

防災研究所改組記念講演会

防災研究所が、平成8年5月11日付けをもって、5大研究部門・5附属研究センターからなる全国共同利用の研究所として改組されたことを記念して、同年11月15日に京都市内のホテルで記念講演会、式典、祝賀会が開催された。その記念講演会の講演について記録を著したものである。

「巨大災害の検証」

鳥取大学工学部長 道上 正規

ただいまご紹介いただきました鳥取大学の道上でございます。先ほどは過分なご紹介、本当にありがとうございます。

本日は、先ほど高橋所長からお話ございましたように、京大の防災研究所の改組と、また、ちょうど防災研究所ができて45周年の記念事業ということで、本当におめでたうございます。

私も、先ほどご紹介いただきましたように、何か話をせよということでございまして、あまり最近は大したことも勉強していないので、本当はお断りしたかったんですがございますが、井上先生から、「何とか出てこい」というお話でございましたので、この場に出させていただきます。

私のきょうのお話には、「巨大災害の検証」というタイトルをつけさせていただきました。今から考えてみますと、この防災研究所ができたのはちょうど45年前の昭和26年でございます。昭和26年の年には、ルース台風が全国を襲いまして、943名の死者を出しました。そして、その年の自然災害では約1,300人の死者を出しています。こういうふうに、戦後毎年のように1,000人以上の死者を出す自然災害がわが国を襲ったわけで、そういう中で京大の防災研究所が設立されたとお聞きしています。それから、第二室戸台風の昭和36年ですか、そのころまでは毎年1,000人以上の死者が出ていましたが、それから自然災害に関するメカニズムの理解とか、あるいは予報、警報技術の進展、それから防災施設の整備、こういうものがだんだん進んでまいりまして、最近では、自然災害による死者は、年間100人を切る年もあらわれており、従来の防災的な方法論によって、かなり防災とか減災が進んできました。また、こういうふうに考えられていたわけでございますが、先ほどもお話がございましたように、今年の阪神・淡路

大震災で6,000人余りの人が亡くなるという大災害が発生してしまいました。そして、そういった巨大災害についていろいろなところで議論され、また関心も持たれてきました。こういうものを、克服していかなければ、更なる災害の軽減にはつながらないのではないのでしょうか。こういうことで、最近、巨大災害の研究の重要性が指摘されているわけでございます。また、今回の防災研究所の改組では、お聞きしますところによれば、巨大災害研究センターが新設されたそうで、これはまことに時を得た構想ではないかと考えています。

そこで、私は、そういうことも踏まえながら、これから、巨大災害のうちの特に土砂災害について、一つ二つの事例を交えながら、皆さん方と一緒に考えていきたいと考えています。

先ほど申し上げましたように、土砂災害の問題についてお話してみたいと思うんですが、ここにお示した図1は、16世紀以降のわが国の大規模な土砂災害の例を挙げています。大規模な土砂災害は、100万 m^3 から1,000万 m^3 以上の土砂が降ってきたり、あるいは流出したものを対象にしていますが、その要因は、火山、それから豪雨、地震などによる山体崩壊、こういうものが主なものでございまして、ここに書いてございますように、16世紀以降では、こういった大きな災害が起こっているようでございます。

特に、私がきょうお話ししたいのは、一つは九州の島原の、1990年に雲仙普賢岳で噴火が起りましたが、その話ではなしに、今から約200年前、1792年に眉山の大崩壊が起りました。これについてお話していきたいと考えています。その他、ここにありますように、巨大な山腹崩壊、あるいは山体崩壊の発生場所が示されています。

そしてもう一つの土砂災害に、火山噴火による災害がございます。その中で駒ヶ岳の1640年の噴火では、1億2,500万 m^3 の噴出物があって、700人以上の人が亡くなっています。それから、先ほど申し上げました1792年の眉山の大崩壊は、火山性地震による崩壊でございまして、崩壊規模は約1億から5億 m^3 とされています。そのときの死者は、古文書等の資料によりますと、1万5,000人程度ということで、わが国のこうした土砂災害の中の最も、巨大な災害でございます。

その他いろいろございますが、こういった問題、特に今申し上げました眉山の崩壊と、それからもう一つ、私がここ3年ぐらい前から研究を始めましたバイオントダムの災害の例についてお話し上げたいと思います。

まず、イタリアのバイオントダムの災害の事例についてお話をしてみたいと思います。なぜ、私がこういうバイオントダムの災害を手がけたかと申しますと、私も何度かダム建設のためのアセスメント、すなわち環境評価や安全評価をしてきました。そうしたときに、一般の市民の人から次のような質問を受けました。「ダムが水で一杯になったときに、もし山が崩れたとしたら、どのくらい水位が上がって、どういう洪水が起こりますか」と、こういう質問をされて、私は全く答えが出なかったんです。もちろん、ゆっくりと貯水池の中に土砂が入った場合ですと、体積分だけ水位が増加するわけですから、簡単ですけれども、たらいの中に相撲取の小錦のような人がどんと勢いよくつかった場合どうなるか。このときは私も答えが出ませんでした。それがまず第1点です。

第2点目は、ダム建設地の住民はよく勉強されていて、特にバイオントダムの災害の例は、勉強に現地に行かれた人もあるぐらいダム建設地の住民の中で有名です。そういうこともございまして、私もこのバイオントダムの災害地については、現地にも2度行って、見てまいりましたが、今でもバイオントダムの災害地はそのまま残されています。そして、特にダムの問題を考える場合、このイタリアのバイオントダム災害は、避けて通れないほど非常に著名でございます。

これについてお話いたしますと、このバイオントダムはちょうどイタリアの北方に位置し、すなわちベニスの北の方にピアーベ川という川がございまして、その支川にバイオントダムがございまして、そこに、高さ261mのアーチダムが1960年に完成いたしました。今から35～6年前の話でございまして、世界で2番目のアーチダムだと言われています。その

