

平成7年度 霧多布湿原学術研究助成（第2回）報告

霧多布湿原の酸性霧発生機構 と霧粒の関連について

谷口拓之、西尾文彦

北海道教育大学 釧路校

総合科学課程 地球惑星科学コース

1996年3月14日

研究の目的

霧多布湿原や釧路を含む北海道の道東地方では、霧がこの地方の夏の天候の特徴の一つとも言っても過言でなくらい多く発生する。この霧は、直径が2～100 μ m程度の大きさとされている。霧の発生にも幾つかの形態があるが、道東地方における霧は、海水と大気的气温との温度差が原因となり霧が発生し、風によって内陸へ流れてくる移流霧によるものが多い。日中の霧の浸入で気温を30～60分で1～3 $^{\circ}$ Cも低下させ、湿度を5～12%も上昇させるほどの影響力がある。

最近、地球環境の問題が注目されている。これらの問題の一つに雨の酸性化の問題があり、世界各地で被害が発生していることもあり、深刻な問題となっている。この雨の酸性化の原因としては、湿性沈着によるものとされており、どのような過程で乾性沈着物を取り組んでいるのかの問題は、まだまだ未解明のことがらが多い。北海道教育大学釧路校・応用理学コースでは、雨や霧、雪の酸性化問題に5年前から取り組んできており、雨だけではなく北海道・道東地域特有で生活環境に大きな影響を及ぼしている霧についても調査している。特に、霧に関してあまり調査されていなかった。そこで本研究では、霧が雨の酸性化問題と同様に酸性化されて、酸性霧の発生がどのような仕組みでおこっているのかを追求することを目的としている。なかでも霧粒の直径の変化と酸性霧の発生の関連を、霧多布湿原および釧路での同時観測をとうして解明しようと 考えた。

結果の要旨

1994年から1995年にかけて、霧多布湿原センターでの霧の酸性化および釧路市にある北海道教育大学釧路校の屋上で調査した霧の粒径の大きさとpHとの関連から、霧粒の変化と酸性霧発生のメカニズムを解明するために始めた研究である。得られた結果は、1) 1時間ごとの霧の粒径とpHの値との関係では、pH値が高くなる傾向が出たとき霧の粒径の直径は大きくなる傾向がときどきみられた、2) 1日の霧の粒径変化では、大きな変動を示していることが挙げられ、霧には発生から消散までの間に、周期的な変化がある。今回の調査では、酸性霧の発生と霧粒の変化の明瞭な関係を知ることはできなかったが、今後の研究を進めるに当たっての基礎データとなり、平成8年度もさらに継続する計画である。

平成7年度 霧多布湿原学術研究助成（第2回）報告

霧多布湿原の酸性霧発生機構と霧粒の関連について

谷口拓之、西尾文彦
北海道教育大学 釧路校
総合科学課程 地球惑星科学コース

目 次

要 旨	4
I. 研究目的	4
II. 霧粒の捕捉・測定・保管について	4
2-1 霧の捕捉方法	4
2-2 霧粒の測定方法	5
2-3 プレパラートの保管について	6
2-4 問題点と改良点	6
III. 分析結果および 考察	7
3-1 解析結果	7
釧路における結果	8
浜中町における結果	8
3-2 考察	9
IV. おわりに	9
参考文献・資料	10

要 旨

1994年から1995年にかけて、霧多布湿原センターでの霧の酸性化および釧路市にある北海道教育大学釧路校の屋上で調査した霧の粒径の大きさとpHとの関連から、霧粒の変化と酸性霧発生のメカニズムを解明するために始めた研究である。

得られた結果は、1) 1時間ごとの霧の粒径とpHの値との関係では、pH値が高くなる傾向が出たとき霧の粒径の直径が大きくなる傾向がときどきみられた、2) 1日の霧の粒径変化では、大きな変動を示していることが挙げられ、霧には発生から消散までの間に、周期的な変化がある。今回の調査では、酸性霧の発生と霧粒の変化の明瞭な関係を知ることはできなかったが、今後の研究を進めるに当たっての基礎データとなり、平成8年度もさらに継続する計画である。

I. 研究目的

霧多布湿原や釧路を含む北海道の道東地方では、霧がこの地方の夏の天候の特徴の一つとも言うても過言でないくらい多く発生する。この霧は、直径が2~100 μ m程度の大きさでとされている。霧の発生にも幾つかの形態があるが、道東地方における霧は、海水と大気気温との温度差が原因となり霧が発生し、風によって内陸へ流れてくる移流霧によるものが多い。日中の霧の浸入で気温を30~60分で1~3 $^{\circ}$ Cも低下させ、湿度を5~12%も上昇させるほどの影響力がある。

最近、地球環境の問題が注目されている。これらの問題の一つに雨の酸性化の問題があり、世界各地で被害が発生していることもあり、深刻な問題となっている。この雨の酸性化の原因としては、湿性沈着によるものとされており、どのような過程で乾性沈着物を取り組んでいるのかの問題は、まだまだ未解明のことがらが多い。

北海道教育大学釧路校・応用理学コースでは、雨や霧、雪の酸性化問題に5年前から取り組んできており、雨だけではなく北海道・道東地域特有で生活環境に大きな影響を及ぼしている霧についても調査している。特に、霧に関してあまり調査されていなかった。そこで本研究では、霧が雨の酸性化問題と同様に酸性化されて、酸性霧の発生がどのような仕組みでおこっているのかを追求することを目的としている。なかでも霧粒の直径の変化と酸性霧の発生の関連を、霧多布湿原および釧路での同時観測をどうして解明しようと考えた。

II. 霧粒の捕捉・測定・保管について

2-1. 霧粒の捕捉方法

霧の粒子を捕捉するにあたり、以下のことを考慮しながら研究をおこなった。

- 1) 霧粒を捕捉している時間の気象状況の特徴を、できる限りデータとして残せるような捕捉方法を考えていく。
- 2) 扱いやすく、身近な道具を用いて捕捉できるような方法を考案していく。

まず始めに行った捕捉方法は、マグネシウムの粉末をプレパラートに付着させ、霧粒がプレパラートに衝突するときに見える痕跡を取っていく方法がある。マグネシウムは水に反応しづらい特性をもち、霧とプレパラートとの衝

突時に出来る痕跡があとで変化せず、比較的安定したものであるために用いられた。マグネシウムの薄膜付きのプレパラートを作り、捕捉するまでの一連の作業手順を以下に示す。

「作業手順」

- (1) マグネシウムリボンを燃焼したときに発生する煙を、プレパラートの全面に均等に付着させる（この時に注意しなければならないことは、極端にマグネシウムの量が多くても少なくてもいけない。プレパラートにマグネシウムを付着させてから傷やゴミ、水滴などがつかないように扱うことである）。
- (2) 粒霧の捕捉は1時間おきに行った。観測時には時間を測りながら風に対して垂直にプレパラートを向ける（霧の濃さに応じて観測時間をきめる。約30秒から1分間ぐらいのときが一番多い）。
- (3) 観測終了後は、日付、観測時間を記入し、シリカゲル（乾燥剤）を入れたケースのなかに入れて保存する。

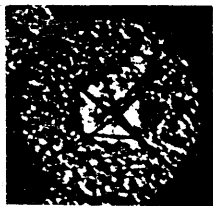
観測は、釧路では海岸から約2km内陸の住宅地にある北海道教育大学釧路校の屋上で行った。また、浜中町による観測も行った。浜中町での観測地点は、海岸から霧多布湿原を挟み約4km内陸にある浜中町霧多布湿原センター屋上で行い、霧粒の粒径測定方法は、釧路で行っているのと同じ方法を用いた。

霧のpHの測定は、霧水採取装置を用いた霧水の試料を用いて行った。この霧水採取装置は、風によって運ばれてきた霧をファンにより強制的に吸引し、ファンの前に設置したネットによって霧水を採取するものである。この霧水採取装置の設置は、釧路、浜中町ともに霧の粒径観測地点と同じ場所に設置した。

2-2. 霧粒の測定方法

粒径を測定する際の注意点は、観測時の霧粒の状態をデータとして現わすこと、できるだけ誤差をなくしていくことである。第1に行った粒径測定方法は、まずカメラ付きの顕微鏡でプレパラートにあたる霧粒の痕跡を拡大して写真をとる。撮った写真は図1のようになる。図1には2重の円があるが、これは霧の粒がプレパラートにぶつかった時の痕跡が内側の円として現れている。内側の円と外側の円の境にある太い線は、霧の粒がプレパラートにぶつかった際にプレパラート上のマグネシウムを押し上げてできたものと考えられる。また、一番外の円は、霧の粒がプレパラートにぶつかってから霧粒やマグネシウムが飛び散った時にできたものと思われる。次に、図1の2重の円に垂直な線を2本ひき、デジタル式CARIPERによりそれぞれの直線を計る。プレパラートに付着した霧粒の痕跡は、大半が楕円であることが多い。そのため、円に垂直な線を2本引き、それぞれの線の長さの平均により出た数値を円の直径と考え、式(1)のようにする。

図1.



$$(A1 + B1) / 2 \quad (1)$$

ここで、A1およびB1は互いに直交した直径の内円の長さ

この式(1)から、実際に空気中で浮遊している霧粒の直径を導き出すために、式(1)に顕微鏡によって拡大された倍率で割り、ミクロンの単位(1mm=1000μm)に換算したものが式(2)となる。

$$X = \{ (A1 + B1) / 2 \} / C \times 1000 (\mu m) \quad (2)$$

ここで、Cは顕微鏡によって拡大された倍率、Xは霧粒の直径である。pH値の測定では、北海道教育大学釧路校・応用理学コースにあるpH測定機を用いて行って測定した。

2-3. プレパラートの保管について

霧粒の捕捉後に一時保管するが、この時マグネシウムがついているプレパラートは、ゴミや傷が付きやすく、後の測定時に支障をきたしてしまうことがある。また、測定方法が直接、顕微鏡による測定となるので、測定後にも必要なサンプルだけでも残していかななくてはならない、という問題があった。そこで、どの様にしてプレパラートを保管するか、注意しなければいけないことを次にあげる。

プレパラートにはマグネシウムを付着させているので傷がつきにくいもの、測定後にも水滴がつかないように密封できるもので、かつ測定に支障がないもので、ある程度の衝撃にも強い物が良い。そこで、身近なもので簡単に扱えるものをさがして幾度か実験してみた。

その結果、よく市販されているナイロンテープが一番良いことがわかった。これは、そのままプレパラートの上から静かにテープをはるだけなので、比較的、扱い易いものである。また、ナイロンテープを使用して測定をする実験をした結果、傷も付きずらく外部から異物が混入しにくいことがわかった。ただし、ナイロンテープはどのくらいの年数保管できるかなど検討すべきことがあるため、実験を繰り返しながら保存対策について検討していくことが今後の課題である。

2-4. 問題点と改良点

2-2、2-3で説明してきた方法で、1994年から1995年の霧の粒子の補足・測定を行ったが、次のような問題点がでてきた。

「問題点」

(1) 霧の粒径をグラフ化した場合に、霧のデータとして必要な15μm以下の霧粒が見られない。

(2) 写真を使った方法では、コストがかりすぎる。

(3) 顕微鏡で霧粒の直径を計る際に、同じ霧粒を測定していることはないか。

まず、問題点1の原因について考えられることは、風によってくる霧の粒子がプレパラートと衝突する際に、プレパラートに対する風の抵抗により、小さな霧の粒子ほど風の流れによってプレパラートの外へ逃げってしまうためと

考えられる。2つめは、写真の現像代、フィルム代がかかる。現像されるまでの時間が長い、という問題が出てきたからである。3つめは、目印もない状態で測定していたために、どこの粒径を測定していたのか忘れてしまう場合もあったためである。

そこで、これらの問題を解決すべく、以下のことに着目しながらいろいろな物を使って実験してみることにした。

- (1) プレパラートの形を変えてみたらどうか。
- (2) 写真を使わずしての測定は可能か。
- (3) プレパラートにマス目をいれるか、顕微鏡に目盛り付きのものがないのだろうか。

(1) はプレパラートの形を変化させることによって、風の抵抗力を小さくしていくことが考えられる。また、プレパラートはガラスでできているので曲げることができないので、プラスチック板を使用してみた。その結果、プラスチックを曲げて霧の補足を行った方がプレパラートでは見られないぐらい小さな霧粒が多く観測できたなど良い結果が出た。反面、プラスチックは非常に薄いために観測はしやすいが、測定時やプラスチックにマグネシウムを付着させる際にも薄すぎて扱いずらく、よく曲がりナイロンテープを用いた方法ではテープがずれて傷が付く、などの問題も出てきた。

そこで、ガラスの縦の長さを細くしていく事によって風の抵抗を小さくする方法をとった(図24)。プレパラートをガラス切りによって半分にするだけであるが、プラスチックを曲げて行った方法と同じように15 μm 以下の霧粒も捕捉でき、プラスチックより扱いやすいので、1995年の浜中町における霧の観測ではガラスを細くした方法を用いている。今後の課題として、プレパラートを半分にきただけでよいのかを、実験しながら考えていく必要がある。

