

1940—1945

地震學の概観

地震學會編

地球電磁氣學の概観

日本地球電氣磁氣學會編

火山物理學の概観

日本地球物理學會編

日本學術振興會

發行

(1950)

1940-1945

地震學の概觀

地震學會編

地球電磁氣學の概觀

日本地球電氣磁氣學會編

火山物理學の概觀

日本地球物理學會編

日本學術振興會

發行

(1950)

最近(1940—1945)

科學技術史集書

日本機械工業の概観 (日本機械工業 50 年)	日本機械學會編	24 年 3 月 20 日同會發行	1,500 円
電氣工學の概観 (電氣工學年報 21 年版)	電氣學會編	23 年 9 月 1 日同會發行	250 円
物理探鑛調査の概観	物理探鑛技術協會編	24 年 11 月 1 日同會發行	200 円
雪氷學の概観 (雪氷 10 年)	日本雪氷協會編	24 年 4 月 1 日東海書房發行	370 円
金屬學の概観	日本金屬學會編	25 年 1 月 20 日同會發行	400 円
日本鐵鋼技術概観	日本鐵鋼協會編	25 年 3 月 30 日本會發行	650 円
燃料界の概観	燃料協會編	25 年 7 月 30 日本會發行	250 円
土木工學の概観	土木學會編	25 年 12 月 30 日本會發行	850 円
熔接技術の概観	熔接學會編	近刊 本會發行	250 円

文部大臣 天野貞祐殿

日本學術振興會理事長 山崎匡輔

戦争中わが國の科學技術は幾多の國難に遇つたにもかかわらず、それぞれの分野において、たゆまない研究が行われ、いちじるしい發展をとげた。それらの推移は當時の出版界の情況で詳らかにせられないものが多く、これはまさにわが科學技術史上はなほ遺憾なことであつた。しかも、時を経過するにつれて、それらの貴重な資料が散失するおそれがあり、各學會においては、今のうちにこれをまとめて後世に残すべきだということが痛感せられていた。GHQ 科學技術課においても、その必要を考えられ、わが科學涉外連絡會に對し、そのことを希望せられた。ことに、わが理工學關係のものに對する希望が強かつた。幸い文部省は本會に對して昭和 23 年度において編集を完了するように委託せられ、この事業を助成し、ここに各方面の希望が實現するに至つたのである。

本會はその趣旨にかんがみ、直ちに關係 40 學協會の協力を求め、1940 年から 1945 年の間、すなわち戦時中の資料の概観を各學協會において編集せられるように依頼した。各學協會においては、これを諒とせられ、極めて短時日の間に非常な努力を拂つて編集を終了し、本會にその資料を提出せられたのである。本會はここにそれらの學協會に對し深甚な謝意を表するものである。

それらの努力に對しても、この貴重な材料をそのまま退蔵することは何の意味もなく、これを速やかに公刊してこそ、はじめてこの事業の目的が達せられるものと考え、昭和 24 年度から逐次これを公刊する計畫をたて、重ねて文部省に申請したところ、これまた幸に文部省の容るるところとなり、その出版事業に對しても助成せられることになつた。各學協會から提出せられた資料はまことに老大なものであり、この事業を完了するには相當の日時を必要とするが、25 年度においても、助成せられたので、本會は着々この事業の完成に努めている。現在までに公刊せられたものは次のとおりである。

日本機械工業の概観	日本機械學會編
電氣工學の概観	電氣學會編
物理探鑛調査の概観	物理探鑛技術協會編
雪氷學の概観	日本雪氷協會編
金屬學の概観	日本金屬學會編
日本鐵鋼技術概観	日本鐵鋼協會編
燃料界の概観	燃料協會編
熔接技術の概観	熔接學會編
土木工學の概観	土木學會編

そして今ここに、地震學會の編集にかかる地震學の概観、日本地球電氣磁氣學會の編集にかかる地球電氣學の概観、日本地球物理學會の編集にかかる火山物理學の概観を一巻にまとめ公刊することにした。ここに本書を刊行するに當り、重ねて學協會の努力と文部省の好意に感謝し、あわせて文部省に對し、この事業の一部の責任を果したことを報告するものである。

昭和 26 年 1 月 30 日

目次

地震學の概観

緒言

第 I 編 總論	1
第 1 章 序言	1
第 2 章 最近日本及びその附近に起つた大地震とこれに関する調査研究活動	1
第 3 章 地震観測及び研究に関する一般的状況	6
3.1 地震研究に従事した機関	6
3.1.1 各種機関の動静	7
3.2 地震観測所	8
3.3 地震観測と研究結果の發表	14
3.4 學會よりの喪失	14
3.5 刊行圖書	15
第 II 編 實地的部門	17
第 4 章 地震計測學 (その 1)	17
4.1 地震計及びその他の關係機器の研究	17
4.2 地震計に関する理論および實際的研究	18
第 5 章 地震計測學 (その 2)	19
5.1 地震波、地震動の計測的研究	19
5.2 各種地盤上の地震動の計測的研究	20
5.3 餘震の計測的研究	21
5.4 雜録	21
第 6 章 脈動	22
6.1 序論	22
6.2 發生に関する理論	22
6.3 脈動の觀測的研究	22
6.4 觀測器械	23
第 7 章 地震動の尾部	24
第 8 章 野外地震學及び統計地震學	25
8.1 震度に関する研究	25
8.2 地震の大きさ、震源等に関する研究	25
8.3 地震動についての野外地震學的研究	26
8.4 震害に関する研究	26
8.5 構造物の地震動による振動についての研究	28
8.6 地震に伴う諸現象の研究	28
a. 發光現象	28

b. 音響現象.....	28
c. 地下水, 温泉等.....	28
d. 地われ, 山くずれ等.....	29
第 9 章 地震に関連する地球物理学研究.....	29
9.1 測地学的研究.....	29
9.2 地球電磁気学的研究.....	30
第 10 章 歴史地震学.....	30
第 11 章 地質地震学.....	31
第 12 章 津波.....	31
12.1 理論的研究.....	31
12.2 実験的観測的研究.....	33
12.3 その他の研究, 防災處置.....	34
12.4 日本の津波についての記述.....	35
第 III 編 理論的部門	37
第 13 章 序言.....	37
第 14 章 地震計.....	37
14.1 上下動地震計.....	38
第 15 章 弾性静力学.....	39
第 16 章 弾性動力学.....	39
16.1 弾性波発生に関する議論.....	39
16.2 反射屈折.....	40
16.3 表面波.....	40
16.4 異方性物質の取扱い.....	41
16.5 熱應力.....	41
16.6 その他の研究.....	41
第 17 章 波動の傳播.....	42
17.1 幾何光学的研究.....	43
17.2 模型的考察.....	43
17.3 不均質物體.....	43
17.4 粘弾性物質内の波動.....	43
第 18 章 地球の構造.....	44
第 19 章 計算法.....	44
第 IV 編 應用的部門	47
第 20 章 本編において扱う課題.....	47
第 21 章 振動測定.....	47
21.1 地震学者と振動測定.....	47
21.2 ダムの振動測定.....	47
21.3 市電による地面の振動その他.....	48
第 22 章 振動計測用器具.....	48

22.1 地震学者と振動測定器械.....	48
22.2 遠隔記録法.....	48
22.3 記録装置用原動機及び弾性波実験用増幅器.....	49
第 23 章 弾性波探査法.....	50
23.1 取扱いの範圍.....	50
23.2 弾性波探査法.....	50
第 24 章 弾性波に関する実験的研究.....	50
24.1 実験的研究の特徴と目的.....	50
24.2 弾性波による実験—(1).....	51
24.3 弾性波による実験—(2).....	52
第 25 章 雑.....	52
25.1 その他の研究.....	52

地球電磁気学の概観

序文 (日本地球電磁気学会委員長 長谷川萬吉).....	55
第 1 章 地磁気 (編集者 力武常次).....	56
第 1 節 地球永久磁場およびその地方的異常と永年變化.....	56
第 2 節 地磁気の局部異常および火山, 地震活動に伴う地磁気變動.....	56
第 3 節 岩石の磁性.....	59
第 4 節 地磁気の日變化.....	61
第 5 節 地磁気の擾亂磁場.....	62
第 6 節 測定器.....	64
第 7 節 船體磁気.....	65
第 8 節 日食時の地磁気観測.....	65
文献.....	66
第 2 章 電離層 (編集者 米澤利之).....	68
第 1 節 昭和 15 年末までの電離層研究の概観.....	68
第 2 節 電波物理研究所の設立.....	69
第 3 節 戦時中における電離層観測網の消長.....	69
第 4 節 南方派遣観測隊および Tsitsihar 観測隊の功績.....	71
第 5 節 海軍技術研究所における研究.....	72
第 6 節 電波物理研究所における戦時研究.....	73
第 7 節 日食の際の電離層観測とその結果の研究.....	74
第 8 節 電離層に関する地球物理学的研究.....	75
第 9 節 電離層に関する実験的研究 (特に電離層異常反射の研究).....	76
第 10 節 電離層に関する理論的研究.....	77
第 11 節 學術研究會議第 2 研究班の誕生とその活動.....	77
第 12 節 C 層反射に関する研究.....	78
第 13 節 結言.....	78

文 献	79
引用文献	79
第 3 章 宇宙線 (編集者 宮崎友喜雄).....	80
第 1 節 緒 言	80
第 2 節 研究概要	80
1. 宇宙線の實驗的研究	80
a. 宇宙線強度の連續測定およびその地球物理學的研究	80
b. 宇宙線粒子に関する研究	83
2. 宇宙線の理論的研究	84
第 3 節 結 語	85
文 献	85
第 4 章 空中電氣 (編集者 川野實)	86
第 1 節 空中電氣現象と氣象	86
第 2 節 空中電氣現象の高さによる變化	90
第 3 節 雷に関する研究	92
第 5 章 地電流 (編集者 平尾邦雄)	94
第 6 章 夜 光 (編集者 柿岡地磁氣觀測所)	97
編集後記	97

火山物理學の概観

1. 緒 言	101
2. 有珠山の火山活動の研究	102
3. 淺間火山の地球物理學的研究	105
4. 他の 2, 3 の火山についての調査研究	110

地震學の概観

(1940~1945)

地震學會編

緒 言

昭和 23 年終り頃日本學術振興會より、G. H. Q. の指示により戦争中の我國の科學技術史を編纂するよりのことが達せられた。これによつて地震學會も 1940~1945 年の間における地震學の概観をつづることになつた。

資料としては昭和 16 年から 20 年までの間の研究をのせた刊行物、書籍及び學會の通知書を用い更に加えて各大學、學會、關係官廳に地震學會より照會状をおくつて参考事項に関する回答を求め、これに對してよせられた返事を參考とした。(但し回答を與えられたのは中央氣象台及び建築學會のみで、他からは一通の返事もなく、従つて地方及び他の學會、機關等の状況は印刷の進まない折とてほとんど知るすべがなく、やむなく割愛したところが多い)。未發表の研究も多いであろうし、發表されていても集録し得なかつたものなど、我々の力の乏しいために多くの行届かぬところがあると思われ、心に恥じるものである。

仕事の分擔は下記によつた。

第 1 章	佐藤泰夫
第 2 章	村内必典及佐藤泰夫
第 3 章	佐藤泰夫
第 4. 5 章	宮村攝三
第 6. 7 章	池上良平
第 8-11 章	宮村攝三
第 12 章	池上良平
第 13-19 章	佐藤泰夫
第 20-25 章	淺田敏

ただし編集の責任は佐藤にある。各自公務多忙の折とて十分のことはなし得なかつたが、おのおの力をつくして執筆した。

東京大學河角廣教授には何かとお世話になることが多かつたことをあつく感謝する。

文献の欄に用いられている略號は次の通りである。

氣集	氣象集誌
驗震	驗震時報
震研	東京帝國大學地震研究所彙報
談話會	" " 談話會における講演

Bull. E. R. I. Bulletin of the Earthquake Research Institute, Tokyo Imperial University

他の刊行物、學會等は略さないで書いてある。なお、機關名などはいずれも當時の名稱を用いた。たとえば現在の東京大學を東京帝國大學と記載している如きその例である。

昭和 24 年 4 月

佐藤泰夫

第 I 編 總 論

第 1 章 序 言

すべての科學は事實を基礎とする。そのように地震學もまた地震現象の事實を基礎とする。一瞬の間に多大の損失と混亂とをひき起こす地震はその災害が大ききだけ、學問に對する刺激と要求も大きい。かくして地震學の發達は地震、ことに大震災の發生と密接に關係している。實際、濃尾地震・關東地震と大地震をくり返すごとに地震學もまた階段的な進歩をとげて來た。従つて、ここに最近の地震學を述べようとするに當つて、まず最近日本及びその周邊に起つた破壊的又はこれに準ずる地震をあげることが必要となつてくる。このような資料を整備することは、それ自身、地震學における一つの業績であるばかりでなく、後の研究に資するところ少くない。(後述するようにこの仕事は河角廣(東大地震研究所)の多大の勞によつて完成された)。

第 2 章 最近日本及びその附近に起つた大地震とこれに関する調査研究活動

[説明なしに書かれた部分は、發震時(東經 135° の平均太陽時による)、震央の經度・緯度、河角のスケールによる規模 $M^{\text{①}}$ を表わす。]*

(1) 1939, III, 20. 12h 22m. 131°8'E, 32°4'N. $M=V\sim 10^{23}$ エルグ

震央は日向灘北部、四國、中國、九州全體、近畿の一部で有感。宮崎、大分兩縣に被害

(2) 1939, V, 1. 14h 58m. 139°8'E, 39°9'N. $M=VI\sim 10^{24}$ エルグ

(男鹿地震) 秋田縣男鹿半島で特に激しく、東北地方全域、北海道南半及び中部の一部で有感。死 27, 傷 52. 全壊 958, 半壊 1014, 斷層・地汜り・地われ等ができ、鐵道・橋・堤防等も被害あり、全振幅 27 cm の小さな津波が土崎港にあつた。

(3) 1941, IV, 3. 03h 05m. 131°6'E, 34°6'N. $M=V\sim 20^{23}$ エルグ

震央は山口縣阿武郡須佐附近。中國・四國の大部分、九州・近畿の一部で有感。震央附近では強震で被害はわずかであつた。

(4) 1941, V, 6. 01h 18m. 127°04'E, 46°42'N. $M=IV\sim 10^{22}$ エルグ

(滿洲, 綏化) 地震活動の稀な北滿に起つた地震として注目をひき、東大より河角が現地に急行した。地震調査に外國出張は異例のことであろう。滿洲の觀測網からは十分な成果は望めなかつたが、河角の調査が地震の大きさに關する記述と共に残されている。⁽²⁾

(5) 1941, VII, 15. 23h 45m. 138°14'E, 36°42'N. $M=IV\sim 10^{22}$ エルグ

(長野地震) 震央は長野市附近。中部、關東の大部、近畿、東北地方の一部で有感。規模はさほど大きくなかつたが震源が極めて淺く、小地域での震度は極めて大きかつた。長野市東北方の長沼、古里神里、若月、淺川村等は振動激しく、死 5, 重傷 3, 全壊 78, 半壊 237 戸。多數の小餘震があつた。震研より岸上・永田・宮村⁽³⁾らの調査隊が出かけたが、この時行なつた通信調査、統計的調査はこの種の研究のいとぐちとなつた。金井清もこの調査に出張した。

(6) 1941, XI, 19. 01h 41m. 132°4'E, 32°3'N. $M=VI\sim 10^{24}$ エルグ

* 本章はオスロー及び汎太平洋學術會議に呈出した河角の報告によるところ少くない。

震央は日向灘。九州四國全域、中國の大部分近畿の一部で有感。規模は極めて大きく、死者 2, 全壊 27, 小さな津波があつた(第 12 章津波の項参照)。

(7) 1941, XII, 17. 04h 20m. 120°6E, 23°4N.

震央は台灣嘉義附近。規模極めて大きく、嘉義附近に相當の損害があつた。すなわち、全壊 8696, 死傷 1091 にのぼつたが、折から戦争發生直後で、内地からの調査員は一名も派遣されず、川瀬が一人調べに當つた。⁽⁶⁾ 規模は 10 年新竹・台中地震とほぼ同じとみられるが、台灣は日本内地と建物の様式がちがうため、震度の判定、内地の地震との比較には注意が必要であろう。計測學的被害調査は文献にくわしい。

(8) 1943, III, 4. 19h 43 m. 134°2E, 35°6N. M=IV~10²² エルグ

震央は鳥取縣賀露附近。

(9) 1943, III, 5. 04h 50m, 139°2E, 35°6N. M=IV~10²² エルグ

震央は同縣濱村沖。兩者とも中國・四國・近畿の全域、中部・九州・關東の一部で有感。震央附近では強震。被害は兩方で傷 11, 全壊 69, 半壊 594。震研の表俊一郎⁽⁹⁾は 6 日夕刻鳥取着數日間調査した。震害の程度、地形變形の有無等の外に、調査表により地震現象全般の調査をした。發光現象については、地震そのものに關係する發光現象の存在を疑ふ餘地がないという。西毛品夫(西郷測候所)高木聖、山之上昭和(中央氣象台)はやはり現地調査及び票による調査を行つた⁽⁷⁾又本間寧⁽⁸⁾(同上)も現地調査を行つた。鷺坂清信⁽⁹⁾(同上)は餘震について調査した。

(10) 1943, VIII, 12. 13h 50m. 139°8E, 37°3N. M=IV~10²³ エルグ

震央は福島縣田島附近。奥羽南部で有感、震央附近では強震。幾つかの地すべりが生じ、壁の落ちた所があつた。

(11) 1943, IX, 10. 17h 39m. 134°2E, 35°5N. M=VI~10²⁴ エルグ

(鳥取地震) 震央は坂川中流、東は前橋、新潟、西は熊本に及ぶ廣大な地域で有感。鳥取市とその郊外は激しい振動のため多大の損害を被つた。吉岡と鹿野には著しい斷層が生じ、また無数の地割れが生じた。死者 1005, 全壊 7527, 焼失 254 戸に及んだ。

東大地震研究所岸上冬彦⁽¹⁰⁾は鳥取市の被害を調査し、表⁽¹¹⁾は地震計 8 台を各地に配置して觀測し、餘震の震央を決定した。水上武⁽¹²⁾は微動計を各地に移動して地盤の固有震動を調べ、構造物の被害の原因を研究した。そして沖積層上の鳥取市では地盤が減衰比 1.07, 振動周期 0.8 秒の固有振動をすに對し、硬い岩盤の上では地震動は不規則な衝擊波のみよりなり、家屋の振動と共振する可能性が少いことをたしかめた。萩原尊禮⁽¹³⁾は地球物理學教室 平尾邦夫、淺田敏と共に本震後、地震斷層にそり方向に斷層をまたいで伸縮計を設置し、斷層の動きを觀測した。又スピリットレベルにより斷層附近の地表傾斜變化の連續觀測も行つた。伸縮計によると、斷層は始め數日は本震の場合とは逆行する方向に動いたが、その後、靜止した。傾斜變化は局地的な影響が大きく出て大勢をみることができなかつた。宮村攝三、田中正一及び地球物理學教室より加わつた松本、立石、岸保⁽¹⁴⁾らは鹿野、吉岡兩斷層を數カ所に於てまたいで精密水準測量をなし、三回繰り返した。その結果として地震後も地震の際と同方向に動く所と全く逆方向に動く所のあることを知つた。地球物理學教室 永田武⁽¹⁵⁾は鹿野斷層をまたぐ南北方向と斷層に平行な東西方向の地電位差變化の觀測を行つた。この場合のように震源に極めて近い場所に於ては地震と地電位差變化との間に關係があるらしいことがわかつた。河角廣⁽¹⁶⁾その他多數の學生よりなる地球物理學教室調査團は、加速速度分布やその外一般的な調査を行つたが、結果がまとめられていないのは残念である。地震研究所津屋弘達⁽¹⁷⁾は地質學的に斷層を調査研究し、兩斷層とも既存の地質斷層に沿ひ、或はその近くに現われた新期地塊運動のあらわれと斷じた。また、地質學教室大塚彌之助⁽¹⁸⁾も地質學的見地から調査を行つた。河角、宮村、佐藤泰夫⁽¹⁹⁾らは北

九州より中部地方大部分にわたる通信調査を行つた。松澤武雄は地震の際のこま犬の移動を調査し、⁽²⁰⁾地震動の周期・振幅・加速度を推定し、又鳥居の破損の機構を力學的に研究した⁽²¹⁾陸軍省陸地測量部⁽²²⁾は鳥取市を起點として、東は兵庫縣養父郡八鹿町まで 88 km, 西は鳥根縣能義郡安來町まで 126 km, 南は岡山縣津山市に至る 80 km, 他に米子市より伯備線に支出する 7 km の間水準線路の合計 301 km 水準點 152 點を測量した。

次に氣象台關係の調査をのべる。氣象台管轄の氣象官署はその觀測資料にもとづいて震度表・觀測表・走時曲線・押し引きの分布・餘震發生の表等を作製し、又現地にも出張して調査を行つた。ただし現地における出張器械觀測は行われていない。その結果は“鳥取地震概報”(B5 版 51 ページ)となり、井上宇胤⁽²³⁾、平野烈介⁽²⁴⁾、本間正作⁽²⁵⁾、岡山測候所⁽²⁶⁾、坂岸昇吉⁽²⁷⁾、鷺坂清信⁽²⁸⁾、高木聖⁽²⁹⁾、湯村哲男⁽³⁰⁾が報告している。又高木聖は鐵道蛇曲をしらべ⁽³¹⁾、又高木及び野依一郎は吉岡斷層をしらべた。⁽³²⁾

(12) 1943, X, 13. 14h 43m. 138°2E, 36°8N. M=IV~10²² エルグ

震央は長野縣北端野尻湖附近。中部全域、東北地方一部で有感。震央附近の 2~3 の村で被害があり、死 1, 傷 14, 全壊 34, 半壊 116。規模はさほど大きくないが極度に淺く、そのため局部的に激しい振動が感ぜられた。殊に古間村は中心をなした。

河角⁽³³⁾及び宮村⁽³⁴⁾は現地調査を行つた。

又中央氣象台鷺坂も調査におもむいた。⁽³⁵⁾

佐藤⁽¹⁹⁾の行つた通信調査の結果は鳥取地震のものと共に發表されている。

(13) 1943, XII, 2. 14h 09m. 121°6E, 22°9N.

震央は台灣新港の東岸沖、火燒島での被害は死 3, 傷 11, 全壊 139, 半壊 197。他に地すべりがあつた。

(14) 1944, XI, 7. 13h 36m. 136°2E, 33°7N. M=VII~10²⁵ エルグ

(東南海地震) 震央は熊野灘と考えられるが、あまりはつきりしたことはわからない。我國で最大級の地震であり、北は仙台・秋田、西は熊本・宮崎に至るまで有感。中部地方の南部、近畿地方東部の激震地域には盡大な損害を受けた。死 988, 傷 2,135, 住家全壊 26,130, 半壊 46,950, 焼失 11。大きな津浪が東は銚子より西は土佐清水に及ぶ太平洋岸におしよせ、紀伊半島東岸では高さ 6 m に達した。そのための被害も少くなく、3059 戸が流失した。

折から太平洋戦争末期に當り、愛知・静岡・三重縣等工場地帯の被害は生産に少なからざる影響を及ぼした。報道と研究調査には制限をうけ、かつ、研究機關に人員が缺乏していたため、規模と損害とが巨大であり、平時ならば地震學の一飛躍が期待されたにもかかわらず、調査はやや低調をまぬかれなかつた。ただ時刻が晝過ぎであつたことと、當時防火活動には國をあげて餘念のなかつた時であり、我國の大地震として火災の少かつたことは特筆すべきことであろう。

調査研究活動については約一カ月後に起つた三河地震に關するものと共にのべる。

(14) 1945, I, 13. 01h 10m. 137°0E, 34°7N. M=IV~10²² エルグ

(三河地震) 震央は渥美灣北部、北は福島・新潟縣、西は鳥根・愛媛縣まで有感。愛知・岐阜兩縣で甚大な被害があつた。すなわち、死 1961, 傷 896, 全壊住家 5,539 その他 6,603。半壊住家 11,706, その他 9,976。この地震自身は前年の東南海地震の餘震とみられるが、これにもまた多數の餘震を伴つた。未明熟睡時であつた上に性質急激であつたため、東南海地震の二倍にのぼる死者を出した。渥美灣北岸には L 形をなす美事な斷層があらわれ、そのつぎは海中に及んだ。水路局によつて行われた灣内の海底測量は立派な成果を擧げた。⁽³⁶⁾

宮村⁽³⁷⁾は静岡、愛知、三重三縣下の市町村別被害狀況の資料を土台にして、全壊戸數と半壊の半分の和を求め、これの總世帯數に對する百分比を求めて、被害指數とした。この指數を町村別に求める

と危険といわれる沖積層の中でも、泥質沖積層が砂礫質沖積層よりずつと危険であり、台地その他、硬い岩盤の地は安全なことが分つた。表⁽³⁸⁾は和歌山・三重兩縣の調査を行い、これに関連して地殻變動や浪源地域の推定を行つた。津浪に関しては第 II 編に詳しくのべる。水上⁽³⁹⁾は内堀貞雄と共に微動計で四點観測を行い、震害と地盤の良否との關係又は餘震の分布状況をしらべた。この外地震研究所關係では齋田時太郎⁽⁴⁰⁾、金井清⁽⁴¹⁾等は建築物の震害調査、表及び萩原⁽⁴²⁾、⁽⁴³⁾は地震計による餘震観測、あるいは地盤と震害との關係を研究した。また、規模を異にする東南海地震と三河地震の災害を調査して危険率が地震の規模によつて異なることを指摘した。津屋⁽⁴⁴⁾は地質學的に三河地震の際現われた地震斷層を調査した。

三井地球物理研究所越川善明⁽⁴⁵⁾は地震と地盤との關係を鉛直磁力の観測によつて研究した。また本震の走時曲線の解析を行つた。地球物理學教室 佐藤泰夫、鈴木次郎⁽⁴⁶⁾は今回も廣範圍にわたる通信調査を行い、實地踏査の行い得ない廣い地域の震度を決定した。宮部直巳(名古屋帝國大學)⁽⁴⁷⁾も災害を調査し、一般に被害程度を表わす量として使用する(全壊率+0.5半壊率)に對する吟味をした。

氣象台でも非常に多數の人員が調査研究に従事し、大きな報告を作製したが、それを編集し簡単にまとめて“昭和 19 年 12 月 7 日東南海大地震調査概報”としている。それによると當時の合長藤原咲平⁽⁴⁸⁾も現場に急行している。本間寧⁽⁴⁹⁾は全国各地の測候所の報告にもとづき、震央決定、震度分布、初動分布、規模等を調査した。井上宇胤⁽⁵⁰⁾は静岡縣の掛川以東の地域を踏査した。御前崎測候所員⁽⁵¹⁾は御前崎附近、御前崎より大井川河口に至る駿河灣沿岸の町村、御前崎より菊川河口に至る遠州灘流域の町村の災害、浪害、地盤を調査した。本間正作⁽⁵²⁾の一行は遠州灘沿岸地方を、高木聖⁽⁵³⁾の一行は伊勢灣にそそ地域につき調査した。鷺坂⁽⁵⁴⁾の一行は三重和歌山兩縣下の津浪の被害を主に調査し、神戸海洋氣象台酒井乙彦⁽⁵⁵⁾は尾鷲測候所以西兵庫縣下までの被害調査をした。武者金吉⁽⁵⁶⁾は外側地震帯の中で東南海地震等の發する豆南諸島より九州南端までにわたる地域では大地震はかなり周期的に生じており、平均 117 年に一回の割合になつてゐるという研究を發表している。

(15) 1945, II, 10. 13h 38m. 142.°1E, 40°9N.

震央は八戸沖。八戸で小規模の津浪が観測された。東北及び北海道南部その他、一部の異常震域とみられる地點—東京・長野等—においても有感であつた。青森縣の局部にわずかの被害があつたほか特筆することはない。佐藤は通信調査を試みたが⁽³³⁾、戦争末期の困難の中で、多くの成果をあげることができなかつた。

文 献

- (1), (2) 河角廣, 昭和 16 年 5 月 6 日の北滿綏化地方に起りたる地震について 地震 13 (昭 16) 179, 273.
- (3) 岸上冬彦外, 昭和 16 年 7 月 15 日長野地震の統計調査, 震研 19 (昭 16) 628.
- (4) 同上 647.
- (5) 川瀬二郎, 嘉義地方烈震について, 地震 15 (昭 18) 135, 161. 臺灣氣象臺, 嘉義地方烈震報告.
- (6) 昭和 18 年 3 月 4 日, 鳥取地震調査報告 震研 21 (昭 18) 435. 談話會 昭 18.4, (第 190 回) その他 地震 15 (昭 18) 101.
- (7) 昭和 18 年 3 月 4 日及び 5 日, 鳥取地震に伴ふ, 發光現象, 驗震 14.
- (8), (9) 鳥取地震概報, (中央氣象臺).
- (10) 昭和 18 年 9 月 10 日, 鳥取地震の被害 震研 23 (昭 20) 97, 地震 15 (昭 18) 233.
- (11) 鳥取地震餘震調査概報, 震研 22 (昭 19) 33, 地震 15 (昭 18) 259.
- (12) 微動計による鳥取餘震の観測, 特に地盤の固有振動 震研 22 (昭 19) 42. 外に地震 15 (昭 18) 267.
- (13) 萩原尊禮, 鹿野町附近における斷層水平移動量の時間的變化……談話會 18.10 (第 195 回), 斷層の動きと

地表傾斜變化の観測, 震研 22 (昭 19) 66, 地震 15 (昭 18) 280.

- (14) 談話會 18.10 (第 195 回), 19.3 (第 200 回) 震研 22 (昭 19) 46, 地震 15 (昭 18) 285.
- (15) 談話會 18.10 (第 195 回), 19.1 (第 198 回) 震研 22 (昭 19) 72, 地震 15 (昭 18) 272.
- (16) 談話會 18.10 (第 195 回).
- (17) 鹿野, 吉岡斷層とその附近の地質, 談話會 18.10 (第 195 回) 震研 22 (昭 19).
- (18) 鳥取東北部海岸の地盤その他 談話會 18.10 (第 195 回).
- (19) 河角・宮村・佐藤, 鳥取地震の研究(第一報) 談話會 18.10 (第 195 回), 佐藤, 鳥取地震の通信調査について 談話會 19.11 (第 207 回) 震研 26 (昭 23)
- (20) 松澤武雄, 震研 22 (昭 19) 60.
- (21) 松澤武雄, " 22 (昭 19) 89.
- (22) 鳥取災害復舊一水準測量成果 震研 22 (昭 19) 83.
- (23) 井上宇胤, 9 月 10 日, 鳥取地震概報.
- (24) 平野烈介, 地震斷層に關する報告.
- (25) 本間正作, 海岸附近及び斷層附近の調査概報.
- (26) 岡山測候所, 昭和 18 年 9 月 10 日の強震被害調査報告.
- (27) 坂岸昇吉, 鳥取地震踏査概報.
- (28) 鷺坂清信, 昭和 18 年 9 月 10 日鳥取地震被害調査.
- (29) 高木聖, 鳥取地震踏査報告.
- (30) 湯村哲男, 鳥取地方地震に伴ふ斷層の磁氣的調査.
- (31) 高木聖 昭和 18 年 9 月 10 日鳥取地震に伴ふ鐵道蛇曲現象について 驗震 14 (昭 23).
- (32) 同上昭和 18 年 9 月 10 日鳥取地震の斷層 驗震 14.
- (33) 河角廣, 昭和 18 年 10 月 13 日の野尻湖南部の地震について 談話會 18.12 (第 197 回).
- (34) 宮村攝三, 古間村地震(昭和 18 年 10 月 13 日. 野尻湖南部の激震) 談話會 19.3 (第 200 回).
- (35) 報告書は戰災により焼失.
- (36) 地震研究所談話會に於て發表 水路要報別冊.
- (37) 宮村攝三, 昭和 19 年 12 月 7 日, 東海地方震災調査概報(主として家屋被害の分布より見たる對震國土計畫の問題について) 震研研究速報第 4 號.
東南海地震の震害分布(その一) 震研 24 (昭 21) 99.
1 月 31 日の三河灣地震及び遠州灘地震による被害について 知多郡幡豆郡における見聞談話會 20.2 (第 210 回) 滋賀縣下における地震に對する地盤の關係 談話會 20.4 (第 212 回).
東海地震にて變動せる太田川河口の抗列の測量結果 談話會 20.4 (第 212 回).
- (38) 表後一郎, 昭和 19 年 12 月 7 日, 東南海地震による地震津浪 震研研究速報第 4 號.
昭和 19 年 12 月 7 日, 東南海大地震に伴つた津浪 震研 24 (昭 21) 31.
- (39) 水上武, 東南海地震の被害分布 震研研究速報, 第 4 號.
東南海地震について, 特に震害と餘震について 震研 24 (昭 21) 19.
- (40) 齋田時太郎, 遠州灘地震の震害概報 談話會 20.1 (第 209 回).
- (41) 金川清, 遠州灘地震における工場被害調査概報 震研研究速報第 4 號.
- (42) 萩原・表, 1 月 3 日, 三河地震調査概報 談話會 20.2 (第 210 回).
- (43) 表俊一郎, 昭和 20 年 1 月 13 日, 三河地震餘震観測(序報) 震研 24 (昭 21) 77.
東南海地震及び三河地震による地盤危険率の比較 同上 87.
- (44) 津屋弘達, 深溝斷層 昭和 20 年 1 月 13 日 三河地震の際現れた地震斷層 同上 59.
- (45) 越川善明, 遠州灘地震における震害程度と鉛直磁力の分布 談話會 20.1 (第 209 回).
同上第 2 報 談話會 20.3 (第 211 回).
昭和 19 年東南海地震の計測學的研究 談話會 21.11 (第 225 回).
- (46) 佐藤泰夫, 鈴木次郎, 東南海地震等の通信調査について 談話會 20.2 (第 210 回).

- (47) 宮部直巳, 地震による木造の報告 震研 24 (昭 21) 135.
 (48) 藤原咲平, 地震調査私見, 昭和 19 年 12 月 7 日, 東南海大地震調査概報 1.
 (49) 本間寧, 昭和 19 年 12 月 7 日, 東南海大地震について 同上 9.
 (50) 井上宇胤, 静岡県震災地踏査報告 同上 11.
 (51) 御前崎測候所, 昭和 19 年 12 月 7 日, 東南海地震調査報告 同上 26.
 (52) 本間正作外, 昭和 19 年 12 月 7 日, 東南海地震實地踏査概報 (遠州灘沿岸地方) 同上 28.
 (53) 高木聖外, 昭和 19 年 12 月 7 日, 東南海地震踏査報告 同上 53.
 (54) 鷺坂清信, 昭和 19 年 12 月 7 日, 東南海地震の三重和歌山兩縣下實地踏査報告 同上 53.
 (55) 酒井乙彦, 昭和 19 年 12 月 7 日 13 時 36 分頃の遠州灘地震被害の踏査報告 (兵庫縣, 大阪府, 和歌山縣, 三重縣南部) 同上 63.
 (56) 武者金吉, 外側地震帶中部より發する大地震 同上 84.
 (57) 佐藤泰夫, 濃尾地震, 南海地震等の通信調査について 談話會 23 年 1 月 (第 240 回) 震研 26 (昭 23).

第 3 章 地震観測及び研究に関する一般的狀況

3.1 地震研究に従事した機關

1940 年代といえは、日本にとつても、又全世界にとつても不幸な戦の時代であつた。周囲の事情がさし迫つて來るにつれて、地震學の研究にも次第にその影響が強く現われて來たことはいうまでもない。殊に、器械を用いる研究観測においてそのことは著しかつた。

研究の一大飛躍、無駄の排除、緊密な連絡等の言葉が叫ばれ、そのために會合はくりかえされたが効果は上らず、18 年 9 月學徒出陣の名で學生が出征し、残つた者は多く勤勞動員で工場にゆき、職員は出征、徴用で減少し、代つて女子の職につく者が數をました。終り頃には疎開、戦災及び連日の空襲による疲勞のために能率は一層の低下をまぬかれなかつた。

中央氣象臺とその傘下の氣象臺、測候所等は地震の常時観測の責任を負うと共に、地震學の研究をも合せて行つており、その設備については別記するが、観測網の密なことでは世界第一を誇つている我國も、観測精度の點では十分ではない。このことは戦時に一層はげしかつた。時計、地震計用ドラムの保持が十分でない上に、故障が起つても修理は容易に進まず、記録用紙、=スの不足、更に、必要な技能をもつた人の欠乏のために地震観測はどこでも難行をきわめた。

今村明恒ははやくから我國に地震、津波等の災害が多いことを憂えて、私財を投じて何ヶ所もの観測所を紀伊半島の南西岸、四國東南岸等に設け、和歌山、海南等を中心にして地震の予知と災害の防止に力をつくしてみたが、その努力にもかかわらず、實際的な活動は次第に縮小し、昭和 21 年の南海大地震に際して、その努力の實を結ばせることができなかつたのは惜しむべきことであつた。

震災予防調査會の後をついだ東京帝國大學地震研究所は大正 14 年 11 月 14 日勅令第 311 號をもつて官制が公布され、地震及びこれに關係のある現象を研究し、あわせて震災防止につとめていたが、その個々の活動については先にもふれたし、またそれぞれ適當した個所でのべることとする。

東京帝國大學理學部地震學教室は研究面で地震研究所と共力すると共に、學生の教育にあたつていたが、昭和 16 年 3 月の卒業生を最後として地球物理學教室へと發展的に解消し、講座 4 つとなり (地震學科は 1 講座) 定員も増加された (地震學科 1 學年 5 名, 地球物理學科 11 名)。同様な教室は京都帝國大學 (地球物理學 3 講座) 東北帝國大學 (同 1 講座) にも置かれており、九州帝國大學及び新設された名古屋帝國大學 (昭和 14 年名古屋帝國大學講座令公布, 翌年授業開始) の理學部でもまた研究が行われている。

大學、研究所等に附屬の観測所については後述する。なお伊豆半島須崎には私設の三井地球物理研究所があつて観測は主として越川善明がその任に當つた。

以上は直接地震に關係したものであるが、陸軍省陸地測量部、海軍省水路部もまた陸上、海底の測量によつて地形變動を明らかにし、その功は表面に表われないが地震學のために盡くしたところ大であり、成果は全世界に知られている。

3.11 各種機關の動靜

3.111 東京帝國大學關係

地震研究所の所長は 16 年 1 月 31 日まで寺澤寛一、1 月 31 日より 19 年 4 月 23 日まで妹澤克惟がその職にあつたが、妹澤は病のため 4 月 1 日からは津屋弘達が代理した。津屋は 4 月 23 日妹澤の歿して後は事務取扱の地位にあつたが、20 年 2 月 6 日正式の所長に補せられ今日に至つている。所員 16 名 (18 年 11 月現在)。研究室には淺間(水上)、小諸(表)、中佐都(高橋)等に疎開したものもあるが、研究所は戦災をまぬかれた。

地球物理學教室は主任松澤武雄以下教授助教授 7 名、(昭和 18 年 11 月現在) 教室は 20 年 4 月坪井忠二を主として岩村田町に疎開、同年秋復歸した。

3.112 氣象台關係

空襲が盛んになつた昭和 19 年秋より約 1 年間、過半数の地震観測所がその観測を停止した。(現在の観測所數 111 ヶ所)。中央氣象台地震課は火山掛のみ昭和 20 年 5 月より約 1 ヶ年間長野縣岩村田に疎開していた。

戦災で失つた観測所は、銚子、甲府、岡山、和歌山、大分、長崎、福井で、破損した所は潮岬、清水であつた。また八丈島の地震計は疎開運搬中に乗船が撃沈された。これらの観測所にはその後現在までに大體簡單微動計が設置された。

観測の精度も戦争が激しくなるに従つて低下し、甚しい時には數秒の發震時誤差は普通であつた。しかし、戦後次第に恢復しつつある。

戦時中の研究や調査の題目は理論的研究が主で、實際上の發見は別になかつた。この期間の初期には深發地震につき理論と實際の照合が盛んに行われたが、いずれも満足すべき結果が得られたので、その後この問題は魅力を失つた。そして彈性波動の細い解析とそれによる發震機構の統一理論への暗中模索がその爲に續いた。しかし、すべての研究の成果にもまして大いに地震學者を裨益したものは戦争中及びその後につた鳥取、東南海、三河及び南海道地震の報告であつた。

3.113 建築學會關係

昭和 18 年 9 月 10 日の鳥取地震後には建築學會調査隊によつて震災の應急復舊法の實地指導が行われたが、その後佐野利器らの指導による本復興が計画實施された。

なお、佐野を特別委員長として田邊平學、武藤清、小野薫、河野輝夫を特別委員とする日本學術振興會第 14 特別委員會は昭和 9 年既に發足していたが、耐震構造に関する諸問題、殊に地震動に関する研究、構造物の振動性、耐震強度に関する研究、耐震設計法、振動制御に関する研究等、從來の諸研究を進めると共に各汎の調査研究を總合して耐震構造法の標準を考究して來たが、16 年 12 月“建築物耐震構造要項”を編さんし、この方面の最高指針を與えた。内容の大部分は戦争以前の研究の成果であるが、本期間中に發行された特筆すべき文献である (昭和 18 年 3 月 17 日發行) (なほ詳細は科學技術史“建築學の概觀”第二編第 9 章 地震及び耐震構造参照)

日本建築學會の疎開と災害について一言すれば、20年5月25日當局の疎開命令により、研究事業所は7月山梨縣東八代郡相與村へ疎開、本部は8月長野縣小縣郡縣村田中へ疎開準備中終戦にあつて中止した。なお本會事務所の一部は20年5月24日戦災で焼失した。

今期間中の地震學關係論文としては、岡隆一によるローラー式制震性耐震構造法に関する一實驗、免震耐風構造理論模型の強制振動、築造物免震耐風構造法の實驗的研究(以上建築學會論文集23,昭和16年)免震耐風構造理論模型の諸性質、實施免震耐風構造理論縮尺模型の振動實驗(以上建築學會論文集24,昭和17年)及び建築學會震災調査隊による鳥取縣震災調査報告(建築雜誌19年)等がある。

3.114 その他

濃尾地震のあと、明治25年に設立された震災予防調査會は、關東地震のしげきによつて地震研究所が発足すると共に、震災予防評議會へと席をゆすつたが、同會は16年3月末、不急不要機關の統合廢止の名の下に姿を消した。これに代つて財團法人震災予防協會がおこされた。

戦争の進むにつれ、實際的要求にこたえるため、東京帝國大學内に爆震・爆風に關する研究所が設立されることになり、本郷區彌生町3番地にその建物が建築され始めたが、終戦によつてさた止みとなつた。

3.2 地震觀測所

東京帝國大學地震研究所附屬の觀測所は次に示す表の通りである。

觀測所	地震計	成分	倍率	自己周期(秒)	減衰比	備考	
本郷 35°42'40" N 139°45'59" E	O	EW	15	63	4.5		
		NS	20	53	3.0		
		Z	20	12	1.6		
	IP	EW	25	7	1.5		
		NS	25	7	1.5		
		Z	20	7	1.5		
	IL	EW	2	9.3	1.5		
		NS	2	9.3	1.5		
		Z	2	2.2	1.3		
	ISA	EW	1 mm = 1.7 gal.	0.1	0.1		臨界制振
		NS	"	0.1	0.1		"
		Z	1 mm = 4 gal.	0.1	0.1		"
三鷹 35°40' N 139°33' E	N	EW	80	1.4	2.5		
		NS		1.4	2.5		
鎌倉 35°19' N 139°33' E	IP	NS	50	5	1.3		
		EW	50	5	1.3		
	IL	NS	2	2	2		
		EW	2	2	2		
		Z	2	2	2		
		Z	2	2	2		

清澄 35°09' N 140°09' E	IP	NS	50	6	3.7	
		EW	50	6	1.3	
		Z	23	6	1.1	
東金 35°34' N 140°23' E	IP	NS	50	5	1.4	
		EW	50	5	1.4	
	IP	NS	2	5.3	2.2	
		EW	2	5.3	2.2	
		Z	2	1.3	1.3	
		Z	2	1.3	1.3	
秩父 35°59' N 139°05' E	IP	NS	50	6	1.8	
		EW	50	6	1.8	
筑波 36°13' N 140°07' E	H	NS	30	5	臨界制振	
		EW	30	5	"	
	ISA	NS	1 mm = 1.7 gal.	0.1	"	
		EW	"	"	"	
		Z	1 mm = 4.1 gal.	0.088	"	
		Z	1 mm = 4.1 gal.	0.088	"	
浅間 36°24' N 138°34' E	ISH		350	1.0	10.1	
* 須崎 34°40' N 138°59' E	O	NS	25	30		
		EW	25	30		
	IP	NS	50	6		
		EW	50	6		
	ISA	NS		0.11		
		Z		0.11		

* 三井地球物理研究所

略號：O 大森式地震計

IP 今村式簡單微動計

IL 今村式低倍率、又は強震用地震計

ISA 石本式加速度計

ISH 石本式水平動地震計

N 那須式逆立振子地震計

H 萩原式地震計

地震學教室の觀測室は同教室が地球物理學教室となつて本郷區彌生町の舊淺野邸内に移轉した時にとりばられ、今もなお作られていない。

東北帝國大學地球物理學教室の向山觀測所も中止されて以後今日に到るまで復興しない。

京都帝國大學地球物理學教室附屬の觀測所と常時觀測所用の器械は次の通りである。

中央气象台所属の測候所

名	前	北緯	東經	高さ	略號
阿夫山		34° 52'	135° 34'	200 m	Ab
阿蘇		32° 53'	131° 00'	540	As
上加茂		35° 01'	135° 42'	190	Ka
京坂					Ky
逢坂					Os
別府		33° 17'	131° 29'	75	Be
生駒					Ik
花山					Kz

