

# 地盤振動の基礎調査 (第 2 報) \*

野越三雄\*\* 西城忠泰\*\*\* 乗富一雄\*\*\*\*

## Fundamental Investigation of the Ground Vibration

Part 2

By Mitsuo NOGOSHI, Tadayasu SAIJŌ and Kazuo NORITOMI

(Received June 20, 1967)

### Abstract

The present investigation was undertaken in order to see a characteristic of the ground vibration in Hachirōgata, Akita Prefecture, as an example.

The relation between the underground structure and the period distribution curves of microtremor at the ground surface in Hachirōgata was obtained by means of the measurement of microtremor.

This relation coincided clearly with some examples of other soft grounds.

The microtremor was measured at the embankment which was damaged by Akita Earthquake of May 7, 1964 and Niigata Earthquake of June 16, 1964.

The fact shows that the embankment has the same relation as that found about the ground.

### 1 緒 言

昭和39年5月7日の秋田沖地震、更に同39年6月16日の新潟地震によって八郎潟干拓地の堤防に被害がもたらされた。防災科学の見地から昭和40年8月と昭和41年8月との2回にわたって八郎潟干拓地に於ける地盤振動の調査をおこなった。昭和40年8月の調査結果についてはすでに速報<sup>1)</sup>が災害科学東北地区研究会で、つづいて防災科学総合シンポジウム(第3回, 1966, 京都)で発表<sup>2)</sup>しており、昭和41年8月での調査結果は速報<sup>3)</sup>として災害科学東北地区研究会で発表した。これは更にデータ解析を進めた調査結果である。前回同様にごく基礎的な調査であり、調査期間の不足もあって地下構造の探査はおこなわず、干拓地及び堤防の常時微動の測定のみをおこなった。前回<sup>2)</sup>の調査では弾性波探査をおこなって地下構造をきめ、その上で常時微動を測定し周期頻度曲線を作った結果、地表に薄い層がある比較的硬い地盤では約0.1<sup>sec</sup>, 0.28<sup>sec</sup>の卓越周期を持った、ややシャープな形の周期頻度曲線が得られるのに対し、厚い軟弱層の所ではその上での常時微動周期頻度曲線は平坦となることがわかった。このような地盤の振動特性を考慮に入れて八郎潟干拓地全域の地盤振動の特性をみるために八郎潟周辺の堤防を一周して干拓地及び堤防の2点(又は3点)で同時測定した。今回までに八郎潟干拓地をかこむ堤防周辺の測定点は約32点ほどに及んでいる。この調査は今後も続行し測定点をふやしていく予定である。尚、前回調査した地区についても測定をおこなった。

以下報告する。

\* 昭和42年5月地震学会春季大会にて発表

\*\* 物理学研究室                   \*\*\* 秋田工業高専

\*\*\*\* 鉱山学部地質学科

## 2 測定器及び測定方法

測定器は昭和40年8月の場合と同様にし、その測定器の結合方式も前回と同様にした。<sup>1), 2)</sup>

地震計は1 c/sの上下、水平動を用いてアンプ、データ・レコーダーの順に結合した。その総合特性はフィルターでハイ・カットし、大体1 c/s～30 c/sの範囲をフラットにしている。干拓地の地盤と堤防との振動特性を比較する意味で地表面と堤防上とで同時測定した。その距離は大体40 m～100 mである。所によってはその間に1点もうけて、3点同時測定をした。昭和40年8月のときに測定した場所では詳しく調査するため、地震計は1 c/s上下動及び水平動を用いたが、その他の干拓地周辺の地盤及び堤防については上下動のみで測定した。常時微動の測定は周期頻度曲線を作るために、金井等と同じく約6分～10分ほど測定し、その中の風、人口的ノイズのない所を2分間ぐらい読みとれるようにした。

## 3 測定点及び測定結果

Fig. 1 に示すように測定点は堤防附近の干拓地及び堤防上そして内側干拓地の数点である。昭和40年8月の調査では測定場所を大きくわけて、秋田沖地震で最も大きな被害を生じた西部承水路堤防附近のA地区 (A<sub>3</sub>)、被害の比較の少なかった中央正面堤防附近のG地区及び被害の殆んどなかった東部承水路堤防附近のD地区の3地区である。今回の調査では干拓地周辺の地盤及び堤防と内側干拓地を測定した。

昭和40年8月の調査ですでにA地区のA<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>, G地区, D地区について次のような調査結果を得ている。即ち弾性波探査をおこなって地下構造をきめ、その地盤上での常時微動を測定し周期頻度曲線を出した結果、A<sub>4</sub>のように地表に薄い層がある比較的硬い(ボーリング結果からは sand) 地盤では比較的短周期の卓越周期を持ったややシャープな形の周期頻度曲線が得られるのに対し、G地区のような厚い軟弱層 (clay) の所ではその地盤上での常時微動の周期頻度曲線はフラットとなることがわかった。このことは八郎瀧干拓地でない他の地域の地盤にもいえることが金井等<sup>4)</sup>の研究から指摘されているのと一致する。D地区はやはり厚い砂層であるがこの場合もG地区と同じようなフラットな周期頻度曲線が得ら

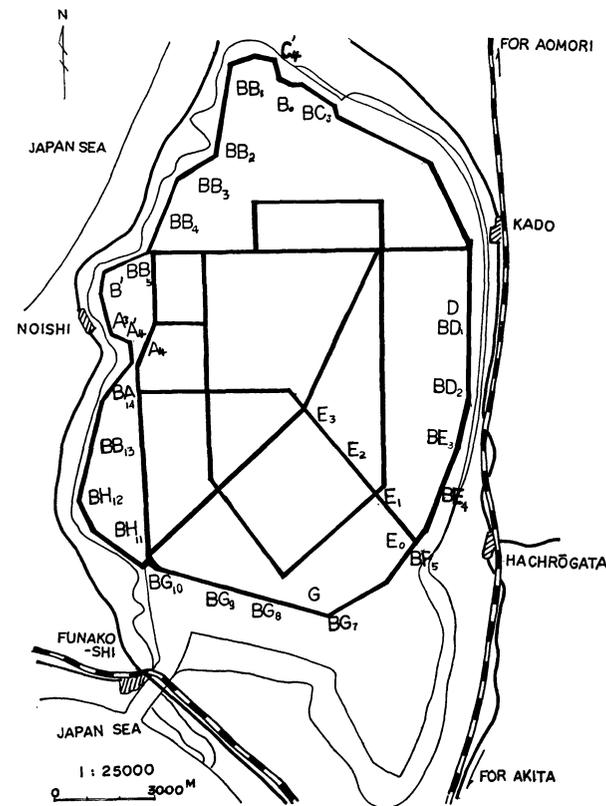


Fig.1 Map of Hachirōgata and measurement place.

れている。又、A<sub>3</sub>は Sand 層と Clay 層が混じり合った複雑な地層であるが、このような所はA<sub>4</sub>よりは少し長い卓越周期を持ったフラットに近い周期頻度曲線を示す。

このような地盤の振動特性を考慮にいれて八郎瀧干拓地周辺の堤防を一周して、干拓地及び堤防の2点 (又は3点) で同時測定した。

Fig. 1 にあるように干拓地周辺の堤防での測定場所は  $BD_1, BD_2, BE_3, BE_4, BF_5, BG_7, G,$   $BG_8, BG_9, BG_{10}, BH_{11}, BH_{12}, BA_{14}, A'_4, A_4, A_3, B', BB_5, BB_4, BB_3, BB_2, BB_1, B_0, C'_4,$   $BC_3$  である。尚、図に於けるDと $BB_{13}$ は測定失敗である。これらの測定点の間隔は大体  $2\text{ km}$  とした。更に、内側干拓地では、漸次へドロが厚くなっていく  $E_0, E_1, E_2, E_3$  に於いて測定した。内側干拓地での測定点はずっとふやしたかったが工事中の所が大部分のため今回はこの程度となった。各測定点での常時微動の周期頻度曲線はまとめて Fig. 2-1, Fig. 2-2, Fig. 2-3, Fig. 2-4, Fig. 2-5, Fig. 2-6, Fig. 2-7, Fig. 2-8, Fig. 2-9, Fig. 2-10, Fig. 2-11 に示した。これらの周期頻度曲線を見ると、大体の傾向として、4つのタイプに分けられようである。即ち、1つのタイプは短周期 ( $0.1\sim 0.2\text{ sec}$ ) の所に1つの山を持ち、その山がシャープに出現しているものである。このタイプはA地区 $A_4$ に於いて多くみられ、前述のようにその地下構造も地表に薄い層のある比較的硬い地盤であり、このタイプを A-Type とする。これに対照的な1つのタイプがあって、これは顕著な卓越周期を持たずその周期頻度曲線がフラットの形になっているものである。これはG地区での周期頻度曲線と似ているので、このタイプを G-Type とした。更に、この2つのタイプが混在しているもの、即ち、1つは前のタイプが少しくずれた形をしており、ややシャープな形の周期頻度曲線となるもの、他の1つはそのくずれかたが後者のタイプにより近くなっておりややフラットな形の周期頻度曲線となっているものと分けられる。そして前者のややシャープな形で A-Type がくずれた周期頻度曲線を  $\dot{A}G$ -Type とし、後者のややフラットな形で周期頻度曲線が表われるのを  $\dot{A}\dot{G}$ -Type とした。以上の4つのタイプの分け方をわかりやすく模式的に図にしたのが Fig. 3 である。勿論、これらのタイプのどれに属するか微妙な周期頻度曲線もあるが、大体に於いて

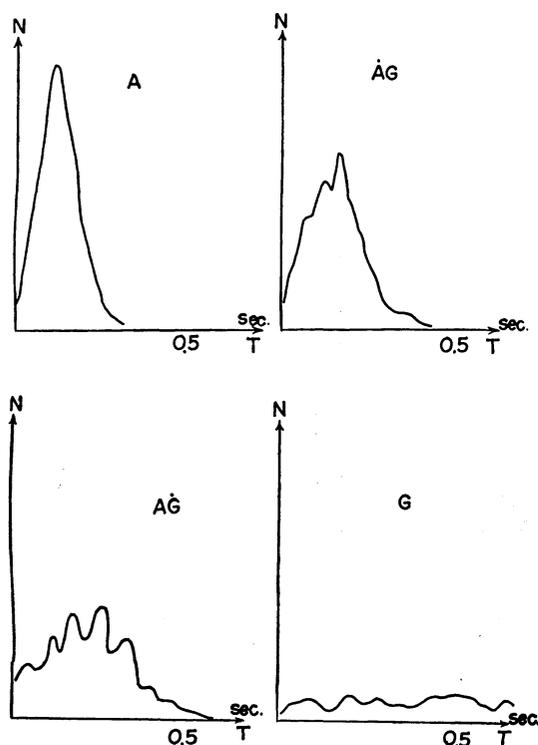


Fig. 3 Four types of frequency-period curves.

