

昭和南海地震による高知市の河川堤防被害

三神 厚¹・辻野 典子²・齊藤 剛彦³

¹正会員 徳島大学大学院准教授 リンテックサイエンス研究部 (〒770-8506 徳島県徳島市南常三島町2-1)

E-mail: amikami@ce.tokushima-u.ac.jp

²非会員 元高知大学大学院生 理学研究科地学専攻 (〒770-8506 徳島県徳島市南常三島町2-1)

E-mail: saki_tsujino@yahoo.co.jp

³正会員 徳島大学環境防災研究センター技術補佐員 (〒770-8506 徳島県徳島市南常三島町2-1)

1946年の昭和南海地震において、高知市に襲来した津波波高はさほど高くなかったにもかかわらず、河川堤防が決壊し、高知市は長期にわたり甚大な浸水被害に苦しめられた。当時の地震被害調査結果によれば、高知市内の11箇所で堤防が決壊したと報告されているが、著者らの知る限り、断片的な情報はあるものの、それらの箇所が1つにまとめられた資料はない。そこで利用可能な様々な資料をもとに昭和南海地震による高知市の河川堤防被害箇所を推定した結果を報告するとともに、堤防決壊の過程について考察する。さらに、最近発行された文献に「高知市震災復旧工事箇所」の図面を見出したので、河川堤防被害箇所について、著者らの推定結果と併せて報告する。

Key Words : Nankai Earthquake, levee, Kochi, Liquefaction

1. はじめに

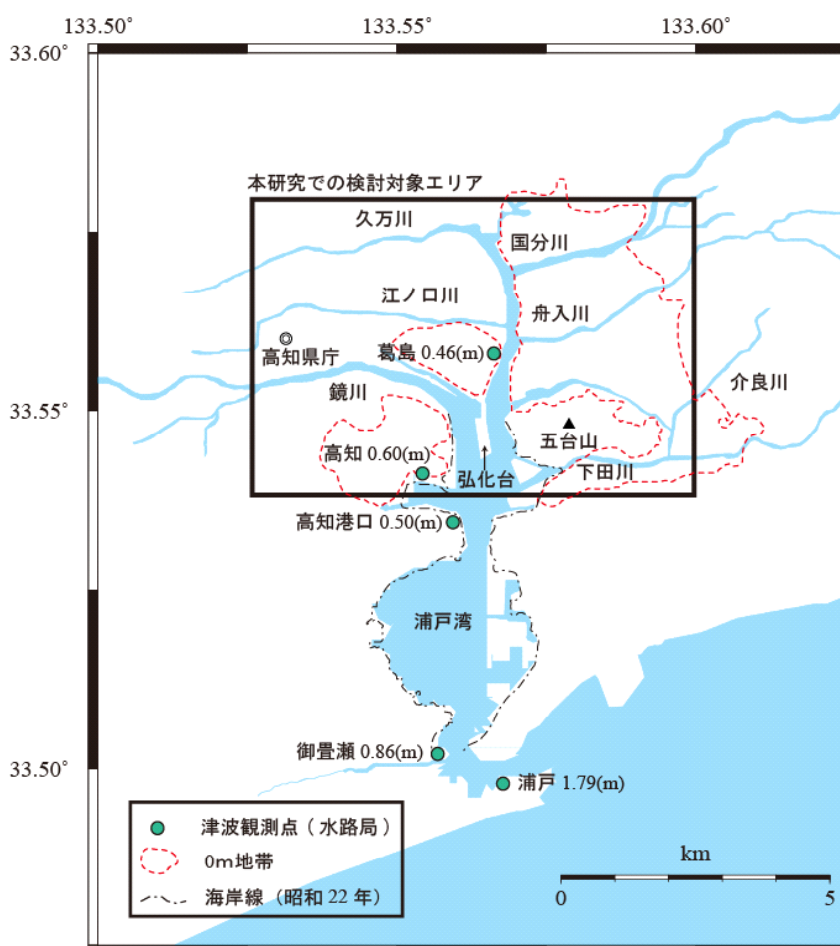
2012年8月29日に内閣府より公表された「南海トラフの巨大地震による津波高・浸水域等（第二次報告）及び被害想定（第一次報告）について」によれば、高知市では最大16 mの津波に襲われ、また浸水面積は3,380(ha)と広域にわたることが予想されている¹⁾。図-1に示すように、高知市中心部にはほぼ全域にわたって標高0m地帯が広がっており²⁾、このことが浸水面積を大きくする要因になっている。加えて、高知市は地震性の沈降平野であり、南海地震の度に沈降を繰り返してきた。1946年の昭和南海地震では、120cmの地盤沈降があったと報告されている³⁾。

