

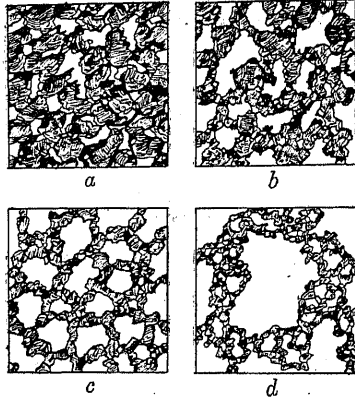
## 第二章 土ノ物理的性質

### 第一節 土ノ組織

7. 土ノ組織又ハ器械的構造 土ハ前ニ述べタ様ニ主トシテ種々ナル岩石ノ崩壊分解シテ出來タ破片ノ種々ナル大サヤ形ノモノガ散漫ニ堆積シタモノデ其堆積又ハ配置ヲ土ノ組織又ハ構造ト呼ブコトガ出來ル。土ノ組織ハ岩石ノ破片カラ成ル實質ノ部分ト實質ヲ包圍シテ居ル空隙ノ部分トノニカラ成ツテ居ル。其ノ實質ノ部分ハ其大サヤ形ハ種々異ツテ居ルガ、一般ニ粒狀ヲ爲シテ居ルカラ之ヲ土粒ト呼ビ、大小様々ノ土粒ガ相連繫シテ居ル。又其空隙ノ部分ハ即チ水ヤ空氣ナドガ此ニ入込デ居ル。即チ土ハゾロゾロシタ多孔質ノ風化シタ岩石ノ破片ノ間ニ空氣ヤ水ヲ含込デ居ル爲ニ植物ノ根ハ其土粒ノ間ニ伸ビテ可溶性ノ養分ヲ吸收スルコトガ出來ルノデアロ。

土ノ最モ簡單ナル組織ハ相等シイ半徑ノ球ガ駢ンダモノデアルガ、其駢ン方ニモ密集シテ安定ヲ得タモノト開放シテ不安定ナモノトアル。況ンヤ其球ノ半徑ガ大小不同デアルナラバ其配列又ハ構造ハ非常ニ複雑ヲ極メル許リデナク、更ニ其粒ノ形ガ圓カツタリ角バツタリ、又ハ細長カツタリ或ハ短肥デアツタリ、滑デアツタリ、ザラザラシタリ、更ニ其色澤ヤ環境ノ水分空氣等々マデ考ヘタナラバ土ノ組織ノ千差萬別到底之ヲ類別スルコトガ困難デアルコトハ想像シ得ラレル。又土粒ノ配列ノ状態ナドモ非常ニ變化シ易ク、縦シ顯微鏡ナドデ之ヲ窺イテ見テモ硝子面ナドニ擴ゲタモノト自然ニ密集シタ有様トハ勿論違ツテ居ルカラ、其組織ヲ精密ニ區別スルコトハ頗ル困難デアル。てるざぎー (Terzaghi) ハ土粒ノ大小ヤ水分ノ多寡又ハ粘着力ノ多少等カラ土ノ組織ヲ分類シテ、土粒ノ比較的大クテ大小不揃ノ度ガ甚シクナケレバ之ヲ粒狀土ト呼ンダ、砂ハ其好代表物デ其中ニモ第一圖  $\alpha$  ニ示シタ様ニ密集シ

タモノヤ *b* ニ示シタ様ナ粗放ナモノトアル。一般ニ粒狀土ハゾロゾロシテ居テ粘着力ガ少イ、更ニ細カイ泥土トナレバ其組織ハ蜂窩狀又ハ海綿狀ヲナシ



第一圖 土ノ組織  
(てるざっぎニ據ル)

テ細カイ土粒ガ連絡シテ居ル。第一圖 *c* ニ示シタ 窩狀土ガ即チ是デア  
ル。若シ又沈澱シタ土ノ構造ヲ見レ  
バボヤボヤシタ有様ヲ爲シ綿毛ノ様  
ナ外觀ヲ呈シテ居ル。第一圖 *d* ノ綿  
狀土ト呼バレルモノガ是デア  
ル。是等組織ノ差異ハ實質ト空隙トノ關係  
又ハ粘着力ノ多少、或ハ壓縮ニ對ス  
ル力ノ異同ナド、ナツテ現ハレテ來  
ル。

土粒ノ間ノ空隙又ハ孔隙ハ實ニ其中ニ空氣ヤ水ガ滲透スル處デア  
ルカラ農  
作上カラ見レバ非常ニ必要ナ關係ヲ持ツテ居ルガ、又工作物ヲ土ノ基礎ノ上  
ニ設ケル場合ニモ亦少ナカラザル影響ガアルカラ工學上亦之ヲ閑却スルコト  
ハ出來ナイ。極概括的ニ言ハバ土ノ孔隙ハ全容積ノ凡ソ 3 割カラ 5 割位ノ  
間ニ在ルコトハ後ニ述ベル通りデア  
ル。

土粒ガ凝集力ノ束縛ヲ受ケナイナラバ其小イ粒ノ大イ粒ノ間ニ填充スル傾  
向ヲ持ツテ居ルノデア  
ルガ是レ其粒自身ノ重量ト其上層ノ土ノ重量ニ壓サレ  
ル結果自然ニ緊マルノデア  
ル。然ルニ土粒ノ間ニ水ガ滲入シテ其孔隙ノ一部  
又ハ全部ヲ占有シテ居  
レバ水ハ殆ド壓縮不可能デア  
ル爲メ上部ノ壓力ニ對シ  
テモ抵抗力ガ強く、又凝集力ノ爲メ横ノ剪力ニ對シテモ又ハ摩擦ニ對シテモ  
異ナル抵抗ヲ與ヘルノデア  
ル。是等ノ現象ハ砂ト粘土トガ兩極端ノ代表物ト  
爲ツテ居ル。

8. 土粒ノ形 砂粒ハ圓イモノモアリ、角張ツタモノモアリ。又滑カナ表面  
ノモノモアリ、粗糙ナ表面ノモノモアルガ孰レモ其粒ノ形ハ水ガ孔隙ニ滲ミ  
込ム所ノ所謂滲透性ヤ粒ト粒ノ間ノ内摩擦及彈性等ニ對シテ著シイ影響ヲ與  
ヘルコトハ想像ニ難クナイ。而シテ砂粒ハ一般ニ嵩バツテ且ツ剛イ。又稀ニ  
ハ片鱗狀ヲ爲シタ雲母片ナドガ砂ノ中ニモ存在シテ金砂ナド、云ハレルモノ  
ヲ見ルコトモ少クナイガ、實際ニハ砂トシテハ其極メテ小部分ニ過ギナイ。  
之ニ反シテ粘土ハ主ニ塊メ得ベキ片鱗狀ノモノカラ成立ツテ居リ、殊ニ微泥  
ノ如キハ其成分非常ニ小ク、高度ノ顯微鏡ヲ以テシテモ其形ヲ識別スルコト  
ガ六ケシイ。唯粘土ノ分子ハ片鱗狀ヲナシテ居ルコトハ事實デア  
ル。

二枚ノ薄イ硝子片カラ成ル干涉接觸指示器ノ間ニ水ヲ入レテ薄イ膜ヲ作レ  
バ、一とん環ニ依ツテ膜ノ厚サガ  $0.1 \mu$  ニ過ギナイコトガ知ラレル。然ル  
ニ若シ蒸溜水ノ代リニ粘土ヲ溶シタ薄イ溶液ヲ硝子ノ間ニ入レルトキハ 1 乃  
至  $2 \mu$  ノ徑ヲ有スル粘土分子ハ亦件ノ接觸硝子片ノ間ニ在ツテ其片鱗狀ヲ爲  
シテ居ルコトガ知ラレル。

9. 土ノ粒ノ大サト其撰別 土ハ各種ノ岩石破片ノ粒カラ成ル集團デア  
ルト考ヘレバ其粒ノ大サト夫々ノ大サノモノガ全容積又ハ全重量ノ何割ヲ占メ  
テ居ルカタ知ルコトハ土ノ性質ヲ知ル上ニ最モ必要デア  
ル。

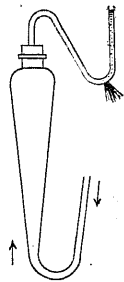
土粒ノ大サヲ撰別スルニハ先ヅ一定ノ大サノ篩目ヲ持ツタ篩別法ニ依ル。  
即チ乾シタ土ノ試料ヲ篩目ノ定ツタモノデ順次ニ撰別スレバ 0.2 耗マデハ篩  
デ分ケルコトガ出來ル。之ヨリ細カイ土粒ハ淘汰法又ハ沈澱法ニ依ツテ夫々  
其大サヲ種別スルコトガ出來ル。

10. 淘汰法 土粒ヲ各一ノ固體ト考ヘレバ水流ニ依ツテ推流サレルカラ各  
粒ヲ流ス所ノ水ノ流速ハ其粒ノ大サニ從テ異ルノデア  
ル。即チ流速ト粒ノ大  
サトノ間ニハ一定ノ關係ガアル理窟ヲ應用シタモノガ即チ淘汰法デア  
ル。從

來此ノ<sup>ヨナダ</sup>淘汰ナル方法ハ砂ノ中ニ混ツテ之ト比重ヲ異ニスル金屬ノ粒例ヘバ砂鐵トカ砂金トカ云フ様ナモノヲ水中中デ動搖シ、之ニ一種ノ流速ヲ有スル水ヲ流シテ砂カラ分離シタリ、又ハ穀物ヲ糠糠ヤ塵埃カラ分類スルニ水ヲ加ヘテ振盪スルノト同理ニ依ルモノデアアル。

一個ノ容器ノ中ニ土ヲ水ニ溶シタモノヲ入レテ其ノ水ノ流速ヲ色々ニ變ヘレバ一ノ流速ニ對シテハ之ニ推流サレルモノト推流サレヌモノトハ分レル筈デアアル。從テ順次ニ粒ノ大サニ應ジテ流速ヲ用ヒテ所謂淘汰ヲ行ヘバ土ヲ粒ノ大サニ從テ種別スルコトガ出來ル。若シ又異ナル直徑ノ細長イ數個ノ容器ヲ通シテ順次ニ流速ヲ増ストキハ前ノ場合ニ何回モ淘汰ヲ繰返ス代リニ連續シタ裝置デ淘汰又ハ撰別ヲ終ルコトガ出來ル。1866年ねーべる(Nöbel)ひるがーど(Hilgard)べるぐりにー(Pelegrini)等ノ淘汰法ヲ改良シテしえーねヤこべつき一等ノ淘汰器ガ考案セラレタ。

しえーね(Schöne)ハ1867年ノ頃既ニ淘汰器ヲ作ツタ。即チ土ヲ溶シタ濁水ヲ第二圖ノ倒錐狀ノ容器ノ底カラ入レテ上部カラ出スノデアアル。上部ニハ曲ツタ排出管ガ連ナリ、更ニ檢壓器ノ用ヲ爲ス所ノ垂直管ガ連絡シテ排出口ガ其下端ニ在ル。即チ此垂直管ノ水ノ高サヲ一定ニ保テバ排出スル水量又ハ之ニ等シイ流入水量ヲ調節スルコトガ出來ル。其後種々ノ改良ガ企テラレ、或ハ調節ノ方法ヲ簡單ニシタリ、或ハ異ナル半徑ノ容器ヲ順次連續配列スルニ至ツタ。



第二圖  
しえーね淘汰器

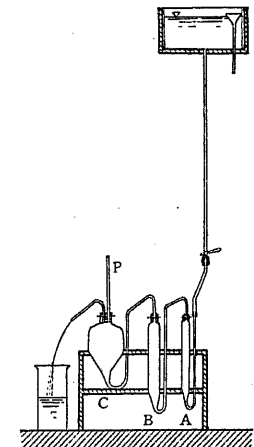
淘汰法ニ於テ沈澱シテ殘ル泥土ノ粒ノ大サハ夫々異ナル流速ニ呼應シテ定ツテ居ルベキ筈デアアルコトハ前ニ述ベタ通りデアアル。而シテ此兩者ノ關係ハ各器ニ就テ反覆之ヲ測定シナケレバナラナイ。即チ流速ニ對シテハ檢壓器ノ

壓高ガ定ツテ居リ、望ム流速ヲ生ズル爲ニハ其流量又ハ此流量ヲ生ズベキ壓高ヲ知レバ良イ勘定デアアル。わーんしやふえ(Wahnschaffe)ヤしゅれひと(Schrecht)ハ泥土ノ粒ヲ球狀ノ石英砂ト假定シテ泥土ノ流速ト其粒ノ大サヲ次ノ如ク定メタ。

第三表 泥土ノ粒徑ト流速

流速(毎秒耗)	泥土ノ粒徑 (耗)
0.2	0.01 以下
0.5	0.01—0.02
2.0	0.02—0.05
7.0	0.05—0.10
25.0	0.10—0.20

こべつきー(J. Kopetzky)ノ淘汰器ハ今日最も廣ク用ヒラレテ居ルモノ、一種デ、第三圖ハ其裝置ヲ示シタモノデアアル。土ノ中ニハ膠質物ノ爲ニ小サナ塊ヤ綿毛狀ニ堅マツテ居ルモノガアルカラ、先ヅ土ヲ煮沸シテ後能ク之ヲ摺潰ブシ、或ハ充分之ヲ振盪シテ土塊ヲ解ゴサナケレバナラナイ。例ヘバ凡ソ50瓦ノ土ヲ12時間蒸溜水ノ中ニ入レ、更ニ2時間蒸気ヲ加ヘテ煮沸シ、其冷却シタ後護謨ノ手套ヲ箆メテ土塊ヲ摺潰ブシ、度々水ヲ取換ヘテ濁リガ無クナリ、塊リガ無クナル迄之ヲ繰返シ、摺潰シノ間流レ出タ濁水ハ之ヲB壘ニ入レ、試



第三圖 べつきー淘汰器

料ノ土ノA壘ト區別シテ置ク、此ニ煮沸スレバ土ノ性質ハ多少變化スル虞ガアル。振盪ノ場合ニモ亦12時間土ヲ蒸溜水ノ中ニ入レ置キ、更ニ其土水ヲ半バ蒸溜水ヲ滿シタ壘ニ入レ振盪器デ6時間振盪シ、後之ヲ靜カニ沈澱セシ

メル。而シテ濁リノ水ヲ B 壘ニ入レ、残りノ試料ヲ A 壘ニ入レテ置クコトハ前ノ場合ト同様デアル。此法ニ依レバ煮沸ノ場合ニ起ル様ナ土質ノ變化ハ起ラナイ。

次ニ淘汰器ハ數多ノ硝子壘カラ成リ先ヅ A 壘ニ試料ノ土ヲ B 瓶ニ濁水ヲ入レ一方ノ送水槽カラ清水ヲ送レバ其大小様々ノ土粒ヲ含シダ泥水ハ凡テノ壘ヲ流レ去ルノデアル。然ルニ硝子壘 A, B 及 C ハ其直徑夫々 30 糎 56 糎及 178 糎デアル爲メ其中ヲ通過スル流速ハ夫々毎秒 0.7 糎 0.2 糎及 0.02 糎ニナツテ居ルカラ、A 壘ニ殘ル土粒ハ其粒徑 0.1 糎以上ノモノ、ミデ、同様ニ B 壘ニハ 0.1 乃至 0.05 糎ノ土粒ノモノ、C 壘ニハ 0.05 乃至 0.01 糎ノ直徑ノ土粒ガ沈澱シ、更ニ細微ナル土粒ハ次ノ容器ニ流サレテ行クカラ之ヲ捕集シテ置クノデアル。各壘ハ豫メ水ヲ滿シテ後泥水ヲ送り、送水槽ニ於テハ其餘水吐ノ高サヲ一定ニシテ從テ各壘内ノ流速ハ各一定ナラシメ、C 壘ノ上ニハ水位ヲ示スベキ驗水管 P ガ挿入セラレ、其上ノ標ニ依ツテ必要ナ流速ヲ與ヘル水柱ノ高サ又ハ水頭ヲ知ルコトガ出來ル仕掛ニナツテ居ル。斯クノ如クシテ淘汰法ハ數時間繼續シテ排出セラレル水ガ全ク澄切ルニ至ツテ止メル。是ニ於テ各壘ノ殘渣ヲ沈澱セシメ、之ヲ蒸發皿ニ入レ、砂浴ノ法デ之ヲ乾燥スル。後之ヲ冷マシテ各部分ノ重量ヲ測リ、當初ノ試料ノ重量ノ何割何分デアルカヲ知ルコトガ出來ル。

11. 沈澱法ノ理論 一定ノ比重ヲ有スル液體ノ中ヲ他ノ比重ヲ有スル所ノ半徑  $r$  ナル球ガ落下スルトキ、始ノ間ハ其落下ノ速度ガ漸次増加シ、其液體ノ抵抗ガ一定ノ限度ニ達スレバ其後ハ一様ナ速度  $v$  ヲ以テ落下ヲ續ケル。今  $\sigma$  ヲ其球ノ比重、 $\rho$  ヲ液體ノ比重、 $\eta$  ヲ液體ノ内摩擦力又ハ粘性係數、 $g$  ヲ重力加速度トスレバすと一くす (Stokes) ノ研究カラ

$$v = \frac{2}{9} g \frac{\sigma - \rho}{\eta} r^2 \quad [1]$$

一定ノ液體ト球ニハ  $\sigma$  ヤ  $\rho$  及  $\eta$  ハ亦一定デアルカラ、 $\frac{2}{9} g \frac{\sigma - \rho}{\eta} = K$  トスレバ [1] ハ

$$v = K r^2 \quad [1']$$

トナル。或ハ又 [1] ハ次ノ如ク表ハスコトガ出來ル。

$$r = \sqrt{\frac{9}{2} \frac{\eta}{(\sigma - \rho)g} \cdot \sqrt{v}} \quad [2]$$

此ニ攝氏 20° ニ次テ  $\eta = 0.010$ ,  $\sigma = 2.7$ ,  $\rho = 1$ ,  $g = 981$  糎/(秒)<sup>2</sup>,  $v$  ヲ糎/秒デ表ハセバ

$$r = 5.222 \cdot 10^{-3} \sqrt{v} \quad [2']$$

トナル。すと一くすノ等式ハ落下速度ガ小イ場合又ハ粒ガ從テ小イ時ニ適用スベキモノデアル。落下速度ガ大クナリ、粒ガ大クナレバ液體ノ中ニハ其沈下ニ伴ツテ不規則ナ流レガ起リ、前ノ推論ニ誤差ガ生ズル。あれん (Allen) ニ從ヘバ石英球ヲ水中デ沈下サセル場合ニ其半徑ハ 0.085 糎ヨリ大クテハナラナイ。此限界ヲ越エレバ速度ハ前式ニ示スモノヨリ大クナル。之ヨリ大ナ速度ニ適用シ得ベキ公式ヲおぜえん (Oseen) ハ次ノ如ク計算シタ。

$$v = \frac{-\frac{C_1}{r} + \sqrt{\left(\frac{C_1}{r}\right)^2 + 4rC_2}}{2} \quad [3]$$

$$\text{此ニ} \quad C_1 = \frac{8\eta}{3\rho}, \quad C_2 = \frac{16}{27} \frac{g(\sigma - \rho)}{\rho}$$

おーでん (Sven Odén) ノ研究ニ依レバ泥土ヲ水中ニ落下シテ毎秒 2 糎ノ落下速度マデすと一くすノ公式デ計算シタ直徑ハあつた一べるぐ (Atterberg) ヤほーる (Hall) ガ顯微鏡デ視タ結果ト能ク一致シテ居ルヲ見レバすと一くすノ公式ハ充分精密ナ結果ヲ與ヘルモノト考ヘルコトガ出來ル。

以上落下ノ速度ハ廣イ液體ノ中デ球ヲ落下シタ場合ニ現ハレルモノデ、若シ狹イ器ノ中ニアル液體ノ中デアルナラバ其周圍ヤ底ノ影響ヲ考入レナケレ

バナラナイ。今ら一でんべるぐ (Ladenberg) = 従へバ R ヲ液體ヲ入レタ容  
器ノ半径、L ヲ其ノ長サトスレバ

$$v = \frac{2}{9} \frac{g(\sigma - \rho)r^2}{\eta \left(1 + 2 \cdot 4 \frac{r}{R}\right) \left(1 + 3 \cdot 1 \frac{r}{L}\right)} \quad [4].$$

r ガ R ヤ L ニ比較シテ非常ニ小サケレバ [4] ハ [1] トナル。

然シ實際土粒ヲ水中等デ沈下セシメル場合ニハ其各土粒ハ球狀ヲ爲サナイ  
カラ、有効直径ナルモノガ考案セラレ、土粒ト同シ速度ヲ以テ落下スル様ナ  
球ノ直径ヲ想定セラレテアル。即チすと一くすノ公式ガ與ヘル土ノ粒径 r ハ  
計算カラ見出サレル有効半径デ顯微鏡デ測定セラレル土粒ノ寸法デハナイノ  
デアアル。

らむ (Lamb) ハ  $v$  ガ  $\frac{\eta}{\rho r}$  ニ比シテ小サイ場合ニノミすと一くすノ法則ガ  
適用出來ルト云ツテ居ル。即チ  $v = \frac{\eta}{\rho r}$  ナ臨界半径ヲ與ヘル速度トシ、之ヨ  
リ大イ速度デハ其二乗ヲ閉却スルコトガ出來ナイ。あーのーんど (Arnold)  
ハ微粒ノ半径ガ臨界半径ノ 0.6 倍ヨリ大イ時ニハ速度ノ二乗ヲ閉却スルコト  
ハ出來ナイト云ツテ居ル。今上ノ比重ヲ 2.7 トシテ水中デ之ヲ落下セシメル  
バ臨界半径ハ凡ソ 0.4 耗デアアルカラ、若シ其微粒ガ 0.24 耗ノ半径ヲ持ツテ  
居レバ二乗ノ項ヲ閉却スルコトハ出來ナイ。而シテ之ヨリ小サイ粒径ノ土ハ  
器械分析デ撰別スルコトガ出來ル。

此沈澱法ニ於テ先ヅ問題トナルノハ土粒ノ比重及液體ノ比重並ニ其粘性係  
數デアアル。土粒ノ比重又ハ重量等ニ就テハ次項ニ述ベルコト、シ、液體ノ比  
重及粘性係數等ニ就テ此ニ述ベル。但シ液體ト云ツテモ此ニハ水ヲ指スノデ  
アル。

第一、水ノ比重ハ温度ノ相違カラ起ル。第四表ハ空氣ヲ含マナイ水ノ比重  
ヲ示シタモノデ、0° カラ 35° ニ至ルモノ、第五表ハ同ジク 30° カラ 100° ニ

第四表 空氣ヲ含マザル水ノ比重 其一

(ちーせん、せーる及ぢーせるほるとノ觀測ニ據ル)

水 温 (攝氏度)	0,0		,0		度 ノ 小 數								
	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9	,0	,1	,2		
0°	0,999	868	874	881	887	893	899	905	911	916	922		
1		927	932	936	941	945	950	954	957	961	965		
2		968	971	974	977	980	982	985	987	989	991		
3		992	994	995	996	997	998	999	999	*000	*000		
4	1,000	000	000	000	*999	*999	*998	*997	*996	995	*993		
5	0,999	992	990	988	986	984	982	979	977	974	971		
6		968	965	962	958	954	951	947	943	938	934		
7		929	925	920	915	910	904	899	893	888	882		
8		876	870	864	857	851	844	837	830	823	816		
9		808	801	793	785	778	769	761	753	744	736		
10		727	718	709	700	691	681	672	662	652	642		
11		632	622	612	601	591	580	569	558	547	536		
12		525	513	502	490	478	466	454	442	429	417		
13		404	391	379	366	353	339	326	312	299	285		
14		271	257	243	229	215	200	186	171	156	141		
15		126	111	096	081	065	050	034	018	002	*986		
16	0,998	970	953	937	920	904	887	870	853	836	819		
17		801	784	766	749	731	713	695	677	659	640		
18		622	603	585	566	547	528	509	490	471	451		
19		432	412	392	372	352	332	312	292	271	251		
20		230	210	189	168	147	126	105	083	062	040		
21	0,997	019	*997	*975	*953	931	*909	*887	*864	*842	*819		
22		797	774	751	728	705	682	659	635	612	588		
23		565	541	517	493	469	445	421	396	372	347		
24		323	298	273	248	223	198	173	147	122	096		
25		071	045	019	*994	*968	*941	*915	*889	*863	*836		
26	0,996	810	783	756	730	703	676	648	621	594	567		
27		539	512	484	456	428	400	372	344	316	288		
28		259	231	202	174	145	116	087	058	029	000		
29	0,995	971	941	912	882	853	823	793	763	733	703		
30		673	643	613	582	552	521	491	460	429	398		
31		367	336	305	273	242	211	179	148	116	084		
32		052	020	*988	*956	*924	*892	*859	*827	*794	*762		
33	0,994	729	696	663	630	597	564	531	498	464	431		
34		393	364	330	296	263	229	195	161	126	092		
35		058	023	*989	*954	*920	*885	*850	*815	*780	*745		

第五表 空氣ヲ含マザル水ノ比重 其二  
(ちーせんニ據ル)

水 温 (攝氏度)	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9
30°	0,99 567	537	505	473	440	406	371	336	299	262
40	224	186	147	107	066	024	*982	*940	*896	*852
50	0,98 807	762	715	669	621	573	525	475	425	375
60	324	272	220	167	113	059	005	*950	*894	*838
70	0,97 781	728	666	607	548	489	429	368	307	245
80	183	121	057	*994	*930	*865	*800	*734	*668	*601
90	0,96 534	467	399	330	261	192	122	051	*981	*909
100	0,95 838	765	693	—	—	—	—	—	—	—

至ル水ノ比重ヲ示シタモノデアル。今第四表カラ攝氏 3°.96 ノ水ノ重量ヲ單位トシテ、同ジク 10° ノ時ノ水ノ比重ヲ見レバ 0.99973, 20° ノ比重ハ 0.99823デアル。今是等ノ比重ヲ夫々  $\rho_{10}$  及  $\rho_{20}$  トシ、土粒ノ比重  $\sigma$  ヲ 2.7 トスレバ

$$\sigma - \rho_{10} = 2.7 - 0.99973 = 1.70027$$

$$\sigma - \rho_{20} = 2.7 - 0.99823 = 1.70177$$

故ニ

$$\frac{\sigma - \rho_{20}}{\sigma - \rho_{10}} = 1.0009$$

即チ溫度ガ落下速度ニ及ボス影響ハ 10° ト 20° ノ間デハ凡ソ 1/1000 デアル。

第二、[1] ニ示スガ如ク液體內ニ土粒ノ沈下スル速度ハ其液體ノ粘性係數ニ反比例シテ居リ、水ノ粘性係數ハ溫度ト共ニ急ニ減少スルコト、第六表ニ示ス通デアル (69 水ノ粘性参照)。

第六表 水ノ溫度ト其粘性係數 (C. G. S.單位)

水 温 (攝氏度)	粘 性 係 數	水 温 (攝氏度)	粘 性 係 數
0°	0.01793	50°	0.00550
5	0.01522	60	0.00469
10	0.01311	70	0.00406
15	0.01141	80	0.00356
20	0.01006	90	0.00316
25	0.00893	100	0.00284
30	0.00800	124	0.00223
40	0.00657	153	0.00181

今攝氏 10° ト 20° トニ於ケル水ノ粘性係數ヲ比較シテ見レバ前表カラ

$$\frac{0.01006}{0.01311} = 0.77$$

又其沈下速度ノ割合ハ粘性係數ニ反比ヲ爲シテ居ルカラ

$$\frac{0.01311}{0.01006} = 1.30$$

即チ 20° ノ水中ニ於ケル土粒ノ沈下速度ハ 10° ノ時ヨリモ 3 割モ大デアル。

第三、水ノ容器壁ト内部ノ液體トノ間ノ溫度ノ差異、例ヘバ室内溫度ガ徐々ニ高クナツタ場合ノ如キトキハ器壁ニ近ク對流ヲ引起シ、小サイ土分子ノ沈下ヲ妨ゲルコトニナル。

第四、土粒ガ浮游シテ居ル水ヲ沈澱サセル容器ニ移スカ又ハ中味ヲ搔立タルトキハ或種類ノ水ノ動揺又ハ流レガ起ツテ土粒ノ沈下速度ニ影響スル。

前ニ述べタ第一及第二ノ誤差ハ一定ノ水温デ實驗スレバ之ヲ避ケ得ラル。而シテ第四カラ來ル誤差ハ最も大デアル。ふいっシャー (Fisher) 及おーでん (Odén) ガ數學的ニ解析シタ結果ニ依レバ土分子ガ容器ノ軸ニ沿ウテ下リ更ニ器壁ニ沿ウテ上ツタリ、又ハ之ニ反シテ器壁ニ沿ウテ下リ、更ニ軸ニ沿ウテ上ル所ノ水ノ運動ハ唯徐々ニ止ムモノデ、粘性ノ大イ液體ヲ用ヒレバ此

誤差ヲ少クスルコトガ出來ル。

[1]又ハ[1']ニ於テ土粒ノ密度 $\sigma$ ヲ2.7, 水ノ密度ヲ1, 水ノ粘性係數ヲ $20^\circ\text{C}$ ニ於テ $\eta = 0.0101$ トシ、且ツ重力加速度ヲ $g = 981$  糎/(秒)<sup>2</sup>トスレバ、 $K = \frac{2}{9} \times 981 \times \frac{2.7-1}{0.0101} = 36693 \approx 36700$ トナルカラ $v = 36700 r^2$ カラ次ノ如ク土ノ粒徑ト其沈下速度ガ得ラレル。

