

#### 4) 測量作業

##### a) 陸上測量内容

以下に陸上における測量作業の概要を記述する。

[1] 測線測量: 実施計画書に基づき予定測線上に 50m 毎に杭打ちを実施し、受振及び発振点(バイブレータ及びダイナマイト)を木杭で表示した。

[2] RTK 測量: 国家三角点を与点として、測線近傍に基準点を設置した。

[3] 多角測量: 国家三角点、公共基準点、RTK 測量で設置した基準点を与点として、測線付近に多角測量及び細部測量を実施した。

[4] 水準測量: 各多角点を与点として、間接水準測量により受振点・発振点の平面直角座標値及び標高値を決定した。

##### b) 使用基準点

本作業では 24 地点の国家三角点及び基準点を使用した。国家三角点の状況は測定作業期間を通じて良好であった。

反射法大阪バイブレータ測線、屈折法大阪バイブレータ測線、反射法伊賀バイブレータ測線、反射法鈴鹿バイブレータ測線及び屈折法鈴鹿バイブレータ測線は、実測を伴う測量作業を行ったが、滋賀県甲賀地域の独立型受振システムの設置区間及びダイナマイト発振点については、各市町村が発行している詳細図からの図上読み取りによって測量座標を確定した。

##### c) 測線作成

発振点及び受振点位置を示す測線図の作成には以下の 2 種類の測地システムを用い、国土地理院の地形図[ 1:25000, 1:50000 ]に対応させた。

[基準系 1]

SPHEROID	: BESSEL
SEMI MAJOR AXIS	: 6377397.15500(METERS)
SEMI MINOR AXIS	: 6356078.96300(METERS)
PROJECTION	: U.T.M.
ZONE NUMBER	: 53
ORIGIN LATITUDE	: 00-00-00.000 N
ORIGIN LONGITUDE	: 135-00-00.000 E
SCALE FACTOR	: 0.9996
FALSE NORTH	: 0.0(METERS)
FALSE EAST	: 500000.0(METERS)

[基準系 2]

SPHEROID	: GRS80
SEMI MAJOR AXIS	: 6378137.00000(METERS)
SEMI MINOR AXIS	: 6356752.31400(METERS)
PROJECTION	: U.T.M.
ZONE NUMBER	: 53
ORIGIN LATITUDE	: 00-00-00.000 N

ORIGIN LONGITUDE : 135-00-00.000 E  
SCALE FACTOR : 0.9996  
FALSE NORTH : 0.0(METERS)  
FALSE EAST : 500000.0(METERS)

## 5) フィールドテスト

### a) バイブレータパラメータテスト

上限及び下限周波数の確定、長大震源アレイの必要性、及び有効重合回数とノイズレベルの把握を以下に記述するフィールドパラメータテストとして実施した。

### b) スイープ周波数帯域

深部反射波の有効周波数帯域、表面波、屈折多重反射波等のコヒーレントノイズの強度を把握することを目的として、スイープ周波数を 6-35Hz,6-40Hz,8-40Hz,8-50Hz に設定したテストを実施した。併せて、Start 周波数及び End 周波数のテーパー値についても 300msec と 500msec に設定したテストを実施した。

屈折波及び往復走時 1.5-1.6 秒において確認される先新第三系基盤面からの反射波等から、有効周波数帯域はその上限が約 40Hz であることが把握された。従って、表層近傍での起震エネルギーの減衰、低周波帯域に発振エネルギーを集中させることによるバイブレータ起震機構への負荷等を総合的に勘案して、End 周波数を 40Hz とすることに決定した。

### c) ノイズエディット(スイープ長を含む)

本調査でのバイブレータ発振に関わる受振区間では、特に測線周辺の大阪平野市街地における頻繁な車両通行による一過性ノイズが顕著である。こうした一過性のノイズは厳密には再現性が保証されないものの、平均ノイズレベルがほぼ均一であることを確認してテストを実施した。テストによって確認したパラメータは、相互相関と垂直重合の順序、及びノイズエディットのウィンドー長及び冪乗数である。

ノイズエディットのパラメータに関しては、車両通過時間に対応した複数ウィンドーの設定及び冪乗数の増加は非常に有効であった。従って、垂直重合後に相互相関を実施し、かつ垂直重合時におけるノイズエディットパラメータに関しては、ウィンドー長 4.0 秒(オーバーラップ 2.0 秒)、冪係数 3.0 として設定した。

### d) スイープ回数

スイープ回数の増加に伴う S/N 改善の度合いを確認し、最適な垂直重合回数の設定を目的として、1~96 回まで計 9 種類の垂直重合テストを逐次加算法によって実施した。

長大オフセット箇所における屈折初動エネルギー及び基盤反射波の S/N の確保を考慮すると、少なくとも約 16 回以上のスイープ回数が必要であると判断された。従って、本作業では 16 回を超える範囲内で、スイープ回数を表層条件及びデータ S/N に応じて適宜変更することに決定した。

## 6) 発振記録

### a) 屈折法、広角反射法ダイナマイト及びバイブレータ測線

大阪-鈴鹿測線におけるダイナマイト発振点は測線中央部の滋賀県甲賀地域に 4 点設定された。この甲賀地域は、表層地質が古琵琶湖層群、丹波層群砂岩頁岩互層、柳生-信楽花

崗岩類及び鈴鹿花崗岩類等の地表近傍におけるエネルギー減衰が少ない硬岩によって被覆されており、深部反射波の抽出が期待された。またバイブレータによる集中発振点は大坂平野から交野、長尾、田辺丘陵にかけての6点と、鈴鹿山地から伊勢平野に4点が設定された。