次の粒径の測定方法の問題の解決は、直接顕微鏡から覗いて測定することとした。この方法は、接眼レンズの部分にマイクロメーターを付けて測定するものである。しかし、この方法も問題があり、写真と違って直接覗いて計っているため、若干の誤差が生じやすいことがあげられる。ここで、写真による霧粒の測定方法から、顕微鏡のマイクロメーターによる観測方法に変わったので、2-2で述べた式(1)が次の式(3)のように変わる。

$$X = \{ (A1 + B1) / 2 \} \times D \quad (\mu\text{m}) \quad (3)$$

ここでDはマイクロメーター1メモリ分の大きさである。

今回の測定では、7 \times 40倍により測定したため1メモリが4マイクロンとなった。

問題点3の解決法として、1 \times 1mmの方眼紙をOHPシートにコピーし、測定時にプレパラートの上に乗せて使用することとした。この方法では、プレパラートにマス目ができた状態となるので、同じ粒子を測定することがなくなった。さらに、1平方センチメートルのプレパラートにぶつかる霧の量を計ることもできるようになった。

III. 分析結果および考察

3-1. 解析結果

釧路における霧の調査は、1994年および1995年度の7月～8月後半まで、あわせて12回おこなった。その内、霧の粒径とpHの観測が1時間ごとに連続してとれたのは3回であった。1994年度には、釧路における発生過程が移流霧であることから、調査地点を北海道教育大学釧路校と、霧が主に流れてくると思われる千代の浦の海岸において同時観測をおこなった。

(図10)ただし、霧水採集装置は北海道教育大学釧路校のみとした。1994年度に捕捉した霧の粒径は、密封されたケースの中にシリカゲルを入れ、長期保存した後に測定した。1995年には、浜中町にある霧多布湿原センターにおいて2回の調査を行った。この時は、霧多布湿原センターと、約4km手前にある海岸との同時観測をおこなってみた。(図13)

「釧路のデータの結果」

1994年と1995年度のデータから読みとれることは、第1に日中における霧の出現が見られないことがあげられる。出現が主に多かったのはPM5:00とPM11:00である。第2に、霧の1日の動きを見てみると、必ず1回は霧の粒子の大きさが極大となって2～3時間後には小さくなる傾向を持っていることが挙げられる。

pH値との霧の粒径について比較してみると、霧の粒とpHの1時間ごとの変化が反対になっている事が多くみられる。また、1日の変化をみるとpH値と霧の粒子が平行に変化している傾向が目立つ。

1994年8月24日～25日に、海岸と内陸で霧の粒径の調査を行ったが、海岸での霧の粒径データが少ないことから今回の実験からは明瞭な結果は得られなかった。

次に、1秒間で1平方センチメートルあたりにおける霧の採取量を示す(図14～図20)。これを求めることによって、霧粒の量とpH、粒径との比較をすることができ、粒径の大きさ以外にもpHとの相関も読みとることができ、霧粒と酸性霧の発生メカニズムを知る上で重要な役割をもつものと考えられる。補足率の式を、以下に示す。

$$x = (A/B) / C \times 100 \quad \text{「個/(cm}^2\text{/秒)」}$$

ここで、Aは霧の測定で得た個数、Bはマスの数、Cは露出秒数、xは捕捉率である。

この式は、プレパレート上で計った個数(A)を計った部分のマス目のかず(B)とプレパレートで霧粒をとるのに露出した時間(C)で割ったものに、1平方センチメートル単位に換算したものである。(ただし、捕捉率(x)は全ての霧の粒径を捕捉したとして考えるのでx=1とする。)この式により1994年7月31日～8月27日までのデータを図16～21に示す。今回のデータのなかからは、pHと霧粒径の大きさとの明瞭な相関は見つからなかった。

「浜中町の結果」

浜中町における霧粒の1時間ごとや1日の変化は、釧路と同じく山や谷ができていく傾向を見ることができる。しかし、浜中町における霧の粒子とpHとの相関については、この2枚のグラフから見つけることはできなかった。また1秒間で1平方センチメートルあたりにおける霧の採取量とpH、粒径との

相関についても明確な結果が得られなかった。

3-2. 考 察

霧が日中に発生しづらい理由として考えられることは、霧が発生する過程に着目すると大よその検討が付く。北海道道東地方での霧は、寒流と空気との温度差によって発生する移流霧である。そのため、気温と海水との温度差が最も大きい時間帯に霧の発生が集中すると考えられる。

次に、霧の粒子の大きさが1日の内に大きくなったり小さくなったりする理由として、次のような事が考えられる。まず、空気中において小さな霧の粒子が浮遊しているときに、粒の小さな粒子がお互いにぶつかり合って大きくなる。また、大きい粒子との衝突によって小さな霧の粒子が付着して霧雨の状態になり、小さな霧の粒子の割合が減り、粒径が大きい粒子が存在するようになる。粒が大きくなった粒子は大きくなればなるほど長く浮遊することができなくなり落下する。そのため、後から運ばれてくる次の小さな粒子が何も障害がないために小さなまま、しかも粒子が小さいので長く浮遊しつづけるといったサイクルが生じることにより、霧の粒子が変化するのではないかとということである。

pHと霧の粒径との関係について、粒径が小さい場合には、空気中に占める霧粒の割合が大きく、しかも浮遊している時間が長いので粒径が小さければ小さいほどエアロゾルなどの酸性化物質を多く取り入れられる、と考えられる。内陸と海岸における粒径の違いについて述べていくと、1995年における浜中町による霧の観測データ、また1994年の8月24日～25日のデータからは、データ数が少ないことから良い結果が得られなかった。

霧の1秒間、1平方センチメートル当たりにおける霧の採取量とpH、霧の粒径との関係について調べようとしたが、データ数も少ないために良い結果は得られなかった。しかし、霧について調べていく上で、霧粒の量を省いて考える事はできないので、このやり方のどこが悪かったのかを見直しし、今後もこの調査を続ける予定である。

IV. おわりに

データの量が少ないために、年間の霧の特性を見つけられなかったこと、またデータを解析するにあたって、確信を持てるまでいくことが出来ないことがありましたが、霧の粒には周期的な変動があると考えられる。霧の粒はどのような影響を受けているのかなど問題もでてきたため、さらに霧の調査を進める上での足がかりになればよい、と考えています。また、北海道道東地方における霧は、前にも述べたように移流霧によるものが多いために、太平洋の海に関する研究にも目を向けていかなければいけない、と思いました。

最後に、霧の採集にあたり霧多布湿原センターの富沢秀夫氏やスタッフの皆さん、浜中町の町の皆様、応用理学コースの学生諸君にデータ採取や整理を手伝って頂いただき、深く感謝いたします。また、この研究は平成7年度浜中町霧多布湿原学術研究助成の費用の一部を利用させていただきました。ここに感謝の意を述べさせていただきます。

参考文献

- 井上君夫（1992）：「霧を伴う山背の気象特性」、天気 Vol. 139、
No. 8、p 9-17.
- 井川 学（1991）：「酸性雨とその環境影響」、ドージンニュース、
No. 59、p 3-8.
- 落石一夫（1971）：「釧路の霧」、釧路論集第2号、p 2-175.
（1973）：「道東の霧」、釧路論集第4号、p 46-87.
- 西尾文彦、織田伸和、富沢日出夫（1995）：「霧多布湿原に発生する酸
性霧－霧多布湿原にかかる霧は釧路よりも酸性化している－」、釧路
論集第27号、p 169-184.

DATE: July 19-20, 1994
 TIME: 19:00-6:00

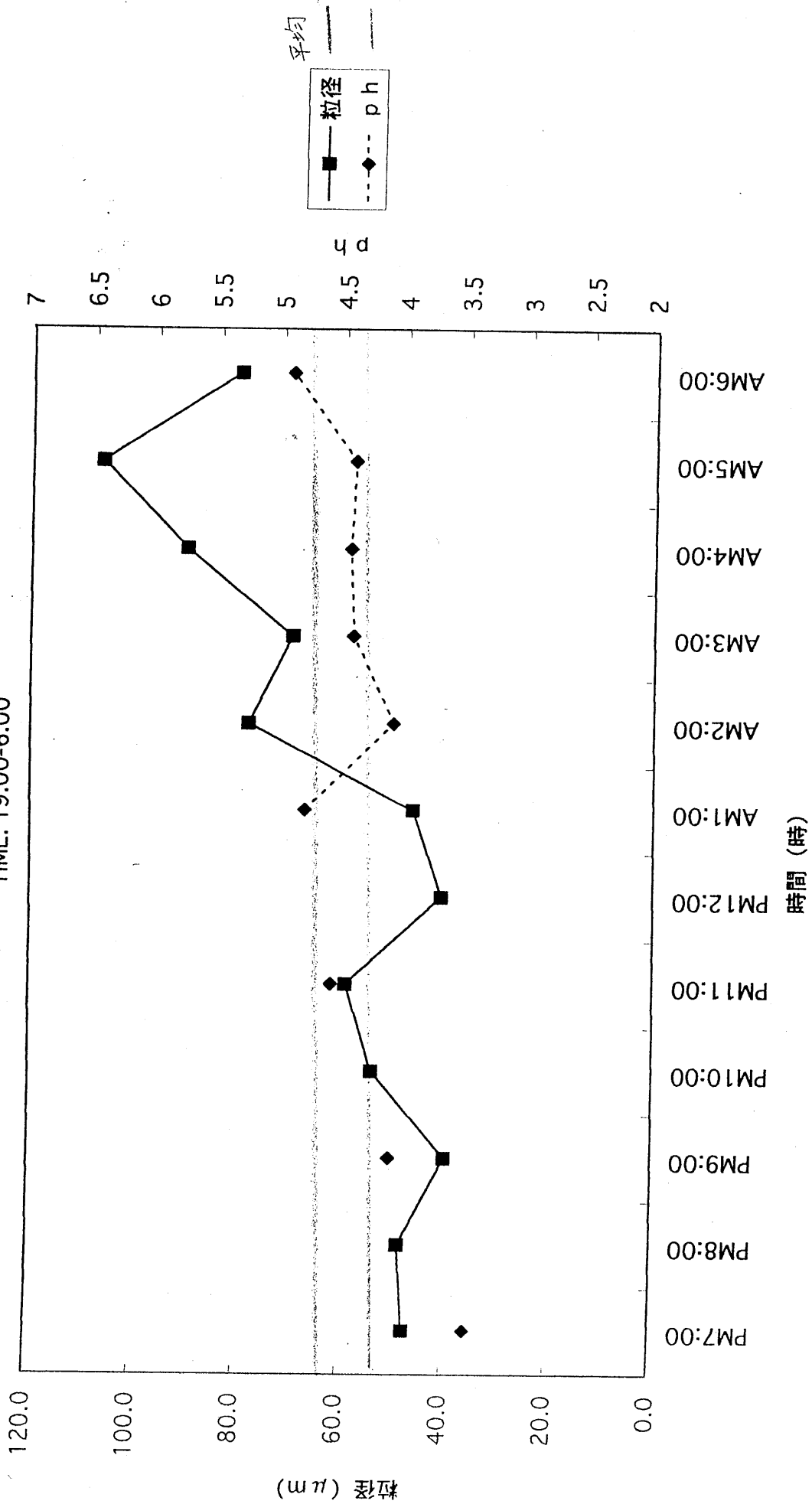
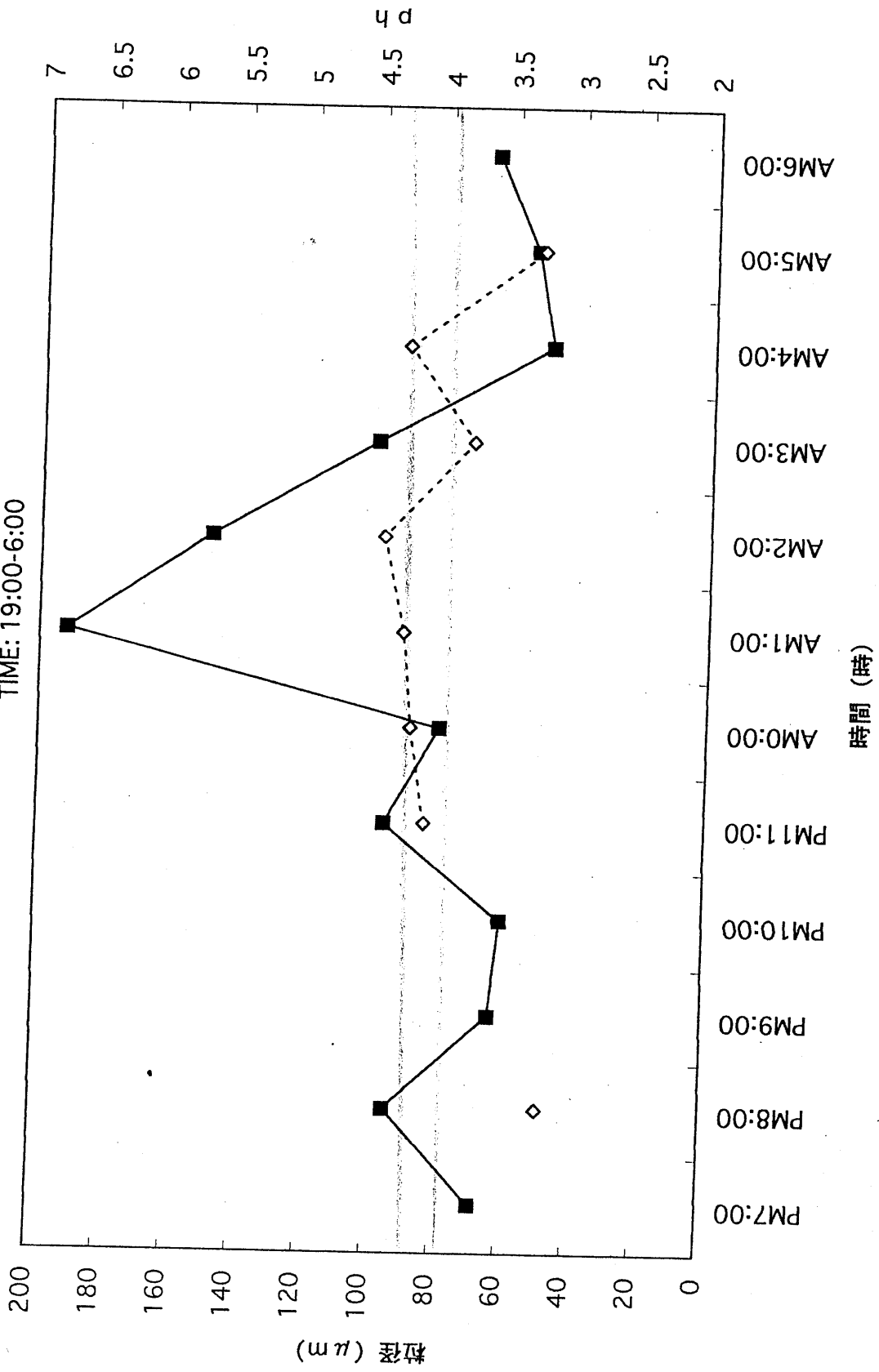
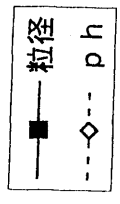


