

63. 深井戸地震計による観測 (第二報)

千葉県日向村天然ガス井戸における地震観測

東京大学理学部 高野 敬
地球物理学教室
地震研究所 萩原 尊礼

(昭和 42 年 12 月 26 日発表—昭和 43 年 9 月 4 日受理)

§1. ま え が き

将来 3000 m 級の深井戸に地震計を設置することを目的として、先に東京大学構内と、千葉県鋸山にある浅井戸に地震計を入れて、予備観測を行なった。深さはそれぞれ 380 m と 64 m であった¹⁾。

今回はさらに深い井戸を探し求めた結果、帝国石油株式会社の成東プラントに、2000 m 級のガス井戸があり、それらの中で現在天然ガスの採集を行なっていない井戸を使用させてもらうことになった。自力で深井戸を掘ることは、容易なことではなく、かつ、現在使用していない井戸で、地震観測の諸条件にかなう井戸の数少ない中から、まず東京近郊の千葉県下の井戸を選んだわけである。この井戸の掘止めは 1750 m であるが、地震観測を行なった深さは約 800 m である。

5000 m 級の深井戸から、浅い井戸 (十数米) に至る一連の観測はすでに E. J. DOUZE²⁾ らによつて行なわれているが、日本のように、土地の微動のレベルが高い場所が多く、また Array を設けるのに困難なところでは、深井戸に地震計を設置することは意義あることと思われる。特に微小あるいは極小地震の観測には適していると考えられる。

§2. 器 械

今回の観測に使用した地震計および耐水耐圧ケースは前回本郷などで用いたものと同じである。キャブタイヤも前回と同質の 6 心である。増幅器は爆破地震動観測に用いられるもの、また記録器はインク書きオシログラフおよび、直接録音方式による小型テープレコーダー³⁾ である。これは 5 インチリール使用の磁気テープで、テープの送り速度を 7.5 インチ×1/100 にして使用したとき 2 日巻となる。再生時には磁気テープの送り速度を 20 倍、または 50 倍にして、ビジコーダーで記録した。

観測は 1966 年 12 月 1 日から約 3 週間行ない、前回と同様井戸の中と地上で、地震および微動の比較観測を行なった。

- 1) 高野 敬・萩原尊礼 「深井戸地震計による観測 (第一報)」震研彙報 44 (1966), 1135.
- 2) E. J. Douze, "Short-Period Seismic Noise", *Bull. Seism. Soc. Amer.* 51 (1967), 55.
- 3) 浅田 敏 1966 年, 地震学会で発表.

§ 3. 天然ガス井戸の構造および、日向一成東附近の地下構造

ガス井戸は千葉県成東町の隣の日向村にあり、井戸の断面図は Fig. 2-B のごとくである。この井戸は天然ガスを採る目的で、1961 年に完成したが、その直後からガスの採取を行なっていない休止井である。井戸は図のように 1266 m までケーシングが入っており、1266 m からは孔のあいたケーシングが掘り止めの 1750 m まで入っている。孔のあいた