津波の高さは南海地震の規模に応じて変化する。地震の規模が大きく、津波高が堤防をはるかに越える場合には避難を中心としたソフト的な減災対策が基本となる。逆に、津波高がさほど高くない場合には、堤防でしっかりと津波防御をするハード的な対応がより重要となる。南海地震の規模がどの程度になるかは、実際に起こってみなければわからないので、様々な地震規模を想定した対策が必要となる。

1946年の昭和南海地震ではマグニチュード8.0と推定され⁴⁾、比較的規模が小さかった。図-2は昭和南海地震直後と現在の高知市を対比した写真（高知市防災対策部所

蔵）であるが、広範囲にわたって浸水被害に見舞われたことがわかる。同様な光景は、2011年の東北地方太平洋沖地震の際、巨大津波に襲われた東北の街々で目の当たりにしたが、高知市については浦戸湾奥での津波波高は60cm程度と報告されており⁵⁾、巨大津波に襲われたということではない。那須・白井⁶⁾は、「湾口を過ぎて浦戸湾の内部に侵入した津波は急激に減衰して、湾奥では殆ど平時の風波と区別できない程度であった」と報告している。また、沢村⁷⁾は「浦戸湾のような湾口の狭い、湾内の広がった地形の湾では、湾内に侵入した津波の勢力がそがれ、水位の上昇による被害が大であった」と分析している。すなわち、地震によって堤防が被害を受け、沈下や大亀裂を生じたことと、地盤の沈降と津波による水位の相対的な上昇、さらに潮汐の影響が相俟って堤防が決壊し、そこから浸水が生じたと考えられる。最大の決壊が生じた葛島では「十二月二十一日四時十五分の強震により堤防に大亀裂を生じ法面崩壊せし時、間もなく襲来せる高潮(普通潮位より一、八米増高)は沈下せる堤防上を溢流せしため破堤せり」と報告されている⁸⁾。

金井らの調査報告によれば、高知市内の堤防は11箇所が決壊したとされている⁹⁾が、著者らの知る限り、それら11箇所の場所や被害の程度など、詳細についてまとめられた資料はない。河川堤防の被害は堤体自体が液化化するか、あるいは基礎地盤が液化化することで引き起こ



される場合が多い。また、地盤の液状化が地震の度に同じ場所で繰り返す、再液状化の可能性も指摘されている¹⁰⁾。そのため、過去の地震における河川堤防の被害発生箇所を把握しておくことは今後の地震防災にとって重要である。著者らはこれまで、昭和南海地震、安政南海地震、宝永地震による高知市の河川堤防の地震被害について文献等による調査を行い、その結果をまとめた¹¹⁾。最近になり刊行された「描かれた高知市」の中に「昭和二十一年十二月二十一日高知市震災復旧工事箇所」なる既成の地図上に、昭和南海地震によって被災した堤防や道路などの箇所を手書きで加筆したものの資料を見出した¹²⁾。本研究では、昭和南海地震についての著者らの堤防被害箇所のとりまとめ結果について報告するとともに、今回見出した「高知市震災復旧工事箇所」の堤防被害を同じ地図上に反映させ、比較、検討を行う。さらに、堤防の被害過程や被害要因について考察する。

2. 昭和南海地震による堤防被害箇所 の推定方法

昭和南海地震による河川堤防の被害箇所を、当時作成

された震害図、文献、写真、証言などを利用して推定する。被害箇所と根拠の一覧を表-1にまとめる。被害の推定方法の概要を以下にまとめるが、詳しくは、三神、辻野¹⁾を参照されたい。

