

高知県宇佐における歴史津波の 人的被害発生メカニズムに関する考察

徳島大学大学院 工学研究科 エコシステム工学専攻*

(株)フジタ建設コンサルタント**

杉本 卓司*, 村上 仁士*, 上月 康則*, 倉田 健悟*, 後藤田 忠久**

Consideration of Human Damage Occurrence by Historical Tsunami in Usa, Kochi prefecture

Takuji SUGIMOTO*, Hitoshi MURAKAMI*, Yasunori KOZUKI*, Kengo KURATA*,
Tadahisa GOTODA**

Department of Ecosystem Engineering, University of Tokushima

2-1 Minami-Josanjima, Tokushima 770-8506, Japan*

Fujita construct consultant Co., Ltd.

87-1 Tainohama Kitajima Itano Tokushima 771-0204, Japan**

With historical literature researches and tsunami numerical calculation on present landform, human damage occurrence by a tsunami has been verified. To estimate human damage in Usa, Kochi prefecture, it has been shown that human damage distinctive still has been existed as same as the past tsunami disasters which were caused by inundation from rivers. And, it has demonstrated quantitative that the human damage decreased due to the effect of early evacuation.

§ 1. 緒言

わが国の津波常襲地域については歴史津波に関する文献調査に基づき津波高の痕跡調査が行われ、多くの成果が得られている。とりわけ歴史津波による浸水範囲や津波高・浸水高さは、津波防災計画上重要な資料となるばかりでなく、津波の数値シミュレーションを実施する場合にその精度を検証し、資料の得られない地域の津波高を予測する上でも重要なものである。津波被災地域につい

てみれば、過去の被災状況を詳細に検討すれば、その地域固有の被災特性がわかり、今後の当該地域の津波防災対策に生かすことも可能である。

とはいえ、わが国の多くの沿岸域では戦後の開発により海岸が埋め立てられ、高潮対策など防潮堤の建設などにより、歴史津波被災時と比べ、大きく地形が変化している。したがって、これまでの歴史津波の史料による地域被災特性の把握に加え、その後の地形変化に伴う影響や減災効果につい

*〒770-8506 徳島市南常三島町 2-1 電子メール : sugimotot@nita.co.jp

でも検討し、把握しておくことも必要である。

津波被害について、集落の全滅や家屋が全て流失といった物的被害の記録は珍しくない。一方、人的被害については、甚大な被害を受けたという記述は多いなか、浸水被害は大きかったものの人的被害はでなかったものも多い。これは、物的被害の大小は津波の浸水域の広さや浸水高、氾濫水の流速の大きさにより決まるが、人的被害のそれは住民の避難の難易度、それを支配する地域の地理的条件によって大きく影響しているからである。

甚大な人的被害を発生させる典型的な地理的条件の例として、津波の河川遡上による被害があげられる。津波の来襲する海岸に河口を有する地域では、その川を遡上した津波がたびたび川からあふれ被害を大きくしている。

九十九里浜に面している千葉県長生郡白子町においては、1703年の元禄津波の際に南白亀川から遡上した津波が幸治村集落の背後にある内谷川まで遡上し、その川からあふれた津波と海岸からは上がった津波の板ばさみになり、幸治村で304人の被害者を出している(羽鳥, 1979)。これは、村落の裏手が河川流域であるため遡上した津波で避難経路を絶たれたことにより多数の溺死者が発生した。また当地域では、1960年チリ津波の時にも河川流域に浸水被害が発生している(羽鳥, 1979)。

また1946年昭和南海津波では、和歌山県湯浅で27人の死者を出しているが、町の北と南側を流れる広川と山田川から溢れ、町の背後から侵入して犠牲者が多くでたようである(羽鳥, 1980)。著者らも、徳島県海部郡牟岐町や浅川町の津波調査においてこれらと同様に川から溢流した津波により避難路が断たれ近隣の高台へ到達できずに多くの犠牲者が出たことを確認している。

本研究では高知県土佐市宇佐町を対象地域とし、過去数度の歴史津波による被害、とくに歴史史料に書かれた人的被害の発生状況に着目し、数値シミュレーションの手法を用いて人的被害発生のメカニズムを検証し、歴史史料の重要性を強調する。さらに現況地形における人的被害発生の可能性を予測し、避難開始時間の違いによる死者数の変化を定量的に示し、早期避難の重要性も強調する。