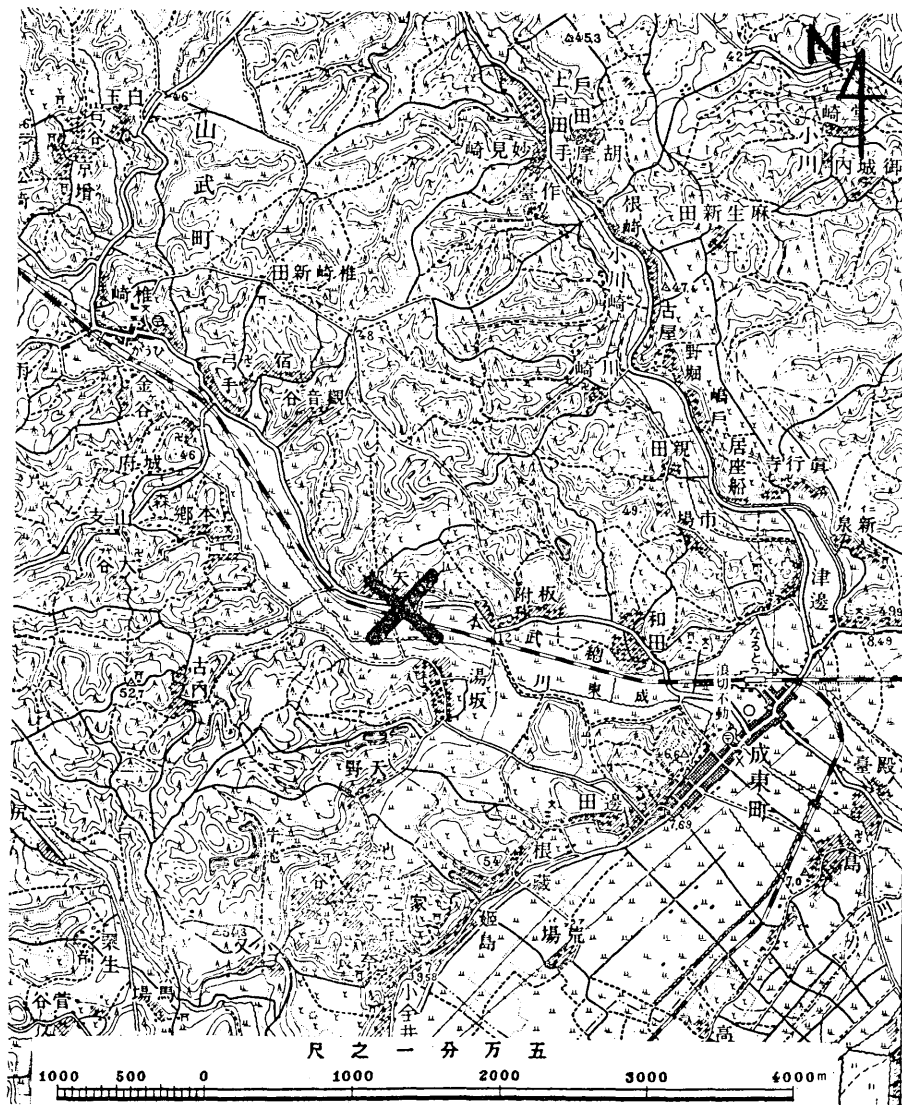


Fig. 1. Location of the gas well.

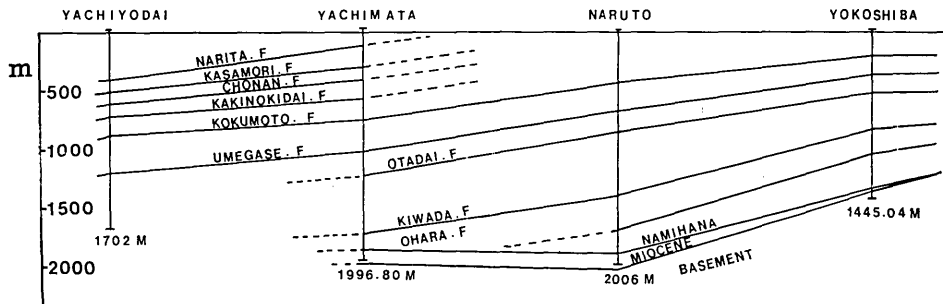


Fig. 2-A. Ground structure around Narutō (Courtesy of Teikoku Oil Co.).

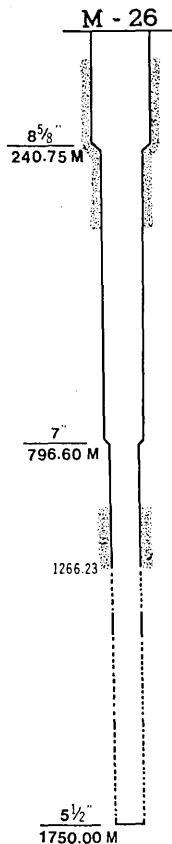


Fig. 2-B. Cross section of the gas well.