(1) 震害図を利用した堤防被害箇所 の推定

高知新聞社より発行された「月刊高知」¹³⁾には震災特別号として高知県内各地の被害の状況が報告されており、その中の「高知市震害図」には高知市の堤防被害箇所について簡易な図にまとめられている。表-1の③、④、⑤、⑥、⑩、⑪の被害箇所が推定された。

(2) 当時の被害写真を利用した堤防被害箇所の推定

当時の被害写真を利用して河川堤防の被害箇所を特定する試みも行った。図-3の写真は、江ノ口川堤防に生じた大亀裂の写真で高知市提供の写真であるが、このような被害写真をもとに被害箇所を特定して行った。被害写真は高知市所蔵の他、高知県や高知大学に所蔵されているものを使用した。被害位置を特定する具体的な方法は、現地へ赴き、昔からそこに住んでいるお年寄りにヒアリングをしたり、写真の背景に移っている構造物や山の稜



図-2 五台山から見た高知市

(写真上は昭和南海地震直後で高知市所蔵写真より転載，写真下は2011年3月撮影)

表-1 堤防被害箇所一覧

被害 番号	名称	根拠
①	葛島橋西詰堤防	新聞，写真，文献
②	葛島橋東詰堤防	写真
③	国分川右岸堤防	震害図，写真
④	舟入川左岸堤防	震害図
⑤	舟入川右岸堤防	震害図
⑥	国分川左岸堤防	震害図
⑦	弥右衛門堤防	写真
⑧	江ノ口川堤防	写真，証言
⑨	若松町岸壁	文献，写真
⑩	潮江新築堤防	震害図，写真，文献
⑪	下田川堤防	震害図，文献，写真
⑫	介良川堤防	文献，証言
⑬	帯田南方中堤	写真
⑭	船留場堤防	写真

線などから判断する手法によった。以上により，地点①，②，③，⑦，⑧，⑨，⑩，⑪，⑬，⑭の被害箇所を特定していった。

(3) 文献を利用した堤防被害箇所の推定

例えば，昭和21年12月23日の高知新聞¹⁴⁾によれば，「市かつら島橋西詰から青柳橋西詰に達する若松町堤防はかつら島橋よりに約四十米決かい」という記述が見られるが，これは，①の葛島橋西詰堤防に発生した最大被害箇所のことである。