殆んど4つのタイプに分けられる。これらの A,  $\dot{A}G$ ,  $\dot{A}\dot{G}$ , G-Type を使って干拓地の地盤について、その分布を地図上に示したのが Fig. 4 である。但し、D地区でのGは前回の調査の時の結果である。尚、測定についての詳しい説明を Table 1-1, Table 1-2, Table 1-3 に示した。これらを見ると明らかかなように、地層の厚い所は sand, clay にかかわらずG-Type がみられ、地表に薄い層があるような所では A-Type になっており、その境界にあたる所が  $\dot{A}G$ , 又は  $\dot{A}\dot{G}$ -Type になっている。又、G-Type の附近では  $\dot{A}\dot{G}$ -Type が、A-Type の附近は  $\dot{A}G$ -Type を示していて、やはり地下構造を明らかに反映している。尚、地層の詳細な点はボーリングがなされていないので（未だ整理されていないものもある）、今後検討したい。（又、 $BD_1, BD_2, BE_3$  の測定点の近くで測定中に承水路上でサンド・ポンプが働いていたので、この影響が入っているかとも考えられる。）又、内側干拓地での測定点  $E_1, E_2, E_3$  についてみると、その地下構造を反映して  $E_1 \rightarrow E_2 \rightarrow E_3$  と漸次へドロが厚くなっていくに従って、 $\dot{A}G$ ,

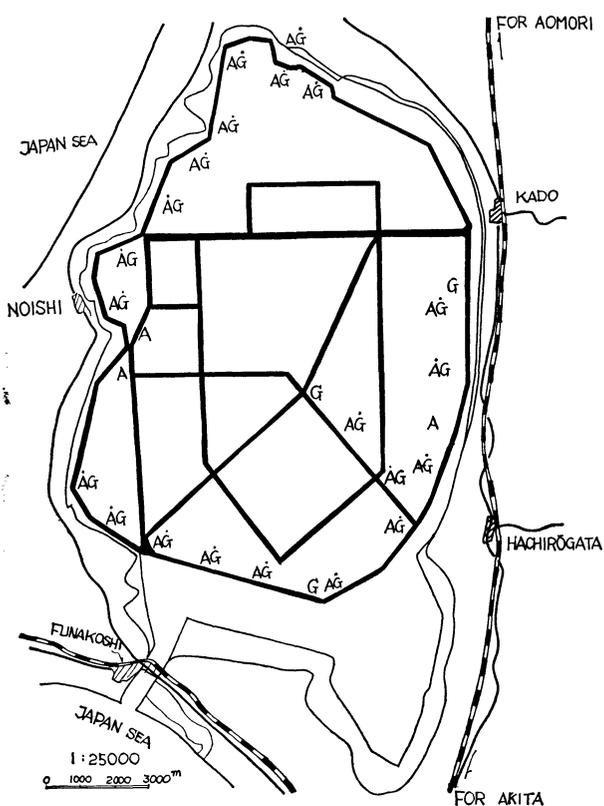


Fig. 4 Distribution of four types of frequency-period curves.

AG, G-Type とその 周期頻度曲線も変化していくのがみられ、へドロが厚くなると長周期の常時微動が出現してくる。しかし、よく注意するとE<sub>3</sub>では地震計の成分によっていくらか異なるような傾向がみられるので今後更に検討したい。

次に、昭和40年8月での測定と昭和41年8月での測定とを比較してみる。干拓地の地盤上での比較はFig.5に示した。図中の——は昭和41年8月、……は昭和41年8月での測定である。これで見ると、A<sub>4</sub>での上下動 (V), A<sub>3</sub>の堤防に直角な水平成分 (H<sub>R</sub>), そして堤防に平行な水平成分 (H<sub>P</sub>) とも、1年後の場合の方がその卓越周期は短周期の方にずれてきているのが明らかであるが、G地区ではその逆の傾向がみられる。これは明らかに経年のためその浅い地下構造、及び地層の物理的性質に変化が起きたことを示している。これに対して堤防上の常時微動の経年変化はA<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>ともFig.6にみられるように変化はなく干拓地の地盤上とは対照的である。これは、堤防体の

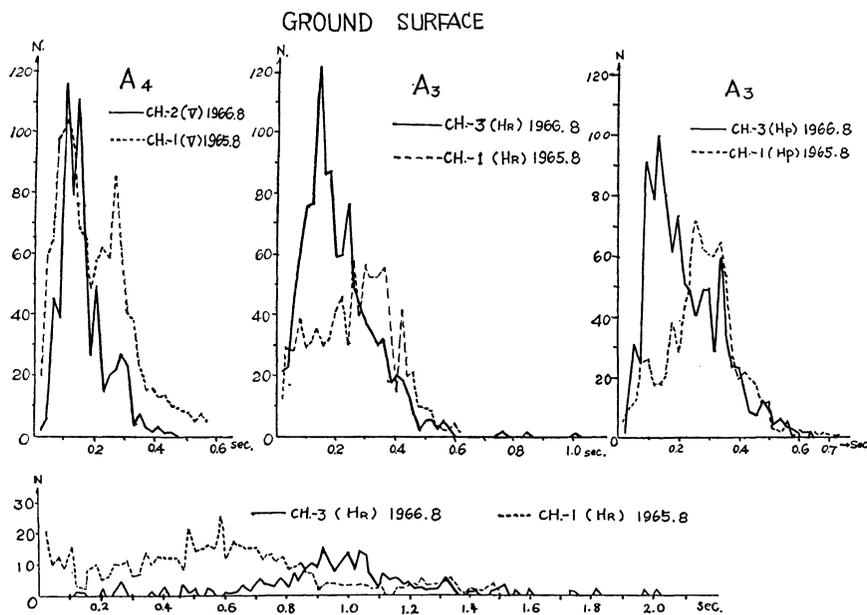


Fig. 5 Comparative frequency-period curves of microtremor at the ground surface on August, 1965 and 1966.

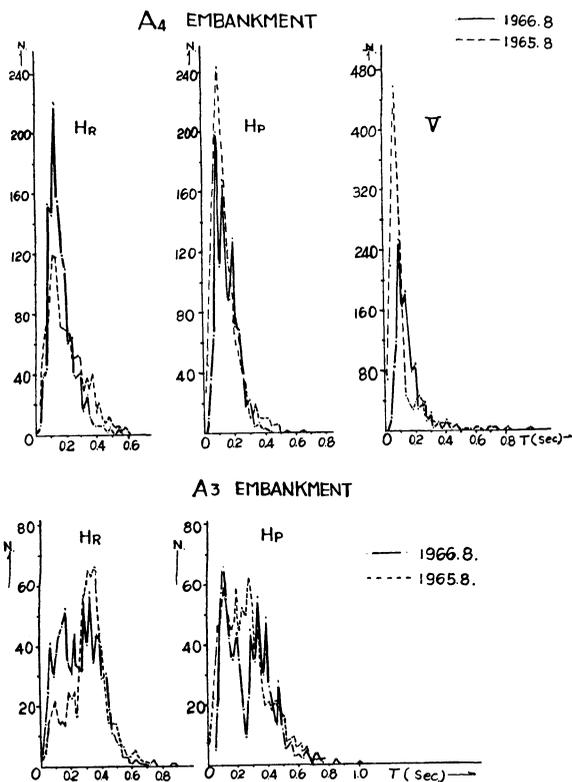


Fig. 6 Comparative frequency-period curves of microtremor at the embankment on August, 1965 and 1966.

していない堤防もあり堤防体の振動は複雑である。この意味で、堤防体のみの振動をみるために、Fig. 8 の上図の如く堤防上の B' で堤防の曲り角を中心にして3点 (S, M, N) 同時測定をおこなってみた。又、Fig. 8 にはその3点に於ける波形、堤防体の断面を示した。この箇所は前述の地震のとき、被害の大きかった所で、後に述べるようにその浅い地下構造は非常に複雑であり、堤防体の直下3.8 mまでは砂で置換してある。<sup>5)</sup> この3点での常時微動の波形は明らかにS点とM, N点とは違っている。これらの波形について周期頻度曲線を作ると Fig. 9 の上図のようになる。即ち、S点は約0.30secの卓越周期を持ったシャープな形の周期頻度曲線、M, N点は大体似たようなAG-Typeの周期頻度曲線となる。このようにS点はM点、N点と近い点にあるにもかかわらず非常に異った振動をしていることが明らかとなった。更に、この3点での振動の性質をみるために、各点で自己相関係数を計算した。

一般に、 $x(t)$  を平均値0、分散1の定常時系列とすると自己相関係数  $\rho(\tau)$  は次式で与えられる。<sup>6)</sup>

$$\rho(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T x(t) \cdot x(t + \tau) dt$$

これを雑微動、火山性微動などの解析に使われている<sup>8)</sup> 友田の方法によって求めた。即ち、相関係数  $\rho(x, y)$  の近似値として

$$r(+1, -1) = \frac{N_+ - N_-}{N_+ + N_-}$$

直下の地下構造が1年という時間差ではさほど変化しないことを意味しているように考えられる。この経年変化は今後更に測定を続けながら検討したい。

次に堤防体の振動について述べる。

まず堤防上について測定点20点 (G, BD<sub>2</sub>, BE<sub>3</sub>, BE<sub>4</sub>, BF<sub>5</sub>, BG<sub>7</sub>, BG<sub>9</sub>, BH<sub>12</sub>, BH<sub>11</sub>, BA<sub>14</sub>, BG<sub>8</sub>, A<sub>4</sub>, A<sub>3</sub>, BG<sub>10</sub>, BC<sub>3</sub>, B<sub>0</sub>, BB<sub>2</sub>, BB<sub>3</sub>, BB<sub>4</sub>, BB<sub>5</sub>) について干拓地上の周期頻度曲線と堤防上での周期頻度曲線とを比較した。これを Fig. 7-1, Fig. 7-2, Fig. 7-3 に示した。但し、この場合読み取った時間はいくらか異なる。即ち、ノイズの関係上両者の頻度数がいくらか異っている。周期頻度曲線が干拓地の地盤上と堤防上とに於いてきわだってその卓越周期の山のズレがみられるのは A<sub>3</sub> であって、その他は殆んど同じ周期頻度曲線を示している。従って、殆んどの堤防点では地盤と同じような振動特性を持っていて、その共振振動数は大体一致しているのであるが、A<sub>3</sub> のみがわずかに違っている。

このように、地盤と必ずしも同じ振動を

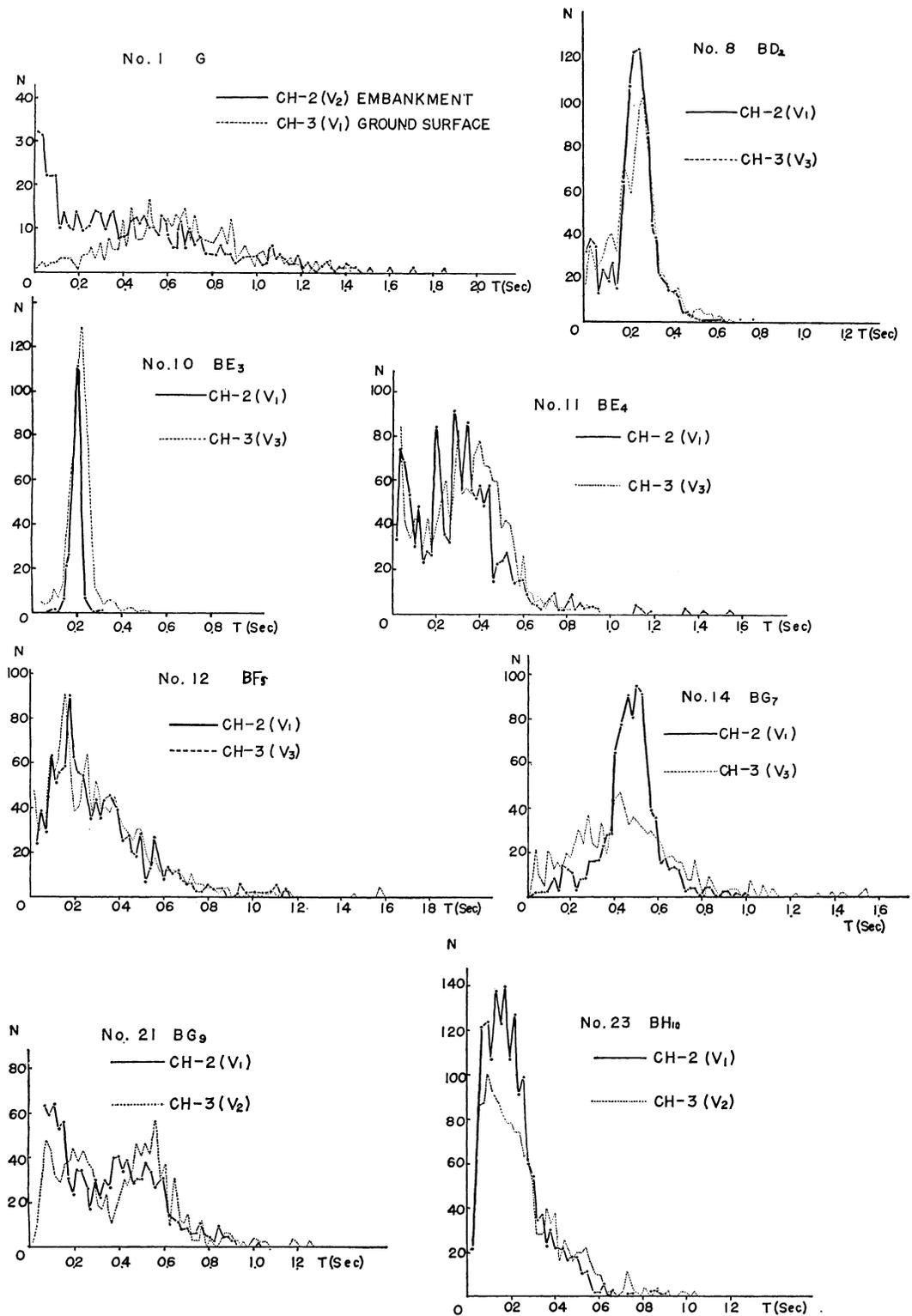


Fig. 7-1 Comparative frequency-period curves of microtremor at the ground surface and at the embankment on August, 1966.