ケーシングから天然ガスを採るようになっていたが、ここまで地震計を下げることは危険なので、深さ 796.6 m のケーシングのつなぎ目まで地震計を下ろして観測した。その際、地震計を井戸のつなぎ目に固定させるため、地震計のケースの先にリングをつけた。

井戸には現在地上から数米のところまで塩水が入っている。

日向一成東附近の地層は Fig. 2-A に示すように成田、笠森、長南各層の成田層群とよばれる地層、これは第四系に属し、柿木台、国本、梅ヶ瀬 (秋本層群) 大田代、黄和田、大原 (関亜層群) は、新第三系に属する。地震観測の深さは約 800 m で、これら下総層群の大田代層の中間に位置することになる。

千葉県北東部における地震探査の結果⁴⁾によれば、たとえば、九十九里浜測線を例にとると、大田代層の地震 P 波の速度は 1,800~1,900 m/s となっている。これより上層では 1,660~1,700 m/s であつて、成東附近表層の地震波速度はわかっていない。沖積層の厚さは 10~30 m 程度である。また、このあたりの下層の基盤の速度は 4,650~5,500 m/s である。

井戸のある日向村は九十九里浜海岸から約 10 km 入ったところにあり、井戸から約 80 m の近くを国鉄が走っている。井戸の周囲は田圃の埋立地である。

4) 品田芳二郎・平沢 清 「千葉県北東部における地震探査結果の地質学的解釈」物理探鉱 11 (1958), 16.

§4. 観測結果

1. 微 動

深井戸に地震計を入れて観測する目的の一つは、微小あるいは極微小地震を観測する際の SN 比を高めることにある。

今回の観測では、前に述べたような井戸の構造のために、地震計をケーブルにつなぎ、宙づりにして徐々に約 800 m まで下げていって、その途中でノイズを測定した場合、30 ~ 40 c/s の波が卓越する。

一方、風、雨、地表の交通によるノイズなどは井戸の中ではほとんど減衰してしまう。わずかに貨物列車の影響がみられる程度である。前に述べたように、この井戸から約 80 m はなれたところを国鉄が通つていて、客車の影響は井戸の中の記録に明瞭にはあらわれないが、貨物列車の記録は Fig. 3 に示すように、井戸のごく近くを通る約 1 分 30 秒前から地震計に感じ、やがて大振幅が地上の記録にあらわれる。卓越周波数は 5~6 c/s である。井戸の中と、地上の振幅比は約 1/100 である。

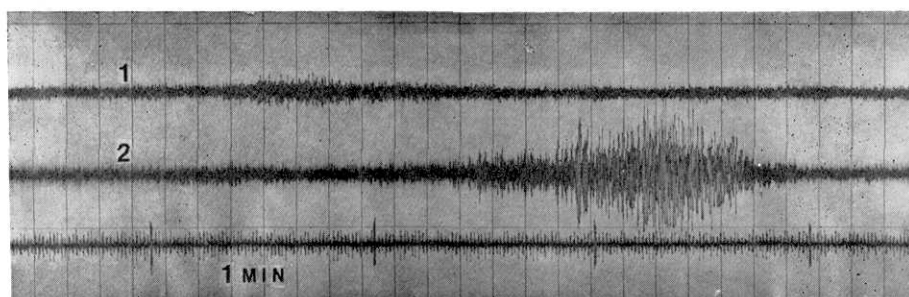


Fig. 3. Noises due to a freight train.