その他，河川堤防の被害に関する記述や写真等は南海



図-3 江ノ口川堤防の被害（高知市所蔵）

大震災誌に散見されるので，地点⑨，⑩，⑪，⑫の位置を特定していった。

(4) 現地におけるヒアリング

以上のような方法を用いても場所の特定が困難な場合

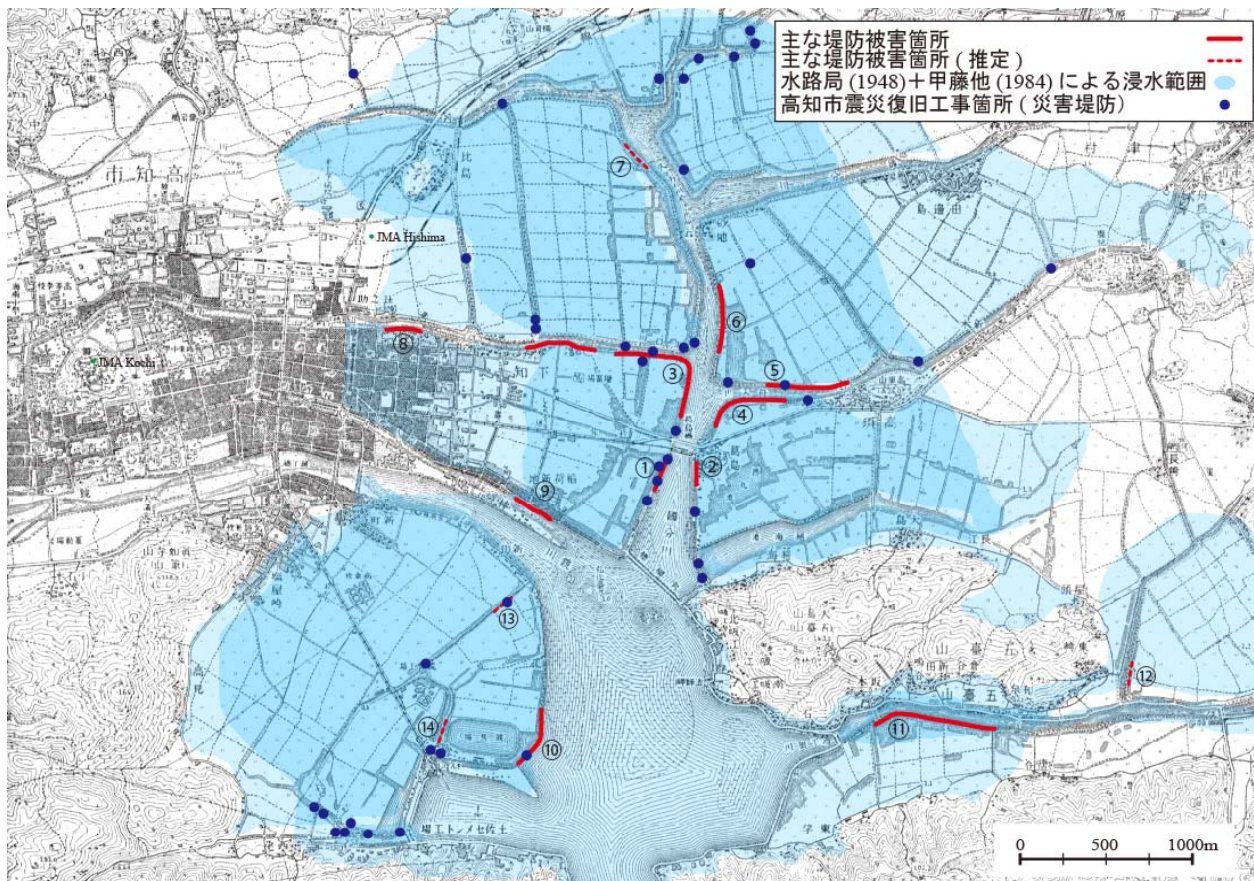


図4 昭和南海地震による高知市の河川堤防被害箇所の推定結果と「高知市震災復旧工事箇所」との比較
国土地理院(昭和22年)発行の2万5千分の1地形図(高知)を使用

には、現地に昔から住むお年寄りにヒアリングを行い、情報を得た。その結果、「介良川で堤防が決壊し浸水した」との情報を得、地点⑩のおおよその位置を知ることができた。

3. 堤防被害箇所の推定結果と「震災復旧工事箇所」との比較

以上をもとに堤防被害の推定箇所を図にプロットしたものが図4の赤線で示した箇所である。文献の詳細な記述や被害写真等により概ね場所を特定できたものを実線で示している。一方、被害位置を特定するための情報が十分でないために、著者らがおおよその位置を推定せざるを得なかった場所を点線で示してある。例えば、地点⑦の弥右衛門堤防がそれに相当する。

併せて、水路局¹⁹や甲藤¹⁰によって調査された浸水エリアを重ねて示す。

さらに、「描かれた高知市」に掲載されていた「高知市震災復旧工事箇所」に示されていた堤防被害箇所を青い丸で示す。これは、既成の地図上に昭和南海地震によ

って被災した堤防や道路などの箇所を手書きで加筆した図面である。この図の発行年、発行者とも不明であるが、戦前の都市計画草創期から戦後復興期までの20数年間、高知市の土木分野を中心に携わった高知市職員、清水真澄の手元に遺された資料¹²⁾であることから、震災後に限られた地図を活用して応急的に作成され、復旧工事に活用されていた図であると思われる。