図 2

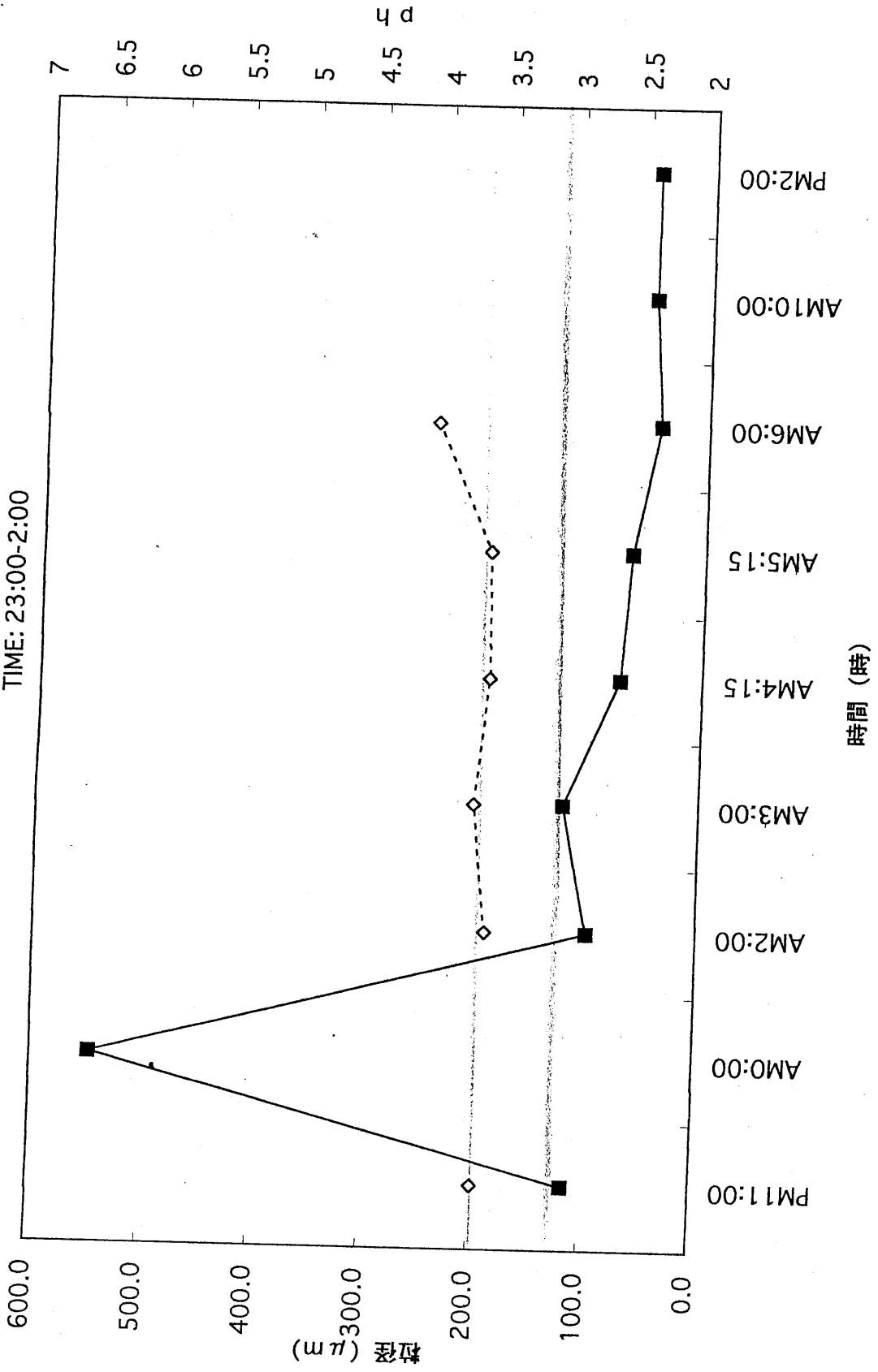
DATE: July 20-21, 1994
 TIME: 19:00-6:00



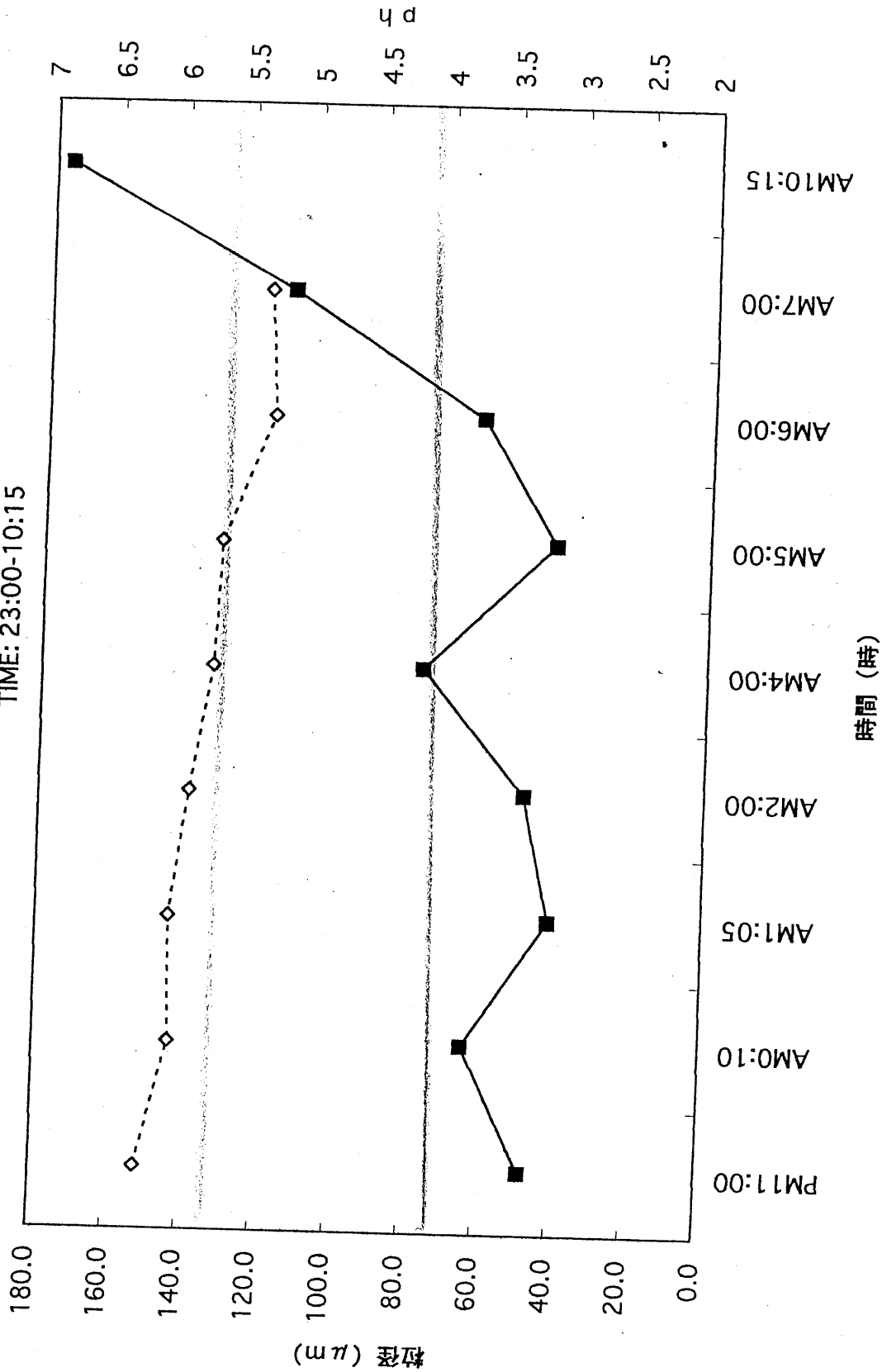
平均



DATE: July 21-22, 1994
TIME: 23:00-2:00



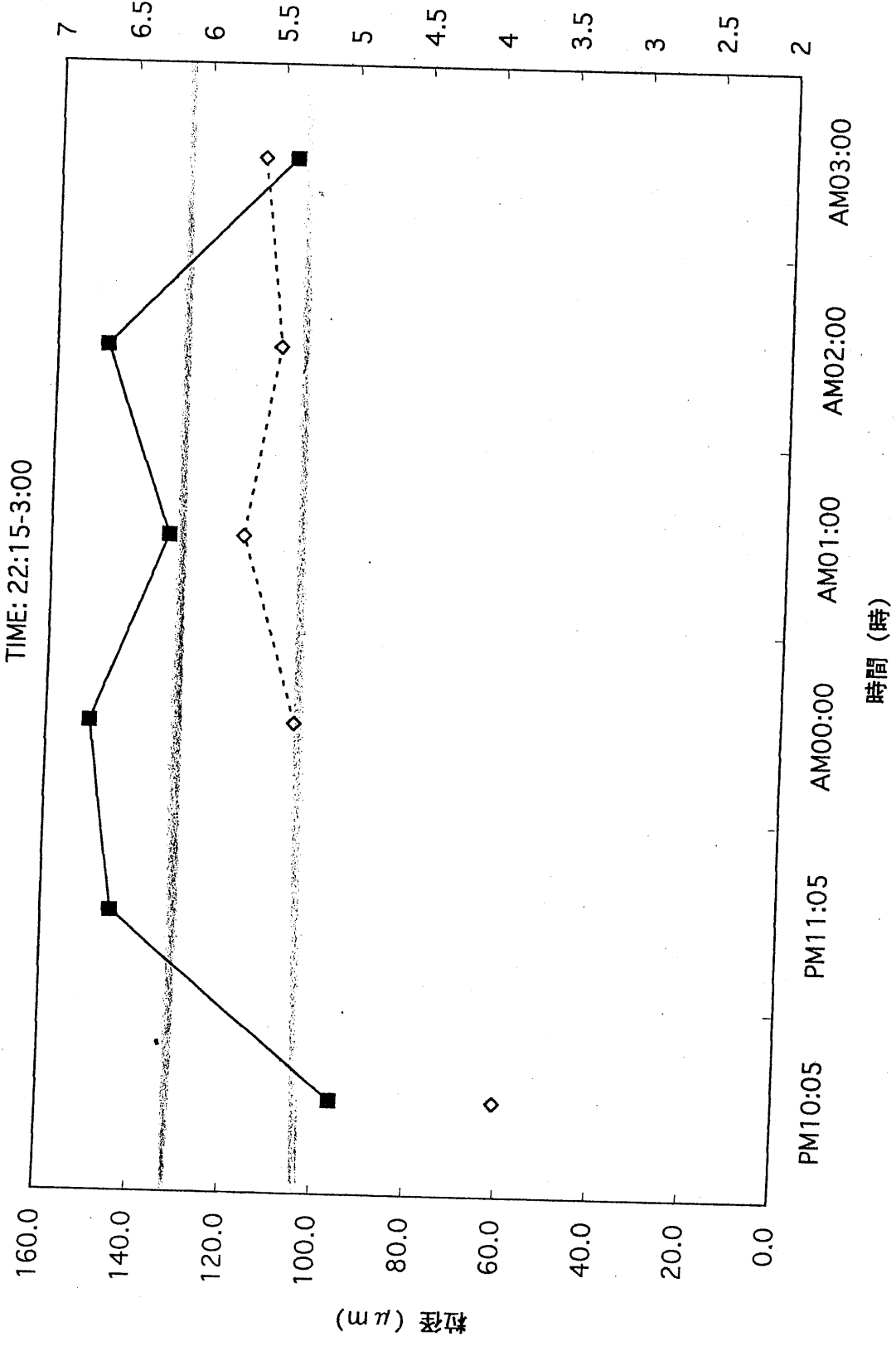
DATE: July 22-23, 1994
 TIME: 23:00-10:15



平均)