§ 2. 宇佐における人的被害の様相

宇佐町は、Fig.1に示すように太平洋に面した土佐湾の湾奥中央部にあたる高知県土佐市にある。村上ら(1996)によると、宇佐は南海トラフ沿いに仮定した72通りの地震津波に対しても津波の到達時間が20~40分と比較的遅いことがわかっており、また宇佐湾の形状は津波による被害を受けやすいV字型湾でもない。しかし、古くから津波により甚大な被害を繰り返し受けている。1707年の宝永南海地震と1854年の安政南海地震および1946年の昭和南海地震の被災記録が残っており、当時の被害の発生状況について比較的詳しい記述が残されている。

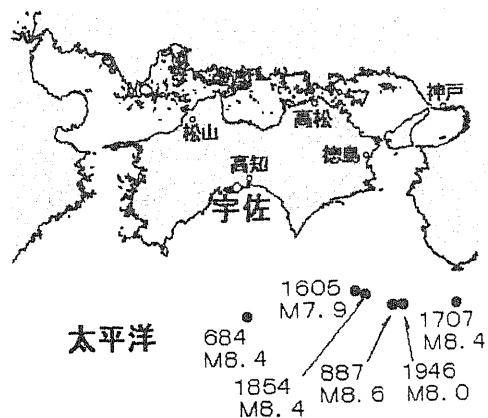


Fig.1 主な南海地震の震源位置
Locations of Major Nankai Earthquake's
Hypocenter

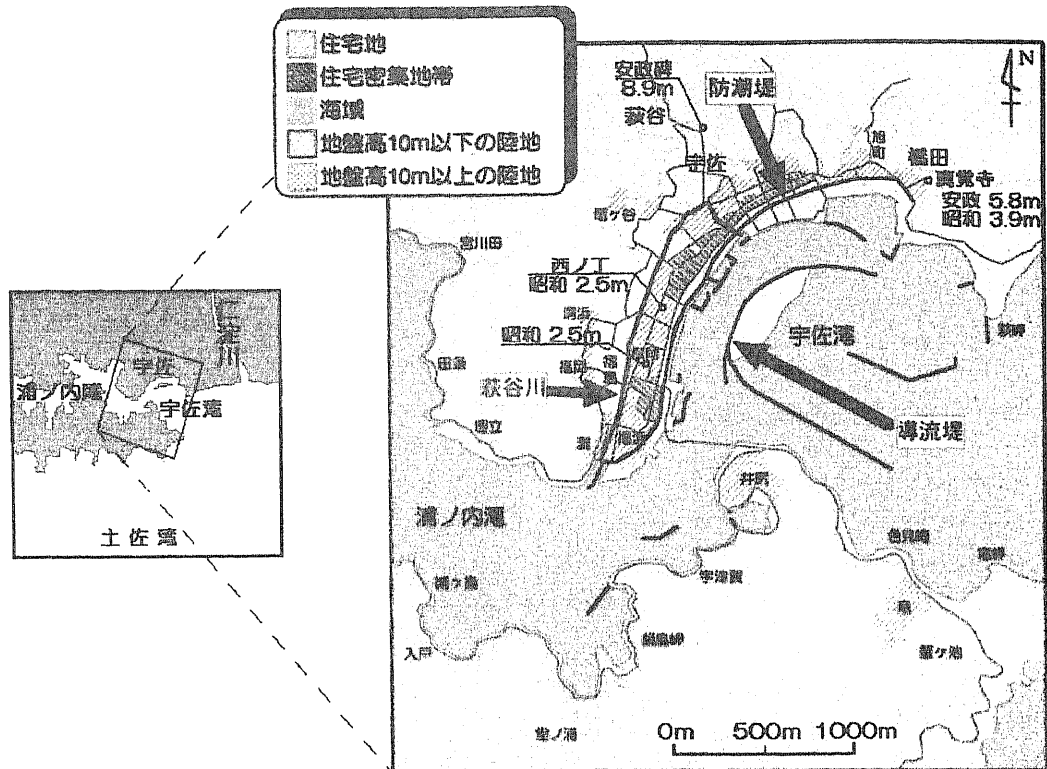


Fig.2 宇佐周辺現況地図 Present Map of Around Usa

2.1 宝永南海地震

1707年宝永地震(M8.4)は、東海道、伊勢湾、紀伊半島、四国、中国地方にまで地震被害を及ぼし、伊豆下田から西九州に至る海岸に津波が来襲し、死者は4,900人にも及んでいる(都司, 1981). なかでも高知県で最も大きな津波被害を受けている。

