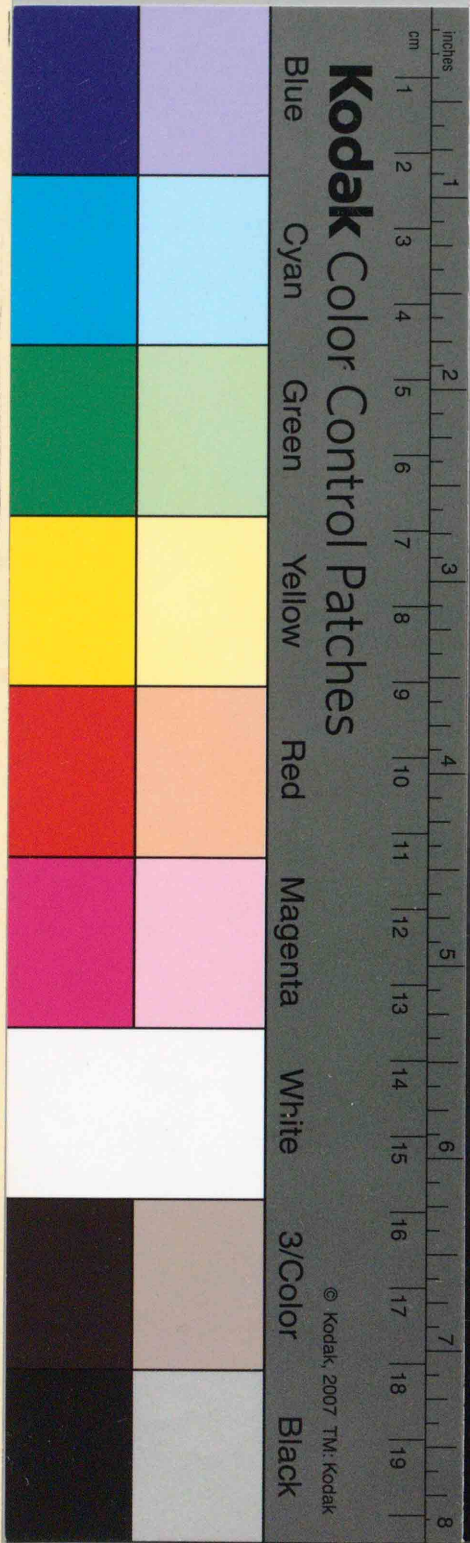


40357

教科書文庫

4
42+430
41-1944
20000 66267

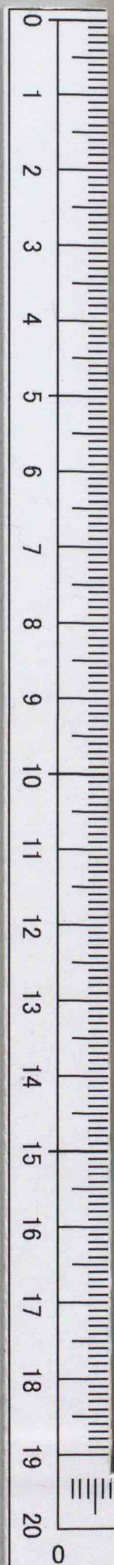


Kodak Gray Scale

A 1 2 3 4 5 6 M 8 9 10 11 12 13 14 15 B 17 18 19



© Kodak, 2007 TM: Kodak



42
421
昭19

# 物象

5  
第二類

広島大学図書

2000066267

文庫

44  
267

中學校用

40  
421  
OB19

浜本純逸寄贈

教科書文庫  
4  
430  
41-1944  
2000066267

資料室  
書庫  
之校軍  
印藏共

文部省檢定済  
昭和十九年二月三日 中學校・實業學校理數科用

# 物象

中學校用

5

第二類

広島大学図書  
2000066267



中等學校教科書株式會社

## 目 次

1. 氣 象 . . . . .	1
1. 大 氣 . . . . .	1
2. 氣象要素 . . . . .	7
3. 氣 溫 . . . . .	9
4. 空氣の膨脹と溫度 . . . . .	11
5. 水蒸氣の凝結 . . . . .	12
6. 雨と雪 . . . . .	14
7. 氣壓と風 . . . . .	17
8. 不連續線 . . . . .	22
9. 空氣の上下移動 . . . . .	24
10. 日本の氣象と天氣豫報 . . . . .	25
11. 大氣の環流 . . . . .	27
2. 海 洋 . . . . .	30
1. 海 洋 . . . . .	30
2. 海の深さ . . . . .	31

3.	海底物質 . . . . .	35
4.	海水 . . . . .	37
5.	海水の温度 . . . . .	40
6.	海流 . . . . .	45
3.	天象 . . . . .	52
1.	恆星と天體 . . . . .	52
2.	赤經・赤緯 . . . . .	54
3.	恆星時と經度 . . . . .	56
4.	黄道 . . . . .	58
5.	惑星 . . . . .	62
6.	太陽 . . . . .	66
7.	月 . . . . .	70
8.	潮汐 . . . . .	72
9.	曆 . . . . .	75
10.	恆星の距離と光 . . . . .	80
4.	地球 . . . . .	84
1.	侵蝕と堆積・隆起と沈降 . . . . .	84

2.	堆積岩 . . . . .	93
3.	古生物 . . . . .	98
4.	堆積岩の生成 . . . . .	102
5.	地震 . . . . .	105
6.	火山 . . . . .	113
7.	火成岩 . . . . .	118
8.	變成岩 . . . . .	121
9.	地下資源 . . . . .	123
10.	地球 . . . . .	126
11.	陸水 . . . . .	131

## 1. 氣 象

### 1. 大 氣

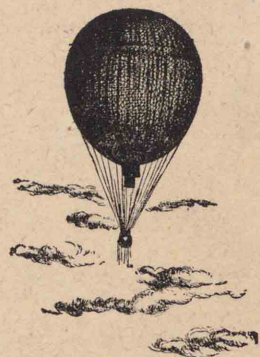
われわれ人間の生活は、いふまでもなく、大氣の中で營まれてゐる。また、われわれにとって關係の深い生物も、大氣の中で生活してゐるものが頗る多い。それであるから、大氣の性狀を究め、そこに起るいろいろな自然現象をしらべて、よくそれに對處することは、われわれにとって非常に大切なことである。

〔考察〕 1. 日常生活や航空・航海・水力發電・戦争などが、氣象によつてどんな影響を受けるかを、具體的な例によつて考へてみよ。

〔考察〕 2. 米・麥・棉・茶・甘蔗・漆器・紡織・製塩、その他の産業について、氣候との關係を考へてみよ。

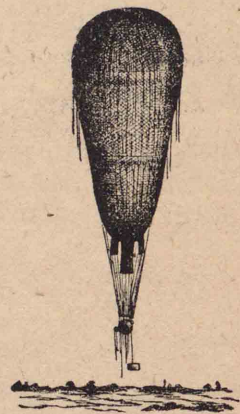
〔考察〕 3. 上で考察したやうな立場か

らみるならば、われわれは大氣のどんな點に着目して、これをしらべたらよいか。それらを數へあげてみよ。



まづ第一に、大氣の擴がりについてしらべてみよう。

(問題) 1. 大氣の壓力が地球上のどこでも、水銀柱 760 mm であるとして、地球を圍む空氣全體の質量を計算してみよ。<sup>1)</sup>



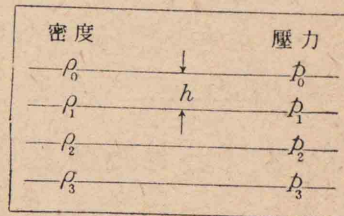
(問題) 2. 空氣の密度が  $0.0013 \text{ g/cm}^3$  であるとし、この密度で一様に上まで續いてゐて、水銀柱 760 mm の壓力を生じてゐるものとすれば、どのくらゐの厚さの空氣があることになるか。地球を半徑 6.4 cm の

1) 對數表または計算尺を使つて計算せよ。

球で表はすとすれば、この空氣の厚さはどのくらゐにあたるか。

しかし實際の大氣は、上に計算したやうに、一樣な密度で上まで續いてゐるのではなく、高い所ほど稀薄になつてゐるのであるから、

もちろんそれには、はつきりした境があるとは考へられない。



圖のやうに、大氣を厚さ  $h$  づつの薄い層に分けて考へてみよう。さうすれば、次の關係が成り立つ。

$$p_1 = p_0 + \rho_0 gh$$

$$p_2 = p_1 + \rho_1 gh$$

$$p_3 = p_2 + \rho_2 gh$$

.....

( $g$  は重力による加速度である)

然るに、一定溫度のもとでは、氣體の密度は壓力に比例するから、

$$\rho = kp$$

と置くことができる。假りに、空気の温度が下から上まで一定で変化がないとすれば、上の式は、随つて

$$p_1 = p_0(1 + kg h)$$

$$p_2 = p_1(1 + kg h) = p_0(1 + kg h)^2$$

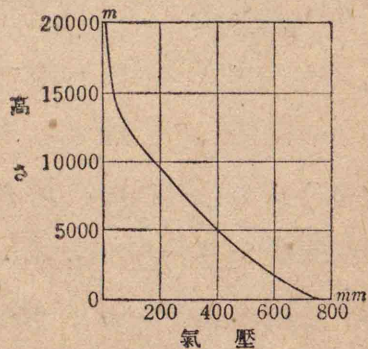
$$p_3 = p_2(1 + kg h) = p_0(1 + kg h)^3$$

.....

となる。このことから、このやうな大気の中では、一定の厚さ毎に氣壓が等比級數をなして、下に向かつて増してゐることがわかる。

富士山頂の氣壓は凡そ 480 mm であつて、水は 87° ぐらゐで沸騰する。いろいろな高さに於ける氣壓を實際に測つてみると、大體 850 m のぼる毎に 10% づつ

(1000 m のぼる毎に 12% づつ) 低くなつて行く割合である。この關係を利用すれば、氣壓によつて飛



行機や山の高さを推算することができる。

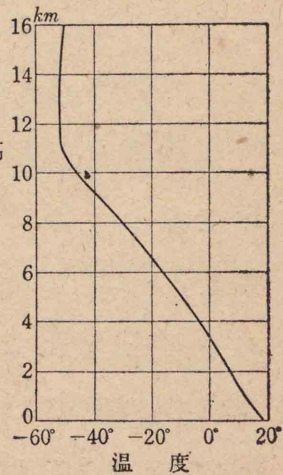
この割合から考へると、日本附近では、大體 5km の高さで氣壓は地上の半分になり、空気の 7 割までは 10km 以内の所にあることになる。われわれの日常生活に密接な關係をもつてゐる多くの氣象現象は、この 10km 以内のいはゆる對流圏に起つてゐる。

空氣の主な成分は、地表の近くでは窒素 4 容、酸素 1 容で、その他少量のアルゴン・ヘリウムなどを含んでゐる。實測によると、これらの成分の割合は對流圏内はもちろん、地上凡そ 20km ぐらゐまでは殆ど變はつてゐない。空氣の中には、この他水蒸氣や炭酸ガスや細かい塵などが含まれてゐるが、その分布は時間的にも空間的にも甚だしく變化し、氣象の上に大きな役割をなしてゐることを忘れてはならない。

航空の發達につれて、上空の状態を知ることがますます大切になつて來た。そのため、

いろいろな計器を取りつけた飛行機や気球を飛ばせて、上空の温度や気圧や湿度などを自記させたり、また自動的に無線で地上に通信させたりしてゐる。これらの測定の結果によると、高さに対する温度の分布は、圖に示したやうである。即ち、地域や季節によつても違ひがあるけれども、約 11km の高さまでは温度がさがり、それよりも上は殆ど一定である。ここが成層圏であつて、雲が殆ど発生せず、風向きが一定してゐる。

大気は高い所ほど次第に稀薄になつてゐるから、はつきりどこまであるといふやうなことはいへない。例へば、流星は上層の大気の中に起る現象であるが、地上數百キロメートルの高さに於けるものも観測されてゐるからである。



極光もまた大気の上層に起る現象で、そのスペクトルによつて、非常に高い所の空気の成分をしらべることができる。また地表の一点から發した電波が、地球の反対側にさへ達する事實から考へると、大気の上層には、これらの電波を反射させるやうな特別な電氣的の性質をもつた層があることがわかる。

## 2. 氣象要素

われわれは、既に気圧・気温・風向・風速・降水量・湿度などを測つたことがある。これらはみな、氣象を考へて行く上に重要な量であつて、氣象要素と呼ばれてゐる。

(問題) 1時間毎の気温を測つて記録し、1日の平均気温を求めよ。大體その日の何時頃の温度が平均気温に近いか。また最高気温と最低気温との平均と、1日中の平均の気温とは、どのくらゐ違ふか。



〔考察〕 次の二つの表は、世界の數箇所に於ける毎月の平均気温と平均降水量とを示したものである。各地に於けるそれらの變動を比較せよ。また横軸に気温、縦軸に降水量をとり、二つの量の關係を圖示して、各地の氣候を考へてみよ。

地名	ベルホヤ ンスク		新 京		東 京		南 京		マニラ	
	気温 (°)	降水量 (mm)	気温 (°)	降水量 (mm)	気温 (°)	降水量 (mm)	気温 (°)	降水量 (mm)	気温 (°)	降水量 (mm)
1	-50.1	4	-16.9	6	3.0	50	2.3	40	24.8	25
2	-44.3	3	-12.6	6	3.8	74	3.7	47	25.2	12
3	-30.2	3	-4.2	16	6.9	108	8.6	62	26.5	19
4	-13.1	4	6.5	22	12.6	135	14.5	97	28.1	32
5	1.5	7	14.5	55	16.7	150	20.3	80	28.4	112
6	12.6	22	20.1	122	20.6	169	24.3	165	27.8	251
7	15.1	27	23.5	178	24.4	133	27.5	196	27.0	412
8	10.8	26	21.9	138	25.7	152	27.4	111	27.0	409
9	2.4	13	15.0	57	22.0	238	22.7	85	26.8	367
10	-14.6	8	6.7	39	16.1	200	17.1	44	26.6	185
11	-36.8	7	-4.2	17	10.7	97	10.6	41	25.8	142
12	-46.5	4	-13.7	7	5.4	57	4.7	36	25.0	61

地名	ラングーン		昭 南		ジャカルタ		ベルリン		ニ ュ ー ヨ ー ク	
	気温 (°)	降水量 (mm)	気温 (°)	降水量 (mm)	気温 (°)	降水量 (mm)	気温 (°)	降水量 (mm)	気温 (°)	降水量 (mm)
1	23.7	5	25.5	246	25.4	270	-0.6	39	0.0	78
2	25.2	6	25.8	181	25.4	241	0.6	32	0.1	87
3	27.3	8	26.3	185	25.8	175	3.8	43	4.7	86
4	29.4	41	26.6	197	26.2	131	8.5	38	9.4	78
5	27.9	304	27.0	166	26.4	139	14.0	53	15.5	80
6	26.4	457	26.6	177	26.0	105	17.7	52	20.4	95
7	26.0	544	26.8	169	25.8	72	18.6	78	23.3	113
8	25.9	503	26.5	198	25.9	65	17.9	49	22.6	103
9	26.2	386	26.4	175	26.2	146	14.4	48	19.3	86
10	26.7	176	26.5	201	26.3	169	9.4	44	13.6	77
11	25.7	71	26.1	256	26.0	183	4.2	40	7.3	65
12	24.2	9	25.7	263	25.7	185	0.8	42	1.7	81

### 3. 氣 温

空氣の温度の根源は太陽にある。太陽から地球に送り込まれる熱量は、太陽に向かった面の  $1\text{cm}^2$  につき、毎分約 2 カロリーである。しかし、空氣が直接にこの輻射を吸収し

て温められることは少く、太陽からの輻射は地面に吸収され、空気はそれに接して温められるのが主である。

〔考察〕 1. 日本附近各地の1月と7月との平均気温は、次の表の通りである。これを材料にして、地図に等温線を引いてみよう。この図によつて、どんなことがわかる

	1月	7月		1月	7月		1月	7月
大泊	-11°	15°	新潟	1°	24°	福岡	5°	26°
紗那	-6	14	松本	-2	23	元山	-4	23
根室	-5	14	名古屋	3	26	釜山	2	24
網走	-7	17	金澤	3	24	木浦	1	25
札幌	-6	19	潮岬	7	25	仁川	-4	23
宮古	-1	20	京都	3	25	臺北	15	28
青森	-3	21	大阪	4	26	新京	-17	24
山形	-2	22	境	4	25	奉天	-13	25
秋田	-2	23	広島	4	26	大連	-5	24
父島	18	27	高知	5	25	青島	-2	24
水戸	2	23	熊本	5	26	上海	4	28
東京	3	24	鹿児島	7	26			

か。また1月と7月との気温の差もしらべてみよう。

我が国では、昭和8年山形で40°.8といふ気温が測られ、昭和5年樺太落合で-45°.6といふ気温が測られたが、これが最高と最低の記録である。

〔考察〕 2. 晝と夜、夏と冬、海岸と内陸、冬の晴れた夜と曇つた夜、ほぼ同緯度にある樺太とヨーロッパ、これらの気温を比較して、その差の生ずるわけを考へよう。

#### 4. 空気の膨脹と温度

空気の温度があがるのは、外から熱せられたときばかりでなく、またさがるのは冷やされたときばかりではない。空気が急に圧縮されれば、外からなされた仕事に相当するだけ温度があがり、急に膨脹すれば、外に向かつてなした仕事に相当するだけ温度がさがる。

空気が何かの原因で高い所に速くあがると、気圧がさがるので空気が膨脹し、そのため

に温度がさがる。高い所ほど気圧が低いといふことと、温度が低いといふこととは、このやうに互に關聯してゐる事柄なのである。研究の結果によると、乾燥した空氣は 100 m あがる毎に、温度は 1° さがる。

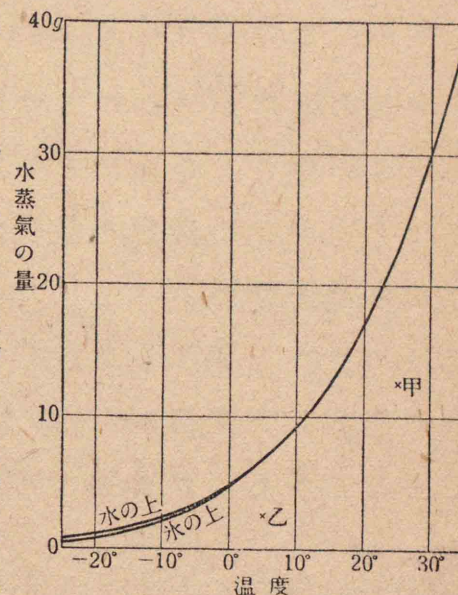
〔考察〕 高い山の上の温度が低いのは、どうしてであらうか。

### 5. 水蒸氣の凝結

空氣は水蒸氣を含んでゐるが、一定の體積の空氣が含み得る水蒸氣の量には、温度によつて定まつた限りがあり、それ以上の水分は水滴または氷片として存在する。下の表は、

温度 (°)	水蒸氣の量 (g)	温度 (°)	水蒸氣の量 (g)	温度 (°)	水蒸氣の量	
					氷の上 (g)	水の上 (g)
35	39.2	15	12.7	- 5	3.2	3.4
30	30.0	10	9.3	-10	2.2	2.4
25	22.8	5	6.8	-15	1.4	1.6
20	17.1	0	4.8	-20	0.9	1.1

1 m<sup>3</sup> の中に存在し得る水蒸氣の量が、温度によつて變化する有様を示したもので、圖はこれを曲線で表はしたものである。<sup>1)</sup>



(問題) 水蒸氣で飽和してゐる 20° の空氣が 30° になつたとすれば、湿度

はいくらになるか。20° の空氣が 500 m 上昇したならば、何度になるか。初めの湿度が 50% であつたとすれば、そこでは湿度はいくらになるか。初めの湿度がいくらであつたら、そこで飽和するか。

(考察) 圖の甲の空氣は、どうなつたら飽

1) 0° 以下の過冷却の水と共存し得る水蒸氣の量と、0° 以下の氷と共存し得る水蒸氣の量とは異なる。

和に達するか。また、そのときの温度は何度か。乙の空気はどうか。

空気の温度がさがつて、水蒸気で飽和すると、小さい塵などを核にして凝結し始める。このとき氣化の潜熱を放出するから、温度のさがるのを妨げることになる。乾燥した空気は、100 m 上昇する毎に約 $1^{\circ}$  さがるが、水蒸気で飽和した空気は、100 m 上昇する毎に $0.6^{\circ}$  ぐらゐさがるのが普通である。

## 6. 雨と雪

水蒸気が凝結すると、その温度に応じて水滴や雪片になる。それらが大氣中に漂つてゐるのが雲で、それらが大きくなつて落ちて來るのが雨や雪である。霧は地表近くにできた雲であるといつてよく、海洋上、暖流と寒流との合する所に特に多く、北海道から千島にかけての地域や、朝鮮の北東岸などでは殊に著しい。

〔考察〕 暖流と寒流とが合する所に霧が多いのは、どうしてであらうか。

(問題) いろいろな半径の水滴について、表面積と質量との比を計算せよ。

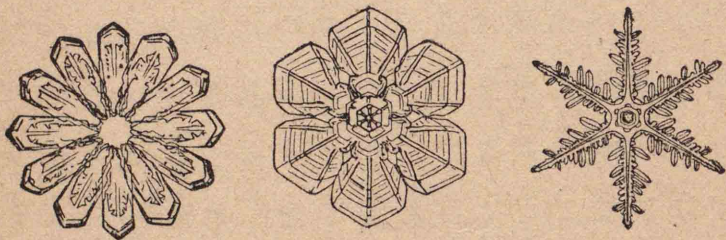
〔實驗〕 1. 大體丸い形をしてゐるいろいろな大きさの小石を水中に落とし、それが沈んで行く速さを観測せよ。石の大きさによつて、速さはどう違ふか。それはどうしてであらうか。

小さい水滴は、質量の割合に表面積が廣く、空氣の抵抗を受けることが大きい。眞空中なら、水滴の大きさにかかはらず、重力の加速度によつてだんだん速く落ちるやうになるが、空氣中では、表面で抵抗を受けるから、事情は異なる。速度が大きくなるほど、空氣による抵抗はますます大きくなるから、雨の落ちる速度は、その半径によつて定まつた或る限度を超えることはできない。

〔實驗〕 2. 圖のやうに,上面に穴をあけた中空の筒を回轉し,穴の位置と雨の跡の位置とを比較することによつて,雨の落ちる速さを測つてみよ。



雪は,よく觀察すると,殆どみなきれいな形をもつた結晶である。實驗室で人工的に雪の結晶を作つてみた結果によると,雪の形が板狀や樹枝狀になつたりするのは,その結晶



が成長するときの,いろいろな氣象的の條件によつて定まるものであることがわかつた。それで自然の雪の形から,上層の大氣の状態を推定することも,或る程度まで可能となつた。

