

第六章 地下水

第一節 地下水ト源泉

85. 地下水ノ形成 地下水發祥ノ場所ハ大氣中ト地球ノ内部トデアル。其大氣中ニ發生スルモノニ滲透説ト凝縮説ノ二ノ學説ガアル。

滲透説ニ從ヘバ一般ニ霜露雨雪等トナツテ大氣中カラ地表ニ落チル所ノ所謂降水ハ一部地表ヲ流下リ、一部蒸發シテ再ビ大氣中ニ去リ、他ノ一部ハ地中ニ滲透シテ或ハ養分ヲ含シテ水トナツテ植物ニ吸收セラレルモアリ、或ハ更ニ深ク地中ニ滲入沈下スルモノモアル。而シテ水ガ眞ニ滲透スルノデアルカ又ハ單ニ沈下スルノデアルカハ地盤ノ地質的性質ニ依ルモノデ、滲透ハ多孔質ノ地層ニ適シ、沈下ハ地表ニ接續シテ龜裂ヤ虧隙ガ存在シテ居ル所ニ起ルモノデアル。然シナガラ降水ガ以上ノ如ク分レテ行クニシテモ、元來降水量ト云フモノハ一日ノ間一年ノ中デモ常ニ異ナリ、又地上至ル所其降水量ガ同一デナク、之ニ加フルニ地質地形等ノ環境ガ亦至ル所同一デナイカラ如何ナル割合デ降水ガ以上ノ各方面ニ分配セラレルカハ到底窺知ルコトガ出來ナイガ、然シ段々ト研究ヲ進メテ其分配ノ跡ヲ辿ツテ見レバ大凡其割合ヲ推定シ得ナイデモナイ。即チ地表ヲ流下ル降水量ハ河ノ流量トカ又ハ湖沼ノ貯水量ノ増加ナドヲ知レバ其分量ヲ知ルコトガ出來、蒸發ノ方ハ水面、地面又ハ葉面ナドカラ水ノ蒸發蒸散シ去ル量ヲ調査スルトキハ亦是等ニ依ツテ失ハレル分量ガ大體知ラレル。以上地表水トナツタモノニ蒸發蒸散ニ依ツテ失ハレタモノヲ加ヘテ降水量カラ差引イタモノハ大體地下水トナルノデアル。例ヘバ1910年ベールンノ北部灌漑區域ニ要シタ 58.5 百萬立米ノ水ノ中デ 33 百萬立米ハ再ビしふれ一河ニ返リ、21 百萬立米ハ蒸發シ、残り 4 百萬立米ガ地下水

トナリ、又蔬菜果實等ニ吸收消費セラレタト推定セラレテアル。而シテ降雨が多ケレバ地下水々位が高マリ、其少イトキハ水位が低クナルコトナドヲ考ヘレバ地下水ト降水トノ關係モ大抵想像ニ難クナイ。

ふよつぐらー (Vogler) ハ雨ガ地中ニ滲透スル深サハ極メテ淺ク、之ニ依ツテ地下水ヲ形成スルニ足ラナイシテ、水蒸氣ノ飽和シタ空氣ガ地下水ヲ形クル唯一ノモノデアルト主張シタ。之レ即チ凝縮説ト呼バレルモノデアル。

ぞーいか (Soyka) ハ地下水ノ變化ハ大氣湿度ノ飽差即チ現在ノ氣温ニ於テ飽和シタ大氣ノ湿度ト實際ノ湿度トノ差ニ平行シテ居ルト言ツタノハふよつぐらーノ説ト一部一致シテ居ル。

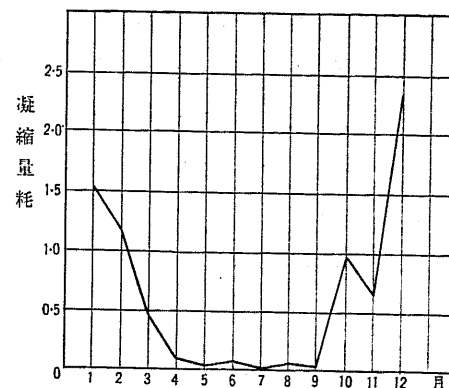
而シテ暖イ風ガ濕ツタ空氣ヲ冷エタ大地ニ吹送レバ上層ノ土地ハ或水蒸氣ヲ凝縮セシメ、此水ガ深く地中ニ流入ルト云フノガ凝縮論デ、けにっひ (König)、めつげる (Mezger)、へぢっけ (Haedicke) 等ハ此論ノ正シイト云フ證據ヲ握ラウト努メタ。元來凝縮ハ或分量ノ水蒸氣ヲ含ンダ空氣ガ低温度ノ大地ニ接觸シテ飽和ノ状態ニ達シ、餘分ノ水分ヲ分離スルノデアルカラ、大氣ト大地トノ温度ノ差ガ少ケレバ凝縮ノ水量モ少イカラ冬ハ凝縮量ガ最も多イ理窟デアル。然シ實際測定ノ結果ニ依レバ凝縮量ナルモノハ極メテ少ナク、到底地下水ヲ作ルニハ足ラナイモノ、様デアル。例ヘバラたむ (Latham) ハ30年間ノ平均凝縮量トシテ毎月ノ量ヲ擧ゲテ居ルガ其一年ノ量ハ7.5耗ニ過ギナイ。

第四十表 月別凝縮量

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
凝縮量 (耗)	1.54	1.17	0.46	0.10	0.03	0.07	0.001	0.05	0.05	0.96	0.66	2.41	7.50

又之ヲ圖ニ示セバ第七十六圖ノ如クデアル。之ヲ要スルニ降雨ノ後ニ井戸

ノ水位が高クナルノヲ見レバ滲透ノアルコトハ否ムコトガ出来ナイガ、又或程度ノ凝縮ト云フコトモ有り得ルノデアル。すいす (Suess) ハ以上滲透及凝縮ノ外ニ地球ノ内部ニ地下水ガ所謂岩漿水ニ依ツテ生ズルコトヲ主張シタ。即チ地球ノ内部ニ在ル熔岩又ハ岩



第七十六圖 月別凝縮量

漿ハ瓦斯ヲ放射シ、漸次凝結シテ水トナルモノガ岩漿水又ハ處水デ、地球内部ノ含水量ヲ増シツ、アルト云フノデアル。火山ノ噴烟ニ伴ツテ汽煙又ハ大雨ヲ見ルノハ之ガ爲デ岩石ノ含有スル水分即チ岩濕ハ岩漿性ノモノダト云フノデアル。然シ多クノ温泉ヤ淡水泉ハ此見地カラスレバ岩漿水ニ依ルモノデナケレバナラヌコトニナル。ふるん (Brun) ハ火山ノ研究ニ依ツテ所謂岩漿水ノ存在セヌコトヲ立證シタ。温泉ト云フノハ一般ニ其湧出點デ平均氣温ヨリモ高イ温度ノ源泉ヲ云フノデアル。火山地方デハ岩漿水ハ屢々間歇泉又ハ噴泉トシテ現ハレル。

地表水自身ガ地中ニ滲透シテ地下水ヲ涵養シツ、アルコトモ亦直接大氣ノ降水ニ劣ラナイ。地表水ガ河床ヤ湖底ノ滲透性ノ部分ニ於テ地中ニ逃竄スルノハ普通ノ流水ノ時ニモ亦洪水ナドノ際ニ氾濫シタ堤外地ナドニモ現ハレル。ふいっしやー (Fischer) ノ意見ニ從ヘバ此種ノ滲透量ハ中々多ク、1902年夏26日間ノおーだー河ノ洪水ノ際ニ1950百萬立米ノ總流量ノ内340百萬立米ノ水ガらちぼる (Ratibor) トほーへんざーてん (Hohensaathen) ノ間ニ逃竄シタ。即チ地下水ガ洪水又ハ地表水ニ依ツテ涵養セラレタ割合ハ恰カ

モ其 17.4 %ノ多量ヲ示シテ居リ、1903年ニハ亦 16 %ノ滲透ヲ示シタ。おーだー河ノ 1 秆ノ長サニ對シテ平均滲透量ハ毎秒 30 りとるカラ 180 りとるニ達シテ居タガ、毎秒 59 立米ノ消失ノ内デ蒸發ノ爲ニ失ツタモノガ 3 立米ニ過ギナイ。又うるむ (Ulm) カラ上流デどなう河ノ洪水ニハ凡ソ 2 千萬立米ノ水ガ滲透シテ河谷ニ滯水サレテアルトけらー (Keller) ハ唱ヘテ居ル。地中ノ龜裂ヤ罅隙ニハ地表水ガ沈下消失スルガ、下底ノ割目ノ上ニハ屢々砂礫ガ覆ハレテ沈下ハ滲透ト相伴ツテ起ルコトガアル。河ノ砂礫ヲ以テ充サレタ谷ニハ此種ノ消失ガ起ル。

86. 地下水ト河川分布密度 地表水ガ地中ニ滲透又ハ沈下シテモ再ビ河川等ノ地表水トナツテ流出ルモノト又降水ガ直接地表水トナルモノトニ論ナク、地下水ハ所謂河川分布密度ナルモノニ關係ガ深い。河川分布密度ト云フノハぐらふえりうす (Gravelius) ガ唱ヘタモノデ 1 方秆ノ面積ノ上ニ現存スル河川ノ長サ (秆) ヲ云フノデアル。

地盤ノ滲透性ガ大ナル程河川ノ分布密度ガ小サク、雨雪ノ一部ハ地中ニ浸潤シ去ル。

のいまん (Neumann) ニ從ヘバ土質ノ滲透性ト不滲透性トニ依ツテ河川分布密度ガ異なる程度ハ凡ソ次表ノ如クデアル。

第四十一表 河川分布密度

地方名	土質	年雨量(耗)	河川分布密度 (每方秆ニ付河川長秆)
ほんまー海岸平原	滲透性	595	0.36
北しれすゐく	〃	730	0.56
えるべ砂岩山脈	〃	820	0.99
べるん高地	不滲透性	1200	1.28
らうじつゑる花崗岩山脈	〃	686	1.43
はるつ地方	〃	527	1.77

87. 森林ト地下水 一般ニ森林ハ地下水ニ對シテ三様ニ働イテ居ルコトヲ想像シ得ラレル。雨量ヲ増シ、滲透ヲ促進シ、水分ノ吸上ノ爲ニ地下水々位ヲ下ゲルノガ即チ是デ、其孰レノ影響ガ多イカニ從テ、地下水ハ森林ノ爲ニ増加モスレバ亦減少モスル結果トナル。

森林ノ爲ニ地下水ヲ増スト云フ方面ハ甚シク誇張シテ考ヘラレテアル。荒原、砂漠又ハ草木ノ生エテ居ラナイ裸地ハ森林地帯ヨリモ著シク雨が少ナイト云フ事實ヲ擧ゲテ森林ハ雨量ヲ増ス反證デアルト考ヘラレルコトガ多イ。

然シ森林草野ノ無イノハ多クノ場合ニ於テ雨量ノ少イノニ原因シテ居ルノデ、屢々原因ト結果トヲ轉倒シテ居ル。

森林地帯ニ於テハ植物カラ蒸散シタ水分ノ爲ニ林間大氣ノ湿度ヲ増シ、同時ニ森林ノ爲ニ周圍ノ空氣ガ冷却セラレテ水蒸氣ノ凝縮ヲ促進スル。蓋シ森林ハ地上ノ影ヲ作ツテ所謂木下闇ヲ生ジ氣温ノ上昇ヲ妨ゲル。又樹影ヤ地衣蘚苔ナドノ爲ニ地温ヲ低メテ居ルコトハ事實デアル。森林内ニ於テハ霜ノ穿入ガ平地ニ於ケルヨリモ少イ。從テ空氣ノ湿度ハ凡テ是等ノ事情ノ下ニ林間ノ方ガ大デアル。又土中ノ濕氣又ハ土濕ハ植物ノ發育時期ノ間林内ハ平地ヨリモ 62 %許リ消失ガ少イ。此消失ハ枯草ナドガ地表ヲ被覆シテ居ル爲メ殊ニ少イ。又枯草蘚苔ナドノ爲ニ水ガ地中ニ浸潤スルコトニ倍ニ達シテ居ル。是等ノ結果トシテ森林ハ元來水ヲ消費スルコト大ナルニ係ハラズ。地中ノ水分含有量ヲ高メ且ツ之ヲ保護スル。以上ノ諸點ヲ綜合シテ考ヘテ見レバ森林ハ地中ヲ循環スル水ノ調節ニ役立チ、源泉、溪流及河川ニ對シ一種ノ貯水池ノ様ナ働ヲ營ムコトハ事實デアル。

森林ガ局部的ニ雨量ヲ増スヤ否ヤニ就テハ肯定モ出來ナイガ亦否定モ六ケシイ。古來之ニ就テハ双方共主張ガアルコトハ第一編氣象 94 ニ述ベタ通りデアルガ其材料ハ共ニ斷片ナルヲ免レナイ。尙更ニ若干ノ例ヲ擧ゲテ見レバ

印度ノ中部諸州ノ北方ニ於テ 1876 年乃至 1885 年ノ間ニ盜伐ノ爲ニ森林ガ無クナツタ地方ニ再ビ植林ヲ行ツタ處ガ其結果トシテ雨量ハ平均 12 %ヲ増加シタ。はんぶるぐニ於テ森林ノ爲ニ雨量ノ増加 3 %ニ達シ、西ぶろしやばーらんどニ於テハ森林ノ爲ニ 2 乃至 10 %ノ雨量ヲ増シ、しれじやニ於テハ 2 乃至 6 %ヲ増シタト云フ様ナ記録ハ東西ニ多イケレドモ元來年雨量ノ變化ノ範圍ハ非常ニ大デ、之ヲ福岡ナドノ例ニ見テハ最寡年雨量 1000 耗位ニ對シテ最多年雨量ハ 2200 耗ノ多量ヲ示シテ居ル。從テ如何ニ永イ間ノ平均ヲ取ツテ見テモ 1 割ヤ 2 割ノ雨量ノ増減ハ其原因ガ一般ニ變化ニ依ルモノデアアルカ又ハ森林ノ爲ノミデアアルカ到底之ヲ分析立證スルコトガ困難デ、譬ヘテ言ハバ吞舟ノ巨浪ニ對シテ漣ノ様ナモノデ、之ヲ要スルニ森林ノ爲ニ雨量ガ増加スルコトハ實際アルニシテモ殆ド問題ニナラヌ様少イモノデアルト云フ結論ニナル。森林ノ爲ニ附近大氣ノ冷却ハ精々 20 米カ 30 米位ノ範圍デ、雲ノ高サナドカラ推シテ考ヘレバ雨滴ノ形成ハ森林ナドヨリハ更ニ高空ニ起ルモノデアアルコトヲ考ヘレバ森林ノ雨量増加ノ影響ナルモノガ非常ニ少イモノデアアルコトハ之ヲ想像スルコトガ困難デナイ。勿論雨量ノ増加ガ假ニ多少デモアルトスレバ獨リ林地許リデナク、其附近ノ平地ニモ及ンデ居ルコトハ爭ハレナイ。唯林内ハ影ナドノ爲ニ氣温ガ低ク、又從テ濕度ガ高ク何トナク多濕ノ感ヲ與ヘルト云フコトハ其地表ノ枯草蘚苔ナドノ保水量ガ多ク、土濕ノ多イコト、相俟ツテ何トナク雨量ガ多イト云フ假想ニ至ラシメルコトハ事實デアル様ダ。

森林ノ爲ニ滲透作用ガ促進セラレルト云フコトモ亦頗ル過信セラレテ居ル傾向ガアル。樹林ノ枝葉梢幹ノ爲ニ地表ニ達スベキ雨量ノ大部分ハ所謂遮斷作用ヲ受ケテ地上ニ至ラズ、是等ニ保留セラレテ大部分ハ蒸發シ去ルノミナラズ。林下ノ枯草蘚苔ノ類ハ亦更ニ雨水ヲ抑留シテ地中ニ達セシメナイカラ

滲透ニ對シテハ森林ハ消極的ノ働ヲ營ムコトニナル。

唯森林ガ傾斜地ニ在ル場合ニハ降水ハ直チニ流去ル傾向ガ多イケレドモ植物性被覆ハ能ク水ノ流ヲ阻止シ、地中ニ滲透スル機會ヲ多クスル。即チ森林ハ斯カル場合ニハ地下水ヲ作ルニ與ツテ力ガアル。

一般ニ平地ノ森林ハ地下水ノ水位ヲ沈下スルコトハ事實デアル。まるしやんど (Marchand) ノ説ニ從ヘバ佛國ガすこーに (Gascogne) ノ一部らんど (Landes) 地方ノ森林地帯ニ於テ此種ノ水位沈下ハ少クモ 50 厘ニ達シ、1 へくと一ノ面積ニ於テ他ノ植物ノ種類ヨリモ 100 立米モ多ク水ヲ吸揚ゲテ居ル。此森林地帯ニ於ケル平均雨量ハ一年 850 乃至 900 耗ガ森林カラ蒸散ハ一年 450 耗、恰カモ地下水ノ沈下ニ對スル水量ノ 4.5 倍ニ相當スル。又森林ノ爲ニ地中カラ吸揚ゲラレタ水量ハ空氣ノ濕度ヲ増シ、之ガ爲ニ一年平均 600 耗モ雨量ガ多クナツテ居ルガ林地ノ 7 倍乃至 8 倍モ廣イ面積ニ分散セラレル。

へんれ (Henle) ハ森林ガ決シテ雨量ヲ増スコトハナイガ、林地ヤ附近ノ地方ニ於ケル雨量ノ分布ヲ變ヘテ居ルト云ツテ居ル。

斯クノ如ク森林ガ雨量ヲ増スヤ否ヤノ問題ハ結局兩説アツテ全然反對ノ立場ニ在ルガ、我國ノ森林測候所ナドノ觀測ニ依レバ未ダ凡テノ場合ヲ盡シテハ居ナイケレドモ實際土林地ノ雨量ヲ清算スレバ増スヨリモ反ツテ減ツテ居ルコトハ事實デアル(河海工學第一編氣象 94 参照)。

地下水ニ對シテ森林ノ影響ニ就テおとつかい (Ototzki) ヤえーばーまいやー (Ebermeyer) ハ深イ研究ヲ重ネタガ、前者ハれーにんぐらーノ附近ノ林地ニ於テハ地下水ハ附近ノ牧野ヨリモ 10 米モ低カツト云ツテ居リ、後者ハ森林地帯ノ下デモ地下水ハ他ノ無林ノ土地ニ比シ殆ド低クナイト云ツテ居ル。然シ前者ノ觀測ハ附近ニ峽谷ガアル爲メ偶然ノ事相ニ屬シ、後者ノ測定ハ信ヲ措クニ足ルト信ゼラレテ居ル。即チ地下ノ水溜リ又ハ地下潜水池ニ於テハ森

林ノ爲ニ地下水ガ吸揚ゲラレテ水位ガ低クナルコトガアルガ、其他ノ場合ニハ森林ノ爲ニ地下水ガ排除セラレル現象ハ今日迄ノ研究ノ結果デハ明瞭デナイ。是レ地下水ノ水理ハ極メテ複雑デ、譬ヘ森林ガ地下水ヲ吸揚ゲテモ周圍カラ之ヲ補給スル爲ニ其因果ノ關係ヲ切離シテ數量的ニ之ヲ定メルコトガ困難ナ爲ニモ依ルモノデアロウ。左ハ兎マレ角マレ、植物ハ其乾物量ニ數百倍スル水ヲ吸收シテ始メテ發育シテ居ルコトヲ考ヘレバ森林ガ地下水ヲ吸收スルコトノ多大ナルハ勿論ノコトデ、從テ一般ニハ地下水々位低下テ來スベキコトハ推定スルニ難クナイ。彼ノ沮洳地ヤ流出口ノナイ地下潜水池ナドノ附近ニ長ク根ノ張ル植物、例ヘバ柳、赤楊、^{ハンノキ}ウーカリ、山毛櫨ナドノ各種モ^{ブナ}ノヲ植エレバ水ヲ消費スルコトガ多イ爲メ、地下水ハ排除セラレルコトハ確デアル。

然シ以上ノ現象ハ豐富ナ流量ヲ有スル地下水流デアルカ、又ハ地下水ガ流入ンデ居ラヌ地下潜水池等デアルカラ區別シナケレバナラナイ。後ノ場合ニハ森林ノ爲ニ地下水ハ忽チ涸渴セシメラレル傾向ガアル。

88. 地下水ノ推定量 地下水量ハ其狭イ區域ニアルモノニシテモ又全地球内ニ在ルモノニシテモ之ヲ推定スルコトハ容易ノ業デハナイガ人間ノ利用厚生ノ方面カラ、殊ニ水道ノ水源ナドニ之ヲ利用スル爲メ必要ナル地下水々量ガ果シテ適當ノ處ニ得ラレルカ否ヤハ之ヲ推定スル必要ガ屢々起ル。而シテ地下水ノ成立ニ就テハ嘗テ述べタ通り意見ノ相違モアリ、亦不明瞭ナ點モアルニ係ラズ。地下水學ノ進歩ハ益々著シク、能ク地中ノ秘密ヲ闡イテ目ニハ見エナイ帶水層ヤ地下潜水池ナドヲ究メツ、アルノハ斯學ノ爲ニ喜ブベキ現象デアアル。

地表水ノ總量ニ就テくりんめる (Krümmel) ハ之ヲ 1300±100 百萬立升ト推定シ、むれー (Murray) ハ之ヲ 1.41×10^{24} 立升又ハ 1413 百萬立升ト

推算シタ。是レ即チ地球ヲ取卷ク海洋ノ水ノ全容積デアアル。

又でれっせ (Delesse) ヤそーいカ (Soyka) ノ推定スル所ニ依レバ地下水ハ攝氏 100° 以下ノ溫度ニ於テ地殻ノ間ノ空隙ヤ罅隙ニ液體ヲ爲シテ存在スル。今地下恒溫層ヲ除外シテ增溫率ヲ攝氏 1° ニ付キ 33 米ト假定スレバ 100° 以内ノ地下水ヲ有スル帶水套ハ地殻ノ厚サ 3.3 糎ニ達スル勘定デアアル。然ルニ水蒸汽ノ形成ハ壓力ニ關係シ、地殻内ノ壓力ハ地表カラノ深サト共ニ増加スルカラ、凡ソ攝氏 600° 地溫即チ 18.5 糎ノ深サ迄液體ノ水ガ存在シテ居ルコトヲ想像スルコトガ出來ル。地殻ノ帶水套ノ比重ヲ平均 2.5 ト假定シ、且ツ此帶水套ノ 5% ヲ地下水トシ、地球ノ半徑ヲ 6.370 糎トスレバ帶水套ノ内輪ハ半徑 6370 - 18.5 = 6351.5 糎ノ球ノ上ニ在リ、從テ地下水ノ總量ハ凡ソ

$$\frac{4}{3} \times 3.14 \times (6370^3 - 6351.5^3) \times 2.5 \times 0.05 = 1175.1 \text{ 百萬立升}$$

即チでれっせガ推定シタ地下水ノ總量ハくりんめるヤむれーノ推定シタ總地表水ト殆ド相等シイ。

又ふん ひず (Van Hise) ハ地殻ノ壓力カラ地下水ノ最深限度ヲ 9.6 糎ト推定シ、其外色々ノ説ガアル。

はるぶふろす (Halbfass) ハ地球表層ノ地下水々量ヲ推定シテ年雨量ノ 1.5 乃至 2.0 倍ダト言ツテ居ル。又ふりつち (Frizsche) ハ地球ノ全年雨量ハ 465000 立升トシテ居ルカラ、地下水ノ總量ハ最上部ノ地殻第四紀層ノ中デ約 800000 立升トナル勘定デアアル。又人ニ依ツテハ地下水ノ總量ヲ 25 萬立升ニ推定シテ居ル。

以上ノ諸説ヲ綜合シテ見レバ漫然タル推定ヲ除外シテ、高壓ノ下ニ液體水ノ存在シ得ル溫度カラ地下水ノ最深限度ヲ定メタモノト地殻ノ壓力カラ深サヲ定メタモノトノニニ歸着スル。今岩石ノ抗壓強 肝/方耗ヲ見レバ玄武岩ノ 40、片麻岩ノ 8、花崗岩ノ 8 乃至 20、石灰岩ノ 5 乃至 8、斑岩ノ 24 乃至

40、砂岩ノ 7 乃至 10 (らんどるとニ從フ) 等デ所謂原始岩ノ抗壓強ハ 20 乃至 40 斤/方耗又ハ 2 乃至 4 萬噸/方米ニ達スル。故ニ是等岩石ノ比重ヲ平均 2.7 又ハ 2.7 噸/立米トスレバ深サ 7.5 乃至 15 籽トナレバ自己ノ重量カラ壓潰スル勘定デアアル。大洋ノ海濠ニハ 10 籽内外ノ深ヲ有スル處モアルカラ、海面下 7.5 籽乃至 15 籽平均 11 籽ハ地下水存在ノ限度ト考ヘルコトガ出來ル。此ニ地温ハ凡ソ 22° 乃至 45° 平均 33° デアル。今地下水ノ最深限度ヲ平均 11 籽トスレバ帶水套ノ容積ハ $\frac{4}{3} \times 3.14 (6370^3 - 6359^3) = 5596 \times 10^6$ 立籽デ之ヨリ海洋ノ體積 1413.5×10^6 立籽ヲ差引キ假ニ 5% ヲ地下水トスレバ我地球ノ地下水總量ハ 209×10^6 立籽トナル。

地球ガ保有スル水量ガ増スカ減ルカ、若又増減スルモノトスレバ如何ナル比ヲ以テ増減スルカハ非常ニ興味アル問題デアアル。若シ眞ニ水ガ増加スルモノトスレバ地下水ハ漸次高クナリ、次第ニ地球ノ縁カラ溢レテ全然陸地ヲ沒了スル様ニナラナケレバナラナイ。若シ又水量ガ減少シツ、アルモノトスレバ地殻ノ内外ニハ其水ガ漸次涸渴シテ生物ハ死滅スルヨリ外ハナイ筈デアアル。