貯水容量が1億7,000万 m^3 。それから、災害が起こったのはいつかと言いますと1963年、ダムができて湛水開始をしてから、3年後にこの災害が発生しました。

どういう災害かと申しますと、ダムの左岸で地滑りが起こって、その地滑りの速度が非常に早くて、ほぼ満杯になった貯水池の中に、勢いよく巨大な土塊となって入ってきました。その土砂量が2億7,000万 m^3 でした。入ってきた土砂の厚さが約250m、その長さが1.5km。それがダム直上流の貯水池の中に落ちてきました。そのときの速度が、これは国際共同研究をして得た資料でございまして、毎秒20mから30mぐらいで貯水池の中につっこんでいます。その結果、巨大な段波が発生しました。崩壊の起こる前の貯水位は、標高700mぐらいでございましたが、土塊の流入に伴って、それから270m水が駆け登りました。こういう痕跡調査がございまして、さらに、ダムの天端を越えて水が下流に流れました。このときの水深はダムの天端で150メートルぐらいで、下流に流れ落ちていきました。それから、ダム下流でちょうど人家のあったところでは、約70メートルぐらいの水位で段波が部落を襲いました。そのときの死者が2,125名と言われていまして、これ以降イタリアでは大きなダムは一切できていません。また、時々イタリアの国会で、このダムの再開発計画がのぼるそうでございますが、それもままならないということで、崩壊が起こったときと同じような状況が現在でも保存されていて、一つの観光地になっているような状況でございます。

これが(図2)先ほど申し上げましたベニスで、ここにピアーベ川が、北の方から南下してきます。そこにバイオントダムがございまして、ちょうどここに、260mの高さのアーチダムができて、水がほぼ満水位まで貯水されたときに、地滑りが起こって、巨大災害が起こったわけです。そして、ここからダムの天端を越えて流れた水は、このピアーベ川の対岸にぶつかりまして、このあたりの町、例えば、ロングローネという町でございまして、372戸のうち361戸の家が壊滅的にやられてしまいました。その町の死者は、人口1,269名のうち1,190名ということで、そのときの段波の波高が約70mぐらいだというふうに言われています。死者のトータルが、2,125名という非常に巨大な災害でございまして、これは貯水池に水をためることによって地下水位が上昇して、そしてそれが地滑りを引き起こしました。そういった前駆現象は次の図で示しますようにあったわけでございます。

このように、バイオントダムサイトの近くの左岸に、観測点を設けて、斜面の変位を測っていたんで

す(図3参照)。1960年にダムができて、それ以降貯水位も観測していましたが、これが貯水池の水位でございます。それから、これらがそれぞれの斜面の変位でございますが、湛水開始と同時に斜面は動いています。1960年に、100万 m^3 ぐらいの土砂が滑ったそうでございます。そこで、それを止めて、バイパストンネルをつくって、それからまた湛水を開始しました。その途中、多少小さな地滑りがあったわけでございますが、1963年の10月に大きな崩壊が起こって、先ほど言ったような大災害となりました。

その状況をもう少しお見せいたしますと、これがバイオントダム(図4)でございます。災害が起こる前の状況でございます。この山がこちらに向かって滑って、そして約2億7,000万 m^3 の土砂がここに落ちました。その結果、水があふれて下流に溢るようになって流出しました。

この図5は、災害直後の図でございます。これはちょっとわかりにくいようですが、ここがダムサイトでございます。この山が滑ってここに池のようなものができて、そして滑った土塊が対岸にぶつかりました。これが現在でも残っており、ちょうど貯水池のような形になっています。

これがバイオントダムの崩壊前後の断面(図6,7)でございます。これを共同研究で検討いたしました。まず、どういう形で滑ったかをいろいろ調査いたしました。そうしたら、左岸の方から土塊が、高いところでは1,100mの標高から低いところで600mぐらいにわたって滑っています。

そのボリュームが、先ほど申しましたように、2億7,000万 m^3 でございます。滑ったあとの地形がこの図7でございます。崩壊前後の土塊の中心位置で見ますと、400mぐらい滑っています。こういうふうな大崩壊が貯水池の水位をとてつもなく押し上げました。

そこで、二次元の浅水流モデルを用いまして、この水位上昇を検討いたしました。まず、資料としては、滑りの途中経過はわかりませんから、このような崩壊前後の土塊を1秒間に25mの速度で動くという計算のもとで、この土塊を落としました。そしてこの突入地点で津波のようなものを起こして、それを計算したわけでございます。

そうしますと、これが崩壊が起こり始めて30秒後の地形と水位(図8)でございます。このときにはまだこの辺が滑っているぐらいで、水位の変化は起こっていません。

40秒、50秒と時間が経過するにつれて、貯水位が変化してきています。70秒後には、先ほど申し

上げましたように、初期水位は標高700mであったものが、標高950mぐらいまで駆け登る様子が計算されています。実際測定された痕跡調査によれば、駆け登った水位が標高970mということでございますから、こういった浅水流モデルで、境界条件をある程度うまく使いますと、こういった巨大な波が再現されることがわかりました。また、先ほどの図5にちょっと見えたように、ダムの上流に、分断されて池ができていましたが、そういった池も計算で2回再現されています。

この崩壊が発生して、そして波が対岸に押し寄せてきて、こちらにまた引き返す時間は、約2分ぐらいでございます。

痕跡との比較を示したものが図9でございます。その結果、段波のひろがりの計算値は実測値とよく一致しています。それから、高さに関しまして、最高標高で950m計算値の方は駆け登っていますが、実測でも970mぐらいまで高いところは上がっています。

こういうことを、我々は数値モデルを使って再現して、そしてほぼ現象を再現することができたわけでございますが、これから得られます教訓は、皆さん方にまた考えていただきたいと思います。とにかく、地滑りが起こり出してから、それを止めるということは非常に困難であると同時に、これもほぼ数分のオーダーの話でございますから、なかなかこの現象を知ってから逃げるということではできないのではないのでしょうか。したがって、もっと前の段階で災害を防ぐ方法を考える必要があります。

それから、次の例は、眉山崩壊に伴う災害でございます。これは、日本の災害史の中でも特筆すべきものでございまして、「島原大変、肥後迷惑」と言われている災害でございます。