## 7. 氣壓と風

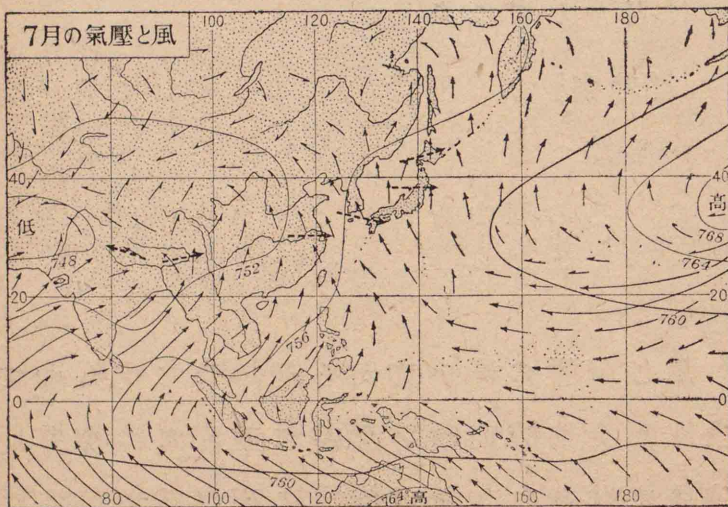
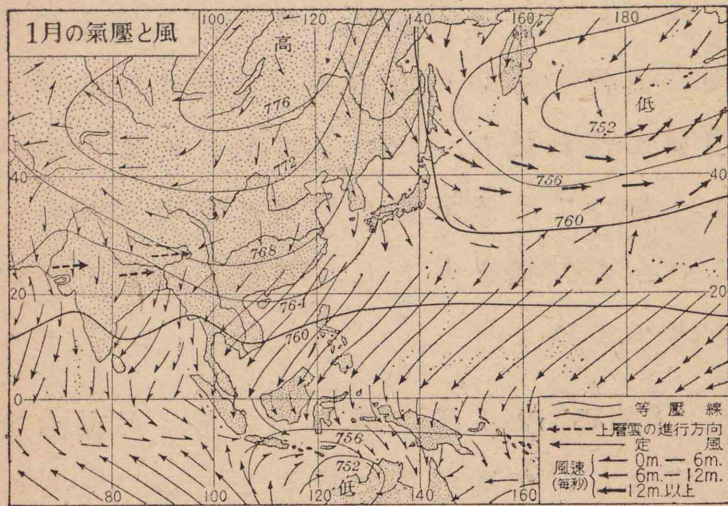
空氣は温められれば膨脹する。膨脹すれば密度は減り上昇する。さうすれば,その周圍の氣壓の高い所から,その場所に向かつて空氣が流れ込む。これらは,既にわれわれがよく知つてゐる氣體の性質に他ならない。これらの知識を基として,實際の空氣の移動を考へてみよう。

〔考察〕 1. 滑空機やトビなどが,動力を使はないで高い所に昇ることができるのは,どうしてであらうか。

〔考察〕 2. 海岸地方では,概して晝は海から陸へ,夜は陸から海へ向かつて風が吹く。その理由を考へよ。また朝風や夕風は,どうして起るのであらうか。

風は氣壓の高い方から低い方に向かつて吹くが,その方向は等壓線に垂直ではなく,北半球ではそれと比べて右に,南半球では左に

それる。これは地球が自轉してゐるために起る現象である。

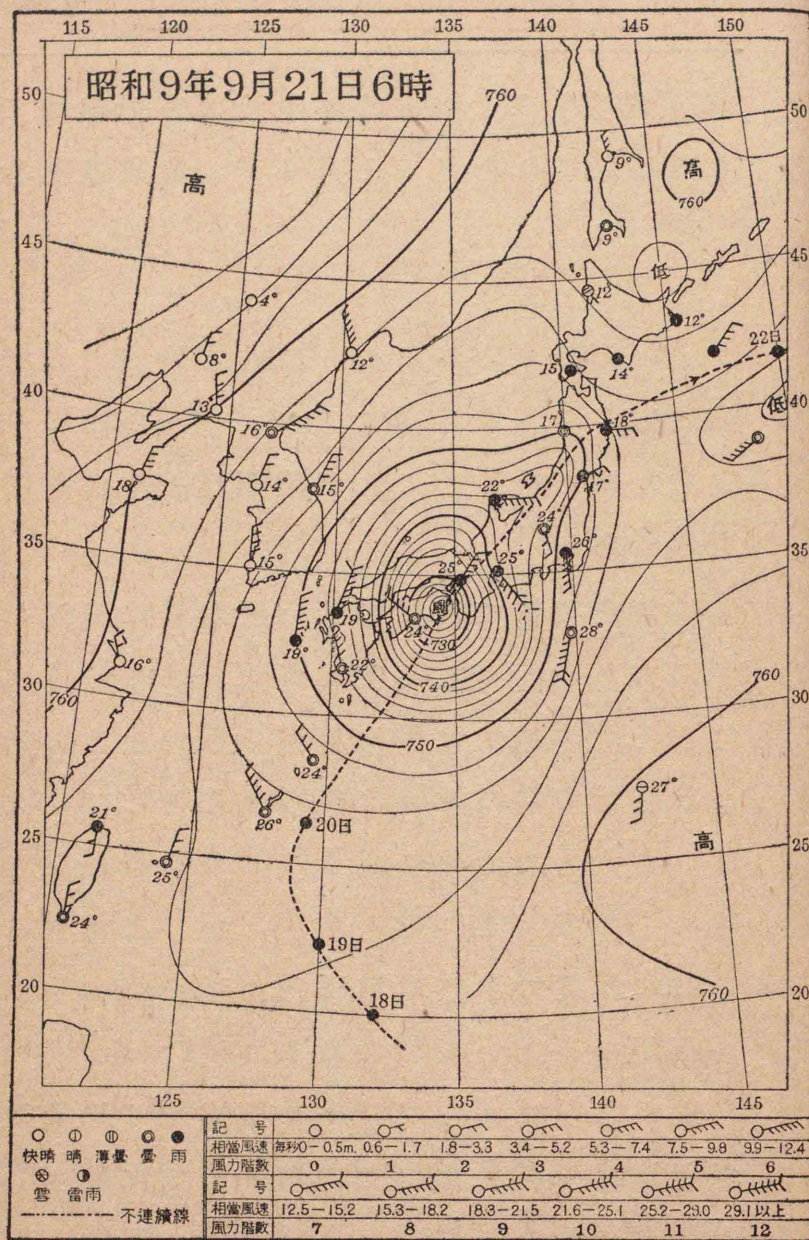


〔考察〕3. 圖は日本附近の等壓線圖であるが、これを見て1月・7月の氣象状態を考へよ。

上の例でみられるやうに、或る地域では季節に応じて、凡そ半年に互つて方向のほぼ一定した風が吹く。これが季節風と呼ばれるものである。

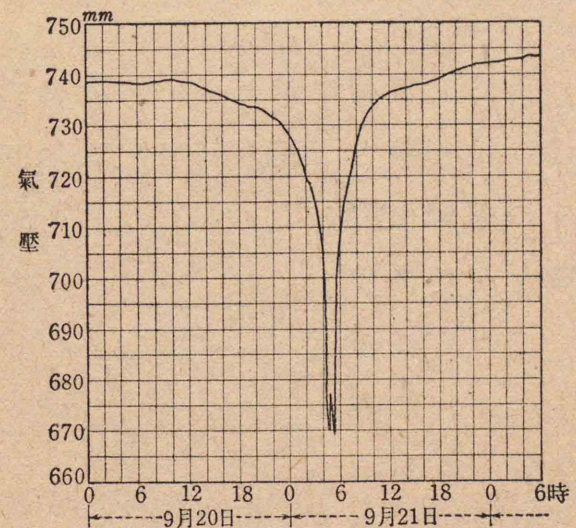
特別な事情で、氣壓の低い所が特に發達して、四方からどんどん空氣が流れ込むやうになると、北半球では風は氣壓の低い中心に向かはないで右にそれるから、全體として左まはりの大きな渦卷になる。これを低氣壓と呼んでゐる。もつとも渦卷といつても、厚さ10km程度で、半径は數百乃至千キロメートル程度の平たいものである。

夏から秋にかけて日本に襲來する颱風は、低氣壓の一種であつて、内南洋方面に發生した空氣の大きな渦卷が、全體として移動して



来るものである。その中心が移動する速さは、日本付近では  $30\text{ km/時}$  以上になるのが普通である。

夏の終り頃、太平洋岸で見られる土用波は、遠い海上にある颱風の中心附近から傳はつて来るうねりである。

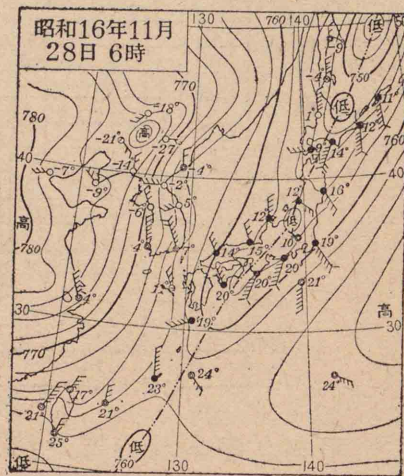


昭和9年9月の室戸颱風は、特に猛烈なもので、気圧は實に  $670\text{ mm}$  ぐらゐにまで低下し、風速は  $60\text{ m/秒}$  に達した。この颱風が通つた地域は、暴風や大雨によつて、また海岸地方は風津波によつて、著しい被害を受けた。

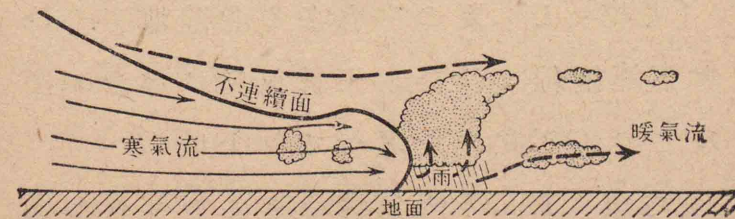
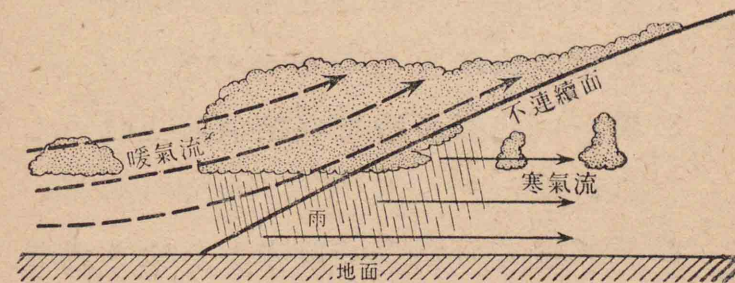
周囲に比べて気圧が高い所からは、四方に向かつて風が吹き出すが、その方向は地球の自轉の影響を受けて、北半球では右にそれるから、全體として右まはりの空氣の運動となる。これが高氣壓である。

### 8. 不連続線

この頁の天氣圖に示したやうに、地表に於ける或る線を境として、その兩側の溫度や風などが、格段に違つてゐることがある。これは暖かい空氣と冷たい空氣とが衝突して、暖かい空氣が冷たい空氣の上へのしあがるときにも、また冷たい方が暖かい方の下に潜り込んで來るときにも觀測される。このやうな點から考へる



と、暖かい空氣と冷たい空氣とは相接してゐても、なかなか混り合はないものである。この境の線が不連続線といはれるものであるが、これを立體的にみれば、一つの面であつて、下の二つの圖に示したやうな構造になつてゐることがわかつてゐる。低氣壓は、この不連続線の所に發生することが多く、低氣壓が移動するにつれて、不連続線もこれに伴つて移動する。





## 9. 空気の上下移動

5・6の節で學んだ事柄によつて、一般に上昇氣流のある所には雲ができ、雨や雪が降り易いことが理解されたであらう。このやうに、空気が上下の方向に動くことは、氣象に關係した大切な事柄である。それなら、空気はどういふ條件にあるときに上昇するのであらうか。これについては、次のやうな場合が考へられるであらう。

1. 地表で温められたとき
2. 氣流が山に吹きあたる時
3. 暖かい空氣が冷たい空氣の上のしあがるとき
4. 低氣壓に向かつて四方から吹き込むとき

[考察] 1. 夏の夕立、冬の北陸地方の降雪、不連続線に伴なふ雨、低氣壓に伴なふ雨などの成り立ちを考へてみよ。

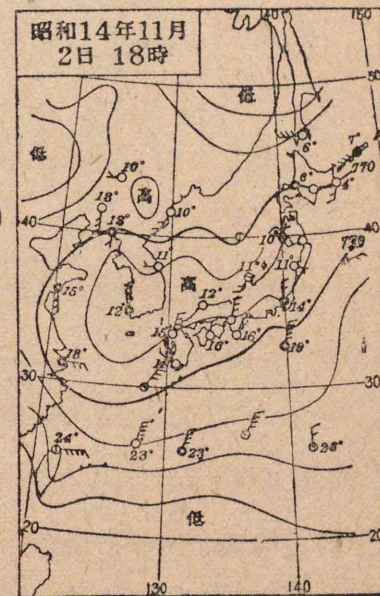
[考察] 2. 下降氣流は、どんな條件があ

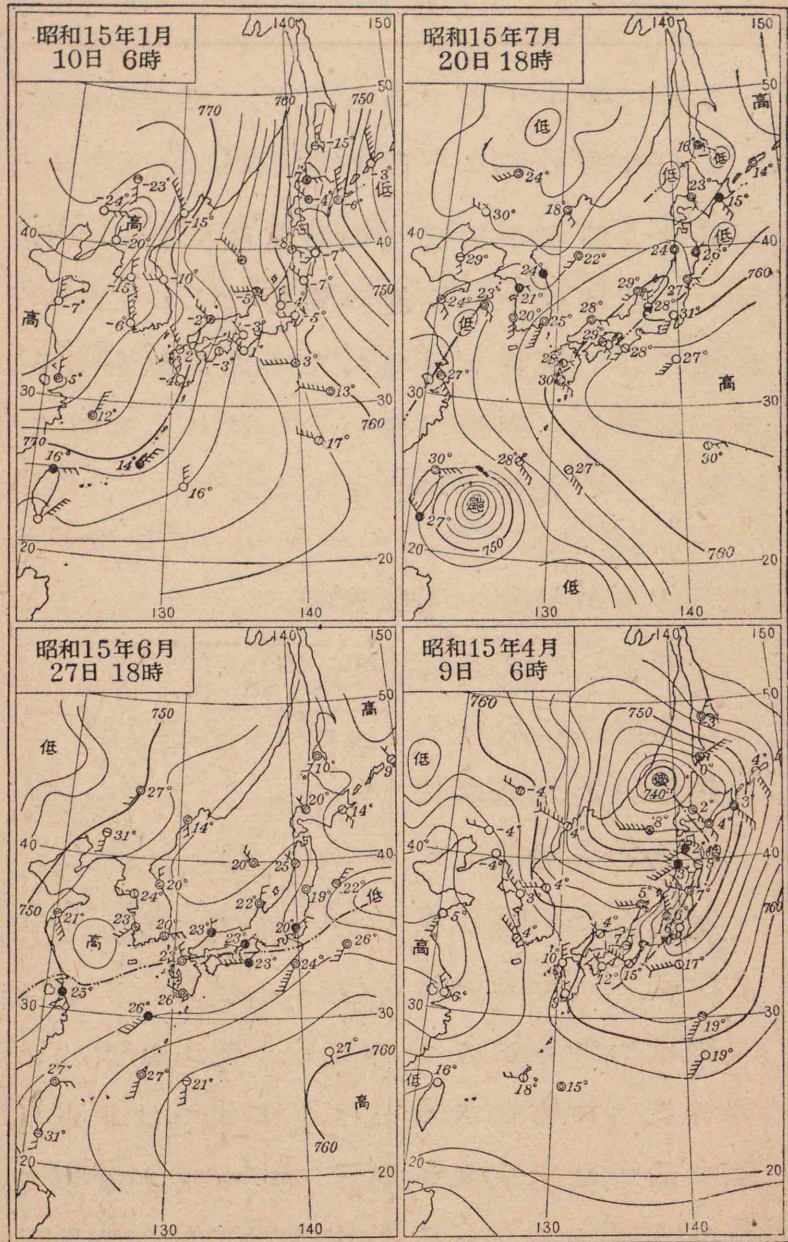
る所に發生するであらうか。またそこは、どんな天氣になるであらうか。

風は大體水平に吹くのが常態であるが、地形や不連続線や低氣壓の影響によつて、それが亂されて複雑な流れになり、風が息をすることがある。氣流が悪いといはれるのは、この亂れ方の大きい場合である。

## 10. 日本の氣象と天氣豫報

[考察] 25・26頁に、日本附近に於ける典型的な天氣圖(秋晴・冬・夏・梅雨・低氣壓)を示した。それぞれについて、その成り立ちや意味を考へよ。各地の天氣はどうか。





高氣壓の中では天氣がよく、低氣壓の中や不連続線の近くでは天氣が悪い。現在の等壓線の形や、これまでの動きから判断して、高氣壓や低氣壓や不連続線の將來の位置を推定すれば、このことを利用して天氣を豫報することができる。

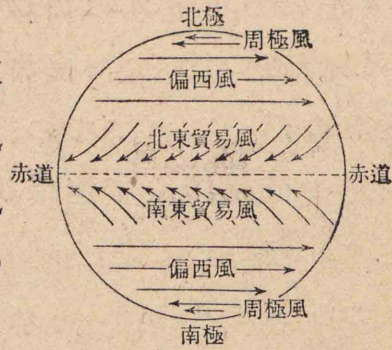
(問題) 上海附近が雨になると、1日後に九州が雨になることが多い。天氣が西から東に移動する速さは、凡そどのくらゐか。

日本では、天氣は大體西から東に移つて来る。これは心得て置くべき事柄である。

### 11. 大氣の環流

地球上では、常に大氣が大規模に動いてゐる。觀測の結果によると、その模様は大體次頁の圖のやうになつてゐる。即ち30°以内の低緯度の地方にあつては、北半球では北東風、南半球では南東風が殆ど一年中吹き續いてゐて、天氣はよく、しのぎ易い。これらの風が

貿易風と呼ばれてゐるものである。北東貿易風と南東貿易風とが合する所では、風速も小さく、またその向きも一定せず、蒸し暑い。この一帯を赤道無風帯といふことがある。



貿易風帯から緯度 $50^{\circ}$ — $60^{\circ}$ までの間は、常に西風が吹いてゐる。この偏西風は、緯度 $40^{\circ}$ — $50^{\circ}$ の邊りが強く、また冬に著しく強く、夏に弱くなる傾向がある。對流圏内では、この風は上層ほど強く、地上  $10\text{km}$  の邊りでは數十メートル/秒にも達する。貿易風帯と偏西風帯との境には、帯狀になつた高氣壓がある。

溫帯地方では、大體西風が強く吹いてゐるから、低氣壓や高氣壓も、この西風に流されて東へ移るので、天氣も西から東へ移る傾向があるのである。

偏西風帯よりも高緯度の地方では、極を取

り巻いて、東寄りの周極風が吹いてゐる。この周極風帯と偏西風帯との間の不連続線は、極前線とも呼ばれ、ここで低氣壓が発生することが多い。

以上は地球を大きくみたときのことであるが、大陸と大洋との境では、また違つた趣がある。特に東亞の地域は、世界最大の大陸たる亞歐大陸と、世界最大の大洋たる太平洋との境に跨がつてゐるので、大氣の環流は他の區域に比べて、著しく違つてゐる。即ち1月頃はシベリアから吹き出す冷たい北風が、7月頃は濠洲から吹き出す南風が、季節風として著しく發達する。これらの季節風は、特に大東亞季節風といはれてゐる。

〔考察〕日本からアメリカに向かつて飛行機が飛ぶのと、アメリカから日本に向かつて飛ぶのとでは、どちらが容易であらうか。

## 2. 海 洋

### 1. 海 洋

地図を擴げて見ればわかるやうに、地球全表面の約70%は海である。その45%は太平洋、23%は大西洋、20%はインド洋で占めてゐる。太平洋は、地球全表面の實に1/3に近い面積を占めてゐるのである。

航海にとつても、水産にとつても、海の性狀や、それに關聯した自然現象をよく研究することは非常に大切で、これを知ると知らないとは、大きな差違を生ずる。殊にわれわれ日本人は、太平洋をよくしらべ、その性狀を究めなければならぬ。

(問題) 1. 現在の陸地の平均の高さは約900 m、海の平均の深さは約3700 mである。もし地球の凹凸を全部平らにならしたとすれば、どのくらゐの深さの海が、地球

の全面を覆ふことになるか。またそのときの海面は、現在のどの高さに来ることになるか。

(問題) 2. 上の問題の結果から、海の水の總質量を計算せよ。

### 2. 海 の 深 さ

まづ海の深さをしらべてみるために、どうして測ればよいかを考へてみよう。浅ければ目盛棒を鉛直に立てればわかる。深ければ錘をつけた索をおろして、錘が海底に届くまでに繰り出した索の長さを測ればよい。従来用ひられて來たのは、主としてこれらの方法であるが、これにはいろいろな缺點がある。

[考察] 1. 索の長さによつて深さを測る方法には、どんな誤差がはいるであらうか。

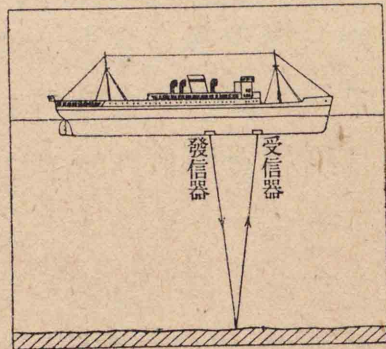
(問題) 1. 索を出し入れする速さを3

m/秒とすれば, 5000 mの深さを測るのには, どのくらゐの時間を要するか。

以上にみられた缺點を避けるために, 近頃では船の底から海底に向かつて音波を發し, それが海底で反射して歸つて來るまでの時間を測り, これによつて深さを求めるといふ方法が使はれるやうになつた。この方法によれば, 航海中でも連続的に測定することができるから, 甚だ便利である。

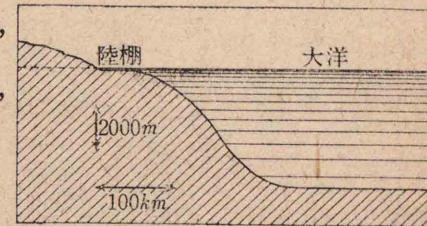
ただ海水中の音波の速度は, 温度や塩分などによつて變化するから, 精確な深さの測定を行ふためには, それらの影響を考慮に入れなければならない。

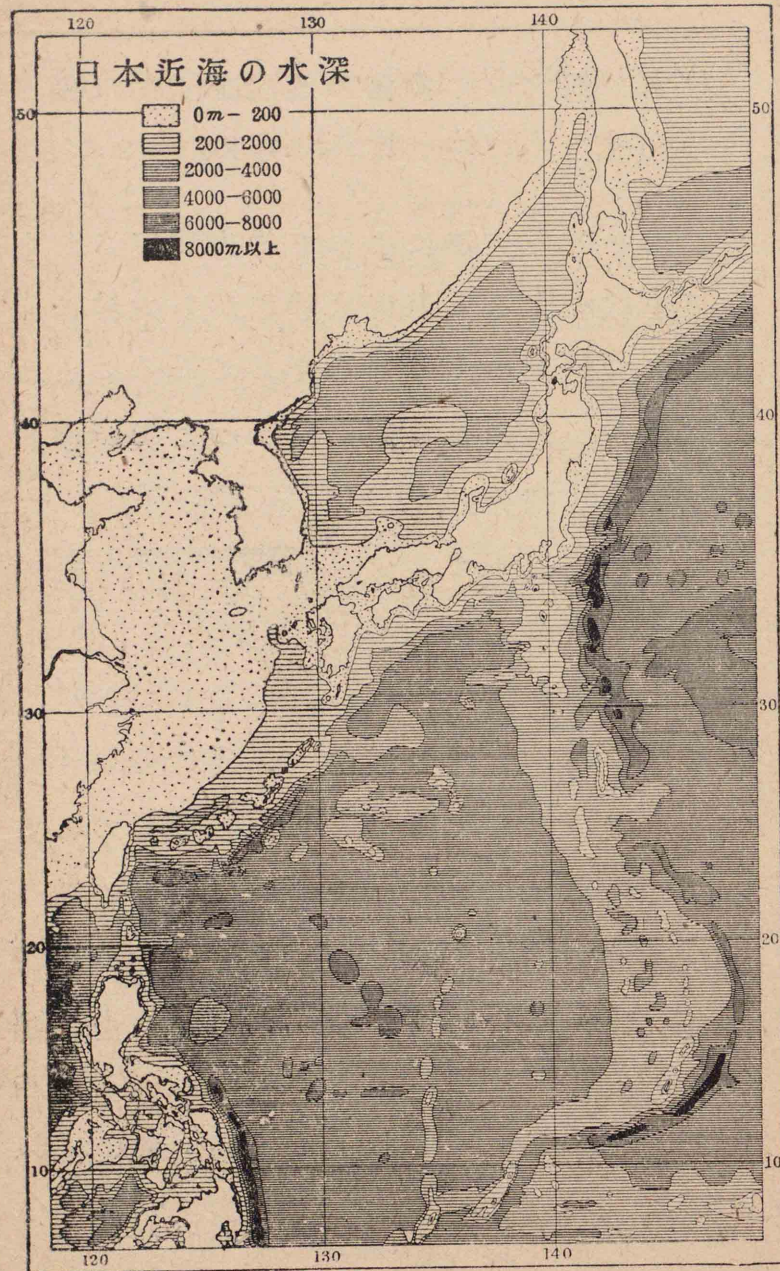
(問題) 2. 船から海底に向かつて音を發してから6.0秒の後, 反射した音が歸つて