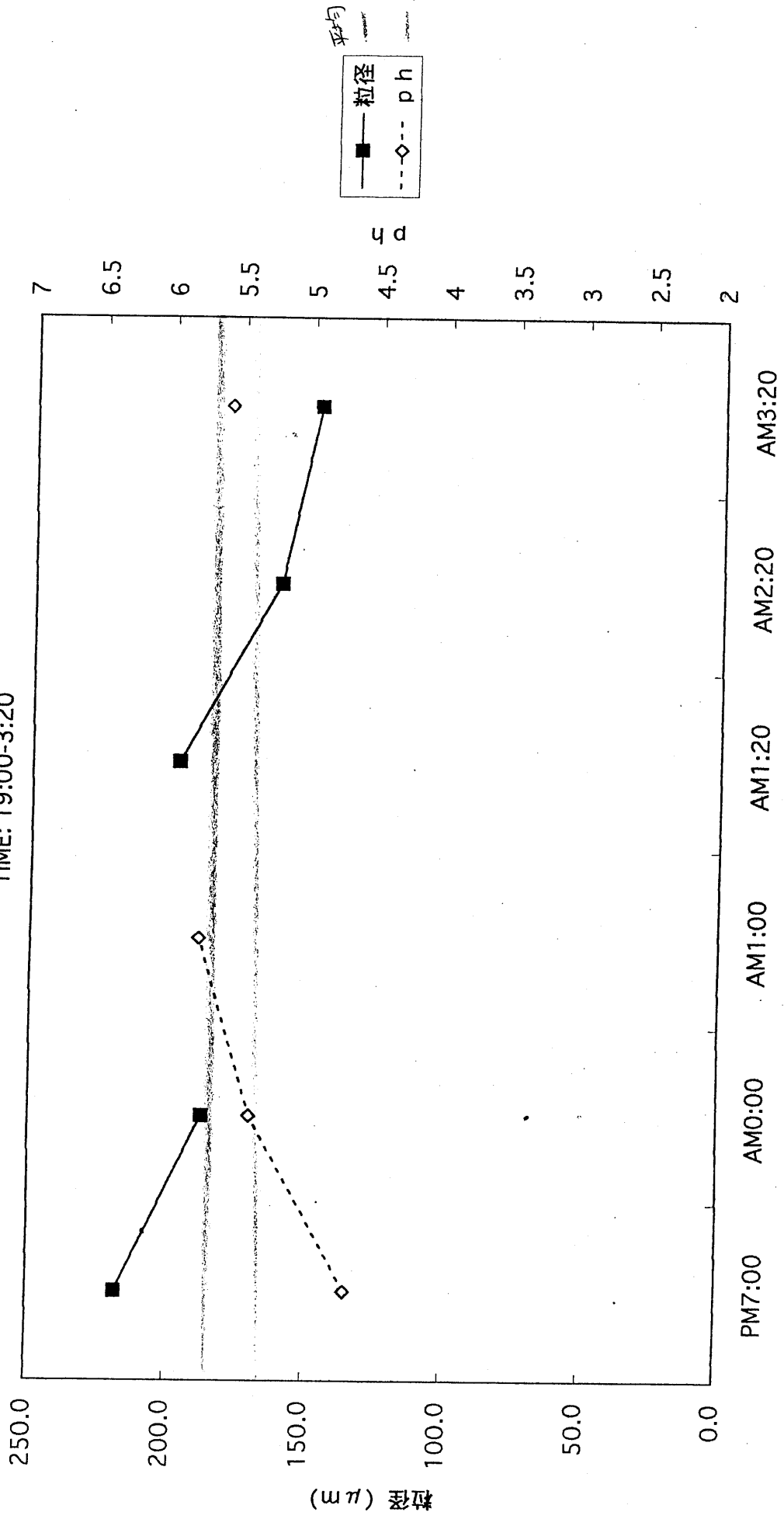
—■— 粒径
 - -◇- - pH

DATE: July 26-27, 1994
 TIME: 22:15-3:00



平均
 粒径
 pH

DATE: July 31 - August 1, 1994
 TIME: 19:00-3:20



平均
 粒径
 pH

時間 (時)

DATE: August 11-12, 1994
TIME: 17:00-1:20

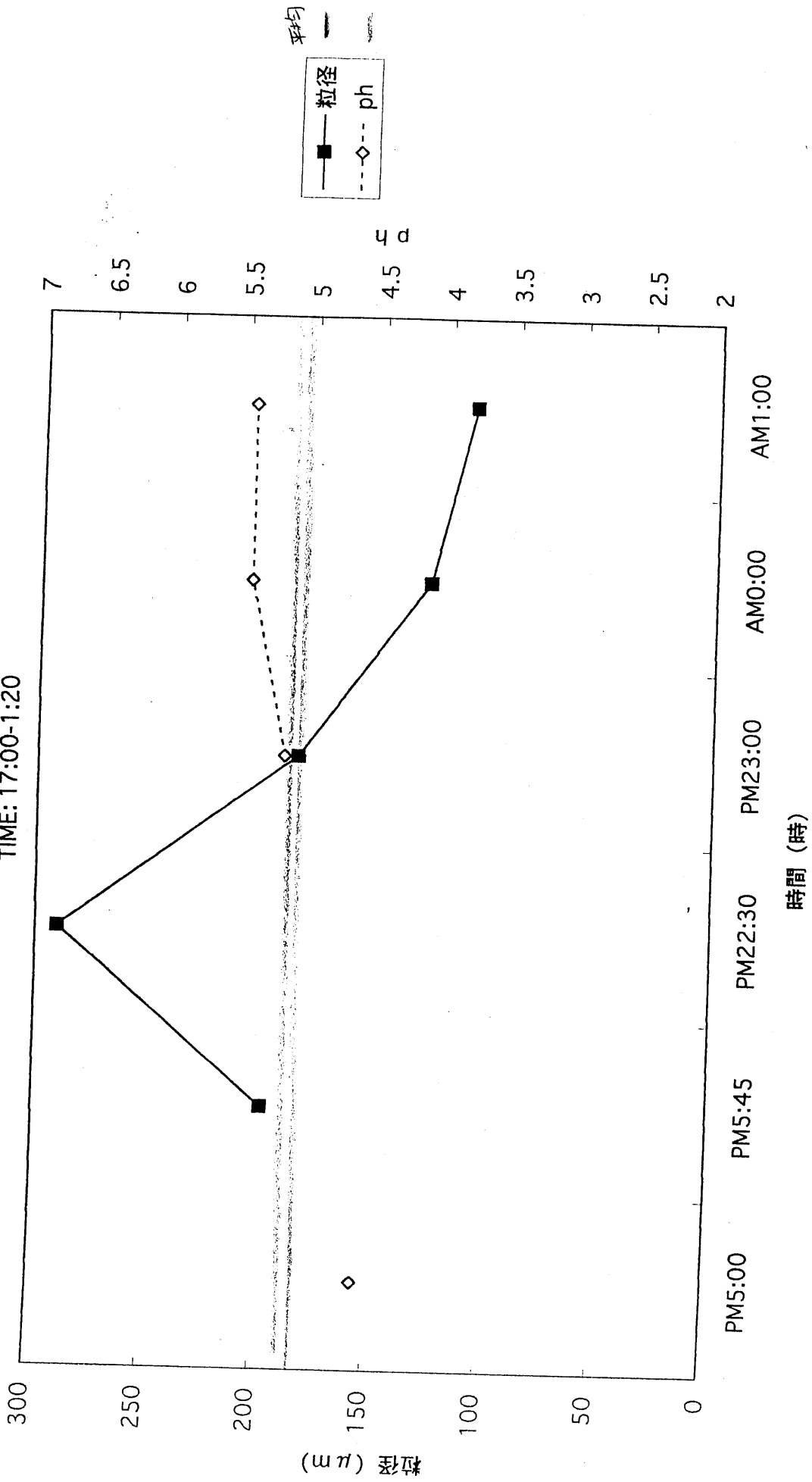
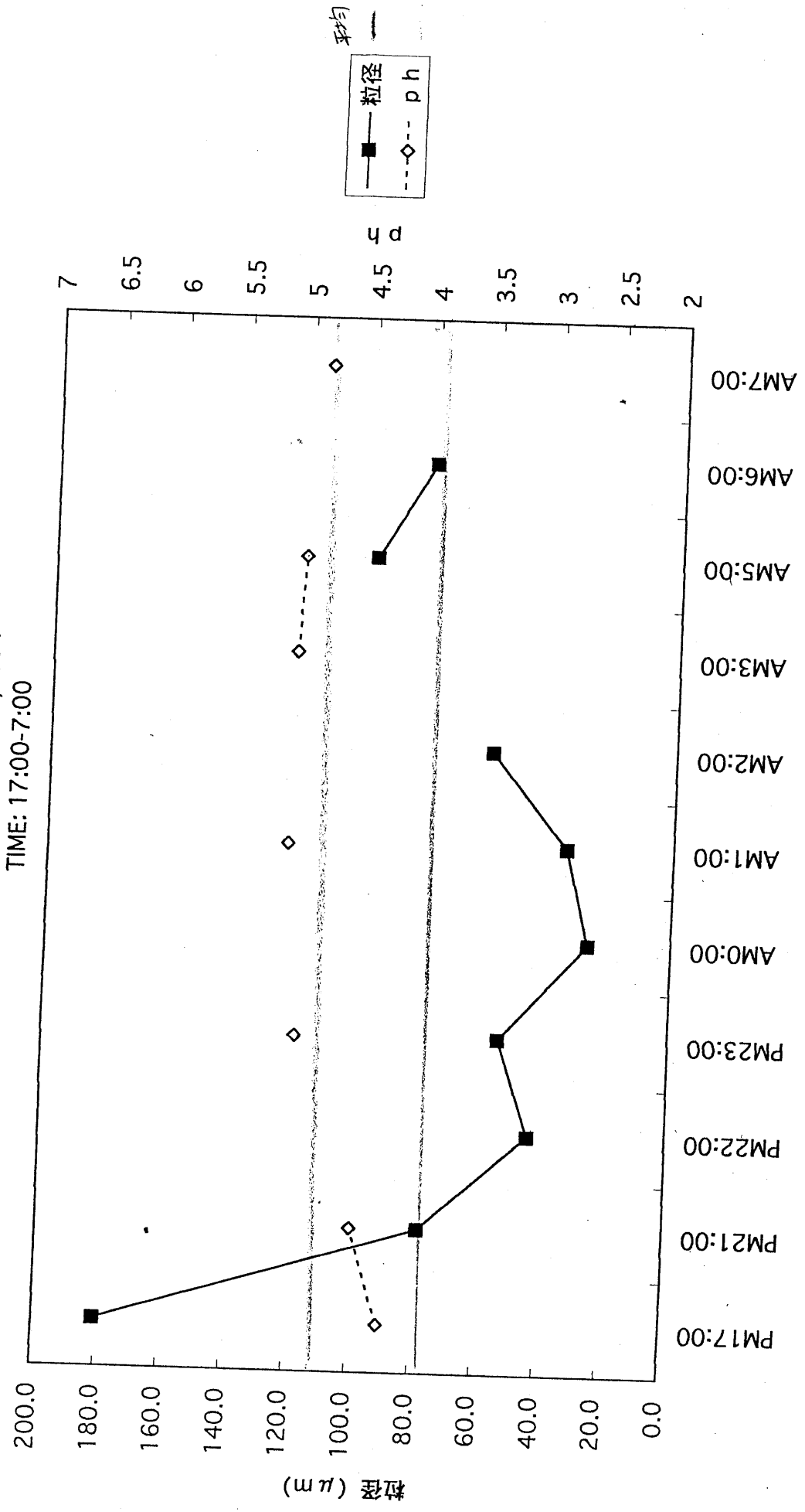
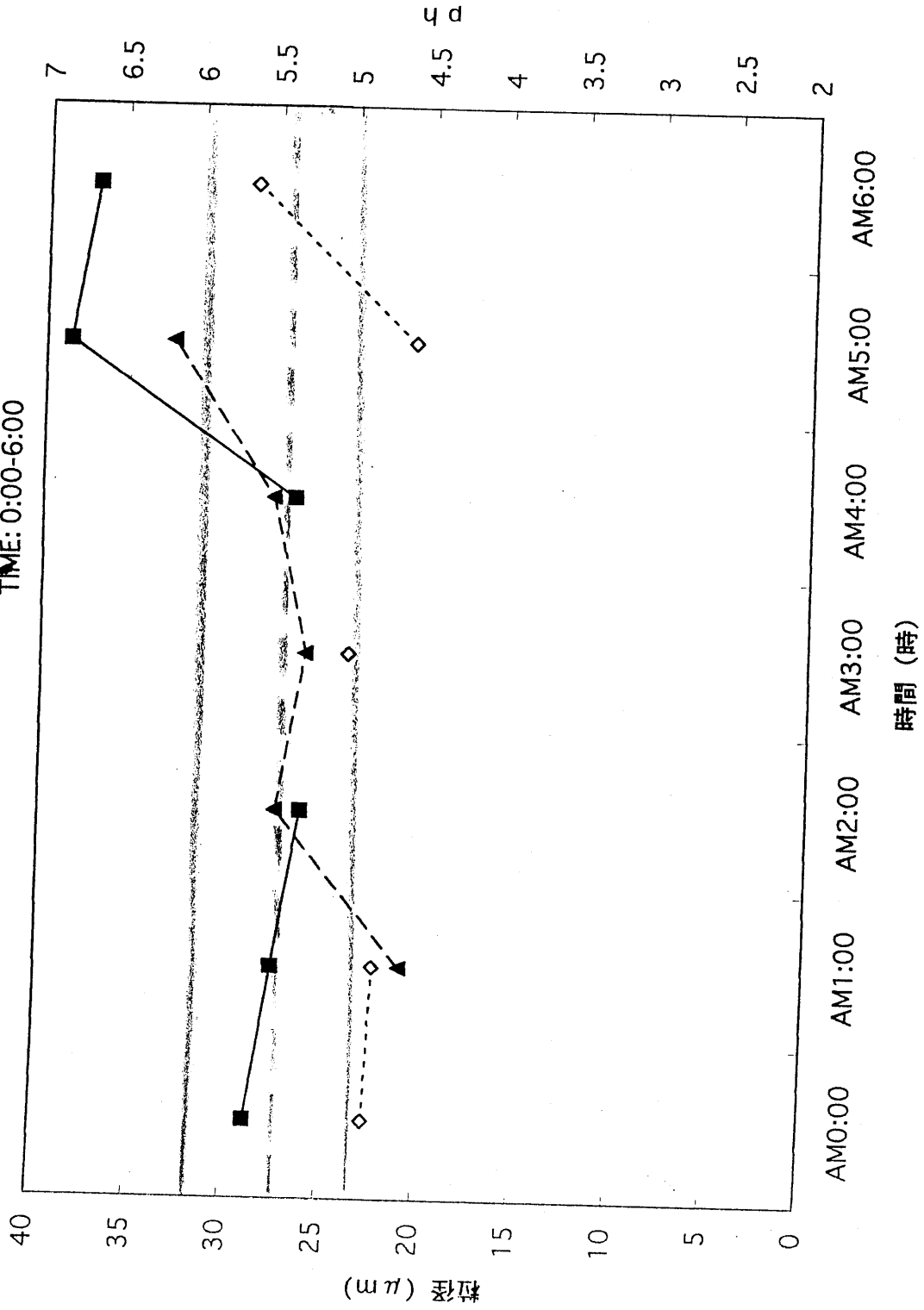