この災害は、長崎県の島原市の眉山で発生しました。ちょうど、今から約200年前の1792年に起こっています。これは火山性の地震による山体崩壊だと思われませんが、いろいろな説がございます。崩壊した土塊は約1億から5億 m^3 ぐらいに達したと言われています。これを我々も検証してみたいと考えています。

それから、くずれ落ちた土砂によって亡くなった人が、1万5,000人のうちの2割から3割で、これが直接土砂の崩壊によって、あるいは流出によって亡くなった人数といわれています。残りの7,8割の人は、津波いわゆる二次災害によって亡くなったと言われている。このように、「島原大変、肥後迷惑」という非常に巨大な災害でございますが、これについても私どもの研究室で現在取り組んでいるところ

でございます。

これはちょうどこの前の雲仙の普賢岳の災害地のすぐそばの眉山でございます（図10）。これが大崩壊を起こした跡でございます。この滑った土砂がこちらの方にやってきて、この辺の島はそのときに落ちた土砂によってできた島だと言われています。そしてこの部落といいますか町は、壊滅状態になると同時に、この周辺では多くの死者が出たという状況でございます。

今から200年前でございますから、いろいろな古図とか古文書がございます。それを現在調査しています。これはちょうど崩壊の起こる前の状況でございます（図11）。

それが、崩壊が起こった後、一番特徴的なのは、島がなかったのがここにたくさん島ができていることです（図12）。土塊が落ちてここに島がたくさんできました。こういうふうには、一夜にして大きな地形変動が起きました。それが、先ほど申し上げましたように、1万5,000人という人命の損失を招いたわけでございます。

我々のところで今行っている一つの作業は、崩壊した土砂のボリュームがどのくらいであるかを把握することです。これについてはいろいろ言われていますが、もう一度検証しようということで今やっています。この眉山は火山性で、富士山のような円錐形をしています。こう考えまして、今残っている地形から、この崩土のボリュームを計算しています。その結果、我々の計算では、約1億 m^3 の土砂が図13の形で滑って、これが海の方に落ちてきている。こういう風に、山の方から計算すると、大体1億 m^3 の崩土のボリュームが得られます。

それから、これだけでは頼りないので、一方、海の方に堆積した土砂をカウントしようとしたのがこの海底の地形図（図14）でございます。

眉山から地震によって崩壊したものが海に落ちているわけですが、ちょうどこれを見ますと、海岸沿いのコンターが乱れたところが眉山の崩壊によってつくられたのではないかと、我々は考えているわけです。このボリュームを計算してみたら、ちょうど1.2億 m^3 になり、山の方から求めたものとよく対応します。すなわち、山で崩れた量が1億、それから、海底にたまった量が1億2,000万 m^3 ということでございますから、大体1億 m^3 ちょっとぐらいが、この1792年の崩壊で起こった土量ではないかと考えています。

次に、先ほどお見せした山体が、地震によって崩れるかどうかということを、地滑りを研究している人に計算していただきました。これは非常にラフな計

算でございますが、地震としては直下型でマグニチュード6.6程度のものを考えて、地震があったらこの土塊が崩れるかどうか、こういう計算をしていただきました。そうしますと、地震がないときには安定しているわけでございますが、地震が起ると、その安全率が0.58と、1よりも非常に小さくなるそうです。滑る可能性が十二分にあるということです。こういうことは、一応簡単な計算でもわかってきましたが、それがどのぐらいのスピードで海につっこんでいくか、現在検討しているところです。まだ成果は出ていません。

これが先ほど言いました山体の方の崩壊部分でございます。これが落ちてきたところでございます（図15）。滑りの等価摩擦係数を求めると、0.1ぐらいでございます。これは奥田先生とか、あるいは芦田先生らが検討されてきましたが、図16にプロットしてみますと、今我々が計算した結果はここにございます。1億1,000万 m^3 ぐらいで大体このぐらいになります。パイオントのデータもここへ入れましたが、ここに位置しています。これは対岸に谷がございますから、ちょっとこういうところには当てはまらないわけですが、巨大崩壊が、こういうグラフでもある程度はまとめられます。

そして、これが約1万5,000人が亡くなったときの海水位の状況でございます（図17）。こちらの島原、長崎県側では、9,531人の死者。この2、3割が直接的な土砂の流下、あるいは下敷きになって死亡。それからあとは、全部津波による被害でございます。

次に、熊本県ですが、約4,750名の死者。それから天草の方で340人。これで約1万5,000人の死者数になります。これだけの人が亡くなっているわけで、これらか何らかの教訓を得たいと考えています。

そのために、古文書を調べながら、有明海の干拓の影響を考慮して、津波の計算をしているところです。

それで、こういった巨大災害を研究することは、先ほども申し上げましたように、京大の防災研究所のセンターが適していると思います。結論をここでつけるのは非常に難しいわけでございますが、めったに起こらない巨大災害、これを防災研究の中心課題として、巨大災害研究センターの河田センター長さんが中心になって、これから取り組んでいただきたいと思います。しかもこういうものは、いろいろな分野の人が入ってきて研究する必要があると思われまので、ぜひ京大の防災研究所で、データベースをつくっていただくと、我々としてもこれからいろいろ利用させていただけるのではないかと、熱い期待を持っています。御清聴ありがとうございます。