水ガ増加スルノハ所謂岩漿水ガ新ニ出來テ來ル場合デ、又隕水ガアツテ地球ノ水ガ増加スルコトモアリ得ル。但シ岩石ノ風化ナドノ場合ニハ多量ノ水ガ消費サレル。

以上我地球ニハ水量ガ増シタリ減ジタリスルコトハ事實トスルモ其如何ナル分量丈ケ變化スルカト云フ問題ハ全く知ルコトガ出來ナイ。へるびーがー (Hoerbiger) ノ説ニ從ヘバ年雨量ノ 2 割ハ宇宙カラ來テ居ル、而シテ入テ來ル量丈ケ失ハレルカラ結局地球ノ含水量ハ一定デアアル (第九章第二節 154 參照)。

89. 地下水路ト水ノ循環 一定容積ノ岩石ヲ空氣中ニ乾燥シ所謂氣乾ノ状態ニ於テ其重量ヲ秤リ、更ニ之ヲ灼熱シテ全然其中ノ水分ヲ無クシタ場合ノ

同容積ノ重量ヲ比較スレバ其前後重量ノ差ハ即チ其岩石ノ結晶ノ中ニ含マレテアル水ノ重量デ岩濕ト呼バレルモノガ是デアアル。岩濕ノ保有セラレル部分ハ其岩石ノ組織ノ中デアツテ機械的ニ之ヲ岩石カラ引離スコトハ出來ナイカラ、實用地下水學デハ單ニ岩石ヲ水ノ飽和状態ニ保ツ働ヲ營ンデ居ルニ過ギズ。更ニ多クノ水ヲ容レル餘地ハナイカラ、岩濕ノ占有シテアル空隙ハ地下水ノ水路トシテハ毫モ役立タナイ。

今亦堅イ岩盤カラ成ル山嶽ヲ視レバ多クノ毛髮狀龜裂、罅隙、割目ナドガ存在スルコトヲ見ル。是等ノ龜裂等ハ降水ガ深く地中ニ進入スル通路ヲ爲シ、地表デ言ハバ溝渠ノ如キモノデアアル。其斷面ハ辛ウジテ認メ得ベキ毛筋程ノ細イ罅カラ時トシテハ數百方米ノ大キナ空隙又ハ空洞ガ山岳ヲ貫イテ居ル。是等ノ空洞ハ屢々地下ノ水流ヲ有シテ地下川ト呼バレルモノトナル。大氣中ノ降水ガ岩石ヲ風化分解シ、又ハ流水ノ洗掘崩壞ノ爲ニ水ノ流路ニ當ル所ノ岩石ガ破壞セラレテ漸次粉塵セラレ、砂礫トナリ泥土トナツテ次第ニ低處ニ運搬セラレ、或ハ沈澱堆積スル。

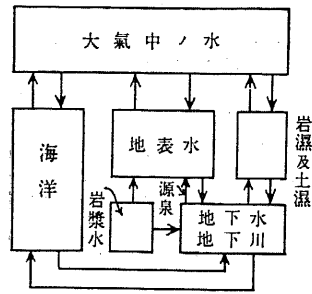
斯ンナ風ニシテ河水ノ流レル孟谷ニハ多小角ノ取レタ圓味ヲ帶ビタ石木呂ヤ岩屑ナドガ移動シ堆積スル。其粒ノ大サカラ粘土、泥土、砂礫、小石及轉石ナド、ナリ、其比較的粗大ナモノハ即チ砂礫デアアル。砂礫ノ間ニハ空隙ガアリ、此空隙ヲ繋グハ一種ノ溝渠ヤ水溜ガ出來テ此ニ滯留シ又ハ貫流スルモノハ即チ地下水デアアル。

地下水面ノ上ノ空隙ガ全く水ヲ以テ滿サレナイデ水ヤ空氣及瓦斯ヲ以テ滿サレテアル部分ガアル。地濕帶即チ是デアツテ、亦附着力及毛管引力ノ影響ノ下ニ在ル。

地下水路ハ主トシテ山岳ノ割目ヤ砂礫等ノ透水性ノ部分ニアアル。此水路ヲ經テ地下水ハ或ハ表面ニ上リ或ハ深處ニ下ル。而シテ地表水ト地下水トハ屢

々相轉換シテ地表水ハ地下水トナリ、又之ト反對ニ地下水ハ地表水トナリ、其間空中ヲ經由スル。此現象ヲ名ケテ水ノ循環ト呼ブノdealル。

水ノ循環ノ經路ハ一部ハ地表一部ハ地中デ、又他ノ一部ハ空中dealル。而シテ循環ノ跡ヲ辿レバ或ハ水蒸氣トシテ、或ハ水トシテ、又或ハ冰雪トシテ互ニ遷移スルノdealル。



第七十七圖 水ノ循環

水ノ循環ニハ(1)大氣中ノ水、(2)地表水、(3)岩濕及土濕、(4)地下水、(5)地下川及(6)岩漿水ガアル。地下水ヤ地下川ガ地表水トナツテ現ハレル處ハ即チ源泉又ハ泉dealル。

第七十七圖ハ水ノ循環ノ系統ヲ矢ヲテ示シタモノdealル。大氣中ノ水カラ地下水トナル迄ノ時間ハ種々ノ條件ノ下ニ

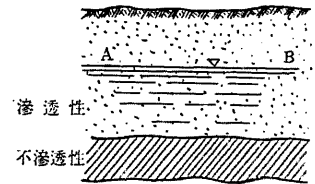
一定シナイガ經過ガ永イ程地表水ノ衛生上不良ナル性質ガ除カレル。

90. 源泉又ハ湧水 地下水ガ循環シテ居ルモノハ之ヲ水脈ナド、呼ブ。水脈ガ偶々地表ニ出レバ此ニ源泉、泉又ハ湧水トナル。換言スレバ地下水ヲ保ツテ居ル所ノ所謂帶水層ガ谿谷河川又ハ山腹其他ノ地點ニ現ハレテ自然ニ地下水ガ流出テ、居ルモノガ源泉デアツテ一種ノ呑口ノ様ナモノdealル。勿論河川湖沼ナドノ水中ニ開口シテ居ル源泉モ有リ得ベキ筈ダガ、普通ノ狀態デハ目ニ見エナイ。但シ源泉ノ現象ハ全く機械的ノモノデ、其化學的治療的又ハ其他ノ特性モ他ノ地表水ト異ナル所ハナイノdealル。

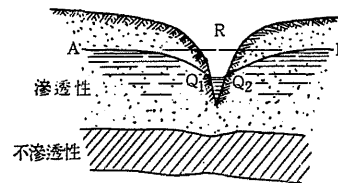
源泉ノ水ノ性質ハ其經由スル帶水層ノ性質ニ依ツテ異ナル。例ヘバ帶水層ガ充分ナル厚サデ良質ノ濾過性ノモノカラ成立ツテ居ルナラバ源泉ノ水ハ衛生的ニ極メテ良好ナ地下水dealル。之ニ反シテ源泉ヲ涵養スル水ガ龜裂罅隙

又ハ之ニ類似シタ地下ノ水路ヲ通過シテ居ルナラバ亦其地下水流ニ溶カサレタ容水盤又ハ儲水池ノ特質ヲ備ヘテ居ル。從テ衛生的ニハ地下水ニ涵養セラレテ居ル源泉ト地下川ニ涵養セラレテ居ル源泉トヲ區別スルコトガ出來ル。

第七十八圖ハ不滲透性地盤ノ上ニ滲透性地層ガアツテ天然地下水水面ヲ有スル容水盤ヲ示シタモノデABガ其水面ヲ表ハス。然ルニ若シ天然又ハ人工的ノ溝渠ガ或ハ浸蝕ニ依リ或ハ開鑿セラレテ其容水盤ヲ通過スレバ第七十九圖ニ示ス様ニR



第七十八圖 天然地下水水面ノ容水盤



第七十九圖 天然又ハ人工的溝渠ヲ介スル地下水盤

ナル切込即チ溪流又ハ溝渠等ガ地下容水盤ノ一部ヲ切斷シ、之ガ爲ニ Q_1 及 Q_2 ナル源泉ガ現ハレ、地下水々面が見ラレル様ニナル。以上ハ地下ニ一種ノ儲水池ヲ形ツタ場合ヲ示シタモノdealルケレドモ地下川ガ存在スル場合モ全く之ト同一

dealル。

斯クノ如ク地下ノ水ハ地下ニ滯留シテ居ル地下水ト地下ヲ流レテ居ル地下流水トニ分ケルコトガ出來ル。恰カモ地表水ノ静水ト流水又ハ湖沼ト河川ノ如キ關係ヲ保ツテ居ル。孰レノ場合ニモ不滲透性ノ下底ヲ必要トシ、之ニ滲透性地層ガ其上ニ堆積シテ居ラナケレバナラナイ。即チ地下潜水ハ空隙ヲ持ツタ地層ノ間ニ地下水ガ滯留セラレテアルモノデ、其水ノ移動スル場合ニハ地中ノ抵抗ニ打勝ツテ濾過ノ法則ニ遵ヒツ、安定狀態ヲ保タントスルモノデ、例ヘバ潜水カラ水ヲ吸揚グレバ其潜水面ハ沈下面ヲ爲スノdealル。又其水ノ移動スル流速ハ比較的小サク、水位ノ變化ヤ湧出量並ニ水溫ノ變化ハ

少イ。又水中ニ浮游シタ物質ヤ其他有機無機ノ諸物質ハ阻止セラレル爲メ所謂濾過作用ヲ現ハシテ居ル。地下流水ノ方ハ岩石ノ龜裂ヤ罅隙及地中岩石ノ空洞等ヲ流レル水デ、一般ニ地表ノ流水ト同一法則ニ從テ動イテ居ル。其特色トモ見ルベキ現象トシテハ水位ノ變化ガ活潑デ比較的大キナ流速ヲ有シ、流量ヤ水量ノ變化モ大デ、濾過作用ヲ受ケナイカラ時トシテ濁濁ヲ呈スルコトガアル。即チ雨ニ伴フ水デアアル。

以上地下水ヲ地下潜水ト地下流水ノニ分ケルコトハ獨リ地水學カラ必要ナ許リデナク、衛生學的ニ見テモ亦肝要デアアル。地下容水盤ハ一般ニ淨化作用ヲ營ミ、又多量ノ淨化セラレタ水ヲ溜メテアルカラ衛生的ニ見レバ一種ノ淨水槽又ハ配水池デアツテ利用ノ點カラ言ツテ地下潜水ハ地下流水ニ勝ツテ居ル。是等兩者ノ水ノ生成ニ至テハ毫モ異ナル所ハナイガ、潜水ハ自然ニ濾サレツ、アルニ反シテ地下流水ハ殆ド地表流水ト撰ブ所ガナク、唯後者ハ地表ヲ流レテ居ルニ對シテ地中ヲ流レテ居ルノ差ガアルノミデアアル。然シナガラ地下潜水ト地下流水ハ屢々其間ニ差別ヲ設ケ得ヌ場合モアリ。又其清濁ノ如キモ全然上述ノモノト反對ナ場合モ少クナイ。

91. 地下水ノ性質 地下水ハ實ニ土粒ノ間ニ存在シテ居ルモノデアアルカラ土ノ性質ニ影響セラレルコトが多い。例ヘバ地下水ハ地温ノ影響ヲ受ケ、或ハ直接降水カラ來タ地下水モ或ハ河海湖沼カラ來タ地下水モ永ク地中ヲ潜行シテ居ル間ニハ其地温ニ近ヅイテ來ルコトハ想像ニ難クナイ。又地中ノ空氣ヤ其外接觸シテ居ル土質ノ爲ニ地下水ハ或ハ瓦斯ヲ吸收シ或ハ各種可溶性ノ成分ヲ溶解シテ之ヲ含有シ、更ニ温度ヤ壓力ノ爲ニ其異物含有量ニモ異同ヲ來スノデアアル。更ニ又放射能ヲ有スル物質ハ地氣又ハ土中ノ礦物カラ地下水ニ溶解シ、其壞變物ハ源泉又ハ温泉等ニ含有セラレテアル。斯クシテ地下水ノ物理的化學的性質ハ其環境ノ土ニ支配セラレルト云ツテモ差支ナイノデアアル。

又地表及之ニ近イ表層ニハ細菌ガ繁殖シテ、而カモ其活動ニ缺クベカラザルモノハ温度ト水分トデアアル。但シ深層ノ土中ニハ多ク細菌ノ棲息ヲ見ナイケレドモ尙ホ空氣ノ連絡シテ居ル所又ハ水中ニハ細菌ガ存在シ得ルモノデアアル。其外微生物モ亦表層ニ近ク地中又ハ水中ニ棲息シテ皆地下水ニ移行スル。

之ヲ要スルニ地下水ノ性質トシテハ物理的及化學的ノ外ニ細菌的及微生物的ニ之ヲ研究スル必要ガアルノデアアル。

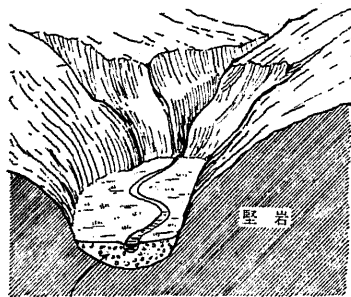
第二節 帶水層

92. 地下水ト帶水層 地下潜水ハ地下水ノ中ノ最モ普通ナモノデアアルカラ、以下一般ニ地下水ト言フモノハ地下潜水ニ關スルモノトスル。地下水ノ成立ハ滲透性ノ砂利又ハ荒砂等所謂帶水層又ハ容水盤ガ存在シテ、且ツ其下ニハ不滲透性ノ基盤ガナケレバナラヌ。

不滲透性ノ基盤ノ上ニ岩石ノ破片ヤ砂礫ノ類ガ運搬堆積シタノハ如何ナル力ニ依ルモノデアアルカハ興味アル問題デアアル。石礫土砂ガ生成スルノハ管テ述ベタ通り物理的化學的等ノ力ニ依ルガ、其砂礫ヲ運デ之ヲ沈澱堆積セシメル力ハ即チ水、氷及風ノ動勢デ河川水河及風力ト名クベキモノデアアル。即チ母岩ノ風化侵蝕ニ依ツテ砂礫ガ出來、流水ハ其動勢ニ依ツテ之ヲ低處ニ流シ行キ地層中ノ窪ミ又ハ湖沼ナドニ至レバ流速ノ減少ノ爲ニ最早遠クニ之ヲ運去ルコトガ出來ズ。之ヲ委棄沈澱シテ此ニ沖積層ガ出來ル。從テ沖積層ノ順序ハ屢々其生成ノ母岩ノ順序ヲ逆ニ追フノデアアルガ、更ニ此沖積層ガ再ビ洗掘セラレテ下流ニ至リ、再ビ沈澱スルトキハ以前ト逆ニナツテ母岩ト同一ノ順序トナル譯デアアル。氷河ノ運來ル堆石ハ各種岩石ノ破壊シタルモノガ渾沌ト集リ、其堆積シタモノハ即チ洪積層ヲ爲スノデアアル。氷河ニ依ツテ運バ

レテ來タ堆石土砂ハ更ニ流水ニ作用セラレテ亦規則正シイ成層ノ沈澱ガ出來ル。即チ氷河流水ノ共同作用ト云フベキモノデアル。風ハ亦土砂ヲ飛散シテ低イ谷ヲ埋メ容水盤ヲ形ツクル。風生層ガ之デアル。

93. 沖積帶水層 岩石ノ風化ヤ侵蝕セラレタモノガ水ニ流サレテ低處ニ沈澱シタモノハ一般ニ沖積層デ、其殊ニ滲透性ノモノハ地下滯水ヲ爲シ帶水層トナル。山岳岩石ハ空氣、水濕、溫度及植物ノ發育ナドノ物理的化學的又ハ生物學的作用ニ依ツテ破壞セラレ、溪流、小川及大河等ノ地表水ニ依ツテ洗掘侵蝕セラレル。洗掘等ニ依ツテ運バレル岩石ノ破片ハ段々細カクナル許リデナク、岩石ノ窪ミニ堆積シテ此ニ地下容水盤ヲ形ツクリ、更ニ其中ニ溪流ヤ河川ナドガ出來ル。即チ岩石ヤ山岳ハ磨剝セラレテ沖積層ヲ作り、基盤ノ



第八十圖
山岳ノ侵蝕及地下容水盤

ト共ニ容水盤ヲ形ツクツテ地下水ヲ包有シ又ハ地表水ヲ流ス溝渠ヲ生ズルニ至ル(第八十圖)。而シテ以上沈澱堆積ノ作用ハ流水ノ強サヤ、石礫ノ大サ其形狀又ハ重量ナドニ依ツテ異同ヲ生ズル、水源ニ近イ程一般ニ傾斜ニ急デ、從テ大ナル石礫ヲ流ス程力が大イガ、下流ニ進ムニ從ヒ細礫トナリ、砂トナリ果テハ泥土トナル。ドマスチ、すきー (Domaszewsky) ノ調査ニ依レバどなう河ノ拳大ノ石ハ上流カラふれすぶるぐニ至リ、細礫ハふたべすとニ見ラレ、砂ハるぢん (Widdin) 迄、而シテ泥土ハ黑海ニ迄達シテ居ルト云ツテ居ル。

斯様ニシテ出來タ沖積沈澱物ハ最モ有力ナ地下容水盤デ、地表水モ屢々之ニ伴ヒ、又溪流、河川及湖沼ニ向テ山岳カラノ地下排水ヲ仲介シテ居ル。

岩石ト共ニ容水盤ヲ形ツクツテ地下水ヲ包有シ又ハ地表水ヲ流ス溝渠ヲ生ズルニ至ル(第八十圖)。而シテ以上沈澱堆積ノ作用ハ流水ノ強サヤ、石礫ノ大サ其形狀又ハ重量ナドニ依ツテ異同ヲ生ズル、水源ニ近イ程一般ニ傾斜ニ急デ、從テ大ナル石礫ヲ流ス程力が大イガ、下流ニ進ムニ從ヒ細礫トナリ、砂トナリ果テハ泥土

流水ガ運來ル土砂浮游物ノ量ハ即チ沖積層ノ厚サヤ面積ヲ定メルノミデナク、亦陸地ガ次第ニ侵蝕セラレツ、アルヲ示シテ居ル。しゅぱん (Supau) ノ報告ニ依レバぜねば湖ノ上流6軒ノせっくす橋 (Pont du Scex) デ測ツタろーん河ノ齋ラス土砂ノ年量ハ次ノ如クデアル。

第四十二表 ろーん河ノ土砂流出年量

種類	冬 半 期	夏 半 期	年 量
流 量(百萬立米)	678	5375	6053
溶 解 物(百萬斤)	210	735	945
浮 游 物(")	34	3060	3094
計	244	3795	4039

土砂石礫ノ大サ又ハ重量ニ應ジテ之ヲ流去ル流水ノ流速ニハ夫々差異ガアルカラ溪流河川ノ勾配乃至流速ニ依リ自然淘汰ガ行ハレ、可ナリ規則正シイ沈澱ガ生ジテ且ツ天然ノ濾過機トモナルベキ滲透性ヲ得ル様ニナル。

一般ニ沖積層ノ厚サハ縦ノ方向ニモ亦横ノ方向ニモ山ヲ離レル程増シテ河口ノ附近ニ至ツテ最大トナル。而シテ河上ニ遡ル程容水盤ハ段々狭クナリ、終ニ嶺ニ至ツテ個々ノ溝トナル。例ヘバ第八十一圖ニ示スガ如ク、基岩ノ皺又ハ谷ニ土砂石礫ガ沈澱堆積シテ沖積層



第八十一圖 沖積層及河溪ノ形成

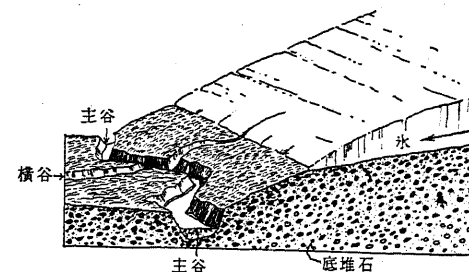
ヲ生ジ、此ニ或ハ河溝ヲ生ジテ、其河川ハ再ビ洗掘侵蝕ヲ始メテ沖積作用ヲ營ンデ居ル。勿論沖積ノ土砂石礫ハ至ル所其細粗ヲ同ジクシナイカラ、其滲透性モ亦決シテ同一デナイ。峙ツテ居ル山ハ風化侵蝕ノ遺物デ、表面ニハ多少ノ霉爛シタ岩石ヲ以テ覆ハレテ居ルガ、其殘存シテ居ル岩石ハ尖銳デ角張

ツテ居リ、其流水ニ推流サレテ輾轉流下スルニ及ンデ漸ク其縁邊ヲ磨滅セラレテ圓味ヲ帯ビ、且ツ小サクナルノデアル。此種山腹ナドニアル土砂砂利ハ尙水ヲ濾過セシメルガ、岩石ノ罅隙ヲ通過スルトハ異ナリ、水ノ不完全ナ潛行運動ガ現ハレル。斯クノ如キ礫ヲ山砂利ナド、呼バレルガ、山砂利ハ地下水容水盤トシテハ其價値ガ一般ニ甚ダ乏シイ。

94. 洪積帶水層 前記沖積層ハ現在モ尙進行中ノ時代ニ屬スルモノデアルガ、洪積層ハ既ニ遠イ過去ノ地質時代ニ現ハレタ遺物デアル。洪積層ノ生成シツ、アツタ所ノ洪積紀ノ時代ニハ歐羅巴ヤ亞米利加ノ大部分ハ内地水ヤ氷河デ覆ハレテアツテ、一般ニ之ヲ氷河時代ト呼ンデ居ル。氷河時代ニハ氷河ノ移動ノ爲ニ堆石土砂ガ運搬セラレ、氷河ガ融解シタ流水ノ爲ニ堆石カラ岩片石屑ガ洗流サレ、規則正シク成層シテ透水性ノ地層ヲ作ツタ。

堆石ニハ氷河ノ底ニ殘ル底堆石、氷河ノ側面ニ委棄セラレル側堆石、又ハ其前面ニ推出サレ行ク前堆石及氷河ノ終端ニ殘ル終堆石、並ニ氷河ノ中央ニ殘ツテ側堆石ト平行スル央堆石ナドノ種類ガアルガ、是等ノ内底堆石ハ其擴ツテ居ル範圍モ廣ク、其厚サモ大デ、石礫帶同ノ量モ多ク、堆石ノ中デモ最も肝要ナモノデアル。底堆石ハ氷河ノ齧シタ岩片ヲ破壞粉碎シテ出來タモノデ、粗糙ナ壙坳狀ヲ爲シ、無數ノ礫石片、石礫等ヲ含ンデ居ル。時トシテハ集塊灰泥又ハ含礫壙坳ナド、呼バレテ居ルノハ是デアル。含礫壙坳ハ大體不透過性デ容水盤ノ底ヤ側面ヲ作ルニ適シテ居ル。若シ含礫壙坳ガ流水ニ洗ハレルトキハ其中ノモノガ溶カサレ分解シテ泥土トナリ、砂トナリ、小砂利トナリ又ハ轉礫ノ類トナル。是等ハ其大サヤ重サニ從テ流水ニ運搬セラレ、擇分ケラレ、更ニ重イモノガ順次ニ沈澱スルノデアル。而シテ以上ノ如ク、洗ツタリ、泥化シタリ、又ハ撰別スル作用ハ氷河時代ノ内地水カラ溶ケテ流レ

タ水ニ依ルモノデアル。第八十二圖ハ即チ此一端ヲ示シタモノデアル。水ガ融ケル爲ニ氷河ノ下縁ニ平行シタ皺ガ底堆石ノ中ニ出來ル。是レ即チ主谷デアツテ更ニ融氷ノ水ガ氷河ノ下縁ニ直角ノ方向ニ横谷トナツテ現ハレル。是等ノ主谷及横谷ハ砂礫及轉石並ニ粘土等ガ層ヲ成シテ年數ヤ融氷ノ強サニ應ジテ埋メラレテアル。是等ノ沈澱ハ成層氷河洪積層ト呼バレ、沖積層ノ場合ト同ジク最も規則正シイ又地下水ノ豊富ナ地下水容水盤ノ著シク厚イモノガ得ラレル。



第八十二圖

底堆石ノ中ニ谷ノ洗掘(ふりんつ)據ル

氷河時代ナルモノハ地上ニ唯一回出現シタト云フノデナクテ、繰返シ繰返シテ氷河ノ出現シタ爲ニ洪積層ガ非常ニ變化ト廣袤ヲ有スルコトハ地水學上殊ニ必要ナ點デアル。即チ氷河ノ前進ヤ融解ガ繰返シテ起リ、其結果トシテ融氷ノ溝渠ガ相交錯シテ成層ノ透過沈澱ヲ伴ヒ生ジタ。

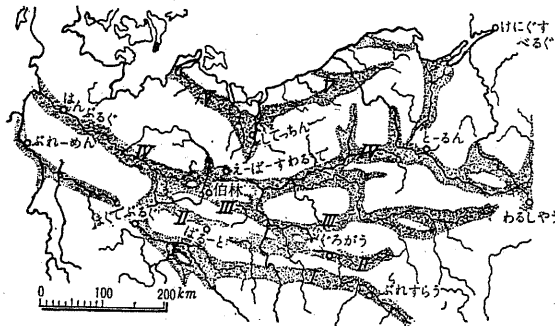
一般ニ信ジラレテアルコトハ幾多ノ氷河時代ガアツテ其間ニハ各々暖カイ中間時代ガアツタ。氷河中間時代ト呼バレテアルモノガ即チ是デアル。而シテ三個又ハ四個ノ氷河時代ヲ想定スルモノモアリ、又げーキー(Geikie)ハ六個ノ氷河時代ノアツタコトヲ主張シテ居ル。

第三紀層ト第一氷河時代ノ間ヲ前氷河時代ト呼ブ。此時代ノ帶水層ハ氷河前ノ水流ノ沈澱カラ成リ、氷河時代ニ殘ツタ陸地ニ見出サレル。是等ハ地方ニ依ツテ異ナリ。試錐ナドニ依ツテ實用地水學カラ定メラレルモノデ、一ノ氷河時代ノ地下水溝ノ上ニ更ニ他ノ氷河又ハ氷河中間時代ノ水溝ガアルカナ