甲賀地域の西端に位置するダイナマイト発振点である SP-7D(滋賀県甲賀市信楽町下朝宮)の発振記録(図14)では、往復走時5.8秒に深部反射波がオフセット距離15km以内の区間において確認され、また往復走時9.5秒前後の下部地殻からの東上がりの傾斜を持つ反射波群が測線展開東側30km以内で見出された。屈折初動に関しては、伊勢平野の東端までは到達が確認できるものの、大坂平野の淀川周辺の市街地においては初動走時位置を検出することは困難であった。SP-8D(滋賀県甲賀市信楽町神山)の発振記録(図15)では、SP-7Dと同様に往復走時5.5-6.0秒及び9.5秒前後の深部反射波群の確認が可能であった。屈折初動に関しては、伊勢平野では信号レベルは弱いもの全区間で確認することができ、大坂平野では局所的にノイズレベルが低い箇所を追尾することによって測線西端までエネルギーの到達が把握できた。SP-9D(滋賀県甲賀市甲賀町滝)の発振記録(図16)では、発振点位置を含む古琵琶湖層群及び杣川流域の沖積層区間でS波及びレイリー波が卓越し、有意な深部反射波を被覆している。オフセット距離7.5km以上の受振区間では、5.5-6.0秒及び9.5秒前後の深部反射波を確認することが可能であった。甲賀地域の西端に位置するダイナマイト発振点 SP-10D 周辺(図17)では二畳系の粘板岩及び砂岩の露頭が確認され、30Hz以上の周波数成分が卓越すると共に、震源近傍で励起された散乱ノイズが深部反射波を被覆していることが見出された。鈴鹿山地西側の7.0mの区間において、往復走時6.2秒、7.8秒及び9.5秒前後に反射波波群が見出され、また往復走時11-12秒に存在が予想されるモホ面については、12.3秒前後に断片的な反射波が確認された。SP-9D及びSP-10D共に、屈折初動に関しては、伊勢平野及び大坂平野の測線両端点まで到達が確認された。また、フィリピン海プレート上面は琵琶湖南部で80km程度の深度であると推定されているが、ダイナマイト発振記録上では上部マントルからの有意な反射波は見出されなかった。図18はダイナマイト屈折初動振幅の二次元測線に沿った距離減衰を示した図面である。尚、SP-10Dについては、安楽川-鈴鹿川合流点周辺の工場群に起因する5秒間隔の定常ノイズが非常に顕著であった。

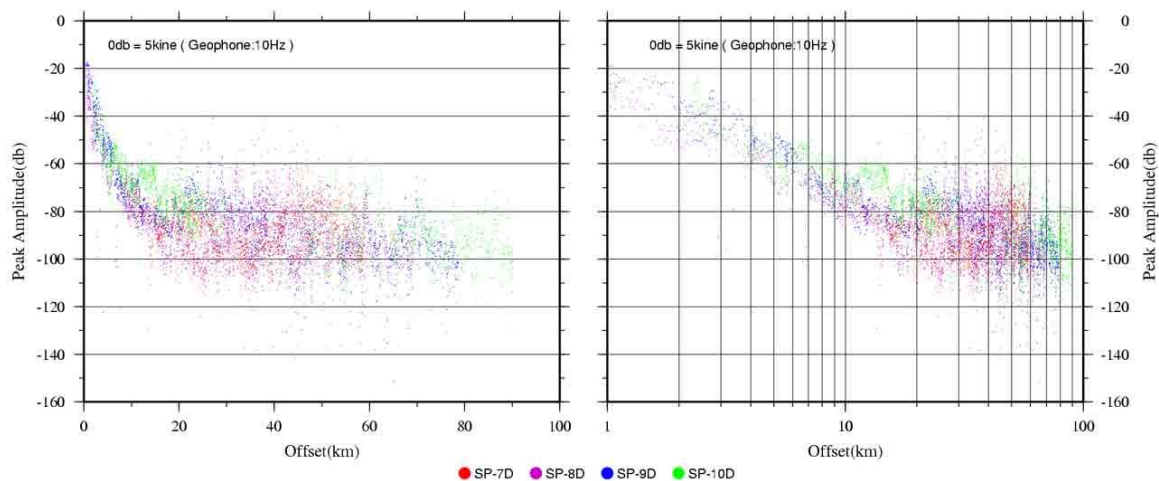
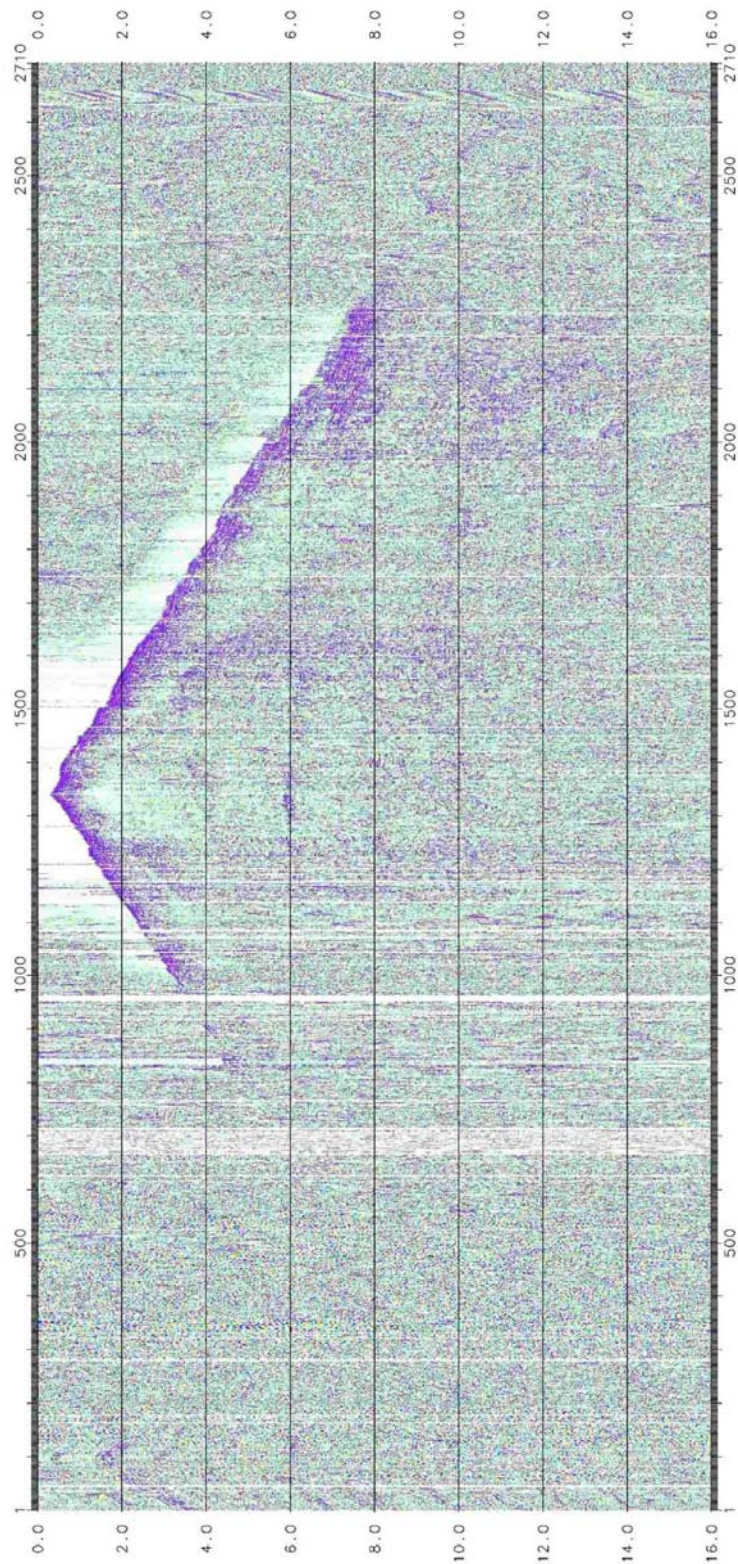