1. In the gas well (magnification is 10 times larger than on the ground surface).
2. On the ground surface.

スペクトルは前回と同様にビジュグラフの記録より 1/50~1/100 秒毎に振幅を讀取つて、フーリエ解析を行なつた。解析時間は初動より 2~4 秒間である。スペクトルをみると、平均して微動の振幅は井戸の中で地上の約 1/10 に減小している。このために、井戸の中では増幅器の倍率を地上にくらべて 10 倍に上げることができた。

2. 地 震

約 20 日間の観測期間に、大小約 60 の地震を観測した。これらの記録をみると、地上の地震の記録には、どの記録にも卓越した周波数が連続的にあらわれている (Fig. 5-A, B. A は P-S 時間が約 6 秒, B は約 18 秒の地震である)。この周波数は地震によつて異なるが、800 m から上の地層の影響であることは明らかである。スペクトルを求めると、Figs. 7-A, B, C に示すように、振幅で約 10 倍地上の方が大きい。しかし、微動も地表では井戸の中にくらべて 10 倍以上大きいので、結局井戸観測により SN 比はやや改良さ

GROUND NOISE

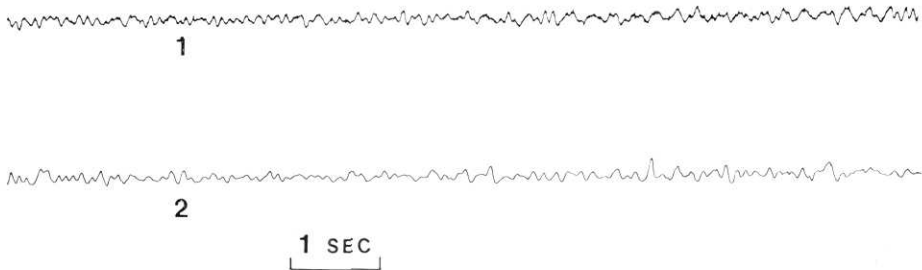


Fig. 4. Records of ground noises.

1. In the gas well (magnification is 10 times larger than on the ground surface).
2. On the ground surface.

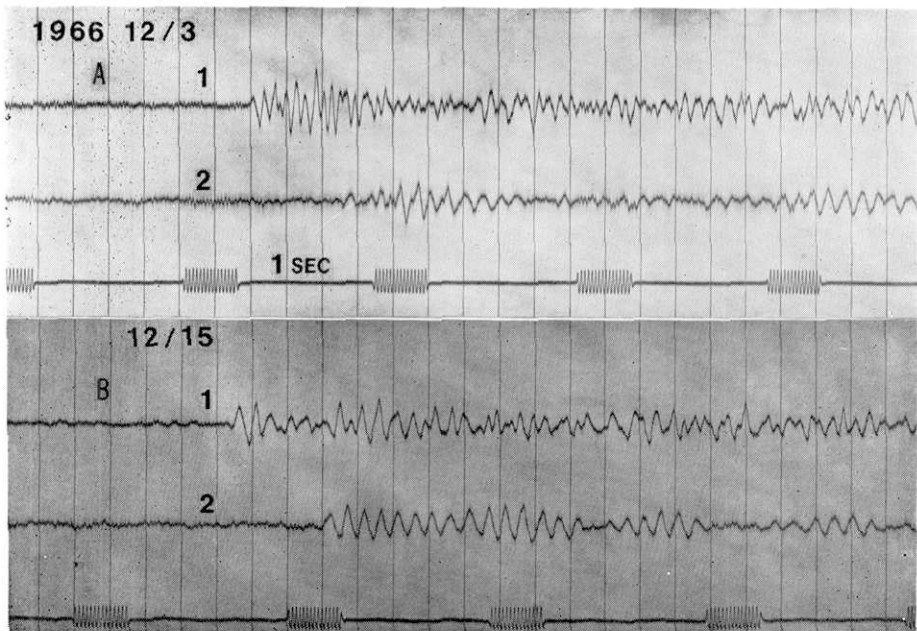


Fig. 5-A, B. Records of earthquakes.