來た。海水中の音波の速度を 1500 m/秒とすれば, その深さはいくらか。

このやうな方法によつて, 従來測定された結果を綜合すると, 海底は陸地から大洋に向かつて, 大體圖のやうな形をしてゐることがわかつた。海岸から沖に向かつて緩い傾斜をしてゐる部分は, 陸棚と呼ばれてゐる。それから先は急に深くなり, 大洋の底の大部分は概ね平らな盆地状をなしてゐる。しかし世界のところどころには, 主として大陸の縁に近く, 深さが 6000 m 以上にも及ぶ比較的幅の狭い地帯が, 長く連なつてゐる所がある。これを海溝といふが, 日本附近には日本海溝を初め, 大規模なものがある。これまでに測られた一番深い所は, ミンダナオ沖のエムデン海淵にあ





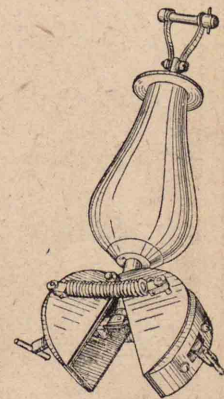
つて、その深さは 1,0800 m である。

太平洋の平均の深さは約 4300 m であるが、東支那海では 200 m に足りない。また東京湾と駿河湾との深さを比較してみても、前者は 100 m に足りないが、後者には 1000 m を超してゐる所がある。同じく海といつても、その深さや形は千差萬別である。

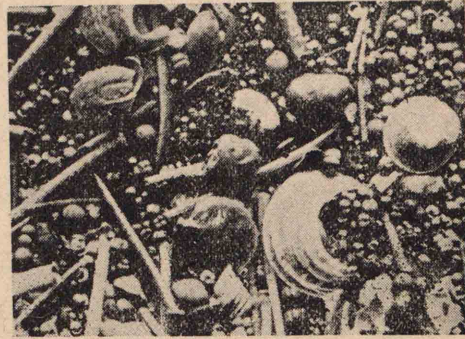
〔考察〕 2. 地図によつて、世界各地の海底の形をしらべてみよ。また海岸線の形にも注意せよ。

### 3. 海底物質

海の底にはどんなものがあるであらうか。圖のやうなものを索でおろして、底質を把んで來させることができる。浅い海の底では、岩盤や礫や土砂などが採れるが、深い大洋の底では、主として

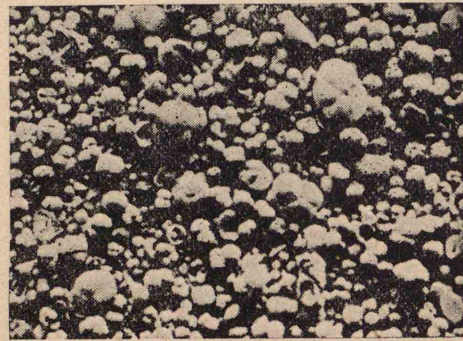


非常に粒の小さい泥土が採れる。それらの泥土をよくしらべると、圖のやうに微生物の遺骸などが含まれてゐることが多い。



×5

河によつて海に流れ込んだ砂は、粒の大きいものは陸地の近くで沈んでしまふが、細かいものや泥



×10

は大洋の中まで運ばれて、浮游生物の死骸などと一緒、ゆつくりその底に沈んで行くのである。

前頁の圖のやうな採泥器では、海底の極く表面のものだけしか採れないが、弾丸の代り

に、長さ數メートルの金屬の筒を大砲にこめて海底におろし、そこで下向きに發射して筒を海底に打ち込み、その中に海底物質をつめて引き上げるといふ方法も試みられてゐる。

#### 4. 海水

海岸に近い場所の海水には、陸地から運ばれて來た砂や泥が混じつてゐるばかりでなく、河の淡水それ自身や、またそれに溶解したものが含まれてゐるから、海水の本來の性質を現はしてゐるとは考へられない。遠い沖合へ行けば、陸水の影響がだんだん薄らいで、海水の本來の性質を現はすであらう。海水が淡水と違ふ最も重要な點は、その塩分にある。

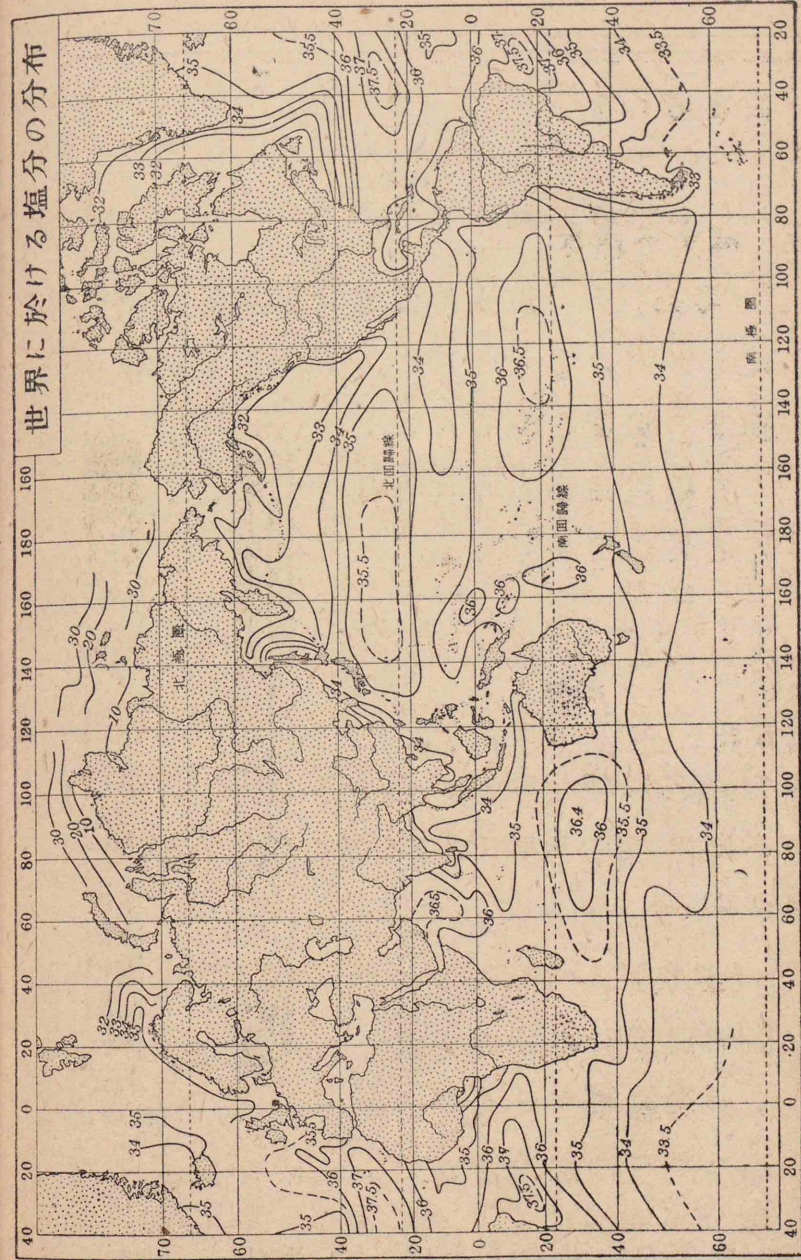
〔實驗〕 機會が得られれば、海水を熱して水を蒸發させ、その殘滓を秤量して、海水中に含まれてゐる塩の量を求めよ。

これらの塩は  $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$  などであつて、海水  $1\text{kg}$  の中に總計  $35\text{g}$  内外含まれてゐる。これらの塩の總量は場所によつて異なるが、各塩類相互の割合は到る所殆ど一定である。随つて、海水中にある塩素の量を測りさへすれば、塩類の總量を求めることができる。海水の塩分は、その  $1\text{kg}$  中に含まれてゐる塩類の總量を  $g$  で表はした數をもつてし、これを  $\%$  で表はす。

大洋には太平洋・大西洋・インド洋などがあるが、それぞれの海水は特有の性質をもつてゐたり、また獨立した海流系をもつてゐるといふ點で、かなり明瞭な個性を有してゐるのである。

次頁の圖は、海洋に於ける塩分の大體の分布を示したものである。

〔考察〕 圖によれば、極に近い所と赤道に近い所とでは塩分が少い。また紅海では、塩分が  $40\%$  にも及んでゐる。これらの理



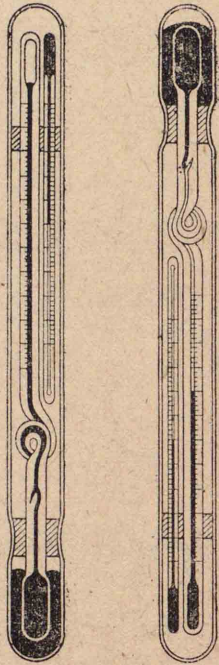


由を考へよ。

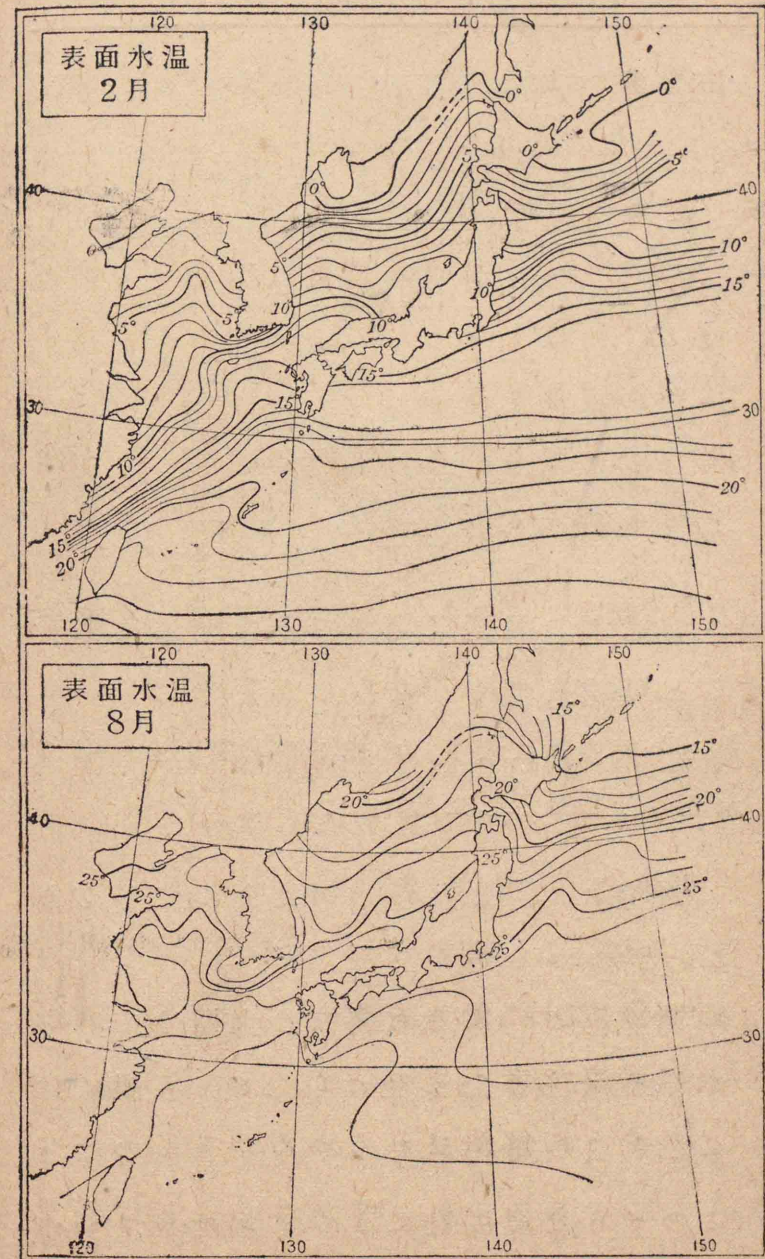
### 5. 海水の温度

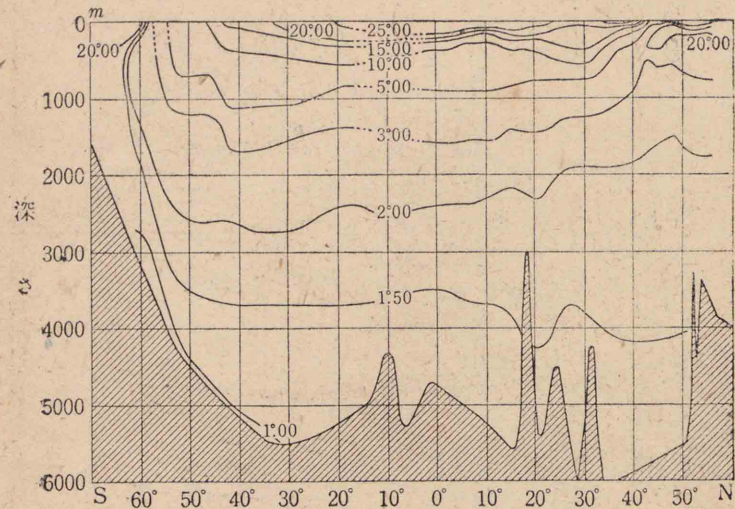
〔考察〕 1. 海水の温度は、温度計で測ればよいのはもちろんのことであるが、深い場所の温度を測るには、どんな點に注意しなければならないであらうか。

今日最も多く使はれてゐるのは、圖のやうな構造をもつた顛倒温度計といはれるもので、測らうとする深さで上下を顛倒させて引き上げ、水銀の示す目盛りを読むのである。



〔考察〕 2. 圖によつて顛倒温度計の働きを考へ、上の考察で考へたことが、顛倒前 顛倒後どのやうに解決されてゐるかをしらべよ。このやうな温度計によつて、場所・深さ・時を





變へて、海水の温度を測つてみた結果を総合すると、41・42頁のやうなものが得られる。

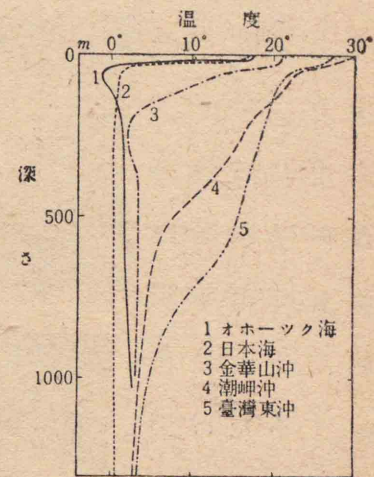
この頁の圖は、太平洋の或る南北断面に於ける水温の分布を示したものである。

〔考察〕 3. これらの圖によつて、どんなことがわかるか。

〔考察〕 4. 外洋の表面の水温は、1日中でも $0.6$ ぐらゐしか變はらない。気温に比べて、水温の變化がこのやうに少いのは、どうしてであらうか。またこのことは、氣象

にどんな影響を與へてゐるであらうか。

前頁の断面圖を見てもわかるが、深さと水温との關係は圖のやうになつてをり、表面近くに水温があまり變はつてゐない層がある。これは波や海流によつて、海水がよくかきまはされてゐるためである。

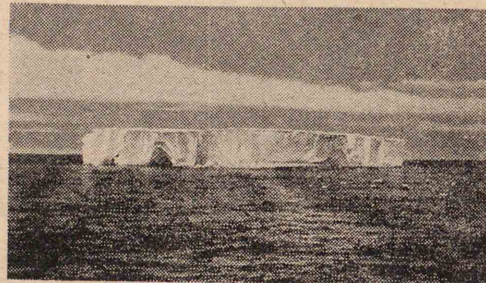
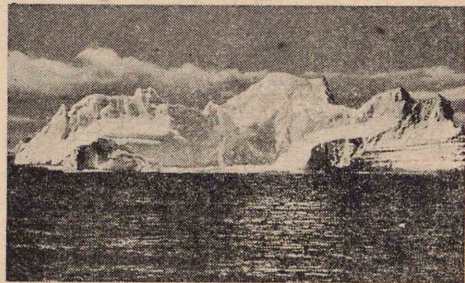
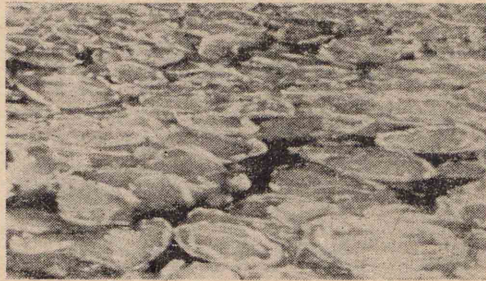


海水は $-2^{\circ}$ ぐらゐになると凍る。凍り初めは小さい氷であるが、それがだんだん集まつて大きくなり、風や海流に送られて流水となつて漂流する。また極地方の氷河や南極大陸の周圍を取り巻いてゐる氷壁が崩れ、その大塊が流れてゐるのが氷山である。

(問題) 海水の密度を 1.03, 氷の密度を 0.92 とすれば、海面上 60 m ある平らな氷山

は、海面下どのくらゐまで續いてゐるか。

海水の中では、凡そ10m深くなる毎に壓力は1氣壓ずつ増す。それ故、海水が深い所から浅い所に移ればやや膨脹し、それに相當するだけ溫度がさがる。これと同様なことは、空氣の場合にもみられた。例へば1,000mの深さで、塩分35‰、溫度 $1^{\circ}.212$ の海水が海面に移つたとすれば、溫度は $0^{\circ}.000$ にさが



る。

このやうに、いろいろな深さにある海水の溫度は、直接にこれを比較するよりも、それを海面に移したときに有すべき溫度で比較する方が、都合のよいことがある。この溫度を溫位といふ。同じ溫位の海水が續いてゐれば、たとへその溫度は違つてゐても、同じ一續きの海水の系であるとみられるのである。

## 6. 海流

廣い海の中で比較的幅の狭い部分の水が、常に一定の方向に流れてゐるのが海流である。日本附近の黒潮(日本海流)や親潮(千島海流)などは、昔から知られた著しい海流である。漂流した舟が意外に遠い所に流れ着いたり、例へばハマオモトなどのやうな植物が、日本では太平洋岸だけに見られるといふのも、みな海流のしわざである。

海流の速さはどのくらゐか、向きはどうか

といふことは、航海や水産にとつて、非常に大切なことであるから、徹底的にしらべて置かなければならない。

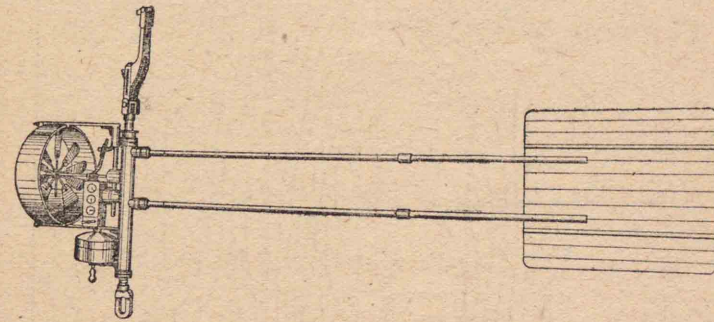
(問題) 1. 6000 哩の距離を 20 ノットで航海するのに、1 ノットの海流に乗るのと反するのとでは、何時間の差を生ずるか。

この計算によつて、航海に對する海流の影響が、如何に大きいかかわかるであらう。

海流の分布を調べるには、空瓶などに葉書を入れて密封し、これを海に投じ、それを拾つた人からその場所と日時とを書入れて、送り返へしてもらふといふ方法も行はれてゐる。

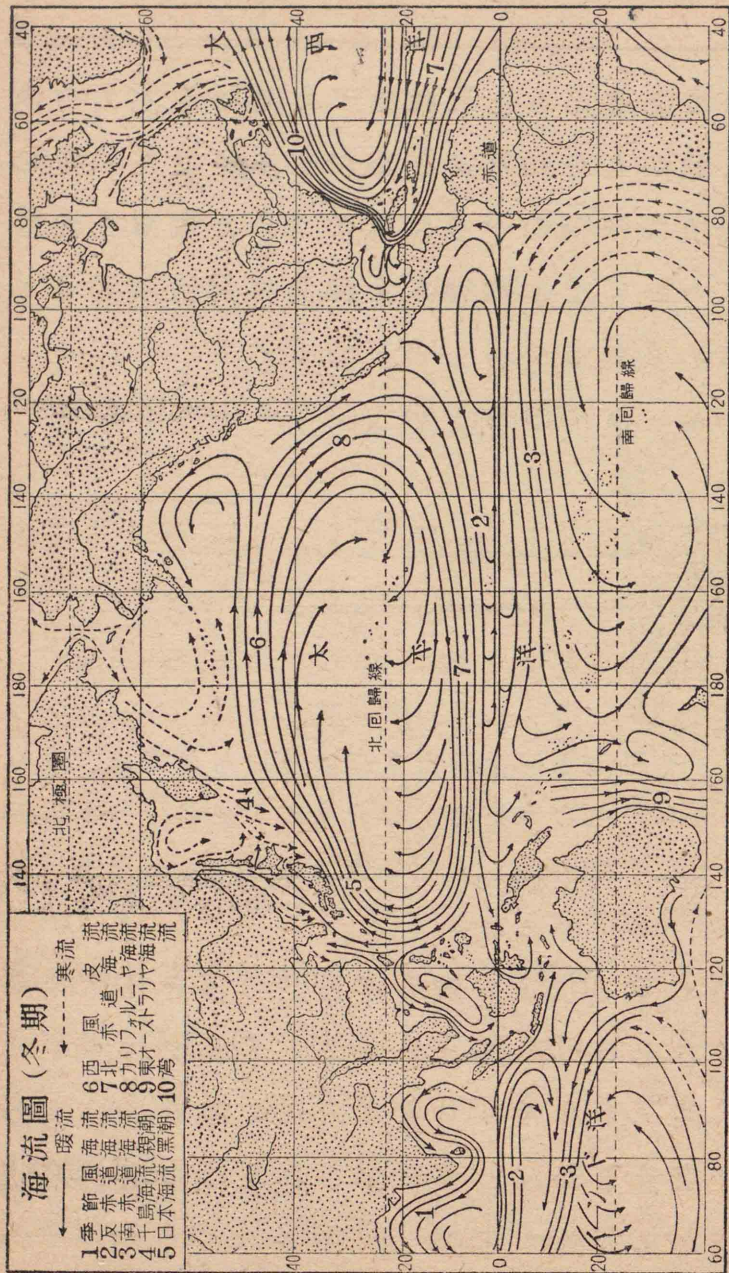
また航海中、或る時刻に於ける船の位置を測定し、それから海水に對して、既知の速度で一定の時間だけ航海したときの位置を推定し、また一方その時刻に於ける船の位置を實測すれば、その間には差があるであらう。これは主として海流によつて船が流されたた