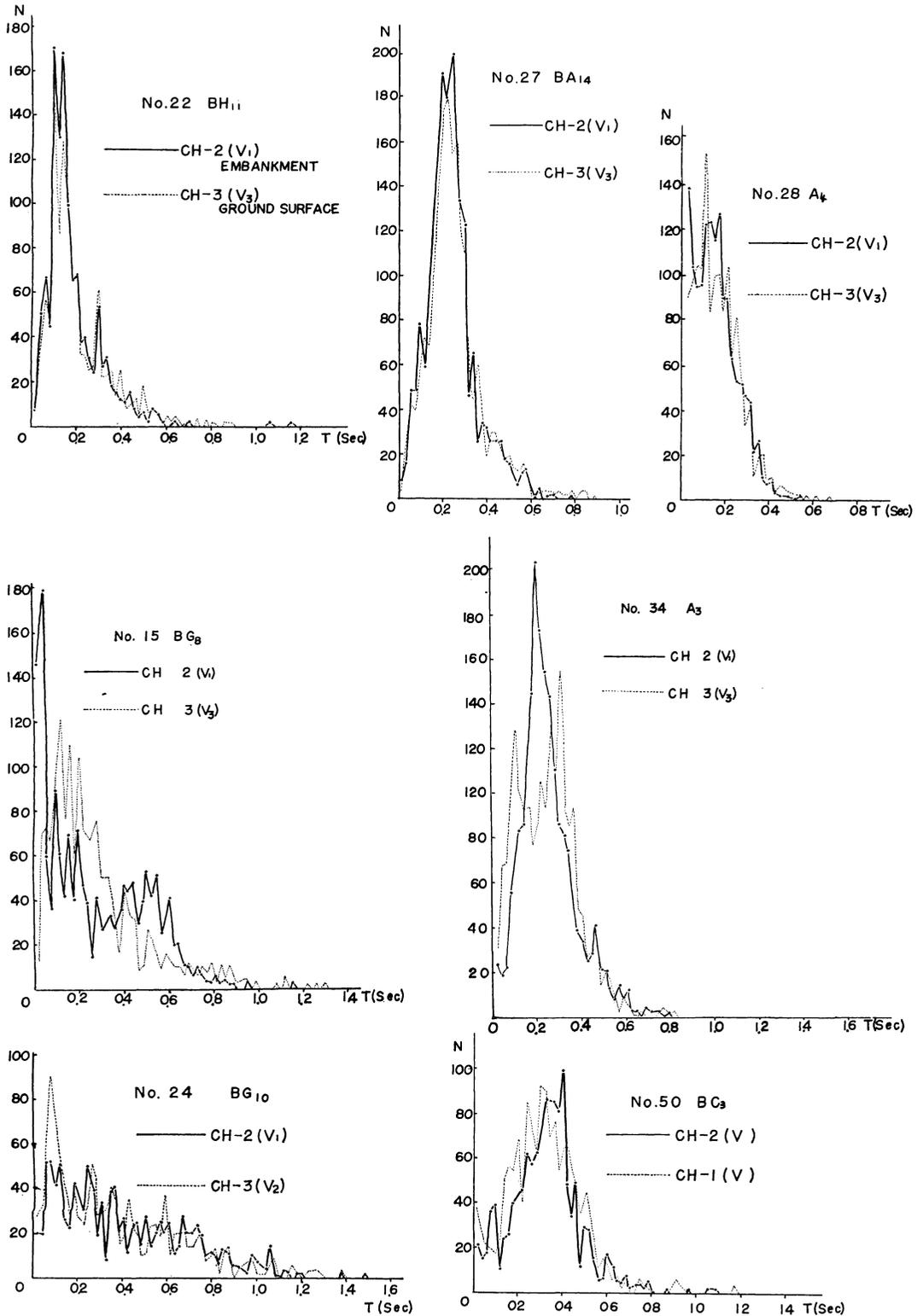


Fig. 7-2 Comparative frequency-period curves of microtremor at the ground surface and at the embankment on August, 1966.

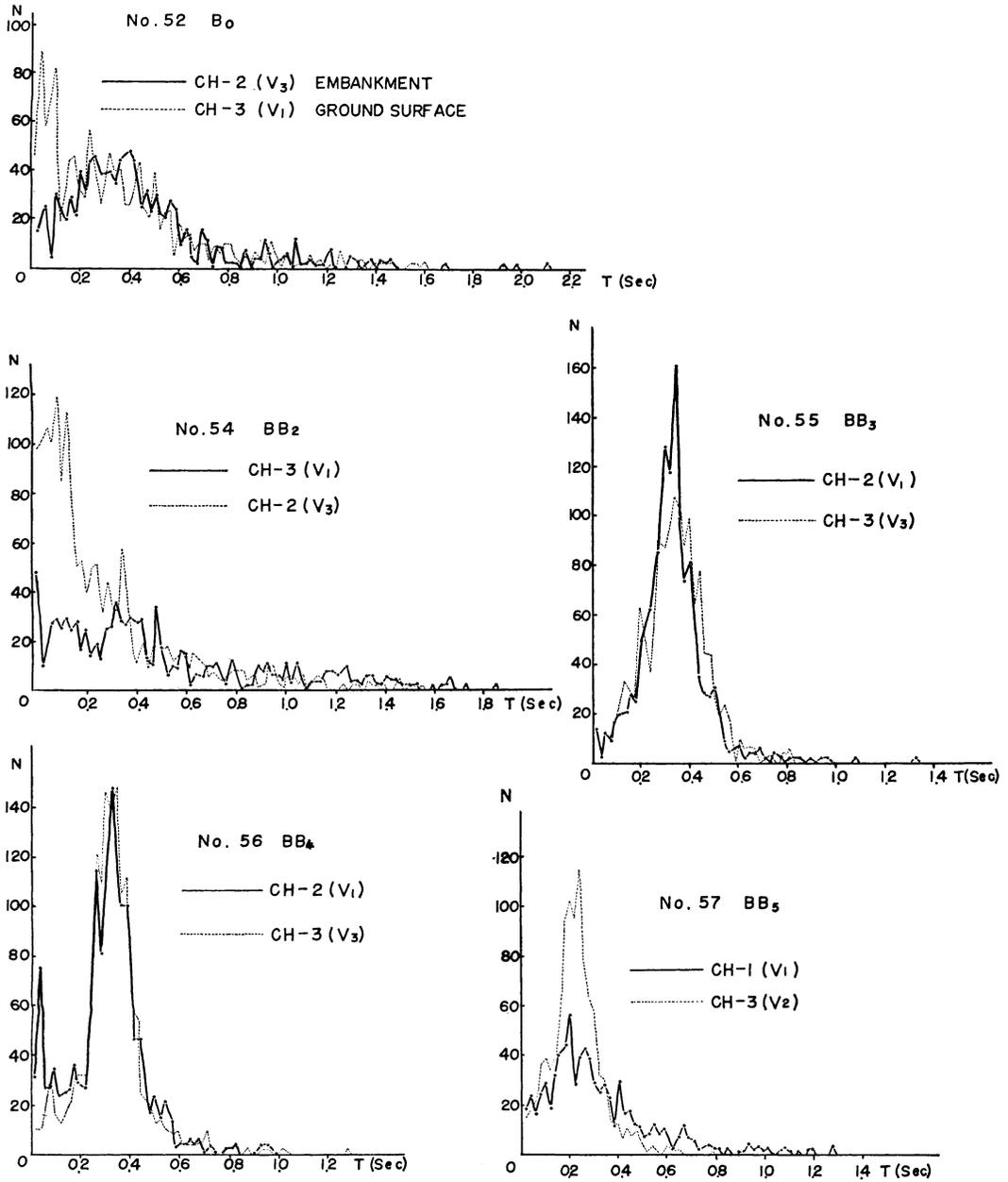


Fig. 7—3 Comparative frequency-period curves of microtremor at the ground surface and at the embankment on August, 1966.

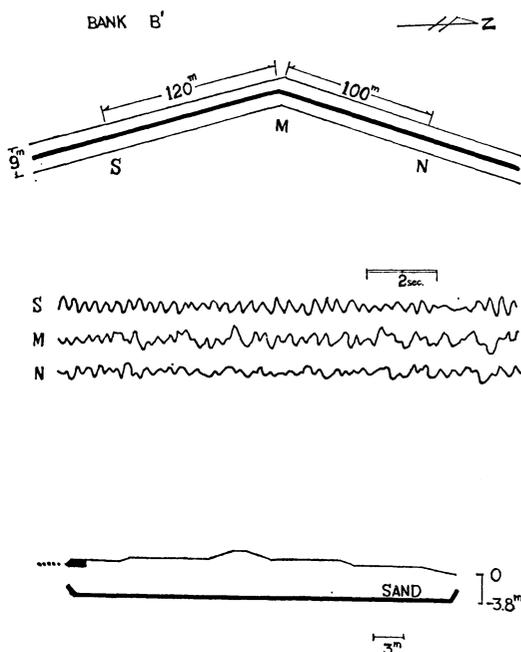


Fig. 8 Three measurement points (N, M, S) at the embankment (B'), the wave forms of microtremor at three measurement points and the cross section of the embankment (B').

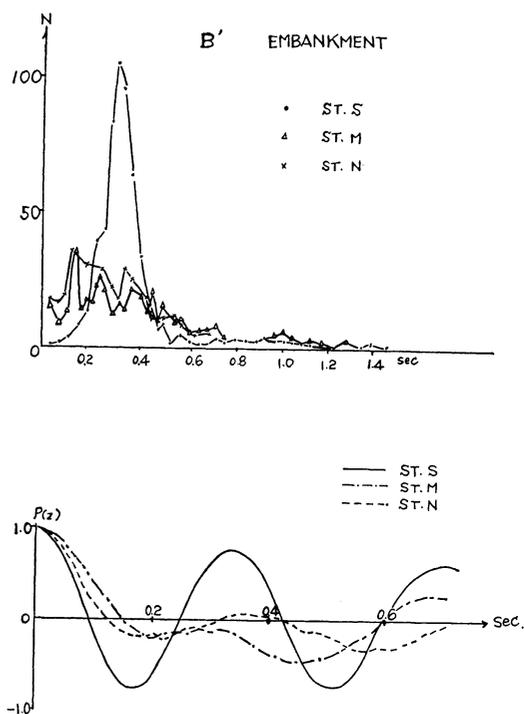


Fig. 9 Frequency-period curves and autocorrelation coefficients of microtremor at the embankment (B').