1. In the gas well (magnification is 10 times larger on the ground surface).
2. On the ground surface.

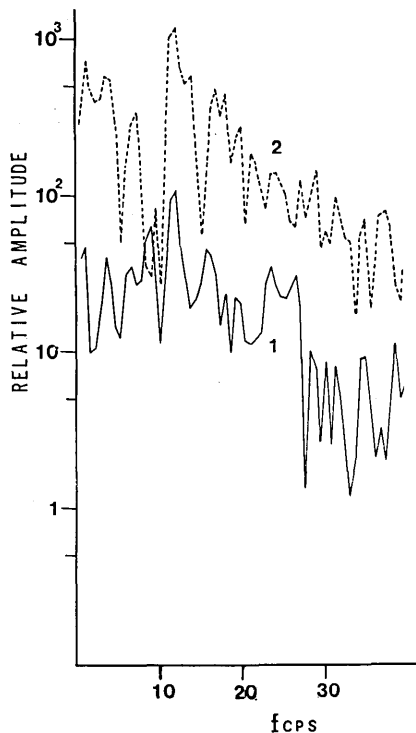


Fig. 6. Spectra of ground noises.

1. In the gas well.
2. On the ground surface.

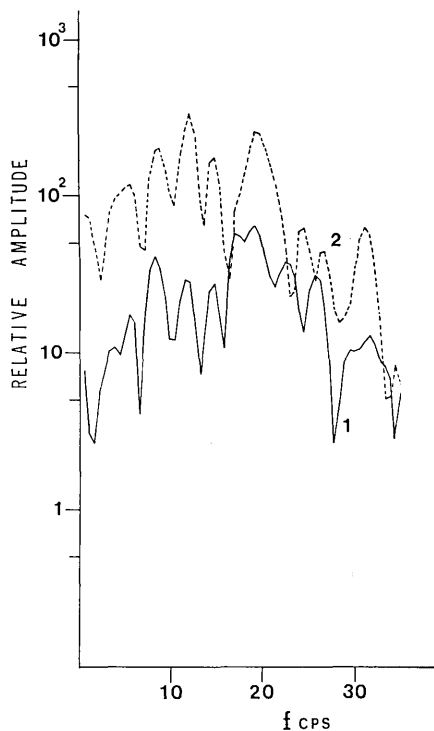


Fig. 7-A. Spectra of earthquakes (cf. Fig. 5-A).

1. In the gas well.
2. On the ground surface.

れるということになる。井戸の中での総合倍率は約 2×10^5 である。嶋⁵⁾ の詳しい研究によれば、表層 20 m に沖積層と洪積層がある場合、地表と地中で観測された地震のスペクトルの振幅比が、周波数によつては 10 倍程度になる。

記録の初動部分のみを比較すると、地表の微動によつて初動の立上りが乱された記録が多い。地震の記録で、井戸と地上の初動のおくれは約 0.45 秒である。このことから、約 800 m までの層の P 波の速度は平均約 1800 m/s ということになる。この速度は Fig. 2-A の速度分布とほぼ一致している。

前回の観測と比較すると、

1. 増幅器の倍率は東京本郷の場合、380 m の井戸の底で、地表にくらべて 4 倍にしたが、今回は常時 10 倍にして観測した。

5) E. Shima, "Modification of Seismic Waves in Superficial Soil Layers as Verified by Comparative Observations on and beneath the Surface", *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 40 (1962), 187.

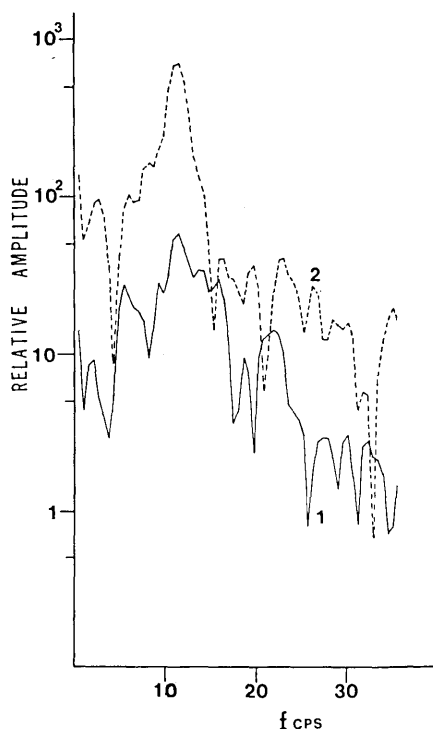


Fig. 7-B. Spectra of earthquakes
(cf. Fig. 5-B).

