

北九州市門司区恒見四つ高鉱山のドロマイト鉱床について

井上 秀雄* 五十嵐 俊雄* 高橋 博**

On the Dolomite Deposit of Yotsutaka Mine, Kitakyushu City

by

Hideo Inoue, Toshio Igarashi & Hiroshi Takahashi

Abstract

Yotsutaka mine is situated in the northern part of Kyushu district.

The rocks exposed in this area belong to the Chichibu formation of Paleozoic age, which consist of black slate, sandy slate, phyllite, chert and also contains limestone and dolomite deposits.

Though the overall mode of formation of the dolomite deposit is that of sedimentation, it is cut off by the fault and bent against the fault surface at the west end of the deposit.

要 旨

四つ高鉱山は西南日本内帯の九州におけるただ一つのドロマイト鉱床である。

鉱床は石灰岩の中に発達した堆積性鉱床である。主要な NW 方向の断層付近が断層の引きづりによって外観上脈状に見える富鉱部になっているが、断層から東へ遠ざかるにしたがって鉱床は変形前の形に復している。

鉱石は一般に緻密塊状で灰黒色を呈し、非常に高品位のものが多産する。

ドロマイト鉱床の成因については初生的生成であろうと考察を行なった。

1. 緒 言

四つ高鉱山は北九州におけるただ一つのドロマイト稼行鉱山で、その歴史は古く欧州大戦当時に採掘し、八幡製鉄所に納入したといわれている。本鉱山は門司市吉志にあって非常に立地条件に恵まれ、さらに良質な鉱石を多産するため重要な鉱山といっても過言ではない。調査にあたっては牧野鉱業所長にいろいろと御協力頂いた。ここに深く謝意を表する次第である。また資料の提供を願った日鉄鉱業株式会社に謝意を表する次第である。

* 鉱床部

** 元所員

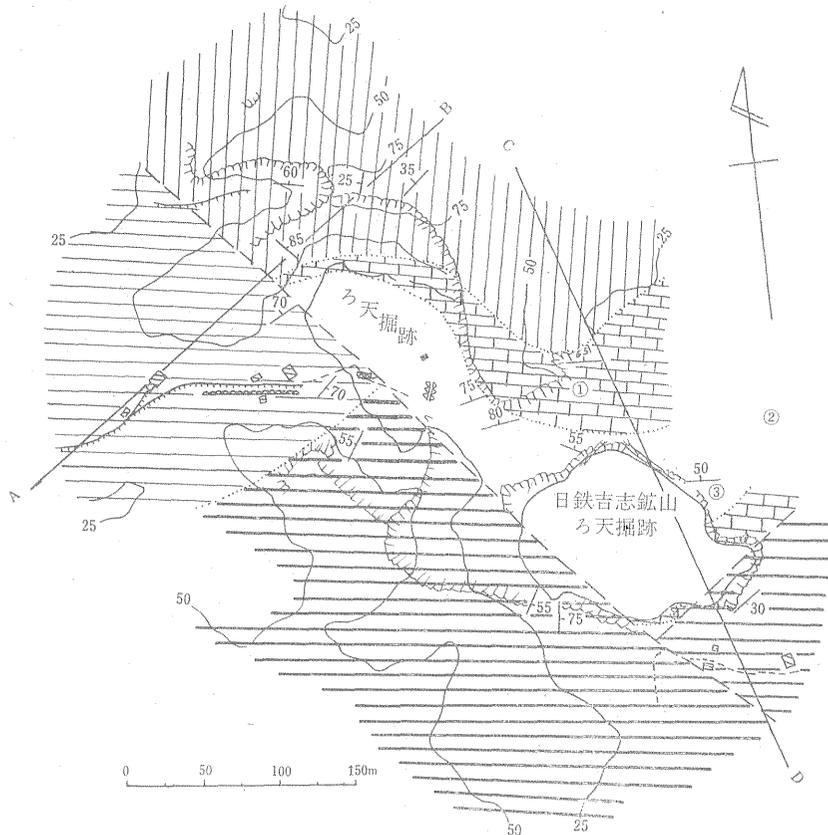
2. 地 質

鉱山付近の地質は秩父古生層に属する黒色粘板岩・砂質粘板岩・珪質千枚岩・珪岩・石灰岩・ドロマイトなどの各層から構成されている。一般走向 N 60° E, 傾斜 30~70° N を呈する単斜構造と推定されているが、中心部に NW-SE の断層があり、著しい地質構造の転移が認められる。すなわち地層走向は断層の方向に平行になり、走向 N 40° W, 傾斜 70~90° NE に急変している。断層の西側では地層の乱れはあまり認められない。断層の東側ではそれより遠ざかるに従ってもとの走向・傾斜にもどっている。第3図に揚げボーリングによる柱状図からも断層付近にみられるような構造は認められない。断層によると思われる地層の乱れは断層の東側 60~80 m の範囲と推定される。また断層によって擾乱された地層は最上位の千枚岩・珪岩層で、石灰岩・ドロマイトは肉眼的にそれほど擾乱の跡が認められない。しかし坑内で見られるドロマイト鉱体の中に無数の断層が認められたり、破碎帯が認められることから変動を受けたことは確かであり、おそらくその後癒着したため、とくに無層理の石灰岩・ドロマイト中では、そのおもな擾乱構造が肉眼的に認めにくい状態になっているものと考えられる。

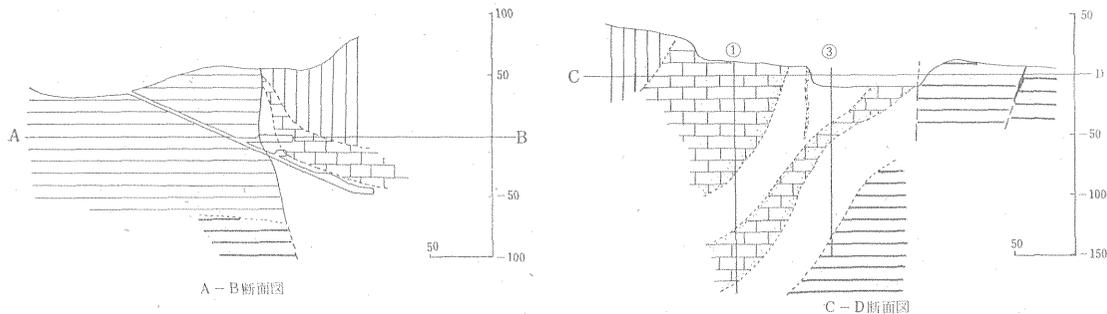
3. 鉾 床

ドロマイト鉾床は第1図にみられるように、NW-SE

上位にある石灰岩とは中間帯を経て移化している。ドロマイトの採掘は断層の東側 40~60m の範囲で採掘されている。このうち高品位鉾の多い部分は幅約 20m で、



第1図 福岡県北九州市門司区恒見四つ高鉾山地質鉾床図 (凡例は第2図に同じ)