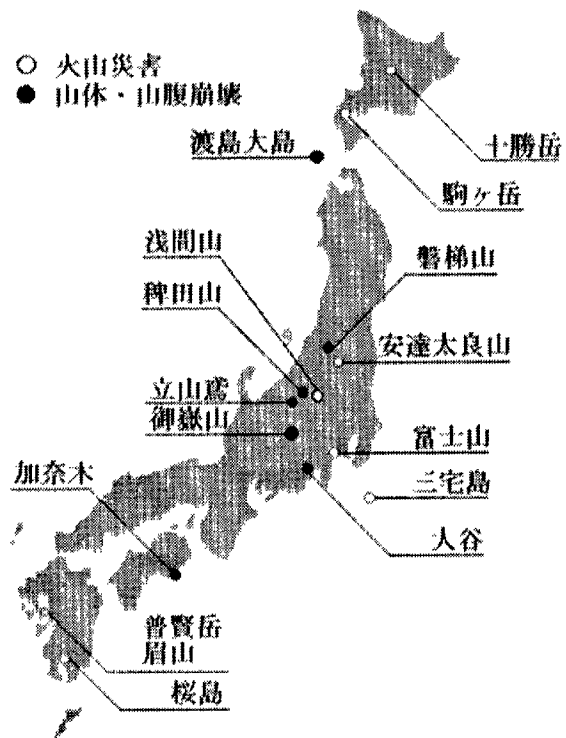


図-1 16世紀以降の我が国の大規模な土砂災害

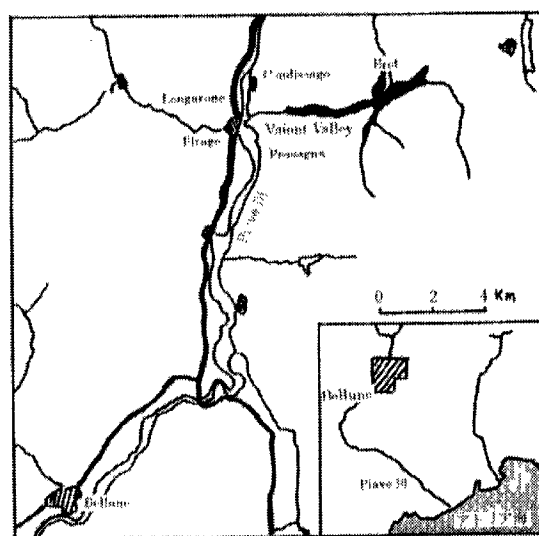


図-2 Vaiont 溪谷の周辺地図

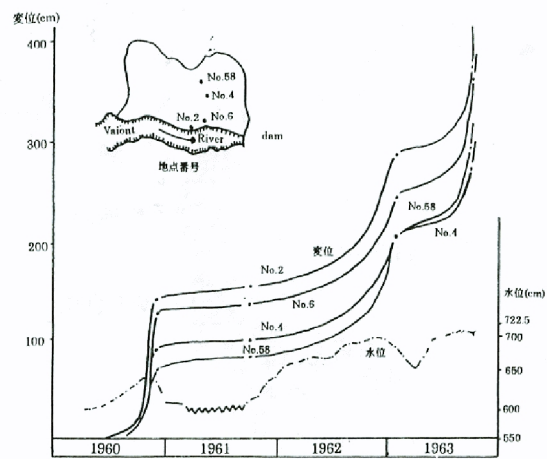


図-3 バイオント地滑り観測時の各水準点の総変位