図 8

DATE: August 17-18, 1994
 TIME: 17:00-7:00

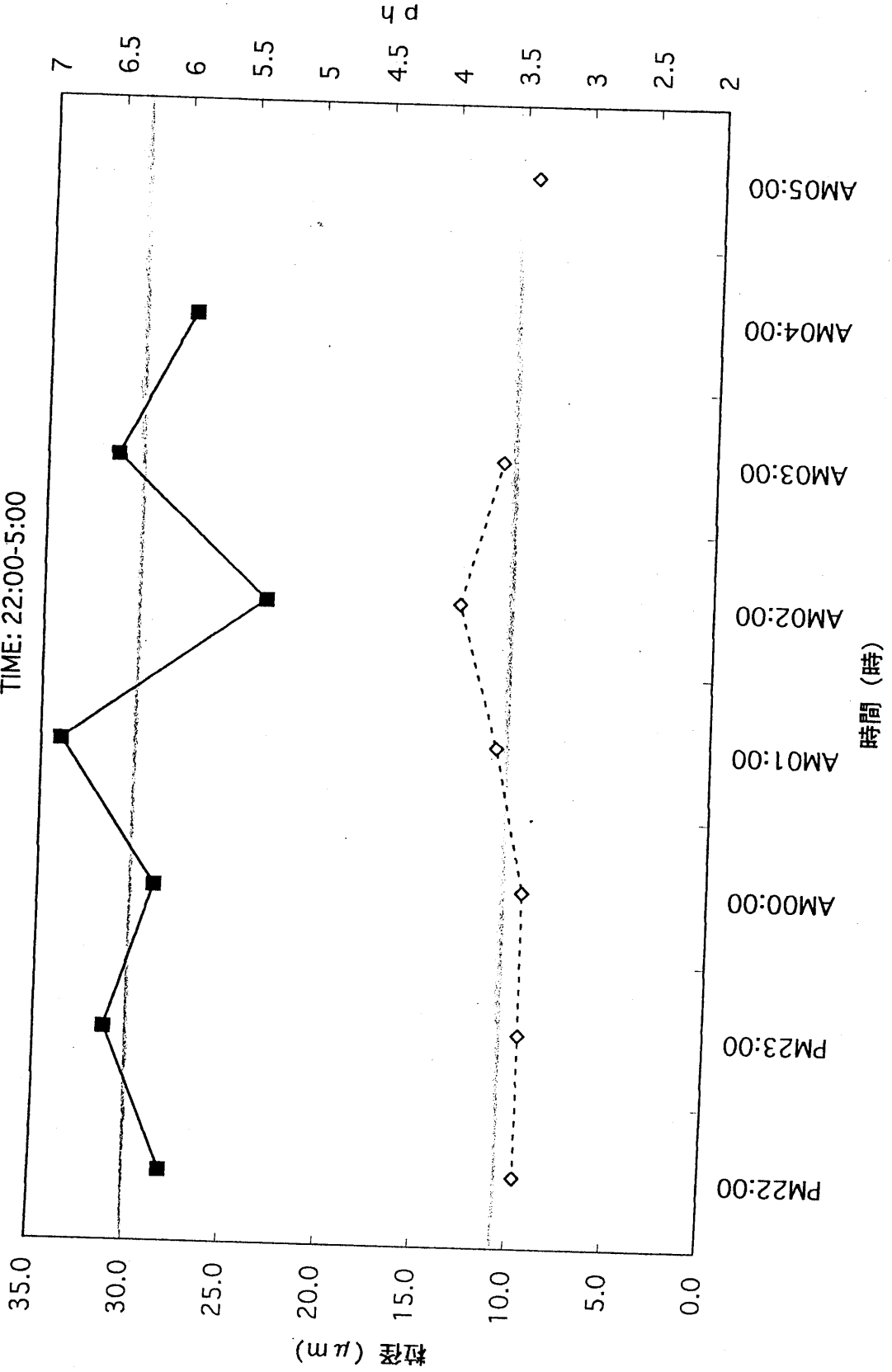


DATE: August 24-25, 1994
 TIME: 0:00-6:00



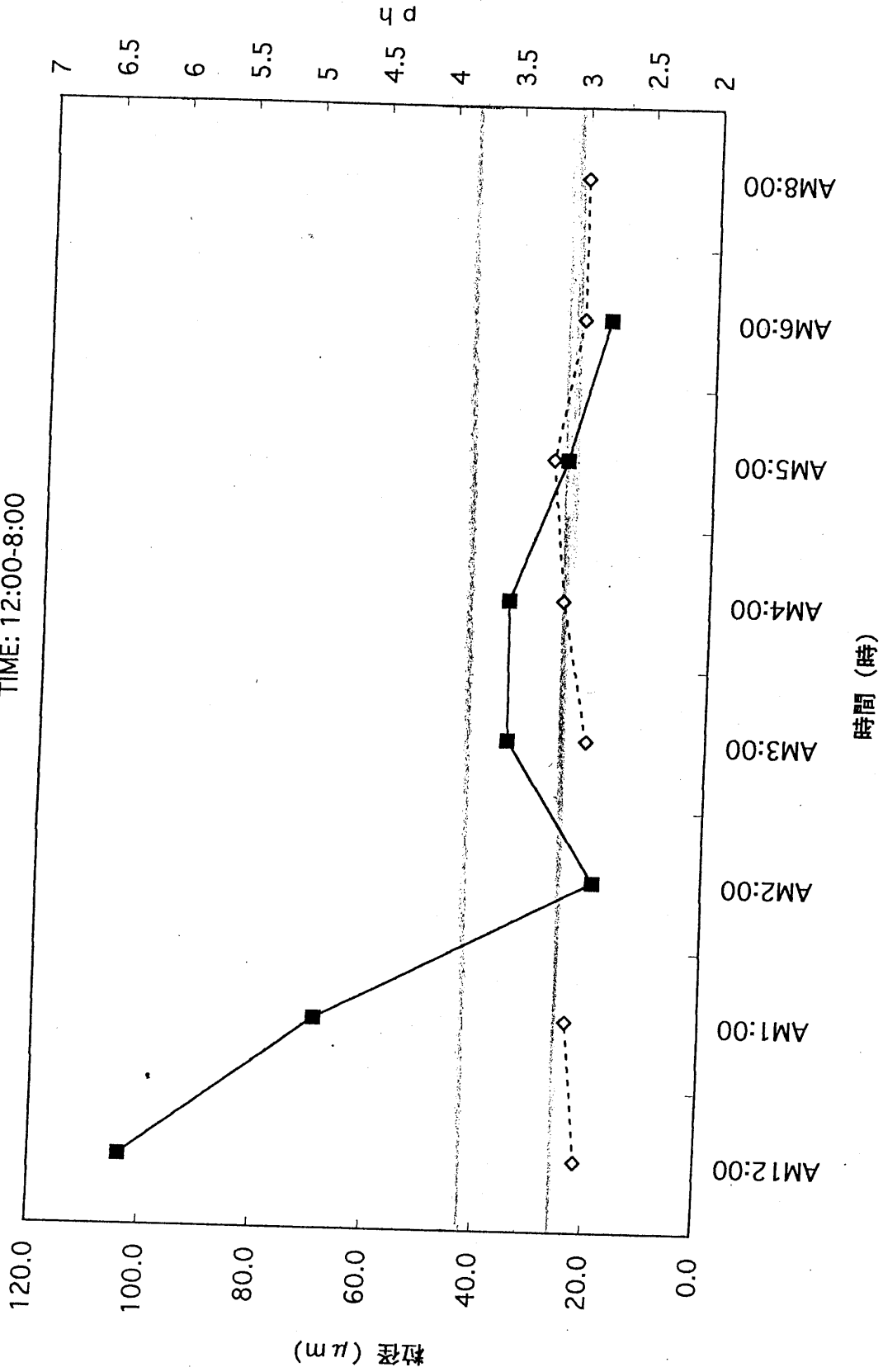
平均
 —■— 粒径 (MAR)
 -▲- 粒径 (SEA)
 ---◇--- pH