系のかかなりの規模の断層に沿って分布している。鉾床の南端は吉志鉾山跡の南端にみられる NE-SW 系断層によって切られ、北端は自然に消滅した状態を呈している。この地区の鉾床はかつて露天掘が行なわれたところで、南側から日鉄吉志鉾山・末松鉾山・扇鉾山・四つ高鉾山が採掘を行っていた。現在は四つ高鉾山が断層沿いに北側で坑内採掘を行なっているにすぎない。採掘時における日鉄鉾業株式会社の資料によると、ドロマイト鉾床は断層沿いに N 40° W 方向に延び、ドロマイトの

- ドロマイト
 - ドロマイト質石灰岩
 - 石灰岩
 - 珪岩-珪質千枚岩
 - 砂質粘板岩
 - 黒色粘板岩
 - 珩岩
- 70 走向 傾斜
 断層
 ③ 試錐

第2図

延長約 350 m といわれている。

四つ高鉱山は斜坑により逐次下部に掘進し、海面下 50 m 下部に及んでいる。

ドロマイト鉱床の南側は断層によって黒色粘板岩と境され、北東側はおよそ 50° NE の傾斜で上位の石灰岩へ漸移帯ともいうべき中間帯を経て移化している。

鉱体の傾斜は NE へ傾斜するが上部ほど急で、第 2 図に見られるように上段坑までは鉱体は断層沿いの狭い範囲に限定される。しかしそれ以下では緩傾斜に転じ鉱体は安定化してくると推定される。

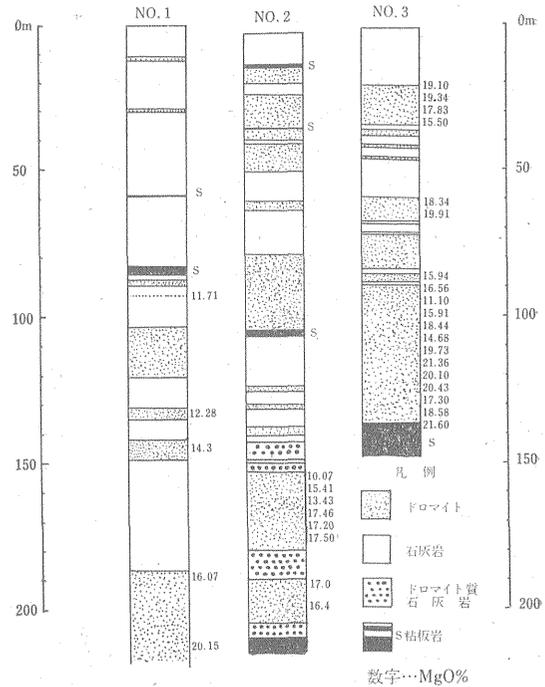
鉱体の厚さは上部坑で約 30 m、下部坑で約 20 m である。最下部坑ではドロマイト層の上部を採掘しているため層厚は不明である。

4. 鉱石

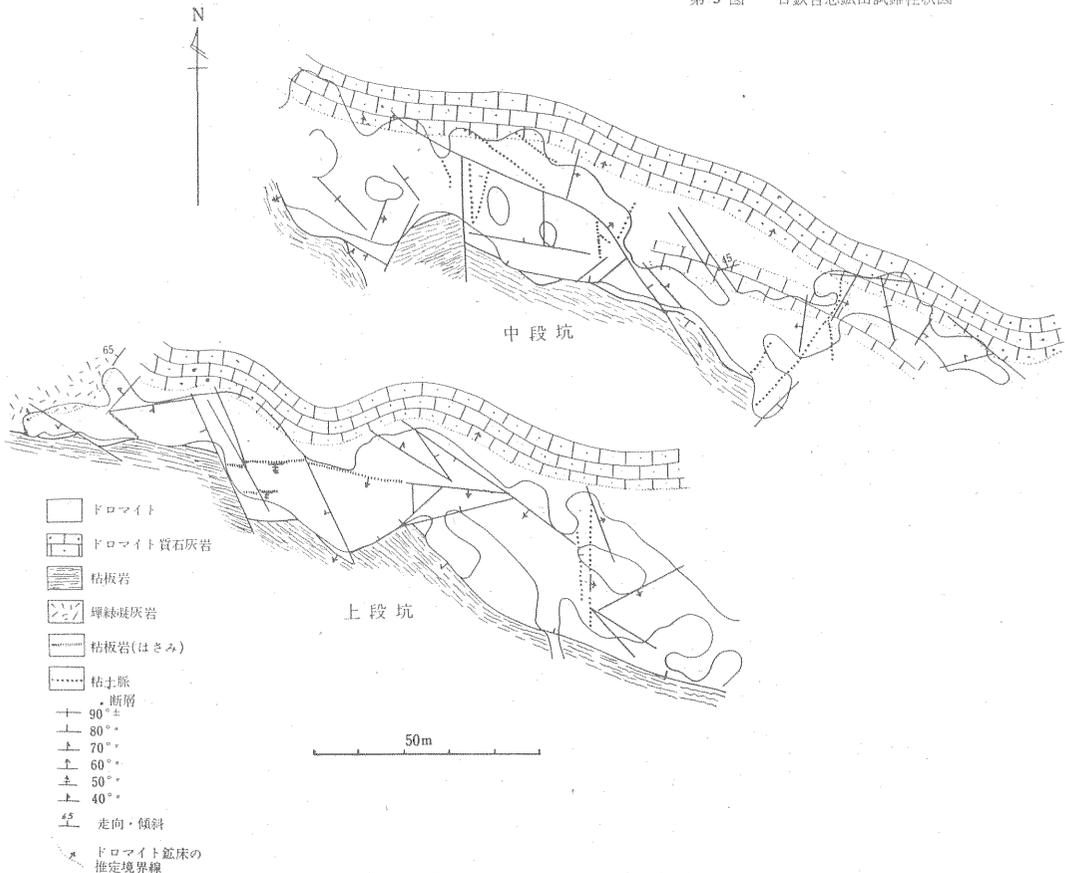
4.1 外観

鉱石は外観上 5 つに分けられる。

1) 断層破砕帯に生成された角礫状の鉱石で、緻密質な角礫を、周辺から分泌した白色のドロマイトによってこう結しているもの。



第 3 図 日鉄吉志鉱山試錐柱状図



第 4 図 四つ高鉱山坑内地質図

2) 図版 1 (b) に示す産状のもので分泌したドロマイト脈が多く集まり、灰黒色ドロマイトと一見縞状をなしているもの。

3) 非常に緻密でなめらかな感じで、黒色を呈している。

4) やや粗粒で灰黒色を呈し、本鉱山で最も多く産するもの。

5) やや粗粒で白色ないし黄白色を呈し外帯の鉱床に多いもの。

4.2 顕微鏡下の観察

良質な鉱石の鏡下における組織は、図版 1 (b) の右に示す部分で、全体に結晶粒が小さい。分泌した部分の組織は図版 1 (c) (d) の通りで、他形結晶の集合からなり、かみ合い構造が見られる。

