾斜方向行是很自然的選擇，但是隨興趣而選擇地質剖面方向也是常見的。
- (6)走向的讀數需考慮磁偏角的修正，在地質圖上標有磁北，有時由傾斜儀所讀到的走向值不經磁北修正就標示在地質圖上。

<解答>



四、地學改訂版教師手冊的特色：

1. 教師手冊於起始處編有總論，將地學的學科特性和課本內容如何將這些特性呈現出來逐一說明，使得教師們更能充分了解課程內容的重點，而能在教授課程時達到教學目標。

- 2.因爲日本的教科書有多種版本，因此本教師手冊在總論中將編排上的特色作了簡單的介紹，使得採用此教科書者知道該教科書與別的版本教科書的差異。
- 3.學習計畫一覽表將各單元教授時間作了一個完整的編排，幫助教師們做好初步的教學計畫。同時列著與指導要領的對比，使與國家頒佈的課程綱領關係一目瞭然。
- 4.每章開始有「本章的指導說明」、「本章的內容及彼此間的關係」、「本章導入部的利用」，提供給教師對全章課程連貫很好的教學參考。
- 5.每節開始處有「目標」、「指導重點」、「指導上的注意點」將本節重點標示出來。
- 6.內容解說主要是各主題內容的補充，包括對名稱命名與來源、地點、專有名詞解說、研究上的發現等。每一小節內的主題都有詳盡內容解說，提供教師上課時很好的基本資料；若教師們需要更進一步的資料時，可查詢參考資料上目錄中的書籍，作進一步閱讀。
- 7.每一節內容解說之後有「問題的解答」、「研究的解說」、「章末習題解答」，提供參考解答給教師指導學生用。
- 8.補充問題是提供給教師作為評量學生或為學生複習時的參考，題目中的內容多為綜合全章課程內容。
- 9.日本地學教師手冊內容中，沒有學生用的教科書內容，與台灣的教師手冊編排方式相似；是給予教師計畫教學時參考用。
- 10.黑白印刷。
- 11.教師手冊中沒有指導的方法介紹或建議。
- 12.實驗、實習指導方面編有注意點，提醒教師於指導學生實驗、實習所應注意的事或學習重點。

致 謝

感謝中國石油公司探採研究所李重毅先生協助翻譯日文。