を求める。但し、 $N_+$  は変数  $x, y$  が同符号の場合の数、 $N_-$  は変数  $x, y$  が異符号の場合の数、 $N_+ + N_-$  は Sample 数である。この  $r$  は、2 変数  $x, y$  の分散を  $\sigma_x, \sigma_y$ 、確率密度を  $p(x, y)$  とすれば、相関係数  $\rho(x, y)$  が

$$\rho(x, y) = \frac{1}{\sigma_x \sigma_y} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} xyp(x, y) dx dy$$

となることから、

$$\sin \frac{\pi}{2} r = \rho(x, y)$$

として求められる。<sup>8)</sup> この相関係数を前の自己相関係数  $\rho(\tau)$  に直し、Sample 数400個、<sup>9)</sup>  $\tau=1/50$  sec. として計算した。この結果が Fig. 9 の下図である。これをみても明らかのように、S点での振動は非常に規則正しく時間に対してもあまり減衰しないことを示している一方、M、N点での振動は相関は小さく、すぐ減衰することを示し、全く振動の特性が異なっていることがわかった。この点については地下構造との関連もあることと考えられるが、堤防体の振動特性として注目される。更に、今後は2点間の相互相関係数も計算して比較してみたい。

最後に昭和39年5月7日の秋田沖地震で特に震害のひどかった西部承水路堤防について調べてみる。その地下構造を貫入抵抗坑(P. R.)で示し、震害箇所も示したのが Fig.10 である。又、堤防上の周期頻度曲線のタイプと卓越周期及び干拓地上の周期頻度曲線のタイプと卓越周期を示した。但し卓越周期の山が1つ以上ある場合にはその範囲を線分の長さで示し、その線中の黒点はその中で最大の頻度を持つ周期であることを示す。又、その線分を点線で表わしてあるのが AG-Type の所であり、

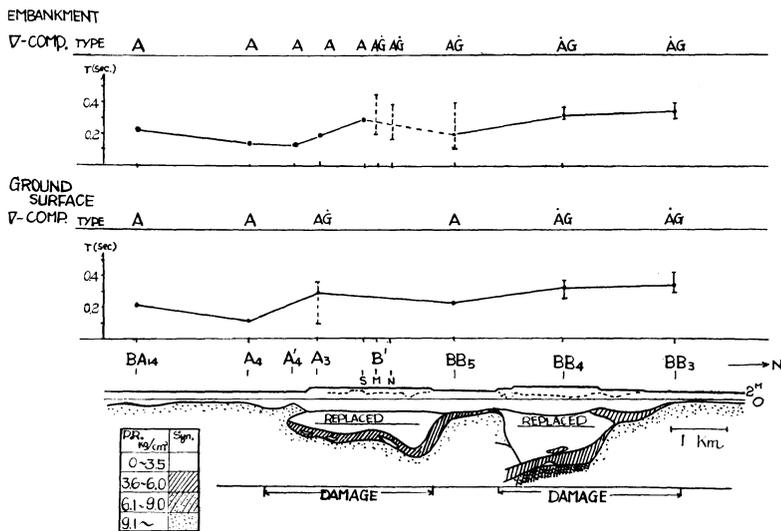


Fig.10 Relation among the predominant period and the types of frequency-period curves of microtremor and the underground structure (BA<sub>14</sub>—BB<sub>3</sub>).

P. R.: Penetration Resistance

..... After shock

そうでない線で表わしてあるのが  $\dot{A}G$ -Type の所である。更に、堤防下に示した点線は前記の地震の時沈下したことを示す。卓越周期の変化は堤防も干拓地も大体同じようになっているが、前述したようにその最も違っているのが、A<sub>3</sub> 附近である。堤防自体も地盤の振動特性の影響をうけるのは確かであるが、干拓地の地盤振動がわりと単純に地下構造を反映している。即ち、A<sub>3</sub>、BB<sub>4</sub> のように複雑な地下構造ではその周期傾度曲線が  $\dot{A}G$ 、 $\dot{A}G$ -Type であり、A<sub>4</sub>、BB<sub>5</sub> のような所では A-Type を示す。又、堤防体の振動は堤防体の曲り角などの結合性に影響があるのか、単純な地下構造の反映ではなく、その附近の堤防体の振動特性の影響もうけてもっと複雑な振動を示していると考えられる。又、地震動災害のあった個所とその地盤の卓越周期をみるとやはり、周期の長い方と対応しているのがみられ、堤防体の方も大体そのような傾向にある。しかし、地震で被害をうけた堤防はその後新しく手直しされ、この測定はその新しい堤防でおこなわれたことを附記する。尚、今後もこれらのデータをまして、堤防体の振動という問題も取扱いたいと考えている。

#### 4 結 語

現在までのデータ解析からは次のようなことがまとめられる。

- (1) 八郎潟干拓地の振動特性を示す常時微動の周期傾度曲線は大体ヘドロ（又は砂層）の厚い所ではフラット (G-Type)、表層に薄い比較的硬い地盤の所ではシャープに (A-Type) 山が出現する。そして、その境界の所では両者が混在した形の  $\dot{A}G$ 、 $\dot{A}G$ -Type の周期傾度曲線となる。
- (2) 内側干拓地に於ける測定点 E<sub>1</sub>、E<sub>2</sub>、E<sub>3</sub> の点での周期傾度曲線にみられるように、ヘドロの厚さの増大に従って長い周期が出現し、 $\dot{A}G$ -Type から G-Type に移行していくのがみられる。
- (3) 八郎潟干拓地での 1 年後の常時微動の周期傾度曲線はやや短周期の方へずれることがわかり、堤防上でのそれは殆んど変化していない。
- (4) 八郎潟干拓地周辺の堤防と干拓地での常時微動はともによく地下構造を反映しているが、場所によっては異っている場合もみられる。即ち、大部分は両者の振動特性が一致するが A<sub>3</sub> のような

所は一致していない。

(5) 西部承水路堤防に於いてはB'で明らかに全く異った振動特性をもつ境界が存在する。

(6) 昭和39年5月7日の地震で被害をうけた堤防の個所をみると、その堤防の卓越周期は一般にいわれているようにやはり長い周期(0.30~0.34sec)を持っている。

この調査に於いて、いろいろ便宜をはかってくださった八郎潟干拓事務所の方々に厚くお礼申し上げます。測定、解析の際には鉱山学部地質学科大学院学生佐藤、彭両君及び同4年次学生尾上君に協力してもらった。この研究は昭和41年度科学研究費(災害科学)によっておこなわれた。

#### 参 考 文 献

- 1) 野越三雄, 西城忠泰, 山下四郎, 乗富一雄: 八郎潟に於ける地盤振動の基礎調査, 東北地域災害科学研究報告, 昭和41年3月
- 2) 野越三雄, 西城忠泰, 山下四郎, 乗富一雄: 地盤振動の基礎調査—八郎潟の例(1)—, 秋大地研報告, 第34号, 昭和41年9月
- 3) 野越三雄, 西城忠泰: 八郎潟に於ける地盤振動の基礎調査(その2), 東北地域災害科学研究報告, 昭和42年3月
- 4) K. Kanai, T. Tanaka and K. Osada: Measurement of Microtremor (I~VIII), B. E. R. I., 32 (1954) ~ 39 (1961)
- 5) 八郎潟干拓事務所: 男鹿沖地震(仮称)による堤防災害について, 八郎潟新農村建設計画調査委員会報告書, 社会法人, 土質工学会, 昭和39年5月
- 6) 堀川明: ランダム変動の解析, 共立出版社, 昭和40年12月
- 7) K. Aki: Space and Time Spectra of Stationary Stochastic Waves, with Special Reference to Microtremor, B. E. R. I., June, 1957  
 K. Akamatu: On Microseisms in Frequency Range from 1 c/s to 200 c/s, B. E. R. I., Dec., 1960  
 本谷義信, 野越三雄: 火山の微動と間歇泉及び噴気孔の微動, 火山, 第2集, 第8巻, 第1号, 1963年6月  
 菊地茂智, 追幹雄: 阿蘇山の火山性微小地震について(I), 火山, 第2集, 第11巻, 第2号, 1966年9月
- 8) Y. Tomoda: A Simple Method for Calculating the Correlation Coefficient, J. P. E., 4, 1956
- 9) K. Akamatu: TOMODA'S Method for Calculating the Correlation Coefficient as Applied to Microtremor Analysis, 4, 1956

No.	地区 (測定点)	地震計	場所	備 考	卓越周期 (sec)		型	
					堤防上	干拓地		
1	G	CH-2 V <sub>2</sub>	堤防上		フラット		G	
		CH-3 V <sub>1</sub>	干拓地(1)				フラット	G
2	G	CH-2 H <sub>3</sub>	堤防上	堤防に平行な方向	フラット		G	
		CH-3 H <sub>2</sub>	干拓地(1)				フラット	G
3	G	CH-2 H <sub>3</sub>	堤防上	堤防に直角な方向	フラット		G	
		CH-3 H <sub>2</sub>	干拓地(1)				フラット	G
4	G	CH-1 V <sub>1</sub>	堤防上	垂直 堤防に平行 } 3-comp. 堤防に直角 }	フラット		G	
		CH-2 H <sub>3</sub>	堤防上				フラット	G
		CH-3 H <sub>2</sub>	堤防上				フラット	G
5	G	CH-1 V <sub>1</sub>	干拓地(1)	垂直 堤防に平行 } 3-comp. 堤防に直角 }		フラット	G	
		CH-2 H <sub>3</sub>	干拓地(1)				フラット	G
		CH-3 H <sub>2</sub>	干拓地(1)				フラット	G
6	BD <sub>1</sub>	CH-2 V <sub>1</sub>	堤防上				AG	
		CH-3 V <sub>3</sub>	干拓地(1)					0.14~0.38
7	BD <sub>1</sub>	CH-2 V <sub>1</sub>	堤防上	堤防と干拓地(1)との間		0.20	A	
		CH-3 V <sub>3</sub>	干拓地(2)				0.20	
8	BD <sub>2</sub>	CH-2 V <sub>1</sub>	堤防上		0.26		A	
		CH-3 V <sub>3</sub>	干拓地(1)				0.20~0.28	AG
9	BD <sub>2</sub>	CH-2 V <sub>3</sub>	堤防上	堤防と干拓地(1)との間	0.20~0.24		AG	
		CH-3 V <sub>1</sub>	干拓地(2)				0.20~	A
10	BE <sub>3</sub>	CH-1 V <sub>2</sub>	干拓地(2)	堤防と干拓地(1)との間		0.20	A	
		CH-2 V <sub>1</sub>	堤防上				0.20	A
		CH-3 V <sub>3</sub>	干拓地(1)			0.22	A	
11	BE <sub>4</sub>	CH-2 V <sub>1</sub>	堤防上		0.20~0.44		AG	
		CH-3 V <sub>3</sub>	干拓地(1)				0.24~0.48	AG
12	BF <sub>5</sub>	CH-1 V <sub>2</sub>	干拓地(2)			0.26~0.50	AG	
		CH-2 V <sub>1</sub>	堤防上				0.10~0.20	AG
		CH-3 V <sub>3</sub>	干拓地(1)			0.10~0.30	AG	
14	BG <sub>7</sub>	CH-2 V <sub>1</sub>	堤防上		0.46, 0.50		AG	
		CH-3 V <sub>3</sub>	干拓地(1)				0.28~0.50	AG
15	BG <sub>8</sub>	CH-2 V <sub>1</sub>	堤防上		0.10, 0.20, 0.50		AG	
		CH-3 V <sub>3</sub>	干拓地(1)				0.12~0.28	AG
16	E <sub>1</sub>	CH-3 V <sub>2</sub>	干拓地(1)			0.12, 0.24	AG	

Table 1-1 Positions and directions of seismographs in the measurement places, predominant period and types of microtremor.