イカト云フコトヲ定メナケレバナラナイ。從テ洪積層ニ試錐シテ良結果ヲ得ナクトモ洪積層ノ底ニ達スル迄ハ試錐ヲ中止スベキデハナイ。

95. 歐米ノ氷河時代ノ谷 歐羅巴ノ氷河ハ殆ド其北半部ヲ覆ヒ、凡ソ6百萬方糎ノ面積ヲ有シ、北獨逸ノ如キハ三氷河時代ヲ經過シテ居ル。偉大ナ氷塊ノ融ケタ爲現在見ル如ク北獨逸ハ平地ト化シ融水ノ洗掘及沈澱ノ爲ニ谿谷ハ多少滲透又ハ不滲透性ノ土砂ヲ以テ埋メラレテアル。是等ノ河谷ハ現在ノ河川ヨリハ遙ニ廣ク又著シク深ク、或ハ全ク地中ニ埋没シテ居ルモノモアリ、又ハ以前ノ大ナ河ノ殘骸トナツテ遺ツテ居ルモノモアル。北獨逸諸都市ノ上水道又ハ工業用水ノ水源トシテ現存スル北獨逸低地ノ氷河網ハ非常ニ有用ナルモノデ地水學上必要ナモノデアアル。

次第ニ北方ニ退下シタ氷河ノ縁カラ融ケテ流レタ水ハ所謂原始流ノ谷ヲ經テ内地水ノ縁ニ沿ヒ平行ニ東カラ西ノ方向ニ出來タ溝ヲ流レタ。例ヘバ第八



第八十三圖 北獨逸原始流ノ谷 (わーんしゃつふえニ據ル)

十三圖ニ示サガ如ク北獨逸原始流ノ谷ハぶれすらうトまくでぶるぐヲ繋グ谷 (I) ガ最モ南ニ在リ、ぐるがう (Glogau) トばるーと (Baruth) ヲ繋グ谷 (II) ガ之ニ次ギ、わるしやう (Warschau) トべるりんヲ繋グ谷 (III)、とーるん (Thorn) トえーばーすわろど (Eberswald) ヲ繋グ谷 (IV) 及東海ノ縁ニ在ルバ

るちつく原始流 (V) ナドガ即チ是デアアル。勿論是等原始流ノ谷ノ間ニハ横谷ガアツテ互ニ相繋ガリ、獨逸諸都市ノ大半ハ是等ノ地下容水盤カラ其地下水ノ供給ヲ仰イデ居ル。以上原始流ノ谷ノ幅ハ 10 糎乃至 30 糎デ、其厚サハ 40 乃至 50 米ニ達シテ居ルモノガ稀デナイ。

あるふ山地方ニモ氷河ノ痕跡ヲ存シテ居リ、上ばいえるん、北伊太利及瑞西ノ上水々源トシテ極メテ肝要デアアル。みゅんへん水道ハ此あるふ山ノ堤外地カラ水ヲ求メ、ぼー河ノ平原ハ砂礫ニ富ンデ歐洲中デモ地下水ノ最モ豐富ナ地方トシテ有名デアアル。べねちや (Venezie)、みらの (Milano) 及とりノ (Trino) ノ諸都市ハ實ニ此帶水層ニ水源ヲ求メテ居ル。るかの (Lugano)、るつるん (Luzern)、ばーぜる (Basel) 及ふらいぶるく (Freiburg i. Schw.) ノ諸都市亦地下水々源ヲ用ヒテ居ル。

北米ノ氷河被覆面積ハ遙ニ歐羅巴ヲ凌駕シ、15 乃至 20 百萬方糎ノ面積ヲ占メテ居ル。即チ歐羅巴ノ氷河ノ南端ヨリモ遙ニ 1000 糎モ南ニ擴ツテ居テ、恰カモしゝりーノ緯度ニ達シテ居ル。氷河ノ南端ガ當時ノ兩極ニ對シテ同一ノ距離ニ在ルモノトスレバ氷河時代ノ北極ハ現在ノ北極ヨリモ 500 糎即チ約 0°9 又ハ 54 分許リ兩半球ノ境ノ邊デ南方ニ偏シテ居ツタコトニナル。

北米ノ古代ノ谷ノ氷河沈澱ハ試錐ニ依ツテ數百呎ノ厚サニ達シテ居ルコトガ知ラレテ居ルガ、氷河前ノ砂礫ヲ以テ充サレ、亦地下水ニ富ンデ居ル。米國ノ氷河沈澱ハ之ヲ漂砂ト呼ンデアアル。而シテ米國ノ漂砂ハ氷河前ノ深イ地層ニ澎湃タル多量ノ水ヲ有シテアツタコトヲ説明スルコトガ出來ル。

96. 第四紀層帶水層ノ厚サ 第四紀層ハ沖積洪積兩紀ヲ含ミ其帶水層ノ厚サハ侵蝕ニ依ツテ出來タ溝ノ深サヤ沈澱ヲ生ズル流水ト沈澱トノ割合等ニ關係シテ居ル。

沖積層ノ地下容水盤ハ其厚サ平均 20 米位デアアルコトヲ主張スル人モアル

が、實際ノ厚サハ著シク薄イ場合ガ多イ。然シ洪積層帶水層ノ厚サハ一般ニ沖積層ノ厚サヲ凌駕シテ居ル。わーんしやふえ (Wahuschaffe) ノ説ニ從ヘバ北歐羅巴ノ第四紀層ノ厚サハ 100 乃至 358 米デ、かいらっく (Kailhack) ハ伯林西部ニ在ル洪積層ノ厚サハ約 197 米、其中最後ノ氷河時代ノモノ厚サ 7 米、其前ノ時代ノモノ厚サ 50 米、第一氷河時代ノモノ厚サ 140 米ニ分ケ得ルト計算シテ居ル。而シテ從來知ラレテアルモノデ最モ厚イモノハあすかばーと (Askabad) ノ試錐孔ニ於テ黄土砂及礫ガ交互ニ現ハレテ 666 米以上ニ達シテ居ル。

97. 帶水層ノ不規則ト變動 帶水層ハ流水ヤ風ナドノ力ニ依テ出來ルノデ、其規則正シイ層ヲ成シテ交互ニ現ハレルコトハ地下水學上極メテ意義アルモノデアル。

然ルニ沖積層ヤ風生層ハ著シク規則正シク出來テ居ルガ洪積層ハ甚シイ不規則デ變動アルヲ免レナイ。蓋シ沖積層ヤ風生層ハ現在尙生成シツ、アル地層デアツテ土砂石礫ガ成層シテ規則正シク現ハレルコトハ珍シクナイガ、洪積層ハ年代モ古ク從テ様々ノ天變地異ニモ出逢ツテ居ル爲メ、其ノ層序ヤ厚薄傾斜ナドガ不規則トナリ、且ツ種々ノ斷層ヤ歪曲ナドノ變動ヲ受ケテ居ルノハ當然ノコトデアル。帶水層ノ不規則ト變動ハ地下水利用ノ點カラ見レバ忌ムベキコトデ之ガ爲ニ間違ヲ生ジ易イ。

沖積層ノ不規則ハ水位ノ變化ヤ流速ノ異同ノ爲ニ土砂石礫ヲ流ス水ノ力ニ差異ヲ生ジ、其結果トシテ砂礫ノ粒ノ大サニ異同ヲ生ジ、更ニ滲透性ヤ不滲透性ガ出來テ來ル。又滲透性ノ中デモ自ラ其程度ヲ異ニシ、從テ水ガ滲透性ノ斷面ヲ流レルニシテモ一様ナ流速ヲ以テセズシテ反ツテ各區各様ノ異ナル流速ヲ以テ流レルコトハ想像シ得ベキコトデアル。

不滲透性ノ地層ハ亦此間ニ挾ツテ滲透性斷面ガ幾ツカノ地帯ニ中斷セラレ

テ地下水ノ探求上困難ト間違ヲ與ヘルコトモ少クナイ。

洪積層ノ帶水層ハ時トシテ大小ノ轉石ガ堆積シタモノカラ成リ、滲透性ニ富ンデ居ル。試錐ニ際シテ大キナ轉石ニ逢ヘバ更ニ他ノ地點ニ於テ試錐ヲ遣直スノ已ムヲ得ザルコトナドモアル。殊ニ一ノ氷河時代ノ沈澱層ノ中ニ次ノ氷河ガ前進シタ爲ニ由來規則正シカツタ地下水容水盤ハ破壊セラレテ地層ノ變動ヲ來シ、其帶水層モ亦支離滅裂ノ狀態ニ陥ツテ地下水ノ調査ニ非常ナ困難ヲ與ヘルコトガアル。

以上ノ外地殻ノ變動ハ勿論地層ノ變動ト不規則ヲ引起シ、帶水層ニモ亦變化ヲ與ヘテ居ル。

98. 第三紀層及古層ノ帶水層 規則正シク成層シタ帶水層ハ第四紀層ニ限ラレルモノデハナイ。更ニ古イ地層ニモ見出サレ、時トシテハ原始山ニモ亦帶水層ガアリ、地下水學的並ニ衛生學的ノ見地カラ卓越シタ容水盤ヲナスコトガアル。

古イ地層ニ在ル容水盤ハ厚イ被覆山ヲ冠ブリ地下水學的ノ調査ニ困難ナ場合ガ多イ。即チ古代地層ノ帶水層ハ第三紀層ノ最新層ナル鮮新世、之ニ次イデ古イ中新世、漸新世及始新世ノ砂カラ成ツテ居ル。

砂ノ外ニ砂岩及礫岩ナドモ亦卓越シタ地下水容水盤ヲ爲ス所ガアリ、其水量ガ豐富ナ許リデナク衛生的ノ見地カラ見テモ非常ニ好望ナモノガアル。此種ノ帶水層ハ地下蓄水トシテノミデナク地下流水ヲ爲スコトモ少クナイ。散漫ナ岩石ノ堆積ガ鑛物質ノ接合劑ニ依ツテ固メラレタモノガ即チ砂岩ヤ礫岩等デ、殊ニ石英ニ富ンデ居ル。而シテ其接合劑ハ粘土、石灰、凝灰土等デ、若シ是等ノ填充シタ接合劑ガ分解スレバ固有ノ石英ガ残り、此ニ滲透性ノ帶水層ヲ生ズルニ至ルノデアル。斯クシテ砂岩ノ山ノ中ニハ地下蓄水又ハ地下流水ノ容水盤又ハ帶水層ヲ有スルコトガアル。其水質モ亦極メテ清醇デ細菌ナ

ドヲ有シナイモノガ少クナイ。即チ滲透性ノ點カラ見レバ砂岩ハ第一位ヲ占ムベキモノデア。北米合衆國ノだこた (Dacota) 砂岩ハ其粒ノ大サ、平均 $\frac{1}{4}$ 乃至 2 耗デ其接合劑ガ少イ爲メ非常ニ空隙ニ富ミ、而カモ其厚サ 100 米以上ニモ達シテ有力ナル容水盤ヲ爲シテ居ル。もんたな (Montana) ニ於ケルみっすりーノ大瀑布ノ流量ハ凡ソ毎秒 23.5 立米ニ達シテ皆砂岩カラ進出テ居ル。

99. 風生帶水層 水力ニ依ル砂礫ト同ジク風力ニ依ル土砂ノ堆積モ亦其空隙ヲ通シテ地下水ノ運行ニ適シ、此ニ風生帶水層が見ラレ。水ハ其自然ノ傾斜ノ方向ニ流レテ低キニ就キ、沈澱堆積モ亦自ラ之ニ順應スル理窟デア。ケレドモ、風ニ至テハ其活動ハ全ク自由デ、風ニ依ツテ吹飛バサレテ堆積スルモノモ一般ニ層ヲ爲サナイ。と、れと (Thoulet) ニ從ヘバ、種々ナ大サノ石英砂ヲ動カシ得ル風速ハ次ノ如クデア。

第四十三表 砂ヲ吹飛ス風速ト粒徑

砂ノ種類	砂ノ粒徑 (耗)	風速 (毎秒米)
極細砂	0.03	0.25
非常細イ砂	0.12	1.50
細砂	0.32	4.00
中砂	0.60	7.40
粗砂	1.04	11.40

風生層ノ主ナルモノハ砂丘及火山ノ凝灰岩ガ是デア。兩者共ニ良好ナル地下容水盤タリ得ルモノデア。

砂丘ニハ海濱ニ生ズルモノト内地ニ出來ルモノトアル。海濱ノ砂丘ハ主ニ潮汐ノ干満ノ間ニ乾イタ海中ノ砂ガ風ニ吹上ゲラレテ出來タモノデ、稀ニ沙漠ノ砂ガ海ニ吹送ラレ、又ハ附近ノ山岳ガ風ニ依ツテ削ラレ吹飛バサレテ出來ルモノデア。内地ニ出來ル砂丘ハ寡雨ノ地ニ於テ沙漠トナツテ表ハレ

モノデ非常ナル廣サニ達スルモノガアル。亞弗利加ノ沙漠ヤあらびヤ蒙古ゴビノ沙漠等ハ其最モ知ラレテ居ルモノデア。

卓越シタ帶水層ヲ形ツテ居ル廣イ面積ノ砂ハ寧ロ植物ノ少イ洪積紀ノ砂岩ヤ礫岩等ト風化ニ依ツテ出來タモノデア。斯様ニシテ出來タ砂ヤ礫ハ風ニ吹送ラレテ近イ岡阜ナドニ砂丘狀ヲナシテ堆積スル。に、るんべるぐ (Nürnberg) 市ノ水源ヤばんべるぐ (Bamberg) 市及えるらんげん (Erlangen) 市ノ鑿井ノ如キハ實ニ風生帶水層ノ砂層ノ中ニ於テ作ラレタモノデア。

火山ノ噴出ニ係ル灰又ハ凝灰ハ亦滲透性ノ帶水層ヲ作り、豊富ナ地下水ヲ供給シテ居ル所ガ少クナイ。伊太利かんばにや (Campagna) ノ凝灰岩ノ如キハ即チ是デア。

100. 火山麓ノ湧水 成層火山ノ麓ニハ屢々清冽ナ湧水ヲ見ルコトアルハ富士箱根雲仙岳其他ノ火山ニ見ル所デア。熔岩層ハ水ノ滲透が大デ、就中安山岩ハ節理ガ發達シテ滲透率ガ高く、鑛滓質ノ岩石ハ其含水率が大デア。又泥石流モ其滲透率及含水率ガ多イ。斯クノ如ク地表水ガ滲入シテ岩石ニ含水セラレ、又ハ不滲透性ノ岩ニ達ツテ地下水或ハ流水トナリ、火山麓ノ浸蝕谷ノ斷層線ヤ裂罅ナドニナル熔岩層ノ間ヤ地表ノ割目ナドアル所ニ以上ノ地下水ハ湧出シテ所謂源泉トナル。此源泉ノ水ハ屢々飲料ニ充テ又ハ時トシテ動力ニ供セラレテ居ル。

地變ヤ地震ナドノ前後ニハ斷層ヤ裂罅ヤ又ハ地沁リ、山崩、泥石流ナドヲ生ジテ、而カモ是等ガ源泉井戸溪流河川等ニ異狀ヲ生ジ、或ハ從來ノ湧水ガ止ツタリ、或ハ新ニ噴出シタリ、又ハ其湧水量ハ變化ヲ來シ、又時トシテハ從來澄ンデ居タモノガ濁ツタリ、又ハ之ニ反シテ濁ツテ居タモノガ澄ンダリ、更ニ其水質モ變化スルト云フコトハ屢々見聞セラレル所デア。思フニ水脈ノ變化ハ地下水ヲ含ンダ地盤ノ變動カラ必然的ニ起リ得ルモノナルハ論ヲ待

タナイ。

101. 地層ノ展望 地殻ノ地層ガ如何ナル順序デ出来タカハ化石ナドノ研究ヤ岩石自身ノ顯微鏡的研究ナドカラ所謂地史學又ハ層位地質學ナド、ナツテ相當ニ知ラレ居リ、更ニ精シク言ハバ地層ヲ形成スル岩石ノ物理學的及化學的諸性質ヲ比較シ、地層ニ殘サレテアル地變ノ跡ヲ比較シ、更ニ地層中ニ埋藏セラレテアル化石生物ノ比較ヲ基トシテ時間的ニ及ビ空間的ニ地殻ノ成立ヲ研究スルコトガ出来ル。從テ是等ハ夫々若干ノ専門ニ分レテ研究セラレテアルカラ、此ニハ極メテ概括的ニ地層ノ展望ヲ行フコトニ止メ、其帶水層トノ關係ヲ知ルニ便ナラシメル。

元來地球ノ發達ハ其表面ニ堆積シテ出来タ岩石又ハ海底ニ沈澱シテ出来タ海成層中ニ殘サレタ痕跡ヲ辿ツテ其構造ノ状態ヲ推定セラレルノデ、此海成層中ニ埋藏サレタ生物ノ遺跡又ハ化石ハ最モ有力ナ地史研究材料ノ一ナル。即チ岩石ノ物理學的及化學的性質ノ研究ヤ地變ノ痕ノ研究ノ外ニ此古生物學的方法ニ依ツテ地史ヲ研究スルコトガ出来ル。

地球ノ各地ニ發達シテ居ル海成層ハ其中ノ化石生物群カラ之ヲ古生、中世及新生ノ三代ニ分ケラレ、古生代以下ノ古イ地層中ニハ化石が見出サレナカッタ事實カラ之ヲ無生代又ハ太古代ト呼バレテアツタ。然シ最近ノ地質學ノ進歩ニ依ツテ古生代以前ヲ原生代及始生代ニ區別セラレルニ至ツタ。但シ人ニ依ツテハ此兩者ヲ引括ルメテ之ヲ始生代ト呼ンデ居ル。

第四十四表 地質時代ノ區分 (主トシテ理科年表ニ據ル)

代(界)	紀(系)	世 (統)	岩色	地殼變動	主要生物ノ進ミ方	主要生物
新	第四紀 Neocene	沖積世(現世) Alluvium	淡 様 々	あ す か ら あ	人類ノ發達	人類時代
		洪積世(更新世) Diluvium			水河期、巨大哺乳類ノ絶滅、人類ノ發現	

生代 Cainozoic	第三紀 Tertiary	新 Quaternary	鮮新世 Pliocene 中新世 Miocene	黄	あ る ふ す 、 ひ ま ら や 等 ノ	哺乳類發展ノ絶頂	哺乳類及現生植物群ノ時代
		古 Eocene	漸新世 Oligocene 始新世 Eocene 曉新世 Paleocene			高等哺乳類ノ發達 下等哺乳類ノ衰滅 下等哺乳類ノ發達	
中世 Mesozoic	白堊紀 Cretaceous		だにえん Danien	緑	ら ん み ど 變 革	中世代生物ノ衰滅	あ ん も な い と 時 代
		上部白堊紀	上 堊 Senon 中 堊 Turon 底 堊 Cenoman			菊石類、二枚貝、 爬蟲類ノ異常發達	
		下部白堊紀	ごーと Gault 綠 砂 Alp すびーとん ゑーるでん Wealden or Neocom			巨大恐龍ノ發達	
代	侏羅紀 Jurassic	白侏羅	White Jura or Malm	蒼	ね ば た 變 動 環 太 平 洋 區 域 の 變 動	被子植物及馬類ノ 出現	時 代
		褐侏羅 黒侏羅	Brown Jura or Dogger Bleach Jura or Lias			菊石類ノ進化發達	
	三疊紀 Triassic	上 疊 Keuper	Rhoetic Norian Carnian	紫		恐龍哺乳類ノ出現	せ ら た い と 時 代
	殼 灰 斑 砂	Ladinian Anisian Scythian	獸形類ノ發達及衰滅				
	二疊紀 Dias			帶	あ ー も り	古生代生物ノ衰滅	兩 棲
		苦灰 Thuringian				陸生脊椎動物ノ出現	

古 生 代 Paleozoic	Permian 紀	赤底 { Saxonian Artinskian or Autunian }	紅	か、ばりすか あばらざや等ノ皺曲 かれどこぞや皺曲	氷河期	類 及 鱗 木 類 時 代	三 葉 蟲 類 時 代
	Carboniferous 紀	夾炭 { Uralian or Stephanian Moscovian or Westphalian }	灰 色		原始爬蟲類、昆蟲 類ノ出現		
		山灰 Dinantian or Culm			鱗木類ノ發達		
	Devonian 紀	上部 { Faunanian Frasnian }	褐 色		兩棲類ノ出現		
		中部 { Gevetian Eifelian }			陸生植物ノ發達		
	下部 { Coblentzian Gedinnian }						
志留 代 Silurian	又ハ志留 紀	上部 Ludlow 中部 Wenlock 下部 Ilandoverly	薄 色	筆石類ノ衰滅 三葉蟲ノ衰退 肺魚類ノ出現	筆石 時 代	時 代	
	奧陶 紀	上部 Caradoc or Bala 中部 Llandeilo 下部 Arenig					甲冑魚ノ出現 鸚鵡貝類筆石類ノ 發達
	寒武 紀	上部 { Tremadoc Olenus }	深 綠				有貝殼類ノ出現 三葉蟲ノ發達
原 生 代		けういーなわん Keweenawan あにみきあん Animikie	蕃			原始無脊椎動物	

Proterozoic Archeozoic	始原代 Archean	さどべりあん	紅 色	あるごみ あん變革 ろしやん れ變革	時代 (テ少シ 化石極メ)
	始原代 Archean	ぐれんびゆ { きーわちん ぐーちちん Goutchiching }			
Proterozoic Argonkian		ひゅーろにあん Huronian		ん 皺 曲	見セラレズ (化石發 見セル 細胞動 物時發 單代?)

又日本内地朝鮮並ニ支那及滿洲ノ地質系統及特種層ハ尙將來ノ研究ニ待ツ
ベキモノモククナイ様デアルガ參考ノ爲ニ次ニ掲ゲル。

第四十五表 日本内地朝鮮並ニ支那及滿洲ノ地質系統及特種層
(理科年表ニ據ル)

代界	紀(系)	日本内地	朝鮮	支那及滿洲
新 生 代	策冲積世	沼ノ貝屬等 ローム(赤土)	沖積層	沖積層
	洪積世		段丘堆積	黄土
	第 三 紀	敷島統 瑞穂統 高千穂統 秋津統	武蔵野統 御坂統 ?七寶山 層群 吉川明 川統	長鑿統 上部 下部
中 生 代	白 堊 紀	上部 函淵砂岩層 上部 菊石層 中部 和泉砂岩 下部 三角貝層	?佛國寺統	王子系 斑岩 歸州類 蒙陰系
	白 堊 紀	下部 物硯 部石 川統 統 (三角貝砂岩)		大 同

生代	侏羅紀	上部 中部 下部	手取統 豐浦統 志津川統 三倉層 又ハ安藝川層ト	系	中部大同層 下部大同層	三臺統 崑崙系 香溪含煤系	峯	香溪含煤系
	三疊紀	上部 中部 下部	山野井、成羽、濃含植物層 しゅーどもものちす砂岩 たおねら頁岩 陸前せらたいと層 四國黒龍貝層等			巴東系 鐘山層	太	子
古	二疊紀	上部 下部	ねおしわげりな帯 秩父古生層 ふすりな帯	平安系	綠色砂岩、頁岩 高坊山統 寺洞統 紅店統	雲南足省 腕巫揚 南足山 省頁山 ふすり石 す灰子 り灰 な岩層	山西統 河	系
	石炭紀	上部 下部	珊瑚帶					
生代	泥盆紀	上部 中部 下部		雲南省		泰嶺層群 雲南又ハ曲靖層群 翠峰山層群		
	志留亞紀	上部 中部 下部						
代	奧陶紀	上部 中部 下部	御荷鉢系	朝鮮系	大石灰岩層	寶塔 艾家山頁岩 崑崙山層群 鳥岩鷄岩	荆山系	
	寒武利亞紀	上部 中部 下部	三波川系 別子統 大崩壞統			九龍系 長山系 饅頭頁岩 饅頭頁岩(前=出セリ)		
原	生					震旦系(Sinian)		

代	始原代			又ハ漳沱系
	始生代		摩連沃 天川川 嶺層層 群群群	五臺系(Wutaian) 泰山系(Taischan Complex)

注意、三波川系、御荷鉢系ノ時代ニ就テノ議論區々トシテ決定セズ。又支那ノ太原統ノ時代ハ下部石炭紀ト云フ人モアリ。

102. 帶水層ノ廣袤 帶水層ハ今世界ノ津々浦々ニ擴ガリ、縦ニモ横ニモ非常ナ廣サヲ持ツテ居ル。從テ至ル所鑿井ニ依ツテ充分ナ水ガ得ラレル。斯クシテ得ラレタル水ハ其量ト共ニ質ガ問題トナル。水量ハ豊富デ且ツ良質ノモノデナケレバナラナイ。沖積世ヤ洪積世ノ帶水層ハ豊富デ且ツ良質ノ水ヲ含ンデ居ル。ちろー (v. Tillo) ハ各大陸ノ沖積、洪積及風生地ノ廣サヲ其百分率ヲ以テ次表ノ如ク示シテ居ルガ全地球ノ陸地ノ面積ヲ $1.45 \cdot 10^8$ (秊)² 又ハ全地球表面積 5.1×10^8 (秊)² ノ 28.4 % トスレバ玉石、砂礫及泥土即チ岩石ノ破片ヲ以テ覆ハレテアル地表ノ面積ハ凡テ 17.8 % デ凡ソ全面積ノ 6 割ヲ占メテ居ル勘定デアル。

第四十六表 各大陸ノ帶水層面積ノ百分率

地層	亞細亞 %	歐羅巴 %	北亞米利加 %	南亞米利加 %	亞弗利加 %	濠州 %	全陸地 %
沖積	3	5	1	27	2	—	4.5
洪積	1	36	23	4	—	—	7.1
風生	8	—	—	1	13	19	6.2
計							17.8

上表カラ見レバ最モ大ナル沖積層ハ南米ニ在ルコトガ知ラレル。而シテあ

まごん河ノ沖積層ノ平原ハ其著シイモノデアル。洪積層ノ最モ廣イモノハ北米ノ 2.3 割、歐羅巴ノ 3.6 割ナドガデアル。而シテ地下水ヲ得ルニ最モ必要ナモノハ氷河時代デアルコトガ知ラレル。

103. 不滲透性地層 地下蓄水又ハ地下流水トシテ地中ニ水ガ集ルニハ不滲透性ノ基底又ハ溝渠ガアツテ其地下水ヲ容レ又ハ之ヲ流送シナケレバナラナイ。即チ是等基底ヤ溝壁ガアル爲、地下水ハ更ニ深ク竄入スルヲ妨ゲラレ、所謂容水盤又ハ地下川ナドヲ形クルノデアル。