著者らによる堤防被害箇所の推定結果と「高知市震災復旧工事箇所」の堤防被害は概ね一致していることがわかる。「高知市震災復旧工事箇所」として青丸がプロットされているが著者らが推定していない場所が散見されるが、これは著者らの調査結果が被害規模の大きい地点を中心に把握しており、かつ、「高知市震災復旧工事箇所」には比較的規模が小さい被害も含まれているためと推察される。

4. 河川堤防被害の過程と要因

ここまでは、昭和南海地震による高知市の河川堤防の被害位置について議論してきた。次に、被害のより詳細

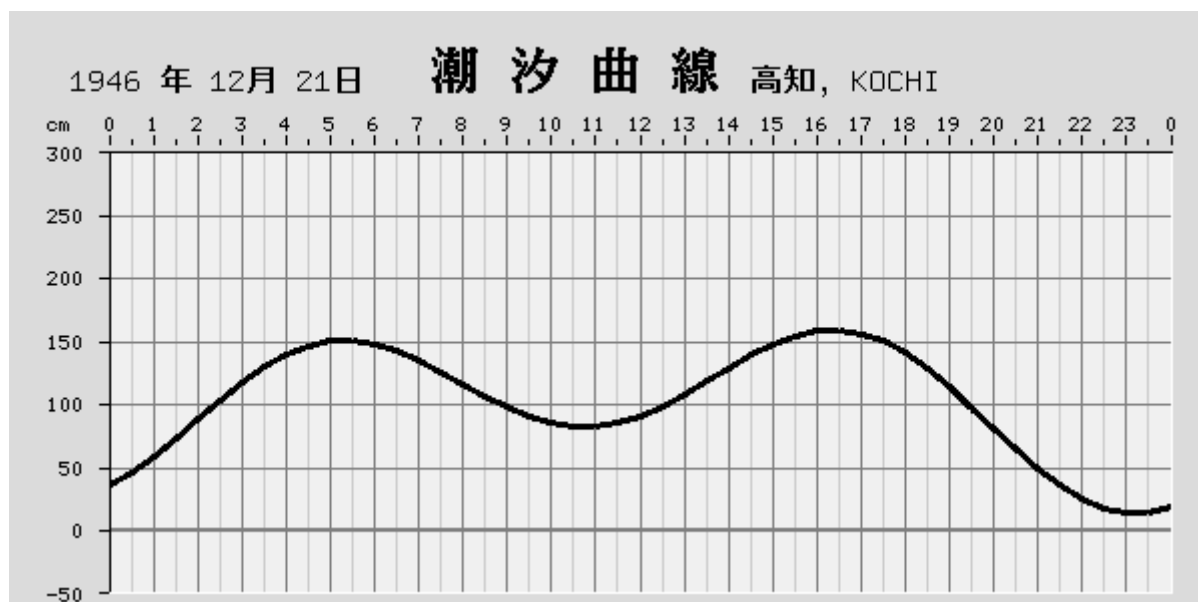


図-5 1946年12月21日の高知市の潮汐曲線
海上保安庁海洋情報部：潮汐・潮流情報（高知）より引用

な被害の過程や要因について考察する。

(1) 堤防決壊の過程

地震発生の時間は12月21日の4時19分であるが、水路要報⁹⁾によれば、その約20分後には高知市に第1波が来襲している。最大波は第4波で、津波の高さは当時の潮位上0.6mと報告されている。津波の襲来間隔は60分程度となっているので、第4波が到来したのは7時～8時にかけてのことと思われる。潮汐の影響については、図-5の潮汐曲線¹⁷⁾に示すように、地震発生から間もない午前5時ごろに最初の満潮になり、潮位は約150cmに至る。

南海大震災誌によれば、すでに紹介したように、葛島では「十二月二十一日四時十五分の強震により堤防に大亀裂を生じ法面崩壊せし時、間もなく襲来せる高潮(普通潮位より一、八米増高)は沈下せる堤防上を溢流せしたため破堤せり」と報告されている、とあり、葛島では地震後まもなく到来した津波の第1波によって、堤防が決壊したものと思われる。しかしながら、高知市における津波の高さは最大でも60cmとされており、津波そのものの影響より、むしろ、1mを超える地盤沈降の影響や、潮汐変動による水位上昇の影響が大きいと思われる。