No.	地区 (測定点)	地震計	場所	備考	卓越周期 (sec)		型
					堤防上	干拓地	
17	E <sub>2</sub>	CH-3 V <sub>2</sub>	干拓地(1)			0.20, 0.24, 0.30	A $\dot{G}$
18	E <sub>3</sub>	CH-2 V <sub>2</sub>	干拓地(1)	東西方向の水平成分 南北方向の水平成分		フラット	G
		CH-3 H <sub>1</sub>	干拓地(1)			フラット	G
20	E <sub>3</sub>	CH-2 V <sub>2</sub>	道路上			0.10, 0.20, 0.36	A $\dot{G}$
		CH-3 V <sub>1</sub>	干拓地(1)			0.12, 0.24, 0.40	A $\dot{G}$
21	BG <sub>9</sub>	CH-2 V <sub>1</sub>	堤防上		0.12, 0.40, 0.52		A $\dot{G}$
		CH-3 V <sub>2</sub>	干拓地(1)			0.20, 0.52, 0.56	A $\dot{G}$
22	BH <sub>11</sub>	CH-2 V <sub>1</sub>	堤防上		0.10, 0.14		A $\dot{G}$
		CH-3 V <sub>3</sub>	干拓地(1)			0.10, 0.14	A $\dot{G}$
23	BH <sub>12</sub>	CH-2 V <sub>1</sub>	堤防上		0.10~0.22		A $\dot{G}$
		CH-3 V <sub>2</sub>	干拓地(1)			0.10~0.28	A $\dot{G}$
24	BG <sub>10</sub>	CH-2 V <sub>1</sub>	堤防上		0.12~0.36		A $\dot{G}$
		CH-3 V <sub>2</sub>	干拓地(1)			0.08~0.34	A $\dot{G}$
25	E <sub>0</sub>	CH-2 V <sub>1</sub>	道路上			0.20, 0.24	AG
		CH-3 V <sub>2</sub>	干拓地(1)			0.20, 0.26	AG
27	BA <sub>14</sub>	CH-2 V <sub>1</sub>	堤防上		0.20, 0.24		A $\dot{G}$
		CH-3 V <sub>3</sub>	干拓地(1)			0.20, 0.26	A
28	A <sub>4</sub>	CH-1 V <sub>2</sub>	干拓地(2)			0.10, 0.24	A $\dot{G}$
		CH-2 V <sub>1</sub>	堤防上		0.10, 0.26		A $\dot{G}$
29	A <sub>4</sub>	CH-3 V <sub>3</sub>	干拓地(1)				0.10, 0.20
		CH-1 H <sub>2</sub>	干拓地(2)	堤防に直角な方向		0.10	A
30	A <sub>4</sub>	CH-2 H <sub>1</sub>	堤防上		堤防に平行な方向	0.10, 0.16	
		CH-3 H <sub>3</sub>	干拓地(1)				0.10, 0.24
31	A <sub>4</sub>	CH-2 H <sub>1</sub>	堤防上	堤防に平行な方向	0.10, 0.16		A $\dot{G}$
		CH-3 H <sub>3</sub>	干拓地(1)				0.10, 0.16
32	A <sub>4</sub>	CH-1 H <sub>2</sub>	干拓地(1)	堤防に直角 垂直	3-comp.	0.10	A
		CH-2 V <sub>3</sub>	干拓地(1)			0.10	A
33	A <sub>4</sub>	CH-3 H <sub>3</sub>	干拓地(1)	堤防に平行 堤防に直角	3-comp.	0.10	A
		CH-1 H <sub>1</sub>	堤防上			0.10, 0.14	A $\dot{G}$
34	A <sub>3</sub>	CH-2 V <sub>1</sub>	堤防上	垂直	3-comp.	0.10, 0.14	A $\dot{G}$
		CH-3 H <sub>3</sub>	堤防上			0.14, 0.16	A
33	A' <sub>4</sub>	CH-2 V <sub>2</sub>	堤防上			0.14	A
34	A <sub>3</sub>	CH-1 V <sub>2</sub>	干拓地(2)	表層をけずる		0.10~0.30	A $\dot{G}$
		CH-2 V <sub>1</sub>	堤防上	50cmけずってヘドロ上 に	0.20		A
CH-3 V <sub>3</sub>	干拓地(1)		0.10, 0.30			A $\dot{G}$	

Table 1-2 Positions and directions of seismographs in the measurement places, predominant period and types of microtremor.

No.	地区 (測定点)	地震計	場所	備考	卓越周期 (sec)		型
					堤防上	干拓地	
35	A <sub>3</sub>	CH-1 H <sub>2</sub>	干拓地(2)	堤防に直角な方向	0.18, 0.30, 0.34	0.10, 0.14	AG
		CH-2 H <sub>1</sub>	堤防上				AG
		CH-3 H <sub>3</sub>	干拓地(1)				AG
36	A <sub>3</sub>	CH-1 H <sub>2</sub>	干拓地(2)	堤防に平行な方向	0.12, 0.20, 0.34	0.10, 0.20, 0.30	AG
		CH-2 H <sub>1</sub>	堤防上				AG
		CH-3 H <sub>3</sub>	干拓地(1)				AG
37	A <sub>3</sub>	CH-1 H <sub>2</sub>	干拓地(2)	堤防に平行 垂直 堤防に直角	3-comp.	0.10, 0.14, 0.34	AG
		CH-2 V <sub>2</sub>	干拓地(2)				AG
		CH-3 H <sub>3</sub>	干拓地(2)				AG
50	BC <sub>3</sub>	CH-1 V <sub>3</sub>	干拓地(1)	八郎潟干拓地からはず れた所	0.24, 0.32, 0.40	0.20, 0.30, 0.36	AG
		CH-2 V <sub>1</sub>	堤防上				AG
		CH-3 V <sub>2</sub>	干拓地(2)				AG
51	C' <sub>4</sub>	CH-3 V <sub>3</sub>	道路上	八郎潟干拓地からはず れた所	0.20, 0.26, 0.40	(0.1, 0.34)	AG
		CH-1 V <sub>2</sub>	干拓地(2)				AG
		CH-2 V <sub>3</sub>	堤防上				AG
53	BB <sub>1</sub>	CH-3 V <sub>1</sub>	干拓地(1)	八郎潟干拓地からはず れた所	0.20, 0.26, 0.40	0.24, 0.32, 0.44	AG
		CH-2 V <sub>3</sub>	干拓地(1)				AG
		CH-3 V <sub>1</sub>	道路上				AG
54	BB <sub>2</sub>	CH-1 V <sub>2</sub>	道路上	八郎潟干拓地からはず れた所	0.10, 0.14, 0.36	0.14, 0.20, 0.28	AG
		CH-2 V <sub>3</sub>	干拓地(1)				AG
		CH-3 V <sub>1</sub>	堤防上				AG
55	BB <sub>3</sub>	CH-1 V <sub>2</sub>	干拓地(2)	八郎潟干拓地からはず れた所	0.30, 0.34	フラット	G
		CH-2 V <sub>1</sub>	堤防上				AG
		CH-3 V <sub>3</sub>	干拓地(1)				AG
56	BB <sub>4</sub>	CH-1 V <sub>2</sub>	干拓地(2)	八郎潟干拓地からはず れた所	0.26, 0.32	0.28, 0.34, 0.40	AG
		CH-2 V <sub>1</sub>	堤防上				AG
		CH-3 V <sub>3</sub>	干拓地(1)				AG
57	BB <sub>5</sub>	CH-1 V <sub>1</sub>	堤防上	八郎潟干拓地からはず れた所	0.20, 0.26, 0.40	0.26, 0.30, 0.34	AG
		CH-2 V <sub>3</sub>	干拓地(2)				AG
		CH-3 V <sub>2</sub>	干拓地(1)				AG
58	B'	CH-1 V <sub>2</sub>	堤防上	八郎潟干拓地からはず れた所	0.14, 0.20, 0.36	0.10, 0.20, 0.24	AG
		CH-2 V <sub>1</sub>	堤防上				AG
		CH-3 V <sub>1</sub>	堤防上				A

Table 1-3 Positions and directions of seismographs in the measurement places, predominant period and types of microtremor.

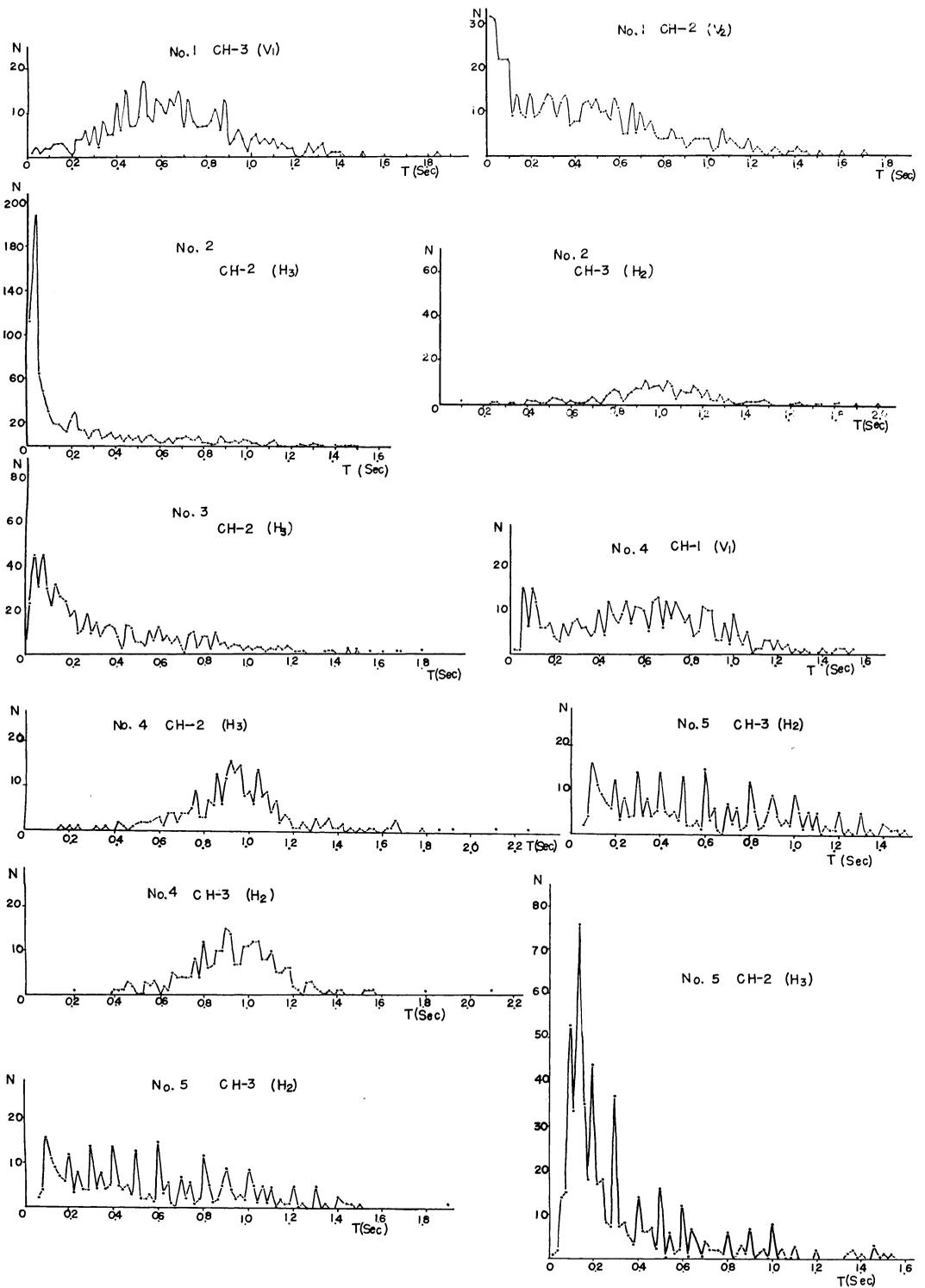


Fig. 2—1 Frequency-period curves of microtremor in each measurement place.