不滲透性ノ土質ト云フノハ礫母、泥灰、粘土等各地層ニ跨ツテ居ルガ、更ニ又龜裂罅隙ノナイ結晶性ノ水成岩ヤ火成岩ガ之ニ屬シテ居ル。

勿論不滲透性地層ガ滲透性地層ノ上ヲ被覆シテ居ルコトガアル。殊ニ各種ノ粘土ガ静水ノ沈澱ニ依ツテ生ジ、其粒ノ大サハ屢々細菌ノ大サヨリモ小サイ鑛物質分子カラ成リ、細菌ノ侵入ヲ防護シテ居ルカラ、衛生上清醇ナ水ヲ其上ニ保有スルコトガ出來ル。若シ又帶水層ノ被覆トナツテ居ル不滲透性地層ガ非常ニ廣イトキハ其下ニ在ル地下水々位ハ開放的ノ水槽狀カラ變ジテ密封セラレタ壓力的ノモノトナルコトガアル。

一般ニ地下水ノ移動ハ地表ノ溝渠即チ河川等ト同ジク傾斜ヲ持ツテ居ルコトヲ假定シテ居ルガ、然シ地下水々面ト不滲透性基底トガ必ズシモ嚴格ニ平行シテ居ルトハ限ラナイ。蓋シ粘性ヲ有スル水ハ彎管ノ理ニ依ツテ反ツテ高



第八十四圖
容水盤ノ凸凹

不滲透地層ノ凸凹ノ結果トシテ地下容水盤ノ断面ノ變化ガ起ル。極端ナ一例

イ處ニモ吸揚ゲラレ亦再ビ下ルコトモ可能デアル。而カモ容水盤ノ形ハ非常ニ不規則デ、帶水槽ノ厚サハ亦更ニ一定シテ居ラナイ。第八十四圖ハ容水盤ノ凸凹ト地下水位ノ狀態ノ一端ヲ示シタモノデ、

トシテ局部的ニ容水盤ガ深クナツテ居ル所ニ滲透性ノ砂礫ヲ滿タシタれども、ゆるく隧道ノ河谷ニ於テハ厚サ 200 米ノ河砂利ガ堆積シテ居ツタ様ナ場合モアル。

前ニ述ベタ様ニ礫母泥灰及粘土ハ一般ニ不滲透性ノモノデアルケレドモ若シ之ニ 2.5 割乃至 3.0 割ノ砂ガ加ハレバ稍々滲透性ノモノトナル。又厚サ 0.5 米位ノ砂ヲ交ヘナイ礫母モ 20 日乃至 55 日モ水ヲ入レテ置ケバ少シク水ヲ滲透シ、若シ之ニ砂ヲ混ズレバ 28 時間乃至 16 日間デ水ヲ滲透シタト云フ様ナ例モアル。殊ニ帶水層ガ乾燥シタリ又ハ其他ノ地形的變動ニ依リ其上又ハ下ニ在ル不滲透性土壤ニ龜裂ナドヲ生ジテ、之ガ爲ニ其上ノ水ガ浸込デ無クナツタト云フ例モアル。又上部ノ帶水層ハ沮洳地ノ水デ酸性ヲ帶ビ、鐵ヤ滿俺ナドヲ多ク含ンデ居ルニ下部ノ帶水層カラハ清醇ナ水ヲ湧出シテ、11 年間モ下部カラ良水ヲ採ツテ居タモノガ 12 年目カラ悪水ニ變ツタナドト云フ例モアル。斯カル場合ニ若シ泥土ガ其龜裂ヲ塞グコトガアレバ再ビ良水トナルノデアル。

之ニ反シテ滲透性ノ地層ガ粘土ヤ泥土ナドノ填充ニ依リ一種ノ容水盤ニ變ルコトニモアル。例ヘバ砂粒ノ間ニ石灰、鐵又ハ滿俺等ガ入ツテ不滲透性ノ土質トナル如キハ即チ是デ、是等ノ物質ハ砂粒ヤ岩片ナドヲ膠着スル接合劑ノ働キヲ營ム。

多クノ河ノ石灰質ノ砂ハ沈澱シテ屢々不滲透性トナリ、有壓水面ヲ形ツクルコトガアル。又泥土ヲ含ム濁水ガ地表ヲ流レテ居ル場合ニ滲透性ノ部分ニ吸込マレ之ヲ不滲透性ニ化スルコトハ運河ナドニモ其例ガ乏シクナイガ、地下水ノ場合ニモ亦可能デアル。又河ノ洪水ノ際ニハ粘土礫母又ハ腐植土ト云フ様ナモノヲ流シテ濁水トナツテ居ルガ其河底ニ沈澱シタ泥土ハ可ナリ深イ地中ニ浸入スルコトハ想像シ得ラレル。彼ノ上水道ノ緩速濾過池ニセヨ

又ハ急速濾過機ニセヨ、永ク水ヲ濾過スレバ泥土ノ爲ニ砂ノ目ガ詰ツテ水ノ濾過ガ不良ニ陥リ所謂行詰リトナルノ人ノ能ク知ル所デアル。貯水池ノ底ヤ堰堤ヲ設ケタ河底ニモ亦泥土ノ沈澱ニ依リ不滲透性ヲ促進スル結果ヲ生ズル。

104. 階段狀帶水層 帶水層ト不滲透性地層トガ交互ニ重ツテ居レバ此ニ階段狀帶水層トモ名クベキモノガ出來ル。勿論是等ノ帶水層ハ或ハ水理的ニ連絡シテ居ルモノモアリ。又全然相互ニ關係ノナイモノモアル。又階段ノ數モ素ヨリ同一デハナイ。例ヘバ巴里ノ平原ハ五層カラ成ル帶水層ヲ持ツテ居ル。

第四十七表 巴里平原ノ階段狀帶水層

地 層	層 名	厚サ(米)	土 質
第三紀古紀漸新世	Stampien	40—60	ふぉんてんぶら—ノ砂
第三紀古紀始新世	Ludien	10—20	石膏 (Travertin)
〃	Wermélien	15—45	ぼ—しゃんノ砂
〃	Iprésien	35—50	そあっそんノ砂
白 堊 紀	Albien	5—20	綠砂

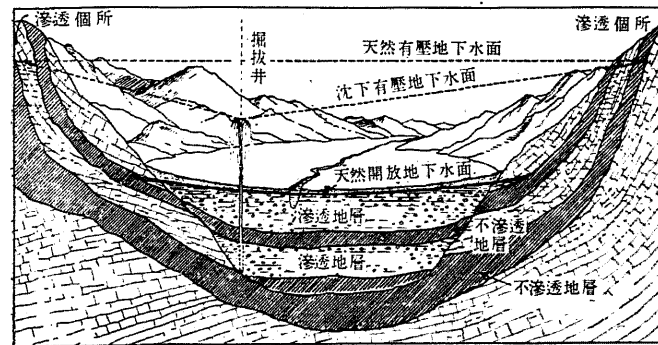
伊太利ぼ—河ノ平原ハ5層ヲ有シ、局部的ニハ尙多クノ階段ヲ持ツテ居ル。北米ニハ帶水層ノ10乃至15階ヲ有スル處ガアル。例ヘバるいじあな州ベ—とん ーぢ (Baton-Rouge) 市ノ地下ハ14層ノ帶水層ヲ有シテ居ル。

各帶水層ハ夫々異ツタ水位ヲ有スル爲メ水理上ノ關係ハ非常ニ複雑ナ許リデナク、水壓モ亦同一デナイコトガ多イ。斯カル場合ハ試錐ニ依ツテ各階ノ水壓ヲ調査スルニハ非常ニ周到ナ注意ヲ要スルノデアル。蓋シ處ニ依ツテハ不良ノ惡水ヲ含ム帶水層モアルコトガアルカラデアル。又他日某階ノ帶水層

カラ良水ヲ吸揚ゲルニシテモ良水ノ部分ニハ孔管ヲ用ヒルガ不良ノ部分ニハ勿論之ヲ設ケテハナラナイ。

第三節 地下水ノ潜在ト其現象

105. 掘抜井ト地下水盆 帶水層ノ中ニ周圍ト底トガ不滲透性ノ土質ヲ以テ圍マレテアレバ一種ノ瀧水池又ハ地下水盆ガ出來ル。地表ノ滲透個所カラ水ガ滲入シテ不滲透質ノ周壁ヲ有スル地下瀧水池ノ上ニモ亦不滲透質ノ被覆層ガアル場合ニハ管内ノ水ガ水壓ヲ有スルガ如ク池内ノ水ハ亦緊張ノ状態ニ置カレテ壓力ヲ持ツテ居ル。斯カル場合ニ若シ不滲透性ノ被覆地層ヲ突抜イテ孔ヲ明ケルナラバ其水壓ニ應ジテ地下水ハ噴出スル。是レ即チ掘抜井戸デ、其地下瀧水池ハ掘抜水盆デアル (第八十五圖)。此種掘抜水盆ハ地球上至ル所

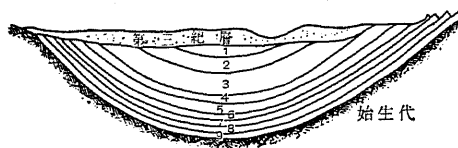


第八十五圖 掘抜井地層斷面圖

ニ在ツテ、地質の新シイ處ニ止マラズ原始山ニモ屢々之ヲ見ル。さばら沙漠ノ深イ地層ニハ亦水量豊富ナ此種ノ地下水盆ガ存在シテ居ル。米國だこた州ハ非常ニ多クノ掘抜井戸ヲ有スルヲ以テ有名デアル。其帶水層ハ白堊紀ノ粗砂カラ成リ、最モ深イ處デ被覆不滲透性地層即チ床盤ノ下凡ソ200米ニ達シ、之ガ段々淺クナツテ池ノ縁ニ連ツテ居ル。現在だこた州ノ掘抜井戸ハ其

數凡ソ400ヲ越エ1日凡ソ60萬立米ノ水ヲ與ヘ、其中最モ豊富ナモノハ毎秒200立突ヲ湧出シテ居ルモノガちゃんばーれーん (Chamberlain) =在ル。各井ノ湧出高ハ床盤ノ上70米乃至110米ノ間=在ル。

掘抜井戸ノ地層ガ規則正シク傾下シテ居ル場合=測斜計ノ類ヲ以テ其傾斜



第八十六圖 わいをみんぐ掘抜井戸地層断面圖

ヲ測ツテ見レバわいをみんぐ (Wioming) ヤだこた (Dacota) ノ大地下潜水池デ若干ノ掘抜井戸ノ地層カラ帯水層ノ傾斜ガ

知ラレル。例ヘバ地平距離100米ヲ隔テ、 h 米丈ケ同一帯水層ノ降下ガアレバ其地層ノ傾斜角 α ハ $\tan^{-1}\left(\frac{h}{100}\right)$ =等シイ。例ヲ擧ゲテ見レバ $h=17.6$ 米ナレバ $\alpha=10^\circ$ デ、 $h=57.7$ 米ナレバ $\alpha=30^\circ$ 、 $h=173.2$ 米ナレバ $\alpha=60^\circ$ 、 $h=373.2$ 米デ $\alpha=75^\circ$ ノ類ガ是デアル。

掘抜井戸ノ水壓又ハ噴出ノ高サハ其滲入水ト噴出點ノ高サノ差=依テ異ナル。從テ周圍ノ高臺ヤ山脈ナドカラ平地=迸出スル掘抜井戸ノ相當=高イ噴出又ハ湧出ヲ見ルコトガアル。

106. 地下流水 滲透性ノ砂礫ガ地中=相當長ク且ツ深ク連續シ、且ツ其周圍=不滲透性ノ周壁ヲ繞ラストキハ地下水ハ此=滯留スベク若シ其溝=傾斜ガアレバ即チ地下流水トナルノデアル。地下流水ハ地表ノ河川ト違ツテ抵抗ガ大キイ爲メ其流速ハ小デ其傾斜又ハ落差ハ著シク大ナルモノガアル。又幅ヤ深サ=就テモ地下流水ハ地表流水ヨリ遙カ=大ナルモノガ多ク、10乃至15 糎以上ノ地下流水ノ幅ハ珍シクナイ。獨逸らいふちっひノ東南なうんほーふ (Naunhof) =於テハ洪積砂利層ノ地下流水カラニノ鑿井デー日8萬立米ノ水ヲ汲揚ゲ、東方うるつゑん (Wurzen) =於テハ他ノ沖積砂利層ノ中カラ

一個ノ鑿井デー日6萬立米ノ揚水ヲシテ居ル。又らいふちっひノ正南微西ニ走ルゑるすた一河 (Erster) ノ沖積砂利層ハ一日1.5萬乃至20萬立米ノ揚水ヲシテ居ル。

第四十八表 地下流水

地下流水	深サ (米)	幅 (糎)
なうんほーふノむるで谷 (Muldetal bei Naunhof)	12-18	4-5
うるつゑんノむるで谷 (Muldetal bei Wurzen)	8-9	4
らいふちっひノゑるすた一谷 (Elstertal bei Leipzig)	5-20	5-6

大牟田市上水道ノ水源ハ熊本縣玉名郡清見村附近ノ洪積紀ノ砂利層ノ中=在ル。玉名郡ノ海岸地方=浦川ト呼バレル溪流ガアリ、荒尾村ノ池黒山=發シテ西流スルコト凡1 糎餘、同村宮内=至ツテ南=折レ、有明村ヲ經テ清里村牛水=至ルマデハ略ボ海岸ト相並ンデ南流シ、之ヨリ更=大體南々東ノ方向ヲ取り、長洲町ト腹赤村トノ界=至ツテ海=入ル。全長8 糎強牛水以北約2 糎ノ間ハ幅約0.5 糎左右平低ノ丘陵ヲ帶ビ牛水=於テ海岸ノ平地=開ケテ居ル。

海岸カラノ距離ハ牛水=於テ約0.7 糎、之ヨリ2 糎以北ノ有明村=於テモ尙約1 糎餘=過ギナイ。牛水附近ノ所謂噴水地ハ一面ノ水田デ之ガ灌溉用トシテ數百ノ掘抜井戸ガアル。其噴出量ハ季節ヤ乾濕=依ツテ大差ナク、大正元年ノ前後=於テ牛水管内=約300 有明管内=約200 合計500 位モアツタ。而シテ是等500ノ噴水量ハ24 時間=約15000 立米=達シタ。此間第三紀層ノ縁邊ハ北方宮内ノ北方カラ東南ヲ指シテ走り、洪積層ハ前記ノ第三紀層ヲ被覆シテ其西縁ハ水島小野ノ西ヲ南=走り、洪積層ノ以西ハ即チ沖積層カ

ヲ成リ有明海ニ迫ツテ細キ帶狀ヲ爲シテ居ル。而シテ三池炭系ノ砂利又ハ礫層ハ深層ノ帶水層デ所謂階段狀ヲ爲シテ居リ、深サ 40 米内外デ掘抜井ニ依リ灌溉ニ供セラレル砂利層ハ即チ淺層ノ帶水層ヲ爲シテ居ル。浦川低地ノ勾配ハ此ヨリ南ニ向テ低下シ平均 1/1000 内外ノ傾斜ヲ爲シテ居ル。地下流水ハ即チ此傾斜シタ帶水層ノ間ニ存在シテ、現在ニ於テハ六個ノ鑿井ニ依リ大牟田市ノ工業都市ニ給水シテ遺憾ガナイ。

熊本市上水道ノ水源八景宮附近モ亦豊富ナ水量ヲ有スル斷層地域デ清澄ナ源泉ノ水ガ滾々トシテ湧出シテ居ル。亦地下水ノ賜デアル。

第四節 地下水ノ測定

107. 地下水ノ模索 地下水ガ源泉トナツテ迸出テ居ルナラバ之ヲ探索スルコトハ容易デアルガ、若シ其見エヌ場合ニハ地表ニ現ハレテ居ル各種ノ象徴ヲ觀テ地中ノ帶水層又ハ地下流水ナドヲ模索シナケレバナラナイ。

地下水ノ模索ニハ先ヅ土地ノ乾濕ヲ知ルコトヲ要スル。土地ニ生長シテ居ル植物ガ濕地ヲ求ムルモノデアルカ、又ハ乾地ヲ好ムモノデアルカ、河川、池塘、湖沼等ノ氷結シタ所ニ雪解ガアル地點又ハ地表ガ雪ヲ以テ覆ハレテアル所ニ雪解ノ個所ガ存在スルコト、就中溝渠、池隴等ノ表面ニ鐵分ノ分離シテ居ルコトガアレバ深處ノ地下水ガ亦鐵分ヲ含ンデ地表ニ近ク逸出シ來テ居ルヲ示シテ居ル。此種鐵分ノ沈澱ハ一種ノ異色ノ皮ヲ形クリ、地表水ノ表面ニ浮ンデ居ル。

地表ガ乾イテ居ルナラバ地中ノ滲透性ガ大デ地下水面ガ深い處ニ在ルコトガ多い。若シ又地表ガ濕潤ナラバ地下水位ガ高クテ其水面ガ地面ニ近イカ、又ハ難滲透性ノ土質デ雨雪ノ滲透ガ困難ナ爲デアル。即チ表土ノ乾濕ハ地中ノ水理關係ヲト知セシメル標準トナル。勿論地形圖、水理圖ヤ地質圖ヲ本ト

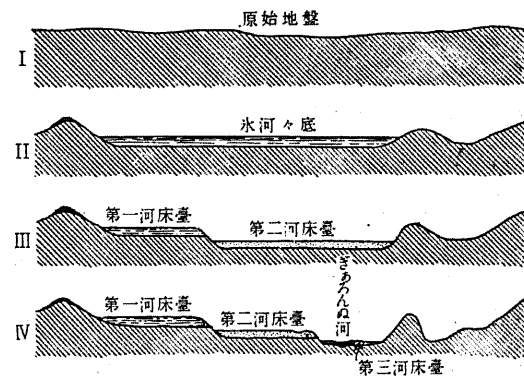
シテ地下水ノ状態ヲ推定シ得ル場合ガ多い。

河川ノ沈澱ガ谿谷ヲ埋メテ所謂現在ノ沖積層ノ谷ガ出來、地下ノ規則正シイ構造ヲ想定スルコトガ出來レバ地下水ノ存在スル最モ有力ナ證據デアル。此理由カラ谿谷ノ構造ハ地下水ニ關スル限リ水理豫備調査ノ出發點ヲ爲シテ居ル。然シ谿谷ハ凡テ其構造ガ目ニ見エルトハ限ラナイ。流水等ノ沈澱カラ成ル地層ガ或ハ洗流サレテ他ノ方面ニ移動シ、或ハ河床ナドモ消滅シテ居ルコトガ素ヨリ少クナイ。

氷河ノ沈澱層ノ中ニ河川ノ水路が見出サレタリ、又ハ河筋ノ移動シタ跡ナドハ至ル處ニ見ラレル。舊河數ハ試錐ヤ其他ノ方法デ容易ニ之ヲ知ルコトガ出來ル。

時トシテ氷河ナドノ爲ニ廣イ河數ガ出來テ、此ニ沈澱ガ積リ河床段丘トナリ、更ニ低い處ニ第二第三ノ河床段丘ヲ生ズルコトガアル。即チ河床段丘ハ古代谿谷地ノ遺跡デアル。今日ニ於テハ洪水ノ氾濫ヲ免レ、飲料水ヲ得ルニ最モ適シテ居ル。まんどる (Mandoul) ノ説ニ從ヘバざろんぬ河ノとるーす (Toulouse) 附

近ハ立派ナ河床段丘ヲ成シテ居ル。例ヘバ第八十七圖ノ I ハ第三紀層カラ成ル原始地盤ノ高臺デ、II ハ氷河ノ河床、III ハ水量ノ減退後ニ河床段丘又ハ河床臺トナ



第八十七圖 河床段丘

ツテ残り、河床ノ浸蝕ガ進ム。而シテ III カラ IV ニ懸ケテ河床臺ハ第一

第二第三ノ三トナツテぎ、ろんぬ川ガ其間ヲ流レ、以上ノ河床臺ハとゞ一る一す市ノ水源トナツテ居ル。

又河床段丘ガ可ナリ高サノ異ツタ處ニ在ル例モ少クナク、更ニ又最モ高イ河床段丘ハ礫ヨリ成リ、中河床段丘ハ稍々粗粒デ、低河床臺ハ最モ細粒ノモノカラ成ツテ居ル例モアル。又河床臺ガ可ナリ遠ク數軒モ離レテ居ル處モアル。

洪積紀ノ河床臺ハ其經過年代ガ古イ丈ケニ其成層ガ屢々不規則デ、其滲透性モ不同デアアルガ、沖積紀ノ河床臺ハ層モ規則正シイ。

住宅地ニ掘ツタ井戸ヤ噴井ノドハ之ニ依リテ地下水ノ状態ヲ知ルコトガ出來ル。若シ充分ナ水量ヲ與ヘル井戸ナラバ其附近ノ地中ニハ相當ノ水ヲ貯藏シテ居ルカ又ハ更ニ繼續シテ供給シ得ル湧出量ヲ持ツテ居ルコトヲ示シテ居ル。

時トシテハ井戸ニ漏水ガ起ルコトガアルガ、斯カル場合ニハ地下ニ水ガ不足ナ爲ト云フヨリハ地下水々位ガ高イ時ニ井戸ヲ作ツタ爲ニ其水位ガ下レバ漏水ノ現象ヲ見ルコトガ多イ。即チ此井戸ハ其底ガ淺ク、低下シタ地下水々位ヨリモ高クナレバ濁湯スルノデアアルカラ之ヲ深く掘下ダレバ相當ノ水量ヲ得ラレルコトガ少クナイ。

井戸ノ水位ヲ定メルニハ勿論其自然ノ状態ニ在ルカ又ハ汲揚ゲタ結果人爲的ニ影響ヲ受ケテアルノデアアルカヲ知悉シナケレバナラナイ。一般ニ揚水シタ後ハ相當ノ時間ヲ經過シナケレバ其水位ガ復舊シナイカラ、沈下シタ水位デハ正シイ結果ヲ望マレナイ。井戸ノ水位ヲ確メルニハ附近ニ水準基標ヲ設ケナケレバナラナイ。而シテ此基標ニ對シテ井戸ノ水位ヲ知レバ其昇降ヲ知ルコトガ出來、更ニ水準基標ノ零ト基準面カラノ高サガ知ラレテアレバ井戸ノ絶對水位即チ基準面カラノ高サヲ知ルコトガ出來ル。

以上述べタ様ナ方法デ地下水存在ノ象徴ガ充分デアレバ次ギニ其水理的ノ研究ニ移ラナケレバナラナイ。

108. 自然湧出ノ地下水測定 地下水ガ源泉トナツテ迸出テ居ルカ又ハ目ニハ見エナクモ地表水ヲ涵養シテ其流量ヲ増シテ居ル時ハ其地下水ノ水量ヲ知ルコトハ簡單デアアル。即チ其源泉ナリ又ハ地表流水ナリヲ測定スレバ宜シイ。

如何ニ地下水ガ地表水ヲ涵養シツ、アルカハ無雨ノ時デモ凡ベテノ溪流ヤ河川ガ濁湯セズ其流量ガ絶エナイノデ知ラレル。是レ夏期ナドニヨク見ラレル溪流河川ノ状態デアアル。但シ氷河ヲ水源トスル河ハ夏期融雪ノ爲ニ水量ヲ増スガ如キ場合モアル。彼ノらいん河ノ如キハ即チ是デアアル。

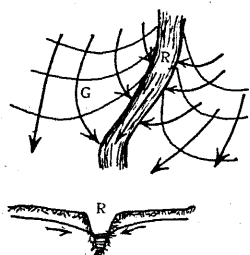
地表水ト地下水ノ關係ハ地表水ガ地下水ニ涵養セラレルカ、又ハ地表水ガ地中ニ滲入シテ地下水トナルカ、又或ハ互ニ相關セザルカノ三者ノ中ニ在ル。今一ノ河ノ一定距離ノ間ニ於テ別ニ支流ガ合流スルモノモナイノニ流量ガ増加シテ居ルナラバ是レ地下水ノ流入ニ歸スベキモノデアアル。之ニ反シテ若シ一定區間ニ河ノ流量ガ減少シテ居ルナラバ蒸發ヤ灌溉引水ナドニ水ヲ使用スル以外ニハ河水ガ地中ニ滲入スルノデナケレバナラヌ。然シ不滲透性ノ溝ニ於テハ一般ニ地表水ト地下水トハ相關セザルヲ常トスル。多クノ場合ニ以上三者ハ一ノ河川ニ共ニ存在シ得ルモノデ、地下水面ノ精密ナ高低ガ解カラナケレバ其關係ヲ知ルコトハ六カシイ。

地下水ノ自然湧出ノ場合ニ其流量ヲ測定スルハ地表水ト同ジク、一定時間ニ容器ニ入ル量ヲ定メタリ、又ハ孔カラ出ル水量ヲ定メタリ、各種ノ缺込カラ流レル水流ヲ定メタリ、或ハ流速計ヲ用ヒテ流量ヲ知ルコトガ出來ル。又大キナ断面ノ流量ハ浮子ヲ用ヒタリ、水面勾配ト均深等ヲ用ヒテ之ヲ測定スルコトガ出來ル。

109. 静止スル地下水ト流ル・地下水 地下水ニハ静止ノ状態ヲ爲シテ居ルモノト流レテ居ルモノトアル。静止スル地下水ノ水面ハ一般ニ水平ヲ爲シ、流レテ居ルモノハ其水面ガ或ル傾斜ヲ保ツテ居ル。

静止シテ居ル地下水ハ之ヲ汲揚ゲレバ涸渴シ易ク、利用ノ道ガ少イ。然シ實際ニハ此種ノ地下水ハ稀デ、之ニ連絡シテ居ル地下流水ガアルカラ、若シ静止シタ地下水カラ水ヲ汲揚ゲレバ之ニ流來ル地下水ガアルコトガ少クナイ。而シテ地下水トシテ利用ノ最モ廣イモノハ流レテ居ル地下水デアラネバナラス。

110. 流ル・地下水ノ水面 大體カラ言ヘバ地下水ノ流レル方向ハ殆ド河川ノ流向ニ等シイノデアアルガ、唯地表水ニ近ヅクトキハ地下水ハ殆ド之ニ直角ノ方向ヲ爲シテ流込ム。第八十八圖中 R ハ