図18 ダイナマイト屈折発振初動振幅の距離減衰



大都市圏地殻構造調査2004 大阪-鈴鹿測線ダイナマイト発振記録SP-7D 100kg

図 14 発振記録 (SP-7D) 発振薬量 100kg, 坑底深度 35.62m, 薬頭深度 25.51m  
 発振時刻...平成 16 年 10 月 7 日午前 00 時 02 分 12.1127 秒、表層地質...丹波層群砂岩頁岩互層

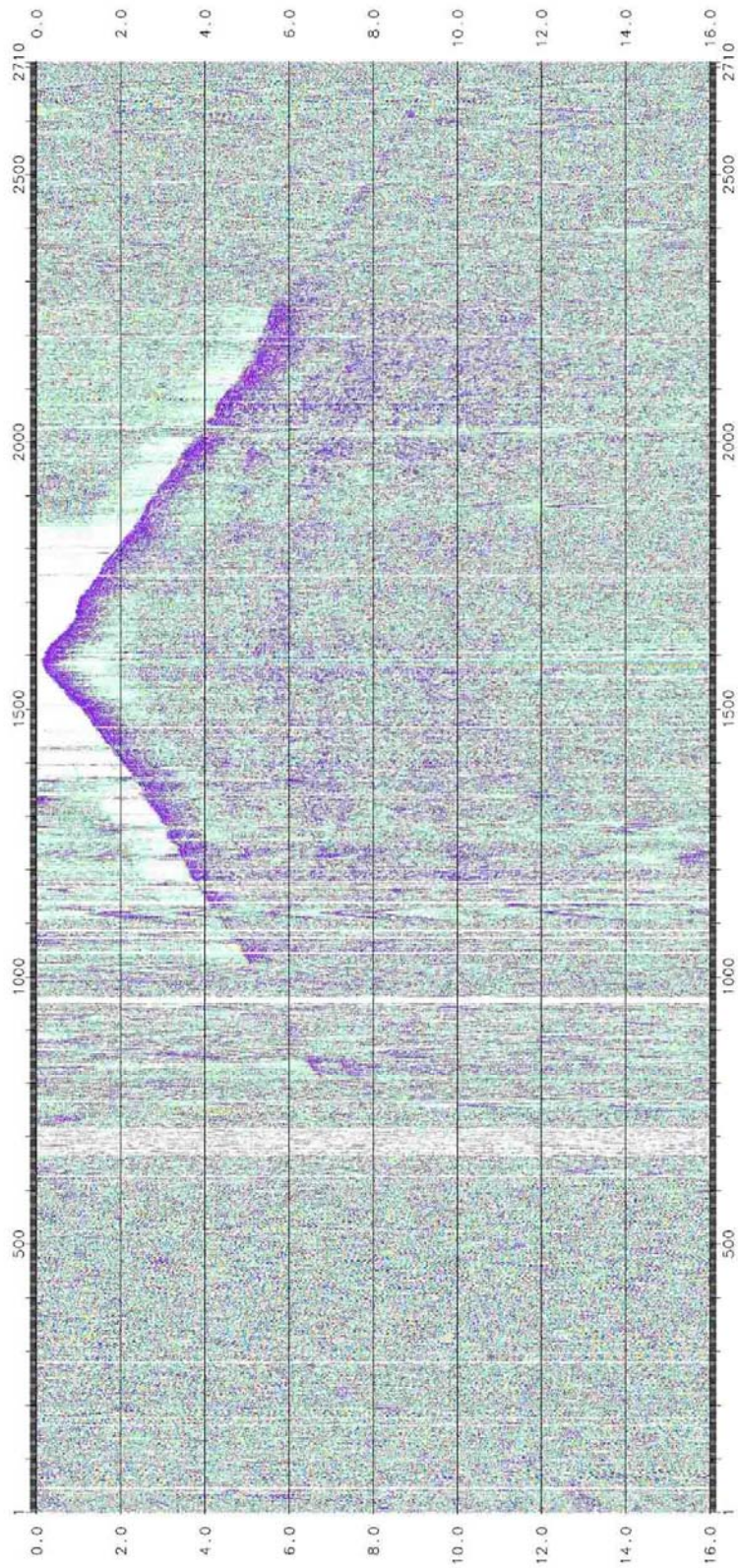
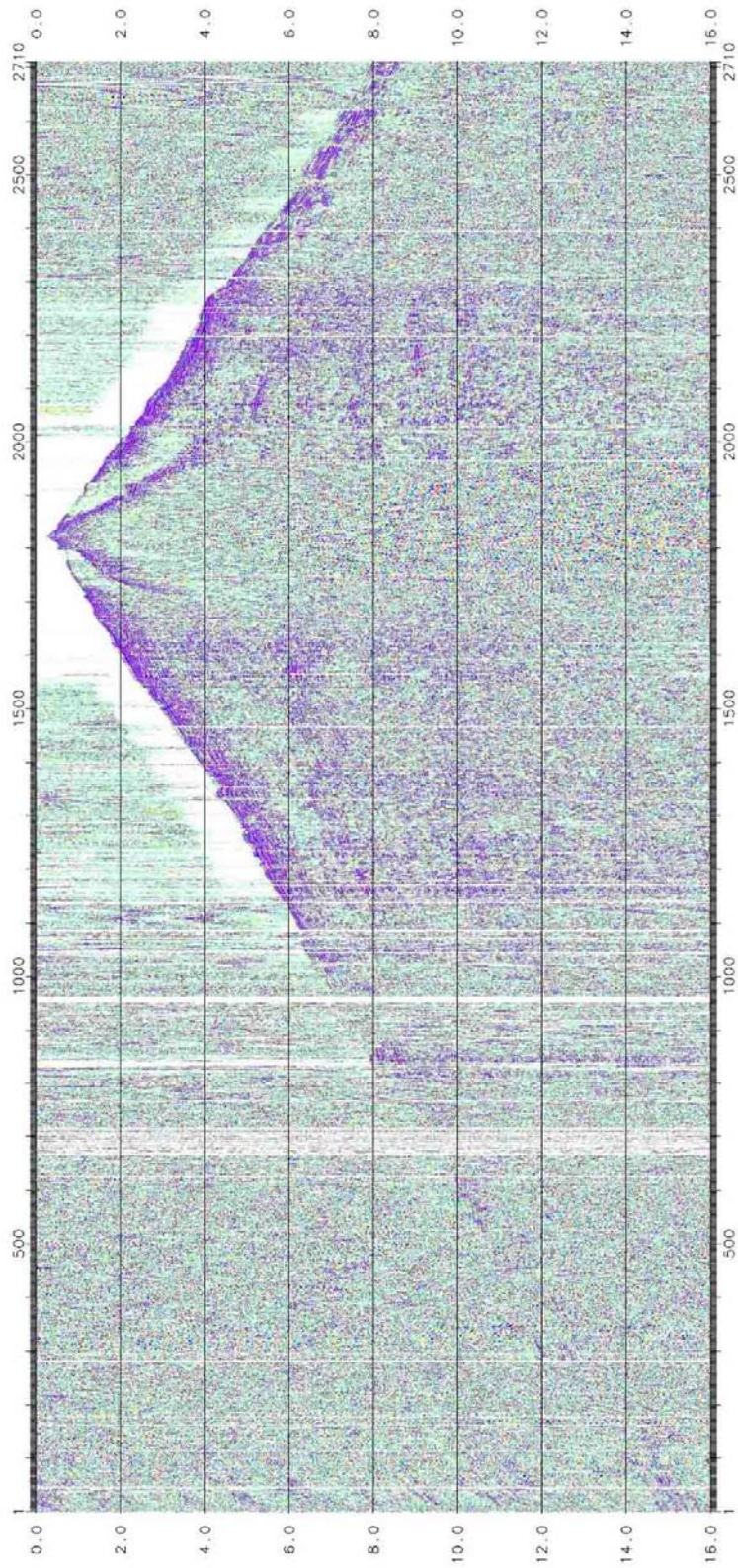


図 15 発振記録 (SP-8D) 発振薬量 100kg, 坑底深度 35.85m, 薬頭深度 25.67m  
 発振時刻...平成 16 年 10 月 7 日 午前 03 時 02 分 11.5265 秒、表層地質...白亜紀柳生-信楽花崗岩類



大都市圏地殻構造調査2004 大阪-鈴鹿測線ダイナマイト 発震記録SP-9D 100kg

図 16 発振記録 (SP-9D) 発振薬量 100kg, 坑底深度 35.70m, 薬頭深度 25.60m  
 発振時刻...平成 16 年 10 月 7 日 午前 00 時 32 分 11.6808 秒、表層地質...古琵琶湖層群中部