めであるから、それによつてその海流の方向と速さとを知ることができる。また一定の場所では、圖のやうに翼のついた水車を海水に入れて、その回轉數を測れば海流の速さが求められる。



次頁の圖は、上のやうないろいろな方法で求められた主な海流を示したものである。日本附近では黒潮が著しく、その速さは 3 ノット以上に達する所さへもある。

(問題) 2. 假りに黒潮の幅を 150 km, 厚さを 500 m, 速さを 3 ノットとすれば、1 秒間にどれだけの水が流れてゐるか。また塩分を 35% とすれば、どれだけの塩が運ばれてゐるか。



親潮は北から流れて来る寒流であるが、栄養物が多く、また温度が低いから酸素を含むことが多く、その中には小さい生物がよく育つ。随つて、それを食ふ小魚や、その小魚を食ふ大きい魚がよく育つのである。

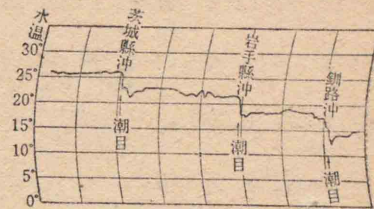
さてこのやうな海流は、どうして起るのであらうか。一定の方向に風が吹き續ければ、それに應じた流れができてよいはずである。しかし、この流れは地球の自轉のために、北半球では風下に向かつて右にそれる。この流れが、また下の層の海水を引きずつて流すのであるが、それは更に右にそれ、且つその速さを減ずるから、貿易風のやうなたかだか3—4m/秒ぐらゐの風で、大規模な海流が起されるとは考へられない。また氣壓の配置や風などによつて、海面の一部が高まれば、そこから海水が四方へ流れることになるであらう。しかし、これも大規模な海流の原因としては十分ではない。いろいろな研究の結

果、海流の原因として最も重要であると今日考へられてゐるのは、海水の密度の不均一といふことである。

海水の密度は、塩分が多くて温度が低ければ大きく、塩分が少くて温度が高ければ小さい。密度の違ふ海水が相接すれば、密度の大きい方は小さい方の下へ潜り、密度の小さい方は大きい方の上に乗らうとするであらう。このとき一方で絶えず密度の大きい海水が供給されてをり、反対の方では密度の小さい海水が供給されてゐるならば、この流れは絶えず続くであらう。黒潮などは、上のやうな密度の不均一によつて生ずる海流であらうと考へられてゐるのであるが、まだ十分よくはわかつてゐない。

温度の異なる海水が相接すると、なかなか混ざり合はないで、空気の場合のやうに不連続線ができる。圖は或る船が、航海中に水温を連続的に記録したものである。これらの

不連続線が潮目といはれるもので、そこには種々の漂流物が集まり、また上下の流れ



が起つて、榮養になる塩類が上層に運ばれるために、小さい浮遊生物がよく繁殖し、冷たい方にゐる魚と温かい方にゐる魚とが停滞して、大漁場となる。

### 3. 天 象

#### 1. 恆星と天球

晴れた夜、空を眺めると、たくさんの星が輝いてゐる。明かるい星や暗い星や、青味がかつた星や赤味がかつた星などさまざまあるが、殆ど全部の星は互の位置を變へずに、天球上の一點を中心として、全體として回轉してゐるやうに見えることは、既にわれわれがよく觀察してゐるところである。

〔實驗〕 或る晩、或る星が定まつた方向に見えてから、翌日の晩、正しく同じ方向に見えるまでの時間を、できるだけ精確に測れ。<sup>1)</sup>

大部分の星は、互にその相對的の位置を變

1) 時計の進み遅れは、ラジオの時報によつて補正せよ。精確な測定によれば、23時56分4.091…秒である。

へないので、恆星と呼ばれてゐるが、これをいくつかの星座にまとめて見分けるのが便利である。北斗七星の名で知られてゐる大熊座を初め、カシオペア座・アンドロメダ座・白鳥座・オリオン座・蝸座などは、特に目立つ星座である。特に明かるい恆星には、固有の名前がついてをり、航海や航空の目印になる。

日本附近で見える星座は附圖の通りで、そのうち特に明かるい恆星は、次頁の表に掲げたやうなものである。

地球を中心とした非常に大きい球面を考へ、これらの恆星が、その球面に固定してゐると見なせば、その位置を示す上に甚だ便利である。この球面が天球であるが、地球の自轉軸の延長が、天球と交はる所が天球の極で、地球の赤道面の延長が、天球と交はる所が天球の赤道である。地球から見ると、すべての恆星は、天球の極を中心として回轉してゐるやうに見える。

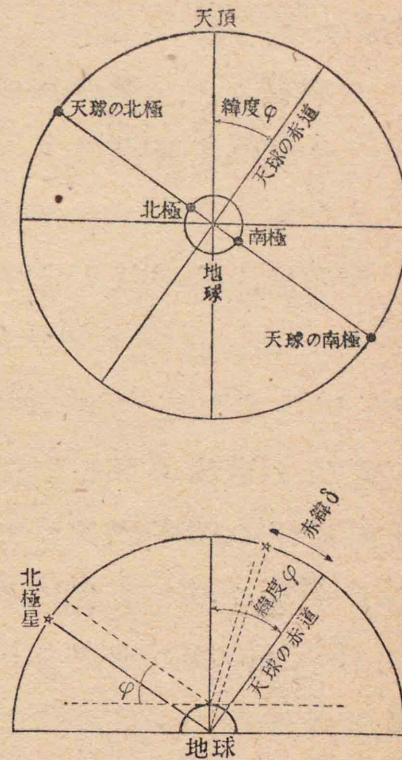
図の中の 番号	名	前	赤 経	赤 緯
(1)	オリオン座 $\beta$	リゲル	5時12分	南 $8^{\circ}.3$
(2)	駟者座 $\alpha$	カペラ	5時12分	北 $45^{\circ}.9$
(3)	オリオン座 $\alpha$	ベテルギウス	5時52分	北 $7^{\circ}.4$
(4)	龍骨座 $\alpha$	カノプス	6時23分	南 $52^{\circ}.7$
(5)	大犬座 $\alpha$	シリウス	6時43分	南 $16^{\circ}.6$
(6)	小犬座 $\alpha$	プロシオン	7時36分	北 $5^{\circ}.4$
(7)	牛飼座 $\alpha$	アークトゥラス	14時13分	北 $19^{\circ}.5$
(8)	琴座 $\alpha$	ベガ	18時35分	北 $38^{\circ}.7$
(9)	鷲座 $\alpha$	アルテール	19時48分	北 $8^{\circ}.7$

## 2. 赤経・赤緯

天球の極に基準して、その上に地球と同じやうに、経線と緯線とを引いたと想像すれば、この経緯度によつて星の位置を示すことができる。この経緯度を、それぞれ赤経・赤緯といふのである。

(問題) 1. 地球上の緯度  $\varphi$  の地点で、天頂に見える星の赤緯はいくらか。

(問題) 2. 緯度  $\varphi$  の地点では、天球の極は地平線(水平線)からどれだけの高度に見えるか。また赤緯  $\delta$  の星が子午線を通過するときには、どれだけの高度に見えるか。



上の問題からわかるやうに、天球の極の高度を観測しても、或はまた赤緯の知れてある星が、子午線を通過するときの高度を観測しても、地表の任意の地点の緯度を求めることができる。北極星の赤緯は、凡そ北緯  $89^{\circ}$  であるから、或る地点で見た北極星の高度は、その地点の緯度と大



體等しい。

(問題) 3. 緯度  $\varphi$  の地點では、どれだけの赤緯の範囲内にある星を見ることができるか。また、どれだけの赤緯の範囲内にある星は、地平線に没することがないか。

### 3. 恆星時と經度

天球は地球に對して回轉するから、恆星はその赤經の順序に従つて、順次に子午線を通過する。この1回轉に要する時間を1恆星日といふ。星の赤經を  $0^\circ$  から  $360^\circ$  までの角度でいひ表はす代りに、これを0時から24時までにあてはめて置いて、或る地點で赤經0時の星が子午線を通過する時刻を、その地點での0時、赤經  $t$  時の星が子午線を通過する時刻を、その地點での  $t$  時といふやうに定めれば、恆星の運行を基準とした各地點固有の時計ができる。これを恆星時といふ。

或る時刻に地球上の甲點では、赤經  $t$  時の

星が子午線を通過し、その時刻に乙點では、赤經  $t'$  時の星が子午線を通過したとするならば、 $(t-t')$  はこの2點間の經度の差に相當する。また甲點の恆星時を示してゐる正しい時計があつて、これを乙點に携帯し、その盤面の  $t$  時といふ時刻に、赤經  $t'$  時の星が子午線を通過するのを觀測したとすれば、 $(t-t')$  は甲乙2點間の經度の差に他ならない。

このやうに、何等かの方法によつて、甲乙2點の恆星時の差を求めれば、この2點間の經度の差を知ることができる。また逆に經度がわかつてゐる地點では、赤經の知れてゐる星が子午線を通過する時刻と、時計の針の示す時刻とを比較することによつて、この時計が合つてゐるかどうかを、しらべることができる。

(問題) 東經  $135^\circ$  の恆星時を示してゐる時計を携帯した船がある。その盤面上の5時27分にシリウスが子午線を通過した。

船の位置の経度を求めよ。

#### 4. 黄道

太陽が子午線を通過してから、翌日再びこれを通過するまでの時間を、24時間と定めたのが太陽時<sup>1)</sup>で、われわれが日常使つてゐる時計は、これを基準としてゐるのである。この時計で測れば、1 恆星日、即ち地球が1 自轉に要する時間は、約23時56分4秒である。それ故、太陽時の24時間の間には、地球は1 回轉以上廻つてゐるのである。いひかへれば、天球上に於ける太陽の位置は次第に變じ、その赤經は1日に約4分ずつ増し、約365日でまた元の値に戻る。随つて、太陽時での同じ時刻に見える星は、季節によつて次第に變はつて行き、1年経つとまた元と同じ有様に戻るのである。

1) 詳しいことは9節で學ぶ。

(問題) 1. オリオン座は、2月には午後8時頃南の空に見える。10月には何時頃南の空に見えるか。

太陽の高度は、季節によつて變化し、夏に高く冬に低いのは、われわれがよく觀察してゐる通りである。太陽の赤緯は、夏至には北緯 $23^{\circ}.4$ 、冬至には南緯 $23^{\circ}.4$ となり、その間を變化する。天球上に於いて太陽の通る道を黄道といふ。

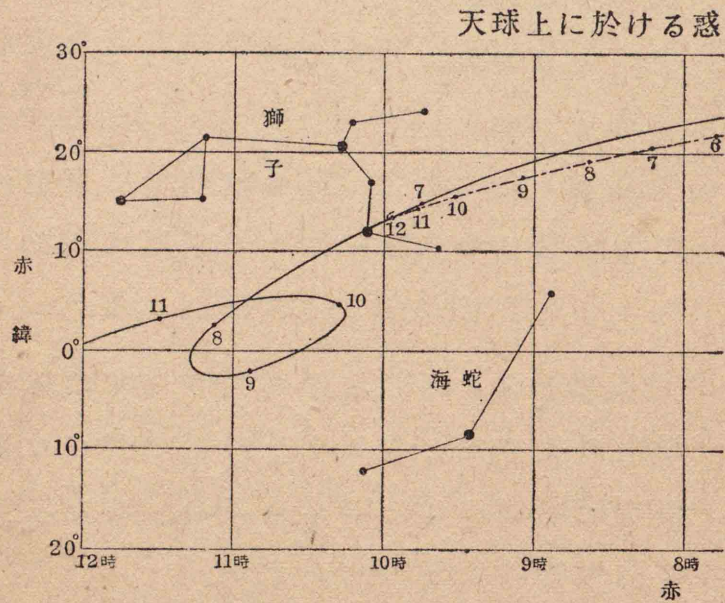
(問題) 2. 北緯 $35^{\circ}$ の地點では、夏至に太陽が南中する時には、その高度はいくらか。また冬至の南中時にはいくらか。

(問題) 3. 同じ地點で、長さ1mの棒を鉛直に立てたとすれば、その影の長さは夏至の南中時にはどのくらゐか。また冬至の南中時にはどのくらゐか。

(問題) 4. 同じ地點で、南向きの窓があると、夏至の南中時に室内に陽がささな

いやうにするには、廂の長さをどのくらゐにすればよいか。またこの室では、冬至の南中時にはどこまで陽があたるか。

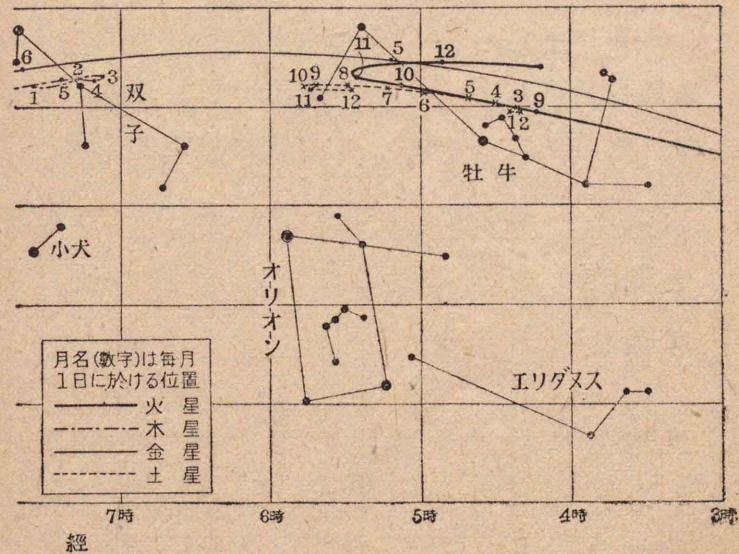
以上で學んだやうに、太陽は天球の上を徐徐に動いて行くのである。このことは、地球が太陽の周りを凡そ 365 日で 1 公轉してを



り、地球の自轉軸は、この公轉軌道面に對して  $66.6^\circ$  の角をなした一定の方向をもつてゐる

と考へれば、甚だよく理解される。天球上で黄道と赤道とが交はる點が春分點・秋分點で、太陽がその位置に来るとき、即ち太陽の赤緯が  $0^\circ$  になるときが春分・秋分である。このときは、太陽は地球の赤道面の延長上にあつて、晝夜の長さが等しい。

星の運動(昭和18年)



1) 星の赤經は春分點を通る經線を基準とし、これを 0 時としてある。

## 5. 惑星

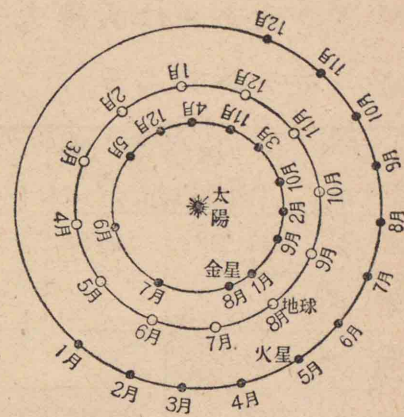
恆星は互にその相対的の位置を變へないが、星の中には、天球の上を動いて行くものがある。いくつかある。惑星といはれるものがそれで、水星・金星・火星・木星・土星・天王星・海王星・冥王星などといふ名前がついてゐる。中でも金星・火星・木星・土星は明かるくてよく目立つ。

昭和18年に於いては、天球上に於けるこれらの惑星の位置は、60—61頁の圖に示した通りであつた。惑星は、いづれもいつも黄道附近に見える。

〔観察〕 數週間の間を置いて惑星の位置を観察し、恆星に對して、その位置の變はる有様をしらべよ。

天球上に於ける惑星の運動は甚だ複雑であるが、これらの惑星も地球と同じやうに太陽の周りを公轉してをり、しかもそれらの公轉軌道面が、地球のそれと大體一致してゐると考へれば、よく理解される。即ち太陽を中

心として、その周りを地球のみならず、これらの惑星が大體同一平面内で公轉してゐるのである。太陽を中心としたこの集團を太陽系といふ。



圖は昭和18年に於ける状態を示したものである。惑星の運動をよくしらべてみると、いづれも太陽を焦點とする楕圓を描いてをり、且つ太陽とその惑星とを結ぶ徑が、一定の時間に作る面積は一定である。また惑星と太陽との平均距離の3乗は、その公轉周期の2乗に比例してゐる。これらのことから考へて、太陽と惑星との間には、その質量の積に比例し、距離の2乗に逆比例する引力が働いてゐなければならないといふことが結論されるのである。

いろいろな研究によつて、惑星の大きさや

軌道の大きさは、大體次の表の通りであることがわつてゐる。

	半 徑 (km)	質 量 (地球を 1として)	密 度 ( $g/cm^3$ )	太陽からの 平均距離(km)	公轉周期 (年)
水 星	$2.4 \times 10^3$	0.056	5.59	$5.8 \times 10^7$	0.241
金 星	$6.1 \times "$	0.817	5.15	$10.8 \times "$	0.615
地 球	$6.4 \times "$	1.000	5.52	$15.0 \times "$	1.000
火 星	$3.4 \times "$	0.108	3.94	$22.8 \times "$	1.881
木 星	$71.4 \times "$	318.298	1.34	$77.8 \times "$	11.862
土 星	$60.4 \times "$	95.202	0.69	$142.6 \times "$	29.458
天王星	$24.8 \times "$	14.580	1.36	$286.9 \times "$	84.015
海王星	$26.5 \times "$	17.264	1.32	$449.6 \times "$	164.788

天王星は、今から 160 年ほど前に発見されたものであるが、その運動の有様は、上に學んだやうには簡単でない。この點から考へて、その運動に影響を與へるやうな未知の惑星があるに相違ないと考へられてゐた。それから 65 年後、その位置が推定されて発見されたのが海王星である。しかし、それでも天王星の運動は、十分によく説明がつかないので、更に未知の惑星がまだ他にあつて、これが影響を與へてゐると考へられてゐたが、昭和

5 年には、果して新しい惑星が発見され、冥王星と名づけられた。

(問題) 1. 光が太陽を出てから地球に達するまでには、どれだけ時間がかかるか。

(問題) 2. 太陽と各惑星との間の距離の 3 乗を、公轉周期の 2 乗で割つてみよ。

(問題) 3. 太陽を蹴球の大きさとしたとき、各惑星はどのくらいの距離に何を置いたことに相當するか。

火星と木星との軌道の間には、小さい天體が千數百箇も分布して、太陽の周りを廻つてゐる。いづれも半徑數百キロメートル以下で、暗くて肉眼には見えない。これらを小惑星といつてゐる。

また非常に扁平な楕圓または拋物線の軌道を描いて、周期的または非周期的に太陽に近づき、その周りを通つて、また遠ざかつてしまふ天體がある。彗星といはれるものが、そ

れである。彗星には長い尾を引いて、肉眼でも認められるものもある。

明治43年に見えたハリー彗星は、その著しい例で、約76年の周期で太陽に近づき、既に30回近くも観察されてゐる。



## 6. 太陽

太陽の質量を  $M$ 、地球の質量を  $m$ 、太陽と地球との距離を  $R$ 、地球の半径を  $a$ 、公転軌道上に於ける地球の速度を  $v$ 、地表の重力加速度を  $g$  としよう。

太陽と地球との間の引力は  $mM/R^2$  に比例するもので、この比例の定数を  $k^2$  とすれば、引力は  $k^2mM/R^2$  である。地球の公転運動によ

る加速度は  $v^2/R$  であつて、これに  $m$  を掛けたものが、この引力と等しいのであるから

$$k^2 \frac{mM}{R^2} = \frac{mv^2}{R}$$

である。また地表の重力は、主として地球による引力であるから

$$g = k^2 \frac{m}{a^2}$$

である。上の二つの式から

$$\frac{M}{m} = \frac{v^2 R}{ga^2}$$

といふ関係が得られる。

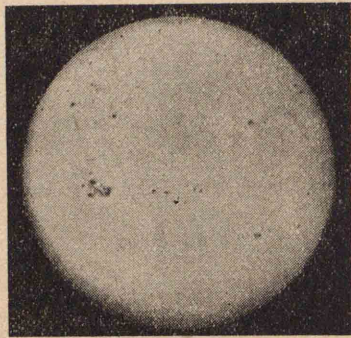
(問題) 1. 上の関係によつて  $M/m$  を計算せよ。地球の質量を約  $6 \times 10^{27}g$  として、太陽の質量を求めよ。

(問題) 2. 地球から太陽を見たとき、その直径を角度で表はせば、いくらであるかを工夫して測つてみよ。その結果と太陽までの距離とを使つて、太陽の半径を算出せよ。

(問題) 3. 上の二つの問題で得られた結果から、太陽の密度を求めよ。

太陽の面を詳しく観察すると、特に白く光つてゐる所や、また反対に黒い所がある。これらは、それぞれ白斑・黒點といはれるものである。同じ黒點に着目すると、それは太陽面を東から西に移動して縁に隠れてから、また暫くすると、反対の縁から現はれて來ることがある。この點から考へると、太陽はその部分によつても違ふが、約25日ぐらゐで自轉してゐることがわかる。

黒點は多い年や少ない年があり、ほぼ11年を周期として變化する。黒點の多い年は、太陽の輻射も盛んになり、地磁氣には變動が多く、また極光がしばしば現はれる。これらのこ



とから考へると、太陽からはいろいろな放射線が出て、それが地球の上層の電氣的の状態を變化させてゐるものと推察される。

太陽の光をスペクトルに分けてしらべると、連続した明かるい所を背景として、多數の黒い線がある。これは太陽から出たこの波長の光が、その上層にある物質によつて吸収されてしまふためである。このことによつて、太陽にはどんな物質があるかを推定することができる。詳しい研究によつて、地球上にある元素の半數以上は、太陽に存在してゐることがわかつた。

太陽から地球が受けるエネルギーは、毎分約2カロリー/cm<sup>2</sup>に及んでゐる。このやうな莫大なエネルギーの源泉は、太陽内にある元素の間のいろいろな變化によつて生ずるものであると考へられてゐる。またこの輻射の有様から考へると、太陽の表面の温度は約5600°である。

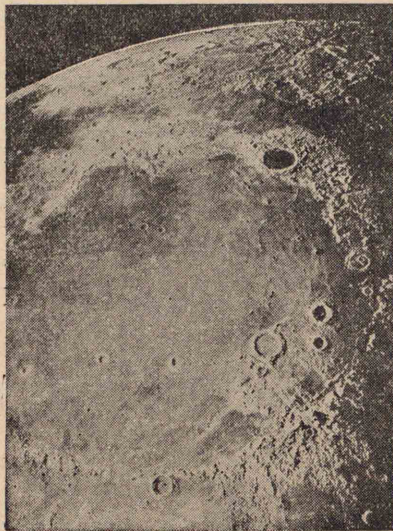
## 7. 月

月はよく知られてゐる通り、地球の周りを廻つてゐる地球の衛星である。地球上で遠く離れた2点から月を見ると、その方向が少し違ふから、三角測量の原理によつて、月までの距離を求めることができる。