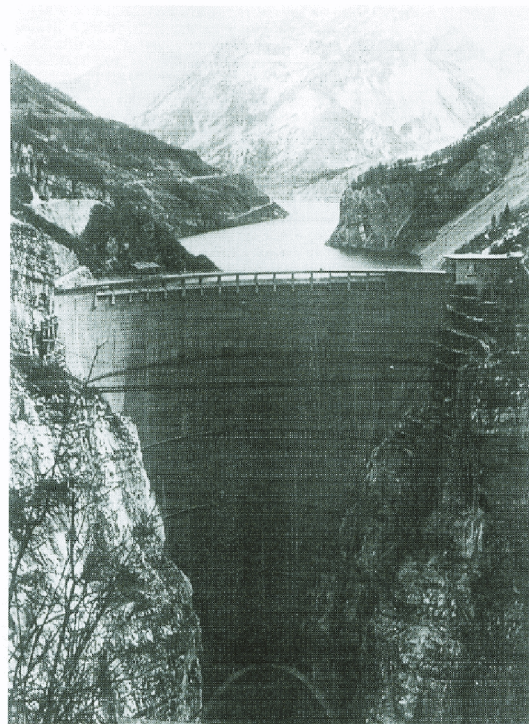


図-4 崩壊前のバイオントダム



図-5 崩壊後のバイオントダム

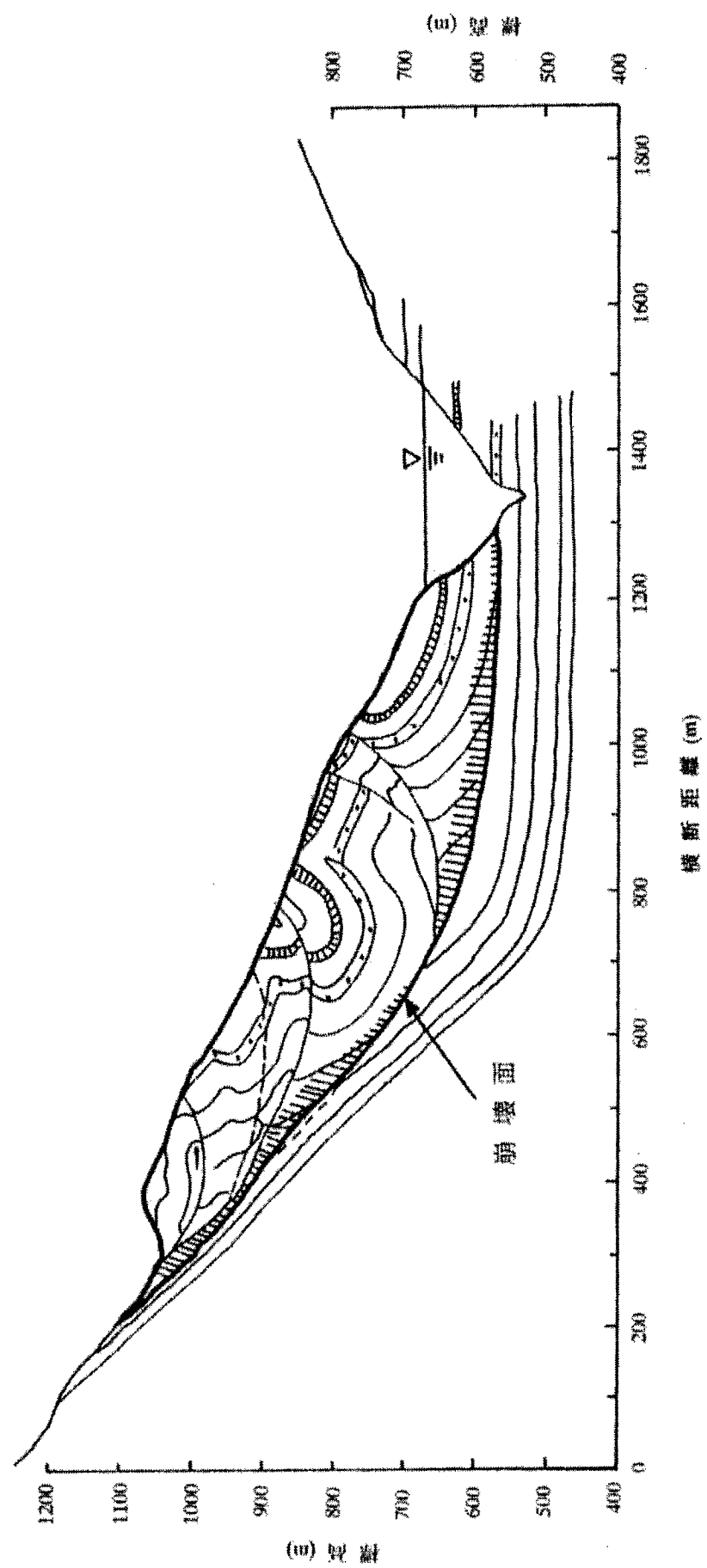


図-6 崩壊地点の横断面と崩壊面

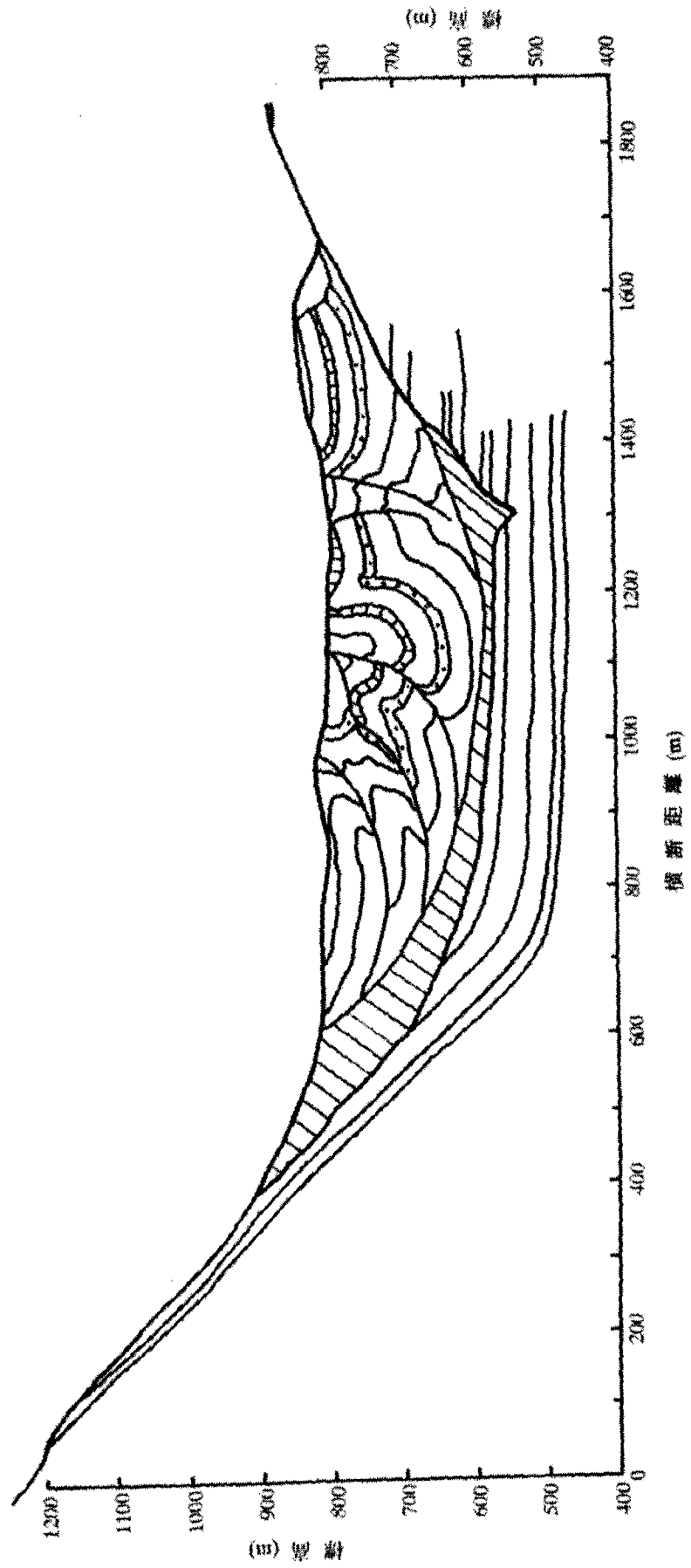


図-7 崩壊後の横断面と崩壊土塊

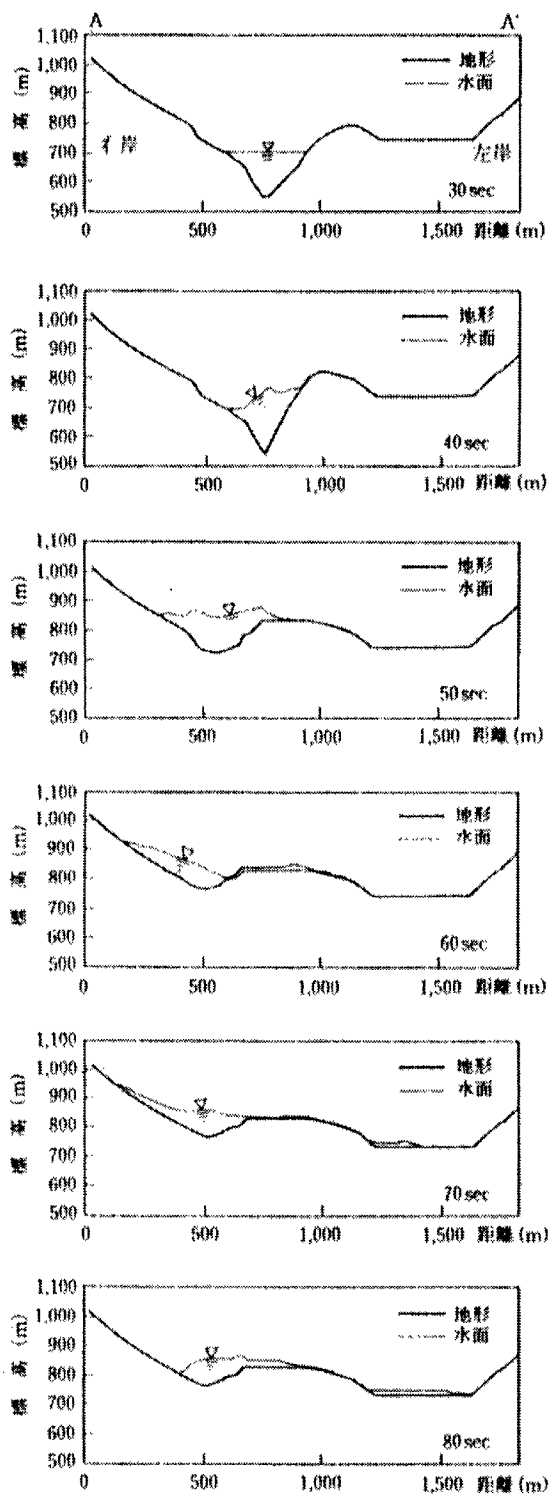