このときの宇佐町における津波の被害について『谷陵記』には、「亡所、潮ハ橋田ノ奥宇佐坂ノ麓萩谷口迄山上ノ家一軒残ル、在家ノ後ノ田丁へ先潮廻シケル故、通路ヲ失ヒ、溺死四百余人」と記されている。これにより、人的被害発生メカニズムの1つとして、津波が住宅の裏の田畑へ先回りして侵入したため避難経路を失い多くの死者が出たことがわかる。

浸水状況については『谷陵記』に、新居・

宇佐で亡所、渭浜・福島で尽く海に没したとある。これより、宇佐では全域で甚大な浸水被害を受けていることがわかる。

死者数について、『土佐市史』によると、福島、渭浜で被害が多く、それぞれ43人および18人、そのほか井尻で3人、宇佐で1人と合計65人の死者が記録されている。一方『谷陵記』には、宇佐での溺死者数400余人、福島で死者100余人との記録があり、死者数がこの2つの史料で異なっているが、福島で被害が大きかったことには間違いなさそうである。なお、『土佐市史』による65人の被害者について、その男女別に見ると女性が46人、男性が19人あり、女性の被害者数は男性の約3倍のものぼっていた。災害弱者である女性が男性に比べて被害を多く受けていることがわかる。

2.2 安政南海地震

1854年安政南海地震(M8.4)は、安政東海地震の32時間後におきたため、2つの被害を明確に区分できないものが多い。この地震による津波は房総半島から九州東岸に至る広い範囲にわたり多くの被害をもたらした。『土佐古今大震記』によれば高知県全域で372人の死者が出たとある。またこのときの宇佐における津波について、萩谷の安政津波碑が浸水面より約1m高いところに建てられたなどの記録に基づく測量結果から総合的に推定すると津波の高さは7～8mとみなせる(羽鳥, 1978)。

また宇佐における津波被害について、『福島浦安政大震考』には「・漸くにして残りし者も北方山際に逃れんとして走り出たが、同所は後に川がありその橋は皆落ちて渡ることを得ず、ただ東の方に逃れ走るより致方なく、忽にして四十有余の溺死者を出し・・・」と福島浦(現宇佐町福島)における避難から被害発生までの状況が記されている。

さらに、溺死者は宇佐・福島合わせて70余人発生し、さらに橋の流出被害もが10箇所あったとの記録がある。『福島浦安政大震考』の記録とこれらの裏付けから、住民の避難より早く津波の河川遡上により橋が流出してしまったため、避難経路を失い、多くの人的被害が発生したと解釈できる。

2.3 昭和南海地震

1946年昭和南海地震(M8.0)による被害は、中部地方から九州にまで及び、三重県から高知県の沿岸では4～6mの津波が来襲し、約1,400人も人的被害が発生した(渡辺, 1985)。

『南海大震災誌』(高知県, 1949)によれば、このときの宇佐町における津波被害について次のことが挙げられる。

○東町から西ノ丁にかけて川や堤防の低い所から浸水し、東のものは川沿い

田に浸入し、低地の田などを通して浸水が広がったようである。

- 旭町から東の地区は、浸水面高が山に至るにしたがって高くなっていることから、この周辺での津波は流勢をもって来襲したものと推察でき、津波高も宇佐では最も高く、被害も最も大きかったようである。
- 福島では、津波が屈曲した細い水路を遡上してきたため流勢が衰え波高も減少していたが、堤高が地震により低下していたため津波に浸入された。
- 津波高が先の2つの歴史地震に比べ低いことや、浸水速度が大人のかげあし程度であった(水路要報, 1948)ことから、死者数は土佐市で2人と少なかった。