1. In the gas well.
2. On the ground surface.

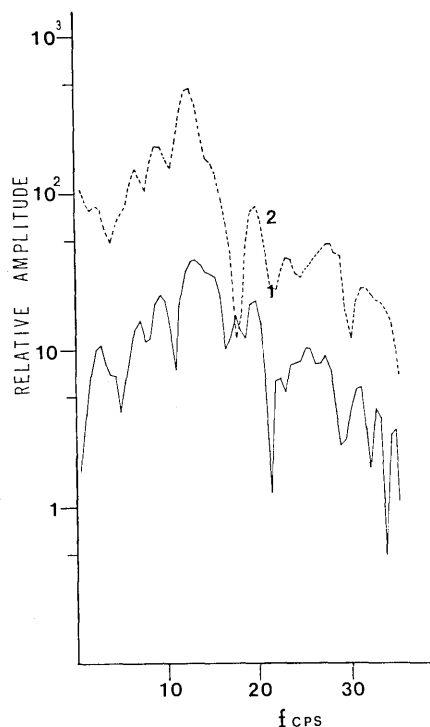


Fig. 7-C. Spectra of earthquakes.

1. In the gas well.
2. On the ground surface.

2. 前回にくらべて地表で地震波の短周期成分の増加が少ない。結果として、前回と同様短周期の方で SN 比が大きくなっている。

以上の結果をまとめると、

(1) 千葉県日向村において、地表と天然ガス井戸の深さ 800 m とで観測した微動の振幅比は約 10 : 1 である。井戸の中では地表の交通によるノイズ源から出る波は、ほとんど観測されない。たとえば井戸の近くを通る貨物列車から出る波の振幅比は、地表と井戸の中では 100 : 1 である。

(2) 地表で観測した地震のスペクトルは、井戸の中にくらべて振幅において約 10 倍大きい。また井戸の中で観測した地震は、地表にくらべて幅の広いスペクトルをもっている。

(3) 結局において、井戸内の SN 比は 10 c/s 以上の周波数の方でやや増加している。今回の深井戸での地震観測の特徴は今回のように軟かい地層が表層にある場合その影響を除くことができる点である。

謝 辞 この研究にあたり深井戸をころよく提供して下さった帝国石油株式会社、並びに、同会社作業部長松本英二氏、千葉鋁業所長高木繁行氏、種々お世話下さった千葉鋁業所民部田喜代四氏に厚く御礼申し上げる。

この深井戸を利用できる機会は、地質調査所石油課長石和田靖章氏によつてあたえられた。深く感謝する。

観測にあつては、有益な御助言をいただいた、東京大学理学部地球物理学教室浅田敏教授、地震研究所南雲昭三郎教授に、また観測に協力して下さった大学院学生古屋逸夫氏に感謝の意を表する。

63. *Observation of Microearthquakes with a Deep Well Seismometer (Second Paper).*

By Kei TAKANO,
Geophysical Institute, Faculty of Science,
The University of Tokyo
and
Takahiro HAGIWARA,
Earthquake Research Institute.

Earthquakes were recorded in a gas well which was deeper than that of Nokogiriyama in Chiba and of Hongo in Tokyo previously reported.

The observation was made at a depth of 796.2 m in a 1750 m-well.

The instruments used here have been described in our previous report. The data were recorded on a small-size magnetic data recorder with a direct recording system specially designed for microearthquake observation, total magnification being 2×10^5 in the well and 2×10^4 on the surface.

The observation gave the following results.

1. The amplitude of ground noises on the surface was about 10 times larger than in the well for the frequency range from 5 cps to 30 cps. However, the earthquake motions were also enlarged on the surface and finally the signal-noise ratio was slightly larger at a depth of 796.2 m than on the surface.

2. The earthquake recorded in the well had wider band spectra in comparison with those on the surface.