図-8 崩壊時の水位変動の計算結果

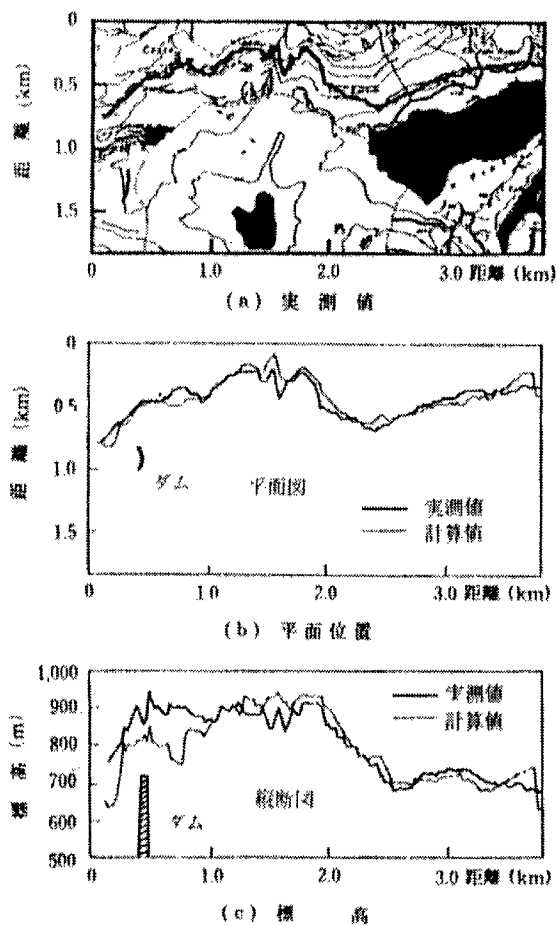


図-9 波の打ち上げ高さの比較

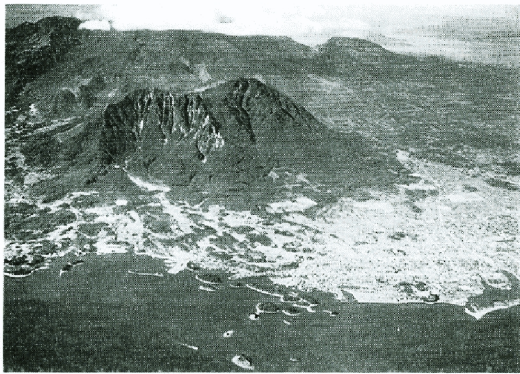


図-10 眉山の全容と島原市街（新砂防より）

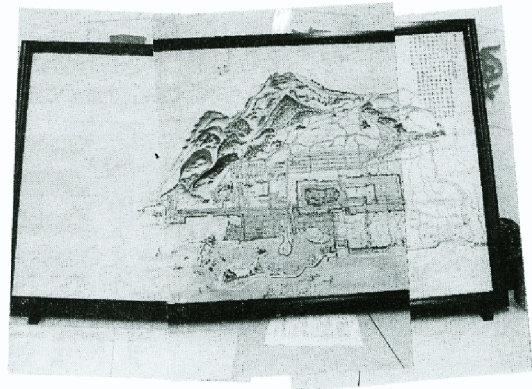