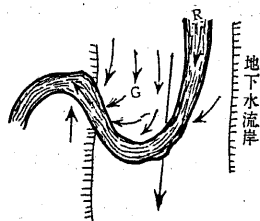
第八十八

河ノ方向ト地下水ノ流向

角ノ方向ヲ爲シテ流込ム。第八十八圖中 R ハ河川ノ方向、G ハ地下水ノ流向ヲ示シ、G ハ地下水ノ高低線ニ直角ノ方向ニ進ンデ居ル。然シナガラ局部的ニハ地下水ノ流向ト河川ノ方向トガ相背反シテ居ル處ガアルコト第八十九圖ノ様ナ場合ガナイデモナイ。是レ河川ハ種々ノ原因カラ其方向ヲ變化シテ紆餘曲折スル場合ガ多イ

カラデアアル。

地下水ノ流向ヲ定メルニハ其水面ノ高低ヲ知ルコトガ最モ必要デ、猶ホ地表水ノ流向ハ地表ノ同高線ヲ基礎トシテ之ヲ知ルコトガ出來ルノト同様デアアル。而シテ水面ノ高低ハ成ルベク廣イ區域ニ亘ツテ地下水々面ノ觀測ヲ繼續スルコトが必要デアアル。ふるしやノ河湖調査局デハ凡



第八十九圖

河ト地下水ノ流向背反

ソ 400 個所ニ於テ每週地下水ノ變化ヲ觀測シテ居リ、ざくせんニ於テモ亦約 400 ノ井戸ニ就テ地質局ノ地下水觀測事業トシテ調査ヲ續行シテ居ル。全獨逸デハ地下水觀測個所ハ數千ニ達シテ居ル。我九州帝國大學河海工學實驗室ニ於テハ工學部及農學部内五個所許ノ井戸ニ就テ地下水々位ヲ自記セシメテ居ル。

若シ河川ノ谿谷ニ適當ナル地下水觀測又ハ自記ノ設備ヲ有スルナラバ治水ノ上ニ非常ナル根據ヲ得ベク、若シ又各地方ノ耕地ニ於テ地下水觀測ヲ行ツテ其水面ノ同水位線ヲ描キ得ルナラバ恰カモ平面圖ノ同高線デ地形ガ解カル様ニ地下水同水位線カラ地下水移動ノ有様ガ容易ニ知ラレ得テ極メテ有益ナ資料ガ得ラレルデアロウ。蓋シ今日ノ凡テノ地表水等ノ調査ハ多ク地表ニ限ラレ、殆ド一方的デ、地下水トノ關係ヲ知ル點ニ於テ缺クル所ガアルカラデアアル。

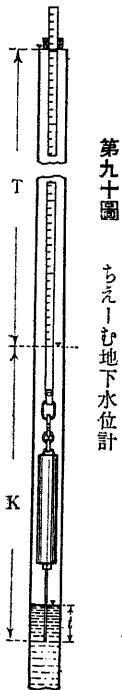
地下水々面ノ高低又ハ傾斜ヲ定メルニハ其地域ニ若干ノ觀測ヲ行フベキ試錐又ハ井戸ノ網ヲ作ツテ其各地點ノ水位ヲ知ラナケレバナラナイ。若シ源泉又ハ其他地下水露出ノ個所ガアレバ是等ヲ參照スルコトハ固ヨリ必要デ、現存ノ井戸ノ水位ヲ觀測スルコトハ亦有力ナ資料ヲ與ヘル。

地下水ノ變化ハ比較的少イケレドモ尙一週間一回ノ水位觀測ハ必要デ、出來ルナラバ毎日ノ觀測ガ最モ精確ナ結果ヲ與ヘル。一ヶ月一回ノ觀測デハ不精確ナルヲ免レナイ。

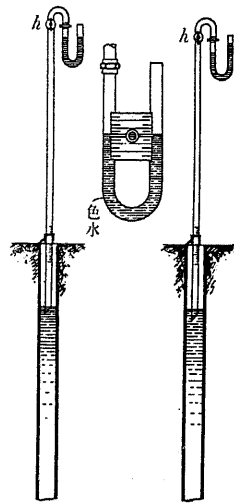
地下水々位ヲ測定スル最モ簡單ナ方法ハ木管、陶管、鐵管、混凝土管等ヲ地中ニ打込ンデ地下水々面ノ下ニ達セシメ、浮子又ハ尺度ヲ用ヒテ水面ノ深サヲ測定スルノニ在ル。徑 2.5 乃至 10 糎位ノ鑄鐵管ハ最モ之ニ適シテ居ル。管ノ下端 75 糎乃至 1.0 米ノ間ハ 0.5 乃至 2 糎位ノ小孔ヲ設ケテ停塵裝置トスル。若シ地中ガ粗粒ノモノカラ成ラバ特別ノ保護ヲシナクトモ小サナ孔ガ

塞ガル懸念ハナイケレドモ、若シ細砂ノ類カラ成ル土質ナラバ細カナ目ノ網ヲ小孔ノ上ニ管ノ周圍ニ捲イテ砂ノ入ルノヲ防ガナクレバナラナイ。又管ノ下端ニモ木製又ハ鐵製ノ栓ヲシテ底カラ砂ノ侵入スルノヲ防グベキデアル。又管ノ上部ハ平時蓋ヲシテ雨水ノ入ラヌ様ニシナケレバナラナイ。

地下水々面ノ深サヲ測ル器械ニらんぐ (Rang) ノ水位計ガアル。其下底ガ水ニ觸レ、バ鳴リ響ク仕掛デ、框ノ周圍ニ捲ク様ニナツテ居ル。更ニ簡單ナモノハ目盛ヲ附シタ鑄鐵棒ヲ鋼卷尺ノ尖端ニ吊ルシ、棒ノ周圍ハ能ク磨イテ白堊ノ類ヲ塗り、水中ニ入ツタ深サガ痕跡ヲ殘ス様ニシテアル。但シ此場合ニハ棒ガ水中ニ入ル爲ニ多少水面ガ高クナルヲ免レナイ。



第九十圖
らんぐ地下水水位計



第九十一圖

きゅなと地下水水位計

備へ、U字管ノ中ニ着色シタ水ヲ満たシ此ニ目盛ヲ附シテアル。U字管ニ

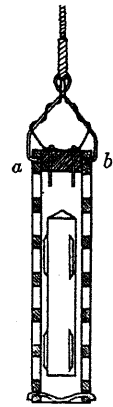
ちえーむ (G. Thiem) ノ考案デハ第九十圖ニ示ス様ニ鋼帶ノ下ニ錘ヲ附ケテ其尖端ニ針ヲ附ケ、針ニハ硫黄えーてるノ中ニ極細イ白堊ヲ流シテ之ヲ塗り、鋼帶ノ深サTト一定ノ下端ノ長サKノ和カラ水ニ入ツタ深サミヲ減少シタモノガ管ノ上端カラノ水深デアル。針ガ細イカラ地下水ノ推上高ガ少ナイ。從テ之カラ起ル誤差ハ少イ勘定デアル。

きゅなと (Kunnath) ノ地下水水位計ハ第九十一圖ニ示スガ如ク、眞鍮管ノ尖端ヲ斜ニ切り、上端ニハ閉閉栓 *h* 及 U字管ヲ

ハ彈條附ノ滑子ト指針トガ附屬シテアル。今此管ヲ井戸ニ浸セバ始メ *h* ヲ開イタ儘デ管ノ下端ガ水ニ浸ル迄 U字管兩脚ノ色水ハ同高デアルガ、管ガ地下水水面ニ達スルヤ否ヤ兩脚ノ色水ノ高サハ異ナリ、水ニ浸ツタ側ノ一脚ノ方が低クナル。是ニ於テ *h* ヲ締メテ管ヲ取出シ、U字管兩脚ノ高サノ差ヲ測レバ地下水々面ノ深サヲ計算スルコトガ出來ル。

すとっかー (Stocker) ノ地下水水位計ハ第九十二圖ニ示スガ如ク輕イ金屬製ノ中空圓筒ヲ孔ノ明イタ器ノ中デ自由ニ浮動シ得ベカラシメテ居ル。全裝置ハ電線デ吊ルシ、之ヲ下ゲレバ中空圓筒ナル浮子ハ水ニ浮ビ、終ニ兩針金 *a* 及 *b* ハ浮子ノ尖端ト接觸シテ其途端ニ電鈴ガ鳴ル仕掛トナツテ居ル。此裝置ニ吊ルシテアル針金ニハ目盛ガ施サレテアル。

著者ガ井戸ニ据付ケテアルモノハ普通ノりしゅーる式自記水位計及中央ニしーめんす式遠方水位計デアル。



第九十二圖

すとっかー地下水水位計

111. 開放地下水面ト有壓地下水面 地下水面ニハ開放的ノモノト有壓的ノモノトノ二種アル。開放地下水面ト云フノハ地表ノ普通ナル水路ノ水面ニ應ズルモノデ、帶水層ガ不滲透地層ヲ以テ覆ハレナイ時ニハ至ル所ニ目撃セラレ、其水面ハ障害ヲ受ケルコトモナク自由ニ進展シ得ルモノデアル。又帶水層ガ不滲透性地層ヲ以テ覆ハレテアツテモ地下水面ガ壓力又ハ水頭ヲ持タナイトキハ同ジク開放水面ト呼ブベキモノデアル。有壓地下水面ト云フノハ密閉水路ヤ管渠ノ水面ニ呼應スルモノデ、壓力又ハ水頭ノ下ニ立ツテ居ル。帶水層ノ上ニ不滲透性ノ被覆層ガアツテ天然ノ地下水面下ニ達シテ居リ、從テ水面ハ或種ノ壓力ノ下ニ在ツテ自由ニ進展シ得ナイ場合ニ有壓水面ガ成立スル。此種ノ地下水ハ凡テノ地層ニ見ラレル。

有壓地下水デ床盤ヨリモ高く自噴スルモノヲ一般ニ掘抜井戸ト呼ンデ居ル

ガ、而カモ地表ヨリ稍々低クマデ地下水ガ上ル場合ニモ亦之ヲ掘抜井戸ト呼ブノガ普通デアアル。地下流水ノ多クハ有壓水デアアル。

然シナガラ前ノ不滲透性ノ處デ述ベタ如ク、砂ト礫母ヲ混合スル比ニ依ツテ或種ノ不滲透性ガ得ラレル。從テ有壓水面モ或程度迄ハ不滲透性ノモノカラ得ラレル。難滲透性ノ細砂ノ様ナモノデモ亦有壓水面ヲ生ズルコトガアル。

開放地下水水面ノ天然ノ状態ヲ知ルハ極メテ容易デアアルガ有壓地下水水面ハ之ヲ知ルコトガ非常ニ困難デアアル。蓋シ有壓地下水水面ハ非常ニ敏感デ其壓力ノ些少ナル變化ニ對シテモ必ず異常ナ影響ヲ見、而カモ其ノ障害ノ場所ガ可ナリ離レテアツテモ之ニ感應スルコト恰カモ鐵管内ノ水ニ似タモノガアル。即チ開放地下水水面ニ於テハ其水面ノ状態ノ變化ハ鈍感ナ地下水量ノ變化ヲ引起スニ過ギナイガ有壓ノ場合ニハ之ニ反シテ水面ノ變化ハ壓力ノ傳播ヲ引起シ、全然力學的ノ分子ノ運動ヲ生ズル。此運動ノ速度ハ水中ニ於ケル音速ニ等シイモノデアアル。

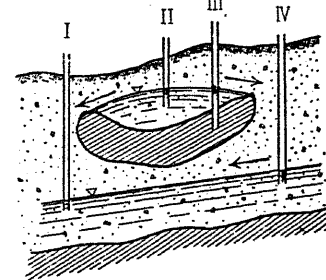
112. 地下水ノ偽水面及狂水面 地下水々面ハ其水ヲ汲揚ゲタリ又ハ貯水ヲシタリスレバ人工的ニ變化ヲ受ケルコトハ屢々見ラレル所デアアル。之ヲ偽水面ト呼ブ。河ノ流レテ居ル地方デハ地下水水位ハ絶エズ其影響ヲ受ケテ居ルカラ、之ニ對シテ地表ノ水位ノ影響絶無ナル地點ヲ見出スコトハ困難デアアル。水利水運ナドノ開ケタ處ヤ農業耕作ノ盛ナ場所ナドデ、運河水閘其他ノ水工々事又ハ灌溉開拓貯水池等ハ孰レモ或程度迄地下水ニ影響ヲ及シテ、從テ其附近ノ地下水々面ハ決シテ天然ノ状態ノモノデナク、所謂偽水面ヲ現ハシテ居ル。又現存ノ井戸ノ如キモ之ヲ汲出サナイ時ニ限ツテ其正シイ地下水々位ヲ示スモノデアアル。若シ井戸ノ水ヲ汲出シテモ短時間ノ後復舊スル水位ヲ有スルナラバ其井戸ハ滲透性ノ地層ニ連絡シテ居ルガ、若シ之ニ反シテ長時間

ヲ經テ漸ク水位ガ恢復スルナラバ難滲透性地層デアル。

又地下水水位觀測用ノ管ノ如キモ果シテ地下水層ト能ク連絡シテ居ルカ否カヲ調査シナケレバナラナイ。即チ管ニ依ツテ地下水ヲ吸揚ゲル代リニ之ニ數リとるノ水ヲ注加シテ直チニ平水ニ復スルナラバ俗ニ之ヲ能ク水ヲ吸フ土質ト云ツテ居ルガ、管ガ滲透性地層ニ連絡シテ居ルコトヲ示シテ居ル。然シ若シ其管内ノ水位復舊ニ永ク時間ガ要カル様ナラバ管ガ滲透地層ニ達シテ居ル證據デアアル。

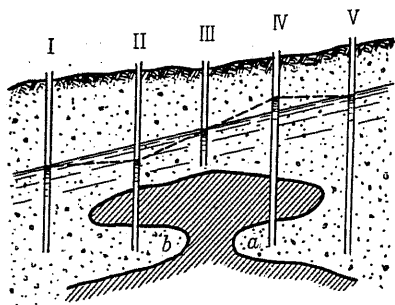
若干ノ滲透層ガ不滲透層ニ依テ交互ニ界セラレ所謂階段狀帶水層ヲ爲シテ居リ、而カモ上ノ帶水層ノ有壓水面ハ下層ノ有壓水面ヨリモ低イ場合ガアル。斯カル際ニハ偽水面ヲ爲スコトガアル。即チ鐵管等ヲ以テ不滲透層ヲ貫ク爲ニ鐵管ト不滲透層ノ間カラ下層ノ水ガ迸出テ局部的ニ上層ノ水面ヲ高クスル。

地中ニ地層ノ變化トカ又ハ配置ノ異狀ナドノ爲ニ地下流ニ對シテ障害ガ存在スルトキハ狂水面ガ表ハレル。例ヘバ第九十三圖ニ於テ滲透地層中ニ不滲透地塊ガ介在シタ様ナ場合ニ井戸 I ト IV トハ地下水ノ眞ノ流向ガ右カラ左ニ向ツテ居ルコトヲ示シテ居ルガ、地塊ノ上ノ井戸 II ト III トハ狂水面ヲ現ハシ、而カモ其流向ハ相反シテ居ル。



第九十三圖 狂水面ノ一

然ルニ第九十四圖ニ示シタ様ナ不滲透性ノ地層ガ配置セラレテアルトキハ I III V ハ實際ノ地下水々面ヲ示シテ居ルガ、IV ハ a ニ於テ地下流水ヲ阻止セラレテアル爲ニ多少有壓トナツテ實際ヨリハ高い水面ヲ呈シ、II ハ之ニ反シテ b ニ於テ壓力ヲ失ツテ居ル爲メ實際ノ水面ヨリハ低クナツテ居



第九十四圖 狂水面ノ二

ル。即チ II ト IV トハ狂水面ヲ爲シテ居ル。

然シ一般ニハ如何ナル障害ガ地中ニ横ツテ如何ナル程度又ハ状態ニ地下水位ノ狂ヒヲ生ジテ居ルカハ精密ナ調査ニ依ラナクレバ之ヲ確定スルコトガ六カシイ場合ガ多イ。

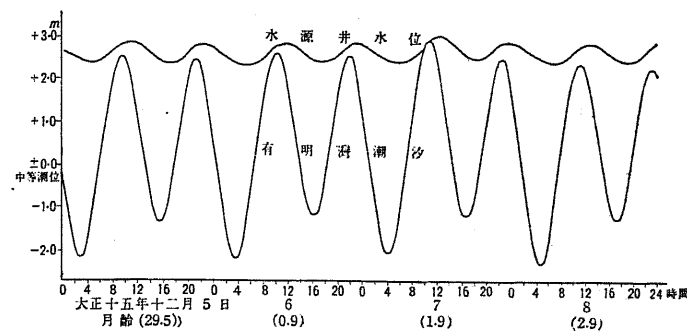
又地中ニ炭酸瓦斯ヤ泥沼氣ナドガ多量ニ存在シテ居ルカ又ハ溶解シタ鹽分ガ多量ニ水中ニ存在シテ居ル時ナドハ比重ノ差異カラ地下水位ニ狂ヲ生ズベキ理窟デアアル。

泥沼氣ハ腐植土汚泥又ハ砂及粘土ノ沈澱ガ水草ヤ水生微生物ノ残骸ト共ニ醱酵シテ生ズル瓦斯デ、沖積層ヤ洪積層ニモ見出サレル。

113. 地下水々位ノ自然變化 地表水ト同ジク地下水ニモ亦其水位ニ變化ガ現ハレル。降水、滲透及蒸發ハ勿論、附近ノ地表水ニ依ツテ影響セラレルコトハ其相互互助ノ關係ニ在ル點カラ之ヲ想像スルコトガ出來ル。地下水々位ノ變化ニハ一日、一年及永期ノモノ並ニ人爲的不規則ノモノトガアル。

降水ノ爲ニ地表水ヲ増シ、更ニ地下水殊ニ井戸ノ水位ヲ高メルコトハ人ノ日常知ツテ居ル所デアアル。然シ降水ガ地表水トナリ、更ニ滲透ニ依ツテ地下水トナル迄ニハ相當ノ時間ヲ要スル爲メ降水曲線又ハ降水高ノ最大ト地下水々位ノ最大トハ多少ノ遅レヲ現ハス。而シテ地下水ノ變化ハ常ニ優容迫ラザルモノガアツテ頗ル緩慢デアアルガ其一日ノ變化ノ現ハレルノハ潮汐干満ト同歩調又ハ之ニ關聯シタ場合デアアル。第九十五圖ハ熊本縣玉名郡清見村大牟田市上水道水源第二號井ノ水位變化ト有明灣ノ潮汐干満トヲ示シタモノデアアル。

此附近ニ於ケル試錐ノ結果ヲ綜合スレバ 106 ニモ述ベタ通り階段狀帶水層ヲ



第九十五圖 大牟田市上水道水源第二號井ノ地下水變化ト潮汐ノ干満

爲シ、灌漑用ニ供セラレル砂利層ハ深サ 35 米内外デ淺イ帶水層ヲ有シ、大牟田市上水道ノ水源ニ充テラレテアル帶水層ハ三池炭炭系ノ第三紀層中ノ礫層ニ屬シテ深サ 150 米内外ニ達シテ居ル。

下部ニハ砂岩頁岩又ハ粘土礫層等ノ不滲透性岩層ヲ有シ、一種ノ有壓地下水ヲ成シテ居リ、前ノ淺イ帶水層ノ間ニ若干ノ滲透性及不滲透性地層ヲ挾ンテ居ル。第二號井ハ海岸カラ一軒許ノ東方ニ在ツテ井側ハ平均海面上 3.412 米、井深舊地盤カラ 85.73 米アリ、下部 24 米ノ部分ニ徑 25.4 種ノ停塵裝置ヲ用ヒ、其他ハ徑 30 種ノ鐵管ヲ用ヒテ居ル。今本井ト潮汐干満ノ關係ヲ觀測シタ結果ヲ綜合スレバ大凡次ノ如クデアアル。

一、本源井ノ水位ハ一日二回ノ規則正シイ昇降ヲ行ヒ、若干ノ遅レヲ以テ有明灣ノ潮汐ニ呼應シテ居ル。

二、源井水位變化ノ全振幅ハ滿月又ハ新月ニ伴ツテ 50 種ニ達スベク、半月ニ於テ 22 種ニ過ギナイ。

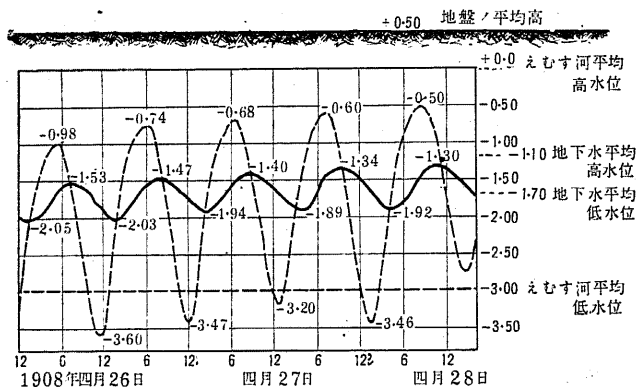
三、源井水位ノ滿潮及干潮ニ遅レテ昇降スル時間ハ 1 時間乃至 3 時間デ一般ニ高水位ヨリモ低水位ノ方ガ多ク遅レル。

四、海面ガ氣壓ニ影響セラレル如ク源井ノ水位モ亦氣壓ノ影響ヲ免レナイ。即チ氣壓5耗ノ急降ニ對シテ水位ニ2糎内外ノ上昇ヲ現ハシテ居ルノヲ見レバ低氣壓ガ急ニ襲來スル様ナ場合ニハ水位ニモ幾分ノ急激ナ變化ガ起ルノデアラウ。然シ氣壓ノ影響ハ海水面及地殻ニ及ンデ居ルカラ、之ヲ取離シテ考ヘルコトハ屢々困難デアルコトガ多イ。

五、氣溫、濕度又ハ飽差ガ氣壓ニ影響アルコト勿論デ、從テ是等ガ直接源井ノ水位ニモ關係ガアルベキデアラウガ其影響ハ恐クハ高次ノモノデアルベク、天氣晴曇ノ影響ハ顯著デナイ。

明治36年三月中ニ約二週間、六月カラ九月中旬迄約3ヶ月半多光太郎博士ハ東京理科大学ノ深井デ水位ヲ觀測シタコトガアル。同深井ハ海面上15米ノ高サノ處ニ在ツテ海岸カラ近1處デ3糎、井深380米、井水面ハ地面下3.2米ノ所ニ在ツテ井戸ニハ徑14糎ノ鐵管ヲ挿込デアツタ。其水位ノ變化ハ一日中ニ亦二個ノ極大ト極小トアリ、全振幅1乃至3糎デアツタ。

第九十六圖ハ獨逸えむでん海關附近ニ於ケル地下水々位ノ變化ト潮汐ノ干

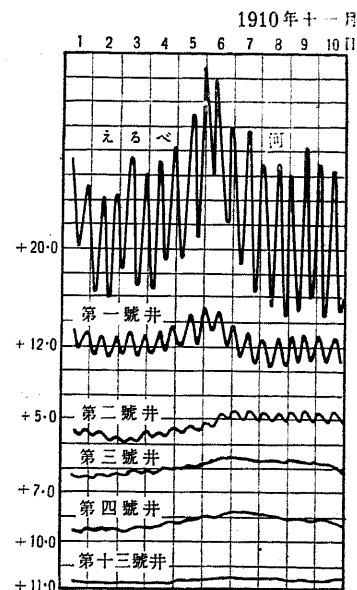


第九十六圖 えむでん海關附近ノ地下水變化及潮汐圖

満ヲ示シタモノデ、地下水ノ高水位及低水位共ニ潮汐ノ高潮低潮ヨリ約2時

間乃至3時間ノ遅レヲ示シテ居ル。

又第九十七圖ハえるべ河ノ潮汐ト河カラ距離0.3糎乃至4.6糎等夫々異なる距離ニアル五個ノ井戸ノ地下水々位ヲ示シタモノデ、河岸カラ0.3糎ノ第一號及1.2糎ノ第二號ノ兩井戸ハ其水位ガ潮汐ノ干満ニ呼應シテ居ルケレドモ1.5糎ノ第三號井戸トナレバ殆ド其水位ノ變化ガ消失シ、之カラ2.75糎ノ第四號井、4.6糎ノ第十三號井ニ至ツテハ僅カニ高低ノ痕跡ヲ認メ得ルニ過ギナイ。此ニハ20.00ハ獨逸ノ水準基面±0.0ノ上20.00米ナルヲ示ス。

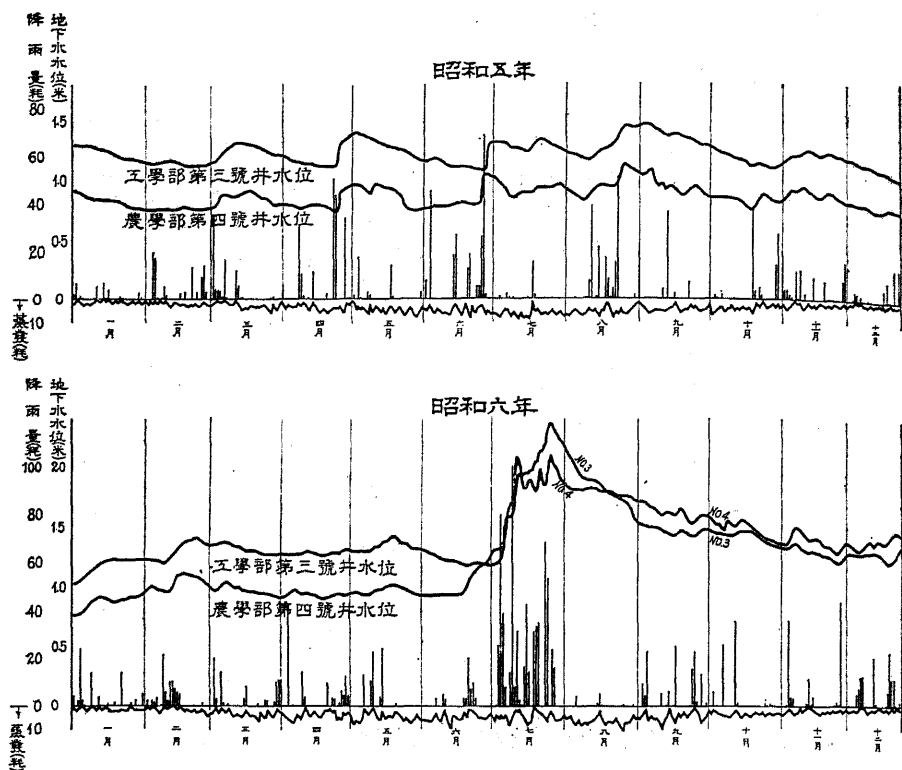


第九十七圖

えるべ河ノ水位ト井戸ノ地下水變化圖

地下水々位ノ日毎ノ變化ハ雨量ノ變化ト關係ガ深イガ尙氣溫ヤ濕度又ハ飽差即チ或溫度ニ於ケル大氣ノ飽和水蒸氣ト實際ノ水蒸氣ノ汽張力ノ差ナドモ亦之ニ影響ヲ持ツテ居ル。第九十八圖ハ九州帝國大學河海工學實驗室ノ觀測資料ニ依ツテ工學部第三號井及農學部第四號井ノ雨量及蒸發量ト地下水位トノ關係ヲ圖示シタモノデアアル。概シテ雨ト地下水ハ數時間ノ遅レヲ以テ現レルガ、地溫ト濕度ト地下水ノ關係ハ顯著デナイ。而シテ若シ附近ニ大キナ河ガアレバ地下水ハ河水ガ高ケレバ之ヨリ涵養セラレ、河水ガ低ケレバ一般ニ之ヲ涵養シテ其相互ノ關係ガ密接デアアル。