地震計*	成分	振子			檢流計			観測所
		周期秒	減衰比	倍率	周期秒	減衰比	倍率最大	
W	H	12	5	200			Ab, Ka, As, Be	
W	Z	4	5	180			Ab, Ka, As, Be	
G	N, E	20		2000			Ab	
G	Z	10		2000			Ab	
GB	N, E	8			8	5000	Os	
GB	Z	8			4	5000	Os	
SL	N, E	36	5	1.1			Ab	
L	N, E	5	5	5			Ab	
OT	N, E	8		50			Ka	
SP	N, E	4		50			Ky	
S 20000	N, E	0.55			0.55	19000	Ka, Ik, Kz	
S 20000	Z	0.55			0.55	17000	Ka, Ik, Kz	
S 50000	N, E	0.6			0.60	50000	Ab	

* 略號: W Wiechert 地震計
 G Galiszin "
 GB 佐々-Galitzin "
 SL 佐々低倍率地震計
 L 低倍率地震計
 OT 大森式微動計
 SP 佐々ポータブル地震計
 S 20000 倍率 20000 短周期地震計
 S 50000 " 50000 " "

气象台の状態については 3・11 に一言したが、測候所関係をまとめて述べると、昭和 14 年には所属測候所は 131、その後、昭和 22 年までに 17 カ所が加わった。戦災でやかれたのは 6、敗戦に伴って日本の管理の外になつたのが 28、また経済上、設備上の都合で地震観測の中止されているものが 26 ある。結局 87 の測候所が現在中央气象台の管下にあつて地震観測を行つている。下にその一覧表をかかげる。

No.	観測所名	北緯	東經	器 械					その他
				WH	WZ	L	P	T	
1	網走	44° 01'	144° 17'	a	a		a		
2	秋川	38 01	133 15	a	a				
3	秋田	39 43	140 06	a	b	b	c	ac	
4	青森	40 49	140 47	a	a	a	b		
5	旭川	43 47	142 22				c		
6	岐阜	35 24	136 46	a	a	a	a		c
7	函館	41 47	140 43			a	ac	bb	bc
8	函濱	34 54	132 04	a	a	a	b	aa	
9	八戸	40 32	141 32	a	a	b			
10	八丈	33 06	139 50				a		
11	彦根	35 16	136 15	a	a	a	b		
12	廣島	34 22	132 26	a	a		b		
13	福岡	33 35	130 23	a	a	a			aa
14	福島	37 45	140 28	a	a	a	a		
15	船津	35 30	133 46	a	a				
16	伊吹	35 23	136 23			a			
17	飯田	35 31	137 50				aa		
18	伊藤	34 58	139 07				a		
19	巖原	34 12	129 17			a	a		
20	飯塚	33 39	130 42	a	a				
21	鹿兒島	31 34	130 33	a	a	a	a	a	
22	柿岡	36 14	140 11	a	a	a	a	cc	
23	龜山	34 51	136 28	a	a	a			
24	金澤	36 32	136 39				a		
25	輕井澤	36 20	133 36				aa		
26	神戶	34 41	135 11	a	a	a	b	cb	
27	高知	33 33	133 32	a	a	a		a	
28	熊谷	36 09	139 23	a	a	a			
29	熊本	32 49	130 42	a	a	a	a		
30	釧路	42 59	144 24			b	b		
31	京都	35 01	135 44	a	a	a	a		a
32	前橋	36 24	139 04	a	a	a	a		
33	松江	35 27	133 04			a	a		
34	松本	36 15	137 58	a	a	a	aa		
35	松山	33 50	132 45	a	a	a	a	b	
36	三島	35 07	133 57	a	a	a			
37	水戸	36 23	140 28	a	a	ab		c	
38	宮古	39 39	141 53	a	a	a			
39	宮崎	31 55	131 26	a	a	a	c	aa	
40	水澤	39 03	141 03				a	a	a

41	森	42° 06'	140° 34'	a	a	a			
42	盛岡	39 42	141 10	a	a		a	bb	
43	盛岡	42 20	140 58			a			
44	盛岡	33 15	134 11	a	a	a	a		
45	長野	36 40	138 12	a	a	a	a	aa	
46	名古屋	35 10	136 58	a	a	a	bb	c	
47	名古屋	43 20	145 35	a	c	c	c	cc	(Milne)c
48	新潟	37 56	139 03			a	a		
49	御前崎	34 36	138 13	a	b	a			
50	小名浜	36 56	140 54	a	a	c			
51	大阪	34 39	135 32	a	a	a	b	c	
52	大阪	34 46	139 23	a	a	a		c	
53	尾鷲	34 04	136 12	a	a	a			
54	西郷	36 12	133 20				a		
55	酒田	38 53	139 50				a		
56	札幌	43 04	141 21	a	a	a	b		
57	仙臺	38 16	140 54	a	a	a	c	aa	
58	下關	33 57	130 56				a		
59	潮岬	33 27	135 46	a	a	a	a		
60	白河	37 07	140 13				a		
61	静岡岡	34 58	138 24	a	a	b	bbb	aa	
62	洲本	34 21	134 54	a	a	a	c	c	
63	壽都	42 48	140 13				a		
64	高松	34 19	134 03				a		
65	高田	37 06	138 15			a	a		
66	高山	36 09	137 15				a		
67	秩父	35 59	139 05				a		
68	徳島	34 04	134 34			a	a		
69	東京	35 41	139 46	a	a	a	a	a	(Main-ka)a
70	東京	35 30	134 14			a	a		
71	富江	32 37	128 46	a	a				
72	富山	34 55	139 50	a	a	a	b	b	
73	富山	36 41	137 12	a	a	c	c		
74	富山	35 32	134 49	a	a	a	c		
75	津波	34 44	136 31			b	a		
76	筑波	36 13	140 06	a	a	a	a		
77	筑波	35 39	136 04			a	a		
78	雲仙	32 44	130 15		a	a	a	aa	
79	雲浦	42 09	142 47				c		
80	宇都宮	36 33	139 52	a	a	a	a		
81	宇和島	33 14	132 33	a	a	a	a		
82	稚内	45 25	141 41			c		cc	
83	輪島	37 23	136 54	a	a	a			
84	入木(檜原)	34 30	135 48				a		
85	山形	33 15	139 39			cc	aa		
86	山形	35 26	139 39	a	a	a	b		
87	米子	35 26	133 21			a	a	aa	

略号: WH Wiechert 水平動地震計
 WZ " 上下 "
 L 低倍率地震計
 P ポータブル"
 T 大森式微動計
 a 現在使用中の物
 b 故障のためにとまつてゐる物
 c 資材不足の爲中止してゐる物

代表的観測所の器械の常數

観測所	地震計	成分	倍率	周期 T ₀	摩擦係数 r/T ₀ ²	減衰比	検定月日
札幌	幌	W { N E Z	104	4.4 秒	0.025	4.8	1947 X 2
			98	4.6	0.023	4.6	
			72	4.1	0.021	4.4	
札幌	幌	L { N E Z	2	2.4	0.034	1.1	1943 III 1
			2	2.7	0.036	1.2	
			3	2.52	0.037	1.2	
仙臺	臺	W { N E Z	76	5.1	0.004	5.5	1947 XII 21
			78	5.5	0.002	6.1	
			57	4.3	0.007	4.3	
仙臺	臺	L { N E Z	2	4.2	0.003	6.1	1947 XI 12
			2	4.0	0.007	5.5	
			2	4.0	0.007	7.6	
横濱	濱	W { N E	88	3.7	0.019	4.3	1947 XII 1
			87	3.6	0.014	4.6	
名古屋	屋	W { N E Z	81	4.0	0.01	6.3	1947 XII 1
			82	4.2	0.01	4.6	
			42	4.0	0.01	4.2	
名古屋	屋	L { N E Z	2	3.5	0.04	2	1947 III 1
			2	3.5	0.04	2	
			3	5.0	0.03	2	
大阪	阪	W { N E Z	84	5.3	0.01	6	1947 XII 5
			84	5.3	0.01	5	
			74	5.1	0.01	6	
大阪	阪	L { N E Z	2	4.7	0.003	5	1947 XII 5
			2	4.3	0.001	5	
			2	4.3	0.006	5	
神戸	戸	W { N E Z	94	5.4	0.04	2.0	1947 XII 11
			109	5.6	0.03	3.3	
			60	6.0	0.01	6.6	
福岡	岡	W { N E Z	88	3.6	0.012	3.8	1947 XII 1
			93	3.9	0.007	4.6	
			71	3.6	0.024	4.3	
福岡	岡	M { N E	95	8.3	0.004	6.1	1943 XII 11
			71	9.6	0.006	8.2	
東京	京	W { N E Z	74	5.22	0.023	4.0	1948 I 22
			93	4.0	0.015	2.5	
			59	2.4	0.016	1.8	
東京	京	M { N E	92	8.4	0.004		1948 I 28
			98	8.8	0.006	4.9	

3.3 地震観測と研究結果の発表

気象台関係の地震観測の結果は“気象要覧”に一まとめにして毎月発表されており、これらの資料を一年毎にまとめたのは英語の“Seismological Bulletin of the Central Meteorological Observatory”として出版される。地震研究所の観測資料は“地震観測報告”として発表されているが、この外には特に定期的な刊行物はない。なおこの期間は“気象要覧”の発行は非常におくれ、二年三年前のものが印刷される状態であつた。(最近ややとりかえしたが紙数が非常に制限された。)

研究調査報告等の発表される刊行物は次の通りである。(発行間隔は原則を示すが今日乱れているものが多い)

中央気象台彙報	年 4 回	中央気象台
驗震時報	"	"
Geophysical Magazine	"	"
(中央気象台歐文彙報)		
地震研究所彙報 Bulletin of the Earthquake Research Institute	"	東京帝國大學地震研究所
地球物理	"	京都帝國大學地球物理學教室
地震	毎月	地震學會
なおこの外一部に地震の論文を含むものとしては		
氣象集誌	毎月	日本氣象學會
海と空	"	海洋氣象學會
Proceedings of the Physico-mathematical Society of Japan		日本數學物理學會
Japanese Journal of Astronomy and Geophysics		學術研究會議
Proceedings of the Imperial Academy		帝國學士院
各大學紀要報告		

等があげられる。外に振動、機械、耐震構造などについては

航空研究所報告	東京帝國大學航空研究所
" 彙報	"
理化學研究所彙報	理化學研究所
土木學會誌	土木學會
建築學會誌及同論文集	建築學會
機械學會雜誌	機械學會

等にもある。ただこの中には今日廢刊されたものもある。その他まれに含むものはあるが、凡てをあげるとはあまりにもわずらわしいからこの程度に止める。

16 年 7 月全國日本科學技術團體聯合會の發起で科學學術用語の整理統一が計畫され、地震學會では今村、河角、矢橋らによつて事務が進められた。その仕事はぐずぐずとつづき、責任機關も變り今に及んでいる。(文部省内學術用語委員會)

3.4 學會よりの喪失

發震機講についての獨創的な着想、シリカ傾斜計、加速度計、微動計の製作、及びその應用、その他スポーツ、藝術等多方面の才によつてしられ、日伊交換教授、東京帝國大學地震研究所長その他各種學會への寄與等地震學界にとつてかえがたい存在であつた石本巳四雄が、年 48 才で昭和 15 年 2 月 5 日に他界した。

これにつづいて、同じく地震研究所長の地位にあり、弾性波動、ことに表面波の研究、構造物、機械の振動等、振動論で世界的に名の高かつた妹澤克惟を昭和 19 年 4 月 23 日に失つた。これまた學界にとつてたえがたい大きな損失であつた。妹澤の才は地震研究所彙報、航空研究所報告その他に發表された多數の論文、大著“振動學”等にあふれている。なお晩年は振動より轉じて地球の構造、その成因等にも研究分野をひろげている。

また商工省地質調査所の波江野清藏は昭和 17 年 12 月 30 日シンガポールにおいて不慮の死をとげた。波江野は實驗的研究、ことに弱電技術にすぐれており、はやくよりラジオ地震計を作るなど、振動測定、地震探鑛方面に對する業績は期待されていたが、南方で飛行機事故のため 37 才の惜しむべき一生をおえた。

土木界の大御所として知られ、震災予防調査會以來、應用地震學に貢獻の多かつた田邊朔郎は昭和 19 年 9 月 5 日逝去した。

最後に保田柱二のことを記したい。保田は東大地震學教室で大森房吉の助手となり、以來半世紀にわたつて十年一日以上の精勤さで地震観測とその整理に當つた。その歩みは明治より昭和にかけての地震観測の歩みそのものであつたが、昭和 19 年 8 月 17 日急逝した。年 74。

3.5 刊行圖書

本期間に刊行された主なる圖書を挙げる。

數學關係では日高孝次著積分方程論(河出書房昭和 16 年 8 月)がある。數値解法において特色あるものである。

振動關係では坪井忠二の振動論(河出書房)と萩原尊禮^②の振動測定(寶文館)がある。前者は主として數理的なものであるが、著者の新しい研究と卓越した説明が折込まれ、特にふりこの強制振動についての問題をはつきり整理した點等多くの點にすぐれている。後者は數理的な點とともに、器械、測定について豊富な内容をもつており、非常に役にたつものである。さらに著者のその方面の知識をもつとくわしくりこみ、またくわしい索引を付したなら、地震學の近代化に一層の貢獻をするものとおもわれる。またおなじく萩原^②の地震計(科學文献抄、岩波)の再版が昭和 18 年にでた。これは誤植等が若干訂正されただけであつて、振動測定がでた今日、もつと地震計としての、記述的方面に内容をふやさなくては意味がうすいであろう。

純粹の地震學方面で刊行されたものとしては、本多弘吉の地震波動(岩波書店昭和 17 年)、地震學概要(岩波書店、昭和 18 年)がある。前者は著書自身の研究になる發震機構についての議論がまとめられており、日本の地下の地震をおこす力についての記述は興味ふかい。ほかに那須信治著“地震波”(昭和 18 年)、中村左衛門太郎著“地球物理學新講”(恒星社昭和 18 年)がある。この本は縦書である。隨筆的又は通俗的の書物としては、中村左衛門太郎著“大地震を探る”(河出書房科學新書昭和 17 年 6 月)渡邊貫著“地下資源の物理探鑛”(同、昭和 17 年 6 月)等の外に、直接地震學とは関係ないが、宮部直己の“地殼の變動”(誠文堂科學文化叢書)、また今村明恒の“餘のざれごと”(三省堂)がある。この本は一種の隨筆であるが、一生を地震學にささげた著者の語るところは面目躍如として興深いものである。

岩波新書にも地震關係の書物が二冊加えられた。坪井忠二の“地震の話”(昭和 16 年 3 月)と和達清夫の“地球と人”(昭和 16 年 5 月)である。松澤繁子譯“地震と火山との話”は中央公論社から出版された。同じく中央公論社から中村清二著“田中館愛橋先生”が 18 年 4 月出版されたが、我國地球物理學界の先達たる先生を知るによい著書である。

この外氣象臺からは大地震毎に調査報告が発行されている。震災予防評議會よりとう写刷で發行された大日本地震資料は、はじめ明治 37 年震災予防調査會報告 46 甲乙として編集されたが、その後、武者金吉、寺田寅彦、今村明恒らの努力で、増補された物で昭和 16 年以降 18 年 7 月までに三巻を出し、第 4 巻は現在刊行中である。雑誌地震には講座として昭和 14 年から 16 年迄 Ewing の Earthquake Measurement の譯がのせられた。

第 II 編 實地的部門

第 4 章 地震計測學 (その 1)

4.1 地震計およびその他の關係機器の研究

この時期に地震計の型式としてあたらしいものはつくられなかつた。携帯用としての二、三の地震計の製作、記録装置その他の改良等がおこなわれたのみである。

地震計としては、高橋・平能⁽¹⁾の水平動變位計、岸上⁽²⁾の水平動微動計、那須⁽³⁾および表⁽⁴⁾の携帯用加速度計などがあつた。

高橋・平能の變位計は、逆立振子をもちい、すでに地震研究所で實用されていた萩原⁽⁵⁾の携帯用變位計と大體はおなじであるが、ピストン空氣制振器を兩側につけて、制振力をまし、そのかわりピストンのすきを大きくして、實用に便にし、そのほか種々の實際的な改良を工夫した。自己週期は 8.0 秒、基本倍率は 47.5 倍、記録はすすがきである。實際に野外で觀測して、良好な結果をえている。この地震計による軟弱地盤地震動の比較觀測の結果については、のちにのべるであろう。[5.2 文献 (4)]

岸上の水平動微動計は、主として脈動の野外比較觀測を目的として、つくられたものであるが、地震計としてもすぐれている。水平振子をもちい、自己週期 10~20 秒、光學的記録法をとり、基本倍率は $f=50$ cm のレンズをつかうとき約 400 倍である。制振装置は三島鋼磁石による磁氣制振器で充分つよい制振力をえた。記録装置其他野外觀測のための實際的考慮もゆきとどいている。對應する上下動微動計も製作されたが充分實用化はされなかつた。

那須の製作した携帯用水平動加速度計は地震觀測および構造物の振動測定を目的とした、きわめて實用的なものである。自己週期 0.1 秒、基本倍率 150、記録はすすがき、逆立振子、空氣ピストン制振器で、從來の石本式にくらべ、別にあたらしい點はないが、やはり携帯用としての實際面に工夫がしてある。

表は那須のものに對應する上下動の携帯用加速度計をつくつた。石本式の觀測所用のものにくらべ満足すべき性能をしめた。

すでにのべたように、地震計の製作においても、原理的な點でなく、實際的な野外觀測のための改良がくわだてられたが、記録装置についてこの研究は、坪井、宮村、實川^{(6),(7)}によつておこなわれ、三成分觀測用の大形の精密記録圓筒をつくり、二本づりの振動で制御された直流モーター⁽⁸⁾で精確に回轉せしめ、ラヂオ放送を直接記録して、時刻の比較にもちいることをこころみ、其他實際的な工夫が發表された。

地震研究所においては、記録装置の規格について検討し、その結果は那須⁽⁹⁾によつて發表された。彈性波地下探査法に關する計器については、ここではのべない。

萩原^{(10),(11)}が傾斜計其他の緩漫な變化の遠隔記録法を完成したこと、金井⁽¹²⁾が水平・上下同時にうごく振動台をつくつたこと、等が關係機器の研究としては注目される。また坪井・川島は弦の振動を利用した時計装置を實驗し⁽¹³⁾、その重力測定への可能性をみとめた⁽¹⁴⁾。

文 献 (*印は当該期間外のもの)

- (1) 高橋龍太郎・平能金太郎：比較観測を目的とする水平動變位計の製作，震研 19 (昭 16)，527—533.
- (2) 岸上多彦：移動観測用水平動微動計，震研 20 (昭 17)，215—219.
- (2') 岸上多彦：移動観測用上下動微動計，震研 第 194 回談話會 (昭 18).
- (3) 那須信治：可搬式振動計について (其の 1)，地震 13 (昭 16)，122—128.
- (4) 表俊一郎：可搬式振動計について (其の 2)，地震 15 (昭 18)，35—43.
- (5)* 萩原尊禮：
- (6) 坪井忠二・宮村攝三・實川顯：地震計用精密記録装置の製作，地震 13 (昭 16)，367—371.
- (7) 坪井忠二・宮村攝三・實川顯：地震計用記録圓筒のあたらしいおくり，地震 14 (昭 17)，309—210.
- (8)* 坪井忠二：一様な廻轉をうる簡単な装置，地震 12 (昭 15)，303—309.
- (9) 那須信治：地震計の記録装置に就いて，地震 13 (昭 16)，78—81.
- (10) 萩原尊禮：緩慢な變化の遠隔記録法，地震 (昭 16)，14—17.
- (11) T. HAGIWARA: A New Device for Remote Mechanical Recording of Slow Movements. Bull. E. R.I. XIX (1941)，523—526.
- (12) 金井清：水平及び上下に動く振動台の製作，震研 20 (昭 17)，220—224.
- (13) 坪井忠二・川島正治：絃の振動を利用せる時計装置，震研 第 178 回談話會 (昭 17).
- (14) 坪井忠二・川島正治：絃振動による重力測定の可能性，震研 第 181 回談話會 (昭 17).

4.2 地震計に関する理論および實際的研究

地震計の初動問題および高次の不安定の問題について，この時期のはじめに妹澤・金井⁽¹⁻⁴⁾の研究が発表された。地震計の週期と制振度の選擇について中村左衛門太郎⁽⁵⁾は適切な注意を發表して，特に位相の問題に明快な基準をあたえた。これは地震計の設計，使用いづれにあつても参考とさるべき重要な研究である。

本間正作は地震計の常數檢定について理論的ならびに，實驗的研究をおこない，固體摩擦のもとめ方について批判し，適正な制振度を論じた。各測候所でもちいられている週期 4~5 秒の微動計に對しては，制振度は 7~9 位で，すくなくも 6 位までにするのが適當であると結論した。たゞし位相のおくれについては現業としては問題にしていないのでふれてない。

森田⁽⁷⁾は圓筒上に機械的てこで記録する場合の描針のえがく記録の幾何學的問題を論じ，岸上⁽⁸⁾はすすがきの場合の記録紙の速度と摩擦との關係をしらべた。また本間寧⁽⁹⁾は石油ランプによるすすつけの問題を實驗した。

中央氣象台の常時観測にもちいられる地震計の使用法についての注意をまとめた森田⁽¹⁰⁾の講話は實際的方面において特筆すべき重要性をもつものであろう。

萩原^(11,12)は上下動地震計のバネのつり方について總括的議論をおこなつた。そして，萩原式逆立振子水平動變位計に對應する上下動變位計を設計，試作したが，試作結果は未發表である。中村⁽¹⁴⁾は廻轉軸に板バネをつかつたとき，眞の廻轉軸の位置が不明になることについて，簡単な考察をおこなつて，その倍率におよぼす影響を論じ，重心が廻轉軸にあまり近くなければ，それは大したことがないことをしめした。

實際の設計はおこなわれなかつたが，絶對速度に比例する減衰をうける地震計の振動の研究を坪井・宮村⁽¹⁴⁾が發表した。これはもし實現できれば，倍率についても位相についても，はなはだうまいけれど，はたしてこれを實現できるか否かは疑問がある。

地震計の問題を念願においた坪井⁽¹⁵⁾の強制振動の倍率と位相を一つの平面上の圖であらわすころみは，普及することがのぞましい。とかく位相とが倍率を別々の圖になつていたので，實際上うっかり一方を無視しがちになるものである。

文 献

- (1) K. SEZAWA and K. KANAI: On the Initial Movement of a Seismograph subjected to an Arbitrary Earthquake Motion, Solved with Operational Calculus. I. Bull. E.R.I. XIX (1941), 162—176.
- (2) K. SEZAWA and K. KANAI: On the Initial Movement of a Seismograph subjected to an Arbitrary Earthquake Motion, Solved with Operational Calculus. II. Bull. E.R.I. XIX (1941), 443—457.
- (3) K. SEZAWA and K. KANAI: on the Problem of Instabilities of Higher Orders in a Seismometer. II. Bull. E.R.I. XIX (1941), 9—13.
- (4) K. SEZAWA and K. KANAI: On the Problem of Instabilities of Higher Orders in a Seismometer. III. Experiments with a New Vertical Vibration Table. Bull. E.R.I. XIX (1941), 177—184.
- (5) 中村左衛門太郎：地震計に就て (週期及び制振度の選擇)，天文學及び地球物理學邦文輯報 (學術研究會議)，第 1 卷第 2 號 (昭 16)，22—36.
- (6) Saemon-Taro NAKAMURA: On the Period and Damping of Seismometers. 石本巳四雄教授記念論文集 (昭 17) あるいは The 7th Report of Mukai-yama Obsevertory, Sendai.
- (7) 本間正作：地震計の常數檢定に関する二つの問題 驗震 12 (昭 17)，213—224.
- (8) 森田 稔：驗震 11 (昭 16)，第 4 號.
- (9) 岸上多彦：記録速度の描針に及ぼす影響 地震 15 (昭 18)，44—47.
- (10) 本間 寧：煤紙について，驗震 12 卷 (昭 17) 1 號.
- (11) 森田 稔：(講話) 驗震 13 (昭 18) 第 2 號.
- (12) 萩原尊禮：上下動地震計に就いて (其の 1)，地震 14 (昭 17)，128—137.
- (13) T. HAGIWARA: A Note on the Theory of the Vertical Motion Seismograph. Bull. E.R.I. Vol. XX (1942)，337—346.
- (14) 中村左衛門太郎：バネ釣り地震計の倍率に就いて，地震 14 (昭 17)，289—294.
- (15) 坪井忠二・宮村攝三：絶對速度に比例する減衰を受ける地震計の振動，地震 14 (昭 17)，103—108.
- (16) 坪井忠二：強制振動の一表現法，地震 14 (昭 17)，76—81.

第 5 章 地震計測學 (その 2)

5.1 地震波，地震動の計測的研究

まず，1933 年 3 月 2 日の地震について，世界中の観測結果を整理し，初動，その他の振動の地球上における分布を論じた松澤⁽¹⁾の研究がある。PP のおし・ひきをつかつて，観測所のない，それらの波の反射点における振動方向をも推定した。そして P の初動のおし・ひきの節線を地球上にひいた。ところで，これを，圓錐型發震機構としてかんがえると，圓錐の内部がひきということになる。もちろん，観測點はないが震央のまわりにせまいひきの部分が想定されるのである。このひき圓錐型については坂田⁽²⁾が 1940/XI/18 の地震について發表したのであるが，それは日本のそとでひきなることを假定しただけであつたが，松澤によつてはじめてこれがたしかめられた。

正務⁽³⁾は東京における有感地震の P 初動と記象の型を震央によつて分類して論じた。

地震動の尾部について、表⁽⁴⁻⁹⁾はくわしい研究をおこなった。主として週期に関する分析であつて、いわゆる尾部を、はじめの部分とあとの第二尾部とにわけ、後者はあきらかに土地の固有振動なることを示した。

地表層がある場合に二種のレーリー波が存在することは、妹澤・金井⁽¹⁰⁾によつて発見されたが、この姉澤波 (M_2 波) について金井⁽¹¹⁾は、理論的にも計測的にも研究をすゝめた。

走時曲線についての計測的研究は、各地震について、气象台の人々によつておこなわれたが、とりたててあたらしい結果が計測的に発見されたことをきかない。

観測精度の問題は、さかんに口にされつつも、戦争のために実際はかえつて悪くなつてゆき、都市空襲をうけるに至つて、各所の観測が中止された。したがつて走時の研究のふるわなかつたのも、またやむをえない次第であらう。

この時期のはじめに宮村⁽¹²⁾は深発近地地震の三成分記象の数値積分をおこない、三成分から総合的に位相のはじめを決定し、地下に三層を假定して、それによる反射屈折変成波として初期微動中の諸相を包括的に論じたが、時間の精度、地震計常数の精度からして、まだ充分でなかつたようである。

文 献

- (1) T. MATUZAWA: Seismometrische Untersuchungen des Erdbebens vom 2. März 1933. IV. Raumverteilung der Wellenstrahlung aus dem Herd. Bull. E.R.I. XX (1942), 162—171.
- (2) K. SAKATA: 海と空 21 (昭 16), 176—184.
- (3) 正務 : 東京有感地震の P 波初動と記象型との震央との関係, 昭 16 気象學會臨時講演會.
- (4) 表俊一郎: 遠地地震における地震動の尾部について, 地震 15 (昭 18), 15—26.
- (5) 表俊一郎: 東京及横濱市内における昭和 8 年 3 月 3 日三陸地震の観測について, 地震 15 (昭 18), 80—100.
- (6) 表俊一郎: 近地地震の地震動の尾部について, 地震 15 (昭 18), 321—335.
- (7) 表俊一郎: 地震動の尾部について (その 1) 震研 21 (昭 18), 453—500.
- (8) 表俊一郎: 地震動の尾部について (その 2) 震研 22 (昭 19), 140—169.
- (9) 表俊一郎: 地震動の尾部について (その 3) 震研 23 (昭 20), 47—78.
- (10)* K. SEZAWA and K. KANAI: Bull. E.R.I. XXIII (1935) pp. 237—, 471—; XXVI (1938) pp. 1—; XXVIII (1940).
- (11) 金井 清: M_2 地震波の性質について, 地震 15 (昭 18), 193—202.
- (12) 宮村攝三: 初期微動中の諸相 (北關東の深い地震について), 震研 第 169 回 (昭 16/IV/17) 談話會.

5.2 各種地盤上の地震動の計測的研究

地震動の計測によつて、地震波のつたわりかたを研究し、あるいは直接震源の機構をさだめるなど、理論的研究の面と、震害対策など應用的研究の面と、この両方、いずれにとつても、地表における地震動観測がもとなる以上、各種の地形・地質の地盤における地震動の研究が、實證的研究のひとつの大きい中心となることは當然である。

この方面の研究は別にのべる野外地震學などとともに、計測地震學でも、もつともさかんにおこなわれたし、またおこなわれている。

飯田⁽¹⁾は石本の仕事をついで、高感度大型加速度計によつて、本郷 (東京) における地震動の卓越週期をしらべ、それが震央距離および地震動のつよさとともに増加することをみだし、地表層の固有振動にあずかるあつさが、地震動の大小できまるといふかんがえをのべた。

齋田・松尾⁽²⁾は埋立地における加速度計測について分析した。鈴木⁽³⁾も軟弱地盤の卓越週期をしらべた。高橋・平能⁽⁴⁾は變位計によつて本郷、上野の洪積台地と谷間の沖積地の地震動の比較観測をおこない、軟弱地盤の震動について解析した。これはいままでの研究ではもつともくわしく震動の波形にまでたのちいたつた研究である。

鳥取地震 (昭 18/IX/10) において水上・内堀⁽⁵⁾は微動計観測によつて地盤の固有振動の比較のきれいな例を得た。

文 献

- (1) 飯田汲事: 地震動の大きさとその卓越振動週期, 地震 13 (昭 16), 67—74.
- (2) 齋田時太郎, 松尾春雄: 横濱港の埋立地及岩壁における地震動, 震研 19 (昭 16), 206—217.
- (3) 鈴木正治: 軟弱地盤の卓越週期, 震研 第 172 回談話會 (昭 16, VII).
- (4) 高橋龍太郎, 平能金太郎: 軟弱地盤における地震動 震研 19 (昭 16), 534—543.
- (5) 水上武, 内堀定市: 微動計による鳥取餘震の観測 (概報), 特に地盤の固有振動, 地震 15 (昭 18), 267—271.
- (6) 水上武: 微動計による鳥取餘震の観測 (概報), 特に地盤の固有振動 震研 22 (昭 19), 42—48.

5.3 餘震の計測的研究

鳥取、三河の各大地震の餘震については、地震研究所の出張観測がおこなわれた。

表は鳥取餘震^(1,2)においては 8 臺の地震計をもつて、實川・川島・木村・山崎等の協力のもとに、大規模な観測をおこなつた。發震時をえる努力もはらわれた。餘震の震央決定においてえられる大森常數 k の値が、鳥取では丹後とおなじく 8 くらいになり、他地方のもの (たとえば北伊豆 5.5, 河内・大和 6.2, 新島 5 等) より大きいのは、地質によると考えられた。断層と、震源の位置 (特に深さ) の関係がのべられているが明瞭なものではない。なお、完全な結果はまだ公表されてない。三河の餘震^(3,4) では主として表も、地盤の問題をとりあげたが、餘震の震央が、地殼の隆起部になんといふ事實は、石本等によつてとえられていた説を否定することになり、重要である。しかし水上らの微動計によるより大きな網からの観測結果ではかならずしも、そうではなく、餘震の震央はすくなくとも三河地震の隆起地帯とは一致するといわれているので、これはなお議論を要することと思われる。

文 献

- (1) 表俊一郎: 昭和 18 年 9 月 10 日鳥取地震餘震観測速報, 地震 15 (昭 18), 259—266.
- (2) 表俊一郎: 鳥取地震餘震調査概報 震研 22 (昭 19), 33—41.
- (3)* 表俊一郎: 昭和 20 年 1 月 13 日三河地震餘震観測 (序報) 震研 24 (昭 21), 31—53.
- (4)* 水上 武, 内堀貞雄: 東南海地震について—特に震害と餘震の分布, 震研 24 (昭 21), 19—30.

5.4 雜 録

矢橋⁽¹⁾は地球上の二點の距離をもとめる計算圖表をつくつた。

中央气象台では高木其他⁽²⁾によつて、震央決定にもちいるための大地球儀がつくられた。

文 献

- (1) 矢橋徳太郎: 地球上の二點 (λ_1, ρ_1), (λ_2, ρ_2) の距離 Δ を求める圖表, 地震 13 (昭 16), 21—23. 附表 I.
- (2) 高木聖, 大地球儀の試作, 驗震 13 (昭 18).

第 6 章 脈 動

6.1 序 論

脈動の定義には廣義なもの、狭義なものがあるようであるが、本章でのべる脈動とはダイナマイトの爆發とか交通機關によつて人工的に起されるものは除き、自然に發生するかなり規則だつた地面の振動をいうことにする。この意味の脈動に關する研究は諸外國に於てもまた日本に於ても多くの學者によつてなされておるが、まだ未解決のまま残されている問題が多いのである。我國では明治初年に J. Milne⁽¹⁾によつて最初に脈動に對する關心が高められ、その後、大森房吉⁽²⁾によつて取上げられ、幾多の貴重な成果が残されたことは我々のよく知つているところである。その後にも松澤・本多・和達・岸上その他多くの學者によつてこの研究は進められて來たが、本期間中になされたものはわずかに二、三をあげうるに過ぎないことは甚だ物足りなく感ずる。脈動の研究というのは大別すると、次の二種に大別されると思う。すなわち脈動そのものを觀測し、その振動を論じた研究、及び脈動の發生原因について論じたものである。

6.2 發生に關する理論

脈動の發生原因に關する決定的な理論とか、それを裏づける觀測はまだないといつてよいと思われが、これを論じたものに古くから知られている Wiechert, Gutenberg⁽³⁾の激浪の絶壁衝突論がある。また Banerji⁽⁴⁾, Lee⁽⁵⁾, Gilmore⁽⁶⁾, Ramirez⁽⁷⁾等は多少の相違はあるが、強い低氣壓によつて生ずる海波によつて海底に起される彈性波の傳播と考へている。我國に於てもこの兩者いずれかの立場をとる者、また全く別の考へを持つ者等によつて、それぞれ研究が進められて來たが、前期間末に發表された原因論については、激浪の絶壁衝突説を一應みとめて計算したものに門脇⁽⁸⁾の研究がある。この研究では、まず種々の周期と波高とに對してそれが海岸に打ちよせる時、最大波壓を計算した。次に海岸線が直線で無限にのびており、その海岸に一樣に波浪が衝突する二次元問題を考へ、切立つた海岸壁に波壓が作用して近似的に海岸と直角方向に切線張合を作用すると見なし、それによつて生ずる脈動波（表面波として）の振幅を計算した。土地の剛性率 μ を 10^{10} とし、波高 2m、週期 6 秒とすれば、發生する脈動の振幅 26 ミクロン、 $\mu=3 \times 10^{11}$ とすれば振幅は 1 ミクロン程度になる。これらを総合して、脈動は波浪の衝撃による彈性表面波と考へてよいと結論している。

6.3 脈動の觀測的研究

脈動そのものの研究も本期間にはわずかに過ぎないが、坂田勝茂は前期⁽⁹⁾に引續いて本期⁽¹⁰⁾にも研究を發表しておる。11 年 10 月より 12 年 3 月までの間に、大阪、潮岬、豊岡の三ヶ所で觀測された脈動記象より、振幅の消長を比較し、氣象要素との關連を見ようと試みた。その結果脈動の主因が太平洋側にある時は潮岬で、日本海側にある時は豊岡の振幅が増大すると論じた。但しこれは脈動の主因が海岸にぶつかる激浪であることを認めた上での議論であることは注意を要する。また大阪の脈動の振幅が夜間小であることは海陸風の影響で、晝間は海風によつて大阪灣に波浪が生ずるためとしているのも同斷である。また各地を調べた結果、脈動の週期は土地の固有振動週期とは無關係なものであると

結論していることも注目を要する。さらに大阪では週期 2 秒程度の脈動は 5m/sec 以上の西風が吹く時のみに出現することを見出し、これが實測による風浪の週期 2.1 秒とよく一致することを指摘した。

今までの我國における脈動研究は主として東京または大阪附近でなされたが、川瀬二郎⁽¹¹⁾等は當時日本領土であつた臺灣の臺北で脈動調査を行つた。研究方法は以前和達の行つたものに準じているが内地からは離れた臺灣の脈動という點で興味あるものであつた。

臺北における昭和 10 年 1 年間の Wiechert 地震計記象より脈動をよみとり、主として振幅の消長と氣象要素との關係を吟味した。その結果を要約すると次の如くである。すなわち臺北の脈動振幅と彭佳嶼での風速とを比較してみると、風速と振幅とは常に比例關係にあるが、高氣壓の場合、低氣壓の場合及び臺灣北部海上の低氣壓の場合で、それぞれ比例常數が次第に大きくなつて來ること、また既に他の場所で知られている如く冬が夏より振幅の大きいことが臺灣でも同様であること、週期は氣象要素の違いによつて異なるらしいことを認めた。

その後、鷺坂、本間⁽¹²⁾等は 17 年 8 月 27 日に九州から中國・四國の西部にかけて大被害を及ぼした台風に基因すると思われる脈動につき、那覇、名瀬、鹿兒島、屋久島、宮崎、温泉岳、熊本、福岡、清水、高知、室戸岬、廣島、濱田、潮岬、大阪、豊岡、東京、輪島の 18 個所における 8 月 21 日より 9 月 1 日までの Wiechert の記象より調査を行つた。その調査方針は和達、杵島⁽¹³⁾がかつて室戸台風の場合にとつた方法に準じている。まず各地の各時刻における振幅をよみ、その結果をあげている。次にこの振幅の消長と台風の進行状態とを比較した。それによると台風の中心が奄美大島の南東約 500 km の沖合にある時脈動が出現しはじめる。さらに九州南部の各地では台風が觀測點に最も近づく以前に既に極大振幅が現われているが、それより北の地域では概して台風が最も近い時、または若干おくれて極大振幅が表われてくるという興味ある結果をえた。すなわち従來東京や大阪の脈動調査に際しては、極大振幅はむしろ台風中心の通過後に現われてくることが知られていたのであるが、その接近前に極大の現われる新しい例を得たのである。また脈動振幅は土地により著しく異なることも認められた。さらに大阪で詳細に調べたが、同地でのこれまでの研究で知られている事實と異なるものは得られなかつた。

以上が本期における脈動研究の主なものであるが、なお脈動の傳播性の問題は日本に關する限り、多くの疑問の點を残している。今後の研究にまつところ多いことを附記しておく。

6.4 觀 測 器 械

最後に脈動觀測用の微動計について述べる。脈動觀測の器械としては、脈動自身 5~6 秒程度の長い週期のものである關係上、週期は 10 秒以上で、倍率も相當大きく、摩擦も小さいことが望ましい。また實驗的に各所で觀測を行う場合の多いことを考へると、移動に便利なことも必要なことである。このような條件に合つた地震計は今までなかつた。そこで岸上冬彦⁽¹⁴⁾はこれらの條件に適合した微動計を製作した。振子は Paschwitz 型の水平振子で、上下の支點は燐青銅の板バネでつるし、自己週期はネジの調整により最大 15 秒まで變化できる。減衰には磁氣制振器を使用し、擴大は光を用いて兩端がピボットされた半徑 2 mm、または 1 mm の鋼製丸棒に小さい平面鏡をつけ、この丸棒に S. W. G 48 の燐青銅の針金を接觸させて回轉を與える如くなつていゝ。倍率も鏡と記録紙（写真用印画紙）との距離をかへることにより、400~4000 倍に變化できる。記録紙の廻轉は電氣時計用シンクロモータにより、廻轉速度は齒車のかみ合せにより 1 秒約 4.5 mm になつていゝ。なお白書記録を取るに便利なように振子部分及び記録装置はそれぞれ 55×33×27 cm、42×22×25 cm の木箱におさめてあり、プロマイドの取かえも白晝できるようになつていゝ。

文 献

- (1) J. Milne, Earthq. and Other Movements (1908)
- (2) F. Omori, Bull. Earthq. Inv. Com. 2 (1908)
- (3) B. Gutenberg, Göttingen diss. (1911), Bull. Seism. Soc. Amer. 21 (1931)
- (4) S. K. Banerji, Phil. Trans. Roy. Soc. Lond. A 229 (1930) 287, Proc. Ind. Aca. Soc. (1935)
- (5) A. W. Lee, Proc. Roy. Soc. Lond. A 886 (1935)
- (6) M. H. Gilmore, Bull. Seism. Soc. Amer. 36 (1946), 33 (1948)
- (7) J. E. Ramirez Bull. Seism. Soc. Amer. 30 (1940)
- (8) 門脇関郎, 波浪の衝撃による脈動の生成に就て 験震 11 (1941) 235
- (9) 坂田勝茂, 脈動の研究 I 海と空 18 (1938), II 験震 10 (1940)
- (10) " " III 験震 11 (1941) 518
- (11) 川瀬二郎, 脈動の研究 I 台北における脈動 験震 12 (1942) 75
- (12) 鷺坂清信他, 台風による地盤脈動の調査 中央気象台報告 6 (1943) 1
- (13) 杵島磨, 中央気象台室戸台風調査報告 (1936)
- (14) 岸上多彦, 移動観測用水平動微動計 震研 (20) (1942) 213

第 7 章 地震動の尾部

地震記象を調べて見ると、多くの場合最初に P 波による初期微動が現われ、次に S 波による主要動が大振幅で現われて来る。主要動は S 波に続いて Love 波や Rayleigh 波による大振幅で長週期の波が現われるが、しばらくして、これらの波は次第に小となり、その後には一見規則正しい週期と振幅を持つた波が比較的長い時間続くのが見られる。この部分が一般に地震動の尾部と呼ばれているものである。

これについては、古くから多くの人々が研究しているが、16 年から 20 年までの期間に行なわれた研究では僅かに表俊一郎⁽¹⁻³⁾のものがああるのみである。

表は東京大学地震研究所の大森式地震計によつて観測された浅発地震のうち震央距離 1,000 km 以内のもの 29, 1,000 km ないし 10,000 km のもの 12, 10,000 km を越えるもの 12, 合計 53 の地震について尾部の研究を行つた。すなわち尾部の振動が土地の固有振動によるものか、または傳播性の或る種の表面波によるものであるかは未だ明かにされていないが、表はこの点について一つの解譯を行つたものである。すなわち尾部の振動に現われる週期は、その土地の固有の振動週期を示すものではなく、震央距離 100 km 位では尾部の振動週期は 5 秒位であるが、震央距離が増大して 5000 km 位になると 15 秒に、8000 km では 17 秒位になり、10,000 km 位のものでは 19 秒の週期を持つようになる。さらに注目すべきことは震央距離 10,000 km を越えるような極遠地地震では第 1 尾部と第 2 尾部との 2 つの部分に分れて出現し、かつ第 1 尾部では震央距離と共に週期も極く僅かずつ増大するのに反し、第 2 尾部ではその週期は距離に關係なく、ほとんど一定の 16 秒前後の値を保つてゐるという事實である。このことと對して表は次の如き解譯を與えている、“大なる表面波が通過した後においても、なお観測點の附近には複雑な反射屈折を行つた波が到達して来るであろうが、それらの波の週期は表面波のそれの如く大きなものではなく、また、それらの波の energy もまた充分大きなものではないので、それらの波により地震計の設置されている場所の表面層の振動が勵起せられると考へるとき外力による強制振動は充分に發達せず終り、それらの波は、衝撃性の不規則な外力を振動

系に加えた如き作用を演じ、表面層の自由振動が起されて、その週期が現れるのであらうと考えられる”。

文 献

- (1) 表俊一郎 地震動の尾部について (その 1) 震研 21 (1943) 458
- (2) " " (その 2) " 22 (1944) 140
- (3) " " (その 3) " 23 (1945) 47

第 8 章 野外地震學および統計地震學

8.1 震度に関する研究

河角は震度の震央距離とともに減衰する關係をあらわす式を日本内地の種々の地震についての平均として決定し^(1,2)また震度階について種々の考察をおこない^(3,4)、震度測定法を確立した。

この時期における、おもな破壊的地震に際して、河角・佐藤はこの線にそつて震度調査を、郵便および踏査によつて實行し、豊富な資料をえた^(4,5)。佐藤は震央距離による震度の減衰を、河角とはちがひ直線とした。そして各地震についてその比較的研究をおこなつた。また各地の平均よりのかたよりにから土地の危険率をしらべた。

昭和 16 年 7 月 15 日の長野地震においてはじめて岸上⁽³⁾らによつて、地震によつておこる種々の現象—墓石の顛倒、振り時計の停止、音、光、等々—が、統計的に調査された。つづいて、鳥取 (昭 18. III, IX) 古間 (昭 18. X) 東海道 (昭 19. XII) 三河 (昭 20. I) の各地震について、宮村・佐藤・その他によつてこれは踏襲され、發展し、震度研究の側面をなした。

文 献

- (1) 河角 廣：昭和 16 年 5 月 6 日の北滿綏化地方に起りたる地震に就いて、地震 13 (昭 16), 179—186.
- (2) 河角 廣：震度と震度階 地震 15 (昭 18), 6—12.
- (3) 河角 廣：震度と震度階 地震 15 (昭 18), 188—192.
- (4) 佐藤泰夫：鳥取地震の通信調査について、震研 第 207 回談話會, (昭 19. XI. 21).
- (5) 佐藤泰夫, 鈴木次郎：東南海地震等の通信調査について、震研 第 210 回談話會, (昭 20. II. 20).
- (6) 岸上多彦：昭和 16 年 7 月 15 日長野地震の調査, 地震 13 (昭 16), 338—348.
- (7) 岸上多彦・永田武・宮村三三：昭和 16 年 7 月 15 日長野地震の統計的調査, 震研 19 (昭 16), 628—646.