図-11 眉山崩壊前の島原市街（島原市街大變前後之図より）

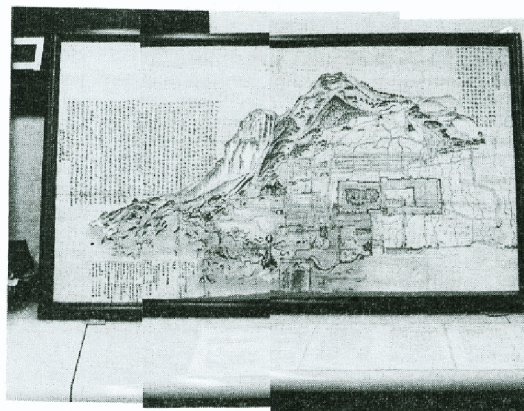


図-12 眉山崩壊後の島原市街（島原市街大變前後之図より）

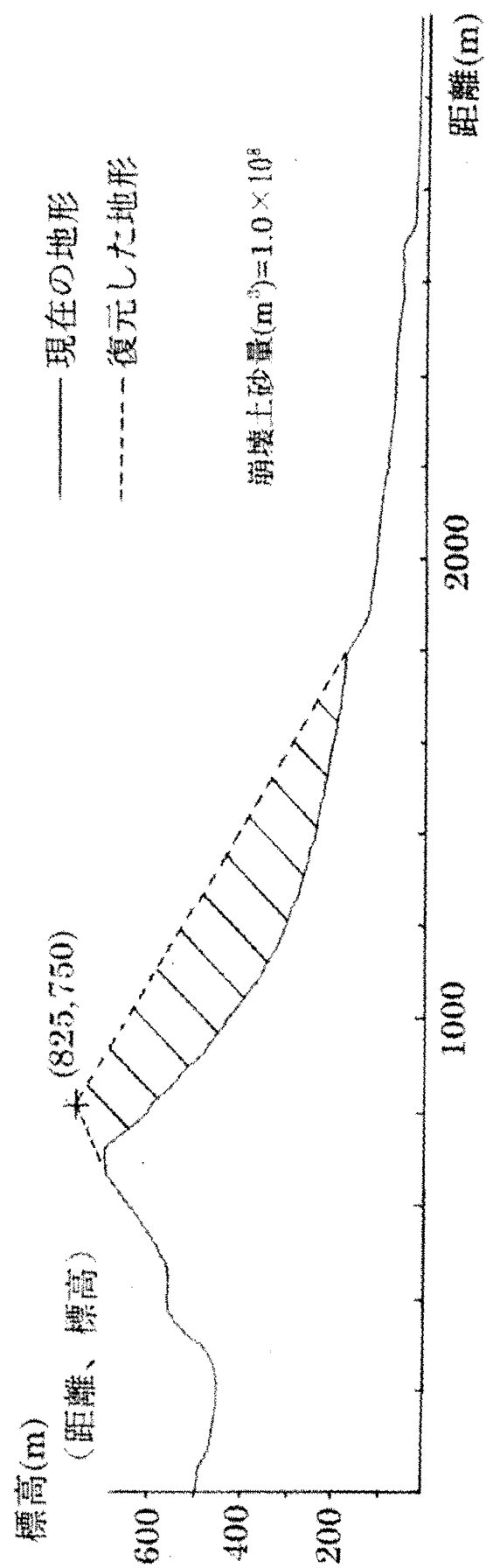


図-13 眉山崩壊前の地形の推定断面

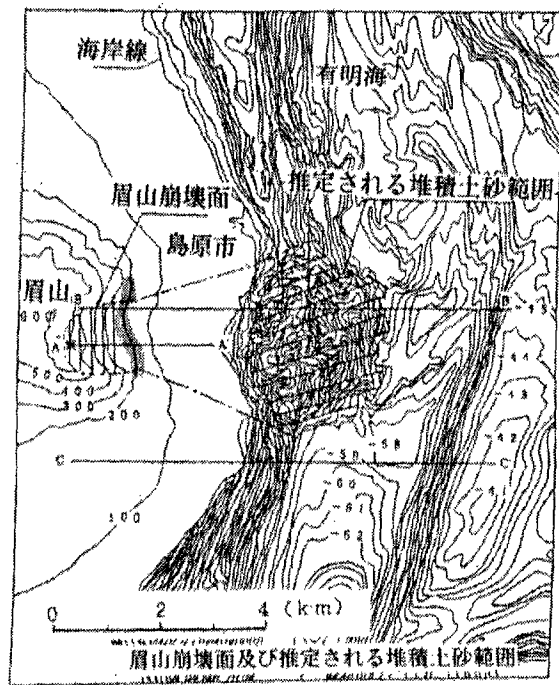