§3. 現況の宇佐における人的被害

宇佐については、1707年宝永南海地震、1854年安政南海地震および1946年昭和南海地震の3つの歴史地震に伴う津波史料から、避難経路に潮が先廻りしたため避難できなかつたり、橋が流失したため避難できずに被災したことがわかった。

しかし、現在の宇佐には海岸沿いに防潮堤が、また宇佐湾には導流堤が建設されており、災害に対してハード面の対策がすでにある程度施されている。このような現況の宇佐における、人的被害の発生メカニズムについて検証する。

次に発生する南海地震はM8.4級ともいわれており、ここでは安政南海地震津波を想定した数値シミュレーションを行い、陸上に氾濫する津波の浸水状況を予想し、人的被害発生メカニズムを考慮し、被害者を定量的に予測する。

3.1 人的被害の予測方法

津波の数値計算には、断層モデルを用い、津波の陸上遡上も考慮した計算を行う。断層モデルには、村上ら(1996)により宇佐

周辺地域において比較的再現性がよいと評価されている相田モデル No.23(相田, 1981)を採用した。

また、津波の遡上とそれに伴う人的被害の予測に供するため、計算格子間隔を極力小さくし、最小20mで計算した。さらにこの格子間隔でも表現できない防潮堤などに配慮し、格子の地形データに加えて、防潮堤のデータを別に作成し津波の越波・遡上をより詳細に捉えた数値計算を実施した。

住民の避難開始は、現地におけるアンケートの調査結果に基づき地震発生後15分後とし、浸水していない道路を最適な経路で標高10m以上の避難場所へ避難するものとした。このときの住民の避難速度は消防科学センター(1987)により、老人のグループ時の歩行速度(0.751m/s)とした。

また津波による人的被害の判定について、島田ら(1999)は、簡易的な人的被害予測として浸水深50cm以上で被害発生とした被害予測を行ったが、実際の人的被害の発生は浸水深ばかりでなく浸水流速による影響も大きく受ける。そこで、本研究では人的被害発生の判定基準に流速を加え、浸水深50cm以上もしくは流速2.0m/s以上になれば被害が発生するとして人的被害発生の判定を行った。

これらの条件の下、津波の浸水図を5分ごとに作成し、5分間ごとの被害者数を求め、人的被害の予測を行った。

3.2 人的被害発生メカニズム

本被害予測では人的被害者数算定のために、津波の数値計算より得られた津波の浸水状況を5分間隔で図化しているが、その浸水状況の一例をFig.3に示す。なお、津波の浸水範囲は、浸水深と流速の被害発生条件に基づき、被害を発生する浸水範囲と、浸水していてもまだ避難が可能な浸水範囲の2種類に分けて示す。