8.2 地震の大きさ、震源等に関する研究

河角⁽¹⁾は震度の研究から地震の大きさを決定する研究を完成した。

宮村⁽²⁾はアメリカおよびイギリスの地震について、有感半徑と最大震度との關係をしらべ、震源のふかさ、および地震の大きさをあらわす量の、それらの國々の各地方における分布類型をもとめ、各地方間の相關をしらべた。

地震波 P, S 發震時の計測にもとづいて、震源の大きさを推定する方法について、吉山⁽³⁾は一案を發表した。

高木^(4,5)は震源についてひとつの思想を發表した。

文 献

- (1) III の文献 1)~3)
- (2) 宮村彌三：地震の大きさと震源の深さ，地震 16 (昭 19)，271—279.
- (3) 吉山良一：震原の大きさについて，地震 14 (昭 17)，120—123.
- (4) 高木 聖：震源について，1~3 (モノグラフ).
- (5) 高木 聖：震源，驗震 13 (昭 18).

8.3 地震動についての野外地震學的研究

松澤⁽³⁾は大地震における地震動についての，野外地震學的資料から，興味ある計算をおこなった。ひとつは R. D. Oldham の 1897 年のインド地震の報告から，重力加速度以上のものが推定されているので，この場合についてありべき運動を計算した。鳥取地震の狛犬の運動についての計算では，撃力がはたらいたことを，どうしても考えなくてはならないことになった。第三は鳥取および古間の地震における鳥居の損害についての弾性論的計算である。

昭和 19 年 12 月 7 日の東海道地震において，宮村⁽⁴⁾は静岡県太田川河口の杭列の波動的垂直變動と愛知県知多半島の新舊地層不整合面附近の山頂における土砂噴出といういちぢるしい事実を發見，記載している。

文 献

- (1) 松澤武雄：1897 年 6 月 12 日印度大地震の震央地方の地動について，地震 13 (昭 16)，192—196.
- (2) 松澤武雄：鳥取大地震の時の狛犬の運動 震研彙報 22 (昭 19)，60—65.
- (3) Takeo MATUZAWA: Zisin ni yoru Torii no Songai. Bull. ER.I. (1941) 89—95
- (4) 宮村彌三：昭和 19 年 12 月 7 日の遠州沖地震の災害地踏査にあたり觀察せる二つの特徴ある地變について，地震 17 (昭 20).

8.4 震害に關する研究

この時期におこなった破壊地震による震害はそれぞれの調査報告において統計發表せられ，種々の研究がおこなわれた。(別項参照)

震害のうち，家屋については特に，被害統計および野外觀察の面からくわしくしらべられ，また建築學的にも研究された。

長野地震⁽¹⁻⁵⁾ (昭 16) の家屋被害についての調査は金井⁽¹⁾，齋田⁽²⁾，によつておこなわれたが，岸上⁽³⁾，矢橋⁽⁴⁾，中央氣象台⁽⁵⁾などの一般調査報告中にも，もちろん種々の知見がふくまれている。金井⁽¹⁾の詳細な野外調査によれば，この地震における家屋の倒壊の方向はきわめて規則的であつて，いわゆる家のむき(壁體のない方向)にたおれた 50% あまりのもの以外は，すべて震央とおもわれる方向に一致していて，衝撃型のおし波でたおれたとみられる。そして，この方向が家のむきと一致した部落の被害は特にいちぢるしかつたということである。金井はここで耐震構造上の理論の實證をもおこなつた。齋田⁽²⁾は長野地震に關して，この地方の民家の構造を調査し，震害の検討をおこなつた。そして特に農家の耐震構造に對する實際的注意をのべた。

鳥取地方には昭和 18 年 9 月 10 日の地震にさきだつて，同年 3 月 4 日に多少の倒潰家屋を生じた地震があつた。これについての表⁽⁶⁻⁷⁾の調査は，家屋の震害分布の點々と散在していることをのべ，平

野部，特に砂地における不同沈下を指摘している。そしてこの地震では，地震動の加速度による慣性力でなく，基礎の不同沈下がおもな震害の原因であつたとしている。

9 月 10 日のいわゆる鳥取地震⁽⁸⁻¹¹⁾についても，家屋の震害の分布はきわめて散在的で，岸上⁽⁸⁾によれば，あたかも「被害分布によつて一種の地盤調査ができたといえるほどであつた」のである。すなわち，あたらしい沖積土のうえに被害は集中し，新開地では地盤の不同沈下がやはり指摘された。そして家屋の構造よりも，まず地盤の影響が大きいかんがえられた。そしてまた砂地において，被害が別段大きくないこともしめされた。この地震については，建築學會が大規模な調査をおこなつて，くわしい報告を發表した⁽¹⁰⁾。この報告においても，軟弱地盤，ことに粘土層の生成のふるさ，含水量がもつとも震害に關係ふかいとされた。種々の建築様式についての耐震構造の問題を詳細に論じてあるがこれについては建築學會の報告を参照せられたい。なお斷層運動による被害の増大はいずれの研究者も否定している。

昭和 18 年 10 月 13 日長野縣北部野尻湖附近におこなつた局部的烈震(古間地震)においては河角・宮村⁽¹²⁻¹³⁾が野外調査をおこなつた。この地震の家屋被害で宮村は傾斜地等地形の影響があることを指摘した。

昭和 19 年 12 月 7 日の東海道地震の震害は主として水上，宮村，金井その他により同 20 年 1 月 13 日の三河地震の震害は表，宮村等によつて調査された。東海道地震においては非常にいちぢるしく地盤の影響がみられたので，地盤に對する關心は學界において以後いちぢるしくたかまつた。宮村は地盤について統計と野外調査をむすびつけて論じ，沖積平野も堆積物の差によつて，震害に對する性質をことにし，あらい物質の堆積するところは，低濕なる平野より被害のすくないことをしめし，また砂・礫地の被害のすくないことをも指摘して，鳥取における岸上らの豫測をさらにあきらかなものとした。一方高い崖のふちが危険だということについても統計的な實例をみいだした。表は三河地震と東海地震の被害率が沖積平野以外ではほぼ比例するが，沖積平野ではある程度以上の被害になると東海地震の場合の方が急に大きくなつていてことをみだし，大地震では沖積地は普通の豫想される危険率以上に極端な災害のおこることをしめした。三河地震の斷層はおしあげ斷層でその斷層近くの隆起部では相當の被害があつたが，反對側には被害がないので，運動は一方向的であつたことがしられた。

文 献

- (1) 金井 清：昭和 16 年 7 月 15 日長野地震の家屋被害について，震研 (昭 16)，647—660.
- (2) 齋田時太郎：善光寺平における民家構造の特異性と震害，震研 (昭 16)，661—670.
- (3) 岸上多彦：昭和 16 年 7 月 15 日長野地震の調査，地震 13 (昭 16)，338—343.
- (4) 矢橋徳太郎：昭和 16 年 7 月 15 日長野地方強震調査概報，地震 13 (昭 16)，259—272.
- (5) 中央氣象台：長野強震調査報告.
- (6) 表 俊一郎：昭和 18 年 3 月 4 日鳥取地震調査概報，地震 15 (昭 18)，101—113.
- (7) 表 俊一郎：昭和 18 年 3 月 4 日鳥取地震調査報告，震研 21 (昭 18)，435—457.
- (8) 岸上多彦：昭和 18 年 9 月 10 日鳥取地震の被害概況，地震 15 (昭 18)，253—253.
- (9) 岸上多彦：昭和 18 年 9 月 10 日鳥取地震の被害概況，震研 23 (昭 20)，97—103.
- (10) 建築學會震災調査隊：鳥取縣震災調査報告，建築雜誌第 58 輯，706—707 (昭 19)，79—145.
- (11) 中央氣象台：昭和 18 年 9 月 10 日鳥取地震概報，昭和 18 年 11 月.
- (12) 河角 廣・宮村彌三：昭和 18 年 10 月 13 日の野尻湖南部の地震について (第 1 報)，震研 第 197 回談話會，(昭 18/XII/21).
- (13) 宮村彌三：古間村地震，震研第 200 回談話會，(昭 19/III/14).

- (14) 水上, 宮村, 金井: 震研研究速報第 4 号, (昭 20/I).
- (15) 宮村攝三: 昭和 19 年 12 月 7 日東海地方地震調査報告, 震研 第 209 回談話會 (昭 20/I/16).
- (16) 水上 武: 遠州灘地震の震害分布概報, 震研 第 209 回談話會 (昭 20/I/16).
- (17) 金井 清: 遠州灘地震の震害概報, 震研 209 回談話會 (昭 20/I/16).
- (18) 宮村攝三: 滋賀縣下における地震に對する地盤の關係, 震研 第 212 回談話會 (昭 20/IV/17).
- (19) 表俊一郎・萩原尊禮: 1 月 13 日三河地震調査概報, 震研 第 210 回談話會 (昭 20/II/20).
- (20) 表俊一郎: 東南海大地震及び三河地震による地盤危険率の比較, 震研 第 213 回談話會 (昭 20/VI/19).
- (21)* 水上 武・内堀貞雄: 東南海地震について——特に震害と餘震の分布 震研 24 (昭 21), 19—30.
- (22)* 表俊一郎: 東南海地震及び三河地震による地盤危険率の比較, 震研 24 (昭 21), 87—98.
- (23)* 宮村攝三: 東海道地震の震害分布 (その 1) 震研 24 (昭 21), 99—134.
- (24)* 宮村攝三: 震災と地盤との問題, 科學第 I6 卷, 135—138.

8.5 構造物の地震動による震動についての研究

耐震構造に關する建築的, 力學的研究についてはここではふれない。地震學的に家屋の震動をあつかつた研究としては, 坪井・宮村^(1,2)が, 木造家屋の地震等の歪を直接記録してしらべたものがある。このとき地震動を不規則衝撃のひきつづきとみて, その自己振動について論じた。この研究手段は伏見・高橋⁽³⁾の方法といわれるもので, 水上, 表らによつて地盤の問題に適用された。

文 献

- (1) 坪井忠二・宮村攝三: 地震による家屋の歪の實測 震研 (昭 17), 291—295.
- (2) 宮村攝三: 地震のときの木造家屋のひずみ (第二報) 震研 (昭 18), 216—230.
- (3)* K. TAKAHSI and K. HUSIMI: Vibrating Systems exposed to irregular Forces. Geophys. Mag. 9 (1935), 29—48; 高橋浩一郎: 振動體の不規則なる運動よりその週期並に減衰率を求める方法につきて, 理研彙報 14 (1935), 255—271.

8.6 地震にともなう諸現象の研究 (つなみ, 地形變動をのぞく)

(a) 發光現象 (光りもの)

大地震にともなつて生ずる發光現象については, なおいろいろ疑問がもたれているが, 研究はまだ事實をはつきりさせるにもいたらない。長野地震では岸上⁽¹⁾らが統計的調査によつて, ほぼ送電線の斷線個所と推定發光源との一致をしめした。表⁽²⁾は 3 月 4 日の鳥取地震で同様の方法によつて發光源を推定し, これは電線の斷線でないとかんがえられるとのべた。川瀬⁽³⁾は昭和 16 年 12 月 17 日の台灣嘉義地方烈震についての報告で發光現象についてややくわしくのべているが, 結論はえていない。三河地震においても發光現象は報告されているが, たちいつた研究はなされなかつた。佐藤らも通信調査でしらべたが整理されていない。

(b) 音響現象 (地鳴り)

岸上⁽¹⁾らによるとほぼ震央から發した音が, 長野地震では, きかれたことがたしかである。表⁽²⁾によつて鳥取地震 (3 月 4 日) についても同様の結果がえられている。佐藤らの通信調査による古間・東海・三河等の地震における調査も同様で, 特に地なりのよくきこえる土地はかたい地盤のところであることがはつきりした。

(c) 地下水・温泉等

長野地震について矢橋⁽⁴⁾はくわしく附近の温泉の變化を調査して, 報告しているが, 結論ははつきりしない。

(d) 地われ, 山くずれ等

長野, 鳥取等の地震で岸上, 宮村, 矢橋, 表等あるいは中央氣象台の人々などにより記載されているが, 組織的研究はない。古間地震については河角がしらべた。

文 献

- (1) 文献 8・1 (6) (2) 8・4 (6), (7)
- (3) 川瀬二郎: 嘉義地方烈震に就て, 地震 15 (昭 18), 135—146, 161—166.
- (4) 文献 8・1 (5) 音響, 5, (昭 23) (5) 8・4 (4)

第 9 章 地震に關連する地球物理學的研究

9.1 測地學的研究

地殼變動の研究調査のうち特に直接地震と關連しておこなわれたものだけをのべる。(その他一般の地殼變動研究については地球物理の項参照されたい。)

今村⁽¹⁾は男鹿地震にともなう陸地變形についての測地學的方法 (このばあい三角測量) による結果と舊汀線の野外調査によるかつての文化年代の同地方の地震⁽²⁾にともなう變動とを比較し, 両者が同一性質なることをしめした。男鹿地震後の測量は陸地測量部でおこなわれ, 震研彙報にも發表された。長野地震後に武井⁽³⁾は地震地を通過する水準路線を改測したが, はつきりした結論はえられなかつた。

鳥取地震後の山陰道にそる水準路線の改測は陸地測量部でおこなわれたが⁽⁴⁾, これもはつきりした結論をしめさなかつた。

鳥取地震のときにできた二つの斷層の地震後における運動について精密水準測量を佐々, 宮村らがおこない, 宮村はこれを, やや立ちいつて論じた。萩原⁽⁷⁻⁸⁾はこの斷層をまたいでインバール線の伸縮計をおいて, その動きを觀測した。また斜傾計觀測もおこなつた。

今村⁽⁹⁾は東海道の遠州東南地塊の傾動について, 測地的および歴史的研究から, 來るべき遠州沖地震についての警告を發し, 水準測量その他の觀測の必要を力説した。しかし, 戦争のために實現をみぬうちに東海道地震がおこつてしまつたのは残念であつた。

文 献

- (1) 今村明恒: 昭和 14 年の男鹿地震に伴へる陸地變形, 地震 13 (昭 16), 28—37.
- (2) 陸地測量部: 秋田縣男鹿半島附近震災地三角點水準點復舊測量記事, 震研 19 (昭 26), 671—682.
- (3) 武井柳吉: 長野附近の水準改測, 震研 20 (昭 17), 237—239.
- (4) 陸地測量部: 鳥取地方震災復舊一等水準測量成果, 震研 22 (昭 19), 83—87.
- (5) 宮村攝三: 鹿野斷層及び吉岡斷層をよぎりての水準測量, 地震 15 (昭 18), 285—288.
- (6) 宮村攝三: 昭和 18 年 9 月 10 日の鳥取地震においてあらはれた鹿野・吉岡兩斷層及びその地震後の變動の精密水準測量による觀測, 震研 15 (昭 18), 49—59.
- (7) 萩原尊禮: 斷層の動きと地表傾斜變化の觀測, 地震 15 (昭 18), 280—284.
- (8) 萩原尊禮: 斷層の動きと地表傾斜變化の觀測, 震研 22 (昭 19), 66—71.
- (9) 今村明恒: 遠州東南地塊の傾動について, 地震 15 (昭 18), 217—224.

9.2 地球電磁氣學的研究

鳥取地震ののち、その斷層附近で永田^(1,2)は地電位差觀測をおこない、餘震發生との關係についてしらべ、將來かかる震源ちかくでの觀測ならば地震發生と地電位差變化の關係も有望であろうとの結論をえた。

湯村⁽³⁾は鳥取地震斷層附近の鉛直磁氣偏差計觀測をおこなつた。

越川⁽⁴⁾は東海地震の震害地、太田川下流平野、遠州川崎町等にて鉛直磁力分布をはかり、その結果と被害との關係についてきれいな關係をえた。

文 献

- (1) 永田 武：鹿野斷層附近における地電位差の觀測，地震 15 (昭 18)，20—27.
- (2) 永田 武：鹿野斷層附近における地電位差變化，震研 22 (昭 19)，72—82.
- (3) 湯村哲男：中央氣象台鳥取地震概報 (昭 18) 46—50.
- (4) 越川善明：遠州灘地震における被害程度と鉛直磁力の分布，震研 第 200 回談話會 (昭 20/I/16)，同 第 211 回 (昭 20/III/20)

第 10 章 歴 史 地 震 學

今村⁽¹⁾はこの分野においてひきつづき非常にすぐれた、しかも大なる研究を集積したが、その結果は、一部が雑誌「地震」その他に斷片的に發表されたのみである。武者⁽²⁾、齊田⁽³⁾などもこの分野において活躍した。また慶松⁽⁴⁾支那地震史の研究の一部が著書として發表された。今村の隨筆集「鯨のざれごと」⁽⁵⁾にも重要な論文がおさめられている。

文 献 ([] は直接地震に關係なき歴史的研究)

- (1) 今村明恒：
 - (a) 地震 13 (昭 16)
白鳳大地震 (82—90)，能代と地震 (245—258)，善光寺地震と社會 (290—298)，濃尾大地震の回顧 (349—362)
同 14 (昭 17)
増訂大日本地震史料第一巻を讀む (89—104)，埋没していた舊田面の再露出に關する一解釋 (149—156)，奥羽地震論補遺 (254—262)
同 15 (昭 18)
[本邦津浪に關する舊記の整理について (1—5)]，古代の比内地震について (114—134)，[慶長 9 年の東海内海兩道の地震津浪について (150—160)]，張衡地動儀による震源の推測 (175—186)，駿遠三地震考 (203—216)，[遠州東南地塊の傾動について (217—232)]，鳥取地震所感 (233—239)，姉川地震の前徴について (240—252)，濃尾大地震の前徴について (331—3)
 - 同 16
因伯地方大地震の前徴について (1—5)，強首地震の再検討 (6—22)，降毛考 (55—72)，本邦上代における地震現象のすぐれた觀察と記述 (76—82)，本邦正史に現われる最初の大地震 (103—104)，地震及び火山噴火に關する思想の變遷 (235—241)，遠州沖大地震所感 (299—303)。
 - 同 17
昭和 21 年 1 月 13 日渥美灣北部烈震の前徴について，(5—7)。
 - 同 18

嘉祥地震論補遺 (12—14)，[火山塵による氣候異常 (15—23)，クラカトア爆發による津浪について (24—26)]

- (2) 武吉金吉：中國地方の破壊的地震の前徴地震 16 (昭 19) 304—.
- (3) 齋田時太郎：江戸時代の耐震構造地震の間について，地震 13 (昭 16)，372—381。
同 國學者鈴木重胤の安政地震記，地震 14 (昭 17)，82—84。
[同 濱名湖口地變の沿革 震研 20 (昭 17)，360—374.]
- (4) 慶松光雄：支那地震史の研究 1 (中央氣象合刊)
- (5) 今村明恒：鯨のざれごと，(三省堂昭 18)。
- (6) 震災豫防評議會：増訂大日本地震史料第一巻 (昭 16)，第二巻 (昭 18)，第三巻 (昭 18)

第 11 章 地 質 地 震 學

かつては地質學として研究された地震學も現在では地質學的にはほとんど研究されない。ただ地震斷層については地質學的研究がさかんになされている。津屋^(1,2)は鳥取地震において生じた鹿野・吉岡兩斷層，三河地震において生じた深溝斷層について詳細な地質學的研究をおこなつた。鳥取の斷層についてはまた築地⁽³⁾の地形學的研究がある。

小林⁽⁴⁾は會津地方の地質と地震との關係をしらべた。

文 献

- (1) 津屋弘達：鹿野・吉岡斷層とその附近の地質——昭和 18 年 9 月 10 日鳥取地震に關する地質學的研究，震研 22 (昭 19)，1—32.
- (2)* 津屋弘達：深溝斷層 (昭和 20 年 1 月 13 日三河地震の際現われた一地震斷層)，震研 24 (昭 21)，59—76.
- (3) 築地 明：鳥取地震の活斷層にそと Kernbut，地理學評論 20 (昭 19)，第 1 號.
- (4) 小林 學：會津地方の地質構造と地震との關係，地震 15 (昭 18)，312—320.

第 12 章 津 波

上に扱つて來た諸現象が主として剛體または彈性體を對照として來たのに對して、地震にともなう最もいちじるしい、災害の面からみても重要な現象に津波がある。問題は流體力學的であり、他の研究と非常にかげはなれてはおるが、三陸南海等古來津波の害をうけることの多い地域を持つ我國にとつて輕視することのできない一側面である。

12.1 理論的研究

津波の理論的研究は前世紀の初頃以來多くの學者によつて論じられている。すなわち、海面に衝撃或は海水の堆積等の攪亂が與えられた場合に發生すべき波の問題に對し、有限の深さを持つた場合、海水の壓縮率を考慮した場合等が解かれているし、それ以後海底の隆起、沈降等の地形變動によつて生ずる波について研究したものもあるが、比較的小數であつた。本期間にてこの問題を取扱つたものに妹澤・金井⁽¹⁾による研究がある。任意の深さの海の場合には取扱いが數理的にかなり複雑になるので今までは余り扱われてはなかつたものであつた。この研究は一次元の問題につき、このような場合の

波の問題を計算して注目すべき結果を得たものである。計算の根本概念は、海底に變動があれば、その變動は海水の中の壓力の波として海水に伝えられるということであるが、その壓力波の速度が津波の速度に比して著しく速いから、海底が余程深い場合以外は海底の變動と同時にその上にある海水も動いたと假定してよい。このように考えると、海底變動の際の海水の動的不釣合の状態は海底の變動を考へる代りに、海面の凹凸を取つても大して誤りでないと考へる。この考へに基いて、フーリエ積分を用いて一次的傳播を考へた。その結果として任意の深さの海に津波が発生する場合は、波に分散性があり、時間が経過すると共に、波の振動部分の繰返は増加するし、さらに、波の拡つておる區域は廣くなること判つた。また、波長特に初動に近い方の波の波長は時間と共に長くなり、振動周期も延びることが判つた。さらに、振巾分布については海の深さ h と原點の海面凹凸を示す數 α との比 h/α によつて規則正しい變化がある。すなわち、振動振巾の極大の部分は h/α が小なるもの程、初動部の近くにあり、 h/α が大きくなると波動部分の中に来る。 $h/\alpha = \infty$ の場合に極大が最も後方に來るが、それでも有限振巾の波動部分の最後部ではない。極大振巾の位置如何にかかわらず振動周期は初動部が最も長く、後の方ほど短くなる。しかし、この計算では最初に水面に攪亂が與えられているので、海が極く浅く、また變動が極く短時間に完了した場合の外は、海底の變動と、海面上に最初に置かれるべき水の堆積の形との間に如何なる關係があるかということは論じられておらなかつた。この問題を考へて一歩前進させた研究に高橋⁽²⁾のものがある。

高橋は種々の深さの海において、まず海底圓形地域が一様な隆起、あるいは沈降をした場合に、海面に如何なる波を生ずるかを計算した。その結果、浅い海においては、海底が隆起すると水面には最初圓錐臺形の山が生長して來るが、そのうちに斜面の下部は外方へ長波の速度で傳つて行くのに反し、斜面の上部は次第に崩れて後退してゆくので、その中間に環狀の凹所ができて來る。この凹みは次第に深く徐々に内方に後退してゆくのゝ變動區域の外側に環狀の水の土手ができ、その山は、おおよそ長波の速度で外方へ拡がつて行く。その間に中心の圓錐は次第にやせて尖塔状になり、遂に消失して中心には洋鐘を逆にしたような形の凹みを生ずる。中心は、さらに陥没してラツパ状となる。次に中心は次第に持ち上がる。この盛り上つた場所は段々にその面積と高さを増して、時間が経過すると中心附近はほとんど水平の狀況にまで回復する。しかし、その周囲には環狀の凹所が外へ外へと拡がつている。すなわち、相當時間が経過した後は一山及び一谷より成る圓形波が外方へ傳播してゆくことになるのである。さらに海の深さが多少深くなつた場合には多少分散があるから浪の先端は段々に偏平になつてゆき、浪頭附近の波長も次第に延びてゆくことを導いた。海の深さが非常に深い時は分散が大であり、また長波の速度が非常に大きいことを意味するので、海底の地震と同時に遠方が動き出すこともありうると考へられる。以上のいずれの場合でも浪源から遠い所では、波高は地變の體積には比例するが地變地域の半徑には關係ないことを示したことは興味がある。高橋はさらに海底の圓形地域が複雑な變動を行つた場合に生ずる波について考へた。まず、海底の變動を圓形地域の均等な陥没をもつて考へる代りに、圓形地域の傾動、及び鞍形、かなえ形の地變のあつた場合について浅い海における波形を計算した。その結果として發生する波は、海底の隆起した方向には初動が上潮であるような波群として傳播してゆき、海底が沈降した方向にはその反對であることがわかつた。従つて海底變動の節線の方向には津波はないことになる。津浪上における海面の變動はさらに複雑であるが、概略を述べると海面は海底の變動の形に似たモードの減衰振動をなしつつ、その周囲から上に述べたような進行波を發生することがわかつた。さらに深い海、遠い所における波形についても詳細な計算を行つたのである。

海底に海棚がある場合の津浪の振動を論じたものに高木⁽³⁾の研究がある。津浪を週期的振動と考へずに、衝動的なものとして取扱ひ、こうした場合海棚の影響によつて、振動が起りうるかどうかを調べ

た。その結果ゆるやかに變化する波形では海棚では振動が起り得ないが、突然に始まるような波形を與えた場合には振動が誘發されうるといふ結論が得られた。

12.2 實驗的、觀測的研究

特に日本の津浪に關する研究

高橋はこれらの理論的研究と平行して實際の津波の觀測に便利な津波用驗潮儀の製作⁽⁴⁾を試みた。すなわち、今までの驗潮儀はその目的が主として潮汐の觀測または平均海水面の決定等にあるため、波の靜かな灣奥に設置してあつたのが常である。従つて、かような驗潮儀によつて記録される波は、洋中を傳播して來た元來の津波とは著しく異なつたものであつた。そこで高橋は津波の記録を第一目的とする驗潮儀を製作し、宮城縣牡鹿郡女川町江ノ島に設置して觀測を開始した。なお、これには新しい試みとして振巾が大きくなつても記象紙から筆がはずれないように工夫されている。

これらの研究と同じ頃、早川⁽⁵⁾は深さ一定の矩形及び特殊な形の海灣について津波の實驗を行い、これに對する理論式を導いた。すなわち縦 535 cm、横 174 cm、深さ 60 cm の水槽内に矩形型、梯形型及び深さが灣の奥行に比例して線形的に變化する矩形型灣等につき、外側及び内側より個立波を送つて、灣上に設置した驗潮儀に如何なる波形を示すかを實驗し、あわせて理論式を計算した。

まず、深さ一定の矩形灣について實驗の結果、海の中に灣が個立してある時と灣の兩側がある時とでは、灣型振動、靜振型振動との生じ方が異なること、及び上下運動の減衰に、灣型と靜振型振動とでは遲速のあること等を見出し、これらの事實が理論的にも導きうることを計算によつて確かめた。また特殊な灣型に對する實驗も同様の装置によつて實施して、深さ一定の矩形海灣の場合よりも一層複雑な振動となり、波長、振幅、減衰等についても、それぞれ灣形の變化によつてこれらに對應した結果を得た。さらにこの實驗に基いた理論式を計算した。

實際の地震津浪の發生した場合について、我國の被害を調べて見ると、一つの注目すべき事實を認めることができる。すなわち、土佐沖、遠州灘等のような東海、南海道方面に起つた津浪では、東日本、すなわち、三陸方面には被害を起すことが概して少なく、逆に三陸沖に起つた津浪では、東海道、南海道方面は損害を受けていない。この事實と、伊豆七島から小笠原、マリアナ群島に延びている海嶺との間に關連性があるかどうかということが問題になる。これについての研究に高橋の論文⁽⁶⁾がある。ここでは計算は2次元の問題として取扱われ、海底に陸棚、海堆、海溝等がある場合について考へてある。その結果、非常に週期の長い波については、海岸に來るまでに陸棚の縁邊で反射されてしまうから、海岸には到達し難い。殊に日本海溝の西縁等は傾斜が頗る急であるから、この作用が著しい。三陸沿岸における津浪の檢潮記録等には長週期の津浪が餘りないのに、桑港の檢潮記録には非常に長週期の津浪の現われる一つの理由は、日本海沿岸の陸棚での反射が與つているらしい。なお津浪被害の三陸沿岸と東海、南海道の沿岸との隔離性は、その週期が比較的短いものが多いこと、従つて減衰が早くなるため、伊豆七島、マリアナ海嶺、日本海溝の西側、陸棚に到るまでの斜面のような著しい傾斜面でも、津浪を反射する率は非常に小さい。すなわち、大部分は日本本州海岸線が房總半島において急に方向を東西から南北に換えているために津浪の蔭ができるのに起因していることが判つた。

前述した如く、我が國における地震津浪の被害分布を見ると、地域的にかなり特徴のあることは、よく知られていることであるが、このことに關して、地域的な津浪の危險率を論じたものに、高橋の研究⁽⁷⁾、日高の研究⁽⁸⁾がある。

高橋はまずある地點での津浪の危險率というものを定義して、そこに100年間に到達する津浪の

エネルギーの総和とした。更にこの量を定める因子として、ある微小面積から 100 年間に放出されるであろう津浪のエネルギー、その時点で 1 というエネルギーが放出された時、津浪を感じる地点の沖合の 200 m 等深線の単位長（ここでは約 83 km）のうちに届くエネルギー、及びエネルギーの総和が 1 m^2 になるために、前記等深線の部分に到達することを要する津浪のエネルギー、（これは津浪を受ける地点にのみ関する）の 3 つの量を考えた。さらにこれら 3 つの因子を我が国において発生した地震津浪の記録に基いて決定した。この結果我が国太平洋沿岸の地域的な津浪の危険率、及び三陸沿岸各地の局部的危険率が定められ、その結果は興味あるものである。

日高⁽⁹⁾は、従来発表して来た灣の振動現象の理論に立脚して、大阪灣と東京灣に津浪が來襲した場合に、場所的に危険性が如何に分布すべきかを論述した。すなわち、津浪によつて灣の水位が變動するのは、その灣の固有振動の週期と外部から來た振動の週期とが一致した場合に著しいとして、灣の固有振動、すなわち、静振の振幅の分布よりその灣の危険性を推定しようと試みた。大阪灣の場合には灣が幅と深さにおいて、それぞれ

$$b \propto \left(1 - \frac{v^2}{a^2}\right)^{\frac{1}{2}}, \quad h \propto \left(1 - \frac{v}{a}\right)$$

で變化する一次元の水道と假定して解いた結果、大阪側での振幅は由良側の 3~4.5 倍になるし、その時の週期は 118 分~70 分であることが判つた。さらに灣を長軸は短軸の 2 倍の楕圓水槽と考へて計算を行うと、週期は 118 分~71 分で振幅も大阪側は由良側の 3~4 倍になることが知られた。その他塚は縦式双節振動では、節線上にあつて振動は大きくはないが、單節の横振動に對しては、危険な位置にあることが知られたのは注意すべき結果である。さらに東京灣に對しても、矩形の水槽として取扱ひ、90 分の週期をもつ津浪が來襲したときは最も浅い端の振幅は最深側の振幅に比して約 19 倍という驚くべき高さになることを示した。すなわち、大阪灣、東京灣共に形も固有週期も非常に似通つていて、70~90 分程度の津浪に對しては甚だ危険であると結論している。ただし、兩灣共淺いので海底の摩擦が大で、振幅はそのため減するし、津浪の週期としては、20~30 分という程度のものが多いことで、兩灣の津浪に關する危険性は幾分軽減するものと考えられる。

12.3 その他の研究、防災處置

重力の加速度を g 、海の深さを h とした時に津浪の傳播速度は一般に \sqrt{gh} で與えられることはよく知られたことである。而して實際の津浪の場合の速度はこの \sqrt{gh} で算出した値よりも僅かに大である場合が多い。従來この差異の生ずる理由としては、海底の弾性的な變化によるものとしたものである。廣野⁽¹⁰⁾はこの説明に代るに、津浪の波長の長いことに起因するとして一様な傾斜をもつた海底の場合の長波の高さと速度とを計算した。その結果、長波の群速度、位相速度は、海岸に近づくに従つて、 \sqrt{gh} より小さくなるのに反し、波頂速度は大きくなることが判つた。三陸津浪の場合の實測値をこれにあてはめて見ると海岸の沖合約 67 km 位より波頂速度が \sqrt{gh} よりも著しく大きくなるという結果を得た。この事實より推定して、廣野は津浪の速度としては、群速度や位相速度を取るより、波頂速度を考へることの方が適當であると主張し、さらに計算を進めて、津浪の週期を T とする時 \sqrt{gh} によるより波頂速度で計算した方が $0.121 T$ だけ早く到着するという結論を得た。實際に三陸津浪の時に月濱においての津浪は地震後 50 分で到着したのに對し、 \sqrt{gh} で計算すると 47 分となり、さらに週期 20 分として上式で遅れを算出すると 2.4 分となり、かなりよく一致するというのである。

さらに最近高橋⁽¹¹⁾は、灣内の任意の地点で觀測された津浪の形から、もとの地震津浪の形を推定するに便利な式を導いた。

今村明恒がこの國の大地震及びそれに伴う津浪の慘害を除こうとしてつくした努力は今日なお我々の記憶に新しいが、これについては第一編で簡単にのべた、氏の一生、ことに晩年はこのことにささげられたが、戦いの大波にその努力をほとんどむなしくしてしまつた。

なお三陸沿岸地方はしばしば大津浪に見舞われている所であり、今後もその危険性の多分にあるところから、この地方の津浪に對する警報の問題が昭和 15 年頃より具體的に全國氣象官署長會議の席上で採り上げられ、その後 16 年末に至つて警報に關する案が最終的に決められた。この問題に關しての経過、並びに津浪警報の實施方法等についての細部は森田⁽¹²⁾によつて報告されている。また森田⁽¹³⁾は特に三陸地方の青少年のために、津浪のよけ方についてと題したパンフレットを著し、津浪の起り方、被害の及ぼし方、この被害を最少にいとめる方法等を説明している。これらの實際問題に對する研究もまた理論的研究と相まつて行われねばならないことである。

12.4 日本の津浪についての記述

最後に本期間中に大なり、小なり津浪を發生させた地震についての調査について述べることにする。

1) 1941 年 11 月 19 日、日向灘地震

この地震は驚坂、本間⁽¹⁴⁾等によつて踏査報告されている。それによると震源が陸地から距つていたために一般に大した被害こそなかつたが、規模においては 5 年 11 月 26 日の北伊豆地震を凌ぐものと考えられる。この際發生した津浪は九州の東海岸及び四國の西海岸に浪高約 1 米あつた。大分縣下の海岸では氣付かなかつた所が多かつたようであるが、大分、津久美、佐伯では數程程度の津浪を認めた。宮崎縣下では、細島が最も著しく約 1 米内外で岸壁、道路を洗い、青島村折生迫という所では港内に繫留中の數船の轉覆、流失等の被害を生じた。鹿兒島縣にはほとんど津浪を認めなかつた。四國では宇和島で小規模な津浪を認め、宿毛町、清水町でも振幅 60~70 釐位であり、高知港では津浪を明瞭に認めることはできなかつた。

2) 1944 年 12 月 7 日、東南海地震

この地域は寶永、安政の大地震における震央とほぼ同一と推定せられ、津浪による被害もまた甚大なものがあつた。地震に伴つた津浪の調査には地震研究所では表⁽¹⁵⁾が、氣象台關係⁽¹⁶⁾ではそれぞれの班が實地踏査して報告している。

津浪による被害を概観すると、伊豆半島下田より駿河灣、遠州灘にかけての地域は 1~2 m 位の津浪を認め、志摩半島の北岸、伊勢灣及び渥美灣の沿岸では、1 m 以下に過ぎなかつたが、志摩半島の南岸から紀伊半島の東岸では津浪の高さは、至る所 6 m 乃至 8 m、1 部では 10 m にも及んでいる。この理由としてはこの地域の海岸線がリアス式の凹凸の極めて複雑な地形によるためであると考えられる。表は三重、和歌山兩縣下の津浪の被害の甚しかつた地域を詳細に踏査して報告している。それによると三重縣下では錦、吉津、島津といつた町村がその被害最も大で、全町村ほとんど 90% 以上が津浪によつて破壊されているという慘狀であつた。また大きな都市としては尾鷲町の被害が目立つている。すなわち、流失家屋 548 戸死者 36 名を出しているのでもその慘狀がうかがわれる。和歌山縣下では新宮市、那智市、勝浦町と相當の被害のあつた町があるが三重縣に比べて次第にその被害も少なくなつて來ているが、さらに表は各地の驗潮記録及びその他の觀測結果に基いて、その浪源推定を試みて、東經 137.2° 北緯 33.6° 附近を中心として半徑約 200 km の擴がりをもつた圓形地域であるらしかつたことを推定している。また井上⁽¹⁶⁾は静岡縣下、本間⁽¹⁶⁾等は遠州灘沿岸地方を踏査し、震害調査とあわせて津浪の調査を行つているが、この地域は前述した如く津浪としては極く輕微なものであつて、特記するような事柄はない。さらに高木等は伊勢海に沿つた地域の、鳥羽、松阪、津、

四日市, 名古屋, 大野, 豊濱各験潮所を廻つて, 験潮記録を調べ, 鷺坂⁽¹⁶⁾等は三重, 和歌山兩縣下の實地踏査を行つた。その被害狀況は表の調査の中で述べたのでここでは繰返しては書かぬことにする。

3) 1945年1月13日 三河地震

この地震は戦時中であつたのと, 津浪によつては大した被害もなかつたので, 十分な調査もないが, 廣野⁽¹⁷⁾等の調査によると, 蒲郡で波高1m位, 豊橋, 師崎では20~30cm程度の津浪をかんだに過ぎなく, 津浪による被害は見られなかつたと報じている。

文 献

- (1) 妹澤克雄・金井清, 任意の深さの海における津浪の傳播について 震研 20 (1942) 254
- (2) 高橋龍太郎, 海底の變動によつて生ずる津浪について (第1報) 震研 20 (1942) 375
同 (第2報) 23 (1945) 23
- (3) 高木 聖, 津浪の海棚での振動 驗震 12 (1942) 65
- (4) 高橋龍太郎, 津浪用験潮儀の製作 日本海洋學會誌 1 (1942) 25
- (5) 早川正巳, 津浪の研究 (第1報) 深さ一定の矩形型海灣の振動實驗について 海と空 21 (1941) 159
(第2報) 同上 理論について 21 (1941) 245 (第3報) 特殊の灣形の振動實驗について 21 (1941) 386 (第4報, 第5報) 同上 理論について 22 (1942) 37, 71
- (6) 高橋龍太郎, 海嶺並に陸棚における津浪の反射及び通過について 震研 21 (1943) 327
- (7) 高橋龍太郎, 地域的にみた津浪の危険率 學研, 震災豫防委員會報告第3號 (1943)
- (8) 日高孝次, 津浪による地方的危険性 同上第4號 (1943)
- (9) 同上
- (10) T. Hirono, On the Height and Velocity of Long Waves over a Sea with a Uniformly Sloping Bottom Geophys. Mag. 14 (1946) 27
- (11) R. Takahasi Motion of the Bay Water Caused by Seismic Sea Waves. Bull. Earthg. Res. Inst. 25 (1947)
- (12) 森田 稔, 三陸沿岸に對する津浪警報 13 (昭 17) 37—43
- (13) 森田 稔, 津浪の上げ方, 仙台管區氣象台刊
- (14) 鷺坂清信, 本間寧ほか, 昭和 16 年 11 月 9 日 日向灘地震地域踏査報告 驗震 12 (昭 17) 162—173
- (15) 表俊一郎, 昭和 19 年 12 月 7 日 東南海大地震に伴つた津浪 震研速報 4 震研 24 (昭 21) 31—57
- (16) 中央氣象台, 昭和 19 年 12 月 7 日 東南海大地震調査概報
- (17) 廣野卓藏, 未發表

第 III 編 理論的部門

第 13 章 序 言

何時何處でいかなる地震が起り, そのために地球とその上に住む我々にどのようなことが起つたか, ということについての研究や調査は前編までにのべた。

元來, 地震は震源といわれる区域内におこり, それが媒質を通して各方面に傳播するものであるから, 震源における機巧がもつとも中心的研究對照となるべきである。それに續いては波の傳播の研究, 地震波の媒質としての地球の性質, そして最後に地球上にあつてそれを觀測する方法, 生じた現象とその解釋等がくるわけである。もつとも, 實際の研究手段としては順序はむしろ逆で, 觀測の事實から出發して波動を通じて地震現象の根源へと進むわけであり, そのためには解析を都合よく行うための計算法も重要な問題となつてくる。

第 14 章 地震計

一頃地震計の運動については甚だ研究が盛んであり, 殊に初動の記録をめぐる活潑な議論が展開されたが, 1940年頃までにはこれらはすっかり下火になつてしまつた。多くの興味ある問題が理論的には解決されてしまつたこと, 及び實際に用いられる器械についてはいかに高度の理論をたてても以上の理論をあてはめられる程の精度はなく, また理論で考えたような場合が實地におこることもあまりないこと, そして實際に器械に要求されている條件は理論的研究によつて解決されるような種類のものでないことなどがその主な理由であると考えられる。

地震研究所妹澤・金井⁽¹⁸⁾の兩名は 2 回にわたつて初動の問題を演算子法によつて論じている。すなわち初動を色々の形で與えて, これに對應する地震計の動きを自己振動と強制振動とにわけて調べたものである。その他, 新しく作られた振動台による實驗と比較しつつ地震計の高次不安定, すなわち振子の振動方向と直角に地動が存在する時の安定, 不安定の問題について⁽¹⁹⁾, その周期と振子の自己周期との比が變るにつれて色々の問題が起つてくるのを, 數學的に嚴密にといたものである。この問題は前期からのつづきであり, 古く末廣⁽⁴⁾以來しばしば論じられた困難な問題であつたが, ここに色々な場合について, 自己周期と制振力, 外力の周期の間の關係があきらかにされた。

この外坪井忠二は振子の運動についての獨特の小論文を二, 三發表している。すなわち“物理振子に關する二三の性質”⁽²⁰⁾について宮村攝三と共に昭和 16 年に, “強制振動の表現”⁽²¹⁾のしかたについて昭和 17 年, “絕對速度に比例する減衰をうける地震計の振動”⁽²²⁾について同年宮村と共に, また“振子の週期に及ぼす振幅の影響”⁽²³⁾を發表した。第一のものは minimum 振子にナイフエッジを取つることによつて周期がどのように變るか, また重力測定に用いるに都合のよい性質はどんな時に得られるか, を考えたもの, 次の研究は從來強制振動を行う振子の振幅と位相とは別々のグラフに書かれていたのを適當にとられた位置ベクトルの大きさによつて振幅を, 座標軸となす角によつて, 位相差を表現しうるようによつて考えた巧妙なものである。第三のものは, 通例振子の運動は地震と共に動く坐標系からみて速度に比例する抵抗を考えていたのを, 趣考をかえて表題のような場合について論じ

たもの、最後にあげたのは重力測定の場合、振幅有限の際には周期に補正を入れる必要があるが、補正項として普通に用いられる $\frac{1}{16}\theta^2$ という項が、実験的には $\frac{1}{10}\theta^2$ 位なることについて考えたものである。

この外とり上げるべき程のものはあまりないが、中村左衛門太郎が15年に“地震計の周期と制振度について”⁽⁹⁾、17年には“バネ振り地震計の倍率について”⁽¹⁰⁾注意した。後者は地震計の支点をピボットにせず、バネを用いる時生ずる倍率の不確かさを論じたもの、前者は振幅と位相に關してある許容誤差を定めた時、この範囲で忠實に地動をかくには地震計の常数をいかに定めるべきかを示したので、その条件が極めてきびしいものであることをみる時、直接に正確な地動をかく地震計は困難であることが思われる。

この外本間正作は“地震の常數檢定に關する二つの問題”⁽¹¹⁾となづける檢定法に關する理論的な考察を、廣野・本間・副田らは“振動體の共鳴現象その他について”と題して振動論的な立場から研究した。しかし、これらはいずれも孤立した問題であり、思うに地震計理論の基礎は既に一應ととのつたのであろう。

14.1 上下動地震計

上下動地震計の周期をのぼす研究も一頃盛であつたが、最近に至つて全く下火になつてしまつた。この期間内にもわずかに萩原尊禮(地震研究所)をあげうるに止る。萩原⁽¹²⁾は17年振子の復元力をふれの角 θ のべき級數として展開した時、 θ^2 の係数を0とするあらゆる場合をしらべた。特にこの研究で取上げられたのは、バネを振子につけた點A、支點O、バネを地震計の臺に固定した點Bとした時 $\angle ABO=90^\circ$ となる場合であつて、これを直角法となづけた。バネの變形エネルギーはABの長さの函數で、ABの位置には關係しないから、AとBをとりかえても變りない。つまり $\angle ABO=90^\circ$ のつり方は前から知られている $\angle BAO=90^\circ$ のつり方と同等であり、 θ^2 の項がなくなるのである。この考えは後に實行にうつされた。

文 献

- (1) K. Sazawa and K. Kanai, On the Initial Movement of a Seismograph subjected to an Arbitrary Earthquake Motion, Solved with Operational Calculus I. Bull. E. R. I. 19 (1941) 162.
II. 同上 443
- (2) K. Sazawa and K. Kanai, On the Problem of Instabilities of Higher Orders in a Seismometer II Bull. E. R. I. 19 (1941) 9, III. 同上 177.
- (3) 同上 I 18 (1940) 433.
- (4) K. Suyehiro, On the Stability of Horizontal Seismometers, Proc. Imp. Acad. 3 (1927) 143.
- (5) 坪井忠二, 物理振子に關する二, 三の性質 地震 13 (昭 16) 187—191.
- (6) 坪井忠二, 宮村攝三, 強制振動の表現 地震 14 (昭 17) 76—81, 坪井忠二, 振動論(河出書房)第4章 p. 209—214.
- (7) 坪井忠二, 宮村攝三, 絶對速度に比例する減衰をうける地震計の振動 " 14 (昭 17) 103.
- (8) 坪井忠二, 宮村攝三, 振子の周期に及ぼす振幅の影響 震研 21 (昭 18) 236.
- (9) 中村左衛門太郎, 地震計の周期と制振度について 地震 12 (昭 15) 262.
- (10) " バネ振り地震計の倍率について 地震 14 (昭 17) 239.
- (11) 本間正作, 地震の常數檢定に關する二, 三の問題 驗震 12 (昭 17).
- (12) 廣野卓藏ほか, 振動體の共鳴現象その他について 驗震 12 (昭 17).
- (13) T. HAGIWARA, A Note on the Vertical Motion Seismometer Bull. E.R.I. 20 (1942) 337.
上下動地震計について 地震 14 (昭-17) 128.