図-14 眉山崩壊土砂の推定堆積範囲

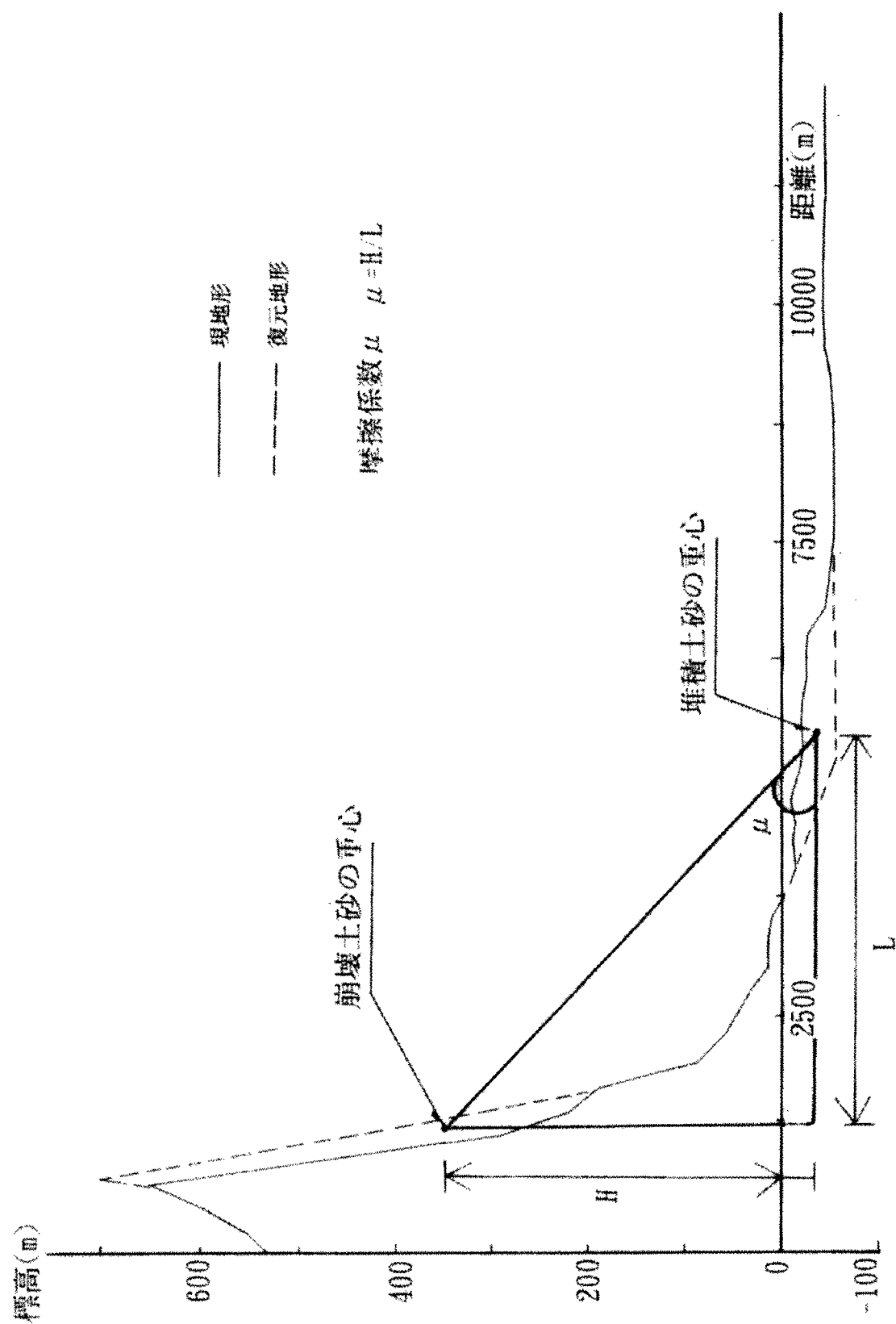
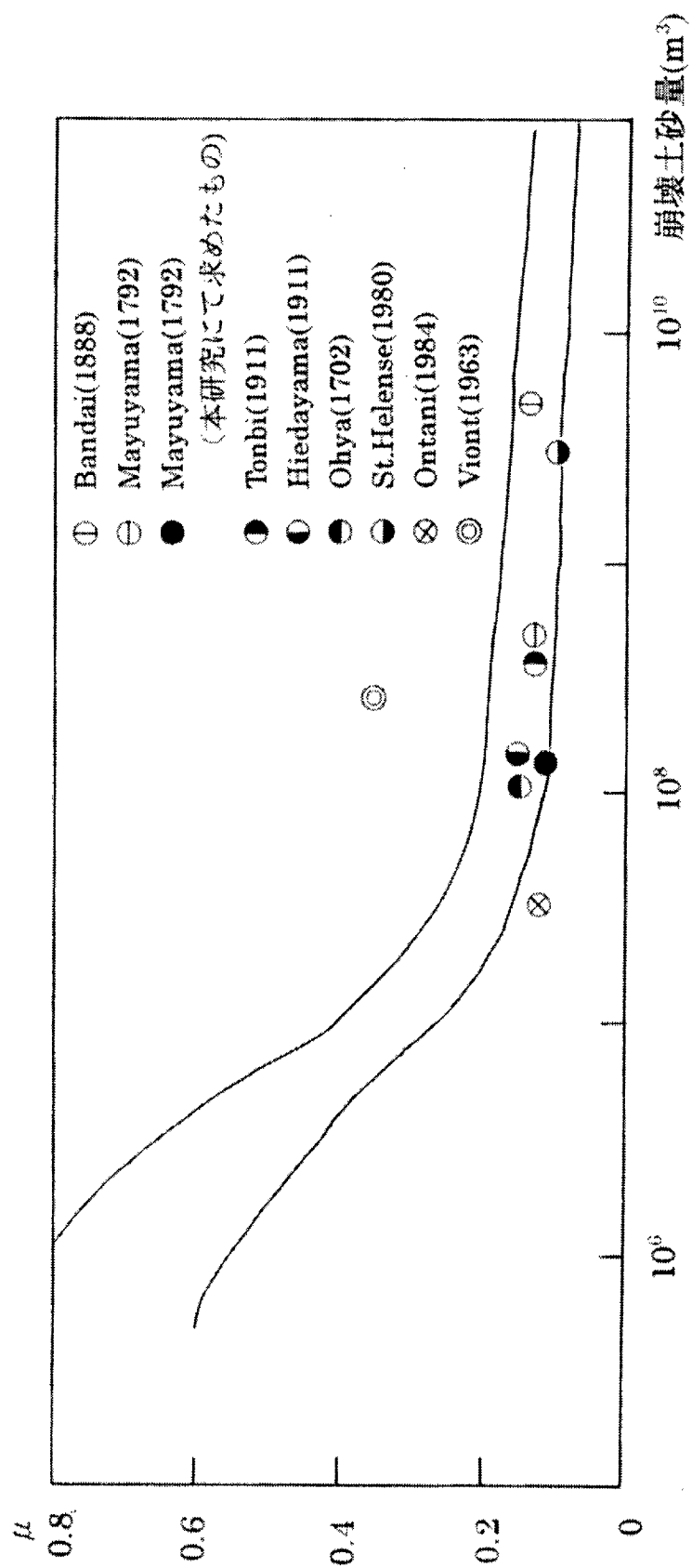


図-15 滑りの等価摩擦係数



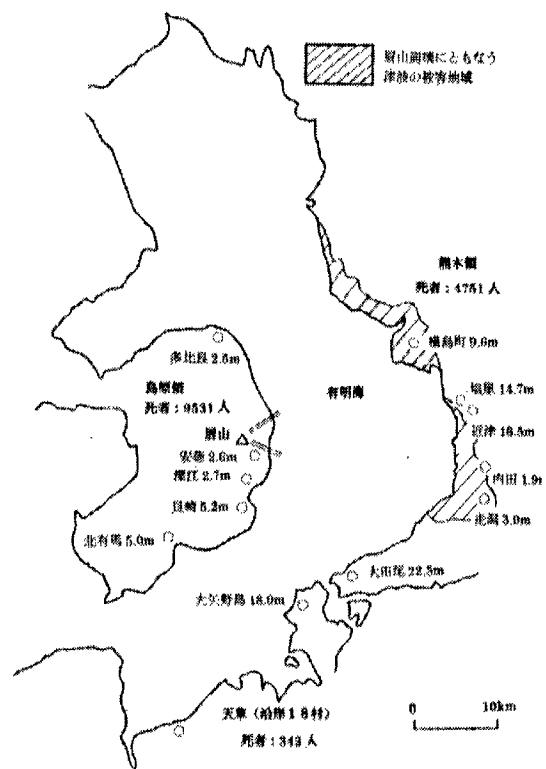


図-17 有明海沿岸の被害状況
 死 者：菊池, 1980「日本の歴史災害」より
 津波高：都司ら, 1993より