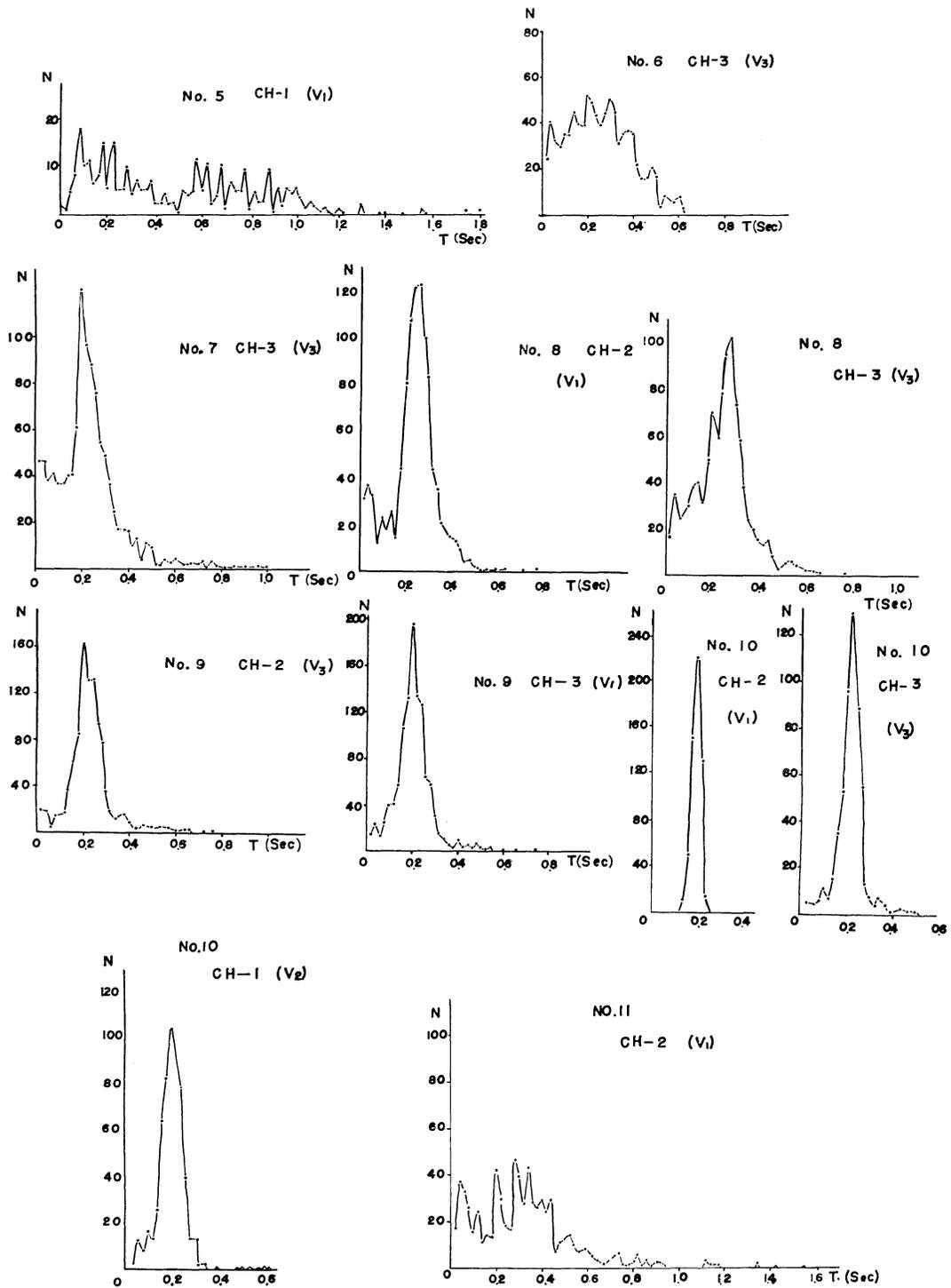


Fig. 2-2 Frequency-period curves of microtremor in each measurement place.

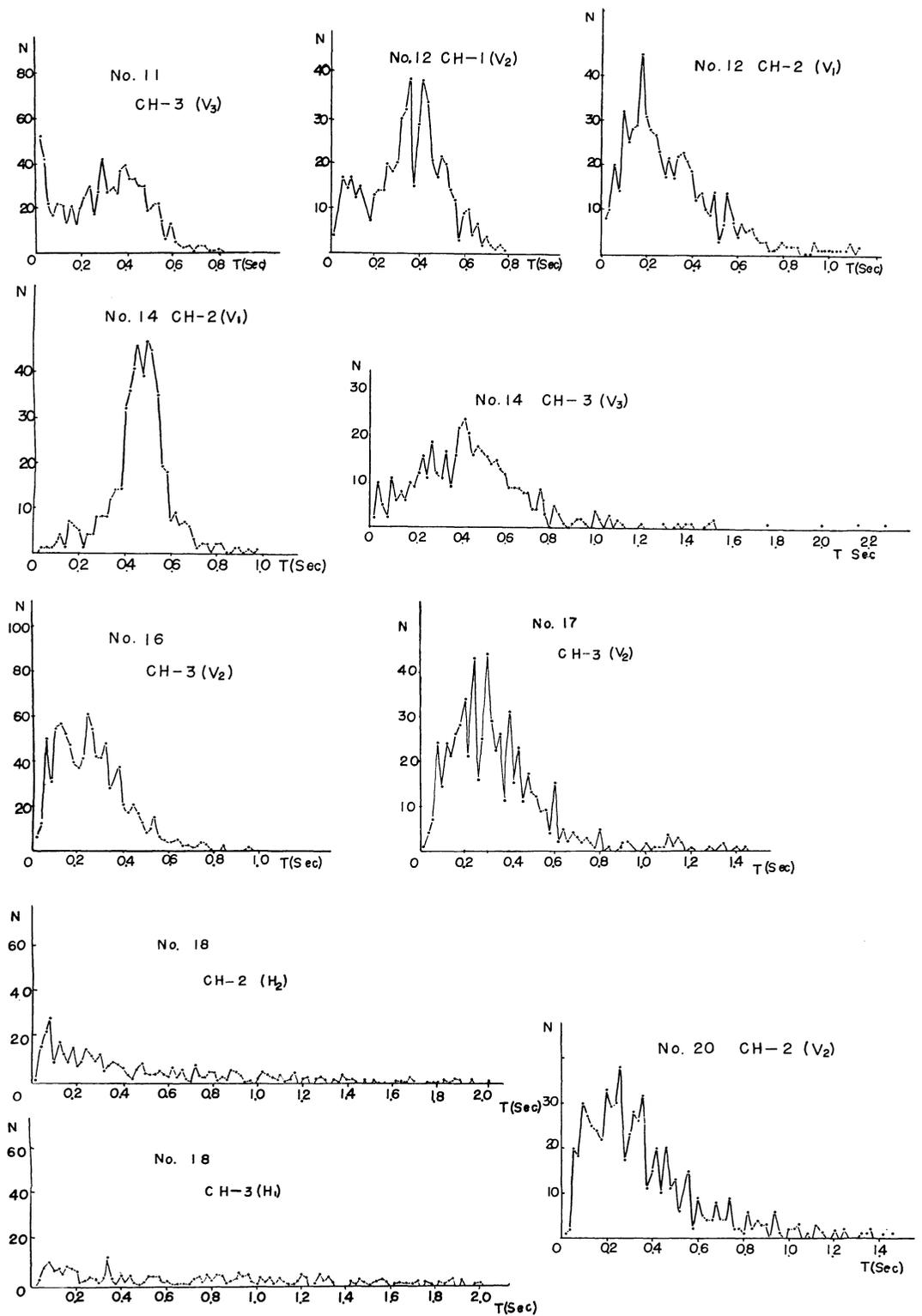


Fig. 2-3 Frequency-period curves of microtremor in each measurement place.

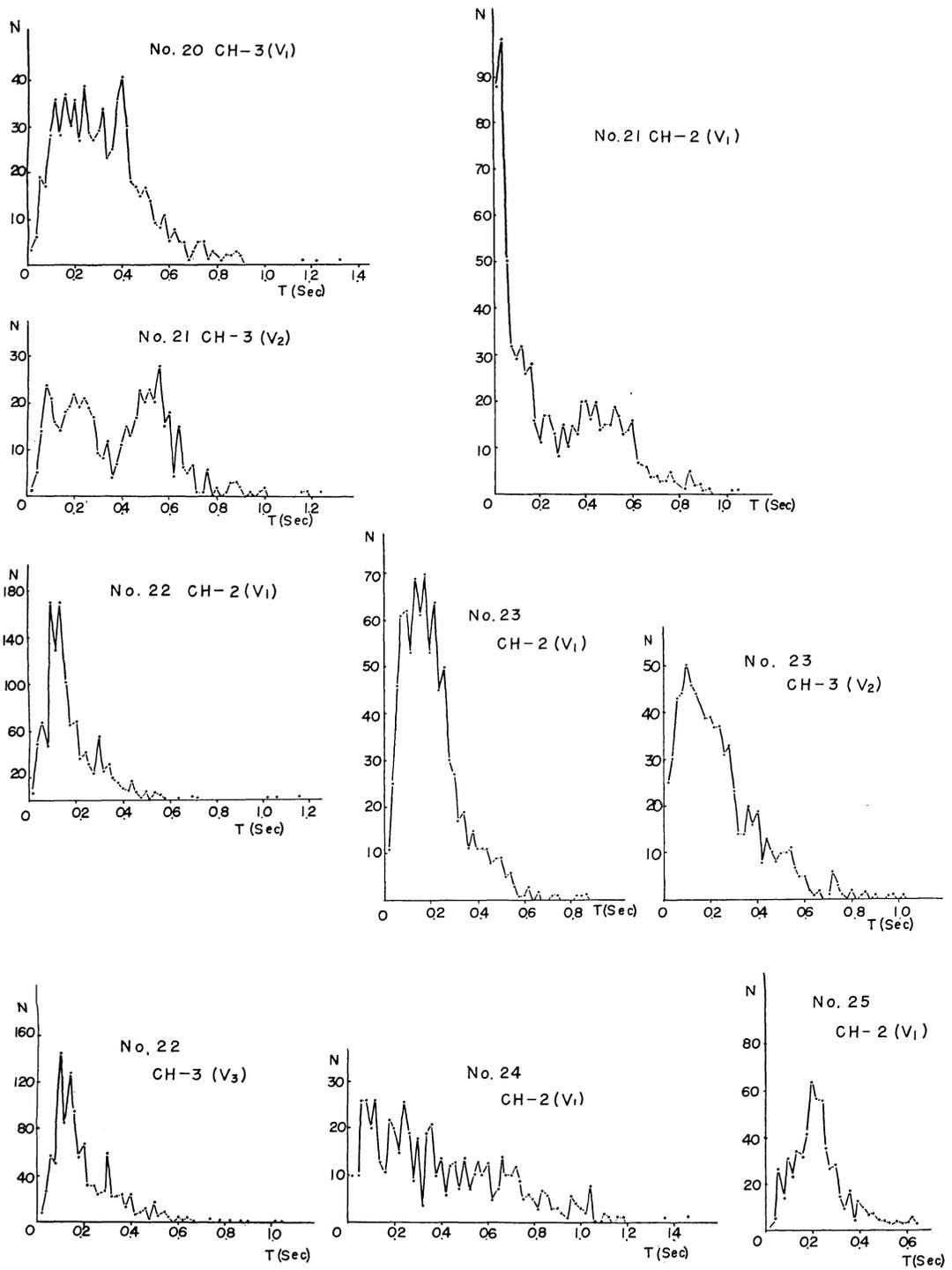


Fig. 2-4 Frequency-period curves of microtremor in each measurement place.