第 15 章 弾性静力学

地震現象を弾性的に解釋しようとする試みが理論地震学の主要な分野を形作つていくことは問題の性質上當然なことであるが、純粹の地震学においては静力学的な研究というものは割合に少い、關係方面を加えても今期間に行われたものは、わずか二、三を数えるのみである。すなわち大都市の地盤沈下に關連して荷重による沈下の問題を研究した廣野卓藏⁽¹⁾及び森田稔⁽²⁾、地殻を彈性板とみて、その両面から力が加わつたとした時に板内に生ずる歪力を求め、地殻内の歪力の分布、ひいてはアイソスタシー説と結びつけて地震をひき起す力について考え及ぼそうとした坪井忠二⁽³⁾、重力の影響を考慮に入れてトンネルの面に生ずる歪力を二極坐標を用いて巧みに計算した永原⁽⁴⁾、等がある。この外には、極めて原始的かつ基本的な問題であるが、前からのつづきとして⁽⁵⁾半無限彈性體の内部に歪みの核を作つてこれによる變形を考え、もつて地震前または後の地球の變形状態をあきらかにしようと試みた副田勝利の研究⁽⁶⁾がある。これは長く、かつ複雑な計算であるが、この種の問題としては歪みを彈性體内に分布せしめて考える以外には一應問題は解決されたと見てよからう。なお同じ著者によつて“表面に働く静的力による有層半無限體の變形”が論ぜられたが、これもまた題名より察せられる通りの同じ傾向の研究である。アメリカにおいても飛行機の着陸に際しての地面の強度を知る目的でやや似た題目の研究がなされたようにきいている。

文 献

- (1) 廣野卓藏, 軟地盤の荷重による沈下について 驗震 11 (昭 16).
- (2) 森田 稔, 地盤沈下に關する一假説, 同上.
- (3) 坪井忠二, 力學の状態より見たる地殻の分類, 談話會 17. 9 (第 184 回).
- (4) 永原 茂, 重力の場における彈性體の變形 震研 20 (昭 17) 401.
- (5) 副田勝利, 或内部歪核による半無限彈性體の變形について 驗震 11 (昭 15).
- (6) 同上 補遺驗震 12 (昭 17), 一般内部歪核による半無限彈性體の變形について (第1報) 驗震 13 (昭 19).
- (7) " 表面に働く静的力による有層半無限體の變形 驗震 12 (昭 17).

第 16 章 弾性动力学

静力学的な取扱いがわずかであつたのに對して、動力学的な研究はかなりの數にのぼつていく。動力学といつても問題の性質上彈性波動論がそのほとんど全部をしめていくわけであるが、1930年代に盛んであつた發震機構や、エネルギーの分配に關する研究は下火になり、ますます複雑になつて行く發生や反射屈折の問題、その他温度分布が一様でないために生ずる歪力、不等方物質内の彈性波、さらに従来もぼつぼつと進んで來ていた表面波の問題を一層發展させ、いろいろと境界条件をかえて我々が實際必要とする場合によりよく適合するようにした工夫等がある。そのほか媒質自體の性質をかえて粘性を考慮に入れようとした努力などについては章を改めてあつたことにしよう。なお、問題が孤立して一貫性をかくため下に行つた分類も單に便宜上のもので整然としていない。

16.1 弾性波發生に關する議論

等方等質の完全彈性體が無限に續いていくとしてその中を傳わる波を議論する問題は、振動源が點

状の時には現在興味をひくものはほとんど何物も残っていない。また 1930 年代までに主として追求された問題は球面上で変位もしくは歪力を與えて球外の任意の點での變位を求める、ということであるが、これまたこの文中に現われる 5 年間にはいべき發達を行つていないが、ただ一つ氣象台の廣野卓藏によつて書かれた長大な論文に“Mathematical Theory of Shallow Earthquake”⁽¹⁾がある。半無限體表面に力を加えた時の彈性體表面及び内部の振動をくわしくしらべたもので、これによつて淺發地震の機構を明らかにしようとするものである。從來發震機構を論ずる時には無限體内の振動源に関する理論をそのまま用いていたが、極度に淺い地震に對してはむしろ表面に働く力によつておきかえた方がよいとの考えによるものである。

ほかに本間正作が初期値問題の形で研究⁽²⁾を行つているものがある。これはある時刻に彈性體内任意の場所に任意の（といつてもある程度の制限はあるが）變位または歪力を與えた時にその後波動がどのように傳わつて行くかという初期値問題的な考えを彈性論に應用したもので、球面上で条件を與えることは古くから行われていたが、このような取扱いは一つの新しい面を開いたものといえよう。内容について一言すれば、初期變位または歪力を極座標によつて、圓嚮函數 $Z_{n+\frac{1}{2}}(kr)$, $P_n^m(\cos\theta)$, $\exp(\pm im\phi)$ 等の組合せによつて表現し、これをみたすような彈性方程式の解を通常の境界値問題と同様に求めてきたもので、簡単な例題が行つてある。

また妹澤と金井⁽³⁾とは演算子法を用いて球狀の震源から發せられる任意形彈性波の傳播をしらべた。

16.2 反射・屈折

前節で扱つたように物質が無限につづいている時には問題はないが、何か境界がある時にはそこに入射した波に對しては何事かが起らないではすまない。その“何事”かを求めようとした研究は昔から多くあり、理論はむづかしいことはないが物質の配置や性質を色々にかえると非常に多くの場合が出てくるし、計算も複雑になるから、いつになつても完全にすむという時が來ない。その時代時代に重要な意味をもつ課題が少しづつ様々な人によつてところみられたのである。東大地球物理學教室松澤武雄は二つの半無限彈性體境界面での反射屈折に関する極めて廣はんな計算を初めたときくが、未だに完成されていない。⁽⁴⁾

この期間内に發表されたものとしては西村源太郎、高山威雄（東京帝國大學地震研究所）の協力によつて昭和 10 年以來⁽⁵⁾引つづき行われている表面層が一つある場合の研究に續いて、二層ある時の計算が行われたが⁽⁴⁾その成果は印刷になつていない。ほかに空氣中から水の中に入射する音波に関する宮村⁽⁶⁾の小論がある。以上はいずれも地表面または地殻底部での反射であるが、内核での反射屈折を論じたものに木澤の研究がある。⁽⁵⁾

16.3 表面波

實體波に関する研究が一應終つているのに反して表面波については、なお多くの問題が残されている。ただ計算がむずかしくて容易に實行し得ないという難がある。

境界面が一つしかない半無限體内のレーリー波については議論すべき程のこともないため、二つの自由面でかこまれた彈性體、すなわち板についての計算が佐藤⁽⁶⁾によつてなされた。すでにすつと以前に H. LAMB⁽⁷⁾のやつた問題であるが、更にくわしく、 λ と μ の比も $(\lambda+2\mu)/\mu=\infty, 4, 3$ の三通りの場合について、基本分枝ばかりでなく板内に節を持つような波についても分散曲線と振幅の分布とが求められた。

さらに複雑な境界条件を與えたものとして金井による M_2 地震波の議論がある⁽⁸⁾。 M_2 は表面層を有する場合のレーリー波の分散曲線のうち、基本波よりも位相速度の大きな分枝であるが、以前から行われていた妹澤との共同研究⁽⁹⁾を發展せしめてこれを實際の觀測と結びつけようとしたものである。

ほかに本間正作の獨特な研究がある。それは從來表面波の問題が水平方向にはすべて一様な媒質を考えていたのに對して、地表に存在する複雑な凹凸の構造物質常數の變化によつて生ずる影響を、近似的に求めようとするものである。表面波の研究が當然水平方向の不均質、不連続の場合に進むべきであつたのに、今まで取扱いの困難のために見捨てられていたのをとり上げたものとして注目すべきであろう。この研究は少し前から始まり⁽¹⁰⁾、地形の影響についての第 3 報まで⁽¹¹⁾、不均質性については別の論文⁽¹²⁾が書かれている。第 1 報では緩やかな地形について、凹凸のない平面の場合の解を第一近似として用い、これによつては満されな残留應力が表面に加えられたとしてその影響を求めている。第 2 報では地形の變化が緩かでないために、上のような取扱いの許されない時、凹凸を表面密度におきかえて計算している。不平方向に不均質な地表物質の扱い方もほぼ同様である。

16.4 異方性物質の取扱い

等方等質の彈性論が一應調べられ、一方では氷層内での彈性波の實驗、土中の速度が方向によつて異なることの實證等が得られるにつれて（第 IV 篇参照）、異方性物質内の波の傳播が取上げられるようになった。

松澤武雄は重力の働く地球にあてはまりうるような媒質として、鉛直方向には違つた性質を持つ六方晶體を考え、その中で波の傳播をしらべて、その結果縦波に類するものには一つ、横波に類するものには二つの種類があることを示した。松澤はかなり前にも⁽¹³⁾異方性物質を扱つているし、RUDZKI⁽¹⁴⁾の研究は古いが有名である。本間正作は同様の考えを表面波にあてはめて、速度や振幅を吟味した⁽¹⁵⁾。これより少し前に A. ROSENBLATT の研究があるが⁽¹⁶⁾本間の研究は全く獨立になされたものである。

16.5 熱應力

地震の副原因として色々のもものが考えられるが、熱應力がその一つとなり得るか否かを吟味した研究が松澤武雄⁽¹⁷⁾によつてなされた。はじめ二次元の問題が解かれ、後三次元に擴張されたが、それによれば影響は相當深い所（溫度變化の波長と同じ程度）まで及ぶが、變化の振幅は深い所では、氣壓によるものよりは小さい。また表面の傾斜變化も、溫度の場所による變化の波長が長い時には小さいことが示された。このほかにも溫度變化に伴う“半無限彈性體表面の變形”を論じた門脇眞郎の研究がある⁽¹⁸⁾。

16.6 その他の研究

地表にある物體が移動する時には當然變位もかわつてくるはずであるが、その計算を力武常次、佐藤泰夫⁽¹⁹⁾が協力して行つている。結果は極めて常識的なもので、汽車による地表の變形を求めるのが目的であつたが、この程度の速さの時には靜的な力による變形が物體の移動速度とひとしい速さで動いていると考えてよいことがわかつた。

ほとんど同じ問題は独立に林弘⁽²⁰⁾によつても行われた。ただ林は移動速度が弾性波のそれより小さくない時までもしらべている。ねんの入つた研究である。

電氣探鑛に関する理論的な研究の一つに福永三郎⁽²¹⁾の行つたものがある。電像法の擴張を行つたものである。

文 献

- (1) Geophys. Mag. 18 (1948) 1—16. (発表は昭 19 年).
- (2) 本間正作, 弾性波動論の初期値問題 I. 驗震 12 (昭 17).
- (2a) K. Sezawa and K. Kanai, Transmission of Arbitrary Elastic Waves from a Spherical Source I. Bull. E.R.I. 19 (1941) 151, II 417, III 20 (1942) 1.
- (2b) 松澤武雄, 弾性波の反射及び屈折. 地質鑛床と物理探鑛 (川田書房) 192.
- (3) G. Nisimura and T. Takayama, The Vibration of surface Stratum Bull. E.R.I. 13 (1935) 540, 15 (1937) 394, 17 (1939) 253, 308, 319.
- (4) 談話會 15. 9 (第 62 回).
- (5) " 20. 6 (第 213 回).
- (5a) 木澤 綏, 地球内核の表面における地震波の反射及び屈折 驗震 11 (昭 16).
- (6) 佐藤泰夫, 弾性板を傳はる波の研究 (1) 談話會 19, 3 (第 200 回), 同 (2) 19, 4 (第 201 回).
- (7) London, Roy. Soc. Proc. (Ser. A) 93 (1947), p. 114
- (8) K. Kanai, On the Existence of M_2 Waves in Actual Seismic Disturbance. Bull. E. R. I. 26 (1948) 57.
- (9) K. Sezawa and K. Kanai, Proc. Imp. Acoa. 11 (1935), 13, 96. Bull. E. R. I. 13 (1935) 237, 471; 16 (1938), 1; 18 (1940), 1.
- (10) 本間正作, 地形が表面振動に及ぼす影響 驗震 11 (昭 15).
- (11) 同 上 第二報, 緩やかならざる地形 驗震 12 (昭 17), 第三報 ラブ波から誘發されるレーリー波同上.
- (12) 本間, 地表物質の不均質が表面振動に及ぼす影響 驗震 12 (昭 17).
- (12) T. MATUZAWA, Elastische Wellen in einen anisotropen Medium. Bull. E. R. I. 21 (1943) 231.
- (13) T. MATUZAWA, On the Relative Magnitude of the Preliminary and the Principal portion of Earthq. Motions, Jap. Journ. Astro, Geophys. 4 (1926) 1—34.
- (14) M. P. Rudzki, Von der Gestalt elastischer Wellen in Gesteinen, Beit. Z. Geophys. 3 (1898) 519.
- (15) 本間正作, 水平等方弾性體のレーリー波について 驗震 12 (昭 17) 97.
- (16) A. Rosenblatt, Sur la propagation des ondes de Rayleigh dans les milieux transversalement isotropiques, Revista de Ciencias, Lima (1940), 901—916.
- (17) T. MATUZAWA, Temperaturverlauf an der Bodenoberfläche und der Spannungszustand in der Erdkruste. Bull. E. R. I. 20 (1942) 20 II. Verzerrung in drei Dimensionen 265.
- (18) 門脇潤郎, 温度變化に伴う半無限弾性體表面の變形 驗震 11 (昭 16).
- (19) 佐藤泰夫, 力武常次, 矩形移動荷重による半無限弾性體表面の變形, 地震 14 (昭 17) 103.
- (20) H. HAYASHI, On Deformation of the Earth's Surface under the Influence of a Travelling disturbance Proc. Phys. Math Soc. Jap. 24 (1942) 533, 800, 915; 25 (1943) 47, 198, 391, 463, 648
- (21) 福永三郎, 電像法の二三の擴張 地震 14 (昭 17) 175

第 17 章 波動の傳播

地震波動の傳播に関する完全な知識はもとより我々の望むところであるが、複雑な媒質の構造をすべて考慮することはもとより不可能である。そのため目的に應じて特殊の面を強調し、その上で各種

の性質をしらべるわけである。下に概略をのべよう。

17.1 幾何光學的研究

フェルマの原理で表わされる幾何光學的な扱いは地震波にも適用される場合が少くない。その代表的なものは Wiechert-Herglotz の方法であるが、最近ほとんど取上げる人もなく、わずかに最深點の求め方についての本間正作の議論⁽¹⁾が見出される。

17.2 模型的考察

フェルマの原理は連続的な媒質内を傳わる無限に波長の短い波に成立する性質であるが、思いきつて簡単な模型を考えて地球を構成する物質の一つの面を強調しようとした松澤⁽²⁾の議論も興味あるものである。質點組合を傳わる波を一般力學的に扱つてその性質をみちびいたものである。

妹澤・金井⁽³⁾は弾性體自身が變位に比例する復元力を持つ場合を考えてその中のレーリー波を論じた。一次元の時に知られているように分散性が表われるのである。これは前に土の層が表面波に與える影響を論じたもの⁽⁴⁾と関係をもっている。

17.3 不均質物體

地表面が不均質なために生ずる影響については上にのべた。媒質自身が不均質な場合——我々の地球はまさにそうである——に関してはその物質常數を簡単な式で表現して計算する仕方が多くとられている。なお、これにも二種類あり、一つは半無限體表面からの距離の函數として物質常數が表わされる場合、他は中心からの距離によつて變る球の場合である。

初めのやり方に屬するものとしては本間正作⁽⁵⁾が研究を發表しているが、今期間に含まれるものは外に見當らない。

第二の方法には吉山良一⁽⁶⁾のすぐれた研究がある。これは前からの續きであつて⁽⁷⁾、密度は一定であつて弾性常數が $a-br^2$ の形でかけるような媒質内での弾性波の傳播を論じたものである。種々の性質が明らかにされたが、波長が短くなると不均質性の影響は次第に小さくなることもその一つである。

必ずしも不均質媒質についての議論ではないが同じく吉山は發震機構や地震波の傳播に關して一、二の注意を與えておる。ことに S 波に關して言われたことは考うべきであらう。

17.4 粘弾性物質内の波動

最後に粘弾性物質に關する研究をのべる。實際の地球が完全弾性體でないことは想像にかたくないから、さらに近似を進めようとする時容易に思いつくのは、粘性物質の性質をも多少備えた媒質である。ただ、粘性を表わす因子をどんな形で入れるかは多少議論の餘地もあるが、今期間になされた研究としては、妹澤・金井による幾つかをあげることができる。前からのつづきで⁽⁸⁾、觀測された走時及び振幅を説明するためには地球内部の粘性がどのように分布されているべきかを論じたものであるが、第一報によればほぼ 10^{10} c.g.s 程度の粘性をもつと考えられる。さらに $\Delta=10^\circ$ 附近に實體波の蔭の

できることから 70 km 位の深さで粘性が變わると考えればよいことが示してある。

气象台廣野⁽⁹⁾もまた粘弾性波に關して研究を行つている。

文 献

- (1) 本間正作, 震波線の最深点を求める方法について 驗震 12 (昭 17) 52.
- (2) T. Matuzawa, Ueber die Bewegung eines Punktsystems. Bull. E. R. I. 22 (1944) 130.
- (3) K. Sezawa and K. Kanai, On the Propagation of Rayleigh-waves in Diepersive Elastic Media. Bull. E. R. I. 19 (1941) 549.
- (4) " , The action of Soil Layers and of the Ocean as Dynamic Dampers to Seismic Surface Waves..... Bull. E. R. I. 18 (1940) 150
- (5) 本間正作, 不均質媒質における境界波..... 未刊行
- (6) R. Yosiama, Elastic Waves from a Point in an Isotropic Heterogeneous Sphere Part III Bull. E. R. I. 19 (1941) 185.
吉山良一, 不均質な媒質内の弾性波 地震 13 (昭 16) 363.
- (7) " Part I 11 (1933) 1, Part II 18 (1940) 41,
- (8) K. Sezawa and K. Kanai, Viscosity Distribution within the Earth. Preliminary Notes. Bull. E. R. I. 18 (1940) 169, II. 19 (1941) 14.
- (9) 廣野卓蔵, 粘弾性波について (3) 驗震 11 (昭 16).

第 18 章 地球の構造

地表附近の構造をしらべるために人工地震による地下探査法を行うことはよく知られている。より深い所を知るためには、より大きな力を加えなくてはならないことは當然であるが、その目的に適合するものは自然に發生する地震である。それによつて我々は不十分ながら地球の奥ふかく中心に及ぶまでの物性に關する手がかりを得ることができる。この手がかりをもとにして地球の構造に關する議論が地震學者によつてしばしば行われている。

本期間の主要なものはほとんど妹澤・金井の勞作によるものであるが、地球核の熱力學的成因に關する考察、地球の塑性に及ぼす重力及び冷却の働き等がある⁽¹⁻²⁾。

この外竹内均⁽³⁾は Bullen の地球内密度分布、Gutenberg の弾性分布⁽⁴⁾をもとにして考えた地球の模型に對して複雑な數値計算を行つて period factor $k=0.270$ diminishing factor $\gamma=0.778$ 等をえている。

文 献

- (1) K. Sezawa, and K. Kanai, Thermodynamical [Origin of the Earth's Core. Bull. E. R. I. 18 (1940) 395, 19 (1941) 1
- (2) 妹澤克雄, 金井清, 地球の塑性状態に及ぼす有力及び冷却の働き 震研 16 (昭 13) 1, 244, 527, 20 (17) 241
- (3) 竹内 均, 地殻潮汐及び緯度變化について 震研 19 (昭 22) 96
- (4) K. E. Bullen, The Variation of Density.....M. N. R. A. S. Geo, Sup, 3 (1936) 395.
B. Gutenberg, On Seismic Waveo IV. Beitr, 2. Geophys 45 (1935) 280.

第 19 章 計 算 法

地球物理の研究には計算が甚だ複雑になるものが多い。そのため計算をいかに簡便に實行するかと

いうことが重大な問題となるし、巧みな方法が得られると、從來全く手のつけられなかつた現象が解明されるということもある。それで各方面からいろいろの考案が提出されている。特に組織だつてなされると性質のものではないから、個々の研究を一つづつ擧げることによらう。

(1) 増山元三郎は統計的取扱に關して多くの寄與をした。小數例の取扱⁽¹⁾、ベクトル量の統計法⁽²⁾はそのもつとも重要なものである。これらの研究は昭和 15 年から 18 年にわたり 20 回以上にわたつて氣象學會で發表されている⁽³⁾。ほかに地震の時などに物の倒れた方向から震央を推定する方法を考案した。三直線 $a_kx + b_ky = 1$ ($k=1,2,3$) が一點に交わる條件と、三點 (a_k, b_k) ($k=1,2,3$) が一直線上にある條件とが、共に $a_k, b_k, 1$ の作る行列式が 0 であることに注目して、多數の直線が一點で交わる條件を多數の點が一直線上にあることでおきかえた巧みな考案である⁽³⁾。

(2) 高橋喜彦⁽⁴⁾は熱傳導の微分方程式をとく代りに、同等な積分方程式にかきかえて、これを數值的にとく巧妙な方法を昭和 16 年發表したが、これはつづいて同系統の圖式または數値解法を續々と發表した⁽⁵⁾。地震學關係のものにはあまり多數はないが、本間⁽⁶⁾、下瀬⁽⁷⁾はこのやり方の波動方程式への應用を研究した。

(3) 高橋と同様な考案を行つたものに押田勇雄がある。押田は熱傳導、波動方程式等⁽⁸⁾の數値解法、圖式解法について高橋の方法を改良し、發展させた上、さらに相關係數の圖式を求め方⁽⁹⁾等を考へだした。最後の方法は宮村⁽¹⁰⁾が實際に地震の問題に應用した。

(4) 地球物理の問題ではしばしば観測せられる量 $F(t)$ と $f(t)$ の間に $F(t) = \int_a^b f(t+\alpha)\varphi(\alpha)\alpha d\alpha$ の形の關係のあることがわかつているが、 $\varphi(\alpha)$ の函數形は不明であるといつた種類のものが現われてくる(時には $F(t), \varphi(\alpha)$ がわかつていて $f(t)$ を求めることもある)。これは積分方程式の問題であつて嚴密な解はなかなかむずかしいが、坪井⁽¹¹⁾は $F(t), f(t), \varphi(t)$ がいずれもフーリエ級數に展開できる時には具合よくきめられることを示して、一二の例題をといて見せている。同様の研究は本間正作も行つている⁽¹²⁾。

(5) 坪井⁽¹³⁾は二次元の場合に地下質量の作用する引力を、算出する器具を考案したが、これは地下にある地表面に平行な薄板 AB によつて地表の上の點 P に及ぼす動力が $g_{\omega} = 2k^2g dy(\alpha - \beta)$ (k^2 ; 萬有引力常數; ρ ; 密度; dy ; 板のあつさ; α, β は AP, BP が地表となす角。) で現わされることを利用するものである。同じ種類の考案に長岡半太郎⁽¹⁴⁾によるものもある。

(6) 上にのべて來たものと傾向を異にするが、竹内均⁽¹⁵⁾もまた偏微分方程式の數値解法を實際問題への適用を目的として考案している。レーリー・リッツの方法の改良その他である。

(7) 地震學ではないが坪井忠二⁽¹⁶⁾は天文航法のための計算圖表を東京帝國大學の學生の助力によつて作成した。

(8) 萩原尊禮⁽¹⁷⁾は周期も振幅もことなる二つの正弦波が合成された時に、山から山、谷から谷の長さを以て周期とした時果して正しい周期が求められるかという問題をくわしくしらべた。

文 献

- (1) 小數例の取扱方及び實驗計畫のたて方 (河出書房) ほか.
- (2) 數年間にわたつて氣象學會で發表.
- (3) " , 倒壊方向から震央を推定する一方法, 氣象學會 昭 18.12.
- (4) 高橋喜彦, 渦動擴散及び熱傳導の圖式解法, 氣集 II. 19 (昭 16) 321.
- (5) " , 二次元熱傳導の圖式解法の一例, 同上 418.
- " , 渦動擴散量の數値計算法, 同上 20 (昭 17) 18.
- " , 相異なる物質部分よりなる固體の熱傳導圖式解法 同上 188.

- 高橋喜彦, 相異なる物質部分よりなる固体に対する熱伝導の安全なる圖式解法 同上 339.
 " , 二つの固体がすれちがう場合の二次元熱伝導圖式詳解法の一例 同上 402.
 " , 統計理論による渦動擴散の圖式解法の検討 同上 21 (昭 18) 130.
 " , 固体表面で熱の出入がある場合の一次元熱伝導の圖式解法 同上 22 (昭 19) 81.
 " , 熱伝導の性質が相異なる媒質の境界面で…同上 88.
- (6) 本間正作, 高橋喜彦氏の方法による波動方程式の一数值解法 氣集 II, 19 (昭 16) 351.
 (7) 下瀬育郎, 熱伝導及び波動方程式の数值解法 氣集 II, 21 (昭 18) 216.
 (8) 押田勇雄, 熱伝導に対する高橋の圖式解法の改良について 同上 20 (昭 17) 207, 21 (昭 18) 198.
 " , 多次元熱伝導の圖式解法 同上 22 (昭 19) 98.
 (9) " , 相関係数の圖式簡易略算法とそれによる周期計算法 同上 104.
 (10) 宮村彌三, 地震の大きさと震源の深さ 地震 16 (昭 19) 271.
 (11) 坪井忠二, 重荷平均に関する或る問題 地震 13 (昭 16) 137.
 (12) 本間正作, 荷重函数・突發現象の影響函数の問題…中央气象台研究速報 44 (昭 24).
 (13) 坪井忠二, 任意の斷面形を有する二次元地下質量による重力の算出 地震 15 (昭 18) 167.
 (14) 長岡半太郎, 曲線で限られた平面磁引力計算に Paucelier Cell の應用 談話會 16, 9 (第 173 回).
 (15) 竹内 均, 任意の形の境界における条件を満す二次元偏微分方程式の解法 談話會 19, 5 (第 202 回).
 複雑な境界条件又は初期条件を有する線型偏微分方程式の解法 同上, 彈性球の力學の數值的取扱について 談話會 19, 10 (第 206 回).
 (16) 坪井忠二, 測地天文計算における二, 三の試案 談話會 19, 11 (第 207 回).
 (17) 萩原尊禮, 異周期異振幅の正弦波の合成に依つて生ずる見かけの周期について I 談話會 18, 3 (第 190 回), II 談話會 18, 6 (第 189 回) 震研 23 (1945) 1.

第 IV 編 應用的部門

第 20 章 本編において扱う課題

この編においては純粹の地震學から少くはすれた部門, すなはち間接または直接に地震學と關係はあるが, 地震學本來の仕事とはいひ難いような種類の研究について集録してある。すなわち構造物の振動に関する測定や實驗(ただし, 家屋の振動に関することは除いてある), 彈性波に関する實驗的研究, 彈性波による地下探査のうち, 地震關係者の行つたもの, 及び地震學關係の學會または學會誌に發表されたもの等である。

外に測定器械に関する研究や, その他の諸研究のうち, 他の編のどれにも該當しないもの, 地震學との關係はうすくても地震學の關係者によつて行われたもの等を集めてある。

第 21 章 振動測定

21.1 地震學者と振動測定

元來地震學においては地震動測定が重要な部門の一つであるため, 地震學者は振動測定技術になれており, 他部門の専門家の行ふべき實驗や測定を地震學の關係者が行ふ場合も多い。その上耐震の問題が關連して來ると, 地震動の性質についての専門的知識が必要となつて來るため, 構造物の振動は應用地震學の分野の中で重要な課題となるのである。

21.2 ダムの振動測定

岸上冬彦⁽¹⁾は 1943 年に發電所用のダムの振動を測定した。

この振動測定の主な目的は色々な形の固有振動週期について測定することである。測定器械は固有周期 7 または 8 秒, 倍率 800—8000, ダンパーは磁石を使用し, 光學式記録を行ふ携帯用の微動計である。測定場所は天端から 30 m 下の監査孔とその眞上の天端であつた。振動は水の落ちることによるものと, 地震による強制振動とを測定している。ダムの長さに直角の方向の振動を測定したのであるが, 測定された最も速い振動周期は 0.6 秒であつて, 0.1 秒附近のものは認められなかつた。また天端と監査孔では同一の振動をしていると考えられる。

以上は 1 秒 1 mm の送りで倍率は 3200 であるが, 倍率を 8000 にして送りを 1 秒 5.5 mm にして調べた結果, 認め得る最少の周期は 0.35—0.4 秒となつた。

常時存在する振動の中で一番周期の長いものは 2.7 秒であつた。周期 0.6 秒の振動に対してはダムは一體となつて振動していると認められたのであるが, 0.35—0.4 秒の振動については, この研究ではダムが一體となつて振動しているか否かは分らない。

21.3 市電による地面の振動その他

構造物の振動という概念から少しく異なるけれど、森田稔・八木恒介・佐藤道司⁽²⁾は地震観測に及ぼす影響を調べるために仙臺市内において市内電車の通行のために生ずる地盤の振動を調査した。用いた地震計は、固有振動 2~2.5 秒で、倍率 60 倍、ダンパーは用いていない。測定にあつては線路に平行な成分と直角な成分とを記録している。測定場所はすべてコンクリート床が選ばれている。結果を個條書にすれば次の如くである。

- ① 震動は線路より 20 米で極小 (20~30 μ)、30 m で極大 (30~70 μ) を示し、40 m をすぎるときわめて小さく (10 μ 以下に) なる。
 - ② 線路に直角な方向の震動は平行方向にくらべて 2 倍大きい。
 - ③ 以上の事實は列車の通過による震動の場合とも一致する。
 - ④ 震動時間は約 25 秒である。
 - ⑤ 線路より 20 m 離れた点における震動周期は 0.03 秒である。
- 外に構造物の振動測定には岸上冬彦⁽³⁾による熔鑛爐の振動測定がある。

用いた地震計は前述の堰堤の場合と同じ器械であつて、熔鑛爐の中腹にとりつけられ、結果は高橋伏見の方法に依つて分析された。なお計器の倍率は 880 で固有周期は 5 秒である。振動の全振幅はほぼ 0.001mm ないしは 0.01mm 秒位であつた。ただし、後者は装入のときの振幅である。高橋伏見の方法により得られた周期は 0.4 秒内外である。その他種々の結果がえられているがここには略する。

文 献

- (1) 岸上冬彦, 堰堤の振動測定 地震 14 (昭 18) 299—306.
- (2) 森田稔, 八木恒介, 佐藤道司, 市内電車による地面振動の測定 験震 13 (昭 18) 474—478.
- (3) 岸上冬彦, 高爐の振動測定 振動 1 (昭 22) 51—54.

第 22 章 振動計測用器具

22.1 地震學者と振動測定器械

一般に實驗物理學においては新しい實驗的研究にとりかかる時には新たに測定装置を工夫しなければならぬ。地震學においても同様であるが、この場合、さらに他の事情が加わる。たとえば自動記録は一般にはあまり行われぬが、地震學においては必要不可欠であるし、また音響學などにおいてとり扱われぬ程の長い周期の、すなわち數秒ないしは數十秒の周期が問題になるのであつて、地震學者は地震研究のために特殊の測定計器を工夫製作しなければならないことが多い。

22.2 遠隔記録法

萩原尊禮⁽¹⁾⁽²⁾は緩慢な變化の遠隔記録法を工夫した。その特徴はインク式記録を用いておる點で、缺點は記録が連続的でないことである。

普通の記録装置では回轉するドラムに感光紙が巻きつけてあり、その上に光點を投寫して感光紙の

進行方向と直角の方向に光點が動き變化を記録するのであるが、この場合には感光紙上の光點が投影される部分に當る所を光電管が常に光點の動く方向に往復運動をしている。また、へだたつた地點で光電管と同期した速度と位相でペンが記録紙上を行つたり來たりしておる。この記録紙は普通の紙で回轉するドラムに巻きつけてある。光電管に光點の光が入るとペンが下り記録紙にしるしをつける。同期は時計用の同期電動機と交流電源を用いておるので電源が同一系統の所ならば差支えない。上述のようにして遠方にある記録紙上に、斷續的に光點の位置がペンでしるされるわけである。50 サイクルを用うる光電管及びペンが往復運動をする周期は 4 分であるので、周期 10~20 分より短かい振動は記録することができない。

22.3 記録装置用原動機及び彈性波實驗用増幅器

地震計用記録装置のドラムを回轉させる時、普通には回轉速度を制御するために、フリクションガヴァナー、テンプまたは商用交流電源を用いる同期電動器が用いられている。しかし以上の装置は回轉速度が一樣でないことや、その他の缺點がある。坪井忠二⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾等は音叉等より簡單で、音叉と同等以上の精度を持つ装置を工夫した。

原理は簡單である。すなわち弦の張力に依つて周期の定まるような形式の振動系を用い、その張力は加速度 g に依つてきまるように錘等を用いる。重力は大きな永年變化を生じないし、錘の質量は一定である。實際の装置は二本吊式に吊つてある鐵棒が電磁式で勵振されるもので、水銀接點がその鐵棒にとりつけてあり、自己の振動で斷續電流を得、それによつて電磁石を勵磁するようになっており、電磁石は鐵棒を斷續的に吸收する、そのために持續振動が行われる。

實驗に依ればきわめてよい結果が得られ實用になることが明になつた。さらに以上のような振動系の周期を測定することに依つて、その場所の g を測ることさえ可能となる見込のあることが分つた。

以上の實驗は久山多美男及び田治米鏡二⁽⁶⁾⁽⁷⁾に依つて引つづき研究が行われておる。ただし結果は未だ印刷されていない。

岸上冬彦・矢橋徳太郎⁽⁸⁾は交流電源による彈性波實驗用の増幅器を試作した。

定電壓整流装置を用いておること、回路の時定數が大ききことが特徴であるが、さらに最も条件の悪い野外實驗においても何等の差支が生じないように各部を注意して作つた結果、濕氣の非常に多い場所においてもよい結果を得た。

地震關係の實驗的研究では周期數秒または數十秒の振動電流を必要とすることがあるが、これは普通の發振器では發生することがむずかしい。そのための一つの工夫として萩原尊禮⁽⁹⁾は光電管の前に二枚の偏光板をおき、その一つを回轉させて光電管に入る光量を周期的に變化させるしかけの交流電源を得た。ただし電流を得る時には増幅しなければならぬ。回轉の速度はいくらでもおそくできるから長周期の振動電流を得るのに便利である。

金井清等⁽¹⁰⁾は火花放電式傳播速度測定器を製作した。波動の到着時刻を火花放電によつて回轉板上にしるすのであつて、短時間の測定が可能であり、そのために波動の傳播速度の測定が簡単にできる。なお、この器械を用いた一、二の測定結果も發表されておる⁽¹¹⁾。

文 献

- (1) 萩原尊禮, 緩慢な變化の遠隔記録法 地震 13 p 150 (1941).
- (2) 萩原尊禮, 緩慢な變化の遠隔記録法 震研 19 p 523 (1941).
- (3) 坪井忠二・川島, 強の振動を利用する時計装置 談話會第 172 回 p. 141.

- (4) 坪井忠二・川島, 強の振動を利用する時計装置 談話會第 178 回 (1942).
 (5) 坪井忠二・川島, 強振動による重力測定の可能性 談話會第 182 回 (1942).
 (6) 田治米鏡二, 一樣な回轉を得る装置に就いて 東大理地球物理學教室談話會 1943 年 1 月.
 (7) 田治米鏡二, 精密ドラムの設計 (2) 東大理, 地球物理學教室談話會 1949 年 1 月.
 (8) 岸上冬彦・矢橋徳太郎, 交流電源による弾性波實驗用増幅器 地震 14 p. 144 (1942).
 (9) 萩原尊禮, 振動實驗用低周波交流發生装置 談話會, 第 200 回 (1944).
 (10) 金井清・平間・田中貞二, 火花放電式傳播速度測定器の製作 談話會, 第 203 回 (1944).
 (11) 金井清, 右計器使用の一, 二の測定結果 談話會, 第 208 回 (1944).

第 23 章 弾性波探査法

23.1 取扱いの範圍

この章においては弾性波探査法に関するものうち何等かの理由で地震學と關係するもののみ記載することとする。一般に弾性波探査法の實施と技術との進歩に關しては他の學會がするからである。

23.2 弾性波探査法

那須信治⁽¹⁾は震研彙報に河川堆積物の弾性波式探査法について記載しており、東海道線中の重要な河川、富士川・天龍川・大井川に架設さるべき橋梁基礎の地質調査の結果が擧げてある。一般に河川の堆積層に就いては層の厚さ、及び弾性波の傳播速度が不規則であり、殊に最上部の層内の傳播速度は場所に依つて大いに異なるため、探査の實施及び解析にあつて特に注意をはらつてある。

表俊一郎は昭和 17 年に北海道及び岩手縣においてダムを建設するため、基盤の調査を弾性波探査法に依つて行つた。

また那須信治は震研彙報⁽²⁾に炭田に關する弾性波式探査の實例の概略を記し、炭田の調査では斷層にしばしば遭遇すること等を考へて、實用上色々な注意を記載した。

文 献

- (1) 那須信治, 河川堆積物の弾性波式探査法 震研 20 p. 255 (1942).
 (2) 那須信治, 炭田における弾性波式探査法 震研 20 p. 229 (1942).

第 24 章 弾性波に關する實驗的研究

24.1 實驗的研究の特徴と目的

この章においては弾性波に關する實驗的研究に關して記載することとする。

弾性波に關しては數學的方法に依る多くの研究があるが、それらはいずれも簡単な地下構造を假定しており、實際の地面に存在する構造や、その中を傳播する弾性波の性質については實驗的にしらべるより仕方がない。地震計測學においては地震波を用いて地殻構造を調べるのがその目的の一つであるが、もつと小範圍の事柄に就いては爆藥等の破裂等を震源として用いて模型實驗的に研究されるこ

とが多い。また數學的に計算し難いような複雑な構造を持つ媒質を傳播する弾性波の性質をしらべるためにも爆藥を震源にしたり、また偏心體を回轉させ、それによる振動を模型的に研究する實驗が多く行われておる。また時にはある物質の弾性的常數を調べる目的で上の實驗を行うこともある。

24.2 弾性波による實驗—(1)

岸上冬彦⁽¹⁾は偏心體を回轉させ、それに依つて生じるほぼサイン形の弾性波を 2 個のジョフオーンと陰極線オッシログラフを用いて調査した、場所は東京帝國大學構内の普通の表土のある所である。この研究は専ら波長と速度との關係に注目して行われておる。

偏心體は質量 300 gr. 偏心距離 2.2 cm で他に質量 150 gr. 偏心距離 0.15 cm のものと、質量 130 gr. で距離が 1.5 cm のものが用いられ、電動器で毎分 1060 ないし 3600 回回轉せしめておる。

測定方法はジョフオーンの出力をオッシログラフの縦軸の偏向板と横の偏向板につなぐ。もし二つのジョフオーンの置いてある場所の振動が同位相ならば、螢光板の上の圖形は直線となるが 90° 異つておると圓になる。

この實驗では波長は 100 センチないしは 400 センチであつて、以上のようにジョフオーンとオッシログラフを持続して一方のジョフオーンを固定、他方を移動しながら測定された。波長測定の見誤差は 2—3 センチ位である。周期は別に分かるから波長から傳播速度を求めることができる。その結果波長に依つて速度の變る分散現象のあることが分つた。

二つのジョフオーンを一地點に置き一方を上下動に他方を波の進行方向の水平動を感ずるようにして相合せて見ると、オッシログラフ上の圖形は橢圓とはならず、8 字形になつた。水平動を波の進行方向と垂直方向について測定した場合には進行方向の大きい橢圓形になつた。

以上の如く偏心體の廻轉によつて生じる波動は表面波の性質を持つておるが、普通のレイレイ波ともラブ波とも異なるように見える。

氷をつたわる弾性波に關する實驗が岸上冬彦⁽²⁾によつて榛名湖で行われておる。振動源としては電氣雷管を用いた。氷の厚さは約 34 cm, 檢電器としては波江野式受振器が用いられた。測定結果によれば縦波の速度は 2.82 ± 0.06 km/sec で横波は 1.51 ± 0.02 km/sec である。外に表面波と考えられるものが觀測され、分散の現象が見られた。

また鐵球の落下によるショックのために生じた弾性波を測定した實驗が東大構内岸上冬彦及び岩間和夫⁽³⁾によつて行われておる。丸い鐵球の落下によつて生ずる弾性波が變形しながら傳播するありさまを檢震器と電磁オッシログラフを用いて調べたものである。

以上の例とは少し異なる内容を持つておるが、同様に爆藥の破裂を震源とした弾性波の實驗が鈴木武夫⁽⁴⁾によつて行われておる。

振動源に用いられた藥量は 1.1 トン及び 2.4 トンである。大量の爆藥の破裂による振動をその比較的の近傍で測定したことがこの研究の特徴である。記録には倍率 150 倍固有周期 α 13 秒程度の上下動煤書地震計を 3 個用いておる。

結果の解析にあつては記象は積分され地動の變位を求めてから議論された。

變位は單純な衝擊形であるが、震源距離が大きくなるときに鋭さの少い平らな形になり、土壤に粘性のあることがわかる。その粘性の係數も計算された。なお地震計は電源から 100 米ないしは 200 米の距離に置かれた。土の粘性係數としては $(\lambda' + 2\mu')/2\rho = 1.2 \times 10^8$ C. G. S. なる値が得られた。

鈴木武夫は外に⁽⁵⁾土壤中につたわる低速度の波動に關することと、土壤中⁽⁶⁾の縦波の速度について發表しておる。

24.3 弾性波による実験—(2)

那須信治⁽⁷⁾と表俊一郎は極めて短い時の間隔を測定する装置である池邊式検速儀を用いて弾性波の傳播速度を測定した。測定個所に電気接点をそなえた2個の振子がおかれ波が到達すると振動のための回路が開くようになっておる。そして2個の振子が回路を開く時間の差をはかつて速度を求める。

実験は崖の面に振子をすえつけ、崖の面上での各方向への傳播速度を求めておる。速度は方向によつて異なり、一つの點を中心にして速度を表わすベクトルを書くとその尖端は楕圓の如くなつた。

文 献

- (1) 岸上多彦, 短周期弾性波の実験(其の一) 震研 20 p. 284 (1942).
- (2) 岸上多彦, 湖の氷に関する測定 震研 21 p. 293 (1943).
- (3) 岸上多彦・岩間和夫, 土壤中に於ける衝撃波の傳播(短周期弾性波の実験)(其の2) 震研 16 p. 170 (1944).
- (4) 鈴木武夫, 大發破による地盤震動波形 地震 16 p. 163 (1944).
- (5) 鈴木武夫, 土壤中につたわる低速度の波動 談話會 第202回(1944).
- (6) 鈴木武夫, 土中縦波の速度について 談話會第202回(1944).
- (7) 那須信治・表俊一郎, 池邊式検速儀による弾性波傳播速度の測定(其の1) 地震 13 p. 91 (1941).

第 25 章 雜

25.1 その他の研究

以上に記載した事柄の外に地震學の關係者が行つた研究としては次の如くである。

西村源六郎・鈴木⁽¹⁾は風による家屋の動きを、宮部直己・武井柳吉は砂層内の静壓力に関する研究⁽²⁾と土質試験に関する實驗的研究⁽³⁾を發表しておる。

金井清・田中貞二⁽⁴⁾は待避壕内の爆風壓の分布を調べ、さらに金井清⁽⁴⁾は爆壓計用振子の振動の問題を解いておる。

岸上多彦は湖水の上での弾性波實驗を行うと共に湖水の膨張係數を自然状態のまま測定した⁽⁵⁾。また彼は土の含水率と比抵抗との關係も調べた⁽⁷⁾。

文 献

- (1) 西村源六郎・鈴木, 岡による家屋の動き 談話會, 第172回(1941).
- (2) 宮部直己・武井柳吉, 砂層内の静壓力に就いて 談話會, 第163回(1941).
- (3) 宮部直己・稻葉, 土質試験の變形に関する實驗 談話會, 第175回(1941).
- (4) 金井清・田中貞二, 待避壕内に於ける爆風壓分布の測定 談話會, 第196回(1943).
- (5) 金井清, 爆壓計用振子の振動問題 談話會, 第198回(1944).
- (6) 岸上多彦, 湖の氷に関する測定 震研 p. 293 (1943).
- (7) 岸上多彦, 地表の物理的性質(其の一) 地震 13 p. 113 (1941).