第七表 土ノ粒徑ト其水中ニ於ケル沈下速度表

土ノ區別	粒徑 $d$ (糎)	粒半徑 $r$ (糎)	沈下速度 $v$ (毎秒糎)
細 礫	2	1	367
	1	0.5	91.8
粗 砂	1	0.5	91.8
	0.5	0.25	22.9
中 砂	0.5	0.25	22.9
	0.25	0.125	5.7
細 砂	0.25	0.125	5.7
	0.1	0.05	0.92
極細砂	0.1	0.05	0.92
	0.05	0.025	0.23
泥 土	0.05	0.025	0.23
	0.005	0.0025	0.002
粘 土	0.005以下	0.0025以下	0.002

12. 沈澱法ノ適用 沈澱法ハヂーとリッヒ (Dietrich), ミュラー (Müller), デーツ (Deetz), オズボーン (Osborne), クノッ (Knop), ムーア (Moore), シレーじんぐ (Schlösing), グランドー (Grandeau), りりやむす-ふあ でぜふ (Williams-Fadejeff), あびあに (Appiani), クラウゼン (Clauseu), キューン (Kühn) 等ガ之ヲ試ミタモノデ、其中あびあにノ沈澱器ハ内徑5糎高サ40糎ノ硝子壺ノ上ニハ硝子ノ栓ヲ緊メ、底カラ3糎ノ處ニハ徑4乃至5糎ノ栓ガアリ、泥水ヲ入レテ一定時間沈澱セシメタ後、上ノ濁水ヲ取去ツテ底ノ沈

澱物ノ重量ヲ秤リ、此法ヲ幾度カ反覆スルノデアル。但シ此上澄ノ水ヲ取去ルニハ吸出彎管ヲ用ヒタワぐな (Wagner) ノ沈澱壺ノ如キモノモアルガ、前ニ述べタ栓ヲ用ヒルノト殆ド同工異曲ト云ツテ差支ナイ、其後沈澱法ハ漸ク精巧ヲ加ヘテおーでんハ沈澱壺ノ中ニ秤ノ皿ヲ入レテ置イテ水中ニ於テ之ニ沈澱スル沈澱物ノ重量ヲ秤リ、秤ノ平衡ニハ電池ヲ利用シテ電接ニ依リ自動的ニ沈澱物ノ重量ヲ記録セシメ得ル迄進ンダ。(第六圖參照)

今同一ノ比重ヲ有スル土粒ノ大サガ異ナルモノトシ、其土ヲ水ニ釋シテ土粒ハ水中ニ浮游シテ居ルモノト假定スル。實驗ノ始メ $t_0$ ナル時間ニ於テ充充分ク水ニ掻混ゼタ土粒ハ皆一樣ニ水中ニ分散シテ其泥水ノ濃度又ハ密度ハ勿論一樣デアル。然ルニ此泥水ヲ靜カニ放置スレバ時間ノ經過ト共ニ各土粒ガ其大サニ比例シタ速度ヲ以テ沈下ヲ始メ、粒ノ大イモノハ其小サイモノヲ追越シテ沈下スル。今同一ノ粒徑ヲ有スル土ハ夫々同一ノ速度ヲ以テ沈下スルモノトシ、一樣ニ水中ニ分散セラレタ $r_1 r_2 r_3 \dots r_n$ 等ノ粒徑ノ土ガ若干群アルモノト假定シ、其各群ノ粒ノ沈下速度ガ夫々 $v_1 v_2 v_3 \dots v_n$ デアルトシ、混合液ノ水面カラ $l$ ナル深サノ平面ヲ通過スル土粒ヲ考ヘル。 $l/v_1 = t_1, l/v_2 = t_2, l/v_3 = t_3 \dots l/v = t \dots$ トスレバ始カラ $t_1$ 秒ノ後ニハ粒徑 $r$ ナル土群ハ皆此平面ヲ通過シ去リ、 $t_2$ ノ後ニハ亦粒徑 $r_2$ ナル土群ハ悉ク此平面ヲ通過シ去リ、一般ニ $t$ ノ後ニハ粒徑 $r$ ヨリ大ナル土群ハ悉ク此平面ヲ通過シテ仕舞フ勘定デアル。換言スレバ此一定ノ深サノ處デハ浮游物ノ濃度ハ時間ト共ニ遞減スル筈デアル。若又一定ノ深サノ代リニ一定ノ時間ヲ考ヘレバ前ト同様ノ推論カラ其混合液ノ底カラ水面マデ濃度又ハ密度ハ遞減スル筈デアル。以上ノ推論ハ更ニ又深サ又ハ時間ト共ニ靜水壓ノ變化ニ就テモ同一ノ關係ガアルコトガ解カル。

此理窟カラ水ノ中ニ浮游シテ居ル土粒ガ沈澱スル状態ハ次ノ四ノ方法ニ依

ツテ區別スルコトが出来ル。

第一、一定ノ時間ニ於テ密度ハ深サト共ニ増加スル。

第二、一定ノ深サニ於テ密度ハ時間ト共ニ減少スル。

第三、一定ノ時間ニ於テ静水壓ハ深サト共ニ増加スル。

第四、一定ノ深サニ於テ静水壓ハ時間ト共ニ減少スル。

今  $G$  瓦ナル總重量ノ土ヲ水ニ混合シテ一定容積  $V$  立糶ナル混合液ヲ得、  
 $s$  ヲ土粒ノ比重トスレバ、勿論水ノ密度ハ 1 デ混合液ノ始ノ時間  $t_0$  ニ於ケル  
 比重ヲ  $\varphi_0$  トスレバ  $\varphi_0$  ハ水ノ重量及土ノ重量ノ和ト水ノ容積及土ノ容積ノ  
 和ノ比ヲ表ハシ

$$\left. \begin{aligned} \varphi_0 &= \frac{(V - \frac{G}{s}) + G}{V} \\ &= 1 + \frac{G}{V} \left(1 - \frac{1}{s}\right) \end{aligned} \right\} [5]$$

[5] ガ示ス如ク混合液ノ比重ハ 1 ヨリ大デアル。今或ル深サ  $x$  及時間  $t$  ニ  
 於テ  $\frac{x}{t}$  ヨリ大ナル沈下速度ヲ有スル凡ベテノ土粒ハ既ニ此時間以前ニ此深  
 サ  $x$  ヲ通過シテ居ルガ残リノモノハ  $\frac{x}{t}$  ヨリ小ナル速度ヲ有スルモノノミ此  
 $x$  層ヲ沈下シツツアル譯デ  $\frac{x}{t}$  ヨリ小ナル速度ヲ有スルモノ、ミ此  $x$  層ヲ沈  
 下シツ、アル譯デ、 $\frac{x}{t}$  ナル速度ノ土粒ニ關スル限リ  $t_0$  ト同一濃度ヲ保ツテ居ル。  
 $\frac{x}{t}$  ヨリ小サイ沈下速度ヲ有スル土粒ノ總重量ヲ土粒ノ全重量  $G$  ニ對シ  
 テ小數  $c$  トスル (第十圖累加曲線ノ縦距) トキハ深サ  $x$ 、時間  $t$  ニ於テ混合  
 液ノ比重  $\varphi$  ハ

$$\varphi = 1 + \frac{cG}{V} \left(1 - \frac{1}{s}\right) [6]$$

又ハ  $\frac{G}{V} \left(1 - \frac{1}{s}\right) = c$  トスレバ一ノ混合液ニ對シテハ  $c$  ハ一定デ

$$\varphi = 1 + cz [7]$$

此等式ハ浮游沈澱物内ノ状態ヲ區別スル四ノ方法ニ對スル等式ヲ導出スベ

キ根本的ノ關係ヲ表ハシテ居ル。 $z$  ハ種々ナル  $v$  ノ値ニ對シテ一定ノ値ヲ持  
 ツモノデ、言ハバ  $v$  ノ函數デアアル。今  $X = \frac{dz}{dv}$  トスレバ勿論

$$(1) \quad dz = X dv$$

$dz$  ハ  $v$  ト  $v+dv$  ナル速度ノ間ノ速度ヲ有スル土粒ノ重量ト土粒ノ全重量ニ  
 對スル割合デアツテ  $X dv$  ナル積ニ等シク、 $X$  ハ  $v$  ヲ横距トスル土粒分布  
 曲線ノ縦距ヲ表ハスモノデアアル。換言スレバ  $X$  ハ土粒ノ分布ヲ表ハス函數  
 デ之ヲ分布函數ト呼ビ  $F(v)$  ヲ以テ表ハス、同様ニ  $Y = v \frac{dz}{dv}$  トスレバ

$$(2) \quad dz = Y \left(\frac{dv}{v}\right)$$

又ハ

$$(3) \quad dz = Y d(\log_e v)$$

$Y$  ハ又分布函數  $F(\log_e v)$  ト同一種ノモノデアアル。

第一、一定ノ時間ニ於テ深サト共ニ密度ノ増加。

[7] ヲ  $x$  ニ就テ微分スレバ

$$(4) \quad \frac{\partial \varphi}{\partial x} = c \frac{dz}{dv} \frac{dv}{dx}$$

(4) = (2) ヲ代入シ、 $v = \frac{x}{t}$  トスレバ  $t$  ハ一定デアルカラ

$$\frac{dz}{dv} = Y \frac{t}{x} \text{ 及 } \frac{dv}{dx} = \frac{1}{t} \text{ デ}$$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial x} = \frac{c}{x} Y [8]$$

此等式ハ浮游密度  $\varphi$  ナ一定時間  $t$  ニ於テ種々ナル深サ  $x$  ニ於テ測ル場合  
 ノ實驗ノ根據トナルモノデアアル。其結果カラ種々ナル深サ  $x$  ニ對スル  $\frac{\partial \varphi}{\partial x}$   
 ナ知ルベク、更ニ夫々  $x$  ヤ  $\frac{\partial \varphi}{\partial x}$  ノ値ヲ  $c$  ト共ニ上式ニ代入スレバ若干ノ  
 分布函數  $Y$  ノ値ガ得ラレル。 $Y$  ノ各ノ値ハ  $v = \frac{x}{t}$  ニ呼應スルモノデ、第  
 十圖ニ示スガ如ク  $Y$  ト  $\log_e v$  トヲ夫々縦距ト横距トシテ曲線ヲ描クコトガ  
 出來ル。



第二、一定ノ深サニ於テ時間ト共ニ密度ノ減少。

此場合ニ深サ  $x$  ハ一定テ時間  $t$  ハ可變量トナル。[7]ヲ  $t$ ニ就テ微分スレバ

$$(5) \quad \frac{\partial \varphi}{\partial t} = c \frac{dz}{dv} \frac{dv}{dt}$$

前ト同様ニ  $\frac{dz}{dv} = Y \frac{t}{x}$ 、 $\frac{dv}{dt} = \frac{x}{t^2}$  デアルカラ

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} = -\frac{c}{t} Y \quad [9]$$

此ニ負號ハ時間が増セバ  $\frac{\partial \varphi}{\partial t}$  ガ減少スルコトヲ示シテ居ル。一定ノ深サニ於テ異なる時間  $t$ ニ對スル浮游密度  $\varphi$ ヲ測レバ時間ト共ニ變ル  $\varphi$ ノ値即チ  $\frac{\partial \varphi}{\partial t}$ ガ得ラレル。是等ノ値ト之ニ應ジタ  $t$ ノ値ヲ [9]ニ代入スレバ  $Y$ ノ値ガ得ラレル。

第三、一定時ニ於テ深サト共ニ静水壓ノ増加。

深サ  $x$ ニ於テ混合液ノ密度ガ  $\varphi$ デ單位面積ニ對スル静水壓ガ  $p$ デアルトスレバ  $x+dx$ ノ深サノ處デハ  $\delta p$ ナル水壓ノ増加ヲ見ルベク、此増加ハ  $\varphi \delta x$ ニ等シイ筈デアル。從テ

$$(6) \quad \frac{\partial p}{\partial x} = \varphi$$

是レ液内一點ニ於ケル一定時ノ密度ハ其點ニ於ケル水壓ガ深サト共ニ變化スル割合ニ等シイコトヲ表ハシテ居ル。(6)ヲ  $x$ ニ就テ微分スレバ [8]カラ

$$\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} = \frac{c}{x} Y \quad [10]$$

即チ一定時間  $t$ ニ於テ異なる深サノ處デ水壓  $p$ ヲ測定スレバ始メハ深サト共ニ水壓ノ變化スル關係  $\frac{\partial p}{\partial x}$ ヲ得ベク、更ニ  $\frac{\partial p}{\partial x}$ ト  $x$ トノ關係ヲ知レバ  $\frac{\partial^2 p}{\partial x^2}$ ヲ知ルコトガ出來ル。而シテ  $\frac{\partial^2 p}{\partial x^2}$ ト之ニ呼應スル  $x$ ノ値ハ  $c$ ト共ニ  $Y$ ヲ與ヘル。

第四、一定ノ深サニ於テ時間ノ經過ト共ニ水壓ノ減少。

[7]及(6)カラ

$$(7) \quad \frac{\partial p}{\partial x} = 1 + cz$$

$t$ ヲ常數トシテ(7)ヲ積分スレバ

$$(8) \quad \int^x dp = \int_0^x dx + c \int_0^x z dx$$

一定ノ時間  $t$ ニ對シテ  $\frac{dv}{dx} = \frac{1}{t}$  又ハ  $dx = t dv$  デアルカラ (8)ハ

$$(9) \quad p = x + c t \int_0^{\frac{x}{t}} z dv$$

(9)ヲ  $t$ ニ就テ微分スレバ  $x$ ハ常數トシテ

$$(10) \quad \frac{\partial p}{\partial t} = c \int_0^{\frac{x}{t}} z dv + c t \frac{d}{dt} \int_0^{\frac{x}{t}} z dv$$

然ルニ定義ニ依リ

$$(11) \quad \begin{cases} \frac{d}{dv} \int_0^{\frac{x}{t}} z dv = z \\ \frac{dv}{dt} = -\frac{x}{t^2} \end{cases}$$

(10)ヲ簡單ニスレバ

$$(12) \quad \frac{\partial p}{\partial t} = c \left\{ \int_0^{\frac{x}{t}} z dv - \frac{z x}{t} \right\}$$

(12)ヲ再ビ  $t$ ニ就テ微分スレバ

$$(13) \quad \begin{cases} \frac{\partial^2 p}{\partial t^2} = -\frac{c z x}{t^2} - \frac{c x}{t} \frac{dz}{dt} + \frac{c z x}{t^2} \\ = -\frac{c x}{t} \frac{dz}{dt} \end{cases}$$

然ルニ  $\frac{dz}{dt} = \frac{dz}{dv} \frac{dv}{dt} = -\frac{dz}{dv} \frac{x}{t^2}$  デアルカラ

$$(14) \quad \frac{\partial^2 p}{\partial t^2} = \frac{c x}{t} \frac{x}{t^2} \frac{dz}{dv}$$

然ルニ(2)カラ  $Y = v \frac{dz}{dv} = \frac{x}{t} \frac{dz}{dv}$  デアルカラ

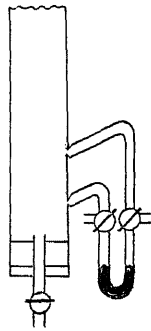
$$\frac{\delta^2 p}{\delta t^2} = \frac{e x}{t^2} Y \quad (11)$$

即チ一定ノ深サ  $x$  ニ於テ水壓  $p$  ナ種々ナル時間ニ測定シ、斯クシテ  $\frac{\delta^2 p}{\delta t^2}$  ナ知レバ  $e, x$  及  $t^2$  ト共ニ  $Y$  ノ値ヲ知ルコトガ出來ル。

以上ノ推論ヲ綜合スレバ粒徑分布曲線ヲ知ル爲ニハ浮游物ヲ有スル混合液ノ密度(第一及第二法)カ又ハ水壓(第三及第四法)ヲ測定シナケレバナラナイ。又其測定モ液内ノ一定ノ深サニ異ナル時間ニ(第二及第四法)又ハ同時ニ異ナル深サノ處デ(第一及第三法)行ハナケレバナラナイ。

第一及第三法ハ煩雜デ、第二及第四法ハ實行比較ノ容易デアル。然シ後ニモ述べル如ク孰レニシテモ多少ノ誤差ヲ伴フヲ免レナイ。

13. 沈澱法ニ依ル測定。前ニ述べタ如ク沈澱法ニハ種々ノ方法ガアルガ、**くろーざー** (Crowther) 法ト呼バレルモノハ第二法ニ屬シ、一定ノ深サニ於テ土ヲ混ゼタ混合液ノ密度ノ變化スル時間ノ割合ヲ測定スルモノデアル。第四圖ニ示スガ如ク長イ圓壺形ノ容器ノ底ニ近ク、又ハ底カラ凡ソ5種ノ上ニ



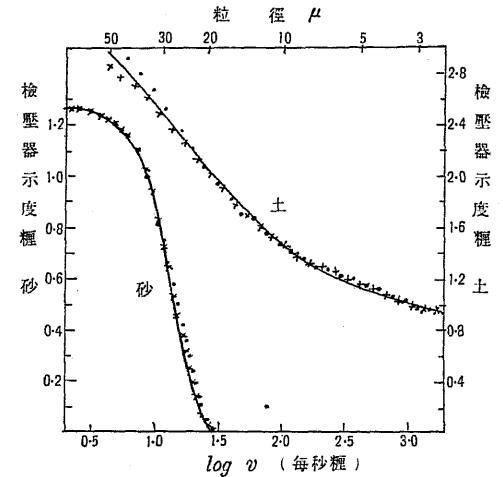
第四圖  
くろーざーノ沈澱器

鋭敏ナ差動檢壓器ノ二ノ側管又ハ枝管ガ分歧シテ容器ニ連リ、水及水ト僅カ密度ノ異ナル液體ガ入レラレテアル。比重 1.02 ノあにりんナドハ最モ之ニ適シテ居ル。あにそーるハ水ヨリ輕ク亦此目的ニ用ヒラレル。但シ此場合ニハ U 字管ハ逆ニナル。檢壓器ニ注込ム爲ニ及實測ノ後あにりんヲ妨グズニ側管ヲ洗フ爲ニ二個ノ三通弁ガ取附ケラレテアル。側管ガ容器即チ沈澱管ニ連絡シテアル處ハ狭イロデ沈澱管ニ注込ム際ニ空氣ガ入ラヌ様ニ、又管壁ノ不規則ナ爲ニ土粒ノ沈下ニ障害ヲ及ボスコトヲ成ルベク少クスル様ニシテアル。此檢壓器ハ混合液柱ノ二點ノ間ノ水壓ノ差ヲ測ルモノデ、液柱ガ5種ニ比シテ長ケレバ壓力ノ差ハ二ノ側管口ノ間ノ中間

ノ混合液ノ密度ヲ與ヘル。從テ [9] カラ粒徑分布函數  $Y$  ナ知ルコトガ出來ル。

第五圖ハ濃度 4% ノ土ト 1% ノ砂ニ就テ檢壓器ノ示度又ハあにりん檢壓器ノ二側管ノ高サノ差ト粒徑又ハ沈下速度ノ對數値トノ關係ヲ示シタモノデアル。但シ密度ノ値ヲ表ハ

スニハ此沈澱器ノ目盛又ハ標準ノ値ヲ定メナケレバナラナイ。之ニハ一定ノ濃度又ハ一定密度ノ粘土ノ浮游物ヲ用ヒテ檢壓器ノ示度ト浮游密度ノ關係ヲ知レバ良イノデ、是等ハ直線式ノ關係ヲ保ツテ居ル。之ヲ要スルニ此圖ハ累加曲線デアツテ土ノ粒徑ノ分布ヲ直接ニ表ハス爲ニ用ヒルコトガ出



第五圖  
檢壓器ノ示度ト沈下速度又ハ粒徑

來ル。累加曲線ハ其縱距ニ依リ一定ノ流速及之ヨリ以下ノ流速ヲ持ツタ凡テノ土粒ノ重量比率ヲ表ハスモノデアル(14 土ノ粒徑分布曲線參照)。各側管ノ水準ニ依ツテ表ハサレル靜水壓ハ沈澱ノ始カラ減少シ初メルケレドモ最大ノ粒ノ群ガ上ノ側管ヲ通過スル迄ハ兩側管ノ水壓ノ差ハ一定デアル。故ニ又小サイ粒ノ各群ガ續イテ側管ノ下ニ沈下スル時ニ此差ハ減少スルカラ、或時間ニ於ケル檢壓器ノ示度ハ  $\frac{x}{t}$  ナル速度ヨリ低イ速度ヲ有スル土粒ニ依ルモノデ、此ニ  $x$  ハ液面カラ兩側管ノ中央マデノ深サヲ表ハス。此示度ハ混合液ノ密度ヲ與ヘルカラ [5] 式ノ 1 ヨリ大ナル部分即チ密度ノ水ヨリ大ナル

部分ハ濃度  $\frac{G}{V}$  = 比例シテ居ル。而シテ此濃度ト始メノ濃度ニ對スル割合ハ  $\frac{x}{t}$  ヨリ低イ速度ヲ有スル粒ノ重量比ヲ與ヘルカラ、檢壓器ノ示度ハ累加曲線ノ縦距ニ正比例シテ居ル。

**おーでん法** すゑん おーでんノ方法ハ第四法ニ屬スルモノデアアルガ、靜水壓ヲ測ル代リニ  $x$  ナル深サノ處ニ平面ヲ吊ルシ、其上ニ集ツタ沈澱物ノ重量ヲ水中デ種々ナル時間ニ測ルノデアアル。是等ノ重量ハ直接深サ  $x$  ニ於ケル靜水壓ニ關係シテ居ル。[5]ニ示シタ如ク浮游物ノ密度ハ1ヨリ大デ

$c = \frac{G}{V} \left(1 - \frac{1}{s}\right)$  丈ケ多イ。今浮游物ガ水中ニ一様ニ分散セラレテアルモノト考へ、時間0ノトキ  $x$  ニ於ケル靜水壓ハ  $p = (1+c)x$  デアルガ無限大ノ時間ニ於テ凡ベテノ浮游物ハ沈澱シテ  $p = x$  トナル。從テ  $cx$  ナル浮游物ノ量ハ液體ノ表面ト深サ  $x$  ナル平面ノ間ニ元來浮游シテアツタ全浮游物デ之

ヲ  $A_0$  ヲ以テ表ハス。然ルニ(9)式右節ノ第二項  $\int_0^x d v$  ハ  $x$  ナル深サニ於テノ靜水壓ガ同ジ高サノ清水柱ノ靜水壓ヨリモ大ナル量ヲ示シ、此量ハ言フマデモナク水面カラ  $x$  ナル深サノ間ニ浮游シテ居ル土粒ノ重量ニ基ヅクモノデアアル。

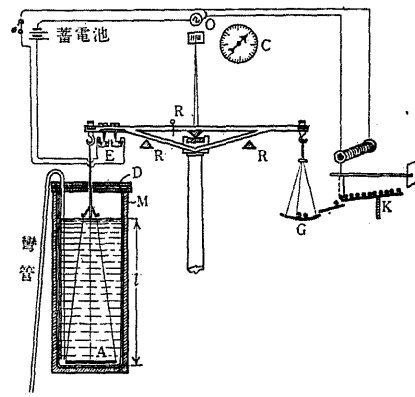
今一ノ土粒ガ深サ  $x$  ナル平面ニ達スレバ此平面上ノ全靜水壓ニ寄與スルコトハナクナル、從テ若シ此平面上ニ  $t$  ナル時間ニ於テ集ツタ土粒ノ水中ニ於ケル重量ヲ  $A$  トスレバ  $A$  ハ亦同時ニ靜水壓ノ減少ヲ表ハスノデアアル。故ニ[11]ノ  $p$  ノ代ニ  $A$  ヲ用ヒ  $cx$  ノ代リニ  $A_0$  ヲ用ヒレバ[11]ハ次ノ如クナル。

$$\frac{\delta^2 A}{\delta t^2} = -\frac{A_0}{t^2} Y \quad [12]$$

此ニ負號ハ水壓ガ時間ノ經過ト共ニ減少スルニ反シテ重量  $A$  ハ時間ノ經過ト共ニ増加スルコトヲ表ハス。又  $A_0$  ハ圓版ヲ底トスル浮游物ノ假想的圓壩ノ中ニ含まレテアル全沈澱物ノ重量ヲ表ハシテ居ル。

おーでんハ第六圖ニ示シタ様ニ天秤ノ一方ノ皿ニ長イ針金デ或皿ヲ吊ルシ、其上ニ沈澱スル土粒ノ重量ヲ他ノ秤皿ニ小サイ一定重量ノ鋼丸ヲ加ヘテ自働的ニ平衡セシメル考案ヲシ

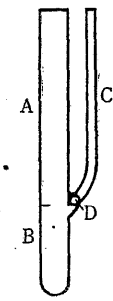
タ、而シテ各鋼丸ヲ加ヘタ時間ハ之ヲ自働的ニ記録セシメルモノデ、其目方ト時間ノ關係ハ之ヲ曲線デ表ハスコトガ出來ル。此曲線カラ其第二微分ヲ得ルノニ圖式デ求メル方ガ良イカ又ハ計算ニ依ル方ガ良イカハ小鋼丸ノ重量(各0.0153 瓦)ニ依ツテ制限セラレル。電磁力ノ調整ト鋼丸ヲ墜ス工風ニ依ツテ重量時間曲線ハ連續シテ描カレル。此改良型ノ沈澱器ハおーでん及きーん自働秤(Odén-Keen)ナドト呼バレテアル。



第六圖 おーでんノ沈澱器

ぐりせりんと水ヲ混ぜタモノハ水ヨリモ粘性ガ多ク、粗イ粒ガ分布曲線ニ入ル。又細カイ粘土ノ粒ハ容易ニ沈澱シナイカラ護合シテ目方ヲ秤ルカ、又ハ乾燥シテ其重量ヲ秤ルコトガ出來ル。

**おーぐな一法** おーぐな一法ハくろーざー法ニ似テ居ルガ、混合液内ノ一點デ浮游物ノ靜水壓ヲ測ルノデアアルカラ第四法ニ屬スル。第七圖ニ示ス如クおーぐな一ノ沈澱器ハ直径 3.47 糎ノ沈澱管 A ト糎耗ニ目盛シタ測管 C 並ニ兩部ノ連絡シタ下部ノ沈澱部 B カラ成立チ、A ハ長サ 100 糎ニ對シテ 950 立糎ノ水ヲ容レテアル。又 C ノ下部ニハ開閉栓 D ヲ備ヘテアル。初メ清水ヲ入レテ沈澱管ト測管ヲ連絡シ兩管ノ高サヲ定メ、次ニ



第七圖 おーぐな一ノ沈澱器

30 瓦乃至 100 瓦ノ一定量ノ土ヲ混ゼタ水ヲ置換ヘ D カラ上 80 糎ノ沈下高マデ水ト共ニ入レ、此間 D ヲ緊メテ置ク、測管ニハ蒸溜水ヲ注グ、靜水壓ハ D ヲ開ケテ 測管ノ水柱ノ高サヲ以テ之ヲ知ルノデアツテ、始メ栓ヲ開ケバ測管ノ高サハ高クナルガ、沈澱ガ進ムニ從テ其高サハ減少スル。此場合ニ寫眞ニ依リ測管ノ水柱ノ高サヲ圓壱ノ上ニ記サシメルコトガ出來ル。此曲線ハ即チ水壓時間曲線デアルカラ [11] ニ必要ナル値ヲ見出スコトガ容易デアル。唯測管ト沈澱管トノ連絡點ノ不明瞭カラ液面カラノ深サニナル値ニ多少ノ不確定ヲ伴ツテ居ル。

14. 沈澱法ニ伴フ誤差 以上ノ諸法ニ依ツテ沈澱ヲ用ヒ實驗ヲ試ミタ處ガ種々ノ誤差ガ伴ツテ居ルコトガ知ラレルニ至ツタ。即チ孰レノ方法デモ水中ニ混合シタ土粒ハ其大小ニ依リ夫々異ナル沈下速度ヲ以テ水中ヲ沈下スルモノデ水自身ハ靜止シテ居ルモノト考ヘタルガ、實際ニハ土粒ノ沈下ニ際シ其表面ト水トノ間ニハ摩擦ヲ起シ、水自身モ或程度ノ動搖又ハ流レテ起スコトハ明カデアル。從テ承皿ヲ水中ニ吊ルセバ其皿ノ縁ノ上下ニハ亦渦卷ヲ生ズルコトハ他ノ水中ニ或物ヲ動かシタ場合ト同理デアル。又大小幾多ノ土粒ノ沈下ニ伴ツテ促進サレル液體內ノ下降流ト反對ニ一種ノ對流ヲ生ズベキハ理ノ當然デアツテ、此對流ハ普通ノ沈澱管ノ器壁ニ沿ウテ起ルト云フ現象ハ想像シ得ベキコトデアル。

沈澱圓壱ノ中ニ天秤ノ承皿ヲ吊シテ浮游物ヲ含ム液體中ノ沈澱土粒ヲ承ケサセルナラバ其沈澱物ノ集マル量ハ承皿ノ大小方圓又ハ底カラノ高サ、器壁カラノ距離ナドニ依ツテ同一デナイ。是レ承皿ノ縁ニ沿ウテ起ル所ノ液內ノ不規則ナ流レノ爲ニ土粒ノ沈澱モ亦非常ナル不規則ヲ生ズル爲デ、免レ難イ所デアル。總ジテ大小様々ノ土粒ガ深淺不同ノ處ニ分散シテ居ツテ是等ガ沈澱ヲ始メタ後ハ其無數ノ土粒ガ夫々其重量又ハ大サニ應ジテ異ナル速度ヲ以