また、高知港口では、「地震が勃発し約十分後にして高知港口に高潮（津波）襲来し、浦戸湾より高知市内、国分川、鏡川等の各河川より浸入した。八時頃潮江満潮面上約二米に達し堤防上溢流し、爲めに高知市街は下知地区全部其の以北の低地及潮江南東地区に亘り広大面積に浸入し、深さ平均二米に達するに至った」という記述があるので、最大の第4波が堤防を越流し、決壊に至らしめたものと思われる。

(2) 地震動の影響

図-1の四角い枠で示したエリアに着目し、本研究の検討対象エリアとしているが、この範囲内における基盤レベルの地震動について検討する。昭和南海地震の震源断層のモデルについては、武村・神田¹⁸⁾による短周期域を参考に図-6に示すような3つの四角い短周期領域を設定し、各領域には武村・神田と同じ地震モーメントの値を設定した。その上で、野津・菅野¹⁹⁾の方法を用いて地震動のシミュレーションを行った。位相特性を決定するにあたり、2009年12月16日14:12に土佐湾の深さ31kmで発生した $M_j=4.6$ の地震の際、K-NETの高知で得られた加速度記録を用いた。

その結果、検討対象エリア内では基盤レベルの地震動は概ね80(gal)～100(gal)程度であり、範囲内でさほど差がないことがわかった。したがって、検討対象エリア内の河川堤防に対する入力地震動に差を生じさせる可能性がある要因として、表層地盤のサイト増幅効果を考えれば良いことになる。

(3) 30m平均S波速度の影響

表層のサイト増幅効果のキーパラメーターとして、30m平均S波速度がある。J-SHIS地震ハザードステーション²⁰⁾によれば、検討対象領域のほぼ全域30m平均S波速度は200(m/sec)～250(m/sec)程度でさほど差は見られない。