また、次のやうに考へて求めることもできる。地球と月との間の距離を  $R$ 、地球の半径を  $a$ 、地球の質量を  $M$ 、地球の重力の加速度を  $g$ 、月の運動の速度を  $v$  としよう。さうすれば、6節の場合と同じやうにして、

$$\frac{v^2}{R} = k^2 \frac{M}{R^2}$$

$$g = k^2 \frac{M}{a^2}$$



といふ式を得る。この二つの式から

$$R = ga^2/v^2$$

といふ関係が得られる。月が地球を1周するに要する時間は約27.3日で、これを  $T$  とすれば

$$v = 2\pi R/T$$

である。この関係を入れれば、上式は

$$R^3 = \frac{ga^2T^2}{4\pi^2}$$

となる。

(問題) 1. 上の式から  $R$  を計算せよ。

$R$  は  $a$  の何倍か。

(問題) 2. 地球から月を見たとき、その直径は角度にしていくらに見えるかを實測せよ。その結果と月までの距離とを使つて、月の半径を算出せよ。

衛星をもつてゐる惑星は、地球ばかりではない。火星には2箇、木星には11箇、土星には10箇、天王星には10箇の衛星がある。



## 8. 潮 汐

地球の中心から月の中心までの距離は、地球の半径の約60倍であることは前に求めた。地球の表面では、月に面してゐる點が月に一番近く、地球の中心は中間で、月と反対側の點が一番遠い。これらの3點と月との間の距離の比は、凡そ59:60:61であるから、これらの3點に及ぼす月の引力の比は、凡そ

$$\frac{1}{59^2} : \frac{1}{60^2} : \frac{1}{61^2} = 1.03 : 1.00 : 0.97$$

である。即ち地球の中心に比して、月に面してゐる方では、その引力は大きく、反対側では小さい。それ故、地球に固定してゐるわれわれからみれば、月に向かつた方と、その反対の方とに向かつて、それぞれ(1.03-1.00)と(1.00-0.97)とに相當する力を受けてゐることになる。随つて、動きやすい海水は、月に面した側と、その反対側とに膨れ出すはずである。これが、地球上で1日に普通2回づつ干満を

起す潮汐である。

地球の質量を  $M$ 、月の質量を  $m$ 、月と地球との距離を  $R$ 、地球の半径を  $a$  とすれば、地球の中心にある單位質量のものに及ぼす月の引力  $f$  は、 $m/R^2$  に比例する。この比例の定数を  $k^2$  と置けば

$$f = k^2 \frac{m}{R^2}$$

である。また同じ比例の定数を使つて、

$$g = k^2 \frac{M}{a^2}$$

であるから

$$\begin{aligned} f &= \frac{m}{M} \frac{a^2}{R^2} g \\ &\doteq \frac{1}{81} \times \left(\frac{1}{60}\right)^2 \times 980 \\ &\doteq \frac{1}{300} \text{ ダイン} \end{aligned}$$

となる。

(問題) 潮汐を起す力は、 $1g$  について凡そ幾ダインか。

満潮から満潮、また干潮から干潮までの時間は、地球や月の運動に關係して一定ではないが、凡そ24時間50分である。

海水は、太陽からも月からと同じやうな力を受けてゐる。しかし、太陽の質量は月に比べて非常に大きくても、距離もまた非常に大きいから、潮汐に及ぼす太陽の影響は、月の影響の約半分である。

地球から見て、月と太陽とが一直線に近くなるときには、その影響は強め合ふから、干満の差は大きくなり、直角方向に来るときには小さくなる。即ち干満の差は、新月と満月とのときに大きく、上弦・下弦のときに小さい。これが大潮・小潮といはれるものである。

海水には慣性があるし、また海の深さや海岸線などの影響があるから、實際の潮汐はずつと複雑で、月が南中するときに満潮になるとは限らない。また干満の差も場所によつて異なる。例へば、日本海では僅かに 10 cm

程度であるが、太平洋岸では 1 m を超し、仁川の如きは 8 m 以上にも達する(附圖参照)。

海水は干満に應じて、全體として地球の上を移動するわけであるから、それに相當する流れが生ずる。これが潮流であつて、海流とは異なり、1日に約4回づつ方向を變へる。狭い海峡などでは潮流が激しく、紀淡海峡や下關海峡などでは特に著しい。

## 9. 曆

地球の自轉や公轉は、非常に純粹な運動であるから、時間や時刻の基準にすることができる。

恆星に對して地球が1回轉するに要する時間を、24時間としたのが恆星時である。しかし、この時計を基準としたのでは、それが同じ時刻を示してゐても、1年の間には、その時刻が晝であつたり、夜であつたりすることになるので、日常生活には不便である。

われわれが日常使つてゐる時は、太陽に對して地球が1回轉するに要する時間を、基準としたものである。最も精確に測定すると、太陽が或る方位に見えてから、翌日同じ方位に見えるまでの時間は、季節によつて違ひ、冬に長く夏に短い。これは地球の公轉軌道が圓ではなく、地球と太陽との間の距離が季節によつて違ふためである。われわれが日常使つてゐる24時間は、太陽に對して地球が1回轉するに要する時間を、1年中平均したものである。これを平均太陽日といひ、これに相當して、一樣の速さで動く假想的の太陽を考へ、これを平均太陽といふ。

1平均太陽日の365倍を1年とする。しかし地球が1公轉するに要する時間は、實は365.2422……日であるので、365日経つても、公轉軌道上の元の位置には戻つてゐない。4年間には、凡そ

$$0.2422 \text{ 日} \times 4 = 0.9688 \text{ 日}$$

の差を生ずる。それで、4年目毎に1年の日數を1日づつふやして置けば、大體ちやうどよいことになる。その年が閏年である。しかし、それでは1年について、凡そ

$$(1 - 0.9688) \text{ 日} \div 4 = 0.0078 \text{ 日}$$

だけよけいに加へ過ぎた食違ひがあり、400年の間には

$$0.0078 \text{ 日} \times 400 = 3.12 \text{ 日}$$

の差を生ずるから、その間で閏年を3回減らして置けばよい。それで、現在日本で使はれてゐる曆では、勅令によつて、次のやうに定められてゐるのである。

神武天皇即位紀元年數ノ四ヲ以テ整除シ得ヘキ年ヲ閏年トス 但シ紀元年數ヨリ六百六十ヲ減シテ百ヲ以テ整除シ得ヘキモノノ中更ニ四ヲ以テ其ノ商ヲ整除シ得サル年ハ平年トス

〔考察〕もし閏年を設けなかつたら、どんな不都合が起るか。

平均太陽の南中する時刻が、各地の正午である。しかし、各地でめいめいにさう決めて置いたのでは、各地の時計の盤面が同じでも、それは同時刻ではなく、また同時刻の時、各地の時計の盤面が同じではないから、日常生活には甚だ不便である。この不便を避けるために、地表を大體に於いて經度  $15^\circ$  づつの經帯に分け、それぞれの帯では同一の時計を用ひることにしてゐる。日本で用ひられてゐる中央標準時は、東經  $135^\circ$  の子午線を平均太陽が通過する時刻を、正午としてゐるものである。

(問題) 1. 東京の經度は、凡そ東經  $139^\circ 45'$  である。時計の正午は、太陽が東京で南中してからどのくらゐ後か。

日本で午前 0 時のときは、經度  $0^\circ$  の所は午後 3 時であり、西經  $120^\circ$  の所は午前 8 時である。しかし、日附はどうなつてゐるであらう

か。これは都合のよいやうに、約束によつて定めればよい。それで、比較的交通の少い經度  $180^\circ$  の線に、多少の出入を附けたものを境とし、これを日附變更線と定めてある。即ち、日本で 12 月 1 日午前 0 時のときは、經度  $0^\circ$  では 11 月 30 日午後 3 時であり、西經  $120^\circ$  では 11 月 30 日午前 8 時であるとする。太平洋を東に航海すれば、 $180^\circ$  の所で同じ日を繰返し、西に航海すれば、そこで 1 日とばす。

(問題) 2. 日本で 12 月 8 日午前 5 時に起つた事件が、直ぐベルリンへ打電されたとすれば、これを受け取るのは、ベルリンでの何月何日何時か。

(問題) 3. 時速  $600\text{ km}$  の飛行機が東經  $135^\circ$  の點を正午に出發し、赤道に沿つて西に向かつて 6 時間飛んだならば、目的地に到着するのは、その點の何時か。

## 10. 恆星の距離と光

地球の公轉軌道の直徑は約  $30 \times 10^7 \text{ km}$  であるから、これを大きな基線として、三角測量の方法によつて、比較的近くにある恆星までの距離を求めることができる。測定の結果によると、この基線の両端から見たときの方角の差は、地球に一番近い恆星<sup>1)</sup>に對しても約  $1''.6$  に過ぎない。

(問題) この星までの距離を求めよ。また、光がこの星を出てから地球に到達するには、どのくらゐかかるか。<sup>2)</sup>

望遠鏡によつて銀河を観察すると、細かい星がたくさん集まつてゐることがわかる。恆星までの距離と方向とを知つて、空間に於けるそれらの分布をしらべてみると、恆星は空間に一様に分布してゐるのではなく、大體中高かの碁石のやうな形に集まつてゐて、そ

1) この星は、ケンタウルス座のプロキシマ星である。  
2) 光が1年間に進む距離を1光年といふ。

の直徑は約十萬光年、中心での厚さは一萬五千光年程度のものである。さうして地球は、その中心から半徑の約  $2/3$  の所にあると考へられてゐる。この恆星の一まとまりを銀河系といふ。

また望遠鏡によつて観察すると、圖のやうな星雲と稱せられるものが、いくつも見える。これらの星雲は、銀河



系の大きさに比べて、何十倍乃至何百倍といふ距離にあり、それらがまた別の銀河系をなしてゐると考へられてゐる。

恆星はいづれも、太陽と同じやうに自づから光を發してをり、その光のスペクトルを撮影することができる。これらのスペクトル線の種類や強さから、恆星の成り立ちを推察

し、またそれによつて星の型式を分類することができる。研究の結果によれば、星は非常に長い間には、次第にその型式を變へて行くものと考へられてゐる。

恆星の明るさは、人の感覺に従つて1等星とか2等星とかいふ等級で表はしてゐる。實際の明るさが等比級數で増せば、人の感覺は等差級數で増すのが常である。1等星は6等星の100倍の明るさに見えるから、星は1等級多くなる毎に $\sqrt[5]{100}$ の比で暗くなつてゐる割合である。

6等星の明るさは、大體10 kmの距離にある1燭光の明るさである。

恆星はいろいろな距離にあるから、2倍の距離にある星が4倍の光を出してゐても、われわれには同じ明るさにしか見えない。星が發してゐる實際の光の量を比べようとするならば、眼に見える單なる明るさでなく、一定の距離に換算したときの明るさで

比べなければならない。

恆星の中には、明るさが一定でなく、周期的または非周期的に變化するものがある。變光星といはれるのがそれで、鯨座の $\alpha$ 星などは約11箇月を周期として、2等星から10等星の間を變化する。

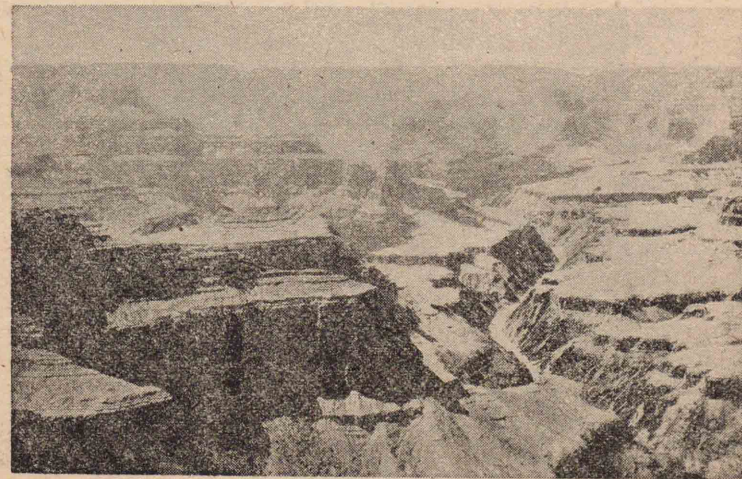
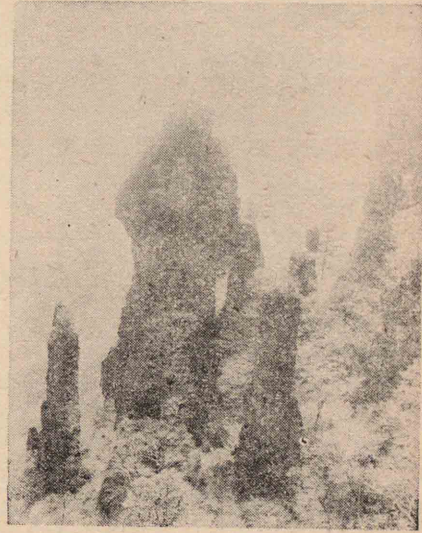
## 4. 地 球

### 1. 侵蝕と堆積・隆起と沈降

地球の表面には、陸や海や、山や谷や、平野や河などが複雑に分布してゐる。これらの有様は、どういふ経過によつてでき上つたのであらうか。また山や崖に現はれてゐる岩石を観察すると、砂が固まつたもの、丸い砂利が集まつたもの、角ばつた礫が集まつたものや、またさうでなくて、緻密な一続きになつてゐるものもあり、それらがいろいろに重なり合つてゐる。これらの岩石やその分布は、どうして形成されたのであらうか。これらを正しく解釋すれば、地球が昔から経過して來た歴史を知ることができる。

現在でも河は土地を削つて、その土砂を下流や海に運んでは堆積させてゐる。地震に際しては、土地が隆起したり沈降したりする。

火山が噴火すれば、火口から熔岩が流れ出たり、灰や岩塊を飛ばしたりする。何億年といふ長い間、地球上にはかういふことが繰り返して行はれて來たのである。また地表に露出してゐる岩石は、気温の變化、雪・霜・氷などの作用や生物の働きなどによつて、次第

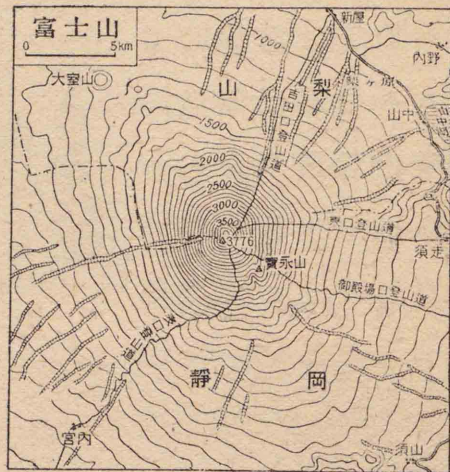


に崩されて土壌となつて行く。これが風化作用である。このやうに地表には、いろいろな作用が働いてゐる。

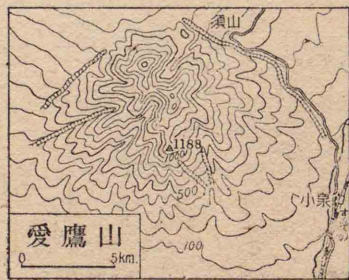


〔考察〕 1. 海の

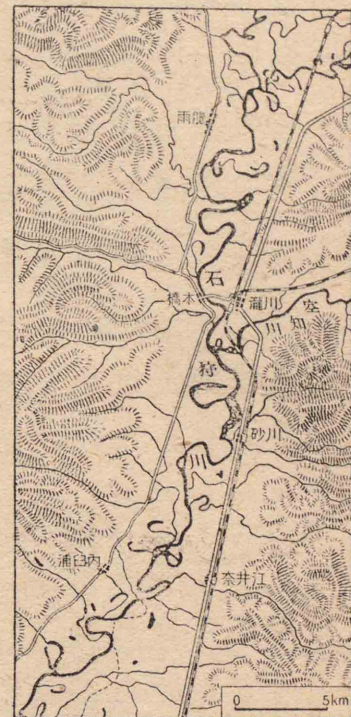
波浪、河降雨などが、地形にどんな影響を與へるか。85—87頁(上)の圖などについて考へてみよ。



或る地域が非常に長い間、侵蝕を受け續けたならば、どんな地形になるであらうか。海面上の部分は結局



削り取られて、遂には海面にすれすれの平地となつてしまふであらう。このやうにしてできる平坦な土地を準平原といふ。かういふ所が隆起す



れば、高い所に一續きの平らな場所を生じ、そこに侵蝕が働けば、谷が刻まれ、遂にはまた海面上の部分が削り取られてしまふ。北上山地の地形などは、この中ほどの状態であると考



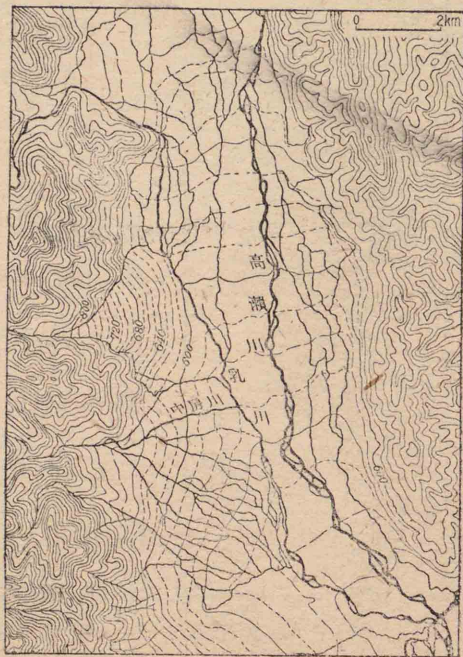
へれば、よく理解することができる。

このやうに、いろいろな条件によつて、地表がどんな状態になるかを考へて置けば、或る地形を見て、それがどのやうな経過によつてできたものであるかを推定することができる。

侵蝕は地形を崩して行く破壊の作用であるが、削られた土砂は結局どこかに堆積してゐるのであるから、一方では建設の作用が行はれてゐるわけである。

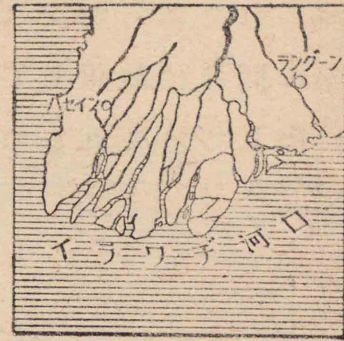
〔考察〕 2.

88・89頁の圖に示したやうな地形は、どういふ経過でできたのであらう



か。

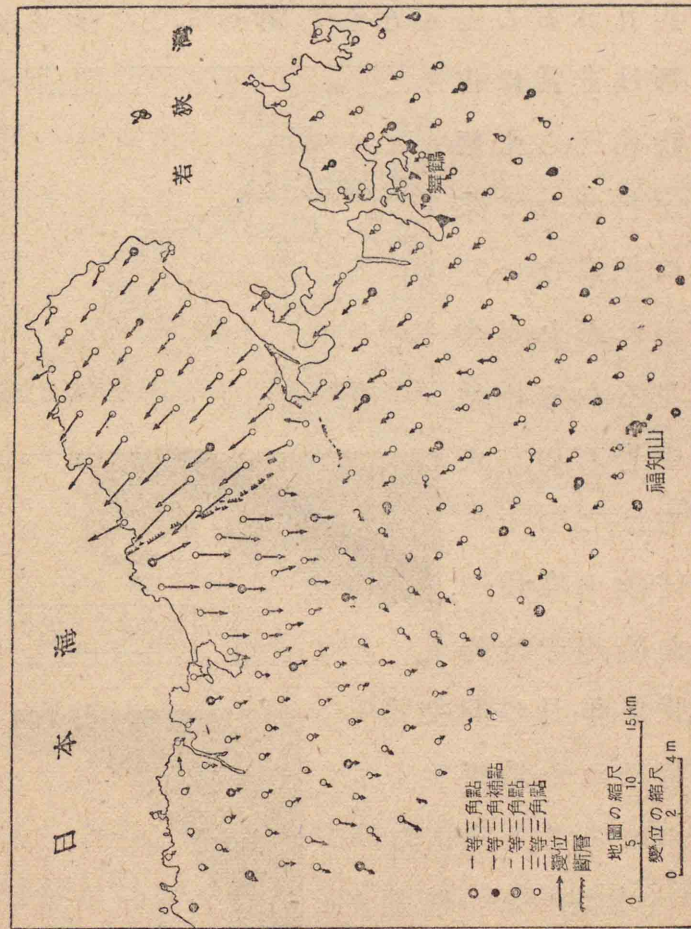
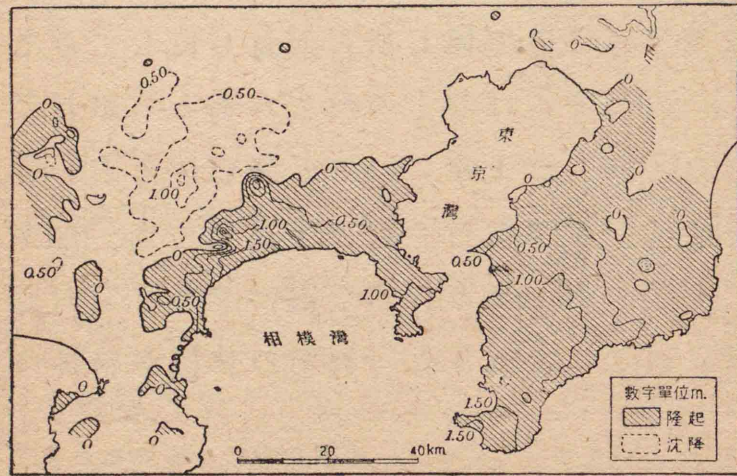
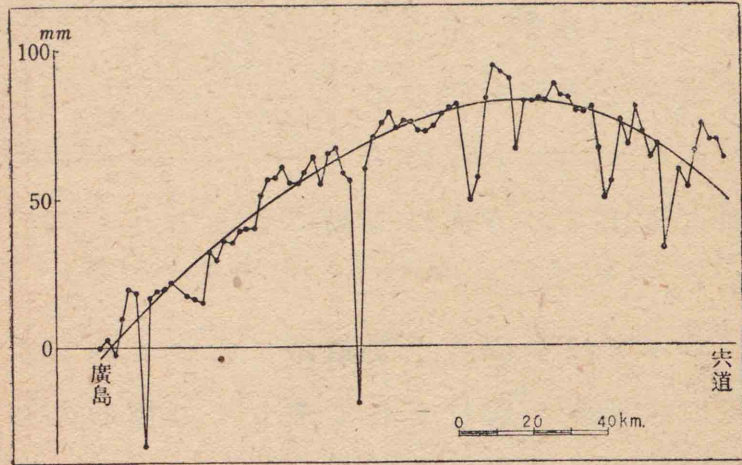
陸地は徐々にはあるが、隆起したり沈降したりしてゐる。現在でも精密な測量を行つてみると、土地は水平の方向にも、上下の方向にも動いてゐることがわかる。



日本では、全國の主要道路に沿つて、約2km毎に水準點が設けられてあり、その標石の高さが非常に精密に測られてある。數年または數十年隔てて、同じ所を測量し直してみると、その高さには若干の變化があるのが常である。假りに1年に1mm隆起するとしても、同じ割合で進行すれば、十萬年には100mにも達する。また日本全國に互つて三角點<sup>1)</sup>が設けられてあり、その標石の位置が精確に

1) 陸地測量部の五萬分の一地圖の適當なものを取り、三角點・水準點の位置をしらべてみよ。

測られてあるが、これらの相対的の位置も、永年の間には變化して行く。殊に激しい地震に際しては、これらの變形は急激に進む。



前頁の上圖は、明治24年から大正10年までの広島六道間の水準線路に沿つた高さの變化を、その下圖とこの頁の圖は、關東地震・丹後地震による土地の變形を示したものである。

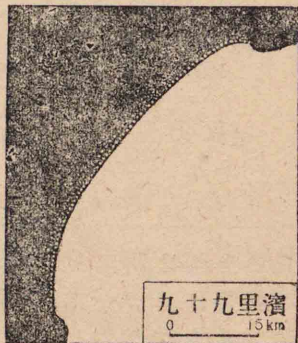
現在高い山となつてゐる地層の中から、貝殻やその他の海の生物の遺骸が、化石として

見出されることなどから考へると、これらの變形は、非常に古い時代からも絶えず行はれて來たに相違ない。

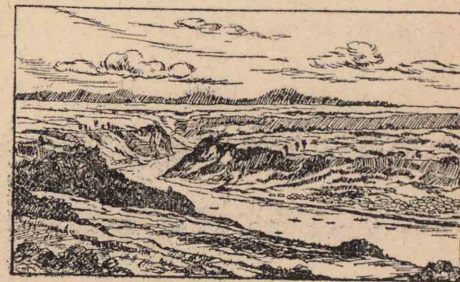
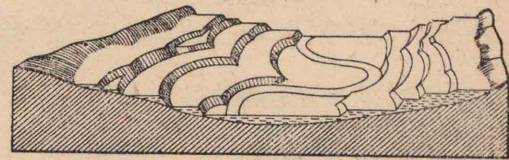
われわれが今日見るやうな地形や岩石の重なり方は、このやうに侵蝕や堆積や、また隆起や沈降が、長い年月の間交錯して行はれた結果生じたものである。