テ沈澱スルノデアルカラ之ニ關聯シタ複雑微妙ノ動搖ガ水ノ内部ニ起ルコトハ前ニ述ベタ通りデ、而カモ承皿ノ縁ノ近傍デハ動搖又ハ流レノ不連續或ハ不規則ガ現ハレルコトハ空氣ヤ水等ノ一般ノ流體ニ共通ノ現象デアル。從テ吊ルシタ承皿ノ下ニハ澄シダ水ガアルベキニ反シテ濁ツタ渦卷ガ緩ク起リツツアル譯デアル。又承皿ノ大キイ場合ト小サイ時トハ其沈澱物ノ重量(單位面積上ノ)ガ異ナル許リデナク、器底カラノ高低又ハ器壁カラノ遠近等ノ環境ハ亦皆沈澱ニ影響ヲ生ズルコトハ蓋シ想像ニ難クナイ。更ニ又土粒ノ大小ニ依ツテ以上ノ混亂又ハ影響ノ範圍ガ異ナルベク、小サイ粒ノモノ程混亂ガ廣イ勘定デアル。斯様ナ次第デ異ナル直徑ノ承皿ヤ其縁ノ高サヲ變ジ、器底カラ異ナル距離ニ皿ヲ吊ルシテ集マル沈澱物ノ理論上ノ値ト實際カラ來ルモノノ更正量ヲ見出サント試ミラレタコトモアルガ其關係ハ未ダ闡明セラレナイ。以上ノ誤差ハ獨リおーでんノ沈澱器ニ止マラズ、他ノ諸器ニ於テモ同様デアル。おーぐな一ノ沈澱器ニ於テハ測管內ノ水位ガ下レバ測管カラ沈澱管ニ向テ水ガ逸出スル。此際浮游物ハ其比重ガ水ヨリモ大デアルカラ清水ハ上ニ向テ移動シ、浮游物ニモ亦複雑ナル渦卷ガ起ル。而シテ此渦卷ハ可ナリ上ノ方マデ波及シテ土分子ガ捲揚ガルノガ見ラレル。くろーざーノ沈澱器ニ於テモ亦各枝管ニ於テ之ト似タ狀態ガ現ハレル。

しー (Shaw) ヤ るんたーらー (Winterer) ハ沈澱物ガ一様ニ沈澱器ノ底ニ落ちナイデ、器壁ニ近ク多量ニ落下シテ居ルコトニ氣ガ附イタ。之ハ器壁ト土粒トノ電荷ノ差カラ起ルノデナク、浮游物ヲ容器ニ注込シテ爲ニ對流ヲ生ジ、浮游物ハ中心ニ沿ウテ下リ器壁ニ沿ウテ上ルカ又ハ之ト反對ノ對流ガ起リ、器壁ニ近クヨリ多クノ土分子ガ投出サレル結果トシテ此底ニ於ケル沈澱ノ不同ヲ引起スモノ、如ク、對流ハ極メテ徐々ニ止ミ、殊ニ大キナ沈澱器デハ此渦卷ハ一層緩慢ニ移動スル。是亦器機分析ノ誤差ノ原因ヲ爲シテ居ル。

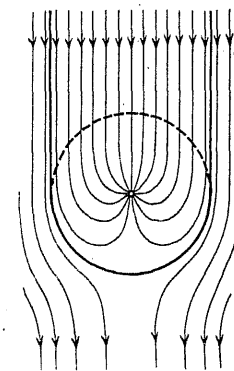
沈澱器ノ中デ浮游物ノ移動スル徑路ハ之ヲ寫眞ニ撮ルコトモ出來ル。之ニハ沃化鉛ノ粉末ヲ用ヒテ側面カラ照射シテ寫眞ニ撮レバ土分子移動ノ徑路ハ乾板ノ上ニ筋ニナツテ現ハレル。若又浮游物ノ沈下シツ、アル際ニ何等カノ障害ヲ與ヘレバ非常ニ複雑ナル運動ガ浮游物ニ起ルコトガ寫眞ニ撮レル。びべつとヲ以テ採酌スル場合モ亦同様デアアル。

之ヲ要スルニ水中ニ浮游シテ居ル土粒ヲ沈澱セシメテ其密度又ハ水壓ノ變化ヲ測ラントスレバ枝管ヲ設ケタリ又ハ天秤ノ承皿ヲ沈下セシメ置ク必要ガアル。是等ガ原因トナツテ誤差ヲ引起ス。斯カル場合ニハ沈澱器ノ周壁ニ測管ヲ開口スル小サイ空隙ヲ殘ス代リニ不滲透性ノ隔膜ヲ貼リ、此隔膜ノ内面ノ水壓ノ變化ハ之ヲ光學裝置又ハ他ノ方法デ記録セシメレバ密度又ハ水壓ノ變化ヲ知ルコトガ出來ル。

15. びべつとニ依ル試料採酌法 びべつと試料採酌法又ハ單ニびべつと法ト云フノハ豫メ定メタ深サ $z$ 及時間 $t$ ニ於テびべつとヲ用ヒテ浮游物ノ試料ヲ採酌シテ之ヲ蒸發シ其重量ヲ秤ルノデアアル。 $\frac{z}{t}$ ヨリ大ナル沈下速度ヲ有スル浮游物ハ時間 $t$ ニ於テ全部水面カラ $z$ ノ間ヲ沈下シ去ツテアルカラ、此採酌シテ試料ノ中ニハ $\frac{z}{t}$ ヨリ小ナル速度ノ浮游物ガ從來ト同ジ濃度デ現存シテ居ル。びべつとノ容量ハ解ツテ居ルカラ、前ノ秤ツタ重量ニ比較シテ $t$ ナル時間ニ於ケル $z$ ナル深サノ濃度ヲ知ルコトガ出來ル。從テ時間 $0$ ニ於ケル元ノ浮游物ノ濃度ニ比シテ百分率ヲ以テ之ヲ表ハセバ $\frac{z}{t}$ ヨリ小イ速度ヲ有スル浮游物ノ重量百分率ヲ與ヘル。其後殘ツタ浮游物ノ混合液ヲ充分能ク振ツテ再ビ一樣ナル濃度ノ混合液トナシ、前ト異ナル限界速度ニ應ジタ他ノ試料ヲ採酌スル。斯クシテ試料採酌ノ深サヤ時間ヲ適當ニ撰ベバ之ニ應ジタ土粒ノ重量百分率ノ値ガ得ラレルカラ、沈下速度又ハ土ノ粒徑若クハ其對數ヲ用ヒテ之ヲ横距トシ、之ニ應ジタ重量百分率ヲ縱距トシテ曲線ヲ描ケバ即チ

累加曲線ガ得ラレル(第十圖参照)。

びべつと法ニ於テびべつとニ依リ採酌シタ試料ハびべつと端ノ薄イ地平層ノ浮游物ノ量ヲ表ハスモノト假定シテアルケレドモ此假定ハ必ズシモ眞實デハナイ。今びべつと口ノ附近ニ於ケル浮游物ノ運動ヲ見レバ水中デ徐々ニ沈下スルモノトびべつとニ向テ吸込マレルモノトノ二種カラ成立ツテ居ル。前者ハ大小様々ノ土粒ガ夫々其大サ又ハ重量ニ比例シタ沈下速度デ垂直ノ方向ニ沈下シツ、アルガ、後者ハびべつと口ノ周圍カラ其口ニ向テ輻射狀ヲ爲シテ集ツテ來ルカラ其合成ノ方向ハ第八圖ニ示ス如クびべつと口ニ近イ處ハ之ニ吸込マレルガ遠イ處ハ其距離ト共ニ方向轉換ノ影響ガ少クナル。從テ又第九圖ニ示スガ如ク徐々ニびべつとニ吸揚グルモノト(a)、急激ニ吸揚グルモノト(b)、頗ル其趣ヲ異ニシテ居ル、理論上びべつとニ採酌シタ試料ノ浮游水ノ容積ヲ $V$ トシびべつと孔ヲ中心トシテ



第八圖  
垂直沈下ト輻射狀吸込  
ノ合成

$R$ ナル半徑内ノ水ガ吸揚

グラレタモノトスレバ、

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3 \quad \text{又ハ} \quad R =$$

$$\sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}} \quad \text{デアアル。今急激ニ}$$

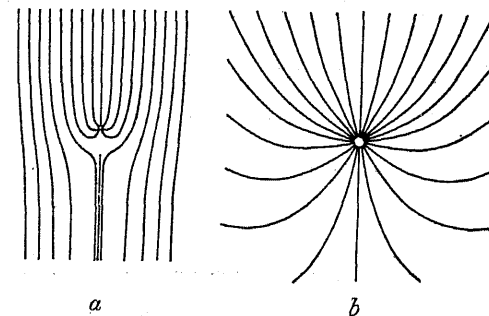
びべつとデ水ヲ吸揚グレ

バ $b$ ニ示ス如ク半徑 $R$ ノ

球ノ中ノ水ハ全部びべつ

と内ニ入ルカラ必ズシモ

びべつと口ノ地平層ノ土



第九圖  
びべつと口ニ對スル沈澱分子ノ運動  
(けーんニ據ル)

粒分布ヲ示サズ、Rノ半径内デモ上部ハ細カイ土粒、下部ハ粗イ土粒ヲ含ミ、而カモ浮游物分布ノ状態ニ依ツテハ期待セラレルビベツと口附近ノ地平層ノ土粒ト可ナリ異ナル試料ヲ提供シテ誤差ヲ與ヘルコト、ナル。例ヘバ試料採取ノ深サ即チビベツと口ノ深サヲ液面下 10 糎トシ、ビベツとノ吸揚容積ヲ 16 立糎トスレバ吸揚範圍ヲ表ハス球ノ半径ハ 1.6 糎デアル。採取ノ時間  $t$ ニ於テ  $\frac{10-1.6}{t}$  ナル沈下速度ヲ有スル土粒ト  $\frac{10+1.6}{t}$  ナル速度ノ土粒ノ間ノモノガ吸揚セラレテ居ル。速度ノ範圍カラ言ヘバ  $\frac{10}{t}$  ナル標準速度ニ比較シテ誤差ハ ± 16 % デ比較的小サイ。然シナガラ之ハ誤差ノ最多最小ノ極限ヲ擧ゲタモノデ量カラ見レバ標準速度ノモノト之以外ノモノトノ比ハ決シテ少クナイ。

次ニ若シ土ノ浮游物が充分ニ能ク分散セズ或部分ニ多ク他ノ部分ニ少ナカッタナラバビベツと法ノ觀測ニハ亦誤差ヲ伴フ。土粒ガ相膠着シテ居レバ此分散ノ妨トナルコトハ明カデアル。從テ膠着ヲ解クコトハ殊ニビベツと法ニ必要デアル。膠着ノ原因ハ炭酸石灰ニ依ツテ接合シタリ、有機物ノ爲ニ弛ク粘バリ着イタリ、又ハ分子間ノ凝集力ヤ弱イ浮游物ノ叢合ニ似タ接着ナドヲ起ス。鹽酸ヲ以テ土ヲ先ヅ處理スレバ炭酸石灰ハ除去セラレ、水中デ捏ネ又ハ搔立テレバ凝集力ヲ離スコトガ出來、あんもにあチ加ヘレバ粒ノ叢合ヲ解グスコトガ出來ル。又過酸化水素ヲ以テ土ヲ處理スレバ其中ノ有機物ヲ分解スルカ又ハ之ヲ可溶性ノモノトスルカラ細カイ礦物性分子ヲ開放スルコトガ出來ル。

ビベツと法ニ似タ方法ニ比重計ヲ用ヒル方法ガアル。一定時間ニ浮游物ノ比重ヲ此比重計デ測ルモノデ、混合液ノ一り。とる内ニ含マレル土ヲ瓦デ表ハス様ニ目盛シタモノモアル。

16. 現行器械分析法ノ一斑 土ノ器械分析法ト云フノハ礦物分子ノ間ノ炭

酸石灰ヤ有機物等ノ膠着物ヲ除キ、充分ニ土粒ヲ分散スル豫備的處理ヲ完全ニ行ツタ後土粒ノ大小ニ應ジテ之ヲ器械的ニ撰別スルコトヲ云フノデアル。元來土ノ大部分ハ岩石破片ノ 9 割又ハ之以上ヲ含ンデ居リ、適當ナル豫備處理ヲ行ヘバ充分ニ之ヲ分散スルコトガ出來ル。石灰土ハ稀鹽酸ヲ以テ之ヲ處理スレバ土粒ハ能ク解グレ、石膏ヲ含ム土ハ亦鹽酸ヲ用ヒテ振レバ良イ。但シ炭酸石灰ノ多イ土ヤ泥沼土又ハ之ニ似タ土ハ屢々器械分析ニ依テ之ヲ分類スルコトガ困難デアル。赭土ヤ鐵分ノ多イ土ハ特別ニ之ヲ研究シナケレバナラナイ。

今主トシテ英國ニ用ヒラレテ居ル萬國器械分析法ノ一斑ヲ述ベル。即チ土ノ試料ヲ採ツテ之ガ豫備處理ヲ行ヒ、水分ノ量ヲ定メ、炭酸鹽類ヲ定メ、更ニ粒徑分類ヲ行フノデアル。

試料ノ豫備處理トシテハ土ヲ室内ニ擴ゲテ之ヲ氣乾シ、先ヅ 2 糎ノ圓孔篩ニテ篩別ケル、塊ハ豫メ木杵ノ類デ藥研ノ中デ靜カニ粉ニ碎ク、石ヤ細礫ナドノ篩ニ殘ツタモノハ夫々之ヲ秤ツテ宜シイ。但シ以下ノ分析ニハ篩目ヲ通ツタモノ、ミニ就テ調査スルモノデアル。

第一、水分 土ノ試料カラ 10 瓦ヲ採リ、之ヲ 24 時間攝氏 105°ニ熱スレバ前後ノ重量ノ差ハ水分ニ歸スベキモノデアル。時トシテハ電氣爐デ攝氏 1000°ノ熱デ 30 分間灼熱スレバ灼熱減量ヲ知ルコトガ出來ル。此溫度デ灼熱スレバ炭酸鹽類カラ CO<sub>2</sub>ヲ追出シテ仕舞フカラ、前ノ灼熱減量カラ土ノ含有スル炭酸鹽類ノ CO<sub>2</sub>ニ等シイ重量ヲ差引カナケレバナラナイ。

第二、炭酸鹽類ノ測定 石灰計ヲ以テ之ヲ測定スルコトガ出來ル。

第三、土粒ノ分類 器械分析ヲ行フ前ニ土ヲ分散シナケレバナラナイ。分散ヲ行ツタ後其分析ヲ行フベキデアル。

分散ニハ氣乾土ノ 20 瓦ヲ丈高イ硝子圓壺ニ入レ、之ニ過酸化水素 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

ノ凡ソ 60 c.c. ヲ加ヘ、之ヲ暖メテ能ク搔混ゼル。此時腐植質ノ有機物ハ分解シタリ又ハ溶ケタリシテ強イ化學反應ガ起リ、土ノ色ハ薄クナル。時トシテハ反應ガ完全ニ見エルマデ更ニ過酸化水素ヲ加ヘルガ良イ。之ヲ冷マシテ炭酸鹽類ヲ分解スルニ必要ナ酸トシテ 5 N 稀鹽酸 HCl ノ 150 乃至 200 c.c. ヲ加ヘ、一時間搔混ゼテ後土ニ蒸溜水各 100 c.c. ヲ注イテ之ヲ濾シ三回洗フ、此濾過水ノ中ニハ炭酸石灰カラ來タカルしうむノ外ニ三酸化物並ニ無水珪酸ノ混合シタモノヲ含ンデ居ル。之ニ水酸化あんもんと鹽化あんもんヲ加ヘルバ沈澱ガ出來ルカラ、徐カニ之ヲ灼熱シタ後目方ヲ秤レバ其分量ガ知ラレル。是即チ溶解減耗ト稱セラレルモノデ、通例土ノ全重量ノ 2 乃至 3 % ニ達スル。

濾過器ニ在ル土ハ熱イ蒸溜水ヲ以テ洗ヒ、篩目 0.2 糎デ篩別スル。篩ニ殘ルモノハ粗砂デ、之ヲ乾シテ目方ヲ秤ル。此篩ヲ通過シタ土ハ之ヲ振盪壘ニ移シ、凡ソ 500 c.c. ニナルマデ蒸溜水ヲ入レ、10 % ノあんもにあ 50 c.c. ヲ加ヘ、其中味ト共ニ壘ヲ毎分 30 回乃至 40 回 24 時間回轉シ、其浮游物ヲ沈澱器又ハ測定圓壘ニ移シ、蒸溜水ヲ加ヘテ之ヲ 1 りとるとスル。

次ニ器械分析ヲ行フノデアルガ前ノ浮游物ヲ有スル圓壘内ニハ元ノ試料土ノ 2 % ニ相當スルノデアル。

第一回ノ試料採取ハ充分振混ゼタ浮游物ヲ 4 分 48 秒過ギテ深サ 10 糎ノ處カラ採リ、びべとノ上部ヲ塞イデ時間ノ切レル 20 秒前ニ眞直ニ挿込ミ、20 c.c. ノ浮游物ヲ吸揚ゲテ之ヲ他ノ容器ニ移ス、此容器ハ水浴ノ上デ攝氏 105° ニ熱シ、之ヲ乾燥シテ其目方ヲ秤ル。其目方ニ 5 ヲ乘ズレバ試料ヲ採取シタ點ノ浮游物ノ濃度ヲ表ハス。此濃度ヲ X トスル。元ノ濃度ハ 2 % デアルカラ

$$\frac{x}{t} = \frac{10}{4 \times 60 + 48} = 0.0347 \text{ 糎/秒}$$

ヨリ小サイ沈下速度ヲ持ツテ居ル土ノ百分率ハ  $\frac{100 \times X}{2}$  デアル。此數ハ粘土及泥土ノ和ノ百分率ヲ表ハシテ居ル。

圓壘内ノ中味ヲ再ビ 1 分間振ツテ之ヲ 8 時間靜カニ沈澱セシメタ後新水面カラ 10 糎ノ深サニ於テ試料ヲ採取スレバ粘土ノ百分率ガ得ラレルカラ、之ヲ乾燥シテ冷マシ、後前ノ如ク其目方ヲ秤ル。斯クシテ前ニ得タ粘土及泥土ノ和ノ百分率カラ此粘土ノ百分率ヲ減ズレバ残りハ泥土ノ百分率ヲ表ハス。

粘土ノ試料採取ノ後上澄ミノ水ヲ注出シ、圓壘内ノ沈澱ヲびーかーニ移シ、底カラ深サ 10 糎マデ水ヲ入レル。之ヲ能ク搔混ゼテ 4 分 48 秒間放置シテ沈澱セシメ上澄ミノ濁リヲ捨テル。びーかーニハ再ビ水ヲ入レテ 10 糎ノ深サニ達セシメ、最早濁リガ無クナルマデ前法ヲ繰返ストキハ殘滓ハ即チ細砂デアアルカラ、之ヲ集メテ乾燥シ、其目方ヲ秤ルコト前ニ同ジ。

以上ノ方法デハ氣乾土ヲ分析シテ其百分率ヲ與ヘルモノデ、次ノ結果ヲ與ヘル。

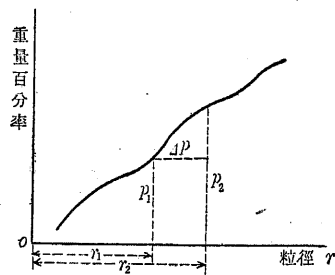
- (1) 粗砂、0.2 糎ノ篩ニ留マルモノ
- (2) 細砂、沈澱法ニ依ル
- (3) 泥土 } びべと法ニ依ル
- (4) 粘土 }
- (5) 氣乾土ノ水分
- (6) 炭酸鹽類
- (7) 鹽酸及過酸化水素ニ依ル溶解減耗
- (8) 過酸化水素ニ依ツテ除却シタル有機物及實驗誤差ニ基ク差

全部併セテ 100 トナルベキモノデ、第一、氣乾土ノ水分ハ現場ニ於ケル土ノ重サノ概念ヲ與フベク、第二、炭酸鹽類及鹽酸ニ依ツテ溶カサレル他ノ物質、第三、爐ニテ灼熱減耗、第四、細礫 (3.0—1.0 糎)、第五、粗砂 (1.0—0.2 糎) ノ兩者ハ篩ニテ別ケ其目方ヲ秤ル。第六、細砂 (0.2—0.04 糎)、第七、泥土 (0.04—0.01 糎)、第八、細泥土 (0.01—0.002 糎) 第九、粘土 (0.002 糎) 以

下)ノ四者ハ沈澱ニ依ツテ之ヲ分離シ、乾燥シテ後其目方ヲ秤ルノデアル。  
 以上各部ノ重量ヲ氣乾土ノ元ノ重量ノ百分率ヲ以テ表ハシ、各部ノ和ト 100  
 トノ差ハ精度ヲ表ハスベキモノデ、1.5%ヲ超過スルコト稀デアル。

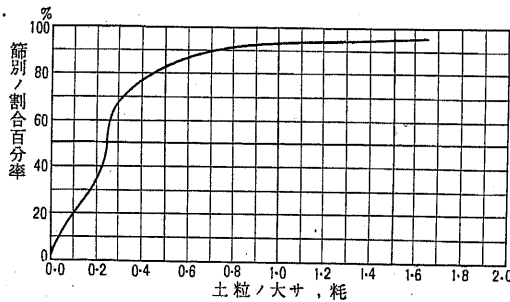
17. 土ノ粒徑分布ト累加曲線及分布函數曲線 器械分析ニ依ツテ土ヲ其粒  
 ノ大サ即チ粒徑ニ從ツテ分類スレバ其土ノ中ニハドシナ粒ノモノガドシナ風  
 ニ分布サレテアルカヲ解カル。而シテ若シ其分類ノ數が増加スレバ土粒ノ分  
 布状態ヲ圖ニ表ハスコトガ出來ル。土ノ粒徑分布曲線ガ即チ是デアル。此圖  
 ニ表ハス方法ニ累加曲線ニ依ルモノト分布函數曲線ニ依ルモノトノ二ノ方法  
 ガアル。

累加曲線ハ土ノ粒徑 $r$ ヲ横距トシ、 $r$ 及之ヨリ小ナル凡テノ粒徑ノ重量ヲ



第十圖 累加曲線。

全重量ニ比シタ百分率ヲ縦距ニ取ツテ  
 描イタモノデ、第十圖ニ示スガ如ク土  
 粒徑 $r_1$ 及 $r_2$ ノ重量百分率 $p_1$ 及 $p_2$   
 ノ差 $\Delta p$ ハ即チ粒徑 $r_1$ ト $r_2$ ノ間ノ  
 凡テノ土粒ノ重量百分率ヲ表ハスノデ  
 アル。此累加曲線ハ時トシテ土粒混合  
 曲線トモ呼バレ、第十一圖ニ示スガ如

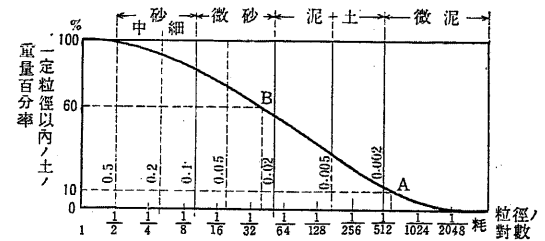


第十一圖 土粒混合曲線

キモノハ其一例デアル。  
 但シ之ニハ重量ノ代リニ  
 篩別ノ百分率ヲ縦距ニ用  
 ヒテアル。  
 土ノ粒徑 $r$ ノ代リニ沈  
 下速度 $v$ ヲ用ヒタリ、又  
 ハ $r$ ヤ $v$ ノ代リニ $\log r$

ヤ $\log v$ ヲ用ヒテモ前ノ曲線ヲ描クコトガ出來ル。殊ニ土ノ粒徑ハ大小甚シ  
 ク懸隔ガアツテ耗ヲ單位トシタ砂カラ $\mu$ 又ハ更ニ之ヨリ小ナル粒徑ノ粘土  
 類ニ至ルマデ其粒徑ノ差ガ非常ニ大デアルカラ横距ニ對數値ヲ用ヒル方ガ遙  
 カニ便利デアル。

粒徑 $r$ ノ代リニ其對數ヲ取り $x = a \log r$ ヲ横距ニ用ヒル。此ニ $a$ ハ $r=0$   
 ノ場合ノ $x$ ノ値デアル。今二ノ粒徑 $r_1$ 及 $r_2$ ガ $r_2 = nr_1$ デアルトスレバ $r_1$   
 ノ横距 $x_1$ ハ勿論 $a \log r_1$ デアルガ、 $x_2$ ハ $a \log r_2 = a \log(nr_1) = a \log n + a$   
 $\log r_1$ デ $x_1$ ノ右方ニ $a \log n$ ヲ切り $x_2$ ヲ求メルコトガ出來ル。即チ $r_1, r_2$ 等  
 ノ絶對ノ値ハ如何ナルモノデアツテモ所謂有効粒徑ニハ關係ナク各ノ土粒ノ  
 分布状態ヲ表ハスコトガ出來ル。斯クノ如ク粒徑ノ對數ヲ横距ニ取り、各粒  
 徑及之ヨリ小ナル粒徑ノ重量ノ百分率ヲ縦距トシテ表ハシタ曲線ヲ齊粒曲線



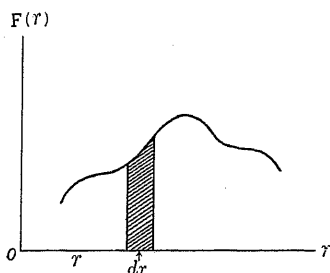
第十二圖 齊粒曲線(てるごつきニ據ル)

ト呼バレテアル。第十  
 二圖ハ即チ此曲線ヲ例  
 示シタモノデ土ノ各種  
 ガ明瞭ニ看取セラレ  
 ル。はーぜん (Hazen)  
 ノ所謂有効粒徑ニ應ズ  
 ル 10% 縦距ニ地平線ヲ描キ (第五章第二節 80 参照)、其齊粒曲線ト交ル  
 點 A ニ對スル横距ハ即チ有効粒徑ヲ表ハスモノデアル。而シテ縦距 60%  
 ニ應ズル B 點ノ横距ト前ノ 10%ニ應ズル横距ノ比ハ齊粒係數ト呼バレル  
 モノデ、相等シイ齊粒係數ヲ持ツテ居ル土ハ其ノ二ノ横距ノ差ガ相等シク、  
 粒ノ細粗ニハ關係シナイノミナラズ、粒ガ一樣デアル程齊粒曲線ハ急デア  
 ル。

土ノ粒徑分布ノ状態ヲ圖示スル 第二法ハ粒徑分布函數ヲ表ハス曲線ヲ描



キ、此曲線ト横軸ノ間ニ一定ノ横距ニ挾マル、面積ヲ以テ其特種ノ二ノ粒徑



第十三圖 粒徑分布函数曲線

ノ間ノ土ノ重量ノ百分率ヲ示スノデア  
ル。第十三圖ノ横距ヲ粒徑ニ取り、縦距ヲ  
粒徑分布函数  $F(r)$  トシテ曲線ヲ描イタ  
モノトシ、 $r$  ノ百分率ハ  $F(r)$  ニ等シク、  
 $r$  ト  $r+dr$  トノ間ノ面積ハ  $F(r)dr$  デ  $r_1$   
ト  $r_2$  トノ間ノ百分率ハ  $\int_{r_1}^{r_2} F(r)dr$  ナル面  
積ヲ以テ表ハスコトガ出來ル。是亦一ノ

土粒分布ヲ示シ得ベキ曲線デアル。

累加曲線ノ場合ト同ジク、粒徑  $r$  ノ代リニ沈下速度  $v$ 、或ハ  $r$  及  $v$  ノ對  
數  $\log r$  若クハ  $\log v$  ヲ横距トシテ函数ヲ表ハスコトガ出來ル。12ニ述べ  
タ X ヤ Y ハ即チ分布函数ヲ表ハスモノデアル。

18. 土ノ比重又ハ重量 土ノ強度ハ其粒ノ積疊ノ粗密、換言スレバ粒ノ間  
ノ空隙ニ關係シテ居ル。而シテ空隙ヲ知ルコトハ土質又ハ土性ヲ判定スルニ  
必要デアル。充分乾燥シタ土ノ一定容積例ヘバ1立糶ノ容積ノ重量ト比重ヲ  
知レバ其空隙ヲ知ルコトガ出來ル。即チ一定容積ノ乾イタ土ノ重量ヲ  $G$ 、其  
比重ヲ  $s$  トスレバ乾土實質ノ容積ハ  $v=G/s$  デ其空隙ハ實ニ始ノ總容積ト  $v$   
トノ差デアル。

土ノ空隙ハ水ヤ空氣ガ占有シテ居ル部分デ若シ此土中ノ水即チ地水ノ容積  
ヲ前ノ空隙カラ減ズレバ土壤空氣又ハ地氣ノ容積ガ殘ル。然シ實際水ヲ飽和  
シテモ尙土ノ中ニハ多少ノ空氣ガ殘ツテ居ル。乾土實質ノ一定容積ノ重量ハ  
之ヲ見カケノ比重ナドトモ呼ビ、土ノ一定容積ノ重量ヲ秤リ、其乾土實質ヲ  
定メレバ直チニ定マルカラ乾土ノ眞ノ比重ヲ知ルコトハ必要デアル。今凡ソ  
200 瓦ノ乾イタ土ヲ印シノアル 300 乃至 500 立糶入ノこるべん又ハ長壘ニ入

レテ之ニ水ヲ注込ミ、印シニ達セシメル。斯クスレバ長壘ノ印シマデノ容積  
ト今注込シダ水量トノ差ハ土ニ依テ排除ケラレタ水ノ容積デアルカラ、此容  
積ノ水ノ目方ヲ以テ始ノ土ノ目方ヲ割レバ土ノ比重ガ得ラレル。但シ此方法  
ハ精度ニ乏シイ。若シ又精密ニ目盛シタ硝子管ニ一定量ノ水ヲ滿タシ、更ニ  
乾土ノ目方ヲ秤ツテ之ニ投入シ、其容積ノ增加カラ比重ヲ定メレバ更ニ精密  
ナ結果ガ得ラレル。又容量 50 乃至 100 立糶ノ比重壘ヲ用ヒルトキハ一層精  
密ニ土ノ比重ヲ知ルコトガ出來ル。