鉱石と見なされるものには方解石はほとんど見受けられない。

要するに分泌したドロマイトの結晶は、堆積後変成を受けなかったドロマイトと、その形態すなわち形と大きさが著しく異なっている。

輝緑凝灰岩と接する付近のドロマイトの中には六面体結晶やコロホーム組織をなす黄鉄鉱が認められる。

5. 化学成分および微量成分

代表的なドロマイトと石灰岩の分析値を第 1 表に示した。

ドロマイト鉱石の主体をなす苦灰石は理論的には $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ で、重量比で $\text{CaO} : 30.41\%$ 、 $\text{MgO} : 21.86\%$ 、 $\text{CO}_2 : 47.73\%$ である。一般にドロマイト鉱石には理論値よりやや多くの CaO と少量の SiO_2 を含有する

のが普通である。しかし方解石 ($\text{Ca}_{1.00}\text{CO}_3 \sim \text{Ca}_{0.94}\text{Mg}_{0.06}\text{CO}_3$) と苦灰石 ($\text{Ca}_{1.02}\text{Mg}_{0.98}\text{CO}_3 \sim \text{Ca}_{0.64}\text{Mg}_{1.36}\text{CO}_3$) は固溶体を形成する範囲がきわめて狭いので、過剰の CaO は方解石として鉱石中に存在する。このことは X 線粉末回折によっても確かめられる。著者らの実験では少なくともドロマイト中に方解石が 10mol% 以上存在する場合には明瞭に方解石の 3.03\AA のピークが検出できる。これを利用して X 線粉末回折線による定量的な決定法が試みられたことがある。しかし著者らが本鉱山産鉱石で追試したところでは満足できる結果は得られなかった。これは主として試料調整の際の粒度の不均質性によるものと考えている。

現在わが国では、ドロマイトは MgO 16% 以上、 SiO_2 2% 以下の品位のものが鉱石として取引されている。本鉱山の鉱石はすべて 17% 以上の MgO を含有し、品質の安定している点では本邦随一の鉱床である。特に SiO_2 は全試料にわたって少なく、きわめて良質である。

次に鉱石中の微量成分について得られた結果を第 2 表に併記した。石灰岩—ドロマイト系の炭酸塩鉱物岩石中の微量元素については、高橋清と共同して数年来検討を行なってきたが、微量成分の挙動は鉱石の成因あるいは生成環境に関連する問題を多く包含している。

一般に堆積性の石灰岩—ドロマイト鉱石から検出される元素は Sr と Ba がもっとも多く、次いで Li 、 Mn が含有されている。本鉱山産鉱石でも全く同じ傾向がみられ、第 6 図～第 9 図に掲げたように大分県津久見地方、栃木県葛生地方の Sr 、 Ba の含有量範囲 (実線 A、B で示した) 中にプロットされる。

第 1 表 四つ高鉱山産ドロマイト鉱石の化学成分

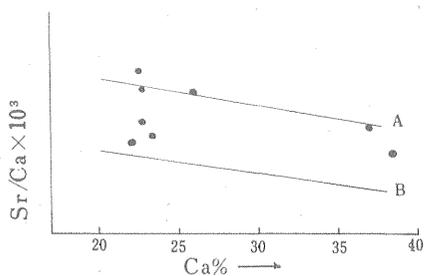
試料番号	試料	CaO (%)	MgO (%)	不溶残渣 (%)	R ₂ O ₃ (%)	灼熱減量 (%)
1	ドロマイト	31.65	20.34	0.24	0.27	46.73
2	〃	35.33	17.09	0.28	0.34	46.37
3	〃	33.65	18.60	0.49	0.35	46.67
4	〃	34.28	17.54	1.14	0.92	46.04
5	〃	34.42	17.89	0.23	0.44	46.76
6	〃	31.90	20.21	0.28	0.43	47.22
7	〃	32.39	19.66	0.17	0.55	46.95
8	〃	31.57	20.50	0.10	0.13	47.16
9	〃	32.87	18.85	0.25	0.66	47.04
10	〃	36.01	16.54	0.32	0.39	46.20
11	石灰岩	54.33	1.06	0.23	0.18	43.54
12	〃	53.77	1.51	0.15	0.04	44.03

分析: 地質調査所

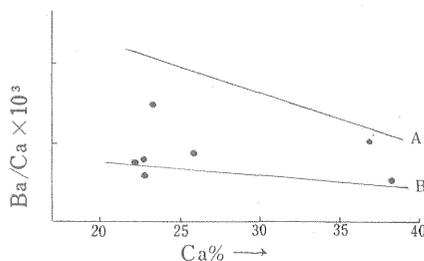
第2表 四つ高鉾山産ドロマイト鉱石の化学成分および微量成分

試料番号	主要成分*	微量成分 (分光分析単位 ppm)**																
		CaO (%)	MgO (%)	Ig. loss (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	Sr	Ba	Li	Mn	V	Ni	Co	Cr	Pb	Zn	Ag	Sn
91	石灰岩	51.72	2.83	44.19	0.21	0.47	1,250	110	18	10	—	—	—	—	—	—	—	—
92	ドロマイト	32.73	19.28	47.05	0.39	0.54	720	170	35	15	—	—	—	—	—	—	—	—
95	//	36.13	16.32	46.55	0.25	0.49	1,150	110	20	30	—	—	—	—	—	—	—	—
102	石灰岩	53.67	0.84	43.96	0.25	0.40	1,000	100	25	100	—	—	—	—	—	—	—	—
113	ドロマイト	31.84	19.91	47.38	0.22	0.45	1,170	90	22	25	—	—	—	—	—	—	—	—
132	//	32.02	19.94	47.19	0.25	0.20	1,040	65	22	40	—	—	—	10	—	—	—	—
111	//	31.96	20.26	47.21	0.19	0.33	800	65	18	10	—	—	—	—	—	—	—	—
99	//	30.95	20.82	47.28	0.16	0.12	630	80	—	10	—	—	—	—	—	—	—	—