DATE: July 13-14, 1995
TIME: 22:00-5:00

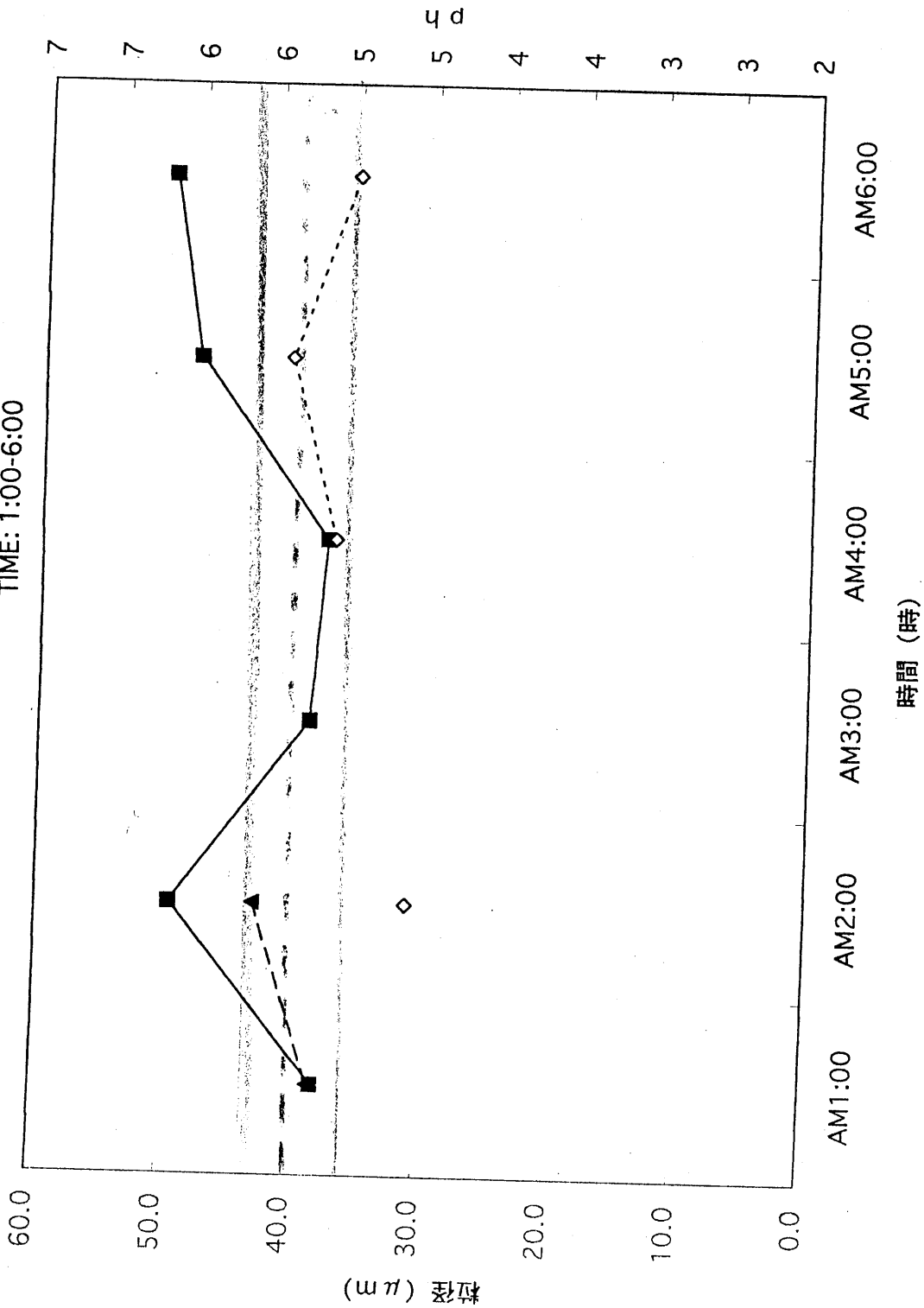


平均
—■— 粒径
- - -◇- - - pH

DATE: August 12-13, 1995
TIME: 12:00-8:00



DATE: August 26-27, 1995
 TIME: 1:00-6:00



1秒間の粒子の採取量

DATE: July 26-27, 1994 TIME: 22:00-3:00

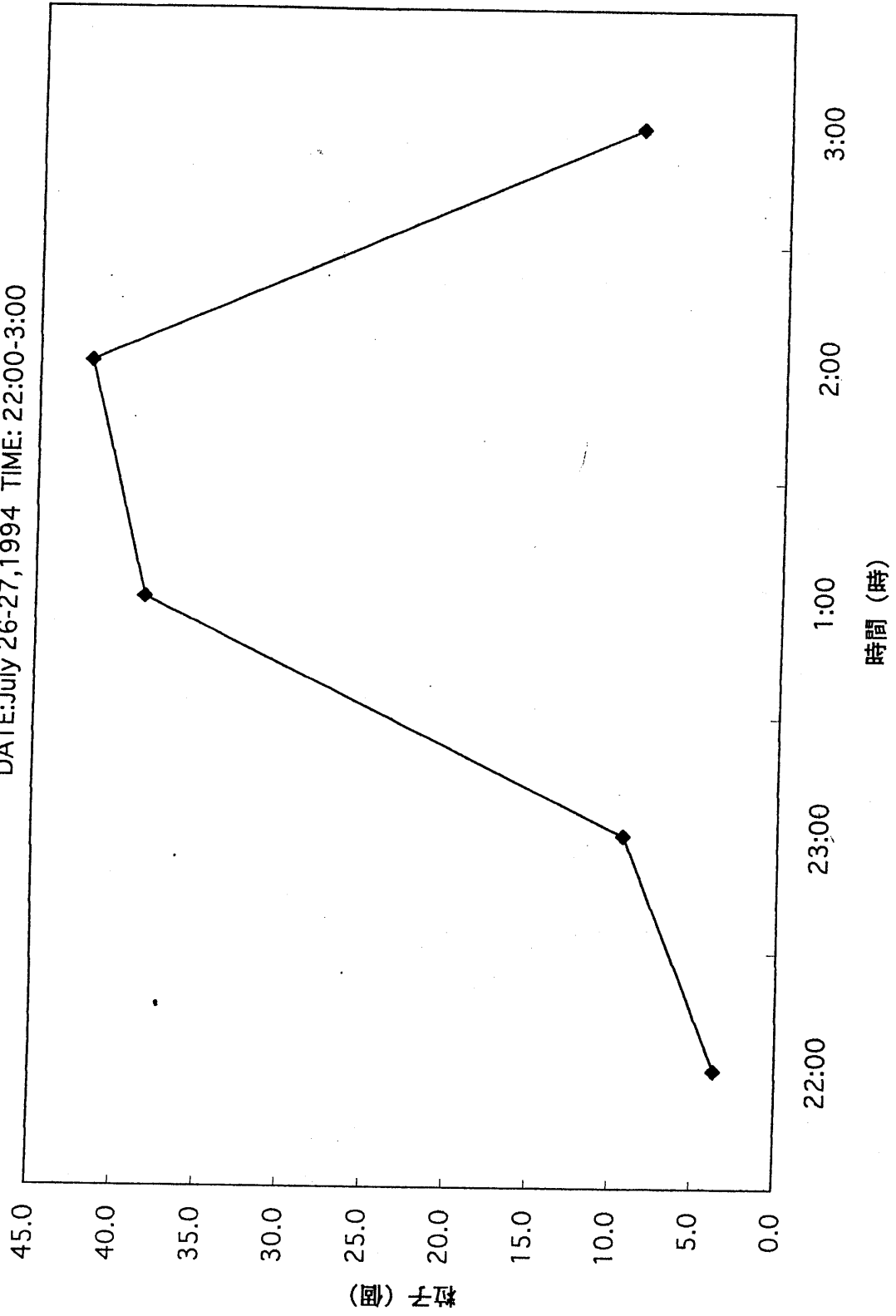
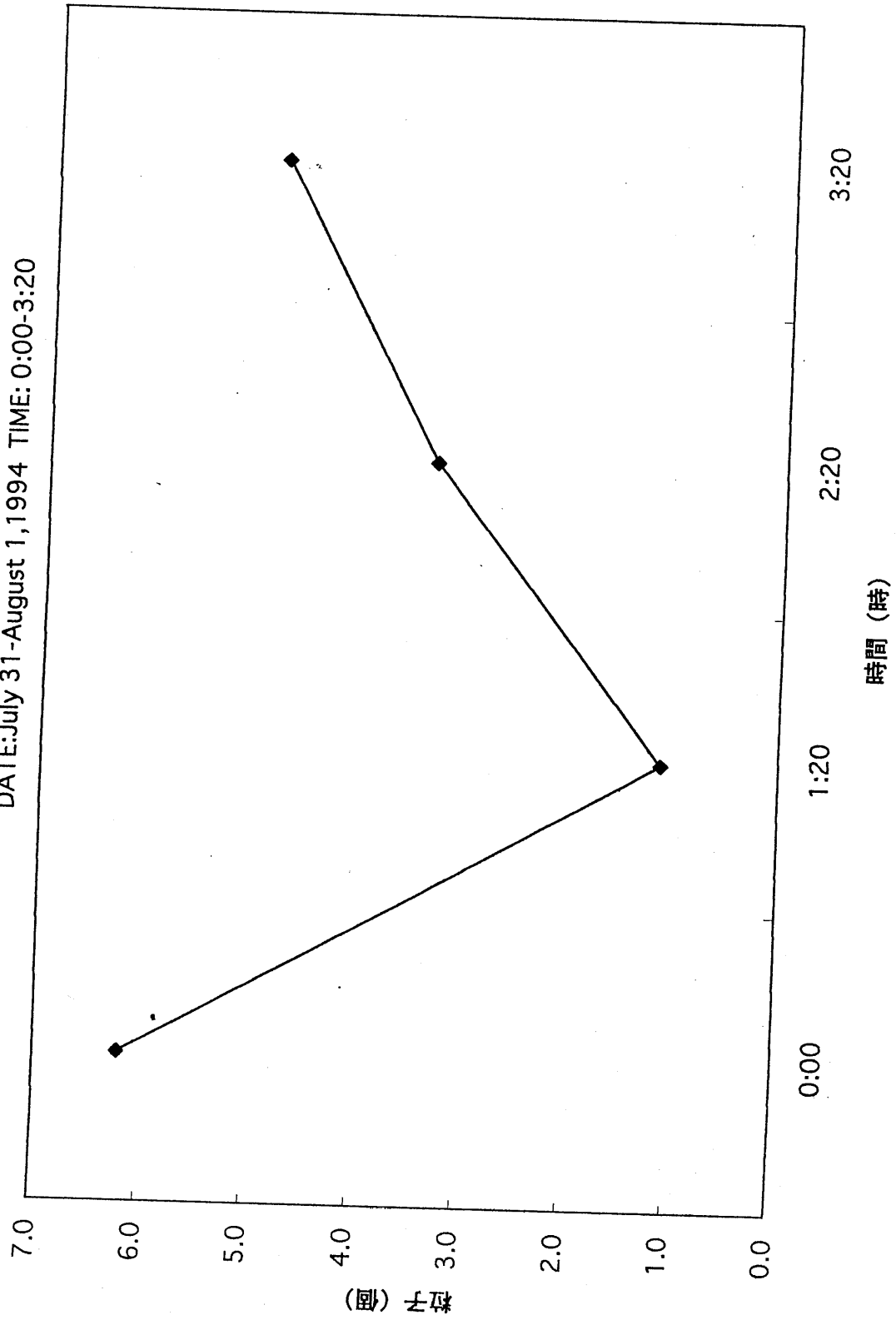