〔考察〕 3. 陸地が隆起したり沈降したりすれば、海岸の地形はどうなるであらうか。

緩く流れてゐる河が、陸地の變動によつて



その勢を増せば、侵蝕が盛んになつて谷をめぐり、兩岸に古い河床を残すことになる。かういふのを河岸段丘といふのである。

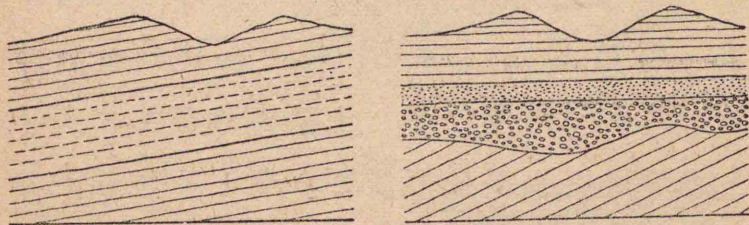


## 2. 堆積岩

河によつて運ばれた土砂が堆積して行くとき、地層は水平に形成され、新しく堆積するものは古く堆積したものの上に載るのは當然である。随つて、現在陸地に於いて傾いた地層が観察されたならば、そこは堆積後隆起と傾動とを受けたといふことが判断され、また古い地層が新しい地層の上に載つてゐるならば、そこには大規模な變動があつたことが判断される。

〔考察〕 侵蝕を受けた地域が沈降して海底となり、その上に砂などが堆積した後、またそこが隆起したとするならば、地層のどのやうな重なり方が観察されるであらうか。

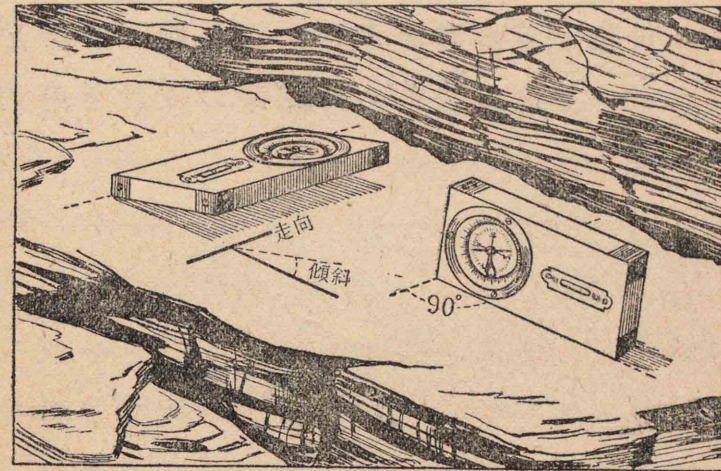
新舊の地層が、連続して平行に重なり合つてゐる状態を整合、さうでない状態を不整合



といふ。不整合があれば、その上の層が堆積する前に、土地は一旦隆起して侵蝕を受けたといふことがわかる。

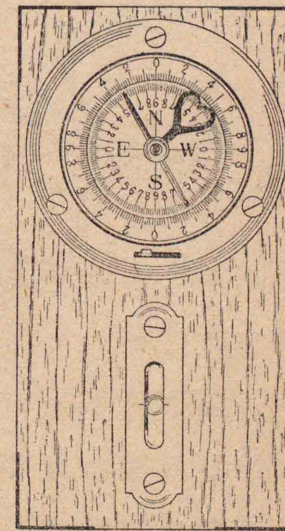
このやうに、地球上にいろいろな變動が起れば、それに應じた岩石の重なり方や地形を生ずるのであるが、年代が経つにつれて、地形

は次第に破壊されてしまふから、非常に古い



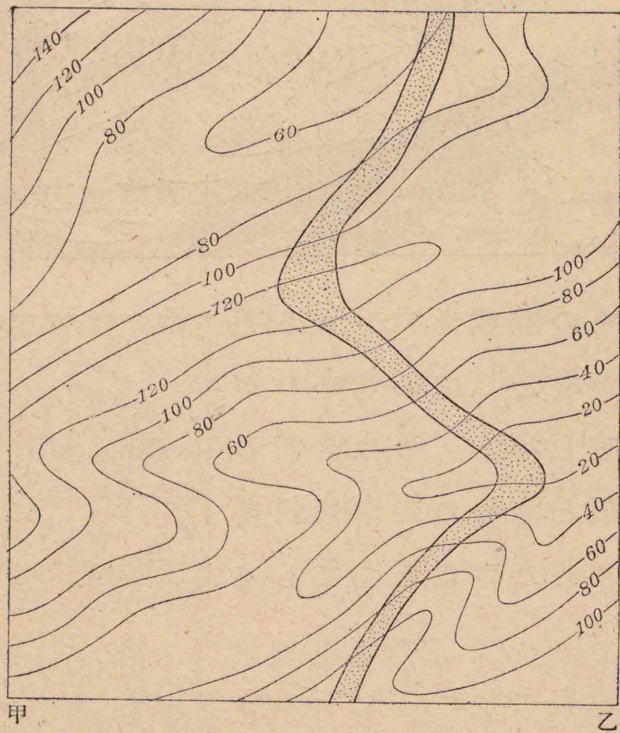
ときの状態を推定する手がかりとして、われわれが観察し得るものは、岩石の種類と、地層の走向・傾斜・重なり方だけになつてしまふ。

地表に於ける岩石の分布を示す圖が地質圖であるが、それと等高線とを對照して、いろいろな岩石の重なり方を推定し



て行くことができる。

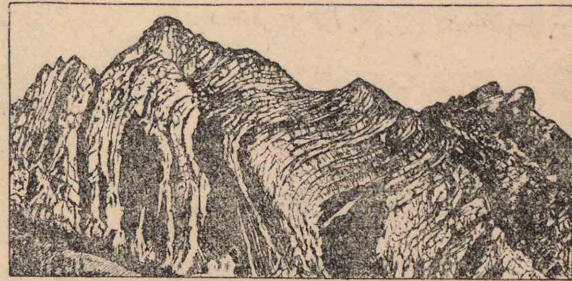
(問題) 下の圖に示された地層の傾斜と厚さを求めるために、露頭の位置を甲乙の線に投影してみよ。



堆積當時は水平であつたに相違ない地層が、現在ではいろいろに傾き、全體を大きく見ると、一續きの層が大きな皺をなしてゐる所

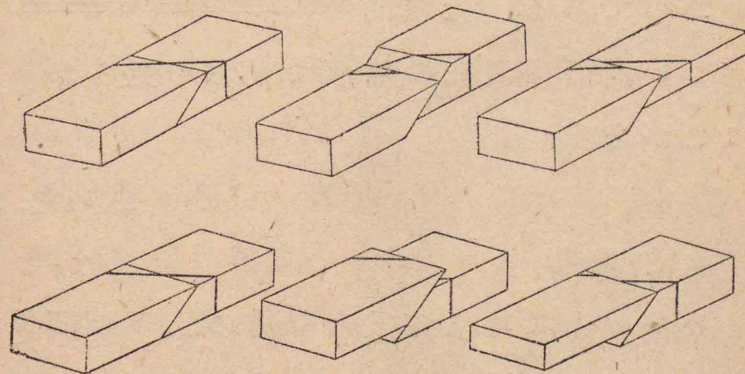
がある。この地層の皺は褶曲と呼ばれ、それが上に向かつて凸になつてゐる部分を背斜、凹になつてゐる部分を向斜といふ。しかし

現在の山や、その他の高くなつてゐる所は、必ずしも背斜の部分ではなく、却つて反對な場合の方が多し。

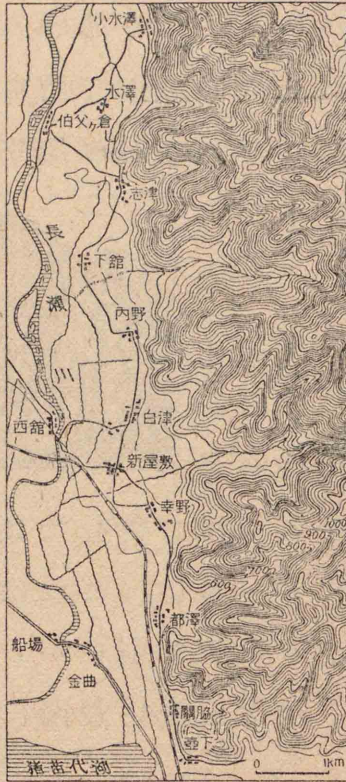


これは背斜の部分は、侵蝕に對する抵抗が弱いからである。

地層が廣い範圍に互つて一續きになつて



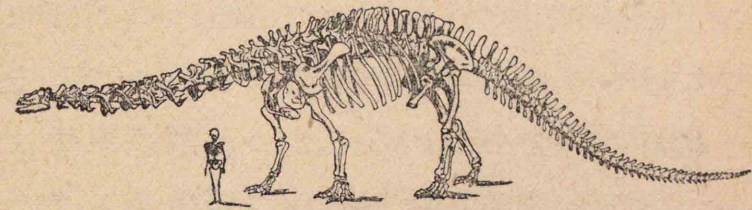
みないで、ところどころで断ち切れて、食違ひを生じてゐる場合がある。この部分を断層といふ。断層によつて劃された二つの部分の片方が、前頁の圖のやうに、断層面に沿つてずり落ちたやうな形式のものと、ずり上つたやうな形式のものがある。これをそれぞれ正断層・逆断層といふのである。比較的新しい断層は、現在の地形でもよく見られることがある。



### 3. 古生物

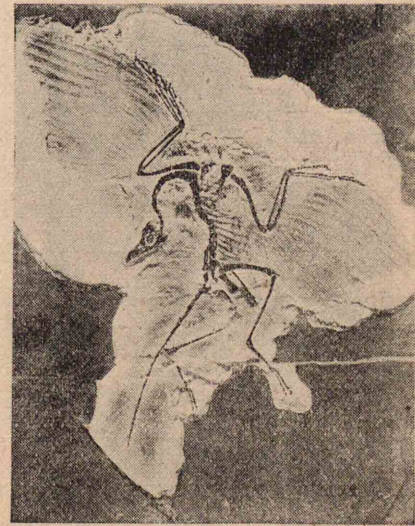
いろいろな地層の重なり方の上下の関係をしらべて行けば、これらの地層の新舊の順

序を定めることができる。それらの地層の中から、それが堆積しつつあつたときに棲息してゐた動物や植物の遺骸が、化石として採



られることがしばしばある。このやうな事柄を系統だててよくしらべて行けば、どの地層が堆積する頃には、どんな生物がゐたかといふことがわかる。

その中で、或る時代の地層のみにしか見出されない化石がある。これは、その地層が堆積した時代にのみ棲息してゐた生物で、後に絶滅してしまつた



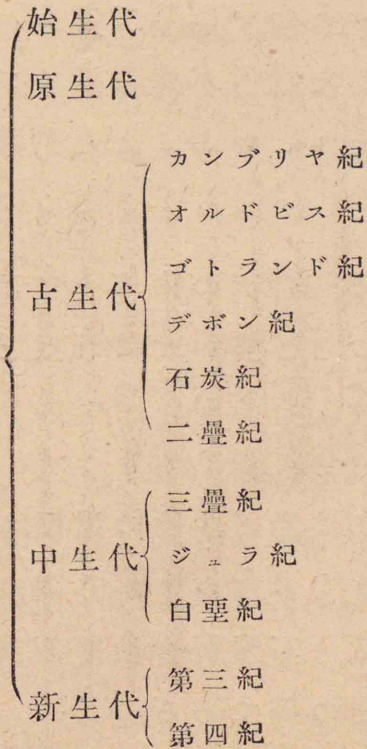
ものである。それ故、他の地方で、それと同じ化石を含む地層があれば、直ちにその地層は、さきの地層と同じ時代に堆積したものであることが判定されるわけである。この意味で、このやうな化石を標準化石といつてゐる。

化石の研究を進めると、どの種類の生物はいつ頃から地球に発生し、いつ頃繁榮し、また

主要生物		人	哺乳類	鳥類	爬虫類	兩棲類	魚類	節足動物	軟體動物	腔腸動物	原生動物	被子植物	裸子植物	羊齒類	藻類
地質時代		類	類	類	類	類	類	類	類	類	類	類	類	類	類
新生代	第四紀	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	第三紀		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
中生代	白堊紀		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	ジュラ紀		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	三疊紀		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
古生代	二疊紀				■	■	■	■	■	■	■				
	石炭紀				■	■	■	■	■	■	■				
	デボン紀				■	■	■	■	■	■	■				
	ゴトランド紀						■	■	■	■	■				
	オルドビス紀							■	■	■	■				
代	カンブリヤ紀							■	■	■	■				
	原生代														
始生代															

その後どうなつたかを辿ることができる。圖はそれらの變遷を示したものである。

以上のやうな立場から、化石の種類を基として、昔からの地質時代を次のやうに大きく分けることができる。



#### 4. 堆積岩の生成

堆積岩は、上で學んだやうに、それが堆積した時代によつて區別することもできるが、一方では、その物理的の組成からも區別することができる。例へば、細かい泥が固まつてできた泥板岩とか、砂が固まつた砂岩とか、礫が固まつた礫岩とかいふ類である。これらの區別は、堆積した場所が海岸近くであつたか、遠くであつたかといふことを判斷する上に大切である。

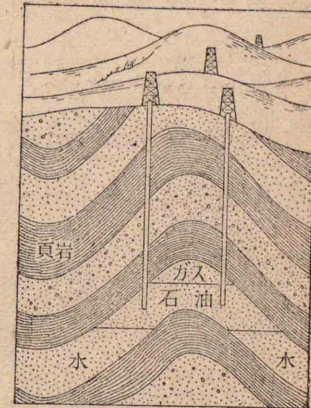
〔考察〕 不整合面の直ぐ上には、礫岩が載つてゐることが多い。これはどうしてであらうか。

地層の中には、殆ど生物の遺骸、もしくはそれに由來するものばかりから成り立つてゐるものがある。石炭層・含油層・石灰岩層・珪藻土層などは、その例である。

石炭は、地質時代の植物が地中に埋れ、酸素

のない所で分解して、炭素が残つたものである。良質の無煙炭の如きは、90%以上も炭素である。比較的新しい時代の植物の埋れたものは、概して炭化の程度が低く、最も新しい埋木や泥炭から、褐炭・黒炭・無煙炭と進むにつれて炭化が進む。我が國で現在採掘されてゐる石炭は、主として第三紀のものである。

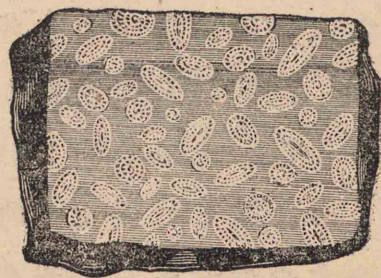
石油は、地質時代の生物の遺骸が地中に埋れ、熱と壓力とのもとで生成されたものである。密度が水よりも小さいために、それを含む砂岩質の地層の細隙を通つて、次第に背斜の部分に集まり、その上を覆ふ泥板岩や頁岩のやうな緻密な不透水層の下に溜まる。ジャワ・スマトラなどに於ける石油も、我が國と同様に第三紀の地層から産してゐる。



炭酸カルシウムを多く含む生物、例へば珊瑚

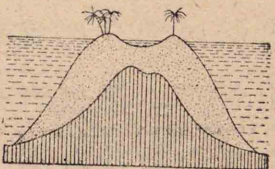
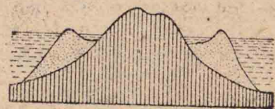
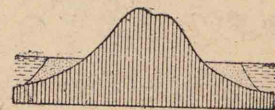


珊瑚類・有孔蟲類・石灰藻類などの遺骸が集まり、長い間に固まつて生じたのが石灰岩である。



熱帯から亞熱帯地方にかけて、水溫の高い所には珊瑚類がよく繁殖し、島の周りにだんだんと珊瑚礁を形成して行く。現在南方の島々には、地下數百メートルから海面上數百メートルに至るまで、一續きの珊瑚の遺骸からなつてゐる所がある。これらの造礁

珊瑚は、60m以内の浅い所にのみ棲息し得るものであるから、このやうに厚い

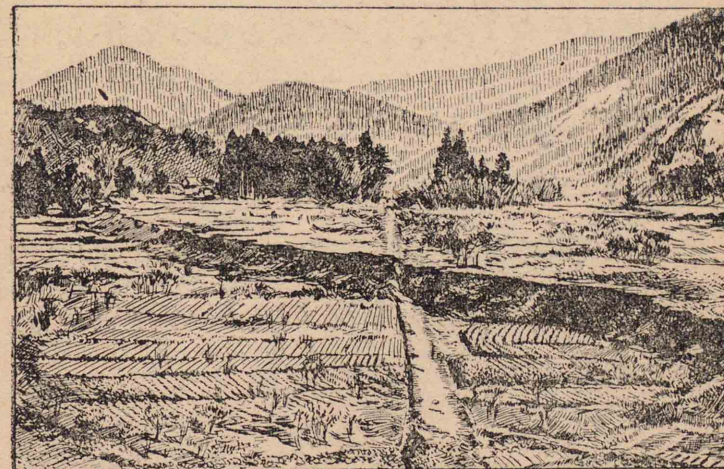


珊瑚の層があるといふことは、これらの島の基盤が激しい隆起や沈降を行つたか、または世界中の海水の量が甚だしく變化したか、ど

ちらかの結果であるに違ひない。

## 5. 地震

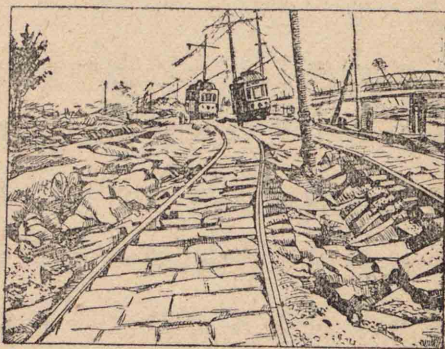
前に學んだやうに、地殻は徐々に、絶えず變動してゐるが、それが特に著しく認められるのは地震のときである。大きい地震のときには、地殻に數十キロメートル、ときには數百キロメートルに及ぶ大きな斷層ができ、その



兩側が相對的に數メートルも變位することがある。殊に日本には地震が多く、ときどき大損害を受けることがあるから、われわれは

よくその本性を究め、震災防止に努力しなければならぬ。

大正12年の関東地震では、十餘萬の生命が失はれた。人體に感じる程度の地震は、日本全國で、1年に約千數百回、被害を生ずる程度の地震は、平均1年に1回ぐらゐ起つてゐる。

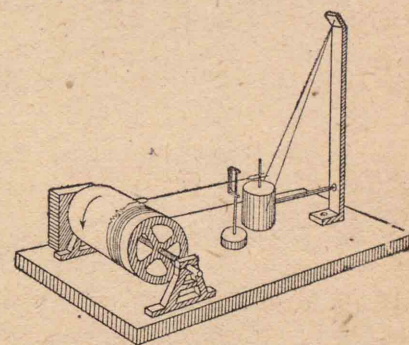


〔實驗〕 長さ1mぐらゐの絲で錘を吊した振子を作り、その頭を水平に振つてみよ。往復1秒以下で速く振つたとき、2秒で振つたとき、それよりゆつくり振つたときなどで、錘の運動の有様を比較せよ。

この實驗によつて、振子の周期に比べて頭を速く振れば、錘は殆ど一箇所に止まつてゐることがわかつたであらう。地震の振動の周期よりも長い周期を有する振子を作れば、

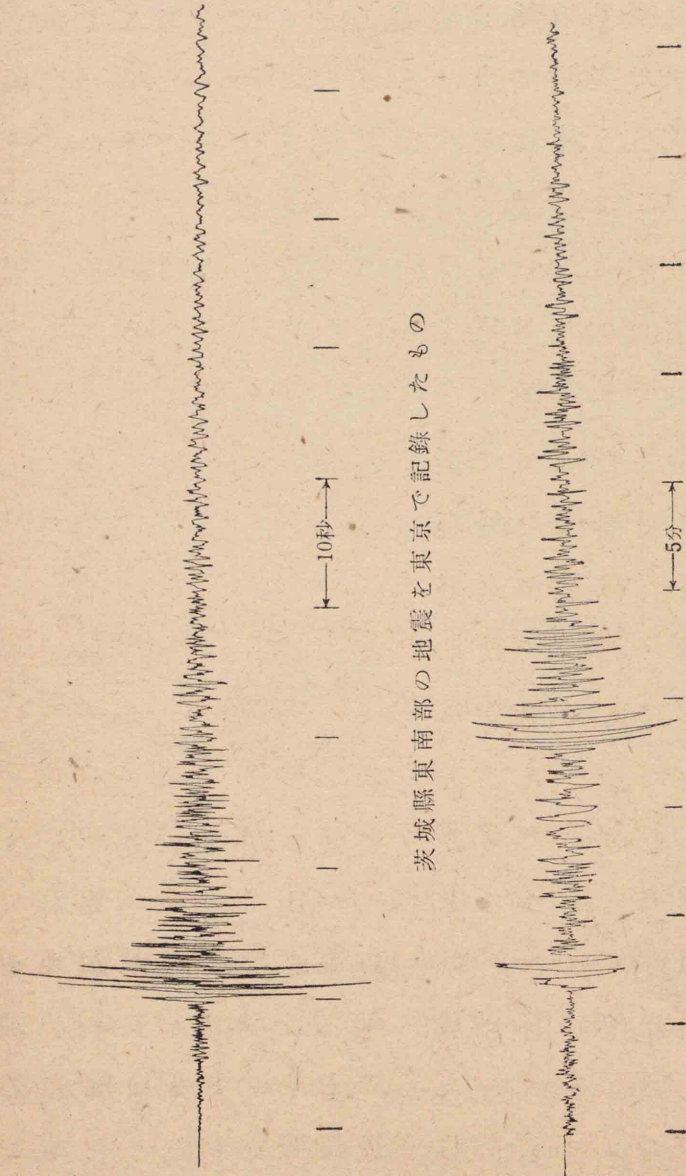
その振子の錘は地震のときにもあまり動かないで空間に止まるから、これと比較して地面がどう揺れたかを記録させることができる。この装置が地震計である。このやうに變位を描かせる目的の地震計では、振子の周期の長い方が望ましいから、そのためにいろいろな工夫がなされてある。圖に示したも