地球電磁氣學の概觀

(1940~1945)

日本地球電氣磁氣學會編

序 文

今回科学技術史編集の事業が日本學術振興會を中心として行われ、わが日本地球電氣磁氣學會も參加することとなった。本學會は昭和 22 年 5 月に發足した學會であって、今回の科学技術史の集録に指定されている昭和 16 年より昭和 20 年終戦時までの期間においては、未だ獨立した學會の形をとっていなかったのである。しかしながら當時にあっても各研究者は互に連絡を保ちつつ、研究を進めて來たのであって、この點當時の地球電氣磁氣學の概観が本學會の手によって編集されることはまことに適當であらう。

さて地球電氣磁氣學は最近著しく發展をみた學問であって、現在にあつては特に電離層研究特別委員會の活動を中心として、物理學者、地球物理學者、天文學者および電波通信工學者等の協力によって戦後とかく沈みがちな學界において顯著な業績をあげつつある學問の一つである。

本書に収録された期間は戦時中のことであり、軍事的要請による船體磁氣や地磁氣局部異常、さらに電離層予報あるいは外地における磁氣測量等貴重な資料が多くあるはずであるが、終戦時の混亂によってその散逸したものが多く、ここに充分な収録ができないことはまことに残念である。また出版および學術的會合が不如意であつたために、研究成果の印刷公刊されたものも比較的少なく、したがつて本書のうちに必ずしも全部の研究が収録されていないであらうことが予想される。

編集の苦心もまた多くこの點にあつたのであって、この點は讀者において諒とせられたい。

このように戦時的必要による研究の他に、基礎的研究も極めて活潑に行われた。特に地磁氣における局部異常の研究はその數も非常に多く、岩石の磁氣的性質の研究と相まって世界に類をみないものと考えられる。本邦のように火山およびその新しい噴出物に富む國においてこのような研究が行われたことは當然とはいへ、よろこばしいことである。また電離層の諸現象の測定方法および測定結果の蓄積等においてもいちじるしい成果をあげ、外國の研究者の注目するところとなっている。

これらの研究成果の大部分は昭和 23 年 8 月 Norway の Oslo において開催された國際地球物理學會議に報告された。

おわりに本書の編集にあつた會員諸君の努力に對し厚く感謝する。

日本地球電氣磁氣學會委員長

長 谷 川 万 吉

第1章 地磁氣 (力武常次)

昭和16年より20年の終戦時に到る期間、柿岡(中央气象台)、阿蘇(京都大學)、下田(三井地球物理研究所)および豊原(中央气象台)の4地磁氣観測所は従前通り観測を行った。一方水路部によって日本およびその附近の磁氣測量が行われ、さらに吉松隆三郎によって滿洲の磁氣測量がまた東京、京都および東北各大學協力のもとに北海道の精密磁氣測量が行われた。

この期間のこの分野に於ける主要な研究項目は長谷川万吉等による第2回國際極地観測期間の資料にもとづく地磁氣日變化の研究、今道周一による Dellinger 効果に伴う地磁氣變化の研究、加藤愛雄、水上武、中村左衛門太郎、永田武、湯村哲男等による火山地域その他における地磁氣の局部的異常の研究および加藤愛雄、永田武等による岩石磁氣の研究ならびにその地球物理學的解釋等であって、いずれも興味ある結果を得て、地球電磁氣學の發達に貢献したところ大である。

なお昭和16年9月21日昭和18年2月5日の本邦附近の日食に際しては、日食に伴う地磁氣變化を観測するために各地に観測隊が派遣された。

第1節 地球永久磁場およびその地方的異常と永年變化

地球永久磁場の原因は地球磁氣學者にとつては古來の難問であって、充分な解明がなされていないが、永田武⁽¹⁾(東大理)は從來定性的にのみ議論されて來た地球磁場の地方的異常は主磁場即ち双極子の磁場によって、地殻中の強磁性物質が二次的に磁化される結果であるという考え方に對して數量的批判を加えた。その方法の要點は地殻中の強磁性物質の分布、すなわち帶磁率の分布を球函數展開によって表示して、これが地球の中心におかれた双極子磁場(これは何等かの原因によってすでに發生しているとする)内においてうける誘導磁化を計算し、それを實際の地球表面上における観測にもとづく地球磁場の球函數展開と比較して、帶磁率の分布の係數を決定することにある。數量的吟味の結果によれば、地方的異常はこの考え方によつては本質的に説明不可能な部分を含むことが判明した。またそれ以外の異常を説明し得るとしても、帶磁率の最大値は4 e. m. u. に達し、この値は今までに知られている岩石の帶磁率、熱残留磁氣の値にくらべて著しく大きく、岩石の飽和磁氣の値にくらべて全く不可能という値ではないが、このような機構による地方的異常の發生はまず考えにくいことになる。

地磁氣の観測點が地球上の一地域のみに限られている時は、地方的異常をあらわすのに地方磁氣常數 G を用いることが便利な場合がある。G は水平分力を H, 垂直分力を Z として

$$G = \sqrt{H^2 + \frac{1}{4}Z^2}$$

で定義され、この測點における磁場が地球中心におかれた双極子の磁場による時のその赤道上の全磁力の1/2に對應するものと解釋される。永田武⁽¹⁾は地方磁氣常數によつて本邦附近には著しい地方的地球磁場異常が存在し、これはマレー半島、東印度諸島附近の地域に中心を有する顯著な地方的異常の一部であることを明らかにした。

第2節 地磁氣の局部異常および火山地震活動に伴う地磁氣變動

昭和15年7月伊豆七島三宅島が噴火し、この噴火に關連して各種の地球物理學的調査研究が行われ

たが、特に地磁氣の變動については多くの研究者によつて、各種の測定が行われ、極めて著しい地磁氣變動があつたことが判明した。

水上武⁽²⁾(震研)は山體の帶磁狀態およびその變動を知るために、伏角計による磁氣測量を行つた。その結果三宅島は直徑8軒に満たない小地域であるにもかかわらず、磁氣異常が極めて著しいことが判明した。すなわち測定した伏角の最大値は58°18'5, 最小値は44°42'1で、その差は13°30'に達している。また測定點の標高と伏角との關係は、すでに2,3の火山について知られているように、伏角は標高の増加と共に増加していることがわかつた。水上⁽²⁾はさらに伏角の時間的變化を測定し、噴火後十數日間において30'程度の減少を見出している。

この減少は三宅島の全島にわたつていふと考へられ、各測點において相似た變動を示すことから、地下における磁氣變動の源が少くとも全島に及んでいるものと考えた。水上⁽²⁾はまた熔岩流の冷却に伴う帶磁による伏角の變動を詳細に研究した。その結果熔岩流は地磁氣の方向に帶磁し、その強さが約0.012 C. G. S. となり、この値は實驗室で得られる三宅島岩石の帶磁の強さとよく調和している。

永田武⁽³⁾は伏角變化計によつて、噴火後の伏角變動の連續観測を行つた。その結果、噴火後の約10日間において伏角の減少は非常に急激であつて、その變化量は15'に達している。この傾向は水上の伏角計による絶對測定と極めてよく調和する。この観測結果は、種々の吟味をほどこしてもたかだか1'程度の誤差の範圍で信用することができるから、火山活動に伴つて非常に大きな地磁氣の異常變動があつたことは確實である。

高橋龍太郎と平能金太郎⁽⁴⁾(震研)は地震研究所製鉛直磁力計によつて、噴火に伴つた鉛直磁力の變化を測定し、最大數百ガムマに達する變動を檢出した。

加藤愛雄⁽⁵⁾(東北大)は水路部型磁氣儀によつて、三宅島における地磁氣要素の變動を測定し、前記の諸結果と同様に著しい變動のあつたことを明らかにし、また昭和5年7月中村左衛門太郎によつて測定された伏角の測定と比較して、この期間に最大30'におよぶ伏角の變動があつたことを報告した。

以上數人の研究者による獨立な測定の結果を總合して、三宅島火山の噴火に際して著しい地磁氣異常變動があつたことは確實であり、その發生機構の問題はさておいて、ともかくも大きな地磁氣異常變動が火山活動に伴い得ることを明確にした點において、地球電磁氣學上の大きな收獲といえよう。

淺間火山においても、地球磁氣學的方法によつて火山活動の研究が行われているが、水上⁽²⁾は火口の南西14軒の小諸町郊外の地下観測室において昭和18年10月より水平分力、偏角の兩變化計による観測を行い、その結果を火山活動と比較した。偏角の観測値に種々の補正をほどこして、傾斜變動特性數および爆發エネルギーとの對比を行つたが、その關係は必ずしも明瞭でなく、火山活動と傾斜變動との關係における如き顯著な關係を認めることはできなかつた。

中村左衛門太郎⁽⁶⁾(東北大)は Ad. Schmidt の鉛直磁力偏差計を使用して、仙臺平野および米澤盆地における鉛直分力の偏差を測定した。

前者においては、偏差の分布は複雑であるが、その最大値は1000ガムマに達する。米澤盆地の分布は比較的簡單である。

地球磁場の局部的異常を議論する際に、しばしば等磁力線または等磁力偏倚線をえがいて、異常を表現するということがあるが、各地磁氣要素について等磁力線が獨立に畫かれていることが從來しばしば見受けられた。永田⁽¹⁾はこのことに着目し、等磁力線圖の表現する異常磁場の中、非ポテンシャル部分が非常に大きな値を示す例が少くないことを指摘した。よく知られているように、一水平面上にある閉曲線 C に就いて磁力を線積分した結果は、C 内を流れる鉛直電流をあらわす。永田の取扱つたある一例では、その強さが800 amp/km² に達しているものがある。このことは普通知られ

ている鉛直空地電流のことを考えると、あきらかに等磁力線の書き方に不備があつたことに起因すると考えられる。このようなことをさけるためには、磁力の水平成分 X, Y の間に

$$\oint_0 (Xdx + Ydy) = 0$$

または

$$\frac{\partial X}{\partial y} = \frac{\partial Y}{\partial x}$$

なる条件があることを考慮することが必要である。しかし、このことを等磁力線作製上具體的に行うことはかなり困難があると考えられるので、永田は上式の成立の一つの必要条件として

$$\frac{\partial X}{\partial y} \frac{\partial Y}{\partial x} \geq 0$$

すなわち一地點において少くとも $\frac{\partial X}{\partial y}$ と $\frac{\partial Y}{\partial x}$ の符號を等しくするように等磁力線をえがくことを提案した。その結果さきの例において鉛直空地電流を 1/10 程度に減少せしめることが可能であつた。このことは従來多くの地磁氣測定者の間に看過されて來た事柄であつて、極めて重要な示唆を與えたものといえよう。

越川善明⁽¹²⁾ (三井地球物理研究所) は伊豆半島の鉛直磁力分布を主として Schmidt 型の鉛直磁力計によつて測量し、特に下賀茂温泉附近の地下構造をしらべた。

原田美道⁽¹³⁾ (地理調査所) は同じく Schmidt 型鉛直磁力計を用いて、北海道洞爺湖湖周邊の異常を測定し、その異常は該地域が現在の磁場の方向に帯磁しているとすれば説明可能であることを見出し、大體の帯磁率の大きさとして 10^{-3} を得た。

そのほか、水上による富士山、永田および平尾邦雄 (東大理) による有珠山および大室山等の局部異常測定が行われた。以上の諸結果を總合して、火山地域における局部異常はその山體を構成する岩石中に發生した残留磁氣および地球磁場によつて誘導された二次的帯磁によるものであることは、ほとんど疑のないところである。

また柿岡地磁氣觀測所においても局部異常に関する多くの研究が行われた。湯村哲男⁽¹⁴⁾ (柿岡地磁氣觀測所) は局部異常を起す地下の帯磁物が有限な形狀を有する場合に、その磁化の方向を推定する方法を求めた。吉松隆三郎 (柿岡地磁氣觀測所) もまた磁化物體による磁場の計算を行つた。

湯村⁽¹⁵⁾ は昭和 15 年 6 月より 10 月にわたつて、菊地繁雄 (柿岡地磁氣觀測所) とともに秋田縣下の磁氣測量を施行した。Schmidt 型偏差計を用いて鉛直、水平兩分力を縣下全般にわたつては、3~4 km ごとに觀測し、特に油田地帯においては約 50 m ごとに測點をえらんだ。油田地帯における磁力分布を知るために、秋田市の北部にある旭川油田附近を微細測量することによつて、この附近より南東に伸びた連續異常分布を發見し、磁氣探鑛法による油田探知の可能性を認めた。また火山に依る異常を知るために、田澤湖について測量を行つた結果、昭和 14 年青森縣の磁氣測量の際、十和田湖について得た結果とほぼ同様の結果を得た。

同じく湯村は宮城縣下一部の岩手縣に接する範圍につき 1941 年に磁氣測量を行い、三成分 H, D, Z を測定し、岩手縣觀測の際、縣境附近で發見した異常域につき再調査を行つた。岩手縣下測量の際には D を測定しなかつたため、理論的研究が不可能であつたが、今回は三成分あるため理論的研究が可能となつた。また同年に昭和 13 年の測量の際に發見した岩手縣日詰附近の異常帯につき、さらに詳細な測量を施行し、蛇紋岩の磁氣異常なることを確認した。また同縣小文、鱒澤附近の異常域⁽¹⁶⁾

の詳細な再測を行い、その結果、異常の中心附近を 50 m ごとに測點を選定して微細測量を実施した。地質學的方面との協同調査の結果は、何等有効な鑛石の埋藏を推知することができなかつたが、岩石學的に興味あるものと思われる。

湯村⁽¹⁷⁾ は 1942 年島根縣井野鑛山の磁鐵鑛の埋藏位置および量を決定するため、微細探鑛を行つたが、未知の鑛床はなく地上のスカム分布と同様な異常分布をもつてゐることがわかつた。

朝鮮襄陽鑛山の磁氣探鑛も湯村によつて行われた。第 1 回 (1943) 論化里附近の探鑛の際は、未發見の大磁鐵鑛床を發見し、その埋藏量、鑛頭までの深さ試錐位置を磁氣的に決定した。その結果は約 200 萬トンの埋藏量があり、地上より約 50 m の深さに鑛頭のあることを結論した。その後同鑛山の試錐により純度 90 % 以上の磁鐵鑛を發見することができた。翌年第 2 回⁽¹⁸⁾ の測量を塔調附近について行つたが、何等新しい鑛床を發見することができなかつた。

吉松隆三郎⁽²⁰⁾ は柿岡における地磁氣永年變化と日本附近の淺發顯著地震および深發地震の活動との關係について統計的研究を行つた。その結果双方の變動に若干の關係があるように見える。

湯村⁽²¹⁾ は 1943 年 9 月 10 日鳥取市を中心として起つた破壊的地震の際、地層に點々と現われた斷層線を決定するため、磁氣測量を行い斷層線の延長を磁氣的に決定した。

湯村はまた 1944 年櫻島火山の三成分磁氣測量を行つたが、いちじるしい火山異常を認めなかつた。1946 年の爆發後の測量結果と比較することにより興味ある結果が得られるものと思われる。

第 3 節 岩石の磁性

前節に述べた火山地域の地球磁場の局部的異常の研究に伴つて、當然火山岩の磁氣的性質が研究の對象として取上げられた。

加藤愛雄⁽²²⁾, ⁽²³⁾ は齋藤良一 (東北大) とともに火山岩の磁氣的性質の研究を行つた。加藤は以前より伊豆大島三原山熔岩、北海道駒ヶ岳熔岩、仙臺附近の熔岩について帯磁率の測定を行つて來たが、引つづき箱根火山、伊豆地方火山より採集した岩石試料について測定を行つた。主要な結論としては、帯磁率の大きさが、含まれている磁鐵鑛の量、若くは磁鐵鑛が他のものをつくつてゐる固熔體のその量によるということがわかつた。さらに、これら等の試料について、自然残留磁氣の方向を無定位磁力計によつて測定した。大部分の岩石は現在の磁北と大體同方向に帯磁してゐることがわかつた。網代附近より採集した數箇の試料は現在の磁北とほとんど正反對の方向に帯磁してゐるが、この意味については、さらに廣範圍にわたる測定を行つて後に吟味すべきものと考えられる。加藤はさらに三宅島噴火と關連して舊熔岩および新噴出岩の帯磁率、残留磁氣等の測定を行つた。

三宅島噴出岩の磁性は永田武⁽²⁴⁾ によつてもしらべられた。その結果によると、三宅島の岩石は平均として帯磁率が $2 \sim 3 \times 10^{-3}$ 程度と見て大過ないようである。自然残留磁氣はその方向において現在の磁北と一致し、單位體積について $1 \sim 6 \times 10^{-2}$ 程度の強さをもつ。

永田武⁽²⁵⁻²⁹⁾ は火山岩の磁性に就いて系統的研究を行つた。地殼を構成する岩石の磁氣的性質は斷片的には古くから研究の對象として取上げられてゐるが、その研究のほとんどすべては火山岩の噴出當時の地球磁場の方向を、岩石の残留磁氣の方向から求めることが主な目的であつた。しかしながら、火山岩の自然残留磁氣は同一岩石の弱磁場内における誘導磁氣に比して著しく大きいのであつて、この點に關しては加藤も指摘したように従來の研究においては僅かに J. G. Königsberger の研究があるのみで充分な吟味がなされてゐなかつた。

永田の研究は主としてこの火山岩の自然残留磁氣の發生機構の解明を目的とし、さらにその地球磁氣學的諸問題への應用を試みたものである。すなわち従來主として岩石の帯磁率のみを問題とする立

場を一步進めて、火山地域における局部異常を解釋する上に自然残留磁氣の發生消滅を考慮しなければならぬことを明らかにした。永田は岩石學的性質の明らかにされた淺間、富士、天城、三原（伊豆大島）、宇佐美、箱根、多賀、三宅島等の諸火山の噴出岩について、まず帯磁率を弱磁場において測定し、また適當なモデル的考察を行うことによつて、火山岩の帯磁率は第一近似として岩石内に少量含まれる強磁性物質、すなわち磁鐵礦および磁鐵礦と FeO 、 Fe_2O_3 、 FeTiO_3 等との固熔體の見かけの帯磁率として把握し得ることを示した。また弱磁場における帯磁率は温度に對してほぼ可逆的に變化し、かつ、すべての火山岩は 600°C 附近において磁性を失うことを實驗的に示した。しかしながら岩石によつては、 $200\sim 300^\circ\text{C}$ において第二の Curie 點を示すものがあり、火山岩中の強磁性礦物の複雑性を示すものといえよう。

次に火山地域より採集した岩石試料について、無定位磁力計によつてその自然残留磁氣を測定した。この場合落雷等による帯磁を除外するために、火山岩の自然残留磁氣は、「十分廣い範圍（ 100m^2 以上の廣さ）に拡がる熔岩流において、どの部分から採集した岩石片もほぼ同一方向の残留磁氣を保持する場合、この残留磁氣を自然残留磁氣と呼ぶ」という定義によつて規定される、測定法、採集方法について慎重な考慮が拂われた結果、火山岩の自然残留磁氣は方向において 1° 、強さにおいて 1% 程度の測定誤差で測定可能である。測定結果として最近の火山活動における噴出岩では、現在の地磁氣の方向に帯磁していることが証明され、さらに過去の歴史時代、地質時代におけるものは偏角、伏角とも現在の地球磁場から數度もしくは數十度の偏倚を示すことも明らかとなつた。さらに火山岩の自然残留磁氣の強さは、同一岩石の地球磁場における感応磁氣に比して、 $5\sim 20$ 倍程度であり、時としては 100 倍に達する事實を確認した。つづいて、岩石試料について實驗室内において磁場冷却を行い、熱残留磁氣が如何なる条件のもとに生成されるかを實驗的に検討した。弱磁場内において 600°C 以上の高温より徐冷した火山岩は強い残留磁氣をもち、その方向は與えられた磁場の方向に等しい。所與磁場を地球磁場に等しくするとき、最近の噴出岩において、その自然残留磁氣にほぼ等しい熱残留磁氣を得る。 600°C 以下の温度より磁場冷却を行つても、同じく熱残留磁氣が生成されるがその強さは、磁場を一定とした場合、最初の温度が高い程大きい。温度に關する条件を一定にして、磁場を變化さずと弱磁場においては磁場の強さと熱残留磁氣の強さは比例する。このことは強磁場冷却においては成立しない。また冷却速度が $0.2\sim 5$ 度/分の間においては熱残留磁氣の強さは磁氣の冷却速度に無關係である。次に温度 t_i から t_j の間のみ、磁場 H をかけ、他の温度區間は無磁場冷却とするときの熱残留磁氣を $\vec{J}_{i,j,H}^n$ とすると

$$\vec{J}_{i,j,H}^n = \vec{J}_{i,j,H}^1 + \vec{J}_{i,j,H}^2 + \dots + \vec{J}_{i,j,H}^{m-1}$$

が成立つことを確め、 Δt の極限の場合を考えることによつて

$$\vec{J}_{i,j,H}^n = \int_{t_i}^{t_j} P(t, \vec{H}) dt$$

が予想され、さらに弱磁場においては

$$\vec{J}_{i,j,H}^n = \vec{H} \int_{t_i}^{t_j} P(t) dt$$

となる。 $P(t)$ は試料によつて定まる函数であるが、室温附近および 600°C 以上では零であり、 $500\sim 550^\circ\text{C}$ 附近に極大をもつ。しかし 300°C 附近にも第二の Curie 點をもつ岩石においては、やはり $200\sim 300^\circ\text{C}$ 附近に $P(t)$ の極大があらわれる。かくして熱残留磁氣の大部分は、高温より冷却過程において、Curie 點を通過して後、數十度以内の冷却進行中に發生することが確められた。

これらの實驗結果を總合して、熱残留磁氣は次のようにして生成されるものと推測される。今 Curie

點 θ をもつ一つの強磁性礦物粒を考えると、弱磁場冷却の過程において温度が θ を越えると結晶内の若干の磁域が磁場の方向に逆轉する。さらに温度が降下すればこの磁域の向きは固定され、磁場を取去つてももとにもどらない。従つて、温度降下によつて、たとえば内部歪の變化が生じ、磁場の働いている間は、磁氣エネルギーが歪の變化による仕事のエネルギーに打勝つて磁域を磁場の方向に固定するが、温度が僅か降下して後、磁場も取去つた時は、磁域の向きがもとに戻るためには歪の力に對して仕事をしなければならぬ故に、そのまま固定されていると考えられる。結局

$$\vec{J}_{i,j,H}^n(t) = \vec{H} \int_{t_i}^{t_j} P(\theta, t) dt$$

ここに

$$P(\theta, t) = I(\theta, t) \Phi(s, \theta) g(\theta)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} I(\theta, t) < 0$$

が成立つと考えられる。ただし、 $I(\theta, t)$ は t における強磁性礦物の飽和磁氣の強さ、 $\Phi(s, \theta)$ は磁域廻轉の確率であつて s は内部歪を指定する。また $g(\theta)$ は強磁性礦物粒の θ に關する分布函数である。 Φ および g を決定する物理的條件は未だ明らかでないが、磁鐵礦が他のものとの間につくる固熔體の性質によることは確かである。

さらに地球磁場の局部異常の問題と關連して、自然残留磁氣を論じ、特に三原山安永熔岩から推定した偏角の値は、古記録より知られている当時の地球磁場の方向と一致することをしらべ、各種の岩石の測定値より、少くとも第四紀のはじめから現今に致るまでの間に地球磁場の方向は數十度の範圍にわたつて變動していることを推定した。また火山地域の異常分布、異常變動を説明する上に地球磁場による誘導磁氣のみでなく、むしろ自然残留磁氣の生成を主因と考えねばならぬことを、多くの具體的例について強調した。

村内必典⁽³⁰⁾（科學博物館）は永田に協力して、伊豆地方の火山岩の自然残留磁氣の測定を行つた。

上記のように、火山岩の磁性に關する研究はこの期間に著しく豊富となつたが、水成岩に關してもその研究が行われた。永田、明石和彦（明石製作所）、力武常次⁽³¹⁾（地震研究所）は A. G. McNish および E. A. Johnson が氷河の堆積物や大西洋底の沈澱泥の帯磁をはかつたのと同様な方法で、關東地方に分布している成田層の自然残留磁氣の測定を行つた。測定方法は、いわゆる電磁誘導方式であつて、小試料を廻轉して、圓形線輪内に誘導電壓を作り、これを増幅して廻轉整流器を通して帯磁の強さおよび方向をはかる、幾多の電磁的および靜電的擾亂を除去して、 10^{-6} e. m. u. 程度の磁氣能率をもつ小試料を測定することができた。その結果、成田層の上層部 1.5 米の間において、偏角は數十度にわたつて變化し、伏角についても少しく小さいが變化をしていることを見出した。上記の測定は、さらに原田美道、平尾邦雄⁽³²⁾によつて繼續された。

第 4 節 地磁氣の日變化

寺田一彦^{(33),(34)}（中央氣象臺）は地磁氣日變化を内部および外部に原因を有するものにわけ、適當な假定のもとに各々につき、それらの原因と考えられる電流を地表上の磁力の水平成分より計算する方式を見出し、さらに磁力の鉛直成分をも極めて簡単に計算し得ることを示した。鉛直成分に關し磁場に對するものに比べ、外部磁場に對するものは計算値が實測値に遙かに近い値を出していること研究した結果内部より外部磁場を生ずる電流は大體 E 層または F₁ 層程度に存在すると結論した。

長谷川万吉（京大理）および太田柁次郎（京大理）は地磁氣日變化の統計的研究を行つた。この研究は 1936 年以來京都大學地球物理學教室長谷川研究室において、第二回國際極地觀測期間中の世界

各地 64ヶ所の観測材料によつて主に日変化について行つたもので 1941~1945 のものは次の通りである。この報告はいずれも 1948 年 8 月 Oslo で行われた国際地球物理学會議に報告された。

1) 中低緯度の S_q 磁場の球面調和分析

国際静穏日の夏冬平均の値を採用し、各観測所の調和分析係数を基礎とした。この分析の特徴は今までかえりみられなかつた経度による変化を考慮に入れたことである。そして S_q 磁場の磁気ポテンシャルを世界時 (Universal time)、経度、緯度の函数として表わし、地方時による変化磁場と世界時による変化磁場とを求めた。また調和分析係数は地理的座標によるよりも地磁氣的座標による方が、経度による差異が少い。それでこの分析は全部後者を採用してある。

2) 圖式積分法による S_q 磁場の分布

太陽と共に移りゆく S_q 磁場の状態を 2 時間ごとに表わしてある。これには磁力の分布曲線から圖式線積分によつて緯度 15 度、経度 30 度ごとの Potential difference を求めた (南北 60° まで) X 分値から出した値と Y 分値からの値とは一般に一致しない。この残差を世界中 (南北 60° まで) に等分に分布した。

3) 非ポテンシャル磁場

緯度 15° ごと、経度 30° ごとによつて圍まれるブロックを單位として南北 60° までの間において、磁場の強さをこのブロックについて閉曲積分を求めると零にならない、これは誤差としての最高確率の 2 倍位の大きさであり、非ポテンシャル場の存在を認めてよい。これを大地に出入する電流に換算してみると 10⁻¹³ amp./cm² (1 平方方寸につき 10⁻³ amp.) 程度のもになり、各時刻 (世界時) により差異はあるが平均状態としては太陽直下北半球に電流の流入があり、南半球に流出がある。

第 5 節 地磁氣の擾亂磁場

長岡半太郎⁽¹⁵⁾は誘導型磁力計を製作して、地磁氣變動の観測を行い、特に磁氣嵐の急始についてはその發生機構をも推定した。長岡の考えによれば、太陽と地球上層との間は電氣力線で結ばれ、太陽面上の活動度の急變は電荷の急變を生じ、電氣力線によつて地球の電離層に傳達されて磁氣嵐を起すことになる。

坪井忠二 (東大理)、宮村攝三 (地震研究所)、桑原友三郎⁽³⁰⁾ (中央氣象臺) は S. Chapman と J. Bartels 著の Geomagnetism 卷末に記してある 1884~1937 の地磁氣の最擾亂日および最静穏日ならびに 1890~1937 の毎日国際地磁氣特性数を材料として、月齡と地磁氣擾亂との關係を統計的に研究した。その最も確實な結論は、地磁氣の擾亂日は統計的にいつて、上弦と下弦に多いということになる。

今道周一⁽³⁷⁾ (柿岡地磁氣観測所) は短波消失現象に伴う地球磁場の變化 (これを彩層型變化と略稱する) について次のことを調査した。

1. 明瞭な彩層型變化は太陽黒點數の變化より遅れて變化する傾向がある。
2. 彩層型變化の型を次の三つに分ける。
 - I. V 字 狀 變 化
 - II. 振 動 變 化
 - ・ (イ) 比較的長周期振動
 - ・ (ロ) 微細振動
 - III. 大きく長時間の變化。
3. 短波消失現象も彩層型變化も共に夏期に多く冬期に少ない。

4. 短波消失の際の日變化層の電離密度變化は平均で平常値の約 2 割程度である。
5. 彩層型變化は正規日變化のみならず、その時刻における磁力變化を増大さす方向に起る。
6. 擾亂電流の一部は日變化層の中にも存在すると考えられる。

平山操 (柿岡地磁氣観測所) は 1942 年 8 月福島縣矢吹町小學校庭においてループによる鉛直磁場の變化および地電流の 東西南北 兩分値を測定し、豊原地磁氣観測所における同様な測定記録と比較し、その波長および位置の決定を試みようとしたが、人工的電流および記録室の不完全なために、十分な結果をあげることではできなかつたが、脈動の大部分は兩地共通であることがわかつた。静穏日の早朝にしばしば起る脈動は一方のみに測定され、電離層の早朝の特異現象と關連し、極めて興味ある問題と考えられる。

今道は誘導線輪を用いて短周期地磁氣脈動の研究を行つた。地磁氣脈動變化の研究は寺田寅彦博士の有名な研究があるが、これは一分以上の比較的長周期のものに就いて、普通の磁力計を使用して測定されたものである。今道は一分以下の短周期に就いて測定する目的をもつて誘導線輪を使用した。

昭和 18 年末から昭和 19 年春にかけて柿岡地磁氣観測所構内および隣接地内に地理學的東西、南北および水平の三方向にキャップタイマー (35 芯) で矩形線輪を布設し、これを 1 分間 15 耗進みの回轉圓筒にて檢流計により同時記録した。

各方向の線輪の面積、抵抗その他装置の常數は次の通りである。

線 輪 常 數

常 數	線輪面積	線輪抵抗	檢流計感度	臨界抵抗	周 期
Z 線輪	1024m ²	520 Ω	2.3 × 10 ⁻⁷ v/mm	500 Ω	7 秒
X 線輪	1025m ²	525 Ω	2.5 "	1000 Ω	10 "
Y 線輪	1025m ²	517 Ω	2.1 "	500 Ω	10 "

ここに Z 線輪は水平に設置のもので、X および Y 線輪は線輪の方向が、それぞれ東西および南北方向であつて線輪面は鉛直である。表中の線輪面積は單線輪の面積で與えてあるから、35 芯全體としての面積は表の値の 35 倍となる。

上記の設備で得られた結果の概要を次に掲げる。

(I) 装置に就いての注意

- (1) 使用計器 (檢流計) は計器常數特に固有周期の等しいものを使用し恒常性の高いものであること。
- (2) 布設線輪は地下に埋設するのがよいがやむを得ぬ場合は地上線を最小限にするのがよい。

(II) 脈動の諸性質に就いて。

(1) 測定期間が短期であつたことと日中は人工擾亂の影響を感じたが、測定結果の傾向は既に寺田寅彦博士の得たところとほぼ同様である。

(2) 脈動出現の一般傾向

(a) 脈動は一般に單純なものではない。多くは異周期波の混合した變調波であり、一聯波中の數個の波においても周期振幅が異なつてゐる。

(b) Z 線輪と X 線輪は相對應して、すなわち周期及び振幅において各個的にも一般に相應じて出現するに對して Y 線輪はしばしばその周期および振幅を異にする。

(c) 日出前後および擾亂時においてはしばしば周期 20 秒前後の規則正しい唸現象の顯著な脈動が長時間にわたつて出現する。この脈動は Y 線輪において他線輪に比して遙かに大きい振幅を

有することが多い。

(d) 脈動出現の初期は明瞭な場合、または徐々な場合がある。夜間灣状變化に重疊する脈動は急始する。初動が明瞭で振幅が大きい脈動の初動は Z 成分の増加、X 成分の減少、Y 成分の減少するものが多い。

(3) 脈動周期の頻度

(a) 脈動周期は資料の選擇に關係するが、本測定期間では 20~30 秒のものが多かつた。

(b) 夜半前後に出現するものは周期が大である。

(4) 脈動振幅の比較。

(a) 平均状態において X 線輪最大で Z 線輪最小である。

(b) Z 線輪および X 線輪は周期に對してほぼ同様の變化をなし、周期が小さくなるに従つて急に振幅も小となり、周期が大となるにつれて、増大するが次第に増加率が小となる。

(c) Y 線輪は周期に對して前二者のような顯著な變化なく、短周期 (20 秒附近) において急激に増大することがある。

(d) 各線輪振幅比は周期 20 秒附近で

$$Z/X=0.3 \quad Z/Y=0.7 \quad Y/X=0.4$$

(e) 脈動振幅の發現時による相違は、Z および X 線輪略同様の分布、すなわち 20~22 時區域に最大で、他時刻ではあまり著しい相違がない。Y 線輪は前二者と異り、夜半附近のもの最小となり、日出附近に規則正しい振幅の大きいものがしばしば出現する。

(f) 各線輪振幅比は前項のようなものであるが、その範圍は Z/Y は 0.2~0.8 まで、Y/X は 0.3~1.5 におよぶ。

Z/X は發現時に依つてほとんど變化がないことは注意に値する。

(5) 位相差の比較

(a) Z 線輪は X 線輪より常に位相が遅れている。ほぼ同相 (位相差零) 附近の場合が逆相 (位相差 π) 附近のものより著しく多い。その位相差 δXZ は短周期のもの程急に大きくなり $\pi/2$ 以上に達する。

(b) X 線輪と Y 線輪の位相差 δXY の周期に對する分布は進み遅れ、またはその大きさが一定ではない。また同位相のものと逆位相のものも一方向的でない。

(c) 發現時刻に對する分布は δXZ は夜半前後が最小となる傾向がある。 δXY は測定がやや散つて確定的にはなお資料を要するが、夜半頃極少で日出没前後に極大が起るようである。

(III) 波 長

脈動變化が進行波または定常波としてその波長を適當な假定のもとに求めた。波長は約 600km 程度となり、寺田寅彦博士の場合と桁数は一致している。位相の差は進行波においては實際の場合と一致しない。

この研究の詳細は昭和 23 年 5 月發行の柿岡地磁氣觀測所速報に掲載してある。

第 6 節 測 定 器

湯村哲男は磁力偏差計の補助磁力部分につき、改良を施す案を出し、理論的に種々検討したがまだ製作に至っていない。

平山操は磁氣傾度計を考案した。磁場内において、廻轉軸を共有する二つのコイルを廻轉して生ずる起電力を、抵抗を加減し、その電流を零ならしめ、その時の抵抗の値より磁場の差を求める。ただ

し、第 3 コイルを第 1 或は第 2 コイルの位置に、上と直角に取付けることにより、第 1、第 2、コイル面の僅かな傾きを補償する。この原理により試作を行い、實驗の結果一、二の改良すべき點を見出したが未だ實施に至っていない。

永田武も磁界傾度計を考案した。

石川業六 (中央氣象臺) は無定位磁力計の感度について考察し、磁石系の運動方程式を求め、これより數值的に得た結果と實驗結果とを比較した。

坪川家恒 (地理調査所) は廻轉コイルを利用した地磁氣三成分絶對測定装置を考案した。實際の製作は本期間以後に完成し、詳細は本會會誌に報告されるはずである。

第 7 節 船 體 磁 氣

太田栞次郎、廣野求和 (京大理)⁽³⁸⁾ は昭和 19 年 12 月横濱港に碇泊中の鋼鐵船 12 隻について、船體附近の磁場の三成分を測定した。測定は海上に浮べた筏の上で精度は有効數字 3 桁で、船から 2.5 米、4 米および 9 米離れた線に沿つて行つた。

船を寸法比 10:1 の廻轉楕圓體と考へて、それが地球磁場のために一樣に磁化されたときの二次磁場を算出し、それと實測値から地球磁場を引き去つた残りと比較してみると、磁場の分布状態が非常によく似ている。したがつて船體を一樣な磁場中に置かれた廻轉楕圓體の鐵塊と考へ、船の磁化の強さを求めた。しかし寸法比が 10:1 であるから、反磁性因子が大きく、船體の物質は必ずしも透磁率の大きいものと考えなくともよい。

磁化の強さは建造中のものを除き、各船とも同じ位で約 0.1 C. G. S. 程度である。それで船を廻轉楕圓體と考へたときの磁氣能率は 10000 噸級のもので 10^9 、1000 噸級で 10^8 ということになる。

このうち、1 隻 (約 800 噸) は非常にくわしく測定することができ、地球磁場による感應磁氣と船の固有磁氣とを分離することができた。感應磁氣は固有磁氣の約 2 倍であつた。

また 1 隻 (約 800 噸) は建造中のものであり、この感應磁氣 (あるいは固有磁氣) は他の船の 3~4 倍で、おそらくまだ消磁していなかつたためであらう。

船に接近した測定によつて、船體の磁化の強さがわかるから、少し離れた所での船體による磁場⁽³⁹⁾ は計算によつて求められる。船體附近の磁場は地球磁場と船體による固有磁氣および船體の感應磁氣による二次磁場との和である。鉛直分力は單にそれらの和であるが、水平分力はそれらのベクトル和であるから、固有磁氣を無視しても、船體の向きによつて合成磁場の分布は全く違ふ。船が南北、または東西の向きにあるときは簡單に求められる。

力武常次は磁氣羅針儀の自差修正について理論的研究を行つた。なお、その他にもこの方面の研究が行われたはずであるが、詳細は不明である。

第 8 節 日食時の地磁氣觀測

1) 昭和 16 年 9 月 21 日

京大地球物理學教室は臺灣の北投 (皆既帶の南端、 $25^{\circ} 10' N$, $121^{\circ} 30' E$) および新營 (皆既帶より南 200 軒、 $23^{\circ} 18' N$, $120^{\circ} 19' E$) において地磁氣三成分の變化觀測を行つた。期間は日食を中心とする前後 10 日間である。日食當時は大きい磁氣嵐の主相にあつたために、日食による影響を取出すことは困難であつた。一つの考へ方として阿蘇、北投、新營三ヶ所の觀測結果から嵐の大きさの逆比を 2.12:1:1.20 と考へ、それぞれの値にこの逆比を乗じて二つずつの差をとつて見たところ、これだけ

では嵐の影響を消すことはできなかつた。

平山操は石垣島における観測結果を調査した。地磁気、地電流とも著しい磁気嵐のため日食の影響を検出することは不可能であつた。ループにより鉛直磁場の變化測定は岩礁のためほとんど完全な記録は得られなかつたが、豊原地磁気観測所における同測定および早廻し記録と比較し、共通するもの、あるいは一方にのみ記録されたもの數例が得られた。

加藤愛雄はハルビン、仙臺、北京、南昌および與那國島における観測結果を調査し、微粒子日食の模様より微粒子の速度を7000 籽/秒と求め、さらに、この結果を應用して磁気嵐理論を展開した。

2) 昭和 18 年 2 月 5 日

平山操は北海道帯廣において地磁気、地電流、空中電氣、照度等の観測を行つた、地磁気、地電流の變化は太陽高度の低いためか、何等日食の影響を認めることはできなかつた。またループおよび地電流早廻しの記録による脈動調査は人工的電流の擾亂により調査困難であつた。

永田武もまた北海道において地磁気變化の観測を行つたが、日食の影響を明瞭には認めなかつた。

力武常次はこの日食に関連して日食に伴うと期待される地磁気變化の理論的研究を行い、S. Chapman の研究を擴張した結果を得た。

文 献

- (1) 永田武, A Note on Regional Anomaly and Secular Variation in Geomagnetism. 震研彙報, 第 20 卷, 昭和 18 年 107—121 頁.
- 永田武, 地球磁場の地方的異常及び永年變化に就いて (第 2 報). 震研彙報, 第 21 卷, 昭和 19 年 366—375 頁.
- (2) 永田武, 地方磁気常数と地球磁場異常分布 地震, 第 14 卷, 昭和 17 年, 109—120 頁.
- (3) 水上武, A Magnetic Dip Survey of Miyake-Sima Island. 震研彙報, 第 19 卷, 昭和 16 年, 356—362 頁.
- (4) 水上武, Time Variations in Magnetic Dip and their Topographical Distribution in Miyake-Sima. 震研彙報, 第 19 卷, 昭和 16 年, 363—366 頁.
- (5) 水上武, Magnetization of the New Lava-Flow of Miyake-Sima Island. 震研彙報, 第 19 卷, 昭和 16 年, 612—618 頁.
- (6) 永田武, Anomalous Changes in Geomagnetism Accompanying by the Volcanic Activity. 震研彙報, 第 19 卷, 昭和 16 年, 335—355 頁.
- (7) 高橋龍太郎, 平能金太郎, Changes in the Vertical Intensity of Geomagnetism that Accompanied the Eruption of Miyake-Sima. 震研彙報, 第 19 卷, 昭和 16 年, 373—380 頁.
- (8) 加藤愛雄, The Changes in the Earth's Magnetic Field Accompanying the Volcanic Eruption of Miyake-zima. 帝國學士院記事, 第 16 卷, 昭和 15 年, 467—472 頁.
- (9) 水上武, 淺間火山に於ける地球磁気偏角の變化, 震研彙報, 第 22 卷, 昭和 19 年, 110—129 頁.
- (10) 中村左衛門太郎, 仙臺平野と米澤盆地とに於ける地磁気偏差の測定, 矢部教授還歴記念論文集, 昭和 16 年 1117—1123 頁.
- (11) 永田武, 地球磁場の局部的異常分布の等磁力線に就いて, 地震, 第 15 卷, 昭和 18 年, 75—79 頁.
- (12) 越川善明, 伊豆下賀茂温泉附近の地磁気測定, 地震, 第 14 卷, 昭和 17 年, 307—313 頁.
- (13) 原田美道, 洞爺湖周辺の地磁気異常に就いて, 地震, 第 15 卷, 昭和 18 年, 69—74 頁.
- (14) 湯村哲男, 磁化物質とそれによる磁場との或る關係に就いて, 柿岡地磁気観測所要報, 第 4 卷, 第 1 號, 昭和 17 年 6 月, 7—19 頁.
- (15) 湯村哲男, 秋田縣に於ける地球磁気分布, (第一報), 柿岡地磁気観測所要報, 第 4 卷, 第 1 號, 昭和 17 年 6 月, 20—45 頁.
- (16) 湯村哲男, 岩手縣鱒澤附近磁気探鑛, 電氣探鑛協會報告書.

- (17) 湯村哲男, 島根縣井野鑛山磁気探鑛, 電氣探鑛協會報告書.
- (18) 湯村哲男, 朝鮮襄陽鑛山磁気探鑛 (第一回) 論化里附近, 電氣探鑛協會報告書.
- (19) 湯村哲男, 朝鮮襄陽鑛山磁気探鑛, (第二回) 塔調附近, 電氣探鑛協會報告書.
- (20) 吉松隆三郎, 地球磁気と地震 (I), 柿岡地磁気観測所要報, 第 4 卷, 第 2 號, 昭和 18 年 6 月, 23—40 頁.
- (21) 湯村哲男, 鳥取地震の磁氣的研究, 中央氣象臺鳥取地震概報.
- (22) 加藤愛雄, 地殻を構成する諸岩石の磁氣的性質の研究, (第 2—3 報) 服部報公會研究報告, 第 9 輯, 昭和 16 年, 267—286 頁.
- (23) 加藤愛雄, 三宅島の爆發と地磁気の變化並びに噴出岩の磁氣的性質, 地殻を構成する諸岩石の磁氣的性質の研究 (第 4 報) 服部報公會研究報告, 第 9 輯, 昭和 16 年, 287—312 頁.
- (24) 永田武, The Magnetic Properties of the New Ejecta. 震研彙報, 第 19 卷, 昭和 16 年, 304—324 頁.
- (25) 永田武, The Mode of Causation of Thermo-Remanent Magnetism in Igneous Rocks, Preliminary Note. 震研彙報, 第 19 卷, 昭和 16 年, 49—81 頁.
- (26) 永田武, Measurement of Change in Magnetic Susceptibility of Igneous Rocks with Temperature in a Weak Magnetic Field. 震研彙報, 第 19 卷, 昭和 16 年, 579—596 頁.
- (27) 永田武, The Mode of Development of Thermo-Remanent Magnetism in Igneous Rocks. II. 震研彙報, 第 20 卷, 昭和 17 年, 192—214 頁.
- (28) 永田武, The Natural Remanent Magnetism of Volcanic Rocks and Its Relation to Geomagnetic Phenomena. 震研彙報, 第 21 卷, 昭和 18 年, 1—196 頁.
- (29) 永田武, 火山岩の磁化曲線. 震研彙報, 第 21 卷, 昭和 18 年, 354—365 頁.
- (30) 村内必典, 第四紀噴出岩の自然残留磁気の方向に就いて, 地震 第 14 卷, 昭和 17 年, 251—253 頁.
- (31) 永田武, 明石和彦, 力武常次, The Natural Remanent Magnetism of Sedimentary Rocks. (Preliminary Note) 震研彙報, 第 21 卷, 昭和 18 年, 276—297 頁.
- (32) 永田武, 原田美道, 平尾邦雄, The Natural Remanent Magnetism of Sedimentary Rocks, II. 震研彙報, 第 23 卷, 昭和 20 年, 79—96 頁.
- (33) 寺田一彦, 地磁気日變化の原因と見做さるゝ電流に就いて, 氣象集誌, 第 20 卷, 昭和 17 年, 353—369 頁.
- (34) 寺田一彦, 地磁気日變化の原因と見做さるゝ電流に就いて, (補遺) 氣象集誌, 第 21 卷, 昭和 18 年, 171—177 頁.
- (35) 長岡半太郎, Sudden Commencement of Magnetic Storms and Its Probable Cause. 帝國學士院記事, 第 17 卷, 昭和 16 年, 250—255 頁.
- (36) 坪井忠二, 宮村攝三, 桑原友三郎, 地磁気の變動と月齡, 震研彙報, 第 20 卷, 昭和 17 年, 297—315 頁.
- (37) 今道周一, 短波消失現象と地球磁場の變化 (第三報), 柿岡地磁気観測所要報, 第 5 卷, 第 1 號, 昭和 18 年 11 月, 45—54 頁.
- (38) 太田征次郎, 廣野求和, 横濱に於ける船體磁気測定報告, 第一報, 昭和 20 年 3 月.
- (39) 太田征次郎, 横濱に於ける船體磁気測定報告, 第二報, 昭和 20 年 4 月.