元來土ノ比重又ハ重量ハ礦物ノ成分ノ種類ト其積量ノ密度又ハ構造ニ依ツ  
テ異ツテ居ルガ、重イ礦物ノ破片カラ成ル土ハ一般ニ重ク、輕イ破片カラ成ル  
土ハ輕イ。多クノ研究ニ從ヘバ砂土及石灰土ハ其比重 2.6 乃至 2.7 デ土ノ中  
デハ最大ノ比重ヲ有シ、粘土ハ 2.4 乃至 2.5 デ比重ガ最モ小サイ。但シ純粹  
ナ腐植土ハ比重ガ 1.3 乃至 1.6 位デアルガ礦物質土壤ハ腐植土ノ多少ニ依ツ  
テ其比重ガ以上ノ兩極端ノ間ニ在ル。炭酸石灰ヤ水酸化鐵ハ比重ガ大デア  
ルカラ土ノ中ニ之ヲ含ムコトガ多イ程其比重ハ大トナル。一般ニ礦物性土壤ノ  
比重ハ 2.6 乃至 2.7 ト假定スルコトガ出來ル、今若干ノ岩石及土壤ノ比重ヲ  
示セバ次ノ如クデアル。

第八表 岩石土壤ノ比重

岩石ノ種類	比 重	硬 度	岩石ノ種類	比 重	硬 度
玄武岩	2.7—3.2	—	角閃石	2.9—3.4	5—6
輝石	3.2—3.5	5—6	石膏	2.3	1.5—2
白雲石	2.85—2.95	3.5—4.5	石灰石	2.5—2.8	—
正長石	2.5—2.6	6	雲母	2.65—3.20	2.5—3.0
長石	2.53—2.58	6	片麻岩	2.4—2.7	—
燧石	2.6	6	石英	2.5—2.8	7
斑糶岩	2.9—3.0	6	花崗岩	2.51—3.05	5—6

岩石ノ種類	比重	硬度	岩石ノ種類	比重	硬度
蛇紋岩	2.6	3-4	泥炭	1.26	—
滑石	2.5-2.8	1	水酸化鐵	3.73	4-5
石英砂	2.639-2.653	—	褐鐵礦	3.4-4.0	4-5
石灰砂	2.722-2.756	—	赤鐵礦	5.1-5.2	—
白堊	2.813-2.720	—	土、礫、燧石、 マリタルモノ	2.0	0.3
陶土	2.47-2.503	1	// //	1.6-1.9	—
粘土	2.44-2.53	—	乾キタルモノ // 貧	1.34	—
腐植土	1.27	—	乾キタルモノ		

掘起シタ許リノバラバラノ土ト可ナリノ年月ヲ經テ能ク緊ツタ土トハ其重量ニ著シイ差ガアル。今若干ノ土ノ重量毎立米噸ヲ示セバ次表ノ如クデア  
ル。

第九表 土ノ重量、毎立米噸

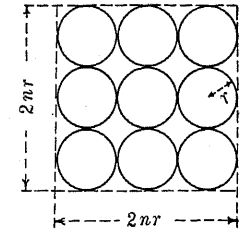
土ノ種類	重量 (毎立米噸)	土ノ種類	重量 (毎立米噸)
盛土	1.4	乾砂	1.6
バラノ砂	1.2	濕砂	2.1
緊リタル砂	1.65	濕粘土	1.8-2.0
乾礫	1.70	乾土	1.6
濕礫	2.00	濕土	2.1
乾礫	1.6	濕礫	2.1

19. 土粒ノ空隙ト其空隙率 土粒ノ空隙ト云フノハ土粒ノ間ニ存在スル實質外ノ容積ヲ指スモノデ、之ヲ其土ノ全容積トノ百分率ヲ以テ表ハシタ比ヲ其空隙率ト呼バレテアル。

今相等シイ半徑ノ球ガ相接觸シテ積重ネラレタモノトスレバ其積重ネ方ニ開放的ノモノト密集的ノモノトアル。開放配置ノモノハ第十四圖ニ示スガ如ク各球相接觸ハシテ居ルガ放慢ニ駢ベラレテアリ、其上層モ全ク之ト同様ニ積重ネラレテアルノデ高サハ幅又ハ奥行ト共ニ  $2nr$  トスレバ球ノ數ハ

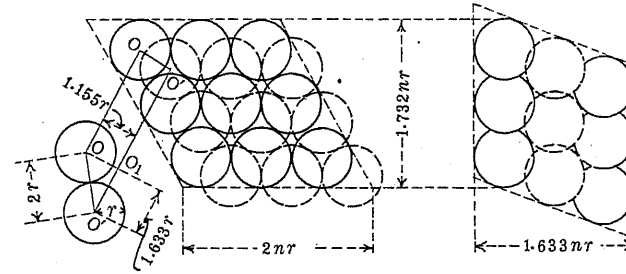
$n^3$  個ノ球ノ實質ノ全容積ハ  $\frac{4}{3} \pi r^3 n^3$  ニ等シイ、然ルニ是等  $n^3$  個ノ球ガ占有シテ居ル全容積ト其間ノ空隙トヲ合計スレバ  $(2nr)^3$  又ハ  $8n^3 r^3$  ニ等シイカラ其空隙率ハ

$$\left(1 - \frac{\frac{4}{3} \pi n^3 r^3}{8 n^3 r^3}\right) \times 100 = 47.647.$$



第十四圖 開放配置

トナル。然ルニ若シ前記ノ球ガ更ニ密集シテ第十五圖ニ示スガ如クギッシリ



第十五圖 密集配置

積重ネラレルモノトスレバ即チ密集配置ヲ得ルモノデ平面ノ面積ハ

$$2nr \times 2nr \cos 30^\circ = 3.464 n^2 r^2$$

デ斜立方體ノ高サハ

$$\sqrt{(2r)^2 - (r \sec 30^\circ)^2} \times n = 1.633 nr$$

デアルカラ此斜立方體ノ全容積ハ

$$3.464 n^2 r^2 \times 1.633 nr = 5.6567 n^3 r^3$$

ニ等シイ。從テ空隙率ハ

$$\left(1 - \frac{\frac{4}{3} \pi n^3 r^3}{5.6567 n^3 r^3}\right) \times 100 = 25.95\%$$

トナル。以上ハ理想的配置ノ兩極端ヲ示シタモノデ空隙率ハ 25.95 % ト

47.64 %ノ間ニ在ルコトヲ示シテ居ル。然シ實際ニハ土粒ノ形ガ球狀ヲ爲サヌ許リデナク、大小ガ入り亂レテ而カモ空隙ノ有様ハ開放密集孰レノ配置ニモ似テ居ラナイノガ實狀ニ近イ。然シ今てるざぎー (Terzaghi) ガ發表シタ掘起シタバラノモノ、搖動シテ緊ツタモノ及濕シテ叩イタ砂粒ノ空隙率ヲ示セバ大體前ニ述ベタ値ニ近イコトガ知ラレル。

第十表 砂ノ空隙率

砂ノ種類	空隙率 %		
	バラ	擽緊	濕シテ叩ク
細微ナル砂濱ノ砂 (徑0.06耗乃至0.3耗)	49.6	40.9	38.8
砂丘ノ砂	45.8	33.9	33.9
壩母交リノ河砂 (徑0.1耗乃至2.7耗)	41.6	33.9	29.3

天然ノ土ハ其初メ緩ク積重ツテ居ルモノデモ時間ヲ經過スル間ニ自己ノ重量ヤ水濕ノ影響デ漸次緊ツテ來ルノハ日常人ノ能ク知ル所デアルガ、更ニ杭打ヤ胴突ナドニ依ツテ人爲的ニ土ヲ搗固メタリ。棍棒ヤ輾壓器ナドデ堤堰ヲ固メルコトモ亦屢々人ノ見ル所デアル。

然シ土質ニ依リ其緊マル度合又ハ壓縮度ハ同一デナイガ、其壓縮度ヲ知レバ其構造ノ安定ガ窺ヒ知ラレル。唯土ハ散漫ナ集團デアル爲メ壓縮度ノ如キ力學的性質ハ外ノ材料ト稍々其趣ヲ異ニシテ居ル (第三章及第十章参照)。

今一般ニ  $p$  ヲ砂ノ空隙率トスレバ  $\frac{p}{100}$  ハ空隙ヲ表ハシ、 $1 - \frac{p}{100}$  ハ砂粒ノ實質ヲ表ハスカ其比ヲ  $\varepsilon$  トスレバ  $\varepsilon$  ヲ虚實率ト呼ブコトガ出來ル。虚實率ハ又空隙比ト呼バレル。

$$\varepsilon = \frac{p}{100-p} \quad [13]$$

天然ノ儘ノ砂、掘起シテ緩メタ砂及搗固メタ砂ニ就テ夫々其虚實率ヲ  $\varepsilon'$ 、 $\varepsilon''$  及  $\varepsilon_1$  及其空隙率ヲ  $p'$ 、 $p''$  及  $p_1$  トスレバ

$$\frac{\varepsilon'' - \varepsilon_1}{\varepsilon_1} = \frac{p'' - p_1}{\left(1 - \frac{p''}{100}\right)p_1} = a \quad [14]$$

$a$  ハ即チ此砂ノ壓縮度ヲ表ハス。又

$$\frac{\varepsilon'' - \varepsilon'}{\varepsilon'' - \varepsilon_1} = \frac{(p'' - p')\left(1 - \frac{p_1}{100}\right)}{(p'' - p_1)\left(1 - \frac{p'}{100}\right)} = \delta \quad [15]$$

トスレバ  $\delta$  ハ關係密度ヲ表ハス。壓縮度ト關係密度ハ砂ノ配置又ハ積重ナル状態ヲ判定スル材料トナル。バラノ砂デハ  $0 < \delta < \frac{1}{3}$ 、可ナリ緊ツタ砂デハ  $\frac{1}{3} < \delta < \frac{2}{3}$ 、非常ニ能ク緊ツタ砂デハ  $\frac{2}{3} < \delta < 1$  デアル。砂以外ノ他ノ土デモ此關係ハ同様デアル。

壩母ヤ粘土ナドノ所謂粘狀土トナレバ之ヲ撓ゲルコトガ自由デ、其粒ノ配列ヤ積重ネ方ニ依ツテ空隙ノ變化ハ極メテ少ナイ。例ヘバ壩母狀粘土ノ空隙率ハ 50 %カラ 5± %位ニ達スルモノガアル。

## 第二節 土ト水分

20. 岩石及土ノ含水量ト其變化 岩石ハ土ト同ジク多少ノ空隙ヲ持ツテ居ルカラ、其空隙ノ中ニ水ヤ空氣ナドガ潛入スル。從テ岩石ヤ土ノ空隙ノ全容積ニ水ガ入ツテ居レバ即チ水ガ飽和シタモノデアル。而シテ若シ土中ニ飽和シタ水ノ一部ガ無クナツテ殘ル空隙ニノミ水ガ殘存シテ居ル時ハ此殘存ノ水ハ蒸發スルカ植物ニ吸收セラレルカ又ハ土粒ノ中ニ在ツテ其毛管作用ノ爲ニ保有セラレル。之ヲ其岩石ヤ土ノ含水量ト呼ブ。一般ニ最大含水量ヲ擧ゲテ含水量ト云ヒ、重量又ハ容積ノ百分率ヲ以テ表ハスコトガ出來ル。

今一定重量又ハ容積ノ土ヲ取ツテ圓筒ノ中ニ入レ、底ニハ孔ヲ開ケテ之ニ水ヲ掛振ケ其底カラ水滴ガ落ちナイ程度ニ飽和セシメレバ其含水量ヲ見出すコトガ出來ル。此方法デ見出サレタ含水量ハ次表ニ示スガ如クデアル。

第十一表 土ノ含水量

土ノ種類	含水量百分率	
	重量	容積
甚粗鬆ニシテ粗粒ノ砂質ノ土	26.5	39.0
豊沃ナル石灰土	38.3	48.6
砂質ニシテ可ナリ豊沃ナル畑地	43.9	51.4
砂質 礫 母	43.3	55.4
泥 沼 土	274.0	126.0

岩石ハ其罅隙龜裂等ニ於ケル水ノ移動又ハ地温ノ變化等ニ依ルモノヲ除ケバ其自身ニアル含水量ノ變化ハ極メテ少イト考ヘラレルガ、土ノ中ノ水分又ハ地濕ハ季節的ノ變化ヲ受ケ、林地ト裸地トニ異リテ居ル。今農林省林業試験場ノ研究結果ヲ綜合スレバ大凡地濕變化ノ有様ノ一斑ガ想像サレル。但シ實際ニハ勿論更ニ廣汎ナル區域ニ涉ツテ研究セラルベキモノデアロウガ、此研究ハ目黒林業試験場構内ニ於テ滿三ケ年間觀測成績ニ據ツタモノデ、深サ地表カラ 10 糎 20 糎 30 糎ノ三箇所ニ於テ毎月一回觀測セラロタルモノデアル。

一般ニ土壤水分ハ年週期ノ變化ヲ爲シ、冬期最モ多ク夏季最モ減少シ、春秋二季ハ其間ニ位シテ居ル。此水分ノ季節的變化ハ此觀測ノ深サノ範圍ニ於テハ降水量ヨリモ寧ロ蒸發量及地温ニ密接ナル關係ガアル様デアル。又土壤水分ノ季節的變化ノ量又ハ其振幅ハ地中ニ深サヲ増ス程小サクナル。

年平均土壤水分ハ林地又裸地共ニ深サ 30 糎ノ所ガ最モ多ク、10 糎之ニ次ギ 20 糎ノ所ガ最モ少イ。

林地ト裸地トノ土壤水分ノ季節的變化ヲ見レバ林地ハ裸地ヨリモ著シク少イ、林地ノ土壤水分ハ裸地ヨリ常ニ大デ殊ニ夏ノ乾燥期ニ於テ此差ガ著シイ、即チ年平均土濕ハ林地ノ方ガ裸地ヨリモ 8.8% 大デ、乾燥期ニ於テハ約 22%

モ大デアル。故ニ林地ニ於テハ常ニ多量ノ土壤水分ヲ保有シ、特ニ乾燥期ニ於テモ土壤ノ乾燥ヲ來サザルモノト認メラレル。

林地ニ於テハ樹冠ノ雨水保有作用又ハ遮斷作用ニ依ツテ地表ニ達スル雨量ハ裸地ヨリモ少ク、又林木及地床植物ノ蒸散作用又ハ葉面蒸發ニ依ツテ土壤水分ヲ消費スルニ係ラズ。裸地ニ比スレバ常ニ多量ノ水分ヲ保有スルハ樹冠ニ依ツテ地面ヲ陰蔽シ、著シク地面ノ蒸發量ヲ減少セシメルト同時ニ林地ハ地温低ク、林外土壤等ニ比シ常ニ保水力ガ大ナル状態ニ在ル故デアルト考ヘラレテ居ル。

又同種ノ土ノ含水量ハ粒ノ大イ程少イ。

第十二表 土ノ粒徑ト含水量

土質	石 英 砂			礫 母 灰 泥		
	粒徑(耗)	0.26—0.29	0.45—0.54	0.25—1.58	0.54—0.64	0.85—1.15
含水量(%)	31.8	28.4	14.4	59.7	57.6	51.4

土ノ空隙ト其含水量トノ差ハ含氣量デアル。含氣量ハ地下水ヲ下ゲル様ナ場合ニ水ノ飽和シタ土粒ノ間カラ除キ得ル水ノ量ニ等シク、亦百分率ヲ以テ表ハサレル。一般ニ含氣量ハ粘性土ガ粒狀土ヨリ少イ。

第十三表 岩 濕 百 分 率

岩石名	岩 濕 %	岩石名	岩 濕 %
白 堊	19.3—20.7	石 膏	1.5
漆 喰	23.4	粗 粒 花 崗 岩	0.37
粘 土	19.6—23.2	石 英	0.08

今若シ完全ニ岩石ヤ土ノ粒ノ間ノ水ヲ乾燥シテモ其岩石ヤ土粒自身ニ保有

セラレテ居ル水分ガアル。之ハ岩石ヤ土ノ形ヲ維持スルニ必要ナ最小量ノ水分デ之ヲ岩濕ト呼ビ、重量ノ百分比ヲ以テ表ハサレテアル。第十三表ハこれ(Delesse)ノ調査シタ結果デアアル。

又リ、ギー(Lueger)ガ1立米ノ岩石ヲ乾燥シテ含ム岩濕ヲりっとるデ表ハシタモノハ次ノ如クデアアル。

第十四表 岩濕1立米ニ付りっとる

岩石名	岩濕(1立米中) りっとる	岩石名	岩濕(1立米中) りっとる
花崗岩	0.5—8.6	砂岩	6.2—398
閃長岩	4.7—13.8	白雲岩	15—221.5
斑輝岩又ハ飛白岩	6.0—7.0	石灰岩	15.4—322
玢岩	4.0—13.0	白堊	144—439
響岩	20—45	粘土質土壤	464—481
玄武岩	6.3—9.5	粗砂、礫、小砂利	360
玄武熔岩	44—56	中砂(粒徑1耗以内)	400
片麻岩	5.4—27	細砂(粒徑0.33耗乃至0.25耗以内)	420

我地球ガ保有スル水ノ5%ハ實ニ岩濕トシテ存在シテ居ルト云ハレテアル。即チ岩濕ハ自然ノ状態ニ於ケル岩石ガ吸収シテ居ル最小含水量デ、岩石獨自ノ形ヲ保チ得ルガ爲ニハ之ヲ保有シナケレバナラヌモノデアアル。

然シナガラ地中ニハ一塊ノ岩石一掬ノ土壤デモ其岩濕ヨリ多クノ水ヲ吸収スルコトガ出來ル。即チ地殻ヲ組立テ地皮ヲ形ツテ居ル岩石土壤ニハ其空隙ノ間ニ滲入シタ水ヲ毛管作用ニ依リ又ハ地下水ノ形トシテ保有スルコトガ出來ル、此保有水量ハ即チ岩石土壤ノ最大含水量又ハ單ニ含水量ト呼バレテアル所ノモノデアアル。

21. 砂ト粘土 粒狀ヲ爲シタ土即チ砂ニ於テハ水濕ガ粒ノ間ニ入ツテモ其器械ノ性質ヲ變ヘナイガ、粘性土即チ壩垣ヤ粘土ニ於テハ其砂ヲ含ム多少

ニ從ヒ又其水分ノ多少ニ伴ツテ相異ナル状態ガ現ハレル。壩垣ガ少ケレバ粘リガ缺ケテ居ルガ、水ヲ加ヘルト共ニ固形體ハ漸次流動體ニ移リ變ル。

斯クシテ砂ハ粒狀土ノ代表物デ粘土ハ粘性土ノ代表物デアアル。而シテ礫、粗砂、中砂、細砂ハ粒狀土デ、泥土、粘土ハ粘性土ノ部類ニ屬スル。粘土ノ中ニモ亦若干ノ種類ニ分ケルコトガ出來ル。

22. 土ノ滲透性 土ノ粒ノ間ニハ空隙ガアルコト前ニ述べタ通りデアアルガ、壓力又ハ落差ノアル水ガ土粒ノ間ニ來レバ毛管作用ニ依ツテ其一部ハ引止メラレル。然シ尙外來ノ水ノ壓力又ハ落差ガ強ケレバ水ハ表面張力ニ打勝ツテ粒ノ間ヲ通過シ、漸次地下ニ滲グリ行ク。此現象ハ即チ土ノ滲透性ト呼バレル所ノモノデアアル。今水ガ其降雨ナルト又ハ河海湖沼等カラ來ルトヲ問ハズ、地中ニ浸込ム場合ニ大部分ハ上層ノ地皮ノ中ニ保有セラレ、一部分ハ再ビ蒸發シ去リ、他ノ一部分ハ植物ノ根ニ吸收セラレルモノモアルガ、疎鬆ナ土質ノ所デハ上層地皮ニ滲入シタ水ハ他ノ岩石ノ罅隙ナドカラ潛入スルモノト共ニ深く地中ニ進入シテ所謂地下水トナル。

然シ一般ニ地中ニ滲入スル降水ハ比較的淺層ニ止マリ、極強イ雨デ掘起サレタ弛イ土ノ中デモ1米ノ深サニ達スルコトハ稀デアアル。

土ニハ水ヲ滲透スルモノト之ヲ滲透シナイモノトアツテ滲透性及不滲透性ノニニ分ケルコトガ出來ル。砂礫畑地ノ如キハ滲透性ノ土デ壩垣、粘土及岩盤ノ如キハ不滲透性土デアアル。

水ガ土中ニ滲透スルノハ一般ニ雨量及其強サ、蒸發、排水ノ深サ、土質、地盤ノ傾斜、氣候及地表ノ被覆等ニ依ツテ同一デナイ(第五章第二節参照)。

### 第三節 地氣

23. 地氣ト其成分 土ハ疎鬆デアアルカラ其空隙ニハ瓦斯ヤ水ナドガ入ツテ

居ル。此土粒ノ間ノ瓦斯ハ即チ地氣又ハ土壤空氣デアル。地氣ノ成分ハ大體大氣ト同一デアルケレドモ土中ニ在ツテ種々ナル瓦斯ヲ發生吸收スル微生物ノ活動ニ依ツテ異ナリ、又是等ノ瓦斯ガ大氣ト交換スル遲速ナドニ從テ違ツテ來ル。微生物ノ主ナル働きハ植物ノ根ヤ細菌ニ依ツテ酸素ヲ吸收シ、二酸化炭素ヲ發生スルコトガ是デアル。而シテ地氣ノ成分ハ二酸化炭素ガ大氣中ニ逃レテ酸素ト轉換スル遲速ニ依ツテ異ナル。斯クシテ地表ニ近イ空氣層ニハ炭素ノ同化ガ速ニ進行シテ居ルノニ尙普通ノ大氣ヨリハ  $\text{CO}_2$  ノ量ガ多クナル。すじよすとれーむ (Sjöström) ハ攝氏  $15^\circ$  ノ溫度デ毎日 1 方米ノ地表ニ  $\text{CO}_2$  ガ 7 乃至 10.5 りとるとるヲ生ジツ、アルト推定シタ。又ろめる (Romell) ハ南瑞典ノ林地ニ於テ六月中ニ毎日 1 方米 2.8 りとるとるノ  $\text{CO}_2$  ノ最小量ヲ發散シツ、アツタト發表シテ居ル。又地表カラノ深サト共ニ細菌ガ分布シテ居ル状態ヲ研究シテ、ろめるハ若シ  $\text{CO}_2$  ガ發散シ去ラナイデ同ジ割合デ續イテ發生スルナラバ深サ 20 糎ニ於テ  $\text{CO}_2$  ノ濃度ハ 1.5 時間ニ二倍トナリ、14 時間ノ中ニ 10 倍ニ増加スルト云ツテ居ル。

今若シ二酸化炭素ガ毎日 1 方米ニ 7 りとるとるヅ、發生スルナラバ地氣ガ其平均成分ヲ保ツ爲ニハ深サ 20 糎マデノ時間毎ニ新シクナラナケレバナラナイ。是レ通氣ノ便利ナ標準デ、標準通氣ナド、呼バレテアル。若シ地氣ヲ捉ツテ組織的ニ分析ヲ行ヘバ土カラ發生スル  $\text{CO}_2$  ノ割合ヲ知ルコトガ出來ル。

24. 地氣ノ調査 地氣成分ノ組織的ニ分析ニハ英國ノろせる (Russel) 及あふるやード (Appleyard)、印度ノれざー (Leather)、瑞典ノろめるナドガアル。

金屬管ノ中央ニ圓錐形ノ尖端ヲ有スル棍ガアツテ管ヲ土中ニ挿入シ、必要ノ深サニ達スレバ更ニ棍ノミヲ稍々深ク挿込デ後棍ヲ引揚ゲレバ地氣ハ吸揚ゲラレテ管ト棍ノ間ノ環狀空隙ヲ上リ水銀ノ上ノ容器ニ集メルコトガ出來ル。然シ實際ニハ管ノ周圍ノ土ニ障害ヲ及ボサズニ土ノ中ニ管ヲ挿込ムコト

ハ容易デナイ。土粒ノ間ノ空隙ハ皆一般ニ小サイカラ瓦斯ガ速ク流出スルニハ抵抗ガアル。從テ或程度マデ大氣ガ地氣ニ交ツテ之ヲ汚濁シナイカト云フ問題ガ起ル。然シ種々ノ研究カラ此汚濁ハ起ラナイコトガ確メラレ、地表ニ近イ上層ノ地氣ハ普通ノ大氣ト異ツテ居ラナイ。 $\text{CO}_2$  ハ容積デ 4 乃至 5 %ヲ越スコトハ稀デ、通例之ヨリ少イ、換言スレバ  $\text{CO}_2$  ハ容易ニ土中カラ逸出シテ大氣中ノ酸素ガ亦容易ニ土中ニ侵入シ相互轉換ヲ行フコトガ知ラレル。

25. 地中瓦斯ノ轉換 上ハ地表ニ依リ大氣ニ界セラレ、下ハ地中ノ地下水又ハ他ノ不透過地層ノ間ノ土粒ノ間ニアル地氣ハ濕ツテ居ル空隙ノ中ニ在ツテ出入移動スル、地中瓦斯ノ轉換ガ即チ是デアル。地氣ノ轉換ハ一方ニハ瓦斯ノ擴散ニ關係シ、他ノ一方ニハ大氣ノ運動又ハ氣流ヲ引起ス所ノ氣象ニ影響セラレ、其相錯綜シタ作用ニ基ヅクデアル。例ヘバ地温ノ變化ハ空氣ノ伸縮ヲ生ジ、降水、灌溉及地中水分ノ蒸發ノ爲ニ地氣ノ占有シテ居ル空隙ノ容積ニ變化ヲ及ボシ、又風ノ爲ニ地中ニ空氣ヲ推進シ、又ハ吸揚ゲタリスル。又氣壓ノ變化ノ爲ニ地氣ノ伸縮ヲ引起ス。

26. 地温ノ影響 地温ノ波動ハ深サガ異ナルト共ニ其振幅ヤ位相ヲ異ニシ、從テ地中ノ各點ハ不同ノ地温ヲ有スルノミナラズ、又地表ヤ地中ノ溫度ハ大氣ノ溫度トモ異ナル爲メ、地氣ハ地温ノ變化ト共ニ轉換ヲ促進セラレル。地温ノ變化ハ後節ニ述ベル通りデアル。

今空氣ノ比熱ハ其恒壓ニ於ケルモノモ又ハ恒容ニ於ケルモノモ次ノ第十五表ニ示スガ如ク小デアル。

空氣ノ比熱ハ小サク、土粒ノ間ノ空隙モ小サイカラ地氣ハ直チニ附近ノ土砂ト同一溫度ニ近寄ル。又空氣ガ暖ク輕イ程上昇シテ上ニ揚ガリ冷エテ重イ空氣ハ之ニ代リ、比熱ガ小サイカラ岩石土壤ノ比熱ノ小ナルコト、モ相伴ツ

テ地中ノ一點カラ他ノ點ニ向ツテ著シイ對流ヲ生ジ、地氣ノ轉換ヲ見ル理窟デアアル。

第十五表 乾燥空氣ノ比熱

溫度(攝氏)	恒 壓 比 熱	恒 容 比 熱	觀 測 者
20°	0.2417		Swann, 1909
100	0.2430		" "
20—440	0.2366		Holborn & Austin, 1905
20—98	0.2372		Witkowski, 1896
—102—17	0.2372		" "
— 50(70氣壓)	0.312		" "
0(1氣壓)		0.1715	Joly, 1891

地中ノ深イ地層ガ上層ヨリモ高イ溫度ニ在ル時ハ前ニ述べタ様ナ現象ガ著シイ。例ヘバ夜間地表ニ近イ上層ノ地氣ガ低溫度ニ在ル時ナドハ其適例デアアル。然シ日中ハ太陽ノ輻射熱ニ依ツテ地表ガ暖メラレテ地中ヨリモ高溫度ヲ示ス爲メ、表層ニ近イ空氣ガ地中ニ侵入スルコトノ比較的少イノハ恰カモ管中ニ入レタ液體ヲ頂部デ熱シテモ其溫度ノ平均スルコトガ遅イノト同理デアアル。

然シナガラ日々ノ地溫ノ波動ガ地中ニ入込ム深サハ極メテ淺イカラ、地溫ノ變化ニ依ツテ生ズル地氣ノ轉換ハ地表ノ近クニ限ラレテ居ルコトハ想像スルコトガ出來ル。而シテ精密ナル研究ニ依レバ溫度ノ差ニ依ル通氣即チ地氣ノ轉換ハ標準通氣ノ8分1ニ過ギナイ。

27. 水濕變化ノ影響 地中水分變化ノ影響ハ比較的簡單デアアル。降水ヤ灌漑ノ爲ニ地中ノ水濕ガ増加スルナラバ地氣ハ其同量丈ケ排除サレナケレバナラヌ。今雨が強く降ツテ地中ノ上層ニ一時的飽和ノ地帯ガ出來タトスレバ間モナク其水ハ下方ニ沈下シテ其下方ノ地氣ヲ逐遣リ、後ニハ大氣ヲ隨ヒ來ル。但シ引入レタ容積ハ驅逐シタ容積ヨリ少イノハ地濕又ハ土中ノ含水量ガ雨後

多クナルヲ常トスルカラデアアル。

地中カラ水分ガ蒸發シテ水蒸氣ノ逃行クノハ地氣ノ容積ヲ其丈ケ増加セシメル。土粒ノ間ノ空隙ノ直徑ハ水濕ノ含有量ガ減少スルト共ニ増大シ、地氣ト大氣トノ交換ガ容易トナル。