のもその一つで、振子の回轉軸を鉛直に近づけ、錘が水平に近い面内で動くやうにして、周期が長くなるやうに工



夫したものである。次頁の圖は、このやうな地震計によつて得られた地震記象である。

地震はこのやうに、初めはがたがたと小さく揺れ、暫くしてから急にゆさゆさと大きく揺れる。初めの小さく揺れてゐる部分を初期微動といふ。初期微動のときから既に大

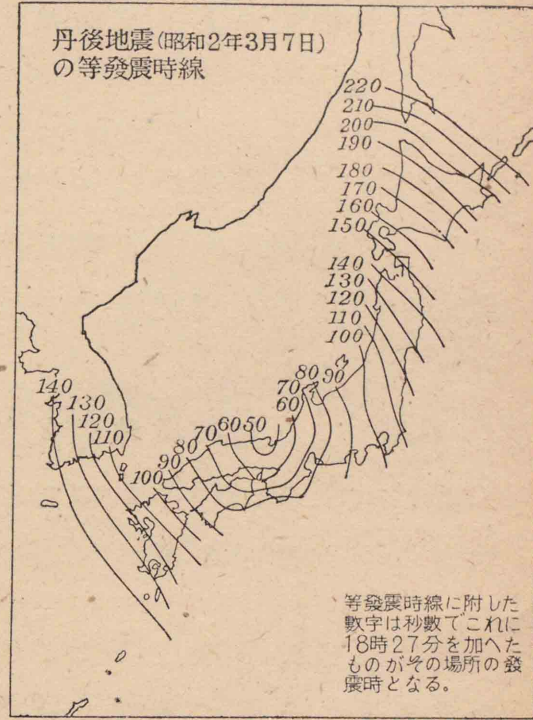


茨城縣東南部の地震を東京で記録したものの

インドの地震を東京で記録したものの

きい地震は警戒を要する。

各地に地震計を設けて、地震が始まる時刻を測ると、或る點を中心として圓形に擴がり、凡そ8km/秒の割合



でだんだん遅れて行く。また初期微動が終つて、急に振動が大きくなる時刻も、同じ點を中心として約4km/秒の割合で遅れて行く。これらの二つの振動は、同時に震原を發し、相異なる速度で地殻を傳はつて行く波動である。もつとも、これらの振動が傳はる速度は、岩石の弾性や密度などによつて異なる

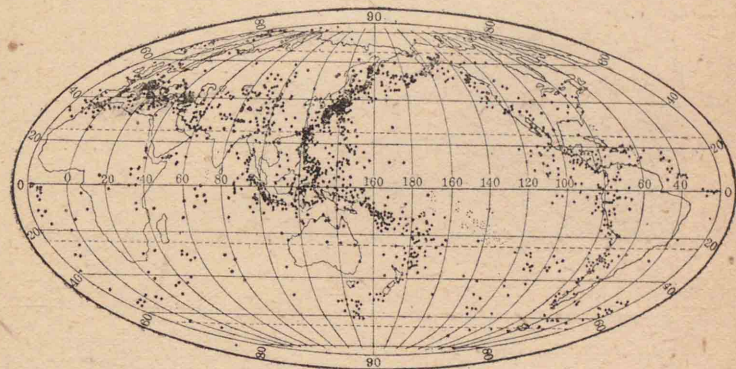
から、正しい圓形をなして擴がるわけではない。

(問題) 1. 震原から  $d$  km の距離にある點では、初期微動は何秒間續くか。初期微動が  $t$  秒ならば、震原までの距離は幾キロメートルか。

(問題) 2. 初期微動が東京で14秒、長野で25秒、大阪で39秒であつたとすれば、この地震の震原はどの邊か。

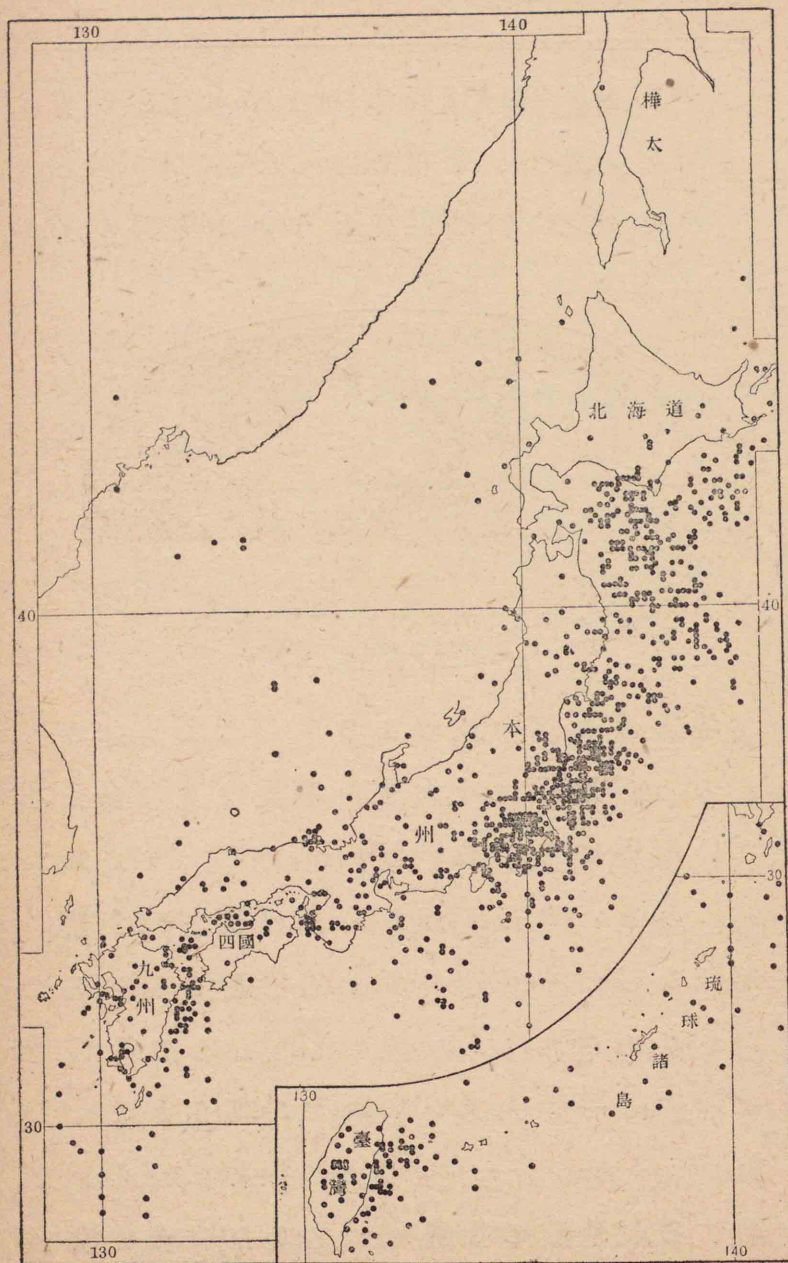
この問題のやうな方法によつて、震原の位置を求めることができる。地表に沿つて擴がつて行く地震波の圓の中心は、震原の眞上にあたる點で、これを震央といふ。震央でも、初期微動の時間は必ずしも0ではない。これは震原が地表から深い所にあることを示してゐる。研究の結果によると、大多數の地震は地下60km以内に起るが、ときには數百キロメートルの深さに起るものもある。

〔考察〕 111・112頁の圖は、日本及び世界に於ける震央の分布を示したものである。地震の多いのは、現在どういふ地勢の所か。



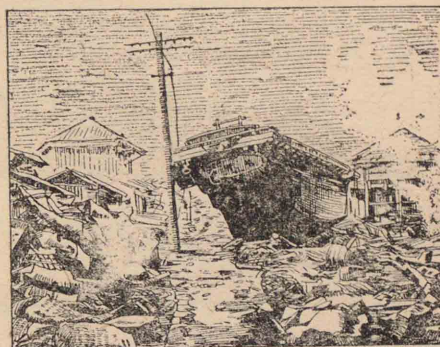
地震は1年中或は1日中、いつでも起るが、どちらかといへば、大きい地震は夏に多く、小さい地震は冬に多い傾向がある。また統計的にみると、地震が起る時刻は、例へば氣壓の配置などのやうな外界から影響を受けることが認められる。

地震の一番大きいものでは、震原地域では、數十センチメートル以上の振幅で土地が振動する。地震の振動は、大きい順に烈震・強震・



中震・弱震・輕震・微震などに區別してゐる。

地震の際に、海底の一部が急激に隆起したり沈降したりすると、海水が甚だしい擾亂を受け、大きな波となつて海岸に押し寄せて來る。特



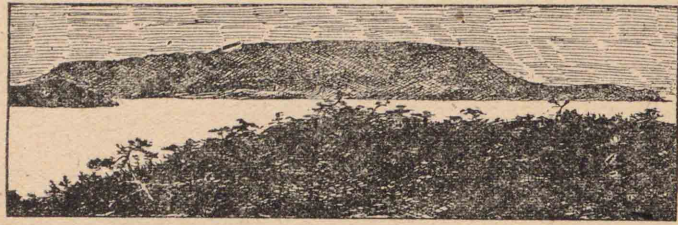
に細長い灣の奥などでは、その波が陸上に打ち上げて、著しい損害を生ずることがある。

### 6. 火山

地表では侵蝕・堆積・隆起・沈降の作用が行はれてゐるが、また一方に於いては、ところどころに火山があり、噴火して地貌を變化させてゐる。現在活動してゐたり、またその記録が残つてゐたりしなくても、嘗つて地質時代に噴火した證據のある所がたくさんある。

火山は、地下の深い所から高温の熔岩が流

れ出したり、また塊となつて飛び出したり、或



はまた元來そこにあつた岩石が吹き飛ばされたりして、それらが積み重なつて山をなしてゐるもので

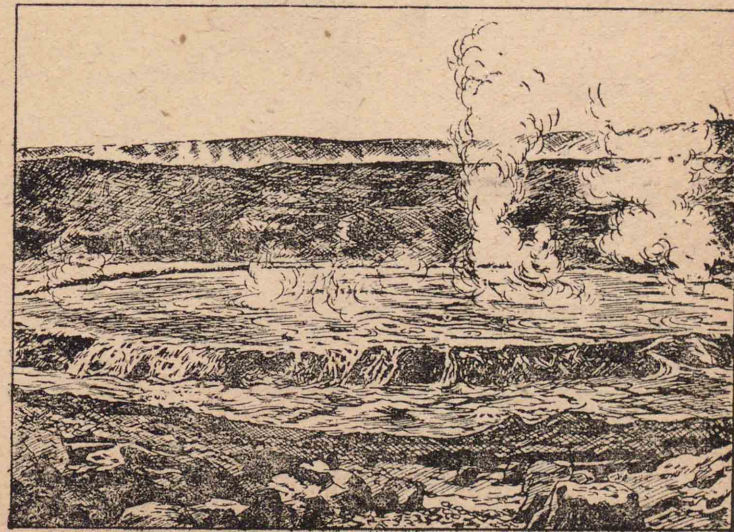
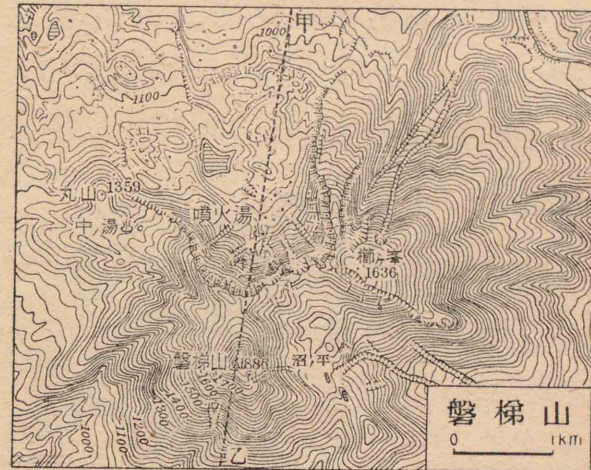
ある。噴き出す岩石の種類や噴火の様子などによつて、



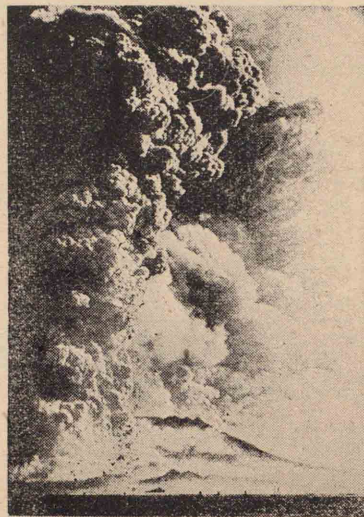
いろいろな形の火山ができる。熔岩の他に火山から噴出する主なものは、水蒸気、塩化水素、硫化水素などの氣體、火山弾、火山礫、火山灰などの碎片物である。

噴火の様子にも、いろいろなものがある。猛烈な爆發を起して山を破壊してしまふやうな噴火は、甚だ危険で被害も大きい。明治

21年の磐梯山の爆發などはこれである。またハワイのキラウエヤ火山のやうに、火口に



灼熱の熔岩が湛へられ、ときどきそれが静かに流れ出すだけで、その直ぐ傍まで行くことができるといふものもある。最も普通なのは、兩者の中間の形式のもので、爆發があつてそれから熔岩が流れ出すといふ順序をとるものである。大正3年の櫻島の噴火や、昭和15年の三宅島の噴火などは、この種のものであつた。

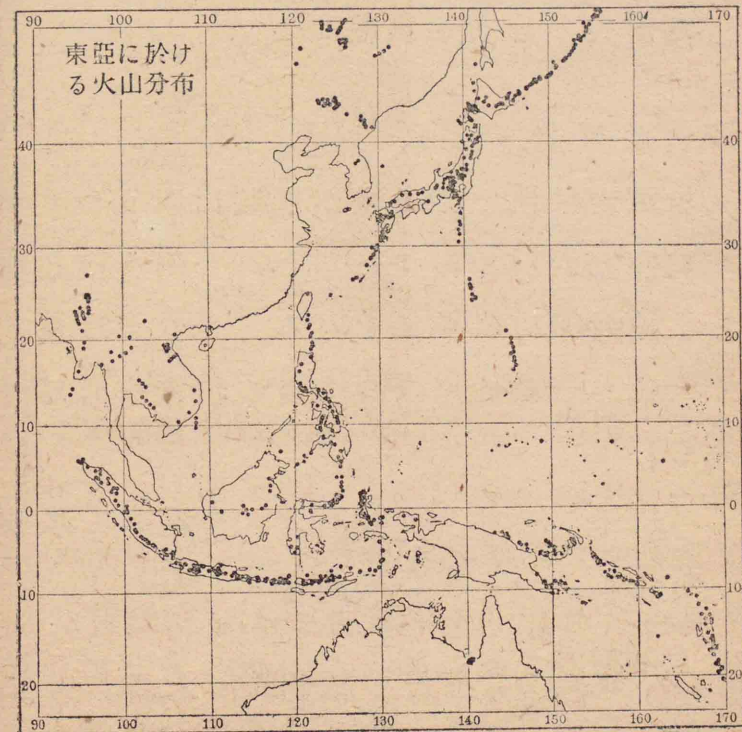


(問題) 前頁の磐梯山の圖で、甲乙の線で截つた断面圖を作れ。

火山は噴火を繰り返してゐるうちに次第にその活動が衰へ、永年の間には、遂に活動が止んでしまふ。現在ときどき噴火するものを活火山、歴史にその記録はあるが、現在では

殆どその様子を示さないものを休火山、活動の記録はないが、觀察によつて火山とわかるものを死火山といつてゐるが、その間にはつきりした區別があるわけでもなく、また休火山といはれたものが大爆發をした例もある。

火山も常に侵蝕を受けてゐるから、次第に谷が刻まれ、火山體の内部の高温の部分が地



表に近くなり、熱い水が出て来るやうになる。その水も、元來火山内部にあるものが出て来ることもあり、また單に地表から滲み込んだ水が温められて出て来ることもある。これが温泉である。

〔考察〕火山は現在どのやうな地勢の所に多いか、前頁の圖についてしらべよ。また震央の分布と比較せよ。

## 7. 火成岩

堆積岩は、泥や砂や礫が層狀に固まつてできてゐる岩石であつた。しかし、例へば花崗岩・玄武岩・安山岩などを見ると、さうではなくて、全體が一續きになつてゐる緻密な岩石である。

〔觀察〕これらの岩石をよく觀察し、堆積岩とどういふ點が違ふかをしらべよ。

上の觀察で見た通り、この種の岩石には層理がなく、小さい結晶やガラス質の物質が緻

密に集まつてできてゐるのである。小さい結晶は石英・長石・雲母・角閃石・輝石・橄欖石などである。

現在われわれは、火山から熔岩が流れ出し、空氣に觸れて急に固まることを目撃してゐる。その岩石をよくしらべると、ガラス質の部分と結晶の部分から成り立つてゐる。玄武岩や安山岩などは、このやうに火山から噴出して生ずる岩石で、噴出岩といはれる。しかし花崗岩を見ると、ガラス質の部分はなく、全部結晶が集まつてできてゐるのである。

これらの差は、どうして生じたのであらうか。地下のところどころに、岩漿と呼ばれる高温の液狀の物質があつて、それがゆつくり冷却して結晶を晶出しつつあるが、これが地表に噴出すれば、そのまま冷却して噴出岩を生じ、また地表に出る機會がなく、地下で各成分がそれぞれ全部結晶して固まれば、花崗岩のやうにガラス質のない岩石ができるので

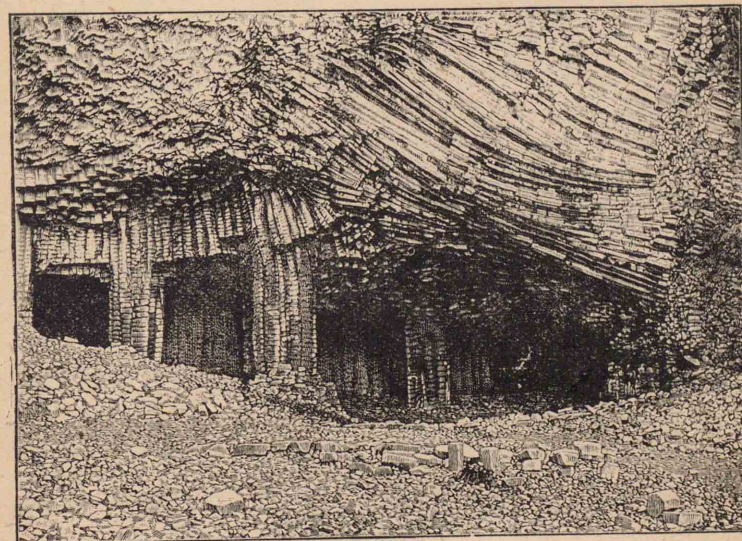


ある。噴出岩に對して、このやうな岩石を深成岩といふ。噴出岩も深成岩も、いづれも岩漿が固まつて生じたもので、一括して火成岩といふ。

火成岩の成分にも、いろいろなものがある。同じく噴出岩の中でも、流紋岩といはれる岩石のやうに白っぽいものから、玄武岩のやうに黒いものに至るまでである。流紋岩の全體としての成分は、花崗岩の成分と似てゐるが、花崗岩は全部結晶質である。玄武岩の全體としての成分は、斑糲岩といふ岩石の成分と似てゐるが、斑糲岩は全部結晶質である。これらの點から考へてみると、岩漿にもいろいろな成分のものがあり、またそれが急に固まるか、ゆつくり固まるかといふ條件によつて、上のやうな各種の火成岩ができるのである。このやうな立場から、火成岩をその成分と固まり方とに従つて分類すれば、次の表の通りになる。

	石英の多いもの	石英の少ないもの
噴出岩	流紋岩	玄武岩
深成岩	花崗岩	斑糲岩

火成岩は固まるときの物理的條件によつて、みごとな節理を現はすことがある。



## 8. 變成岩

既にわれわれは堆積岩・火成岩について學んだが、そのいづれでもないやうな岩石を観察することがある。例へば、石灰岩と花崗岩

とが相接してゐる所では、そこに近づくに従つて、石灰岩がどこからともなく大理石に變はつてゐる場合がある。この點から考へると、この大理石は花崗岩が貫入生成された際に、熱の影響などによつて、石灰岩が變質して生じたものであることが推察されるのである。

また片麻岩や結晶片岩などといはれる岩石は、廣い範圍に續いて分布してゐるが、その組成や性狀から考へると、これらの岩石も、元來は火成岩や堆積岩であつたのであるが、それより上にある岩石による壓力や、また地殼の變動に伴なふ壓力などによつて、廣い範圍に互つて、それから變質して生じたものであると考へられる。それを造つてゐる鑛物は、大體決まつた方向に沿つて配列してゐるので、片狀の組織が見える。

このやうに、熱や壓力や化學的影響などによつて、元の岩石から變質して、物理的性質

や鑛物組成の違つた岩石を生ずることがある。このやうな岩石を變成岩といふ。

## 9. 地下資源

〔考察〕重要な物資で、地下にその源を仰いでゐるものに、どんなものがあるか。これを數へあげてみよ。

われわれは既に石炭・石油などが、どのやうにして形成されるかを學んだのであるが、この他にもいろいろな経過によつて、有用な物質が地下で生成されるのである。有用な鑛物を含んでゐる岩體を鑛床といふ。

鑛床の成因をしらべると、次の二つに大別することができる。

1. 岩漿の固結に關係のあるもの
  2. 岩漿の固結に關係のないもの
- 岩漿が地下で冷却する際に、その中に有用な鑛物が晶出し、これが集まつて鑛床をなす

ことがある。冷却が進むと、岩漿の残液には氣體が多くなり、それが周囲の岩石の割れ目などに入り込んで、そこに鑛床を形成する。マライの錫鑛などは、このやうにしてできたものである。岩漿の冷却が更に進むと、残液は種々の成分を溶かした熱水となり、それが周囲の岩石の割れ目などに入り込んで、溶けにくい成分から次第に沈澱するやうになる。多くの金屬鑛床は、このやうにして生じたものである。また岩漿が周囲の岩石と接觸して、變質の作用によつて鑛床を生ずることもある。釜石の鐵鑛などは、花崗岩と石灰岩との接觸部に生じたものである。

岩漿の固結に關係のない鑛床にも、各種のものがある。ニューカレドニアのニッケル鑛の如きは、地表からの天水がニッケルを僅か含んである岩石の中に滲入し、これを溶かし、割れ目に沿つて沈澱して生じたものである。また浅い海や湖沼などの底に、水に溶け

てゐた成分が沈澱して鑛層をなすことがある。岩塩層・石膏層・カリ層などは、このやうにして生じたものであり、また大規模な鐵鑛層にも、同じくかうして生じたものがある。

また岩石が地表に於いて風化され、遂に土壤に變化してしまふ間に、有用鑛物だけが集中して取り残され、鑛床をなすことがある。アルミニウムの原鑛であるボーキサイトなどは、その一例である。また風化された岩石の細かい粒が水に流されて、比重の大きいものが集まつて堆積することがある。砂金・砂鐵などは、このやうにして生ずる。

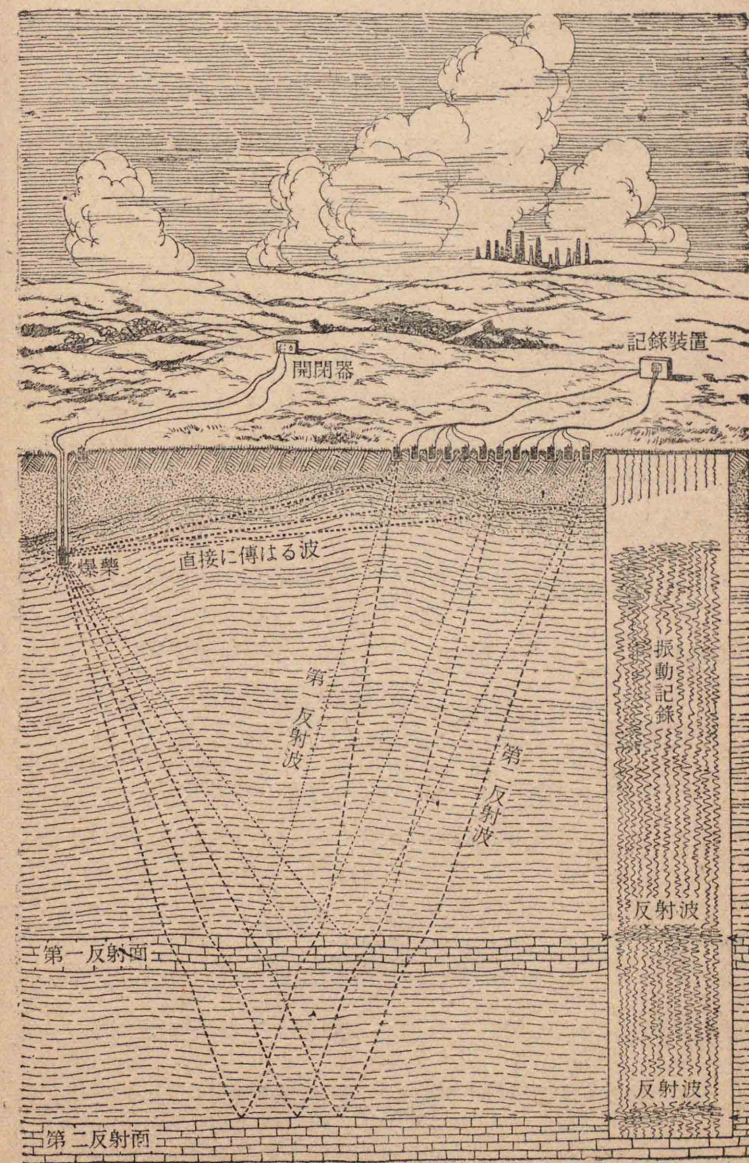
また岩漿の固結に關係のある鑛床もない鑛床も、その後甚だしい地殻變動などを受けると、また性質を異にする鑛床に變成されることがある。鞍山の鐵鑛、別子の銅鑛の如きは、その例で、いづれも變成岩中の鑛床である。