第2章 電離層 (米澤利之)

第1節 昭和15年末迄の電離層研究の概観

周知の如く電離層は遠距離短波通信と極めて密接な関係をもつのであつて、實際通信に従事している者にとつて、種々の機会に遭遇する色々の困難な問題を根本的に解決するためには、どうしても電離層そのものの研究が不可欠になつてくるのである。本邦において電離層研究を最初に取上げたのが、遠距離通信に深い関心をもつ海軍であつたのは、少しも偶然のことではない。既に昭和6年に、海軍は Appleton and Barnett の周波数変化の方法で、電離層の高さの測定を開始した。さらに昭和7年から9年にかけて、東京目黒の海軍技術研究所で、一定周波数を用いて、電離層の見掛けの高さの時間に伴う変化 ($[h'/f]$ 曲線) が観測された。昭和9年6月には、最初の周波数対見掛けの高さの曲線 ($[h'/f]$ 曲線) の観測が始められた。従つて、この時から以後は F_2 層の臨界周波数の値も得られているわけである。ただ高さ、臨界周波数共に観測の精度が不十分であつたのは、當時としては止むを得ないところであつた。この間昭和9年2月14日の南洋 Losap 島における日食及び昭和11年6月19日北海道における日食に際しては、電離層観測のために現地に観測隊が派遣された。これら海軍の先覚者的仕事に當つて、箕原勉、伊藤庸二、新川浩等の諸氏の残した功績の数々は、われわれのいつまでも忘れ得ぬところであらう。

一方関係各方面の人々の努力により、政府も電離層研究の重要性を認識するに至り、昭和9年には逓信省電気試験所の所屬として、茨城縣平磯町に平磯出張所が設立され、ここを中心として、難波捷吾、前田憲一、河野哲夫、塚田太郎等の諸氏により電離層並びに電波傳播に関する多くの勝れた研究が生まれるようになった。平磯においても、最初の測定は (h'/f) 型のものであつたが、その他、月に數回は正午及び正子 (午前零時) の臨界周波数が観測された。昭和11年6月以後は、(h'/f) 曲線が大體1週間に1回位、半時間または1時間置きで24時間にわたつて得られている。前述の昭和9年及び11年の日食の時にはやはり現地において電離層の観測を行つた。

外國においても、この頃になつてようやく世界各地に電離層観測所が設けられる氣運になつてきて、たとえば昭和9年1月には南米 Peru の Huancayo で、また昭和10年1月には西部 Australia の Watheroo でそれぞれ電離層観測が開始された。それに刺激されてか、本邦においても昭和14年7月には海軍により南洋の Palau 島に電離層観測所が設けられて、(h'/f) 曲線が得られるようになり、翌15年の4月以後は陸軍が滿洲の Tsitsihar で定期的な観測を續行することになつた。Tsitsihar では、このほか地磁氣、地電流、空中電氣、氣象等の地球物理學的現象から太陽黒點に至るまで観測の對象とされた。同年10月に海軍は、さらに樺太の敷香に観測所を追加した。(これは翌16年一杯で観測を中止して、後述の電波物理研究所の豊原の観測所に業務を譲つた。) また昭和15年11月には東京目黒の観測を中止して、12月から新たに平塚でそれを行うことになつた。かくして軍事的な目的のための電離層観測の布石は一應完了したのであつた。

これらの観測所のうち、平磯、Tsitsihar では寫眞記録による自動式装置が用いられた。Palau でも最初自動式が使われたが、數週間後にはそれを維持してゆくことが困難になつたので、以後は手動で観測がつづけられた。他の観測所ではすべて手動式が用いられた。平塚では自動式を使う計畫があつたが、實現しなかつた。

以上は観測のことを主として述べたが、この間にはもちろん観測結果を整理、總合あるいは比較し

たり、その理論的説明を試みたりする研究も色々行われた。中でも塚田氏が、日出時の電離層電子密度の急増を、陰イオンからの電子の離脱によつて説明しようと試みたのは、極めて興味ある見解であつた。

なお日本學術研究會議内に、電波研究に関する陸海官民大學等各方面の人材を集めて、大正11年11月電波研究委員會が設立され、これが上記研究機關相互の連絡調整を行い、特に昭和6年以後昭和15年まで年に數回 Report of Radio Research in Japan を發行してきたのは、斯學の進歩及び本邦における研究の海外への紹介に貢献するところが多大であつた。

第2節 電波物理研究所の設立

前節において述べた通り、昭和15年までの電離層の研究は海軍、陸軍及び電気試験所の三本立で行われてきたので、學問の進歩のためには甚だ不便なところも少なくなく、何とかこれを統一しようとする氣運が起つて來たのは、もとより當然のことであつた。かくて電波研究委員會は、會長岡半太郎博士の下で種々論議の末、電離層及び電波傳播に関する研究並びにその連絡統一促進を圖る機關として、昭和16年3月文部省内に電波物理研究會を設立することに成功した。主任の技師として青野雄一郎氏が任命され、電波研究委員會の監督指導の下に、この方面の研究を強力に推進することになつた。同年9月21日の日食に當つては、電波物理研究會は電気試験所及び國際電気通信株式會社の研究陣と共同して、中華民國の漢口及び台灣北部の淡水並びに中壢において、電離層観測及び電離層斜入射電波の傳播試験に従事し、充分な成果をおさめた。同年11月から、同研究會所屬の最初の電離層観測所として、漢口で定期的な観測が實施されるに至つた。

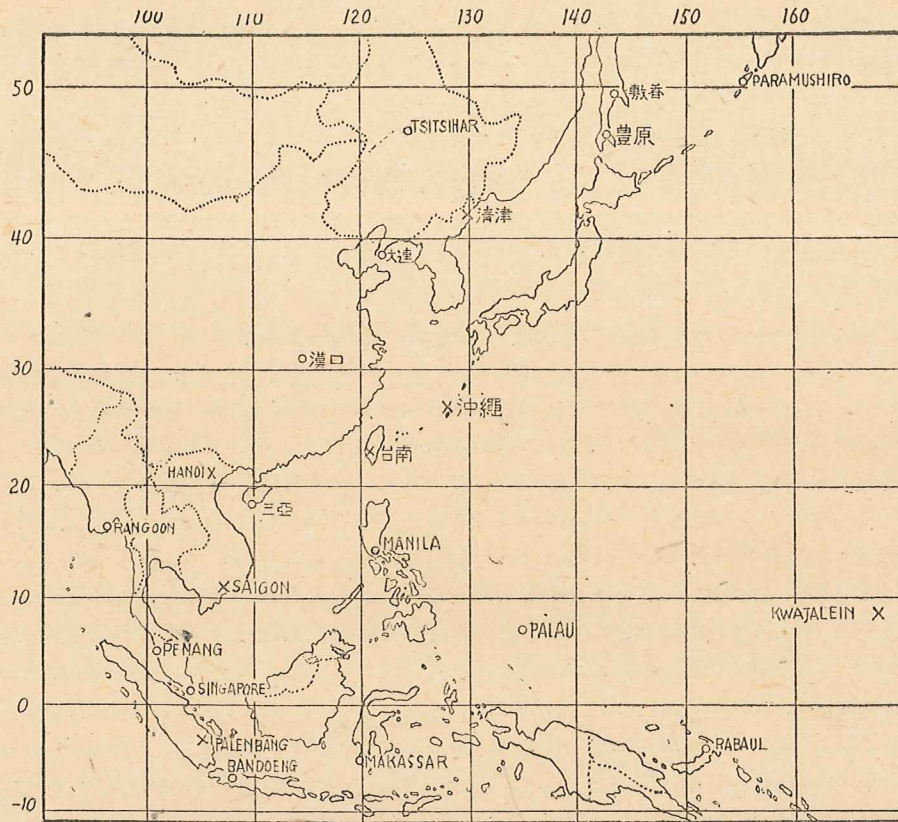
昭和17年4月に至り、電波物理研究會は電波物理研究所に發展し、初代の所長として國際電気通信株式會社技術研究所より横山英太郎氏が迎えられ、その下で新に電気試験所より前田憲一氏、第七陸軍技術研究所より、かつて Tsitsihar で電離層観測等に従事していた上田弘之氏及び上海自然科學研究所より干田勘太郎氏 (實際に着任したのは同年10月であつた。) が研究官に就任し、研究陣容もともに充實を加えてきた。なお、この外若干の兼任の研究官があつた。研究所は最初東京淀橋百人町の第七陸軍技術研究所の建物の一部を借用して業務を行つていたが、昭和18年1月北多摩郡小平町の第五陸軍技術研究所内に移轉し、昭和19年12月には、さらに世田谷區玉川上野毛町の多摩帝國美術學校校舍に引越しをして、そこで終戦を迎えた。

研究所の創立は、太平洋戦争において日本軍が南北各地に進出して、その勢力圏を急速に増大しつゝあつた時期に當つていたため、電離層の観測網を急いでこれら新占領地域に擴大することが、軍事的な緊要事として、主として電波物理研究所に委ねられることになつた。これについては次節に述べる。

第3節 戦時中に於ける電離層観測網の消長

前節に述べた通り、電波物理研究會は昭和16年11月から漢口で電離層定期観測を實施し、これはもちろん電波物理研究所にひきつがれた。ここでは寫眞記録による自動式装置が用いられたのであるが、以下に述べる新設の観測所では、すべて手動式装置が使われた。

まず昭和17年5月には樺太の豊原に電波物理観測所が開設され、9月から電離層の観測資料が得られるようになった。これは第1節に述べた通り、前に海軍が敷香において使用していた施設を利用したものである。さらに台灣 (台南)、沖縄にも観測所を設立する準備が進められたが、陸海軍関係の



東京附近を除く
電離層観測所所在地
(予定地をも含む)
(○所在地 × 予定地)

仕事に優先権が与えられたために、ついに実現を見なかつた。

一方陸軍からの熱烈な要望により、南方各地に電離層観測所を設立する計画が強力に推進された。かくて昭和 17 年 12 月には、上田氏を隊長とする設営観測隊が、陸軍軍属の身分で南方各地に向けて出発した。そして昭和 18 年 3 月には Singapore, 5 月には Java 島の Bandoeng, 6 月にはビルマ (Burma) の Rangoon で電離層の観測が開始され、翌 19 年の 3 月には Philippine の Manila でもデータがとられるようになった。陸軍では、さらに佛印の Hanoi 及び Saigon 並に Sumatra の Palembang に観測所開設を計画したが、これは物にならなかつた。

そのうちに今度は海軍から電波物理研究所に對して観測所設置の希望が表明されたので、千島の Paramushiro 島、南洋 Marshall 群島の Kwajalein 島、New Britain 島の Rabaul, Celebes 島の Makassar, 及び Malay の Penang に設置が計画された。このうち Paramushiro は昭和 18 年 11 月から、Makassar は 19 年 1 月から、Penang は同年 3 月から観測を開始し得るに至つたが、Kwajalein 島に派遣された藤崎彌三郎氏以下三氏は、観測業務開始に至らないうちに米軍の攻撃により戦死し、また Rabaul においても戦況が不利になつてきたので、これらの地點では計画を放棄せざるを得なくなつた。なお、これら海軍関係の観測隊派遣については千田氏が色々盡力した。

国内においては、昭和 18 年 8 月から國分寺 (正確には小平町) の電波物理研究所の本部において、

定期観測が実施されるようになったが、本廳舎の移轉と共に、昭和 20 年 1 月以降は上野毛で観測が行われ、終戦時に至つた。本部においては観測は官廳の勤務時間のみ行い、一週に 2 回だけ徹夜作業により 24 時間観測を実施していた。その他、朝鮮の清津に観測所を設ける計画もあつたが、大體準備が整つた時終戦となり、その後の状況は不明である。

以上述べた如く、昭和 19 年 4 月、5 月には観測網は最も完備し、14 個所が活動していたのであるが、戦況が不利になるにつれて、閉鎖あるいは放棄せねばならないものが次第に多くなつてきた。昭和 14 年 7 月以来観測をつづけてきた Palau では 19 年 5 月まで、豊原では 7 月まで、Paramushiro では 9 月まで、Makassar では 10 月まで、漢口及び Manila では 12 月まで、Rangoon では昭和 20 年 2 月まで、平塚では同年 4 月まで、Penang では 5 月まで、平磯では 7 月までで一應観測を中止せざるを得なくなつた。Tsitsihar, 上野毛, Bandoeng 及び Singapore では終戦時まで観測がつづけられ、Singapore ではその後外国の手でひきつづき観測が行われている。

この外海軍は電波物理研究所に電離層観測の業務を全面的に委託するようになる以前、すなわち昭和 17 年 6 月から 18 年 6 月まで海南島南岸の三亞 (San-Ya) で観測を行つたが、その後はその機材を Rabaul の観測所へ轉用するために観測を中止した。しかし輸送中に船が沈没したため、ついに Rabaul 観測所は実現しなかつたのである。また満洲の大連では満鐵の手で昭和 19 年 12 月から観測が開始され、翌 20 年 2 月までのデータはわれわれの手許に届いたが、それ以後のことは明らかでない。

第 4 節 南方派遣観測隊及び Tsitsihar 観測隊の功績

これらの廣大な観測網により得られたデータのうち、Singapore, Bandoeng, Rangoon, Manila, Penang の各地のものは、上田氏によつて整理され、「電波研究月報」及び「電波研究要報」として關係方面へ配布された。月報は昭和 18 年 3 月號から同年 9 月號まで、要報は同年 6 月 1—10 日號から毎月 3 回づつ昭和 19 年 11 月 11—20 日號まで出された。その間にはさまざま二、三の特殊の題目に關する報告がある。これには上記各地點の臨界周波數、見掛けの高さ等の各旬日ごとの平均値または月平均値、最高及び最低使用可能周波數 (時にはその豫想値)、電離層變化の概況等が記載されており、中には月平均値、年平均値と太陽黒點との關係や經年變化を、南北アメリカ及び濠洲をも含む各地の観測所についてしらべたものもある。これは非常に貴重な資料であるが、その一部が終戦時の混亂の間に焼却されたのはまことに残念なことであつた。

Tsitsihar においても観測及び研究結果は報告としてまとめられ、關係各方面へ配布せられた。これは上田氏、新妻情一氏、深野稔氏等の努力によるところが多いのであつて、昭和 15 年 4 月號から昭和 20 年 2 月號まで出され、その間にかなり多くの特別號があつて、特殊の題目を取扱っている。最初の間は地磁氣水平分力の特性のみが記載されてあるが、間もなく地磁氣鉛直成分、地電流、大氣中の尖端放電電流、最高使用可能周波數、空間波傳播に適當したアンテナの輻射角、靜穩日の地磁氣水平分力の日變化特性、磁氣嵐の記録、電離層イオン化の異常等も報告されるようになり、後には烈しい sporadic E 層の生起の日、時刻及び臨界周波數、磁氣嵐または大黒點に伴う電離層擾亂、毎時の臨界周波數及び最低見掛け層高の月平均値、正午及び正子の臨界周波數並びに最低見掛け層高の値、最大イオン化の眞の高さ及び半層厚の毎時の値の月平均、色々の距離に對する等電界強度曲線の圖表 (時刻對周波數)、航空機用のための一定周波數に對する等電界強度曲線の圖表 (時刻對距離) 等まで追加されるようになった。その間、満洲における風塵、デリンジャー現象、表面波傳播、斜入射傳播、極光と電波傳播、方向探知、氣象が通信に及ぼす影響、臨界周波數の附近の減衰、短距離通信における減衰、

色々の周波数及び距離で得られる見掛け反射高、球面地球上における電波傳播曲線、廣帯域アンテナ、超短波による航空機の探知、空間波に對する最小通信可能距離等各種の問題に關する資料、實驗または研究結果が追加として記載され、または特別な報告として配布された。前節に述べた大連における觀測結果も、正午及び正子の臨界周波数及び最低見掛層高並びに最高使用可能周波数がこの報告に追加として載せてある。このように滿洲における研究は、純粹に學問的な見地からも極めて價値の高いものであつたが、終戰の混亂裡にこの報告の一部が失われたのは非常に残念なことであつた。

第5節 海軍技術研究所における研究

前節の中で陸軍關係の研究に觸れたので、順序として本節では海軍關係のことを述べる。現在元海軍に關係していた人々により史實調査機關が設けられているので、戰時中の海軍部内の科學技術研究についても、いずれ明らかにされる日があることと思うので、詳細はそれに譲ることにして、ここでは不完全ながら筆者の知る範囲のみを簡単に書くことにする。

戰時中海軍で行われた仕事で電離層に關係があるのは、大體電波傳播圖表の作成に盡きてしまうのであろう。もちろんそれに至る過程においては、データの詳細な解析的研究が行われるわけである。まず昭和17年8月頃に、色々の緯度及び通信距離に對して、適當な周波数を選定するのに役立つ圖表が作られた。第1部は低周波に屬する表面波に對して、周波数、減衰及び距離の間の關係を示す圖表で、第2部は高緯度、中緯度、低緯度の各地方の色々の季節における周波数、電界強度及び時刻の間の關係を、色々の通信距離について示すもので、第3部は、Eckersley, Tremellen, Millington 等の研究に基いて、遠距離通信最高使用可能周波数が、色々の季節、時刻及び場所に對して直ちに読みとれるように作成された圖表、各周波数に對して距離對減衰の關係を示す圖表、二點間の大圓に沿つた通路を地圖上に求めるための圖表、地球表面上または大氣中の二點間の光學的距離を求めるための圖表、送受信空中線の高さの積、水平距離及び電界強度の間の關係を示す圖表から成つてゐる。さらに、ひきつづきこれの補遺として、最適使用周波数の將來の豫想値(昭和18年8月—昭和19年1月)の圖表が作られた。ただし最適使用周波数は最高使用可能周波数の90%にとつてある。

また養妻二三雄氏は、無線通信關係の海軍士官の要求に應ずるような、短波傳播必携及び圖表ともいふべきものを編纂した。第1部は昭和19年2月に完成し、その中には電波傳播の基礎原理、周波数選定及び豫報業務の實際のやり方等が述べられ、また表面波の傳播、電離層の特性、電離層による電波の屈折、長距離傳播における電波の減衰等が解説され、併せて冬季に東京から世界各地へ通信する場合の電波傳播圖表、熱帯及び低緯度地方で晝間または夜間に信頼し得る通信を行うために許される距離周波数の限界並びに跳躍地帯を示す圖表が添えてある。第2部は昭和19年6月に完成され、東京と世界各地との通信を行う場合の電界強度及び使用すべき周波数を知るために必要な圖表で、昭和20年、21年に使用されることを目標として、冬、春秋及び夏の、一日中の各3時間ごとについて、地圖上に等電界強度曲線を描いたもので、周波数は4, 8, 16 Mc/s の三つの場合だけをとりつてある。かつ、これには地表波、空間波の兩方が考慮されてある。

このか注目すべきものに新川浩氏の圓偏波電波の研究がある。これは圓偏波電波の發射、電離層内の傳播及び受信方法を理論的並びに實驗的に論じたもので、特に、廻轉の向きがそれぞれ右旋または左旋である圓偏波が、電離層内の正常波、異常波と同様に傳播することを、はつきり証明した點に興味がある。

なお超短波關係の研究も色々行われたが、直接關係がないから省略する。

第6節 電波物理研究所に於ける戰時研究

今までは陸海軍關係の仕事も多く述べてきたから、ついでに本節では、電波物理研究所で行われた研究の中、軍事的色彩の濃いものについて述べる。

上田氏は昭和17年末南方へ出發する前に、それまでに入手し得る限りの電離層データを基礎にして、精力的に廣汎な仕事を完成した。まず F_2 層臨界周波数と太陽黒點数との關係及び太陽黒點数の變化を詳細に調査し、將來豫想される黒點数に基いて、昭和16年7月より昭和21年12月に至る毎月の F_2 層豫想電離圖を作成し⁽¹⁾、一方 E , F_1 層については、その臨界周波数と太陽高度の關係の經年變化を見通した上で、昭和18年の各月の豫想電離圖を作つた⁽²⁾。

同氏はまた斜入射傳播最高周波数對垂直入射臨界周波数比を、電離層の色々の高さ及び厚さに對して、通信距離の函數として計算し、そのグラフを作成した⁽³⁾。さらに季節及び距離別に、地方時を横軸に、緯度を縦軸にとつて、この比の分布圖を描いた⁽⁴⁾。

さらに上述の豫想に基いて、數年先に使用されることを目標として、赤道地方における短波傳播特性曲線を計算した⁽⁵⁾。季節を夏、春秋、冬の3種に分け、距離は200 軒から3500 軒まで種類として、この兩條件の24 個の組合せに對して、周波数をパラメーターとして電界強度對一日中の時刻の曲線を、また兩軸にそれぞれ時刻、周波数をとりつて等電界強度曲線を描いたものである。

中田美明氏は昭和18年9月入所以來豫報業務を擔當した。その頃にはすでに南北派遣觀測隊によりかなり豊富な資料が得られていたので、同氏はそれらを詳細にしらべ、電離層日變化曲線や年變化曲線が、太陽活動度、太陽高度、緯度等により如何に變化するかを充分研究した上で、その知識に基いて豫報を行つた。ただ何分にも複雑な現象であるので、時には勘に頼らざるを得ない場合もないではなかつた。豫報として出されたのは、約1年先きの月平均最高使用可能周波数の毎時の値(昭和19年1月から21年1月までのもの、通信距離をパラメーターとする。)、1箇月先きのそれ(昭和19年10月—20年6月)、及び約6箇月先きの電離層臨界周波数、 F_2 層の最低層高及び半層厚の予想分布圖である(19年12月—20年11月)。

昭和19年9月から翌20年5月にかけて、前田、青野兩氏は上述の中田氏の電離層豫報に基いて、昭和19年11月から20年9月に至る期間の電波傳播圖表を作成した⁽⁶⁾。この期間を2箇月または3箇月ごとの小期間に分け、その各について、距離と通信路の中點の地方時を座標軸にとつて、等電界強度曲線が描いてある。緯度は北緯35°, 15° 及び赤道上の三つの場合、通信路は東西方向、南向き北向きの三つの場合、周波数は2—20 Mc/s の19の場合に分けて、この組合せの各について1枚づつ圖表がつくられた。

昭和20年7月兩氏は航空機用無線通信に使用する目的で、送信機受信機的一方が空中に、一方が地上にある場合の、電界強度と距離との關係を示す圖面をこしらえた。距離は0—1000 軒、高さは0—1500 米、周波数は2—20 Mc/s であつた。なお送信機、受信機が共に空中にある場合の補正を求める圖面も添えてある。

その外、青野氏は、與えられた電離層の高さ及び厚さに對して、臨界周波数對使用周波数比 p をパラメーターとして、入射角と通信距離の關係を示すグラフをつくり、これを用いて、與えられた電離層の状態の下における p と跳躍距離の關係圖を求め、さらに電界強度、入射角及び p を關係付けるグラフを作成した⁽⁷⁾。(昭和19年8月)これらにより、電離層の状態と距離が與えられれば最高使用可能周波数は直ちに知られ、さらに p が與えられれば電界強度も容易に求めることができる。

これ以外に超短波の反射、傳播等に關しては、實驗的または理論的にそれぞれ横山浩氏及び後藤三

男氏により研究された。

以上で戦力増強を直接目標とする研究は一通り述べたので、次には學術的な研究に移る。

第7節 日食の際の電離層観測とその結果の研究

昭和16年初頭から終戦までの間本邦附近において2回皆既日食が見られた。それは昭和16年9月21日の中支那及び臺灣北部におけるものと、昭和18年2月5日の北海道におけるものである。日食の持つ學問的價値の極めて高いために、事變または戦時中にもかかわらず、かなり大規模な観測隊が派遣され、充分な成果を擧げることができた。

始めの日食では電波物理研究會技師の青野氏、上海自然科學研究所の千田氏、國際電氣通信株式會社の宮憲一氏等が漢口で電離層観測または臺灣の中歴にある國際電氣通信株式會社送信所から發射する斜入射電波の受信を行つた⁽⁶⁾。また電氣試験所の前田氏、河野哲夫氏等が臺灣の淡水で電離層観測をした⁽⁷⁾。測定機は千田氏のもの以外は寫直記録装置をもつ自働式のものであつた。

観測の結果を要約すると次の通りである。E、F₁、F₂の3層共光學的日食による電子密度低下は観測されたが、微粒子日食の影響はほとんど認められなかつた。E、F₁層の電子密度變化は日食に密接に追従しており、F₁の最低は地上食甚より約5分後れていたに過ぎないが、F₂層ではそれが50~60分に及んだ。F₁層は食甚の前後の間、約40分F₂層に合體して事實上ほとんど消滅し、その直前の最大電子密度は平日の約40%に低下していた。F₂層については、漢口ではその最大電子密度が最低時に平日の50%程度まで低下し、淡水では食甚時に平日の約50%であつた。太陽白斑の影響はF₁、F₂層に認められ、特に後者では白斑出現時に電子密度の急増が見られた。F₁層の電子消滅は附着によると考えた方が都合がよく、附着係数と中性分子の数の積Bは 2×10^{-3} 以上であつた。F₂層の電子消滅も附着によるのが主であるらしく、約310~320 軒の高さで $B=5 \sim 7 \times 10^{-5}$ を得た。また斜入射傳播電波受信の結果、到來電波はF₁層、F₂層、1回反射波と大地の不規則性に基因する2回反射の電波群とから成ることが知られ、地磁氣による分裂現象も認められた。日食時には受信電波の感度上昇が見られたが、F₁層1回反射波は電波通路の皆既に當る時刻にはかえつて強度が著しく低下し、強度變化は前後對稱的であつた。F₂層1回反射波は電波通路の皆既時には感度強く安定であつたが、その前後は著しい變動が認められ、不安定であつた。また通路の皆既時には、F₁層1回反射波との時間の差が約0.15ms小さくなつた。「2回反射電波群は漢口皆既の頃より感度が漸次低下し、皆既通過後は不安定となつた。」電波通路の皆既時には約4ms遅延した3回反射波と思われる電波群が出現した。なお皆既の3時間前にF₂層1回反射波及び2回反射波群に著しい變動が認められたが、微粒子日食の影響か否か明らかでない。

昭和18年の日食には、北海道の釧路市で、電氣試験所の河野氏⁽⁸⁾と電波物理研究所の横山浩氏⁽⁹⁾が観測を行つた。このために横山氏は、新川浩氏の設計にかかる特別な早廻しの直視式電離層観測装置を準備した。これは $\frac{1}{2}$ 秒ごとに周波數對高さの曲線がブラウン管上にあらわれるようになっていたので、電離層の状態變化が、あたかも映画を見るように直視できるのである。測定周波數は5~10 Mc/sであるが、日食時には臨時に2.9~5.7 Mc/sに変更して、5秒露出、20秒間隔で寫眞影を行つた。(諸條件を改善すれば $\frac{1}{2}$ 秒ごとの撮影が可能のはずである。)

日食は日出後間もなく起つたので、F₁、F₂層は合一した状態にあり、F₁層は單獨の層としては観測されなかつた。F₂層の電子密度の極小は前回の日食とは異なり、食甚より10分程度おくれたに過ぎないが、これはF₂にF₁が重なっているため、F₁の性質が、ある程度あらわれたのかも知れない。また黒點及び白斑、特に後者が(F₂層の高さから見て)として)掩蔽される時は、4~5分お

くれてF₂層電子密度減少が見られたが、その出現時には直ちにその急昇が認められた。

河野氏の測定装置は前回の場合と同様のもので、食甚時のF₂層電子密度は平日の約60%と観測された。同氏は観測結果を整理解析した上、F₂層の電子消滅は再結合によると考える方が都合がよいこと、董外線による電子生成以外に、その35%の、直接日食の影響を受けない電子生成を考え、再結合係数 $\alpha=7 \times 10^{-10} \text{ cm}^3 \text{ sec}^{-1}$ と探ると、理論と實測の一致が完全になることを示した。

米澤⁽¹⁰⁾は、再結合以外に附着、離脱をも考慮に入れて、河野氏の観測ができるだけ理論と合うように α 、 β をきめ、 $\alpha=2.8 \times 10^{-10} \text{ cm}^3 \text{ sec}^{-1}$ 、 $\beta=5.9 \times 10^{-5} \text{ sec}^{-1}$ を得たが、なお計算と實測の一致は不満足であつた。

第8節 電離層に関する地球物理學的研究

上田氏は南方へ出發する前に、當時利用し得た敷香、Tsitsihar, Washington, 平磯, 東京, 平塚, 上海(極めて僅かしかない)、Palau, Huancayo, Watherooの電離層データを用いて、太平洋地域のF₂層の臨界周波數の分布圖を、昭和15年4月から16年6月に至る各月に對して、またF₂層最低層高及半層厚の(分布圖)それを、この期間の冬季、春秋及び夏季に對して作成した⁽¹¹⁾。さらにE、F₁層の臨界周波數の分布圖を、それぞれ昭和15年1月から16年6月または4月に至る各月に對して作り⁽¹²⁾、なおE層最低見掛層高(これは時間に對してほぼ一定とみなす。)の分布圖及び各月のF₁層最低見掛層高(年による違いを無視する。)の分布圖をも描いた⁽¹³⁾。これらの圖はすべて横軸に地方時、縦軸に緯度がとつてある。ただ何分にも基礎資料が不充分であるので、これらの圖も今日から見れば歴史的の意義しか持ち得ないのは、眞に止むを得ないところである。

上田氏⁽¹²⁾はこの研究の途上においてWashingtonのF₂層臨界周波數が東亞の同緯度の地點のそれにくらべて、不均衡に低いことを見出し、もし磁氣的緯度を使用すれば、この不整が非常に都合よく除かれることを發見した。ただしHuancayoのデータは磁氣的緯度を採用しても、東亞のそれよりよく合致することはなかつた。このようなF₂層の特性の經度効果は米國においても注意されたが、上田氏の發見がそれに先じていたことは、終戦後米軍將校も認めたところである⁽¹³⁾。

千田氏は昭和17年末頃、F₂層最大電子密度が太陽高度の最も高い赤道地方でかえつて低く、その極大は南北兩半球にある程度入り込んだ所にあることを説明するために、赤道地方では高温のために大氣がふくれ上つていて、その等壓面は偏平楕圓面の如き形をしていると假定して計算を行い、定性的には實測と一致する結果を得た。

千田氏は以前からF₂層の複雑な變化を説明するために、F₁層とF₂層が重なり合つたり離れたりする機構を考えていたが⁽¹⁴⁾、中田氏は昭和18年末頃よりこの考えをさらに發展させて、色々な観測結果の説明を試み、またそれを予報に應用した⁽¹⁵⁾。これによると、F₁層、F₂層、が充分離れている間は、それは別々の層としてあらわれるが、兩者がある程度接近すれば、それらが重なり合う結果として、その間に第3の層が生じ得る。中田氏はこれをF₁₂層と名附けた。さらに兩者が接近すれば、本來のF₁、F₂層は消失して、F₁₂層のみが残ることになる。氏は從來簡單にF₂層と考えられていたものの中には、實はこのF₁₂層を見誤つていた場合もあるとして、複雑なF₂層の變化を解明しようと試み、ある程度の成功をおさめたが、定量的な點になると、まだ困難が残っているようである。

同氏はまた電離層の見掛けの高さから眞の高さを計算するのに必要な表や、上空における日出、日没の時刻を示す圖表を作成し、さらにF₂層正常臨界周波數と異常波のその差についてしらべ、これが理論から予期されるように、周波數によつて少し違ふことを、豊原、Tsitsihar, 平磯, Palauのデータについて確認した。なお後述の學術研究會議第2研究班の仕事の一部として、短波通信異常の

予報の必要から、Dellinger 現象及び磁嵐の間の電離層、地磁氣、無線通信状況等の観測結果を比較検討し、ある程度予報の可能性を認めた。

昭和 18 年頃横山氏は携帯用の小型の観測装置を製作し、これを鹿兒島に運んで臨時に観測を行い、ほぼ同緯度の漢口で得られた資料と比較した。その結果全體としての傾向はよく似ているが、 F_1 層では緯度とは反對に鹿兒島の方が 0.2 Mc/s 位高いこと E 層でもその傾向があるらしいこと、 F_2 層では日出前後の變化の傾向が多少異なり、夜は漢口の方が臨界周波数が低いこと、sporadic E 層出現の時刻が一致していること等が明らかにされた。

電波研究委員會の會長長岡博士は以前から地磁氣、電離層等に興味をもたれたようであるが、昭和 14 年頃からこの方面に関する獨特な見解を數多く發表されている。昭和 17 年 3 月には Huaneyao, Washington, Watheroo 等のデータに基いて、電離層のイオン生成率 dn/dt の日變化について論ぜられた⁽¹⁶⁾。同年 7 月には、 F_2 層の特性を光電効果により發射される電子の方向性を用いて説明しようとして試みられ、なお F_1 層、E 層の生成についても論ぜられた⁽¹⁷⁾。同年 12 月には、Dellinger 現象に際しては、非常に上層大氣中のヘリウムが二重にイオン化され、それが地球の電場で加速されて、下層大氣中に突入し、E 層下部に異常なイオン化を生ずるのであると説明された⁽¹⁸⁾。

第 9 節 電離層に関する實驗的研究 (特に電離層異常反射の研究)

昭和 18 年頃電波物理研究所の本部と漢口観測所との間で短波傳播試験が行われたが、特に著しい結果は得られなかつたようである。昭和 19 年、20 年頃になつて、大電力ビームによる斜入射インパルス實驗が千葉縣豊岡と電氣試験所平磯出張所で行われた。前者は 11Mc/s の周波数を用い、陸海軍の後援で電波物理研究所の前田氏、内海數雄氏、國際電氣通信株式會社の難波氏、竹内彦太郎氏、塚田氏等の協力で行われたが、その資料は惜しくも失なわれた。後者は 8, 10, 15 米の波長を用い、河野氏を中心に行われた。

河野氏⁽¹⁹⁾はこのインパルス發射に際してあらわれる異常反射に関して詳細に研究した結果、その一部は流星によるものであり、他は F_2 層で 1 回反射した波が不規則な地面または海面に當つて散亂され、その一部がもとにもどつてくるために起こるのであると結論した。前者は sporadic な現象で、波長が長い方が頻繁に、強く、しかも長い繼續時間を以てあらわれ、出現頻度及び強度は周波数の 2 乗に逆比例する。かつ夜間には晝間より 9 倍位多くあらわれ、日出附近に最も頻繁である。また 1 年の前半の方が後半よりも數が多いようである。後者は比較的長波長の radar によりしばしば観測され、このエコーの fading は極めて深く不規則である。

流星の電波反射に関しては、東大天文學教室、多摩陸軍技術研究所及び電波物理研究所が共同して観測を行つたこともある。二、三の準備的な観測の後、昭和 19 年 12 月 13—14 日の夜、radar (25 Mc/s) を東京麻布の天文學教室に据付けて同一場所で、肉眼観測と電波観測を行つた結果、前者により 248 の流星、後者により 268 のエコーが認められた。そのうち 54 のエコーは流星とはつきり關係があり、81 は幾分疑わしいが關係がありそうであつた⁽²⁰⁾。この結果を色々検討の末、radar の異常反射は大部分流星に起因するものと判断された。米澤⁽²¹⁾はこれに関連して、流星によつて作られるイオンの柱が擴散により次第にひろがって行くと考えて、それによる電波反射の時間的變化を理論的に計算し、大體は實測と一致する結果を得た。

なお時間が前後するが、前田、横山兩氏⁽²²⁾は、まだ平磯出張所勤務中の昭和 16 年頃、實驗により距離 75 料での 24, 27, 30, 40 Mc/s 周波数について散亂電波の強度を求め、それが電離層の電子密度に關係して、その大きい秋季、冬季には、40 Mc/s 程度の周波数迄相當の強度を有すること明ら

かにした。

第 10 節 電離層に関する理論的研究

電離層に関する理論的研究は昭和 18 年末頃から京大宇宙物理學教室で始められた。まず荒木俊馬氏⁽²³⁾は Chapman の電離層生成の理論を再検討し、そのままでは E 層のように比較的低い所にイオン化層があらわれることはとうてい説明不可能とし、散亂光を考慮に入れて、これを解明する新しい理論を提唱した。

宮本正太郎氏⁽²⁴⁾はひきつづきこれを發展し、電離層の成因に関して詳細な研究を行つた。すなわち、上層散亂大氣の輻射場、原子の勵起状態が散亂に及ぼす作用、上層大氣における瓦斯反應、特に酸素分子の解離平衡、酸素原子の電離平衡、電子の酸素原子、分子への附着及び離脱等の詳細な研究を行つた後、それらの結果を用いて電離層の構造及び變化を論じた。

清水嘉一氏⁽²⁵⁾は散亂大氣の場合について、日食時における電離層變化を理論的かつ一般的に考察した。

なお電離層と密接な關係のある夜光に関して山内恭彦氏の理論的研究がある⁽²⁶⁾。これは酸素の勵起は電子衝突のみによると考えて、同氏の計算した勵起の確率を用いて、平衡状態における極光線と星雲線の強度比を理論的に算出したものであるが、實際の勵起の過程はもつと複雑なものと思われることや酸素原子陰イオンが無視されていることを考えると、實測との一致は必ずしも期待されなからう。

第 11 節 學術研究會議第 2 研究班の誕生とその活動

太平洋戦争の進展に伴つて、科學技術の分野においても國の總力を有効に結集する必要が生じ、同じ研究題目をもつ有能な研究者を集めて、いわゆる研究隣組制度が生れるようになった。かくして昭和 18 年末頃に學術研究會議内に「太陽輻射線及び其の作用」を研究する第 2 研究班が、萩原祐祐氏を班長として結成された。その中で、太陽輻射線の作用を知る一つの手掛りとして電離層の研究も行われることになり、電波物理研究所から前田、千田兩氏が班員として參加したが、間もなく中田氏及び米澤も補助員として加わることになつた。この研究班の直接の目標は、短波通信の異常消失を予報し得るようにして、戦争遂行に寄與することにあつたので、研究の重點も自然その方面におかれた。かくて昭和 19 年始め頃からこの研究班の活潑な活動が開始された。なお昭和 20 年度からは第 1 部第 25 研究班という名稱に改められた。

最初の間は班の會合で研究の報告が行われ、あるいは研究の方針を協議する程度であつたが、その研究の途上で、種類の異なる量の比較を行う目的から過去の観測記録をしらべてみると、求めるデータがそろつていないことは稀で、一方が完備していると他方は欠測になつていないという場合に遭遇することが少なくなつた。このようなことをなくするには、どうしても關係当事者があらかじめ協定して、一定の観測期間を限り、太陽面現象、地磁氣、電離層、夜光、無線通信状況等のすべてを、一齊に観測することが不可欠になる。かくてこのような協同観測を行う「観測週間」を設けることが決定された。観測週間にはあらかじめ期間を定める定期的のものと、太陽黒點または爆發現象の顯著な時、磁嵐の大きなものが起つた時、電波傳播または電離層に著しい異常を認めた時等に設けられる臨時的なものがあつた。第 1 回の定期観測週間は昭和 19 年 10 月 14 日から 22 日までで、以後終戦まで數回協同観測が行われた。この観測結果は早急に整理し班の會合で報告討議された。ただ何分にも現

象が複雑であるので、従来から知られている結果が確認された程度で、特に新しい結果は得られなかつた。

この研究班の會合で報告された研究の中で主なものは次の通りである。

金原淳氏の短波異常消失、米澤の日食時における F_2 層電子及びイオン密度の變化⁽⁴⁰⁾、古畑正秋氏の夜光の光電観測⁽⁴⁷⁾、内海誠氏の夜光の變化と高層大氣、中田氏の F_{12} 層について、末元善三郎氏の太陽の爆發現象について、荒木俊馬氏の電離層生成理論の再検討⁽²³⁾、齋藤國治氏の大氣中のオゾン含有量に就いての観測、今道周一氏の太陽爆發に伴う地球磁場の變化⁽²⁵⁾、須賀太郎氏の高層大氣による極端紫外線の吸収について、畑中武夫氏の太陽黒點群と短波通信異常との相互關係について、藤田良雄氏の極光における窒素帯スペクトルの強度分布による上層大氣温度⁽²⁹⁾、千田氏の電離層に関する二、三の問題、一柳壽一氏の太陽面爆發に関する理論、末元氏の太陽面爆發現象の理論、大野貫二氏のいわゆるデリンジャー現象と磁氣嵐の際の通信劣化について等。

この研究班と公式的な關係はなかつたが、班員の一部によつて昭和 19 年の始めから、麻布の天文學教室で談話會が開催されるようになった。會で話される題目は第 2 研究班と同様であつた。この會には天文學教室の萩原、藤田、畑中、古畑の諸氏、天文台の末元氏、それに電波物理研究所の中田氏及び米澤が常連として参加し、場合によつては他の色々の方面の關係者が出席した。

この研究班は終戦後地磁氣關係の研究班と合一して、電離層研究特別委員會に發展し、談話會も學術研究會議の電離層談話會として公式のものになり、協同観測もはるかに大規模に長い期間にわたつて實施されるようになった。

第 12 節 C 層反射に関する研究

平磯出張所の河野氏⁽³⁰⁾は昭和 15 年 5 月から 16 年 4 月の間に平磯、大洗間（距離約 6 軒）で 4 Mc/s の周波数を用いて、C 層観測を行い、氣象状態との比較を行つた。反射強度を強、中、弱の 3 種に分けると、それが強又は中であつた日の中の 83% には、附近に不連続線が存在し、また 10 軒以上の降雨のあつた日の 95%、その前日の 75% は反射が強又は中であつた。その他低氣壓、颱風、雷雨等とも密接な關係が見られるが、高氣壓の場合には強い反射を認め得ることはほとんどなかつた。

電波物理研究所では内海氏⁽³¹⁾を中心に研究が行われた。観測は昭和 18 年 8 月から 19 年 2 月に至る間に約 28 日小金井において、昭和 20 年 6 月 8 日から 7 月 20 日に至る間に約 2 週間千葉縣成東町附近でなされた。前の場合には第 7 陸軍技術研究所の葛城茂磨氏が、後の場合には海軍氣象部第二海軍技術廠の松尾三郎氏が協力し、特に後の實驗では、實驗所から約 3 軒離れた所で Radio Sonde を揚げて、氣象の観測をもあわせて行つた。その結果反射波は主として 23 軒以下の高さから戻つてくること、1 軒以下の極めて低空からかなり強勢な反射があつて、これの強度變化は地表附近の氣象變化と密接な關係を有することが知られ、また電波の反射域の高さと氣象的不連続域の高さとの間に關連があることがほぼ確かめられた。

第 13 節 結 言

以上昭和 16 年始めから終戦に至るまでの電離層及びそれに關係の深い部門の研究の概要を述べてきたが、振り返つて考えてみると、この方面の研究は、軍事上の必要に迫られてこの期間に急速の進歩をとげ、外國にひけをとらざりつばな研究も生まれた。これはもちろん關係諸氏の努力のため

のであるが、また電離層観測に関する限り、外國にくらべて地の利を得ていたことも否定できないであらう。しかし一方では、とかく功を急ぐの餘り、巧遅よりもむしろ拙速が貴ばれ、學問的な良心的な立場から見ると、どうかと思われる場合もないではなかつた。この點は、この期間に行われた研究の價値を評價する際に、常に心掛けておくべきことで、特に電離層観測結果を利用するに當つては、細心の注意が必要であらう。とはいえ、この期間には、平時にはどうも思い及ばないような仕事も戦争のおかげで容易に遂行し得て、色々面白い結果も得られたのであつて、その意味で、電離層研究史上における特異の時期として、將來長く記憶されるであらう。

文 献

本稿を草するに當つて、参考とするところが多かつたものに

Report on Japanese Research on Radio Wave Propagation Vol. I, II

がある。これは連合軍最高司令部通信部の D. K. Bailey 少佐が、終戦後間もない昭和 20 年 9 月末頃より翌年 5 月頃にかけて、日本の電波傳播に関する研究を調査した結果をまとめた報告である。なお電氣工學年報（昭和 21 年版）145—149 頁にも、前田憲一氏の筆になる、戦時中及び戦後の電波傳播研究の概要が記載されてある。また電離層観測所に関しては理科年表（昭和 22 年版）に表が掲げられてある。

引 用 文 献

- (1) 電波物理研究所研究報告 第 3 號（昭和 17 年 4 月）
- (2) 同 上 第 5 號（昭和 17 年 10 月）
- (3) 同 上 第 4 號（昭和 17 年 9 月）
- (4) 同 上 第 6 號及び別冊附録（昭和 17 年 12 月）
- (5) これの理論根據及び計算方法については電波物理研究所談話會記事 第 3 號 24—32 頁（昭和 23 年 5 月）参照
- (6) 電波物理研究所研究報告 第 7 號（昭和 18 年 10 月）
學術研究會議 電離層研究特別委員會研究論文集 第一輯 58—79 頁（昭和 22 年）
- (7) 電氣通信學會雜誌 232 號 486—495 頁（昭和 17 年 7 月）
- (8) 電氣試驗所彙報 第 7 卷 第 10 號 508—516 頁（昭和 18 年 10 月）
電氣通信學會雜誌 第 28 卷 第 7 號 233—239 頁（昭和 19 年 7 月）
- (9) 電波日本 昭和 18 年 10 月號
電波物理研究所談話會記事 第 1 號 2—10 頁（昭和 22 年 9 月）
- (10) 電波物理研究所談話會記事第 1 號 11—20 頁（昭和 22 年 9 月）
- (11) 電波物理研究所研究報告 第 1 號（昭和 17 年 4 月）
- (12) 同 上 第 2 號（昭和 17 年 4 月）
- (13) Reprt on Japanese Research on Radio Wave Propagation Vol. I, p. 18 (May, 1946)
- (14) 電波物理研究所研究報告 第 7 號 10 頁（昭和 18 年 10 月）
- (15) 學術研究會議 電離層研究特別委員會研究論文集 第一輯 1—13 頁（昭和 22 年）
電波物理研究所談話會記事 第 3 號 33—41 頁（昭和 23 年 5 月）
- (16) 帝國學士院記事 第 18 卷 144—150 頁（昭和 17 年）
- (17) 同 上 第 18 卷 382—389 頁（昭和 17 年）
- (18) 同 上 第 18 卷 635—643 頁（昭和 17 年）
- (19) 一部は電氣通信學會雜誌 第 31 卷 第 6 號 137—150 頁（昭和 23 年 6 月）参照
- (20) 古畑氏により近く Memo. Astron. Soc. Japan に發表される筈である