分析: * 化学課, ** 高橋 清



第5図 ドロマイト—石灰岩中の Ca と Sr の関係



第6図 ドロマイト—石灰岩中の Ca と Ba の関係

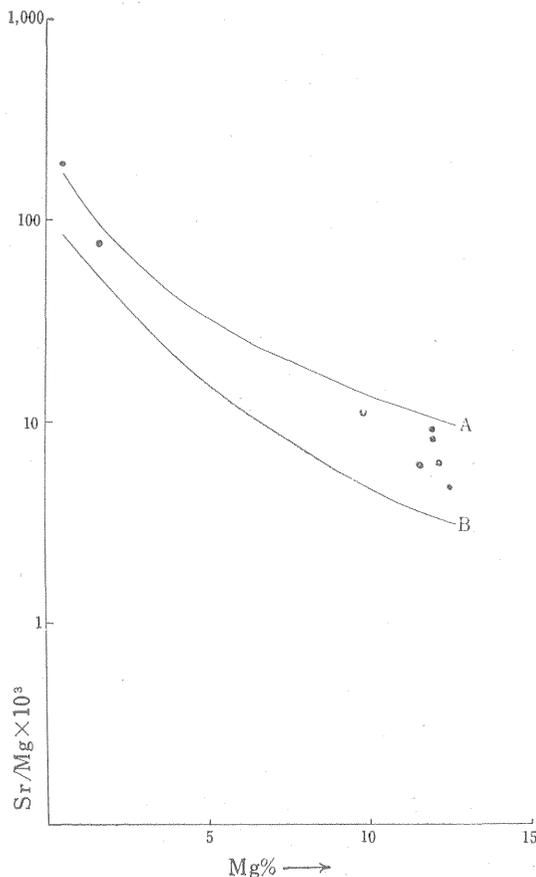
6. 鉾床成因の考察

鉾床の成因について若干の考察を行なったのでここで簡単に述べる。

ドロマイト鉾床の成因は古くからいろいろの人によって論じられているが、その要因は複雑であり、まだその論拠となる事実乏しく、簡単には論じられない。

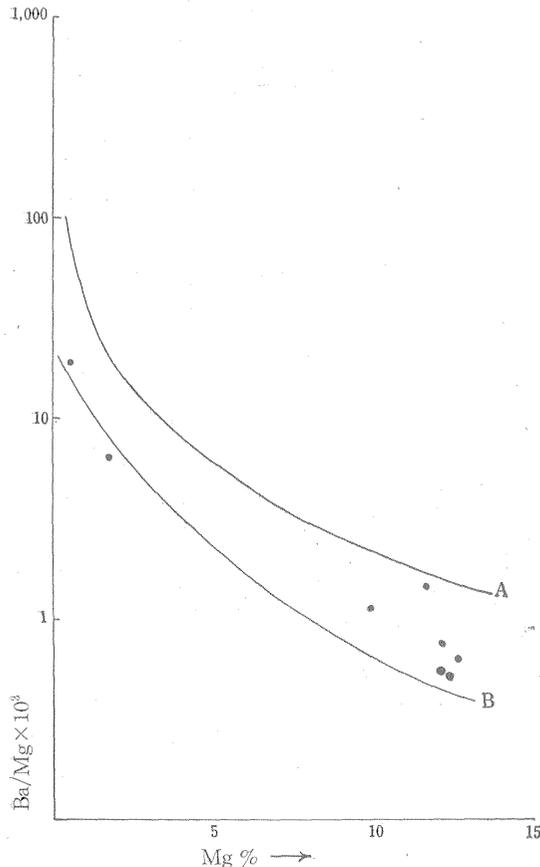
ここで述べる四つ高鉾山のドロマイト鉾床は本邦において最初に発見された歴史の古いドロマイト鉾床ではあるが、その成因についてはいまだ決定的な結論は出されていない。

ドロマイト鉾床の成因を大きくみれば、初生説(直接沈殿説・ダイアジェネシス)と後生説(熱水交代説 leaching theory など)に分けられる。著者らの調査研



第7図 ドロマイト—石灰岩中の Mg と Sr の関係

究では本邦における採掘可能なドロマイト鉾床はすべて初生的な成因を有する堆積型ドロマイト鉾床の範ちゅうに属する。この堆積型ドロマイトは必ずしも直接沈殿したものではなく、ダイアジェネシスの過程で交代されたものを含み、このような鉾床が大部分であると考えられる。研究者によってはより厳密に分類してこの種の鉾床



第 8 図 ドロマイト—石灰岩中の Mg と Ba の関係

を後生 (2 次的) 鉾床に入れるものもあるが、本来の 2 次的鉾床 (熱水交代, その他) と区別する意味で著者らは初生鉾床にしている。ダイアジェネシス過程におけるドロマイトの生成機構はきわめて多くの要素を含むので別の機会に詳細にしたいと考えているが、ここでは海底における火山活動と密接な関係を有すると考えていることのみを述べておく。

従来四つ高鉾山はその特異な産状から断層を通路とし、石灰岩を母岩とする熱水性交代鉾床とする説が有力であった。これは四つ高鉾山の坑内では水平的に主断層 (NW-SE 系) に近いほど MgO 含有量が高く、断層から遠ざかるほど MgO が低下し、ついには石灰岩に移化する現象に基づいている。1959 年 6 月高橋博は本鉾山坑内の小断層に認められる粘土を研究し、これが 30Å の X 線回折線を有する長周期粘土で、Mg 緑泥石—モンモリロン石規則的混合層鉾物であることを明らかにした。この種の粘土鉾物は本邦では熱水性とみなされる鉾床にのみみいだされている。

以上が本鉾床を熱水性と考える理由の一つである。

これに対して著者らが堆積性とする論拠を要約すると次の通りである。

1) 鉾床の産状 (形態) については著者らの地質調査および日鉄鉾業によるボーリングの結果では一般に堆積性といわれているドロマイト鉾床と類似する点が多い。四つ高鉾山坑内において断層に近い部分に高品位鉾を産する現象は第 2 図にも示す通り、断層によって地層が転位して垂直に近い状態になっているためである。すなわち水平的には断層から東へ遠ざかるにしたがって石灰岩へ移化するために MgO が次第に低下するものと考えられる。