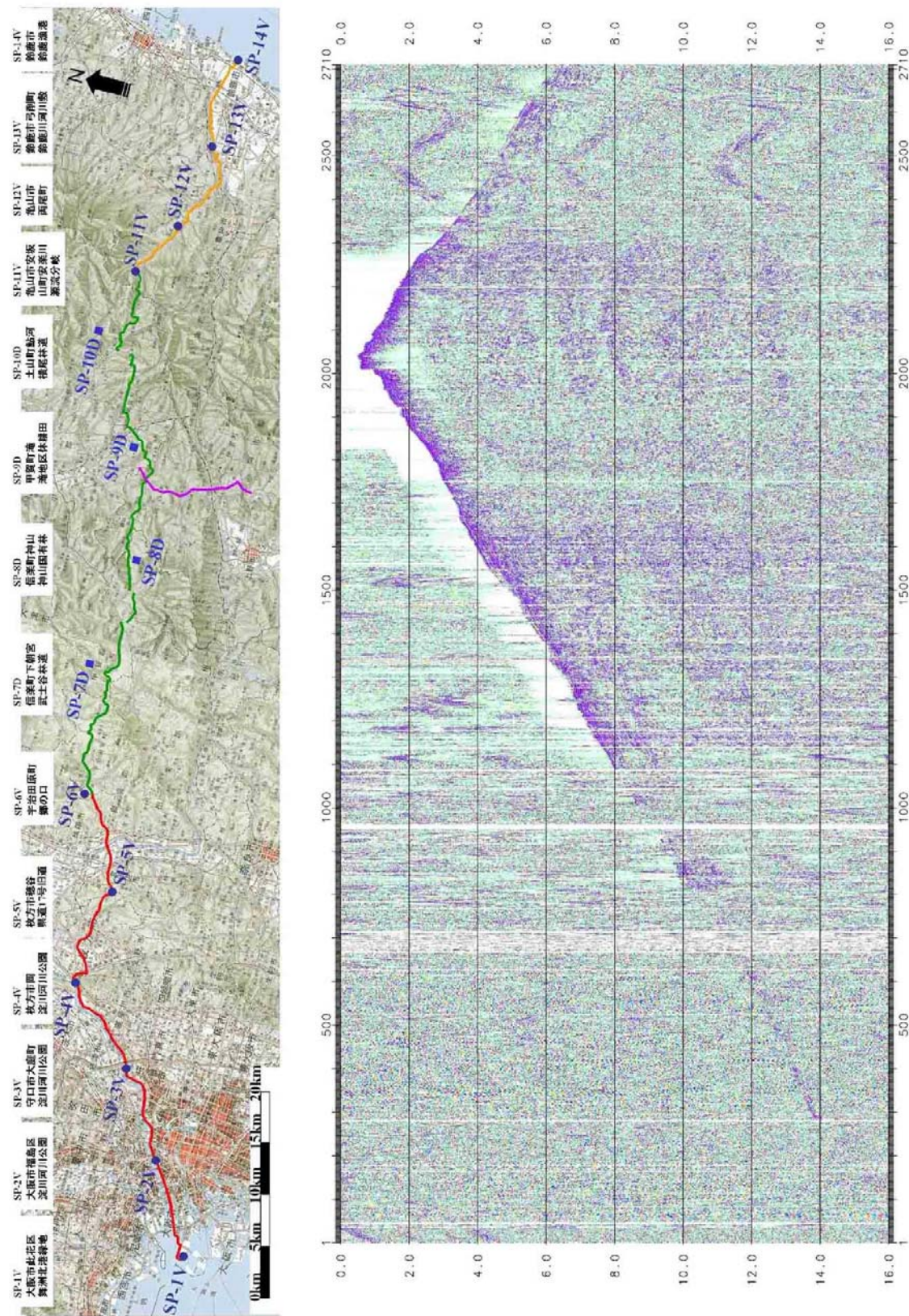
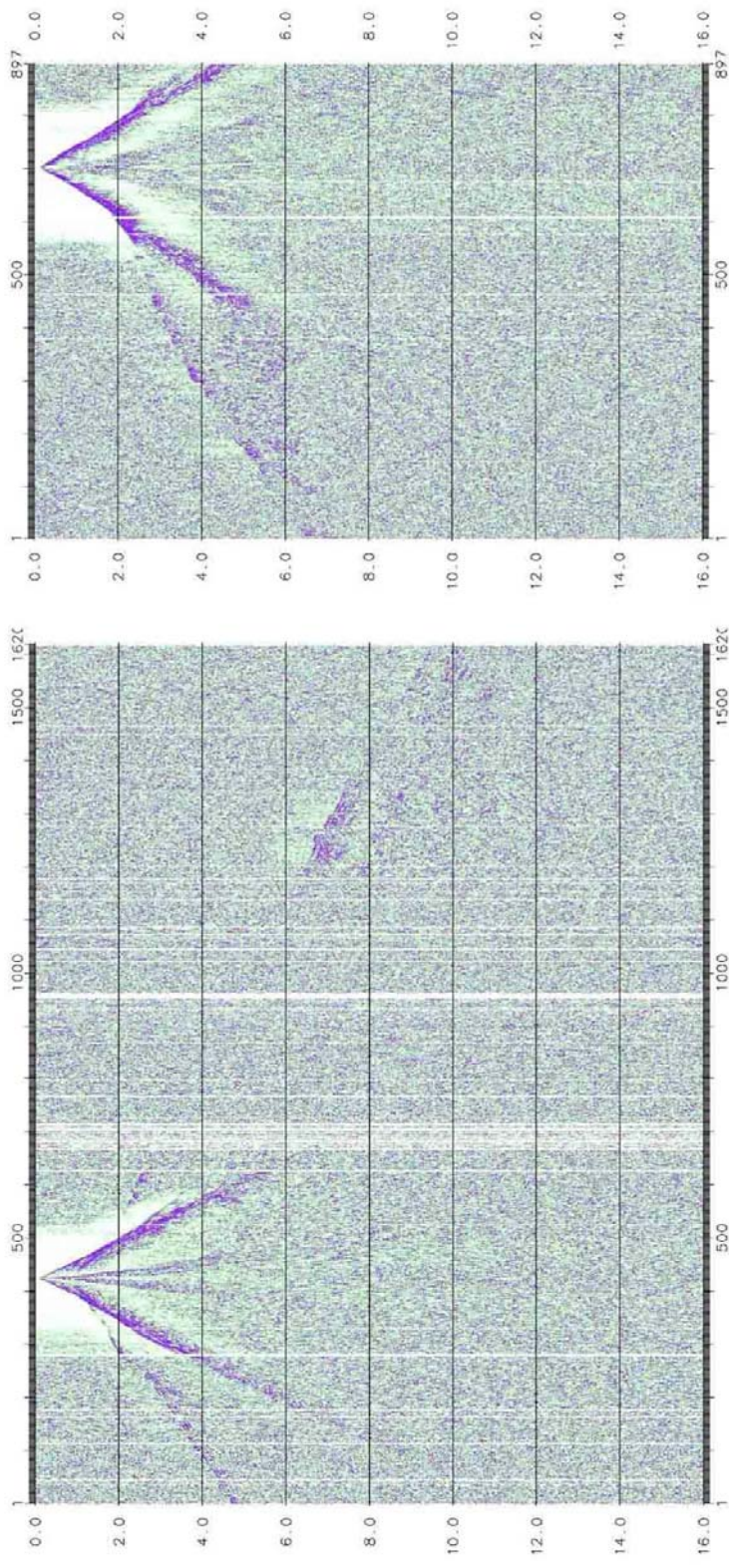