地震発生後15分後に萩谷川河口付近から浸水が始まり、北へと広がっている。また地震発生後30分後には、津波が防潮堤を越えて橋田でも浸水している。

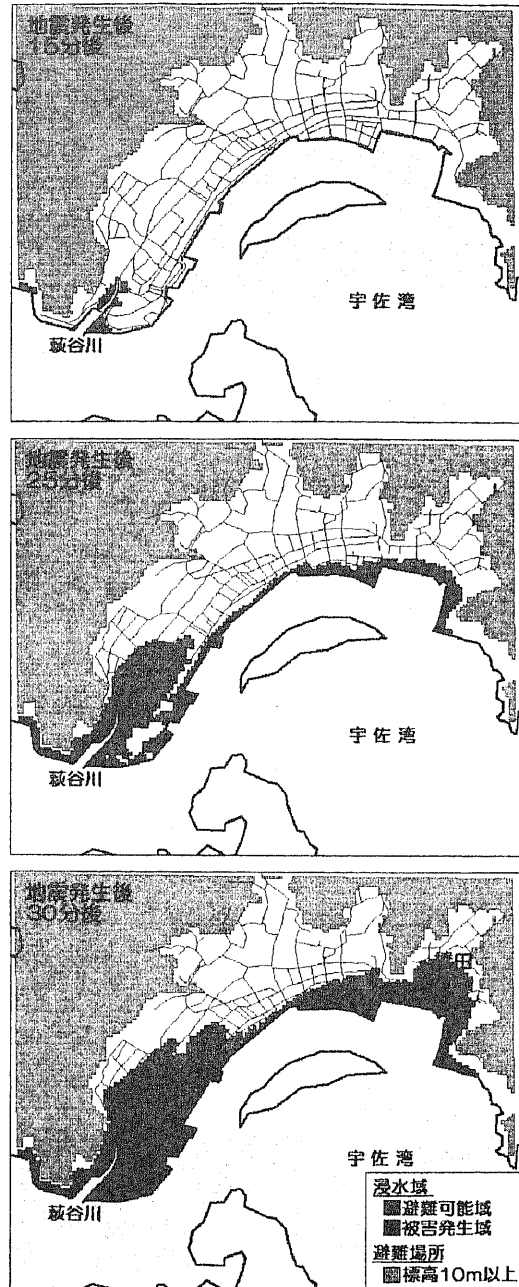


Fig.3 宇佐における津波浸水状況
Distribution of Tsunami Inundation
in Usa

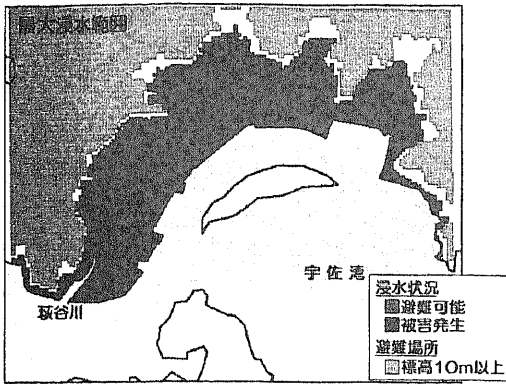


Fig.4 最大浸水範囲
Maximum Tsunami Inundation Area

Fig.4には地震発生から2時間までの最大浸水範囲を示す。標高10m以下の地域のほとんどが被害発生範囲となっている。

Fig.5には地震発生後25分後の津波流速空間分布を示している。地震発生後15分後から萩谷川河口付近で浸水が始まり、図示した25分後では萩谷川沿いに浸水範囲が北へと広がっている様子がわかる。

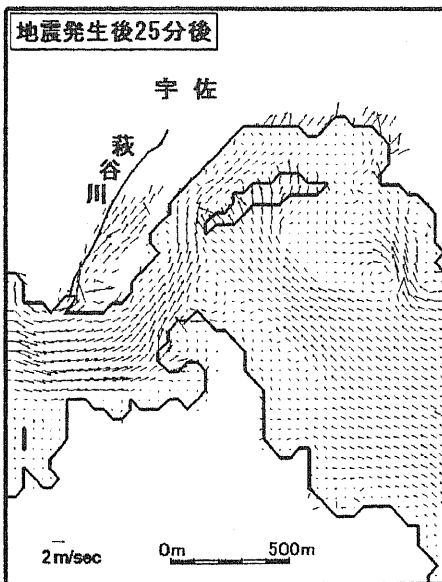


Fig.5 現況地形における流速分布
Distribution of Tsunami Current Velocity
in Usa on Present Landform

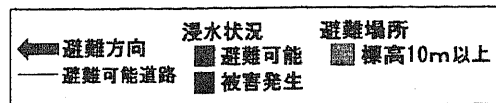
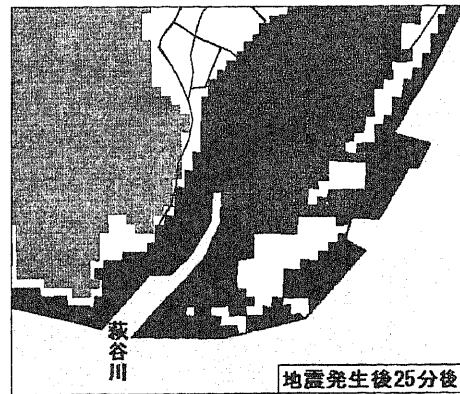
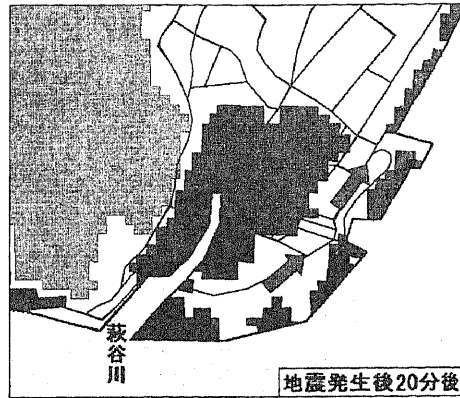
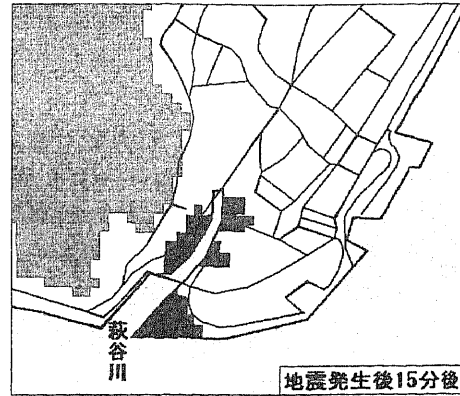