地下水々位ノ年毎ノ變化ハ亦雨量、氣溫、濕度等ニ影響セラレテ居ルコトハ言フマデモナイ。



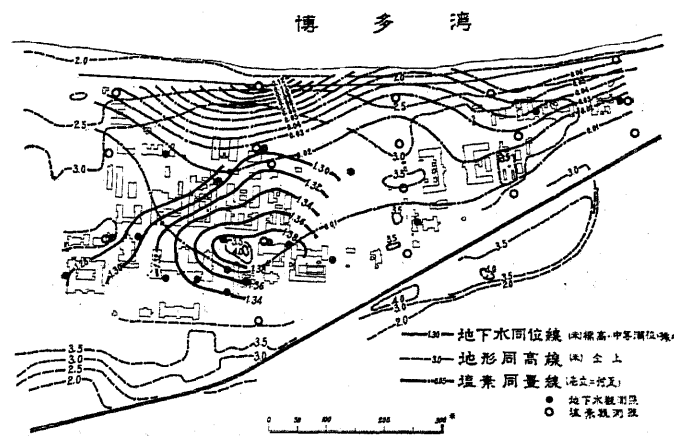
第九十八圖 九大附近地下水水位及雨量氣溫濕度圖

更ニ永期ニ亘ル地下水々位ノ變化ハちえ一むノ研究ニ依レバみんへんノ高臺ニ於テ自然ノ地下水々位ノ變化ハ 24 年乃至 28 年ヲ半週期トシテタービハ最高水位ヲ示シ、一タビハ最低水位ヲ示シタト云ツテ居ルガ、ぶりほくなーノ 35 年ノ永期ノ雨量期トハ頗ル逕底ガアル。

此外埋立ヲシタ爲ニ排水ガ不良ニナリ海岸ノ地下水々位ハ高クナリ、之ガ爲ニ多クノ松ガ枯死シタト云フ事件ガ千代松原ニ起ツタ。即チ昭和六年七月ノ頃カラ沿岸ノ埋立ガ略ボ完成シテ之ニ近イ農學部第四號井戸ノ水位ガ第九十八圖ニ示スガ如ク 60 糎モ高クナツタ。即チ人爲的ニ地下水々位ヲ上昇セ

シメタコトハ確カデ、松樹ノ枯死ハ之ト時ヲ同ジウジテ起ツタ。同八年七月枯死シタ松ヲ掘起シタ處ガ其根端カラ 30 糎内外モ水漬イテ絶息腐朽シテ居ルコトヲ發見シタ。

又埋設鐵管ノ破損ノ爲ニ地中ニ多量ノ水ガ滲透シテ之ガ爲ニ地下水々位ガ高クナルコトモアル。



第九十九圖 地藏松原地形同高線及地下水同水位曲線並鹽素同量線圖

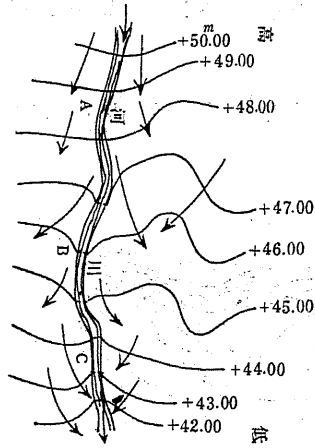
第九十九圖ハ昭和七年七月二十七日ニ於ケル地藏松原附近地形同高線及地下水同水位曲線并ニ鹽素同量線圖デアル。

半島又ハ地峽ナドノ風上ノ海岸デハ地下水ガ風下ノ海岸ヨリモ高イコトガアル。是レ海水面ハ風上ノ方ガ多少高クナリ、從テ地下水ヲ高メテ居ル爲デアル。

一般ニ地下水々位ノ自然變化ノ量ハ 0.5 乃至 1.0 米位ノ程度デアルガ處ニ依リ時ニ從テ此變化量ハ可ナリノ開キガアルモノト考ヘナケレバナラナイ。

114. 地下水同水位曲線ト水面傾斜 或區域内若干地點ノ地下水々面ノ高サヲ測定シ、之ヲ同一ノ基準面ヨリノ高サニ改算シテ後挿入法ニ依リ同一ノ

高サノ點ヲ地圖上ニ結付ケレバ地下水同水位曲線が得ラレル。第百圖ニ示ス



第百圖
地下水同水位曲線

が如ク同水位曲線（勿論何年何月何日ノ現在線）ヲ得ルトキハ之ニ地表ノ河川ノ平面圖ヲ加ヘテ地下水ト河川トノ關係ヲ知ルコトが出來ル。

元來地下水ノ移動ハ地中ノ抵抗ガ同一デアル限り、又ハ特殊ノ障害等ガナイ場合ニハ同水位曲線ニ直角ノ方向ニ於テスルコトハ恰カモ地表ヲ流レル水ガ同高線ニ直角ノ方向ニ於テスルノト全然同一現象デアアル。然シ河川ノ方向ト地下水トノ方向ガ全然無頓着ナルコト A 部ノ如キ

ハ是等兩者ノ間ニ涵養需給ノ關係が無イコトヲ表シテ居ルガ、B 部ニ示スガ如ク同水位曲線ニ直角ナル方向ガ河川ヨリ外ニ向テ居ル場合ハ即チ河川ガ地下水ヲ涵養シテ居ルコトヲ示シ、又 C ニ示スガ如ク直角線ガ河川ニ向フ時ハ地下水ガ河川ヲ涵養シテ居ルコトヲ示シテ居ル。

地下水々位ガ變化スルト共ニ以上述ベタ辰水位曲線ガ變化スルコトハ當然デアアルガ、唯地表水ニ比スレバ其變化ハ非常ニ緩慢デアアルコトガ稍々異ツテ居ル。

地下水ノ同水位曲線が得ラレバ其流レル方向ノ傾斜ヲ定メルコトが出來ル。

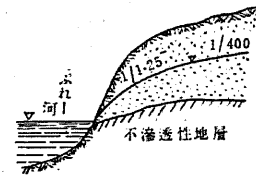
地下水々面ノ天然傾斜ノ方向及傾斜ノ度ハ至ル所異ナルコト恰カモ地表水ノ場合ニ酷似シテ居ル。今二三ノ例ヲ擧ゲテ見レバベリ。附近ノしふれー河ノ沖積地ニおける湖ノ邊デ地下水々面ノ天然傾斜ハ 1 : 390、同ジクのい

ばーんすどるふ (Neu-Bahnsdorf) ノ邊デ 1 : 920、すとらすぶーる (Strasbourg) 附近ノらいんたーる (Rheintal) ノ沖積地デ 1/1700、和蘭ノはーれむ (Harlem) 附近ノ砂丘デ 1/3300 ナドノ觀測ヲサレタ例ガアル。昭和四年 (1929 年) 10 月 7 日我九大河海工學實驗室附近デ測定シタ地下水ノ方向ハ略ホ東西ニ走ツテ其傾斜ノ度ハ凡ソ 1/680 ヲ示シタガ附近ニハ給水ノ井戸ガアル。

之ヲ要スルニ山麓ニ近イ處デ帶水層ノ土砂ノ抵抗ガ多イ處デハ地下水ノ傾斜ハ一般ニ大イガ、河口ニ近イ地域ハ其地下水ノ傾斜ガ小サイ。

地下水々面ノ天然傾斜ハ亦變化スルコトアルハ地下水自身が變化スルト云フ事實カラ想像スルコトが出來ル。此外粗粒滲透性ノ砂利層ノ落込トカ又ハ粘土層ノ混和ノ爲ニ不滲透性ノ度ヲ増ストカ、其外地下水ノ通ル斷面ガ狭クナツタリ又ハ廣クナツタリスルナドノ地下ノ障害ノ爲ニ地下水々位ノ傾斜ガ急ニ變化スルナドハ有リ得ベキコトデアアル。例ヘバまいんつ (Mainz) 附近デ上手ノ方ノ地下水ノ傾斜ハ 1 : 200 乃至 1 : 300 デアルモノガ下手ニ至ツテ其通過斷面積ガ廣クナツタ爲メ 1 : 500 乃至 1 : 300 トナツテ居ルトすむれーかー (Smreker) ガ報ジテ居ル。

又河川ニ近イ地下水ノ水面ハ一般ニ曲線ヲ爲シ其勾配ガ急ニ増シテ居ルヲ常トスル。是勿論地下水ガ河川ニ給水シテ居ル場合デ、河床ニハ泥土ガ堆積シテ難滲透性トナリ、水ノ抵抗ガ大ナル爲メ、其傾斜ガ自ラ増加セザルヲ得ナイ爲デアアル。此現象ハ獨リ河岸ノミニ止ラズ湖沼



第百一圖
しふれー河岸ノ地下水傾斜

ノ沿岸ニ於テモ同一デアアル。びーふけニ從ヘバベリ。附近ノしふれー河岸ニ於テハ第百一圖ニ示スガ如ク、上流ニ於テハ 1/1300 乃至 1 : 400 ト云フ様ナ傾斜ガ地下水ガ河岸ニ近ヅケバ 1 : 1.25 ト云フ急勾配トナツテ居ル。

115. 地下水量ノ測定 地下水量ヲ測定スルニハ各種觀測ノ結果カラ計算ヲ用ヒテ之ヲ定メル間接法ト、實際ニ其流量ヲ測定シテ之ヲ定メル直接法トノ二ノ方法ガアル。

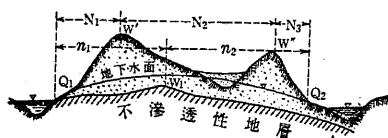
間接法デハ雨量ノ幾割ガ滲透量トナルカラ計算シ、流域ノ廣サヲ定メテ後地下水量ヲ定メルノデアル。直接法デハ天然源泉ノ流量ヤ又ハ試験井ヲ掘ッテ其流量ヲ實測シ、之ニ依ツテ地下水ノ全流量ヲ推定スルノデアル。

116. 地下水量ノ間接測定 地中ノ滲透量ト地下流域ノ廣サガ知ラレバ其流域内ノ地下水量ヲ定メルコトガ出來ル。即チ地中ニ滲透スル水量ハ途中ニ殘ル水ヲ除外シテ滲透シタ雨ハ全部地下水トナルモノト假定シ之ヲ M 、トシ、地下流域ノ廣サヲ F トスレバ地下水量 Q ハ

$$Q = MF \quad [99]$$

デアル。然ルニ實際前ニモ述べタ如ク一流域ノ雨量カラ地中ニ滲透シテ地下水トナル水量ヲ見出スコトハ頗ル難事デアル。

地表ノ水ハ地表ノ分水界ニ依ツテ各流下ノ方向ヲ辿ルノデアルガ、之ト同



第百二圖 地表及地下分水界

様ニ地下水モ亦地下ノ分水界ニ依ツテ其流向ヲ定メル。第百二圖ニ於テ W' 及 W'' ハ地表水ノ分水界デ W_1 ハ地下分水界ヲ表ハス。多クノ地表分水界ハ水準測量ヲ以テ之ヲ定メルコトガ必ズシモ困難デナイガ之ニ反シテ地下分水界ハ之ヲ定メルコト容易デナイ。地質構造ノ研究カラ帶水層ノ形ヤ大サナドヲ知り得ル場合ガ少クナイガ、然シ之トテモ地表ノ地質ノミカラ地中ノ滲透性及不滲透性ノ配置及狀態等ヲ速斷スルコトハ屢々間違ノ本デアル。

兎ニ角斯クノ如クシテ地下容水盤ノ斷面積(流水ノ方向ニ直角ニ) F 及地

下流水ノ流量 Q ガ知ラレ、一ノ平面ト他ノ平面ノ間ニ地下水ノ流レルニ要スル時間ヲ t トシ、二ノ平面間ノ平均距離ヲ s 、地下容水盤ノ空隙率ヲ p トスレバ

$$(1) \quad Qt = Fsp$$

又ハ

$$(2) \quad \frac{Q}{F} = p \frac{s}{t}$$

$s/t = v$ トスレバ v ハ地下流水ノ速度デ、從テ

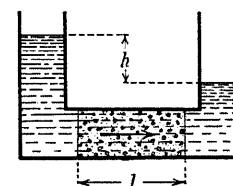
$$Q = Fpv \quad [100]$$

一ノ地下流水ノ斷面積ハ不滲透地層ニ依ツテ圍マレテアル地下溝ノ形ヤ大サヲ知レバ之ヲ知ルコトガ出來ル。此溝ニハ帶水性沈澱物が充滿シテ居ル。地下溝ハ至ル所水密ト云フ譯ニハ行カナイ。或ハ支流モアレバ亦分流モアル。

又場合ニ依ツテハ地下水階段ヲ爲ス處モアル。又斷面ノ中デモ粒ノ大小精疎モアレバ其内部ニ不滲透性ノ部分ノ混入シテ居ルコトモアル。(2) カラ又

$$pv = \frac{Q}{F} \quad [101]$$

pv ナ名ケテ眞流速ト云フ。 Q ト F トガ知ラレバ眞流速ヲ見出スコトガ出來ル。實驗的ニハ第百三圖ニ示ス機ナ濾過層ノ斷面積 F 、長サ l ナル濾過器ヲ作り、其流量 Q ヲ定メレバ Q/F ハ直チニ眞流速又ハ濾速ヲ與ヘル、此場合ニ落差 h ヲ知レバ [81] ニ示シタだるしーノ法則ト同ジク



第百三圖 眞流速ノ測定

$$Q/F = pv = k \cdot h/l \quad [102]$$

此ニ k ハ濾過層ノ性質ニ關スル滲透係數又ハ土質係數ト呼バレルモノデア

ル。[102] カラ更ニ

$$k = \frac{Q}{F} \frac{l}{h} \quad [102']$$

是レ [81'] ト同一ノモノデア。ル。

117. 空隙率及地下流水ノ速度ヨリ地下水量ノ測定 今土砂ノ空隙ニ地下水が充滿シテアルモノト假定スレバ土砂ノ空隙ハ即チ地下水量ニ等シイモノデア。ル。ふりっげ (Flügge)、れんく (Renk)、ゑりっつこーすきー (Welitschkowsky)、をるにー (Wolluy) 等ハ夫々土砂ノ空隙ヲ研究シタガ、殊ニふりっげハ縁ヲ尖ラセテ薄イ厚ミノ真鍮製圓錐容積 400 乃至 500 立糶ノモノヲ輕ク打込シテ成ルベク自然ノ儘ノ地層ヲ掘揚ゲ圓錐ヲ三部ニ分ケテ中央ノ三分一ヲ調査ニ用ヒ、乾燥シタ土ノ目方ヲ秤リ、之ヲ別ニ測ツタ其土ノ比重ヲ除レバ充實シタ容積ガ得ラレ。ル。之ヲ全容積カラ差引イタモノハ即チ空隙デア。ル。天然ノ緊ツタ土ノ空隙ヲ原容積ノ百分率デア。ルハシタモノヲ空隙率トスレバ次ノ如クデア。ル。(第十表参照)

第四十九表 土ノ種類ト空隙率

土ノ種類	空隙率%	實測者
沮洳地ノ土、8割2分ノ有機物ヲ混ジタルモノ	84.0	S hwarz
有機物ヲ混ジタル鹽母	52.7	//
鹽 母	36.2—42.5	Flügge
礫	38.4—40.1	//
砂	35.6—40.8	◇
砂及礫ヲ等量ニ混ジタルモノ	28.1—28.9	◇

土砂ノ空隙率ハ其粒徑ニ依ツテ異ナルコト次表ノ如クデア。ル。但シ配置ガ同一ナラバ空隙率ハ粒徑ニ關セザル筈デア。ル。

第五十表 土ノ粒徑ト空隙率

土ノ種類	粒徑(耗)	空隙率%	
		Renk	Welitschkowsky
細 砂	0.3以下	55.5	41.87
中 砂	0.3—1.0	55.5	40.64
粗 砂	1.0—2.0	37.9	37.38
細 礫	2.0—4.0	37.9	35.47
中 礫	4.0—7.0	37.9	35.93
粗 礫	7.0—20.0	—	35.24

そーいカノ説ニ從ヘバ粒ノ數ハ粒徑ノ 3 乗ニ反比例シ、粒ノ大サガ減少スルト共ニ急ニ増加ス。ル。又びーふけノ報告ニ依レバべるりん附近ノ洪積層カラ見出サレタ玉石ハ凡ソ 2.4 割、銳砂ハ 3.0 割、細砂ハ 3.3 割ノ空隙率ヲ持ツテ居タ。又べるりんノ地下及帶水層ノ平均空隙率ハ 2.5 割ト假定スルコトガ出來ル。

土砂ノ空隙率ガ知ラレ、バ其滲透係數ノ關係ヲ知ルコトガ必要デア。ル。今 d 粒ノ直徑(耗)トスレバすりひたーハ齊一ナ粒ノ純砂ヲ以テ攝氏 10°ノ時 [83] ニ示シタ如ク $k = \alpha d^2$ デアル。空隙率 26 乃至 48 %ニ於テ第三十六表ニ示シタ如ク之ヲ再録スレバ次ノ如クデア。ル。

第五十一表 土砂ノ空隙率ト係數 α (米/秒)

空隙率 P %	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	47
係數 α	0.0009	0.0012	0.0015	0.0019	0.0023	0.0029	0.0031	0.0037	0.0042	0.0052	0.0061	0.0068

即チ土砂ノ資料カラ其粒徑又ハ粒ノ大サガ知ラレ、從テ空隙率ヲ見出シ、更ニ滲透係數 k ヲ知レバ斷面積ト併セテ地下水ノ流量 Q ヲ知り得ル勘定デア。ル。

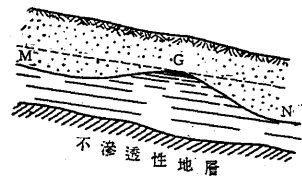
アル。

118. 地下水ノ流速 地下水ノ流量ヲ知ルニハ其不滲透床ノ上ヲ流レル地平ノ方向ニ於ケル其流速ヲ知ラナケレバナラナイ。一般ニ底ノ傾斜ニ從フ縦ノ分速ハ其量ガ少イ爲メ地表水ノ場合ト同ジク之ヲ閑却シテ差支ガナイ。唯地表水ガ地中ニ浸込ニテ滲透ニ移ル場合ノ水ノ流速ハ地表ト地下水ノ間ニ介在シテ居ル地濕帶ニ現ハレル現象デ、縦ノ沈下等トシテ之ヲ考ヘナケレバナラナイ。

土砂ノ毛管力ガ地下水ノ移動ニ働ク程度ハ第五章滲透等ニ述ベタ通りデアアル。

地下水ガ縦ノ方向ニ移動スルトキハ縦ノ流速ヲ得ベク、横ノ方向ニ移動スルモノハ地平ノ流速ヲ生ズル。縦ノ流向ハ地中ニ浸込ム天然ノ降雨ヤ又ハ天然及人工的ニ溜メラレテアル地表水ガ浸潤沈下スル場合ナドニ見ラレルモノデ、最モ多クノ降雨ハ地下水々面ニ達スル迄縦ニ移行スルノハ即チ是デ、主トシテ毛管作用ノ法則ニ從ヒ、其縦ノ流速ハ比較的小サイガ、然シ灌溉地ニ於テ自然ノ氾濫溢潤ヲ行フ場合ヤ、人工的ニ地下水ヲ生ズル爲メ水ヲ溜メル様ナ場合ニハ縦ノ滲透速度ハ著シク大キイ(第五章滲透参照)。

119. 地下水波ニ依ル地下水流速ノ測定 地下水々面ハ屢々波狀ヲ爲ス爲メ之ヲ地下水波ト呼ブコトガ出來ル。地下水波ハ波頂ヲ持ツテ居ルカラ若シ天然又ハ人工的ニ之ヲ生ズル時ハ之ヲ觀測シテ地下水ノ地平流速ヲ知ルコト



第四百圖 地下水波

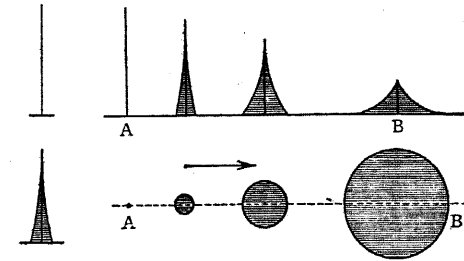
ガ出來ル。今第百四圖ニ示スガ如ク地下水波ガ地中ニ出來テ矢ノ方向ニ移動スルナラバ勿論其場合ニモだるしーノ法則 $u = k \frac{h}{l}$ ガ適用セラレルモノデ、地下水波デモ又ハ地下水面デモ h ハ同一デア

ル。

若干地點デ地下水々面ノ異動ヲ繼續測定スレバ水波ノ通過ガ知ラレ、從テ各地點ノ距離ト併セテ地下水ノ流速ヲ知り得ル理窟デアアル。然シ多クノ場合ニ地下水ノ異動ハ頗ル緩慢デアルカラ波頂ト波谷ノ區別ガ明瞭デナイ場合ガ少クナイ。又此測定ニハ深イ注意ヲ必要トスル譯ハ地下ノ土質ガ全部滲透性デナクシテ、其中ニ不滲透性ノ部分ガ介在シテ居ル様ナ場合ニハ開放水位ガ一部分又時ニ依リ有壓水位トシテ流送セラレルカラ水理上ノ變化ヲ伴フ爲メ獨リ波狀ニ異狀ヲ呈スル許リデナク、其流速自身ニモ差異ヲ起スカラデアアル。

120. 食鹽等ヲ用ヒテ地下水流速ノ測定 天然ノ地下水流速ヲ測定スルニちえーむノ食鹽法ト云フノガアル。今一ノ井戸ノ中ニ食鹽ヲ投ジ、其擴散ニ依ツテ附近ニ鹽分ノ擴ガル狀態ヲ研究スルコトガ出來ル。今第百五圖ニ於テ

井戸 A ヲ始メテ食鹽ヲ投入シタ處トスレバ A ニ於テハ其鹽分ハ最モ大ナル濃度ヲ有シテ居ル。地下水ノ流速ト共ニ益々廣ク鹽分ガ擴ガリ、而かも A ヲ過ゲル流線ノ方



第百五圖 鹽分核ノ移動

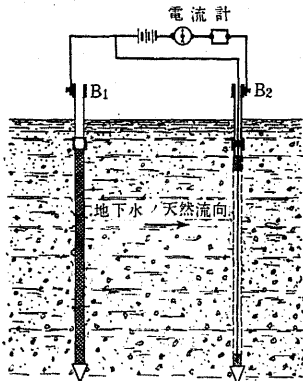
向ニ於テ鹽分ハ他ノ部分ヨリ濃厚デアアル。例ヘバ A カラ B ニ至ル所食鹽核ノ移動ノ速度ハ地下水ノ流速ヲ表ハスノデアアル。

即チ A ニ食鹽ヲ投入シタ後 B ニ於テ水ノ資料ヲ採リテ其鹽分ノ濃度ヲ定メ、最モ大ナル濃度ガ表ハレル時ノ時間ヲ知レバ A カラ B ノ間ニ食鹽核ノ通過ニ要スル時間又ハ流速ヲ定メルコトガ出來ル。

食鹽法デ流速ヲ見出セバ屢々過大ナ結果が見出サレル。例ヘバ 1889 年ぶらっは市ノ水源トシテ地下水ヲ調査シタ時食鹽法ヲ用ヒテ地下水ノ流速毎時 7.0 米乃至 9.75 米ヲ得タガ方ニ一日 168 米乃至 234 米ノ流速ニ相當スル。然シ一般ニ地下水ノ流速ハ一日 3 米乃至 5 米ニ過ギナイノヲ普通トシテ居ルカラ、以上ノ數字ハ餘リニ過大デアアル。

鹽分ノ濃度ハ實際ニ一個ノ最大ヲ有スルノミナラズ、時トシテ三四回ノ最大ヲ現ハスコトサヘ稀デナイ。從テ眞ノ鹽分核即チ尖ノ點ハ果シテ其孰レヲ執ルベキカニ依ツテ速度ノ算定ニ少ナカラザル差異ガ生ズル。

すりひた一ハ食鹽ノ代リニ鹽化あんもにあヲ用ヒタ。即チ第一井戸ノ地下



第百六圖

電流ヲ用フル地下水流速測定装置

水ノ流向ノ中ニ第二井戸ヲ掘リ、是等ヲ B₁ 及 B₂ トシ、B₁ 及 B₂ ヲ電線デ繋イダ。B₁ ニハ眞鍮ノ環ヲ用ヒテ鐵套ト電線ヲ連ネ、B₂ ハ電線ヲ護謨デ絶縁シテアル。B₂ ノ電線ハ電流計ヲ介シテ蓄電池ノ一極ニ繋ギ、他極ハ井戸 B₁ 及 B₂ ノ内部電極ニ繋グ事第百六圖ニ示スガ如クスル。がるばに電流ノ爲ニ B₁ ノ水ハ

分解セラレテ電流計ノ針ヲ動カシ、鹽化あんもにあノ溶液ヲ B₁ ニ投ズレバ良電導體トナツタ水ハ地下水流速ニ從テ B₂ ニ近ヅキ、溶液ノ最大濃度ガ B₂ ヲ過グル時間ガ電流計デ知ラレル。

すりひた一法ハ電流計ノ針ノ動キノ大小ニ依ツテ地中ノ鹽分核ノ前進ヲ容易ニ觀測シ得ル長所ヲ持ツテ居ル。第百七圖ハ米國カリフォルニア州サンガブリエー河 (San Gabriel R.) ノ孟谷デ行ツタ自記電流圖デ實線ハ B₁ 及 B₂