通氣ガ是等ノ原因ニ依ツテ消長スルコトノ多イノハ降雨蒸發ノ作用ガニツナガラ變化ノ多イ點カラ想像スルコトガ出來ル。今墟垣質土壤ノ空隙ヲ凡ソ全容積ノ4割トスレバ普通水濕ノ狀態デハ空氣ノ容積ハ空隙ノ $\frac{1}{4}$ ニ過ギナイ。即チ地氣ハ土ノ全容積ノ1割ヲ占メルニ過ギナイ。今一年1000耗ノ降雨ガアルトスレバ10,000又ハ10米ノ深サマデ空氣ヲ移動スルコトガ出來ル。或ハ20糧ノ通風ヲスルモノトスレバ1年50回ノ入換ヲ爲シ得ルニ過ギナイ。是レ毎時20糧ノ標準通氣ニ比較スレバ雨ノ影響ハ極メテ微々タルモノデアアル。

28. 風ノ影響 風ガ地表ヲ拂ツテ吹クトキハ其凸凹様々ノ地貌ノ爲ニ或ハ渦卷トナリ、或ハ其行先ニ立塞ガリ、千狀萬態ノ不規則ナ氣流ヲ生ズルコトハ想像ニ難クナイ。然シナガラ風ガ障害物ニ逢ヘバ其風上ニハ壓力ヲ増シ、風下ハ壓力ヲ減ズル爲ニ土粒ノ間ノ空隙ノ大サニ應ジテ地氣ノ壓力ニモ消長ヲ見ルコトハ事實デアアルケレドモ此壓力ノ變化ハ地表カラ餘リ深イ處ニハ達シナイ。即普通ノ土デ普通ノ風速デハ此地表ノ壓力變化ノ爲ニ起ル通氣ハ標準通氣ノ分數ニ過ギナイ。唯疎鬆ナ土ト高速度ノ風デハ標準通氣ヨリ大ナルコトガアル。

29. 氣壓變化ノ影響 大氣ノ氣壓ガ増セバ滲透性ノ土粒ノ空隙内ノ空氣ハ其影響ヲ受ケテ壓力ヲ増シ、地氣ハ壓縮セラレテ大氣ハ地中ニ入込ム。之ニ反シテ大氣ノ氣壓ガ減ズレバ地氣ハ膨脹シテ其一部ハ地中ヨリ脱出スル。然ルニ大氣ノ氣壓ハ平日ニ於テハ比較的的正シイ週期ヲ以テ増減スルカラ地氣ノ

出入モ亦規則正シク行ハレル。赤道地方ニ於テハ大氣氣壓ノ振動ハ最モ規則正シク、午前4時ト午後4時ニ最低ヲ示シ、午前10時ト午後10時ニ最高ヲ示シ、最高最低ノ氣壓ノ差即チ振幅ハ凡ソ2耗デアル。

是レ即チ12時間ヲ週期トスル氣壓波デアル。高緯度トナル程此12時間波ハ益々不明瞭トナリ、50°ノ地ニ於テハ其振幅平均0.5耗ニ過ギナイ。

以上週期的氣壓ノ變化ニ加ヘテ更ニ不規則ノ氣壓ノ高低ガアル。所謂低氣壓又ハ高氣壓ガ絶エズ地表ニ出沒シテ居ル。其内高氣壓ハ一般ニ760耗ノ標準氣壓トノ差ガ少クテ而カモ其移動モ徐々ニ起ルヲ常トスルガ低氣壓殊ニ颱風ノ際ニハ氣壓ノ低下屢々數糎ニ達シ、稀ニハ700耗内外ニ降ルコトモアル。

以上氣壓ノ増減ニ伴ツテ地中ニ生ズル通氣ガ如何ナル程度ノモノデアルカヲ知ラナケレバナラナイ。今深サ  $d$  糎ノ組織ガ一様デ空氣ノ滲入ガ容易デアル土壤ガ不透過性ノ地層ノ上ニ在ツテ大氣々壓ノ變化ヲ受ケタモノトスル。平均氣壓ヲ水銀柱760耗トシ、其振幅ヲ  $2x$  トスレバ氣壓ハ  $760-x$  耗カラ  $760+x$  耗トナリ、其間地氣ノ容積ハ  $v'$  カラ  $v''$  トナル。容積ハ氣壓ニ反比例スルカラ  $\frac{v''}{v'} = \frac{760-x}{760+x}$  又ハ  $v'' = \left(1 - \frac{2x}{760+x}\right) v'$  トナル。例ヘバ  $2x = 60$  耗トスレバ  $v'' = (1 - 0.07) v'$  即チ7%許リ容積ガ減少スル。今若シ大氣ト地氣トガ相混ジナイモノト假定スレバ由來地表ニ在ツタ境界線ハ  $d$  糎ノ深サノ處デ  $S$  糎丈ケ穿入スル勘定デアル。

$$S = d \left\{ 1 - \frac{760-x}{760+x} \right\} = \frac{2dx}{760+x} \quad [16]$$

次表ハ [16] ニ依ツテ計算シタ大氣穿入ノ深サヲ表ハス。

普通ノ標準通氣ハ1時間ニ20糎ニ達スル事實ト比較シテ1晝夜全振幅1耗乃至2耗位ノ普通ノ氣壓變化デハ地表カラ空氣ガ出入シテ所謂淨化作用ヲ及ボス深サハ極メテ淺ク、深サ  $d=10$  米ニ於テモ12時間ニ3糎ニ達シナイ。

第十六表 大氣穿入ノ深サ

振 幅 $2x$ (耗)	大 氣 穿 入 ノ 深 サ $S$ 糎		
	$d=1$ 米	2 米	10 米
1	0.13	0.26	1.31
2	0.26	0.53	2.63
10	1.31	2.61	13.07
40	5.13	10.26	51.28

且ツ實際ニハ大氣ト地氣トハ劃然タル境界ガアル譯デナク、氣壓變化ニ伴フ實際ノ淨化作用ハ更ニ少イモノデアルコトハ疑ヲ容レル餘地ガナイ。又土ノ空隙ニシテモ空氣ノ自由穿入ヲ許シ得ル土ノ深サハ通例餘リ大デナイ。墟塚ヤ粘土ノ溫帶地方ニ在ルモノハ殊ニ然リデ、下層ノ土ハ重ク且ツ不透過性デ氣壓波ノ通過ノ速度ヲ減少スル。又一般ニ上層ヨリモ下層ノ土ノ空隙ハ少イカラ空氣穿入ノ深サハ更ニ減少スルノガ當然デアル。

壓力ノ波ガ如何ニ地中ヲ傳播スルカハ土壤ガ如何ナル抵抗ヲ爲スカト云フ問題ニ歸着スルノデアルガ、地中ニ溫度ノ波ガ傳播スルノト同一デアル。まゝくーる (McCool) 及ブーウーこす (Bouyoucos) ガ地表ト3.82米ノ深イ處ニ自記氣壓計ヲ据付ケテ氣壓ノ變化ヲ自記セシメタ處ガ其氣壓圖ハ振幅モ同ジク又位相ノ差モナカツタ。即チ認め得ベキ抵抗又ハ時間ノ遅レガナイコトヲ示シタ。

30. 擴散ノ影響 大氣ト地氣トハ絶エズ互ニ相混和セントスル性質ヲ持ツテ居リ、炭酸瓦斯ハ土中カラ逸出シテ大氣中ニ入り、酸素ハ大氣中カラ地氣ノ中ニ穿入スルノデアツテ擴散ノ現象ガ即チ是デアル。

單位面積ヲ通シテ單位時間ニ單位濃度傾斜ノ下ニ擴散スル瓦斯ノ量  $k_0$  ヲ名ケテ擴散係數ト云ヒ、 $\text{cm}^2/\text{sec}$  ノ寸法ヲ持ツテ居ル。 $k_0$  ハ二ノ瓦斯ノ全氣壓ニ反比シ、凡ソ其絕對溫度ノ自乘ニ比例スル。次表ハ760耗ノ壓力ノ下ニ



0° C = 於テ cm<sup>2</sup>/sec デ表ハシタ瓦斯及蒸汽ノ擴散係數デアル。此ニ H<sub>2</sub>-O<sub>2</sub> ハ H<sub>2</sub> ガ O<sub>2</sub> = 擴散スルヲ示ス。

第十七表 擴散係數表

瓦斯	θ	擴散係數 k <sub>0</sub>	觀測者	瓦斯	θ	擴散係數 k <sub>0</sub>	觀測者
H <sub>2</sub> -O <sub>2</sub>	0°	0.677	Obermayer	H <sub>2</sub> O-CO <sub>2</sub>	0°	0.1811	—
H <sub>2</sub> -CH <sub>4</sub>	0	0.625	〃	〃	92.4	0.2384	—
H <sub>2</sub> -CO	0	0.649	〃	CO-H <sub>2</sub>	0	0.642	Loschmidt
H <sub>2</sub> -CO <sub>2</sub>	0	0.538	〃	CO <sub>2</sub> -空氣	0	0.142	〃
O <sub>2</sub> -N <sub>2</sub>	0	0.171	〃	CO <sub>2</sub> -空氣	0	0.136	Weiz
O <sub>2</sub> -H <sub>2</sub>	0	0.722	〃	CO <sub>2</sub> -CH <sub>4</sub>	0	0.146	Obermayer
H <sub>2</sub> O-空氣	0	0.198	—	CO <sub>2</sub> -O <sub>2</sub>	0	0.18	Loschmidt
〃	8	0.239	Guglielmo	CO <sub>2</sub> -H <sub>2</sub>	0	0.55	〃
〃	18	0.248	〃	空氣-O <sub>2</sub>	0	0.178	Obermayer
〃	49.5	0.2827	—	空氣-H <sub>2</sub>	17	0.66	Schulze
〃	92.4	0.3451	—				

上表カラ見レバ炭酸ト空氣ノ擴散ハ 76 糎ノ壓力デ攝氏 0° ノ時 k<sub>0</sub>=0.14 デ、炭酸ト酸素ノ間ニ於テハ凡ソ k<sub>0</sub>=0.18 デアル。

ばッキンガム (Buckingham) ハ各種ノ土ヲ境トシテ 1 糎ノ厚サトシ、酸素ト炭酸ノ混合瓦斯ヲ其兩側ニ入レ、而カモ其一側ニ於テハ CO<sub>2</sub> ノミノ壓力ハ他側ヨリ水銀柱ノ 1 糎丈ケ高クシ、同時ニ酸素ノ壓力ハ之ト反對ニ一側ニ於テ他側ヨリ 1 糎丈ケ低クシ、其混合瓦斯ノ全壓力ハ兩側相等シカラシメレバ CO<sub>2</sub> ト酸素トハ共ニ其壓力ノ高イ方カラ低イ方ニ擴散スル、從テ厚サ 1 糎ノ土層ヲ通シテ 1 方糎ノ面カラ 1 秒間ニ擴散スル各瓦斯ノ量 (立糎) ヲ知レバ擴散係數又ハ擴散常數ガ得ラレル。而シテ地層ヲ通シテ交互擴散シタ爲ニ生ジタ成分ノ變化ハ兩側カラ一定時ニ試料ヲ取ツテ分析ヲ行ツタノデアル。土ノ種類ノ差異ト共ニ水分ヤ空隙率又ハ緊マリノ度ノ異同ハ亦皆擴散常數ノ不同ヲ生ジテ居ル。次表ハばッキンガムノ集メタ結果デアル。但シ此觀測ハ溫

度ニ就テ述ベテナイカラ平溫ニ於ケルモノト考ヘテ差支ガナイ。

第十八表 擴散係數ト空隙率 (ばッキンガムニ據ル)

土ノ種類及狀態	空隙率 S	擴散係數 k · 10 <sup>4</sup>	$\frac{k \cdot 10^4}{S^2} = A$
砂丘ノ砂、水分 4.8 %	0.561	0.826	2.62
〃 〃	0.460	0.471	2.23
殖生壤母、氣乾	0.485	0.473	2.01
〃 〃	0.430	0.367	1.98
〃 水ヲ同フ	0.312	0.256	2.63
〃 水分 18.6 %	0.491	0.529	2.19
〃 〃	0.399	0.393	2.47
〃 〃	0.319	0.264	2.59
粘 土、氣乾	0.609	0.526	1.42
〃 〃	0.520	0.308	0.83
〃 〃	0.468	0.266	1.21
〃 水分 19.6 %	0.475	0.441	1.95
〃 〃	0.351	0.236	1.92
〃 〃	0.249	0.180	2.90
〃 水分 20.1 %	0.463	0.389	1.81
〃 〃	0.347	0.193	1.61
〃 更ニ水ヲ加フ	0.253	0.061	0.95
砂質下土、水分 4.2 %	0.549	0.750	2.49
〃 〃	0.331	0.328	2.99
〃 更ニ水ヲ加フ	0.163	0.051	1.91

輕重平均 2.16 平均 2.04 ± 0.09

空隙率が増大スレバ擴散係數ガ亦之ニ準ジテ増大スルコトハ事實デアル。而シテ k ト S トノ關係ハ次ノ如ク表ハスコトガ出來ル。

$$k \cdot 10^4 = A \cdot S^a \quad [17]$$

此ニ A ト a トハ常數デアル。a ハ凡ソ 2 ニ等シク、A ハ 2.16 ニ等シイ。

即チ

$$k \cdot 10^4 = 2.16 \cdot S^2 \quad [17']$$

換言スレバ擴散係數ハ土ノ空隙率ノ二乗ニ比例シ、土質、土ノ組織及構造並

ニ水分ノ多寡ニ關係セズ、寧ロ空隙ノ實際ノ大サニ依ルコトガ解カル。此事實ハ重ク且ツ緻密ナ組織ヲ有スル土壤ハ必ズシモ通氣ガ惡イモノデハナイコトヲ示シテ居ル。今 [17'] = 於テ  $S=1$  トスレバ A ハ空氣ト炭酸ノ自由擴散ノ値ヲ表ハシ、

$$k = 2.16 \cdot 10^{-4} \quad [17'']$$

大氣中ニハ窒素アルガ爲ニ酸素ト炭酸トノ擴散ハ凡ソ 12 % モ増加セラレル。

地氣ノ中ノ炭酸ノ量ハ溫帶地方ニ於テ耕地ノ容積百分率ハ 0.15 乃至 0.65 平均 0.40 %、草地ニ於テ 1 乃至 2 % 平均 1.5 % デアル。今若シ是等ノ濃度ガ深サ 15 糎ノ土中ニ於ケルモノトスレバ  $\text{CO}_2$  ノ濃度傾斜ハ 1 糎ニ付キ平均  $\frac{0.4}{15} = 0.027$  及  $\frac{1.5}{15} = 0.10$  トナル。是等ノ濃度傾斜カラ土ノ空隙率ヲ 4 割トスレバ地表ニ擴散スル  $\text{CO}_2$  ノ量ハ夫々毎日毎方米ニ夫々 8.6 りとる及 25.6 りとるトナル。

標準通氣ニ依リ  $\text{CO}_2$  ガ生ズル量ハ攝氏  $15^\circ$  ニ於テ毎日毎方米ニ 7 りとるデアル。擴散ハ絕對溫度ノ平方ニ比例スルカラ攝氏  $25^\circ$  トナレバ 7 倍のせんとな増シテ 7.5 りとるトナル。此數字ハ前ノ 8.6 及 25.6 りとるヨリモ少イ。即チ普通ノ狀態デハ擴散ハ土地ノ通氣ヲ相當ニ持續スルコトガ出來ル。

以上述ベタ如ク擴散ハ土中ノ炭酸ヲ排除シテ酸素ヲ引入レルコトガ出來ル。而シテ瓦斯擴散ノ容積ハ濃度傾斜ニ比例シ、擴散ノ速度ハ此傾斜ニハ無關係デアル。

31. 地氣ノ放射能 土粒ノ空隙内ニ存在スル空氣即チ地氣ハ大氣ヨリモ遙ニ強ク電離セラレテ居ル爲ニ土中ヤ穴倉ノ中ニ密閉セラレテタ空氣ハ異常ニ高イ導電性ヲ有スルコトハ可ナリ古クカラ知ラレテ居ル。電離ト云フノハ放射能ヲ有スル  $\alpha, \beta, \gamma$  等ノ光線又ハ粒子ガ瓦斯(今ノ場合ハ空氣)ノ中ヲ通

過スレバ其分子ニ突當ツテ正又ハ負ニ帶電シたいおん又ハ電子ヲ生ズルヲ云フノデアル。斯ク電離セラレたいおんハ電磁場ノ中デ電磁線ノ方向ニ移動又ハ發射セラレ所謂電離電流トナリ、放射能壞變ノ時間ニ依リ強弱ガアル爲其最モ優勢ノモノガ飽和電流ト呼バレル。而シテ土ノ中ニ含マレテ居ル放射性ノ物質ガ大氣中ヨリモ平均少クモ 1 萬倍モ多イ爲ニ地氣モ亦大氣ヨリモ遙ニ大ナル放射能ヲ持ツテ居ル。即チ地中ニハ少ナカラザルらどん又ハらぢうむ えまなしおんヤとろん又ハとりむ えまなしおんガ存在シテ居ル爲ニ地氣モ亦其えまなしおんヲ含ムニ依ルモノデ、土ノ滲透性ヤ氣象ノ變化ナドニ伴ツテ規則正シイ變化ヲ爲シテ居ル。地氣ノ放射能ハ亦地下水又ハ源泉ノ中ニ表ハレテ居ル(本章第五節及第九章第二節並ニ第十一章第二節參照)。

#### 第四節 地 溫

32. 地溫ノ淵源 地溫即チ土ノ溫度ノ源ハ太陽ノ輻射熱ニ依リ大氣ヲ介シテ地表ニ來ルモノト地球ノ内部カラ傳導ニ依リテ放散セラレルモノトノ二方面カラ來ル。太陽ノ輻射熱カラ來ルモノハ氣溫ノ變化ヲ知レバ之ヲ知ルコトガ出來ルガ、地心熱カラ來ルモノハ深イ坑孔ヤ井戸ノ溫度ヲ觀測シテ溫度ト深サノ關係ヲ知ラナケレバナラナイ。地表カラノ深サト共ニ溫度ノ變化ハ即チ溫度傾斜デ之ニ依リ我地球ガ如何ナル狀態デ冷却シツ、アルカヲ知ルコトガ出來ル。

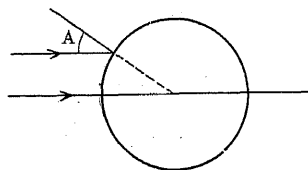
けるづいん卿(Lord Kelvin) ヤふーぶす(Forbes)ノ研究ニ次イデ英國ノ學術協會ノ委員ニ依ツテ調査セラレタ結果ニ依レバ凡ソ平均  $33.5$  米ヲ増ス毎ニ地溫ハ攝氏  $1^\circ$  ヲ増スコトガ知ラレタ。而シテ地殼ノ熱傳導度カラ計算スレバ地表カラ逃グツ、アル地溫ヲ知ルコトガ出來ル。之ニ依ツテけるづいん

ん卿ハ地球ノ熔岩ノ上ニ固イ地殻ガ生成スル迄ニ凡ソ2億年ヲ經過シタト推定シタガ、然シ岩石殊ニ火山岩ノ中ニハ放射能ヲ有スル物質ガ存在シテ居ル爲メ温度傾斜ハ此方面カラモ影響ヲ受ケ、けるぐいん卿ノ推定ハ正確デナイコトガ知ラレルニ至ツタ。而シテ前ノ委員ノ最終報告ニ依レバ地表ノ地平面1方極カラ逸出スル一年間ノ平均熱量ハ41.4瓦度デアル。此熱量ハ地温ニ對シテ餘リ小サク、地温ハ主トシテ太陽ノ輻射熱ニ左右セラレル。

太陽カラ我地球ニ達スル輻射熱ノ量ハ一定シタモノデハナク、太陽自身ノ全輻射ヤ太陽ト地球ノ間ノ距離ハ絶エズ變化シテ居ル許リデナク、地球ノ雰囲気ヲ通過スル爲ニ及ビ其中ノ浮游物ノ爲ニ輻射ノ強サハ變化スル。但シ太陽ト地球トノ平均距離ニ於テ空氣ニ吸收セラレルモノヲ更正シ今日最モ信憑スベキモノト考ヘラレテ居ル太陽恒數ハ每方極毎分1.932瓦かろりー(3.22×10<sup>-2</sup>かろりー/秒)デ方ニ太陽カラ地球ニ與ヘル熱量ヲ表ハシテ居ル。

太陽カラ地表ニ達スル輻射熱ハ大氣中ノ塵埃ヤ水蒸氣ノ爲ニ遮ラレ、乾イタ空氣ハ短イ波長ノ輻射ヲ通過スル。土ノ保有スル熱量ハ其色ヤ水分ノ量ニ依ツテ異ナリ、其吸收性ニ關係ガアル。但シ土カラ發散スル輻射勢ハ主ニ長波長ノモノデ大氣中ノおぞーん、炭酸及水蒸氣ハ是等ノ波長ニ對シテ吸収スルコト多ク、其無暗ニ空中ニ輻射スルヲ妨ゲテ居ル。地温ハ即チ以上述べタ熱ノ出入ノ清算セラレタ結果ニ外ナラナイ。

33. 太陽ノ輻射熱ト地温ノ變化



第十六圖  
緯度ト輻射熱

太陽ノ輻射熱ガ地表ニ達シテ地温トナル迄ニハ種々ナル環境ニ支配セラレルノハ言フ迄モナイ。

其第一ハ緯度デアル。今地平ノ單位面積ヲ考ヘ、第十六圖ニ示スガ如ク此平面上ノ垂線ト太陽輻射ノ方向又ハ赤道上ノ垂線ト

ガ爲ス角ヲAトスレバ單位面積上ニ享クル輻射熱ハcosAニ比例スル。換言スレバ各緯度ノ地平面ガ享クル輻射熱ノ量ハ日出ニ始マリ、日南中ニ最大トナリ、更ニ日没ニ至ツテ零トナル。而シテ其最大ノ量ハ太陽ノ輻射熱ノcosA倍ニ透明度ヲ乗ジタルモノニ等シイ。此關係ハ輻射ノ方向ト傾斜シテ居ル地盤ニハ適用シ得ラレルモノデアル。

第二ハ季節ニ依ルモノデ太陽ガ毎日同一時間ニ昇ル地平線上ノ種々ナル高サヤ日々ノ日中ノ時間並ニ地球ト太陽ノ距離ノ變化ナドハ季節ニ依ツテ著シク異ツテ居リ、一ノ熱源カラ地上ノ一點ノ享ケル熱量ハ其距離ノ二乗ニ反比シテ居ル。今三月二十一日赤道上ニテ享ケル一日ノ日射熱ヲ單位トシ、緯度及季節ニ依ル日射熱ノ變化ヲ示セバ次表ノ如クデアル(河海工學第一編氣象第二章8参照)。

第十九表 日射熱ノ分布

月 日	緯 度	0°	20	40	60	90	-90
III —21 (春 分)		1.000	0.934	0.763	0.499	0.000	0.000
VI —21 (夏 至)		0.881	1.040	1.103	1.090	1.202	0.000
IX —23 (秋 分)		0.984	0.938	0.760	0.299	0.000	0.000
XII—21 (冬 至)		0.942	0.679	0.352	0.000	0.000	1.284

太陽ノ高サニ依ツテ大氣層ノ厚サガ非常ニ異ルカラ、輻射熱ハ其通過スル徑路ノ長イ程多ク吸收サレル。例ヘバ太陽ガ天頂ニ在ルトキノ層厚ヲ1.0トスレバ40°ノ時1.56、10°ノ時5.56地平ノ時35.5トナリ、從テ太陽ガ低イ程吸收ガ多クナル。

34. 地温變化ノ他ノ原因 平均氣温及地温ハ高サヲ増スト共ニ減少スル(氣象第一編第二章24参照)。其垂直氣温傾斜ハ約167米ヲ昇ル毎ニ攝氏1°ヲ低下シ、高サ900米以下ハ此低下ノ割合冬ヨリモ夏ノ方ガ大キイ。然シ

900 米以上ハ可ナリー様デアル。

海陸ノ分布ハ亦氣温及地温ニ關係ガ多イ。北半球ニ於テハ南ニ海ヲ持つテ居ル陸地ハ氣温ガ一様デ且ツ高く、北ニ海ヲ控ヘテ居ル處ハ氣温ハ一様デアルガ低イ。是レ水ノ比熱ガ高イ爲ニ氣温ノ昇降ヲ少クスル許リデナク、空中ニ水分ノ存在スル爲メ氣温ノ影響ガ多く、延イテ地温ニモ關係ヲ及シテ居ルコトハ人ノ能ク知ル處デアル。

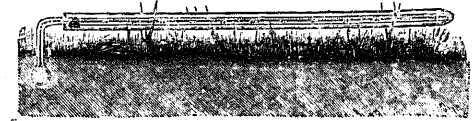
氣流ヤ海流ノ分布ニ依ツテ氣温ノ變化スルコトモ亦人ノ熟知スル所デアル。我國ノ北西風ガ冬ニ寒ク、南東風ガ夏ニ暖イコトヤ、黒潮ニ洗ハレル沿岸ガ暖クテ親潮ヤ千島寒流ノ近イ北海道ヤ樺太ノ沿岸ガ一般ニ寒イコトハ亦能ク知レテ居ル。英國及西歐諸國ノ海岸ニ沿ウテ流レテ居ルふろりだ暖流又ハめきしこ灣流ハ是等ノ地方ヲシテ他ノ同緯度ノ地ニ比較スレバ著シク温暖ナラシメテ居ルノハ有名ナ事實デアル。

又植物繁茂ノ多少ヤ區域ノ廣狹ハ草木ノナイ裸地ニ比スレバ氣温ノ變化ヲ少クスル、日射熱ハ遮斷セラレテ裸地ノ如ク高温度ヲ示サナイ。又寒イ季節ニハ植物ハ地上ヲ覆フ不良傳導性ノ毛布ノ如ク地温ノ放散ヲ妨ゲルカラ裸地ニ比スレバ亦温度ガ高イ。植物ハ夜間地表ニ近ク寒イ空氣ヲ蓄積シテ上部ノ暖イ空氣ト混合セシメナイ。然シ附近ノ裸地ヨリモ低温度トハナラナイ。

土質ガ地温ニ影響アルノハ土ヲ組立テ、アル岩石ノ比熱ガ同一デナイ點カラ想像シ得ル許リデナク、其色澤ガ異ナリ、含水量ガ同ジクナイナド孰レモ地温ニ關係ガアル。然シ土壤ハ元來小サナ粒カラ成リ、岩石ノ如ク連續シテ居ナイカラ岩石自身ノ傳導度ト異ナリ、其粒ノ接觸ノ狀態ヤ粒ノ間ニ介在スル空氣ヤ水分ナドノ多少ニ依リ其傳導度ヲ異ニスル。例ヘバ腐植土ノ比熱ハ重量單位デ 0.5 デアルガ礦物質土壤ノ比熱ハ 0.2 内外デアル、但シ容積單位ノ比熱ハ腐植土ガ少イ。

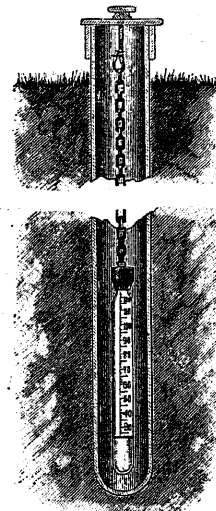
元來土ノ色澤ハ目ニ見エル波長ノ範圍内ニ於テ輻射ノ反射及吸收ガ多イカ少イカタ物語ルモノニ過ギナイ。日射ノ最大えねるぎ一ハ短波長ノモノニ限ラレテアル。薄黒イ腐植質土壤ハ黄色又ハ薄鼠色ノ土砂ヨリモ輻射熱ヲ吸収スルコトガ多く、高温度ヲ示スコトハ實際觀測セラレテ居ル。

35. 地温ノ觀測 地温ト云フノハ地表及地中ノ温度デアツテ、地表ハ日射ノ影響ヲ忌ムカラ第十七圖ニ示スガ



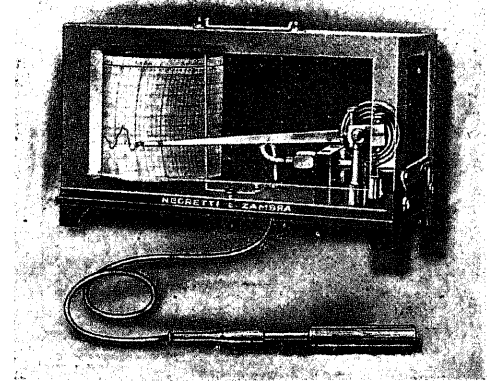
第十七圖 地表地温計

如ク芝生ノ中ニ曲ツタ特種ノ寒暖計ヲ立テ、木ナドヲ以テ上部ヲ覆ヒ、球ヲ地表ニ當テルノデアル。(氣象學第二章 24 参照)。地中温度ハ深サ 1 糎、2 糎、3 糎、0.5 米、1 米、1.5 米、3 米等ノ地温ヲ測ルノデアツテ、第十八圖ニ示スガ如ク不導體カラ成ル圓管ヲ地中ニ立テ、鎖ヲ