2) 旧採掘跡である池付近の地質状況と、ボーリングによる柱状図からも層状鉾床であることがうかがわれ、また地質の断面図も層状に無理なく作成できる。

3) 顕微鏡下における鉾石の組織は、一般に堆積性鉾床に産するものと同様に結晶粒の不明瞭なものが多く、熱水溶液から晶出したとみられる組織はみられない。一般に熱水溶液によるドロマイト化作用には金属鉾物の鉾化作用を伴うことが多いが、ここではそのような現象もみられない。

4) 従来から高橋清と共同研究を行なっているドロマイト中の微量成分の挙動は堆積性ドロマイトの範囲にプロットされる。

5) いわゆる長周期粘土は本邦では蠟石鉾床および石膏鉾床にかぎって発見されている。このことからのみいえば本鉾物は熱水性の可能性が大きい。しかし本鉾山における産状は小断層を充填し、明らかに鉾床生成後の産物であり、ドロマイト鉾床の成因とは別に考えられなければならない。いずれにしても長周期粘土の生成はドロマイト鉾床の成因とは直接関係がないと考える。むしろ本鉾物の主要成分の一つである MgO を母体のドロマイトに求めるのが妥当であると考えている。

7. 結 語

西南日本のドロマイト鉾床は内帯と外帯の両者に発達しているが、九州においてもこの両構造帯に分布している。

一般的傾向として内帯の鉾床群、例えば栃木県葛生鉾床群、岐阜県下の鉾床群等は規模が大きく、品質も安定している。これに対して外帯のものは四国・九州を通じて多くの鉾床が存在するが、個々の鉾床は規模は小さく地質構造が複雑であるため品質が安定しない特徴を有している。

四つ高鉾山は九州の内帯にある唯一の稼行鉾山で小範囲ではあるが非常によくまとまった鉾床である。本地区より南西の井ノ浦・菊田・平尾台・三ノ岳・船尾山等は

著名な石灰岩地帯で、これらの石灰岩中には所によって標本的なドロマイトを産する。さらにそれより南西の熊本県木葉山にある筑後変成岩に属する石灰岩中に良質のドロマイト鉱床があり、この鉱床が内帯の最西端のものと思われる。

四つ高鉱山のドロマイト鉱床はその成因を堆積性によるもので、その生成機構についてはダイアジェネシス過程における交代置換と考えている。

本鉱山のドロマイト鉱床が熱水性であるか堆積性であるかは今後の探鉱に大きな影響を及ぼすと考えられる。

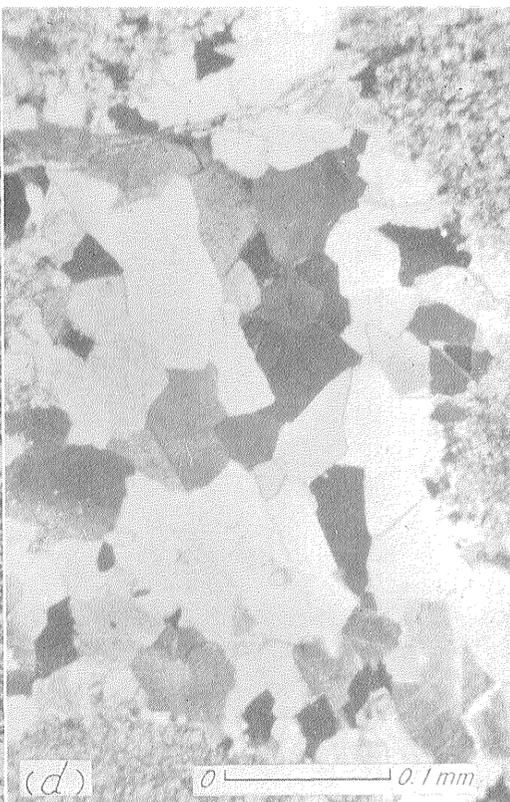
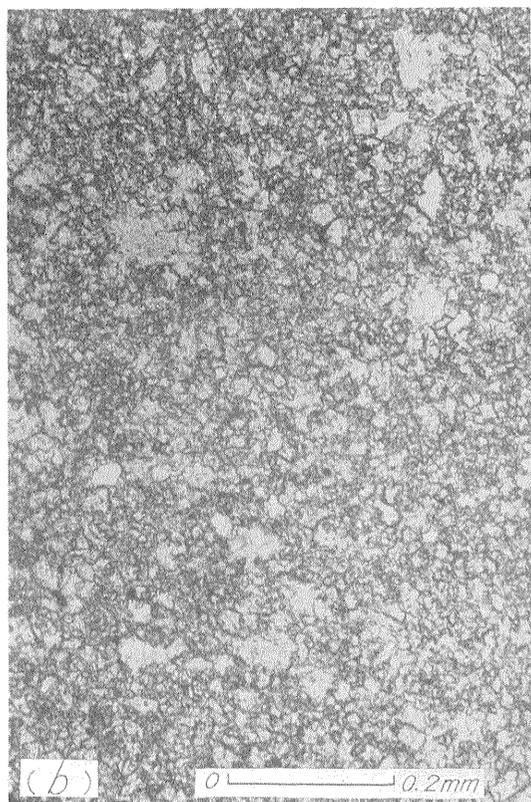
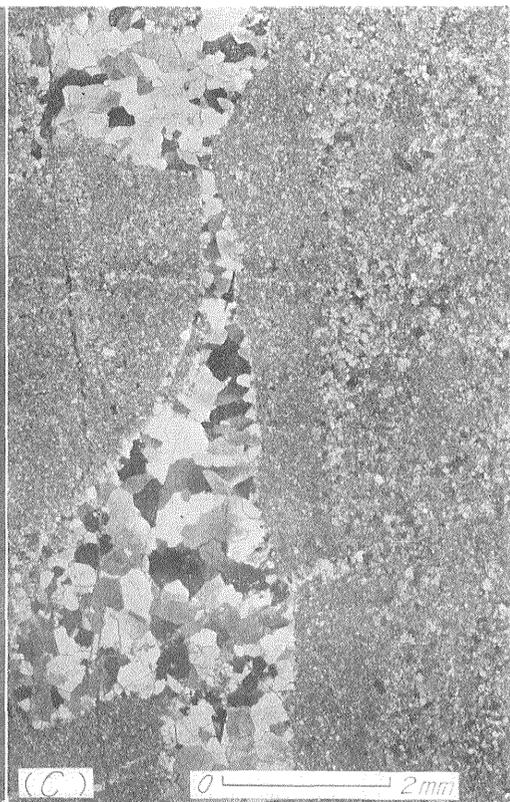
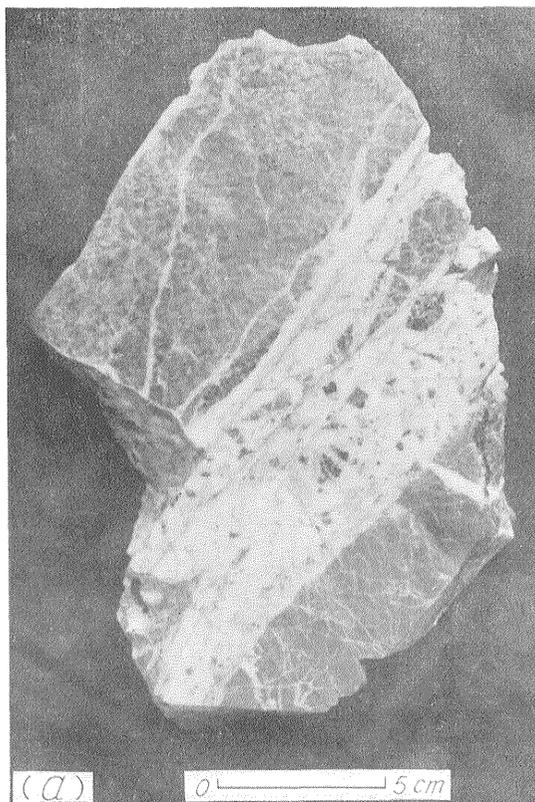
もし熱水性であれば常識的に考えて断層に沿った付近のみが、鉱床胚胎の部分と考えられる。しかしここでは堆積説をとる立場から今後の探鉱方針について述べてみたい。