ノ流向ノ中ニ第二井戸ヲ掘リ、是等ヲ B₁ 及 B₂ トシ、B₁ 及 B₂ ヲ電線デ繋イダ。B₁ ニハ眞鍮ノ環ヲ用ヒテ鐵套ト電線ヲ連ネ、B₂ ハ電線ヲ護謨デ絶縁シテアル。B₂ ノ電線ハ電流計ヲ介シテ蓄電池ノ一極ニ繋ギ、他極ハ井戸 B₁ 及 B₂ ノ内部電極ニ繋グ事第百六圖ニ示スガ如クスル。がるばに電流ノ爲ニ B₁ ノ水ハ分解セラレテ電流計ノ針ヲ動カシ、鹽化あんもにあノ溶液ヲ B₁ ニ投ズレバ良電

ノ間ノ電流ノ強サヲ表ハシ、點線ハ B₂ ノ電極ト B₂ ノ井戸側ノ間ノ電流ノ

強サ (あんべあ) デ表ハ

シテ居ル。鹽分核ガ B₂

ヲ通過スル時間ハ點線ノ

反曲點 M ニ應ズル横距

ニ等シク、此經過時間實

ニ 18 時間、B₁ 及 B₂ ノ

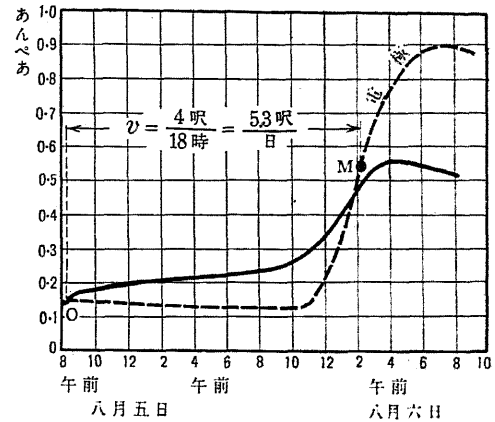
距離ガ 4 呎デアツタカラ

此地點ニ於ケル地下水ノ

流速ハ實ニ一日 5.3 呎又

ハ 1.616 米ニ等シカツ

タ。



第百七圖

さんがぶりー河谷電流ノ強サ(すりひた一ニ據ル)

大體カラ見テすりひた一ノ鹽化あんもにあ法ニモチエ一む食鹽法ト同一ノ缺點ヲ持ツテ居ル。

此外染料過滿俺酸加里ヤ螢光ノ様ナモノヲ用ヒルコトガ出來ル。同様ニ細菌ヲ用ヒルコトモアルガ、孰レモ前ノ方法ニ劣ツテ居ル。罅隙ノ地下流水ニ染斜ヲ用ヒタ例モアル。

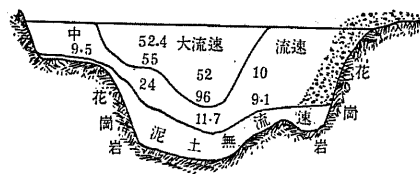
次表ハ天然ノ地下水流速ヲ實測シタ數例ヲ示シタモノデアアル。

地下水ノ断面ノ中デ至ル所流速ノ異ナルノハ猶ホ河川ノ断面内ニ於テ流速ガ各點ニ同一デナイト似テ居リ、而カモ地表水以上ニ異同ガアル。地表水ノ場合ニハ断面ノ一點ニ於ケル流速ハ其周圍ノ水分子ト更ニ遠イ潤潤等ニ影響セラレルケレドモ地下水ノ断面ハ滲透性ノ土砂ノ性質、粒径ノ大小及土砂ト水ノ間ノ粘性等ノ環境ニ支配セラレテ一點カラ他ノ一點ニ至ル所状態ガ異ナリ、其流速ノ如キモ亦決シテ簡單ナモノデハナイ。すりひた一ガもへぶ河

第五十二表 地下水流速表

観測地点	地下水流速米/日	摘要
ごーてんぶるぐ(獨逸)	0.5	
まんはいむ(〃)	1.2-1.6	
ふゆるす(ばいえるん)	1.5	
なうんほーふ (獨逸らいふちひ附近)	2.5	
らいんたーる (佛國すとらすぶーる附近)	3.0-7.8	
きーる(獨逸)	4.7	
からにー(ペーめん)	9.3	地下水波=依ル
ぶるっくりん(米 國)	0.33	すりひたー=據ル
いーすと めどー(米 國)	0.8	
めりっく(〃)	0.95	
もへーぶ(〃)	2.9-15.9	
はーれむノ砂丘(和蘭)	4.5-5.5 米/年	へんにんく=據ル

(Mohave R.) ノ谷デーノ断面内=流速ヲ實測シタ結果=依レバ第百八圖=



第百八圖 もへぶ河ノ谷地下水流速圖

示ス様デアル。之=依レバ最大流速ハ中心=近く、地下水盤ノ縁ノ邊ハ流速ガ小サイ。然シ砂ノ分布ハ決シテ中央部ガ粗デアルトモ限ラナイ

カラ、河川ノ断面内ニ於ケル流速分布トハ頗ル趣ヲ異ニシテ居ル。唯水盤ノ縁邊ハ抵抗ガ多イ爲メ流速ノ少イコト猶河川断面ノ潤周ニ似タモノガアル。以上ノすりひた一法ハち一えねる (Diéner) 法ニ基ヅイタモノデ食鹽法ト同一ノ缺點ヲ持ツテ居ル。

121. 地下流量ノ直接測定 天然源泉ノ湧出量ヲ測定シテ其變化ヲ知ル場

合ニハ利用ノ安全カラ見テ其最小湧出量ヲ定メナケレバナラス。之ガ爲ニハ雨量、氣温、氣濕ナドノ観測ト相俟ツテ數年ニ亘ル湧出量ノ測定ヲ必要トスル。

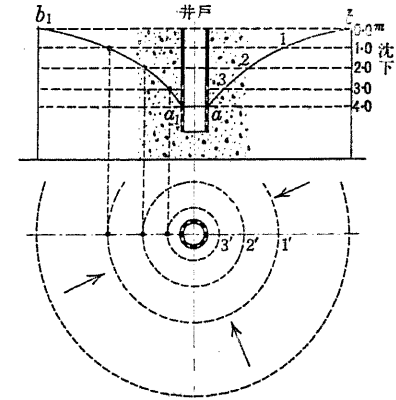
源泉ノ湧出量ヲ直接測定スルニハ水槽溢流等ガ最モ適當ナ方法デ試験井ヲ設ケテ測定ヲ行フノ亦最モ理想的デアル。但シ試験井又ハ源泉ノ湧出量ハ地下湧出量ノ全部デアルカ又ハ一部デアルカヲ知ラナケレバナラナイ。

地下水ヲ汲揚ゲルニハ殆ド除外例ナシニ豎井戸ヲ用ヒ、唯極メテ稀ナ場合ニハ横井戸モ用ヒラレル。

地下水々面ハ開放的デアツテモ又ハ有壓的デアツテモ豎井戸ノ働クハ全ク同一デアル。

今開放的地平水面ヲ持ツタ地下蓄水層ニ豎井戸ヲ掘下ゲテ水ヲ汲揚ゲルモノトスル。水ヲ汲揚ゲルニ從テ、井戸ノ水面ト周圍ノ蓄水層ノ水面ノ間ニハ

第百九圖ニ示スガ如キ傾斜ヲ生ズル。蓄水層ノ水面ニ傾斜ガ現ハレ、バ水ハ低イ方ニ向テ移動ヲ始メル。而シテ井戸ニ最モ近い水分子ガ傾斜ノ爲ニ出來タ平衡ノ障害ノ爲ニ先ヅ井戸ニ向ツテ流れ、此移動ハ次第ニ擴ツテ井戸カラ遠イ水分子ニ波及シ一種ノ波圓ヲ描ケト圖ニ示スガ如クデ、恰カモ水中ニ物ヲ投ゲ



第百九圖 水平地下水蓄水層ニ於ケル井戸

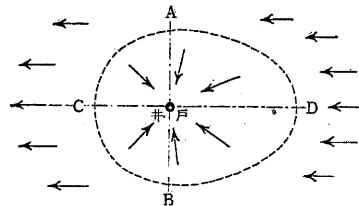
タトキ其一波萬波四方ニ擴ガルト同理デアル。

地下蓄水層ガ圓形デ地平底ヲ有シ、池内ハ齊一ナ滲透性ノモノナラバ池内

ノ水分子ハ皆同時ニ動出シ、各水分子ノ進行徑路ハ池ノ中心ニ向ツテ輻湊スルノデアアル。水分子ノ流速ハ井戸ニ近ヅク程増加シ、井戸ノ周壁ヲ最大値ヲ示ス。而シテ若シ井戸デ汲揚ゲル水量ガ井戸ノ周壁ニ集ル流量ニ等シイナラバ潜水池ニハ平衡ノ状態ガ成立スル。斯クノ如ク元來水平デアツタ地下水ノ水面ハ水ヲ汲揚ゲル爲ニ井戸ノ周圍ニ朝顔ノ花ノ様ナ曲線ヲ爲スノデアアル。

此漏斗狀ノ曲面ノ最深處ハ井戸ノ縁ニ當ル、今井戸ノ豎軸ヲ含ム垂直面ヲ立テレバ此面ト水面トノ交線ハ所謂沈下曲線ト呼バレルモノデ、漏斗狀ノ曲面ヲ沈下漏斗ト呼ブ。沈下漏斗ノ曲面ハ井戸ノ豎軸ヲ軸トシ、沈下曲線ヲ母線トシテ軸ノ周圍ニ回轉シテ生ズル轉生面デアアル。沈下漏斗ト地表トノ交ハル圓ハ即チ影響圈ト呼バレル。

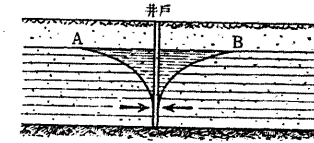
井戸側即チ圓壩ニ向テ集リ流レル水ハ滲透性地層ヲ貫通スル。井戸ノ中心カラ一定半径ノ濾過面ヲ想像スレバ井戸ニ近ヅク程此濾過面積ハ小サナリ、恰カモ其圓ノ半径ニ比例スル圓周ヲ持つタ圓壩面ニ應ズルカラ、井戸ニ近ヅク程流速ハ増加シ從テ、沈下曲線ノ傾斜ハ急トナリ、曲線ハ上方ニ向テ凸出シ、在來ノ地下水地平面ニ漸近線ヲナシテ之ニ接線ノ關係ヲ保ツテ居ル。但シ井戸ノ環境ハ必ズシモ前述ノ通りデナイ許リデナク、水ノ汲揚ナドモ亦間歇的ナ場合ガ多イカラ井戸ト潜水池ノ間ニハ前ニ述ベタ様ナ管單ナ關係ガ成立シナイコトガ多イ。



第百十圖 地下水及井戸平面圖

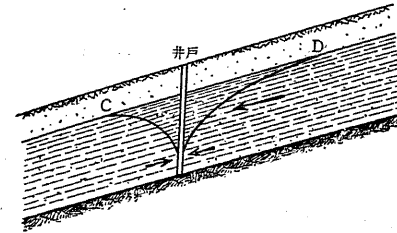
井戸ガ引續イテ湧水スルガ爲ニハ地下水潜水池ニハ他ノ方面カラ相當ニ給水セラレルヲ要スル。傾斜ヲ備ヘタ底ヲ有スル帶水層又ハ地下溝ノ如キハ即チ之デ、地下水ハ靜止シテ居ル代リニ絶エズ地中ヲ流レル所ノ地

下流水トナル。今第百十圖ヲ以テ地下水ノ存在スル地域ニ井戸ヲ掘ツテ揚水シタ平面圖トスレバ其地下水ノ流向ニ直角ニ及ビ之ニ沿ウテ夫々斷面ヲ作レバ AB 及 CD ノ方向トナリ、第



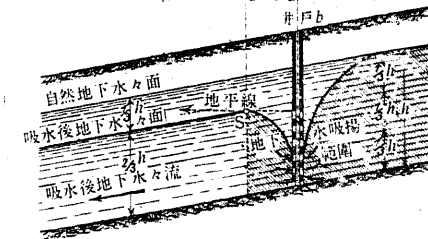
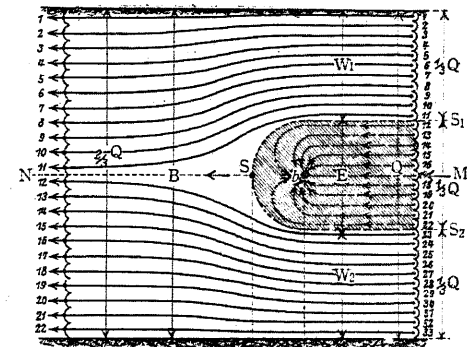
第百十一圖 横斷面 AB

百十一圖及第百十二圖ノ如キ沈下曲線ガ得ラレル。横斷面 AB ニ於テハ天然ノ流向ト吸水流向トハ互ニ直角ヲ爲シ、其沈下曲線ハ恰カモ地下水潜水池ニ於ケルモノト異ナル所ガナイガ、縦斷面 CD ニ於テ



第百十二圖 縦斷面 CD

ハ在來ノ天然流向ト吸水流向トハ上流ニ於テ相重リ、下流ニ於テ相反シテ居ル。從テ上流部ノ沈下曲線ハ昂上シ下流部ハ天然流速ト吸水流速ガ等シイ處ヲ界トシテ曲線ノ傾斜ノ度ヲ異ニシテ居ル。吸水流速ガ天然流速ヨリ大キイ處デハ地下水ハ井戸ニ向テ吸ハレ、其天然流速ヨリ小サイ處デハ下流ニ向テ流レル。此過渡ノ點 S ニ於テ水分子ハ平衡ノ

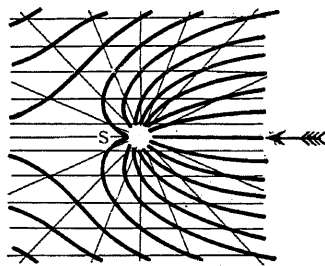


第百十三圖 地下水ノ平面圖及縦斷面圖

状態ニ在ル譯デ、Sヲ下頂點ト呼ブ。

第百十三圖ニ於テBナル幅ノ地下流水ガアリ、其全流量ガQデアルトスル。然ルニ井戸bニ依ツテBノ $\frac{1}{3}$ ニ等シイE丈ケノ幅ノ地下流水即チ $\frac{Q}{3}$ ニ等シイ水ヲ吸揚ゲタトスレバ、揚水後流向ハ多少變ツテ而カモ軸OPニ近イ水ハOPニ近ヅク爲ニ多クノ外レヲ示シ、之ヨリ遠イモノ程流向ノ變化ガ少イ。

下頂點Sヲ過グル半圓ト兩側ニ於テ之ニ接線ヲ爲ス所ノ兩接線ノ間ニ含マレテアル地域ノ水ハ第百十三圖平面圖ノS₁SS₂間ニ含マレテアツテ井戸ニ吸込マレ、其以外ノモノハ下流ニ移動スル。今地下水流速ガ此附近ニ於テ至ル所相等シイモノトシ、S₁SS₂ヲ含ム垂直面ヲ考ヘレバ井戸ニ吸込マレル地下水ノ揚水區域ガ得ラレル。S₁及S₂ノ間ノ距離ヲEトスレバ多少方向ヲ換ヘルW₁及W₂ヲ之ニ加ヘタW₁+W₂+Eナル幅ハ之ヲ影響區域ト呼ブ。揚水區域内デ地下水ハ凡ベテ井戸ニ集マルガ影響區域内ノ水ハ單ニ流向ヲ轉ズルノミデアル。天然ノ地下水流速ガ大ナル程揚水區域ト影響區域ノ差ハ大トナル。此流速ガ0トナレバ兩區域ハ重ナル。



第百十四圖
井戸ノ影響圈ノ水脈圖

揚水シテ居ル井戸ニ流レル水分子ノ經由スル軌跡即チ水脈ハ流速能ノ理ヲ用ヒテ見出スコトガ出來ル。ぼうちし(Baudisch)ノ描イタモノハ第百十四圖ニ示シタ様ナモノデアル。

沈下作用ガ天然地下水々面ニ及ブ限界ハ理論上無窮ノ筈デアルガ、實際ハ其限界ハ有限デガカモ堰水曲線ノ限界ニ似テ居ル。今若干ノ例ニ就テ揚水量、沈下深及揚水區域等ヲ示セバ次ノ如クデアル。

第五十三表 試験井ノ揚水量、沈下深及揚水區域

試験井地名	地層	揚水量 (毎秒りつとる)	沈下深 (米)	揚水幅 (米)	影響區域 (米)	観測者
もっかう(らいぶちひ附近)	洪積層	45.0	4.00	1150	—	A. Gleitsmann
ぶっかれすと	沖積層	38.8	3.40	620	—	N. Cucu
でーべるん	洪積層	15.5	3.24	700	1300	A. Gleitsmann
ぼーぜん	〃	39.2	7.40	1120	—	A. Thiem
ざるつゑでる	〃	37.0	6.55	600	1250	E. Prinz

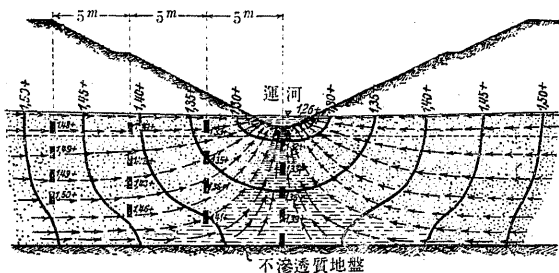
又下表ハ試験井ノ地下水勾配及下頂點ノ距離等ヲ示シタモノデアル。

第五十四表 試験井ノ地下水勾配等

試験井地點	地下水勾配	揚水量 (毎秒りつとる)	揚水中心ヨリ 下頂點ノ距離 (米)	観測者
ぶっかれすと	1:640	38.8	150	N. Cucu
ぼーぜん	1:80	39.2	160	A. Thiem
とりあー	1:1500	34.8	290	C. Wahl
ぐりんま	1:1000	54.0	500	A. Gleitsmann
りゅっけんわで	1:285	43.6	700	E. Prinz
なうんほーふ	1:700 -1:980	350.0	3200	A. Thiem

井戸カラ揚水スレバ地下水ノ水面ニ變化ヲ及ボシ、延イテハ水面ノ傾斜ヲ變化セシメルコトハ既ニ述べタ通りデアルガ、揚水區域内ニ於テハ不透過性ノ下底ニ至ルマデ地下水移動ノ方向ガ此揚水ニ依ツテ左右セラレル。而シテ井戸ノ底部附近デハ地下水ノ流向上方ニ向ツテ居ル。

井戸ノ底ノ下方デモ水ガ静止シナイコトハちえーむガ唱導シタ處デ、べんにく(Pennink)ハ真空測深器ノ助ヲ藉リテ運河ノ地下給水ノ實驗ヲ行ヒ、地下水ノ水壓及方向ヲ調査シタ。即チ第百十五圖ニ示スガ如ク地下水ノ水



第百十五圖 運河附近ノ帯水層ノ等壓線及地下水流向圖

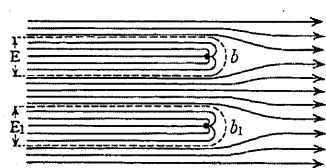
路ハ等壓線=直角ノ方向=進み、而カモ下方カラ上方=向ツテ居ル。観測點右方ノ數字ハ零位=参照シタ水壓(耗)ヲ表ハス。

地下水ガ井戸=吸ハレテ營ム所ノ排水作用ハ地平=行ハレル許リテナク垂直ノ方向=モ水脈ヲ有スルコトハ地球=水ヲ保有スル上=モ非常=意義ガアル。換言スレバ源泉=セヨ又地上ノ水流=セヨ地下水=依ツテ涵養セラレテ居ルモノハ實=井戸ノ排水ヤ揚水ヲ自然化シタモノ=外ナラナイ。

井戸ノ沈下曲線内ノ下頂點ヲ通ジテ中立ノ限界面ガアリ、此面=依ツテ圍マレタ凡テノ水ハ高キモ低キモ皆井戸ノ内=吸込マレル。之ヲちえ=むノ法則ト云フ。

122. 若干ノ豎井戸 一ノ地下流水ノ中=若干ノ豎井戸ヲ竝ベ設ケテ同時ニ揚水ヲ行フトキハ其水ノ移動ト湧出量ハ井戸ノ距離ト地下流水内ノ相互ノ位置=關係スル。

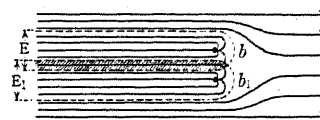
井戸ガ地下流水=直角ノ方向=配置セラレテアルモノトシ、各井戸ノ揚水區域ノ幅ヲ夫々 E 及 E_1 トスレバニノ相隣ル井戸ガ互ニ相影響セザル爲ニ



第百十六圖 二ノ揚水區域ガ隣接スルモノ

其間ノ距離ハ少クモ $E/2 + E_1/2$ ナルコトヲ要スル。即テ多クノ揚水量ヲ得ル爲ニハ第百十六圖ノ如クニツノ揚水區域ノ間=空隙ヲ存シナイコトヲ要シ、若シ第百十七圖ノ如クニノ揚水區域ガ其一部相

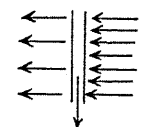
重ナル場合ニハ充分ナ揚水量ガ得ラレナイ。勿論是等ノ場合ニハ井戸ヲ繋グ線ハ地下水ノ方向=直角デアルベク、決シテ其流向=重ナルカ又ハ之=斜デアツテハナラス。然ラザレバ下流ノ井戸ノ湧出量ハ減少スルヲ免レナイ。



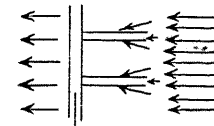
第百十七圖 二ノ揚水區域ガ一部相重ナルモノ

123. 横井戸 地下流水ノ方向=横=井戸ヲ穿ツテ集水スルハ所謂滲透坑、横坑及濾過渠ナド=見ラレル方法デアル。横井戸ハ地下水ノ流向=直角=設クル場合ト之=平行=又ハ斜=之ヲ設ケル場合トアル(第百十八圖乃至第百二十圖)。

豎井戸ハ下頂點ヲ生ジ、下層ヲ除ケバ其揚水區域ノ水ヲ全部捕捉スルコトガ出來ル。横井戸ハ横斷シタ地下流水=下頂點ヲ生ズルコトハナイガ、其上層ノ水ヲ捕捉シ得ルモ下層ノ水ハ殆ド吸揚セラレナイ。但シ横井戸デモ一旦其水ヲ相當ノ處=集メテ之ヲ揚水スルナラバ之ハ豎井戸ノ様ナ働キヲスル。

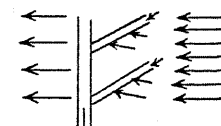


第百十八圖 地下水ノ流向=直角ナル横井戸



第百十九圖 地下水ノ流向=平行ナル横井戸

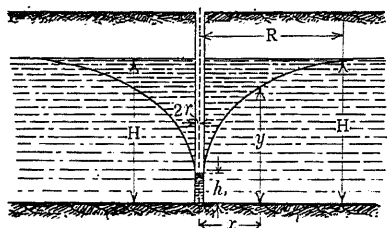
水質ガ不良デアル様ナ化學的理由又ハ其他ノ原因カラ深層ノ水ヲ捕捉セズ單ニ上層ノ地下水ノミヲ採ラントスル様ナ場合ニハ其上層ノ地下流水ヲ横ツテ横井戸ヲ設ク、地下溝ノ縁=於テ揚水スルヲ適當トスル。



第百二十圖 地下水ノ法向=斜ナル横井戸

124. 井戸ノ湧出量 滲透性地層ノ中ヲ地下水ガ流レル場合ニハだるし=法則ガ實用的デ簡單且ツ明瞭デアル。之ニハ開放水面、有壓水面及横井戸ノ場合ヲ考ヘナケレバナラス。

今開放水面ヲ有スル地下水ノ中ニ第二十圖ノ如ク豎井ヲ穿ツタモノト



第二十圖 開放水面ノ豎井戸

スル。簡單ノ爲ニ水面ガ地平デ、不滲透性基底モ亦水面ニ平行ナルモノトシ、地下水ガ井戸ニ入ル抵抗ヲ省略シ得ルモノトスル。Qヲ井戸カラ揚水スル水量（毎秒立米）、Hヲ帯水層ノ厚サ又ハ寧ろ開放水面ノ基底カラノ高サ（米）、hヲ揚水ヲ續ケタ後不滲透基底カラ測ツタ井戸ノ中ノ地下水ノ高サ（米）デ勿論井戸側ノ周圍ニハ多クノ細孔ヲ設ケテ水ヲ吸込ミ得ル様ニシテアル。又 2rヲ井戸ノ内徑（米）、x, yヲ地下水ノ水面中ノ一點ノ横距及縦距、基底及井戸ノ豎軸ヲ夫々横軸及縦軸トシ、井戸ノ底ノ中心ヲ原點トシテ計ツタモノ、kヲ滲透係數、pヲ空隙率トスレバ流速 v（毎秒米）ト水面傾斜 $\frac{dy}{dx}$ ノ間ニハだるしニ從ヒ [102] ノ如ク次ノ關係ガアル。

$$(1) \quad pv = k \frac{dy}{dx}$$

井戸ノ外周 $2\pi xy$ ノ圓周面ヲ通過シテ井戸ニ向フ水量ハ勿論 Qニ等シク

$$(2) \quad Q = 2\pi xyk \frac{dy}{dx}$$

又ハ

$$(3) \quad y dy = \frac{Q}{2\pi k} \frac{dx}{x}$$

之ヲ積分スレバ lnヲなびや對數トシテ

$$(4) \quad \frac{y^2}{2} = \frac{Q}{2\pi k} \ln x + C$$

井戸側ニ於テハ $x=r, y=h$ デアルカラ積分係數 Cハ $h^2/2$ ニ等シク、從テ

$$y^2 = \frac{Q}{\pi k} \ln\left(\frac{x}{r}\right) + h^2 \quad [103]$$

[103] ハ沈下曲線ヲ表ハス等式デアル。沈下曲線ガ元水面ニ接スル點ハ即チ水面ガ元ノ高サトナル處デ原點カラノ距離ヲ Rトスレバ $x=R$ 及 $y=H$ デアツテ、Rハ影響圈ノ半徑ヲ表ハシ

$$Q = \pi k \frac{H^2 - h^2}{\ln \frac{R}{r}} \quad [104]$$

若シ又豎井戸ガ有壓水面ノ場合ナラバ不滲透性地層及水面ガ平行デ且ツ井戸ノ湧水ノ入ル抵抗ガ省略セラ

レ得ルモノトシ、第二十圖ニ示スガ如ク x, y 並ニ R, r, k 及 p 共ニ前ノ場合ト同一ノ符號トシ、不滲透性床盤下ノ帯水層ノ厚サヲ mトシ、Hヲ床盤上地下水ノ元水位（米）、hヲ湧