第十八圖  
地 温 計

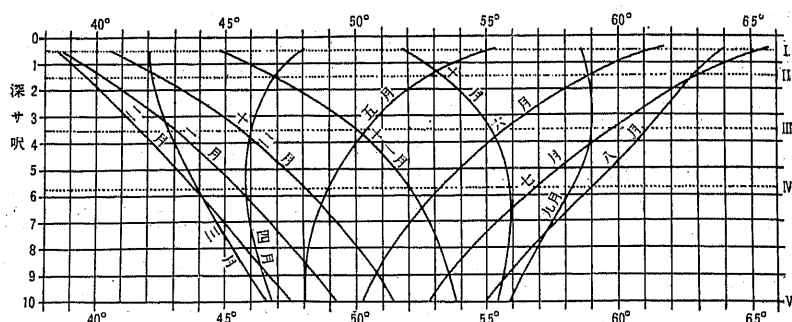
以テ吊ルシタ寒暖計ノ底ノ球ハ護謨デ包ミ唯下底部丈ケガ残サレテ



第十九圖 自記地温計

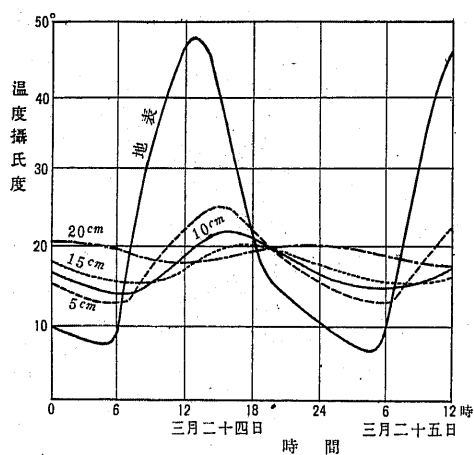
アル。此寒暖計下ノ土ニ接觸シテアツテ一定時間ニ之ヲ引揚ゲテ其温度ヲ觀測スルノデアル。又地温ヲ自記サセル爲第十九圖ニ示ス様ナ自記地温計ガアル。

36. 地温變化ノ實例 地温ノ變化ニハ一年ヲ週期トスルモノト一日ヲ週期トスルモノ、アルコトハ氣温ニ似テ居ルガ、更ニ永久的ノ變化モアル。第二



第二十圖 芝生地ノ地温

十圖ハ英國ラードクリッ夫 (Radcliffe) ノ芝生ノ土地々温ヲ示シタモノデ平均



第二十一圖 かいろノ地温日變化圖

月温傾斜ヲ表ハシ、右側ノ羅馬數字ハ寒暖計ヲ据エタ深サヲ表ハス。此ノ一年間ノ地温振動ノ結果カラ更ニ任意ノ深サニ於ケル地温ノ變化ヲ知ルコトガ出來ル。

地温ノ日振動ハ年振動ニ似テ居ルケレドモ顯著デハナイ。即チ一日ノ地温ノ變化スル深サハ地下 60 糎乃

至 90 糎ヲ越スコトハ少イ。第二十一圖ハかいろニ於テ觀測セラレタ地表及深サ 5 糎、10 糎、15 糎及 20 糎ニ於ケル地温日變化ヲ表ハス。

37. 地中ノ熱ノ傳導 今地中ニ厚サ  $d$  ナル土ノ平板ヲ假定シ、其兩側ノ温度ハ夫々  $u_1$  及び  $u_2$  デ其平面ノ面積ヲ  $F$ 、平板ノ熱傳導度ヲ  $\lambda$  トスレバ  $t$  ナル時間ニ高温カラ低温ニ傳導スル熱量  $Q$  ハ次ノ如ク表ハスコトガ出來ル。

$$Q = \lambda \frac{u_1 - u_2}{d} F \cdot t \quad [18]$$

此ニ  $\lambda$  ハ一ノ材料ニ就キ 1 糎ノ厚サデ温度ノ差ガ攝氏 1° ナル場合ニ於テ 1 方糎ノ面積ヲ通過シ、1 秒間ニ傳導スル瓦カろりノ數デ、カろりノ[糎秒度] ナル寸法ヲ持ツテ居ル。但シ技術上デハ此單位ハ餘リ小サク實用ニ不便デアルカラカろりノ[米・時・度] ヲ用ヒル。即チ物理學ニ用ヒラレルモノハ技術用ノモノ、360 分ノ一ニ當ル。次表ハ諸材料ノ熱傳導度ヲ表ハス。

第二十表 熱傳導度、 $\lambda$  カろりノ糎秒度

材 料	温 度 攝氏度	$\lambda$ $\times 10^{-3}$	觀 測 者	材 料	温 度 攝氏度	$\lambda$ $\times 10^{-3}$	觀 測 者
あ る み に う び	00	461	Eucken		100	740	//
あ ん ち も ん	0	53.8	Neumeier	銅	0	938	◇
	100	51.5	◇		100	940	//
鉛	0	83.7	Meissner	ま し ぐ ね に っ け る	0	376	Lorenz
	100	84	//		18	140	Lees
鐵	0	153.5	Forbes	白 金	0	167	Meissner
	100	129.6	//	水 銀	0	24.8	Neumeier
	200	118.3	//	銀	0	1096.0	Weber
鑄 鐵	30	149	Hall 及 Ayres	亞 鉛	15	254.5	Kirchhoff
鍛 鐵	30	98	本 多	錫	0	152.8	Lorenz
鋼	18	124	Grüneisen	安 山 岩	0	3.17	Weber
	100	107.6	Dieselhorst		20-100	5.2	Hecht
金	0	744	Meissner	こ り 一 と	0	2.0	Knoblauch

材 料	温 度 攝氏度	$\lambda$ $\times 10^{-3}$	観 測 者	材 料	温 度 攝氏度	$\lambda$ $\times 10^{-3}$	観 測 者
	50	0.528	Nusselt	砂 岩	10	3.70	Poensgen
氷		5.7	Neumann	頁 岩	0	0.81	Forbes
土	6	5.5	Redenbacher		90	3.57	Lees &c.
緊ツタモノ				雪、新			
盛 土	20	1.25	Gröber	S=0.111		0.256	Jansson
	70	1.39*	"	硫 黄	0	0.700	Eucken
正 長 石	17-71.5	5.65	Ayrton 及 Perry	蛇 紋 岩	20	2.4	Hecht
石 膏	0	3.1	Weber	岩 鹽	0	16.67	Eucken
硝 子	12.5	1.63	Meyer	粘 土	360-600	2.09	Clement & Egy
くらうん	12.5	1.43	"	ぼるとらんとせめん	89.5	0.71	Lees &c.
//ふりと							
片 麻 岩	0	0.578	R. Weber	煉 瓦 壁	20	0.97	Gröber
	100	0.416	R. Weber	あ す ふ と	10	1.56	Poensgen
花 崗 岩	—	7.5	F. Weber	木材、樫	15	0.824	"
石 灰 岩	—	8.7	"	松	0	1.126	Eucken
玄 武 岩	0	3.17	"	水	4.1	1.29	Wachsmuth
石 灰 砂 岩	15	1.58	Poensgen		7.8	1.347	Jacob
礫	20	0.889	Gröber		11	1.49	Lees
硅 藻 土	0	0.144	Nusselt		12	1.36	F. Weber
熔 岩	16-99	2.01	Morano		24.5	1.36	Lees
大 理 石	—	7.8	Hecht		72.4	1.610	Jacob
斑 岩	20	8.36	Stadler				
陶 器	95	2.48	Lees &c.	海 水	17.5		Krümmel
石英、軸=平行	0	32.5	Eucken				
、軸=直角	0	17.31	"	地 殻	—	4	火成岩及水成岩平均
石 英 砂	—	0.181	Forbes	大 氣	0	0.0568	Schleiermacher
砂、濕	20	2.7	Gröber		100	0.07197	"
// 乾	20	0.778	"	水 蒸 氣	100	0.0551	Moser

[18] ハ地中ノ一點ニ於ケル熱傳導ノ關係ヲ表ハシテ居ル。次ニ  $x, y, z$  ナル三ノ直角ナル軸ノ方向ヲ考ヘ、 $x$  ノ方向ニ於ケル  $\frac{u_1 - u_2}{\Delta}$  ノ小イ量ヲ  $\frac{\partial u}{\partial x}$  トシ、之ニ直角ナル小サイ面ヲ  $dydz$  トスレバ  $dt$  ナ 時間内ニ  $x$  ノ方向ニ  $x$  ノ垂直面カラ入込ム熱量ハ [18] カラ

$$(1) \quad dq_1 = -\lambda \frac{\partial u}{\partial x} dy dz dt$$

デアル。然ルニ  $x+dx$  ナル距離ニ於テ  $dydz$  ナル面カラ出去ル熱量ヲ  $dq_2$  トスレバ、

$$(2) \quad dq_2 = \lambda \left( \frac{\partial u}{\partial x} \right)_{x+dx} dy dz dt$$

然シテ  $x, y, z$  ニ於ケル温度ヲ  $u(x, y, z)$ ,  $x+dx, y, z$  ニ於ケル温度ヲ  $u(x+dx, y, z)$  トスレバ

$$(3) \quad \begin{cases} \left( \frac{\partial u}{\partial x} \right)_{x+dx} = \frac{\partial}{\partial x} \left\{ u(x+dx, y, z) \right\} \\ = \frac{\partial}{\partial x} \left\{ u(x, y, z) + \frac{\partial u}{\partial x} dx \right\} \\ = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} dx \end{cases}$$

從テ入ル熱量ト出ル熱量ノ差ハ  $dq_1 - dq_2$  テ

$$(4) \quad \begin{cases} dq_1 - dq_2 = -\lambda \frac{\partial u}{\partial x} dy dz dt + \lambda \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} dx \right) dy dz dt \\ = \lambda \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} dx dy dz dt \end{cases}$$

$x, y, z$  ノ三方向ヲ考ヘ、小サイ容積内ニ殘ル全熱量ヲ  $dq$  トスレバ

$$(5) \quad dq = \lambda \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) dx dy dz dt$$

然ルニ此小サイ容積  $dx dy dz$  内ノ熱量ハ  $c$  ナ土ノ比熱、 $s$  ナ密度トスレバ始メ  $cus dx dy dz$  カ終ニ  $c \left( u + \frac{\partial u}{\partial t} \right) s dx dy dz$  トナリ、其差ガ  $dt$  丈繼續シタノデアルカラ

$$(6) \quad dq = c \frac{\partial u}{\partial t} s dx dy dz dt$$

又ハ (5) ト (6) トヲ相等シカラシメテ少シク更正ヲ施セバ

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\lambda}{cs} \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) \quad [19]$$

今若シ  $a^2 = \frac{\lambda}{cs}$  [糧<sup>2</sup>/秒] トスレバ [19] ハ

$$\frac{\partial u}{\partial t} = a^2 \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) \quad [20]$$

トナル。是レ熱傳導ノ根本的微分等式デアル。又若シ普通ノ記號ヲ用ヒテ

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = \Delta^2 u \quad \text{トスレバ [20] ハ}$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} = a^2 \Delta^2 u \quad [20']$$

トナル。此微分等式ハ全ク一般的ノモノデ、一點ニ於テ温度ノ變化スル割合又ハ速度ハ其點ノ附近ニ於ケル温度分布ヲ示ス所ノ量ニ比例シ、其比例因數トモ云フベキ  $a^2$  ハ全ク其材料ノ性質ニ關スル。 $a^2$  ナ名ケテ温度擴散度ト云ヒ、傳導度ニ比例シ、比熱及密度ニ反比例スル。

今地球ガ日射熱ニ依ツテ暖メラレ、又ハ地心熱ガ逃竄シツ、アルモノトスレバ等熱面カラ直角ノ方向ニ熱ガ出入スルモノト考ヘルコトガ出來ル。此場合ニ  $x$  ノ方向ヲ等熱面ニ垂直ノ方向ニ取レバ

$$\frac{\partial u}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \quad [21]$$

トスルコトガ出來ル。

第二十一表ハ元素ノ比熱、第二十二表ハ各種物質ノ比熱ヲ示シ、第二十三表ハ元素ノ密度、第二十四表ハ各種物質ノ密度ヲ示シタモノデアル。

第二十一表 元素ノ比熱表

材 料	温 度 (攝氏度)	比熱	観 測 者	材 料	温 度 (攝氏度)	比熱	観 測 者
あ る み に う む	58°	0.2098	Linden	亜 鉛	18	0.0925	Jaeger &c.
	283	0.2391	"		100	0.0954	"
あ ん ち も ん	17—100	0.0503	Schimpff	硫黄(結晶)	0—52	0.1809	Wigaud

材 料	温 度 (攝氏度)	比熱	観 測 者	材 料	温 度 (攝氏度)	比熱	観 測 者
硫黄(液體)	119	0.199	Itaka	錫	18	0.0523	Jaeger &c.
い り ぢ う む	0—100	0.0323	Violle		100	0.0564	"
い ん ぢ う む	0—100	0.0569	Bunsen	す と ろ ん し う む	—253— —196	0.0550	Dewar
ぢ あ な ぢ ん	0—100	0.1153	Mache	せ し う む	0	0.0522	Rengade
う ら ん	0—98	0.0280	Blümcke	せ り う む	0—100	0.0448	Hillebrand
鹽素(液體)	0—24	0.226	Knietsch	せ れ ん (結晶)	22—62	0.084	Bettendorf&c.
お す み う む	19—98	0.0311	Regnault	"(無定形)	18—38	0.095	"
か ど み う む	0	0.0553	Deuss	蒼 鉛	18	0.0303	Giebe
か り う む	-77.8—0	0.1666	Koref	た り う む	20—100	0.0326	Schmitz
が り う む (固體)	12—23	0.079	Berthelot	た ん ぐ す て ん	20—100	0.034	Gin
"(液體)	-119	0.0302	"	た ん た ん	14—100	0.033	Siemens
か る し う む	0—100	0.149	Bernini		1400	0.0435	Pirani
金	0—100	0.0316	Violle	炭 素 (金剛石)	11	0.112	Lindemann
銀	0	0.0556	Nernst		206	0.273	H. F. Weber
	316	0.0616	Lindemann		985	0.459	"
く ろ ー む	0	0.1039	Nordmeyer &c.	"(石墨)	10.8	0.1604	"
	500	0.1503	"		249	0.325	"
珪素(結晶)	24	0.1712	Russell		0—3000	0.535	Violle
	232	0.2029	H. F. Weber	"(木炭)	0—24	0.1653	H. F. Weber
"(無定形)	27	0.1796	Russel	ち た ん	0—100	0.1125	Nilson &c.
げ る ま に う む	0—100	0.0737	Nilson &c.	鐵	0	0.1045	Griffiths
こ ば る と	0—1187	0.1455	Göbl		97	0.1137	"
	-253— -196	0.0453	Dewar		0—1100	0.1534	Harker
臭素(固體)	13—45	0.1071	Andrews	銅	0	0.0909	Griffs
"(液體)	0—100	0.0660	Mixter & Dana		0—360	0.104	Le Verrier
じ る こ に う む	-35.6— -3.4	0.0334	Koref	と り う む	0—100	0.0276	Nilson
水 銀	0—20	0.0325	Brönsted	な と り う む	27	0.290	Griffs

材 料	温 度 (攝氏度)	比熱	観 測 者	材 料	温 度 (攝氏度)	比熱	観 測 者
鉛	100—157	0.333	Bernini	ましぐねむ	17—100	0.2475	Schimpff
	2	0.0307	Eucken &c.	もりぶでん	20—100	0.0647	Stücker
	300	0.0388	Naccari	沃 素	1.8—47	0.0524	Nernst &c.
にっける	17—100	0.1092	Schimpff	らんたん	0—100	0.0448	Hillebrand
白金	0—100	0.0320	Schlett	りちうむ	0—100	1.092	Bernini
	0—1177	0.0388	Violle	磷 (黄磷)	9	0.1772	Ewald
ばらじうむ	0—100	0.0592	〃	(液体)	49—98	0.2045	Person
ばりうむ	-185— -20	0.068	Nordmeyer &c.	(赤磷)	0—134	0.2121	Wigand
砒素(結晶)	21—68	0.0880	Bettendorf &c.	るびぢうむ	0	0.0802	Rengade
〃(無定形)	21—65	0.0758	〃	るてにうむ	0—100	0.0611	Bunsen
べりうむ	0—100	0.4246	Nilson &c.	るぢうむ	10—97	0.0580	Regnault
硼素(結晶)	0—100	0.2518	Mixter &c.				

第二十二表 各種物質ノ比熱表

材 料	温 度 (攝氏度)	比熱	観 測 者	材 料	温 度 (攝氏度)	比熱	観 測 者
合 金				おりーぢう油	6.6	0.471	F. Weber
眞 鍮	20°—100°	0.0917	Voigt	ばらふ油	35—40	0.622	Battelli
洋 銀	20—100	0.1180	Hill	石 油	21—58	0.511	Pagliani
液 體				海 水	17	0.94	—
	あるこる	10—117	0.693	たべん油	0	0.4106	Regnault
	あほちほ	10—15	0.5868	雑 物			
	あちほ	16—30	0.602	石 綿	20—98	0.1947	Ulrich
	あにりん	21—167	0.548	あするふと	—	0.223	木下
べんぞーる	10	0.4066	Pickering	玄 武 岩	0—100	0.205	Hecht
ぐりせりん	15—50	0.576	Emo	こり	16	0.211	木下

材 料	温 度 (攝氏度)	比熱	観 測 者	材 料	温 度 (攝氏度)	比熱	観 測 者
片 麻 岩	17—99	0.196	R. Weber	煉 瓦	27—49	0.177	木下
花 崗 岩	20—100	0.203	Bartoli	水	0	0.505	Osborne
腐 植 土	20—98	0.443	Ulrich	硝 子、 えな	18—100	0.1257	Winkelm
石 英	0—100	0.1867	White	〃くらうん	10—50	0.161	H. Meyer
石 灰 岩	15—100	0.217	Morano	〃ふりと	10—50	0.117	〃
硅 藻 土	38	0.212	木下	陶 器	15—912	0.258	Harker
熔 岩	23—100	0.205	Bartoli	岩 鹽	0	0.2146	R. Weber
石 英 砂	20—98	0.191	Ulrich	人 絹	—	0.324	Dietz
砂 岩	0—100	0.174	Hecht	天 絹	—	0.331	〃
頁 岩	20	0.181	木下	綿、乾	—	0.393	Flenry
鑽 滓	14—99	0.189	Oeberg	〃 氣濕	0—100	0.411	Ottolenghi
粘 土	20—98	0.224	Ulrich	麻	—	0.321	Dietz
凝 灰 岩	19—100	0.331	Morano	空 氣(定 壓)	20	0.2409	Scheel & Heuse
ぼるとらんとせめん	23—30	0.271	Hartl	炭 酸	20	0.202	Heuse

第二十三表 元素ノ密度

材 料	温 度	密 度	材 料	温 度	密 度	材 料	温 度	密 度
亞 鉛(鑄)	—	約 7.1	かどみうむ (鑄)	—	約 8.6	酸素(氣體)	0	1.105
あるみにうむ (鍛)	—	2.72	かりうむ	—	0.86	臭素(液体)	—	3.12
あんちもん (無定形)	—	6.22	かるしうむ	—	1.54	水銀(液体)	0	13.596
硫黄(斜方)	—	2.07	金 (鑄)	—	19.3	水素(氣體)	0	0.0695*
いりぢうむ	—	22.4	銀 (鑄)	—	10.5	錫 (鑄)	—	7.29
うらん	—	18.7	くろーむ	—	7.1	蒼 鉛	—	約 9.8
鹽素(液体)	-33.6	1.557	珪素(結晶)	—	2.43	たすぐん 炭 素	—	18.6—19.1
〃 (氣體)	—	2.49*	こばると	—	8.9	(金剛石)	—	3.51



材 料	温度	密 度	材 料	温度	密 度	材 料	温度	密 度
〃 (石墨)	—	2.25	なとりうむ	—	0.9712	硼素(結晶)	—	2.535
ち た ん	—	4.5	鉛 (固體)	325	11.005	ま し う む	—	1.741
窒素(氣體)	—	0.967*	に っ け る	—	8.90	ま ん が ん	—	7.2
鐵 (鑄)	—	7.37	白 金	—	21.45	も り ぶ で ん	—	9.01
〃 (鍛)	—	7.85	ば り う む	—	3.78	沃 素	—	4.93
〃 (鋼)	—	7.70	砒素(結晶)	—	5.73	磷 (黄)	—	1.82
銅 (鑄)	—	8.63	弗素(氣體)	0	1.31*	〃 (赤)	—	2.20
と り う む	—	12.16	へ り う む (氣體)	0	0.138	* 空氣ヲ1トス。		

第二十四表 各種物質ノ密度

材 料	温度	密 度	材 料	温度	密 度	材 料	温度	密 度
液 體			石 油	0.68—0.72		ツ 黄 楊		0.95—1.16
あ に り ん		1.035	て れ び ん 油	0.873		と ね り こ		0.65—0.85
あ ま に	0.91—0.94		ば ら ぶ 油	0.8		ニ 檜		0.54—0.60
あるこほる (えちる)	0.807		べ ん ぜ ん	0.899		檜		0.4—0.6
〃(めちる)	0.810		木 材			フ 山 毛 樺		0.7—0.90
え ー て る	0.736		楓	0.62—0.75		ほ ぶ ら		0.35—0.50
お り ー ぶ 油	0.91—0.93		檜	0.60—0.90		松		0.5—0.7
海 水	1.01—1.05		樺	0.51—0.77		ま ほ が に		0.60—0.85
が そ り ん	0.66—0.69		く る み	0.64—0.70		雑		
ぐ り せ り ん	1.260		黒 檀	1.11—1.33		あ す ふ と		1.1—1.5
く れ お と	1.04—1.10		櫻	0.70—0.90		あ る と		1.8
く そ ー と						え ぼ な い と		
く る ー ぶ	1.480		杉	0.49—0.57		花 崗 岩		2.5—3
お り ー ぶ			竹	0.31—0.40		硝 子		2.4—2.6
醋 酸	1.02					(くらうん)		
石 腦 油	0.85		ち ー く	0.66—0.88		〃		2.9—4.5
						(ふりんと)		

材 料	温度	密 度	材 料	温度	密 度	材 料	温度	密 度
珪石(透明)		2.21	樟 腦		0.91	大 理 石		2.6—2.84
琥 珀	1.06—1.11		石 炭		1.2—1.5	澱 粉		1.53
水	0.917		石 灰 (生石灰)		1.65—1.78	粘 土		1.8—2.6
護 謨	0.91—0.93		〃(消石灰)		1.3—1.4	白 堊		1.9—2.8
こ る く	0.22—0.26		石 膏		2.31—2.33	ば ら ぶ い ん (固體)		0.87—0.91
金 剛 石	3.52		石 綿		3.0	浮 石		0.4—0.9
砂 岩	2.2—2.3		せ め ん と		2.7—3.0	瑪 瑙		2.5—2.7
磁 器	2.3—2.5		せ る ろ い ど		1.4	煉 瓦		1.4—2.2
樹 脂	1.1		象 牙		1.83—1.92			

38. 球ノ中ノ熱ノ傳導 第二十二圖ニ示スガ如ク球ノ内ノ温度ガ中心カラ

ノ距離ノ函数トスル。λヲ此球ノ熱ノ傳導度トス

レバ半径 r ノ球ノ全面積 4π r<sup>2</sup> カラ入ル熱量ハ

$-\lambda \frac{\partial u}{\partial r} 4\pi r^2 dt$  デ、r+dr ノ全面積カラ出ル熱量

ハ  $+\lambda \left(\frac{\partial u}{\partial r}\right)_{r+dr} 4\pi (r+dr)^2 dt$  デアル。此  $= \frac{\partial u}{\partial r}$

ハ 37 ニテ述ベタ如ク温度傾斜ヲ表ハス。從テ半

徑 r ト r+dr トノ間ノ空洞球内ニ殘ル熱量ハ前

ノ二者ノ差デアル。然ルニ c ヲ比熱、s ヲ密度トシ、u ナル温度ガ dt ノ間

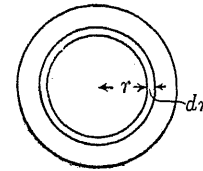
$= u + \frac{\partial u}{\partial t}$  トナツタモノトスレバ此空洞球内ノ熱量ノ差ハ 37 (6) ニ示スガ

如ク  $cs \frac{\partial u}{\partial t} 4\pi r^2 dr dt$  ニ等シイカラ

$$(1) \quad -\lambda \frac{\partial u}{\partial r} 4\pi r^2 dt + \lambda \left(\frac{\partial u}{\partial r}\right)_{r+dr} 4\pi (r+dr)^2 dt = cs \frac{\partial u}{\partial t} 4\pi r^2 dr dt$$

r+dr ニ於ケル温度ハ  $u + \frac{\partial u}{\partial r} dr$  デアルカラ

$$(2) \quad \left(\frac{\partial u}{\partial r}\right)_{r+dr} = \frac{\partial}{\partial r} \left(u + \frac{\partial u}{\partial r} dr\right) = \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{\partial^2 u}{\partial r^2} dr$$



第二十二圖 球ノ圖

及

$$(3) \quad (r+dr)^2 = r^2 + 2r dr$$

(1)、(2)、(3) カラ

$$(4) \quad \lambda r^2 \frac{\delta^2 u}{\delta r^2} dr + 2\lambda r \frac{\delta u}{\delta r} dr = cs r^2 \frac{\delta u}{\delta t} dr$$

又ハ

$$\left. \begin{aligned} \frac{\delta u}{\delta t} &= a^2 \left( \frac{\delta^2 u}{\delta r^2} + \frac{2}{r} \frac{\delta u}{\delta r} \right) \\ a^2 &= \frac{\lambda}{cs} \end{aligned} \right\} [22]$$

今球ノ表面温度ヲ一定ナルモノト假定スル。温度  $u$  ハ之ヲ地心カラノ距離ノ函数トスレバ  $u=f(r)$  ヲ以テ之ヲ表ハスコトガ出来ル。地球ノ半径ヲ  $R$  トスレバ、

$$(5) \quad \begin{cases} t=0 \text{ノ時} = u=f(r) \\ t=R \text{ノ時} = u=C \end{cases}$$

$ru=U$  トスレバ之ヲ  $t$  及  $r$  =就テ微分シテ

$$(6) \quad \begin{cases} r \frac{\delta u}{\delta t} = \frac{\delta U}{\delta t} \\ u+r \frac{\delta u}{\delta r} = \frac{\delta U}{\delta r} \\ 2 \frac{\delta u}{\delta r} + r \frac{\delta^2 u}{\delta r^2} = \frac{\delta^2 U}{\delta r^2} \end{cases}$$

從テ [22] カラ

$$\frac{\delta U}{\delta t} = a^2 \frac{\delta^2 U}{\delta r^2} [23]$$

[23] ヲ解ケバ  $u$  ヲ見出スコトガ出来ル。

39. 地温變化ノ簡單ナル理論 極簡單ナル場合ヲ假定シテ地表ニ加ハル熱

ガ一定ナルモノトスレバ  $\frac{\delta u}{\delta t} = 0$  トナリ、[21] ハ

$$\frac{\delta^2 u}{\delta x^2} = 0 [24]$$

トナル。[24] ノ解法ハ

$$u = ax + \beta [25]$$

デ、 $a$  及  $\beta$  ハ定數デアアル。之ニ依レバ地温ハ深サニ比例スル。

若シ又地表ニ加ハル温度ガ單振動ノ變化ヲナスモノナラバ [24] ノ解法ハ

$$u = u_0 e^{-\frac{2\pi x}{L}} \sin 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x}{L} \right) [26]$$

デアアル 此ニ  $u$  ハ温度ヲ表ハシ、 $x$  ハ地表カラノ深サ、 $t$  ハ時間、 $T$  ハ地温波ノ週期デ一日波ナラバ 24 時間ニ等シイ。  $L$  ハ波長即チ温度ノ最高及最小ガ同時ニ表ハレル二點ノ間ノ距離ヲ表ハス。又温度擴散度  $a^2$  ハ此場合ニハ

$$a^2 = \frac{L^2}{4\pi T} [27]$$

地表ガ規則正シイ日射ノ單振動ヲ受ケル時地温ガ如何ニ變化スルヤハ [27] カラ之ヲ知ルコトガ出来ル。此等式ハ  $u_0 e^{-\frac{2\pi x}{L}} \sin 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x}{L} \right)$  ノ二ノ積カラ成ツテ居ル。然ルニ一定ノ深サ  $x$  =於テハ  $t$  ノ増加ト共ニ正弦ハ變化シテ第一頂ハ不變ナルガ故ニ  $u$  ハ亦正弦曲線ヲ表ハス。即チ  $T$  ヲ 24 時間トスレバ  $t$  ハ亦 24 時間ヲ週期トシテ 0 カラ +1 トナリ、更ニ 0 トナリ再ビ -1 トナリ 0 =復歸シテ表面ト同ジク他ノ單振動ノ温度變化ヲ示ス。唯其位相差ハ  $\frac{x}{L}$  デアツテ、振幅ハ表面ノ  $u_0$  =對シテ  $u_0 e^{-\frac{2\pi x}{L}}$  デアル。

以上ノ關係ハ一年ヲ週期トシテ温度ノ變化ヲ考ヘタ 場合ニモ亦同様デアアル。但シ此場合ニハ  $T$  ハ 365 日トナル。

又地温波ノ位相即チ最高又ハ最低地温ニ達スル時間ハ深サ  $x$  ガ増加スル程遅レルコトハ正弦頂ノ  $-\frac{x}{L}$  カラ知ラレル。今深サ  $x$  =於テハ  $\sin 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x}{L} \right) = 1$  又ハ  $\left( \frac{t}{T} - \frac{x}{L} \right) = \frac{1}{4}$  ノ時温度ガ最高トナル。故ニ深サ  $\Delta x$  ガ  $x + \Delta x$  トナレバ正弦項ハ  $\sin 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x + \Delta x}{L} \right)$  トナルカラ同時間  $t$  =於テハ 1 ヨリ小サイ。即チ  $t$  ガ更ニ  $\Delta t$  丈ク經過シテ始メテ最高トナル。換言スレバ  $x$  =於テ  $t$  ノ時間ニ最高又ハ最低ガ經過スレバ  $x + \Delta x$