(4) 表層地質の影響

図-7に示す土地分類基本調査を参考にすると、高知県東部の国分川に沿ったエリアにはデルタが広がり、被害

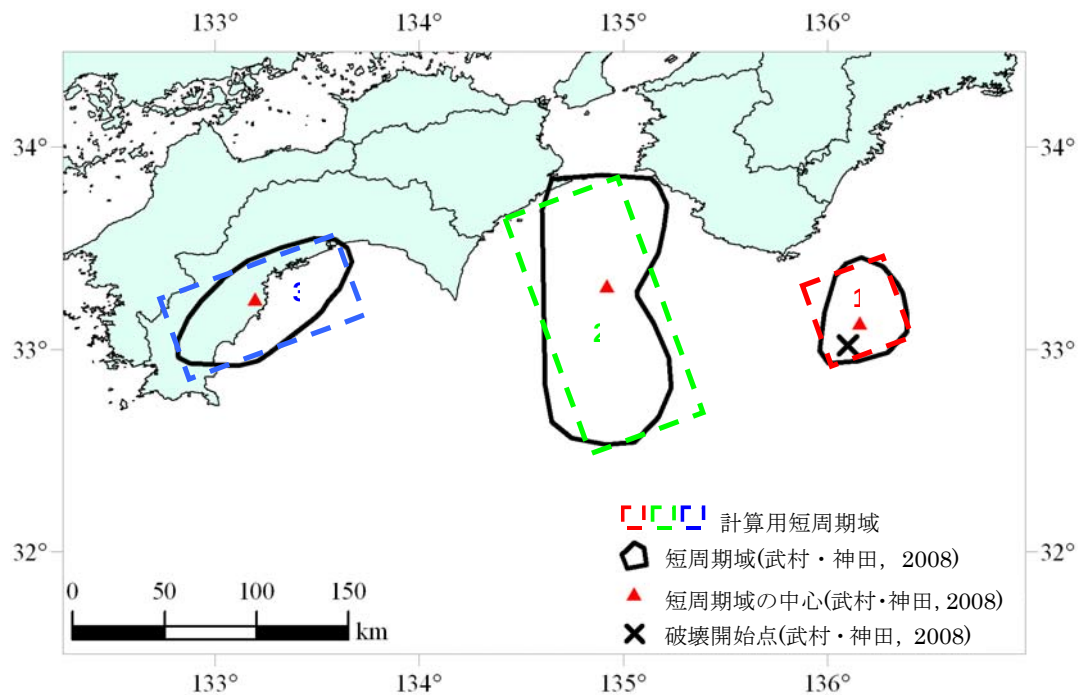


図-6 昭和南海地震の断層モデル

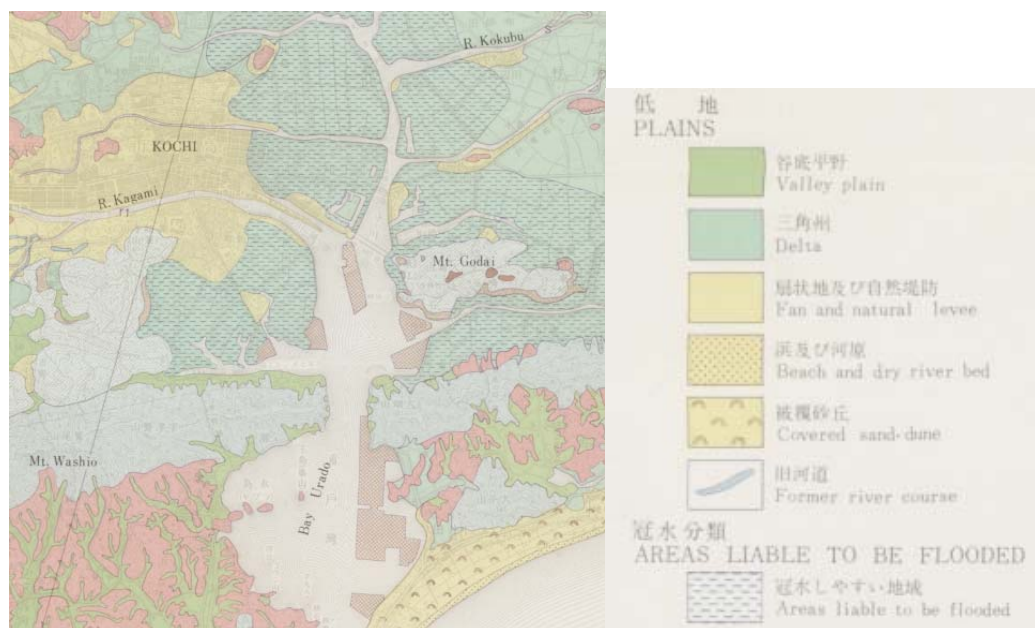


図-7 高知市の地形分類図

1/50,000 土地分類基本調査(地形分類図), 「高知」, 経済企画庁 (1966)

はこのエリアに集中していることがわかる。一方、高知市中心部の鏡川周辺には鏡川が形成した自然堤防が広がっているが、このエリアは比較的河川堤防の被害が少ない。

(5) その他の影響

堤防そのものの脆弱性に影響を与える要因として、堤防の建設年代、工法、材料等があげられ、また、当時の高知市の地下水分布についても堤防の耐震性に影響を与えらると思われるが、これまでのところ、著者らはそれらの情報を見出すことができていない。

5. まとめ

著者らはこれまで昭和南海地震による高知市の河川堤防被害箇所について調べ、1枚の地図の上にまとめてきた。今回、「高知市震災復旧工事箇所」なる大変貴重な資料を見出したので、その堤防被害箇所を併せて地図上にプロットし、両者の比較を行ったところ、著者らの推定した堤防被害箇所は「高知市震災復旧工事箇所」に災害堤防として示される位置と大変よく整合した。「高知市震災復旧工事箇所」の図面には、著者らの推定箇所以外にも被害の印があるが、これは著者らの堤防被害推定箇所が大規模なものに限られていたためと思われる。