Fig.6 福島における浸水状況と避難状況
Condition about Inundation and Evacuation
Activity in Fukushima

Fig.6に萩谷川の河口付近の福島地区における浸水状況とその時点で住民が避難する方向を示した。この図に示すように、これらの地域は、地震発生後15分後の避難開始とほぼ同時に萩谷川沿いで浸水が始まり、20分後には川向かいの避難場所への経路が浸水し、避難経路として使用できなくなる。そのため北に向かう避難経路をしかなく住民は北へ避難することになるが、避難速度より早く広がる浸水により、地震発生後25分後に住民は浸水域に取り囲まれ、孤立し、後に浸水し多くの溺死者被害が発生することになる。

これは津波の浸水により避難経路を絶たれ被害を受けるという発生メカニズムが、宝永南海地震や安政南海地震時の津波被災状況と同様である。すなわち宇佐では、防潮堤などの整備がある程度施された現在の状況でも、過去の津波災害と同じ被災特性がまだ存在していることがわかる。

3.3.3 人的被害予測

Fig.7に宇佐町における5分毎の被害者発生数の時間変化を示す。地震発生後15分の避難開始前に22人が被害を受け、25～30分後の5分間には125人と最大の被害者発生数となっている。また人的被害は地震発生45分後まで発生し続けていた。また、今回求めた地震発生後15分後に避難開始

した場合、最終的に297人の人的被害が発生すると予測され、被害者の90%以上が避難途中で被害を受けることがわかる。

§ 4. 人的被害軽減に及ぼす早期避難の定量的評価

宇佐において地震発生後15分後の避難開始では甚大な被害を受けることがわかった。それでは、被害を軽減するためにはどうすればよいか、そういった対策のひとつとして、避難開始時間を早めることの効果について検討する。

Fig. 8に地震発生後の避難開始時間と被害者数との関係を示した。地震発生後15分後に避難開始した場合、被害者数は297人であった。しかし避難開始時間をこれから5分ずつ早めると、被害者数はそれぞれ1/6以下、1/50以下、被害者なしと大きく被害者数が減少している。これにより、一般によく言われている避難開始を早めることの重要性を定量的に示したことで、早期避難による被害者数の減少効果が大きいことが明確に評価できた。

しかし、実際の災害時に避難開始を早く開始するには住民の高い防災意識と日頃の避難訓練が必要である。またさらに地震被害など不確定的要素についても考慮すると、津波の浸水より早く橋を渡って避難する方法は危険が伴うため、むしろ川を渡ら