地下資源は、これを探査發見する必要がある。それには地質調査のみならず、いろい

ろな方法が講ぜられてゐる。例へば、鐵鑛床の附近では、地磁氣の分布に異常があるに相違ないから、その測定をすれば、密度の大きい岩石の上では、重力の分布に異常があるに相違ないから、その測定をすれば、いふやうな方法である。また硫化金屬鑛床の近傍には、それに起因する電流が流れてゐるに相違ないから、地面の各點の間の電位差を測るといふ方法なども採用されてゐる。また火藥によつて地表に人工的の小さい地震を起し、それが地下のいろいろな地層の面にあつて、反射したり屈折したりして來る有様を、地表に置いたたくさんの精密な地震計によつてしらべるといふ方法は、石油や石炭の探査に利用されてゐる。

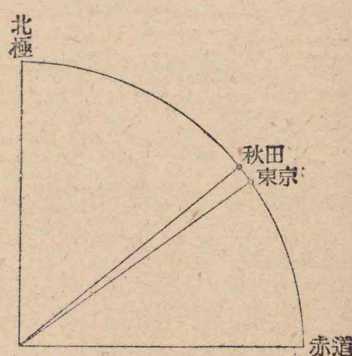
## 10. 地球

上の數節に於いて、われわれは地球の表面近くに起りつつある現象や、また嘗つて起つ



た現象について學んで來た。それでは地球そのものは、どのくらいの大きさ、どのくらいの質量、どのやうな形、どのやうな構造をもつてゐるものであらうか。

(問題) 1. 東京と秋田とは、ほぼ同一の經度であり、その間の距離は約 450 km である。東京の緯度を  $35^{\circ}39'$ 、秋田の緯度を  $39^{\circ}43'$  として、地球の半徑を求めよ。



(問題) 2. 二つの質量  $m_1, g, m_2, g$  が  $r$  cm の距離にあるとき、その間に働く引力  $f$  の大きさをダインで表はせば、

$$f = 6.68 \times 10^{-8} \times \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

で與へられる。また質量 1g のものと地球との間の引力は、凡そ 980 ダインである。このことから地球の質量を求めよ。

(問題) 3. 地球の質量を、その體積で割つて平均の密度を求めよ。岩石の密度に比べてどうか。このことから、地球の内部についてどんなことがわかるか。

長さ  $l$  で自由に振動する單振子の周期は、

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

で與へられる。同一の振子を諸所に運んで、その周期  $T$  を比較すれば、それらの地點に於ける重力の加速度  $g$  の値を比較することができる。

(問題) 4. 東京 ( $g = 979.8 \text{ cm/秒}^2$ ) で正しく 1 秒で振動する振子は、札幌では  $T = 0.9996$  秒で振動する。札幌の  $g$  はいくらか。

このやうに  $g$  は、極から赤道に近づくにつれて小さくなつてゐるが、これは地球が自轉してゐる影響と、地球が南北にやや扁平になつてゐる影響とのためである。よつて、地球

上の各地點で  $g$  を測つた結果から、地球がどのくらゐ南北に扁平になつてゐるかを求めることができる。それと大規模な測量の結果とを組み合わせ、地球の赤道半徑と極半徑との値を求めることができる。詳しいしらべによると、その値は次の通りである。

$$\text{赤道半徑 } a = 6377 \text{ km}$$

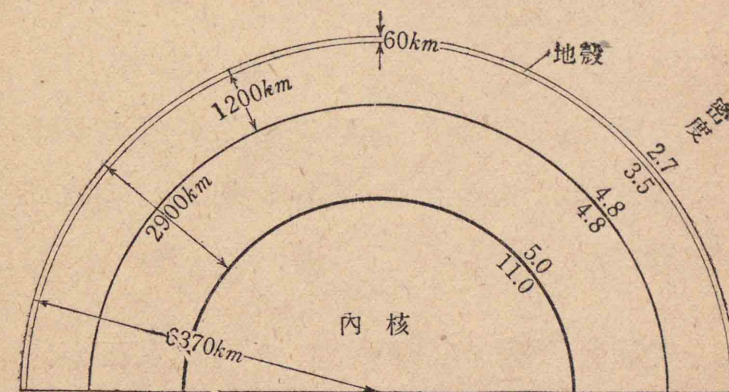
$$\text{極半徑 } b = 6356 \text{ km}$$

$$\text{扁平度 } \frac{a-b}{a} = 1/299$$

(問題) 5. 半徑  $5 \text{ cm}$  の地球儀を作るとすれば、赤道半徑と極半徑との差をどのくらゐにすればよいか。

大きい地震が起ると、世界中の敏感な地震計を動かし、108頁の圖で見たやうな記象が得られる。そのところどころで、振動の大きさが急に變はつてゐるが、これは地球内部にいろいろな物質の境があつて、そこで地震の波が反射したり、屈折したりして來ることの

影響である。このやうなことから、地球の内部がどうなつてゐるかを推定して行くことができる。これまでの研究によると、地球の内部は大體圖に示したやうに、異なつた物質

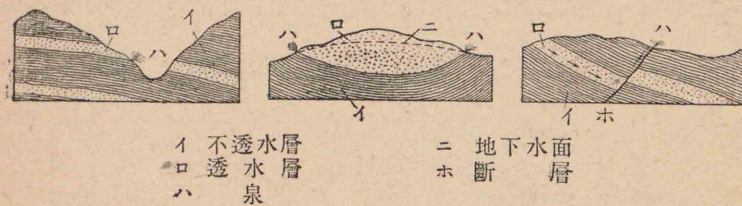


が重なり合つてできてゐる。その内核は、いろいろなことから考へて、主として鐵とニッケルとの灼熱體である。

## 11. 陸 水

地面に井戸を掘つてみるとわかるやうに、地下の或る深さに達すると、廣く一續きになつた水がある。この水は土や砂の粒の間に

溜まつたもので、その下に、例へば粘土のやうな、水を通さない層があつて、これを湛へてゐ



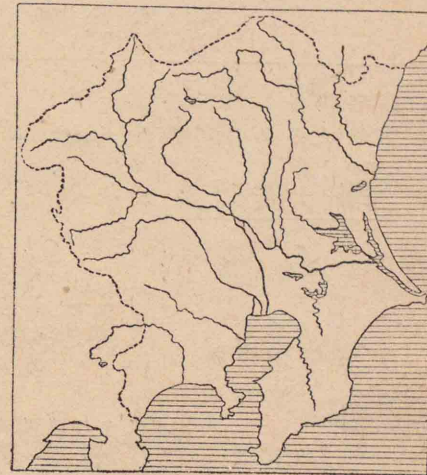
るのである。崖などで、この地層が断ち切れてゐる所では、この層の境から泉として水が湧き出す。

〔実験〕 近所の井戸水について、水面が地表からどのくらゐの深さの所にあるかを測れ。次に地表の高さを考へに入れて、水面の高さを求めよ。

地下水が一続きになつてゐて、その一方がずつと高くなつてゐれば、低い所では、それだけの圧力がかかるから、深い井戸からも自然に水が噴き出す。これが掘抜き井戸といはれるものである。

雨や雪となつて降つた水は、一部は地表を流れて河となり、遂には海や湖沼に注ぎ、一部は地中にしみ込んで地下水となり、泉から湧き出して河に入る。河からも海からも、水は

蒸發して再び雨や雪となつて降つて来る。このやうに水は絶えず循環し、その間に土地を削り、灌漑し、發電し、飲料を供し、氣候に影響を與へ、またときには、われわれに損害を與へてゐるのである。



# 物 象

(中學校用)

## 5

### 第二類

昭和19年1月21日印刷  
昭和19年1月25日發行 定價 70 錢

著作權所有

著者兼發行者 東京都神田區岩本町三番地  
中等學校教科書株式會社  
代表者 山本慶治

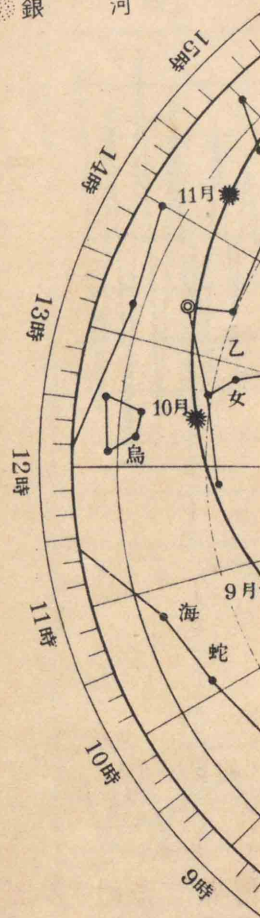
印刷者 大阪市浪速區西園寺町一〇三二  
岩岡書籍印刷所  
代表者 岩岡忠一  
(西大五九)

配給元 東京都神田區淡路町二丁目九番地  
日本出版配給株式會社

發行所 東京都神田區岩本町三番地  
中等學校教科書株式會社  
日本出版會會員番號 117522

(略名) 中學物象二類 5

- 1等星以上
- 2等星
- 3等星以下
- 銀 河



—— 黃 道  
周圍 / 數 / 赤 經



物象

(中學校用)

5

第二類

月 21 日 印 刷  
月 25 日 發 行 定 價 70 錢

所有

兼者

東京 都 神 田 區 岩 本 町 三 番 地  
中 等 學 校 教 科 書 株 式 會 社  
代 表 者 山 本 慶 治

者

大 阪 市 浪 速 區 西 園 手 町 一 〇 三 二  
岩 岡 書 籍 印 刷 所  
代 表 者 岩 岡 忠 一  
(西 大 五 九)

元

東京 都 神 田 區 淡 路 町 二 丁 目 九 番 地  
日 本 出 版 配 給 株 式 會 社

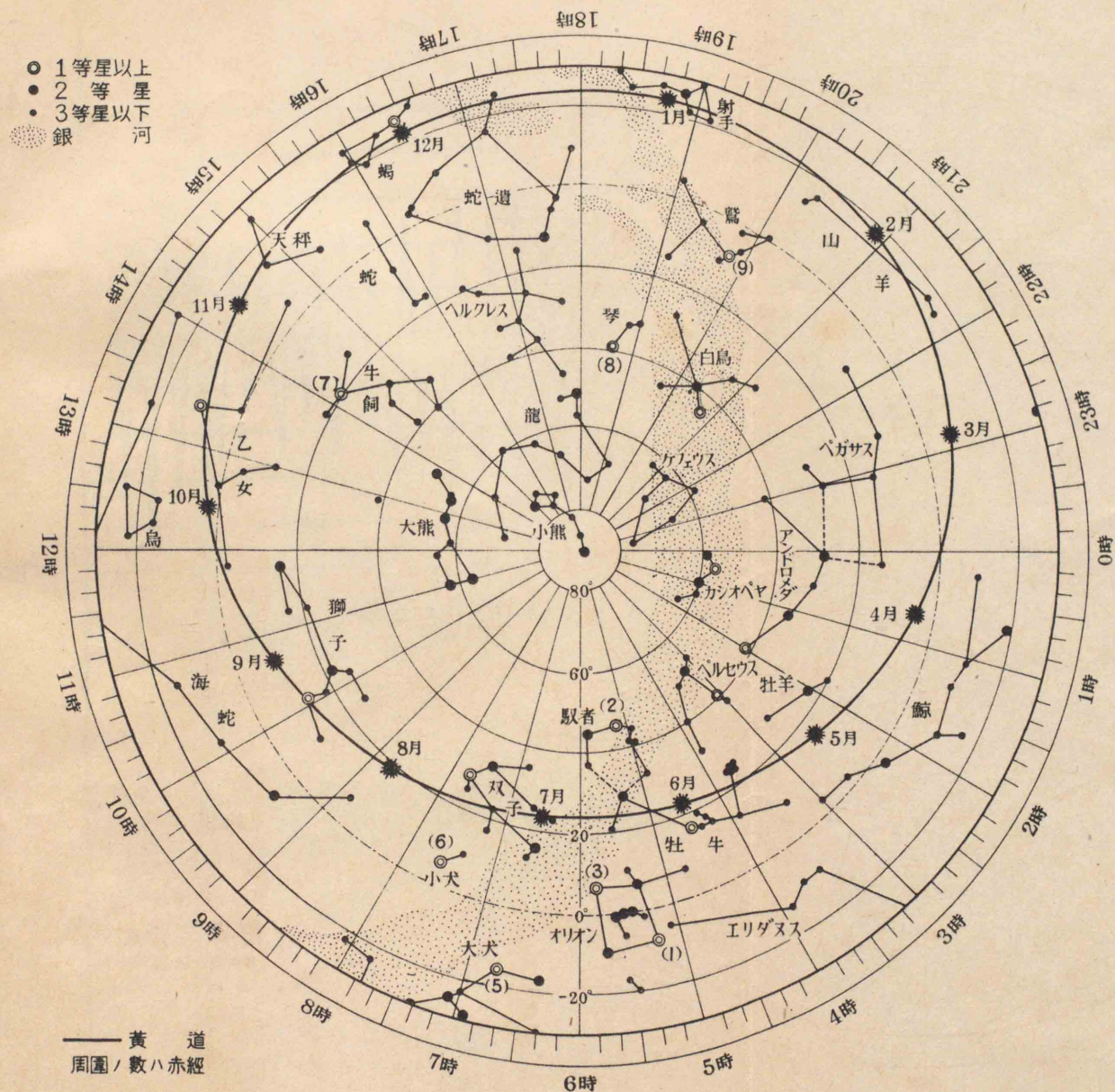
東京 都 神 田 區 岩 本 町 三 番 地

中 等 學 校 教 科 書 株 式 會 社

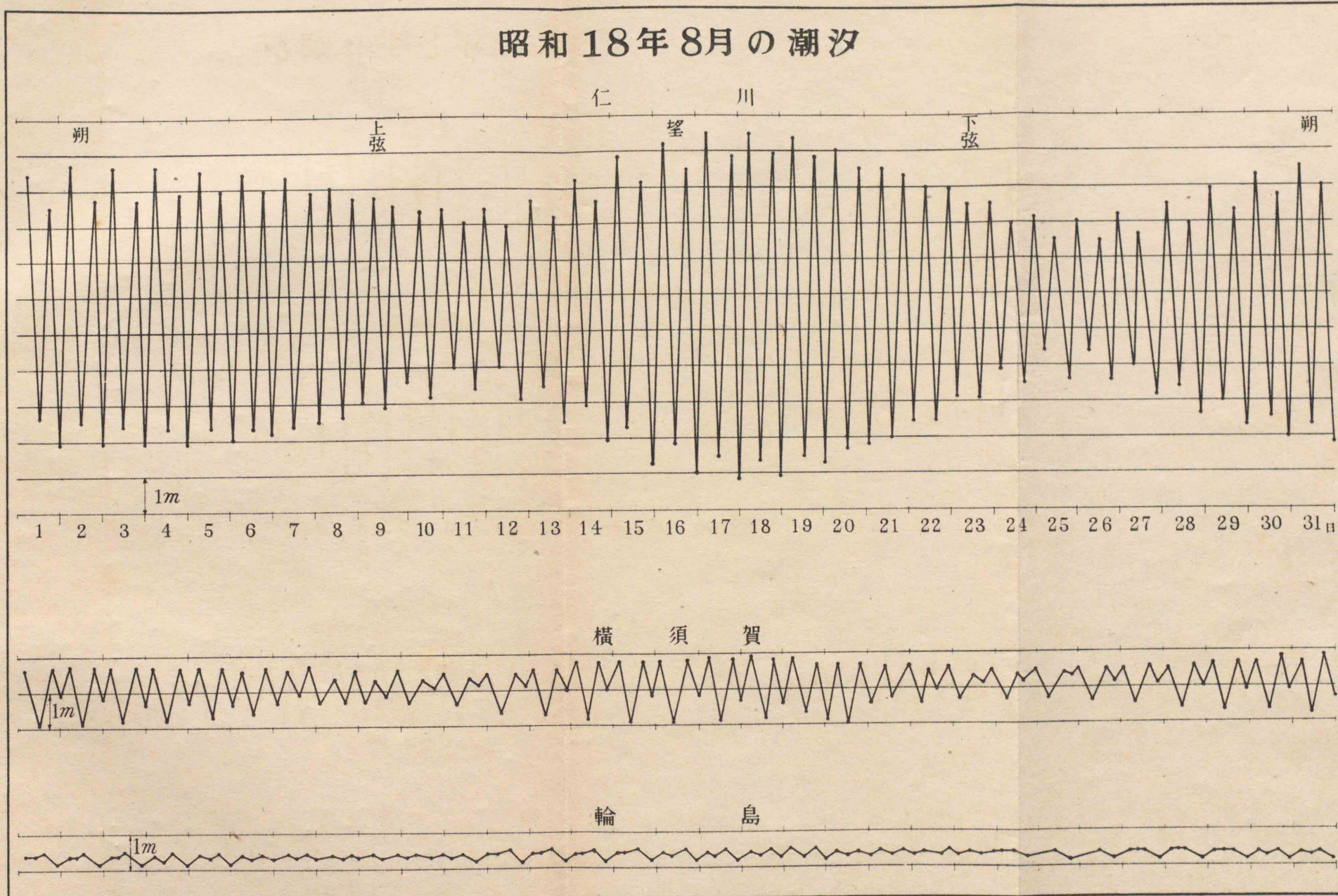
日 本 出 版 會 員 番 號 117522

(略名) 中學物象二類 5

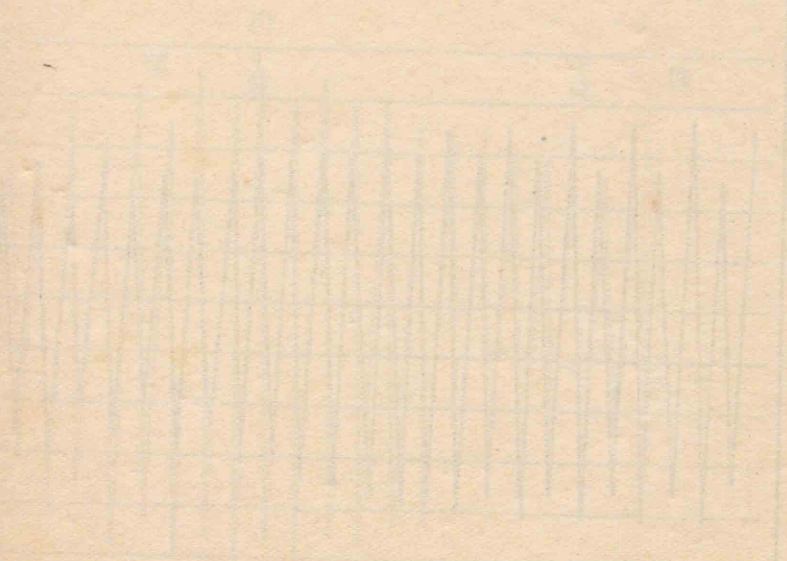
北半球恆星略圖



# 昭和18年8月の潮汐

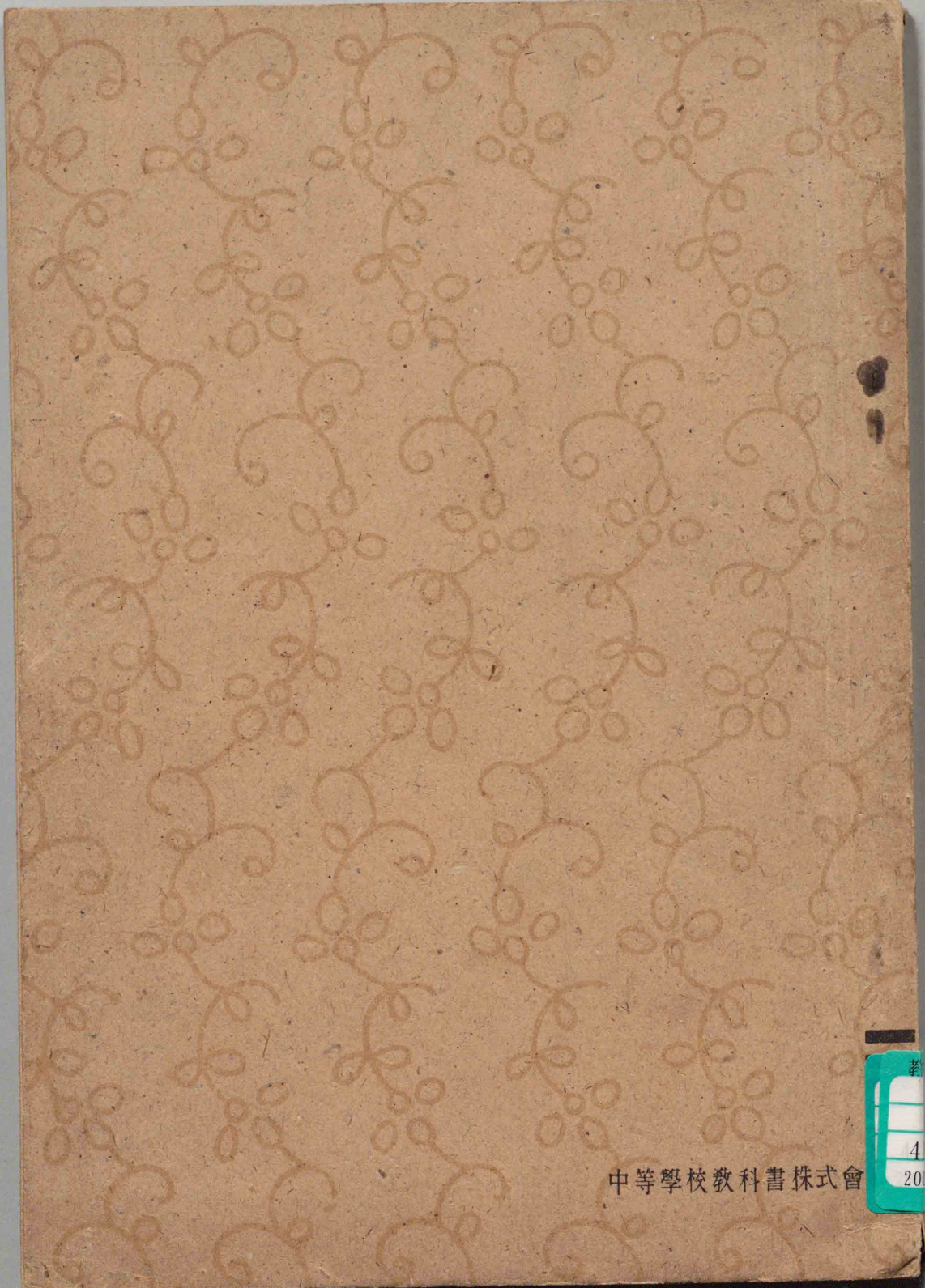


昭和33年の電圧



昭和33年10月1日





中等學校教科書株式會

著  
4  
20