謝辞：本研究を実施するにあたり、(社)四国建設弘済会「2010年度建設事業に関する技術開発支援制度」による研究助成の一部を使用させて頂きました。また、強震動のシミュレーションでは、野津・菅野の経験的サイト増幅・位相特性を考慮した強震波形計算プログラムを使用させて頂きました。K-NETの強震記録を使用させて頂きました。論文の一部はGeneric Mapping Tools (Wessel and Smith)^{20) 21)}により作成しました。関係各位に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 内閣府：防災情報のページ，
http://www.bousai.go.jp/nankaitrough_info.html
- 2) 高知地盤災害情報評価委員会：高知地盤災害関連情報ポータルサイト，2011.
<http://www.geonews.jp/kochi/index.html>
- 3) 沢村武雄：南海大地震と地殻運動，高知大学学術研究報告，1951.
- 4) 宇佐美龍夫：最新版日本被害地震総覧[416]-2001，東京大学出版会，605 pp，2003.
- 5) 水路部：昭和 21 年南海大地震調査報告，津波編，76 pp，1948.
- 6) 那須信治・白井俊明：高知県種崎及久礼に於ける津波調査報告，南海大震災誌，南海大震災学術的記録，高知県，pp.130-137，1949.
- 7) 沢村武雄：土佐湾沿岸の地質・地形の特徴と災害，高知大学学術研究報告，1972.
- 8) 高知県：南海大震災誌，692 pp，1949.
- 9) 金井清，田中貞二，金子重彦：高知県に於ける南海地震の建物被害調査報告，南海大震災誌，南海大震災学術的記録，高知県，pp.1-18，1949.
- 10) 若松加寿江：日本の液化履歴マップ，東京大学出版会，71 pp，2011.
- 11) 三神厚，辻野典子：1946 年昭和南海地震による高知市の河川堤防被害とその要因，歴史地震，第 27 号，pp.27-39，2012.
- 12) 高知市：描かれた高知市，219 pp，2012.
- 13) 高知新聞社：月刊高知，震災特別号，1947.
- 14) 高知新聞社：高知新聞，昭和 21 年 12 月 23 日号，1946.
- 15) 水路局：昭和 21 年南海大地震調査報告，地変及び被害編，192 pp，1948.
- 16) 甲藤次郎，西和彦，平朝彦，岡村真，中野尊正：高知平野地下の第四系ならびに地質災害について，高知大学学術研究報告，自然科学編，第 32 巻，pp.111-150，1984.
- 17) 海上保安庁海洋情報部：潮汐・潮流情報，
<http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KAN5/index.html>
- 18) 武村雅之，神田克久：震度データによる短周期地震波の震源推定，歴史地震，第 23 号，pp.7-19，2008.
- 19) 野津厚，菅野高弘：経験的サイト増幅・位相特性を考慮した強震動評価手法—因果性と多重非線形効果に着目した改良—，港湾空港技術研究所資料，No.1173，2008.
- 20) 防災科学技術研究所：J-SHIS，地震ハザードステーション，
<http://www.j-shis.bosai.go.jp/>.
- 21) Wessel, P. and Smith, W. H. F.: New improved version of the Generic Mapping Tools released, EOS Trans. AGU, 79, 579, 1998.
- 22) Wessel, P. and Smith, W. H. F.: Free software helps map and display data, EOS Trans. AGU, 72, 441, 1991.

(2012. 9. 21 受付)

DAMAGE TO LEVEES DURING THE SHOWA-NANKAI EARTHQUAKE

Atsushi MIKAMI, Noriko TSUJINO and Takehiko SAITO

Serious damage to levee embankements occurred in Kochi city area during the 1946 Showa-Nankai Earthquake. Relative sea level change to the land due to various factors including subsidence of land and levees, Tsunami, etc. caused massive flooding in a wide spread area of downtown Kochi. Although the occurrence of damage to levees have been fragmentarily reported through various media, no document that summarized levee damage locations on a map exists as far as authors know. This study attempts to identify locations of damage to levees in Kochi city by utilizing every available kinds of information sources including damage maps, newspapers, books, photos, and first-hand accounts.