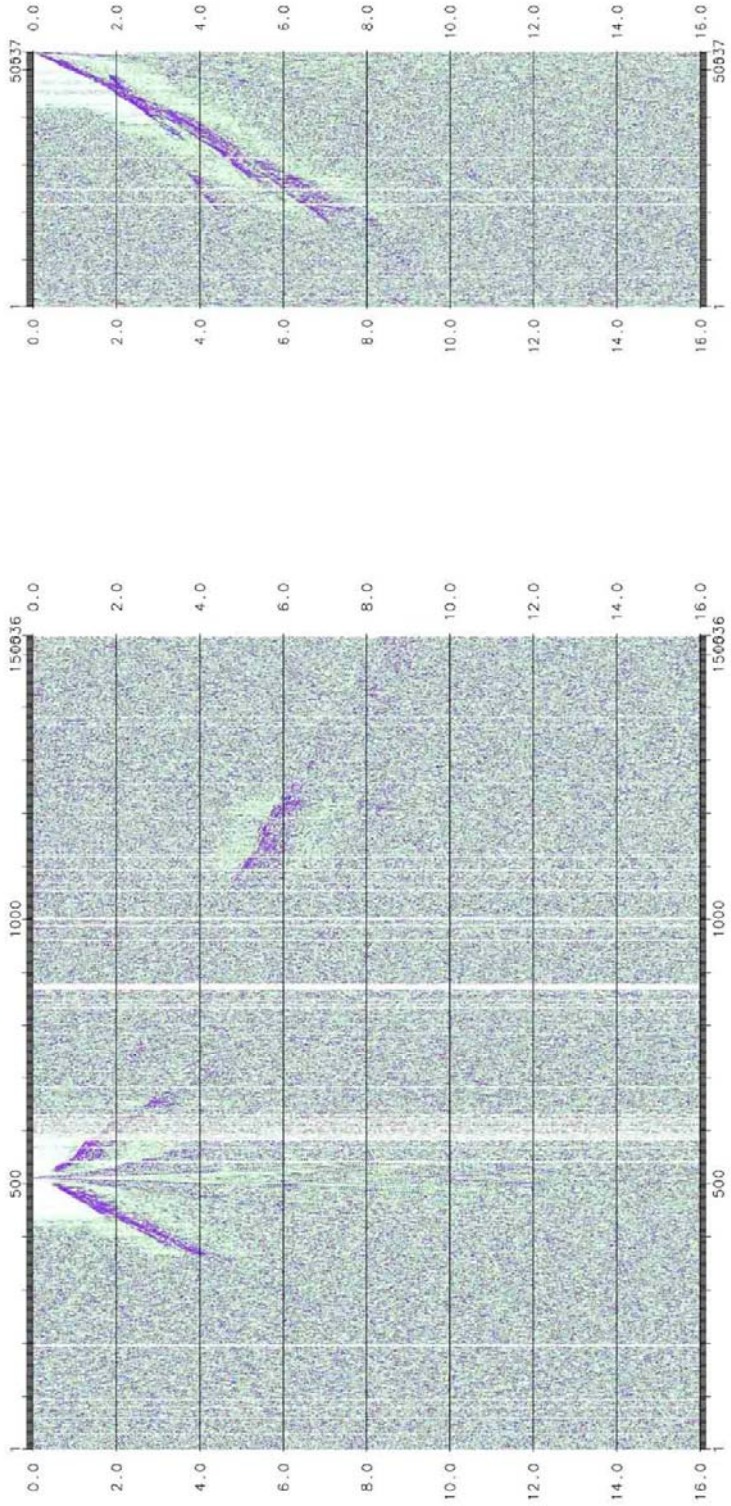
図 17 発振記録 (SP-10D) 発振薬量 200kg, 坑底深度 45.61m, 薬頭深度 26.64m  
 発振時刻...平成 16 年 10 月 7 日午前午前 03 時 32 分 12.0247 秒、表層地質...二疊系粘板岩  
 及び砂岩



大都市圏地殻構造調査2004 大阪-鈴鹿測線屈折法発振記録SP-3V, SP13V

図 19 屈折法発振記録 SP-3V, SP-13V(バイブレータ発振)





大都市圏地殻構造調査2004 大阪-鈴鹿測線屈折法発振記録SP-4V, SP14V

図 20 屈折法発振記録 SP-4V, SP-14V(バイブレータ発振)