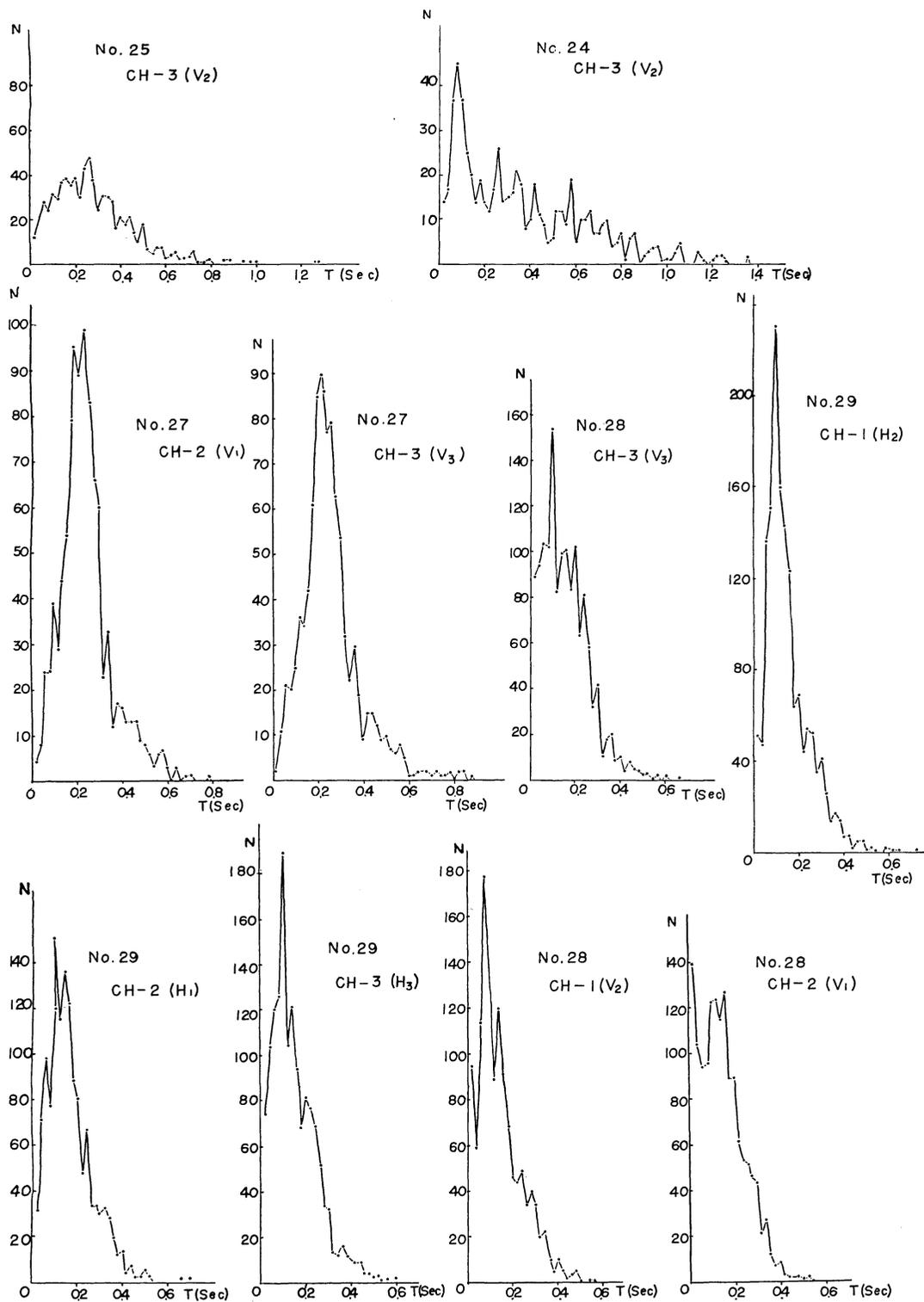


Fig. 2-5 Frequency-period curves of microtremor in each measurement place.

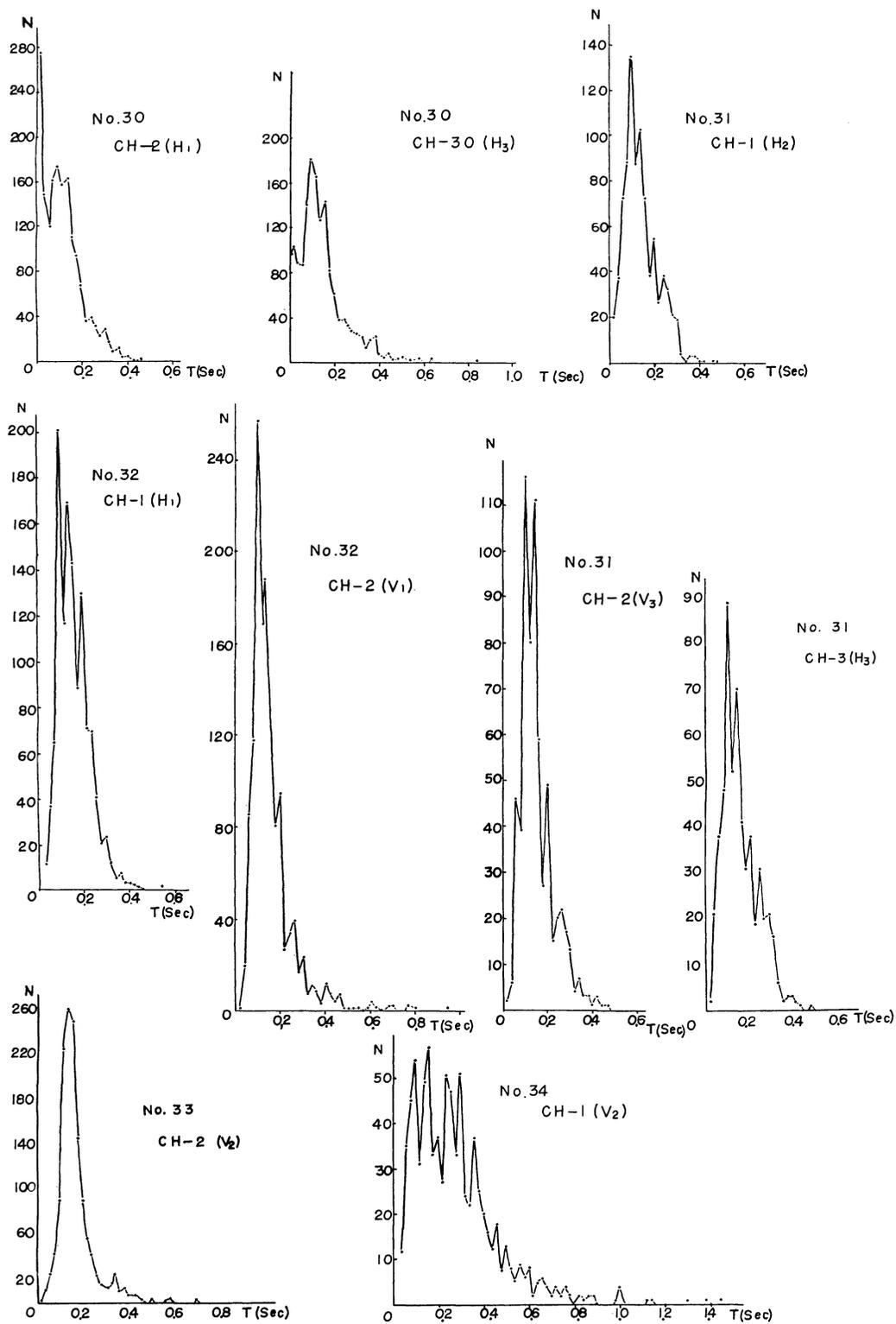


Fig. 2-6 Frequency-period curves of microtremor in each measurement place.

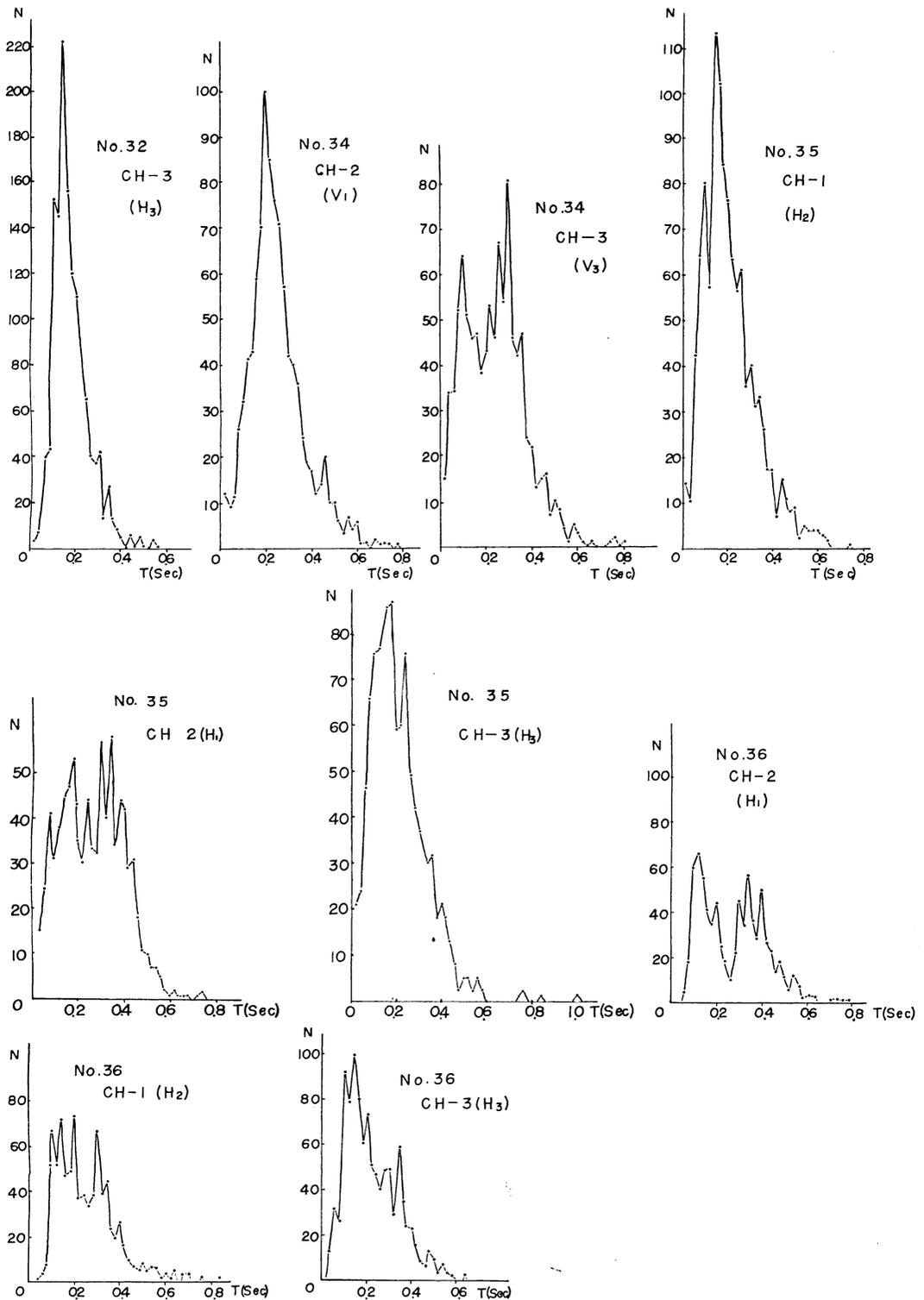


Fig. 2-7 Frequency-period curves of microtremor in each measurement place.