図14

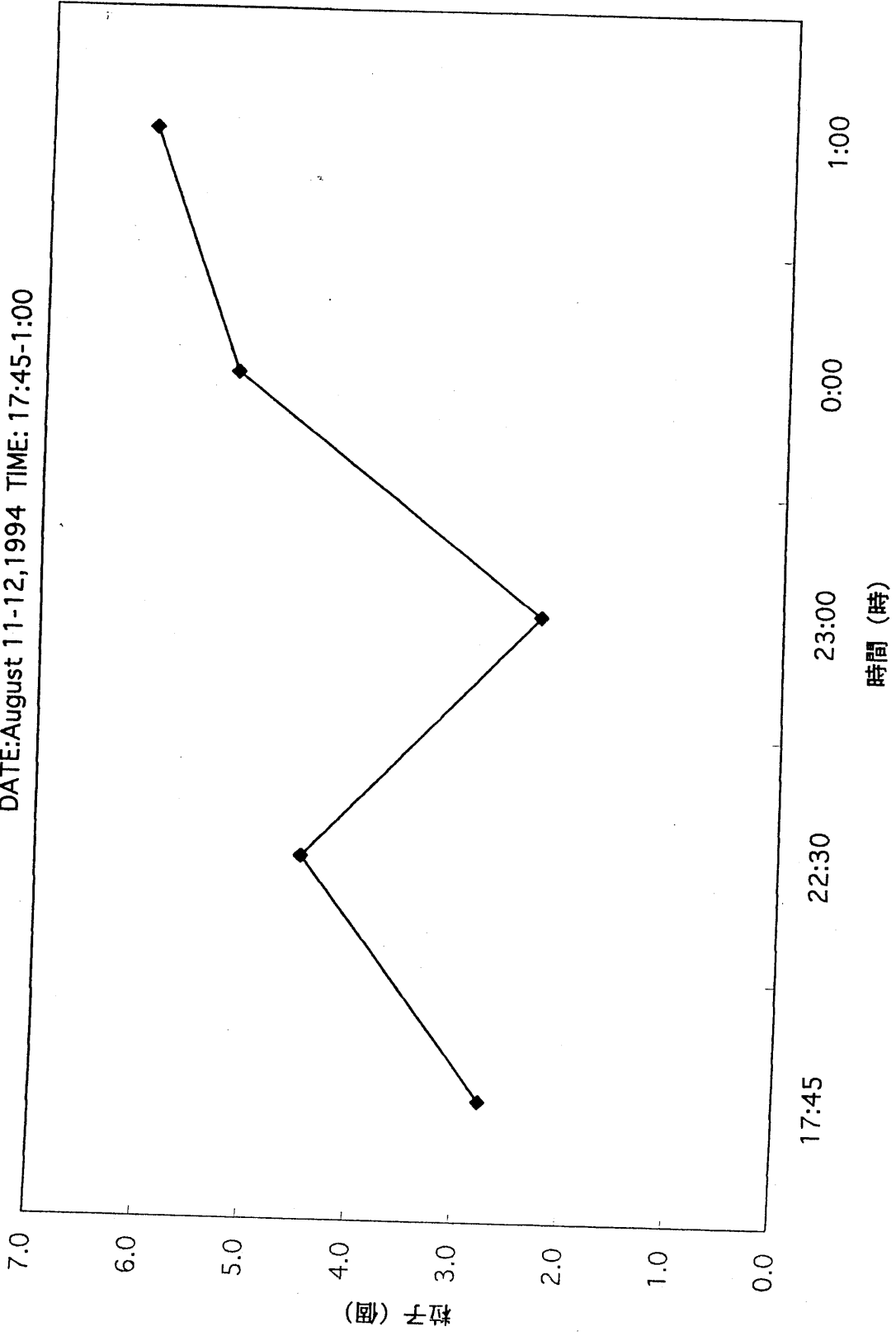
1秒間の粒子の採取量

DATE: July 31-August 1, 1994 TIME: 0:00-3:20



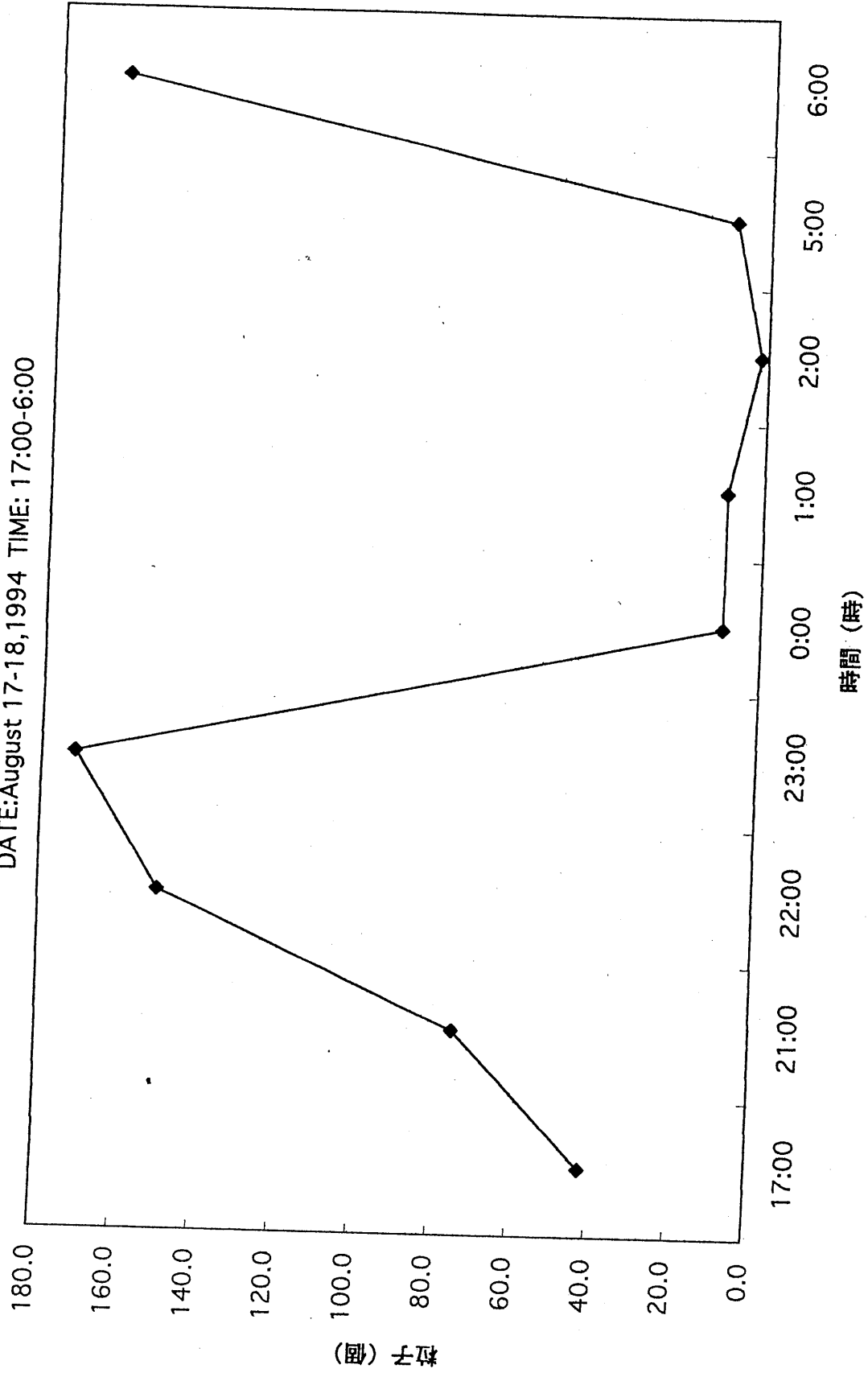
1秒間の粒子の採取量

DATE: August 11-12, 1994 TIME: 17:45-1:00



1秒間の粒子の採取量

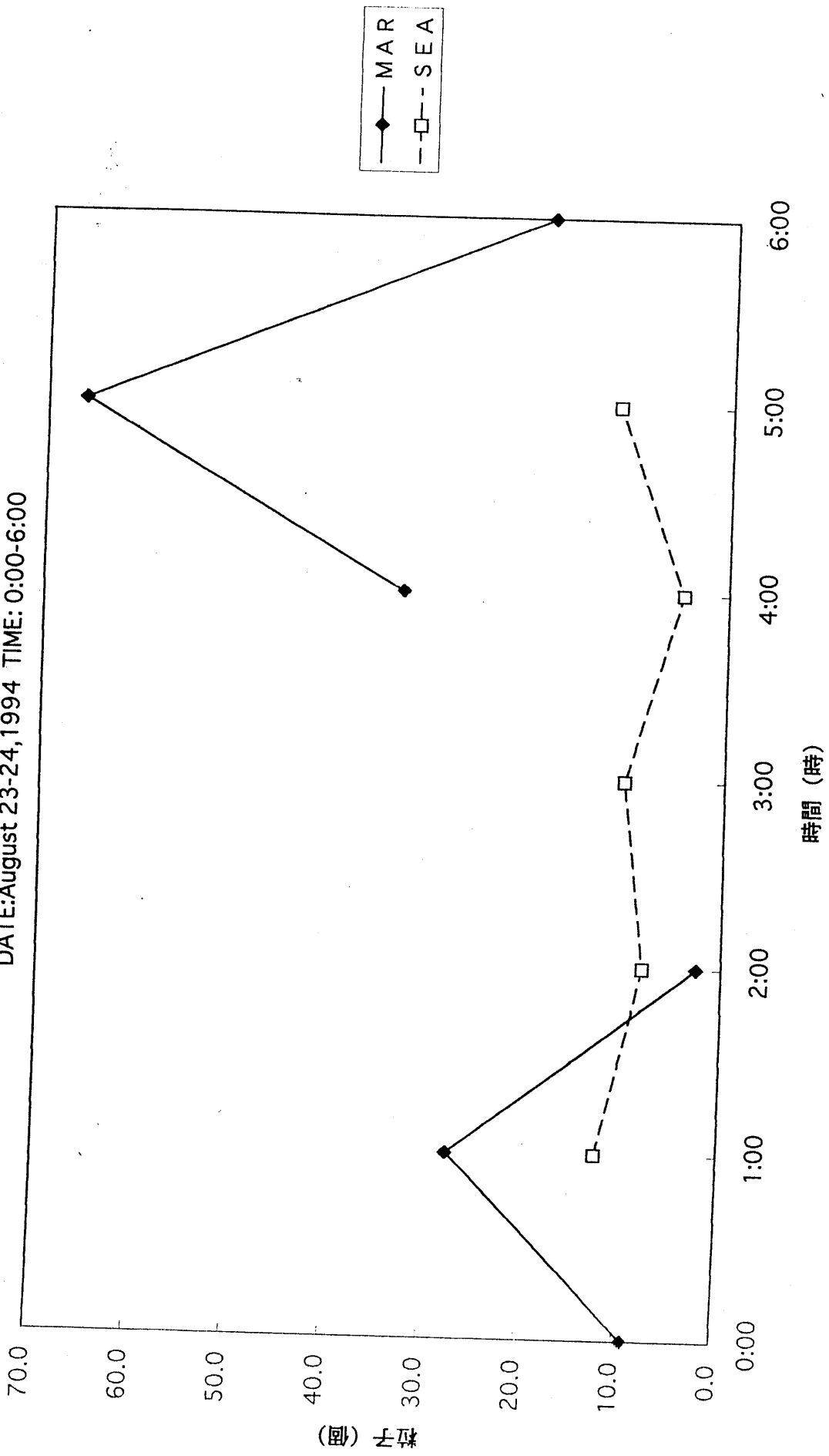
DATE: August 17-18, 1994 TIME: 17:00-6:00



—◆— 系列1

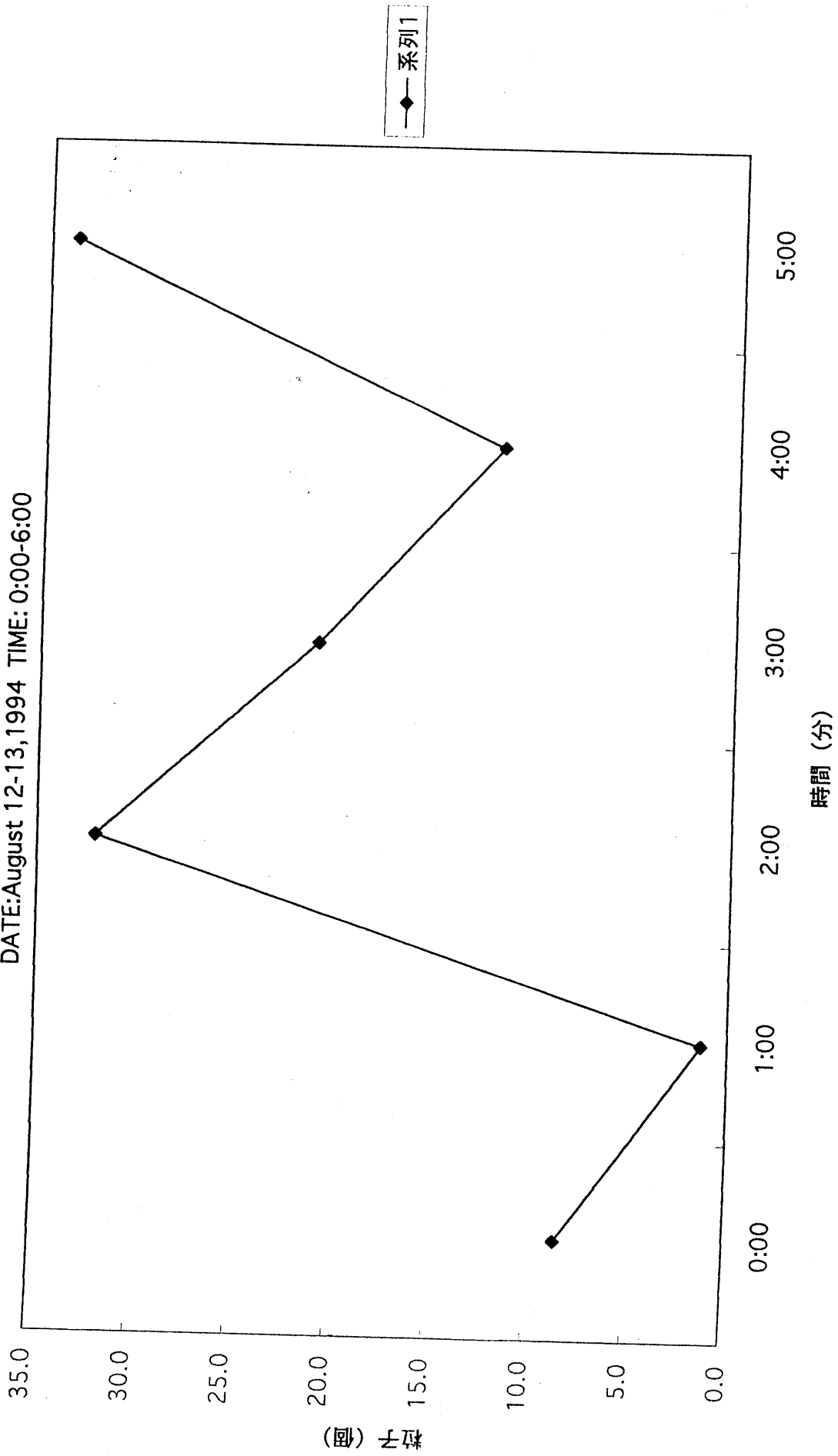
1秒間の粒子の採取量

DATE: August 23-24, 1994 TIME: 0:00-6:00



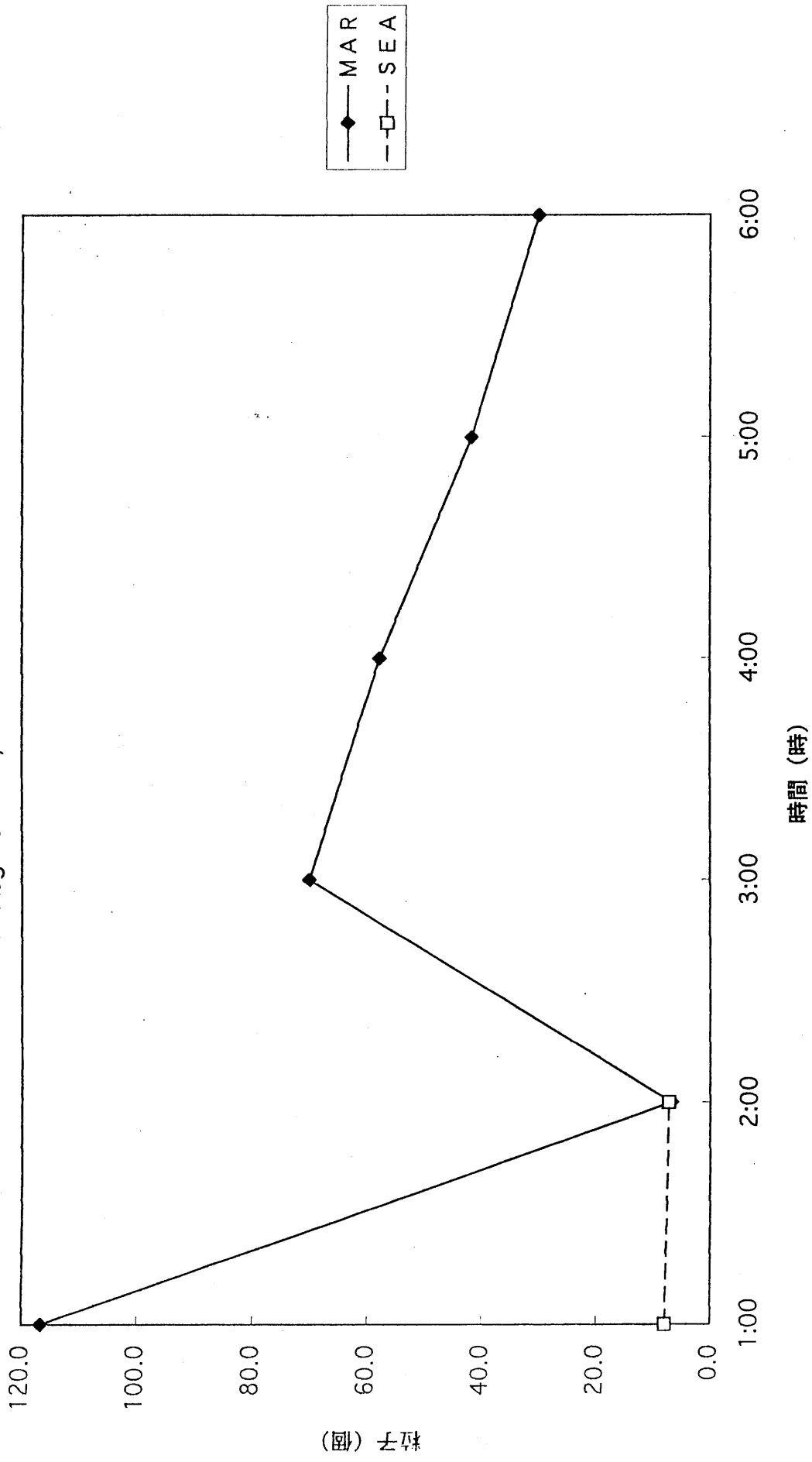
1秒間の粒子の採取量

DATE:August 12-13,1994 TIME: 0:00-6:00



1 秒間の粒子の採取量

DATE: August 26-27, 1994 TIME: 1:00-6:00



1994年 データ一覧

8/11~12

時間 (時)	17:00	17:45	22:30	23:00	0:00	1:00
粒径 (μm)		198.3	290.3	184.8	127.5	108.7
pH	4.6		5.2	5.5	5.5	5.5