次に、大阪平野、交野丘陵及び田辺丘陵におけるバイブレータ発振 6 点及び鈴鹿山地から伊勢平野におけるバイブレータ発振点 4 点に関しては、屈折初動については全点共に全展開区間において到達しており、大阪層群(大阪平野)及び東海層群(伊勢平野)、先新第三系基盤面からの屈折波及び有意な反射波を全観測点にて確認することが可能であった。しかしながら、広角反射波に関しては、先新第三系基盤面以深の上部地殻からの深部反射波を捕捉するには至らなかった。

図 11 は大阪測線区間、図 12 は甲賀測線区間、図 13 は鈴鹿測線区間でのバックグラウンドノイズの時間及び空間変化を示したものである。この図で赤点は 9 時～17 時の昼間、青点は 20 時～3 時の夜間におけるバックグラウンドノイズの平均値を示している。この図から、滋賀県甲賀地域(Loc2201-3152)の平均ノイズレベルは、大阪平野主要部(Loc.51-621)及び伊勢平野区間 (Loc.5101-5537)と比較して、20-24dB 低いことが確認された。従って、主たる受振器展開区間が大阪平野及び伊勢平野に限定されたバイブレータ発振において深部反射波の確認が困難であったことは、ダイナマイトと比較した場合の発振エネルギー相異のみならず、受振区間での相対的に高いノイズレベルに起因していると考えられる。

#### b) 反射法大阪バイブレータ測線

既存資料(重力異常図、坑井データ、既存地震探査断面)から、今回の調査測線における先新第三系基盤面の形状は大阪平野部においては淀川河口から上町断層横断箇所まではほぼ平坦であり、以東の大阪平野部及び交野丘陵では生駒断層帯の枚方撓曲及び交野断層を横断する区間において形状変化が著しいことが推定されていた。大阪平野では先新第三系基盤面(P 波速度...5300～5400m/sec)と大阪層群最下部(P 波速度...2500～2700m/sec)の音響インピーダンス比が大きく、ほぼ鉛直入射から臨界屈折角の広角領域まで有意な先新第三系基盤面の反射波が取得されることが期待され、実際にほぼ全発振記録において確認することができた(図 22)。また、大阪層群上部-下部の境界であるアズキ火山灰層(Ma3)、大阪層群最下部の上面である Ma1 層等の大阪層群内の反射群を比較的明瞭に把握することが可能であった。

コヒーレントノイズに関しては、大阪平野の淀川河川敷(VP.10-622)においては、分散性のレイリー波及び屈折多重反射波共にエネルギーは顕著ではなかったが、段丘堆積物が広域に分布する交野丘陵区間(VP.669-789)の発振では分散性のレイリー波が、また、木津川周辺の沖積層区間(VP.925-978)では表層基底の屈折波及び屈折多重反射波が卓越し、大阪層群内の反射波列を被覆して浅層部のイメージ低下の一因となった。尚、上町断層及び生駒断層群は先新第三系基盤の大きな変形を伴っているが、こうした断層群の上部地殻への下方延長に付随する微弱な反射波を発振記録上で確認することは困難であった。

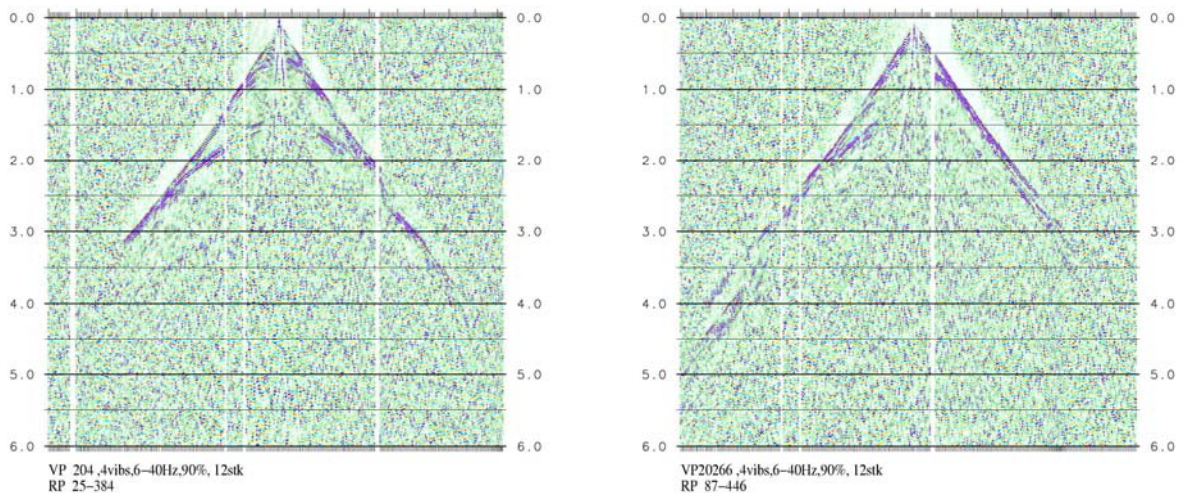


図 21 バイブレータによる典型的反射法発振記録例(大阪測線; VP 204, VP20266)

#### c) 反射法甲賀低重合バイブレータ測線

この甲賀測線区間では、前述の様に、古琵琶湖層群下部、丹波層群砂岩頁岩互層、柳生-信楽花崗岩類及び鈴鹿花崗岩類がパッチ状に地表面を被覆し、沖積層あるいは大阪層群上部と比較して、発振エネルギーの減衰の影響は低い。また、受振区間のノイズレベルは低く、地殻中部の脆性-延性境界に至る境界面からの微弱な深部反射波をバイブレータ震源によって補足するには、非常に良好な条件を備えている測線であると考えられた。また、前述のダイナマイト発振点 4 点(SP-7D,8D,9D,10D)は総てこの甲賀測線内に存在している。