断面図にみられるように斜坑は鉱床の上限付近、すなわち上盤の石灰岩に近い部分を採掘している。特に下段坑では石灰岩の境界すれすれに採掘されている。したがってドロマイト鉱床は断面図に示すように断層付近はもちろん、断層から東側へ離れた坑内の直下でも発達しているものと考えられる。今後は坑内から垂直にボーリングを行ない、ドロマイト鉱床の厚みを確かめることも有効であろう。

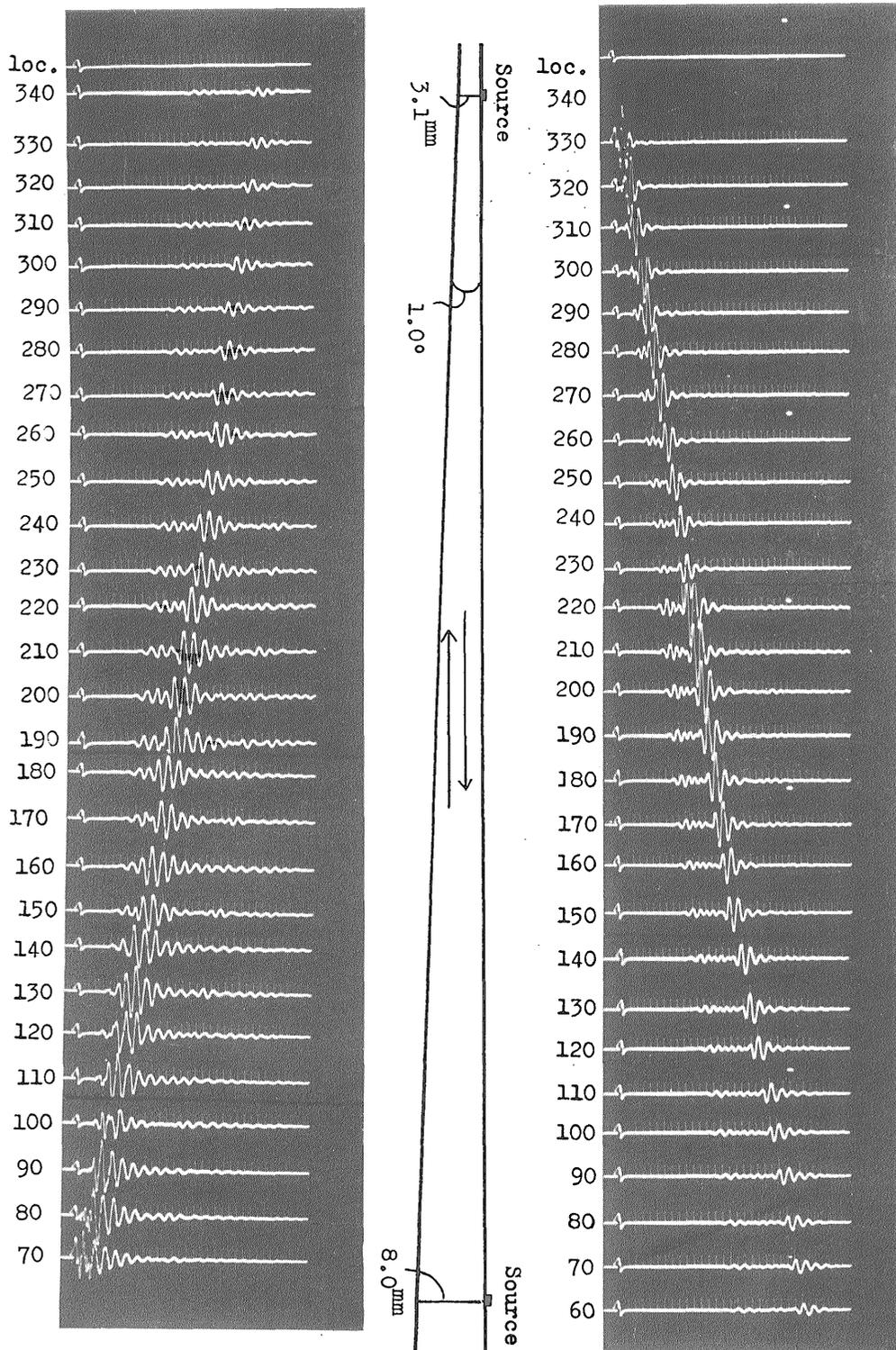
日鉄吉志鉱山においてボーリングによって鉱床が確かめられているところから、さらにその東側でボーリングを行ない鉱床の広がりを確認することが必要である。

本鉱山は供給先への地理的条件が恵まれていることから今後探鉱を充分に行ない鉱量を確保すべきである。

(昭和35年8月調査)