出量 Qノ時井戸ノ床盤上ノ高サ（米）トスレバ勿論 $pv = k \frac{dy}{dx}$ デ、

$$(5) \quad Q = 2\pi xkm \frac{dy}{dx}$$

之ヲ積分シテ

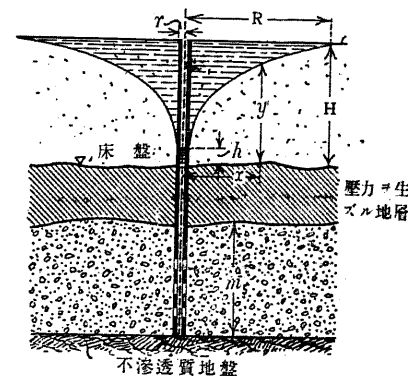
$$(6) \quad y = \frac{Q}{2\pi km} \ln x + C$$

又ハ $x=r$ ナレバ $y=h$ デ、從テ沈下曲線トシテ

$$y = \frac{Q}{2\pi km} \ln \frac{x}{r} + h \quad [105]$$

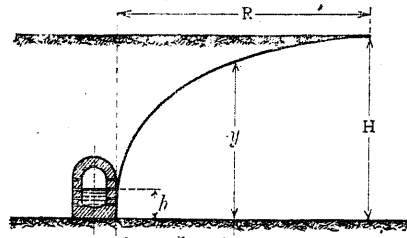
及ビ流量ト水位ノ關係ハ次ノ如ク表ハサレル。

$$Q = 2\pi km \frac{H - h}{\ln \frac{R}{r}} \quad [106]$$



第二十二圖 有壓水面ノ豎井戸

滲透横坑等ノ横井戸ニ依リ地下水ヲ集メル場合ニハ、第百二十三圖ニ示ス



第百二十三圖 横井戸

ガ如ク、 H ヲ帯水層ノ厚サ(米)、 h ヲ横井戸ノ水ノ高サ(米)、 x, y ヲ水面ノ一點ノ横距及縦距(米)、 L ヲ横井戸ノ長サ(米)、 k ヲ滲透係數トスレバ横井戸ノ一側ニ流込ム水量ハ

$$(7) \quad Q = kyL \frac{dy}{dx}$$

從テ

$$(8) \quad \frac{y^2}{2} = \frac{Q}{kL}x + C$$

故ニ亦沈下曲線ヲ表ハス等式ハ

$$y^2 = \frac{2Q}{kL}x + h^2 \quad [107]$$

又ハ流量ト水位ノ關係ハ次ノ如ク表ハサレル。

$$Q = kL \frac{H^2 - h^2}{2\kappa} \quad [108]$$

此ニ横井戸ノ周壁ハ完全ナ滲透性ノモノトスル。若シ又横井戸ノ兩側カラ地下水ガ流込ムナラバ Q ハ二倍トナル。

125. 井戸ノ湧出量ト深サノ關係 開放水面ニ於テ公式 [104] カラ

$$(1) \quad Q = \pi k \frac{H^2 - h^2}{\ln \frac{R}{r}}$$

又ハ

$$h^2 + \frac{\ln \frac{R}{r}}{\pi k} Q - H^2 = 0 \quad [109]$$

是レ井戸ノ水深 h ト湧出量 Q トノ關係ヲ表ハス等式デ、一ノ拋線ヲ爲シテ居ル。今若シ元水面カラ井戸ノ水面マデノ深サヲ η トスレバ勿論 $h = H - \eta$

デ、且ツ $\frac{\ln \frac{R}{r}}{\pi k} = a$ トスレバ [109] カラ

$$(2) \quad (H - \eta)^2 + aQ - H^2 = 0$$

又ハ

$$\eta^2 - 2H\eta + aQ = 0 \quad [109']$$

是レ開放水面カラ井戸ノ水面ノ深サ η ト湧出量 Q トノ關係ヲ表ハス等式デ、[109] ト同ジクノ拋線ヲ爲シテ居ル。[109'] ヲ η = 就テ積分シ之ヲ 0 = 等シカラシメレバ

$$(3) \quad 2\eta - 2H + a \frac{dQ}{d\eta} = 0$$

即チ $\eta = H$ ノ場合ニ Q ハ最大トナル。但シ井戸ノ入口ニ於ケル抵抗ハ考慮セラレテナイケレドモ實際ニ能ク適合シテ居ル。

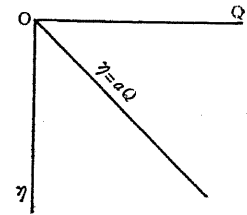
有壓水面ノ場合ニハ [106] カラ

$$(4) \quad Q = 2\pi km \frac{H - h}{\ln \frac{R}{r}}$$

又ハ $\frac{\ln \frac{R}{r}}{2\pi km} = a$ 、且ツ $h = H - \eta$ トスレバ

$$\eta = aQ \quad [110]$$

即チ水面沈下ト湧出量トハ直線ノ關係ヲ保ツテ居ルコト第百二十四圖ニ示スガ如クデアル。勿論井戸ノ周壁ニハ摩擦抵抗ガナク、或ハ地中ノ抵抗ニ對シテハ之ヲ閉却シ得ベキ程度ノモノデナケレバナラヌ。若シ之ヲ閉却シ得ナイトスレバ η ハ湧出カラ來ル沈下ヨリ通過ノ抵抗ヲ差引イタモノデア



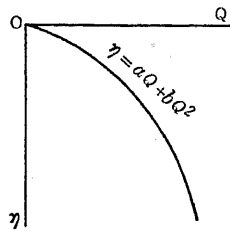
第百二十四圖

水面沈下ト湧出量ノ

ル。此後者ハ湧出量ノ二乗ニ比例スルカラ、 b ヲ他ノ係數トスレバ

$$\eta = aQ + bQ^2 \quad [111]$$

此等式ハ η ト Q = 就テハ亦一ノ拋線ヲ爲シテ居ルコトヲ示ス (第百二十五圖)。

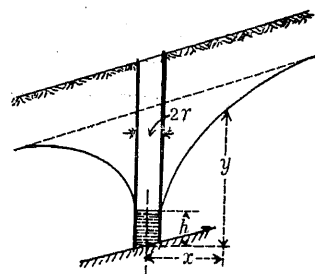


第百二十五圖
水面沈下ト湧出量ノニ

實際井戸ノ揚水量が増セバ水面ノ沈下が多クナリ、水面ハ不透過性地層カラ離レテ有壓水面ガ開放水面ニ變ル場合ガ少クナイ。斯クシテ直線ノ湧出曲線ガ拋線トナル譯デアアル。

126. 沈下曲線 124 ノ公式 [103] ハ開放水面ノ不透過性地層ガ地平ナル場合ノ沈下曲線ヲ表ハシ、井戸ノ中軸ノ周圍ニ同轉シテ生ズル轉生面ハ拋線ノ形ヲ爲シテ居ル。

地下水面ガ傾斜シテ居ルナラバ地下水ノ流向ニ直角ナ方向ニ於ケル断面ノ兩側ニ生ズル沈下曲線ハ對稱的デ兩々相等シク、靜止シタ地下水カラ揚水スル場合ト異ナル所ハナイ。然シ若シ流向ニ断面ヲ作レバ地下水自身ハ流速 v ヲ以テ低イ方ニ流レテ居ルカラ、井戸ノ上流又ハ上手ノ方デハ此流速ノ爲ニ井戸ニ向テ促進セラレル流速ヲ生ズルケレドモ下手ノ方デハ井戸ニ水ガ吸ハレル流速ハ v ト其方向ガ反スル爲メ遅メラレル傾向ヲ有スル。但シ地下水ガ固有ノ流速ヲ持ツテ居ルトモ又ハ之ヲ持ツテ居ラヌトモ井戸ノ湧出量ト水面沈下ノ關係ハ全く同理窟デ、斜座標ヲ用ヒタモノト考ヘルコトガ出來ル。



第百二十六圖
傾斜セル地下水面ノ沈下曲線

水面沈下ノ深サハ揚水量ニ依ツテ異ナル 124 [109] カラ開放水面ニ於テハ

$$(1) \quad \eta^2 - 2H\eta + aQ = 0 \quad a = \frac{\ln \frac{R}{r}}{\pi k}$$

η ハ H ヨリ大ナルコトハナイカラ、負號ヲ用ヒ

$$\eta = H - \sqrt{H^2 - aQ} \quad [112]$$

例ヘバ $R = 1000$ 米、 $r = 0.5$ 米、 $k = 0.002$ 米/秒トスレバ $\ln \frac{1000}{0.5} = 7.60$ 從テ

$$a = \frac{7.60}{3.14 \times 0.002} = 1206$$

$H = 20$ 米、 $Q = 100$ ㇁/秒トスレバ $aQ = 120.6$ 從テ $\sqrt{20^2 - 120.6} = 16.70$

$$\text{故ニ} \quad \eta = 20 - 16.70 = 3.30 \text{ 米}$$

若シ又 $Q = 200$ ㇁/秒トスレバ $aQ = 241.2$ $\sqrt{20^2 - 241.2} = 12.6$ デ $\eta = 20 - 12.6 = 7.4$ 米

即チ揚水量ヲ倍加スレバ沈下ノ深サハ 2.24 倍トナル。

有壓水面ニ於テハ [110] カラ沈下ノ深サハ揚水量ニ比例スルヲ一般ノ原則トスル。

沈下ノ深サハ又帶水層ノ厚サニ依ツテ異ナル。例ヘバ [112] ニ於テ前ト同ジ數字ヲ用ヒ、唯 $H = 40$ 米トスレバ $\sqrt{40^2 - 120.6} = 38.50$ デ 從テ $\eta = 40.0 - 38.50 = 1.50$ 米

即チ帶水層ガ倍加スレバ沈下ハ $1.50/3.30 = 0.45$ デ 4.5 割トナル。

沈下ノ深サハ井戸ノ直径ニ依ツテ異ナル。前例ニ於テ $r = 1.0$ 米トシ他ハ凡ベテ同一ノモノトスレバ $a = \frac{6.91}{0.0063} = 1097$ 、 $aQ = 1097 \times 0.1 = 109.7$ $\sqrt{20^2 - 109.7} = 17.0$ $\eta = 20 - 17.0 = 3.0$

即チ $\eta = 3.30$ 米ニ對シテ井戸ノ徑ガ倍加シタ爲メ沈下ノ深サハ 1 割少クナツタ。

最後ニ沈下ノ深サハ滲透係數 k ニモ關係シテ居ル。例ヘバ $k = 0.001$ 米/秒トスレバ前例ニ於テ $a = \frac{7.60}{3.14 \times 0.001} = 2412$ 、 $aQ = 2412 \times 0.1 = 241.2$ $\sqrt{20^2 - 241.2} = 12.6$ $\eta = 20 - 12.60 = 7.4$ 米

即チ滲透係數が半減シタ爲メ沈下ノ深サハ 2.24 倍トナツタ。

之ヲ要スルニ開放水面ノ場合ニ揚水量ヲ倍加スレバ水面沈下ノ深サハ 2.24 倍トナリ、帶水層ノ厚サヲ倍加スレバ沈下ノ深サハ 4.5 割トナリ、井戸ノ徑ヲ倍加スレバ沈下ノ深サハ 1 割ヲ減ジ、滲透係數が半減スレバ沈下ノ深サハ亦 2.24 倍トナル。有壓水面ノ場合ニハ多少之ト異ナル關係ヲ保ツテ居ル。

127. 井戸ノ直徑ト湧出量 124 [104] カラ

$$(1) \quad Q = \pi k \frac{H^2 - h^2}{\ln \frac{R}{r}}$$

帶水層ノ厚サ H、沈下ノ深サ H - h、影響圏ノ半徑 R、滲透係數 k が凡ベテ相等シイモノトシ、井戸ノ直徑 r ト湧出量 Q トノ關係ヲ見ルニ (1) カラ

$$(2) \quad Q = \frac{\pi k (H^2 - h^2)}{2.3 (\log R - \log r)}$$

$$\frac{\pi k}{2.3} (H^2 - h^2) = A \text{ トスレバ}$$

$$Q = \frac{A}{\log R - \log r} \quad [113]$$

例ヘバ R = 1000 米、r = 0.5 米トスレバ [113] カラ

$$Q = \frac{A}{3 - 0.7 + 1.0} = 0.3 A$$

若シ r = 1.0 米トスレバ

$$Q = \frac{A}{3 - 0.0} = 0.33 A$$

次表ハ井戸ノ直徑ト湧出量ノ比ヲ示シタモノデアアル。

即チ工費ノ點カラ見レバ帶水層ノ土砂ガ餘リ細クナイ限りハ直徑ノ小サイ井戸ノ方ガ推奨スベキモノデアアル。細イ粒ノモノハ井戸ニ入ル水ノ流量ガ餘リ大ナレバ砂ヲ吸ツテ井戸ノ中ニ砂ガ溜ル懸念ガアル。直徑 1.0 米以上ノ大キナ井戸ハ滲透性殊ニ粒ノ大キナ地層中ニ差込ムコトハ困難デ且ツ非常ニ工費ガ嵩ム。通例 200 耗乃至 250 耗 (8 吋乃至 10 吋) ノ直徑ノ鐵管ハ最モ實

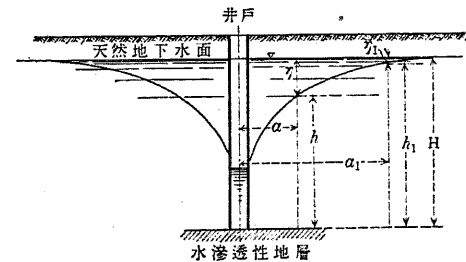
用的デアアル。

第五十五表 井戸ノ直徑ト湧出量 (影響圏ノ半徑ヲ 1000 米トス)

半徑 r (米)	直徑 (米)	log R - log r	$\frac{1}{\log R - \log r}$	湧出量ノ比
0.5	1.0	3.333	0.303	1.00
1	2	3.000	0.330	1.10
2	4	2.700	0.370	1.22
3	6	2.523	0.396	1.31
4	8	2.398	0.417	1.38
5	10	2.301	0.435	1.44
8	16	2.097	0.477	1.57
10	20	2.000	0.500	1.65

128. ちえーむノε法 だるしーノ公式ヲ基礎トシテ天然地層ノ滲透係數

k ヲ定メルちえーむ (Thiem) ノε法ナルモノガアル。



第百二十七圖ニ示スガ如ク井戸デ揚水スル水量ヲ Q トシ、或方向ニ井戸ノ中心カラ a 及 a_1 ナル距離ニ夫

第百二十七圖 開放水面ノちえーむ法

々鐵管ヲ挿入スル。而シテ開放水面ノ場合ニ其水位ノ高サヲ夫々 h 及 h_1 トシ、第一管及第二管ノ沈下深サ夫々 η 及 η_1 トスレバ勿論 h = H - η、h_1 = H - η_1 カラ h 及 h_1 ヲ知ルコトガ出來ル。今一般ニ井戸ノ中心カラ任意ノ横距 x ニ於テ沈下曲線又ハ水面ノ高サ y ハ [103] カラ

$$(1) \quad y^2 = \frac{Q}{\pi k} \ln \frac{x}{r} + h^2$$

又ハ $-\frac{Q}{\pi k} \ln r + h^2 = C$ トスレバ

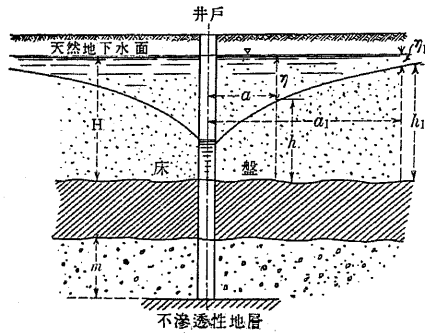
$$y^2 = \frac{Q}{\pi k} \ln x + C \quad [114]$$

x 及 y ノ代リ $= a$ 及 h 竝ニ a_1 及 h_1 ヲ用ヒ、其差ヲ作レバ

$$(2) \quad h_1^2 - h^2 = \frac{Q}{\pi k} (\ln a_1 - \ln a)$$

今若シ透係数 k ノ代リニ單位湧出量 ϵ ヲ用ヒ、更ニ $h_1 - h = \eta - \eta_1$ ヲ用ヒレバ

$$\epsilon = \frac{Q (\ln a_1 - \ln a)}{\pi (h_1 + h) (\eta - \eta_1)} \quad [115]$$



第二百二十八圖 有壓水面ノちえ一む法

$$y = \frac{Q}{2\pi km} \ln x + C_1 \quad [116]$$

又ハ開放水面ノ場合ト同ジク $x = a$ 及 a_1 、 $y = h$ 及 h_1 ヲ用ヒ、其差ヲ作レバ

$$(4) \quad h_1 - h = \frac{Q}{2\pi km} (\ln a_1 - \ln a)$$

又ハ k ノ代リニ ϵ ヲ用ヒレバ

$$\epsilon = \frac{Q (\ln a_1 - \ln a)}{2\pi m (\eta - \eta_1)} \quad [117]$$

以上ノ如クシテ見出シタ ϵ ノ値ハ即チ單位湧出量デ之ニ地下水ノ水面勾配 J ト併セテ試験的ニ管井ヲ挿込タ附近ノ地域ノ平均ノ値ト見做スコトガ出

又ハ有壓水面ノ場合ニハ上部不渗透性床盤面ヲ横軸トシ井戸ノ中軸ヲ縦軸トスレバ

$$(3) \quad y = \frac{Q}{2\pi km} \ln \frac{x}{r} + h$$

$$\text{又ハ } -\frac{Q}{2\pi km} \ln r + h = C_1$$

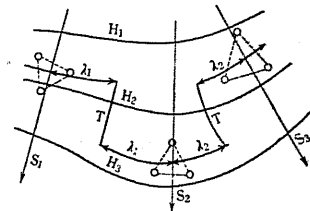
トスレバ

來ル。今此地域ノ地下流水ノ方向ニ直角ナ断面積ヲ f トスレバ此断面デ得テレル總水量 q ハ

$$q = \epsilon f J \quad [118]$$

然ルニ此断面ハ地下水ノ流向ニ直角デナケレバナラナイ。從テ地下水ノ流向ヲ定メルコトハ最モ必要ナ事項デアル。

元來地下水水面ガ或ル小サイ區域ノ範圍内デハ之ヲ平面ト考ヘルコトガ出來ルカラ、其水面上ノ三點ノ高サ(一定ノ基準面ニ参照シタ所ノ)ガ知ラレ、バ其區域ノ同水位曲線ヲ見出スコトガ出來ル。今邊長 50 米乃至 100 米ノ等邊三角形ノ三角點ヲ如上ノ三點トシ此ニ鐵管ヲ挿込デ所謂一種ノ鑽孔ヲ設ケル。此鑽孔三角形ヲ第一群トシテ更ニ他ノ第二群ヲ 500 米乃至 800 米ノ地域ニ設ケ、他ノ第三第四群ヲ設ケル。斯クシテ地下同水位線 H_1 、 H_2 、 H_3 等ガ描カレ、各鑽孔群ノ三角形ノ重心ヲ



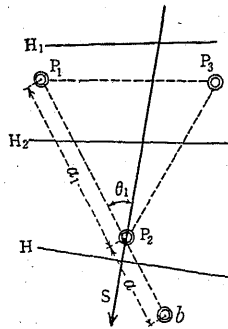
第二百二十九圖 地下同水位線

通シテ前ノ同水位線ニ直角ナル曲線ヲ描ケバ此曲線ハ地下水ノ流向ヲ表ハシテ居ル。此流向ハ同水位線ニ直角デアルカラ一點ニ於テハ直線デアルケレドモ若干ノ

H 線ニ對シテハ全體トシテ曲線ヲ爲スノチ一般トスル。而シテ各鑽孔三角形ノ重心カラ同水位線ヲ描イテ之ヲ λ 線トシ、流向線 T デ第一第二兩群ノ間ニ相等シク λ_1 ヲ切り、同ジク第二第三兩群ノ間ニ λ_2 ヲ切レバ $\lambda_1 + \lambda_2 = l$ ハ中間ノ鑽孔群ノ断面ノ長サヲ表ハス。

水面ノ落差ヲ定メルノハ極メテ簡單デアル。即チ井戸 b ガ現存シテ居ルモノトシ、鑽孔三角形ノ二ノ三角點ヲ結付クル直線ガ b ノ中心ヲ通過スル様ニ

第三百十圖ノ P_1 及 P_2 鑽孔ヲ配置シテ之ニ他ノ P_3 ヲ併セテ同水位線 H_1 、 H_2



第三百十圖

地下水々面ノ落差

及 H_3 等ヲ定メ、從テ P_1 及 P_2 カラ水面勾配 J_1 ヲ得ラレル。直線 $P_1 P_2 b$ ト H 線ニ直角ナル流向線 S トガ爲ス角ヲ θ_1 トスレバ此區域ニ於ケル眞ノ地下水々面勾配ハ $J_0 = J_1 / \cos \theta_1$ カラ見出スコトガ出來ル。

井戸ニ唧筒ヲ据付ケテ其單位湧出量 ϵ ヲ見出スコトガ出來ル。長サ 3 米乃至 5 米ノ停塵器ヲ管井ニ設ケ、毎秒 5 乃至 10 りとるノ揚水ヲ試ミルガ良イ。但シ揚水ハ相當長時間ニ涉ツテ安定状態ニ

達スルマデ繼續シナケレバナラナイカラ電力運轉ノ唧筒ヲ用ヒルガ良イ。管徑ハ 25 乃至 30 耗位ノモノヲ用ヒ、地中ハ全部孔ヲ明ケタモノガ適當デアル。

ε 法ハ天然ノ地層ニ依ルモノデ土ノ試料ヲ持ツテ其粒徑ヤ性質ヲ調査スルモノトハ自ラ異ツテ居ル。ちえ一むハ井戸ノ水面 1 米ヲ沈下セシメルニ要スル揚水々量ヲ其井戸ノ比湧出量ト呼ンダガ ε 法ハ滲透性地層ノ絶對滲透値ヲ用ヒテ比湧出量ノ如キ關係値ニ依ラナイ。又實際ニ試験井ヲ掘下ゲテ其井戸ノ湧出量ヲ調査スルガ如キ多クノ工費ヲ要シナイ。

然シナガラ ε 法ノ誤差ノ起源ニハ理論的ト實際的トノ兩方面ガアル。其理論的方面デハ地下水々面ハ不滲透性基底ト平行デ從テ流下水分子層ハ平行デ且ツ滲透性モ亦一様ナモノト假定シタ公式カラ ε 法ガ生レ出テアルケレドモ以上ノ理論ハ滿サレタトシテモ公式ハ近似的ノモノデアル。又實際的方面カラハ揚水ノ安定状態ニ到達スルコトハ困難デ、而カモ之ニ達スルデナケレバ其觀測ノ結果ハ必ズシモ許容シ得ベキデナイ。殊ニ短時日ノ觀測デハ事實上地下水ノ傾斜ヲ充分精密ニ定メルコトハ屢々不可能デアル。

129. るんめると法 るんめると (Lummert) ハ比湧出量ヲ定メル理窟カラ出發シテ井戸ノ中心カラニノ異ナル距離 a 及 $a_1 =$ 於ケル水面沈下ノ深サ η 及 η_1 ヲ測ラズ、濾罫ナルモノヲ用ヒテ直接沈下ノ深サヲ測リ、之カラ更ニ近似的ニ影響圈ノ大サ又ハ距離ヲ定メタ。

濾罫ト云フノハ徑 17 乃至 20 種ノ井戸側ノ外部ニ特種ノ管ヲ取付ケテ井戸ノ内外ノ水位ヲ測リ得ベカラシメ、之ニ依ツテ井戸ニ水ノ入ル抵抗ヲ知り、更ニ沈下ノ深サヤ影響圈ノ大サ迄ヲ推定シ得ルト云フノデアル。

るんめると法ノ長所ハ一ノ補助鑽孔ヲ節約スルコトガ出來ル點ニ在ル。又其滲透性ノ計算モ簡單デアル。然シるんめると法ハ亦ちえ一む法ノ誤差ヲ伴ツテ居ル。

130. 他ノ地下水論 だるしー以外ノ地下水研究者ニハぬーのちえー (Nourtier)、ぶーしねすく (Boussinesq)、ぼしえー (Pochet) ナドガアル。

ぬーのちえーニ從ヘバ井戸ノ湧出量ハ其直徑ノ自乗根ニ比例シ、亦水面沈下ノ自乗根ニ比例スル。假ヘバ徑 4.0 米ノ一個大井戸ヲ配置スルヨリモ徑 0.4 米ノ小井戸 10 個ヲ用ヒル方ガ有利デアル。何トナレバ今沈下ヲ相等シイモノトシ、大井戸一個ノ湧出量ヲ Q 、小井戸十個ノ湧出量ヲ Q_1 、水面沈下ヲ d トスレバ其湧出量ノ比ハ

$$\frac{Q_1}{Q} = \frac{10 \sqrt{0.4 d}}{\sqrt{4.0 d}} = 3.16$$

即チ 10 個ノ井戸ノ總湧出量ハ一個ノ大井戸ノ 3.16 倍ニ當ル。

又ぬーのちえーハ不滲透層ノ上ニ井戸ヲ設ケタモノトシテ其湧出量ハ帶水層ノ水位ノ高ノ $\frac{3}{2}$ 乗ニ比例シタト云ツテ居ル。

ぶーしねすくハ一ノ帶水層ノ湧出量ハ永イ湯水期ノ間砂丘平野ガ外來ノ熱ヲ享ケズ溫度ガ減少スルト同ジ法則ニ從フコトヲ唱導シタ。

ぼしえノ觀察點ハ主トシテ數學的ニ立脚シ、純理論的ニ地下水ノ現象ヲ取扱ツタ。