この甲賀測線の発振記録は、滋賀県甲賀市甲賀町杣川周辺を境界として、深部反射波の特徴に相異点が多い。杣川流域以西の発振記録では、京都府宇治田原町奥山田から三重県阿山町槇山間の丹波層群及び柳生-信楽花崗岩類によって被覆された区間(Loc.2121-2580)において、往復走時 5.5~5.7 秒においてほぼ平坦な深部反射波列(卓越周波数約 15Hz)が見出された。これらの反射波の空間-走時位置は、前述のダイナマイト屈折法データの SP-7D, SP-8D 及び SP-9D で把握された反射波列と調和的であり、地殻中部の脆性-延性境界面に関わる反射波である可能性が高い。但し、こうしたバイブレータ多重発振記録で見出された深部反射波群は、S/N が良好ではなく連続性に乏しい。また、杣川流域以東の発振記録では、連続性の高い有意な深部反射波を見出すことは困難であった。但し、瀬戸内層中新統に被覆された一部の区間における発振記録(VP.2963-2983)では、鈴鹿山地西部において往復走時 4.5~5.0 秒の深部反射波が確認できたにとどまった。尚、コヒーレントノイズに関しては、滋賀県甲賀市甲賀町杣川周辺の沖積層周辺において、表層基底の屈折波及び屈折多重反射波が顕著であった。

#### d) 反射法鈴鹿バイブレータ測線

既存資料(重力異常図、既存地震探査断面)から、今回の調査測線における先新第三系基盤面の形状は伊勢平野部においては伊勢湾から鈴鹿山地にかけて緩やかに西上がりの傾斜を持つことが推定されていた。先新第三系基盤からの反射波は伊勢平野区間の全発振記録で確認されたが、伊勢平野では大阪平野と異なり、オフセット距離 2000m 以上の比較的広

角な領域において強振幅を持つ傾向が顕著である。これは、東海層群最下部と先新第三系基盤面の間に中新統千種層が存在する可能性を示しているものと考えられる。

伊勢平野の鈴鹿川周辺及び東部の水田区間(Loc.5275-5537)における発振記録では、非常に明瞭な東海層群からの反射波群が確認できる(図 22)。一方、測線西部の安楽川に沿った沖積層区間では、屈折多重反射波及び分散性の強いレイリー波が顕著であり、東海層群相当の明瞭な反射波を発振記録において確認することは困難であった。また、鈴鹿花崗岩類が表層近傍まで到達している測線西端部では、標高及び地形変化に伴う震源起因のS波の二次散乱が卓越していることが確認された。従って、鈴鹿東縁断層及び分岐断層群の上部地殻への下方延長に付随する微弱な反射波を発振記録上で確認することは困難であった。尚、前述の様に安楽川-鈴鹿川合流点周辺には工場群が存在し、そのノイズが伊勢平野における受振測線のノイズレベルを規定していた。

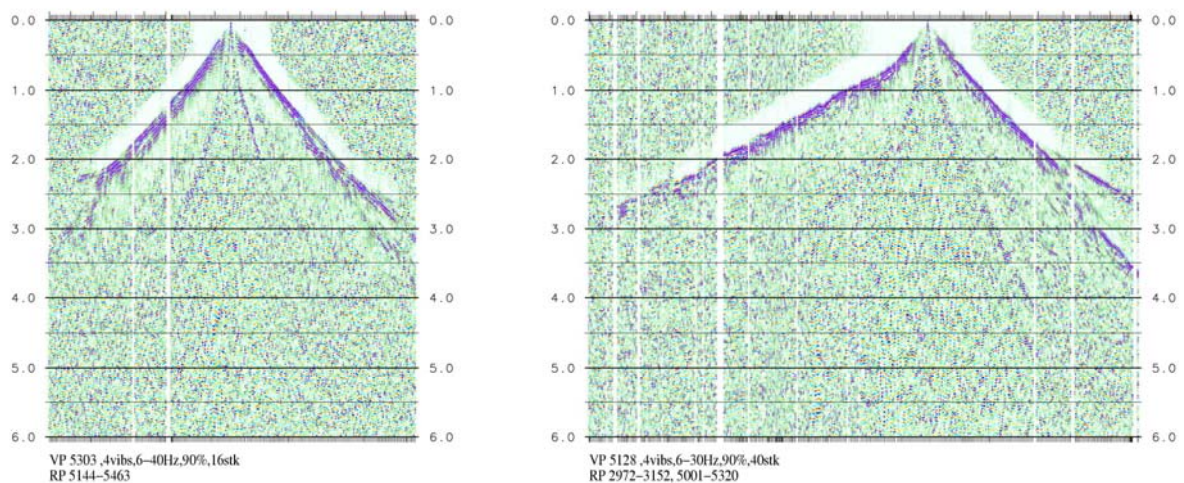


図 22 バイブレータによる典型的反射法発振記録例(鈴鹿測線; VP 5303, VP5128)

#### e) 反射法伊賀バイブレータ測線

伊賀測線に関しては、測線上の名阪国道壬生野インターチェンジで出入りする大型車両が多く、名阪国道以北のノイズレベルは全般的に高い。伊賀測線における柳生-信楽花崗岩相当の先新第三系基盤面は、最深部においても柘植川周辺で 500m 程度であり、沖積層、古琵琶湖層群等の堆積層及び基盤からの反射波は発振記録上で確認できた。しかしながら、柘植川北側に位置する木津川断層系伊賀断層の東方延長部について、その深部延長部に付随する反射波を発振記録上で把握するには至らなかった。