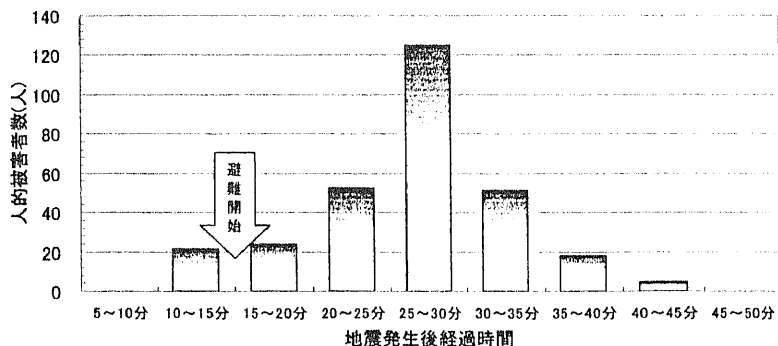


Fig.7 被害者発生数の時間変化 The Conditions about Breaking Out Deaths

ずに避難できる場所に避難所を設置し、そこに避難する方法が現実的であると考える。

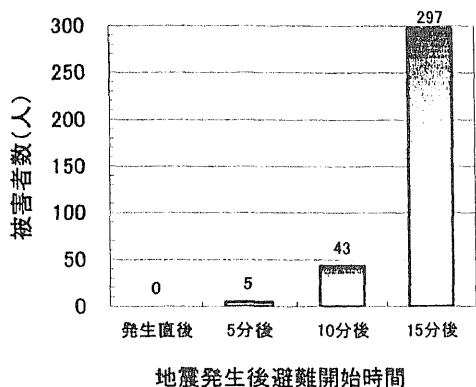


Fig.8 避難開始時間と発生被害者数
The Relations Between Starting Time to Evacuate and Damage to Human Being

§ 5. 結言

過去数度の津波による人的被害が多かった高知県土佐市宇佐を対象として、歴史史料調査と津波の数値計算から津波被災特性、とくに人的被害の発生メカニズムの検証を行ったほか、人的被害予測および早期避難の定量的評価を行った。以下に得られた結果を示す。

- 1) 宝永南海地震津波時の歴史史料が、安政、昭和の南海地震津波の防災対策に活かされなかった事実を指摘し、歴史地震史料の教訓を生かすことの重要性を強調した。
- 2) 宇佐において「避難」行為を考慮した津波の数値シミュレーションにより、現況でも過去の津波被災時と同様に、萩谷川からの浸水により孤立する地区が生じ、人的被害を受けるという「人的被害の発生メカニズム」が存在することを示した。
- 3) 数値シミュレーションから人的被害を数量的に予測し、避難開始を早める

ことにより人的被害を大きく減少させうることを数値で評価した。

最後に本研究は、文部省科学研究費基盤研究(C)(2)10680446〔代表者：村上仁士〕による研究成果の一部であることをここに明示し、謝意を表す。

参考文献

- 羽鳥徳太郎, 1980, 大阪府・和歌山県沿岸における宝永・安政南海道津波の調査, 地震研究所彙報, Vol.55, pp505-535.
- 羽鳥徳太郎, 1979, 九十九里浜における延宝(1677年)・元禄(1703年)津波の挙動, 地震研究所彙報, Vol.54, pp147-159.
- 村上仁士・伊藤禎彦・山本尚明・佐藤広章, 1996, 紀伊半島・四国沿岸における津波の危険度に関する考察, 海岸工学論文集, 第43巻, pp316-320.
- 都司嘉宣, 1981, 高知県地震津波史料, 防災科学技術研究資料, 第57号, 科学技術庁 国立防災科学技術センター.
- 羽鳥徳太郎, 1978, 高知・徳島における慶長・宝永・安政南海道津波の記念碑, 地震研究所彙報, pp423-445.
- 高知県, 1949, 南海大震災誌, pp120.
- 渡辺偉夫, 1985, 日本被害津波総覧, 東京大学出版会, pp70-72.
- 水路要報, 1948, 増刊号昭和21年南海大地震報告 津波編, 水路部, pp38.
- 相田勇, 1981, 南海道沖の津波の数値実験, 東京大学地震研究所彙報, vol.56, pp.713-730.
- 村上仁士・伊藤禎彦・山本尚明, 1996, 各種断層モデルによる四国沿岸域の津波シミュレーションに関する考察, 徳島大学工学部研究報告, 第41号, pp39-53.

- 村上仁士・島田富美男・伊藤禎彦・山本尚明・石塚淳一，1996，四国における歴史津波（1605慶長，1707宝永，1854安政）の津波高の再検討，自然災害科学，vol.15，No.1，pp39-52.
- 島田富美男・村上仁士・上月康則・杉本卓司，1999，津波による人的被害予測に関する一考察，海岸工学論文集，第46巻，pp361-365.
- 消防科学防災センター，地域防災データ総覧 地域避難編，1987，pp. 91-96.