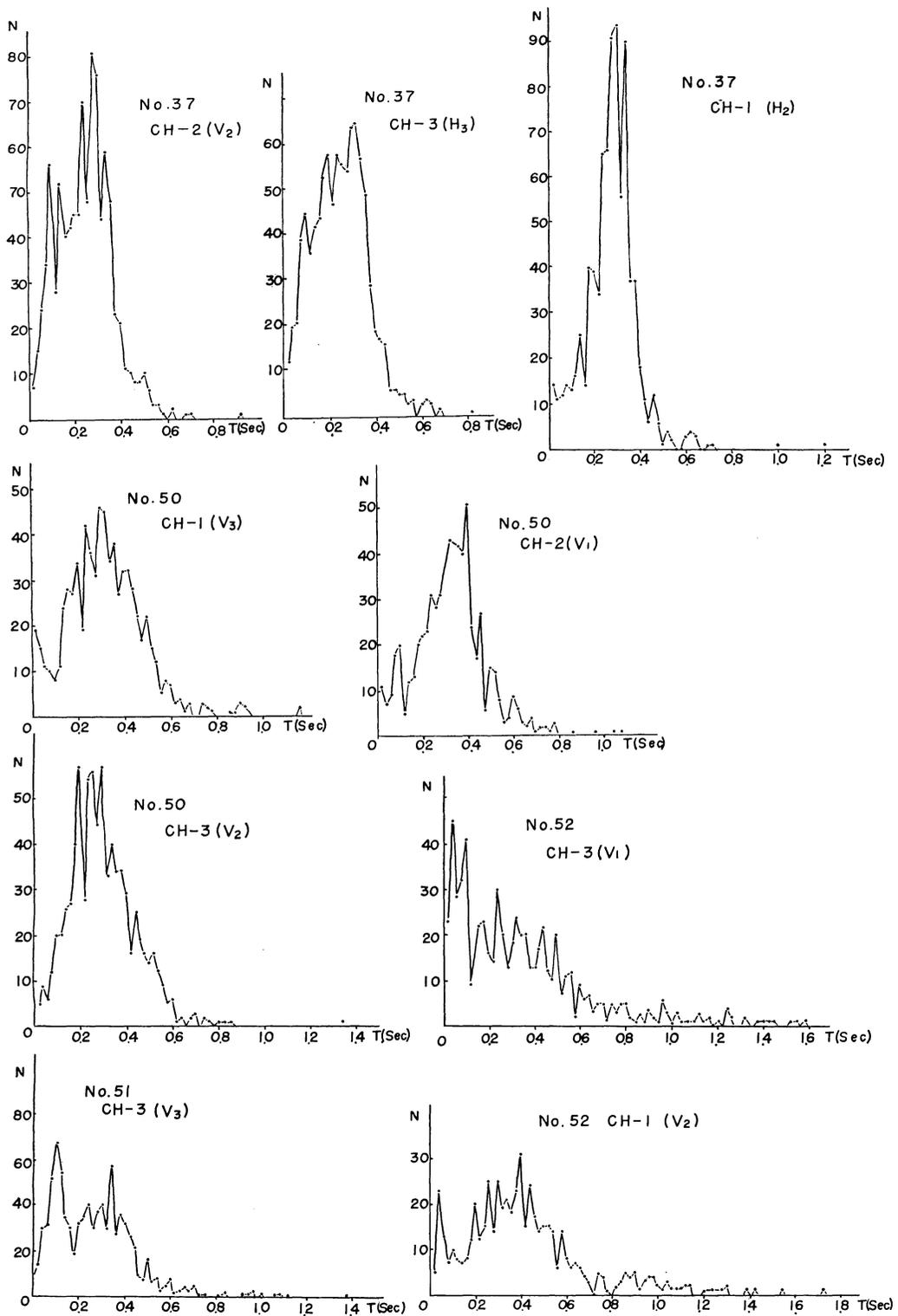


Fig. 2-8 Frequency-period curves of microtremor in each measurement place.

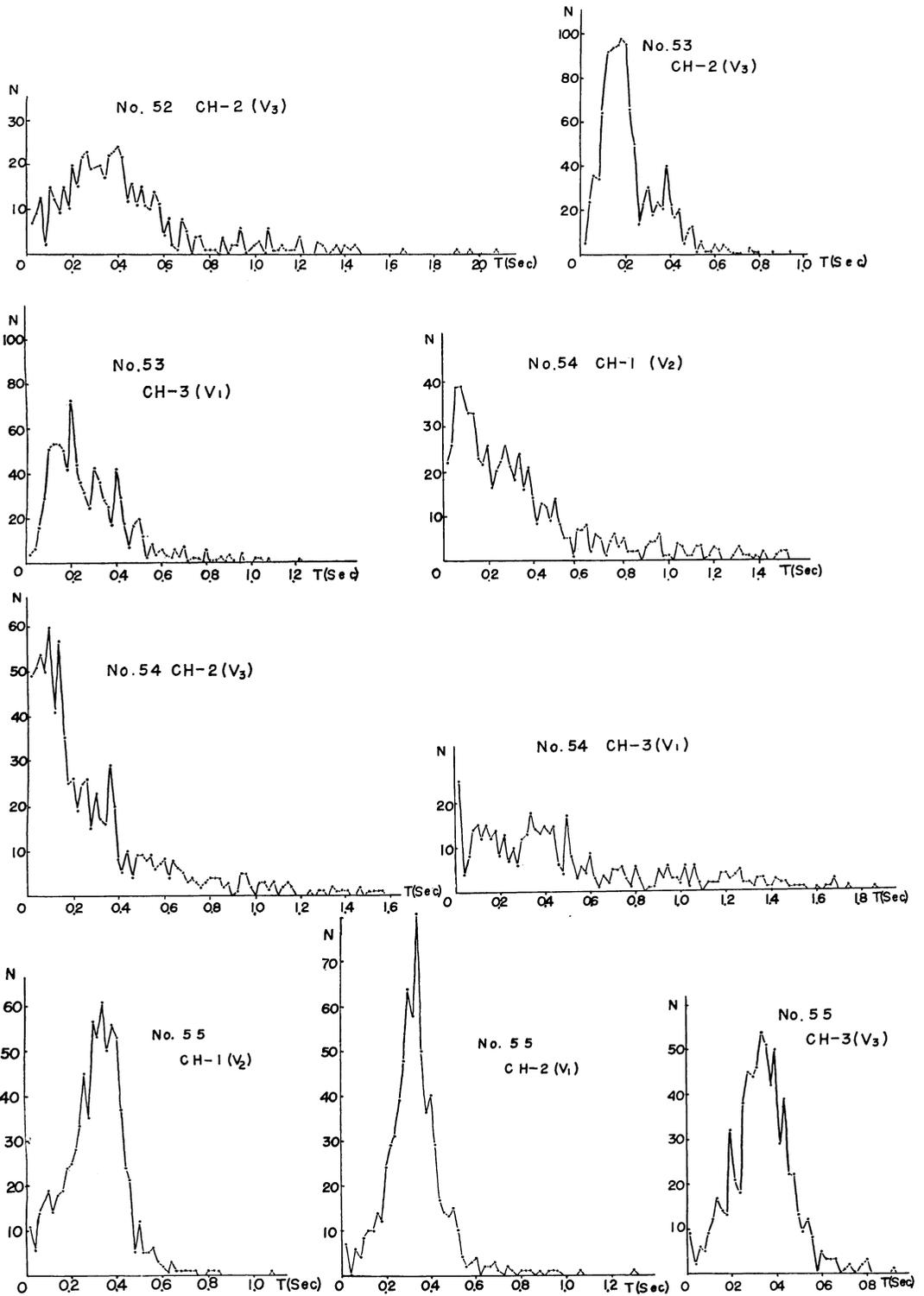


Fig. 2-9 Frequency-period curves of microtremor in each measurement place.

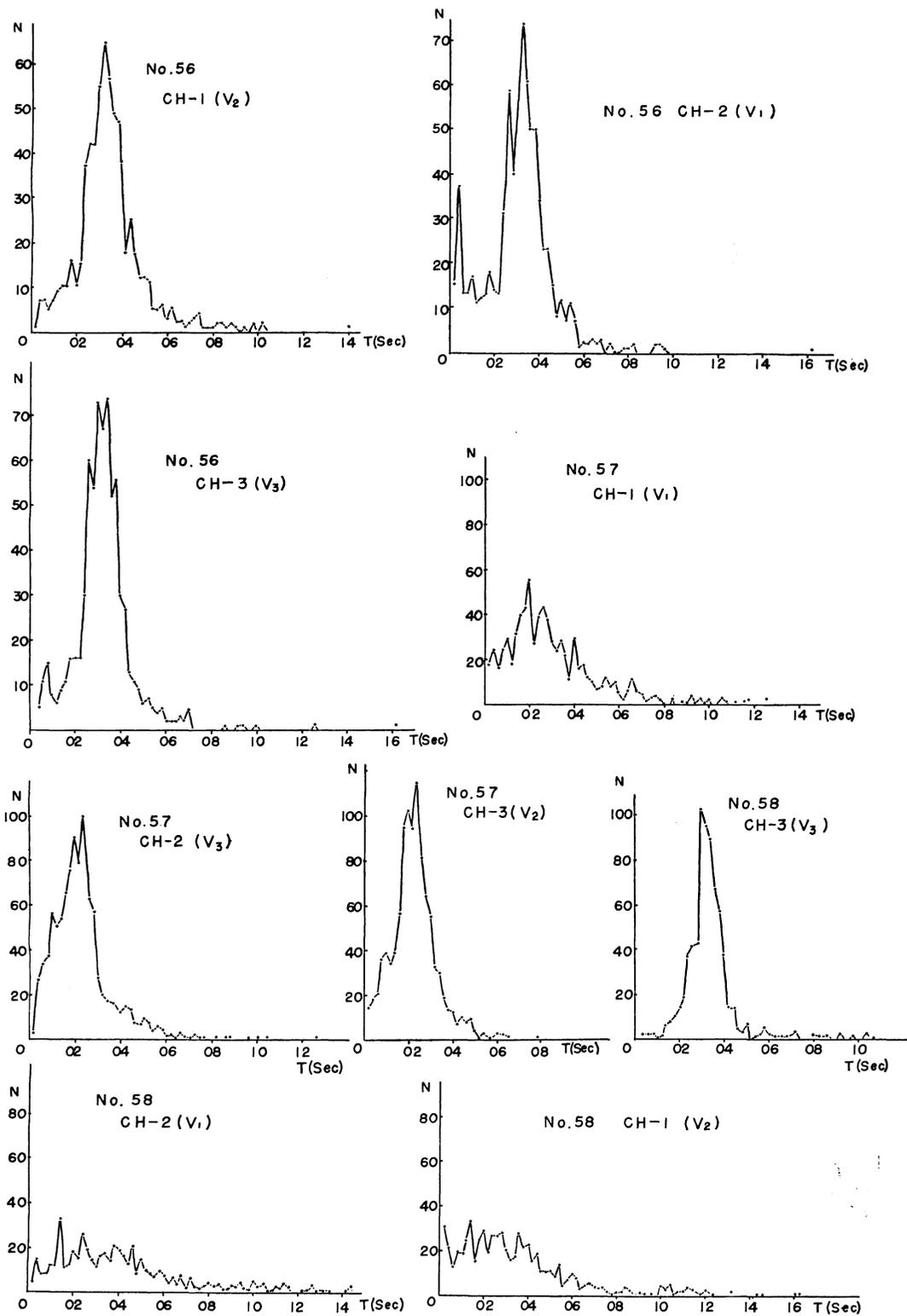


Fig. 2-10 Frequency-period curves of microtremor in each measurement place.

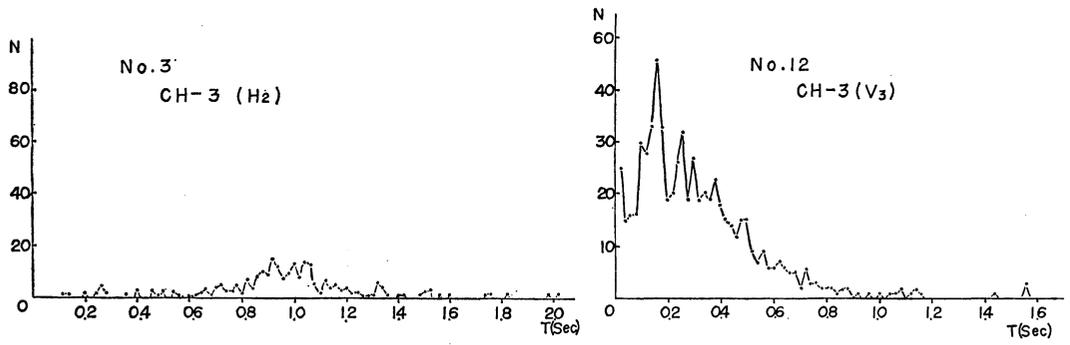


Fig. 2—11 Frequency-period curves of microtremor in each measurement place.