次に特筆すべき収穫は、宇宙線強度の異常増加の観測である。Forbush* は昭和 17 年 2 月 28 日及び 3 月 7 日 (G. M. T.) に世界的に宇宙線異常増加があつたことを報告した。我々は 2 月 28 日に起つた磁気嵐の際に、宇宙線強度変化が異常であることを認め、第 41 回理研講演會 (昭和 17 年 6 月) において報告したが、3 月 7 日の強度増加は問題にしながらも、その原因を深く追及しないでおいたものであつた。Forbush の報告にもとずき、記録を再調査したところ 3 月 7 日には彼の報告と一致する時刻に強度が數%増加していることを認めた。2 月 28 日には異常増加はみられなかつた。この記録は他の異なる地點で測定された強度異常増加の記録と比較研究することによつて、宇宙線の根源に對する一つの重要にして貴重な手がかりを與えるものであらう⁽¹⁸⁾。

さて、地上において測定する宇宙線強度から、高層氣温を絶えず推定する可能性があることは前に述べた通りである。ただ現在ある測定器械では、宇宙線強度測定精度が不足である。測定精度をあげるには、水平面積の大きな電離函か、あるいは多數の計數管を用いる大面積の宇宙線計が必要である。この要求に答えて、まず大型一氣壓電離函が試作され、これによつて宇宙線強度を連続測定することが可能であつたが⁽¹⁹⁾、資材の不足で中止せざるを得なかつた。しかし計數管が工場で多數生産されるようになったので、** 昭和 18 年大型計數管式宇宙線計を設計製作し、昭和 19 年 7 月より運轉を開始した。我々はこれを計數 I 號と稱する。その性能は下表に示す如きものである。

計數管數	60 本	變動 (一時間)	0.25%
同時放電	30 本づつの二重同時放電	有効面積	0.33m ²
一分間の計數	1.6 × 10 ⁵ 個		

計數管は直徑 4.5 糎、長さ 28 糎圓筒形の鋼鉄を陰極とし、アルゴン及びアルコールガスをそれぞれ 5 糎及び 1 糎封入したものである。昭和 19 年末にはこの装置によつて測定した地上の宇宙線強度から、地上 11 糎までの平均氣温 (T*) を推定し、これを實際に氣象ゾンデによつて測つた氣温 (T) と比較したところ、非常によい一致をみた。すなわち T, T* の單相關係數 r_{TT*} = 0.834 であり、推定誤差の標準偏差は 1.76°C、となつて、充分満足されるべきものであつた⁽²⁰⁾。

その後、平均氣温だけでなく、どんな高度の氣温が、地上の宇宙線強度に最も影響を及ぼすものであるかに就いて研究を續けていたが、満足すべき結果を得ないうちに戦争の激化によつて、すべてを中止した。この宇宙線計は疎開によつて戦災を免れ、昭和 22 年 7 月より再び東京において宇宙線連続測定を開始し、現在もなお續行中であり、これによつて得られた記録から種々の見るべき研究が行われている⁽²¹⁾。

計數 I 號については、さらに磁気嵐の機構についての研究をあげることができる。これは宇宙線強度から高層氣温の推定するにあつて地磁氣状態に依つて起る宇宙線強度の變動も、考える必要も生じ、地磁氣と宇宙線強度との関係を明らかにする第一着手として最も効果の大なる磁気嵐の問題がとりあげられたわけである。既によく知られているように、磁気嵐の主相において、地磁氣水平分力が減少するのは、赤道環電流によるものであるといわれている。これは磁気嵐の際、宇宙線強度が減少するということによつて強く裏書される。そこで加藤、安部及び關戸は⁽²²⁾、赤道環を作る荷電粒子の速度は、嵐の初相と主相との時間差によつて與えられるという加藤の假定にもとづいて、その粒子の作る赤道環の半徑を計算し、これより嵐の時、地球の外部に生ずる地球磁場磁氣能率の變化の割合を求め、これと宇宙線強度の變化の割合とを比較したところ、全く兩者の間に直線的關係が得られた。これによつ

* S. E. Forbush Terr. Mag. 47 336 (1942)
Phys. Rev. 70 771 (1946)

** 日本光音工業株式會社と理研仁科研究室と密接な連絡をとりつつ生産されたものであつて同會社萩田小一郎氏に負うところ大である。

て、磁気嵐の際の宇宙線強度變化は、赤道環の磁場によるものであると考えられた。

一方、この高層氣象予知の可能性に着眼した陸軍氣象部では、高層大型電離函によつて宇宙線強度測定計畫が企てられ、石井、三浦が主力となつて昭和 19 年末にこれを完成した。

昭和 20 年 1 月より運轉を開始し、高層氣象予知の研究を行つた⁽²³⁾。しかしながら、これも戦争のため、充分な成果を挙げ得ないうちに、昭和 20 年 3 月末をもつて研究を中止した。この大型電離函の性能を従來の仁科 I 型と對照して次の表に示す。

	仁科 I 型	大 型
有効面積 (m ²)	0.112	1.34
有効體積 (10 ³ cm ³)	21.5	266.
ガ ス	アルゴン	窒 素
壓 力 (氣 壓)	40	50
靜電容量 (糎)	32.6	110
電 氣 計	リンデマン	コンプトン
補償装置	ウラン酸化物	ウラン酸化物
統計的變動 (%)	0.56	0.18
遮 蔽	10 糎鉛	100 糎土

この大型電離函は戦災を免れたが、現在は運轉休止の状態にある。

以上のほか、中央氣象臺においも計數管式宇宙線計による宇宙線強度の連続測定が石井、皆川によつて企圖されたが、戦時中は記録を得るまでに至らなかつた。しかし昭和 20 年夏より測定を始め、また一方名大理學部においても科學研究所より關戸を迎え、昭和 23 年春より計數管式宇宙線計による観測が行われるに至つた。科學研究所、名大理部及び中央氣象臺はいずれも電離層研究特別委員會に所屬し、たがいに緊密な連絡を保ちつつ、協同観測を行い、また記録を交換して、地磁氣、電離層、太陽活動等との關係を見出すために研究をつづけていることを附記して置く。

b. 宇宙線粒子に関する研究

以上述べ來つた宇宙線強度連続測定と並行して諸種の宇宙線素粒子に就ての研究が行われた。

(i) 地下における研究

宇宙線は非常に強大な透過力をもつているので、深い水中或は地中まで到達するという事は既に知られていたが、かかる場所にある宇宙線粒子の性質については、未だ充分に解明されていなかつた。そこで仁科、關戸、宮崎、増田⁽²⁴⁾は、昭和 14 年 7 月より、鐵道省の絶大な援助によつて、上越線清水トンネル内において、地下における宇宙線の性質についての研究を開始した。測定は地下 500 米 (水深 1400 米) 及び 1200 米 (水深 3000 米) の二地點で計數管式宇宙線計を用いて行つた。3000mH₂O ほどの深い地中にも宇宙線が存在することを確認し、その地點の強度は地上の 1/20000 程度であつた。かかる深い地點に存在する宇宙線粒子の性質をしらべるため、鉛による吸收曲線を求めて研究をすすめた。未だ未解決の問題が多く、さらに長期の研究を續ける予定であつたが、昭和 21 年 2 月失火によつて装置全部が焼失したことはまことに残念である。しかし新しい装置を用いてさらに研究すべく準備中である。

- (22) 加藤愛雄: 磁嵐の機構について, 學研電離層論文集 第1輯 14頁昭和22年
Y. Kato, R. Abe. and Y. Sekido: The change of cosmic ray intensity at the time of the magnetic storm Geophys. Res. of Cos Rays in Japan. 37 1948.
- (23) 石井千尋, 三浦功: 大型電離層による宇宙線測定, 昭和22年5月科研講演會.
- (24) Y. Nishina, Y. Sekido, Y. Miyazaki and T. Masuda: Cosmic rays at a depth equivalent to 1400 meters of water, Phys. Rev. 59 401 1941
- (25) 飯尾慎他理研宇宙線實驗室: ラデオゾンデによる高層の宇宙線測定, 昭和18年6月理研講演會. 第43回
- (26) Y. Nishina, M. Takeuchi, and T. Ichimiya: Phys. Rev. 52 1198 (1937)
Y. Nishina, M. Takeuchi and T. Ichimiya: Phys. Rev. 55 585 (1939)
- (27) 小川正文: 霧函による遅い中間子の研究 I, 理研彙報 第23輯 546頁昭和19年
- (28) 河田末吉: 礫素塗計數管による大氣中の中性子の研究, 台北帝大理学部紀要第一類第一卷第十号 63頁昭和20年2月
- (29) 玉木英彦: 宇宙線の本質について, 理研彙報 第21輯 891頁昭和17年5月
- (30) 玉木英彦: 宇宙線エネルギーの中性損失について, 第42回理研講演會昭和17年12月

第4章 空中電氣 (川野實)

わが國における空中電氣の研究は餘り振わなかつたのであるが, 戦時中には多くの障碍にも拘わらず割合に豊富な研究調査が行われた, 就中, 日本學術振興會雷災防止委員會による総合調査は相當の業績であつたと思われる。

第1節 空中電氣現象と氣象

風塵の際に空中電位傾度が激しく變化することは既に多くの人々によつて認められていることであるが, 島山久尙, 久保時夫⁽¹⁾兩氏は前橋においてベンドルフ電位計に依つてこの地方の風塵の激しかつた日の空中電位傾度の變化について検討した。この地方に風塵の起るのは冬から春にかけてであつて, ほとんど1月から5月に限られている。風塵の起る時は大抵激しい北風の吹き出しに伴つていのであつて, このような時には雷雲を伴うことや早手雲を伴うことがあるので, これらの電氣的影響と風塵そのものによる影響とを分離するために, なるべく雲のない場合を選んで行われた。この觀測結果によれば

- 1). 此の地方の風塵はおうむね風速 10m/s を越すと起り, それ以下になると終るようである。
- 2). 電位傾度の變化は風塵の起ると共に平常値から離れて行く場合もあり, またその起る前に變化の起ることもある。風塵の終時と電位傾度擾亂の終時との關係はほとんど同時に起るものが多數であるが, 風塵が終つても, なお電位傾度の擾亂の残るものも若干ある。これら電位傾度の變化はおうむね正の方向に偏つてい。この觀測期間中, 最大の變化は風速 20.5m/s の時 +3000v/m 以上に達したことがある。

この風塵による電位傾度の變化が如何なる原因によるか明らかでないけれども, 一様に分布された空間電荷のために起るものとすれば電位傾度を 3000v/m, 風塵層の高さを 80m としたとき空間電荷密度は 1.0×10^{-6} e. s. u./cc となる。

また, 島山久尙, 菊池武徳兩氏⁽²⁾は汽車の通過の際に電位傾度に地磁氣における灣型變化のような

變化のあることを見出した。兩氏は驛構内にベンドルフ電位計をすえ付けて, 若干期間觀測を續けた結果, ほとんど大部分は正の變化であつて, 最大値は +286v/m, 負の方は -244v/m であつた。その變化の型は列車が通過するとき, 上下二列車が交換になるときでは異つてい。その變化の大きさは煙が觀測點の上を過ぎるときが最大である。

この變化の大きさが風の方向によることはもちろんである。これらの資料から煙の中の空間電荷密度を計算すると電位傾度の變化 2.000v/m, 煙の高さを 18m とすると

$$\rho = \frac{E}{4\pi h} = 3.0 \times 10^{-6} \text{ e. s. u./cc となる。}$$

島山久尙, 久保時夫の兩氏⁽³⁾は淺間山の噴煙雲による空中電位傾度の變化についてしらべた。その結果, 噴煙に依る地上電場變化はおうむね負であるといえるのであつて, これから噴煙雲の帶電は負一色のものが大部分であるが, 稀にはおそらく高所に正電氣を持つものもあるらしい。また, 火山灰の電氣量は -1.2 e. s. u./gr 程度で雷雨水の場合と匹敵する。噴煙雲の中では高さに依つて灰, 砂, 礫等大いさに依つて篩別けができていて小粒には正, 大粒には負電荷が伴つているとすれば噴煙の中の上方には正, 下方には負電氣の集つていことが説明される。

島山久尙氏は横濱空襲火災の煙による電位傾度の變化を柿岡において觀測したが, 煙が頭上にあるときは負に變化する。

次に大氣イオン數が氣象條件に依つて如何に變化するかが青木敏男, 岡田⁽⁴⁾兩氏に依つてしらべられた。これらの觀測は常時6分ごとと正負交互觀測である。兩氏はイオンの限界易動度を次のように規定した。

小イオン	0.4	cm ² /sec.
中イオン	0.4~0.04	"
大イオン	0.0003	"

この觀測の結果は次のとおりである。

a) 日變化

小イオン: 6時と18~21時に最小値が現われ, 最大値は夜間より晝間の方が大きい。

中イオン: 小イオンの最小値の起る朝夕に最大値が現われ晝間及び夜間は量が極めて少ない。

大イオン: 中イオンの最大値より3時間位遅れて朝9時に日中の最大値が現われ18時に最小値が1回現われる。

b) 日照

日照の長い日は若干小イオンが多い。

c) 風向速との關係

小イオンは風向速と大きな關係はないが, 大イオンは南風(陸風)の時多い傾向がある。

d) 霧との關係

霧の發生時間數と當日のイオン密度の平均とは, あまり關係はない。また, 小イオンは霧の時少くならない。大イオンは霧のなくなる時から多くなる傾向があるが, 中イオンは霧の中では少いにもかかわらず朝はやはり發達する。

以上を総合して霧の發生と小イオンとの關係は少い。中イオンの發達は抑えられるが, 大イオンは霧の消散時に發達する。青木, 岡田兩氏は, このほかに空間電荷密度をも觀測した。

また, 電氣試験所⁽⁵⁾においては回轉電位計を上空を通過する飛行機の存在を知る目的に應用しようとした。

同所において雲の電荷を検べ様として空中電位傾度の微細構造を測定中に時々起る電位傾度の急な変化は上空を通過する飛行機に依るものと思われたので、爾後注意して、その関係をしらべた。

全測定回数 109 回中検知できたもの 49 回、電位傾度の変化が甚しいために、飛行機通過による変化の判別がやや困難なもの 19 回、検知できないもの 41 回であった。飛行機通過による変化は V 状凹部また逆状凸部であつて、一般の変化は緩慢に変化している故、明らかにその変化を判別することができる。上空に雲の変化甚しき時、特に高積雲、積乱雲のあるとき、埃のひどいときは困難である。

この実験に依て判つたことは次のようなことである。

- (1) 上空を通過する飛行機中高度 1,000m 以下は殆んど検知できると思われる。
- (2) 水平より仰角 45 度以内は検知できないようである。
- (3) 空中電位傾度の変化甚しいときは判別困難である。
- (4) 飛行中飛行機は負に荷電している。

本装置の應用として飛行機同志の接觸檢知用として應用できる可能性がある。

次に顕著な氣象變化としての雪と空中電氣との關係がある。

降雪あるいは風雪の際の空中電氣現象の變化については畠山久尙氏⁽⁶⁾及びその協同者達が青森市外の佃測候所において昭和 18 年から 20 年の 3 年にわたつて研究を行つた。第 1 年目は降雪の際の空電の繼續時間、空電の強さ、電位傾度、アンテナ・アース電流及び雪片の荷電について觀測した。普通の程度の降雪では電位傾度は眞に大きく變化するが、微雪で正に増大する。その値は時には 10000v/m に達することもあるようである。雪の荷電はその符號は大部分は電位傾度と反對であつた。この時の雪の荷電の最大値は -8.0×10^{-3} e. s. u. であつた。電位傾度またはアンテナ・アース電流が異常に増大または減少するのと空電とが伴うことは明らかなことである。

第 2 年目に行つた主なことはアンテナに裸線、被覆線、屋内線を使つてこれらに入る空電の比較をしてその原因を探らうとした。

また、アンテナの電位を測定して空電の發生と比較し、また電位傾度、アンテナ・アース電流と比較した。また、視程の變化、雪の降り方の強さの變化、風速の變化も觀測した。

その結果、雪の降り方が強く視程が不良になつた時に空電が多い。また、この時にはアンテナの電位は顯著に増大あるいは減少する。アンテナの電位が正から負に變る時には零の近所にある時間だけは空電は止む、もつとも、これら兩者の間には若干の位相の食い違いのあることもある。これらを總合すると降雪の際の空電の主な原因はアンテナその他の工作物からの尖端放電と考えてよいと思われる。降雪の際の電位傾度の變化は正もあり、負のこともあつて一定しないが、地面附近の電位傾度とアンテナ・アース電流とは逆向きに變化する場合が多く時には平行の時もある。

第 3 年目にはアンテナ電流の高さによる違い、殊に逆轉を生ずる高さを見出すこと、空間電荷を測定すること、空電の波形を見ること等に主眼をおいた。この年、觀測したのはアンテナ・アース電流、空中電位傾度、空間電荷、空電等である。アンテナは雪面上 15m, 10m, 5m, の 3 通りの高さに張つた。空間電荷は金網籠の方法である。

觀測の結果に依れば、電位傾度に逆轉が起るのは上段と中段の間、すなわち 10m と 15m の間に多いといふことができる。地面附近の電位傾度とアンテナ電流の下段 5m のものとは大體そろつてゐる。

降雪の際の電位傾度の變化は大體 3000~4000v/m に達していると思われる。降雪が強風を伴う時の空間電荷は大きな變化に短周期の變化が重つて來る。變化は多く負であつて、その平均値は 2.3×10^{-6} e. s. u./cc に達するものであつて、この値は數秒程度の週期で變化する。空間電荷の變化は大抵電位傾度の變化と一致しているようである。

また、空電の波形は鋸齒状の不規則な波形の連續のものが多かつた。

平山操氏⁽⁷⁾は豊原において吹雪の際に空中電氣に極めて著しい擾亂の起ることを檢討して次のような結果を出した。

吹雪の場合の電位傾度は多くの場合正であつて、その値は 2000~3000 V/m にも達するものである。尖端放電電流は地面附近の電位傾度とは逆に地面から空氣中に流れ、濃い降雪があると極めてよく一致する。アンテナ・アース電流はほぼ尖端放電を流しと似ているが、その方向は必ずしも一致しないのであるが、これはアンテナの高さと尖端の高さの違ふためと考えられる。

雪片の電荷については富士山頂において太田正次氏⁽⁸⁾の行つたものがある。それに依れば、晴天の日に積雪面上から飛來する雪片はほとんどすべて正に帶電しており、その 1 個當りの平均電荷は 7.4×10^{-4} e. s. u. であつた。降雪片はすべて正に帶電し、0.2~1 mm 程度の直徑を有するものの電氣量は $1 \sim 4 \times 10^{-4}$ e. s. u. であつた。また、霧の荷電は正、負兩様あり、その比は大體 1.4 : 1 であつて、平均電荷は $+28 \sim -33 \times 10^{-4}$ e. s. u. であつた。

雪の摩擦による帶電の實驗を行つた結果、僅かの摩擦で大分大きな電氣を得ることがわかつた。

吉田順五氏⁽⁹⁾は氷片の帶電機構について詳しい研究を行つている。

その實驗によると

(1) 氷の粒が衝突し合うと氷自身も帶電するが、同時に附近の空氣中にイオンが現われる。正負イオンが發生するが氷の粒が新しい時は負イオンの方が多い。また、何回も衝突した後の氷粒の場合は全體としてイオンの發生量は減り、かつ正イオンの方が多くなる。これらのイオンの易動度は $0.1 \text{ cm}^2/\text{sec.V}$ 程度である。衝突した氷粒の電氣は平均として正であるが、負電氣を持つたものも相當量生ずる。これらの現象は Lenard や Simpson に依て確められた水滴の場合と全く似ている。

(2) $1^\circ \sim 2^\circ \text{C}$ 以上異なる温度を持つ氷塊と氷塊、あるいは氷の粒と塊との摩擦においては温度の高い方が負に、低い方が正に帶電する。氷粒または塊は温度勾配のある場合、これを二つに割ると温度の低い側にあつた部分が正、高い側にあつた部分が負電氣を得る。

(3) 大きい氷の粒と小さい氷粒、または氷の粒と氷塊とが摩擦すると小さい方が負に、大きい方が正に帶電する。これは粒や塊の曲率の差違のために起るものと考えられる。

これを要するに、上の三つの現象はたがいに獨立した現象であると考えられる。

文 献

- (1) 畠山久尙・久保時夫：風塵による空中電位傾度の變化，中央氣象臺技術官養成所研究報告第 7 卷第 1.1 號 8~9.
- (2) 畠山久尙：菊地武徳：機關車の煙による空中電位傾度の變化，同上 9~13.
- (3) 畠山久尙：淺間山の噴煙雲による空中電位傾度の變化，氣象集誌第 21 卷。
畠山久尙・石川高見：題同上 中央氣象臺技術官養成所研究報告第 1 卷第 1.2 號 49, 420, 426.
- (4) 青木敏男・岡田：電氣試驗所空氣イオン研究室報告(戰時中) 昭 19.11.20.
- (5) 青木敏男・他：回轉電位計の一應用。
- (6) 畠山久尙：降雪の際の空電と電位傾度，雪氷第 5 卷第 10 號，第 6 卷 3 號。中央氣象臺技術官養成所研究報告第 1 卷第 1.2 號，19.
- (7) 平山操：吹雪による電場について，雪氷第 6 卷第 7 號。
- (8) 太田正次：雪の電荷について，氣象集誌第 21 卷第 5 號。
- (9) 吉田順五：氷の摩擦破壞によつて生ずる電氣について，低溫科學第 1 輯 149~189.

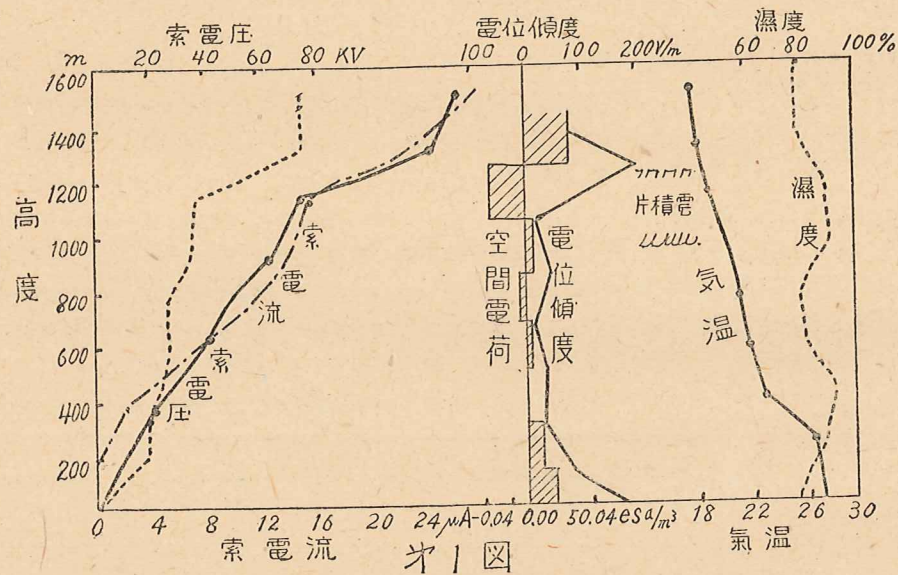
第2節 空中電気の高さによる変化

自由大気中における空中電気現象の観測は一般に気球を用いて電位傾度や大気電気伝導度の観測が行われて来た。

畠山久尙、藤本成男兩氏⁽¹⁾は昭和19年7月から8月にかけて、前橋附近で繫留気球に依て空中電気の測定をする機会を得たので、この機会に繫留索の電圧及び電流を測定して、これから空中電位、電位傾度、空間電荷を計算した。

この測定に用いた繫留気球は繫留自動車に依て揚げ下しできるようになつたものであつて、車は大地と絶縁されている。この繫留気球には別にマルビンの気象計を取付けて気象観測を行つた。この測定に依て得られた面白い結果の數例は次の通りである。

第1圖に示すのは晴天で片積雲の浮んでいる日の例である。8時28分観測開始の際は雲量6、10時11分終了の氣は雲量9であつた。



第1圖

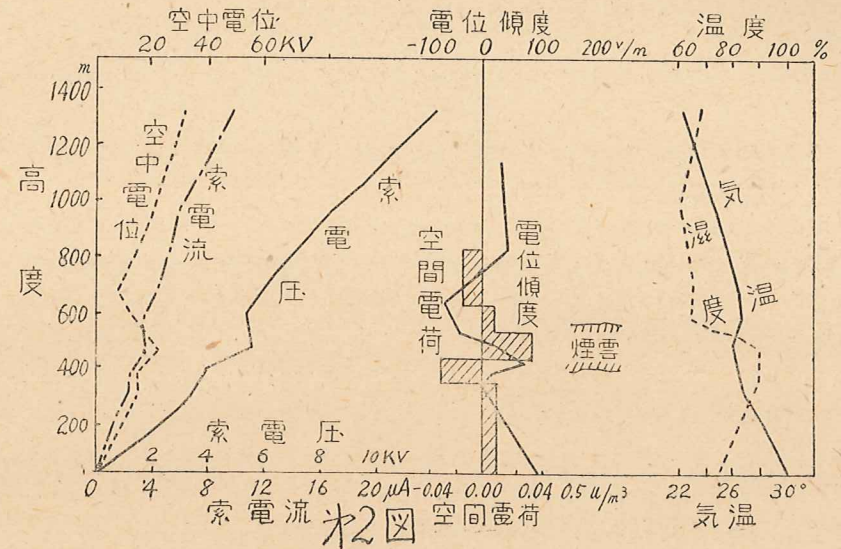
索電圧は高度1200mで10000V程度、索電流は同じく20 μ A程度であつた。空中電位は1500mで80000Vになる。1000m以上で電位傾度が急増急減するに伴い、負及び正の空間電荷が層をなしていることがわかつた。これに依て、片積雲のある氣層は負に帯電し、その上に正帯電の氣層があるように見える。

第2圖は晴天で煙霧層の棚引いている日の例である。第2圖は上昇時のもので10時26分から11時20分に至るものであり、第15圖に示したものは下降時におけるもので11時11分から12時19分に至るものである。

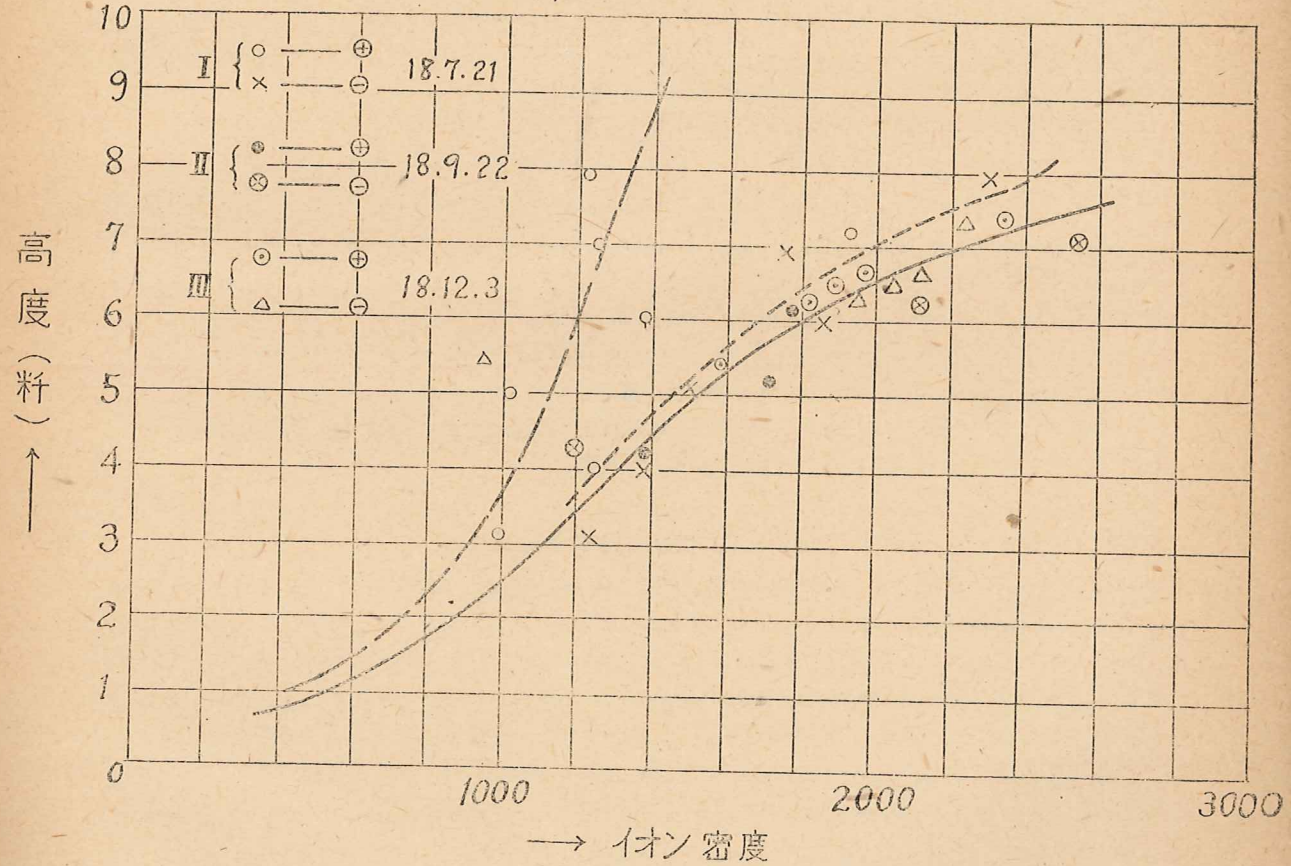
これに依ると索電圧、索電流とも途中で一度減少する層があり、氣球が煙霧層の上限近くにある時は氣層の振動に伴つて索電流の振動が起る。このような振動は索電圧にも見られる。

これらの観測の結果を総合すると

(1) 繫留気球の索電圧は1000mの高さで4000~10000V、索電流に同じく1000mで6~15 μ Aの程度のものである。



第2圖



第3圖

(2) 索電圧と索電流とを用いて各高さにおける空中電位を計算し、これから各高さにおける電位傾度及び空間電荷を算出した。1000m附近における空中電位は20000~90000Vである。

- (3) 電位傾度も空間電荷も常態においては高さに対して指數曲線的に減少する。
- (4) 片積雲のあるときは、その上限以下で負、雲の上の氣象中の正の電荷がある。
- (5) 煙霧層の場合には層中に正電荷、煙霧層の上に負電荷、煙霧層の下にも負電荷があるようである。

島山久尙、角田光平、三崎方郎の諸氏⁽²⁾は繫留氣球を使つて空中電氣の觀測をする場合に、自然の電場に對し、氣球がどの程度に影響するかについて検討した。その結果は

- (1) 氣球面電位傾度は氣球の高度が高くなる程大きくなる。
- (2) 繫留索を接地したときと絶縁したときとをくらべると、電位傾度は前の場合の方がはるかに大きい。

また、青木敏男氏⁽³⁾は高空における大氣イオンの觀測を実施した。この觀測に用いられた装置は塔載機ボーイング B24 の前方突出機銃座室に設けられ、自然通風によつた。この位置は排氣ガス、プロペラの氣流の影響を受けない理想の位置である。觀測装置は電位計充電方式と鋭感度短周期測定のために真空管充電方式を用いた。この觀測に依つて 3000~8000 m のイオン密度の高さに對する變化を知ることができた。第 3 圖がそれである。

菊池繁雄氏⁽⁴⁾は「柿岡富士山」山頂において空中電位傾度を測定したがその結果、山頂の電位傾度は平地よりも平均 1.5 倍大きく、靜穩日における日變化の振幅は山頂の方が小さいことがわかつたがこれは氣象要素の相違によるものと思われる。また菊池氏⁽⁵⁾は雨水の電氣量について測定したが雷雨性を除けば大體 0.1~0.5 e.s.u/cc 位である。

三崎方郎氏⁽⁶⁾は 2 種の機械的電器を製作して比較検討した。

文 献

- (1) 島山久尙・藤本武男：下層大氣中の電位傾度及び空間電荷，中央氣象臺技術官養成所研究報告第 1 卷第 1.2 號 22~25.
- (2) 島山久尙・角田光平・三崎方郎：氣球面附近の電位傾度，同上 26~27.
- (3) 青木敏男・その他：電氣試驗所空氣イオン研究室報告（戰時中）
- (4) 菊池繁雄：柿岡富士山頂における空中電位傾度 柿岡要報 第 4 卷第 2 號
- (5) 菊池繁雄：雨水の電氣量について 柿岡要報 第 4 卷第 2 號
- (6) 三崎方郎：機械的電器について 柿岡要報 第 4 卷第 2 號

第 3 節 雷に関する研究

田村雄一氏⁽¹⁾は 10 數年に及ぶ雷放電に伴う電場急變化の型の研究を整理してまとめて發表した。雷放電に伴つて電場が急變化することは早くから認められていたのであるが、田村氏はその型に極めて多くの種類のあることを見出し、放電距離との關係に依つてこれを分類した。

また、雷放電に伴う電場急變化の大きさと放電點までの距離との關係をもしらべた。

これらの詳細な研究から、從來考えられていた雷放電、すなわち一對の兩極間に起る放電と考へていた放電（田村氏は U 型放電と名付ける）とは別に D 型放電と名付ける放電の型を考へるべきことを提唱した。これは第 4 圖に示すように真中に正の極があり、その上下に負極があり、正負の電氣量は等しい。而して、これらが同時に放電して消滅する場合を考へるのである。

このような様式の放電の起るのは雷雲下部の水雲領域内の實情に近いと考えられる。また、田村氏は急變化後のいわゆる復元曲線を検討してこれから雷雲内部の電流を推定している。

雷の電氣の成因に關する Simpson 及び Wilson の理論は水滴を基にして考へているのであるが、

吉田順五⁽⁷⁾氏は Simpson の理論の缺點を補うために、氏の實驗を基礎とした次のような理論を立てた。それは、雷雲の上層部では雲の成分が氷晶であり、同時に上昇氣流があるが、

1) 氷晶はたがいに衝突し合つて自身は平均して正電氣を得、附近の空氣は負イオンに富むようになる。この負イオンに富む空氣は上昇氣流に依つて運ばれ、上方に逃れるが、正電氣を持つた氷晶は重いのでその位置に残される。

2) 氷晶の大きさは色々あるが、大きい氷晶は衝突に依つて電氣を得、小さい氷晶は負電氣を得る。小さい氷晶は上昇氣流に依つて大きい氷晶よりも上の方へ運ばれる。

この 2 つの原因が雷雲上部の帶電機構と考へられるが、これによれば上部に負、下部に正の部分ができる。この正の部分が Simpson の實測による雷雲上部の正電氣に相當するとすると、さらにその上に負電氣がなければならぬが、これはイオンもしくは極めて小さい氷晶に附着しているから大氣中に存在しているであろう。

かくして、雷雲下部の電氣の成因は Simpson の水滴分離説にまつとして、上部の帶電は氷晶説に依つて説明されるであろう。

また、雷災防止の立場から、その基礎的な研究を行うということが日本學術振興會に依つて主宰せられた。この雷災防止委員會による夏季雷協同觀測⁽⁸⁾は昭和 15 年から昭和 22 年にわたつて關東北部を主として、關西、九州においても行われた。その種目は空中電氣、送電線、通信線、發電所等の電氣工作物及び各種建築物に對する避雷装置の科學的研究などについて行われた。研究項目は逐年擴張せられたのであるが、本文においては主として空中電氣の面から見たものについて記すに止めることにする。

中央氣象臺と日本學術振興會雷災防止委員會との共同⁽⁴⁾で北關東において行われた雷雨の際の空中電氣の觀測は (イ) 雷雲の通過に伴う電位傾度の變化 (ロ) 雷雨の際の雨水の荷電量 (ハ) 大氣電氣傳導度について行われた。觀測地點は前橋を中心とする 16 箇所である。電場急變化の觀測も行われたが、これには廻轉電器は 1 箇所のみで他の 4 箇所はアンテナ・アース電流の觀測から電場急變化の大きさを知るとする方法をとつた。雨水の荷電量は 8~15 cc の容器の柙を用いた。觀測の結果明らかとなつたことは次のようなことである。

- 1) 氣象觀測の記事から調べてみると、強雨區域の直徑は大體 10 km 程度である。
- 2) 電位傾度の變化は數 km 程度離れた二點では非常によく似ている。
- 3) 等電位傾度線を引いて見ると、強雨區域には正電位傾度區域が伴う。
- 4) 電位傾度の値は正負について 3000~10000 V/m 程度である。
- 5) 地上の電位傾度が最大の地域と放電域とは必ずしも一致しない。
- 6) 雷雨の際の雨水の電氣は正の方が負に比して遙かに多い。1 cc 當りの最大は正 1.67 e.s.u. 負は -2.14 e.s.u. であつた。
- 7) 大氣電氣傳導度は雷雨の際に急増する。などの結果が得られた。

また、雷の際の空氣イオンの密度の變化についても青木氏らに依つて研究せられた。用いられたのは Gerdien 型集電筒であるが、測定装置は電位計式と真空管増幅による檢流計式の兩方を用いた。この觀測に依つて雷の發生に依つてイオン、特に正イオンが急増することがわかつたが、これは從來知られてきたことであつた。このほか、本多氏、清水氏らに依つて雷雲の電氣について研究が行われた。また、拔山氏⁽⁹⁾、鳳氏⁽¹⁰⁾、吉田兩氏⁽¹¹⁾らに依つて電光の觀測が行われた。

雷に伴う空電について金原淳氏⁽¹²⁾は昭和 15 年以來波形微細構造などについて研究を進めた。その結果、落雷の際の先驅放電、主放電、殘光、多重放電に相當するもの、雲中または雲間放電に相當するもの、遠距離から E 層で反射して到達したもの等の波形が明らかに見られた。また、2 點以上の

測定点における交會法を用いて空電源を測定し、これと氣象との關係をしらべた。その結果、本邦へ到達する空電のうち、定常性のもはマレイ、蘭印地方に生ずる赤道前線性雷雨、貿易風の山腹上昇による雷雨及び日射に依る熱雷であり、本邦夏季の空電のうち、周期的に繰り返されるものは、主として日本アルプスを始め、中央部の山岳地帯の熱雷によるものであることがわかつた。

また、前田憲一、内海數雄兩氏に依つて對流圏反射の研究が行われたが、その結果、送受信所を結ぶ直線上上空附近に雷鳴があつたとき反射波の強度が増加すること、ラジオ・ゾンデによる上空の不連続面の高さと電波の反射域の高さとよく一致することがわかつた。

文 献

- (1) 田村雄一：雷雲の電氣について 地球物理 第7巻第2號 81~111.
- (2) 吉田順五：氷の摩擦破壊によつて生ずる電氣並びに雷の電氣の發生機構、低温科學 第1輯 149~187.
- (3) 日本學術振興會雷災防止委員會 第9特別委員會第2分科會實測報告：昭15.9. 昭16.9. 昭17.9.
日本學術振興會雷災防止委員會 第9特別委員會研究報告 昭21.22 研究速報.
- (4) 畠山久尙：雷雨の際の空中電氣の観測、中央氣象臺技術養成所 研究報告 第1巻第1.2號.
- (5) 拔山大三：學振9特第1分科會昭17.1 委員會講演.
- (6) 鳳誠三郎：學振9特18.9 委員會講演.
- (7) 吉田順五：廣視角廻轉寫眞器による電光の研究 氣象集誌 第21巻第2號1, 低温科學 第1輯 105.
- (8) 金原淳：學振9特18.3, 19.2 委員會講演.

第5章 地 電 流 (平尾邦雄)

當該期間中の地電流の研究は數において非常に少ない。さらにこの期間中の特殊事情のため會合も制限され、特に圖書雜誌の出版が極端に困難になりつつあつたので、現在ここに書き記す事柄においても脱落のうらみなしとしない。

1940年7月12日の三宅島噴火に際し、行われた諸種の地球物理學的研究中萩原尊禮⁽¹⁾(地震研究所)によつて地電流の測定がなされたが、その報告が地震研究所彙報の第19號(1)に記載されている。それによれば、2, 3の比較的顯著な地電流變化が見られたが、それは比較的緩慢に一方向に電位を増し、ある値に達した後、急激に舊の値に復しているような變化であり、これらの變化の起つたときは熔岩が火口栓を破り、次第に中央火口の表面まで上昇しつゝある期間に起つてゐることを指摘している。しかし、結局この観測はほぼそこから活動地點にむけられた一成分の観測であり、しかも短期間のものであるので、立入つた議論はせぬと書かれてある。

地電流の観測は所々の固定観測所においては二成分以上の観測がなされているが、上述のような地震や火山爆發に際しての臨時観測は一成分の観測がなされることが多かつた。

しかし、この後はほとんどすべての観測が二成分の観測がなされるようになった。

そのうちに昭和18年9月10日鳥取縣下に大地震が發生し、被害死者1190人 負傷約3200人 倒潰家屋13400に達した。そして鹿野及び吉岡の附近において明瞭な斷層を生じた。その際に永田武⁽²⁾及その他の人々によつてこの鹿野斷層附近において地電流の變化が観測された。

観測に當つては斷層に平行な成分と、それに直角な成分の二成分の測定装置が設置され、斷層に直角な成分は斷層をまたいで設置されたが、後にさらに斷層に直角な成分として、舊の直角成分の延長上に一つの測線を設置し、この新舊兩直角成分が比較された。

たがいに直角な二成分から得られた結果、電位差變化のベクトルは一定の限定された方向内に在ることがわかつた。このようなことは以前からわかつていたことであるが、土地の電氣的異方性を強調したことに於いて、その後の地電流の研究に一方向を與えたものと思われる。特にこれらの變化をしらべるにあつて遠くはなれてはいるが、伊豆下田において観測されていた地磁氣變動と比較したことは大事なことである。従來は地電流の變化を見る際に、地球磁場のそれをあまり考慮に入れなかつたのであるが、地電流の變化の多くは地球磁場の變化による電磁感應の結果であることを考えると、當然比較研究されねばならぬことがわかる。この場合兩者の對應はあまり明瞭ではなかつたようであるが、比較的著しい地球磁場の變化が主として南北方向のそれであるにもかかわらず地電位差變動がN14°E~S14°Wの方向にあつたことから、土地の電氣傳導度に著しい異方性があることを知つた。

しかし、この観測及び研究において最も顯著な問題は次の事柄である。

すなわち新舊の二つの同一方向の成分の變化は、數時間以内の短週期變化に關する限り、ほとんどすべての場合比例し、以前、柿岡地磁氣観測所の吉松隆三郎によつて行われた差電位差の考を適用することにより完全に消去することができるとなつた。しかし全観測期間中四回だけこの比例が成立しないいわゆる異常變化が生じた。この時は差電位差にはつきりと異常を認めることができる。この變化は種々の點から考へて、斷層面における起電力の變化であるとなされた。そして、そのような變化のあとには必ず數時間後に地震群が發生したのである。

このような異常變化のはつきりした考察は今まで、なされてはなかつたのであつて、地震と地電流の問題について一つの新しい、しかも物理的にはつきりとした解答の一つを與えたものである。しかし、この際にも地電流異常變化と地震群は必ずしも1對1の對應を示さないものである。しかし異常變化を指定するはつきりした方法に基いたこのような方法は、今後の研究において充分考えられるべきであらう。以上の研究は地震研究所彙報22(1944) p 72及び地震15(1943) p 271に収録されてある。さらに他の一つの研究が伊東彊自(高層氣象臺)その他の人々によつてなされたことが昭和18年の中央氣象臺彙報第21冊第1號雷雨特別観測報告に報告されている。それによれば約200米の極間距離をもつ測線による地電位差を、深さ約一米のところ埋設した電極を通じ陰極線オシログラフを用いて観測した。その結果雲間放電の大なるものや、落雷のうち近距離のものゝ影響をはかることができた。その異常地電流の偏差や繼續時間等から、雷放電のいろいろの特徴に立入つた議論をしているが、未だはつきりとしたことはないようである。この観測は昭和15年前橋附近でなされた雷雨の協同観測時に埼玉縣本庄の高層氣象臺本庄出張所においてなされたものである。

一方、柿岡地磁氣観測所の吉松隆三郎、平山操、横内幸雄等によつても種々の研究がなされた。昭和16年には平山操により海中電流の測定がなされた。すなわち、同年7~8月樺太の大泊町の船入瀨において海中電流を測定し、地中電流と比較する試みがなされた。測定に際しては鹽分等の變化を減少せしめるために電極は炭素棒を素焼の二重圓筒に入れて海底に設置した。結果は波の影響をうけて所期の目的を達し得なかつたが、電極内の距離(こゝでは100m)を相當大きくすれば、かゝる測定でも地電流と比較することが可能であるという見通しが得られた。

さらに同年石垣島における日食において地磁氣と共に観測したが、磁氣嵐の影響をうけて、日食の影響を檢出しえなかつた。以上の二つは共に氣象研究會において發表されたものである。

翌17年にはやはり平山操は地電流の脈動について研究をした。すなわち福島縣矢吹町に於いてループによる鉛直磁場の變化と共に地電流を測定し、豊原地磁氣観測所における同様な測定と比較したが、その結果、脈動の大部分は兩地に共通に起るが、靜穩日の早朝にしばしば起る脈動は一方にのみ見られ、電離層の早朝の特異現象と關連して興味ある問題である旨を指摘した。この観測において脈動の波長や位置をきめようとしたが、矢吹町における観測が人工電流等にわざわいされて目的を達

しなかつた。なおこの際電極埋設個所より直線距離約 200 m のところに鐵道線路があつたが、こゝを列車が通過する際には必ず 1~2 mV/km 位の灣形の變化が見られた。そして、それは研究の結果流動電位による説明以外は困難であつて、地盤の歪と電流の關係を暗示するものであると指摘された。この研究は學術研究會議に報告されてある。

昭和 18 年には北海道に日食があつたので平山操及び横内幸雄によつて地電流の觀測がなされた。平山操は北海道帯廣において觀測を行つたが、日食の影響を認めることはできなかつた。横内幸雄は北海道女満別、根室及び石垣島にて地電流の觀測を行つたが、これも日食の影響を見出すことができなかつた。この觀測において女満別及び根室においては地電流が著しく一つの方向に制限されることがわかつた。さらに、當時までわかつていたこのような地電流の方向が、かなり近い所でもちがうことがあるから、地電流を考へるときにはその場所による特異性を充分考へなければならぬことが強調された。これは柿岡地磁氣觀測所要報第 5 卷第 1 號 54 頁に収録されている。⁽⁴⁾ さらに吉松隆三郎は同年 9 月 10 日の鳥取地震に際し柿岡における地電位差に異常があつたことを報告している。(柿岡地磁氣觀測所報告第 5 卷第 1 號 66 頁)⁽⁵⁾ すなわち以前より彼が研究していた、いわゆる差電位差が 10 日の地震の前及びその後の大きな餘震に對應して變化していることを指摘している。

このような日食や地震に關連したもの以外に横内幸雄は地電流嵐について研究をした。すなわち昭和 9 年より昭和 17 年の間柿岡にて觀測したすべての急始地電流嵐につきその最大較差、急始時の時刻回数、急始時變化の繼續時間別回数、急始時變化の方向回数、急始時嵐の繼續時間別回数及び急始時嵐の時間的變化を統計的にしらべたが、この研究は未だ發表の機會を得ていない。さらに彼は地電流測定用電極電壓の變化について調査研究をした。すなわち地電流觀測における一難點である電極の接觸電位につき、その長時日の變化及び降雨、雷、地震の際における變化について調査したが、この論文も未發表である。

昭和 19 年には吉松隆三郎は海岸及び海水中の地電流について研究をした。すなわち海水中の地電流中には潮汐の干満に對應した變化が認められたが、この原因が普遍的海中電流によるものか、あるいは海底に敷設した電極の電位の變化によるものであるかを確定することはできなかつた。さらに海岸の地電流のベクトルは海岸にほぼ直交していることがわかつた。この論文も未發表である。

當該期間最後の昭和 20 年には前年の東南海地震に際し、異つた電極及び深さの 100 米基線と 1500 米基線とにおいて觀測された局部異常はほぼ同様であることが、吉松隆三郎によつて震災豫防調査會の昭和 20 年 1 月 20 日の會合において報告された。さらに 20 年 2 月 10 日青森縣八戸東方沖に起こつた地震の前後に、柿岡において以前昭和 18 年 5 月 23 日鹽屋沖地震の際に同所において見られたような瞬間的な地電流變化が群出したことも彼によつてしらべられた。しかし、この研究も未だ發表されていない。

以上が當該期間内における地電流研究の狀勢の集録である。前にもことわつた通り、この期間は集會、出版共あまり活潑でなかつたので、研究の全體を見ることが困難であるので、あるいは脱落のおそれなしとしない。もし、脱落あればひとえに筆者の責任である。

文 献

- (1) 萩原尊禮, 地震研究所彙報 第 19 號.
- (2) 永田武, 地震研究所彙報 第 22 號 72 頁: 地震 第 15 號 271 頁.
- (3) 伊東彊自, 中央氣象臺彙報 第 21 冊 第 1 號 雷雨特別觀測報告.
- (4) 横内幸雄, 柿岡地磁氣觀測所要報 第 5 卷 第 1 號 54 頁.
- (5) 吉松隆三郎, " " 66 頁.