ニ於テハ  $t + \Delta t$  ニ於テ始メテ最高或ハ最低トナル。例ヘバ一定ノ深サ  $x_0$  ニ於テ  $t_0$  ナル時間ニ最高地温ヲ示シタナラバ  $t_0 = T \left( \frac{1}{4} + \frac{x_0}{L} \right)$  デ、 $x_0 = 15$  糎、 $L = 30$  糎ナラバ  $T = 24$  時トシテ

$$t_0 = 24 \left( 0.25 + \frac{0.15}{0.30} \right) = 18 \text{ 時間}$$

深サ 20 糎ノ處デハ

$$t_0 + \Delta t_0 = 24 \left( \frac{1}{4} + \frac{0.15 + 0.05}{0.30} \right)$$

又ハ  $\Delta t_0 = 24(0.25 + 0.67) - 18 = 4.08$  時間

即チ深サ 15 糎ノ處デハ最高地温ハ 18 時間遅レ更ニ深サ 20 糎トナレバ前ヨリモ 4 時間許リ遅クナル。

[26] ニ於テ  $\frac{t}{T} - \frac{x}{L} = \frac{1}{4}$  又ハ  $t = \left( \frac{1}{4} + \frac{x}{L} \right) \pi$  ナル時間ヲ用ヒレバ  $\sin 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x}{L} \right) = 1$  トナリ、[26] ハ振幅ヲ表ハシ

$$u = u_0 e^{-\frac{2\pi x}{L}} \quad [28]$$

トナル。故ニ  $x_1$  及  $x_2$  ニ於ケル地温ヲ夫々  $u_1$  及  $u_2$  トスレバ  $u_1$  及  $u_2$  ノ比ハ即チ振幅ノ比ニ等シク

$$\frac{u_1}{u_2} = e^{-\frac{2\pi(x_1 - x_2)}{L}} \quad [29]$$

トナル。第二十一圖ニ於テ  $u_0 = 40^\circ$  (地表) ニシテ  $x = 0.15$  米、 $L = 0.3$  米トスレバ  $u = 40 e^{-\frac{2\pi \cdot 0.15}{0.30}} = 17.3$  之レ 15 糎ノ深サニ於ケル振幅デ略ボ實際ニ一致スル。

又 [27] カラ

$$L = 2a \sqrt{\pi T} \quad [30]$$

テ之ヲ [29] ニ挿入スレバ

$$\frac{u_1}{u_2} = e^{-\frac{(x_1 - x_2) \sqrt{\pi}}{a \sqrt{T}}} \quad [31]$$

きーん (Keen) ガ地表カラ 深サ  $x_1 = 4$  吋 (10.2 糎) 及  $x_2 = 8$  吋 (20.3

糎) ニ於テ實驗シタ處ニ依レバ其振幅ノ比ハ  $\frac{u_1}{u_2} = 2.595$  ナ爲シテ居タ。然ルニ  $x_2 - x_1 = 10.1$  糎デ  $T = 24$  時間 = 86400 秒ヲ用ヒ、C. G. S. 單位ト攝氏度デ [27] ノ値トシテ  $a^2 = 0.00408$  ガ得ラレル。此値ハ砂デ得ラレタ

$a^2 = 0.00316$  ニ近ク、濕ツタ

土ノ擴散度ハ凡ソ 0.004 トシテ大差ガナイモノト信ゼラレテ居ル(第二十三圖)。

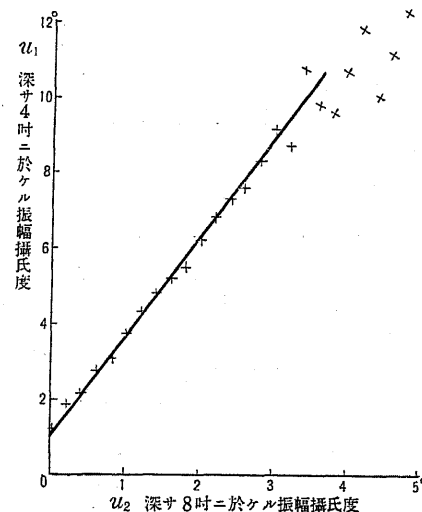
實際地殼ハ同一ナル熱傳導度ヤ比熱密度ヲ持ツテ居ラナイノミナラズ、地表ノ日射熱モ亦單振動ヲ爲サナイコトガ多く、日々ノ氣象ヤ一年内ノ天氣ナド亦皆不規則ガ多イカラ、地温モ亦決シテ規則正シイ變化ヲ爲サナイコトガ少クナイ。

ぶらっせるデ觀測シタ處ニ依レバ地表ノ最低地温ハ平均 1 月 3 日、深サ 3.9 米ノ最低地温 4 月 12 日、7.8 米デ 6 月 14 日ニ現ハレテ居ル。又最高地温ハ地表デ 7 月 10 日、深サ 3.9 米デ 10 月 9 日、7.8 米デ 12 月 12 日ニ現ハレル。從テ深サ 7.8 米デ一年ノ週期ニ對シ凡ソ 5 ヶ月デアル。

福岡 35 ヶ年間年平均地面温度ハ  $16.58^\circ\text{C}$  デ氣温ヨリハ 1.7 許リ高イ。

又福岡ニ於ケル最低地面温度ハ平均 1 月 7 日デ  $5.38$  ナ示シ、最高ハ 8 月 6 日  $29.73$  ナ示シテ居ル。

地温ハ地表ガ不導體ノ物質デ覆ハレテアレバ其傳導ガ困難トナル。巴里ノ



第二十三圖 振幅ノ比

裸地デ深サ 0.10 米ノ處デ午前 6 時ト午後 3 時平均地温ノ差ハ  $2^{\circ}.33$  ナ示シ福岡ニ於テハ  $6^{\circ}.79$  ニ達シテ居ル。然シ芝生ノ處デハ此温差ハ僅ニ  $0^{\circ}.54$  ニ過ギナイ。雪ノ如キモ非常ナル不導體デアルカラ、雪ノ爲ニ地表ガ覆ハレテアル時ヨリモ、地面ガ赤裸々ノ時ノ方ガ遙ニ霜ガ多ク置ク理由ヲ説明スルコトガ出來ル。

第二十五表 福岡月別平均氣温及地温表

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
氣 温	5.00	5.04	8.05	13.06	17.04	21.32	25.51	26.34	22.48	16.36	11.45	6.78	14.87
地 面 温	5.77	6.01	9.77	15.08	19.80	23.50	27.55	28.80	24.68	18.10	12.37	7.40	16.58

40. 地温ニ對スル土質及水分ノ影響 實際地殼又ハ地球ヲ組立テ、アル物質ハ齊一デナイノミナラズ、間ニ水分ヲ含ミ、且ツ其含水量モ決シテ一様デナイ。從テ地温ノ波ハ簡單ナ單振動デハナイケレドモ然シ如何ニ複雑デアツテモ之ヲ若干ノ單振動ヲ組合ハセタモノト考ヘテ之ヲ分析スルコトガ出來ル。換言スレバ複雑ナ週期ノ地温變化ハ若干ノ單振動ニ基ヅク地温變化ノ代數的和デアル。

土ノ器械的組織及配置等ノ變化ノ爲ニ起ル地温ノ状態ハ精確ニ之ヲ知ルコトハ六ケシイ。

唯實驗的ニ地温ノ値ヲ知ルヨリ外ニ道ハナイ。殊ニ地表ニ近イ處ハ或ハ植物ノ被覆ニ依リ、或ハ施肥耕作又ハ其他ノ工作物ノ築造等ノ爲ニ地温ハ相當ニ影響ヲ受ケテ居ルノハ當然デアルガ、地表ヨリ深イ處デモ岩石土壤ノ成分ハ至ル所同一デナイカラ亦地温ニモ變化ヲ及ボス筈デアル。此理由カラ地温ハ其岩石土壤ノ状態ヲ變化シナイ様ニ寒暖計ヲ挿込シテ其示度ヲ見ナケレバ正確ナ地温ヲ得ラレナイ。

土ノ器械的組織ヨリモ其含水量ハ地温ニ關係ガ深イ。勿論水分ノ温度ニ對スル影響ハ單獨ニ之ヲ考ヘルコトモ可能デアルケレドモ實際土中ニ於テハ水ノ性質ヤ多少ニ依ツテ此影響ハ非常ニ複雑デアル。

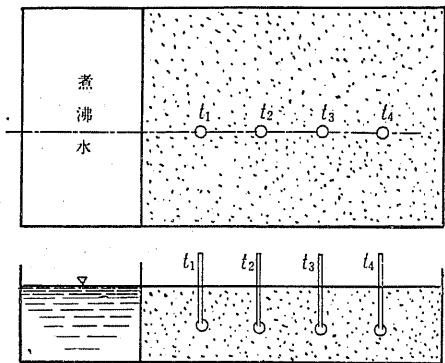
土ノ大部分ノモノハ其乾燥シタ状態デハ其比熱ハ凡ソ 0.2 内外デ水ノ 5 分 1 ニ過ギナイ(第二十二表參照)。從テ比熱ノ低イ土ト其高イ水ガ入亂レテ居ル場合ヲ考ヘレバ土ガ濕ツテ居ル程其比熱ハ高イ勘定デ、外カラ加熱サレタリ、又ハ外ニ熱ガ逃ゲル場合ニ其温度變化ハ少イ。換言スレバ水分ガ多イ程地温ノ變化ガ少イ譯デアル。

又水ト土ノ熱傳導度ノ差異ヲモ考ヘナケレバナラナイ(第二十表參照)。水ノ傳導度ハ攝氏  $17^{\circ}$  ニ於テ  $0.0013$  カロリー/[糶秒度] ナアルガ土ヲ岩石ノ連續シタモノト考ヘレバ花崗岩ノ  $0.0075$  ハ水ノ數倍ノ傳導度ヲ持ツテ居ル。但シ土ハ粒狀ヲ爲シテ居レバ其粒ノ間ノ接觸ガ惡イ爲ニ其傳導度ハ非常ニ減ズル。今實驗ニ依レバ鑛物質土壤ノ熱傳導度ハ水ノ  $1/3$  乃至  $1/2$  ニ過ギナイ。從テ乾イタ土ニ水ヲ加ヘレバ傳導度ヲ増スベキ筈デアル。實際水ガ土粒ノ間ニ在レバ其傳導度ヲ増ス許リデナク、粒ト粒トガ接觸シテ居ル點ノ周圍ニハ水ノ薄膜ガアツテ其表面張力ハ粒ヲ相近ヅケル許リデナク、熱ハ空氣ノ對流ヤ又ハ放射ニ依ラナイデ此ノ水ノ薄膜ヲ傳ハリ、粒カラ粒ニ移動スルカラ、單ニ水ガ存在スル事實以上ニ熱ノ傳導度ヲ増シテ居ル。然シ粒ノ間ノ水量ガ多クナレバ此過渡期ノ傳導度ハ比較的重要性ヲ失ヒ、終ニ水自身ノ價值ヲ表ハスニ至ルノデアル。

以上水分ノ存在ノ爲ニ土ノ中ノ熱ノ傳導度ノ變化スル状態ヲ説明シタガ、尙地温ノ變化ハ水ノ表面張力ヤ粘性ノ變化ヲ來スコトヲ知ラナケレバナラナイ。即チ地温ガ高クナレバ其附近ノ水ノ表面張力ハ減少シ、其粘性ハ亦低クナル(第三章第一節 47 參照)。表面張力ガ減少スレバ水ハ其張力ノ大ナル方ニ

引張ラレ、粘性が低クナレバ容易ニ且ツ迅速ニ水が其高イ方ニ引張ラレ、新クシテ地温ノ高マルト共ニ水ノ分布ハ在來ノ平衡ヲ破ツテ新ナ分布ヲ見ル様ニナル。此外熱ノ高イ水ノ蒸汽張力ハ低温ノ處ニ水ヲ推入レルコトモ多少アリ得ルノデアル。是等ノ力ノ爲ニ平衡ガ破レテ地中ノ一點ニ於ケル水分ノ變化ヲ來シ、濕ツタ土ノ比熱ニ熱傳導度ヲ變化シ、更ニ熱ノ移動ノ速サヤ量ヲ變化サセル。從テ以上因果ノ關係カラ傳導度  $\lambda$  ヤ比熱  $c$  ハ  $\frac{\partial u}{\partial t}$  及  $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$  ナル變數ニハ無關係ナ定數ト云フ譯ニ行カナイ。即チ簡單ナ [21] ハ適用シ得ナイコトニナル。是レ濕ツタ土ニハ熱ノ傳導又ハ地温ヲ測ルニ考ヘナケレバナラナイ點デアル。岩石ヤ金屬ノ如キ連續シタ物質ナラバ熱ガ絶エズ繼續シテ之ニ供給セラレテモ又ハ週期的ニ變化シテ供給セラレテモ充分ノ時間ガ經タナケレバ地温ノ分布ガ平衡ヲ得ルニ至ラナイ。

[21] = 示シタ如ク  $\frac{\partial u}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$  及  $a^2 = \frac{\lambda}{cs}$  = 於テ若シ實驗的ニ  $\frac{\partial u}{\partial t}$   $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$  及  $c$  並ニ  $s$  ガ知ラレバ、バ傳導度  $\lambda$  ハ之ヲ計算スルコトガ出來ル。今乾

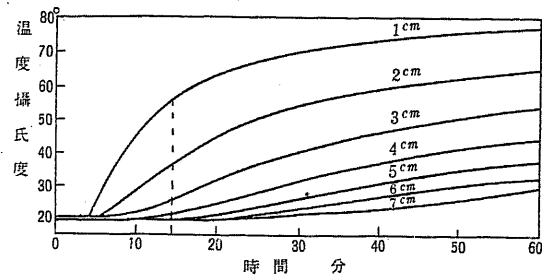


第二十四圖 土ノ傳導度測定裝置

イタ土ヲ取ツテ其比熱  $c$  ヲ測リ、更ニ實際ノ濕ツタ土ノ含水量ト土ノ緊マリノ程度カラ土ノ密度  $s$  及  $cs$  即チ有効比熱ヲ計算スルコトガ出來ル。

次ニ濕ツタ土ヲ能ク隔々チ密閉シタ箱ニ入レテ其含水量ト有効比熱ガ知ラレアルモノトスル。第二十四圖ニ示ス

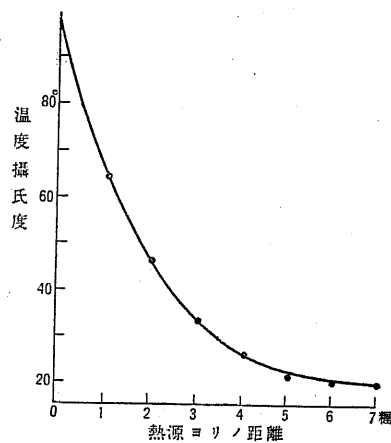
セバ第二十五圖ノ如キ熱源カラノ種々ナル距離ニ對スル時間温度曲線ガ得ラレル。



第二十五圖 時間温度曲線(ばってんニ據ル)

次ニ第二十五圖ニ於テ或ル時間例

ヘバ  $t = 15$  分ニ熱源カラノ距離例ヘバ  $x = 5$  種ニ於テ此時間温度曲線ニ接線ヲ描キ、之ト横軸ガ爲ス所ノ角ノ正切ノ値ガ  $\frac{\partial u}{\partial t}$  ヲ表ハス。又第二十五

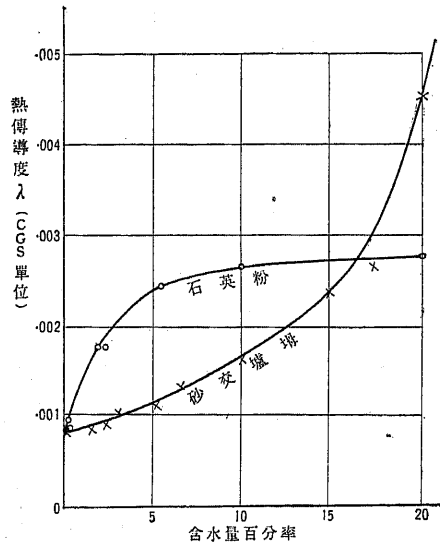


第二十六圖 温度傾斜曲線

圖ノ横距  $t = 15$  分ニ縦線ヲ描キ、各曲線ト交ル點カラ 1、2、種等ノ温度ヲ見出シ、距離ト温度トヲ横縦距トシテ第二十六圖ノ温度傾斜曲線ガ得ラレル。此曲線カラ  $x_1 = 4.5$  種及  $x_2 = 5.5$  種ニ於テ夫々  $\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)_{x_1=4.5}$  及  $\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)_{x_2=5.5}$  ヲ見出シ、其差ヲ  $\Delta x = x_2 - x_1 = 1$  種デ除ツテ  $\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}\right)_{x=5cm}$  ヲ見出スコトガ出來ル。

斯クノ如ク  $\frac{\partial u}{\partial t}$ 、 $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$  及  $cs$  ガ知ラレバ熱傳導度  $\lambda$  ハ容易ニ實驗的ニ之ヲ知ルコトガ出來ル。

ばってん (Patten) ハ種々ナル粒ノ大サノ粒ハ石英砂ヤ細カナ砂交リノ礫母ヲ用ヒテ含水量百分率ト熱傳導度  $\lambda$  及温度擴散度ノ關係ヲ研究シタ。之ニ據レバ第二十七圖ニ示スガ如ク熱傳導度ハ水分ガ多イ程増加シ、水分ガ増セバ  $\lambda$  ハ水ノ傳導度ニ近ヅク。又水分ガ増セバ傳導度ヲ増スコト前ニ述ベタ通り



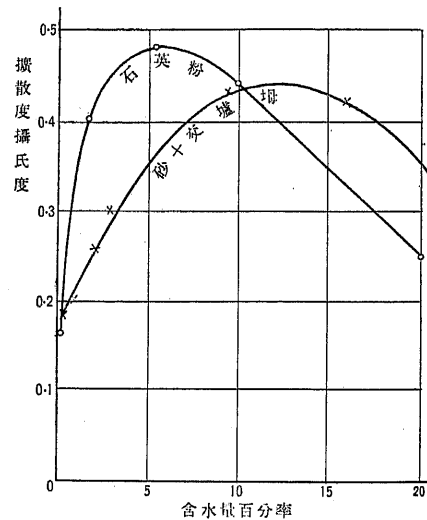
第二十七圖 含水量と熱傳導度

デ比熱モ亦少シク増ス爲ニ温度擴散度ハ第二十八圖ニ示スガ如ク漸次増加シテ最大ニ達スル。是方サニ温度ノ増加スル割合ガ最大ニ達シタ時デア。之ヨリ後ハ水分ガ増加シテモ擴散度ハ減少スル。

水分ト地温ノ關係ハ略ボ前ニ述ベタ通りデア。雨ノ爲ニ地温ノ變化スルコトハ想像ニ難クナイ。殊ニ地中ノ水ノ蒸發ハ著シク地温ヲ低下ス

ル。

冷イ風ヤ暖イ風ガ地表ヲ吹イテ直接ニ地温ヲ低メ又ハ高メルコトモアルガ、由來空氣ノ比熱ガ非常ニ低イ爲メ其直接ノ影響ハ少イ。然シ間接ニハ乾イタ強イ風ハ水分ヲ吹飛シ蒸發ヲ助成シテ表土ノ地温ヲ下ゲル。然シ之ガ爲ニ起ル地温ノ最大差ハ攝氏3.5位ニ過ギナイト云ハレテ居ル。又暖イ水分ノ多イ風ハ乾イタ冷



第二十八圖 含水量と擴散度

イ地表ニ水分ヲ凝縮セシメル爲メ潜熱ヲ出ス。水ガ凝縮スレバ土ノ汽張力ガ急ニ増加スル爲メ新ニ蒸汽ノ凝縮ヲ妨ゲ、直接ニ地温ヲ増スコトハ少イガ、傳導度ガ土ノ濕ツテ來ルト共ニ増スカラ地温ガ深イ地層ニ傳ハルコトガ多クナリ、地表ノ地温ハ永イ間氣温ヨリ低温度ニ保タレル。

空氣ガ飽和以上ノ水分ヲ保テバ其餘分ノモノハ霧ヤ細カナ滴トナツテ地表ニ近ク浮遊シ、若シ地表ガ凸凹ガアツタリ、又ハ粗雜デアレバ屢々霜、露ナド、ナツテ凝縮スル。

雨ハ多クノ場合ニ土ヨリ低温度デア。カラ降雨ノ地温ニ對スル影響ハ之ヲ冷却スル傾向ガ多イ。是レ地中ノ水ノ分布ヲ妨ゲルノデア。而シテ若シ地中ノ或層ニ於テ含水量ガ一定限ニ達スレバ水ハ滲透ヲ始メル。斯クシテ熱ハ水ニ依ツテ層カラ層ニ運去ラレルカラ、地温ノ變動ガ起ルコトハ言フ迄モナイ。二月頃ハ地表ガ水結シテ滲透ハ起ラナイ爲メ其擴散度ハ0.00156位デ土ノ純粹ナル傳導ニ基イテ居ルガ他ノ期間ニハ滲透ガアル爲メ擴散度ガ増加シテ居ルコトハ事實デア。然ルニ滲透ガ多クナレバ傳導ノミニ依ル擴散度ノ200倍モ大ナル値ヲ示スコトガアルト言ハレテアル。

41. 恒温層及増温率 一日及一年ノ地温ノ變化ハ地表カラノ深サヲ増スト共ニ急ニ減少スルカラ或深サニ至レバ地温ノ變化ハ殆ド起ラナイコトニナル。若又變化ガアツテモ非常ニ永イ時期例ヘバ數十年ノ永期ニ於テノミ變化ヲ見出シ得ルニ過ギナイ。從テ永イ年月ノ間地温ハ此ニ始メテ一定不變デ之ヨリ淺イ處ノ如ク變化ガ現ハレナイ。此地層ヲ恒温層ト呼ブ。巴里氣象臺ノ實驗室ハ地下28米ゲ納骨管ガアリ恒温層ニ達シテ居ル。1783年らばあしえー(Lavoisier)及かしにー(Cassini)ガ此ニ据付ケタ寒暖計ハ殆ド不變ノ恒温11.72ヲ示シ、振幅0.1ヲ超エナイ不規則ナ變化ヲ示スノミデア。恒温層ノ深サハ土質及地表ノ温度、一年ノ地温變化ノ振幅ニ依ツテ異ナル。

熱帯地方デハ振幅ガ甚ダ小デ温帯地方ヨリモ恒温層ノ深サガ浅イ。南米北緯 11° ト南緯 5° ノ間ニ於テブーさんごーる (Boussingault) ハ深サ 1 米以内デ恒温層ニ達シタト云ツテ居ルガ、是ハ從來観測サレタモノ、中デ最モ浅イモノデア。印度とれづゑんどらむ (Trevandrum) ニ於テハ恒温層ガ地下 15 米ノ處ニ在リ、熱帯地方ノ多クハ少クモ深サ 6 米ノ附近ニ在ル。温帯地方デハ凡ソ地下 20 米内外ノ處ニ恒温層ガアル。

恒温層ノ下デハ各點夫々地温ガ常ニ不變デ、而カモ深サト共ニ規則正シク地温ガ増加スル。但シ此温度ノ増加スル割合ハ至ル所同一デハナク、主ニ土質ニ依ツテ異ナルガ、凡ソ 30 米乃至 40 米、平均 33 米毎ニ攝氏 1° ヲ増シテ居ル。然シ最モ深イ坑内デ行ツタ観測ニ依レバ地温ノ増加ハ必ズシモ精密ニ深サニ比例シテ居ラヌラシク、深サガ稍々大トナレバ地温ノ増加ハ著シク遅イ。是レ熱傳導ノ理ニモ一致シテ居ル。

現今存在スル最モ深イ井ノー(ほつたむニ近イ)シペレンべるぐ (Sperenberg) ノ井デハ地下 27 米デ 9° ノ恒温層ニ達シ、深サ 628 米デ 33°、942 米デ 43°、1269 米デ 48.1 デアル。即チ地下 27 米ト 628 米ノ間デハ 25 米毎ニ 1° 増加ノ割合ヲ示シテ居ルガ、628 米ト 942 米ノ間デハ 31.4 米デ 1°、之ヨリ以下ハ 64 米デ 1° ノ増加ヲ示シテ居ル。斯クノ如ク地温ガ攝氏 1° 増加スルニ要スル深サヲ地下増温率ト呼ンデ居ル。次表ハ主ナル深井ト地下増温率ヲ示シタモノデア(主ニ理科年表ニ據ル)。但シ次表ニハ恒温層ヲ考慮セザルモノモアル。

互ニ近イ箇所デモ地下増温率ハ非常ニ違ツテ居ル處ガアル。其理由ニ就テハ未ダ充分ノ説明ヲ得ナイガ恐クハ地殻ヲ構成シテ居ル岩石ノ性質ヤ其熱傳導度ノ異同、放射能ノ岩石ノ有無及温泉ノ泉源ノ遠近ナドノ爲ニ地熱ノ分布ガ齊一デナイ爲デアアルマイカ。佛國あんざん (Anzin) ノ坑孔デハ増温率

第二十六表 主ナル深井ト其地下増温率

名 稱 及 所 在 地	井ノ深サ(米)	井底ノ温度 (攝氏度)	地下増温率 (攝氏1度ニ付米)
りーがん(合衆國、てきす)	2598	—	—
くらーくすぶるぐ(合衆國、 ばーぢにや)	2251	72.2	15.6
くっこふ(獨逸、上しれじや)	2240	83.4	14.9
ばるしょういつつ(ほーらんど)	2003	69.3	31.8
しゅらーでばつは(獨逸、らい ぶちっぴ附近)	1910	57.5	34.1
さんごたーる隧道(瑞 西)	1700	29.5	33.9
おーるだう(獨逸、はのーば ー)	1613	46.0	40.9
西山油田、鎌田(越後)	1407	—	21.4
〳 長峰 119 縣井(越後)	697.3	46.4	20.6
東山油田(越後)	684.5	43.5	22.1
高嶋炭坑(長崎縣)	600	37.4	21.5
磐城炭坑	512.8	35.3	25.1
笹子隧道(甲斐)	479	18.7	39.1
東京帝國大學構内井	385	23.5	45.5
旭川油田綱式 86 號井	281.8	28.0	17.3
桂根油田口式 6 號井(越後)	272.7	22.0	23.2
かりつくふあーがす第一號井 (あいるらんど)	252	—	23.5
〳 第二號井	187	—	21.9
ひっとまいん(英國のーざん ばーらんど)	216	—	18.6

ガ 15 米ト 26 米ノ間ニ在リ、ゐるてんべるぐ (Württemberg) ノのいふえん (Neuffen) ノ坑孔デハ深サ 29 米デ 10°.8、338 米デ 38°.7 デ方ニ 11.1 米デ、1° ヲ増シテ居ル勘定デア。又佛國ノざんじゅあん (Saint Jeans d'Hérans) ノ深井ハ深サ 1616.55 米ニ達シ、同國最深ノモノト言ハレテ居ルガづゑるさー (Versat) ガ或方法デ測定シタ處ニ依レバ井底デ 62°.5、地表ノ平均温度ガ 12°.5

デ從テ 増温率ガ 32.30 米トセラ レテ居ルガ恒温層ノ深サガ知ラレテ居ラナイ。今假リニ 15 米ノ深サニ 10°ノ恒温層ガアルトスレバ増温率ハ 1°ニ付キ 30.5 米トナル勘定デアアル。ばるしゝるつノ深井ハ深サ 2 秆ヲ起エ、其増温率ハ 31 米ト 39.6 米ノ間ニ變化シタ。而シテ 1959 米デ 69.3°ニ達シタ。北米すべりおる湖畔ノきゝえなう (Keweenaw) 半島ノ銅坑ニ於テハ其坑深 1396 米デ増温率 41.9, 52.0, 54.5, 55.2, 60.6, 66.7 等ニ達シタガ、へくら坑 (Hekla mine) ニテハ 122.8 米ヲ示シタ。是レ恐クハ湖邊ニ近ク水ノ滲透ガ冷却作用ヲ行ツテ居ル爲デアロウ。但シ多クノ炭坑デハ 15 米乃至 20 米ノ増温率ノモノガ多イ。

以上 2.5 秆内外ノ深サマデハ大凡其地下増温率ヲ知ルコトガ出來ルガ之ヨリ深イ處ハ今日未ダ知ラレテナイ。若シ此増温率ガ攝氏 1°ニ付キ凡 33 米ト假定スレバ地心ノ温度ハ凡ソ 190,000°ニ達シカケレバナラナイ。若シるづきー (Rudzki) ガ言フ如ク攝氏 1°ニ對スル増温率ヲ 35 米トスレバ地心ハ凡ソ 182,000°ニ達シカケレバナラナイ。然シナガラ地心ガ表層ト同一ノ増温率ヲ持ツヤ否ヤハ今日尙ホ疑問デアアル。

管テ太陽ノ温度ナドモ攝氏數百萬度ト推定セラレタコトモアルガ、すてふん (Stefan) ノ法則ニ從ヘバ太陽面ノ温度ハ攝氏 6000°乃至 6500°ヲ出デナイシ、亦太陽恒數カラ計算シテモ 5840°ナド、推定セラレテアルカラ之ニ依テ太陽内部ノ温度ハ想像出來ナイケレドモ少クモ數百萬度ト考ヘラレタモノガ數千度デアルト云フコト丈ケハ事實デアアル。今假リニ増温率ヲ 33 米トスレバ深サ 3.3 秆デ 100°C トナリ、40 秆許デ 1300°ヲ起エ、玄武岩ヲ熔スニ足ル高温ヲ有スベキ筈デアアル。勿論此 40 秆ハ地球ノ長半徑 6378.388 秆短半徑 6356.912 秆ニ比スレバ凡ソ其 1/169°ニ過ギナイ。

地表ノ平均地温ハ一般ニ氣温ヨリモ僅カニ高ク、福岡デ一年ノ平均地温(表

面) 16.6°C デアルニ對シ平均氣温ハ 14.9°C デアル。但シ此數字ハ地方ニ依リ可ナリ異同ガアル。而シテ地表ニ於ケル地温ト氣温ノ差ハ雪ガ厚ク降ツテ居ル冬期ニ最モ大トナル。是レ雪ガ不導體デ寒冷ヲ遮リ地中ニ達セシメヌ爲デアアル。例ヘバ瑞典ノうぷさら (Upsala) デ三年觀測ノ平均氣温ハ 4.5°C デアルノニ深サ 0.6 米デ地温ハ 6.6°C ヲ示シテ居ツタ。冬期ヲ通ジ 2°以上ノ差ガ兩温度ノ間ニアル。