8/17~18

時間 (時)	17:00	21:00	22:00	23:00	0:00	1:00	2:00	3:00	5:00	6:00	7:00
粒径 (μm)	180.6	78.5	44.1	54.3	26.6	34.3	59.0		97.9	79.9	
pH	4.3	4.5	5.0	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.0	5.0	4.9

8/24~25

時間 (時)	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00
粒径 (MAR)	28.9	27.7	26.4	26.9	26.9	38.7	37.4
粒径 (SEA)		21.0	27.7	26.2	28.0	33.4	
pH	4.8	4.8	5.0	5.0	4.6	4.6	5.7

1995年 データ一覧

7/13~14

時間 (時)	PM22:00	PM23:00	AM00:00	AM01:00	AM02:00	AM03:00	AM04:00	AM05:00
粒径 (μm)	28.2	31.3	28.9	34.0	23.4	31.3	27.5	
pH	3.4	3.4	3.4	3.6	3.9	3.6	3.4	

8/12~13

時間 (時)	AM12:00	AM1:00	AM2:00	AM3:00	AM4:00	AM5:00	AM6:00	AM8:00
粒径 (μm)	103.7	69.4	19.6	35.9	36.2	26.4	19.2	
pH	2.9	3.0	3.1	2.9	3.1	3.2	3.0	3.0

8/25~27

時間 (時)	AM1:00	AM2:00	AM3:00	AM4:00	AM5:00	AM6:00
粒径 (MAR)	38.1	49.6	39.0	37.8	47.9	50.3
粒径 (SEA)	38.4	43.0		5.1	5.4	5.0
pH		4.6				

1994年 データ一覧

7/19~20

時間 (時)	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00
粒径 (μm)	47.3	48.5	39.8	54.1	59.1	40.7	46.4	78.0	69.7	90.2	106.6	80.1
ph	3.5		4.1		4.6		4.8	4.1	4.4	4.5	4.4	4.9

7・20~21

時間 (時)	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00
粒径 (μm)	68.0	94.4	63.6	60.6	96.0	80.1	191.8	149.2	100.2	48.6	53.7	66.1
ph		3.2			4.1	4.2	4.3	4.5	3.8	4.3	3.3	

7/21~22

時間 (時)	23:00	0:00	2:00	3:00	4:15	5:15	6:00	10:00	14:00
粒径 (μm)	115.7	547.2	99.8	123.4	74.9	67.1	43.9	50.8	50.4
ph	3.7		3.6	3.7	3.6	3.6	4.1		

7/22~23

時間 (時)	23:00	0:10	1:05	2:00	4:00	5:00	6:00	7:00	10:15
粒径 (μm)	47.5	64.1	41.4	48.7	76.8	41.7	62.3	114.4	175.7
ph	6.2	6.0	6.0	5.9	5.7	5.7	5.3	5.4	

7/26~27

時間 (時)	22:05	23:05	00:00	1:00	2:00	3:00
粒径 (μm)	96.3	144.9	150.7	134.7	149.1	109.0
ph	3.9		5.3	5.7	5.5	5.6

7/31~8/1

時間 (時)	19:00	0:00	1:00	1:20	2:20	3:20
粒径 (μm)	217.9	187.2		197.0	161.1	147.3
ph	4.7	5.4	5.8			5.6

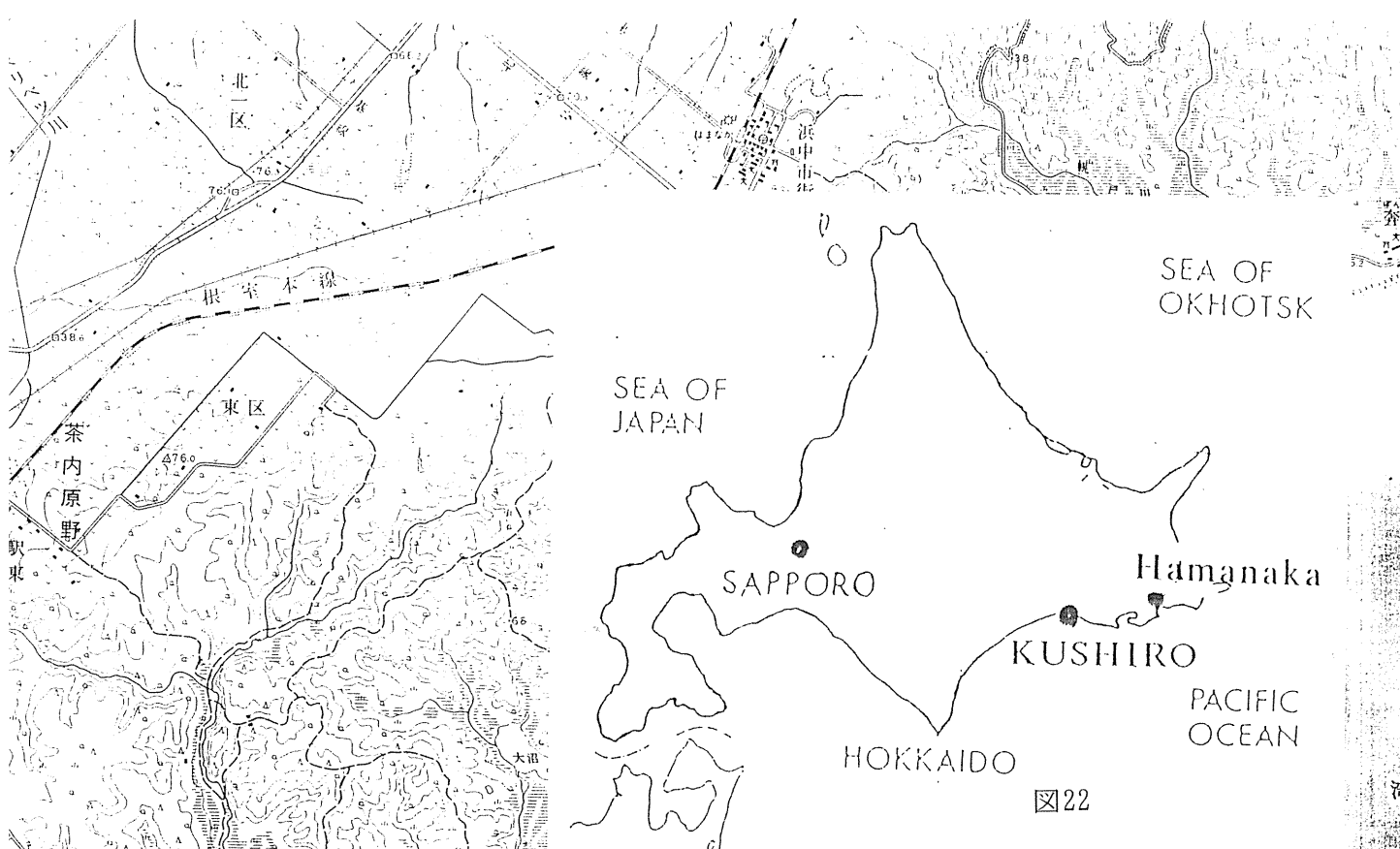
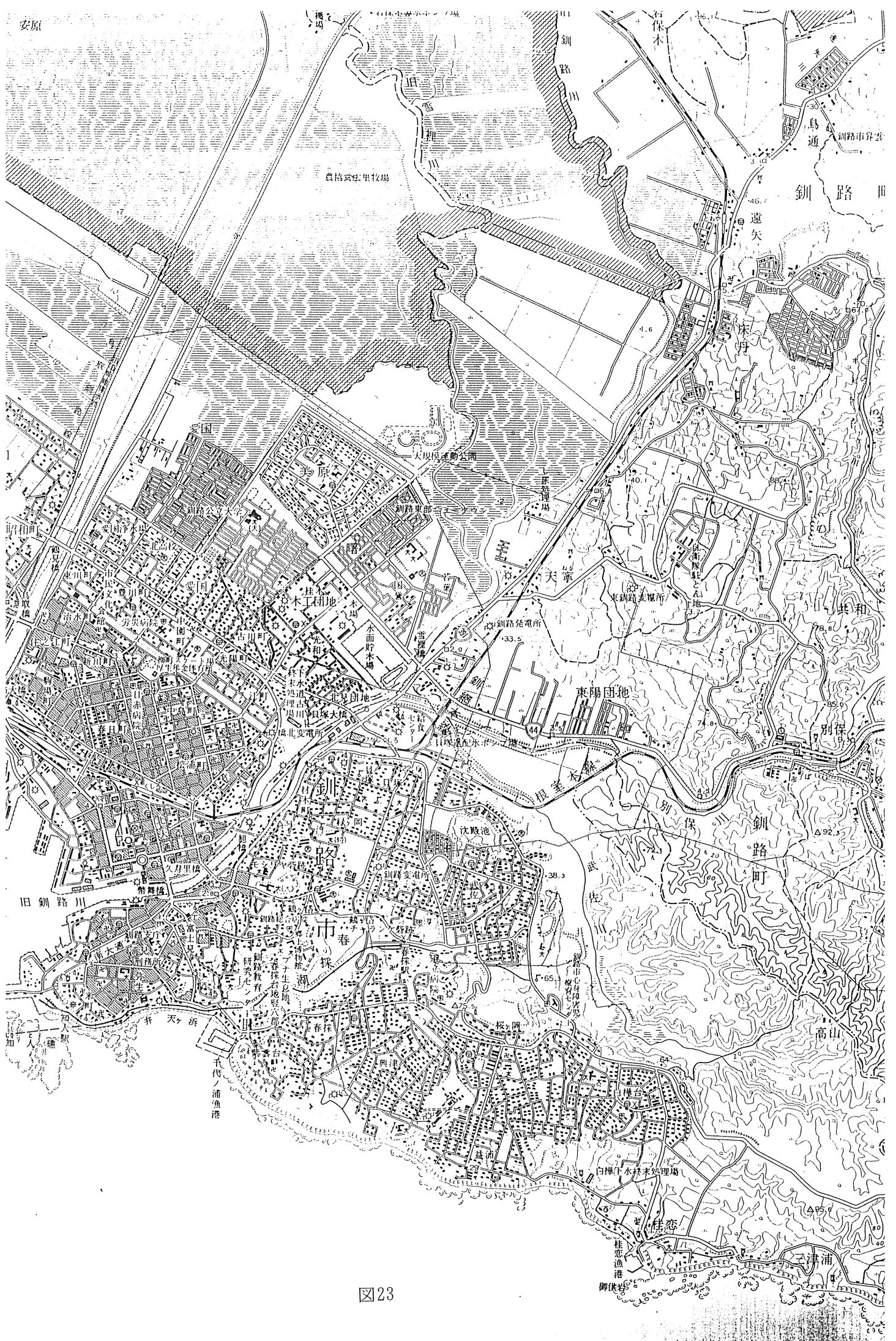


図21



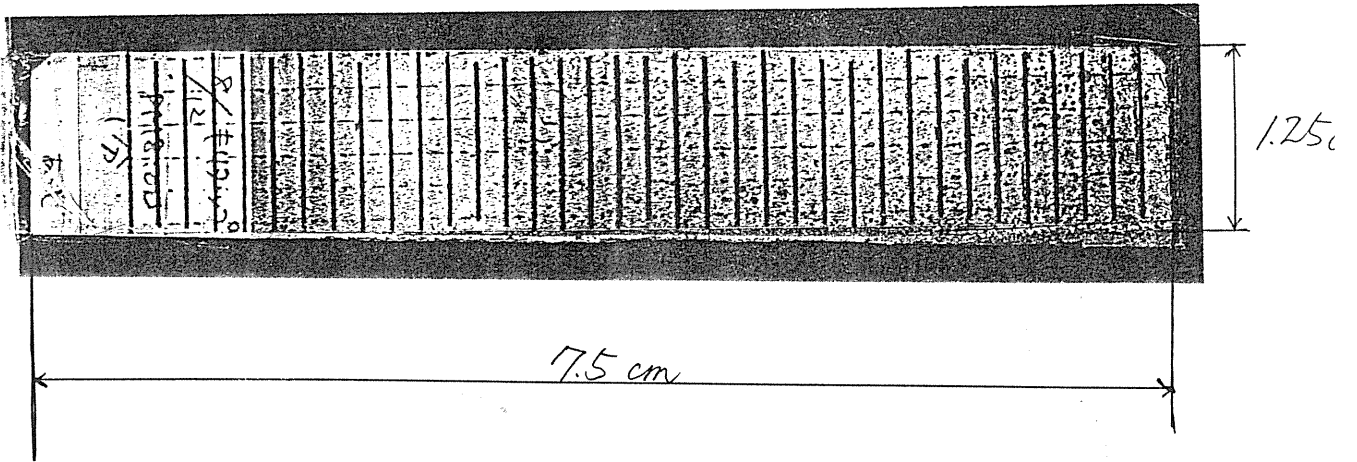


图24