図版 1 四つ高鉱山ドロマイトとその顕微鏡写真

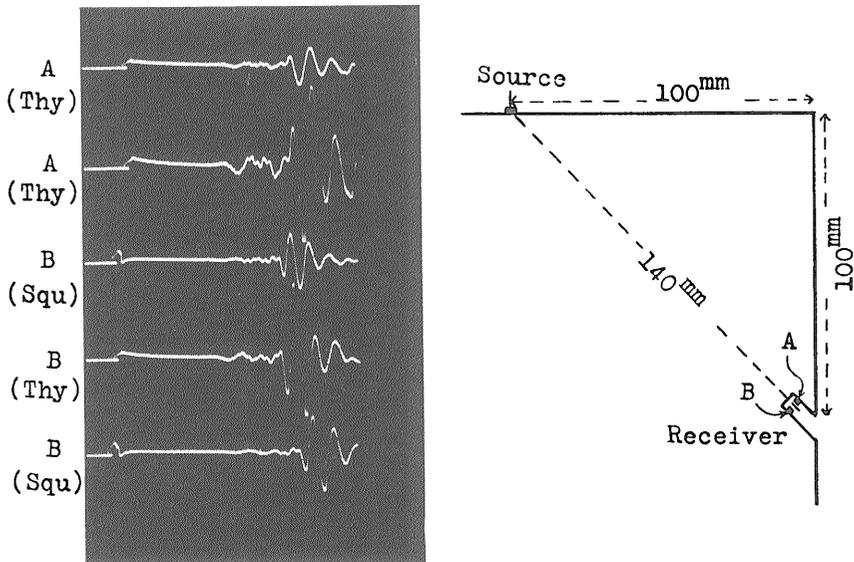


図版 1 全領域における表面波の発達。Location 番号は板の端からの距離 (単位 mm) を示す。各成分の間隔は 10 mm。
 左側：厚い部分から薄い部分へ。震源 60 mm。 右側：薄い部分から厚い部分へ。震源 340 mm。

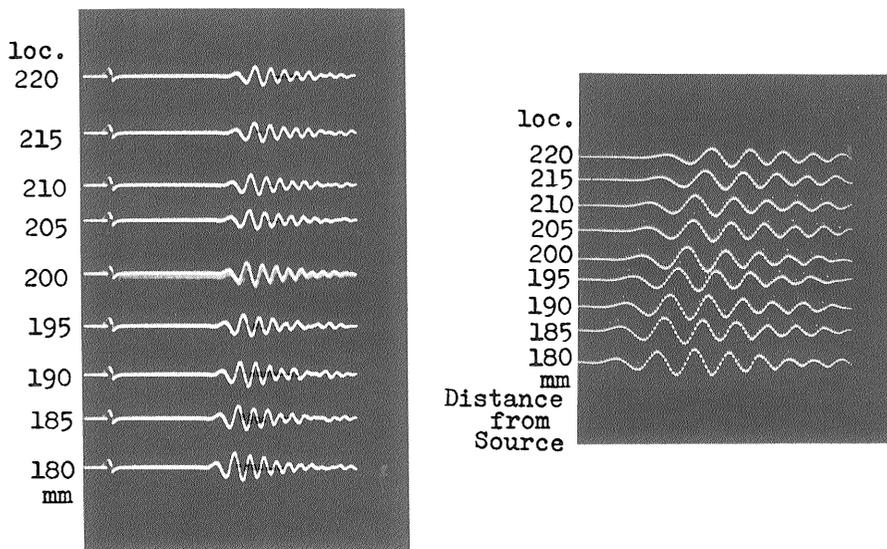
Development of surface wave along the entire region. Location number shows the distance (unit, mm) from the end point of the plate. Each trace is taken by 10 mm spacing.

Left side: From thick to thin, source at 60 mm.

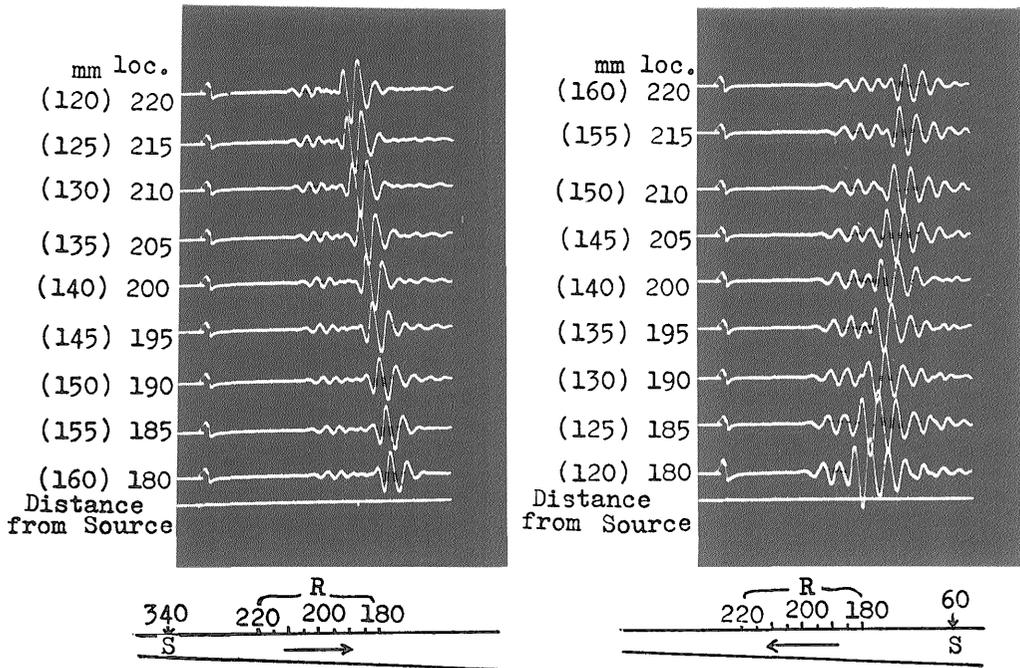
Right side: From thin to thick, source at 340 mm.



図版 2 高木の方法 (1956) による横波速度の測定。受振子を A, B 点に置く。矢印は横波の到達を示す。
 Velocity measurement of shear wave by Takagi's method (1956). A receiver was put at A and B. The arrow indicates the arrival of shear wave.



図版 3 表面波の対称性の試験。震源および受振点を図のように置くと対称性表面波のみ発達し、反対称性表面波は発生しない。
 Test of symmetric property of the surface wave source and receiver are put as shown in the figure. Symmetric mode develops and anti-symmetric mode disappears.