平均氣温ガ 0°以下ノ處デハ其地表ノ氷塊ガ夏期溶ケテモ尙年中或ル深サノ處ハ氷結シテ居ルコトモアル。即チ地表ハ植物ノ發育ガ可能デアアル。例ヘバやくーつく (Jacoutsk) デハ平均氣温ガ -11.2°C デ深サ 20 米ノ地中温度ハ -7.6°C デ不變デアアル。而シテ深サ 116 米ノ試錐ニ於テ地温 -3°ヲ示シタガ其 0°ノ處ハ恐クハ 190 米ノ深サノ處ダロウト考ヘラレテ居ル。

42. 地球ノ熱源トシテノ岩石内ノらぢうむ及とりうむ 1903 年五月るざーふーど (Rutherford) 及そぢー (Soddy)、同ジク 1903 年七月るぞん (W. E. Wilson) ハ放射能ヲ有スル岩石ノ元素壞變ニ際シテ放出セラレル熱ハ地熱ノ一因デアアルコトヲ唱ヘタ。是ニ於テ地殻内ノらぢうむ及とりうむノ分布ハ地球物理學ノ必要ナ問題トナツタ。今地表カラ熱ノ消失スル總量ハ増温率、地殻ノ熱傳導度及地表ノ面積ノ相乘積カラ知ラレ、増温率ヲ攝氏 1°ニ付キ 33 米トスレバ

$$\frac{1}{3300} \times 0.004 \times 5.1 \times 10^{18} = 6.2 \times 10^{12} \text{ かるり-秒}$$

今放射能ヲ有スル物質うらん (U)、いおにうむ (Io)、らぢうむ (Ra)、らどん又ハらぢうむ えまなしおん (Rn)、らぢうむ A (RaA)、らぢうむ B (RaB)、らぢうむ C (RaC)、らぢうむ F (RaF) 又ハばろにうむ (Po)、あくちにうむ (Ac)、とりうむ (Th) 等ノ内らぢうむ及とりうむガ最モ必要デらぢうむノ 1 瓦ガ發スル熱量又ハ熱効果ハ  $6 \times 10^{-2}$  かるり-秒、とりうむハ  $5 \times 10^{-9}$  かるり



一/秒 瓦デアル。從テ  $6.2 \times 10^{12}$  かりー/秒ノ熱量ヲ償フ爲ニ  $6.2 \times 12^{12} \div 6 \times 10^{-2} = 1.0 \times 10^{14}$  瓦ノらぢうむヲ必要トスル。然ルニ地球ノ體積ハ  $1.1 \times 10^{27}$  (糧)<sup>3</sup> デアルカラ地球ノ 1 立糧ノ中ニハ  $1.0 \times 10^{14} / 1.1 \times 10^{27} \approx 10^{-13}$  瓦ノらぢうむアレバ地温ヲ維持スルコトガ出來ル勘定デアル。

實際岩石ノらぢうむ含有量ハ同一ノ岩石デモ其試料ト共ニ異ナリ、又其採取ノ場所ニ依リ可ナリ變化ガアルケレドモ一般ノ關係ハ大凡之ヲ知ルコトガ出來ル。殊ニ火成岩ノらぢうむ含有量ハ水成岩ニ比スレバ平均殆ド二倍ニ達シテ居ル。又火成岩ノらぢうむ含有量ト化學的性質ノ間ニハ或關係ガ成立シテ居リ、酸性岩石ハらぢうむ含有量が最も多ク、鹽基性岩石ハ最も少イ、而シテほるむす (A. Holmes) ハ次ノ如キ結果ヲ得テ居ル。

第二十七表 岩石ノらぢうむ含有量

岩石ノ種類	らぢうむ含有量(1瓦ノ岩石中)
酸性岩石	$3.1 \times 10^{-12}$ 瓦
中性岩石	2.1 //
鹽基性岩石	1.1 //
超鹽基性岩石	0.5 //

珪酸トらぢうむ含有量ノ間ニハ固有ノ比率ハナイガ時トシテ珪酸性岩石中ニらぢうむ含有量ノ大ナルモノガアル。火成岩ノ中デモ花崗岩ヤ閃長岩ハらぢうむ含有量特ニ多ク、平均  $5.10^{-12}$  瓦 Ra/瓦ヲ示シ、中ニハ  $6.10^{-11}$  瓦ニ達スルモノモアル。水成岩ガらぢうむヲ含ムコト少イノハ其洗出サレル爲デアルト説明スルコトガ出來ル。此關係カラ深海沈澱物ハじょーれー (Joly) ノ測定ニ依レバ火成岩ヨリモ遙カニ多クノらぢうむヲ含ンデ居ルコトヲ證明スルコトガ出來ル。河川ニ依ツテ海ニ運バレタラぢうむハ海中デ或化學作用例ハバ無數ニ存在スル硫黃菌ノ側デ脱化シ海底ニ沈澱スルモノラシイ。

岩石ノ存在スル深サトらぢうむ含有量ノ關係ハ明デナイガ、比較的淺イ鑛孔デハ明瞭デアル。即チ放射能ノ岩石ガ與ヘル熱量ガ地球ノ保有熱量ニ寄與シテ居ル状態カラ計算シテ見レバ放射能ノ物質ヲ岩石ガ含ム状態ハ深サガ増スト共ニ減少スルモノ、如クデアル。最も多クノ場合ニラぢうむ  $10^{-12}$  瓦 Ra ハ凡ソうらんノ  $3.10^{-6}$  瓦 U ニ平衡シテ居ルモノト考ヘテ差支ナイ。是恰カモるぎーふーど (Rutherford) 及ぼるとうど (Boltwood) ガ發表シタ  $3.4 \times 10^{-7}$  瓦 Ra ハ 1 瓦 U ト平衡シテ居ルト云フノト殆ド相等シイ結果デアル。

次ニ岩石ノとりうむ含有量ハ殊ニじょーれー、まっへ (Mache) 及ばんべるがー (Bamberger)、ふーる (Poole)、ひるし (H. Hirschi)、並ニほるむす (A. Holmes) 等ガ多クノ鑛物ニ就テ研究シタ。火成岩ノ 1 瓦ハ平均凡ソ  $3.10^{-5}$  瓦ノとりうむヲ含ンデ居ル。但シ水成岩ノ 1 瓦ガ含ムとりうむノ量ハ之ヨリ遙ニ少イノヲ常トシテ居ル。又とりうむノ含有量ハ酸性岩ガ鹽基性岩ヨリモ多イ。岩石ノとりうむ及らぢうむ含有量ハ屢々相平行シテ居ルガ勿論必然的デハナイ。地殻ノ岩石ノ 1 瓦ノ中ニ含有セラレタル平均量トシテハじょーれーヤすとらと (Strutt, Lord Reyleigh) ニ依ツテ  $1.5 \times 10^{-12}$  瓦 Ra ト  $1.5 \times 10^{-5}$  瓦 Th ト推定セラレテアル。實際工學的ニらぢうむ等ヲ採取シテ居ルノハべつひぶれんどヤかるのちとノ如キ僅カノ鑛石カラデアル。而シテ是等ノ鑛石ノらぢうむ含有量ハ鑛石ノ 1 瓦ノ中ニらぢうむ  $10^{-9}$  乃至  $10^{-7}$  瓦ニ過ギナイ。次表ハ岩石中ノらぢうむ及とりうむ含有量ノ測定結果ヲ集メタモノデアル。

次表中\*印ノ熔岩ハ其熱効果毎時 1 瓦ノ岩石ニ付キ  $30 \times 10^{-10}$  かりーデ†印ノ岩石ハ  $2.9 \times 10^{-10}$  かりー、平均火山岩ニ對シテハ  $11 \times 10^{-10}$  ヲ示シタ。

第二十八表 岩石中ノらぢうむ及とりうむ含有量(か  
いえ及らび一物理化學定數表に據ル)

岩 石	らぢうむ(瓦) 岩石1瓦中	とりうむ(瓦) 岩石1瓦中	観 測 者
火 成 岩	$1.7 \times 10^{-12}$	$— \times 10^{-5}$	Strutt, 1906
水 成 岩	1.1	—	〃
砂 岩	0.16	—	Eye & McIntosh, 1907
粘 土	0.79	—	〃
古 生 代 泥 盆 紀	1—4	—	〃
同 奥 陶 紀	0.9	—	〃
1631 年 以 來 噴 出 熔 岩*	12.3	2.3	Joly, 1909
え る ぶ す 山 熔 岩	2.4	—	Farr & Florance, 1909
火 山 岩 126 種	7.01	—	Joly, 1909
火 山 岩 64 種	1.3	1.3	他ノ観測者
伊 太 利 火 成 岩	平均	5	Blanc, 1909
か め る 及 お ー くら ン ど 島 (N. Z.) 火 成 岩	1.6	—	Farr & Florance
〃 水 成 岩	0.5	—	
さ ん じ ゃ ー ー ー ン 道 花 崗 岩	7.7	1.9	Joly, 1909
〃 頁 岩 及 變 水 成 岩	3.4—4.9	0.5—1.2	〃
さ ん ぶ ろ ー ン 道	7.6	—	〃
あ ん で す 貫 通 隧 道	0.8	0.56	Fletscher, 1910
歐 洲 石 灰 岩 及 白 雲 石 7 種 ノ 平 均	—	0.16	Joly, 1910
〃 27 種 ノ 平 均	—	<0.5	〃
深 海 沈 澱 物 ぐ ろ ー び ぜ り な 泥	7.2	—	〃
〃 ら ぢ お ら り あ 泥	36.7	—	〃
紅 色 粘 土	27.0	—	〃

43. 地球ノ保有熱量 地殻ノ増温率カラ地球ガ絶エズ其外部ニ消失シツ、  
アル熱量ハ其全面積カラ  $6.2 \times 10^{12}$  かるりー/秒 デアルコトハ既ニ述べタ通

リリアルガ地表ノ1方糎カラ消失スル熱量ヲ見レバ  $1.2 \times 10^{-6}$  かるりー/糎<sup>2</sup>  
秒ナルコトガ知ラレル。然シ此消失熱量ノ爲ニ直チニ温度ガ低下スルトハ云  
ヘナイノハ之ガ爲ニ地殻ノ冷却ノ爲ニ其收縮ヲ生ジ、此收縮ノ仕事ガ熱トナ  
ツテ前ノ消失熱量ヲ償ヒ得ルカラデアル。ふーりえーるノ熱傳導ノ理論カラ  
地球ノ冷却ヲ考ヘレバ其液狀ヲ爲シテ居タ時カラ今日マデニ經過シタ年代ヲ  
略ボ知ルコトガ出來ル。然ルニ放射能ノ物質ト其中ニ蓄藏セラレテアル偉大  
ナルえねるぎーガ發見セラレテ前ノ推定ハ稍々外レテ居ルコトガ知ラレルニ  
至ツタ。多クノ試料カラ研究セラレタ處ニ依レバ地表ニ近イ岩石ノ平均放射  
能物質ノ含有量が知ラレテ居ル。即チ1瓦ノ岩石ノ中ニうらんガ  $6 \times 10^{-6}$   
瓦、とりうむガ  $20 \times 10^{-6}$  瓦デアル。1瓦ノうらんハ其壞變物ト平衡シテ  $2.5$   
 $\times 10^{-8}$  かるりー/秒ノ熱量ヲ生ジ、1瓦ノとりうむハ  $0.68 \times 10^{-8}$  かるりー/  
秒ノ熱ヲ發生スルカラ地球ニ存在スル放射能物質ノ分布サハ解レバ此方面カ  
ラ熱源ヲ計算スルコトガ出來ル。一方ニハ絶エズ地表カラ熱ガ消失シテ居ル  
ケレドモ他ノ一方ニハ亦熱ノ供給ガアル。而シテ地球ノ熱ヲ一定ニ保ツ爲ニ、  
若シうらんヤとりうむ等ノ放射能物質ノ存在スル密度ガ現存シテ居ルモノト  
スレバ厚サ16糎ノ地殻ガアレバ相償ウテ充分ナルコトガ知ラレル。然シ地  
表ト此深サ16糎ノ地層ノ間ノ地熱ノ差ハ200度内外ニ過ギナイ。若シ地表  
カラ地心ニ向テ放射能物質ノ密度ガ  $e$  乗テ減少スルナラバ13糎デ  $\frac{1}{e}$  即  
チ37%トナリ、26糎デ  $\frac{1}{e^2}$  即チ13%トナリ、之ニ若干ノ割増ヲスレバ  
火山ノ現象カラ知ラレル地心熱ノ1300°ヤ地殻ノ増温率ナドカラ地殻ノ固結  
ニ要シタ年代ハ凡ソ10億年位ノモノデアルコトガ考ヘラレル。火山ノ爆發  
ニ依テ噴出シタ玄武岩ノ熔岩ヲ研究シテ見レバ尙非常ニ深イ地層ニモ尙少量  
ノ放射能ト之ニ伴フ熱ノ發生ガアルコトガ知ラレ、地質上地球ノ發轉ヲ示ス  
ベキ世代ガ想像セラレル。即チ融解點ニ近イ高温度ヲ保ツタ渾然タル玄武岩

ノ岩漿ノ上ニ諸大陸ヤ海洋ノ底ガ浮ビ、放射能ノ熱ノ發生ニ依ツテ岩漿ハ熔ケテ重イ大陸ガ沈ミ、海洋カラ溢レ、潮汐ヤ地球ノ回轉ナドノ爲ニ比較的重イ熔ケタ岩漿ニハ地平ノ移動ヤ龜裂ガ起ル。周圍ノ事態ガ變ツテ熱ノ放散ハ多クナリ、岩漿ハ次第ニ冷却シ、大陸ノ隆起、海洋ノ氾濫等ガ起ツテ來タ。此種ノ地球變轉ハ四回乃至六回起ツタモノト想像セラレ、其一回ノ變轉ニハ凡ソ 2 億年乃至 2.5 億年ノ時代ヲ要シタカラ、地球ノ年齢ハ凡ソ  $10^9$  年又ハ 10 億年ト想像スルコトガ出來ル。

44. 地球表面ノ放散熱量ト太陽ノ輻射熱量 前ニ述ベタ如ク地表 1 方糎ノ面積カラ放散セラレル熱量ハ毎秒  $1.2 \times 10^{-6}$  カロリニアルカラ一年即チ 31.536 百萬秒ニ失フ總熱量ハ

$$1.2 \times 10^{-6} \times 31.536 \times 10^6 = 37.8 \text{ 瓦かるり}$$

ニ過ギナイ。

今 S ヲ太陽恒數トスレバ S ハ太陽ガ天頂ニ在ルモノトシ且ツ太陽ト地球トノ平均距離ヲ  $1.49 \times 10^{11}$  米トシテ地表ノ 1 方糎ノ上ニ直角ニ太陽ヨリ輻射シ來ル熱量ヲカロリニアルハシ、大氣ノ吸收ノ影響ヲ除イタモノヲ云フノデ、勿論地球ガ完全ナル黒球デ太陽ノ熱ヲ全部吸收シタ場合ノ値デアル。今日マデ知ラレテ居ル最モ信ヲ措クベキ S ノ値ハ毎分 1.932 瓦かるりニ又ハ毎秒  $3.22 \times 10^{-2}$  瓦かるりニアル。

地球ガ一年間ニ太陽カラ享ケル總熱量ハ  $134 \times 10^{22}$  カロリニアル。然シナガラ其享ケル熱量ハ地表ノ場所ニ依リ同一デナイカラ赤道上ノ單位面積ノ上ノ輻射熱ヲ考ヘル。今一年ヲ 525600 分トスレバ赤道上ニ於テ日光ニ直射セラレル時間ハ一年ノ總時間ノ 0.30532 (一ニ從フ) トシテ 1 方糎ノ上ニ享ケル輻射熱ハ

$$525600 \times 0.30532 \times 1.932 = 31 \times 10^4 \text{ 瓦かるり}$$

但シ此熱ハ大氣中ニ吸收セラレタリ、雲霧ニ反射シタリナドシテ實際ニ地表ニ達スルモノハ其幾分ニ過ギナイニアル。次ニ吸收ニ就テ見レバ最大透過率ハ 0.78 デわるしゅうニ於テハ日光ノ輻射熱ノ 21%、もんとべりえー (Montpellier) ニ於テ 27% ヨリ多クナイ。今假リニ此透過率ヲ 25% トスレバ赤道ノ 1 方糎ノ面積上ニ達スル熱量ハ  $31 \times 10^4 \times 0.25 = 77.5 \times 10^3$  瓦かるりニナル。又直接ノ輻射ノ外ニ光ノ擴散カラ來ル熱ガアル。あぼと (Abbot) ヤふらう (Fowle) ニ從ヒ此擴散ハ全光線ノ 19% ニ達スルモノトスレバ  $31 \times 10^4 \times 0.19 = 58.9 \times 10^3$  瓦かるりニナル。兩者ノ和ハ實ニ

$$77.5 \times 10^3 + 58.9 \times 10^3 = 136.4 \times 10^3 \text{ 瓦かるり}$$

ニナル。即チ地球自身ノ失フ熱量 37.8 瓦かるりニ比較スレバ其 3600 倍ニ近イ。

## 第五節 土ト放射能

45. 岩石土壤ノ放射能 えるすたー (Elster) 及かいてる (Geitel) ガらどん即ちらぢうむえまなしおんノ壞變物ヲ空中ニ發見シテカラ後其えまなしおんハ唯地中カラ發生スルモノダト考ヘテ土ノ試料若干ヲ取り全然數量的ニ研究ヲ進メタ所ガ粉末ニシタ岩石ヤ土ノ試料ヲ電離槽ノ中ニ容レテ標準電荷減耗ガ著シク高クナルコトヲ見出シタ。然シ此觀測ニ依ツテらぢうむえまなしおんノ含有量ニ就テ決定的ノ結論ニ達シナイト云フノハ斯クシテ測ツタ放射能ガ全ク複雑ナル光線ニ基ヅキ、表層ノ  $\alpha$  線ヤ深層ノ  $\beta$  線及  $\gamma$  線ニ依ルモノデ、其割合ノ如キモ亦層ノ粒ノ大サヤ吸收力ノ強弱ナドニ依ツテ異ル爲デアル。又粉末狀ノ試料カラ出ルえまなしおんノ發生量ニハ非常ニ異同ガアリ、其中ニ含マレテ居ルらぢうむえまなしおんノ含有量ニハ平行シテ居ラヌ。

岩石ノらぢうむえまなしおんノ含有量ヲ數量定ニ測定スルニハ先ヅ調査セントスル岩石ノ

重量ヲ秤リ、其中カラえまなしおんヲ逐出シテ之ヲ電離槽ニ導入シ、其電離電流ノ強弱ヲ電氣的ニ測定スルノデアツテ之ニハ強弱ノ既ニ知ラレテアルらちうむノ標準溶液ニ比較シテ其量ヲ定メルノガ其一法デアル。之ニハ二ノ方法ガアル。

溶液法ハすとらと(Strutt, R. J.)、ぼるとうど(Boltwood, B.)、まっへ(Ma-che, H.)、まいやー(Meyer, St.)及しわいどらー(Schweidler, E.)ノ用ヒタ方法デ、岩石ノ試料ヲ成ルベク細カニ碎イテ粉末トシ、炭酸曹達又ハ炭酸ばったしうむト共ニ溶シテ化學的ニ密閉シ、殘滓ノナキ様溶液ヲ煮沸シ、能ク搔廻シテ完全ニえまなしおんヲ分離スル。而シテ此溶液ヲ密閉シテ約一ヶ月放置シテ放射能ノ平衡ヲ得セシメテえまなしおんヲ電離槽ノ中ニ入レ、バ此ニ生ズル電離電流ハ其ノ中ニ存在スルえまなしおんノ量ニ比例スル。始メ重量ヲ秤ツタ岩石ノ溶液ノえまなしおんノ量ヲ靜電單位デ表ハシ、1瓦ノらちうむト平衡スル1きうりーハ  $2.7 \times 10^6$ ノ靜電單位ノ電流ノ強サヲ與ヘルカラ、直チニ其岩石ノらちうむノ量ヲ見出スコトガ出來ル。うらんノ含有量ノ知ラレテアル鑛物カラ溶液ヲ作ツテ之ニ比較シラちうむノ量ヲ知ルコトモ出來ル。

熔融法　じょーれー(Joly)、えぶらー(Ebler)、ほるとひーせん(Hotthusen)ふれちゅー(Fletcher)等ガ用ヒタ方法デ始メ粉末ニシタ岩石ノ重量ヲ秤リ、之ニ炭酸曹達又ハ加里及硼酸ヲ加ヘテ白金坩堝ニ入レ電氣爐ノ中デ灼熱溶解シ、其えまなしおんヲ豫メ空虚ニシタ驗電器ニ移ス。其驗電器ハうらんノ含有量ガ知ラレテアル鑛物ノ發生スルえまなしおんノ測定ニ依ツテらちうむノ含有量ガ標準的ニ知ラレルコトニナツテ居ル。此方法デ見出サレタ結果ハ前ノ溶液法ノ三倍モ大キナ値ガ得ラレタモノモアル。

とりうむノ含有量ハ唯溶液法ニ依ツテ定メラレル。

我國理化學研究所カラ出シテ居ル飯盛博士考案ノ大型らちおすこーふハ放射能ヲ測定スルニ用ヒラレル驗電器デ放射性物質ノ放射スル  $\alpha$ 、 $\beta$  及  $\gamma$ ノ諸線ヲ夫々分別シテ其強度ヲ別々ニ測定スルコトガ出來ル。電氣容量頗ル小ク且ツ讀取顯微鏡ノ倍率ガ高イカラ感度ハ大デ實驗用ニ適シテ居ル。其構造ハ電離槽、試験皿架臺、讀取顯微鏡及  $\beta$ 線阻止用鉛製半球裝置カラ成リ、電離槽ハ角形亞鉛製デ上面ノ臺ノ内側中央部ニハ高度ノ絶縁體ヲ用ヒテ絶縁シタ金箔裝置ヲ附着シテアリ、此金箔ニ帶電セシメルコトハ同ジク屋根蓋ノ一隅ニ裝置スル與電桿ニ依ル。與電桿ヲ支ヘル絶縁體ノ部分ハ更ニ特殊ノ蓋ヲ以テ覆ハレテアル。顯微鏡ハ螺旋ニ依ツテ上下水平ノ移動及廻轉ガ自在ニ出來ル。 $\alpha$ 、 $\beta$  及  $\gamma$ 線放射能ヲ測定スルニハ夫々他ノ線ヲ遮斷シテ目的ノ線ノミヲ電離槽内ニ到達セシメテ之ヲ測定スルノデアル。

又同ジク理化學研究所カラ出シテアル放射能測定用放電計ハ亦箔驗電器ノ一種デ主トシテ鑛物又ハ放射性元素ヲ含ムダ固體物質ノ放射能測定ニ適シ其電離槽ヲ氣體試料用電離槽ト置換ヘレバ廣クえまなしおん定量ニ用ヒルコトガ出來ル。其構造ハ電離槽、箔驗電裝置、讀取顯微鏡カラ成リ、あるみにうむ製角形箔驗電裝置ヲ眞鍮製圓壘形ノ電離槽ニ嵌込ミ、螺旋デ固定シテアル。箔驗電裝置ニハ側面ニ箔保護蓋ヲ備ヘ携帯ノ際箔ヲ推附ケテ離脱ヲ防イデア。頭部ニハ蔽蓋デ保護サレテアル裝電端子ガアル。讀取顯微鏡ハ箔ノ放電速度ヲ讀取ルベキモノデ驗電裝置ノ側面ニ挿入シ、螺旋デ締メラレテアル。電離槽ハ亦同時ニ試料裝填函ニ兼用セラレ、試料ヲあるみにうむ製平皿ニ容レ側面カラ函内ニ入レル。此平皿ト函内ノ上部ニ取附ケタ金屬圓板トハ其間ニ電離電流ガ流レル。又底ニハ全裝置ヲ絡地スベキ端子ヲ備ヘ、箔ヲ支ヘル支持棒ヤ之ニ連絡スベキ要部ノ絶縁ハ總ベテ純琥珀ヲ以テシテアル。

放射性鑛物、鑛泉沈澱物、放射性元素ヲ含ム製劑等ノ放射能測定、或ハ  $\alpha$

線及  $\beta$  線ノ強度、放射線ノ吸收率並ニ放射性沈降物ノ疲衰ノ測定、随テえまなしおんノ鑑別試験等ニ廣ク應用スルコトガ出來ル。又氣體試料用電離槽ヲ用ヒレバらどんヤとろんヲ定量スルコトガ出來、随テ鑛泉沼水天水等ノ液體試料ノえまなしおん含量ヲ測定スルコトガ出來ル。

此外あいえむ泉効計ハ鑛泉井水池水等ノ液體試料若クハ鑛泉瓦斯火山瓦斯ノ如キ氣體試料ノらどん含量ヲ迅速ニ測定スルコトガ出來ル(第九章 157 参照)。

46. 地氣ノ呼吸又ハ發散 土中ノ空氣即チ地氣ノ中ニハ異常ノ高イ電導性ヲ持ツテ居ルコトハ嘗ニ密閉シタ空氣ガ亦此性質ヲ持ツテ居ルコトデモ解カル。今中空ノ圓筒ヲ地中ニ埋メテ上ニハ密閉シタ蓋ヲナシ、管ヲ用ヒテ其中ノ地氣ヲ取出シテ普通ノ大氣ト其電氣量ヲ比較シテ見レバ前者ハ遙ニ多イ電氣ヲ持ツテ居ル。即チ此地氣ハ負荷電線ヲ挿入スレバ放射能ノ沈澱物ノ多量ガ得ラレル。是レ地中ニハ少ナカラザルらどんヤとろんガ存在シテ居ル證據デアル。但シ是等ノえまなしおんノ量ハ至ル所異ナリ、又氣象ノ變化ヤ土ノ滲透性ナド、關係ヲ有シ、規則正シイ變化ヲ爲シテ居ル。えまなしおんガ地氣ト共ニ大氣中ニ現ハルレバ大氣ハいおんヲ含ムコト多イ。斯クノ如ク土中ノ空隙カラ地氣ガ迸出ル現象ヲ地氣ノ呼吸又ハ發散ト呼ブベキダトえべると(Ebert) が言ツテ居ル。

みんへんヤぼつだむニ於テ自記セシメタ結果ニ依レバ地氣ノえまなしおんノ量ハ非常ニ日光ニ影響セラレ、日光ガ最も強イ時ハ地氣ノえまなしおんガ最少デアル。氣壓ガ降レバ地氣ハ地中ノ毛管カラ逸出スルカラえまなしおんガ多クナル。然シ降水ハ地中ノ毛管ヲ塞グカラ地氣ノ上昇ヲ妨ゲル、地氣ノえまなしおんノ量ハ凡ソ大氣ノ數千倍ニモ達スル。

じょーれーヤすみす (Smyth) ノ實測ニ依レバ地氣ノ中ニ含マレルらどん

ハ  $2 \times 10^{-13}$  キューリー/立糶トとろんノ或量ヲ含ンデ居ル。而シテ後者ハ凡ソ  $10^{-6}$  瓦ノとりうむ平衡量ニ相當シテ居ル。又地氣ノ中ノえまなしおんノ量ハ土質ニ依ツテ異ナル。おるじえ (Oluje) ニ從ヘバ乾イタ墟母ノ中ニハ每立糶ニ  $1.2 \times 10^{-12}$  キューリーヲ最多トシ、けーらー (Kähler) ニ從ヘバ沖積砂ノ 0.8 乃至  $1.5 \times 10^{-14}$  キューリーヲ最少トスル。又らいと (Wright) 及すみす (Smith) ハ地氣ノえまなしおんノ量ガ孔ノ深サト共ニ増シ、1.5 乃至 2 米ノ深サデ一定ノ値ニ達スルト云ツテ居ル。即チ此深サニ於テハ表層カラ出スえまなしおんノ放出ノ爲ニ最早影響ガナクナツテ居ル。又すみすハ地表ノ 1 方糶カラ發散スルらどんノ量ハ  $7 \times 10^{-17}$  キューリーニ達スルト發表シテ居ル。又へっす (V. F. Hess) 及しゅみど (Schmidt) ハ理論上カラ放射能ノ壞變ニ係ハラズ大氣中ノえまなしおんノ量ヲ維持スルニハ此程度ノえまなしおんノ量ガ必要デアルト云ツテ居ル。又天然ニ多クノ場所ニ於テ土中カラ噴出スル瓦斯ニハえまなしおんニ富ンダ沼氣ヤ火山ノ蒸汽ガアル。

地氣ガえまなしおんノ多量ヲ含ンデ居ルコトニ次イテ著シイ現象ハ其電離又ハ帶電シタいおんノ多イ事デアル。放射能ノ物質カラ發射サレル  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  等ノ粒子ガ空氣其他ノ瓦斯ニ吸收又ハ突當ツテ生ズルモノハ此いおん又ハ電子デアル。此いおん又ハ電子ハらぢうむ線ヤ  $\alpha$  粒子、X 光線等ノ粒子ガ正又ハ負ニ帶電シテ正又ハ負いおんトナツタモノデアルガ、いおんノ帶電  $e$  ハ靜電單位デ  $4.77 \times 10^{-10}$  ニ等シク動電單位デ  $1.59 \times 10^{-20}$  ニ等シイ。地氣ノ中ニハ常ニ正いおんノ方ガ負いおんヨリ若干ふるせんと丈ケ多イ。此一方ニ偏シタ現象ノ主ナル原因ハ兩種ノいおんノ擴散度ガ異ナル爲デアル。