第 6 章 夜 光 (柿岡地磁氣觀測所)

内海誠⁽¹⁾ (柿岡地磁氣觀測所) は昭和 13—16 年の期間に、フィルターの方法および分光寫眞器の方法で、觀測した $\lambda 5577$, $\lambda 6300$ の強度變化を調査した結果、次のことを見出した。

(1) フィルターの方法によると、 $\lambda 5577$ の一晚變化は W-型が約 70%, V-型が 30% (觀測材料 58 回) であり、 $\lambda 6300$ の W-型は 46%, V-型は 54% (材料 19 回) である。W-型の極大は 23 ~1 時に、また V 型の極小は 0~0.5 時の間にその大部分が起つている。

(2) 地平方向と天頂方向とはほとんど同様な變化をなす。

(3) $\lambda 5577$ の強度變化と氣壓との關係は、調査數 59 回中、15 回が同様な變化を認めた。しかし、これは必ずしも相關々係を意味しない。

(4) $\lambda 5577$ の強度變化と宇宙線強度とは調査數 23 回中、10 回は同様な變化を認めた。ただし、これも必ずしも兩者に密接な關係があるとはいえない。

(5) 夜光變化と地磁氣の活動にも關係を認めることはできぬ。

(6) 昭和 13~16 年にわたる期間中に得た 10 回の材料から、 $\lambda 6300$ と $\lambda 5577$ の強度變化は F_2 層と極めて興味ある關係にあることを認めることができた。

i) $f^{\circ}F_2$ すなわち F_2 層の電子密度の變化大なる時は $\lambda 5577$ は W-型をなし、 $f^{\circ}F_2$ と $\lambda 5577$ の強度は完全な負の相關を示した (10 回中 5 回)。

ii) $f^{\circ}F_2$ の變化少なきか、また徐々に減少する時は $\lambda 5577$ は V-型を示し、兩者に負の相關があることは (i) と同様である (10 回中の 3 回)。

iii) 10 回中 2 回は $\lambda 5577$ と $f^{\circ}F_2$ とは正の相關を認めた。

iv) 分光寫眞器に依る $\lambda 5577$ および $\lambda 6300$ の變化を吟味して、適當な假定の下に兩者を合成すると、 $f^{\circ}F_2$ と極めてよく一致する變化を見出した。

文 献

- (1) 内海誠, 夜光に就いての二、三の研究, 柿岡地磁氣觀測所要報, 第 5 卷第 1 號, 昭和 18 年 11 月 1~44

編 集 後 記

昭和 23 年春、科學技術史編集の件が計畫されてから約 1 年、幾多の迂余曲折を経て一應本會の擔當する部門の編集が完了した。この間、日本學術振興會との連絡や編集の世話役的任務は主として力武が擔當したのであるが、各部門の擔當者の御努力および會員各位の御援助にもかかわらず、敘述形式や體裁において不統一な點が多く、必ずしも満足な結果におわらなかつたことをお詫びする次第である。特に會員の業績で記載もれになつてゐるものもあることと思われ、直接戰時的要請によつて行われた仕事においては、ことに資料の集收が困難であつたために、不充分の點が多いと思われる、私の編集した地磁氣の部門においても、當時の陸海軍關係における研究に關してはほとんどふれ得なかつた。これは、確實な資料が入手不可能であつたので、不確實な記録を残すことをおそれたためであつて、當時の軍關係の機關において地磁氣に關連する研究が皆無であつたわけではない。たとえば海軍技術研究所、横須賀海軍工廠航海實驗部、同機雷實驗部、吳海軍工廠電氣實驗部、第一海軍技術廠

航空計器部、第二海軍技術廠磁氣兵器部、東京計器株式会社等においてはそれぞれの立場から基礎的および應用的研究が行われていたはずである。その中でも船體磁氣、船體の消磁、自差修正、遠隔羅針儀、航空機の消磁等の諸問題については見るべき業績もあつたに相違ないが、正確な資料を集收する方法がないので、ほとんど本文中に記載し得なかつた。

これに反して、米澤氏編集の電離層關係の戦時研究はよくまとめられていて、將來貴重な記録になるものと思われる。

また宮崎氏の宇宙線、川野氏の空中電氣および平尾氏の地電流の記述はいずれも多くの研究結果の概要をたくみにまとめられており、これら諸氏の御努力に對して、世話係として厚く御禮を申し上げたい。

なお、時日の都合上、通信および電波傳播關係の記述を省略せざるを得なかつたことはまことに残念なことである。

最後に本會委員長長谷川万吉博士、同委員嶋山久尙博士、太田征次郎博士および永田武博士は、本書の編集に關し種々有益な指示を與えられたことを記しておく。

昭和 24 年 3 月 10 日

力 武 常 次 記

火山物理學の概觀

(1942~1945)

日本地球物理學會編

昭和 17 年より昭和 20 年までに行われた

火山の地球物理學的研究の概要

水 上 武

1. 緒 言

この小編は昭和 17 年より昭和 20 年に至る戦時中の本邦の火山の活動の簡単な記述と、この期間中に行われた火山の地球物理學的研究の極めて簡単な梗概について記述したものである。火山の地球物理學的研究は、世界各國の研究狀況も同様であるが、日本においても個々の火山、個々の噴火に對する現象の計測的研究にとどまり、未だ總合的、普遍的の研究の段階に至っていない。従つて、この期間に行われた火山の研究も、この期間に發生した火山の噴火現象に直接關連する問題が大部分である。

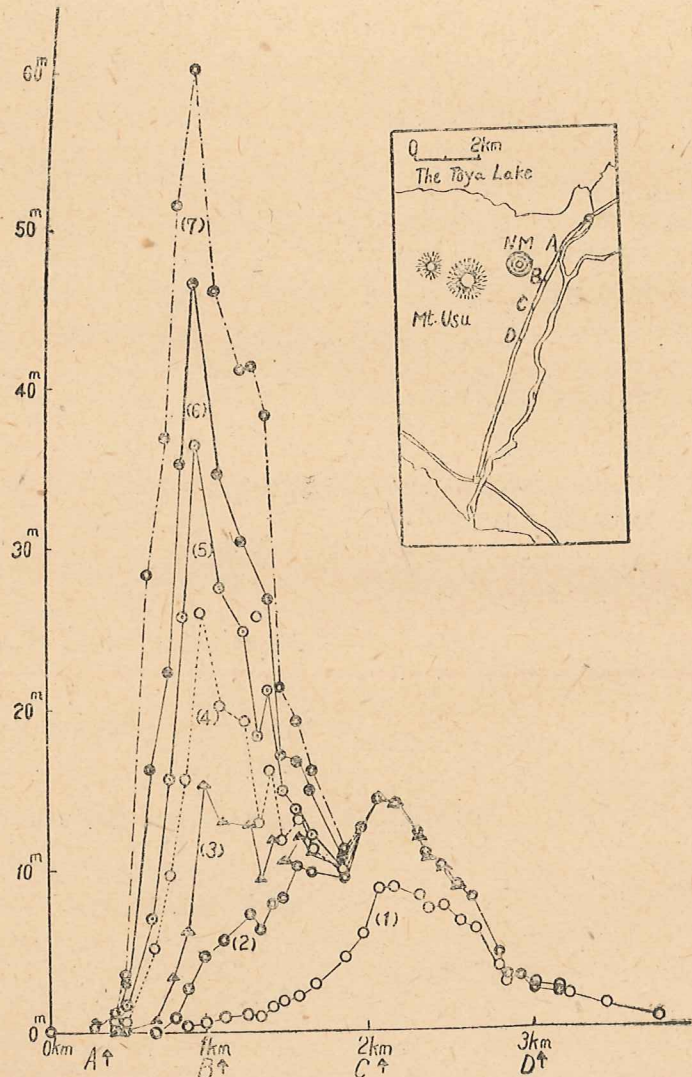
昭和 16~20 年に至る期間に發生した本邦火山の噴火は有珠山、駒ヶ嶽、栗駒ヶ嶽、草津白根山、淺間山、阿蘇山及び櫻島の 7 火山に及んでいるが、このうち有珠山及び淺間山の噴火以外はその活動の規模においても、行われた研究についても特に注目すべきものがない。次表にこれら 7 火山の活動の時期及び簡単な噴火の狀況を示してある。

火 山 名	活 動 の 時 期	噴 火 現 象
有 珠 山	自昭和 18 年 12 月 28 日 至昭和 20 年 10 月	新火山、新熔岩丘の成長。著しい地震活動を伴つた。
駒 ヶ 嶽	昭和 17 年 11 月 16 日及び 18 日	山頂火口附近に龜裂を生じ、小熔岩片及び火山灰を噴出す。
栗 駒 ヶ 嶽	昭和 17 年 11 月及び 12 月	山頂火口附近に小規模の泥土を噴出す。
草 津 白 根 山	昭和 17 年 12 月	山頂火口の周邊に數個の龜裂を生じ、それより硫黄を含む泥土を噴出す。
淺 間 山	自昭和 16 年 至昭和 19 年	しばしば爆發的噴火が山頂の火口に發生し、火山彈、火山灰、大小の熔岩片を噴出す。
阿 蘇 山	自昭和 16 年 至昭和 20 年	火口内における小規模のストロンボリ式噴火を繰り返す。
櫻 島	自昭和 16 年自 4 月 至 6 月 昭和 17 年 7 月	櫻島南岳東側 7 合目附近より噴火し、小熔岩片及び火山灰を噴出す。

これ等の火山活動の調査は東京大學地震研究所をはじめ、中央氣象臺、各地測候所、各地の大學の研究者によつて行われたものである。

2. 有珠山の火山活動とその研究

本邦の噴火史によれば有珠山は 1853 年までに 4 回の噴火の記録がある。すなわち 1662 年 7 月、1768 年 12 月、1822 年 11 月及び 1853 年 5 月の噴火とである。これら 4 回の噴火はすべて山頂附近、あるいは外輪山南側の上方に起つたものであるが 1822 年の噴火の際には多量に噴出した泥土は泥流となつて南山麓の舊虻田町を襲い、部落の大半を失つた。

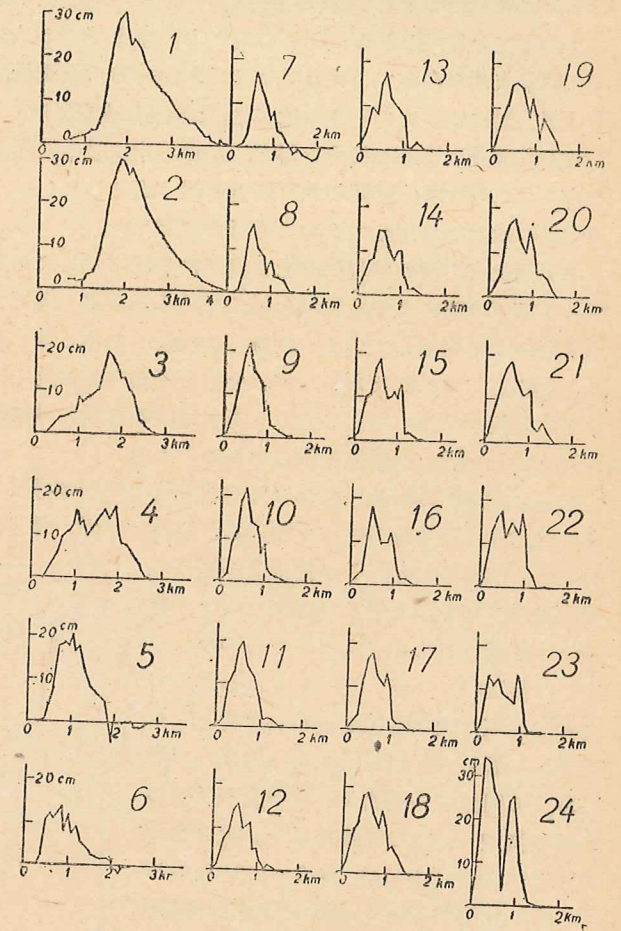


第1圖 有珠山東山麓の隆起

1910 年 7 月から 8 月にわたつて発生した同火山の活動は、火山の北山麓の洞爺湖岸に數十の爆裂火口を新たに生じ、著しい地形變動を伴つた。この噴火については故大森房吉⁽¹⁾の詳細な報告がある。その後 1943 年 12 月 28 日までの 34 年間は同火山の活動に關して何等特別に注目する現象は現われなかつた。

今回の活動は昭和 18 年 12 月 28 日にその端を發する著しい地震活動に初まる。これらの地震は翌年 1 月までは山麓一帯において有感覺であつたが、特に同火山の西北麓に在る洞爺湖温泉町において最も激しかつたので、同町の住民は噴火の發生をおそれて近村へ一時的に避難した。その後 2 月頃には洞爺湖温泉をはじめ山麓で有感覺の地震はその數が次第に減少した。しかし同火山の東山麓に極めて浅い地震が頻繁に發生するようになったが、これらの地震は震央附近の部落(柳原及びふかば)においてのみ有感覺であつた。東山麓の浅い地震の頻發と共に震央地域が隆起しはじめ、道路の龜裂、灌溉用水路の破壊並に用水の逆流する等の地變が起つてきた。

その後同地域の隆起と地震の發生はその勢が減退することなく進行したが、同年 6 月 23 日に隆起のほぼ中心地より噴火し、新しい火口を生じた。噴出物は微少粒の泥土及び岩屑類で、新しい熔岩片の噴出はなかつた。その後噴火は同年 11 月下旬頃まで繼續し、隆起中心地域に互に接近して數個の新しい火口が生じた。そのうち 7 月 2 日、3 日の噴火は最も著しかつた。水上⁽²⁾の調査によると主な噴火とその噴出量、噴火のエネルギーは次表に示す如くである。



第2圖 有珠山東山麓の隆起速度(厘/日)

噴 火 月 日	噴 出 量	噴 出 エ ネ ル ギ ー
6 月 23 日	4×10 ⁵ トン	0.3×10 ²⁰ エルグ
28 日	1×10 ⁵ "	0.1×10 ²⁰ "
7 月 2 日	2×10 ⁶ "	1.4×10 ²⁰ "
7 月 3 日	1×10 ⁶ "	0.7×10 ²⁰ "
11 日	8×10 ⁵ "	0.6×10 ²⁰ "
8 月 1 日	1.6×10 ⁵ "	0.2×10 ²⁰ "
5 日	3×10 ⁵ "	0.3×10 ²⁰ "

同年 12 月初旬頃には噴出はほとんど終息したが、數個の新火口のほぼ中央に位置する火口より粘性の大きい新しい熔岩が岩屑類と共に上昇して來て、翌昭和 20 年 10 月頃には高さ約百米近い半球狀の熔岩丘を成生した。昭和 20 年 7 月における熔岩の色より判斷して 1000° 前後の温度と推定されたが、昭和 23 年 10 月に至つてもなお著しい温度の低下を示していない。

熔岩丘の成長が完了した昭和 20 年 10 月には周囲の土地の隆起、地震の發生はようやく終息し、

約2ヶ年にわたつた有珠山の活動は、ここに一應終止するに至つた。

この間二ヶ年にわたつて起こつた火山現象は世界の火山學史上においても、めずらしいものであつた。戦争末期の極めて困難な時代ではあつたが水準測量、地表傾斜變化の測定並に土地伸縮の測定等の地形變動についての研究をはじめ、地震計測學的研究その他の研究が行われた。

水上⁽³⁾は北海道廳の協力を得て、有珠山東麓の隆起現象を詳細にするため、昭和19年3月より20年7月の間に約30回的水準測量を繰り返した。表⁽⁴⁾はその後、さらに同地域の水準測量並に洞爺湖岸の水面を利用して土地の昇降を測定した。

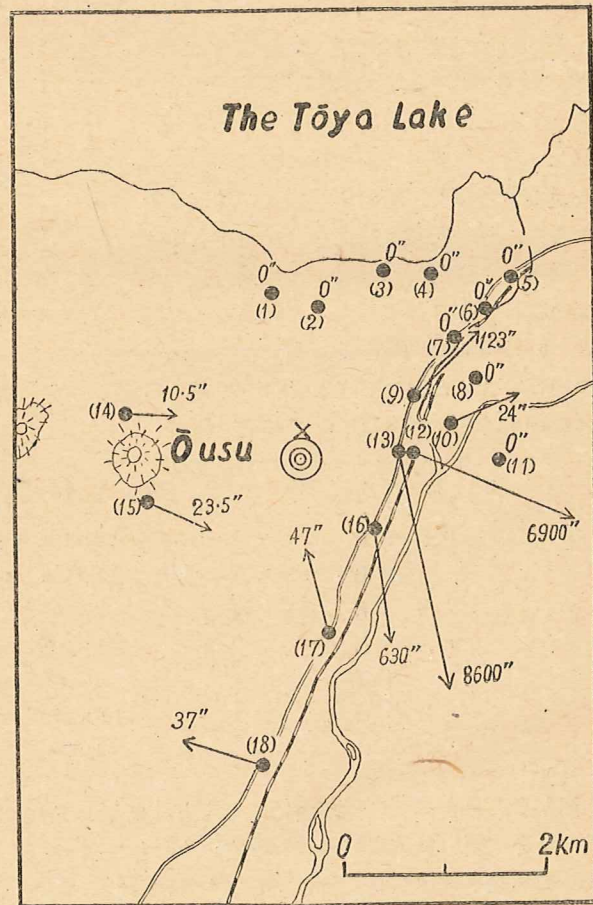
第1圖は東麓の隆起状況を7期間に分けて示してある。水準測量を行つた路線は最も隆起する地域より數百米東に偏つた地域を通つているから第1圖に示した隆起量は最高隆起量の約4分の1ないし3分の1に相當している。なお、この圖でわかる如く昭和19年5月までの隆起位置は柳原部落附近を中心とするものであつたが、その後隆起中心は約1軒北方のふかば部落へ移動した。隆起地域に發生した極めて淺い地震の發生も隆起地域の移動と共に北方へ移つた。第2圖は水準測量の結果から隆起速度を厘/日の單位で示したものである。

永田、實川⁽⁵⁾は昭和19年5月柳原部落の隆起地域において土地の伸縮を測定するために、菱形基線の邊長及び對角線の長さを測定し、面積の伸縮、最大たりの量 (Maximum shear) 主歪 (principal strain) 等を求めた。その結果僅か數日の變形量だけでも、土壤の破壊歪の大きさを遙かに超越してしまふ大きさであつた。

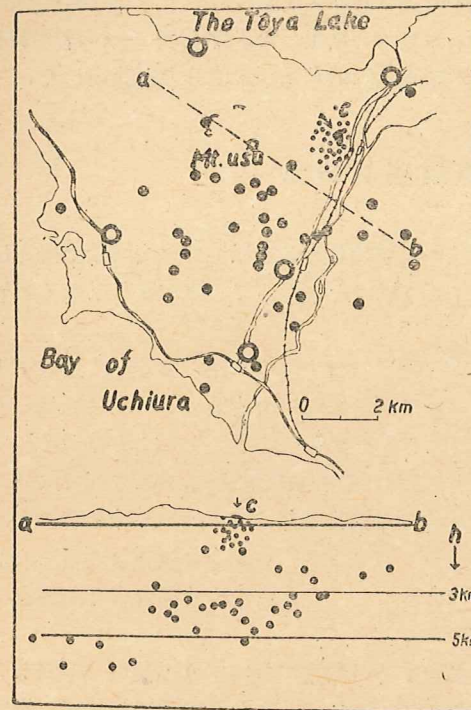
その後昭和19年7月、8月にわたつて、宮村⁽⁶⁾は東麓の隆起地域の一ヶ所と、やや離れて著しい隆起を示さない地域一ヶ所において同様に一邊約30米の菱形基線の邊長を測定して次の結果を得た。火口方向に收縮し、歪 (strain) が 2×10^{-3} ないし 7×10^{-3} に達すると、地表が破壊して龜裂を生ずるといふ。

福富及び石川⁽⁷⁾は隆起地域の地下1米の溫度を測定したが、地形變動の最も著しい地點の數ヶ所において他より 4° あるいは 5° だけ高温を示すことを明らかにした。この高温を示す部分は貫入熔岩よりの傳導熱や、斷層運動により生じた摩擦熱では、とらてい説明されないが、最も有力な解釋として温泉の湧出による熱のためであろうと決論した。

表、水上、永田及び内堀⁽⁸⁾等は3月下旬より精密水準器を隆起地帯及びその周邊に据えて土地の傾斜變化を測定したが、さらに附近の水田及び長流川の水面と土地の相對的昇降變化より土地の傾動を測定した。また水上、内堀は隆起地域及びその周邊約20



第3圖 有珠山東麓の地表傾動の地理的分布 (昭和19年7月 日~8月3日)

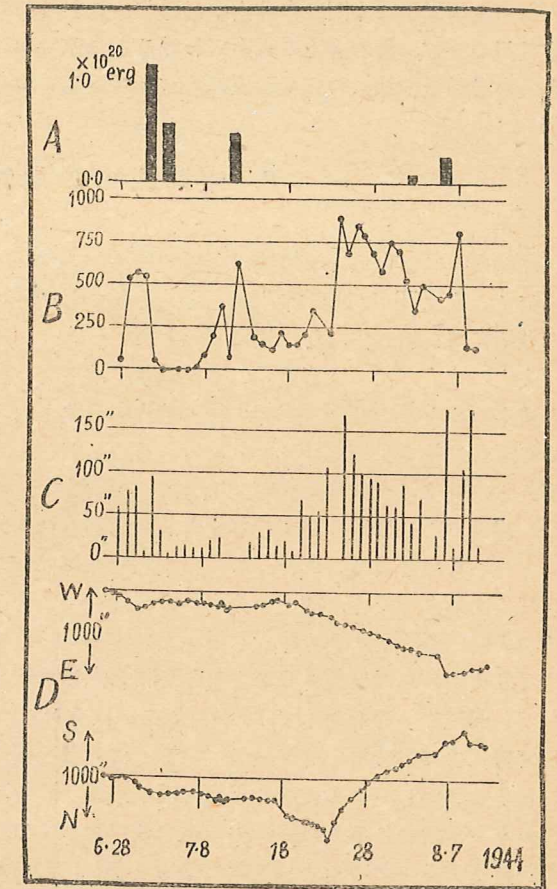


第4圖 有珠山の噴火に伴つた地震の震源分布 (昭和19年7月中に發生した地震)

○: 地震計の位置

ヶ所に一邊20米ないし40米の正方形をなす位置に水準點を設け、一等水準儀を用いて精密に4點の比高の變動を測定した。その結果、地表は極めて複雑な局部的の傾動を行いつつ隆起していること、並に新火山の南方は比較的廣い範圍の地域にわたつて地形變動が進行しているに反し、北方の瀧之上熔岩より成る地域は隆起中心地より僅か1軒にして地形變動を示さない等の事實が明らかとなつた。

水上⁽⁹⁾は昭和19年3月以來、有珠山に發生する地震を研究するため、洞爺温泉町に微動地震計1臺を設置し、約1ヶ年間觀測を繼續した。更に6月下旬より約2ヶ月の間4臺の同型の地震計を火山の周圍に設置して地震を觀測したが、このほか加速度計1臺を隆起の中心地域に在るフカバに設置して、極めて淺い地震を觀測した。その結果、7月中に發生したやや深い地震の震源を決定したが、その地理的分布及び深さの分布は第4圖に示してある。この圖においてわかる如く、有珠山の北側には地震は全然發生しないで、もつぱら地震は火山の南側に發生していることが注目される。また震源の深さはいずれも7軒より淺いもののみであるが、有珠山の山頂やや西側に比較的深い5~7軒程度の地震が發生し東麓に向うほど震源が淺くなつてゐる。さらにフカバの加速度地震計の觀測によれば、1日に千回以上の地震が起つた時があつたが、その大部分の初期微動は0.2秒以下のものすなわち震源の深さ1軒より淺いものであつた。水準測量、傾斜變動の測定から明かにされた地形變動の進行している地域と、震央分布地域とがほぼ一致していることは注目すべきことである。(第3、4圖参照)。



第5圖 有珠山噴火と地震、傾斜變化 (昭和19年7、8月)

A: 爆發のエネルギー B: 地震の發生回數 (毎日)
C: 傾斜變動量 (毎日) D: 傾斜變動

永田及び原田は今回の有珠山の活動する数ヶ月前に同火山及び洞爺湖周囲において、地球磁氣の測定を行つたが、他の多くの火山における類似の地球磁氣の異常を見出した。井上⁽¹⁰⁾及び越川は同火山の活動の初期において柳原部落の隆起地域において地球磁氣の偏角及び鉛直分力を測定した。

3. 浅間火山の地球物理學的研究

浅間火山には東京大學地震研究所の支所があつて、地球物理學的方法を以つて火山現象を研究している。水上⁽¹¹⁾は地表傾斜變化及び微小地震の發生と火山の爆發とについて、昭和9年以來8ヶ年の觀測材料を用いて、その相關關係を研究した。

火山の噴火に伴い地形變動、地球磁氣、地電流の變化或は地震の發生等の前兆、あるいは隨伴現象と噴火發生との時間的關係、特に噴火の前兆として現われるものについて古來大いに注目され、大いに關心を持つて探究された問題である。しかし、一見甚だ兩者の發生が對應するかに見える現象も、噴火との間に直接に物理的法則を以つて定量的に關係づけられる程度までに明らかにされてはいない。従つて、これ等の兩現象が統計的に取扱われる結果、兩者の相關關係は確率的の意味を有するに過ぎないものとなる。また、この確率的な關係においてすら、噴火の發生は多くの複雑な要素に支配されるばかりでなく、個々の火山の特性が極めて著しいために、一つの火山によく適合する關係も、他の火山においては全く成立しないものも多い。

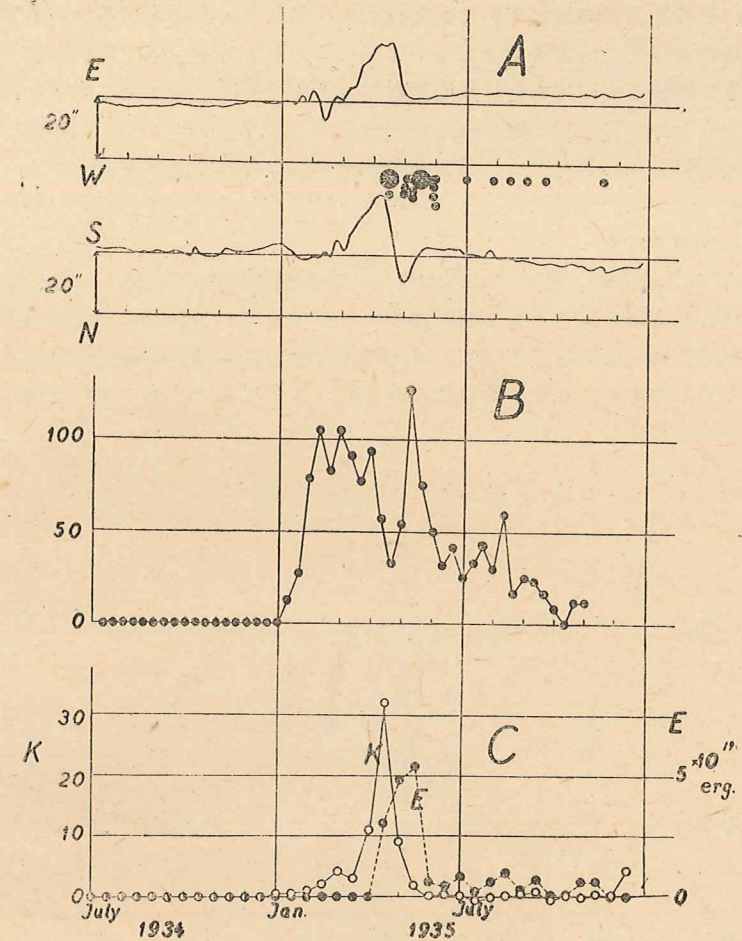
浅間火山の活動状況を見ると數年間にわたつて爆發が頻繁する活動期においては爆發が10回ないし30回位の一群をなして、1ヶ月あるいは3ヶ月の間に發生した後、2、3ヶ月は靜穩な状態を維持して後、再び爆發の一群が起つている。また地表傾斜變化は火山の平穩な時期にも0.2秒以下の日變化と5秒ないし10秒程度の年變化及び雨量、降雪量に關係する3~5秒程度の變化が3~4日間位にわたつて現われるもの等の小規模の變化を示すに過ぎない。しかるに、火山活動期には個々の爆發群が發生する1ヶ月ないし2ヶ月前より著しい異常傾斜變化が現われ、その量は50秒ないしそれ以上に達する場合もあるが、その變動の期間は1~3ヶ月である。第6圖は噴火と傾斜變化及び火山附近に發生した地震との關係を示した1例であるが、圖中(A)の曲線は傾斜變化を東西、南北の二成分によつて示してある。また大小の黒丸は大小の爆發を示している。この二つの現象を數量的に現わすために爆發をエネルギーによつて現わし、傾斜變動を日變化、年變化、氣象の要素による變化等を取り去つて傾斜變化の特性數として現わしたのが同圖中の(C)に示したE、及びKの曲線である。

爆發のエネルギーは個々の爆發によつて噴出した熔岩量(M)と熔岩が火山彈、熔岩塊となつて噴出する時の初速度(V_0)を求め、それによつて爆發のエネルギー($\frac{1}{2}MV_0^2$)を定めた。かかる調査を大小の爆發15について行い、それぞれの爆發のエネルギーを定めたが、最近10數年の間に起こつた最大の爆發では噴出量38萬トン、初速度213米/秒、エネルギー 1.7×10^{20} エルグであつた。一方爆發によつて發生する地震を同一地點で觀測して、その最大振幅とその爆發エネルギーとを比較してみた結果、比較的簡單な關係で現わされることがわかつた。すなわち爆發のエネルギー(E)と最大振幅A(耗單位)は

$$E = (0.03 + 4.50A + 0.70A^2 \pm 0.08) \times 10^{19} \text{ エルグ}$$

で現わされる。

この關係によつて、爆發地震の觀測を用いて、發生したすべての爆發をエネルギーを以つて現わすことができた。第6圖(C)はこの爆發エネルギーを半月づつの和として現わし、傾斜變動は傾斜變化



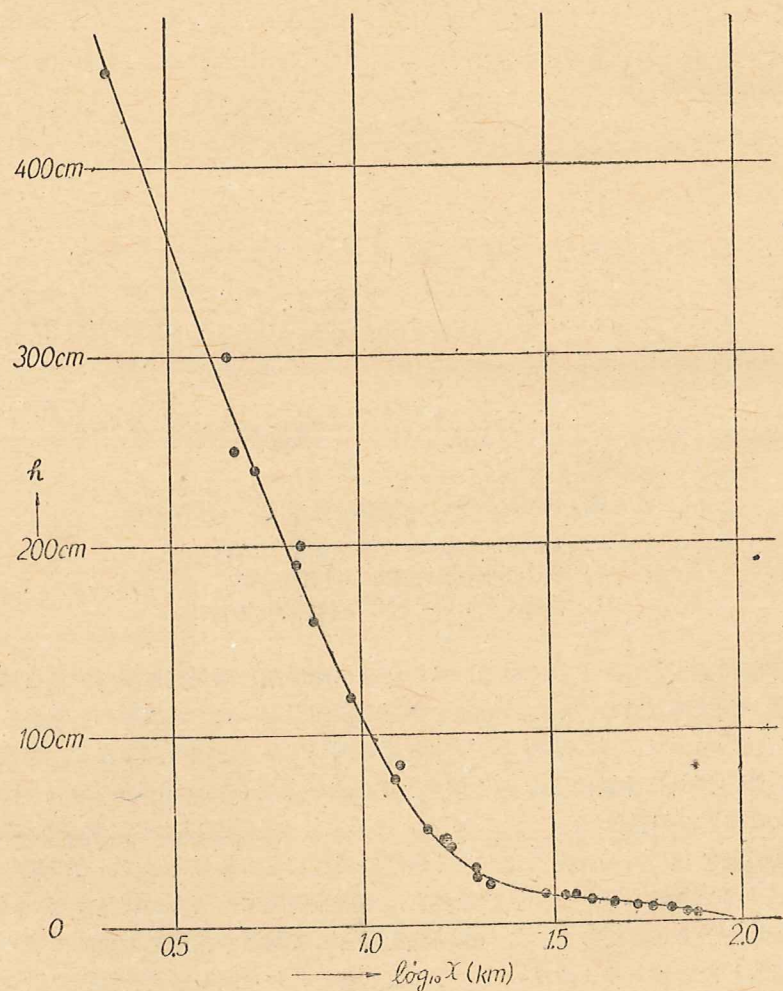
第6圖 浅間山の爆發と地表傾斜變化及び火山微小地震

- A; 傾斜變化と爆發の發生(黒丸は爆發)
- B; 火山微小地震の回数(10日間の和)
- C; 爆發エネルギー(E)と傾斜變化特性數(K)

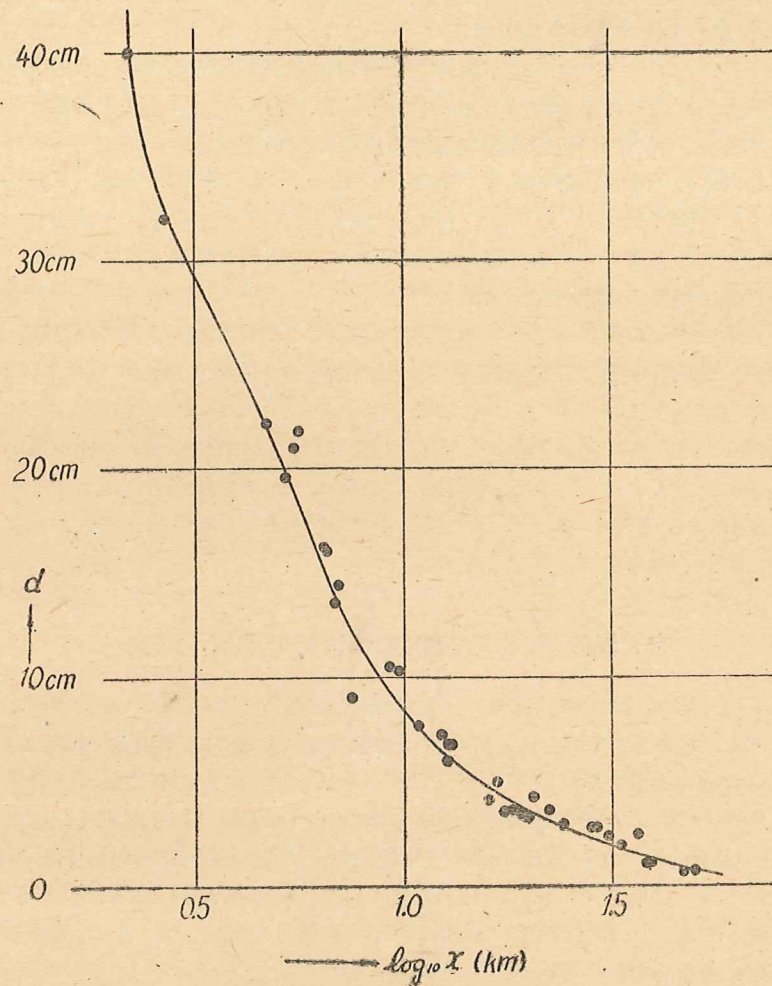
特性數の半月平均にして示したものである。このように兩現象を數量的に現わすことによつて一層時間的の發生關係が明瞭になつた。かかる爆發の群と異常傾斜變化について昭和9年から昭和17年までの8年間を二種のスカラー量の時間的の發生關係を調べてみると次の如くなる。爆發エネルギー曲線の極大は18回、傾斜特性數曲線の極大は19回、そのうちK曲線の極大より1ヶ月ないし2ヶ月後にE曲線の極大が現われたことが17回、そのような關係で現われなかつたことが1回であつた。以上のような關係で現われたことが全く偶然のできごとであるとして、その確率を求めてみると 10^{-9} 程度の小さいものに過ぎない。すなわち、兩現象の間には何等か偶然でない關係があると考えた方がより合理的である。そこで、この兩曲線を基として兩者の相關を數量的に定めてみた結果、ある半月間に發生した爆發エネルギーは、それより前の2ヶ月間の傾斜特性數を以つて大體現わし得ることがわかつた。すなわち傾斜變化觀測の結果を用いて、將來半月間に起こる爆發のエネルギーの概略を予測し得る函數が定つたのである。この函數を用いて實際の場合に適用した2、3の例をも

示した。しかし、その結果を吟味してみると定性的にはかなりよく適合するが、推算されるものと実際の現象とは量的には一定した関係を示していない。この事實は兩現象の関係が他の多くの要素に支配されていることを物語るものである。火山活動のエネルギーは熔岩または岩漿中の熱エネルギーであることは承認されたとしても、この熱エネルギーが火山活動に際して、地形變動、地震、並に噴出の諸エネルギーに變換する場合に、これ等各種の現象に配分されるエネルギーの割合が必ずしも常に一定していないことは、むしろ當然のことであろう。従つて、上記の兩現象間の関係にも自ら限界のあることは容易に理解される。

第6圖の(B)は火山爆發群に隨伴して現われた火山微動の回数であるが、淺間火山の爆發に伴い、異常傾斜變化とほとんど時を同じうして常に發生するのである。しかし、これ等の火山微動はその後の研究によれば震源の淺い小地震であつて、火山體表面附近の構造の複雑性のために地震動が著しく變形して現われるものである。また、これらの小地震は極めて小さく有感覺の地震は最近20年間に同火山附近にほとんど發生していない。



第7圖 天明3年(1773)淺間山大噴火の時噴出した浮石の堆積層の厚さ(h 厘)と火口からの距離(x 軒)



第8圖 天明3年(1773)淺間山の浮石の大きさ(d 厘=直徑)と火口よりの距離(x 軒)

火山活動の規模の大小、特に過去の大噴火の規模を知るために、その固形噴出の總量及びその堆積状態から噴出力を推定する一つの試みとして、水上⁽¹²⁾は淺間火山の天明3年(1783)の噴火に伴い噴出した浮石の地理的分布を調査した。この噴火は日本の噴火史上最も著しい火山活動の一つに数えられているが、天明3年6月頃に始まり、7月下旬頃が最も猛烈であつたと當時の記録が傳えているから、多量の浮石はこの期間に噴き出したものと推定される。さらに噴火の最後の段階として8月5日前後に泥流と多量の熔岩を火山の北側に流出したものである。浮石は火口の東東南方向に分布し、その堆積の中心は碓氷峠、横川町を通り、高崎市を経て廣く關東平野に散布し、現在でも耕作地を除いた地域に當時の堆積のままで残っている。第7圖は分布地域の中心方向における浮石の厚さと火口との距離を、第8圖は浮石の大きさと火口からの距離を示したものである。この浮石の總體積は $1.7 \times 10^8 \text{ m}^3$ で平均密度 0.8 に採れば、その總量は 1.4×10^8 トンとなる。また、この噴火で噴出した熔岩量は 3.6×10^8 トンであるが、このほかに泥流の總量が熔岩量と同程度であると推定されるか

- (3) T. Minakami, Bull. Earthq. Res. Inst. 25 (1947).
 (4) 表俊一郎, 地震研究所速報 3 (1944).
 (5) 永田武, 實川顯, 地震 16 (1944).
 (6) 宮村攝三, 地震研究所速報 3 (1944).
 (7) 福富孝治, 石川俊夫, 地震 16 (1944).
 (8) (2), (4), (5).
 (9) T. Minakami, Bull. Earthq. Res. Inst. 25 (1947).
 地球の科學 2 (1947).
 (10) 井上宇胤, 驗震時報 14 (1948).
 (11) T. Minakami, Bull. Earthq. Res. Inst. 20 (1942).
 (12) T. Minakami, Bull. Earthq. Res. Inst. 20 (1942).
 (13) 松井林平, 驗震時報 12 (1942).
 植野隆壽 同上
 (14) 萩原尊禮, 表俊一郎, 地震研究所彙報 21 (1943).
 (15) T. Minakami, & S. Sakuma, read at 7th Pacific Science Congress. (1948)
 (16) 永田武, 日本地球電磁氣學會にて發表 (1948).
 (17) T. Nagata, Bull. Earthq. Res. Inst. 21 (1943).
 (18) 野滿隆治, 輕部末雄, 川口武雄, 地球物理 6 (1942).
 野滿隆治, 同上
 (19) 南葉宗利, 地球物理 6 (1942).
 (20) 鹿兒島測候所, 驗震時報 13 (1944).
 (21) 森町觀測所, 驗震時報 13 (1944).
 (22) T. Minakami, K. Matusita & S. Utibori, Bull. Earthq. Res. Inst. 20 (1942).

昭和 26 年 3 月 10 日 印 刷
 昭和 26 年 3 月 15 日 發 行

定 價 250 圓

編 集 者 地 震 學 會
 日 本 地 球 電 氣 磁 氣 學 會
 日 本 地 球 物 理 學 會
 發 行 者 日 本 學 術 振 興 會
 代 表 者 新 谷 武 衛
 東 京 都 台 東 區 上 野 公 園 日 本 學 術 會 議 內

印 刷 所 中 央 製 本 印 刷 株 式 會 社

印 刷 者 草 刈 親 雄
 東 京 都 新 宿 區 市 ヶ 谷 台 町 1 番 地

發 行 所 日 本 學 術 振 興 會
 東 京 都 台 東 區 上 野 公 園 日 本 學 術 會 議 內
 電 話 下 谷 (83) 3511-2

發 賣 元 丸 善 株 式 會 社
 東 京 都 中 央 區 日 本 橋 通 2 丁 目 6 番 地
 { 電 話 日 本 橋 (24) 2123-7
 { 振 替 東 京 5 番