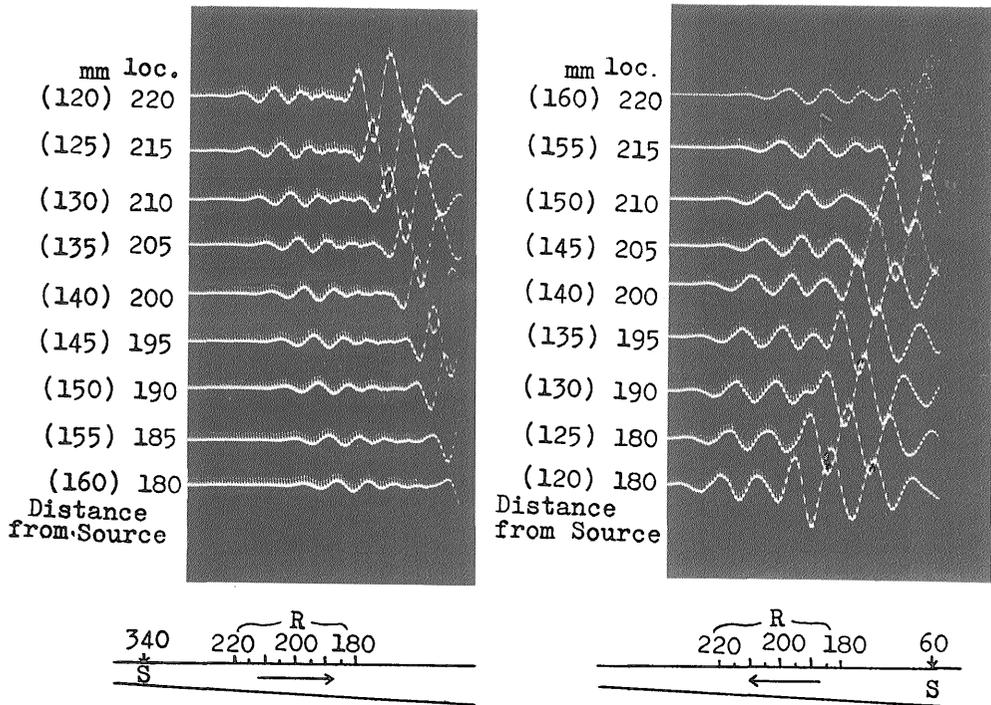
図版 4 Location 180~220 における M_1 , M_2 波の記録。各成分の間隔は 5 mm。

左側：源 340 mm，薄→厚。右側：源 60 mm，厚→薄

M_1 and M_2 modes at Location 180~220. Each trace was taken by 5 mm spacing.

Left side: Source at 340 mm, from thin to thick

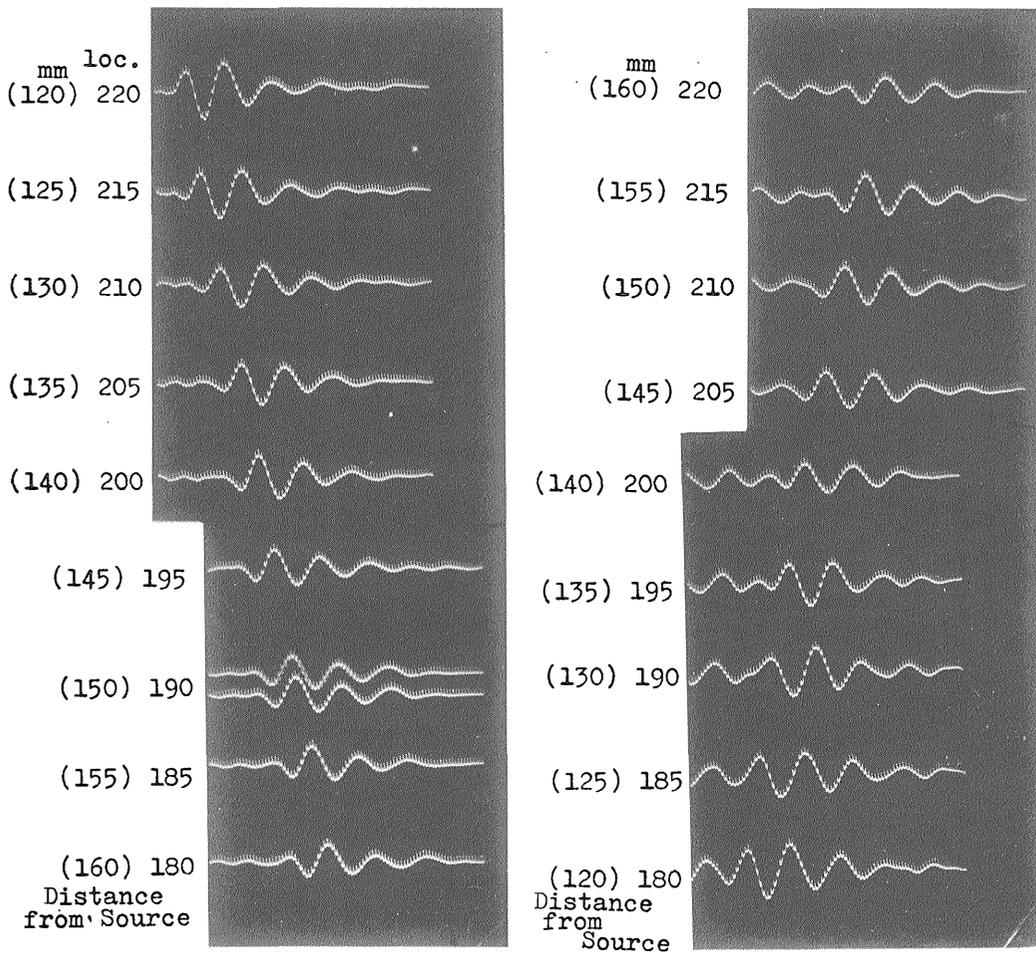
Right side: Source at 60 mm, from thick to thin



図版 5 図版 4 と同じ受振点における M_1 波の引伸ばした記録。山谷位相の到達時刻読み取りのためのもので、

時間目盛 (小さなピップ) は $1 \mu\text{s}$ 目盛である。

Enlarged record of M_1 mode at the same location of photo by 4 for the reading of arrival time of each peak and trough. Time mark (small pip) is $1 \mu\text{s}$.



図版 6 図版 4 と同じ受振点における M_2 波の引伸した記録。山谷位相の到達時刻読取のためのもので、時間目盛 (小さなピップ) は $1 \mu s$ 目盛である。
 Enlarged record of M_2 mode at the same location of photo by 4 for the reading of arrival time of each peak and through. Time mark (small pip) is $1 \mu s$.